

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK TAŞIYICI SİSTEMLİ YAPILARDA
TAŞIYICI YAPI ELEMANLARININ
FARKLI MALZEMELİ YAPI BİLEŞENLERİ İLE
BAĞLANTILARININ İRDELENMESİ

Melih ÖZTÜRK

Temmuz, 2008
İZMİR

**ÇELİK TAŞIYICI SİSTEMLİ YAPILARDA
TAŞIYICI YAPI ELEMANLARININ
FARKLI MALZEMELİ YAPI BİLEŞENLERİ İLE
BAĞLANTILARININ İRDELENMESİ**

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

Melih ÖZTÜRK

**Temmuz, 2008
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MELİH ÖZTÜRK, tarafından **DOÇ. DR. YEŞİM K. AKTUĞLU** yönetiminde hazırlanan “**ÇELİK TAŞIYICI SİSTEMLİ YAPILARDA TAŞIYICI YAPI ELEMANLARININ FARKLI MALZEMELİ YAPI BİLEŞENLERİ İLE BAĞLANTILARININ İRDELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Yeşim K. AKTUĞLU
.....

Danışman

.....
.....
Jüri Üyesi

.....
.....
Jüri Üyesi

.....
.....
Jüri Üyesi

.....
.....
Jüri Üyesi

.....
Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Başta, lisans öğrenimim süresince ve yüksek lisans çalışmalarımın son ürünü olan bu tezin oluşmasında yaptığı tüm yardımlarından dolayı saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Yeşim Kamile. AKTUĞLU'ya sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca, değerli DEÜ Mimarlık Fakültesi eğitmenlerine, Türk Yapısal Çelik Derneği (TUCSA) Genel Sekreteri H. Yener GÜREŞ'e ve tüm eğitim hayatım süresince üzerimde emeği olan tüm diğer eğitmenlerime teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak tüm hayatım boyunca hep yanımda olan ve benden maddi-manevi hiçbir fedakarlığı esirgemeyen babam Hasan ÖZTÜRK, annem Ayşe ÖZTÜRK, abim Mesut ÖZTÜRK' e ve tüm diğer sevdiklerime en içten dileklerle teşekkür ederim.

Mimar Melih ÖZTÜRK

ÇELİK TAŞIYICI SİSTEMLİ YAPILARDA TAŞIYICI YAPI ELEMENLARININ FARKLI MALZEMELİ YAPI BİLEŞENLERİ İLE BAĞLANTILARININ İRDELENMESİ

ÖZ

Çelik taşıyıcı sistemli yapılarda çelik taşıyıcı elemanların birbirleriyle ve diğer yapı bileşenleriyle birleşimlerinin yanı sıra çelik taşıyıcıların farklı malzemeli yapı bileşenleriyle olan birleşimleri araştırılmıştır.

Tez yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan giriş bölümünde araştırmanın amacı ve kapsamı belirtilerek, çalışmanın oluşturulmasında izlenen yöntem hakkında bilgi verilmiştir.

Bölüm ikide; yapı, yapım, yapım sistemleri ve taşıyıcı sistem ile ilgili çeşitli tanımlamalar yapılarak günümüzde uygulanmakta olan yapım sistemleri hakkında kısa bilgiler verilmiş ve yapıları etkileyebilecek yüklerin neler olabileceği açıklanmıştır.

Araştırmanın üçüncü bölümünde çeliğin tanımı yapılarak çelik malzemenin özellikleri açıklanmış, başlıca çelik türleri, uluslararası çelik standartları ve strüktürel çeliğin üretim yöntemleri açıklanmaya çalışılmıştır. Çelik yapıların tarihsel gelişim süreci incelenerek yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak çeliğin benimsenmesiyle birlikte ortaya çıkabilecek çelik malzemenin üstünlük ve eksiklikleri tartışılmıştır.

Dördüncü bölümde çelik iskelet yapıların mimari tasarımından bahsedilmiş, çelik yapı bileşenleri ve hadde mamulleri hakkında bilgi verilmiştir. Strüktür sistemlerinde kullanılan çelik yapı bileşenleri arasındaki bağlantı yöntemleri açıklanmaya çalışılmıştır.

Beşinci bölümde çelik yapılarda kullanılan yapı elman ve bileşenleri hakkında bilgiler verilmiştir. Aynı veya farklı tür çelik yapı elman ve bileşenleri arasındaki bağlantılar incelenmeye çalışılmıştır.

Araştırmanın altıncı bölümünde çeliğin; betonarme, yığma, ahşap ve cam gibi farklı malzemelerle olan birleşimleri incelenerek, konuyla ilgili örnek yapılar ve bu örneklerdeki birleşim detayları irdelenmiştir.

Araştırmanın yedinci bölümü olan sonuç bölümünde araştırmanın diğer bölümlerinden gelen girdiler bir araya getirilerek çalışmanın sonucu açıklanmaya çalışılmıştır. Gerek çelik ile çelik arasındaki birleşimlerde, gerekse farklı malzemeli yapı elemanları ile çelik taşıyıcı elemanların birleşimlerinde görülen en önemli nokta; çeliğin her malzemeyle tasarımcıya esneklik sağlayacak şekilde birden çok detaylandırma seçeneği ve birleşim tekniği sunarak, hızlı, güvenilir, minimum enkesitli eleman kullanımı ile ve en önemlisi sorunsuz bir şekilde birleşebilme olanaklarına sahip olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Çelik, taşıyıcı sistem, çelik yapı, taşıyıcı yapı eleman ve bileşeni, çelik birleşimleri

THE RESEARCH OF CONNECTIONS BETWEEN STEEL STRUCTURAL ELEMENTS AND DIFFERENT MATERIALLED BUILDING COMPONENTS IN STEEL STRUCTURES.

ABSTRACT

The connections between structural steel elements and each others and the other building components and also different materialled building components in steel structures is researched.

This thesis is constituted of seven chapters. The subject is introduced with a general introduction and the objectives, scope, methods of the study are explained in the first chapter.

In second chapter of thesis, some definitions about building, construction, building systems and structure is defined and given some informations about loads that effect the buildings.

In third chapter of thesis, the definition of steel is given and the properties of steels are described and also main steel types, international steel standarts and the methods of structural steel productions are tried to explain. The historical developing of steel buildings is examined and the advantages and disadvantages of steel is discussed.

In fourth chapter of thesis, architectural design of steel skeleton buildings is described and given some informations about steel structure components and steel products. Combination and connection methods of steel structures are aslo defined in this chapter.

In fifth chapter of thesis, the buildings elements and components that using in steel structures are described and connections between the same or different type components are examined.

In sixth chapter of thesis, the connections between steel and different materials like concrete or reinforced concrete, masonry, timber and glass are examined and illustration buildings and connection details about them are researched.

In conclusion, in seventh chapter of thesis, the summary of thesis is made by informations coming in the preceeding chapters . To sum up, in connections between steel and steel or structural steel elements and different material building components, steel has some attributes like ensure flexibility to designers, safety and quick construction and connecting as free of problem and by using minimum sized material.

Key Words : Structural steel, structural system, steel constructions, structural building elements and components, and steel connections.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANSTEZ SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Amaç	2
1.2 Kapsam	3
1.3 Yöntem	3
BÖLÜM İKİ – YAPI, YAPIM SİSTEMİ, YAPI MALZEMESİ VE TAŞIYICI SİSTEM KAVRAMI	4
2.1 Yapı, Yapım, Yapım Sistemleri ve Taşıyıcı Sistem İle İlgili Tanımlamalar	4
2.2 Yapım Sistemleri	10
2.2.1 Geleneksel Yapım Sistemleri	10
2.2.2 Konvansiyonel Sistemler	11
2.2.3 Rasyonelleştirilmiş Geleneksel ve Konvansiyonel Yapım Sistemleri	11
2.2.4 Kısmen Endüstrileşmiş Sistemler	12
2.2.5 Tam Endüstrileşmiş Sistemler	12
2.3 Yapıyı Etkileyen Yükler	12
2.3.1 Malzemenin Kendi Ağırlığı	14
2.3.2 Munzam Yükler	14
2.3.3 Hareketli Yükler	15
BÖLÜM ÜÇ – ÇELİĞİN TANIMI, ÜRETİMİ, BAŞLICA ÇELİK TÜRLERİ VE İLGİLİ STANDARTLAR – ÇELİK YAPILAR, ÇELİK YAPILARIN TARİHÇESİ VE ÖZELLİKLERİ	19

3.1 Çeliğin Tanımı, Çelik Malzemenin Özellikleri	19
3.2 Başlıca Çelik Türleri ve Uluslararası Çelik Standartları	21
3.3 Strüktürel Çeliğin Üretim Yöntemleri	26
3.3.1 Bessemer Yöntemi	28
3.3.2 Thomas Yöntemi	30
3.3.3 Siemens-Martin Yöntemi	31
3.3.4 Bazık Oksijen Yöntemi	32
3.3.5 Elektrik Arkı Fırını	33
3.4 Çelik Yapıların Tarihsel Gelişim Süreci	36
3.5 Çelik Malzemenin Üstünlük ve Eksiklikleri	46
3.5.1. Avantajları	47
3.5.1.1. Mimari Açısından Avantajları	47
3.5.1.2. Mühendislik Açısından Avantajları	49
3.5.1.3. Uygulama Açısından Avantajları	51
3.5.2. Dezavantajları	58
3.6 Çelik Sektörünün Dünyada ve Türkiye’deki Durumu	64

BÖLÜM DÖRT – ÇELİK İSKELET YAPILARIN MİMARİ TASARIMI, ÇELİK YAPI BİLEŞENLERİ VE BİRLEŞİM TÜRLERİ68

4.1 Çelik İskelet Yapıların Mimari Tasarımı	68
4.1.1 Asma Sistemli Çelik Yapılar	75
4.1.2 Köprü Sistemli Çelik Yapılar	76
4.1.3 Çerçeve Sistemli Çelik Yapılar	76
4.1.3.1 Klasik Çerçeve Sistemler	77
4.1.3.2 Diyagonal Destek Bağlantılı Çerçeve Sistemler	78
4.1.3.3 Betonarme Perde Destek Bağlantılı Çerçeve Sistemler	79
4.1.4 Tübüler Sistemli Çelik Yapılar	81
4.1.5 Hibrit (Melez) Sistemli Çelik Yapılar	82
4.2 Çelik Yapı Bileşenleri ve Hadde Mamulleri	82
4.2.1 Profiller	84
4.2.1.1 Açık Profiller	84

4.2.1.2 Kapalı Profiller	87
4.2.2 Dikdörtgen Çelikler (Lama Çelikler)	89
4.2.3 Levhalar	89
4.2.3.1 Düz Levhalar	89
4.2.3.2 Kubbeli Levhalar	90
4.2.3.3 Silindirik Levhalar	90
4.2.3.4 Oluklu Levhalar.....	90
4.3 Çelik Yapı Bileşenleri Arasındaki Bağlantı Yöntemleri	90
4.3.1 Birleştirci Elemana Göre Birleşim Türleri	91
4.3.1.1 Çözülebilir Birleşimler	91
4.3.1.1.1 Bulonlu Birleşimler	91
4.3.1.2 Çözülemez Birleşimler	94
4.3.1.2.1 Perçinli Birleşimler	94
4.3.1.2.2 Kaynaklı Birleşimler	95
4.3.1.2.3 Tutkalı Birleşimler	96
4.3.2 Elemanların Birleşim Şekline Göre Birleşim Türleri	97
4.3.2.1 Doğrudan Birleşimler	97
4.3.2.2 Dolaylı Birleşimler	98

BÖLÜM BEŞ – ÇELİK YAPILARDA YAPI ELEMAN VE BİLEŞENLERİNİN VE ARALARINDAKİ BAĞLANTILARIN İNCELENMESİ99

5.1 Temeller ve Çelik Yapılarda Uygulanan Temel Türleri	100
5.1.1 Tekil (Münferit) Temeller.....	101
5.1.2 Izgara Temeller	101
5.1.3 Kazık Temeller	102
5.2 Çelik Yapılarda İskelet Sistem Elemanları: Kolonlar, Kirişler ve Birleşim Detayları.....	103
5.2.1 Kolonlar ve Kolon türleri	103
5.2.1.1 Kolonlarda Uygulanan Yalıtım Önlemleri	108
5.2.1.2 Temellerin Kolonlara Bağlanması	111

5.2.1.3 Kolon - Kolon Birleşimleri	116
5.2.2 Kirişler ve Kiriş Türleri	119
5.2.2.1 Petek Kirişler	121
5.2.2.2 Kafes kirişler	124
5.2.2.3 Kirişlerde Uygulanan Yalıtım Önlemleri	127
5.2.2.4 Kiriş – Kiriş Birleşimleri	128
5.2.2.5 Kolon - Kiriş Birleşimleri	135
5.2.2.6 Çaprazlama Elemanları	142
5.3 Döşemeler ve Döşeme Birleşimleri	144
5.3.1 Kompozit Döşeme Sistemleri	148
5.3.2 Kompozit Olmayan Döşeme Sistemleri	154
5.4 Duvarlar ve Giydirme Cepheler.....	154
5.4.1 İç Duvarlar	155
5.4.2 Dış Duvarlar ve Giydirme Cepheler	158
5.5 Merdivenler ve Birleşim Detayları	169
5.5.1 Betonarme Prefabrik Merdivenler	170
5.5.2 Çelik Merdivenler	170
5.6 Çatılar ve Çatı Konstrüksiyonları	173
5.6.1 Çatı Makasları	173
5.6.2 Aşıklar	177
5.6.3 Mertekler	179
5.6.4 Stabilite Bağlantıları	179
5.6.5 Örtü Elemanları	180
5.6.6 Uzak Kafes Sistemli Çatılar	181

BÖLÜM ALTI – ÇELİĞİN FARKLI MALZEMELİ YAPI ELEMANLARIYLA BİRLEŞİMİ VE ÖRNEK İNCELEMELERİ.....185

6.1 Çelik İle Diğer Malzemeler Arasındaki Birleşimler	185
6.2 Birleşimlerin Tasarımını Etkileyen Faktörler	186
6.2.1 Kurulum İşlemleri (Aşamaları)	186
6.2.2 Montaj ve Kurulum İşlemleri	186

6.2.3	Konstrüksiyon Hızı ve Güvenlik	187
6.2.4	Konstrüksiyon Toleransları	188
6.2.5	Taşıyıcı Elemanların Hareketi ve Yük Aktarımı	188
6.2.6	Malzemeler Arasındaki Değişkenlik	189
6.2.7	Dayanıklılık ve Bakım	189
6.2.8	Yangın Korunumu	190
6.2.9	Maliyet	190
6.2.10	Tasarım Programı	190
6.3	Çeliğin Beton ve Kagir Malzemeli Yapı Elemanlarıyla Birleşimi	191
6.3.1	Beton ve Kagirde Bağlantılar	191
6.3.1.1	Yerinde Yapım Birleşimler	191
6.3.1.2	Genişleyen Ankrajlar	191
6.3.1.3	Reçineli veya Harçlı Birleşimler	192
6.3.1.3.1	Reçineler.....	193
6.3.1.3.2	Çimentolu Şerbet Harcı	195
6.3.1.3.3	Tescilli Sistemler	195
6.4	Çelik ve Beton Birleşimleri	197
6.4.1	Çelik Kolonun Mevcut Beton/Betonarme Temellere Birleşimi	199
6.4.2	Mevcut Betonarme Kirişle Çelik Kiriş Birleşimi	204
6.4.2.1	Çelik Kirişlerin Betonarme Kirişe Kesme Kuvveti Aktaracak Şekilde Birleşimleri.....	204
6.4.2.2	Çelik Kirişlerin Betonarme Kirişe Moment Aktaracak Şekilde Birleşimleri.....	206
6.4.2.3	Çelik Kirişlerin Betonarme Kirişe Asılarak Birleşimleri	208
6.4.3	Çelik Kiriş Betonarme Duvar Birleşimi	210
6.4.3.1	Yuvasız Birleşimler	210
6.4.3.2	Yuvalı Birleşimler	214
6.4.4	Mevcut Betonarme Kolon Çelik Kiriş Birleşimi	216
6.4.5	Mevcut Betonarme Döşemeye Çelik Dikme Eklenmesi	219
6.5	Çelik ve Kagir Bileşimleri	223
6.5.1	Basınç Aktaran Mevcut Yığma Duvar Çelik Kiriş Birleşimi	226
6.5.2	Kesme Kuvveti Aktaran Mevcut Yığma Duvar Çelik Kiriş Birleşimi ...	229

6.6 Çeliğin Ahşap Malzemeli Yapı Elemanlarıyla Birleşimi	232
6.7 Çeliğin Strüktürel Cam Malzemeli Yapı Elemanlarıyla Birleşimi	241
6.8 Örnek İncelemeleri	248
6.8.1 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu	248
6.8.2 25 KV Ofis Bloğu	255
6.8.3 Panafiel Şarap Müzesi	260
6.8.4 Criewen Ziyarteçi Merkezi	264
6.8.5 Alf Lechner Müzesi.....	271
 BÖLÜM YEDİ – SONUÇ	283
 KAYNAKLAR	293

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Mimarlık eylemi, en genel şekilde “insan gereksinimlerini barındırmak üzere fiziksel çevrenin düzenlenmesi” olarak tanımlanmaktadır. Bu eylem insanın varoluşundan bu yana onunla birlikte gelişip farklılaşarak günümüze dek ulaşmıştır. Bilindiği gibi, ilkel insanın barındığı mağaralardan ve yerleşik uygarlığa geçtiğinde oluşturduğu ahşap kulübelerden günümüzün çelik ve cam gökdelenlerine dek uzanan mimarlık serüveni, tarihöncesi dönemden günümüze kadar olan geniş bir gelişim sürecini kapsamaktadır.

Bu süreç, her türlü toplumsal değişimden etkilenir. Bazen değişim önce mimarlığın kendisinde gözlenir, oradan topluma yayılır ve toplumu etkileyip değiştirebilir; bazen de bunun tam tersi olur. Toplumsal, teknolojik ya da ekonomik gelişmeler mimarlığı etkileyip değiştirebilir. Bu doğal ve sürekli etkileşim tarihin hemen her döneminde gözlenebilir.. (Birol G, 2002)

19. yüzyılda endüstri devrimi ile başlayan gelişmeler, mimarlık dünyasında önemli bir eşik noktası oluşturmuş, mimarlık düşüncesinde tarihsel, yerel ve kültürel referanslardan arınmış, çağın gereklilik ve koşullarına uygun rasyonel bir tutumun yerleşmesini sağlamıştır.Yapı tasarımında; 19. yüzyılın ikinci yarısının ortalarına kadar, ağırlıklı olarak taş ve ahşap gibi doğal malzemeler yapının ana taşıyıcı elemanlarını oluşturmuştur. Zaman içinde artan ihtiyaçlar ve gelişen teknoloji ile beraber, 20. yüzyıla girildiğinde geleneksel malzemenin daha uygun kullanılmasını sağlayan bilimsel ve teknik gelişmeye paralel olarak çağdaş malzemeler ortaya çıkar.

19. y.y. öncesi tarım toplumunun geleneksel malzemelerinden farklı olarak ‘çelik’, ortaya çıkan tektonik özellikleriyle mimarlara yeni tasarım olanakları sunmuştur. Başlangıçta ekonomik olma ve hızlı üretim, geniş açıklık geçme gibi özellikleri nedeniyle fabrika ve hangar yapılarında kullanılmaya başlanmış olan çelik yapı elemanları zamanla mimarlıktaki düşünsel gelişimi etkilemiş ona yön vermiş aynı zamanda da bu düşünsel gelişimden etkilenmiştir.

“Çelik Mimarlığı” ya da mimarlıkta çelik kullanımı ile ortaya çıkan dil, estetik değer, anlatım, endüstri devrimi sonrasındaki bu süreçte endüstrileşen toplumun belleğine yavaş yavaş yerleşmiştir. Günümüze kadar gelişen bu değerler, teknolojik bir anlatım ile örtüştürülerek yapılarda kullanılmaktadır.

Mimarlıkta önemli bir yapı malzemesi olan *çelik*; çivi, menteşe, bulon gibi bağlantı elemanı; cephe kaplama levhası gibi konstrüktif eleman; halat ve kablo gergiler; iskelet sistem kolon ve kirişi ya da betonarme içindeki demir gibi strüktürel eleman olarak yapılarda kullanılmaktadır.

1.1 Amaç

Yapı inşa etme eyleminin ilk ortaya çıktığı günden bugüne kadar geçen süre içerisinde birçok malzeme ve teknik geliştirilmiştir. Yapım sistemlerinin tercih edilmesinde ve kullanılmasında bir çok faktör rol oynamaktadır. Ekonomi, malzeme, yapım süresi, iş gücü, yapı ağırlığı ve eğitim bu kriterlerin başında gelmektedir. Günümüzde gelişen ve değişen teknoloji ile beraber azalan doğal malzemelerin yerine çelik gibi geri dönüşümü mümkün olan malzemelerin kullanıldığı yeni yapı sistemleri ve yapım teknikleri ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; ülkemizde de kullanımı giderek artan çelik taşıyıcı sistemli yapıların strüktür yapısını incelemek, çelik konstrüksiyonun benimsenmesiyle ortaya çıkabilecek işlevsel ve ekonomik avantajları tartışarak bu avantajların, yapım sistemine katkılarını anlamak için gerekli olan yapı eleman ve bileşenleri arasındaki tasarım yaklaşımlarını da göz önünde bulundurarak çelik yapı detaylarının incelenmesi, çelik taşıyıcı sistemli yapılarda farklı malzemeli yapı bileşenlerinin neler olabileceği belirlenerek taşıyıcı sistemle olan birleşimlerin irdelenmesi ve çelik taşıyıcıların farklı malzemeli taşıyıcı sistemlerle olan birleşim detay ve yöntemlerinin araştırılmasıdır.

1.2 Kapsam

Çelik taşıyıcı sistemli yapıların birleşim özelliklerinin ve çeliğin gerek çelik elemanlar gerekse farklı malzemeli taşıyıcılarla olan birleşim detaylarının araştırıldığı bu çalışmanın kapsamındaki yapılar, strüktür sistemi çelik yapı elemanları ile üretilen, diğer yapı öğeleri ise yine çelik elemanlar olabileceği gibi değişik malzemeli elemanlar olan tasarımlar ile; betonarme, kagir, ahşap ve cam gibi farklı malzemeli taşıyıcılarla oluşturulup çelik taşıyıcı eleman eklenen yapılardır.

Araştırmanın kapsamına ayrıca; yapı, yapım, yapım sistemleri gibi kavramlar, çelik malzemenin özellikleri ve üretim şekilleri, yapılarda kullanılan çelik elemanlar, çelik yapıların avantajları ve dezavantajları, çelik iskelet yapıların tasarımı ve birleşim yöntemleri gibi araştırmacı tarafından araştırmanın kavranmasına katkı sağlayacağı düşünülen konular dahil edilmiştir.

1.3 Yöntem

Çalışmaya kaynak teşkil eden veri ve bilgilerin toplanması ve sunulması sürecinde "tümevarım" yöntemi izlenmiştir. Öncelikle çelik malzemenin nitelikleri hakkında bilgi verilip, ardından bileşen düzeyinde incelemeye geçilmiş, birleşim elemanlarının anlatımından sonra da yapı elemanları ve çeşitleri üzerinde durularak çelik ile çelik ve çelik ile diğer malzemeli yapı elemanları arasındaki birleşimler verilmiştir.

Araştırmada, konu ile ilgili çeşitli tanımların, birleşim detaylarının ve çeşitli yapı örneklerinin bulunmasında çeşitli bilgilerin toplanmasında izlenen yol; literatür taraması, katalog incelemesi yoluyla bilgi edinilmesi şeklindedir. Çalışmada örnek teşkil etmiş yapılar gerek çeşitli yerli/yabancı kitaplarda veya süreli yayınlarda yayımlanmış olan, gerekse de önceden yapılmış, yerinde görme ve fotoğraflama teknikleriyle incelenen tasarımlar olup; bunlara ait birleşimlerin, çelik yapı elemanlarının hem kendi hem de diğer yapı öğeleri arasındaki montaj detaylarının yer aldığı kaynaklar ve örnekler araştırmacı tarafından yukarıdaki yöntemler dahilinde bir araya getirilmiştir.

BÖLÜM İKİ

YAPI, YAPIM SİSTEMİ, YAPI MALZEMESİ VE TAŞIYICI SİSTEM KAVRAMI

2.1 Yapı, Yapım, Yapım Sistemleri ve Taşıyıcı Sistem İle İlgili Tanımlamalar

Yapı :

- İnşa edilmiş, yapılmış bir nesne,
- Bir takım eylemler sonunda ortaya çıkan, mekan oluşturan veya tanımlayan bir bütün,
- Yapı öğelerinin bir araya gelmesiyle oluşturdukları ürün,
- v.b.

Bu anlamı ile yapı sözcüğü, eskiden beri dilimize girmiş olan “bina” kelimesiyle yakın anlamlı olmaktadır. Her iki sözcük de “barınmak veya başka amaçlarla kullanılmak üzere, meydana getirilmiş mimari yapıt " anlamını yüklenmiştir.

Yapım :

Genelde yapının, özelde taşıyıcı sistemin veya bunların öğelerinin üretilmesinde uygulanan teknoloji ve yöntemlerin tümüdür. Başka bir deyişle, **yapı** olarak adlandırılan sonuç ürünün ortaya çıkması, oluşması için uygulanan - yararlanılan- yöntemler, eylemler ve süreçleri içerir.

Taşıyıcı Sistem:

Mekansal gereksinimlerin karşılanabilmesi amacı ile yapılan düzenlemelerin belirli bir yapısal bütünlüğe sahip olması gerekmektedir. Yapının dış etkilere karşı bütünlüğünü koruması ile ilgili sorunlar “taşıyıcı sistem” konusu içinde ele alınmaktadır. “Strüktür” sözcüğü “inşa etmek, yığmak” anlamına gelen Latince “struere” sözcüğünden türetilmiştir. Bu anlamları dışında strüktür kavramı, bileşenlerin örgütlenmesi sonucu oluşan bütünlük anlamında da kullanılmaktadır. Taşıyıcı sistem (strüktür) “Üzerine etki eden kuvvet ve yükleri belirli yerlere aktarıp, öngörülen statik dengeyi sağlamak ve sürdürmek amacıyla doğal veya yapay taşıyıcı

öğelerden meydana gelen bütüne strüktür denir.” (Türkçü, 1990, s.8) olarak tanımlanabilir.

Taşıyıcı sistemler her zaman belirli bir amaç ve işlev için inşa edilir. Mimarlık alanında taşıyıcı sistemin temel amacı, kullanım amacına uygun olarak bir hacmi, mekanı tanımlamak, tamamen yada parçalı olarak örtmek sınırlamaktır. Aynı zamanda taşıyıcı sistem, üzerine etkiyen yükleri, kendi ağırlığı ile birlikte statik dengeyi sağlayarak güvenli bir biçimde zemine aktarmaktadır.

Taşıyıcı sistemlerin varlıklarını devam ettirmeleri, üstlendikleri görevleri eksiksiz olarak yerine getirebilmeleri, ayrıca kullanıcılara estetik bir görüntü vermelerinin yanında ekonomik olmaları gibi bir takım gereksinimleri vardır.

Taşıyıcı sistem gereksinimlerini denge, stabilite, dayanım, işlevsellik, etkinlik, ekonomi ve estetik olarak sıralayabiliriz.

Denge: Bir strüktürün ayakta kalabilmesi için en temel gereksinme onun dengede ve hareketsiz olmasıdır. Elbette ki böylesi bir isteğin tam anlamıyla gerçekleşmesi olası değildir. Çünkü, hemen her strüktürde gözle izlenmeyecek ölçüde az yada çok hareket doğmaktadır. Bu hareketler strüktürdeki dengeyi direkt olarak etkiler. Denge durumunu, taşıyan ile taşınan arasındaki denklik olarak düşünebiliriz. Taşıyan ile taşınan arasındaki denklik yük ile onun karşılayan arasında doğan bir ilişkidir.

Stabilite: Bir bina kendi iç dengesi ile ayakta kalabiliyor, bir strüktür tasarlandığı özelliklerini kaybetmeden işlevini sürdürebiliyorsa o strüktür stabildir. Strüktür, mimari mekanla birlikte oluşmak zorunda olduğundan, stabilite sağlamak ancak üç boyutluluk ile mümkündür.

Dayanım: Strüktür tasarımında, strüktürü oluşturan bileşenlerde ya da bütünde basınç, çekme ve kayma gerilmeleri oluşur. Bu gerilmeleri karşılamak için gerilmelerin doğduğu noktalarda mukavemet gösteren malzemeye gereksinme vardır.

Çekme gerilmelerine karşı çekme mukavemeti, basınç gerilmelerine karşı basınç mukavemeti gösteren malzemeler yer almalıdır.

İşlevsellik: Oluşturulan taşıyıcı sistemin, mimari amaçlarla bütünleşmesidir. İşlevsel olan bir taşıyıcı sistem, başka bir mimari proje için işlevsel olmayabilir. Örneğin, eğri bir yüzey, yapısı gereği bir düzlemde daha etkindir. İşlevselliğin önemi, strüktürel tasarım ile mimari tasarım bütünleştiğinde ortaya çıkmaktadır.

Etkinlik : En az malzeme ile en geniş açıklığın geçilmesi veya alanın örtülmesi olarak açıklanabilir. Örneğin, düzlem kafes kirişlerde her bir çubuk üzerine etkiyen farklı gerilme miktarı nedeniyle çubuk kesitleri de etkin malzeme kullanımı açısından farklı olmaktadır. Fakat, işçilik ve malzeme sarfiyatı nedeniyle çubukların çoğunda gereğinden daha büyük kesitte profil kullanılması etkinliği azaltmaktadır.

Ekonomi: En az malzeme – en geniş alan kavramı ile yapım maliyetinin bir arada düşünülmesiyle optimum yaklaşımın bulunmasıdır. Taşıyıcı sistem maliyeti, genellikle tüm maliyetin yaklaşık %20 ile 30'u arasında değişmektedir. Gerçekte, yapı maliyetini en çok etkileyen etkenler malzeme ve işçiliktir. (Sen, 1990)

Estetik: Estetiğin, taşıyıcı sistem üzerindeki etkisi, tasarım amaçları ile bunların mimari ifadelerinin belirli sınırlar içinde dengelenmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Taşıyıcı sistemin gerektirdiği oran, biçim, ölçü, birlik, ritim ve simetri gibi mimari düzenler sınırları belirleyen ölçütlerdir.

Yapı Malzemeleri: Yapı gerci olarak ta adlandırabileceğimiz yapı malzemeleri: “Yapı bileşenlerinin yapılmasında kullanılan işlenmemiş doğal (kum, çakıl, tomruk vb) veya bir yapı elemanı niteliği kazanamayacak kadar az işlenmiş (kereste, çimento, kireç vb.) maddeler” olarak tanımlanmıştır [Hasol,2002]. Yapı malzemeleri kısaca; Bir yapının meydana getirilmesinde kullanılan doğal veya yapay ürünlerdir. Doğal malzemeler hiç işlenmeden veya az işlenerek yapıda yer alabilirler. Dere taşlarının bir bahçe duvarında, tomrukların geleneksel kerpiç yapılarda kullanılması gibi. Yapay malzemeler ise mamul, işlenmiş ürünlerdir. Bunlar fabrika, atölye, ocak

v.b. gibi yerlerde çeşitli türlerde üretilirler. Çimento, plastik malzemeler, yapay yapı taşları v. b. gibi.

Yapı Malzemeleri “biçimlerine göre” aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar.

Biçimlendirilmemiş Yapı Malzemeleri: Kesin bir geometrik biçimi olmadan şantiyeye teslim edilen ürünlerdir. Bunlar şantiyede gereken şekilde hazırlanarak veya biçimlendirilerek yapıdaki yerlerine uygulanırlar. Çakıl, çimento, kum, asfalt v.b. bu malzemelere örnek olarak verilebilir.

Biçimlendirilmiş Yapı Malzemeleri: Yukarıdaki tanımın tersine “biçimlendirilmiş yapı malzemeleri” olmaktadır. Bunlar yapı yerine şekillenmiş olarak gelirler. şantiyede istenilen/gerekli boyutlara göre kesilip örülerek v.b. yapıdaki son yerlerini alırlar. Biçimlendirilmiş malzemeler kısaca " yapı bileşeni olarak tanımlanırlar. Yapı bileşenleri üç grupta incelenebilirler.

Profil Yapı Bileşenleri: En kesitleri belli olup, üçüncü boyutları değişken olan bileşenlerdir. Profil demirleri, inşaat donatısı demirleri, dikişli veya dikişsiz borular, v.b.

Birimsel Yapı Bileşenleri: Her üç boyutu da yapı yerine gelmeden belirlenmiş olup, tekrar tekrar kullanılarak bir yapı ögesini oluşturan yapı bileşenleridir. Tuğla, kiremit, beton briket, seramik, fayans v.b.

Bileşik yapı bileşenleri: Her türlü yapı malzemesinin bir bütün oluşturacak şekilde bir araya getirilmesiyle üretilen yapı bileşenleridir. Bileşik yapı bileşenleri, birimsel yapı bileşenleri gibi biçimleri, tüm boyutları belli olan bileşenlerdir.,Fakat bunlar boyutları itibarıyla daha büyük olup daha karmaşık bir üretim sürecinden geçmiş yapı bileşenleridir. Üretimlerinde biçimlendirilmemiş yapı malzemeleri, profil veya birimsel yapı bileşenlerinden herhangi biri., ikisi veya üçü birlikte kullanılmış olabilir. Bileşik yapı bileşenlerine örnek olarak, bir ahşap çatı makası, profil

bileşenlerden yapılan bir kafes kiriş, kapı-ve pencere doğramaları, dolaplar, mutfak bankoları v.b. gösterilebilir.

Yapı bileşenlerinin bir başka açılımı da:

- küçük/benzer yapı bileşenleri,
- işlevsel yapı bileşenleri, şeklinde olabilir.

Küçük/benzer bileşenler tek başlarına yapısal bir işlev görmeyen, benzer bileşenlerin tekrarlanmasıyla bir yapı ögesini oluşturan bileşenlerdir. Örneğin, tuğla, briket, fayans, v.b.

İşlevsel yapı bileşenleri, bir işlevi kendi başına yerine getirebilen, bir mekanın belli parçalarını ve/veya tümünü tanımlayan bileşenlerdir. Bunlar

- a. **Tek Boyutlu Bileşenler:** bir boyutu uzunluğu- diğer iki boyutuna (enkesitine) oranla daha büyük olan bileşenlerdir. Örneğin, bir prefabrike kolon veya kiriş, v.b.
- b. **İki Boyutlu -Yüzeysel- Bileşenler:** İki boyutu üçüncüye oranla büyük olan bileşenlerdir. Örneğin, küçük veya büyük hazır duvar panelleri, kapı ve pencereler v.b.
- c. **Üç Boyutlu - Hacimsel- Bileşenler:** Bir mekanı tamamen oluşturan veya en azından iki yüzeyi tanımlayan bileşenlerdir. Açık veya kapalı hücreler, tesisat çekirdekleri v.b.

Tam endüstrileşmiş bir yapı üretim sisteminde en ileri aşamada, tesisatı, doğramaları ile tam bitmiş bir hücre, geleneksel yapım sistemindeki bir tuğla gibi, yapı bütünüünün temel -ana- ögesi olmaktadır.

Yapı elemanı: “Yapı elemanı” kavramı Doğan Hasol’un sözlüğünde; “Bir yapının, biçimlendirilmiş yapı gereçlerinden meydana gelen ilkel parçası.” olarak tanımlanmıştır. Başka bir deyişle yapı elemanı; çeşitli yapı malzemelerinin ve/veya bileşenlerinin çeşitli yöntemlerle bir araya getirilmesiyle oluşan, mekanları sınırlayarak bir yapıyı ortaya çıkaran “büyük yapı parçaları” yapı elemanı veya yapı ögesi olarak tanımlanır. (Türkçü,1984) Yapı elemanlarına örnek olarak:

- Temeller
- Döşemeler
- Duvarlar
- Çatılar
- v.b. verilebilir.

Görüldüğü gibi yapı ögesi, bir yapının bütünü içinde yer alan, bir işlevi yerine getiren büyük boy yapı bileşenleri olmaktadır. Yapı elemanları farklı şekillerde tanımlanabilir. Ayrıca aynı yapı ögesinin çok farklı şekillerde tanımlanması da olasıdır.

Yapı elemanları;

- **Kendilerini oluşturan bileşenlere bağlı olarak :** Bir yapı ögesinde kullanılan malzemelerin, yapı bileşenlerinin türünü, miktarını, özelliklerini vererek yapılan tanımlamadır. Örneğin; ahşap parke kaplamalı döşeme, alüminyum kompozit panel kaplamalı duvar, kiremit örtülü ve iki babalı asma çatı v.b.
- **Yapıdaki işlevine bağlı olarak :** yapı ögesinin yapıdaki görevini açıklamayı amaçlayan tanımlamadır. Bu şekildeki tanımlamaya uyan yapı öğelerine “fonksiyonel yapı öğeleri” denmektedir. Örneğin: bodrum duvarı, taşıyıcı dış duvar, bölme duvar, sürekli temel, kazık temel, asma tavan vb.

- **Taşıyıcılık özelliğine bağlı olarak :** bu tanımlamada yapı öğeleri taşıyıcı sistemin bir parçasıdır veya değildir. Örneğin: taşıyıcı duvar (yığma sistemlerin duvarları), taşıyıcı olmayan duvar (karkas sistemlerin duvarları)
- **Üretim biçimlerine göre :** yapı bileşeninin veya ögesinin üretim yöntemini ve yerini tanımlamayı amaçlar. Örneğin: yerinde dökme mozaik döşeme, hazır soket temel vb.
- **Malzemesine göre :** yapı ögesinin adı ve malzemesi belirtilerek tanımlama yapılır. Örneğin: ahşap kirişli döşeme, çelik kazık temel, NPI 30 çelik kiriş, betonarme sürekli temel, tuğla duvar vb. olmak üzere değişik şekillerde tanımlanabilir.

2.2 Yapım Sistemleri

Yapım sistemi, bölüm 2.1’de de tanımlandığı gibi yapı öğelerinin bir bina oluşturmak üzere bir araya getirilmesinde izlenen süreç ile, uygulanan üretim kurallarının, yöntemlerinin tümünü tanımlar. Genel bir yaklaşım içinde yapım sistemleri; “Geleneksel Yapım Sistemleri” “Konvansiyonel Yapım Sistemleri”, “Rasyonelleştirilmiş Geleneksel ve Konvansiyonel Yapım Sistemleri” “Kısmen Endüstrileşmiş Sistemler” “Tam Endüstrileşmiş Sistemler” olmak üzere beş ana başlık altında incelenebilirler. Aşağıda bu sistemlerin kısa tanımlamaları ile yetinilecek, sistem özellikleri vurgulanacaktır.

2.2.1 Geleneksel Yapım Sistemleri

Uzun yıllardan beri denenmiş ve alışla gelmiş yöntemlerle, yöresel malzeme kullanılarak gerçekleştirilen yapım sistemleridir. Başka bir deyişle geleneksel yapım sistemleri: tarihsel bir süre içerisinde, yöresel malzeme olanaklarına, iklim koşullarına, örf ve adetlere, toplumların içinde bulundukları kültür ve beceri düzeyine bağlı olarak gelişen yapım sistemlerini içermektedirler.

Geleneksel yapım sistemlerinin özellikleri:

- Uzun süreler boyunca gelişmiş, sınanmış ve denenmiş olması,
- Yöreye, iklim koşullarına uygunluğu,
- Kültürel değerleri içermesi,
- Basit, akılcı strüktür sistemlerinin yöresel malzeme ile gerçekleştirilmiş olması, v.b. dir.

2.2.2 Konvansiyonel Sistemler

Malzemesi ve mimari üslubu ile uluslararası bir özellik gösteren, yapı malzemesi ve küçük boy yapı bileşenlerinin endüstrileşmiş yöntemlerle üretildiği, fakat yapım sürecinde herhangi bir endüstrileşmenin olmadığı sistemlerdir. Bu yapım yöntemi; bu gün için alışılmış ve yaygın üretim türlerini içermekte, diğer bir ifadeyle bugünün malzemesinin teknolojik olanaklarından bir bölümü eski süreçte uygulanmaktadır.

El emeği yoğunluğu geleneksel sistemlerde olduğu gibi bunda da sistemi belirleyici olmakla birlikte makine kullanımı üretimde kendini hissettirmeye başlamıştır. Ülkemizde, özellikle belediye sınırları içinde yaygın olan konut üretim biçimi budur. (Türkçü,1984)

2.2.3 Rasyonelleştirilmiş Geleneksel ve Konvansiyonel Yapım Sistemleri

Bu sistemlerin geleneksel ve konvansiyonel sistemlerden farkları;

- Daha etkin üretim planlaması ve şantiye organizasyonuna sahip olmaları,
- Yapım sürecinde makineleşme yoğunluğunun artması,
- Standart planların hazırlanıp kullanımının sağlanması,
- Standart bileşenlerin belirlenmesi ve üretilmesi,
- Daha büyük boyda yapı bileşenlerinin kullanılmasıdır.

Akılcı (rasyonel) yöntemlerle ve düzenlemelerle yapıda maliyeti düşürmeyi, yapım süresini hızlandırmayı amaçlamaktadır. Rasyonelleştirilmiş sistemlerde dökümü makinelerle gerçekleştirilmekte; nakliyat ve malzemenin işlenmesi için vinç,

loader, beton karıştırıcı, vibratör v.b gibi çok sayıda makine kullanılmakta; mekanı sınırlayan bir takım bölücü öğeler (kapı, pencere, hafif duvar panoları), birtakım merdiven, ıslak hacim üniteleri önceden üretilmiş standart elemanlardan seçilmektedirler. (Türkçü,1984) Rasyonelleştirilmiş sistemlerde el emeği ve makine yoğunluğu dengededir. Kullanılan ürünlerde artan bir standartlaşma söz konusudur.

2.2.4 Kısmen Endüstrileşmiş Sistemler

Malzeme ve bileşen üretiminin yanı sıra şantiye sürecinde endüstrileşmenin sağlandığı yapım sistemleridir. (Türkçü,1984) Bu grup içinde şantiyede seri üretime geçilen sistemlerle, beton dökümünü hızlandırıp ucuzlatacak yöntemler yer alır.

2.2.5 Tam endüstrileşmiş Sistemler

Yapının tüm malzeme girdilerinin ve süreçlerinin endüstrileştiği, makine, sermaye ve organizasyon yoğunluğunun maksimum olduğu sistemlerdir (Türkçü,1984). Üretim süreci sabit tesislerde, büyük yatırım gerektiren fabrikalarda gerçekleşir, şantiyede montaj sürecinin minimum zamanda bitirilmesi amaçlanır.

Çelik yapılar yukarıda kısaca anlatılamaya çalışılan yapım sistemlerinden;

- Rasyonelleştirilmiş Geleneksel ve Konvansiyonel Yapım Sistemleri
- Kısmen Endüstrileşmiş Sistemler
- Tam endüstrileşmiş Sistemler

ile oluşturulmaktadır.

2.3 Yapıyı Etkileyen Yükler

Bir yapının tasarımı; mekansal-işlevsel, strüktürel ve biçimsel sorunların çözümlenmesini içerir. İşlevsel, mekansal ve biçimsel olarak iyi çözümlenememiş yapılar görsel ve kullanımsal olarak kullanıcılarını ve diğer kişileri rahatsız ediyorken strüktürel olarak çözümü hatalı olan yapılar kullanıcılarının sağlığını ve hatta hayatını tehdit etmektedir. Bu nedenle bir yapının taşıyıcı öğeleri, örneğin çatı, döşeme, taşıyıcı duvarlar, kolon, kiriş, temeller, v.b, üzerlerine etki eden veya etki

etmesi olası tüm iç ve dış etkenlere (yüklerle) karşı direnebilecek şekilde boyutlandırılmalıdır (Türkçü,1984). Bu yükler taşıyıcı sistem öğelerinin tasarımını ve boyutlandırılmasını etkilemekte aynı zamanda bu elemanların üzerine uyguladıkları yatay ve düşey yüklerle şekil değişikliklerine sebep olabilmektedir.

Yapıyı etkileyen yüklerin neler olduğunun bilinmesi, sadece çelik taşıyıcı sistemli yapılar için değil, taşıyıcı sistemi her ne olursa olsun tüm yapılar için önemlidir. Böylelikle yapısal tasarımı birinci derecede etkileyen yüklere karşı taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması sağlanır.

Bir yapı öğesinin taşıdığı ağırlık, kuvvet (Hasol,2002) olarak tanımlanan yük, [Türkçü,1984]’e göre yapı öğelerinde iç kuvvetlerle tepki kuvvetlerinin doğmasına neden olan tüm etmenleri yük olarak tanımlamak olasıdır. Yapıyı etkileyen yükleri herhangi bir gruplandırma amacı gözetmeksizin sıralamak gerekirse;

- Taşıyıcı elemanların kendi ağırlıklarından oluşan yükler,
- Taşıyıcı öğelerin taşıdıkları kullanıcıların kendi ağırlıklarının yanı sıra bunlara ait olan mobilya ve istif malzemelerinin oluşturduğu yükler
- Rüzgar, kar, ısı, deprem gibi strüktüre yük olarak etkileyen doğal yükler akla gelmektedir.

Taşıyıcı öğelerin kendi ve taşımak zorunda oldukları malzemelerin ağırlıkları, malzemenin birim hacim (kg /m^3), birim alan (kg /m^2), v.b. ağırlıklarından yararlanılarak hesaplanır. Bu hesaplamada bölge, ülke farkları herhangi bir rol oynamaz. Ancak her ülke/bölgenin iklimsel ve coğrafi özelliklerinden kaynaklanan veya bunlara bağlı olarak artan veya azalan yükler vardır. Çok soğuk ve kar yağışlı ülkelerde kar yükünün daha büyük alınması, deprem kuşağı üzerindeki bir bölgenin deprem yükünü hesaba katma zorunluluğu gibi. Bundan anlaşıldığı üzere, yapının bulunduğu bölgenin ve ülkenin konumuna ve coğrafi özelliklerine göre yapıya etkileyen bu tür yüklerin oranı değişmektedir.

“TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler” yapıya etkileyen yüklere ilişkin bir standarttır. Bu standart yüksek yapılar olarak

adlandırılan yaşam birimleri (konut, apartman v.b.), iş yerleri (büro, çarşı, dükkan v.b.), eğitim yapıları, (okul, üniversite, kreş v.b.), sağlık tesisleri (doğum evi, hastane v.b.), spor tesisleri (stadyum, kapalı spor salonu v.b.) gibi yapılar için geçerlidir. Özel yapı türlerinde alınacak yükler örneğin bir nükleer reaktörde o yapıların kendi mevzuatlarında ayrıca belirtilir veya belirtilmelidir.

TS 498 de yükler “malzemenin kendi ağırlığı”, “munzam yükler” ve “hareketli yükler” şeklinde bölümlenmiştir.

2.3.1 Malzemenin Kendi Ağırlığı

Taşıyıcı elemanın kendi öz ağırlığı ile bu ögenin taşıyacağı, yeri uzun bir zaman süresi içinde değişmeyecek olan istif malzemelerinin ağırlıklarını içeren yüklerdir. Kısaca, taşıyıcı eleman ve taşınan sabit malzeme ve kısımların ağırlıkları bu gruba girer. Ağırlıklar birim hacim (kg /m^3), birim alan (kg /m^2), birim uzunluk (kg/m) olarak verilir.

Örneğin:

- betonarme (normal) 2400 kg/m^3
- marsilya kiremidi 50 kg/m^2
- 80/42/390 lık bir I profil 5.9 kg/m

Yabancı ülkelerin yönetmeliklerinde “ölü yük”, “devamlı yük”, “sabit yük” olarak ta adlandırılan bu yük grubuna taşıyıcı öğede uzun süre gerilme yaratan tüm yükler katılmaktadır. Ölü yükler malzemenin kendi ağırlığı taşıyıcı eleman varolduğu sürece, başka bir deyişle yapı ayakta durduğu müddetçe etkisini sürdüren yüklerdir. [Türkçü,1984]

2.3.2 Munzam Yükler

Gerçekte hareket etmeyen, fakat duruma göre istenildiği zaman yeri değiştirilebilen yapı öğelerinin yükleridir. Bir bina, kullanım ömrü içinde birtakım

değişiklikler gerektirir. Örneğin bir büro alanının büyümesi, iç düzeninin değiştirilmesi için bazı bölme duvarlar yıkılabilir, yenileri eklenebilir. İşte bu tür değişikliklerin strüktür sisteminde olumsuz etkilerini önlemek amacıyla olası bölme duvarlar için yönetmelik belli yükler öngörmektedir. Genelde bölme duvarların oluşturacağı yükün hassas hesabı gerekmediğinde hareketli yükler toplamına 1501 kg/m^2 lik bir ek yük yeterli kabul edilir.

Özetle: munzam yükler, etkime noktaları ve şiddetleri zaman zaman değişebilen yüklerdir.

2.3.3 Hareketli Yükler

Hareket etmekte olan cisim, canlı ve aygıtların oluşturdukları yüklerle, yapıyı kullanım süresi içinde, belli zaman aralıklarında etkilemesi olası yükler, “hareketli yükleri” oluşturur.

Bir döşemeye etkileyen insan, hayvan, mobilya yükleri, hareket eden aygıtların yükleri, (örneğin bir köprüden) geçen kara taşıtlarının, trenin etkisi, fabrikada çalışmakta olan makinelerin yarattığı darbe ve titreşimler; deprem, rüzgar, kar yükleri bu grupta yer alır.

Çeşitli eylemlerde mekanların farklı kullanılabileceği düşüncesiyle, insan ve mobilyaların oluşturacağı yükler TS 498’de belirtilen bina türüne bağlı olarak verilmektedir. Gerçekten de bir konutun döşemesine gelebilecek insan ve mobilya yükü, bir eğlence tesisinin , örneğin bir otelin, bir konferans salonunun döşemesine gelecek yüklerden daha az olur. Örneklenecek olursa TS 498 de insan yükü; konut için 200 kg/m^2 toplantı salonları için 500 kg/m^2 olarak öngörülmüştür.

Doğal yükler olan kar, rüzgar ısı ve deprem yükleri hareketli yükler kapsamına girmekle beraber ayrıca açıklanacaktır.

Kar Yüğü: Kar yükünün büyüklüğü, yapının bulunduğu coğrafi konuma (örneğin Finlandiya’da, deniz seviyesinde bile kar görülmektedir) deniz seviyesinden

yüksekliğine, çatı eğimine bağlı olarak değişir. Ülkemiz için 1000m yüksekliğe kadar teras ve düz çatılarda her m^2 ye 75 kg lık yük hesaplanır. 1000 metrenin üzerindeki her metre için buna 0.08 kg eklenir.

Rüzgar Yükü: Rüzgar yükü, rüzgarın hızına, yönüne, yapının biçimine ve konumuna göre hesaplanır. Yüksek bir yapının alçak bir yapıya, her yanı rüzgara açık bir yapının etrafı binalarla kapatılmış olan bir yapıya oranla daha fazla rüzgar yükü alacağı açıktır.

Rüzgar yükü etki ettiği yüzeye dik alınır. Rüzgarın esme yönündeki yüzeyde dinamik etki (basınç etkisi), bunun karşı yüzünde emme etkisi (çekme etkisi) oluşturur. Emme etkisi basınç etkisinin yarısı kadar hesaplanır.

Isı Yükü: Bir taşıyıcı ögenin bünyesinde oluşan ısı değişimleri ısı yükünün doğmasına neden olur. Isı yükü belli strüktür sistemlerinde ve yapı malzemelerinde daha çok önem kazanır. Hiperstatik sistemlerde mesnet durumlarının ısıdan ötürü eksenel genleşmeyi önlemesi, metal çubuklardan oluşan taşıyıcı sistemlerde örneğin uzay strüktürlerde, metalin genleşme katsayısının büyüklüğü gibi nedenler, ısı farklarının doğuracağı iç kuvvetlerin hesaplanmasını zorunlu kılar. [Türkçü,1984]

Diğer taraftan izostatik sistemlerde ısı nedeniyle meydana gelebilecek genleşmeler sistem içinde herhangi bir kuvvet yaratmadığından, ısı yükünün ayrı bir yük olarak hesaplanmasına gerek yoktur. İnce kabuk veya kısaca kabuk sistemlerde ısı yükü boyutlandırmayı etkileyen etmenler arasında yer alırken betonarme karkas yapılarda çoğu kez dikkate alınmaz. TS 498 (düşey hareketli yükler), ısı yükü ile ilgili hesaplama ilkelerini içermez.

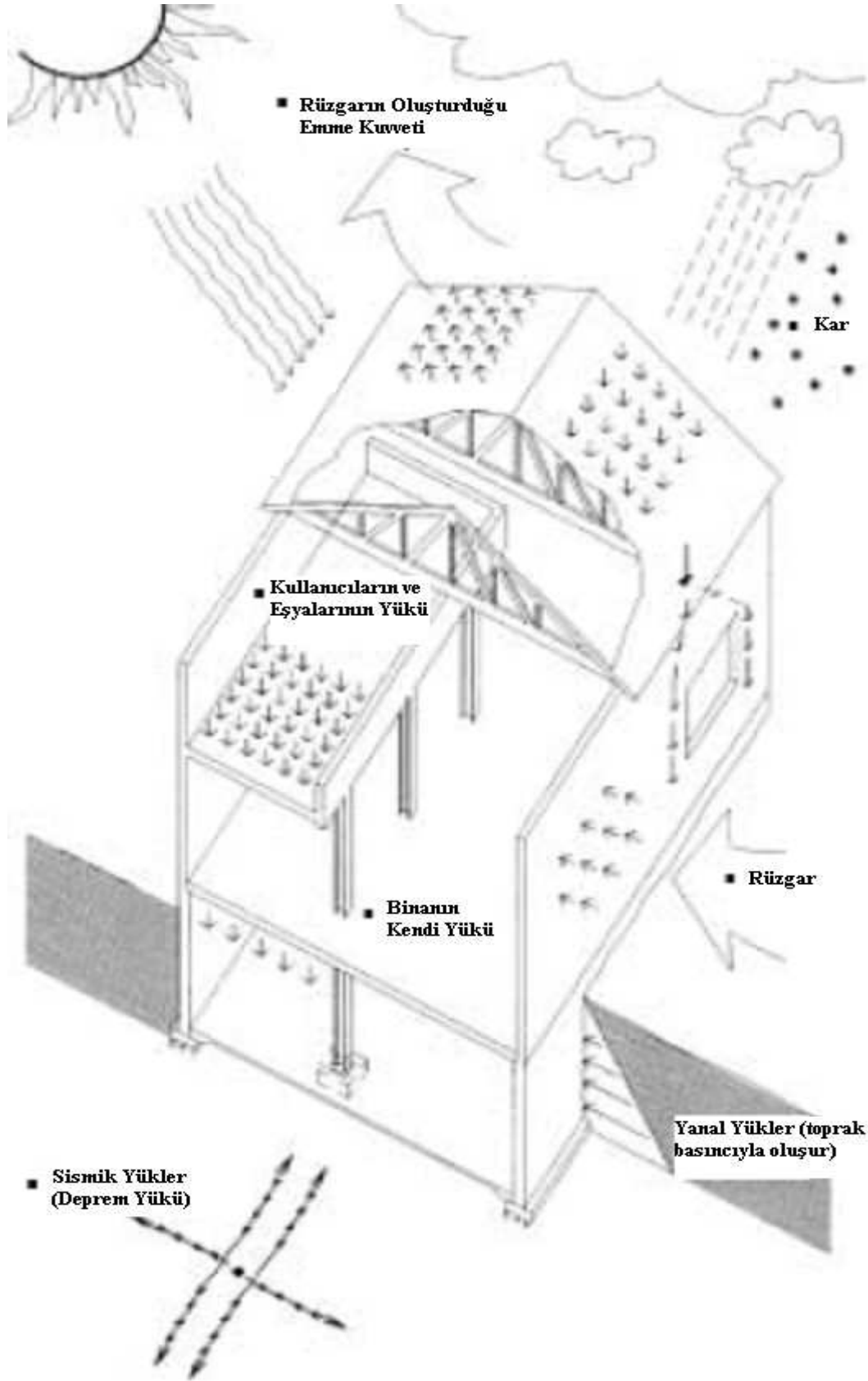
Deprem Yükü: Deprem kuşağı üzerinde yer alan Türkiye’de deprem yükü diğer yüklere oranla daha fazla önem kazandığından bununla ilgili yüklerle diğer ilkeler “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik” te ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu yönetmelik, betonarme, çelik, ahşap, yığma kagir, yarım kagir, kerpiç yapılarda taşıyıcı elemanların boyutlarına, donatı miktarlarına v.b minimum sınırlar getirirken, aynı zamanda depreme dayanıklı yapılar için hesap ilkelerinin,

alınması gereken toplam yatay yükün, bu yükün her bir kata dağılım miktarının açıklamasını da yapmaktadır.

Ülkemiz dört deprem bölgesiyle deprem tehlikesi olmayan bir serbest bölgeye ayrılmıştır. Birinci derece deprem bölgesi sık ve şiddetli depremlerin beklendiği bölge olup dördüncü derece deprem bölgesine doğru deprem tehlikesi azalmaktadır. Türkiye'nin % 91'i deprem bölgesi sınırları içinde yer almaktadır. Sadece % 9'luk bir alan serbest bölge olmaktadır.

Çelik yapıların deprem yüklerine karşı betonarme yapılara oranla daha dayanıklı olduğu gerçektir. Çelik yapıların depreme karşı dayanıklılık özellikleri araştırmanın bölüm 3.5. "Çelik Malzemenin Üstünlük ve Eksiklikleri" konusunda ele alınacaktır.

Yukarıda açıklanmaya çalışılan yapıya etki eden yükleri, doğrultularına göre "düşey yükler" ve "yatay yükler" olarak da sınıflandırmak mümkündür. Yerçekimi etkisi ile oluşan **düşey yükler** statik ve dinamik yükler olmak üzere iki sınıfta toplanabilir. Yapı üzerinde her zaman varlığını koruyan statik yükleri, yapının öz ağırlıkları oluştururken, dinamik yükleri de kar, buz gibi yükler oluşturmaktadır. **Yatay yükleri** ise rüzgar ve deprem yükleri oluşturur. Dinamik yükler olmalarına rağmen hesap kolaylığı açısından statik yük olarak kabul edilirler. Şekil 2.1'de buraya kadar anlatılanlar ışığında yapıya etkiyen yükler görülmektedir.



Şekil 2.1 Yapıya etkiyen yükler.

BÖLÜM ÜÇ

ÇELİĞİN TANIMI, ÜRETİMİ, BAŞLICA ÇELİK TÜRLERİ VE İLGİLİ STANDARTLAR – ÇELİK YAPILAR, ÇELİK YAPILARIN TARİHÇESİ VE ÖZELLİKLERİ

3.1 Çeliğin Tanımı, Çelik Malzemenin Özellikleri

Çelik; az miktarda karbonla birleşmiş (%0.5-1.5) demirdir. Daha düzgün bir tanım yapmak gerekirse %2'den az oranda karbon içeren, mekanik direncinin yüksekliğiyle bilinen, mekanik olarak işlenebilme olanağına sahip (dövülerek, preslenerek, haddeden geçirilerek şekil verilebilen) demir ve karbon alaşımlarına “çelik” adı verilmektedir. Çelik, su verilerek veya başka madenlerle birleştirilerek çok sert bir hale sokulabilir. Çelik, demirden çok daha sert ve daha hafif olup, daha iyi işlenebilir. Çelik çeşitlerinin ortak özelliği içlerinde belirli oranlarda karbon ve manganez bulunmasıdır. İhtiva ettiği karbon miktarı çeliğin karakteristik özelliklerini belirler. Elde edilmesi ve içinde bulunan maddelerin oranları bakımından çeşitli adlar alır [Hasol,2002].

Fiziksel özelliklerine bakıldığında birim hacim ağırlığı 7,8 kg/m³ ; su emmesi sıfır ; genleşme kat sayısı 12×10^{-6} ; ısı iletkenliği 25-45 Kcal /min h ° C; ses yutması 0,01 dir. Mekanik olarak çekme ve basınç kuvvetlerine dayanımı birbirine eşittir. Demire göre çok daha hafif, sert ve kolay işlenebilir bir yapıdadır (Kıray, 2002). Çelik kesiti ince taneli ve homojen olmalı, leke, karınca, çapak, boşluk ve yarık bulunmamalıdır.

Yapı malzemelerinin davranışları, izotrop veya anizotrop olarak birbirinden ayrılır. İzotrop malzemeler, değişik yönden gelen etkiler altında eşit davranış gösterir. Anizotrop malzemeler ise, değişik yönden gelen etkilere değişik tepki verirler. Yapısal çelik bir izotrop yapı malzemesidir.“ (Işık, 2001)

Yapı işlerinde en çok kullanılan "Thomas çeliği" denilen, haddeden geçmiş, genel olarak yuvarlak çubuk halindeki yumuşak çeliğin (Alman normuna göre St 37) kırılma dayanımı $3700-4200 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Zahiri esneklik sınırı $2000-2600 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Zahiri katsayısı 2100000 olup, çapının 15 katı uzunluktaki deney çubuğunun kırılma haddindeki uzama miktarı çubuk boyunun %20-22'si olur. Türkiye'de üretilen çelikler bu cinstendir. St.37 çeliğinden başka, diğer bir çelik cinsi St.52 çeliğidir. Bunun mukavemeti daha yüksektir ve genelde köprü inşaatlarında kullanılır. Bu çeliklerden başka perçinlerde kullanılan St.34 ve St.44 çelikleri yapısal olarak kullanılır.

Tablo 3.1 Çeliğin çekme, basınç ve eğilme emniyet gerilme tablosu.

Çelik cinsi	$G_f \text{ kg/cm}^2$	$G_{em} \text{ kg/cm}^2$	
St 37	2400	1000	1400
St 52	3600	2100	2400

Tablo 3.2 Çeliğin kayma emniyet gerilme tablosu.

Çelik cinsi	$G_f \text{ kg/cm}^2$	$G_{em} \text{ kg/cm}^2$	
St 37	2400	900	1050
St 52	3600	1350	1550

Burada karşımıza çıkan bir diğer tanımda "demir" dir. Yerkürede en sık rastlanan metallere biri olan "demir" mavimsi esmer renkte, 7,8 yoğunluğunda, 1510°C 'de eriyen, simgesi Fe olan neredeyse her yerde saf halde veya diğer elementlerle birleşmiş olarak bulunan madendir. Pratikte kullanılan demirlerin hiçbiri saf değildir. Bunlar demirin karbonla olan alaşımlarıdır. İşlenmeye oldukça elverişli olan bu maden dökme dövme ve çelik olmak üzere başlıca üç şekilde kullanılır. İçerdiği karbon oranlarına göre bir adlandırma yapmak gerekirse; karbon oranı, % 0.10 dan az ise demir (dövme demir), % 0.10 ile % 2 arasında ise çelik ve % 2.5 ile % 6 arasında ise dökme demir (pik) ismini alır. Bugün "demir" sözcüğü tek başına (üretilen malzemelerin hammaddesi göz önüne alındığında) eskisi kadar sık

kullanılmamaktadır. Bunun yerine “düşük karbonlu çelik” teriminin kullanımı daha yaygındır.

Çeliklerin temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Çeliklerin büyük çoğunluğu ısıtılı işlemlere karşı duyarlıdır. Kimyasal bileşimin yanı sıra uygulanan ısıtılı işlemler sonucunda istenen sertlik, mekanik ve fiziksel özellik, elektriksel özellik, korozyona ve yüksek sıcaklığa dayanım özelliklerine tam olarak kavuşturulabilir.
- Çelikler yapılarının gerektirdiği sıcaklıklara kadar ısıtıldıklarında şekillenme özelliğine kavuşur. (Haddelme, Presleme, Dövme)
- Ayrıca kimyasal bileşim ve iç yapı olarak uygun olan çelikler haddelme, presleme gibi yöntemlerle soğuk olarak da şekillendirilebilir.
- Talaş kaldırıcı tezgahlarda işlenerek, istenilen şekil ve yüzey düzgünlüğüne getirilebilir.
- Kimyasal bileşim olarak uygun olan çelikler kaynak işlemi ile birleştirilebilir.
- Çeliklerin büyük bir bölümü çeşitli yöntemler ile metal ile kaplanmaya, emaye yapılmaya, boyanmaya ve plastik maddeler ile kaplanmaya elverişlidir.

3.2 Başlıca Çelik Türleri ve Uluslar Arası Çelik Standartları

İnşaat sektöründe kullanılan çelikler vasıflı çeliklerdir. Vasıflı çelikler alaşımsız, düşük alaşımlı ve alaşımlı çelikler olup, kitlesel olarak üretilen çeliklerden bazı noktalarda ayrılmaktadır. Bu noktalar; üretim yöntemi, üretim araçları, alt limitlerde bulunan S, P ve diğer empürütelerin ile çözünmüş gaz miktarlarıdır.

Daha önce de bahsettiğimiz üzere içeriğindeki karbon miktarı çeliğin karakteristiğini belirlemektedir. Çelik türlerini genel olarak “Alaşımlı Çelikler (alloy steels)” ve “Alaşımsız Çelikler (non-alloy steels)” olmak üzere iki büyük grup halinde toplayabiliriz.

Alaşımlı çelik terimi çeliğin yapısındaki olmazsa olmaz niteliğindeki “karbon”dan hariç bulunan kimyasal elementlerin varlığına işaret eder. Manganez (Mn), Fosfor (P), Kükürt (S) ve Silisyum (Si) üretim sırasında hammaddeden kaynaklanan elementler olup, çelik bünyesinde belirli oranlarda bulunur. Diğer elementler ise (Cr, Ni vs.) ferro-alyajlar halinde istenilen miktarlarda çelik bünyesine ilave edilir.

Çeliğe farklı maddeler karıştırılması ile elde edilebilecek bazı özellikler içerisinde; sertliğini, korozyon direncini ve mukavemetini arttırmak, manyetik özelliklerini geliştirmek, aşınma direnci kazandırmak ve yüksek veya düşük sıcaklıklarda mekanik özelliklerini geliştirmek sayılabilir.

İçinde bulunan maddelerin oranları bakımından;

- Krom çeliği,
- Manganez çeliği,
- Tungsten çeliği,
- Molibden çeliği,
- Silisyum çeliği gibi alaşımlı çeliklere ayrılabilir

Çelikler, elde edilişleri bakımından;

- Siemens-Martin çeliği,
- Bessemer çeliği,
- Thomas çeliği ve
- Elektro çeliği olarak dörde ayrılırlar.

Çelik demir cevherinden veya hurdadan geri dönüşüm olmak üzere iki şekilde üretilmektedir. Sıvı çelik üretildikten sonra döküm ile ingot olarak veya sürekli döküm yöntemi ile kütük veya blum olarak şekillendirilir.

Çelikler genel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır;

- Karbon ve alaşımlı çelik olarak bileşimlerine göre,
- Üretim yöntemlerine göre
- Son üretim yöntemine göre
- Ürün şekline göre
- Kullanım yerleri, üretim programları ve deoksidasyon durumlarına göre.

Çelik yapılar, diğer tüm yapı türlerinde olduğu gibi bir takım standartlara göre oluşturulmaktadır. Bu aşamada takip edilen standartlarının özelliklerini kısaca açıklamakta fayda vardır.

Uluslar Arası Çelik Standartları

▪ TS – Türk Standartları

Çeliklerle ilgili Türk Standartları'nın hazırlanmasında DIN-Alman Standartları esas alınmış olup, Alman Standartları bölümünde yer alan açıklama ve örnekler Türk Standartları için de geçerlidir. Çelik yapıların tümü; TS 498, TS648, TS EN 1993-1, TS 3357, TS 4561 standartları ve DBYBHY (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik)' e uygun olmalıdır.

▪ DIN – Alman Standartları

Alman Standartlarında malzeme tanımlaması için 3 değişik sistem kullanılmaktadır.

1. Malzeme Numarası
2. Çeliğin çekme dayanımına göre kısa işareti
3. Çeliğin kimyasal analizine göre kısa işareti
 - Karbon Çelikleri
 - Düşük Alaşımli Çelikler
 - Yüksek Alaşımli Çelikler

1. Malzeme Numarası

Tablo 3.3 Malzeme numaralarının gösterimi.

Malzeme Numarası	X.	X	X	X	X
Malzeme Cinsi (Çelik için 1)	—	—	—	—	—
Çelik Türü	—	—	—	—	—
Çelik Türü (Alt Grubu)	—	—	—	—	—
Sıra Numarası	—	—	—	—	—

2. Çeliğin Çekme Dayanımına Göre Kısa İşareti :

Çeliğin minimum çekme dayanımı (Kgf/mm^2) esas alınarak gösterilir.

Örn : St 37

En az 37 Kgf/mm^2 veya 370 N/mm^2 çekme dayanımına sahip olan çeliği tanımlar

3. Çeliğin Kimyasal Analizine Göre Kısa İşareti :

o Karbon Çelikleri

“C” ön harfi ile tanımlanır ve “C” harfinden sonra gelen sayı yüzde C miktarının 100 katını gösterir. Ayrıca diğer özellikler “C” harfinden sonra k, m, q ve f harfleri konularak tanımlanmaktadır.

Tablo 3.4 Alman standartlarında karbon çeliklerinin kimyasal analizine göre kısa işaretleri.

HARFLER	TANIM
Ck	Genel amaçlı kaliteli karbon çelikleri(Düşük P ve S)
Cm	Kükürt miktarı belli sınırlar içerisinde olan ıslah edilebilir karbon çelikleri
Cq	Soğuk şekillendirilebilir karbon çelikleri
Cf	Alevle ve indüksiyonla yüzeyi sertleşebilir karbon çelikleri

o Düşük Alaşımli Çelikler

Alaşım elemanlarının ağırlık olarak toplam miktarı %5 veya %5’ ten az çeliklerdir. Bu çeliklerin kısa işaretindeki ilk rakam Karbon miktarının 100 katı olup, bu sayıdan sonra alaşım elementi veya elementlerinin sembolleri ile daha sonraki sayı ve sayılarla da alaşım elementinin yüzde olarak ağırlıkları verilmektedir. Bu sayılar aşağıdaki alaşım elementi çarpanına bölünerek o elementin yüzde ağırlığı bulunur.

Cr, Mn, Si, Ni, Co, W için “4”

Al, Cu, Pb, Mo, V, Ti, Zr, Ti, T için “10”

C, S, P, N için “100”

B için “1000”

Örnek : 41Cr4

41 sayısı; $41/100 = 0,41$ ortalama % C miktarını,

4 sayısı; $4/4 = 1$ ortalama % Cr miktarını ifade eder.

o **Yüksek Alaşımli Çelikler**

Alaşım elementlerinin ağırlık olarak toplam miktarı %5'ten fazla olan çeliklerdir. Yüksek alaşımı belirlemek için tüm ifadenin başına bir "X" işareti konulmuştur. "X" harfinden sonra gelen sayı ortalama C miktarının 100 katıdır. Bu sayıdan sonra alaşım elementlerinin sembolleri ile bunların yüzde olarak ağırlıklarının miktarları verilir. *Tüm alaşım elementlerinin çarpanları "1" olarak kabul edilir.*

Örnek : X20Cr13

20 sayısı; $20/100 = 0,20$ ortalama % C miktarını,

13 sayısı; $13/1 = 13$ ortalama % Cr miktarını ifade eder.

▪ **SAE / AISI – Amerikan Standartları**

SAE ve AISI sistemlerinde malzemenin kısa işareti 4 veya 5 haneli sayı sistemi kullanılarak yapılır. 5 haneli sayı sistemi %C miktarı 1'in üzerinde olduğu zaman yapılır. İlk 2 rakam çelik türünü, diğer 2 veya 3 rakam ise %C miktarının 100 katıdır.

▪ **AFNOR-FRANSIZ– Fransız Standartları**

Çeliğin Çekme Dayanımına göre kısa işareti (Örn:A35)

Çeliğin kimyasal analizine göre kısa işareti

Isıl işlem uygulanabilen C çelikleri (CC işareti ile ifade edilir)

Isıl işlem uygulanması gereken C çelikleri (XC işareti ile ifade edilir)

Düşük alaşımli çeliklerin ifade şekli DIN normundaki gibidir. Alaşım elementlerini ifade eden harflerden bazıları değişir fakat alaşım elementi çarpanları DIN normundaki gibidir.

Yüksek alaşımli çeliklerde DIN normundaki "X" ibaresinin yerini "Z" harfi alır. Alaşım elementleri çarpanları ise DIN normundaki gibi "1" dir.

▪ **BS– İngiliz Standartları**

BS standartlarında çeliklerin kısa işaretleri, kimyasal analizlerine göre altı (6) haneli sayı sembol sistemi kullanılarak verilir.

İlk üç hane Çelik türü ve ana grubunu, ortadaki hane çeliğin özelliğini belirten harf ve son iki hanede %C miktarının 100 katını ifade eder.

Tablo 3.5 İngiliz standartlarına göre çelik ana grupları.

Çelik Türü Ana Grupları	Tanımı
000 – 199	Karbon çelikleri, karbon ve manganlı çelikler
200 – 240	Otomat çelikleri
250 – 299	Silisyum ve manganlı yay çelikleri
300 – 499	Paslanmaz çelikler, ısıya dayanımlı çelikler
500 – 999	Alaşımlı çelikler

Tablo 3.6 İngiliz standartlarına göre kullanılan harflerin anlamları.

HARFLER	TANIMI
“A”	Kimyasal analizi istenilen aralıklarda
“H”	Sertleşebilirlik eğrisi istenilen sınırlar arasında
“M”	Mekanik özelliklere ait değerler istenilen sınırlar arasında
“S”	Paslanmaz çelikler

Bu verilen bilgilerin ışığında TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafınca hazırlanan ve uyulması zorunlu olan kodların numaraları, bu kodların başlıkları ve bu başlıkların İngilizce karşılıkları liste olarak Ek-1’de verilmiştir.

3.3. Strüktürel Çeliğin Üretim Yöntemleri

Yapılarda çelik kullanımı, çeliğin üretim yöntemlerinin zaman içerisinde gelişmesine paralel bir yol izlemektedir. Tarihi süreç içerisinde oldukça ilkel ve az miktarlarda üretimi olan çelik; teknoloji geliştikçe oldukça fazla miktarda ve üstün kalitede üretilmeye başlanmıştır.

Eski çağlarda çelik kullanımı yerine demir kullanımından söz etmek daha akılcı olur. Hititlerden ortaçağın sonlarına kadar olan tarihi süreçte demirin şekillendirilmesi ve hazırlanışı, kömür veya odun ile yakılan ateşte ısıtılan demirin yarı eriyik halde çekiçle dövülmesi suretiyle yapılmaktaydı.

Ortaçağda, demirhaneler metallerin ısıtılıp hazırlandığı ocaklardan birkaç adım ötede kurulmaktaydı. Özgün formu basit konik delikler olan ocaklar zamanla fırınlara dönüşmüş, başlangıçta işlenen demir miktarı ise birkaç kilogramdan 50-60 kilograma yükseltilmiştir. Ayrıca bu dönemde çok düşük miktarda karbonla zenginleştirilmiş demirden çelik elde edilmiş ve demirin karbonla zenginleştirilmesi bu malzemeye daha fazla sertlik ve dayanım kazandırmıştır. Kısaca 15. yy dan sonra dökme demirin üretimine geçilmeye başlanmıştır.

1786 yılında üç Fransız bilim adamı olan Berthollet, Monge ve Vandermonde demir, dökme demir ve çelik malzemenin özelliklerini, birbirleri arasındaki ilişkiyi ve karbonun bu üç elementin hazırlanışında ve karakteristiklerindeki rolünü tam olarak açıklamışlardır.

Yine de bu önemli bilginin önemi 19. yüzyılın büyük buluşları olan Bessemer ve Thomas-Martin fırınlarının icadına kadar kavranamamıştır. Bu fırınların bulunuşuna kadar çelik üretimi demire göre çok düşük miktarlarda kalmaktayken, bu yeni üretim yöntemleriyle birlikte çelik üretimi olağanüstü bir büyüme göstererek sanayi devriminin en önemli metali haline gelmiştir.

Özetle ilk başlarda üretimi son derece zor olan dövme demir kullanımı söz konusu iken; Bessemer (1855), Siemens-Martin (1864), Thomas (1879) yöntemlerinin bulunmasıyla ham demirin sıvı halindeyken arıtılması sağlanmış ve geniş ölçüde dökme çelik üretimi olanağı doğmuştur. 20. yüzyılın başından itibaren elektrik fırınlarının da kullanılmaya başlanmasıyla dökme çelik üretiminin arttığını, 1890 yılından itibaren ise dövme çelik yerini tamamen dökme çeliğe bıraktığını söyleyebiliriz. Dökme çeliğin kullanılmaya başlanmasıyla modern çelik yapı tekniği

ortaya çıkmış ve bu alanda büyük ilerlemeler kaydedilmekle beraber yeni gelişmeler günümüzde de devam etmektedir.

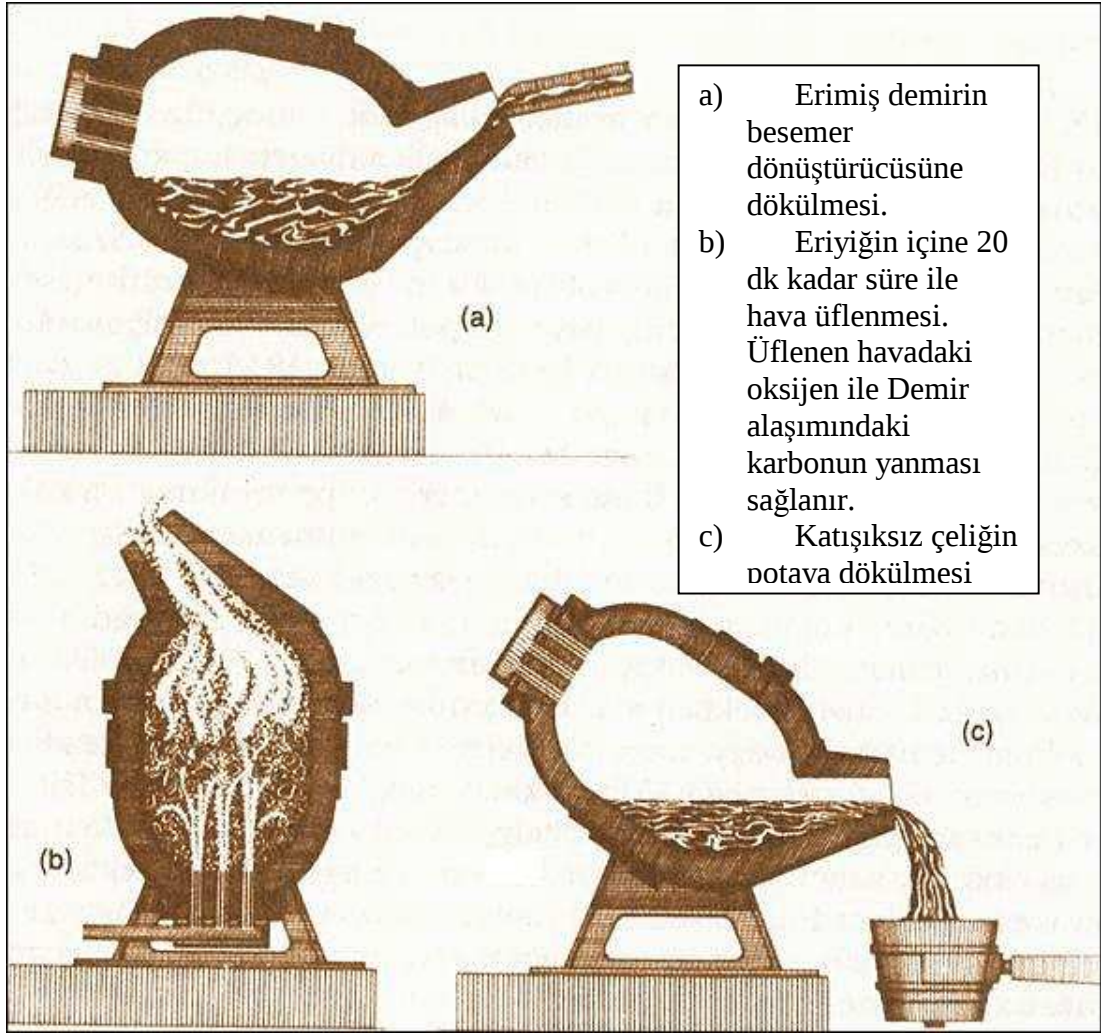
Çelik, erimiş dökme demirdeki karbon oranını istenilen düzeye düşürerek ve içindeki diğer katışıklardan arındırarak elde edilir. Çeliğin niteliğini bozduğu için fosfor ve kükürt gibi elementlerden arındırılması gerekir, bu nedenle çelik üretimi temelinde bir arıtma işlemidir. Çelik malzeme bünyesine krom, nikel, vanadyum, molibden gibi maddeler katılarak yüksek kaliteli çelikler üretilebilmektedir. Yüksek fırınlarda kok kömürü yakılarak demir cevherinin ergitilmesi sonucu, içinde %5 karbon bulunan ham demir elde edilir. Ham demirin özel fırınlarda katkılanmasıyla, bünyesinde %4 kadar karbon bulunan font (pik) üretilmiş olur. Dövme çeliğin yerini dökme çeliğe bırakması ile modern çelik yapı teknikleri ortaya çıkmıştır.

Bunlara ek olarak, çelik, dünya üzerinde geri dönüşümü en yaygın olan malzemedir. Tamamı hurda çelik hammadde kullanılarak, yüksek kaliteli çelik ürünleri yapılabilmektedir. Bu tekrar kullanım sayesinde kaynak ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Başlıca strüktürel çelik üretim yöntemleri: Bessemer Yöntemi, Thomas Yöntemi, Siemens – Martin Yöntemi, Bazık Oksijen Yöntemi, Elektrik Arkı Fırını olmak üzere beş tanedir.

3.3.1. Bessemer Yöntemi

Erimiş demirden sanayinin gereksinimini karşılayacak kadar büyük çapta çelik üretme yöntemini ilk kez 1856 yılında İngiliz mucit Henry Bessemer bulmuştur. Bu yöntem, erimiş demirin içine yaklaşık yirmi dakika süre ile hava üflenmesiyle gerçekleştirilir. Bu işlemde Bessemer dönüştürücüsü adı verilen, yüksek fırın gibi dik duran, ama yataklanmış millerin üzerine oturtulduğu için erimiş demiri doldurmak, hava üfleme ve çeliği boşaltmak gerektiğinde eğilebilen, kabaca armut biçiminde bir kap kullanılmaktadır. (Öğüt, 2006)



Şekil 3.1 Bessemer Dönüştürücüsü.

Erimiş demirin içine kabın dibindeki bir dizi hava deliğinden hava gönderilir. Böylece demir alaşımındaki karbon ve diğer katışıqlar havanın oksijeni ile birleşerek “yükseltgenir” başka bir deyişle yanar. Bu gaz halindeki oksitler parlak bir alevle yanarak hızla dönüştürücünün tepesine doğru yükselir ve ağzından dışarı doğru çıkar. Yaklaşık yirmi dakika sonra bütün yabancı maddeler oksit halinde uçup geriye katıksız demir kalır. Dönüştürücüdeki çelik bir potaya dökülürken aynı anda karbon ve diğer alaşım elementleri de potaya katılarak çeliğin yapısı istenildiği gibi ayarlanabilir.

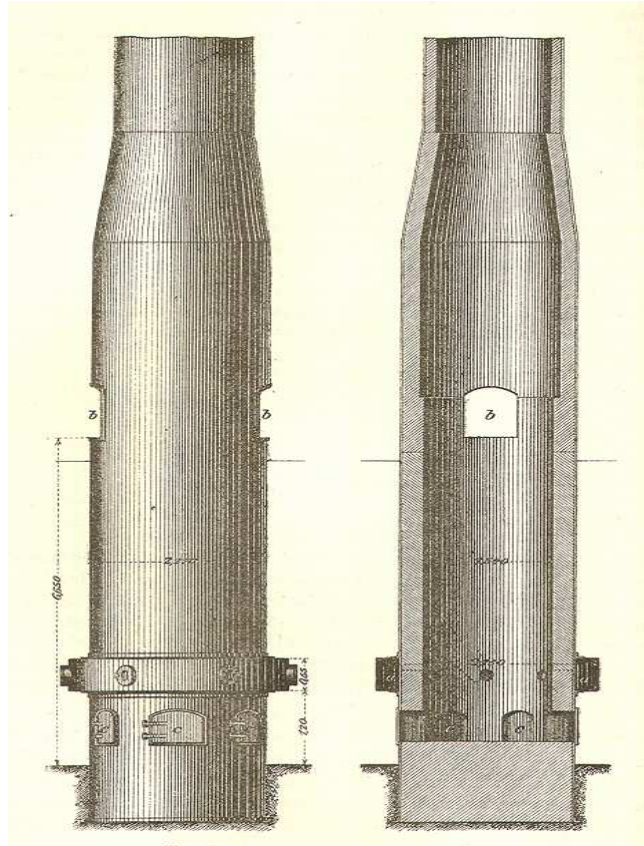
Henry Bessemer’in silah yapımında kullanmak için çelik üretimi üzerine yaptığı çalışmalar sırasında sıvı ham demirden hava geçirilmesi ile sıvı karbonun ve yabancı

maddelerin yanıp cüruf haline geçebildiği ve iyi kaliteli çelik üretebileceğinin bulunması ile kısa sürede çok miktarda çelik üretilmiştir. Bu yöntemin sakıncalı yönleri konvantördeki silikatlı tuğlaların ham demirdeki kükürt ve fosforu yakmaması sonucu çeliklerdeki biçimlendirme özelliklerinin kötü olması ve çeliklerin kırılgan olmasıdır.

3.3.2. Thomas Yöntemi

Bessemer yönteminde aksaklıklar çıkması sonucu, 1876'da Thomas Gillchrist ham demirdeki kükürt ve fosforun da yakılabileceği bir fırın geliştirmiştir. Bu fırının Bessemer fırınından farkı astarın silika tuğlaları yerine dolomit tuğlalarla yapılması ve çalışma esnasında konvantöre yeteri kadar kireç taşı atılarak üretim yapılmasıdır.

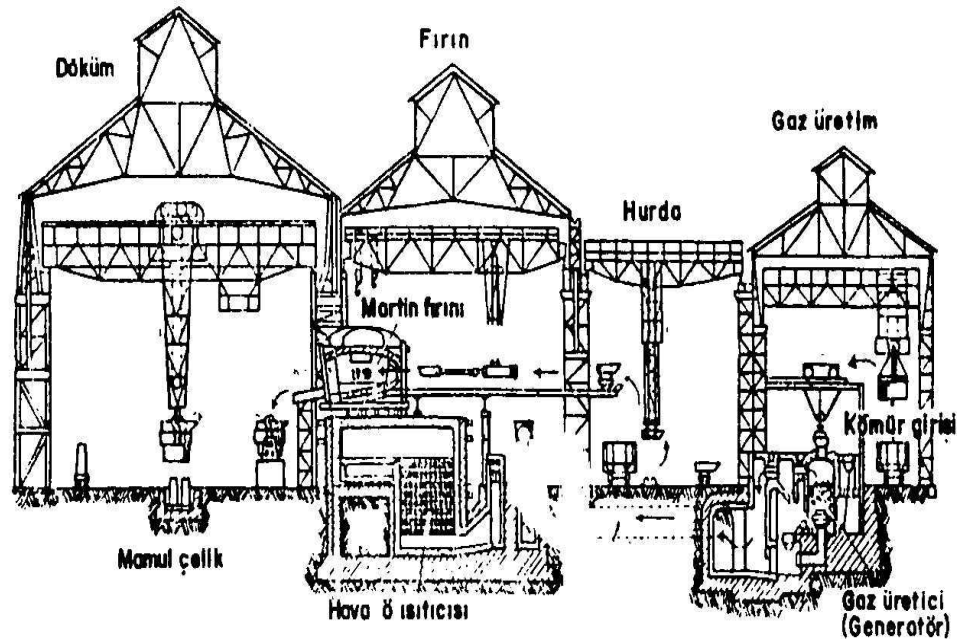
Thomas çeliği %0.012 – 0.025 gibi yüksek oranlarda azot içermektedir. Bunun nedeni yanma ve hava verilmesi esnasında çeliğin sürekli olarak %79 oranında azot içeren bir gaz ile temas etmesidir. Ancak Thomas çeliğinin de şekillenebilme kabiliyeti, azot ve %0.06 –0.08 civarında da fosfor içerdiğinden sınırlıdır.



Şekil 3.2 Dolomit tuğlalı Thomas konvertörü.

3.3.3. Siemens – Martin Yöntemi

Yansımali fırın olarak bilinen Siemens-Martin fırını, duvarları ve tavanı ateşe dayanıklı tuğlalarla örülmüş uzun, yassı ve sık bir fırındır. Gazla ısıtılan fırının her iki ucunda tuğla örgüyle ayrılmış birer odacık bulunur. Bu odacıkların birinden hava üflenir. Yanma sırasında fırının içinde oluşan sıcak gazlar diğer odacıktan geçerek orayı ısıttıktan sonra yüksek bir baca ile dışarı atılır. Yaklaşık her yirmi dakikada bir fırındaki bu hava ve sıcak gaz akımının yönü tersine çevrilir. Böylece yakıt ve hava önce bir odacıktan verilip sıcak fırın gazları diğer odacıktan çıkarken, yirmi dakika sonra akım tersine çevrilince fırına üflenilen havaya biraz önce sıcak gazların geçerek ısıttığı odacıktan geçer. Sonuçta; fırına üflenilen havaya bir ön ısıtma uygulanmış olur. Bu da fırının içindeki sıcaklığı attırır.



Şekil 3.3 Siemens Martin fırını işlem akışı.

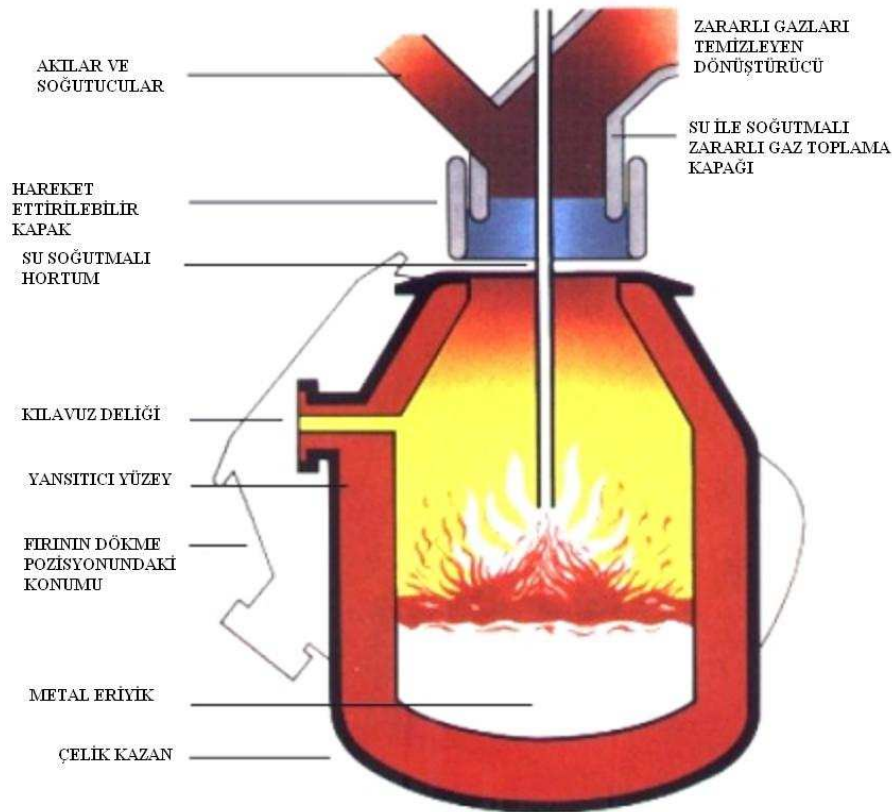
Siemens-Martin fırınına önce hurda demir-çelik ve kireçtaşı yüklenir. Bu karışım biraz eriyince bu kez erimiş demir katılır. Arıtma için gerekli oksijen de; ya fırına demir oksit yükleyerek ya da su ile soğutulan bir borudan doğrudan oksijen püskürterek sağlanır. İstenilen karbon oranına ulaşıldığında çelik ve üstünde yüzen cüruf önce aynı potaya akıtılır. Daha sonra cüruf bu potanın üstünden taşırılarak yandaki daha küçük bir potaya alınır. Alaşımda bulunması istenen diğer maddeler de

çelik akıtılırken potaya eklenir. İşlemlerin oldukça yavaş olmasına karşın Bu yöntemle elde edilen çelik üstün niteliklidir.

Siemens-Martin fırını ile çelik üretme yöntemi neredeyse bir yüzyıl boyunca bütün çelik üretiminin temeli olarak önemini korumuş, günümüzde ise bu fırınların yerini büyük ölçüde bazik oksijen dönüştürücüleri ve elektrik arkı fırını almıştır.

3.3.4. Bazik Oksijen Yöntemi

Bessemer dönüştürücülerinin başlıca sakıncası, içeri üflenen havadaki azotun varlığından kaynaklanan büyük enerji kaybıdır. Dökme demirdeki karbon ve diğer elementlerin yanması ile açığa çıkan ısıнын büyük bölümünü azot soğurduğu için, çeliğin erime sıcaklığına ulaşmak çok uzun sürmekteydi. Bazik oksijen yöntemi ile; düşük maliyetle havadan bol miktarda oksijen elde etme yönteminin bulunması azotun ve Bessemer işleminin bu sakıncasını gidererek çelik üretiminde bir devrim yaratmayı başarmıştır. Bu yeni yöntemde, erimiş demir banyosunun üzerine su ile soğutulan borulardan büyük bir basınç altında arı oksijen püskürtülür.



Şekil 3.4 Bazik oksijen yöntemiyle çelik üretimi.

Oksijenle çelik üretiminde LD, Kaldo ve Rotor adı ile bilinen üç temel yöntem uygulanır. İlk kez Avusturya’da bulunan Linz ve Donawitz kentlerinde uygulandığı için bu kentlerin ilk harfleriyle anılan LD yönteminde; erimiş demir banyosunun yüzeyine yüksek basınç ile oksijen püskürtülür. Bu yöntem çok hızlı bir arıtma sağlar ve yükleme kapasitesi 350 ton olan modern bir fırında %70’i dökme demir, %30’u hurda demirden oluşan eriyik kırk dakikada çeliğe dönüşür. Yüksek oranda fosfor içeren dökme demirleri LD yöntemi ile arıtmak için fırına oksijenle birlikte kireç de püskürtülür. Kirecin işlevi eriyikteki fosfor oksitleri soğuran bazik bir cüruf oluşturmaktadır. Bu cüruf aynı zamanda değerli bir fosfor gübresidir. Bugün dünya çelik üretiminin %60’tan fazlası LD yada bazik oksijen yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Kaldo ve Rotor yöntemleri de LD yöntemi ile aynı temel ilkeye dayanır; aralarındaki tek fark bunlarda dönüştürücünün işlem sırasında yavaşça dönmesidir.

3.3.5. Elektrik Arkı Fırını

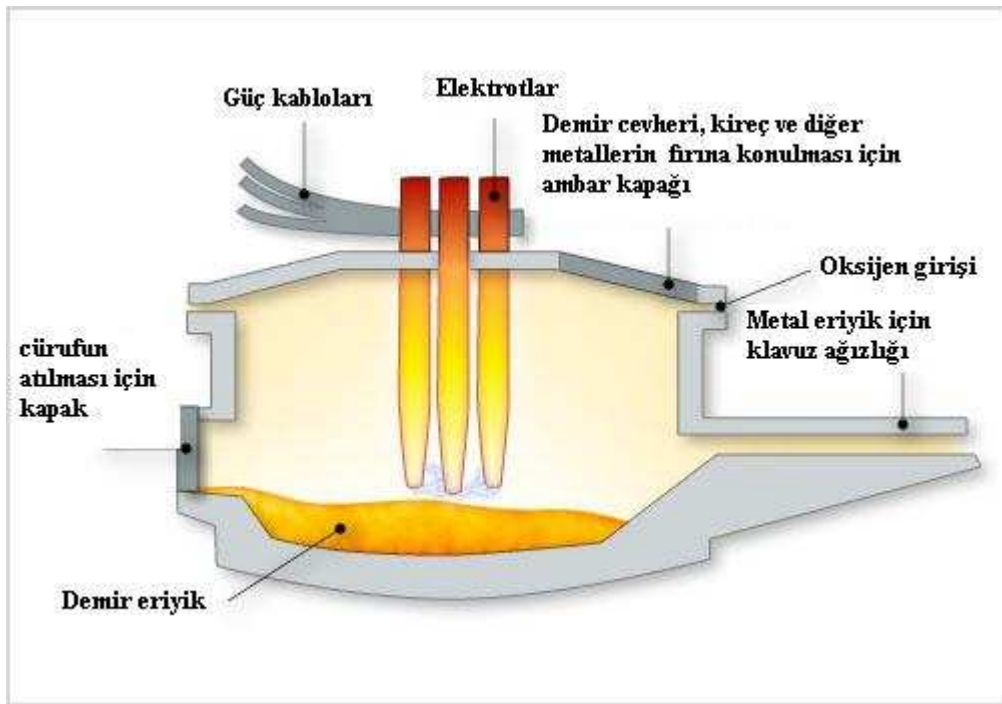
Elektrik arkı fırını diğer yöntemler içerisinde en iyi sonucu veren çelik üretim yöntemidir. Üstün nitelikli özel alaşım çelikleri genellikle elektrik arkı fırınlarında üretilir. Yükleme kapasitesi ortalama 150 ton olan bu fırınların gövdesi yuvarlak, içi ateşe dayanıklı tuğla ile astarlı ve derinliği azdır. Fırının kubbe biçimindeki tavanı açılabilirdiği için soğuk hurda demir buradan yüklenir. Fırını ısıtmak için gerekli ısı da tavandan aşağı doğru uzanan üç karbon elektrotun ürettiği elektrik arkı ile sağlanır.

Elektrotların alt uçları çeliğe değmez; ancak elektrik akımının bu uçlardan çeliğe gönderilmesi ile oluşan elektrik arkının yoğun ısıısı hurda çeliği kısa sürede eritecek güce sahiptir. Elektrotlarla eritilen çeliğin içindeki katışıklar da diğer yöntemlerdeki gibi giderilir. Çeliğin birleşimini belirlemek üzere örnek alındıktan ve yüzeyde toplanan cüruf akıtıldıktan sonra fırın eğilerek içindeki erimiş çelik potaya dökülür.

Elektrik arkı fırınlarının ısı kaynağının kazanda gelişen kimyasal tepkimelerden bağımsız ve kolayca denetlenebilir olmasından alaşımda bulunması istenen elementler sonradan potaya koymak yerine, doğrudan fırındaki eriyiğe katılabilir.

Elektrik arkı fırınları bu üstünlüğü ile paslanmaz çeliklerin ve hemen hemen bütün üstün nitelikli özel alaşım çeliklerinin üretiminde diğer yöntemlerin yerini almıştır. Bu özellikler; en üstün nitelikli çeliklerin, elektrik arkı fırınları ile üretilmesinin nedenleridir.

İstenmeyen bütün katışıklardan temizlenmiş, son derece arı çelik üretmek gerektiğinde, eriyen çelik özel bir potaya alınır ve vakumlu bir odaya götürülerek içinde çözülmüş durumda bulunan bütün gazların çıkması sağlanır. Örneğin; motor yataklarının yapımında kullanılan özel çelikler bu yöntemle üretilir.



Şekil 3.5 Elektrik arkı fırınlarında çelik üretimi.

Çelik üretiminde kullanılan başka bir tip elektrik fırını ise indükleme fırınıdır. Daha çok özel takım çeliklerinin üretildiği bu fırınlar ayrıca çelik dökümhanelerinde küçük eritme birimi olarak da kullanılır. Büyüklüğü ve biçimi ile bir çöp bidonuna benzeyen bu fırının çevresine sarılmış olan bakır bobinden güçlü bir elektrik akımı geçirilir. Fırına yüklemeden önce ayıklanarak katışıksız olmasına özen gösterilen hurda çelik ve diğer hammaddeler indükleme ile ısıtılır, eritilir ve karıştırılır. Gaz türbinlerinin yapımında kullanılan nikel–krom–kobalt alaşımları ve yüksek

sıcaklıklara dayanıklı özel çelikleri üretmek için kurulan indüklenme fırınları genellikle vakumlu odalarda çalıştırılır.

Bu yöntemlerle üretilen çelikler fason işlemler olarak adlandırılan, genel olarak sıcak haddelenmiş malzeme yüzey kalitesinin ve ölçüsel toleranslarının yeterli olmadığı uygulamalarda, malzemelerin istenilen özelliklere getirilmesinde kullanılır. Malzemeler istenilen ölçülere yüzey işlemleri ile getirildiğinden üretimde işçilik, malzeme ve zamandan tasarruf sağlanır. Fason işlemler; Soğuk çekme, kabuk soyma + doğrultma veya kabuk soyma + taşlama ve ısıl işlemlerdir.

Soğuk çekme işlemi ile, sıcak haddelenmiş malzemelerin daha dar toleranslara getirilmesi, sıcak haddeye göre daha üstün yüzey kalitesinin elde edilmesi ve malzemeye soğuk deformasyon uygulanmasıyla, malzemenin sertliğinde ve mukavemetinde artışlar sağlanmaktadır. Soğuk çekme işlemi ağırlıklı olarak St 37-2 ve otomat çeliklerine uygulanmaktadır.

Kabuk soyma işlemi ile malzemenin yüzeyindeki soğuk haddelemeyle sıcak hadde sonrası oluşan kılcal çatlaklar giderilir.

Isıl işlemler çok çeşitli olup hem hammaddeye, hem de bitmiş ürünlere uygulanabilir. Genel olarak çelik hammaddelere uygulanan ısıl işlemler, ıslah, normalizasyon, yumuşatma tavlama, küreselleştirme tavlama, izotermik tavlama ve soğuk kesilebilirlik tavlama olarak değerlendirilebilir.

Çeliklerin büyük çoğunluğu, içerdiği elementlere bağlı olarak ısıl işlemlere karşı duyarlıdır. Kimyasal bileşimin yanı sıra uygulanan ısıl işlemler sonucunda istenen sertlik, mekanik ve fiziksel özellik değerlerine ulaşılabilir.

En son olarak üretilen çelikler tamamlama işlemlerinden geçirilerek kullanıma hazır hale getirilir. Tamamla işlemleri ise kumlama, doğrultma, yüzey çatlak testi, ultrasonik iç hata testi ile seyyar spektrometredir.

3.4 Çelik Yapıların Tarihsel Gelişim Süreci

Mimarlıkta demir kullanımı M.Ö. 6-7. yüzyıllardan bu yana süregelmektedir. Doğal olarak, son derece önemli değişimlerin ortaya çıktığı bu uzun zaman dilimi içerisinde, değişmeyen tek şey, belki de bu metalin adından ibaret olmuştur. Hem üretim teknikleri hem de mimarlıktaki işlevi açısından demir kullanımı üç dönemde incelemek mümkündür.

Birinci dönem Antik Yunan'dan başlayıp 15-16. yüzyıllara kadar uzanan dönemdir. Bu dönemde demir, yapı taşlarını birbirine bağlamak ve pencere boşluklarında güvenlik sağlamak amacıyla pencere demiri olarak kullanılmaktan ileriye gidememiştir.

İkinci dönem, 15. ve 16. yüzyıllardan başlayıp 18. yüzyılın sonlarına dek süren ve demirin sadece bir bağlayıcı eleman olarak değil, strüktürün bir parçası olarak kullanıldığı dönemdir. Bu dönemde demir özellikle, kemer ve tonoz gibi strüktürel elemanların mesnet noktalarına gelen yatay yüklerden dolayı oluşacak deformasyonu önleyebilmek için gergi elemanı olarak kullanılmıştır.

Üçüncü ve son dönem ise, sanayi devrimiyle orta çıkan üretim ve kullanım patlamasının olduğu dönemdir. Çeliğin yeni kullanım tekniklerinin de ortaya çıkmasıyla, yapı strüktürünü oluşturan ana malzeme görevini üstlenmeye başlamıştır. Özellikle Expo Fuarları için yapılan evrensel nitelikli yapılar ile kullanımı tüm dünyada yaygınlaşmıştır.

Demir malzemenin mühendislik yapılarında ana taşıyıcı malzeme olarak kullanılması iki yüzyıl öncesine dayanır. Buna karşın, belgelenebilen ahşap ve kâğır yol köprülerinin tarihçesi 2500 yıl evveline kadar gider. Demir ve çelik insanlık tarihinde çok eski devirlerden beri bilinmekle beraber, geniş ölçüde üretilmediği için, iki yüzyıl öncesine kadar sadece silah ve eşya yapımında kullanılabilmektedir. 18. yüzyılda İngiltere'de, yüksek fırın yöntemiyle geniş ölçüde ham demir ve font (pik) üretiminin başlamasından sonra, demirin yapı malzemesi olarak kullanılması

mümkün olmuştur. Demir malzeme kullanılarak inşa edilen ilk mühendislik yapıları köprülerdir ve çelik yapılarda kullanılan ilk malzeme fonttur.

Font kullanımı ile yapılan ilk köprülerden biri, İngiltere’de Severn Nehri üzerinde 1777–1779 yılları arasında Abraham Darby adında bir demir üreticisi tarafından tümüyle demirden inşa edilen kemer tarzındaki strüktür biçimiyle 30.5 m açıklık geçilen Coalbrookdale Köprüsüdür. Bu köprü günümüzde hala kullanılmaktadır. (Şekil 3.7 a)

Demir ve çeliğin köprü mimarisinde kullanımındaki ilk örneklerinden bir diğeri de 1796’da Almanya’da Schleisen bölgesinde, Striegauer Akarsuyu üzerinde inşa edilen yine font ile üretilmiş yaya köprüsüdür. (Şekil 3.7 b) Kâgir gibi, fontun da basınç mukavemeti yüksek olmasına karşın, çekme mukavemeti az olduğundan, ilk köprüler kemer tarzında yapılmıştır.

1875’de Çekme mukavemeti yüksek olan ve mühendislere yeni olanaklar sağlayan dövme çelik yapı malzemesinin piyasaya çıkması ile font kemer köprülerim dönemi kapanmıştır. Dövme çelik üretimi, puddler fırını metodunun kullanımı ile doğru orantılı bir gelişim gösterir. 1784’te İngiltere, 1824’te Almanya bu yöntemi kullanmaya başlar. Bundan sonra da dövme çelik kullanılarak dolu gövdeli, ana kirişli köprülerin yapımına başlanır. İlk asma köprülerde de malzeme olarak dövme çelik kullanılmıştır.

1846 İngiltere’de Menai Boğazı üzerinde, 140 m. orta açıklıklı, dolu gövdeli sandık ana kirişli Britannia Köprüsü (Şekil 3.8 a) ve 1857 Batı Prusya’da Dirschau’da inşa edilen, 131 m. açıklıklı, sık dokulu kafes ana kirişli Weichsel Köprüsü (Şekil 3.8 b) dövme çelikle inşa edilen demiryolu köprülerinin ilginç örnekleridir.

Köprüler, demirin strüktürel kullanımına örnek sağlayan yapılar olarak tarihte önemli bir yer tutmaktadırlar. Kirişleme, makas, konsol ve asma sistemlerin ilk örnekleri verilmiş ve böylece demir malzemenin de büyük açıklıkları geçebilmedeki gücü anlaşılmıştır. (Gencer,2003)



a



b

Şekil 3.7 (a) Coalbrookdale Köprüsü (Coalbrookdale, İngiltere, 1777). (b) Striegauer'deki Yaya Köprüsü (Schleisen, Almanya, 1796).



a



b

Şekil 3.8 (a) Britannia Köprüsü (Menai, İngiltere, 1846). (b) Weichsel Köprüsü (Dirschau, Almanya, 1857).

İlk örneklerini köprülerde gördüğümüz demir ve çeliğin, binalarda, taşıyıcı sistemin ana malzemesi olarak gördüğümüz ilk örneği; İngiltere, Shrewsbury'de 1796–1797 yılları arasında inşa edilen, Ditherington Flax Mill (Değirmeni) dir.



a

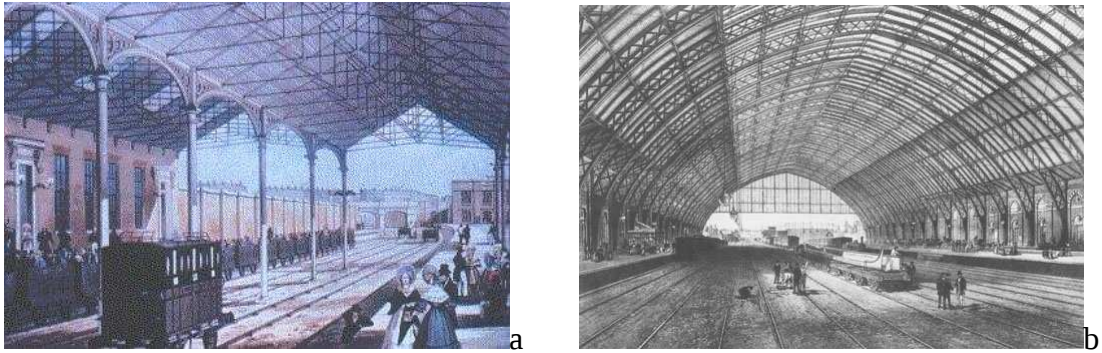


b

Şekil 3.9 (a) Ditherington Flax Mill Değirmeni (Shrewsbury, İngiltere, 1796). (b) Ditherington Flax Mill değirmeni iç görünüşü.

Çeliğin yapılarda kullanımı ihtiyaçlar paralelinde gelişmiştir. Endüstri Devrimiyle birlikte buharlı tren, tren yolu ve gar gibi insanlık tarihine yeni kavramlar ve gereksinimler girmiştir. 1830'lardan itibaren ulaşımın öneminin daha da artması

sonucu yeni yapılara ihtiyaç doğmuş ve demirin kullanımı köprülerden kazanılan deneyimler sonucu kendisini terminal binalarında da göstermiştir. Robert Stephenson tarafından 1835-1839 yılları arasında yapılan 12.2 m. eğri makaslardan oluşmuş “Euston Train Station”(Şekil 3.10 a) Londra’daki çelik terminal yapılarının ilk örneklerindendir. Daha sonraları geçilebilen açıklıklar artmıştır. Örneğin; 1863-1876 yılları arasında W.H.Barlow ve R.M. Ordish tarafından yapılmış “St. Pancras Station” (Şekil 3.10 b) da geçilen açıklık 74 m.ye ulaşmaktaydı. (Öğüt, 2006)



Şekil 3.10 a) Euston Train Station (Robert Stephenson, Londra, İngiltere, 1835-1839). (b) St. Pancras Station (W.H.Barlow- R.M. Ordish, Londra, İngiltere, 1863-1876).

Demirin binalarda geniş açıklıkları geçmek için taşıyıcı sistem olarak kullanımının Avrupa’daki ilk örneği; Joseph Paxton’un İngiltere’de açılacak olan fuar için inşa ettiği “Crystal Palace” binasıdır. Crystal Palace [Şekil 3.11(a) ve Şekil 3.11(b)]; o dönemde yapılan yapılar içerisinde en büyük açıklık geçilen yapı olmuştur. Yaklaşık 70.000 m²’lik bir alanı kaplayan bu teşhir galerisi, standardize elemanlar halinde demir ve camın kaynaştırıldığı ilk prefabrikasyon örneğidir.

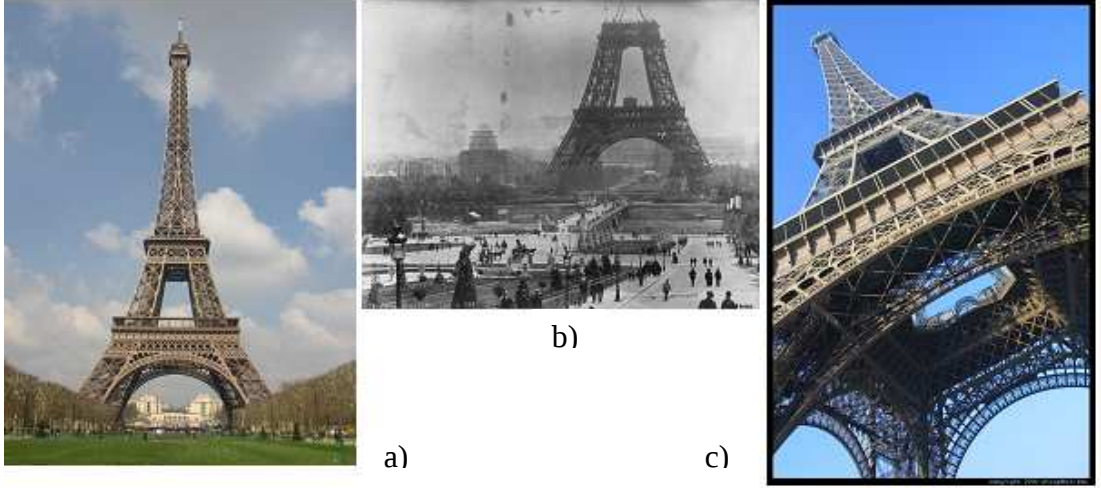
Söz konusu binada taşıyıcı elemanların arasının cam malzeme kullanılarak kapatılması ile, yapı aynı zamanda o dönemin en şeffaf binası olmuştur. Ana yapı, 636 metreye 136 metre idi; bir yanına inşa edilen ek galeri ise, 312 metreye 16 metre idi. Merkez galerinin eni 24 metre, yüksekliği 36 metre idi. İki katlı binanın 50 dönüm kadar bir alanı kapalı alan, bunun 1/3.ü kadar olan gerisi, açık galeriydi. İnşaatta, 550 ton işlenmiş demir, 3.500 ton dökme demir, 300.000 metreden fazla cam, gezi yollarının inşası için ise 200.000 metreden fazla döşemelik kalas ve tahta kullanılmıştır.

Dönemin bir diğer önemli yapısı ise Palais Des Machines – (Paris Evrensel Sergisi) Makine Sarayıdır. Mimar Ferdinand Dutert 1887 de ihale edilen Projeyi yapmaya hak kazanmış, 1889'da Fransız ihtilalinin yüzüncü yılında açılışı yapılmıştır. Galerie Des Machine (Şekil 3.11 c) 114.3 m. uzunluğa sahip 33.8 m. açıklığın geçildiği fuarın önemli sergi yapılarından biridir. Bu açıklık üç eğri dövmme demir kemerle geçilmiş olup 35.6 cm ve 50.8 cm çaplara sahip olan çelik silindirler, yapının tepe noktasında ve kemerlerin her iki ayağında kullanılmıştır. Burada kolonlar kemerlerin tepe noktalarına kadar yükseltilmiş ve bağlantı çubukları ile birbirine bağlanmıştır.



Şekil 3.11 a) Crystal Palace batı girişi görünüşü (Joseph Paxton, Londra, İngiltere, 1851). (b) Crystal Palace iç görünüşü. (c) Paris Evrensel Sergisi Makine Sarayı (Ferdinand Dutert, Fransa, 1887).

Dönemin en önemli yapılarından biri olan Eiffel Kulesi [Şekil 3.12 (a)] 1887 ile 1889 yılları arasında Gustave Eiffel'in firması tarafından, Fransız Devrimi'nin 100. yıl kutlamaları çerçevesinde inşa edilmiştir. 3.000 işçi 26 ay boyunca 18.038 adet demir parçayı 2,5 milyon perçinle bir araya getirmiştir.[Şekil 3.12 (b)]



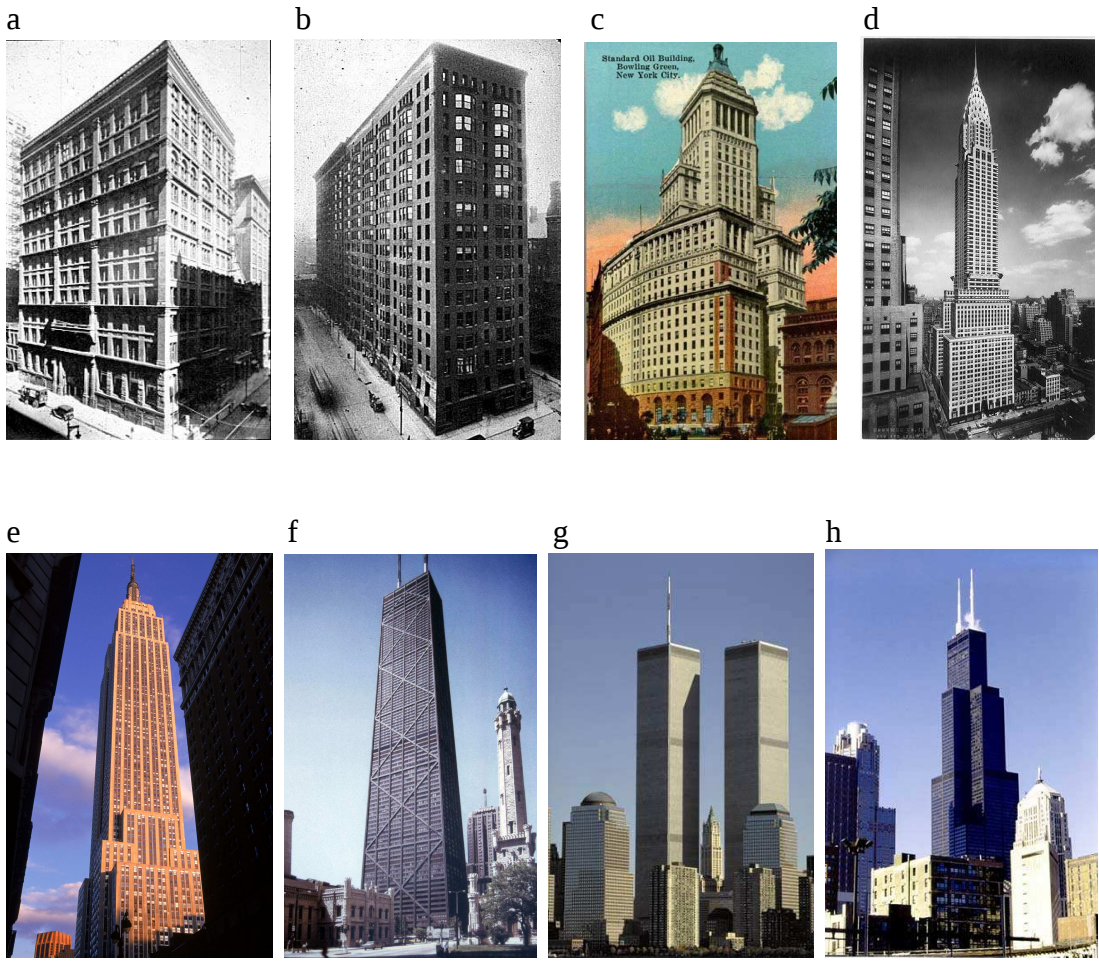
Şekil 3.12 (a) Eiffel Kulesi (Gustave Eiffel, Paris, 1889). (b) Eiffel Kulesi kurulum sürecine ait bir fotoğraf . (c) Alt görünüşü.

Ancak bu arada kule, onu bir utanç lekesi olarak gören Paris halkının tepkisini de çekmiştir. Bazı sanatçılar devasa bir sokak lambasına benzetirken, bir fabrika bacası gibi Paris'in görsel itibarını zedeleyeceğini ileri sürmüşlerdir. Bugün ise Eiffel Kulesi, Dünyanın en güzel mimari yapılarından biri olarak kabul edilir. Parisliler onu Demir Bayan olarak adlandırırlar. Bu da çeliğin zaferini ilan edişi olarak nitelenebilir.

Endüstri Devriminin gereği olarak binalarda ilk önce geniş ve serbest iç mekanlar ve yangın güvenliği aranmıştır. O döneme kadar kullanılan kagir sistemler iç yapı mekanını kısıtlıyor, ahşap karkas sistemler ise iç yapıdaki yangın güvenliğini sağlamıyordu. Bu nedenle çeliğin yapılarda kullanımına daha sık rastlanmaya başlanmıştır. Binaların dışı kagir olarak muhafaza edilmekle birlikte bina içindeki tüm döşeme ve duvarlar yerlerini dökme demirden imal edilmiş kolon ve kirişlere ve volta tipi döşemelere bırakmıştır.

Daha sonraları dökme demir yerine dövme demir ve çelik kullanılırken, binanın doğal ışık alması, taşıyıcı sistemin net olarak ifade edilebilmesi, içerideki işlevlerin dışarıdan da algılanabilmesi gibi nedenlerle cephelerde de kagir kaldırılarak kolon ve kirişler düzenlenmiş, cam kullanılarak saydam ve hafif cepheler elde edilmiştir. Bu eğilim özellikle Chicago kentinde başlayan yüksek yapılar akımı ile gelişmiştir.

1885 yılında Chicago’da inşa edilen ve William Le Baron Jenny’in tasarladığı Home Insurance Binası (Şekil 3.13 a), çelik iskeletli ilk yüksek çok katlı yapı olmakla beraber gelecekteki gökdelenlerin gelişmesindeki en önemli rolü oynamıştır. 12 katlı ve 55 m. yüksekliğe sahip bina, çelik I kirişler ve silindir dökme demir kolonlardan oluşan bir taşıyıcı sisteme sahiptir. İç duvarları da içeren ölü yükler ve hareketli yüklerin hepsi çelik iskelet tarafından taşınmış, böylece dış duvarların sadece kendilerini taşıması gerekmiştir. İç ve dış kolonlar, aralarındaki çelik kirişleri en iyi şekilde destekleyebilecek şekilde yerleştirilmişlerdir.



Şekil 3.13 (a) Home Insurance Binası (Chicago, 1885). (b) Monadnock Binası (Chicago, 1892). (c) Standard Oil Binası (New York City, 1922). (d) Chrysler Binası (New York, 1928). (e) Empire State Binası (New York, 1931). (f) John Hancock Center (Chicago, 1970). (g) World Trade Center (New York, 1972). (h) Sears Tower (Chicago, 1974).

Çelik yüksek katlı bina geleneğinin diğer önemli örnekleri şöyle sıralanabilir; Şekil 3.13(a)’daki Monadnock Binası (16 kat, Chicago 1892), Şekil 3.13(b)’deki

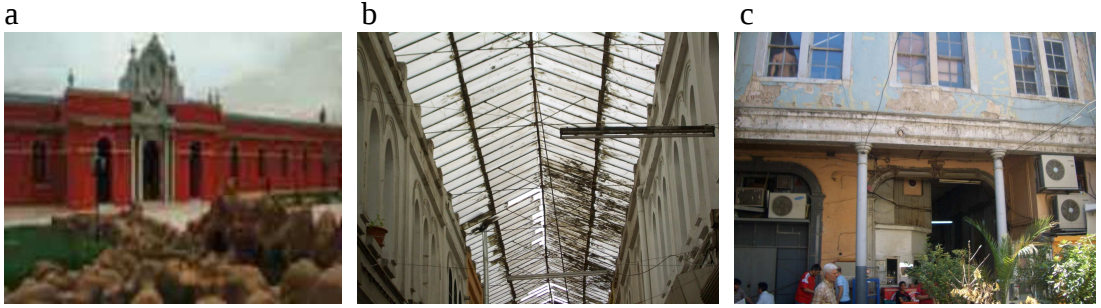
Standard Oil Binası (New York City, 1922), Chrysler Binası (77 kat, New York 1928), Empire State Binası (102 katlı, New York, 1931), John Hancock Center (100 katlı, Chicago,1970), World Trade Center (413 m, New York,1972), Sears Tower (443m, 110 kat Chicago,1974).

Çelik yapıların Türkiye'deki tarihsel gelişiminden bahsetmek gerekirse; Söze ülkemizin çeliğin anayurdunun bir bölümü üzerinde olduğunu bilenlerin sayısının çok az olduğundan başlamak gerekir. Demir M.Ö. 1500 yıllarında ilk kez Kuzeydoğu Anadolu ve Kafkasya'da üretilmeye başlanmıştır. Ne var ki bu duruma karşı çelik yapıların Türkiye'de kullanımının yaygın olduğunu söylemek güçtür. Çeliğin 1855'li yıllardan sonra yaygınlaşmasına rağmen Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerindeki yerel mimariye baktığımızda taş, ahşap, tuğla işçiliğinin ön planda olduğunu görürüz. Cumhuriyet sonrasında ise çimento fabrikalarının kurulmasıyla betonarme bina yapım sistemi ön plana çıkmıştır.

Cumhuriyet öncesi dönemde, özellikle 19. ve 20. yüzyıllar mimarlıkta önemli değişimlerin olduğu bir dönemde sanayi devrimine bağlı olarak Türk mimarlığında da bir takım değişimler görülmüştür. Bütün öteki ülkelerde olduğu gibi yeni mimarlık işlevleri, yeni yapım yöntemleri, yeni yapım gereçleri ortaya çıkmıştır. Başta üretim, ulaşım ve iletişim işlevleri olmak üzere pek çok yeni işlev ortaya çıkmış, barınma, eğitim, sağlık, alışveriş gibi geleneksel sistemlerde de köklü değişimler olmuştur. Postahane, tren istasyonu, vapur iskelesi gibi iletişim ve ulaşım yapıları, Feshane gibi yeni üretim yapıları bu dönemde Türk mimarlığına yeni işlevler olarak girmiştir.

Eyüp Sultan Feshane Binası Türk mimarlık tarihi açısından ayrı bir öneme sahip olup, çelik yapı türünde inşa edilen ilk örneklerdendir. Çuha ve Fes temini için 1835 yılında kurulan fabrika, çıkan bir yangın neticesinde yandıktan sonra 1868'de yeniden inşa edilmiştir. Tüm kolon ve kirişleri çelik prefabrik olan bu yapı ülkemizde bu türdeki ilk örnektir. Kolonlar Belçika'da döküm olarak imal edilerek getirilmiştir.

Büyük kentlerde, özellikle İstanbul ve İzmir’de ortaya çıkmaya başlayan iş ve alışveriş merkezi niteliğindeki hanlar ve pasajlar, yeni yapı gereçlerinin ilk kullanıldığı yerlerdir. Bu yapıların çoğunun üstünü demir-cam konstrüksüyonla oluşturulmuş şeffaf çatılar örter. Çankaya’da (İzmir) Fevzi Paşa Bulvarı üzerindeki Yeni Kavaflar Çarşısının üst örtüsü bu nitelikte olup, Kemaraltı Çarşısı içinde bulunan, Güzel İzmir Hanı, Meserret Çarşısı, Yeni Şükran Otelı gibi günümüzde hala kullanılmakta olan yapılar, çelik malzemenin Cumhuriyet öncesi dönemde taşıyıcı sistemlerde kullanılmasının izlerini taşıyan canlı örneklerindendir.



Şekil 3.14 (a) Türkiye’nin ilk prefabrik çelik yapısı Feshane Binası. (b) Yeni Kavaflar Çarşısının üst örtüsü (Çankaya, İzmir). (c) Güzel İzmir Hanı iç avlusundan görünüş (Kemaraltı, Çarşısı İzmir).

19. yy ikinci yarısında iki büyük İstanbul yangınından (ilki 1830 ikincisi 1870 yangını) sonra özellikle yabancı elçiliklerde ve otellerde kullanılan demir ve çeliğin yapılarda kullanımı hız kazanmıştır. Bu tipteki binalara Pera Palas ve Tokatlıyan Otelı (İstanbul) ile Çukurhan (İzmir) örnek olarak gösterilebilir. Türkiye’de ilk çelik köprü 1870 yılında bir İngiliz firması tarafından yapılmıştır.

1844 tarihinde deniz yoluyla toplu taşımacılığın başlaması geniş açıklıklı vapur iskelelerinin yapımına yol açmış ve çoğu kubbelerle örtülen bu açıklıkların rijitleşmesinde demir gergiler kullanılmıştır. Bir kısım vapur iskelelerinin taşıyıcı strüktürü de çelik kolonlardan imal edilmiştir. Yine aynı dönemlerde demiryolu ulaşımının da yabancı şirketlerde olması, tren istasyonlarının da kısmen çelikten inşasına yol açmıştır. Alman ve İngiliz yapısı olan Sirkeci, Haydarpaşa gibi binaların döşemelerinde, peronların üstünü örten sundurmalarda ve taşıyıcı kolonlarda bol miktarda çelik kullanılmıştır (Uçar,1998).

1858 yılında ilk hizmete açıldığında adı Punta Garı olan Alsancak Garı 33,85 m. x 130,95 m. açıklığa sahip olup; bu açıklık iki uzun kol (duvar) arasında 3 makas kullanılarak geçilmiştir. Ortadaki makas 8,65 m. açıklığı geçmektedir. Warren tipi düzlem kafes kiriş çubuk düzenlemesine örnek sayılabilecek bir makas tipidir. Diğer iki makas ise 12,6 m. açıklık geçmekte ve aynı strüktürel özellikleri taşımaktadır. Pratt tipi yada “N” tipi düzlem kafes kiriş olarak tarifi mümkündür. Üç düzlem kafes kiriş de 5,90 kotunda biten duvara oturmaktadır.

Cumhuriyet öncesi tren istasyonlarına ait bir diğer önemli yapı ise 1863 yılında dönemin ve günümüzün ünlü mimarı Gustave Eiffel tarafından tasarlanmış olan tarihi Basmane Garı’dır. Basmane Garı’nın üst örtüsü çelik malzemeden olan, açık bekleme salonu bölümü 20,78 m. X 46,75 m. ölçülerindedir. Peron tarafındaki 46,75 m. olan açıklık iki adet çelik makasla geçilmiş, çelik çatı makaslarının üzerine oturduğu kolonlar arasındaki mesafe akstan aksa 23,26 m. ve 23,16 m.’dir. 20,78 m. olan diğer yöndeki açıklık ise akstan aksa 2,97 m. aralıklarla 7 adet kolonla geçilmiştir. Dökme demir kolonların çevreleri 600 mm., yükseklikleri ise 2,60 m. + 1,70 m. olup kolonlardan yükselen çelik kemerler ve çatı makasları sayesinde açık bekleme salonunun çatı yüksekliği 6 m.’yi aşmaktadır.

a



b



Şekil 3.15(a) Alsancak Garının içinden sıra kemerli (arkat) duvarlara oturan pratt tipi çatı makaslarının görünüşü. (b) Basmane Garının açık bekleme salonundaki dökme demir kolonlar, çelik kemerler ve çatı makaslarının birleşimleri.

Cumhuriyetin kurulmasıyla birlikte hayatın her alanındaki değişimler doğal olarak mimarlık çalışmalarını da etkilemiştir. Eski yönetim rejimi zamanını anımsatacak bir mimarlık yaklaşımı söz konusu olamayacağından akılcı-işlevci mimarlık düşünceleri

ön plana çıkmıştır. Çağdaş yapı gereçleriyle yapım yöntemlerinin kullanılması da bu düşünceleri desteklemiştir. Birinci ve İkinci Ulusal Mimarlık dönemlerinde yapılar gereksiz süslemelerden arındırılmış, 1950'lerden sonra mimari eylemlerimizde büyük çapta endüstri yapıları üretilmesi, şehircilik çalışmaları, kampus planlamaları yer almıştır. Bu ürünlerde genellikle Le Corbusier, Mies van der Rohe, Frank Lloyd Wright, Walter Gropius, Richard Neutra, Skidmore, Owings ve Merrill gibi ünlü mimarların eserlerinden ve mimari tutumlarından etkilenilmiştir. Mies van der Rohe, Skidmore, Owings ve Merrill'in büro yapılarının benzerlerini yurdumuzun büyük kentlerinde görmek mümkündür. Bu yapıların çevre kontrolü, yönenin iklimsel özellikleri bakımından olumsuzluğu, cephelerdeki detay problemleri gibi mimari sorunların ülke koşullarında gerçekleşmemesi yapay olanaklara başvurulmasına yola açmıştır. Endüstriyel bir yapı üretimini zorunlu kılan Mies'in büro yapılarının cephelerindeki dikey strüktürün bir parçası olan I profilleri bizde biçimsel kaygıdan dolayı kullanılmıştır (Sözen M, Tapan M).

1980 önceleri uluslar arası üslubun kullandığı malzemelerden olan çelik, Türkiye'de pahalı ve uygulama tekniği bilinmeyen bir malzeme olduğu için Türk mimarları daha çok betonarmeye yönelmiştir.(Sözen M.)

Günümüzde ise çelik ülkemizde uygulanan büyük-küçük birçok yapı türünde sıklıkla kullanılmaktadır. 2000 yılı öncesinde benzin istasyonları, teşhir galerileri, alışveriş merkezleri, çok katlı olmayan eğlence merkezleri ve katlı otoparkların bir kısmında görmeye alıştığımız çelik strüktürlerin, günümüzde tek katlı endüstri yapılarında kullanımı yaygın olup, çok katlı yapılardaki kullanımı da her geçen gün artmaktadır.

3.5 Çelik Malzemenin Üstünlük ve Eksiklikleri

Her yapı sisteminin kendinden başka diğer yapı sistemlerine göre üstünlüklerinin ve eksik yönlerinin olduğu bir gerçektir. Ancak günümüzde hızla artan teknoloji ve daha fazla araştırma yapılarak yeni yöntemlerin elde edilişi ile bu söz konusu eksiklikler en aza indirgenmeye çalışılmaktadır.

3.5.1 Çelik Malzemenin Avantajları

Çelik yapıların gerek çeliğin malzeme özelliklerinden gerekse de sistem olarak üstünlükleri ve eksiklikleri vardır. Çelik yapıların üstünlüklerini kısaca; mimari özgürlük, narinlik, hafiflik, çok katlı bina yapımı, depreme dayanım, prefabrikasyon, kolay denetim, hızlı yapı üretimi, ekonomi, değişim, dönüşüm ve güçlendirmedir.

Daha düzenli bir kıyaslama için bu üstünlükleri Mimari Açıdan Avantajları, Mühendislik Açısından Avantajları ve Uygulama Açısından Avantajları olmak üzere üç başlık altında toplayabiliriz.

3.5.1.1 Mimari Açıdan Avantajları

Mimari açıdan çelik kullanımının sağladığı en büyük avantaj kuşkusuz mimariye kazandırdığı özgürlük kavramıdır. Çelik elemanların farklı şekillerde birleştirilebilmesi ve montajındaki kolaylıklar sayesinde serbest formların biçimlenmesine olanaklar doğmuş gelişen teknolojik imkanların da kullanılması ile özgün ifadeli ve plastik özellikleri olan, istenilen geometri ve formda tasarımlar yapmak mümkün olmuştur. Ayrıca birleştirme teknikleri doğru kullanılmış bir çelik yapı istenildiğinde tamamıyla sökülüp başka bir yerde kurulabilme imkanı da sunar. Bu özellikler geleneksel sistemlerde yoktur.

Çoğu zaman aslında belki de yapının en etkileyici unsurlarından birisi olan iskelet sistemi, çelik ve camın uyumu ile yapı kullanıcılarına olduğu biçimde sunulabilmektedir. Çelik elemanların narinliği çoğu binada hayranlık uyandıracak derecede etkileyicidir. Aynı zamanda cephe ve çatı konstrüksiyonlarında kullanılan çelik örgünün hafif ve inceltilmiş taşıyıcılardan oluşumu, ferah ve aydınlık mekanları desteklemektedir. Böylece sağlanan şeffaflık, gündüz ve gece görünümünde şık ve estetik bir dışa yansıma sağlar. (Gencer, 2003)

Büyük bir bölümü ülkemizde de kullanılmakta olan hassas fabrikasyon teknolojileri; çelik çerçeveli sistemlerin CAD programları ve bilgisayar kontrollü

bükme, kesme, delme ve kaynak makineleri ile her biçimde üretilen standart veya özel yapı elemanlarından oluşturulmasını sağlamaktadır.

Bu güne dek olanaksız olduğu düşünülen işlemler sonucu oluşan ve istenen yükün en az malzeme ile taşınmasını sağlayan bu elemanlar, alışılmışın dışında taşıyıcı sistem kullanma olanağı ile mimarların özgürlüklerini de genişletmektedir.

Çelik malzeme kullanımının mimari açıdan serbest form oluşturma dışında sağladığı bir diğer önemli avantaj; büyük açıklık geçebilme ve geniş hacimler elde edebilme olanağıdır. Değişen toplumların ihtiyaçları da değişir ve günümüzde kolonsuz, geniş iç mekanlara veya kentlerdeki yoğun insan kitlesini barındıracak çok katlı binalara olan ihtiyaç, yapıların taşıyıcı iskeletlerinde yüksek mukavemetli bir malzeme kullanılmasını zorunluluğunu doğurmuştur. Yapımı büyük dikkat ve titizlik gerektiren beton çeşitlerinin kullanılması halinde bile gerek büyük açıklıklı gerekse çok katlı binalardaki kesit etkilerinin büyüklüğü, çok büyük betonarme kesitlerinin kullanımını gerektirmektedir (Uluğ, 1977), Bir çelik kolonun taşıma gücünün aynı kesit ölçülerine sahip betonarme kolonla karşılaştırıldığında yaklaşık 6-15 kat fazla olması gibi gerçekliklerden kaynaklanarak bu söz konusu durumları sağlayacak malzemenin çelik olduğunu saptamak zor değildir.

Yapısal çeliğin yüksek dayanımı nedeniyle öz ağırlığının taşıdığı yararlı yüke oranı küçüktür. Daha sade ve net bir anlatımla hafiftir. Çelik çerçeveli yapılarda bu nedenle küçülen kolon ve kiriş boyutları önemli avantajlar sağlamaktadır. Büyük açıklıklar, betonarme yapılarda olduğu gibi geniş ve yüksek kirişlere gereksinim duyulmadan, geçilebildiğinden kolon sayısı azalmaktadır. Sayıları azalan kolonların boyutları da küçük olduğundan aynı inşaat alanına yapılan çelik çerçeveli binanın kullanım alanı betonarme çerçeveli binaya göre büyük olmaktadır.

Çelik çerçeveli yapılarda, kirişler ve uygun özellikteki saclar ile bileşik kesit olarak tasarlanan döşemelerin yükseklikleri de az olduğundan saçak kotu sınırlanmış bölgelerde betonarme yapılara göre daha fazla kat elde etme olanağı doğmaktadır.

Çeliğin mimariye kazandırdığı bir diğer özellik ise esnekliktir. Çelik yapıların takviyesi kolaydır. Mevcut çelik taşıyıcı sistem, belli sınırlar çerçevesinde, ihtiyaca göre takviye edilebilir veya sistemde değişiklikler yapılabilir. Yeni hacimler ekleyip çıkarabilme gibi bir esnekliği bünyesinde barındırabilen bir sistemdir. Diğer bir deyişle; yapılarda sürdürebilir büyüme sağlamaktadır.

Mekanik, su ve elektrik tesisatı ile havalandırma kanalları, kirişlerde açılacak boşluklardan geçirilebilir. Bu şekilde kat yüksekliğinden kayıp verilmez. Aynı durum betonarme binalar için söz konusu değildir. Havalandırma kanalları kirişlerin altından geçirilirken tesisat kanalları betonarme döşemenin üzerinden geçirilerek tesisatı koruma amacıyla üzerine uygun kalınlıkta şap atılması gibi esnek olmayan pahalı bir çözüme gidilmektedir.

Tasarımda yapılan değişikliklere göre çelik sistemler;

- Bölücü elemanların yeniden düzenlenmesi ile kullanım alanının değiştirilmesi,
- Yük taşımayan elemanların değiştirilmesi ya da yeni görevler alması,
- Yapının temelleri dışında tamamen sökülüp elemanların başka amaçlarla ya da başka yapılarda kullanılabilmesi gibi olanaklar sağlar. (Gencer,2003)

3.5.1.2 Mühendislik Açısından Avantajları

Mühendislik açısından ele alındığında çeliğin mimaride kullanımının sağladığı en büyük yarar hafifliktir. Çelik çerçeveli yapılarda kullanılan yapısal çeliğin yüksek mukavemeti nedeniyle öz ağırlığının taşıdığı yararlı yüke oranının küçük olması eleman boyutlarının da küçülerek yapı ağırlığının azalması sonucunu doğurmaktadır.

Azalan ağırlığın zincirleme etkisi;

- Tüm taşıyıcı eleman boyutlarının küçülmesi ve daha büyük açıklıkların geçilebilmesi ile kullanım alanlarının genişlemesi,
- Mimari özgürlüklerin sınırlarının genişleyip alışılmışın dışında taşıyıcı sistemlerin kullanılabilmesi,
- Küçülen temel boyutlarına göre kazı miktarının azalması,

- Çok kötü zeminlerde bile bina yapılabilmesi,
- Taşınacak malzemelerin çeşit ve miktar olarak azalması,
- Deprem hesaplarında kullanılan yatay yüklerin yapı ağırlığıyla orantılı olarak azalması ile daha yüksek ve depreme dayanıklı binaların yapılabilmesi ve yapım süresinin kısalması olarak özetlenebilecek avantajlar ile çelik çerçeveli yapıların önemli oranda ekonomik olmalarını sağlamaktadır.

“Yapı çeliği homojen ve izotropdur. Bu sayede boyutlandırma problemindeki güvenlik katsayısı değeri diğer malzemelere oranla çok daha küçük alınabilir. Dolayısıyla da malzemeden yeterince yararlanmak mümkün olur.”(Ünver, 2003)

Yapısal çelik elastik olmayan sınıra kadar tekrarlayan yüklere karşı değişmeyen bir davranış gösterir. Bu süneklik ya da tekrarlayan yüklere kırılmadan dayanma yeteneği, çelik çerçeveli yapıların düşey ve yatay tasarım yüklerine büyük deformasyonlar ile dayanmasını başka bir deyişle çelik elemanların depremden daha az etkilenmesini sağlar. Ancak “Çelik yapıların sünek davranışı, tek başına çelik malzemesinin süneklik özelliği ile sağlanamaz. Buna ek olarak, çerçeveleri oluşturan yapı elemanlarının birleşimlerinde istenen plastikleşmelerin gerçekleşmesini sağlayacak yeterli dayanım, tasarımda dikkate alınan rijit çerçeve kabulüne ters düşmeyecek şekilde bir rijit davranış ve özellikle birleşim bölgelerinde tekrarlı yükler altında elastik olmayan deformasyonların oluşmasına engel olmayacak bir detaylandırma gerekir.” (Tezer, 2005).

Çelik yapı elemanları kendi yüklerinin az olması kadar, boşluklu kesitlere olanak verebilmesiyle de yapı yükünü hafifletir. Boşluklu kesitler, normal profillerden yaklaşık yarı yarıya hafif olmasına karşın aynı yükü taşırlar. Burulma ve basınca karşı mükemmel olan dayanıklılığı sayesinde bu profiller genellikle kolon, kemer, makas ve kafes kirişlerde kullanılır. Ağ elemanlarına oranla eğilmeye daha az dayanıklı olduklarından, kirişlerle karşılaştırıldıklarında daha az ekonomik olabilirler. İçlerinin betonla doldurulmasıyla, dışta yine çelik kabuk sergilenirken artırılmış bir dayanım kazanabilir. (Gencer, 2003)

Yapısal çeliğin mühendislik bakımından tüm özellikleri bellidir, tutarlıdır ve iyi anlaşılmıştır. Bu durum, çelik çerçeveli yapıların davranışının diğerlerine göre daha güvenilir olmasını sağlar.

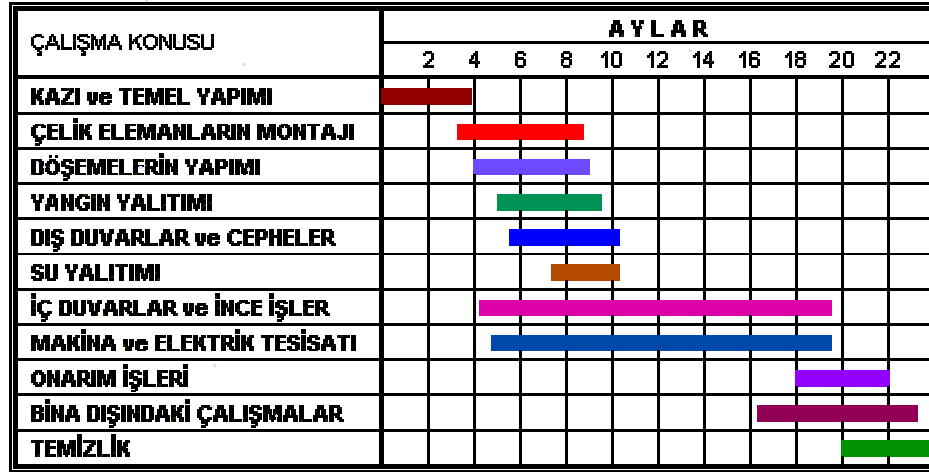
Basit ve yarı-rijit çelik eleman birleşimlerinin döner olabilir olması ve sünekliği; dinamik enerjiyi azaltarak, düşey yük taşıyan çelik çerçevelerin yatay kuvvetleri karşılayan asıl sisteme güçlü ve güvenilir bir destek olmasını sağlar. Bu destek sistemi, asıl sistemin uygun biçimde tasarlanmadığı veya çalışmadığı bir çok durumda, yapıların çökmesine engel olmuştur.

Çelik çerçeveli yapılar, tasarım ve yapım hatalarına karşı, beton gibi gevrek (kırılgan) maddeler ile yapılan diğer yapılara göre daha az hassastır. Üstelik, fabrikada kolaylıkla denetlenerek üretilen çelik çerçeve elemanları ile bunların çok basit olan montajında hata riski yok denecek kadar azdır. Örneğin; çelik çerçeveli yapılar için söz konusu olmayan; kolon düşey donatılarının yanlış bindirilmesi, etriyelerinin bağlanmaması veya aralıklarının fazla olması vb. hatalar betonarme yapılardan birçoğunun depremlerde çökmesine neden olmaktadır.

3.5.1.3 Uygulama Açısından Avantajları

Çelik, işçiliğinin büyük kısmının fabrikalarda, uzmanlar denetiminde ve vasıflı işçiler tarafından yapılıyor olmasından dolayı, endüstriyel kalite güvencesinde bir yapı malzemesidir. Uygulama açısından en büyük avantajı prefabrikasyon tekniği sayesinde. Tüm gelişmiş ülkelerde uygulanmakta olan prefabrik çelik çerçeveli yapı sistemlerinde fabrikada bilgisayar kontrollü makineler ile sürekli denetim altında üretilen çelik yapı elemanları şantiyede bulonlar ile birleştirilerek en tehlikeli deprem bölgelerinde bile kısa sürede çok katlı, büyük açıklıklı ve ekonomik binalar yapılabilir. Çeliğin bu fabrikasyon olma özelliği; yerinde yapım yapı teknolojilerine göre kalite,boyut,fiziksel özellikler konusunda kusursuza yaklaşan çözümler ortaya konmasını sağlar.(Sipahioğlu, 2006)

Bir diğer uygulama kolaylığı ise kolay denetim olanağı sunmasıdır. Çelik profil olarak üretiminde denetlendiği gibi, çoğu bilgisayar kontrollü makineler ile prefabrik yapı elemanı haline getirildiği fabrikalarda da sürekli olarak denetlenmektedir. Ayrıca, beton içinde kalmayan çelik taşıyıcı sistem elemanları ile birleşimlerinin nitelik ve niceliklerinin; üretiminin her aşamasında ve yapının kullanılmaya başlanmasından sonra, proje ve yönetmeliklere uygunluğu kolaylıkla denetlenebilmektedir. Bu özellik, betonarme yapılarda sıkça rastlanan ve ne yazık ki büyük can ve mal kayıplarına neden olan depremlerden sonra ortaya çıkan, bilinçli veya bilinçsiz olarak yapılan hataların önlenmesi bakımından önemlidir.



Şekil 3.16 24 ayda bitirilmesi planlanan çelik çerçeve bina inşaatı için iş programı.

Çelik çerçeve yapıların tercih edilmesinde en önemli etkenlerden biri de zaman kavramıdır. Çelik çerçeve yapı elemanları; kesme, düzeltme, temizleme, delme, kaynak ve boya gibi her türlü işlemin bilgisayar kontrollü makineler ile dış hava koşullarından bağımsız olarak yapıldığı fabrikalarda kısa sürede üretilmektedir. Bu üretim gibi çok basit olan montaj işlemi de her türlü hava koşullarında kısa sürede yapılabilir. Yapısal çeliğin montajı tamamlandığı anda tam yükte çalışabilme özelliği; duvar, cephe vb. mimari yapı elemanlarının montajına da hemen başlanıp çelik çerçeve yapıların kısa sürede tamamlanarak kullanılabilmelerini sağlamaktadır.

Betonarme yapılarda hava koşullarının uygun olması gerekliliği bir yana; kalıp hazırlama, demir döşeme, beton dökümü ve zorunlu olarak belirli bir süre beklendikten sonra kalıp sökümü gibi zaman alıcı işler tamamlanmadan birçok işe başlanması olanaksızdır. Oysa, taşıyıcı sistemlerin maliyeti kıyaslanırken, örneğin; çelik çerçeveli bir hastanenin aynı büyüklükteki betonarme çerçeveli hastaneden bir yıl daha erken hizmete açılması durumunda elde edilecek işletme veya kira gelirinin büyüklüğü de dikkate alınmalıdır. Ayrıca şantiye süresinde ve işçilikte de azalma gözlemlenmektedir. Çünkü çelik sistemlerin yapım süresi geleneksek sistemlere nazaran üçte bir oranında daha kısadır.

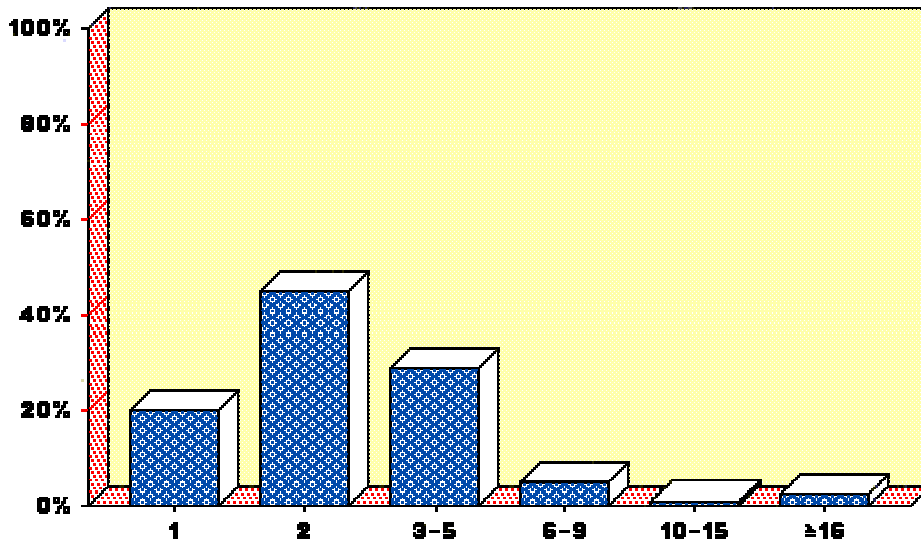
Yapısal çeliğin montajı tamamlandığı anda tam yükte çalışabilme özelliği; duvar, cephe vb. mimari yapı elemanlarının montajına da hemen başlanıp çelik çerçeveli yapıların kısa sürede tamamlanarak kullanılabilmelerini sağlamaktadır. Ayrıca, üretimin büyük bir bölümünün fabrikada yapılması inşaat alanı ve çevresindeki kirliliğin en aza inmesini sağlarken, tüm montaj işlerinin büyük ve sesli inşaat makinelerine gereksinim duyulmadan kısa sürede tamamlanabilmesi çevreye verilen rahatsızlığın kısa süreli ve çok düşük düzeylerde olmasını sağlamaktadır. Sıva, harç kullanılmadan yapılan bu yapılar “kuru inşaat” olarak da adlandırılır.

Çelik kullanımının sağladığı diğer avantajlar ise yeniden kullanım, değişim ve dönüşüm olanağı sunmasıdır. Kullanım amacı değişen, hasar gören binaların değiştirilmesi, ekleme ve eksiltmelerin yapılması mümkündür. Çelik yeniden kullanılabilen maddeler arasında en esnek olanıdır. Kurulan sistem eğer uygun bağlantı çözümlerine sahipse sökülüp başka bir yerde tekrar kurulabileceği gibi çelik ürünler de tümüyle geri dönüşümlüdür, eritilip başka biçimlerde kullanım bulabilir. Bu şekilde kullanımına hurda çeliği denir.

Çelik yapıların uygulama açısından tercih edilmesinin bir diğer nedeni ise; ucuz değil belki ama ekonomik yapılar olmasıdır. Yapım sürecinde ve projenin kullanımı boyunca sistemin tüm fayda ve kazançlarının incelendiği bütünsel bir bakış gerekmektedir. Taşıyıcı sistem maliyetinin toplam maliyet içindeki payı % 5-30 arasında değişir. Çelik kullanımının tercih edilmesi durumunda taşıyıcı sistem

bedelinin %20-30 oranında artması, tüm proje maliyetini %1-9 oranları arasında arttıracaktır. Ancak bu hesaplama paranın ve zamanın değeri katıldığında çelik yapıların net güncel değeri (NPV), geleneksel yapım tekniklerine göre %5-10 arasında daha ekonomik olmaktadır. (Türk Yapısal Çelik Derneği,2002).

Çelik çerçeveli yapılar; sıradışı taşıyıcı sistemlere uygun olmaları, narin elemanları ile daha geniş kullanım alanı sağlamaları, zincirleme etkisi olan hafifliklerinin kazı ve temel boyutlarını küçültmesi, kötü zeminlerde bile alınacak çok basit önlemler ile yapılabilmeleri, çeşit ve ağırlık olarak daha az malzeme taşınmasını sağlamaları, çok katlı ve depreme dayanıklılık için pahalı imalat gerektirmemeleri, prefabrik olmaları, kalıp ve iskele gerektirmemeleri, her türlü hava koşullarında yapılabilmeleri, yapım ve kullanımları sırasında kolaylıkla denetlenebilmeleri, vasıfsız işçilerle yapılabilmeleri ve yapım sürelerinin kısılacağı gibi bir çok nedenle betonarme çerçeveli yapılardan daha ekonomiktir.



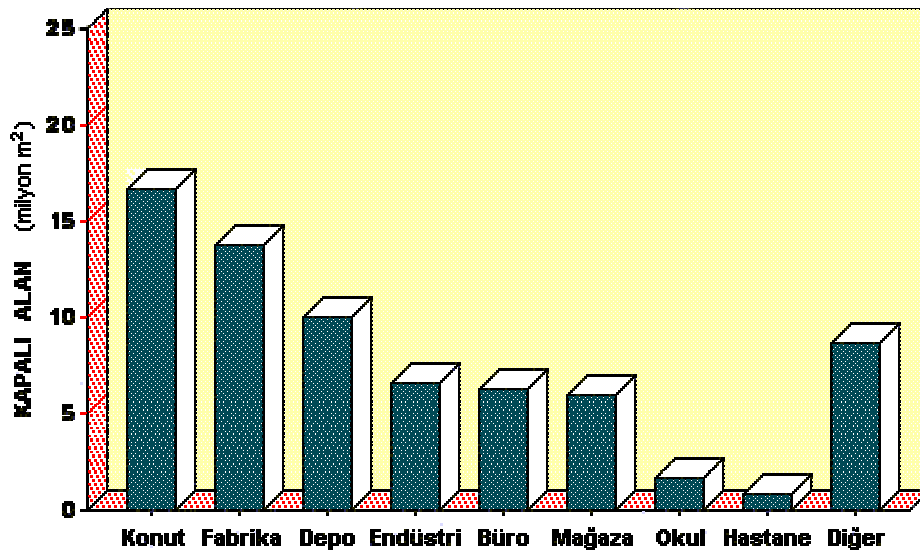
Şekil 3.17 Kat sayılarına göre çelik çerçeveli binalar (Japonya).

Ayrıca; mimari tasarımlarının modüler olması, elemanlarının boy ve ağırlık olarak kolay taşınabilir olması, özel işlem gerektiren elemanlardan kaçınılması, elemanların ve bulonlu birleşim detaylarının tipleştirilerek sayılarının azaltılması vb. üretim ve montajı hızlandıracak önlemler ile daha da ekonomik olmaları sağlanarak her amaç ve yükseklikteki binalar için uygun hale gelmektedir.

Betonarme çerçeveli yapılarda havalandırma vb. tesisatın kirişlerin altından geçirilmesi zorunludur. Çelik çerçeveli yapılarda söz konusu tesisat geçirilebildiğinden kat yüksekliklerinin arttırılmasına gerek kalmamaktadır. Bu durumda azalan bina hacmine bağlı olarak işletme giderleri de azalmaktadır.

Montajı yapılmış eleman maliyetinin yaklaşık %40'nı oluşturan malzeme maliyeti; tasarım yöntemi, çelik dayanımı, çerçeve ve döşeme sistemi, bileşik kesit kullanımı ve hareketli yük azaltması gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Üretim ve montaj maliyeti'nin etkenleri ise; toplam çerçeve ve eleman sayıları, benzetilecek ayrıntı ve eleman sayısı, montaj kolaylığı ve boyanacak alandır.

Örnek olarak; hafifliğinden ötürü ekonomik olduğu düşünülerek uygulanmış olan bir kafes kiriş ile yerine kullanılabilecek hadde profil kirişin kıyaslanması; malzeme-üretim-işçilik veya malzeme-işçilik-zaman olarak özetlenen maliyet unsurlarının birlikte düşünülmesinin gerekliliğini ve benzer amaçlı elemanların uygun yerlerde kullanılmasının önemini göstermektedir.



Şekil 3.18 Kullanım amacına göre çelik çerçeveli binalar.

Kullanım amacı değişen, hasar gören ve yer değiştirmesi gereken binalar ile merdiven, asansör vb. eklemeler yapılması, geniş açıklıklar için kolon eksiltilmesi, kat yüksekliklerinin değiştirilmesi, büyütülmesi / küçültülmesi veya yenilenen deprem vb. yönetmeliklerine uyarlanması gereken binalarda bir dizi değişikliğin

yapılması zorunludur. Betonarme çerçeveli binalarda çelik yapı elemanları kullanılmadan yapılması çoğu kez olanaksız olan tüm bu değişiklikler, çelik çerçeveli binalarda kısa sürede ve ekonomik olarak yapılabilir.

Kullanım amacı değişen, hasar gören, eklemeler veya eksiltmeler yapılacak ya da yenilenen yönetmeliklere uyarlanacak binalarda; yalnızca zorlanan veya hasar gören çelik yapı elemanları sac / profil ve kaynak / bulon kullanılarak yerinde güçlendirilmekte veya sökülerek uygun olanları ile değiştirilmektedir.

Son yıllarda hazırlanan deprem yönetmeliklerine de giren "Güçlü Kolon - Güçsüz Kiriş" ilkesine uygun betonarme çerçevelerin yapımı da yapılmış olanların değiştirilmesi de çok güçtür. Çelik çerçevelerde ise çoğunlukla I profil olan kirişlerin kolonlar ile birleşimine yakın bölgelerindeki başlıkları daraltılmaktadır. "Dogbone" olarak adlandırılan bu kesim işleri fabrikada veya yerinde kolaylıkla yapılabilir.

Çelik çerçeveli binaların yatay veya düşey olarak genişletilmesi; zorlanan taşıyıcı elemanların güçlendirilmesi veya değiştirilmesi ve yeni çerçevelerin eklenmesi biçiminde yapılmaktadır. Çelik çerçeveli binalar kolaylıkla sökülüp taşınarak yeni bir temele bağlanabildiği gibi, başka bir binanın alt, üst veya yanlarına da eklenebilmektedir.

Çelik malzemenin en önemli özelliklerinden biri de % 100 geri dönüşümünün mümkün olmasıdır. Bu özellik günümüzde giderek artan küresel ısınma, kullanılabilir temiz su kaynaklarındaki düşüş ve çevre kirliliğindeki artışa indirgeyici etki yapmaktadır. Kullanılmış çelik çöpe atılmayıp geri kazanıldığında ve kullanılmış çelikten çelik üretildiğinde; Enerjinin %74 ve hammaddenin %90 korunduğu, Su tüketiminin %40 azaltıldığı, Atıksu kirlenmesinde %76, hava kirlenmesinde %86 ve maden atıklarında %97 azalma olduğu, gözlenmiştir. (Öztürk, 2004)

Deprem vb. çeşitli nedenlerle kullanılmayacak duruma gelen betonarme yapılarda; yalnızca taşıyıcı olmayan elemanların önemli oranda fire verilerek sökülmesi, taşıyıcı elemanların ise yıkımı söz konusudur.

Çok az fire ile sökülebilen tüm elemanlarının yeniden kullanılabilmesi, çelik yapıların tartışılmaz üstünlüklerinden biridir. Başka bir yapıda değerlendirilemeyen çelik yapı elemanları eritilerek ekonomiye yeniden kazandırılmaktadır.

Çelik yeniden kullanılabilen maddeler arasında en esnek olanıdır. Birçok atık madde yeniden ilk kullanım alanında değerlendirilebilirken eritilen çelik yapı elemanları; araba, tren, uçak, gemi, konserve kutusu vb. olarak başka alanlarda da yeniden kullanılabilir.

Bu döngü içinde konserve kutuları bir haftada, arabalar 10-15 yıl, çelik bina ve köprüler ise yaklaşık yüzyılda, er veya geç yeniden kullanım için çelik fabrikalarına geri gelmektedir. Örneğin, konserve kutularının eritildikten sonra keskin bir bıçak veya asma köprülerde kullanılan çok güçlü bir kabloya dönüşmesi olasıdır.

Tüm dünyada her yıl, yaklaşık 385 milyon ton çelik yeniden kullanılmaktadır. Bu değer; günde 1 055 000 ton, saatte 44 000 ton, saniyede ise 12 ton çeliğin, demir cevherine göre %60'ın üzerinde bir oranda daha az enerji harcanarak üretilip yeniden kullanılması demektir.

İstenen niteliklere ulaşması bakımından, üretimi zorunlu olarak önceden kullanılmış çelik katkısı ile yapılan yapısal çeliğin binalarda kullanılması enerji tasarrufu ve çevreye önem vermenin de gereğidir.

İnsanların ellerindeki en önemli değer sağlık olduğuna göre, içinde saatler, belki de günler geçirilen hacimlerin oluşturulması için kullanılan yapı malzemelerinin insan sağlığına herhangi bir zarar vermemesi ana amaçtır. Çoğu sentetik ürünün bünyesinde bulunan kimyasal katkı maddeleri, son yıllarda giderek artan kanser v.b vakalarının esas nedenleridir. Yapı çeliği doğal bir ürün olduğu ve üretim sürecinde

herhangi bir kimyasal işleminden geçmediği için insan sağlığına zararlı değildir (Ünver, 2003).

3.5.2. Çelik Malzemenin Dezavantajları ve Çelik Taşıyıcı Yapılarda Karşılaşılan Zorluklar

Korozyon, yangına dayanım ve gerek üretim gerekse de uygulamada ihtiyaç olan kaliteli eleman azlığı çelik taşıyıcı sistemli yapıların kurulumundaki en önemli zorluklardır.

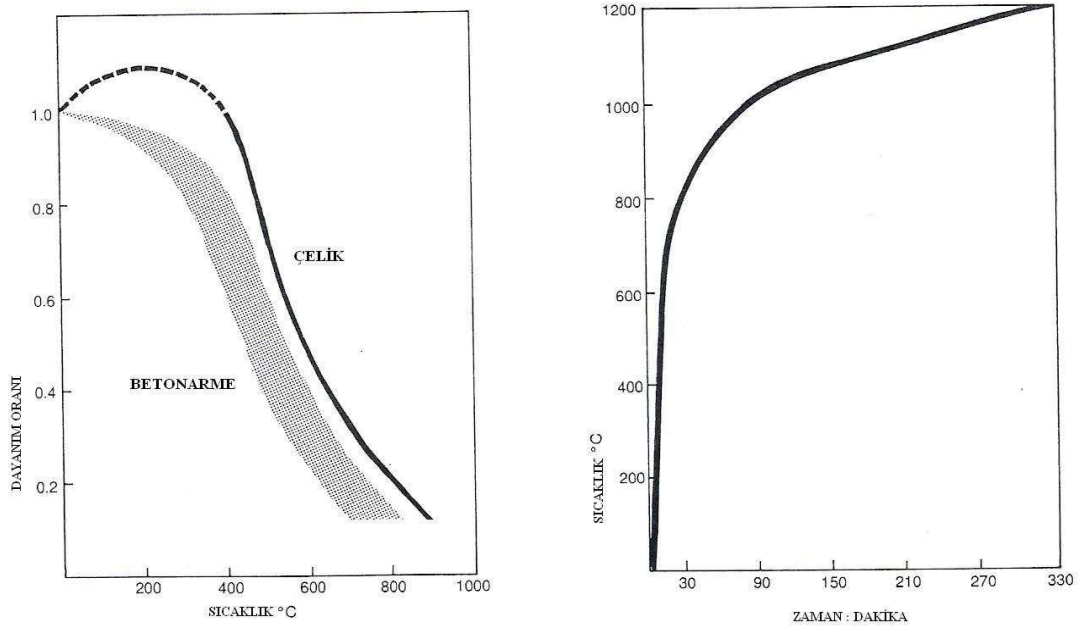
Tüm yapı malzemeleri, az veya çok, yangından etkilenmektedir. Çelik ise; yangın sırasında belirli bir (*Kritik*) sıcaklıkta taşıyıcı özelliğini, çok yüksek sıcaklıklarda ise tüm mekanik özelliklerini yitirmektedir. Çelik; yanıcı olmamakla beraber, ısı yükseldikçe mukavemetinde ve elastiklik modülünde hızlı düşüşler görülür. Çelik belli sıcaklıklarda taşıyıcı özelliğini, yüksek ısı derecelerinde (yaklaşık 600 C'de) tüm mekanik özelliklerini kaybeder.

Betonarme veya çelik herhangi bir yapıda; komşu yapıların konumuna göre yerleşimden başlayarak, yatay ve düşey yangın durdurucu bölmeler yapılması, korunmuş yangın koridorları ve merdivenlerin düzenlenmesi gibi yangına karşı ilk önlemler mimari tasarım aşamasında alınmaktadır. Yangın uyarı sistemleri ile yağmurlama sistemleri gibi önlemlerin ise, elektrik ve su tesisatlarının tasarımında dikkate alınmaları gerekmektedir.

Çelik çerçeveli yapı hesaplarının, elemanların kritik sıcaklıklara ulaşarak dayanımlarını kaybetmesini önlemek amacıyla gerektiğinde hazırlanacak yangın senaryolarına göre yapılması gereken yalıtım da göz önüne alınarak, yangın güvenliği bakımından eleman ve sistem ölçeğinde kontrol edilmeleri zorunludur. Çelik yapı elemanlarının yangına karşı yalıtımında; Özel alaşımlı çelik veya içi su doldurulmuş kutu enkesitli eleman kullanımı gibi özel yöntemler dışında, korozyona karşı da etkili olan, dört ana yöntem kullanılmaktadır. Bunlar;

- Alüminyum-silikat, çimento vb. karışimli maddeler püskürtülerek kaplanması,
- Alçı, perlit vb. plakalar veya tuğla vb. dekoratif elemanlar ile kapatılması,
- Bileşik kesitli olarak ta tasarlanabilecek olan çelik yapı elemanlarının bir bölümü veya tamamının beton içine alınması veya boşluklarının beton ile doldurulması,
- Yangın sırasında 70 mm kalınlığa kadar hızla genleşen özel ince bir boyanın (Intumescent) kullanılmasıdır.

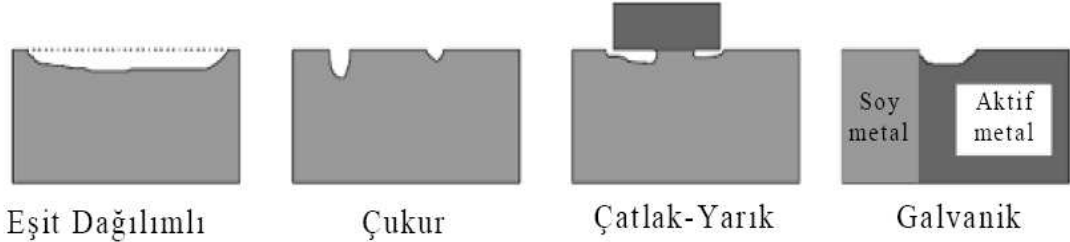
Bu yöntemler arasında seçim yapılırken; kullanım amacı, estetik, maliyet gibi kriterler esas alınarak yapılır.



Şekil 3.19(a) Yüksek sıcaklığın çeliğin yapısına etkisi (yüksek sıcaklıkta dayanımın azalması).
(b) Bs 476'ya göre yangın eğrisi (yangın testinden elde edilen standart zaman/sıcaklık eğrisi).

Çelik yapıların ömrüne etki eden bir diğer unsur ise korozyondur. Korozyon, maddelerin, özel olarak metal ve alaşımların, çevrenin çeşitli etkileriyle kimyasal ve elektro kimyasal değişme ya da fiziksel çözünme sonucu aşınmasıdır (Kaftan 2006). Başka bir deyişle çelik ve havadaki yoğunlaşmış nem arasında, oksit ve pas açığa çıkaran elektro-kimyasal bir reaksiyondur. Korozyon atmosferik etkilere veya elektrolitik etkilere oluşmaktadır (Kaftan 2006). Yapı çeliği atmosferin zarar verici etkilerine karşı korunmasız bırakılırsa, su veya bir kimyasal maddeyle ilişkisi olursa, çelik malzemede paslanma (korozyon) olayı başlar. Bunu önlemek için çelik

elemanlar boyanmalı, periyodik boya bakımı yapılmalıdır. Bu husus çelik yapının bakım (işletme) giderlerini artırır ancak ömrünün uzamasını sağlar. Korozyonun en yaygın oluşumu, oksijen ve rutubetin etkileri sonucu demir ve çelikteki paslanma olayıdır. Bu tür oksidasyonun önlenmesi için çelik bünyesine, krom gibi bir takım alaşım maddeleri katılır.



Şekil 3.20 Çıplak gözle görülebilen korozyon çeşitleri.

Çelik, normal ortamda paslanır. Duman, kurum, deniz suyu, asit veya alkali buharı gibi faktörler de bu işlemi hızlandırır. Bazı endüstriyel bölgelerde kaybedilen yüzey oranı 0.0075 mm/yıl'a ulaşabilir. Eğer havada sülfür dioksit gibi zararlı maddeler varsa bu oran daha da artabilir. Bu yüzden strüktürel çelik korozyondan çok iyi bir şekilde korunmalıdır. (Gencer, 2003)



Şekil 3.21 Herhangi bir kaplama yöntemi uygulanmamış ve uygunsuz koşullarda uzun süre depolanmış malzeme üzerinde oluşan pas tabakaları.

Paslanmaz çelik yapı malzemelerinde, bu elektro kimyasal zararlardan korunmak için sorunu iki yönden ele almak gerekmektedir. Elektriksel korozyonun önlenmesi için öncelikle ortam dışından gelen su, rutubet vb. etkilerin ortadan kaldırılması, bunu takip eden süreçte de özellikle potansiyel farkı meydana gelmesinde etkili olan iç yapıdaki düzensizliklerin engellenmesi gereklidir. (Öğüt, 2006)

XIX. yüzyılın sonlarında çeliğe çeşitli elementler ekleyerek değişik özellikte çelik türleri elde edilmeye çalışılmıştır. Bunun nedeni farklı endüstrilerde farklı nitelikte çeliğe ihtiyaç duyulmasıydı. Mesela; makine endüstrisi aşınma ve paslanmaya dayanıklı çeliğe ihtiyaç duyarken, kimya endüstrisi maddelerle tepkimeye girmeyen, korozyon ve basınca dayanıklı çeliğe ihtiyaç duyuyordu. Bu ihtiyaçların sonucunda özellikle paslanmaz çelik türleri için arayışa gidilmiştir.

Çok yüksek ısı gereksinimlerinden dolayı hemen hemen tümü elektrik fırınlarında üretilen paslanmaz çelik türleri kimyasal yapıları ve ısıyla işlenme niteliklerine göre üç ana gruba ayrılır. Bunlar; göreceli olarak yüksek karbon (%0.08-%1.2) ve düşük krom içerikli (%10-%18) martensitli çelikler, daha düşük karbon (%0.08-%0.2) ve yüksek krom içerikli (%15-%30) ferritli çelikler ve %16-%26 arasında kromun yanı sıra %6-%22 oranında nikel içeren ostenitli çelik türleridir. Bu çelik türleri; işlenilmelerindeki haddelenme, çekilme, dövme vb. gibi farklılıklar nedeniyle aside, hava koşullarına, aşınmaya ve diğer etkenlere dayanımları bakımından değişik nitelikler gösterirler ve değişik amaçlarla kullanılır. (Öğüt, 2006).

Genellikle yangına karşı beton ile korunmuş çelik elemanlarda korozyon için de tedbir alınmış olur. Aynı ihtiyacı karşılamak için çeşitli boya ve kaplamalar da vardır. Yüksek gerilim hatlarının direkleri gibi sürekli ve sık kontrol edilmeyen çelik konstrüksiyonlarda pahalı olmasına rağmen galvanize edilmiş çelik profiller kullanılır.

Çelik çerçeveli binaların mimari projeleri, her aşamasında mühendisle birlikte çalışmayı gerektirdiğinden bazı zorluklar içermektedir. Örneğin; aks aralıkları, çaprazların konumu, cephe elemanlarının bağlantı detayları gibi birçok konuda

mimar ve mühendisin birlikte karar verme zorunluluğu vardır. Ancak, asıl zorluk eleman azlığı ve süre bakımından statik projelendirmede ortaya çıkmaktadır.

Çelik çerçeveli sistemlerin ülkemizdeki uygulama alanı, bir bölümünün uygulama projeleri yurtdışından getirilen, endüstri yapıları ile sınırlı kalmıştır. Doğal olarak, bu alanda deneyimli proje bürolarının sayısı da sınırlıdır. Söz konusu bürolarda yetişmiş teknik elemanların endüstri yapılarının tasarımında edindiği deneyim, çok katlı binaların tasarımı için yeterli olmamaktadır.

Çelik yapıların uygulama projelerini yapan mimar ve mühendislerin üretim ve montaj konularını da bilmeleri zorunludur. Yüklenici kişi veya kuruluşların yapacakları düzenlemelerle; ülkemizde alışılan Proje-Şantiyeci ayırımından vazgeçerek, projeyi hazırlayan mühendis ve mimarlara uygulamada da görev vermeleri halinde, bu sorunda çözülmüş olacaktır.

Çelik çerçeveli yapılarda ağırlıklı olarak kullanılmakta olan I ve U gibi hadde profil kesitlerin istenilen boyutlarda üretilmemesi veya gereken miktarlarda bulunmaması ülkemize özgü bir sorun değildir. Türkiye’de üretilen profil çeşitlerinin azlığı nedeniyle daha çok karşılaşılan bu gibi durumlarda en yakın büyük kesitin kullanılması ortalama %15 malzeme kaybına neden olmaktadır. Sıkça karşılaşıldığı gibi, bir üst kesitte bulunmadığında bu kaybın ortalama %35’e yükseldiği görülmektedir. Söz konusu sorunun çözümü için başvuru yöntemleri ile bulunmayan kesitten çok daha ekonomik kesitler elde edilebilmektedir.

Bazı durumlarda yeterli olmayan profilin veya daha küçüğünün başlıklarına ve/veya gövdesine sac veya profil kaynatılarak güçlendirilmesi malzeme ağırlığının, bulunan bir veya iki üst boyutlu profilden çok daha az olmasını sağlamaktadır.

I profilin gövdesi boyunca özel biçimde kesilip birleştirilmesi sonucu oluşturulan Petek Kirişler ile iki profilden elde edilen kolonların geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Daha çok düzgün yayılı yüklerin taşınmasında kullanılan petek

kirişlerin yüksekliği kesilen profile göre yaklaşık %50 oranında artarken taşıyabileceği yükteki artış çok daha büyük boyutlarda olmaktadır.

Büyük profillerin bulunmaması durumunda, genellikle levhalardan oluşturulan, dolu gövdeli yapma I kesitler kullanılmaktadır. Bu yöntem ile eylemsizlik momentleri eşdeğer kesitlerdeki malzeme giderleri %15 ile %30 arasında azaltılmaktadır. Ayrıca, I ve U kesitlerin çeşitli biçimlerde birleştirilmesi ile oluşturulan yapma kesitler de kolon veya kiriş olarak kullanılabilir.

IPE, IPB, IPBe, IPBv gibi Euronorm olarak ithal edilen profillerden IPE'nin, I (NPI) ile kıyaslandığında; 200-400 mm yükseklikler arasında %10'dan %20'ye değişen oranlarda daha hafif olduğu görülmektedir.

Euronorm profillerin diğer avantajları ise; kolon olarak daha ekonomik olmaları, birleşimlerinde az sayıda bulon kullanılması ve tüm yüzeylerinin düzgün olması nedeniyle özel rondelaya gerek kalmamasıdır.

Çelik yapıların yaygın olduğu ülkelerde, çok yüksek yapılar ile köprüler için yetersiz kalan en büyük I profillerin; güçlendirilmesi veya yapma kesit kullanımı yerine et kalınlıkları artırılmış özel profillerin "Tailor-Made Beams" kullanıldığı görülmektedir.

Son yıllarda çelik çerçeveli yapıların mimarisinde görülen, taşıyıcı elemanları açığa çıkarma eğilimi sonucu kullanımı artmakta olan yüksek kaliteli yapı çeliği ve kare, dikdörtgen veya dairesel boşluklu etli profiller ile Daha ekonomik olması bakımından bileşik döşeme kesiti içinde çekme donatısı olarak ta kullanılabilir olan en az 0.75-0.80 mm kalınlıkta ve gereken aderansı sağlayacak yapıdaki sacların üretilmemesi ülkemize özgü sorunlar olarak görülmektedir. Ancak, çelik çerçeveli yapıların yaygınlaşması ile bu tür malzemelerin de kısa sürede üretililebileceği anlaşılmaktadır.

Çelik; ses ve ısı açısından çok iyi bir iletken olması nedeniyle, çelik yapılarda önemli bir yalıtım sorunu söz konusudur. Çeliğin, çoğu metalde olduğu gibi, yüksek ısı iletkenliğine sahip bir malzeme olması ısı köprüsü olarak çalışmasına nedendir ve gerekli önlemler alınmazsa iç mekanlarda ısı kaybına, bunun sonucunda da konfor şartlarının standartların altına düşmesine sebep olur. Ancak çeliğin konstrüktif detaylar üretilmesine olan elverişliliği, yalıtımı, çok katmanlı cephe çözümlerine olanak tanımaktadır.

3.6 Çelik Sektörünün Dünyada ve Türkiye’deki Durumu

Demir-çelik sanayii tüm dünyada, ekonomik kalkınmanın sürükleyici faktörlerinden birisidir. Demir-çelik sektörünün ekonomik kalkınma açısından belirleyici rolü; sanayileşmenin de temel göstergelerinden biri olup, uluslar arası gelişmişlik ölçütleri sıralamasında kişi başına düşen demir-çelik tüketimi belirleyici bir unsur olarak kabul görmektedir. Bununla birlikte dünya ekonomik konjonktüründen en çabuk etkilenen sektörlerin başında demir-çelik gelmektedir.

II. Dünya Savaşı sonrası teknolojik gelişmelerle birlikte, dünya ham çelik üretimi otuz yılda altı misli artarak 1970’li yıllarda 710 milyon tona ulaşmıştır. 1970’li yıllarda başta AT ve Japonya olmak üzere üretim kapasitelerini artıran ülkeler daha sonraki yıllarda tüketimdeki azalma sonucu, atıl kapasite sorunlarıyla karşı karşıya kalmışlardır. Genelde AT, Batı Avrupa Ülkeleri ve gelişmiş diğer ülkelerde belirgin bir azalış sürerken, gelişmekte olan ülkelerde bunun tam tersi bir durum yaşanmıştır. Yeniden yapılanan ve gelişme yolunda olan Orta Doğu Ülkelerinde çelik kullanımı artarken, Afrika’da çelik tüketiminde önemli bir gelişme gözlenmemiştir.

Uzun ürünler daha ziyade inşaat malzemesi, yassı ürünler ise başta otomotiv ve beyaz eşya olmak üzere imalat sanayinin çeşitli sektörlerinde girdi olarak kullanılmasından dolayı, ülkelerin gelişmişlik derecesi yükseldikçe ham çelik üretimi içinde yassı ürün payının arttığı görülmektedir.

Dünya demir-çelik üretiminin tamamına yakın kısmını gerçekleştiren 63 ülke içerisinde Çin Halk Cumhuriyeti 2000 yılında, demir-çelik üretiminde % 15,2'lik pay ile birinci sırada yer alırken, Japonya % 12,8 ile ikinci sırada bulunmaktadır. ABD ise % 12,2'lik pay ile üçüncü sıradadır. Günümüzde Çin hala demir-çelik sektöründe lider durumdadır.

Türkiye'de demir çelik üretimi, ilk olarak 1928 yılında savunma sanayinin çelik ihtiyacını karşılamak amacıyla Kırıkkale'de MKE'de başlamıştır. Türkiye'nin ilk entegre demir çelik tesisi olan Karabük Demir Çelik Fabrikaları (KARDEMİR), sanayinin temel girdilerinden yassı çelik talebini karşılamak üzere de Ereğli Demir Çelik Fabrikaları (ERDEMİR) 1965 yılında faaliyete geçmiştir. Şu anda ERDEMİR bünyesinde faaliyet gösteren Türkiye'nin üçüncü entegre tesisi, İskenderun Demir Çelik Fabrikaları (İSDEMİR) ise 1977 yılında kurulmuştur.

Entegre tesislerin kurulmasının ardından artan çelik ihtiyacını karşılamak üzere ülkemizde elektrik ark ocaklı tesisler de faaliyete geçmeye başlamıştır. Ülkemizde 1980 yılında başlayan serbest piyasa ekonomisine geçiş ile ulusal ve küresel ticarete liberalleşme eğilimleri, Türk demir çelik sektörüne büyük bir ivme kazandırmıştır. Bu yıllarda, ark ocaklı tesislerin artması ile birlikte sektör, ihracata daha fazla yönelmiştir.

Öte yandan, Gümrük Birliği anlaşmasının ardından Avrupa Birliği ile 1996 yılında imzalanan Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu (AKÇT) Serbest Ticaret Anlaşması ile Toplulukla mevcut gümrük vergilerinin karşılıklı olarak kaldırılması, dış pazarlardaki rekabet gücünü daha da artırmıştır.

Türk demir çelik sektöründe üretim, her birinin yıllık kapasitesi 1.000.000 ton ile 3.000.000 ton arasında değişen üç adet entegre tesis ve kapasiteleri 60.000 ton ile 2.000.000 ton arasında değişen 16 adet Elektrik Ark Ocaklı (EAO) tesiste gerçekleştirilmektedir.

2003 yılında 22.9 milyon ton olan ülkemizin toplam ham çelik üretim kapasitesi, 2004 yılında 23,5 milyon tona çıkmıştır. 2004 yılında toplam ham çelik üretim kapasitesinde uzun ürünler yüzde 85, yassı ürünler yüzde 13 ve vasıflı çelik ürünleri yüzde 2 pay almıştır. Üretimin %71,5'i Elektrikli Ark Ocaklarında, %28,5'i ise entegre tesislerde gerçekleştirilmektedir.

Uzun ürünler Türkiye üretiminde 17.084 milyon ton ve %83'lük payla ilk sırada yer almaktadır. Öte yandan ham çelik üretiminin 3.03 milyon tonu yassı ürünlere ve 362 bin tonu ise vasıflı çeliğe dönüştürülmüştür.

Sektörün üretim kapasitesinin pazardaki talebe uyumlu hale getirilmesini, işletmelerin modernize edilmesini, bu çerçevede sektördeki uzun-yassı mamul dönüşümünün tamamlanmasını ve yassı mamul üretiminin arttırılmasını öngören yeniden yapılandırma programının, henüz AB Komisyonu tarafından onaylanmamış olmasına rağmen, sektör kendi kendini yapılandırmaya başlamıştır. Ulusal yeniden yapılandırma planı sayesinde sektör, modernizasyon ve yassıya dönüştürme yatırımlarında, devlet yardımlarından yararlanabilecektir.

Türkiye'nin yassı ürün açığının kapatılması için, 2005 yılında 3.4 milyar dolar tutarında 6.1 milyon ton yassı ürün ithalatının yapıldığı dikkate alındığında, yeniden yapılandırma programının hayata geçirilmesinin ve sektörün devlet yardımlarından yararlanarak, modernizasyon ve yassıya dönüşüm yatırımlarını tamamlamasının önemi, açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Yassı ürün üretimine yönelik projelerin tamamlanmaya başlamasını takiben, 2008 yılından itibaren, Ülkemizin yassı-uzun ürün üretim tüketim değerleri, belirli bir süre içerisinde, daha dengeli bir yapıya kavuşmaya başlayacaktır.

Demir çelik ürünlerinin ülkemizin toplam ihracatı içerisindeki payı 1981 yılında %1,9 iken 2004 yılında % 11.9'a yükselmiştir. Diğer taraftan, 1980 yılında % 0.6 olan Türkiye'nin dünya çelik üretimi içindeki payı, 2004 yılında %2 seviyesine ulaşmıştır.

2004 yılı ÷lkemiz kişi başi nihai elik t÷ketimi, geçen yıla kıyasla % 12.1 civarında bir artış g÷stermiş ve 224 kg'ye y÷kselmiştir.

Demir elik sekt÷r÷m÷z÷n önemli ÷r÷nleri arasında filmaşın, çubuk, profil, tel ve çiviye kapsayan uzun mamuller, yassı mamuller, boru ve bağlantı parçaları, d÷vme taslak ve d÷k÷m mamuller yer almaktadır.

BÖLÜM DÖRT

ÇELİK İSKELET YAPILARIN MİMARİ TASARIMI, ÇELİK YAPI BİLEŞENLERİ VE BİRLEŞİM TÜRLERİ

4.1 Çelik İskelet Yapıların Mimari Tasarımı

Değişik inşaat malzemeleri için çıkartılan yönetmelik ve standartlar, teknik elemanların ilgilerinde varolabilecek eksikleri gidermek ve kapatmak amacına yönelik olduklarından, daha çok hesap ve güvenlik kurallarına yönelir ve genellikle, yapım sanatına önemli bir katkıda bulunmazlar. Ancak, hesapların bir amaç değil, asıl amaç olan yapının gerçekleştirilmesindeki araçlardan yalnızca biri olduğu, örneğin, proje çizimlerinin ve detayların çözümünün en az hesaplar kadar, çok kere de daha önemli olduğu unutulmamalıdır. (Arun, 2001) Yapım kuralları genellikle basit, ancak bazı kereler hatırlatılması yararlı olan ilkelere dayandırılabilir. Örneğin, bir yapı hem bütünüyle hem de kendini oluşturan elemanlarıyla stabil olmalı ve dış ortamdan üzerine gelen zorları, öngörölmüş özel düzenlerle yapının temeline iletebilmelidir. Zorlar bu iletim sırasında bir elemandan diğerine geçerken yolları üzerinde birleşimlerle karşılaşacakları için, birleşim detayının iyi çözümü ve birleşim için gerekli küçük hesapların dahi ihmal edilmemesinin önemi burada ortaya çıkar. Tek bir kötü birleşim, bütün elemanları doğru olarak boyutlanmış bir yapının göçmesine neden olabilir.

Çelik yapıların tasarımlarına başlanmadan yapılacak olan binanın hangi uygulama sınıfına girdiği saptanmalıdır. Çelik yapı uygulama sınıfları; EXC1, EXC2, EXC3 ve EXC4 şeklinde kısaltmalarla gösterilen 1'den 4'e kadar dört sınıftan oluşur. Uygulamanın önemi ve zorluğu EXC1'den EXC4'e doğru artar. Uygulama sınıfı bir yapının tamamına veya belirli bir kısmına veya hatta belirli ayrıntılarına uygulanabilir.

Uygulama ve tolerans sınıflarının belirlenmesinde; Türk Yapısal Çelik Derneği Teknik Şartnamesince belirlenen “Yapıların Önem Dereceleri” ve “Üretim ve Hizmet Kategorileri” olmak üzere iki önemli husus vardır.

Bir binanın uygulama sınıfını belirleyebilmek için öncelikle yapılacak yapının önem derecesini belirlemek gerekmektedir. Binaların uygulama açısından önem derecesini aşağıdaki tablodan yararlanarak belirlemek mümkündür.

Tablo 4.1 Çelik yapıların önem dereceleri ve önem derecelerine göre yapı tipleri.

Önem Derecesi	Açıklama	Binalardan ve inşaat mühendisliği işlerinden örnekler
CC3	İnsan hayatı ve ekonomik açıdan önemi: yüksek . Sosyal ve çevresel önemi: çok büyük	Başarısızlığın çok önemli olduğu; stadyum, konser salonu, alışveriş merkezi gibi umuma açık binalar ile afette faal kalması gereken hastane ve kamu binaları gibi binalar
CC2	İnsan hayatı ve ekonomik açıdan önemi: orta . Sosyal ve çevresel önemi: kayda değer	Başarısızlığın orta derecede önemli olduğu; konutlar ve iş merkezleri ile diğer kamu binaları gibi binalar
CC1	İnsan hayatı ve ekonomik açıdan önemi: alçak . Sosyal ve çevresel önemi: az veya ihmal edilebilir	İnsanların genellikle girmedikleri ziraate yönelik yapılar, depolar, seralar gibi binalar
Not: 1. Yukarıdaki tablo yalnızca sınırlı bina örneklerini içerir. Aşağıdakilerin de CC3 önem derecesinde olduğu kabul edilecektir. - 2 veya daha çok katlı okul, hastane, blok yapılar gibi kamu, konut ve ofis binaları - 10 MW veya üzeri enerji santralleri -.. Trenyolu köprüleri ile karayolu köprülerinin çoğunluğu 2. Bu tablo; TS EN 1990 Ek-B'ye göre hazırlanmış olan prEN 1090-2 Tablo B.1'den alınmıştır.		

Tablo 4.2 Çelik yapıların üretim ve hizmet kategorileri.

Kategoriler	Kriterler
PS3	Meal yorulması değerlendirmesi gerekli olan elemanlar 460 Mpa'dan yüksek akma gerilimli çelik malzemeden üretilmiş elemanlar
PS2	Aşağıdaki özelliklerden birine sahip fakat PS3 kapsamına girmeyen elemanlar - hizmet sıcaklığı -20° C'nin altında olan elemanlar, - akma gerilimi 355 ile 460 Mpa arasında olan, M ve ML kalitesi için 50 mm'den ve diğer kaliteler için 25 mm'den daha kalın çelikten yapılmış kaynaklı elemanlar, - şantiyede kaynakla birleştirilmiş ana elemanlar - sıcak şekil verilmiş veya ısıtılma işlemi tabii tutulmuş elemanlar - dairesel kapalı kesit (CHS) kafes giriş elemanları - kreyn yürüme yolları ve destekleri için kaynaklı elemanlar - tam temaslı mesnet yüzeyli elemanlar - deprem bölgelerinde ($a \geq 0,15$ g)
PS1	Yukarıdaki PS2 veya PS3 kapsamına girmeyen elemanlar

Yapı veya yapı elemanlarının üretim ve hizmet kategorileri için koşullar üç kategoride verilmiştir. Bir yapı veya yapının belli bölümleri değişik üretim ve hizmet kategorilerine ait parçalara veya yapısal ayrıntılara sahip olabilirler. (TYÇD Yapı Çeliği İşleri Teknik Şartnamesi, 2007) Üretim ve hizmet kategorilerini Tablo 4.2'den yararlanarak belirlemek mümkündür.

Uygulama sınıfları, yapıların önem dereceleri ile üretim ve hizmet kategorileri esas alınarak belirlenir. Buna göre uygulama sınıfı aşağıdaki tabloya göre saptanır.

Tablo 4.3 Çelik yapıların uygulama sınıflarının belirlenmesi.

		Üretim ve Hizmet Kategorileri		
		PS1	PS2	PS3
Önem dereceleri	CC3	EXC3	EXC3	EXC4
	CC2	EXC2	EXC2	EXC3
	CC1	EXC1	EXC2	EXC3

Hesap hipotezleri yapıda gerçekleştirilen birleşimlere, ya da birleşimler hesaptaki varsayımlara uymalıdır. Örnek olarak,

- 20 cm derinliğinde betonarme bir kütleyle gömülmüş bir kolon ayağı mafsallı kabul edilemez.
- Kaynaklı bir kiriş- kolon birleşiminin ankastre olabilmesi için, kiriş, kolon ve birleşim bu nitelik göz önüne alınarak hesaplanmış olmalıdır.
- Hesap kolaylıkları için, aynı sistem bazı zorlamalar için izostatik, bazıları için hiperstatik kabul edilemez. Birleşimleri onu hangi türe sokuyorsa her yük için o belirli türde hesaplanmalıdır.
- Çok katlı bir yapının bir doğrultudaki stabilitesini sağlayan bütün çerçeveler kat düzeylerinde rijit betonarme plaklara bağlı olduklarından, her birine keyfi dağıtılmış olan yatay yüklere göre birbirlerinden bağımsız hesaplanamazlar.
- Hiperstatik kabul edilen bir sistemin gerçekten böyle çalışabilmesi için birleşimlerde elastik şekil değiştirmeler dışında hiçbir oynama olmamalıdır. Dolayısıyla kaba bulonlar bu tip sistemlerde kullanılamazlar.

İskelete bağlı örtü, döşeme, duvar, bölme ve camekan gibi ikinci dereceden yapı elemanlarında ve iskelet tarafından taşınan kanalizasyon, kren, asansör gibi donanımda herhangi bir aksaklık olmaması için gereken her önlem alınmalıdır. Aksaklıkların başlıca nedenleri çeşitli şekil değiştirmelerdir. Örneğin,

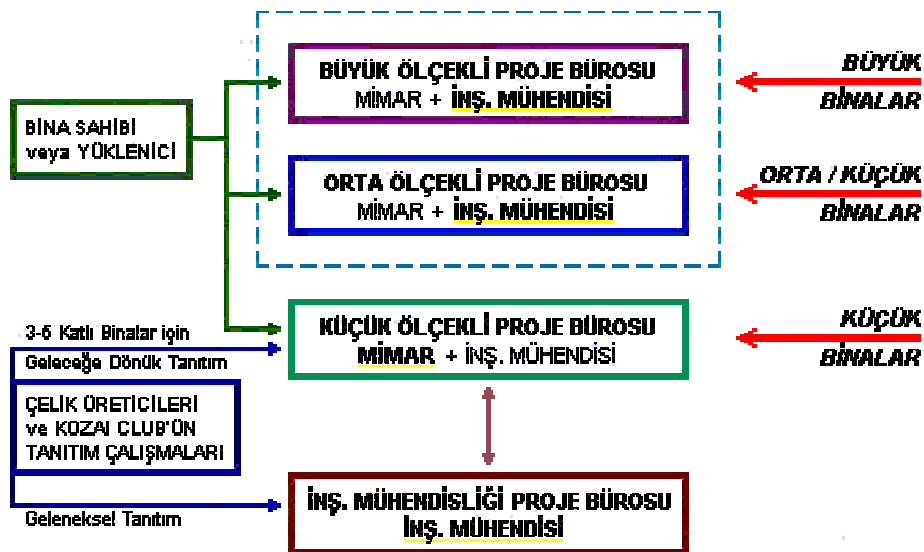
- Çeşitli malzemeler için değişik değerler alan ısısal genleşmeden oluşan çatlaklar;
- Çeliğin birlikte kullanıldığı diğer malzemelerin neme bağlı boyut değişiklikleri;
- Kirişlerde oluşan sehimin aşırı değerlere ulaşması halinde taşıdıkları duvarlar ve döşeme plaklarında oluşan çatlaklar;
- Bölmelerdeki çatlaklar, cam kırılmaları, kren yolu kirişlerinin birbirlerinden uzaklaşmaları veya yakınlaşmalarına neden olan ve uygulanan yüklerden oluşan yatay yer değiştirmeler gibi. Bütün bu aksaklıkların üstesinden gelebilme olanağı daima vardır. Örneğin,
- Genleşme gibi nedenlerden ileri gelen zorlamalar yapının boyutlarının derzler aracılığıyla kısıtlanmasıyla ya da belirli bir serbestlik sağlayan birleşimlerle önlenabilir.
- Elastik şekil değiştirmeler uygun eylemsizlik momentlerine sahip elemanların kullanılması ya da yeterli ölçüde rijit stabilite bağlantıları ile sınırlandırılabilir.

Bütün bu tür sorunların çözümünde, yapıda kullanılan her çeşit malzemenin özelliklerinin iyi bilinmesi ve sistemlerin şekil değiştirme hesaplarının yapılabilmesi gereklidir. Yeni yönetmeliklerin güvenlik katsayılarını düşürmeleri, hem hesapların ve detayların daha titizlikle çözümlenmesini gerektirmiş, hem de elastik şekil değiştirmelerin önemini arttırmıştır. Kötü bir yapının da göçmeden beş dakika önce dimdik ayakta durabileceği unutulmamalıdır. Bazen bir yapının kusurları yıllar sonra ortaya çıkabilir. Bunun nedeni, bu aksaklıkları oluşturan yüklerin daha önce bir araya gelmemiş olmasıdır. Özellikle çok düzensiz olan iklim koşulları bu tür aksaklıklarda etkin olabilirler. Bazı aşırı iyimser niteliklere çok düşünmeden kapılmak, bir teknik elemana hoş olmayan sürprizler getirebilir. Bir problemin çeşitli çözümlerinin üstün

ve sakıncalı yanlarını tartarak en uygun olanını seçmek, düşünce ve merakla gerçekleştirilebilir. (Arun, 2001)

Yapısal tasarım sanat ve fen karışımı olarak tanımlanabilir. Mühendis, yapının davranışını, statik, dinamik, mekanik ve yapısal analiz prensiplerinden yararlanarak ve yaratıcılığını kullanarak incelemeli ve işlevlerine hizmet verebilecek güvenli ve ekonomik bir yapı yaratabilmelidir. (Emniyet, ekonomi, estetik.) Tasarımın başarılı olması, tasarımcıların sanatsal yetenekleri ve sezgilerini geliştirilmiş hesap yöntemleriyle birlikte kullanması ile gerçekleştirilebilir. 1850'lere değin yapısal tasarım, yalnızca, deneyim ve önseziyle dayanarak taşıyıcı elemanları boyutlamak ve bir araya getirmekle gerçekleştiriliyordu. Tasarım yöntemlerinin daha bilinçli olarak geliştirilmesi, yapıların davranışı ve malzeme özellikleri ile ilgili olan bilgilerin artmasıyla başladı (Arun, 2001).

Tasarım bir optimum çözüm elde edebilme işlemidir ve bu optimum çözümü elde edebilmek için çeşitli kriterler bulunabilir. Örneğin, bir yapı için tipik kriterler, en düşük maliyet, en az ağırlık, en kısa inşa süresi, en düşük işçilik veya en fazla getiri olabilir. Eğer herhangi bir kriteri matematiksel olarak ifade etme olanağı varsa, optimizasyon yöntemlerinden yararlanılabilir. Bu nedenle, ağırlık veya maliyet gibi sayısal olarak ifade edilebilecek kriterlerin optimizasyonu daha kolay olmaktadır. Tasarımın, birden fazla kriteri sağlaması da beklenebilir.



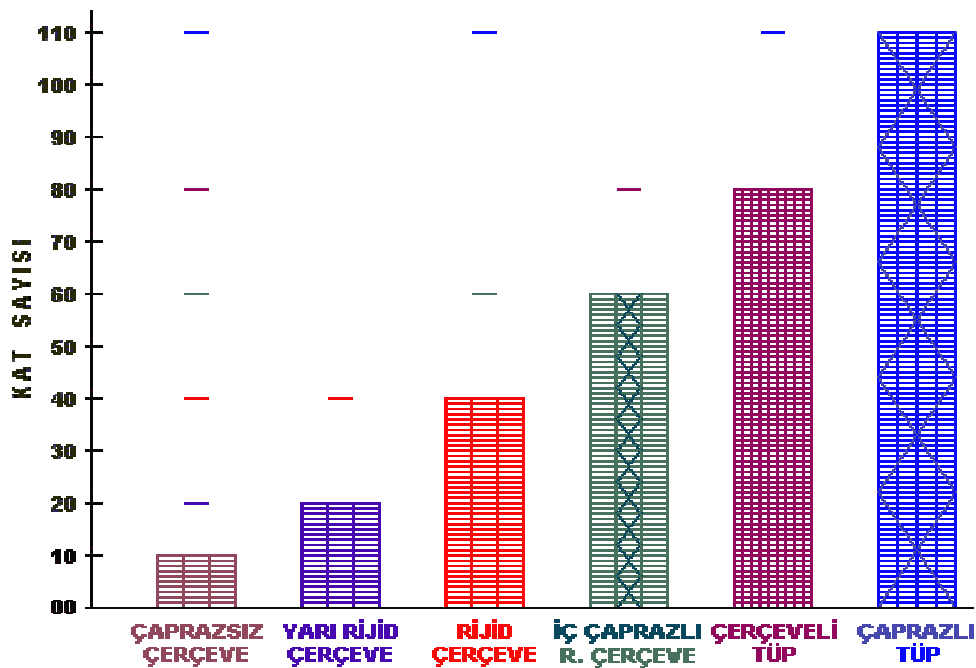
Şekil 4.1 Çelik çerçeveli binaların tasarımında karar oluşturma.

Genel olarak tasarım, işlevsel tasarım ve taşıyıcı sistemin tasarımı olmak üzere iki bölümde düşünülebilir. İşlevsel tasarımda, kullanmaya elverişli alan, donanım, aydınlatma, ekipman ve estetik göz önünde tutulur; taşıyıcı sistemin tasarımında ise işletme yüklerini güvenle taşıyacak elemanların seçimi gerekir. Tasarımın adımları, Planlama (Yapının işlevinin ve optimum tasarım kriterlerinin belirlenmesi), Ön tasarım, Yüklerin saptanması, Ön boyutlama, Analiz (Yüklerin ve sistemin modellenmesi, iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin saptanması), Değerlendirme (Dayanım ve işletme koşullarının kontrolü; sonucun optimum tasarım kriterleriyle uyumunun belirlenmesi), Yeniden tasarım (Önceki adımlardan elde edilen sonuçların yeterli olmaması halinde tasarımın yeniden gerçekleştirilmesi), Sonuç (Optimum çözüme ulaşıp ulaşılamadığının irdelenmesi) şeklinde özetlenebilir.

Çelik yapıların tasarımlarındaki bir diğer önemli nokta tasarım felsefesidir. Günümüzde, başlıca iki tür tasarım felsefesi vardır. Bunlardan birincisi güvenlik gerilmeleri (Allowable Stress Design), diğeri ise yük ve dayanım artımı (Load and Resistance Factor Design) tasarımı olarak adlandırılırlar. *Yapıların ve taşıyıcı sistem elemanlarının işlevlerini yerine getirebilmeleri için, işletmede kaldıkları sürede yeterli dayanım, rijitlik ve tokluğa (toughness) sahip olmaları ve aynı zamanda, bu süre zarfında tasarım yükünün üstüne çıkabilecek aşırı yük durumları için de bir güvenliklerinin bulunması gerekir. Aşırı yükleme durumları, yüklerin doğru tahmin edilememesi veya yapım esnasındaki değişimlerden oluşabilir. Ayrıca, taşıyıcı eleman boyutlarında kabul edilebilir sınırların dışında oluşabilecek değişiklikler ve malzeme veya birleşim araçlarının dayanımındaki farklılıklar da elemanın gerçek dayanımının tasarım değerinden daha küçük olmasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla, yapısal tasarımda hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, aşırı yükleme veya dayanım azalması olasılığına karşı yeterli bir güvenliğin bulunması sağlanmış olmalıdır. Yapısal güvenliğin saptanması konusunda yapılan çalışmalar halen devam etmekte olup, bu çalışmaların amacı, değişik yöntemler yardımıyla, eleman, birleşim veya sistemde oluşan değişik göçme durumlarının değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmakta ve çalışmalarda referans olarak göçme (failure) durumundansa sınır durumlar (limit state) kullanılmaktadır. (Arun, 2001)*

Taşıyıcı elemanlarının birleşme biçimi ve düzenine göre adlandırılan yapısal sistemlerin her biri belirli mimari kısıtlamalar getirmektedir. Ancak, çoğunlukla kısıtlama olarak görülen simetrik ve/veya modüler tasarım; uygun yapısal sistemlerin de seçilmesi ile deprem bölgelerinde bile ulaşılabilecek kat sayısında pratik sınırlamaları olmayan, sağlam ve ekonomik yapılar elde edilmesini sağlamaktadır.

Yalnız hadde profiller veya bunlar ile oluşturulan yapma kesitler kullanılarak yapılan çok katlı çelik çerçeveli binalarda; kullanım amacına ve malzemelere bağlı olarak değişen çeşitli yapısal sistemler uygulanmaktadır.



Şekil 4.2 Yapısal sistemler ve optimum kat sayıları arasındaki grafik.

Mimari tasarımlarda çelik strüktürlü yapıları taşıyıcı sistem açısından

- Asma Sistemli Çelik Yapılar,
- Köprü Sistemli Çelik Yapılar,
- Çerçeve Sistemli Çelik Yapılar,
- Tübüler Sistemli Çelik Yapılar,
- Hibrit (Melez) Sistemli Çelik Yapılar

şeklinde beş grupta sınıflandırmak mümkündür. (Uçar M., 1998)

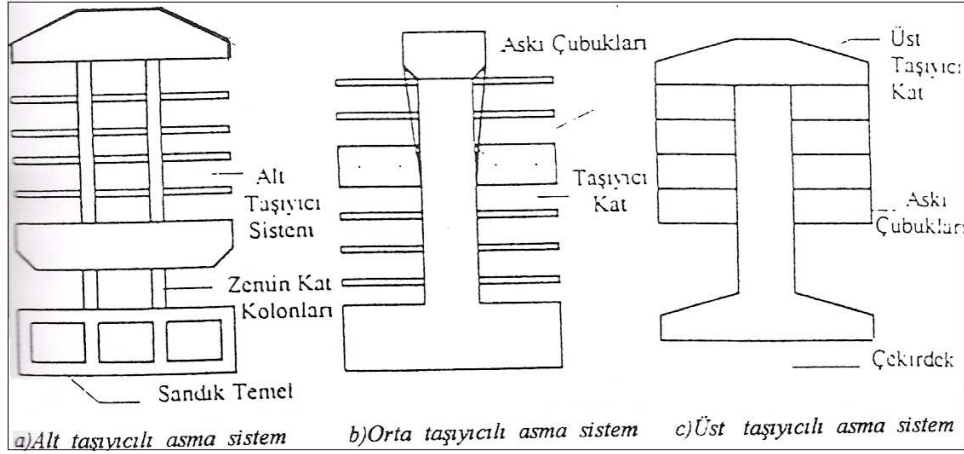
4.1.1 Asma Sistemli Çelik Yapılar

Çok katlı yapılarda pek fazla kullanılmamalarına rağmen en göze çarpan çelik taşıyıcı sistemlerden birisidir. Kullanılan gereç niteliklerinin kazandırdığı strüktürel üstünlükler, asma germe sistemlerin en belirgin özellikleridir. Daha çok prestij yapılarında kendini gösteren çok katlı asma strüktürler, bazı katlarda hiç kolon istenmemesi durumunda alternatif olarak kullanılabilecek çok katlı taşıyıcı sistem biçimidir.

Asma sistemlerde tüm yükler doğrudan doğruya çekme kuvvetleri olarak taşınır. Böylece eğilme ve burkulma için emniyet gerilmelerinde yapılan bir azaltmaya gerek kalmaz. Kuruluşları gereği bu sistemlerde kalıp ve iskele kurulumu yok denecek kadar azdır. Bütün bunlara karşın, hafiflikleri ve eğilme rijitliklerinin çok az olması nedeniyle asimetric kuvvetler karşısında deformasyonları, çelik kabloların korozyondan etkilenmeleri, bazı yardımcı öğelerin yapım zorlukları bu sistemlerin olumsuz yönleri olarak sayılabilir.

Asma sistemlerde, yüklerin zemine iletilmesi bakımından çeşitli olanaklar geliştirilmiştir. Yapım sırasında öncelik, yükleri zemine aktaracak olan bölümün tamamlanmasındadır. Bu bölüm genellikle yapının çekirdeğidir. Çelik asma yapılarda çekirdek, betonarme perde veya çelikten oluşturulabilir. Döşemeler, ana taşıyıcılara, ara taşıyıcı yada yük aktarıcı denilen bileşenler ile asılırlar. Ana taşıyıcılar dışındaki düşey elemanlar, yükleri zemine doğru değil, yukarıya doğru iletirler. Kirişlere gelen yükler ana taşıyıcı kolonlara verilerek zemine aktarılırlar. Ana taşıyıcılar dışındaki kolonların kirişlerle olan bağlantıları mafsallı olarak uygulanır. (Uçar, 1998)

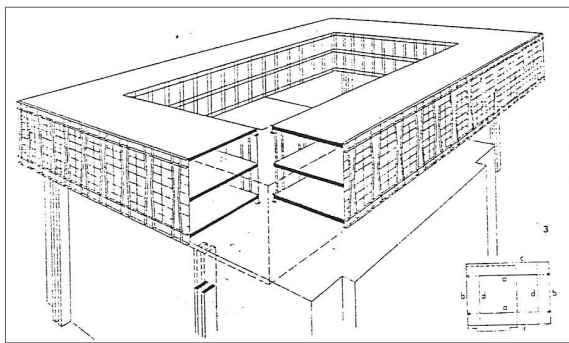
Asma sistemler; alt taşıyıcılı asma sistemler, orta taşıyıcılı asma sistemler, üst taşıyıcılı asma sistemler ve çekirdekten konsol çıkan çerçeve sistemler olarak dört grupta toplanabilir.



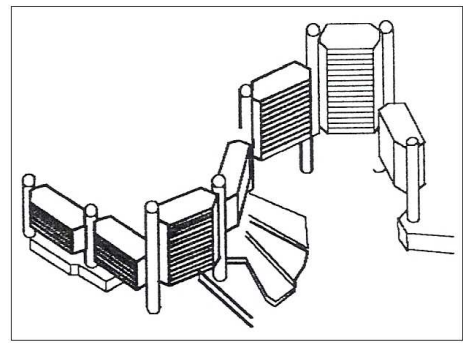
Şekil 4.3 Asma taşıyıcılı sistemler

4.1.2 Köprü Sistemli Çelik Yapılar

Zemin katın büyük bir bölümünün boşaltılmasının, başka bir deyişle kolonsuz geçilmesinin gerektiği bina örnekleri zaman zaman karşılaşılan sorunlardan birisidir. Bu soruna yanıt veren değişik yapı sistemleri kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi olan köprü sistemli yapılarda, yapının kullanım bölümleri, ana taşıyıcılar arasındaki açıklığı bir köprü gibi geçmektedir. Köprü sistemli çelik yapılara; Çekoslovakya Parlamento Binası, Berlin Teknik Üniversitesi ve Minneapolis Federal Reserve Bankası örnek olarak verilebilir.



Şekil 4.4 a) Çekoslovakya Parlamento binası



Şekil 4.4 b) Berlin Teknik Üniversitesi

4.1.3 Çerçeve Sistemli Çelik Yapılar

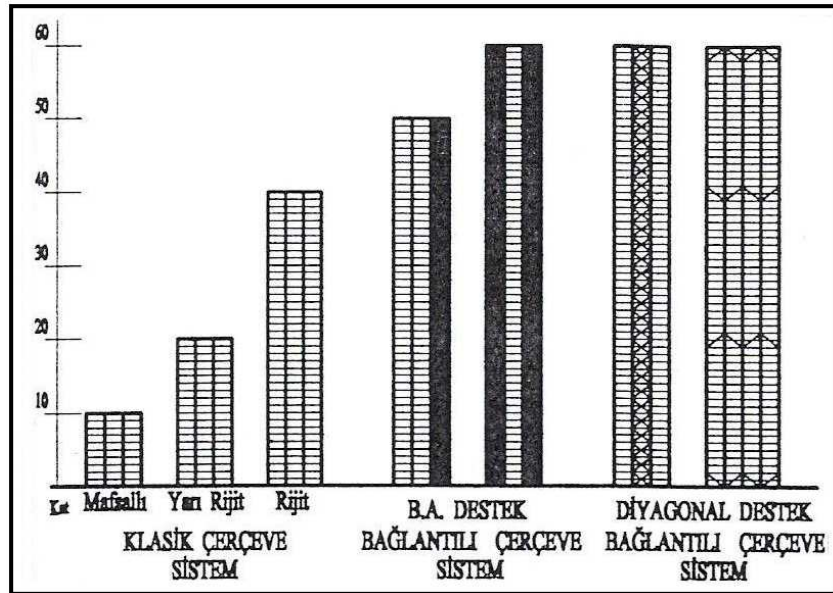
Çelik taşıyıcı sistemli yapıların oluşturulmasında en çok kullanılan biçim “Çerçeve Sistemler”dir. Bu sistemin amacı yapıdaki düşey taşıyıcı elemanların yatay

taşıyıcılar ile çerçeveler oluşturarak, tüm kuvvetlere karşı birlikte çalışmalarını sağlamaktır. Yapıya etkiyen yükler taşıyıcı elemanlar ile yapının çevresine veya belirli noktalara iletilerek oradan da zemine aktarılır.

Çerçeve sistemleri kendisini oluşturan elemanlara bağlı olarak;

- **Klasik Çerçeve Sistem,**
- **Diyagonal Destek Bağlantılı Çerçeve Sistem,**
- **B.A Perde Destek Bağlantılı Çerçeve Sistem,**

Olmak üzere 3 ayrı grupta inceleyebiliriz. Bu uygulama biçimlerinin statik olarak yapıyı etkilemesi oluşturulacak yapının optimum kat sayılarını da etkilemektedir. Uygulama biçimi ve optimum kat sayısı arasındaki bağıntı aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.5 Çelik çerçeve sistemlerin alt grupları ve optimum kat sayıları

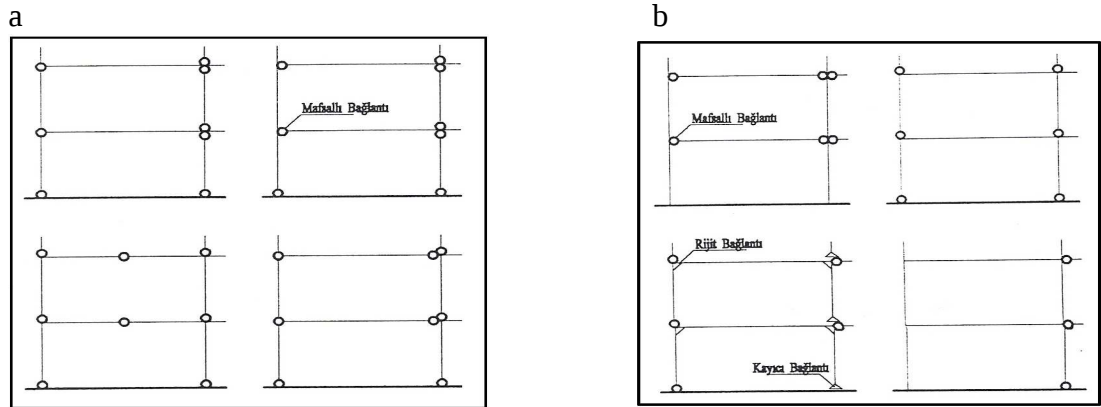
4.1.3.1 Klasik Çerçeve Sistemler

Çerçeve sistemli yapıların, taşıyıcı öğelerinin malzemesi ne tür gereç olursa olsun (çelik, betonarme, ahşap) en çok kullanılan türü klasik çerçeve sistemidir. Klasik çerçeve sistemler, iskelet sistem kapsamındaki yapım biçimleri içerisinde en ilkel yapım yöntemi olup, düşey ve yatay taşıyıcılar hücresel yayılım gösterirler.

Çelik yapılarda katlar oluşturulurken; mafsallı, yarı rijit, rijit bağlantı biçimleri kullanılır.

Mafsallı çerçevelerde, kolonlar ve kirişler birbirlerine mafsallı yada kayıcı olarak bağlanabilirler. Her değişik bağlantı biçimi, ayrı statik hesaplar gerektirir. Düşey yükler (hareketli ve hareketsiz yükler), döşemeler tarafından kirişlere oradan da kolonlara aktarılarak zemine iletilirler.

Yarı rijit çerçeve sistemin bazı bölümlerinde kolon-kiriş bağlantılarının yada kolon-temel bağlantılarının ankastre olarak uygulandığı görülür. Bu bağlantılar sistemin daha stabil (dengeli) olmasını sağlayarak yapı kat sayısının artmasına olanak verir. Yarı rijit çerçeveler, mafsallı çerçevelerde olduğu gibi bağlantı biçimlerinde farklılıklar gösterir. Mafsallı ve yarı rijit çerçevelerin bağlantıları yerinde monte etmeye olanaklıdır. Buna karşılık “rijit çerçeveler” genelde ön yapımla hazırlanıp daha sonra şantiye sahasında montaj işlemleri yapılmaktadır. (Uçar, 1998)



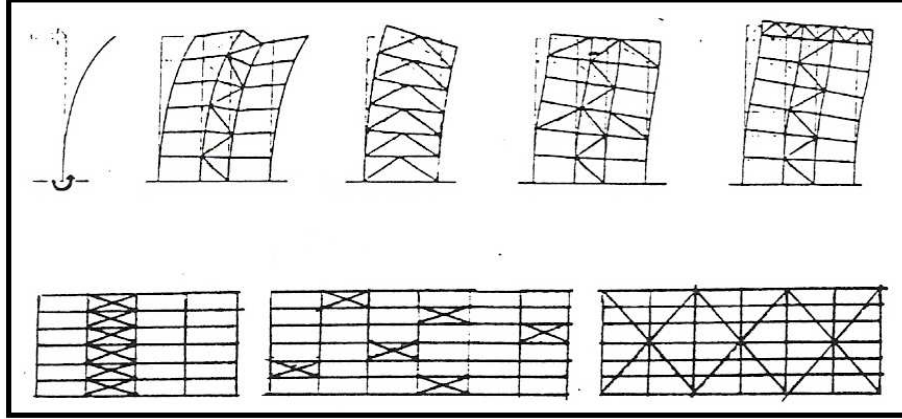
Şekil 4. 6 (a) Mafsallı çerçeve sistemler. (b) Yarı rijit çerçeve sistemler.

Klasik çerçeve sistemin rijit olarak uygulandığı biçimlerde duvarları oluşturan kolonlar ve kirişler birbirlerine ara parçalar ile kaynak yapılarak tam anlamı ile ankastre edilirler. Böylece duvarların bir bütün olarak çalışması ve yapı yüklerinin zemine aktarılması sağlanır.

4.1.3.2 Diyagonal Destek Bağlantılı Çerçeve Sistemler

Klasik çerçeve sisteme bağlanan diyagonal destekler ile yatay ve düşey yüklere karşı yapı direnci artırılabilir. Özellikle yatay yükler karşısında yapı daha rijit olur.

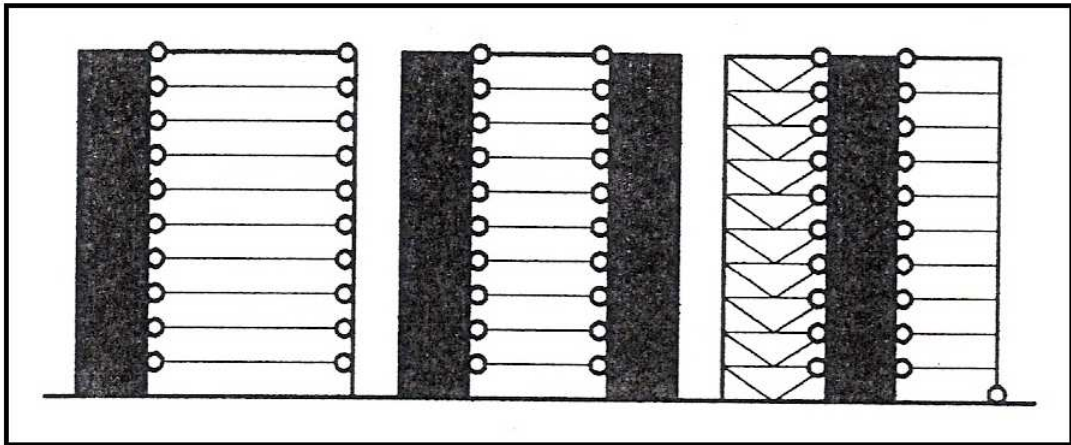
Diyagonal destekler, düşeyde yada her iki düzlem üzerinde de uygulanabilirler. Bu uygulamalarda diyagonal desteklerin yer alış biçimleri yapılacak statik hesaplar sonucunda değişiklik gösterebilir.



Şekil 4.7 Diyagonal destek bağlantılı çerçeve sistemler

4.1.3.3 Betonarme Perde Destek Bağlantılı Çerçeve Sistemler

Çok katlı çelik iskelet yapılar, stabiliteyi artırmak için çerçeveler üzerinde en çok uygulanan yöntem olan düşey diyagonal destekler bazen de yerini tam rijit betonarme perde duvarlara bırakırlar. Betonarme perdeler de yapıyı stabil durumda tutmakla görevlidirler. Bu uygulamalar yapı çevresinde ya da içinde yer alabilir.

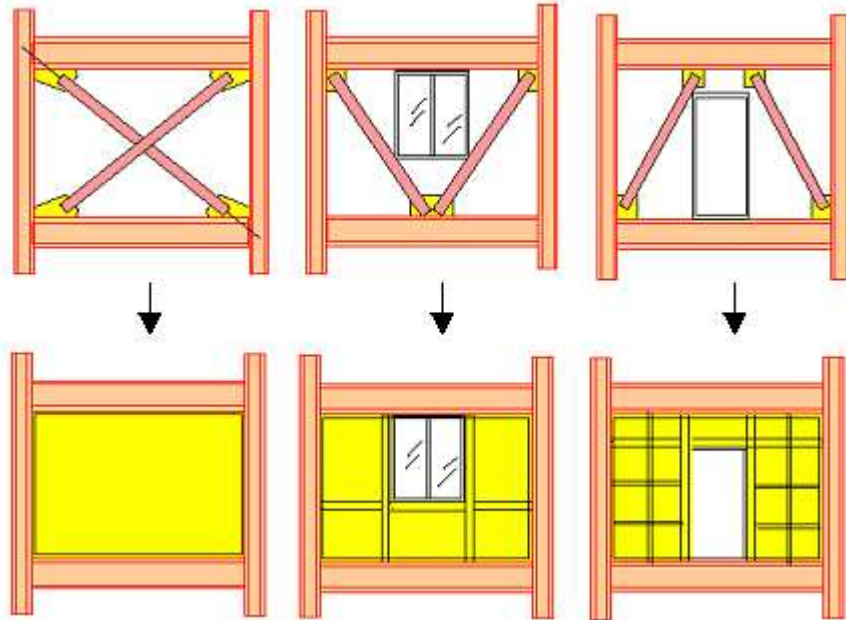


Şekil 4.8 Betonarme perde destek bağlantılı çerçeve sistemler

Yapılarda rüzgar ve depremin sebep olduğu yatay yükleri taşıtmanın çeşitleri yöntemleri vardır. Çelik yapılar için bu yöntemlerden en bilinenleri çelik çaprazlı çerçeveler, kolon-kiriş birleşimlerinin moment aktaracak şekilde tasarlandığı rijit

çerçeveler veya betonarme perdeli çerçevelerdir. Son yıllarda bu bilinen yöntemlere alternatif teşkil edebilecek kadar dikkat çeken bir sistem çelik levha perdeli çerçeve sistemlerdir. Bu sistemde çelik levha perdeler bir kat yüksekliğinde ve bir açıklık genişliğinde imal edilip, bina çerçevesi içerisine düşey olarak yerleştirilmekte ve levhayı çevreleyen kiriş ve kolonlara bağlanmaktadır. Bu yerleşim şekli temel üst kotundan itibaren bina yüksekliği boyunca her katta tekrarlanmaktadır (Kıymaz G., Coşkun E.).

Çelik levha perdeli sistemlerin oluşturulması için çelik levha ile bu levhaların bağlanacağı kolonlar ve kirişlere gereksinim vardır. Levhalar kaynaklı ya da bulonlu birleşimlerle çevre kolon ve kiriş elemanlara her katta tespit edilir. Bu şekilde her katta dört kenarı basit mesnetli çelik levha panellerden oluşan bir sistem oluşturulmuş olur. Şekilde klasik çapraz elemanlı uygulamalar ile levha perde düzleminde açılabilir pencere yada kapı boşlukları oluşturulması açısından klasik çapraz sisteme karşılık gelen çelik levha perde uygulama şekilleri gösterilmiştir. Görüldüğü gibi levha üzerinde kapı/pencere boşluğu açılması söz konusu ise levha üzerine tespit edilen berkitme elemanları ile boşluğun sebep olduğu rijitlik kaybı karşılanmaktadır.



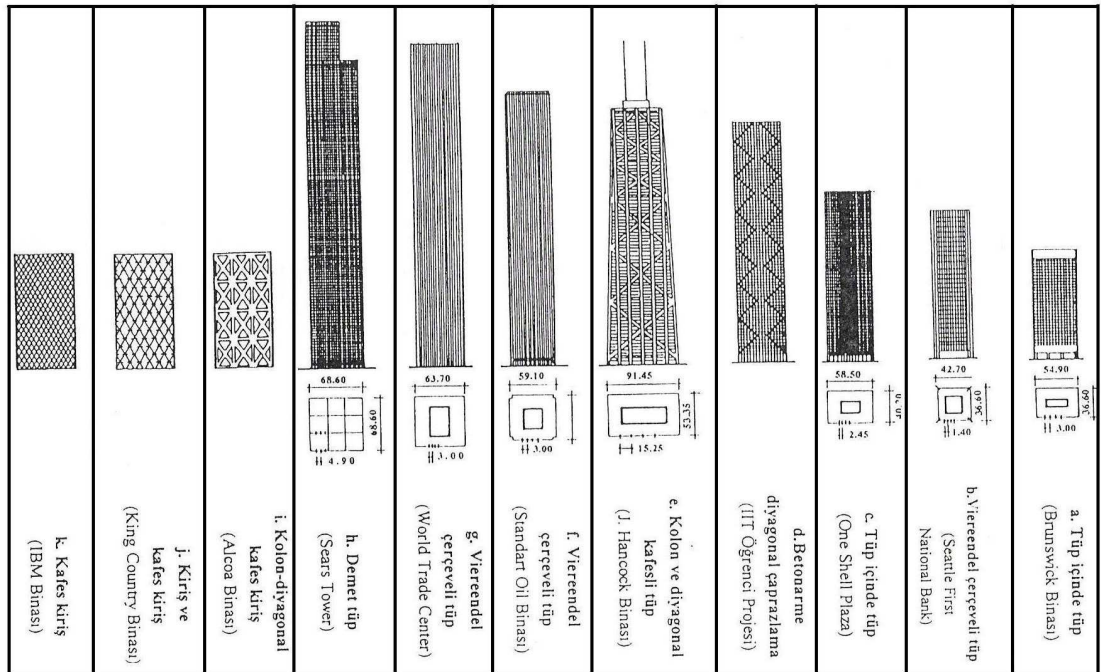
Şekil 4.9 Çapraz Elemanlı Uygulamalar ve Bunların Levha Perdeli Sistem karşılıkları

4.1.4 Tübüler Sistemli Çelik Yapılar

Taşıyıcı sistem tasarımında en son gelişme S.O.M'dan Fazlur Khan'ın ortaya koyduğu tübüler sistem kavramıdır. Tübüler sistemlerde döşemenin her m²'sinde kullanılan yapı malzemesi miktarı yarı boyutundaki geleneksel çerçeve yapılar ile kıyaslanabilir.(Uçar, 1998)

Tübüler tasarımda, cephe elemanının yerden konsol çıkan kapalı boş bir kutu kiriş gibi yatay yüklere karşı koyduğu varsayılır. Dış duvarlar rüzgar yükünün tümünü ya da çoğunu karşıladığı için yapı içindeki diyagonal çaprazlamalara ve kesme duvarlara gerek kalmaz (Özgen, 1989)

Tüp, yapı çevresinde birbirine yüksek alın kirişleri ile bağlanmış sık aralıklı kolonlarla oluşturulur. Bu cephe strüktürü görünüm olarak delikli bir duvar şeklindedir. Cephe duvarının etkinliği, kafes davranışı sağlayacak diyagonal çaprazların ilavesi ile artırılabilir. Tübüler sistemler, 40-50 kat yüksekliğinden fazla binalarda ekonomik olmakta ve kullanılmaktadır.



Şekil 4.10 Tübüler sistemleri gösteren şema

Tübüler sistemli çelik yapılar; çerçevesi tüp sistem, iç içe tüp sistem, demet tüp sistem, diyagonal elemanlı tüp sistem olmak üzere dört şekilde oluşturulabilirler.

4.1.5 Hibrit (Melez) Sistemli Çelik Yapılar

Hibrit (melez) strüktür sistemli çelik yapıları genelde estetik kaygısının ön planda tutulduğu yapılarda görmek mümkündür.

4.2 Çelik Yapı Bileşenleri ve Hadde Mamulleri

Maddeleri tel, çubuk demir ya da profil haline getirmek için kullanılan ve türlü boyut ve biçimde delikleri olan alete “hadde” adı verilmektedir. Maddeler bu deliklerden çekilerek şekillendirilir. Madenlerin haddeden geçirilmesi “sıcak çekme” ve “soğuk çekme” olmak üzere iki şekilde yapılır. (Hasol, 2002)

Sıcak çekme yöntemine maden ısıtıldıktan sonra haddeleme işlemine tabi tutulur. Soğuk çekmede ise çelik, sert çelik kalıpların gittikçe küçülen ardaşık deliklerinden geçirilerek tel yada profil haline getirilir. Bu işlem sonucunda çelik sertlik kazanır, çekme dayanımı yükselir. Özellikle asma köprü gibi yüksek dayanım ve taşıyıcılık gerektiren yapılarda soğuk çekmeye tabi tutulmuş çelik malzemeler kullanılmaktadır. (Ünver, 2003)

Yapılarda kullanılan çelik malzemeler, çeşitli kesit etkilerini ekonomik bir biçimde aktaracak, ayrıca ekonomik kesit oluşturacak standart şekil ve boyutlarda üretilir. Haddeleme işlemi ile şekillendirilen çelik malzemeye hadde ürünleri adı verilir. Haddehaneler başka bir deyişle hadde fabrikaları ise çeliğin merdanelenerek biçimlendirildiği ve çubuk, köşebent, levha, ray gibi son ürünlerin elde edildiği yerlerdir.

Çelik üretiminde kalite ve ölçüler, milletler arası standartlara uygun olarak yapılır. Çelik yapılarda en çok kullanılan malzemeler St 37 ve St 52 çeliklerinden üretilen hadde profilleridir. St 37, ince taneli bir dokuya sahip olup, bütün yüksek yapılarda ve

4.2.1. Profiller

Yapılarda kullanılan biçimlendirilmiş metal çubuklara profil denmektedir. Bir yapıda belli bir profilin kullanılması, o profilin piyasada bulunabilirliğine bağlıdır. Bu yüzden üreticiler ve kullanıcılar arasında, kutu profillerinin boyutları ve geometrik toleransları konusundaki görüş birliği, ulusal ve uluslararası standartlar için temel oluşturmuş, bu da üretim programlarının düzenlenmesini sağlamıştır. (Wardenier,J. ve diğ.,2001)

Hadde çeliğinden yapılan profiller, tek başlarına perçinli, cıvatalı ve kaynaklı bağlantılarla birleştirilerek yapı elemanı olarak kullanılabilir. Boyları 6-12 m arasında değişen profiller başlık ve gövde olmak üzere iki kısımdan oluşur ve kesitlerine göre isim alır. (Uçar,1998)

Çelik malzemeden üretilen “I”, “U”, “T” profilleri sadece yükseklikleri “h” nin belirtilmesi ile tanımlanmış olurlar. Türk standartları (TS), Alman standartları (DIN), İngiliz Standartları (BS) gibi pek çok ülke tarafından ülkelerine uygun, üretimi yapılan çelikler standartlaştırılmıştır. En kesitin bütün bilgilerine “h” yani yüksekliğe bağlı olarak ulaşabilmemiz mümkündür. Çelik normları eklerde verilmiştir. Borular ve yapı profilleri taşıyıcı sistem içerisinde tek başlarına da yer alabilirler.

4.2.1.1 Açık Profiller

Açık profiller olarak adlandırılan I, H, U ve T profiller taşıyıcı sistemin yatay ve düşey bileşenlerini oluşturmada tek yada kompozit olarak kullanılırlar.

Yapısal çelikler içerisinde, bir yapıda düşey taşıyıcı eleman olarak kullanılan kesitler; I, kutu ve U profillerdir. Eksenel olarak, kolon üzerine gelen yükleri en uygun biçimde zemine aktaran profil, paralel flanş yüzeyli geniş I profillerdir. Bunun dışında iki U profilin yan yana getirilmesiyle oluşan kolon tipi de kullanılmaktadır.

Yapılarda kullanılan yatay taşıyıcı elemanlar; I profiller, boşluklu petek kirişler ve makas kirişleridir.

Tablo 4.4 Hadde profillerin şekil ve boyutları

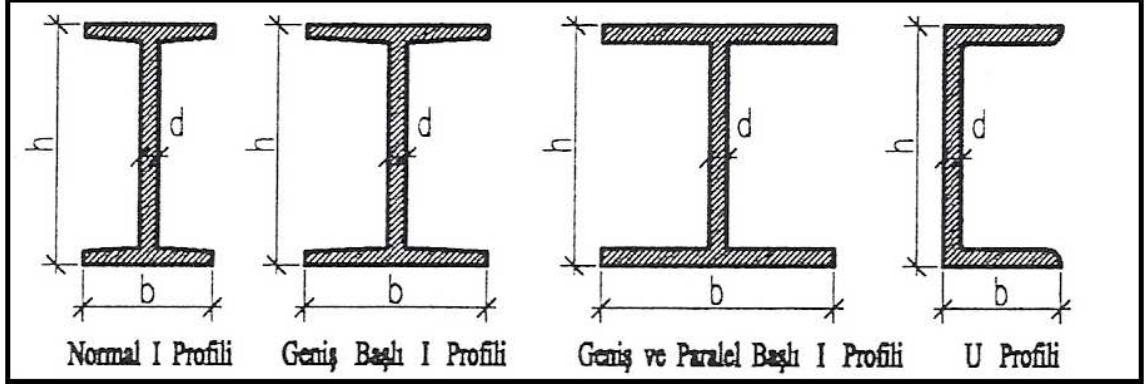
ADI	ŞEKİL	STANDART BOYUTLARI			KARABÜK İMALATI SINIR BOYUTLARI
I PROFİLLERİ		$b=42-215\text{mm}$	$h=80-600\text{mm}$	$t=4-15\text{mm}$	$b=42-149\text{mm}$, $b=80-360\text{mm}$, $t=8-12\text{mm}$
[PB [P [PBI [PBv		$b=100-300\text{mm}$	$h=100-1000\text{mm}$	$t=4-15\text{mm}$	İMALATI YOK
C PROFİLLERİ		$b=15-110\text{mm}$	$h=30-400\text{mm}$	$t=4-15\text{mm}$	$b=42-100\text{mm}$, $b=65-100\text{mm}$, $t=8-12\text{mm}$
L profilleri (köşebenler)	ESİT KENARLI 	$a=20-200\text{mm}$	$t=3-28\text{mm}$	$l=3-15\text{m}$	$a=b=20-150\text{mm}$, $t=3-18\text{mm}$, $l=6.5-10\text{m}$
	GESİT KENARLI 	$a=30-250\text{mm}$	$t=20-90\text{mm}$	$l=3-15\text{m}$	$a=45-100\text{mm}$, $b=30-75\text{mm}$, $t=5-11\text{mm}$, $l=6-10\text{mm}$
T profilleri	YÜKSEK GÖVDELİ 	$h=h/20-140\text{mm}$	$t=3-15\text{mm}$	$l=3-12\text{m}$	$h=b=20-50\text{mm}$, $t=3-6\text{mm}$, $l=7\text{m}$
	GENİŞ AYAKLI 	$b=60-200\text{mm}$	$h=30-100\text{mm}$	$l=3-12\text{m}$	İMALATI YOK

I profiller yani putreller, iki dar başlık ve bir gövdeden oluşan, yükseklikleri (h) 80-600 mm, başlık genişliği (b) 42-215 mm ve gövde kalınlığı (d) 39-216 mm arasında değişen elemanlardır. Başlık uçlarının iç yüzeyleri %14 veya 1/6 eğimlidir.

IP (geniş başlıklı I profiller) iki geniş başlık ve bir gövdeden oluşur. Gövde yüksekliği (h) başlık genişliğine (b) eşittir ve (h)=(b) 100-1000 mm, gövde kalınlığı (d) 7-19 mm arasında değişir. Başlık uçlarının iç yüzeyleri %9 veya 1/20 eğimlidir.

H profillerde gövdenin alt ve üstündeki başlıklar düz, başka bir deyişle başlık uçlarının iç yüzeylerindeki eğim “0” dır. Gövde yükseklikleri 300 mm ye kadar olanların genişlikleri yüksekliklerine eşittir ve (h)=(b) 100-1000 mm, gövde kalınlığı (d) 7-19 mm arasında değişir.

U profiller 30 ile 400 mm. yüksekliğe sahiptir. Bu profillerin başlık genişlikleri 33-110 mm, gövde kalınlıkları 50-140 mm ve başlık eğimi %5 ile %8 arasında değişir.



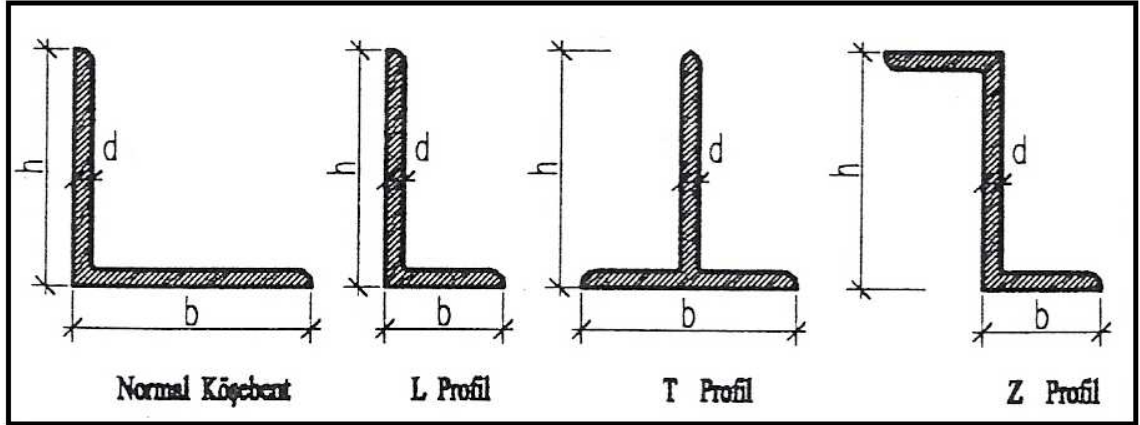
Şekil 4.12 Hadde profillerin şekil ve boyutları 1

Köşebentler Kolları birbirine eşit olan L profillere köşebent adı verilir. Profilin yüksekliği (h) ve genişliği (b) birbirine eşittir. 20x20x3 mm ile 200x200x18 mm arasında değişir.

L profillerin kol uzunlukları iki yönde de değişiklik gösterir. Başka bir deyişle eşit kollu olmayan köşebent veya korniyer profilidir. Kesit boyutları 20x20x3 mm ile 100x200x16 mm arasında değişir.

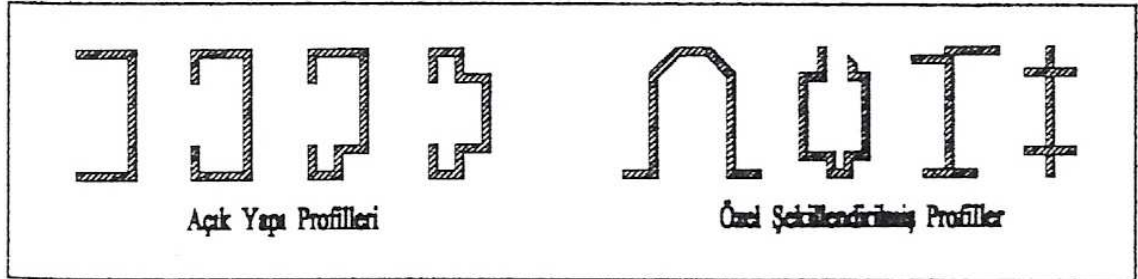
T çelikleri profil kenarlarının oranına göre “Yüksek gövdeli” ve “Geniş ayaklı(tablalı)” olmak üzere iki çeşittir. Yüksek gövdeli denilenler, yüksekliği genişliğine $h=b$ eşit olan profillerdir. Kesitleri 15x15x2 mm ile 160x160x10 mm arasında değişir. Geniş tabanlı olanlar yüksekliği genişliğinin yarısına $h=b/2$ eşit olup profil kesitleri 60x30x5 mm ile 200x100x10 mm arasında değişir. Her ikisinde de başlık ve gövde %2 – %4 eğimli olur.

Z profillerin yükseklikleri 30–200 mm, genişlikleri 30–80 mm ve gövde kalınlıkları 4–10 mm arasında değişir.



Şekil 4.13 Hadde profillerin şekil ve boyutları 2

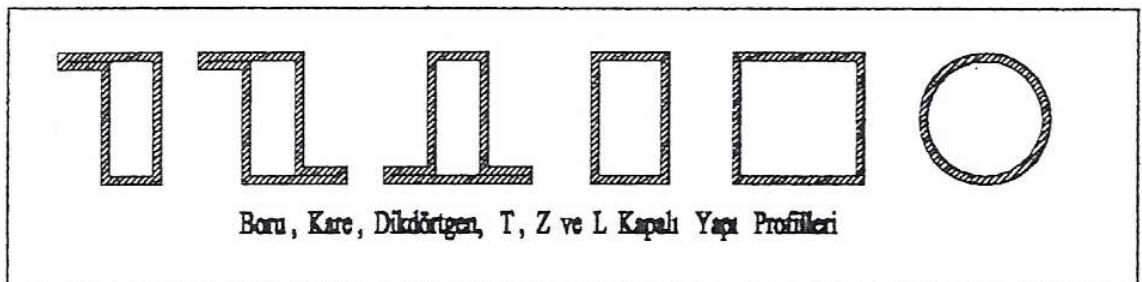
Literatürde yukarıda açıklanan açık hadde profillerin dışında, çelik yapı elemanları için istek üzerine, özel olarak yapılan, yük taşıyıcı olmaktan çok kaplama, doğrama ve çelik konstrüksiyon işlerinde kullanılan, profilin açılım genişliği ölçüsünde Mat ve D.K.P.'den kesilerek üretilen ve bunlara bükme profil adı verilen bir açık profil grubu daha mevcuttur.



Şekil 4.14 Çeşitli geometrilere açık yapı profilleri

4.2.1.2. Kapalı Profiller

Kapalı profiller “kutu profiller” ve “boru profiller” olarak ikiye ayrılırlar.

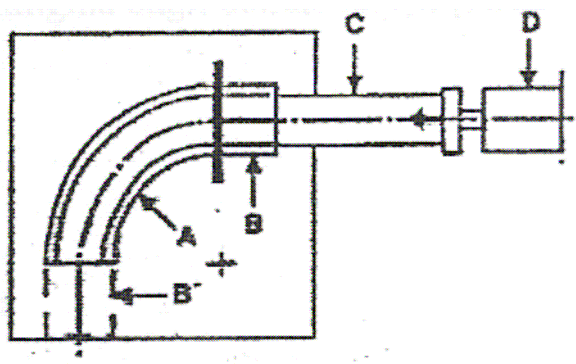


Şekil 4.15 Çeşitli geometrilere kapalı yapı profilleri

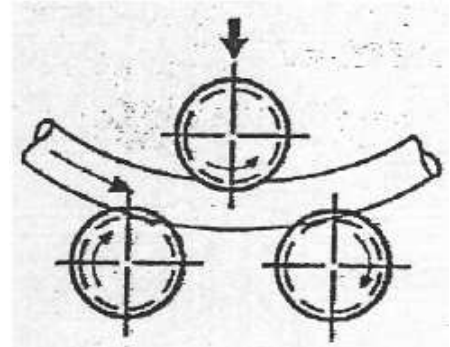
Kutu profil; dikdörtgen kesitli, içi boş çelik profil; dikdörtgen kesitli boru olarak tanımlanır. (Hasol, 2002) Kutu profillerin kenar uzunluk ve et kalınlığı gibi değerleri birbirine çok yakın aralıklarla ve büyük uzunluklarda üretilebilir.

Boru profiller dairesel kesitli çelik elemanlardır. Boru profillerin kullanımı özellikle burkulma yükü altında avantajlıdır.

Kutu ve boru profillerin burkulma atalet momenti açık kesitlilere göre 200 ile 500 kat arası fazladır. Dolayısıyla dayanım/aralık oranı da yükselmektedir. Kapalı profiller açık profillere nazaran daha hafiftirler ve daha az dış yüzey alanına sahip oldukları için yangın ve korozyon gibi zararlı etmenlere karşı koruma malzemesinin az kullanımı nedeniyle ekonomiktirler.



Şekil 4.16 a) Şekillendirme kutusundan geçirerek şekillendirme



Şekil 4.16 b) Mordane yöntemiyle kapalı profillerin şekillendirilmesi

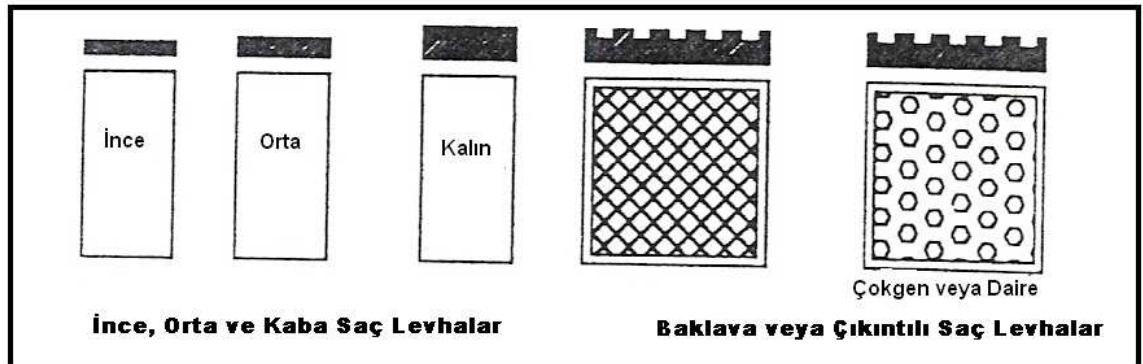
Gerek kutu, gerekse boru profillerin bükülmeleri (kemerleme) hem sıcak, hem de soğuk şekilde yapılabilir. Soğuk bükmenin maliyeti daha düşük olduğu için daha fazla tercih edilir. Genelde atölye ortamında yapılırlar. Ancak bazı durumlarda ve küçük parçalar söz konusu olduğunda şantiyede de gerçekleştirilebilirler. Bükme işlemi sırasında basınç bölgesinde burkulma oluşacağından dolayı buradaki et kalınlığının artırılması gereklidir. Soğuk bükme işlemi için bir takım değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları presleyerek soğuk bükme, şekillendirme kutusundan (former box) geçirme, mordane, açılı kesimli bükmelemdir. (Ünver, 2003)

4.2.2 Dikdörtgen Çelikler (Lama Çelikler)

“Uzun, ensiz, yassı ve dikdörtgen kesitli çeliklere lama adı verilmektedir.” (Hasol, 2002) Lama çelikler dikdörtgen en kesitli çubuklardır. Üç türü vardır. Bunlar; yassı lamalar, geniş lamalar, ince lamalardır. Yassı lamalarda genişlik $b = 8 - 150$ mm. ve kalınlık $t = 3 - 100$ mm.`dir. Geniş lamalarda (üniversal çelikler) ise  $b = 150 - 1250$  mm, kalınlık  $t = 5 - 60$  mm.`dir. Son tür olan ince lamalarda $b = 10 - 500$ mm., $t = 0.75 - 5$ mm.`dir.

4.2.3 Levhalar

“Enine ve boyuna göre kalınlığı çok az olan, genellikle 10mm.’den ince gereçlere levha adı verilmektedir.” (Hasol, 2002) Levhalar belli kalınlıklı dikdörtgen elemanlardır. Kalınlıklarına göre 4 gruba ayrılırlar. Bunlar; düz levhalar, kubbeli levhalar, silindirik levhalar ve oluklu levhalardır.



Şekil 4.17 Sac levha biçimleri

4.2.3.1 Düz Levhalar

En çok kullanılan levha türüdür. Düz levhalar da kendi aralarında üç gruba ayrılır; kaba levhalar, orta levhalar ve ince levhalar. İnce levhalarda kalınlık $t < 2.75$ mm., dikdörtgenin boyutları ise $b = 530 - 120$ mm. arasında değişir. Orta levhalarda kalınlık 3mm ile 4.75 mm arasında değişmektedir. Kaba levhalarda ise kalınlık 5 mm`den büyüktür ve en büyük levha uzunluğu levhanın genişliğine ve kalınlığına bağlı olarak değişir.

4.2.3.2. Kubbeli Levhalar

Kubbeli levhalarda kesit, her iki doğrultudan bakıldığında da kemer şeklindedir. Bu tip levhaların sehimleri genellikle $1/8$ ile $1/15$ arasındadır. Plandaki şekilleri serbesttir. Ayrıca bütün kenarlarının aynı yükseklikte istinat edilmesi gerekir.

4.2.3.3. Silindirik Levhalar

Bu levhaların orta kısımları bir silindir, uçları ise genellikle kubbeli levhalarda olduğu gibi yukarı kıvrılmış olduğundan, bu levhaların da bütün kenarları aynı seviyede istinat eder. Sehim, kubbeli levhalardakinin aynıdır.

Kubbeli ve silindirik levhaların en derin noktalarına, toplanan suların akabilmesi için, bir delik açılır. Levha kalınlıkları 4-10 mm. arasındadır.(Ünver, 2003)

4.2.3.4. Oluklu Levhalar

Oluklu levhaların da çeşitli şekilleri vardır. Bunlar arasında en çok kullanılanlar; yassı oluklu levhalar ve kirişli oluklu levhalardır. Ancak yassı oluklu levhalarla, atalet momentlerinin küçük olmasından dolayı, büyük açıklıkları geçmek uygun değildir. Kirişli oluklu levhalarda bu sorun yoktur.

4.3. Çelik Yapı Bileşenleri Arasındaki Bağlantı Yöntemleri

Çelik yapı bileşenleri uygun bir şekilde kullanılarak mimaride farklı form ve biçimler oluşturulmuş ve yapı teknolojisinde gerektiğinde bu konstrüksiyonların sökülüp yeniden oluşturulmasına da imkan veren çözümlere kadar gidilmiştir. Çelik yapıda tasarım; konstrüksiyon yöntemiyle beraber düşünülmesi gereken bir konudur. Konstrüksiyonun kurulması ise malzemeye biçim verebilme yöntemlerinin kavranmasıyla sağlanır. (Gencer, 2003)

Bir çelik yapıyı oluşturan iskelet çeşitli çelik yapı elemanlarının birbirine eklenmesiyle oluşur. Bu ekleme işleminde kullanılan elemanlara “birleşim

elemanları” denir. Çelik yapılarda kullanılan birleşim elemanlarının ana görevleri birleştirildikleri parçalardaki kuvvet ve gerilmeleri birbirlerine aktararak parçaların ortak çalışmalarını sağlamaktır. Yani; yapıyı oluşturacak çelik parçalarını, statik ve mukavemet bakımından beraber çalışan yapı kısımları halinde birleştiren parçalardır.

Çelik yapı elemanlarını birleştirme nedenleri arasında; boy uzatabilmek, birleşik kesit yapabilmek, kafes gövdeli sistemlerde düğüm noktalarını teşkil edebilmek ve her türlü mesnet teşkilini sağlayabilmek sayılabilir.

Çelik yapı bileşenlerini arasındaki bağlantıda kullanılan yöntemler “birleştirici elemana göre birleşim türleri” ve “elemanların birleşim şekline göre birleşim türleri” olarak iki ana başlık altında incelenebilir.

4.3.1 Birleştirici Elemana Göre Birleşim Türleri

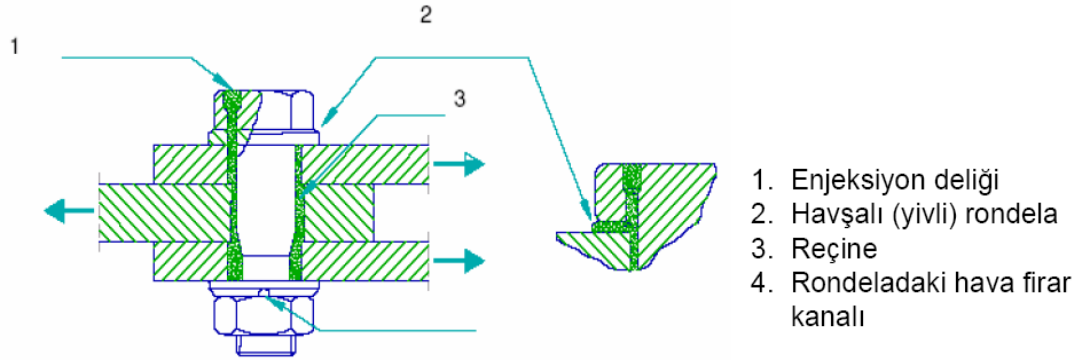
4.3.1.1 Çözülebilir Birleşimler

Çözülebilir birleşimler denilince akla bulonlu birleşimler gelmelidir. Çünkü bulonlar, çözülebilir birleşimler için kullanılan tek birleşim elemanıdır. Çözülebilir birleşimlerle oluşturulan yapı yöntemlerinde yapı bileşeni çeşitli elemanlardan oluşur ve en basit birleşim sağlanır.

4.3.1.1.1 Bulonlu Birleşimler. Bulonlu birleşimler; hazır elemanlar kullanılarak ve özel malzeme gerektirmeden, çevre şartları açısından zorluk çıkartmadan yapılabilir ve ihtiyaç halinde de kolayca sökülebilir olması gibi özellikleri sayesinde yapısal değişikliklere ve yapı bileşenlerinin tekrar kullanımına, geri dönüşümüne izin veren ideal bir birleştirme yöntemidir.

Bulonlar; delik çevresinde ezilme, gövdede ise makaslama gerilmelerine maruz kalacak şekilde tasarlanmış ve bu gerilmelere göre hesaplanan birleştirme elemanlarıdır. Silindirik gövdesinin uç kısmında spiral dış açılmış kısmı, alt köşeli başlığı bulunan bir birleşim aracıdır. Deliğine konduktan sonra dış açılmış ucuna,

altına pul (rondela) konmak suretiyle somun takılır. Bulon başı bir anahtarla tutulup, diğer bir anahtarla somun saat hareketi yönünde döndürülerek sıkılır. Böylece kolay bir işçilikle bulonlar yerlerine kolayca takılmış olur. Bu kolaylık nedeniyle, şantiyede yapılan montaj işlemlerinin bulonlu birleşim olması tercih edilir. Pahalı olduğundan dolayı atölye birleşimlerinde bulon kullanılmaz. (Deren,1995)



Şekil 4.18 Bulon sistemi

Bulonların kullanımı; birleştirilecek elemanların toplam kalınlıkları, perçin yapımına uygun olmayacak kadar fazla olması durumunda veya şantiyede perçin veya kaynak yapmanın ekonomik olmaktan çıktığı, ortamın kaliteli ve güvenilir kaynak yapmaya elverişli olmadığı hallerde idealdir.

Bulonlar aksel çekme ve kesme kuvvetlerine karşı dayanım gösteren bağlantı elemanlarıdır. Bulonlu birleşimlerin ekonomik ve rasyonel olabilmesi için vida, civata ve rondelalar farklı normlarda üretilmiştir. Çelik yapılarda; altı köşeli vidaların kaba amaçlı olarak, gömme başlı bulonların ise yüzey içine daha çok gömülebildikleri için ince işlerde daha yaygın kullanımına rastlanmaktadır. Bulonları ayırt etmede başlık tipi, bulon dişi çeşidi, gövde çapı ve malzeme dayanımı kullanılabilir. Farklı bulon ve civatalar için kullanılabilecek somun ve rondelalar standartlara bağlı olarak belirlenir.

Bulonlar “kaba (siyah) bulonlar”, “uygun (parlak) bulonlar” ve “yüksek mukavemetli bulonlar” olmak üzere üç çeşittir.

Kaba bulonların çap toleransı fazla ve yüzeyleri pürüzlüdür. Yani kaba bulonlarda, dişlerin bulunduğu kısmın dışında kalan kısımları işlenmemiştir. Kaba bulon kullanılan yüksek binalarda 20 – 30 mm.lik çaplar için 0.3 mm. tolerans kabul edilir. Bulonlu birleşim kullanılan yapılarda genel olarak kaba bulonlar kullanılır. Bu tip birleşim kullanılan yapıların dezavantajı oluşturulan sistemlerin genel deformasyonlarının fazla olmasıdır. Bu yüzden çelik taşıyıcı sistemle inşa edilmiş çok katlı yapılarda, ankastre kiriş birleşimleri ve kolon ekleri gibi yerlerde kullanılmaması önerilir.

Uygun (parlak) bulonların üretiminde Ç.38 veya Ç.52 çeliklerinden faydalanılır. Bu tip bulonlar, üretildikten sonra yüzeylerinin pürüzsüz hale getirilmesi amacıyla tornadan geçirilir. Bu nedenle çap toleransları azdır. Bu tolerans da yerine rahat konabilmeleri amacıyla bırakılır. Fakat genel olarak delik çapı ile bulonun gövde çapı eşit kabul edilebilir. Daire kesitlidir. Kaba bulonlardan farkı; diş açılmış kısmın dışında kalan gövde kısmının deliğe tam uyacak şekilde, tornalanmak suretiyle düzgün olarak işlenmiş olmasıdır. (Deren,1995)

Yüksek mukavemetli bulonlar “ilk gerilmeli bulonlar” veya “HV bulonları” olarak da adlandırılırlar ve mukavemeti Ç.52’den daha yüksek olan çeliklerden üretilir. İşçilik açısından diğer bulon tipleriyle aynı olmasına rağmen bu tip bulonları sıkamak için uzun kollu özel anahtarlara ihtiyaç vardır. Yüksek mukavemetli bulonlarda kuvvet aktarımı bulon eksenine dik doğrultuda, bir elemandan diğer elemanlara temas yüzeylerinden sürtünme kuvveti yoluyla olur.

Son yıllarda bilinen üç bulonlama tipinden farklı olarak “kör bulonlama” tekniği ortaya çıkmıştır. Standart bulonlama tiplerinde bağlantının iki yüzü de kullanılırken, kör bulonlamada bağlantı yalnızca bir taraftan yapılır. Bu sayede kutu profiller için de açık kesitli profillerde olduğu gibi bağlantı detayları elde edilebilir.

Bulonlu (cıvatalı) birleşimlerde bir diğer önemli hususta bulon boyudur. Bulonun cıvataadan sonra dışarıda kalan kısmı ve diş boyu konusunda; “Birleştirilecek parçaların kalınlıkları”, “Somunların yüksekliği”, “Kullanılacak rondelaların

kalınlığı”, “Somundan sonra dışarıda kalacak bulon ucu mesafesi” göz önünde bulundurulması gereken önemli kriterlerdir.(T.Y.Ç.D Yapı Çeliği İşleri Teknik Şartnamesi, 2007)

4.3.1.2 Çözölemeyen Birleşimler

Çözölemeyen birleşimler üçe ayrılır. Bunlar; perçinli birleşimler, kaynaklı birleşimler ve tutkallı birleşimlerdir.

4.3.1.2.1 Perçinli Birleşimler. Perçin; “iki veya daha çok maden levhayı birbirine bağlamak için kullanılan bir çeşit sabit bağlayıcı”dır. (Hasol, 2002) Perçinler, bir baş ve silindirik gövdeden oluşan çelik birleştirme elemanlarıdır ve yapımında yumuşak çelik, bakır ve alaşımları veya alüminyum ve alaşımları kullanılır. Perçin çeliği ana malzemeye göre daha yumuşak kalitede seçilmelidir. Perçinin baş şeklinde olan ucu dışındaki silindirik uç yapım parçasını bağlarken dövölerek şişirilir. Hazır başa oturtma baş adı verilirken çakıldıktan sonra meydana gelen başa şişirilmiş baş adı verilir.

Uygulamada presleme işleminin çok zor ve zaman alıcı olmasından dolayı klasik perçinler günümüzde koruma ve onarım gerektiren yapılar haricinde çelik yapılarda çok seyrek olarak kullanılırlar. (Gencer, 2003)

Perçinler sıcak veya soğuk olarak deliğe sokulup dövölmesine göre sıcak veya soğuk perçin olarak adlandırılırlar. Sıcak perçinde, perçin kızıl dereceye kadar ısıtılarak, önceden açılan yuvaya aksenel olarak yerleştirildikten sonra el veya havalı perçin tabancası ile vurulur, bu darbe etkisiyle “kapak başı” adı verilen diğer başın simetriğinde ikinci bir baş oluşur. Perçin gövde çapı, darbenin de etkisiyle büyüyerek perçin deliğinin şeklini alır ve soğumasının da yardımıyla istenen elemanlar birleştirilmiş olur. Soğuk perçinde, ısıtma işlemi uygulanmaz. Ancak bu yöntem çapı 6 mm’den fazla olan perçin gereken durumlarda elverişli değildir.

Perçinler tek, çift yada çok tesirli olarak çalışabilirler. Bu tesirlerin bilinebilmesi için kuvvetlerin sisteme nasıl etkiğinin bilinmesi gerekir. Yapı bir yük altında olduğu zaman, metal levhaların kenarları, tıpkı bir makasın kesici ağızları gibi perçini keser. Perçinlerin arasındaki uzaklık ve perçin sıralarının sayısı gibi özellikler, uygulanan kuvvete göre mühendislerce belirlenir. Perçinler arasındaki uzaklığa “adım”, yan yana iki perçin sırası arasındaki uzaklığa da “diyagonal adım” adı verilir. Perçinin baştan en uzak bölümü “kuyruk”tur. Çekiçle dövülen ya da kalıpla biçim verilen yer burasıdır. (Ünver, 2003)

4.3.1.2.2 Kaynaklı Birleşimler. Kaynak; “iki maden veya plastik parçasının birbirleriyle kaynaşıp yapıştıkları yer veya onları kaynaştırıp yapıştırma işi”dir. (Hasol, 2002) Bir başka tanım ise; “maden veya plastik iki parçayı elektrik arkı, elektrik direnci yada bir alevden yararlanarak ergitme, basınç yada hem ergitme hem de basınçla birleştirme”dir. (Shedd,1934)

Kaynak metodları; eritme kaynak ve basınç kaynağı olmak üzere iki çeşittir. Eritme kaynaklar kendi içerisinde gaz kaynağı ve elektrik kaynağı olmak üzere ikiye ayrılır. Basınç kaynakları ise altı çeşittir. Bunlar; ateş kaynağı, direnç kaynağı, sugazı kaynağı, nokta kaynağı, küt kaynak ve kordon kaynağıdır. (Türkmen, 1964)

Kaynaklar genellikle, birleştirilen parçaların bağlantı bölgesinde erimeleriyle sağlanır. Kaynaklamada metaller ya ergime derecesine kadar ısıtılıp sıvı kıvama getirilir yada kızıl dereceye kadar ısıtılıp plastik kıvama getirilir. Bu şekilde, yani herhangi bir dolgu metali kullanılmadan yapılan, kendinden erimeli kaynaklara “otojen” kaynak denir. Bazı kaynak yöntemlerinde ise dolgu metali kullanılır yani aynı veya benzer alaşımlı; kaynak teli, kaynak elektrodu gibi ilave bir metal kullanılır.

Eritme kaynaklar içerisinde de en yaygın olarak kullanılanı elektrik arkı kaynağıdır. Kaynak elektrodu kaynak makinesinin (-) kutbuna, kaynaklanacak parçalarda (+) kutbuna bağlıdır. Elektrodun ucunun kaynaklanacak bölgeye yaklaştırılmasıyla, elektrodun ucu ve parçalar arasında elektrik arkı meydana gelir.

Bu tip kaynaklarda güçlü bir elektrik akımı ve kısa bir boşluk varsa yaklaşık 3500 C sıcaklığında bir elektrik arki oluşur ve bu yüksek ısı etkisiyle parçaların kenarları ve elektrodun ucu ergime durumuna gelir ve eriyen metal kaynak yapılan noktaya dolar. Günümüzde, çelik taşıyıcı sistemli yapıların çoğunda kaynaklı birleşimler kullanılır bu yüzden kaynakların kalite kontrolü özenle yapılmalı kaynak dikişi genellikle ana malzemenin özelliklerini sağlamalıdır. Kaynak dikişi, kaynak kordonu diye de adlandırılan parçaların birleşimini sağlayan kısımdır. Kaynak işlemi -18 C dereceden düşük hava sıcaklıklarında ve kaynak yüzeyleri ıslakken yapılmamalıdır.

Kaynak ağızları düzgün olmalı, yüzeyde çatlak ve gözenekler olmamalı, pas ve yağ gibi maddeler bulunmamalıdır.

4.3.1.2.3 Tutkallı Birleşimler. Tutkallı birleşimlerin yani yapıştırma yöntemlerinin, çelik malzemeler ve metaller için özellikle de taşıyıcı sistem içerisinde kullanımı yenidir. Bu teknik daha çok uçak sanayiinde ve sanatsal ürünlerde daha sıklıkla kullanılır. Çünkü daha düzgün bir dış yüzey elde edilir. Ayrıca farklı çaplarda ve boyutlardaki malzemelerin yapıştırılması sayesinde kompleks bir çok form da üretilebilir. (Öğüt, 2006)

Perçinli ve cıvatalı bağlantılarda olduğu gibi deliklere ihtiyaç duyulmamasından dolayı, yapıştırıcı kullanımında etkili malzeme kesitini zayıflatıcı unsurlar ortadan kaldırılmış olur. Yapıştırma işlemi nispeten daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için, kaynaklı birleşimlerde sıklıkla görülen ani ısı değişimleri sonucu oluşan çarpılmalar ve mikro yapısal değişimler önlenir. Özellikle yüksek mukavemetli malzemelerin en ince boyutluları kullanılarak oluşturulan yapılarda bile tam mukavemetleri kullanılabilir. Yorulma çatlakları çok yavaş ilerler ve bunun sonucunda da yorulma ömrü uzar. (Ünver, 2003)

Tutkallı birleşimlerin avantajlarının yanı sıra yapıştırıcıların yaşlanması ve süreklilik özelliğinin azalması gibi dezavantajları da söz konusudur. Ayrıca yapıştırma bağlantıların tamir yada başka amaçla sökülmesi mümkün değildir. Tutkallı birleştirme yöntemi yüksek sıcaklıklarda kullanılmaz ve soğuk, kimyasal

etmenler, radyasyon gibi çeşitli fiziksel etkenler de yapıştırma bağlantısının bozulma ihtimalini arttırmırlar.

4.3.2 Elemanların Birleşim Şekillerine Göre Birleşim Türleri

Çelik taşıyıcı sistem kullanılarak inşa edilen yapılarda tasarımı uygulama hızını ve maliyetini birleşim elemanları kadar bu öğelerin birleştirme şekilleri de etkilemektedir. Çelik taşıyıcı sistemlerde taşıyıcı elemanların birleşim şekline göre birleşim türleri “doğrudan birleşimler” ve “dolaylı birleşimler” olarak ikiye ayrılır.

4.3.2.1 Doğrudan Birleşimler

Temel olarak düşünüldüğünde, elemanların birbirlerine doğrudan bağlandıkları birleşimlere “doğrudan birleşimler” adı verilir. (Wardenier, J. ve diğ., 2001)

Doğrudan birleşimlerin ağız ağıza birleşimler, dirsekli birleşimler gibi çeşitleri vardır. Bu tip birleşimlerde yapısal bütünlük daha yüksektir, çünkü; yük transferi bir taşıyıcı profilden diğerine bir defada gerçekleşir. Ayrıca doğrudan birleşim kullanılarak imalat giderleri de düşürülebilir.

Ağız ağıza birleşimler; genellikle aynı doğrultuda devam eden taşıyıcı sistemleri birleştirmek amacıyla küt kaynak kullanılarak yapılan birleşimlerdir. İlk aşamada birleştirilecek elemanların birleşim yüzeyleri birbirine temas ettirilir, ancak kalın kesitli profile sahip elemanlar kullanılacaksa öncesinde elemanların uçlarında kaynak ağzı için pahlama gerekir. Eğer birleştirilecek elemanların kalınlıkları birbirinden farklı ise kalınlık farkına göre farklı yöntemler uygulanır. Kaynak işlemi sırasında herhangi bir tutucu levha veya korniyer gibi bir eleman kullanılmaz.

Dirsekli birleşimler; birleştirilecek olan çelik taşıyıcı sistem elemanları aynı doğrultuda yer almıyorlarsa, açılı konumlanacaklarsa kullanılan yöntemdir. “Boruların doğrultu değiştirmesi gereken yerlerde kullanılan L şeklinde ek parçasına,

yada eleman bünyesinde doğrultunun değiştiği bölgeye dirsek adı verilir.” (Hasol, 2002)

Dirsekli birleşimler, “basit dirsekli birleşimler” ve “enleme levhalı dirsek birleşimler” olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. İki özdeş elemanın birleşiminde kullanılan basit dirsekli birleşimleri, yalnız küçük yükler altında kullanılmakla beraber, uygulaması pratik ve ekonomik bir seçenektir. Enleme levhalı dirsek birleşimler ise, değişik ebatlarda iki elemanın birleşiminde yada birleşim noktasının mukavemetinin artırılması istenen durumlarda kullanılır. Bu şekilde teşkil edilen birleşimlerde aşırı deformasyon sadece ince kesitli profillerde görülür. Detayda kullanılacak enleme levhasının kalınlığı, minimum 10 mm. olmalı ve birleştirilecek çelik taşıyıcı elemanların kesit kalınlığının 1.5 katından az olmamalıdır. (Ünver, 2003)

4.3.2.2 Dolaylı Birleşimler

Dolaylı birleşimler; çelik taşıyıcı sistem elemanlarının birbirlerine bayrak levhası ile yani üçgen şeklindeki köşe ekleme parçaları ile veya alın levhası ile bağlandığı birleşimlerdir.

Dolaylı birleşimlerde montaj kaynak veya bulon kullanılarak yapılır. Yüklerin taşıyıcı elemanlar arasında iletimi iki adımda gerçekleşir. Yükler önce bir taşıyıcı elemandan bağ levhasına, sonra bağ levhasından diğer taşıyıcı elemana iletilir.

BÖLÜM BEŞ

ÇELİK YAPILARDA YAPI ELEMAN VE BİLEŞENLERİNİN VE ARALARINDAKİ BAĞLANTILARIN İNCELENMESİ

Çelik Yapılarda Yapı Elman ve Bileşenleri

Çelik üretiminin geçirdiği evrimin ve hızlı gelişmenin, fabrikasyon üretimin yaygın hale gelmesinin ve değişik çözümlerin geliştirilmesinin doğal bir sonucu olarak; çelik malzeme yapılarda çok geniş bir kullanım alanı edinmiştir. Bu kullanım genellikle taşıyıcılık gerektiren ihtiyaçların karşılanmasına yöneliktir.

Çelik taşıyıcı sistemli yapılarda yük taşıyan elemanların en önemlileri temeller, kolonlar, düz ve kafes kirişlerdir. Çelik yapılarda kolon ve kirişlerin dışında döşeme, duvar merdiven ve çatı konstrüksiyonları da çelik malzeme kullanılarak oluşturulabileceği gibi farklı malzemeli olarak üretimleri de söz konusudur.

Taşıyıcı sistemi hangi malzeme olursa olsun tüm yapılar; temel, kolon, kiriş, döşeme, duvar, merdiven (tek katlı yapılar dışında) ve çatı gibi yapı elemanlarından oluşmaktadır.

Çelik iskeletli yapılarda esas taşıyıcı sistem olan karkas, çelik kolon ve kirişlerden meydana gelir. Bir sırada bulunan kolonlar, yapının her katında aynı doğrultudaki kirişlerle birbirine bağlanarak kaba inşaat iskeletini meydana getirir [Uçar, 1998]. Taşıyıcı sistemi oluşturan yapı elemanlarının (kolon ve kirişler) gerek kendi aralarındaki, gerekse de diğer taşıyıcı/taşıyıcı olmayan yapı elemanları arasındaki birleşimleri çelik yapılardaki en önemli hususların başında gelmektedir.

Çelik yapı elemanları olarak nitelendirilen kolon, kiriş ve döşeme elemanları ile bu elemanların gerekli şartlar dahilinde oluşturmalarına yardımcı olmaları amacıyla kullanılan bileşenler (bulon, kaynak, perçin veya ek levhaları, lamalar, tırnaklar vs.), son derece geniş bir perspektifte incelenmesi gerekecek şekillerde ve değişik

amaçlarla birleştirilebilmektedir. Bu özellikler, çelik yapıların avantajlarının açıklandığı bölümde de anlatılan çelik malzeme kullanımının mimarlara ve inşaat mühendislerine sağlamış olduğu tasarım alternatiflerinin niceliği hakkında da geniş çaplı bir fikir vermektedir.

Çelik yapı elemanlarının birleştirme teknikleri, aynı tür elemanların (kolon-kolon birleşimleri) birleştirilmesinde kullanılabileceği gibi, farklı türlerdeki çelik yapı elemanlarının birleştirilmesinde kullanılabilir. Örneğin kolon-kolon birleşimlerinin oluşturulmasındaki amaç, şantiyeye bitmiş halde ve belirli boylarda getirilen çelik kolonların, özellikle yüksek yapılarda üst üste yerleştirilerek taşıyıcı sistemi kurmaktır. Kiriş-kiriş birleşimlerindeki amaç ise kolon-kolon birleşimlerinden farklı olarak, kolonlar arasındaki açıklıkları mümkün olduğunca azaltarak, döşeme sisteminin güvenli olarak hazırlanmasını, uygulanmasını ve kullanımını sağlamaktır.

5.1 Temeller ve Çelik Yapılarda Uygulanan Temel Türleri

Bir yapının, sağlam zemine oturtulan ve yapıdan gelen yükleri zemine aktaran bölümü [Hasol, 2002] olarak tanımlanan temeller taş, tuğla, beton, ahşap, çelik ya da demir olabilmekte iken; çelik yapılarda genellikle beton veya betonarme olarak inşa edilirler. Betonarme temeller genelde yüzeysel temeller ve derin temeller olmak üzere iki türdür.

Yüzeysel temeller tekil (münferit) temel, sürekli (mütemadi) temel ve radye temel gibi yerinde yapım temeller olabilecekleri gibi yine tekil temel sınıfına ait hazır yapım soket temeller gibi türlere sahiptir. Derin temellerin en yaygın türleri ise kazık temel ve keson (kuyu) temellerdir.

Çelik yapılarda, çeliğin temelde kullanımını gerektiren durumlarda yer altı suyundan ve nemden etkilenmeyecek özel çelik profil ve borular kullanılır. Çelik temel çeşitleri münferit, ızgara kirişler ve derin kazık temeller şeklinde olabilir. Çelik yapılarda yerinde yapım betonarme ve prefabrik betonarme soket temellerin kullanımları oldukça yaygındır.

Çelik taşıyıcı sistemli yapılarda, yüklerin temel pabucuna aktarımı, genelde çelik kolonların temelle birleşen alt kısımlarına kaynaklı veya cıvatalı olarak eklenen bir parçanın temele bulonlanmasıyla oluşur. Yüklerin zemine iletilmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise; çelik kolonun temelde özel bırakılan özel yuvaya yerleştirilmesi ve ankastre bırakılan çelik levhalara kaynaklanmasıdır [Uçar, 1998]. Çelik yapı elemanlarının temellerle birleşimleri **Bölüm 5.2.1.2**'de daha kapsamlı olarak incelenecektir.

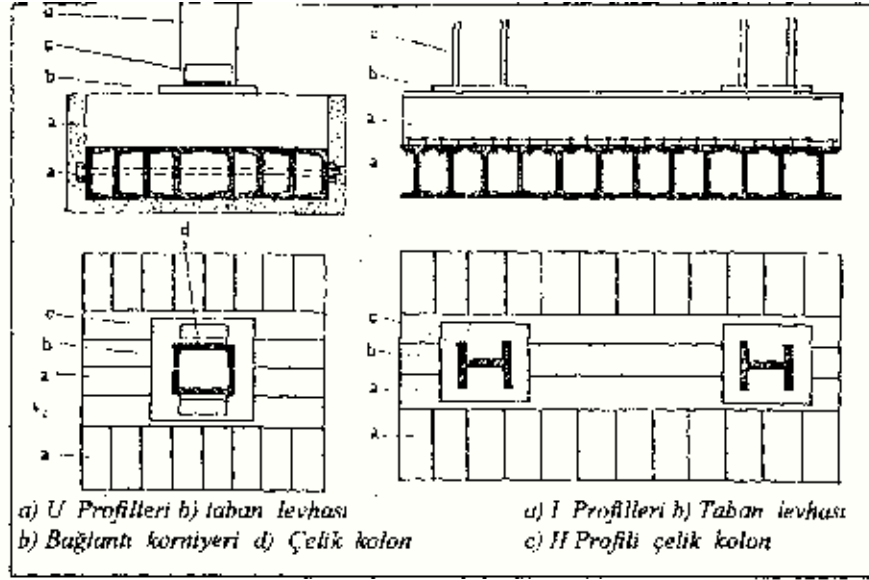
5.1.1 Münferit (Tekil) Temeller

Çelik yapılarda yük taşıyan kolonların altında genellikle münferit temeller yapılmaktadır. Bu temeller betonarme olarak şantiyede inşa edilebileceği gibi önceden hazırlanmış betonarme yuvalı temeller de yaygın olarak kullanılır. “Soket temel (betonarme yuvalı temel) şekli en basit olanlarıdır ve çelik kolonun yükünü nakledeceği temel yuvası, kolon kesitinden 10-20 cm daha geniş olacak biçimde hazırlanır. Çelik kolon yuvaya oturtulduktan sonra yanlarda kalan boşluk beton ile doldurulur.” [Uçar, 1998]

5.1.2 Izgara Temeller

Kolonun altına iki veya daha fazla sayıda I veya H profil yan yana getirilerek ızgara şeklinde çelik temel yapılır. Izgara profilleri beton dökülüp gerekli izolasyonları yapılmış düz zemin üzerine oturtulur.

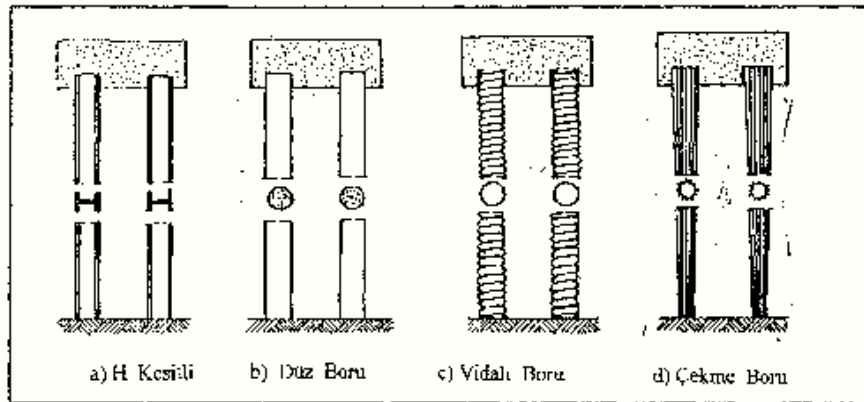
Çelik kolon yanlarına konulan levha ve L profillerle ızgaraya bağlanır. Izgara temelin geniş bir yüzeye oturtulması gerektiğinde U veya I profiller yan yana getirildikten sonra cıvata veya kaynakla birleştirilerek ızgara yapılır. Bu ızgaralar üzerine dik doğrultuda konulan çelik profiller üzerine çelik kolon oturtularak bağlanır. Çelik profillerin su ve rutubetten korunması için etrafına koruyucu beton dökülür.



Şekil 5.1 Izgara temel şekilleri.

5.1.3 Kazık Temeller

Temele gelen yükleri derinde bulunan ve taşıma güçleri üst katmanlara göre daha fazla olan tabakalara nakletmek üzere yapılan derin temel şeklidir. Kazık temeller betonarme kazıklarla oluşturulabileceği gibi çelik malzeme kullanılarak ta uygulanabilir. Çelik kullanılarak yapılan kazık temellerde yer altı su ve rutubetinden korunması için bakırlı çelikten genellikle H profili veya boru şeklinde imal edilen özel malzemeler kullanılır.



Şekil 5.2 Çelik kazık temel şekilleri.

Boru şeklinde olanlar silindir veya konik şekilli, düz, çekme veya vidalı olarak yapılır. Boruların kolaylıkla çıkarılması için alt uçlarına ve üst başlarına özel olarak hazırlanmış konik başlıklar takılır. Borular çıkarıldıktan sonra içleri beton ile doldurulur. Kazık temellerin üzerine çelikten veya betonarmeden temel ızgarası yapılır.[Uçar, 1998]

5.2 Çelik Yapılarda İskelet Sistem Elemanları ve Birleşim Detayları

İskelet sistemler tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de oldukça yoğun kullanılan, yapının tüm yüklerinin kolon, kiriş, çerçeve gibi yapı bileşenleri ile temel sistemine iletildiği yapı sistemidir. Kolon ve kiriş, iskelet sisteminin iki rijit ve doğrusal elemanıdır. Kiriş ve kolonların birlikte çalışacak şekilde mafsallı ya da ankastre birleştirilmesiyle çerçeve oluşturulmaktadır. İskelet sistemlerin temel özelliği taşımadır ve çatı sistemi, döşeme, duvar gibi mekan oluşturan elemanların taşınmasına olanak sağlamaktadır.

5.2.1 Kolonlar ve Kolon türleri

Kolonlar, yapı bünyesinde oluşan düşey yükleri yapının temeline aktarmak amacıyla inşa edilen düşey taşıyıcı elemanlardır. Harris’in [2000] tanımına göre; yapılardaki dikme, ayak veya payanda gibi ince, narin, görece uzun, genellikle düşey konumlanan, kendi bünyesinde veya civarında olan yüklere kendi düşey aksında tepki veren strüktürel basınç elemanlarına kolon adı verilmektedir. Genelde eksenel basınca (bazen de eksantrik basınca) ve çoğu durumda eğilmeye çalışacak şekilde tasarlanırlar.

Bir çelik yapıda kolonlar üst üste gelmeli, etkiyen tüm yatay ve düşey yükleri üzerine oturduğu diğer yapı elemanlarına aktarabilmeli ve konstrüksiyon yüksekliği ile açıklığı arasında dengeli bir bağlantı olmalıdır. Çok katlı yapılardaki kolonlarda “burkulma boyu” olarak, kat yüksekliği kabul edilmektedir.

Bir çelik yapıda kolon en kesitleri tek ya da çok parçalı olarak kolonun çerçeve kirişleri ve bağ kirişleri ile birleşimleri dikkate alınarak düzenlenir. Çok katlı çelik

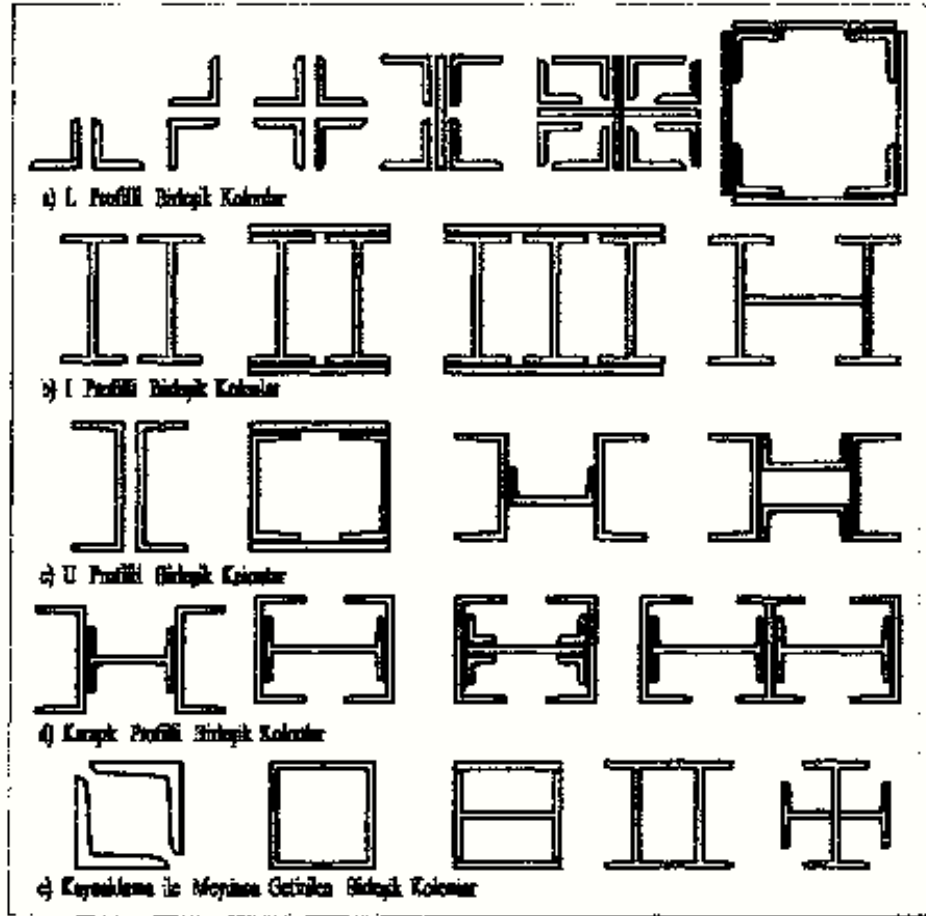
yapı kolonları olarak her iki eksen etrafında aynı narinlikli en kesitler tercih edilir. Tek parçalı kolon en kesiti olarak genellikle geniş başlıklı I profilleri, boru ya da kutu kesitli tübüler profiller kullanılır. Geniş başlıklı I profilleri tek parça hadde mamulü profil olarak her iki eksen etrafındaki atalet yarıçapları en yakın olan profillerdir. Daire kesitli tübüler kolonlar atalet yarıçapları her yönde aynı olduğu için y eksen etrafında zayıf olan geniş başlıklı I kesitlerden daha üstündür. Fakat üretim maliyeti yüksektir ve birleşim yüzeyinin eğrisel olması nedeniyle diğer yapı elemanlarıyla birleşim detayları sorun yaratır. Oysa aynı boyuttaki bir kutu profilin hem en kesiti daha fazladır hem de atalet yarıçapı daha büyük olduğu için daha büyük basınç kuvvetleri taşıyabilir. Ayrıca düzgün yüzeyli oldukları için diğer yapı elemanları ile birleşimi daha kolaydır.

Çelik yapılarda, tek parçalı kolonların yeterli oldukları durumlarda, kolon kesitleri tek bir I profiliyle teşkil edilirler. Yapıya etkiyen yükler arttıkça IP profillerin veya mevcut diğer profillerin gerekli taşıyıcılık koşullarını sağlayamaması durumunda, gereken en kesitler, çeşitli şekillerde oluşturulabilir.

Bunlardan birincisi, hadde profillerinden biraz daha büyük bir kolon en kesiti gerektiğinde öncelikle profil başlıkları bir levha ya da profil kaynaklanarak takviye ile kesit büyütülmesi yoluna gidilmesidir. Farklı profillerin, önceki konularda bahsedildiği şekillerde kaynaklanmaları ile çok parçalı kolon olarak adlandırılan kolonlar elde edilerek I profillerin uçlarına saç kaynaklaması ile olabileceği gibi değişik profillerin şekildeki gibi düzenlenmesiyle çeşitli formlarda boru profilleri de hazırlanabilir. İki parçalı kolonlarda genellikle I ve U profiller kullanılarak][, [], II gibi birleşimler elde edilmeye çalışılır.

Düşey yükler fazla ve hadde mamulü profillerin taşıma sınırlarını geçiyorsa, kolon başlıklarında düzenlenen levha ya da profillerin şişip açılma riski vardır. Bu durumda kolon en kesitinin levhaların ya da profillerin birleştirilmesi ile oluşturulan bir yapma en kesit şeklinde düzenlenmesi daha uygun olur. Bu şekilde levhaların kesilip sürekli kaynaklanması ile bir I kesit, 2 köşebent, 2 U profil ya da 4 levhanın kaynaklanması ile bir kutu kesit ya da kolon atalet momentini tek ya da iki

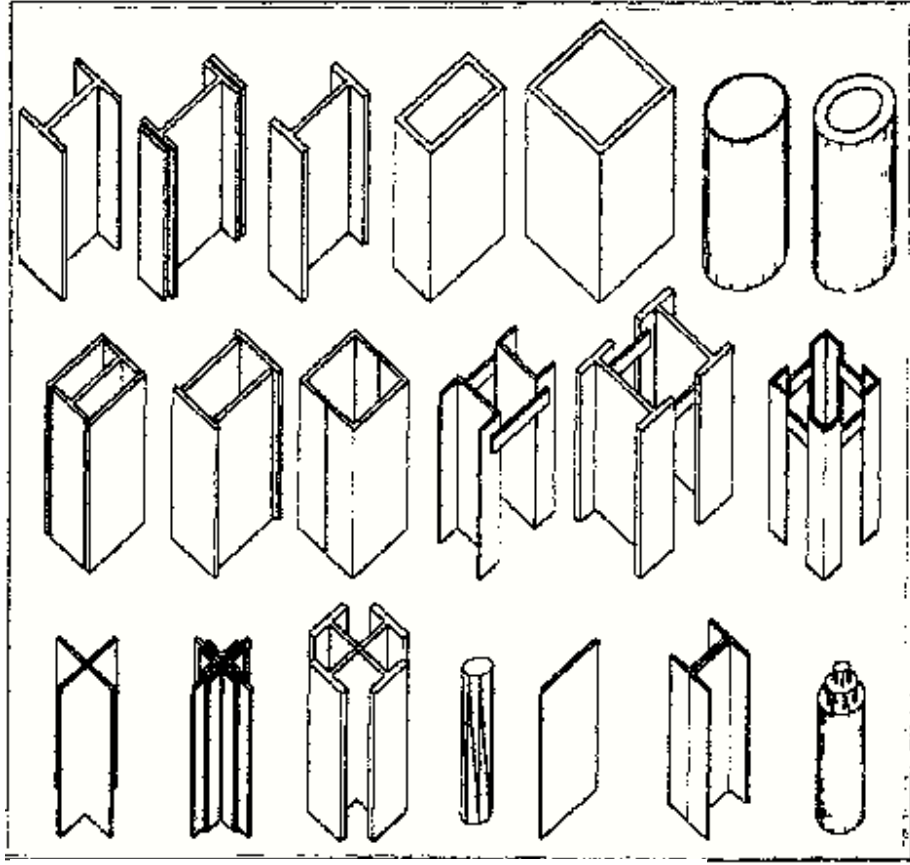
doğrultuda artıracak şekilde çeşitli düzenlerle oluşturulabilir. Kutu kesitli olarak imal edilen kolonların iç yüzeylerinin bakımı sonradan yapılamayacağı için birleşim kenarları içeriye hava ve rutubet geçirmeyecek şekilde sürekli kaynaklanır. Bu durumda dikkat edilmesi gereken nokta, ayırık kolonların basınç ve eğilmeye çalışması sırasında deformasyonları önlemek amacıyla iki parça arasına bağlantı elemanları yerleştirilmesidir.



Şekil 5.3 Çeşitli eklemelerle elde edilen çelik kolonlar.

İkinci bir durum ise kolonların birbirinden ayırık durumdaki profillerden oluşması durumudur. Kolona etkiyen basınç kuvveti arttıkça kolonun atalet yarıçapını ekonomik sınırlarda artırmak için kolon ayırık düzenlenen profillerle de oluşturulabilir. Genellikle I ya da U profillerle çok parçalı olarak oluşturulabilen bu birleşik en kesitlerde profiller birbirlerine bağ levhaları ya da kafes örgü ile birleştirilerek beraber çalıştırılır. Bu bağlantılar sürekli değil yer yer yapıldığı için az bir maliyetle kolonun tasıma gücü artırılmış olur. Kolunun yer yer düzenlenen enine

levhalarla oluşturulmasına çerçevesi kolonlar, çaprazlamalar ya da enine levhalar ve çaprazlamalarla oluşturulmasına "kafes örgülü kolonlar " denir.

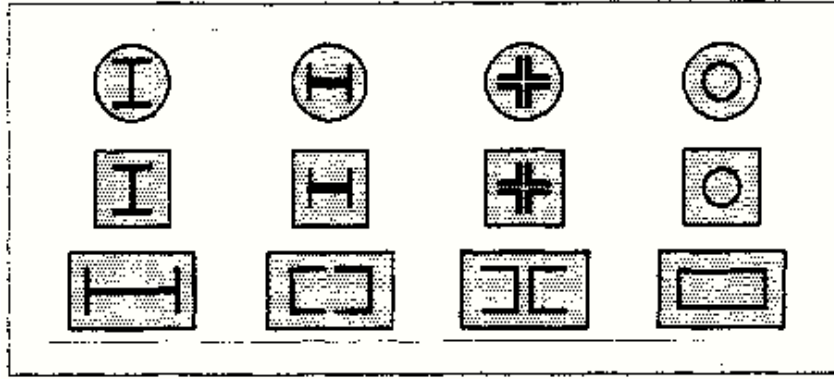


Şekil 5.4 Çeşitli şekillerdeki çelik kolonlar.

Kolonların oluşturulması konusundaki problemler sadece en kesitin tek profil kullanımına uygun olmadığı durumlarda profil oluşturmak ile sınırlı değildir. Çelik yapılarda kolonların temelle olan bağlantıları, ve özellikle yüksek yapılarda kolonların 8–10 metrede bir üst üste eklenme gerekliliği diğer önemli sorunlardır. [Ünver, 2003]

Kutu ve boru profiller kendi başlarına kolon olarak kullanılabilecekleri gibi, son yıllarda bu profillerin içlerine beton doldurularak elde edilen kompozit kolonlar, çeliğin ve betonun avantajlarını birleştiren yeni bir gelişmedir. Profillerin içinin betonla doldurulması, profilin sadece yük taşıma kapasitesini artırmakla kalmayıp, yangına karşı dayanıklılığı artırdığı için de dikkate alınmaktadır. Bu sayede ince kolonların, dış boyutlarının ayrıca büyütülmesine gerek kalmadan taşıma kapasitesi artırılabilirken, estetik görünimleri de korunmuş olur.

Bu uygulamaya türünün bir diğer avantajı ise; betonun taşıma gücünün aşıldığı durumlarda bile, beton çelik profil ile sarıldığı ve tutulduğu için beton bünyesinde çatlama olmaz.



Şekil 5.5 Beton doldurulmuş çelik kolon kesitleri.

Kolon açıklıkları ve gerek iç gerekse dış kolonların konumu maliyeti etkileyen faktörlerdir. İç ve dış kolonlar genel olarak doğrusal bir çizgi üzerinde olmalı ve temele en kısa şekilde yük aktarmalıdır.

<u>Kolon konumu</u>	<u>yararları</u>	<u>zararları</u>
<i>Dışta-</i>	-Bina cephesinin biçimsel olarak son derece baskın elemanı -Bazı yangın güvenlik önlemlerinden vazgeçilebilir -Cephe ve taşıyıcı sistemin ayrımı -Kolonlar iç mekanı rahatsız etmemekte	- iç ve dış konstrüksiyon arasında farklı sıcaklıklara bağlı deformasyonlar - ısı köprüleri - cephe kesitinde özel yalıtım önlemleri
<i>içte-</i>	- ortak sıcaklık düzeyi - ısı köprüsü olmaması - cephe ve taşıyıcı sistemin ayrımı - korozyon etkisi yok	- kolonlar iç mekandan almakta - genellikle pasif yangın koruma önlemleri F90a kadar gerekmekte - bölme duvar uygulamasında sınırlamalar
<i>entegre-</i>	- kolonlar iç mekanı daraltmıyor - daha az yangın güvenlik önlemi, çünkü sadece iç flanşı korumak gerek - mekan kullanımının en efektif çözümü	- kolonların birbirinden farklı sıcaklık etkilenmeleri (iç-dış) kolonların eğilme zorlanmalarına yol açıyor - cephe bağlantı yerlerinde yalıtım problemleri - pahalı yalıtım çözümleri

Şekil 5.6 Planlamada farklı kolon düzenlemelerinin getireceği fayda ve zararlar.

İşlevsel ve konstrüktif olarak dış kolonların yapı kabuğuna göre yerleştirilişi oldukça önemlidir. Burada üç seçenek söz konusudur. Dış kolonlar, yapı kabuğunun içinde veya dışında durabilir veya doğrudan yapı kabuğuna entegre olabilir. Hangi seçeneğin tercih edileceği estetik kaygılarla belirlenmektedir. Planlamada farklı

kolon düzenlemelerinin getireceği fayda ve zararlar göz önünde bulundurularak kolon konumları belirlenmelidir.

Yüksek yapılarda göz önüne alınması gereken önemli noktalardan biri de düşey tesisat kanallarının katlara dağıtılmasıdır. Bu gereksinme genellikle düşey şaftlarla karşılanırsa da birçok durumda kolonların oluşturduğu alanın içindeki boşluklarda kullanılabilir. Ancak kolon kesitlerinin binanın üst katlarına doğru azalması, bazı sıkıntı ve problemlere neden olabilmektedir.

5.2.1.1 Kolonlarda Uygulanan Yalıtım Önlemleri

Çelik yapı elemanlarının, özellikle yangın ve korozyona karşı dayanımlarının artırılması gerekliliği vardır. Düşey taşıyıcı elemanlar olan çelik kolonlarda, yapıyı taşıyıcılık olarak etkileyen faktörlere karşı alınması gereken yalıtım önlemlerini “Kolonların Yangına Karşı Yalıtımı (Korunması)” ve “Kolonların Korozyona Karşı Yalıtımı (Korunması)” olarak iki kısımda incelemek yerinde olacaktır.

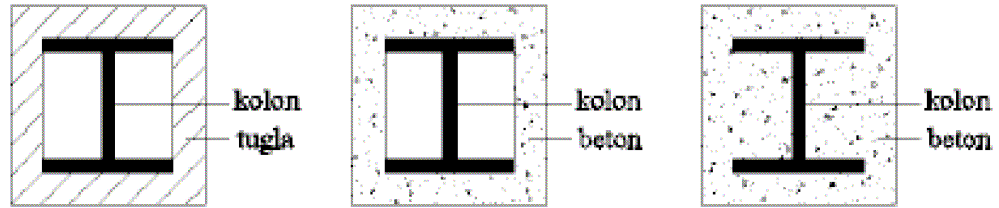
Kolonların Yangına Karşı Korunması: Çelik malzemenin yaklaşık 500 °C’den itibaren taşıyıcılığını yitirmesi nedeniyle, yapının kullanım amacı, önemi, kullanıcı sayısı v.b değişkenlere göre yangına önlem almak zorunludur. Öncelikle yapının yangın sınıfı; yapının yüksekliği, yangın sırasında içinde bulunabilecek kişilerin sayısı, yapının kullanım amacı gibi kriterler göz önünde tutularak belirlenmelidir. Yangın sınıfının belirlenmesinin ardından taşıyıcı sisteme ne gibi bir koruma sistemi uygulanacağına karar verilmelidir.

Çelik kolonların yangından korunması için yapılan yalıtım genelde; kütsel, çevreyi sarma, kutuya alma (çerçeveleme) ve çelik bileşenlerin su dolaşımıyla soğutulması, şeklinde yapılmaktadır. Bununla birlikte, Eurocode’lar tarafından en etkin yangından koruma önleminin erken uyarı sistemleri, etkin itfaiye birlikleri ve otomatik söndürücüler olduğu ve bu durumun sağlanması halinde, yalıtımın büyük ölçüde azaltılması gerektiği de vurgulanmaktadır. [Demirel F ve Özkan E, 2003]

Çelik kolonlarda ve diğer taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılabilecek başlıca yangın koruma yöntemleri şunlardır;

- Yangına dayanıklı boya
- Tabanca ile püskürtülerek uygulanan koruyucu malzeme
- Taşıyıcı sistem elemanlarının dış yüzeylerinin sıva ile kaplanması
- Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı alçıpan ile kaplanması
- Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı izolasyon plakları ile kaplanması
- Çelik yapı elemanlarının beton içine alınması veya kutu ve boru enkesitli profil elemanlar söz konusu ise içlerinin beton ile doldurulması ile de yangına karşı dayanım artırılabilir. Bu gibi kompozit çözümlerde profiller, özellikle belli oranda donatı çeliğine sahip olduklarında dışarıdan başka bir koruma önlemi olmaksızın 90 dakikadan fazla yangın dayanım süresine ulaşabilirler.

[Wardenier, J ve diğ., 2001]



Şekil 5.7 Kolonların beton ve kagir malzemeye yangına karşı korunması.

Kompozit kolonların üretimi mevcut koşullara bağlı olarak atölyede veya şantiyede gerçekleştirilebilir. Beton doldurulması işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken birkaç önemli husus vardır. Örneğin; yangın sırasında, beton bünyesinde bulunan suyun dehidrasyonu ve buharlaşması ile oluşacak buhar basıncı nedeniyle kolonun patlamasını engellemek amacıyla, içi beton ile doldurulacak kutu veya boru profilli kolonlarda küçük delikler açılmalıdır. Bu deliklerin çapının 20 mm.'den az olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir [Ünver, 2003]. Çok katlı yapıların kolonları söz konusu olduğu zaman; her katta iki delik olması, kat yüksekliklerinin 5 m yi aşması durumunda ise kolon ortasına üçüncü bir delik açılması yeterlidir.

Kolonların içinin doldurulmasından önce profillerin beton ile temas edeceği yüzey her türlü kirden, yağdan ve sudan arındırılmış olmalıdır. Ayrıca, çok katlı yapılardaki

beton doldurulmuş kolonların yük aktarımının alın ve taban levhaları aracılığıyla yapılması zorunludur.

Beton dolum işlemi; yerçekimi ile dolum ve pompalama olmak üzere belli başlı iki değişik şekilde yapılabilmektedir.

Kolonların Korozyona Karşı Korunması: Korozyon, içinde bulunulan ortamın etkisiyle ve mekanik olmayan bir süreçle, başlangıçtaki metal niteliğinin yok olmasına kadar varabilen parçalanma ya da bozulma etkilerinin tümüne verilen addır. Her yıl çelik üretiminin dörtte birini yok etmektedir. Kentlerin havası, sülfürik asit ya da nitrik asit taşıyan yağmur suları, deniz suyu korozyonun başlıca etkenleridir. Metallerin korozyon mekanizmaları çok karmaşıktır ve hala birçok araştırmanın konusunu oluşturmaktadır.

Çelik de diğer metallerde olduğu gibi, atmosferde korumasız bırakılırsa oksitlenir ve korozyonun devam etmesine izin verilirse malzemenin yapısal direnci bozularak tekrar demire dönüşür. Korozyon, malzemenin nem ve hava ile ilişkisini kesecek şekilde uygulanmalıdır. Kaplamalar PVC, PVF, boya ve plastik esaslı olursa "organik kaplamalar", galvanizleme (çinko ile kaplama) şeklinde olursa "inorganik (metal) kaplamalar" olarak adlandırılır. Boya uygulamalarında çelik malzeme yüzeyinin boyama işlemine uygunluğu, boyanın amaca uygunluğu ve boya kalınlığının yeterli olup olmaması özellikle dikkat edilmesi gereken unsurlardır.

Sıcak galvanizleme, yüzeyi kimyasal yolla hazırlanmış çeliği, 440~460°C arasında erimiş çinkoya daldırarak kaplama işlemidir. Çelik, çinkoyle yüzeysel bir yayılım tepkimesine girerek demir-çinko alaşımı katmanları oluşturur. Sıcak galvanizleme, bitmiş parçalara, montaja hazır yapı öğelerine ve dönüşüm sanayilerinde kullanılan yarı işlenmiş ürünlerde (teller, borular, saçlar vs.) kullanılır.

Galvanizleme, çeliği fiziksel ve elektro-kimyasal olmak üzere iki şekilde korur. Fiziksel korumada çeliği bulunduğu ortamdan yalıtır; elektro-kimyasal korumada ise

kaplamanın yer yer çatlaması ve çeliğin açığa çıkması halinde bir demir-çinko pilinin anodunu oluşturur.

Galvanizle kaplanmış çelik elemanların kullanılacağı yerlerde çelik taşıyıcı sistem elemanları, şantiyede tamamen bulonlu birleşimler kullanılarak birleştirilmelidir. Özellikle kaynak kullanımı mutlaka engellenmelidir. Çünkü kaynak yapılan yerlerde çinko kaplamanın özelliği bozulur ve malzeme korozyona karşı savunmasız kalmış olur [Deren, 1995].

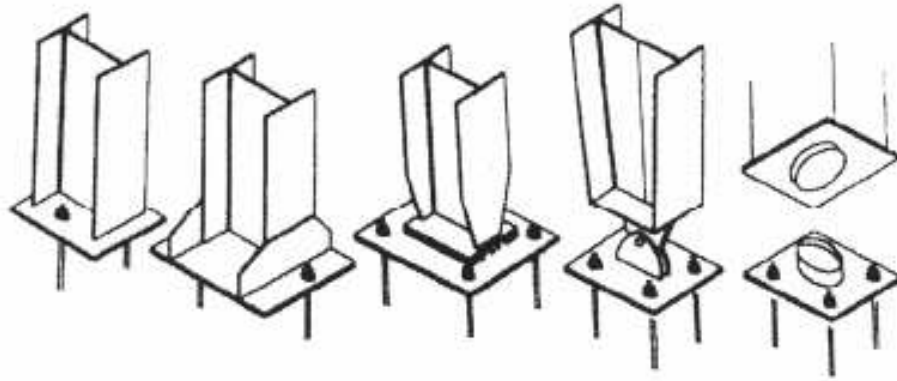
5.2.1.2 Temellerin Kolonlara Bağlanması

Kolon ayakları, kolondan gelen yükleri beton veya betonarme temele aktarır. Bu yükler, sadece düşey kuvvet veya düşey kuvvetle birlikte yatay kuvvet ve moment olabilir. Moment de aktaran ayaklara "ankastre ayak", diğerlerine "basit ayak" veya "mafsallı ayak" denir [Deren, 1995]. Mafsallı birleşim, eksenel basıncın yüksek olmadığı ve orta sertlikteki zeminlerde uygulanır. Bunlara basit kolon ayakları da denmektedir. Mafsallı birleşim yüzeysel, çizgisel ve noktasal olmak üzere üç şekilde yapılabilir.

Yüzeysel mafsallı, kolonun dönme eksenini etrafında temele iki bulonla sabitlenmesi şeklinde yapılır.

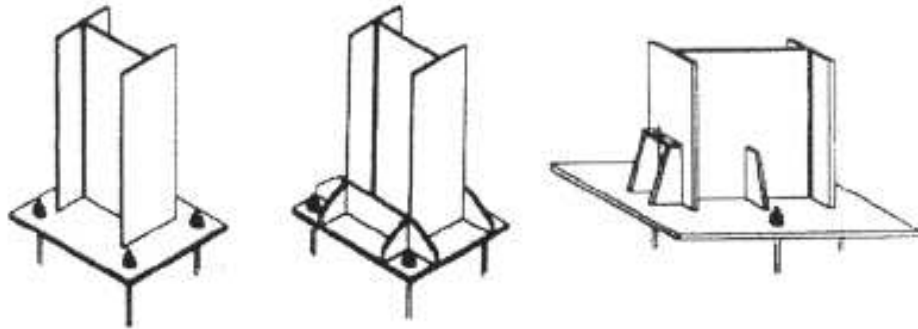
Büyük düşey kuvvetlerin etkidiği ve mafsallı kolon ayağı yapılması gereken durumlarda mesnetleme, kolonun bir eksen etrafında dönebilecek şekilde çizgisel yapılır.

Noktasal mafsallı mesnetler de kolonun her iki eksen etrafında dönmesinin istendiği durumlarda yapılır. Bu da temel üzerindeki levhaya kaynaklanmış bir küresel çelik elemana, kolon tabanındaki levha altına kaynaklanmış silindirik parça geçirilir.



Şekil 5.8 Mafsallı kolon-temel birleşimleri.

Ankastre bağlantı ise, kolonda düşey eksenel basınç kuvvetlerinin yanında eğilme momentinin de bulunduğu durumlarda uygulanır. Ankastrelik, yüzeysel düzenlenmiş, kolon ve taban levhasının dört ankraj bulonu ile temele kare şeklinde bağlanması ile meydana gelir.(Özşen, 1999).

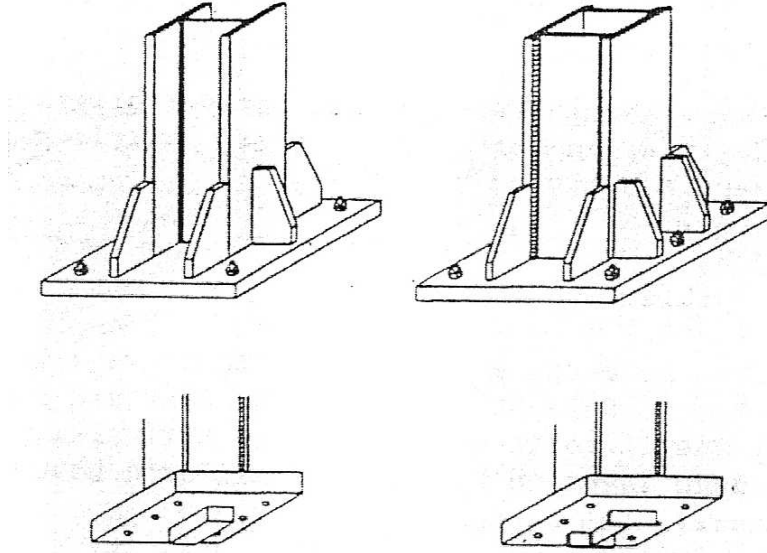


Şekil 5.9 Rijit kolon-temel birleşimleri.

Kolonlar vasıtasıyla gelen düşey yüklerin temele zarar vermemesi için, bu yükleri betonarme yüzeye yaymak amacıyla taban levhası kullanılır. Bu levhanın kenarlarının oranı 1:1 ile 2:3 arasında değişen dikdörtgen şeklinde yapılır.

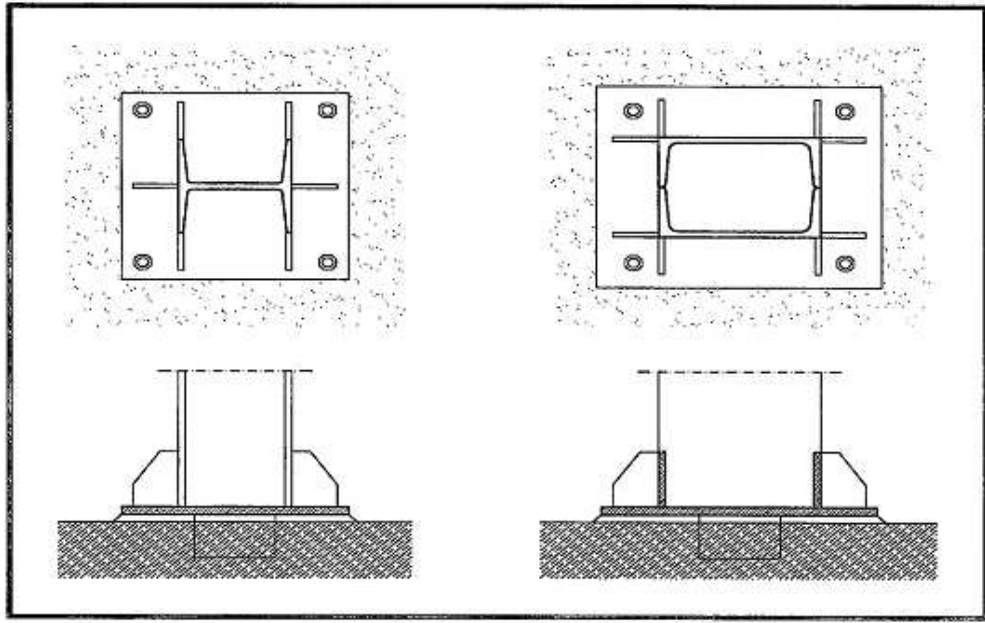
Taban levhasının altında 20-50 mm. kalınlığında çimento şerbeti bulunmalıdır. Yapılma amacı, taban levhasının ve üzerinde bulunan kolonun düşeyliğinin tam olarak ayarlanmasını sağlamak ve yastık görevi yüklemektir. Bu harç, kolonun ve taban levhasının bulonlarla betonarme temele bağlanmasından sonra doldurulur. kolonun düşeyliğini sağlamak amacıyla kullanılır Taban levhasının yerine konmadan

önce dikkat edilmesi gereken en önemli konu altının iyice temizlenmesi, altında pas ve çapak kalmamasına dikkat edilmesi gerekliliğidir. Ayrıca kolonlardan gelen yüklerin çok büyük, ancak temel emniyet gerilmesinin küçük olabileceği durumlarda taban levhasının alanı da büyür.



Şekil 5.10 Düşey yüklerin temele zarar vermesini önleyen taban levhası.

Montaj esnasında sütunun şakülünde olması, taban levhasının altına yerleştirilen çelik kamalar üzerine oturtularak sağlanır. Çimento şerbetinin döküleceği yer iyice temizlendikten sonra çimento ve sert kum ile hazırlanan şerbet dökülür. Gerekli durumlarda, hava kabarcıklarının ve çeşitli boşlukların çimento şerbetinin bünyesinde kalarak, sertleşme sonrasında mukavemet kaybına sebep olmamaları için sıkıştırma işlemi yapılabilir. Çimento şerbetinin donması gerçekleştikten sonra, önceden yerleştirilmiş olan çelik kamalar çıkarılarak bunların boşlukları da şerbet ile doldurulur [Ardan, 1973].

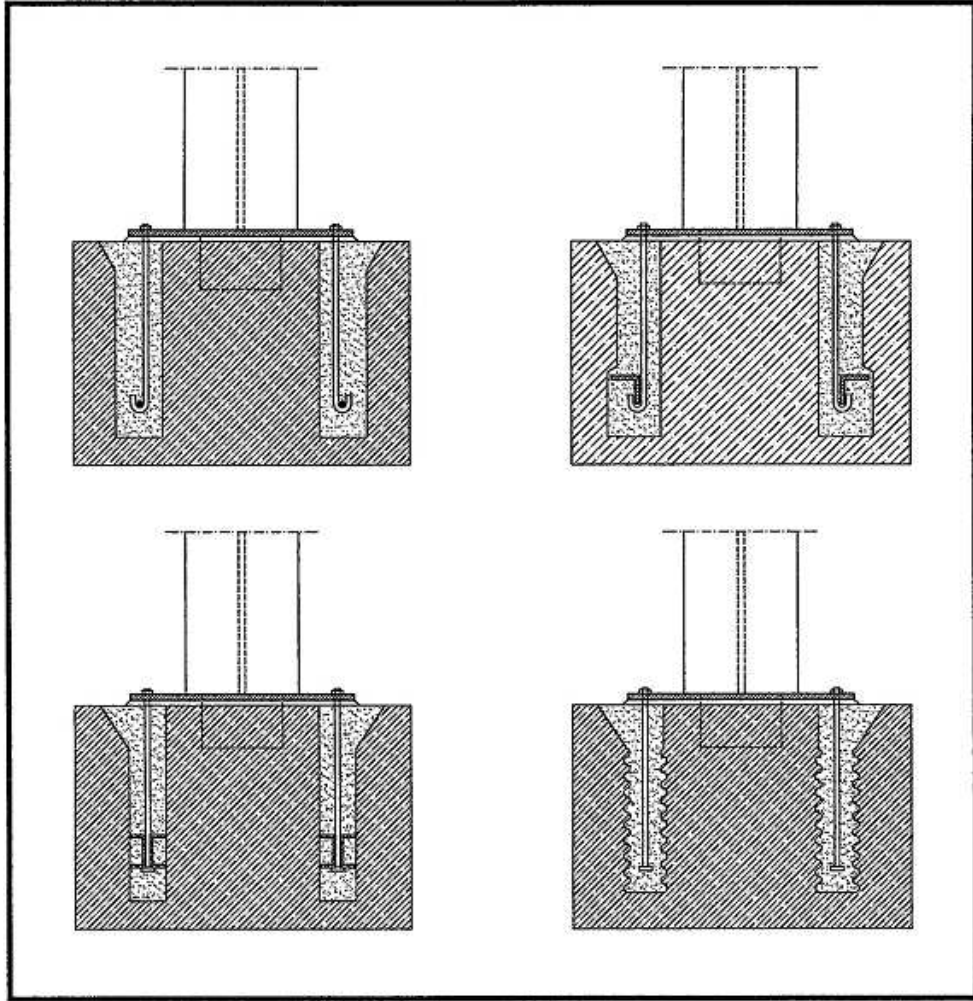


Şekil 5.11 Temel ayakları, çimento şerbeti ve kamalar.

Ankraj bulonları temellerde iki amaca hizmet etmesi için kullanılır. Birinci amacı, kolon ayaklarının montaj sırasında devrilmeden durmasını sağlamak ikinci amacı da moment aktarmaktır. Moment aktaran bulonlarda dikkat edilmesi gereken husus, bu bulonların çekmeye çalışması ve bu çekme kuvvetleri göz önünde bulundurularak boyutlandırılması zorunluluğudur. Ankraj bulonları M 16 veya M 30 olarak seçilerek temelde önceden bırakılmış olan ankraj kanallarına, kolonun yerine oturtulup düşeyliğinin ayarlanmasından sonra sokulur. Alt uçları kanca şeklinde olan bu bulonlar, kanalların içinde yer alan ankraj korniyerlerine takılır. İki ankraj bulonu arasındaki mesafenin az olduğu durumlarda bu bulonlar için tek kanal bırakılır. Temel ayaklarının montajı sona erdikten sonra taban levhasının altına ve ankraj bulonlarının yer aldığı kanallara yüksek dozajlı kum-çimento şerbeti doldurulur (Şekil 5.12).

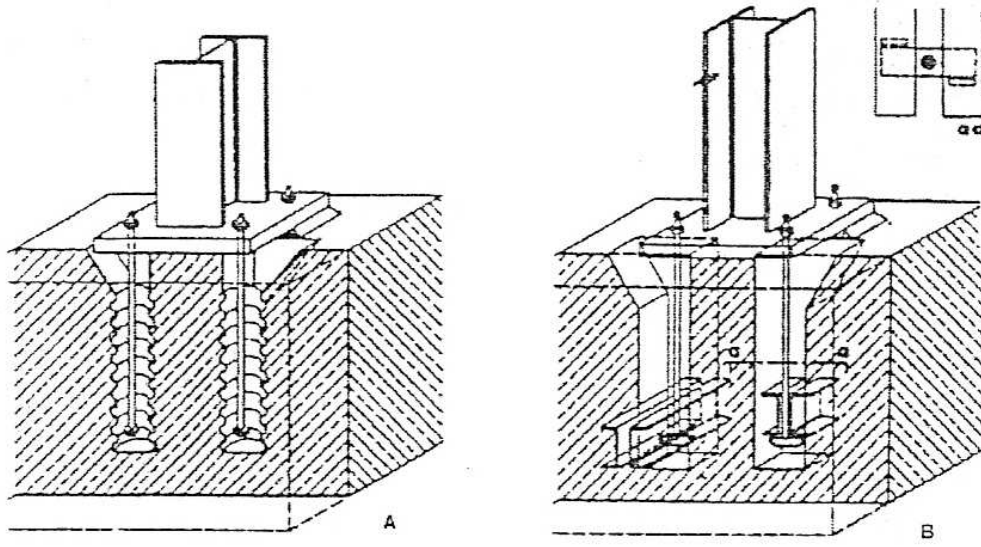
Kolonlardan gelen oldukça büyük yüklemeler söz konusu olduğunda ise, kolon ayağının altına I veya EP profillerden ızgara oluşturulur. Bu sayede zemin gerilmelerinin uniform olması sağlanır. Oluşturulan ızgaranın bünyesindeki profillerin arası beton ile doldurulur. Eğer profillerin başlıkları birbirlerine temas edecek kadar yakın ise bu durumda aralarına beton dökülmesine gerek kalmaz. Fakat

araları nispeten açık ve beton doldurulmuş ızgaralar, sistemin stabilitesi açısından daha iyi sonuç vermektedir.



Şekil 5.12 Çeşitli temel ayakları ve temel birleşimleri.

Çekme kuvveti aktaran bulonlarda ise kuvvet "aderans" (Şekil 5.13 a) ya da "ankraj profilleri" (Şekil 5.13 b) ile aktarılabilir. Ankraj profillerinin mantığını yukarıda anlatılan sistemden ayıran en önemli fark, ankraj bulonlarının, ankraj profillerine somun vasıtasıyla bağlanmasıdır. Bağlanmadan sonra yine çimento harcı dökülür. Aderans ile kuvvet aktarımında ise önemli olan noktalar, ankraj bulonunun betona yeterince girmiş olması ve kanala doldurulan dolgu betonunun çekme kuvveti etkisiyle kanaldan kurtulmaması için kanalın yukarı doğru daralacak biçimde hazırlanmasıdır. Bu tip uygulamalarda, çapı büyük olan bulonlarda çok derin aderans kanalları gerektiği için, sadece küçük çaplı bulonlar kullanılmalıdır.

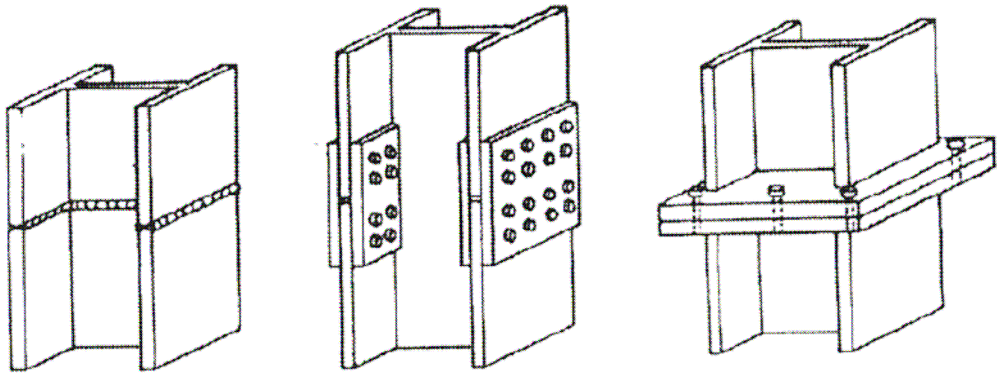


Şekil 5.13 Çekme kuvveti aktaran bulonlarda a) “Aderans” b) “Ankraj profilleri ile kuvvet aktarılması”.

Çerçeve kolonlarının üzerine ayrıca yatay kuvvetler de etki ettiği için, kolon ayağında mafsallı durumunun gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla, ayağın yeterince dönebilmeye olanak vermek gerekmektedir. Yatay kuvvetin sürtünme yoluyla temele aktarılmasını önlemek için taban levhasının altına kama görevi görmesi amacıyla çelik parça kaynakılmalıdır. Bu durumda oluşan sistem mafsallı ayak olarak kabul edilebilir. Kolonda ve dolayısıyla da temel ayağında meydana gelebilecek dönme ile birlikte taban levhasının altındaki gerilme de düzgün yayılacaktır [Ardan, 1973].

5.2.1.3 Kolon - Kolon Birleşimleri

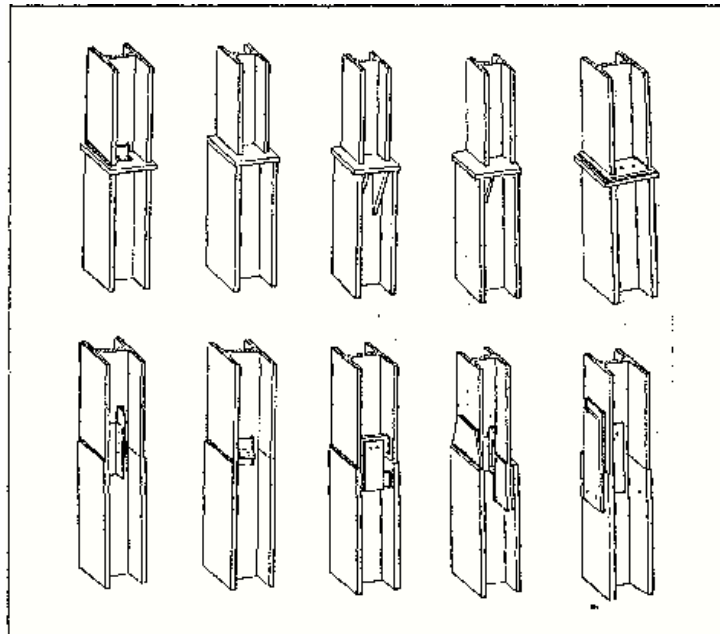
Bina yüksekliğine ve taşıyıcı sistemi oluşturan profillerin boylarına bağlı olarak, kolonları birkaç katta bir üst üste eklemek gerekir (Şekil 5.14). Bu ekler genellikle döşeme kirişlerinin 30-50 cm kadar üstünde yapılır. Üst ve alt kolon profillerinin birbirlerine uygun olması durumunda, kolonların eklenmesi, gövdeye ve başlığa ek levhaları birleştirilmesi şeklinde gerçekleştirilir. Bu iş için kullanılan araçlar genellikle uygun bulon ya da yüksek mukavemetli bulon (SLP, GV, GVP) ve kaynaktır.[Deren, 1995].



Şekil 5.14 Kaynak ve bulonlarla yapılmış kolon ekleri.

Kolonlardan iletilen yük üst katlardan alt katlara doğru inildikçe artar. Fakat kolon profilleri genellikle her katta değiştirilmez. Kolon profilleri projelendirme sırasında en fazla yüke maruz kalan kata göre seçilir. Bunun üzerinde yer alan katlarda, belirlenen bu profil enkesitine gerek olmasa bile en yukarı kadar bu şekilde devam ettirilir.

Bu konuda uygulanan diğer bir yöntem ise, kolon profilinin en az yük olan kata göre seçilip, aşağı katlara doğru inildikçe gerekli olduğu şekilde ilave parçalar ile takviye edilerek devam ettirilmesidir; Şekil 5.15 'de aynı kesitli kolonların birleşimi ile farklı kesitlerdeki kolonların birleşimi görülebilmektedir.



Şekil 5.15 Kolonların birbirlerine çeşitli şekillerde eklenmesi.

Kolonların birbirine eklenmesinde "tam ek" ve "temas ek" adı verilen iki yöntem kullanılır.

- "Tam ek"de, gövde ve başlık eklemesinde kullanılan levhaların enkesit alanları ve bunların birleşimlerinin, üst kolon profilininkilerden az olmamasına dikkat edilmelidir. Çünkü üst üste konumlandırılmış durumdaki kolonların alt ve üst yüzeyleri her ne kadar birbirlerine temas etse de kuvvet aktarımı olmadığı kabul edilmektedir. Üst kolon profilinin alt kolon profilinden küçük olması durumunda, üst kolon profilinin iki tarafına besleme levhaları konulması gerekir. Besleme levhaları, üst kolonun ucuna önceden kaynakla sabitlendikten sonra birleşim bulonları için kullanılacak delikler açılır. Eklerin şantiyede yapılması durumunda uygun bulon kullanılması, atölyede yapılan birleşimlerin ise perçin vasıtası ile gerçekleştirilmesi genel uygulamadır [Ardan, 1973].

- "Temas ek" ise kolon yükü merkezinin basınç yükü olduğu, ayrıca ek yerinin burkulma uzunluğunun dörtte birlik kısmında olduğu ve kolon profilleri uç enkesitlerinin tam temas olabilecek şekilde işlendiği durumlarda uygulanabilir [Deren, 1995]. Bu gibi durumlarda ek lamaları ve profiller, kolonun üst tarafındaki yükün yarısına göre boyutlandırılabilir. Temas ek genellikle tek parçalı kolonlarda kullanılır. İki parçalı kolonlarda pek rağbet edilmemesinin nedeni, atölye ve montaj işlerindeki güçlüklerdir.

Çelik konstrüksiyon bünyesinde, bir kolon boyunca üst üste birleştirilecek kolonların profillerinin birbirinden farklı olması durumunda enleme levhalar kullanılarak birleştirme işlemi yapılabilir. Bu durumda, kolonun alt kısmındaki profil II iken, üst tarafta]I profil yer almaktadır. Montaj sırasında bu profiller birer taban levhasına perçinlenir ve bu taban levhaları da birbirlerine bulonlar vasıtası ile bağlanır. Yüklerin bir taban levhasından diğerine üniform olarak aktarılabilmesi için taban levhalarının kalınlıkları son derece önemlidir. Gerekli durumlarda kolon başlıklarını taban levhalarına birleştirmek amacıyla levhalar kullanılabilir.

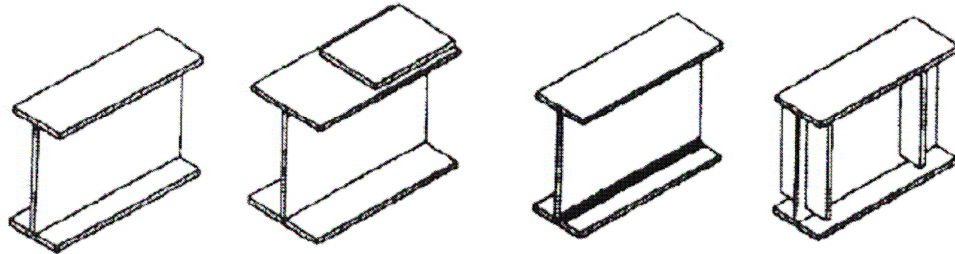
Profil başlıklarının arasına çelik duvarlar yerleştirilebileceği gibi, kafes örgü teşkil edilecek şekilde birbirlerine bağlanmaları ile de kolonlar elde edilebilmektedir.

5.2.2 Kirişler ve Kiriş Türleri

Boyu doğrultusundaki eksenine dik kuvvetlerin etkisi altında bulunan, döşemeden gelen yükleri düşey taşıyıcılara aktaran, eğilmeye karşı dayanımı yüksek uzun, yatay taşıyıcı elemana kiriş adı verilmektedir [Hasol, 2002]. Kirişler esas olarak eğilme momentlerinin ve kesme kuvvetlerinin etkisi altındadır. Örtülecek yüzeyi iki yada daha çok parçaya ayırarak, aldıkları yükleri kolonlara iletirler. Eğilme kuvvetleri çok büyük değerlere ulaştığında birleşik kirişlere başvurulur.

Çelik yapıda kirişler; üzerlerine etkiyen yüke, geçtikleri açıklıklara, yapı içindeki tesisatın geçirilme şekline bağlı olarak dolu, boşluklu ya da kafes gövdeli olarak düzenlenir.

Dolu gövdeli çelik kirişler, hadde mamulü profiller, levhalı yapma en kesitler ya da profil ve levhalarla oluşturulmuş bileşik en kesitlerle düzenlenir. (Şekil 5.16)



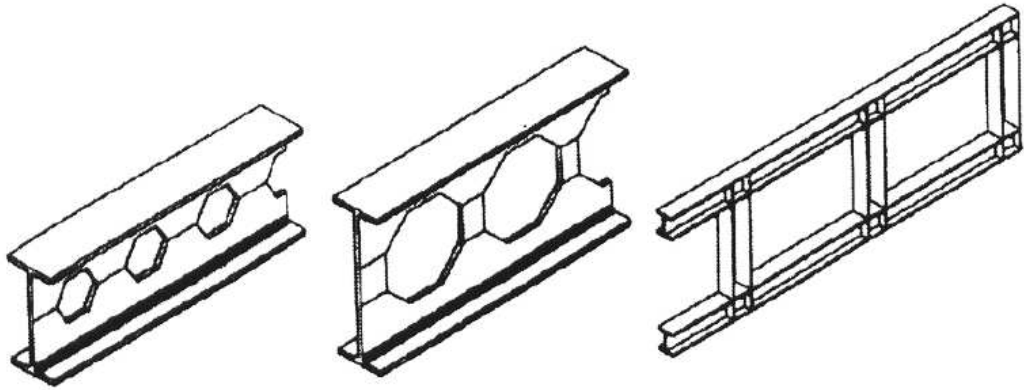
Şekil 5.16 Dolu gövdeli kirişler.

Hadde mamulü dolu gövdeli kirişler genellikle geniş başlıklı I profillerle yapılır. Bu profillerin başlıklarında malzeme yoğunluğu olduğu için basit eğilme etkisindeki kirişler için uygun bir kesittir. U ya da köşebent gibi simetrik olmayan profillerle düzenlenecek kirişlerde eğilme momentleri ile birlikte burulma momentleri de oluşacağından bu kirişler fazla yüklü olmamalıdır. Kirişin taşıdığı yük bakımından hadde mamulü profilin yeterli olmadığı durumlarda, kiriş yüksekliği sınırlı ise ya da

tüm kiriş yüksekliğinin artırılması ekonomik olmayacaksa, momentin büyük olduğu kısımlarda kiriş levhalarla takviye edilebilir.

Levhalı yapma en kesitli kirişler hazır profil ve takviyeli profil en kesitlerinin yetmediği büyük açıklıkların geçileceği durumlarda kullanılır. Genellikle kiriş iki başlık levhasının tek gövde levhasına eklenmesiyle oluşturulur. Levhalı yapma en kesitli kiriş yüksekliği arttıkça gövde levhası kalın yapılmalı ya da ince yapılacaksa, gövdenin karşıladığı kesme kuvvetlerinin gövdede buruşmaya yol açmaması için gövde düşey ya da yatay levhalarla berkitilmelidir. Berkitilme levhaları kirişi ağırlaştırır. Kutu kesitler, iki başlık levhasına iki gövde levhası kaynaklanarak oluşturulur. Bunların bertilmesi içten diyafram levhalarıyla yapılır.

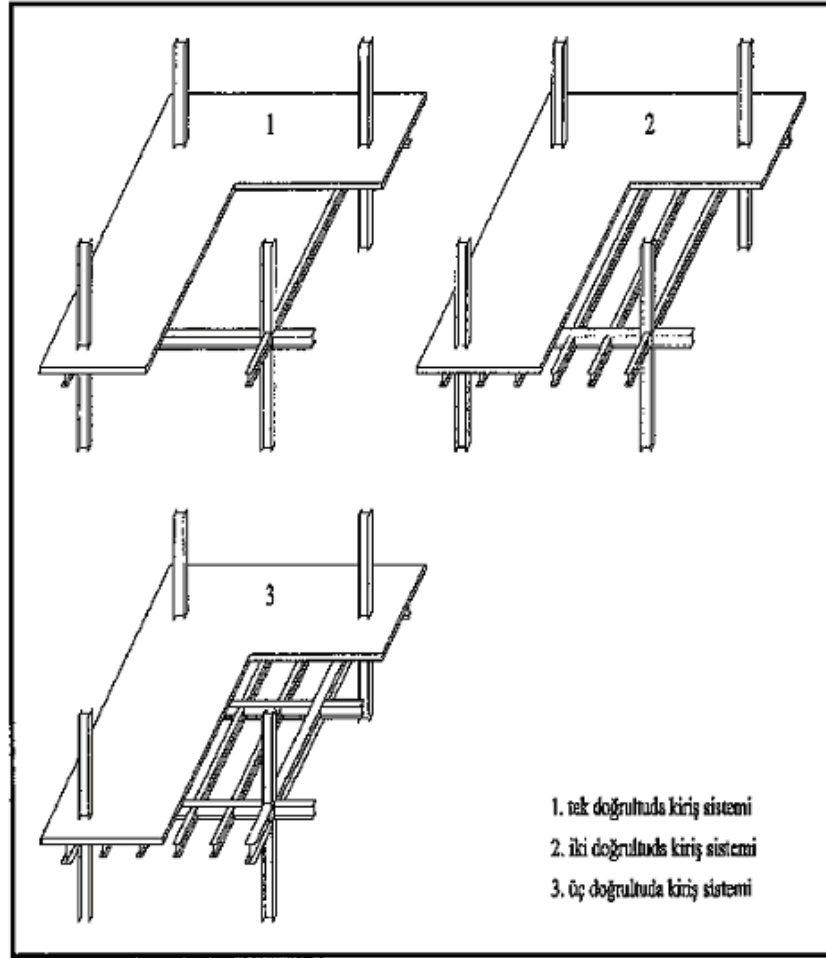
Açıklıklar büyüdükçe çelik kirişlerin dolu gövdeli düzenlenmesi kiriş yüksekliğini ve ağırlığı artıracığı için ekonomik olmaz. Kiriş gövdesini boşluklu düzenlemek kirişi hafifletir. Castella, Litska ve Vierendel kirişler boşluklu gövdeli kirişlerdir. Eğilmeye çalışan bu kirişlerdeki boşluklar tesisat borularının geçirilmesine olanak verir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 Boşluklu gövdeli 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

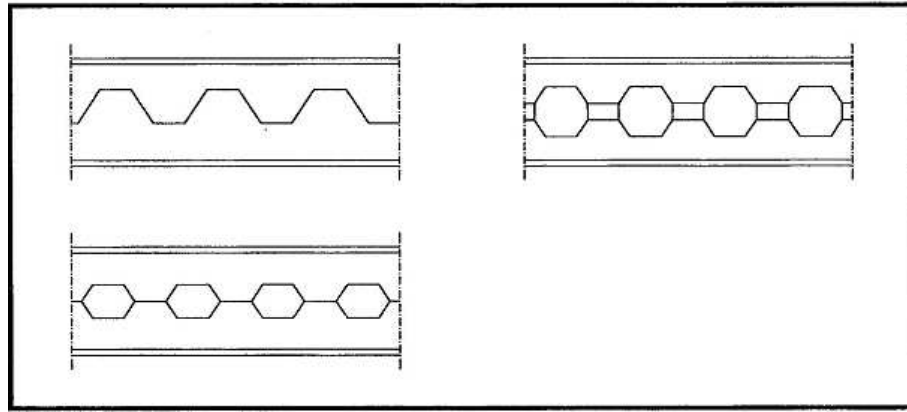
doğruluklarda oluşturulmasını gerektirir. [Özgen, A, Bayramoğlu, G., 2002] (Şekil 5.18)



Şekil 5.18 Çelik yapılarda kolon kiriş sistemleri.

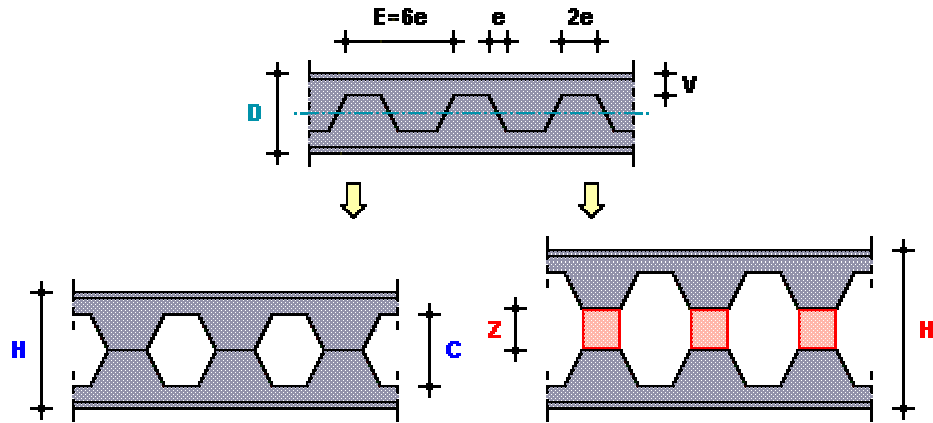
5.2.2.1 Petek Kirişler

Kastella kirişi olarak bilinen ancak biçimindeki geometrik boşluklardan ötürü bu ismi alan petek kirişler "I" profili gövdesinin uygun şekilde kesilip alt ve üst kısımlarının bir miktar kaydırılarak birbirine tekrar kaynatılmaları ile elde edilirler (Şekil 5.19). Ekonomik yönden olduğu kadar hoş görüntüleri ve tesisat donanımlarına geçiş olanağı sağlamasındaki avantajları nedeniyle de geniş bir uygulama ve kullanım alanına sahip olmaya başlamıştır [Odabaşı, 1982].



Şekil 5.19 Ara levha uygulanmış ve uygulanmamış petek kirişler.

Profilin yüksekliğini arttırması ve kullanılacak çelik malzemenin miktarının azalması bakımından son derece ekonomik bir uygulama yöntemidir. Kesim ve birleşim tekniğinden dolayı kiriş gövdesindeki boşluklar altı köşelidir. Bazı durumlarda kiriş yüksekliğinin arttırılması amacıyla kullanılan ara levhalardan dolayı sekizgen boşluklu da olabilmektedir. Malzeme ekonomisine ek olarak ikinci bir avantajı da hafif olmasıdır. Böylece yapının ölü ağırlığı oldukça azalmaktadır.



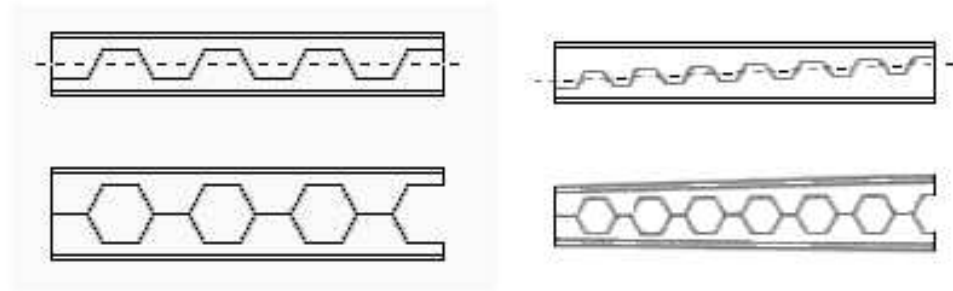
Şekil 5.20 Petek kirişlerin oluşturulması.

Kirişin bünyesinde bulunan boşlukların malzeme ağırlığına yaptığı katkılardan başka, konstrüksiyon yüksekliğinin artmasını önlemesi açısından da yararları vardır. Tesisatlara ait donanımların bu boşluklardan geçirilmesi ile, yapının yüksekliğinin gereğinden fazla artması da önlenmiş olmaktadır.

Aynı eğilme rijitliğine sahip profil kirişin sehim miktarıyla karşılaştırıldığında, petek kirişlerin sehimleri daha azdır. Bütün bu avantajlarından dolayı petek kirişler, çeşitli yapılarda kat kirişi, döşeme kirişi, aşık, köprü kirişi, kren kirişi, şed elemanı ve hatta kolon olarak bile kullanılabilir.

Bütün bu avantajlarının yanında birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Petek kirişler, yüksek gövdeli olmalarından ötürü büyük bir yanal burkulma problemi ile karşı karşıyadır. Bunun önlenmesi için de özellikle çatı uygulamalarında kiriş başlığının, çatı kaplama malzemesine yeterince bağlanmış olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Petek kirişlerin aksları yere paralel olabileceği gibi eğimli de olabilir (Şekil 5.21)



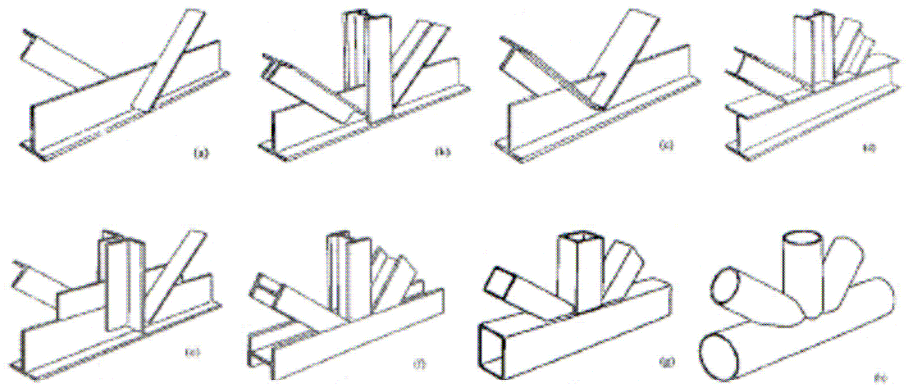
Şekil 5.21 Düz ve eğimli petek kiriş uygulamaları.

Petek kirişlerin kesim ve yapımları genellikle elle uygulanmaktadır. Öncelikle çelik profilin gövdesine kesim şekli çizilir. Daha sonra gövde, çizilen hat üzerinden gaz kaynağı ile kesilir. Bu işlemler otomatik olarak da yapılabilir. Kirişin oluşturulmasında, mesnete en yakın gövde boşluğu, maksimum kesme kuvvetlerini karşılayabilmek amacı ile dolu olarak bırakılmalıdır. Ayrıca kesim ve kaydırma sonucu mesnetlere yakın bölümlerde boşluk meydana gelir. Bu boşluk da gene bir levha ile doldurulur. Böylece petek kiriş, mesnetleri üzerinde dolu gövdeli bir kiriş görüntüsüne sahip olur.

5.2.2.2 Kafes kirişler

Yapı bünyesinde geçilmeye çalışılan açıklık büyüdükçe kirişlerin yüksekliği artar. Buna karşılık kirişin içini yer yer boşaltmak mümkündür. Boşaltma sonucunda kiriş, çekme ve basınç çubuklarından ibaret hale gelebilir. Böylece basınç ve çekme çubuklarından yapılan kirişlere "kafes kiriş" adı verilmektedir [Hasol, 2002]. Hanis [2000], ise kafes kirişleri, çekme ve basınca çalışan tekil çubuklardan oluşturulan taşıyıcı sistemler olarak ifade etmiştir. Diğer bir tanımlamaya göre de kafes kirişler, birbirlerine paralel veya paralel olmayan birer alt ve üst başlık elemanı ve arada örgü elemanlarıyla kurulmuş basit tasarımlara sahip konstrüksiyonlardır [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Daha önce de belirtildiği gibi gerek eksenel basınç ve çekme altındaki üstün statik özellikleri, gerekse de yüksek burulma rijitlikleri sayesinde kafes kirişlerde kullanılmaya en elverişli bileşenler kutu ve boru profilleridir. Bu profiller birbirlerine doğrudan kaynaklama ya da bayrak levhaları (guse) yardımıyla bulonlarla birleştirilmesi ile oluşur. Guse levhali birleşimler üretilirken, diyagonal elemanlar yan plakalara bulonlanır. Burada önemli olan husus, genişlikleri birbirine uyan profillerin bulunmasıdır. Eşit genişlikteki elemanları (kapalı profilleri) doğrudan birleştirmek mümkündür. Boyutlar arasındaki farklar ise bağlantı elemanının yan yüzeylerine kaynatılan plakalar yardımı ile telafi edilir.



Şekil 5.22 Çeşitli profillerle oluşturulan düzlemsel kafes kiriş birleşim detayları.

Taşıyıcı çubukların birbirlerine bağlandıkları noktalara "düğüm noktası" adı verilir. Bu noktalardaki birleşimler adi bulonlarla meydana getirilmiş olsalar bile, ortaya çıkan büyük sürtünme kuvvetlerinden dolayı rijit kalırlar. Kafes kiriş başlık çubuklarının eğilmeye çalışmaması için, yüklerin düğüm noktalarına tesir ettirilmesi gerekir.

Kafes kirişleri oluşturmak için kullanılan çubuklar "başlık çubukları" ve "örgü çubukları" olmak üzere iki grupta incelenirler. Kabaca bir tanımlama yapılması gerekirse, kafes kirişin en üstte ve en altta bulunan çubuklar "başlık çubukları" olarak isimlendirilir. Başlık çubukları da kendi aralarında "üst başlık" ve "alt başlık" olarak gruplandırılabilir. Özellikle basınca çalışan başlık çubuklarında malzemenin taşıyıcılık özelliklerinden daha iyi yararlanabilmek amacı ile, narinlik derecesi 60' dan fazla olmamalıdır, buna karşılık, görsel açıdan kötü bir izlenim bırakmamak açısından başlığı oluşturan tüm çubukların yüksekliklerinin mümkün olduğunca aynı olmasına çalışılmalıdır. "Örgü çubukları" da üst ve alt başlık çubukları arasında yer alan çubuklardır. Bunlar da kendi içlerinde "dikme örgü çubukları" ve "diyagonal örgü çubukları" olarak ikiye ayrılabilir. Söz konusu olan tüm çubuklar tek veya çift gövdeli olarak üretilir. Tek gövdeli çubukların bakımları kolaydır. Fakat sağlanması gereken mukavemet değerlerine bağlı olarak hesaplanan en kesitlerin artması sonucunda çift gövdeli uygulamalar kaçınılmaz olmaktadır. Çift gövdeli en kesitlerin dezavantajı ise, çubuğun tek taraflı güneşe maruz kalması durumunda, farklı ısınmadan ileri gelen gerilme farklarının ortaya çıkmasıdır.

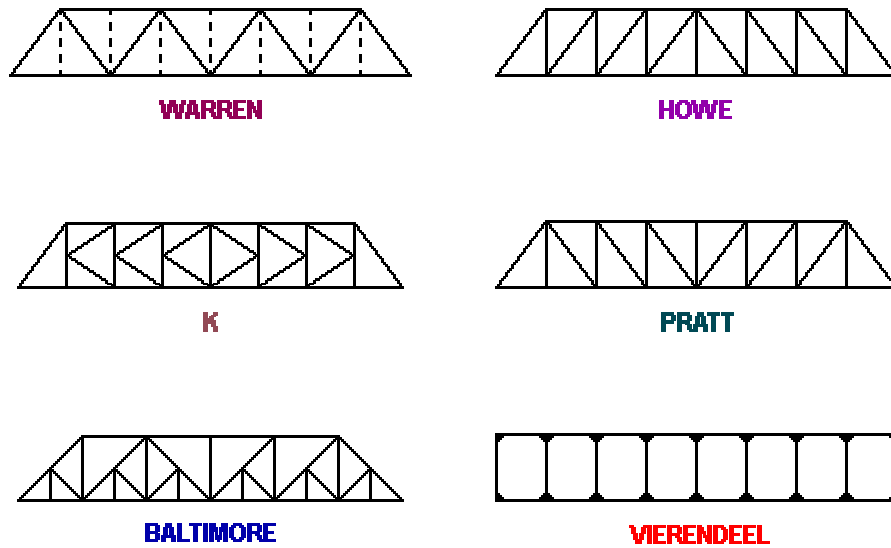
Örgü çubukları kafes kirişin başlıklarına doğrudan doğruya veya düğüm noktaları yardımıyla birleştirilir. Görsel açıdan ele alınması gerekirse, örgü çubuklarının başlık çubuklarından daha dar olarak düşünülmesi gerekmektedir. Örgü çubukları da, başlık çubuklarında olduğu gibi tek gövdeli ve çift gövdeli olarak meydana getirilebilir.

Kafes kirişlerde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, bu sistemi meydana getiren bütün çubukların eksenlerinin aynı düzlem üzerinde bulunmaları zorunluluğudur. Bu düzleme "kafes kiriş düzlemi" adı verilmektedir. Sadece çubukların değil, sisteme etkiyen yüklerin de bu düzlemde yer almaları, dikkatten

kaçınılması gereken bir husustur. Ayrıca, çubukların en kesitlerinin, malzemenin büyük bir kısmı kiriş düzlemine paralel bulunacak şekilde seçilmelerinin de büyük yararı vardır [Ardan, 1973].

Bir düğüm noktasında birleşen bütün çubukların ağırlık eksenleri birbirlerini tek bir noktada kesmelidir. Bu nokta "sistem noktası" olarak adlandırılır.

Perçin ya da bulon gibi bağlantı elemanları ile çubuklardan gelen yükleri, başlıklarda fazla zorlamaya meydan vermemek için denkleştirmek amacıyla düğüm noktalarında "düğüm levhası" (bayrak) adı verilen levhalar kullanılır. Bir düğüm noktasında çubuktan levhaya geçen yük miktarı ile burada kullanılması gereken düğüm levhası alanı doğru orantılıdır. Bu yüzey arttırımı sırasında dikkat edilmesi gereken husus, genişlemenin çubuk eksenine simetrik olmasıdır. Fakat düğüm noktaları gerektiğinden büyük yapılmamalı ve içerlek köşelerden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır.

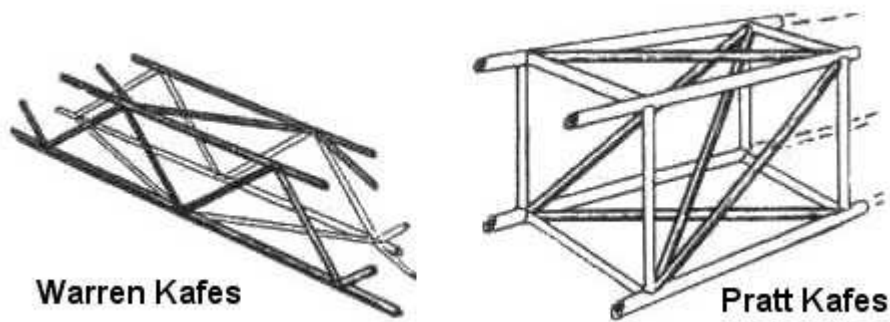


Şekil 5.23 Düzlem kafes kiriş şekilleri.

Açık profillerle yapılan kafes kirişlerin imalatı, bağ ve ek levhaları kullanılmasından ötürü daha karmaşıktır. Dolayısıyla, birleşimlerin oluşturulması için harcanması gereken kaynak miktarı da nispeten fazladır. Kısacası, hem malzeme hem de işçilik maliyetleri kapalı profillere göre daha fazladır.

Bir diğerkafes kiriş tipi olan **uzay kafes kirişlerin**, düzlemsel olan (iki boyutlu) kafes kirişlerden farkı üç boyutlu olarak oluşturulmalarıdır. Bu tip kirişler üçgen ve dörtgen en kesitli uzay kafes kirişler olarak incelenebilir. Üçgen kirişlerde üç dörtgen kirişlerde ise dört tane TT, XX ve KK bağlantılarına sahip başlık elemanı bulunur. [Ünver, 2003] bu tip bağlantılara çok düzlemli bağlantılar adı verilmektedir.

Uzay kafes kirişlerde bağlantılar, çok düzlemli yüklemelere göre tasarlanmıştır. Yani bütün yönlerde yük ve momentlere dayanabilecek bir dayanıma sahiptirler. Yüksek içsel stabilitelerinden dolayı ilave stabilite elemanlarına ihtiyaç duymazlar. Bu tip kirişlerde açıklığın eleman enine oranı (l / h) 15–18 arasındadır. Düğüm noktalarındaki birleşimler perçinli, kaynaklı, bulonlu olabileceği gibi özel bağlantı parçaları kullanılarak ta yapılabilir.



Şekil 5.24 Uzay kafes kiriş örnekleri

5.2.2.3 Kirişlerde Uygulanan Yalıtım Önlemleri

Çelik malzeme olarak kirişlerin, kolonlardan yapısal olarak herhangi bir farkı olmadığı için kolonlar konusunda yangın ve korozyon ile ilgili yapılan açıklamalar ve bunlara karşı alınacak önlemler aynen kirişler için de geçerlidir.

Kompozit kirişlerdeki yangın dayanım süresi; uygulama çeşitliliğine göre farklılık göstermektedir. Döşemenin altında tamamen açıkta kalan kirişlerdeki koruma süreleri sınırlıdır. Yangın dayanımını artırmak için kirişi tamamen yada kısmen betonun içine yerleştirmek dayanım süresini artıracaktır. Büyük yüklere maruz kalan

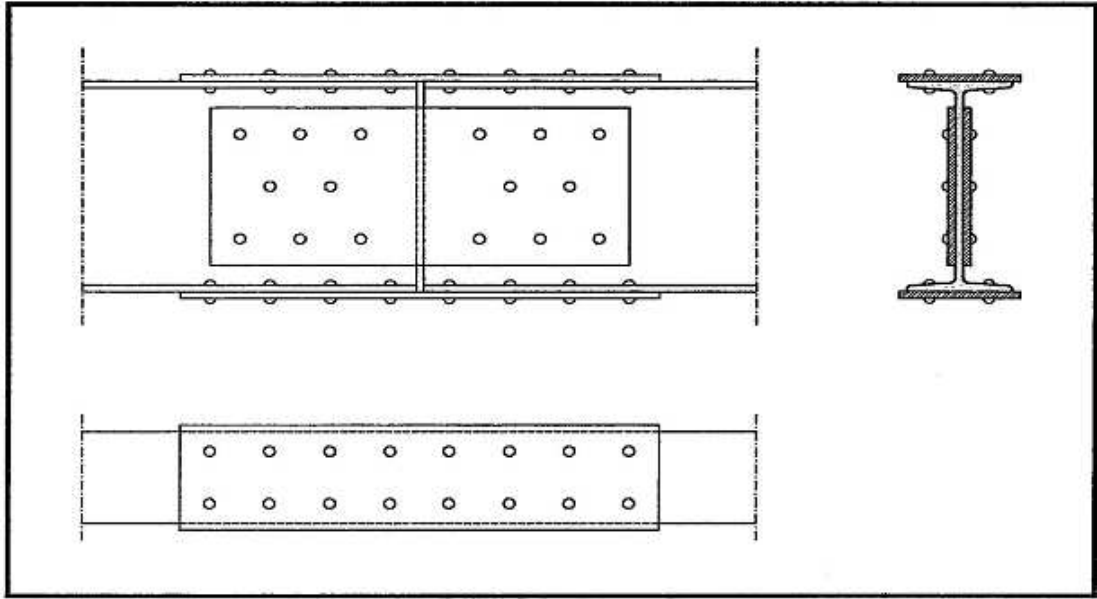
ve geniş açıklıklarda kullanılan kirişlere uygulanan yöntem ise; kiriş flanşlarının arasına donatı çubuklarının yerleştirilmesi ve betonla doldurulması şeklindedir. [Demirel F ve Özkan E, 2003]

5.2.2.4 Kiriş – Kiriş Birleşimleri

Daha önce de belirtildiği gibi kirişler döşemeler vasıtasıyla üzerlerine etkiyen yükleri kolonlara iletmekle görevli yapı elemanlarıdır. Kiriş-kiriş birleşimlerinin birçok farklı sebebi vardır. Bu sebepler, birleştirilen kirişlerin aynı ya da farklı doğrultuda olmalarına göre değişiklik göstermektedir. Aynı doğrultuda yer alacak kirişlerin birbirleriyle birleştirilmesindeki ana etken, mevcut profil uzunluklarının yetersizliği, normalden uzun profil sipariş edilmesi durumunda ödenmesi gereken son derece yüksek fiyatlardan kaçınmak, nakliye ve montaj gibi inşaat aşamalarında ortaya çıkan daha fazla maliyet yükünden nispeten az etkilenmektir.

Kiriş-kiriş birleşimlerinde genellikle perçin tercih edilir. Bunun sebebi de, örneğin kaba bulon kullanımı durumunda, sistemde bırakılmış olan tolerans paylarının ek lamaları ve kiriş arasında harekete sebep olması ve birleşim noktalarında kırılma gibi yapı hasarlarının oluşmasıdır. Gene de, perçin imkanı olmayan durumlarda uygun bulon da kullanılabilir [Ardan, 1973].

Basit profillerle teşkil edilen dolu gövdeli kirişler olarak, genellikle bir doğrultuda süreklilik sağlanması amacı güdülen I profili meydana getirilir. Bir I profilini, diğer bir I profiline eklemek için bir çifti gövdede ve diğer bir çifti de başlıkta olmak üzere toplam iki çift ek laması kullanılır. Gövdeye bağlanan ek lamalarının kalınlıkları, gövde kalınlığının yaklaşık %80'i kadar alınmalıdır. Kirişin ek yeri mümkün olduğunca momentin az olduğu kısımlarda yapılmaya çalışılmalıdır ve eki örten parçalar ile eklenen profillerin ağırlık merkezlerini mümkün olduğunca üst üste getirilmeye çalışılmalıdır [Deren, 1995].

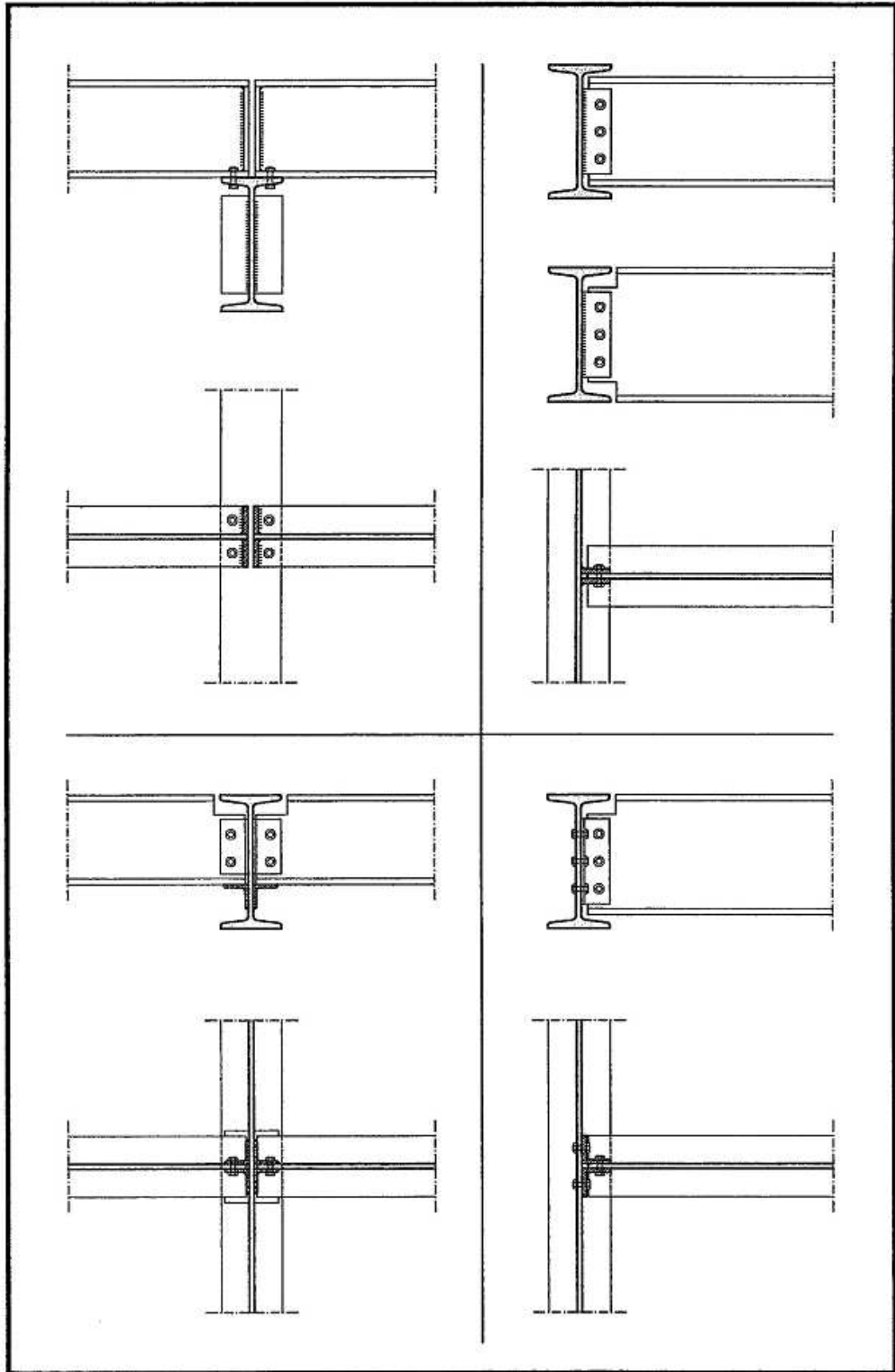


Şekil 5.25 Aynı doğrultulu iki I kirişin birleştirilmesi.

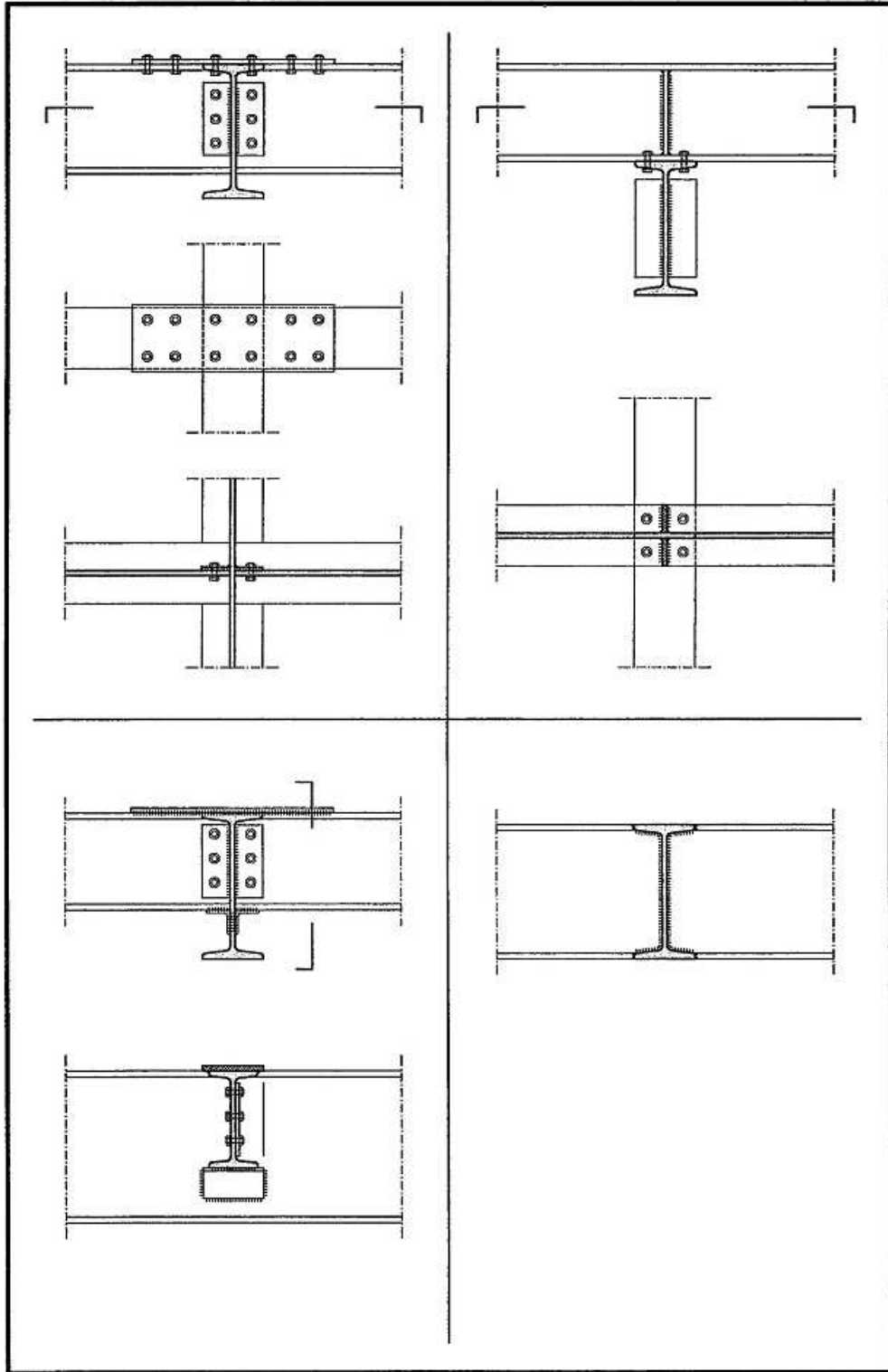
Şu ana kadar anlatılanlarda, aynı doğrultudaki kirişlerin birbirlerine birleştirilme sebep, mantık ve uygulamalarını incelenmiştir. Bunlara ek olarak, yapım sisteminin gerektirdiği bir takım zorunluluklardan dolayı oluşturulması ve farklı doğrultuda düzenlenmesi gereken kiriş-kiriş birleşimleri de çelik yapılarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde kiriş sistemleri "tek doğrultuda", "çift doğrultuda" ve "üç doğrultuda" olmak üzere üç şekilde oluşturulabilir.

Kiriş-kiriş birleşimleri yük taşıma prensiplerine göre; Kesme “Kuvveti Aktaran Kiriş-Kiriş Birleşimleri (Şekil 5.26)” ve “Moment ve Kesme Kuvveti Aktaran Kiriş-Kiriş Birleşimleri (Şekil 5.27)” olmak üzere 2 şekildedir.

Basit kiriş birleşimleri olarak da 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.



Şekil 5.26 Çelik kirişlerde kesme kuvveti aktaran birleşimler



Şekil 5.27 Çelik kirişlerde moment ve kesme kuvveti aktaran birleşimler.

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 kaynaklanarak da birleşim gerçekleştirilebilir.

Döşemelere kıyasla, eğilme kuvvetlerine karşı daha dayanıklı olmalarından dolayı, döşemelerin geçeceği açıklıkların büyümesi durumunda, kirişlerin birbirlerine diklemesine eklenmesi suretiyle söz konusu alanların küçültülmesi gerekebilir. Ayrıca, paralel konumlandırılmış kirişlerin sehim yapmasını ve aralarındaki mesafenin açılmasını önlemek amacıyla da bu kirişlere dik kirişler eklenir. Kısaca belirtmek gerekirse, kirişler birbirleriyle yük aktarım şekilleri haricinde; kullanım yerleri, kullanım nedenleri, geçilecek açıklık gibi veriler göz önünde bulundurulmak şartıyla bir çok şekilde birleştirilebilir.

"Kirişlerin diğer bir kiriş üzerinde mesnetlendirilmesi" yönteminde, birleşimin tipine göre kaynak ya da bulon kullanılabilir. Üstteki I kirişlerden gelecek olan yüklerin alttaki I kirişe iletilmesi esnasında iki eleman arasında yeterli temas alanı bulunacağından dolayı gerilmeler hesaba katılmaz.

Konstrüksiyon yüksekliğinin azaltılması gereken durumlarda putrelin alt ucu kesilerek atılır ve takviye elemanlarının yerlerine kaynaklanmasından sonra alt kirişe monte edilir.

"Korniyerli birleşimlerde sadece mesnet reaksiyon kuvvetlerinin aktarılması gereksinmesi vardır, çünkü mesnet reaksiyonu kuvvetlerinin çok küçük olduğu durumlar için söz konusudur. Bu tip birleşimler "basit kiriş birleşimleri" olarak da adlandırılabilir. Korniyerli birleşimin oluşturulabilmesi için önce birleşim korniyeri, kat kirişine, döşeme kirişinin alt hizasına gelecek şekilde bulonlanır. Daha sonra üst başlığının uç kısmı kesilmiş olan döşeme kirişi alttaki korniyere ve diğer iki korniyer yardımıyla da kat kirişine bulonlanır. Montaj kolaylığı sağlaması açısından montaj korniyerleri kat kirişlerine önceden birleştirilir. Eğer kat kirişleri ile döşeme kirişleri

aynı yükseklikte olursa, döşeme kirişinin hem alt hem de üst başlıklarının uç kısımları kesilir.

Sürekli kiriş olarak düşünülmüş ve tasarlanmış bir kirişin, aynı düzlemde bulunan diğer bir kirişle kesişmesi durumunda kirişin baştan düşünülmüş olan sürekliliğinin sağlanması amacıyla mesnet reaksiyonundan başka, moment de aktarabilecek bir sistem oluşturulması zorunludur [Ardan, 1973]. Bu nedenle kiriş üst başlığındaki çekme gerilmesine karşı mukavemet kazanılması amacıyla bir süreklilik levhası kullanılır. Kesişen kirişlerin üst yüzeylerinin aynı yükseklikte olmaları halinde, söz konusu süreklilik levhası kiriş başlıklarının üzerine oturtulur.

Eğer kirişler arasında yükseklik farkı mevcut ise kiriş üst başlıkları aynı seviyede olacak şekilde hizalanarak birleştirme yapılır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, söz konusu olan kirişlerin yükseklikleri arasındaki farkın 50 mm.'den küçük olması gerekliliğidir. Kiriş yükseklikleri arasındaki farkın 50 mm.'yi geçmesi halinde de söz konusu kirişler üst başlıklarından bir levha parçası ile takviyelendirilerek düzenlenmelidir. Bu düzenlemedeki amaç, alçak kirişin alt başlığından gelen basınç kuvvetini, yüksek kirişin gövdesine tesbit edilmiş olan iki korniyer tarafından karşılanması gereksinimidir [Ardan, 1973].

Bunlara ek olarak, kiriş üst başlıklarının değil de alt başlıklarının ve dolayısıyla da alt yüzeylerinin aynı düzlemde olması istendiği şartlarda, besleme levhalarının her biri, kirişler arasındaki yükseklik farkını tolere edecek şekilde alçak kirişin üst başlığı üzerine birleştirilir. Bu düzenlemelerde, kirişler arası yükseklik farkının 80 mm.'yi geçmesi durumunda, besleme levhaları yerine, uygun yükseklikte U profil de kullanılabilir [Ardan, 1973].

Gövde levhası kullanılarak elde edilen kiriş birleşimlerinde, (Şekil 5.28)'de görülebileceği üzere hem gövde levhasının, hem de köşebentlerin altında kalan levha kısmının birbirlerinden ayrı olmaksızın düşünülerek, köşebentlerin de üzerlerine ek levhası uygulanması gereklidir.

Gövde levhası kullanılarak oluşturulan kirişlerde meydana gelmesi olası en büyük hasarlardan biri, levhanın buruşmasıdır. Bu buruşma etkisi, üniform yayılı kayma gerilmeleri veya çeşitli normal gerilmeler altında oluşan bir durumdur. Bu hasarın önüne geçebilmek amacıyla gövde levhası kirişin başlıkları ve enleme takviye çubukları yardımıyla desteklenir.

Köşebentler ile birleştirilen kirişlerde, birleştirilen köşebentler ile ek köşebentlerinin taşıyıcılık açısından faydalı enkesit alanlarının birbirlerine eşit olması gerekmektedir. Bazı durumlarda ise, eklenen levha ile eki örten parçalar arasına bir veya birkaç levha girebilmektedir. Bu gibi eklere "vasıtalı ekler" adı verilmektedir [Ardan, 1973].

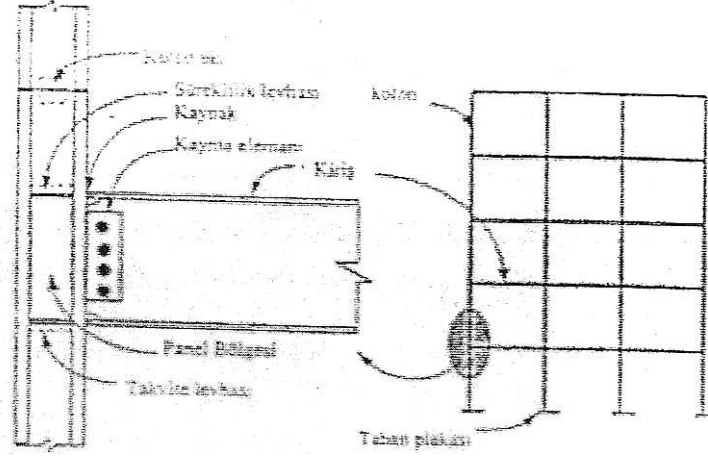
"Alın levhalı birleşim", atölyede ucuna köşe kaynak dikişleri yardımıyla alın levhası birleştirilmiş olan döşeme kirişinin, alın levhası ve kat kirişine açılan deliklerin karşılıklı bulonlanması şeklinde birleştirilmesi ile oluşturulur. Bu birleşimlerin en avantajlı olduğu durumlar, döşeme kirişinin kat kirişine dik olmaması halinde de kolayca uygulanabilmesidir. Bu durumlarda kiriş gövdesi ile alın levhasının birleşimi, geniş açı tarafından çekilen küt kaynak kirişiyle yapılır [Deren, 1995].

"Levha üzerine mesnetlendirme" yönteminde ise döşeme kirişinin ucu, kat kirişine kaynakla birleştirilmiş olan mesnet levhasının üzerine oturtularak alt ucu levhaya kaynatılır. İşlem sırasında döşeme kirişinin, mesnet levhasının üzerinden kaymaması için, mesnet levhasına dik, levha üst yüzeyinden 5 mm. aşağıya (yük almaması için) 12 mm. uzunluğunda bir lama kaynatılır [Ardan, 1973].

"Laşeli birleşimler"de döşeme kirişleri, kat kirişlerinin gövdesine önceden kaynaklanmış nervür levhalarına, laşe adı verilen elemanlar vasıtasıyla bulonlanır. Bu tip birleşimlerin sağladığı en büyük avantaj, döşeme ve kat kirişlerinin üst başlıklarının aynı kotta olması durumunda bile döşeme kirişlerinin üst başlıklarının uç kısımlarının kesilmesine gerek olmamasıdır [Ardan, 1973].

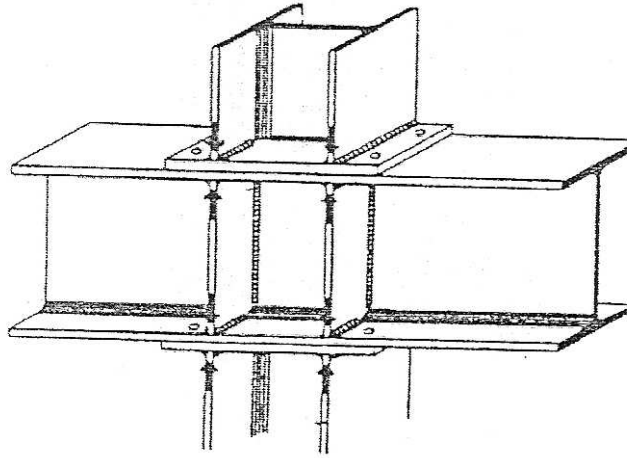
5.2.2.5 Kolon - Kiriş Birleşimleri

Özellikle yüksek çelik yapılarda, döşemeler, üzerlerine gelen yükleri çelik döşeme kirişleri vasıtasıyla kolonlara iletirler.



Şekil 5.28 Çelik yapılarda basit bir kolon-kiriş birleşimi bileşenleri.

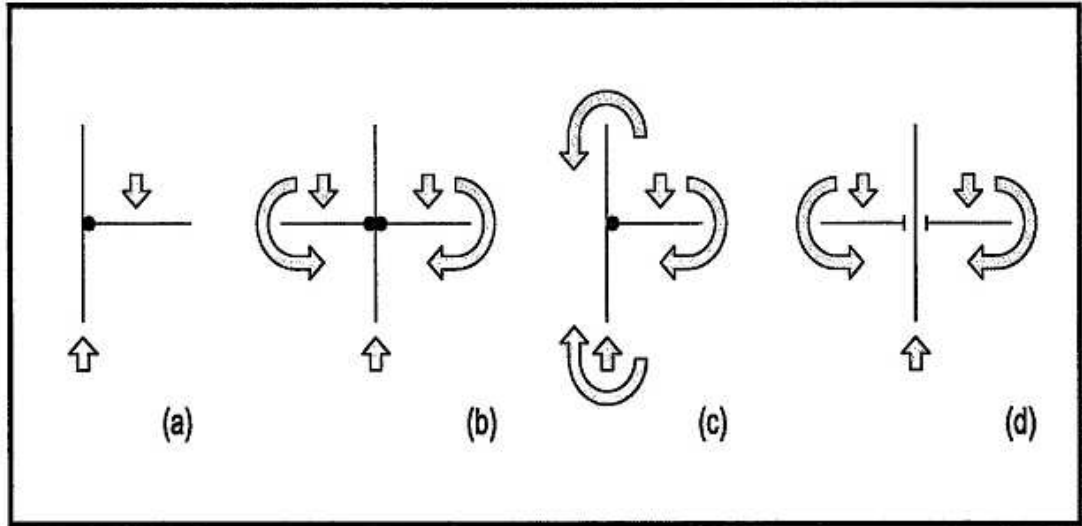
Kolonların taşıdığı, alt yüzeyi kolonun üst yüzeyinden daha geniş olan ve bir kirişin yükünü kolona aktarmak için kirişle kolon arasına yerleştirilen taşıyıcı parçaya "kolon başı" adı verilmektedir (Şekil 5.29) [Hasol, 2002]. Sistemin montajı sırasında kolon başlarını montaj kirişleri yardımı ile tesbit etmek gerekmektedir. İnşaatın ilerleyen safhalarında bu kirişler genellikle döşeme sistemi bünyesine gömülecek şekilde düşünülmelidir.



Şekil 5.29 Kolon başı.

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 5.30)



Şekil 5.30 Kolon-kiriş birleşimlerinde yük etkileri.

Sütun başının oluşturulmasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus kolonun üzerine oturan kirişten gelen yüklerin, sütuna merkezi bir şekilde kolona iletebilmesidir. Bunu sağlamak için, kolonun baş levhası ile kirişin alt başlığı arasına dar bir lama demirinden kesilen bir basınç parçası, diğer bir deyişle "merkezilik parçası" yerleştirilmesi gerekir. Böylelikle, kirişten kolona geçecek olan yüklerin merkezilik parçası ve baş levhası yoluyla en kısa yoldan kolon profiline aktarılması sağlanır [Ardan, 1973]. Kirişin üzerinde birleşen kolonlar olması

durumunda bu merkezilik parçasının daha geniş yerleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, baş levhası ve merkezilik parçasının, kirişten gelen yükü kolon enkesitine üniform olarak iletemediği durumlarda 50-70 mm. kalınlığında, üst yüzeyi hafif silindirik olarak şekillendirilmiş basınç parçaları kullanılması etkili sonuçlar vermektedir.

Daha önce de bahsedildiği gibi, yüklerin kirişlerden kolonlara aktarılması sürecinde en önemli ve hatta hayati husus, yüklerin merkezi olarak iletilmesini sağlamaktır. Bunu sağlamak amacıyla çelik taşıyıcı sistem kullanılarak inşa edilen binalarda genellikle][profilinde çift parçalı kolonlar kullanılır. Bu sayede kirişlerin kolonun ortasından geçirilebilmekte ve kolaylıkta merkezi yük iletiminin sağlanmaktadır.

Bazı durumlarda, kirişlerin alt başlık genişlikleri toplamının kolon genişliğinden fazla olmasından dolayı, kolonun üzerine baş levhasını monte edebilmek amacıyla kolon yan yüzeylerine köşebentler perçinlenmiştir.

Bir korniyer üzerine istinat yönteminde kiriş, kolon yüzeyinde kaynaklanmış korniyer üzerine oturtulur. Daha sonra da bu korniyer, alt kiriş başlığına bulonlanır.

Diğer bir yöntem ise, kolon yüzeyine dikey ve yatay olarak birleştirilmiş levhalar vasıtasıyla kirişin kolona monte edilmesidir [Ardan, 1973]. Bu yönteme "bir levha kenarına istinat" adı verilmektedir. Burada kullanılan dikey levhalar, kiriş gövdesini kolon yüzeyine bulonlar vasıtasıyla birleştirmeye yararken, yatay levhalar da, alt kiriş başlığının oturabileceği bir yüzey yaratmaktadır. Bu yöntemin diğer bir farklı uygulaması da, kolon yüzeyine kaynaklanmış bir levhanın kiriş gövdesine bulonlanması işlemi için, kirişi bir korniyerin üzerine oturtmaktır.

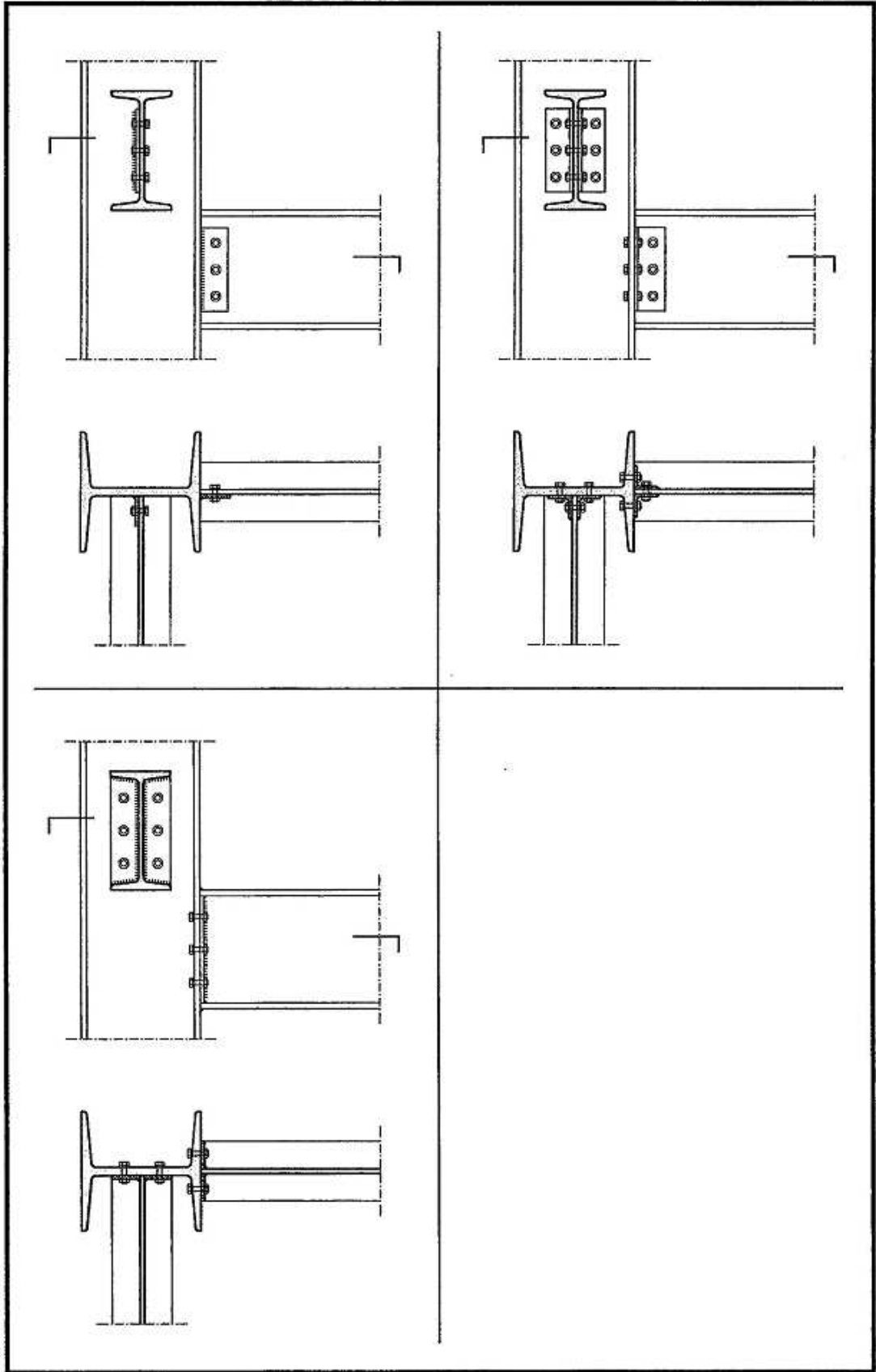
Ayrıca; kiriş, kolon yüzeyine kaynaklanmış T kesitli bir çelik bağlantı elemanına da bulonlanabilir. Bu birleşim detayında da, kiriş, hizalaması amacıyla kolon yüzeyine bulonlanan bir korniyerin üzerinde yer alabilir.

Ana kirişler daima kolon profilinin gövdesine birleştirilmelidir. Kirişten kolona geçen yüklerin dış merkezliliği bu şekilde önemsiz sınırlara çekilebilir. Bu gibi detaylarda kullanılan köşebent üzerine oturtmanın daha önce bahsedilmiş olandan farkı; köşebentlerin burada sadece ana kirişlerin montajını kolaylaştırmak için kolon başlıklarına perçinlenmiş olmalarıdır. Diğer bir deyişle, bu tarz kullanılan köşebentlerin yük almadıkları kabul edilmektedir. İki parçalı kolonların kirişlere birleşimleri çok değişik biçimlerde gerçekleştirilebilmektedir.

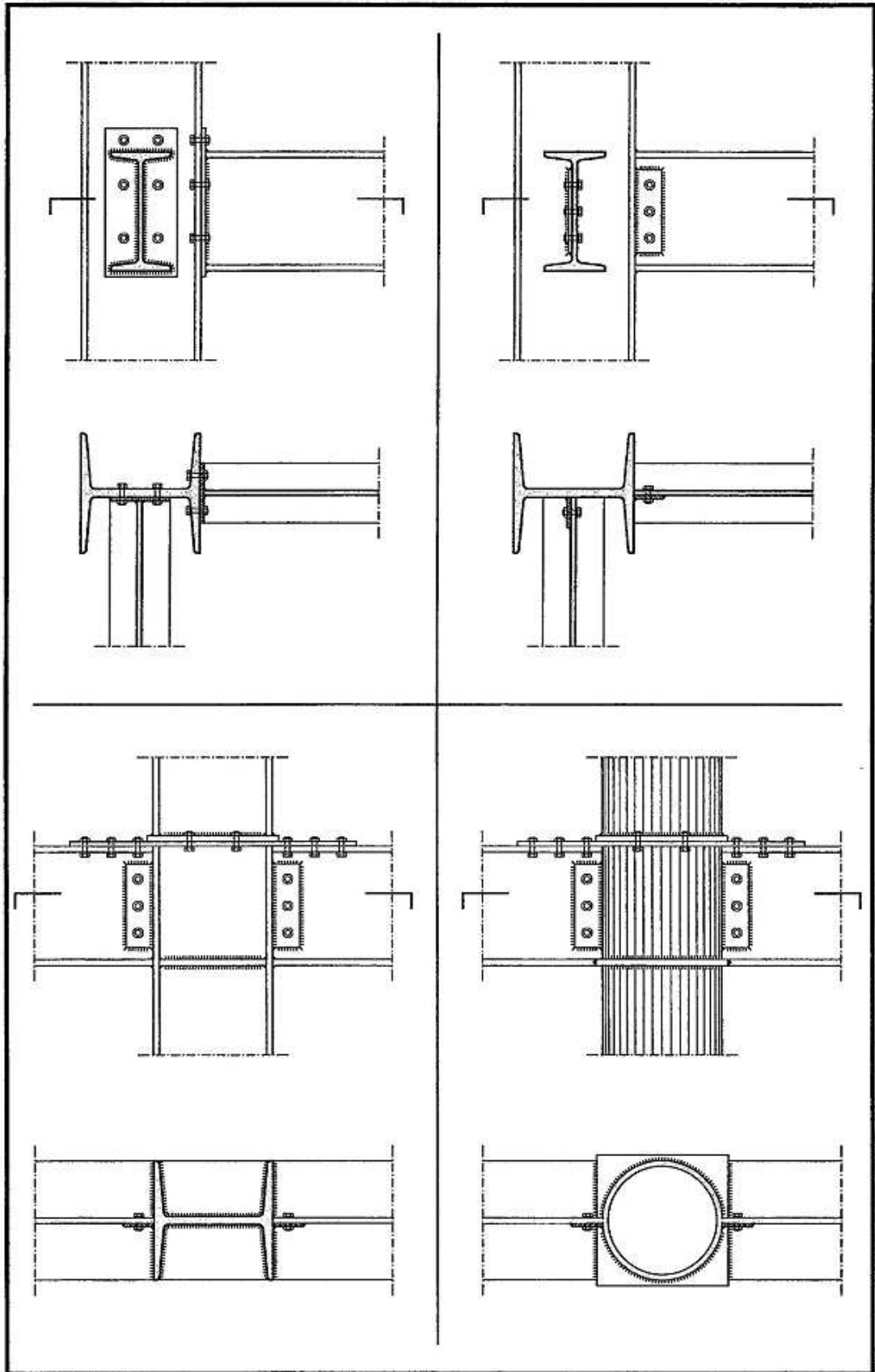
Kolon başlığının düzlemsel rijitliğinin küçük olması durumlarında kiriş başlığının kolona ileteceği noktasal yükler nedeniyle kolon başlığı çökebilir ve kolon gövdesinde de burkulma meydana gelebilir. Bu deformasyonu engellemek amacıyla kiriş başlıkları seviyesindeki başlık gerilmelerinin, kolon gövdesine zararı dokunmadan kolonun diğer tarafına aktarılmasını sağlamak üzere platform vazifesi görmesi için diyaframlar kullanılır [Wardenier, J. ve diğ., 2001]. Bu diyaframlar "ara diyafram", "iç diyafram" ve "dış diyafram" olmak üzere üç çeşitte incelenebilir.

Kolonlar konusu incelenirken, boru ve kutu kesitli profillerin, yani diğer adıyla kapalı profillerin içine beton doldurulması suretiyle taşıyıcılığın, yangına karşı dayanımın vs. arttırılabileceği belirtilmiş idi. Bu tip kolon ve kirişlerin birleştirilme süreçleri, normal boru ve kutu profillerin bağlantı yöntemleri ile benzerlik göstermektedir. Şekillerde görülen birleşim detaylarında kolondan kirişe aktarılan yüklerin doğrudan çeliğe ve arkasında bulunan betona iletilmesi gerekmektedir. Bunun olabilmesi için koşul ise çelik ile betonun ara yüzeyindeki sürtünme kuvvetinin sağlanabilmesidir. Yapıya büyük deprem yükleri etkimesi durumunda yeterli dayanımı sağlaması amacıyla kirişin üst ve alt başlıklarını kolon başlığına birleştirme amaçlı olarak T kesitli profiller kullanılmaktadır.

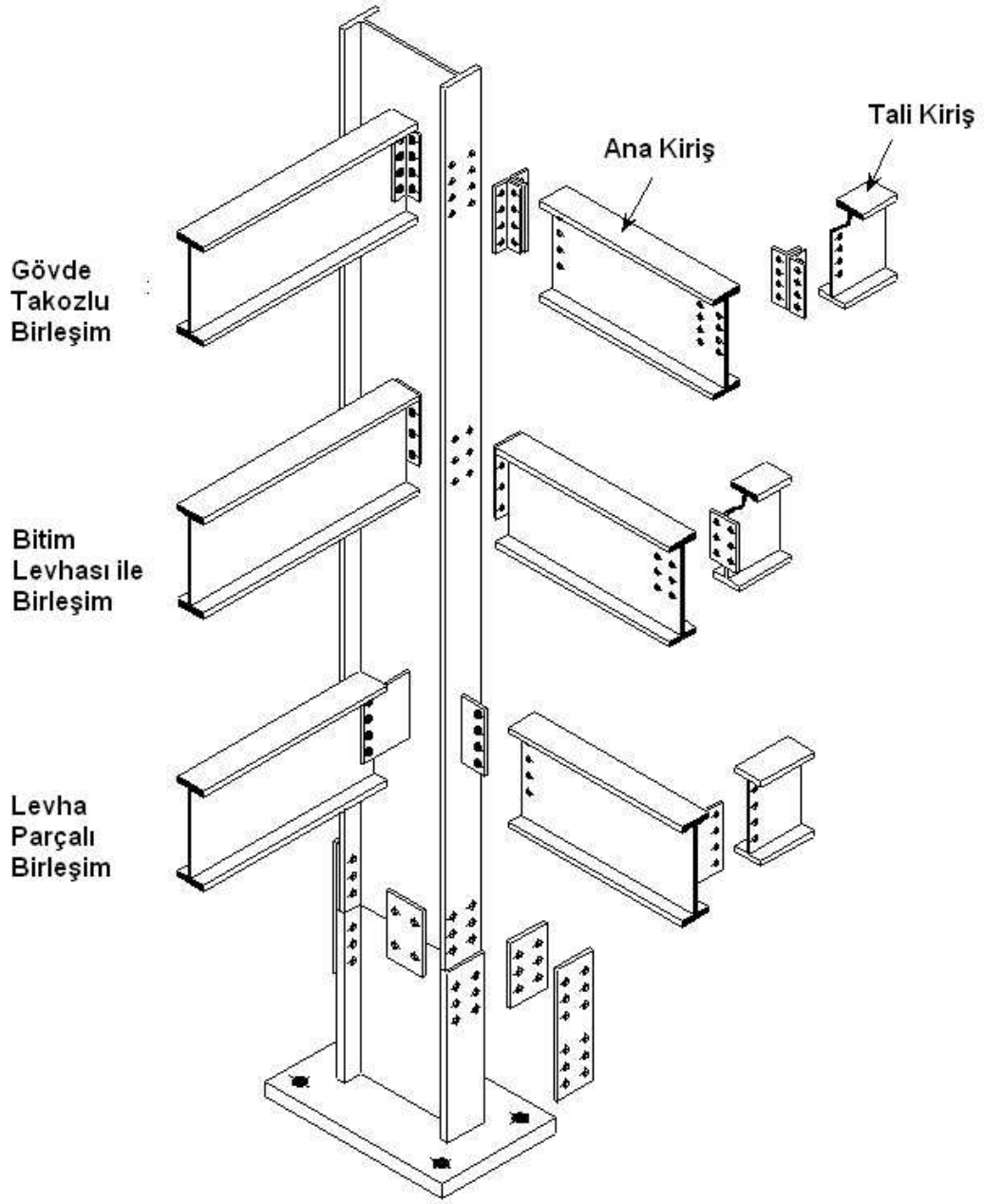
Buraya kadar anlatılanların bir özeti olarak; kiriş-kiriş birleşimlerde olduğu gibi kolon-kiriş birleşimlerinde de, yüklerin aktarılması konusunda aynı mantığa sahip olan, kesme kuvvetini aktaran (Şekil 5.31) ve hem kesme hem de mesnet momentini aktaran (Şekil 5.32) iki ana tip birleşim tipi vardır. Şekil 5.33'te ise "kolon-kiriş" ve "kiriş-kiriş" birleşimleri üç boyutlu çizim olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.31 Kesme kuvveti aktaran kolon-kiriş birleşimleri.

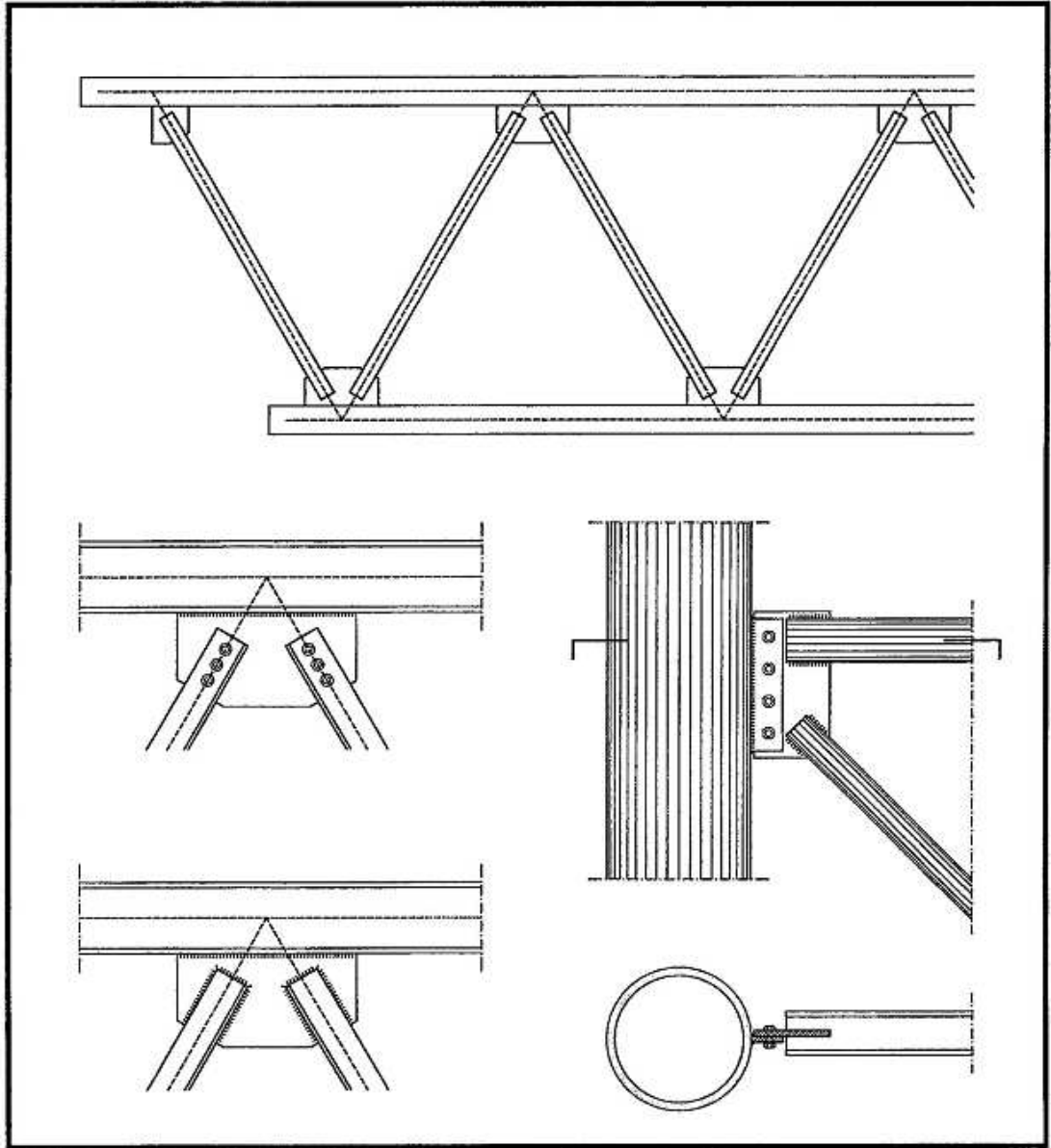


Şekil 5.32 Kesme kuvveti ve moment aktaran kolon-kiriş birleşimleri.



Şekil 5.33 Çeşitli kolon-kiriş ve kiriş-kiriş birleşimleri perspektifi.

Kolon-Kafes Kiriş Birleşimleri: Bu bağlantılar genellikle kafes kirişlerin kutu ve boru profil kolonlara mesnetlendiği noktalarda kullanılır. Atölyede kaynaklanarak hazırlanan kafes kirişler şantiyede bulonlarla birleştirilirler. Şekil 5.34'te kafes kirişlerin kendi aralarında ve kolonla olan bağlantıları görülmektedir.



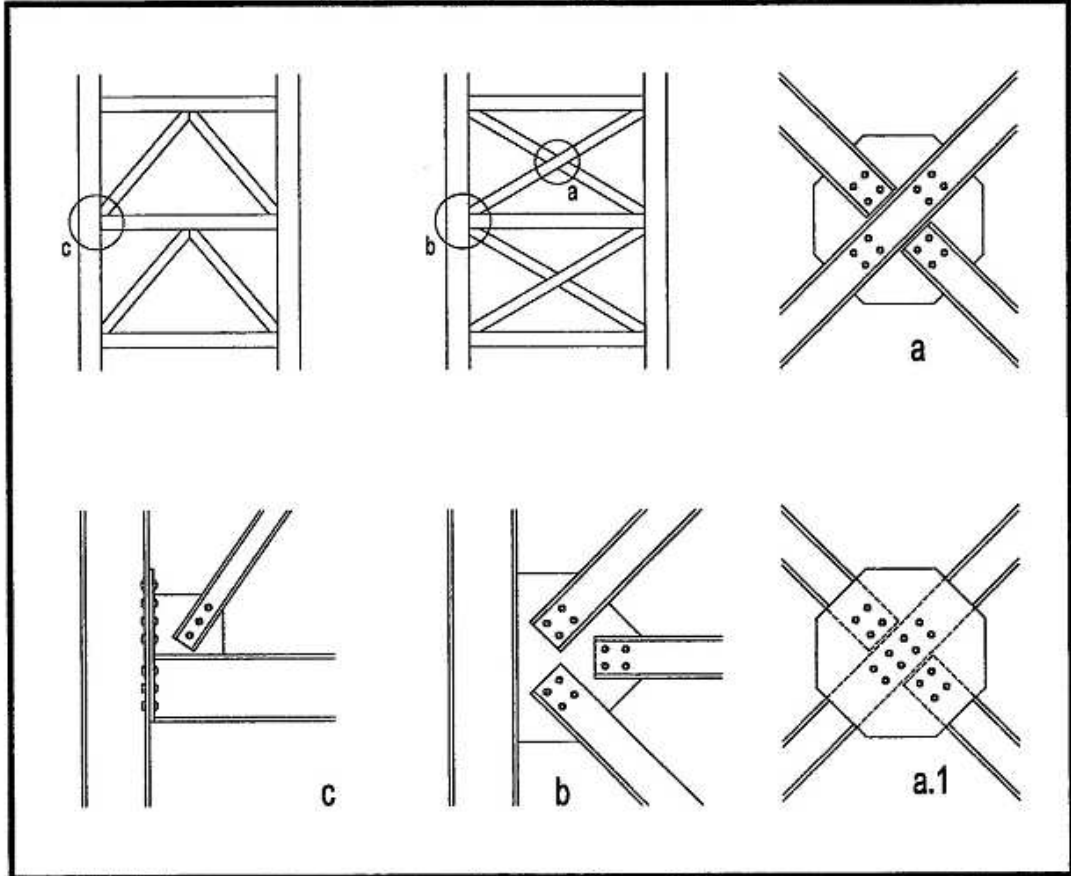
Şekil 5.34 Kafes kirişlerin birleşim detayları.

Kolon ile kafes kiriş birleşimleri sürekli alt ve üst başlıklar ile gerçekleştirilmektedir. Bu durumda eğer alt başlıktan aktarılan yükler artış gösteriyor ise, ek bir takviye levhasının kaynaklanması söz konusu olabilir.

5.2.2.6 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 çaprazlamalara göre ekonomik çözüm olmasıyla beraber bazı durumlarda yatay yüklerin iletilmesi için ikisinin birlikte kullanılması gerekebilir. Düşey çaprazlama yapının yüksekliği boyunca kullanılmasına karşın, yatay çaprazlama kiriş seviyesinde veya kat yüksekliğinde kafes kirişler şeklinde yapılabilir. (Şekil 5.35)

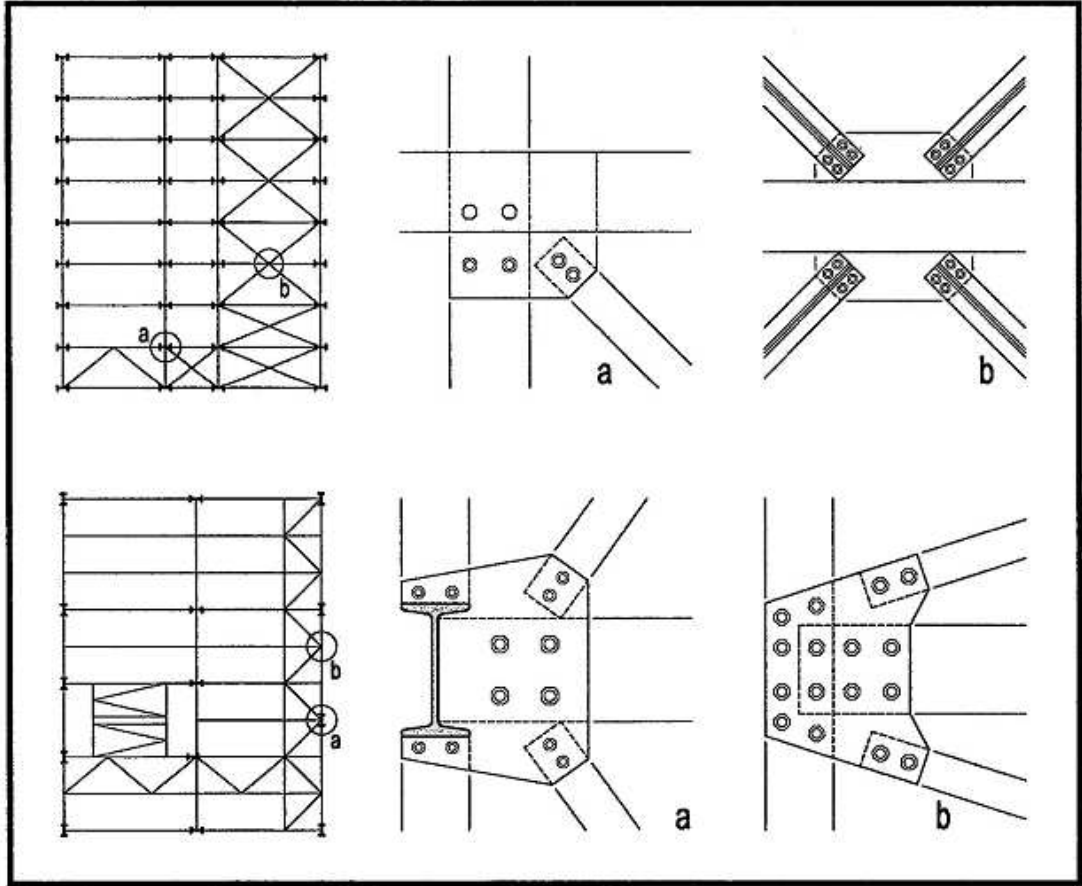


Şekil 5.35 Düşey çaprazlama elemanlarına ait bazı birleşim detayları.

Düşey 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, sırt sırta bindirilmiş U veya L profillerden oluşturulur. Eğer bu sistemler aynı zamanda basınca karşı da çalışacaksa, K veya V şeklinde düzenlenirler ve bunlara göğüsleme denir.

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 dayanımını 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.(Şekil 5.36)



Şekil 5.36 Yatay çaprazlama elemanlarına ait bazı birleşim detayları.

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.

5.3 Döşemeler ve Döşeme Birleşimleri

Bir yapının ya da bir yapı bölümünün iki katı arasında ayırıcı yatay bir düzlem oluşturan öğelere "döşeme" adı verilir. Döşemeler, genellikle taşıyıcı bölümü ve dolgu gereçlerini içeren bir iskeletten, üzerinde yürünen ve bir zemin oluşturan

kaplamadan (döşeme üst yüzeyi) ve bir tavandan (döşeme alt yüzeyi) oluşan elemanlardır [Hasol, 2002].

Yapılarda döşemelerin üstlendiği işlevler; optik mekan sınırlaması, dikey ve yatay yüklerin taşınması, katlar arasında ses ve ısı yalıtımı, tesisatın yerleştirilmesidir. Bu işlevleri gerçekleştirebilmek için gereken çok katmanlı yapım, kat döşemesinin kalınlığını belirler. Bu da tüm yapının toplam yüksekliğini etkiler. [Walter, 2007]

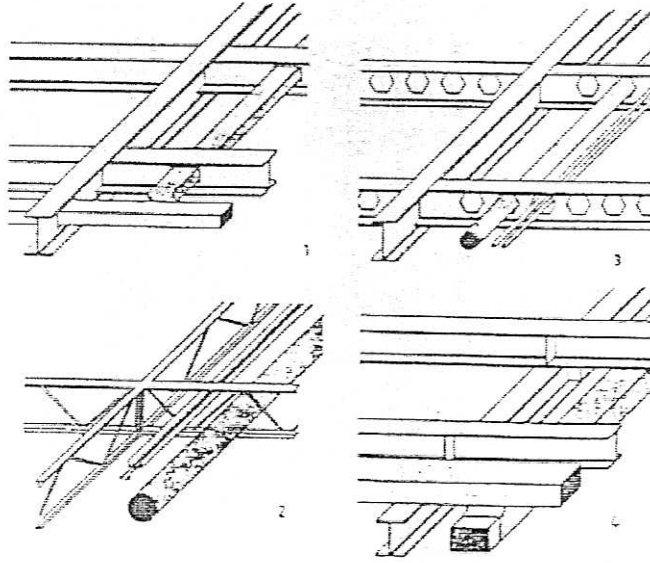
Çelik döşemelerde kirişler, çift T kesitli, 80 cm. – 1 m. aralıkla yerleştirilmiş çelik öğelerdir. Uçlarından duvara gömülen, kenetler ve bağlama kirişleriyle tespit edilen bu kirişler, 80-90 cm. aralıkla yerleştirilen, duvarlara ve kirişlere kenetlenen kare kesitli enleme kirişleriyle birbirlerine bağlanır. Kimi durumlarda enleme kirişleri dairesel kesitli çelik profilden olup, somun-cıvatalı olarak montajı yapılır. Enleme kirişleri üstüne ikincil kirişlere koştur olarak yaklaşık 25 cm. aralıklı ızgara çubukları bağlanır. Böylece gerçekleştirilen kafes üzerine çimento harcı, kuru moloz, boşluklu tuğla, pişmiş toprak dolgu yapılır. [Ünver, 2003]

Döşemeler tasarlanırken, üzerinde yer alacak yüklemelerin döşeme üzerine metrekaşe başına ne kadar olacağı hesaplanmalıdır. Bu hesaplarda döşemenin kendi ağırlığı (ölü ağırlık); taşıyacağı nesneler, insan ve ekipmanın trafiği gibi hareketli yüklemeler söz konusudur.

Isıtma, sıhhi tesisat, elektrik tesisatına ait kabloların durumu gibi mekanik özellikler de önemle üzerinde durulması gereken hususlardır. Kirişler ile de alakalı olan bu konunun döşemeler bünyesinde ele alınması, özellikle döşeme yüksekliğinin belirlenmesinde mimari tasarımı etkileyen bir faktör olduğu için gereklidir. (Şekil 5.37)

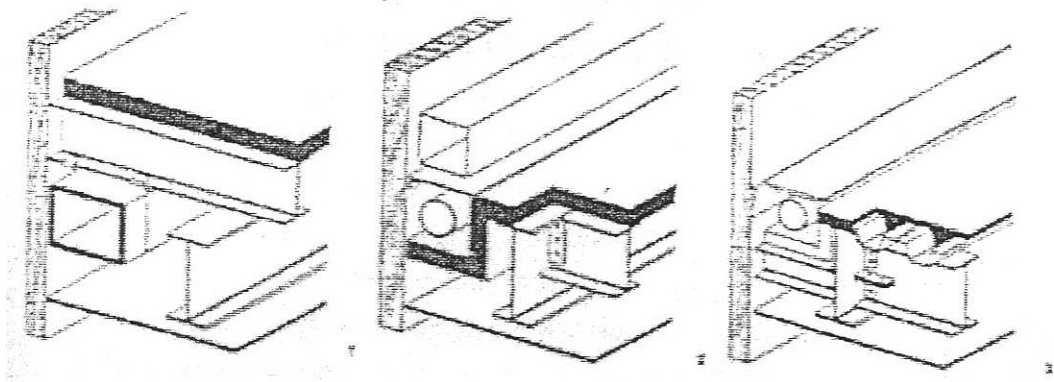
Çoğu binada döşeme ve kiriş sistemini oluşturan taşıyıcı elemanlar ile tesisat kanal ve kabloları aynı düzlem içinde çalışırlar. Bu sistemlere tek bölge tesisat adı verilmektedir. Diğer bir deyişle tesisatı oluşturan ekipmanlar ve kanallar, taşıyıcı

sisteme ait kirişleri uygun noktalarda kesebilmektedir. Bu da bazı durumlarda taşıyıcılık açısından dezavantaj oluşturmaktadır [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001].



Şekil 5.37 Döşeme ile tesisat sistemi ilişkisi.

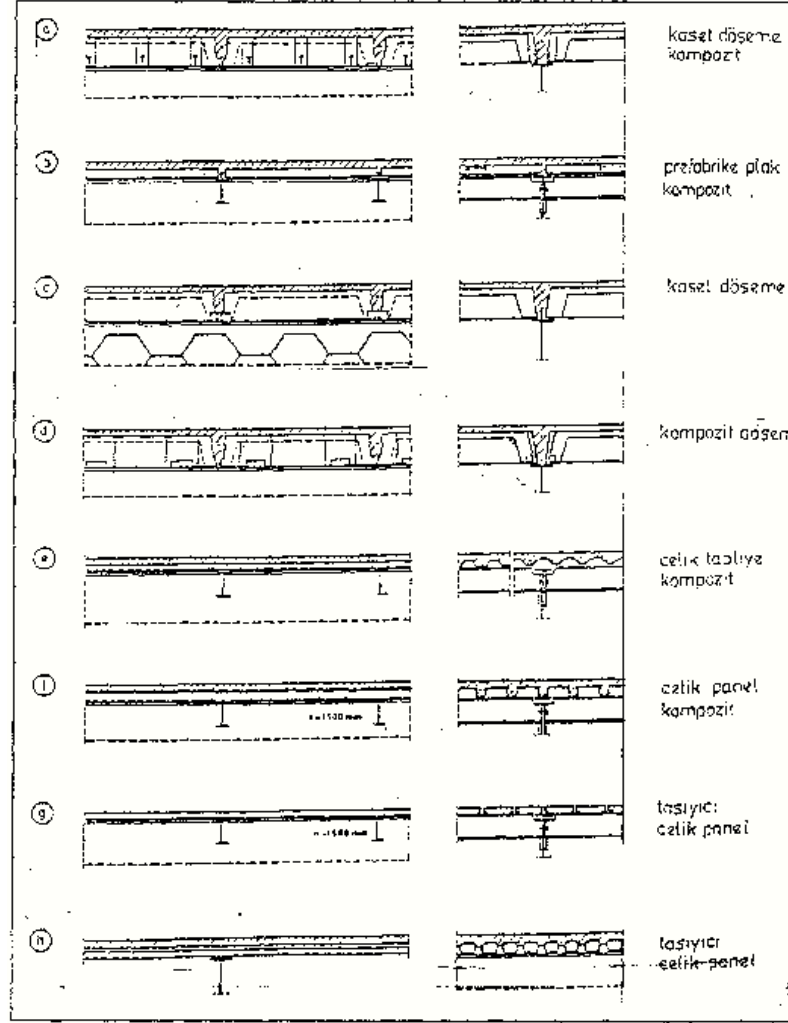
Diğer bir düzenleme şekli de taşıyıcı sistem düzleminin altında bir düzlemi de ek bölge olarak düzenlenmektedir. "Çift bölgeli tesisat" olarak tanımlanan bu düzenlemelerde alt katman tek başına tesisat bölgesi olabileceği gibi (Şekil 5.38 b), taşıyıcı sistem düzlemi ile beraber iki ayrı katman olarak da kullanılabilirler (Şekil 5.38 c) [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001].



Şekil 5.38 a) Tek bölgeli tesisat, b) ve c) çift bölgeli tesisat.

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.

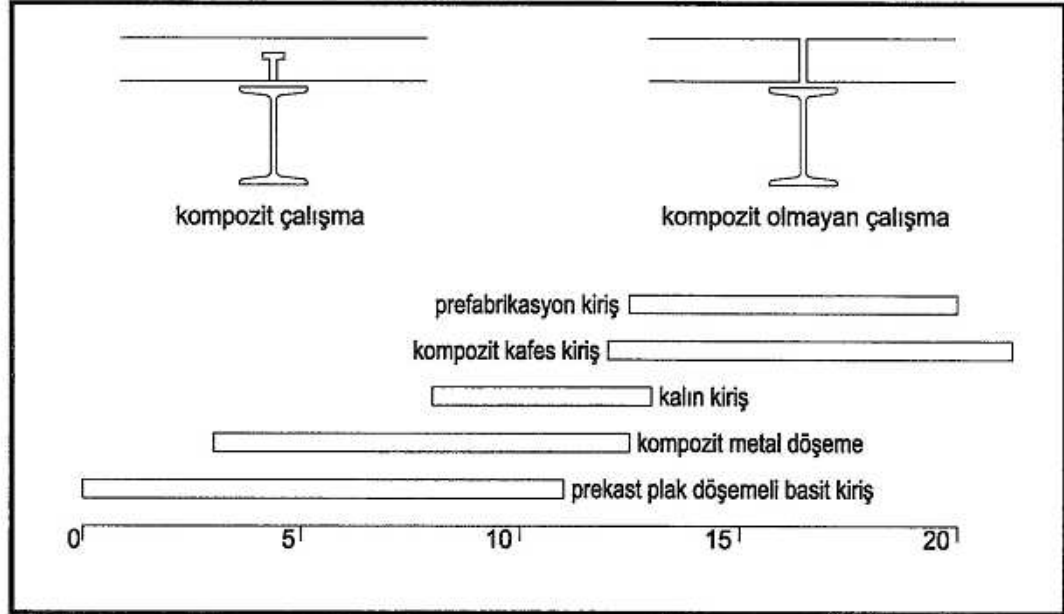


Şekil 5.39 Çelik yapılarda kullanılan döşeme çeşitleri.

Taşıyıcı malzemesi çelik olan iskelet sistemlerde, sistemin bir getirisi olan hafiflik doğrultusunda, bu tip sistemlerdeki 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

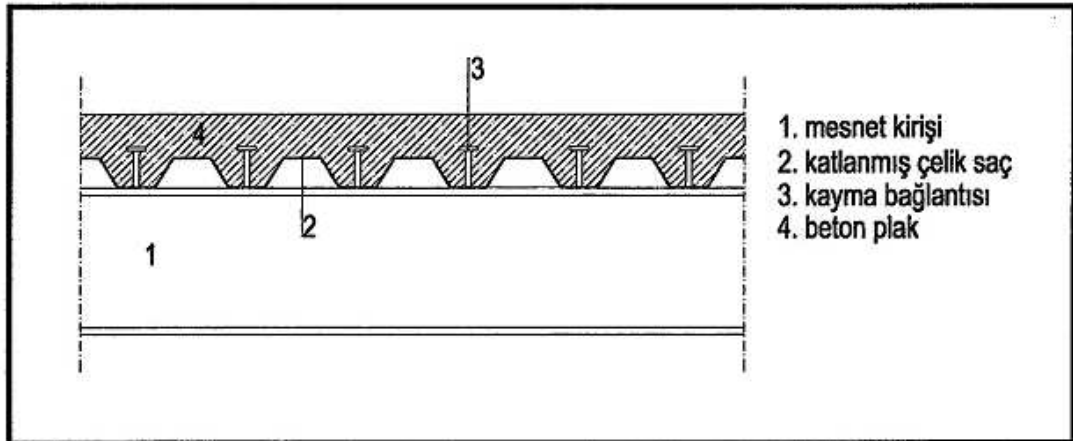
çalışabilirler. Buna göre kullanılabilecek döşeme sistemlerini “kompozit döşeme sistemleri” ve “kompozit olmayan (serbest çalışan) döşeme sistemleri” olarak iki ana gruba ayırabiliriz. (Şekil 5.40)



Şekil 5.40 Döşeme tipleri ve açıklığa göre tercih edilmesi gereken döşemeler.

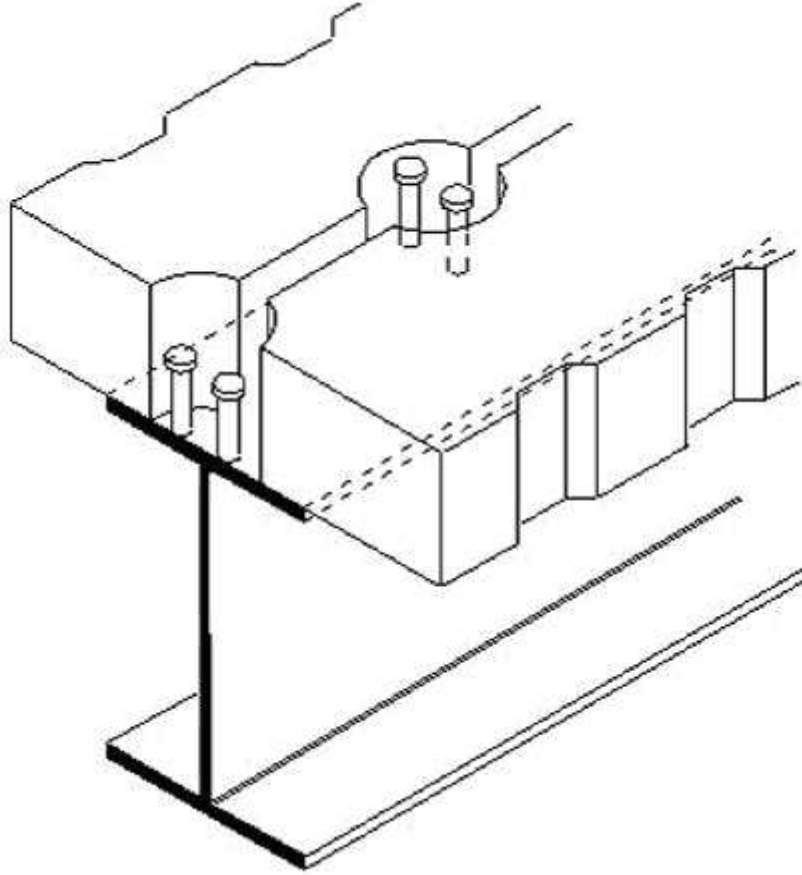
5.3.1 Kompozit Döşeme Sistemleri

Kompozit döşeme sistemlerinde amaç, tüm sistemi birlikte çalıştırabilmektir. Diğer bir deyişle, sistemi taşıyan çelik kirişlerle, trapez döşeme elemanının üzerine dökülen döşeme betonu birlikte çalışır. Bunun amacı, döşemeye gelen düşey yüklerle birlikte yatay yüklerin de kirişlere sağlıklı bir şekilde aktarılabilmesini sağlamaktır.



Şekil 5.41 Tipik kompozit döşeme kesiti.

Kompozit döşeme sistemlerinin inşa edilme uygulamalarında, trapez kesitli sac levhaların, çelik kirişlerin üzerine döşenmesini izleyen işlemde, kirişlere malzemesi gene çelik olan "kesme elemanları (stud)" kaynaklanır. Bu elemanların görevi kirişlerle döşeme betonunun birlikte çalışmasını sağlamaktır. Kesme elemanlarının kirişlere kaynaklanmasından sonra trapez döşemenin üzerine döşeme donatıları yerleştirilir ve ardından da döşeme betonu dökülür.

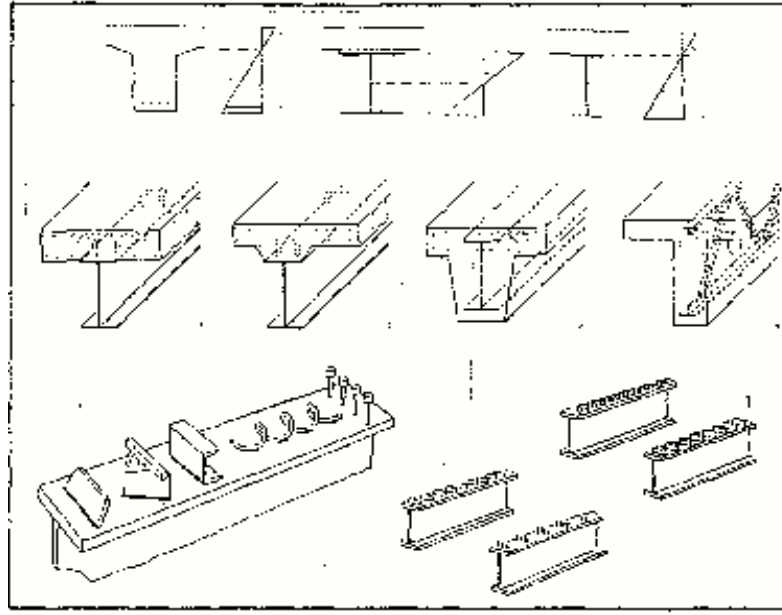


Şekil 5.42 Çelik kiriş üzerinde bulunan kesme elemanı (stud).

Bu sistemde geçilecek olan açıklık, kullanılacak olan trapez sac levhanın şekline ve en kesit özelliklerine bağlıdır. Kompozit döşeme sistemlerini; “yerinde dökme plak kompozit döşemeler”, “prefabrike betonarme plak kompozit döşemeler”, “çelik tabliyeli kompozit döşemeler” olarak üç gruba ayırmak mümkündür.

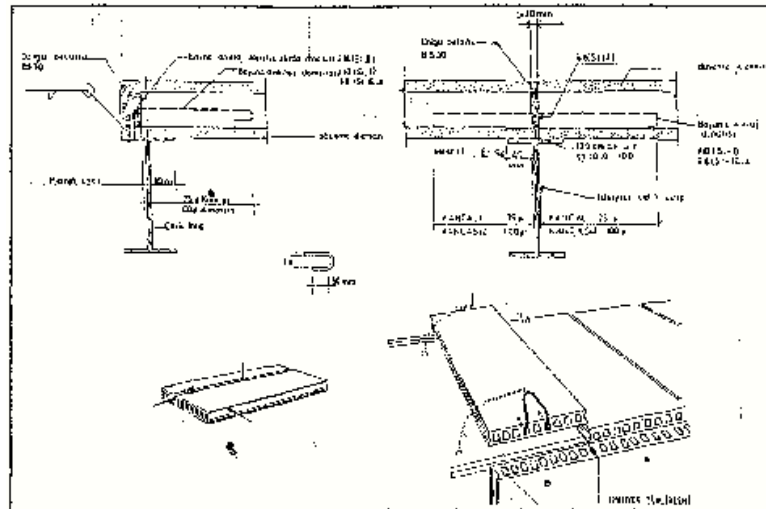
a) Yerinde Dökme Plak Kompozit Döşemeler: Bu tip döşemeler geleneksel döşemeler gibidir. Farklı noktaları çelik kirişlerin üzerinde bırakılan kaymayı önleyici çelik çivi ve kamalardır. Donatıların hazırlanması, beton dökümü gibi

hazırlıklar, yapım süresini uzatması bakımından; yerinde dökme plak döşemelerin olumsuz noktalarıdır. [Uçar, 1998]



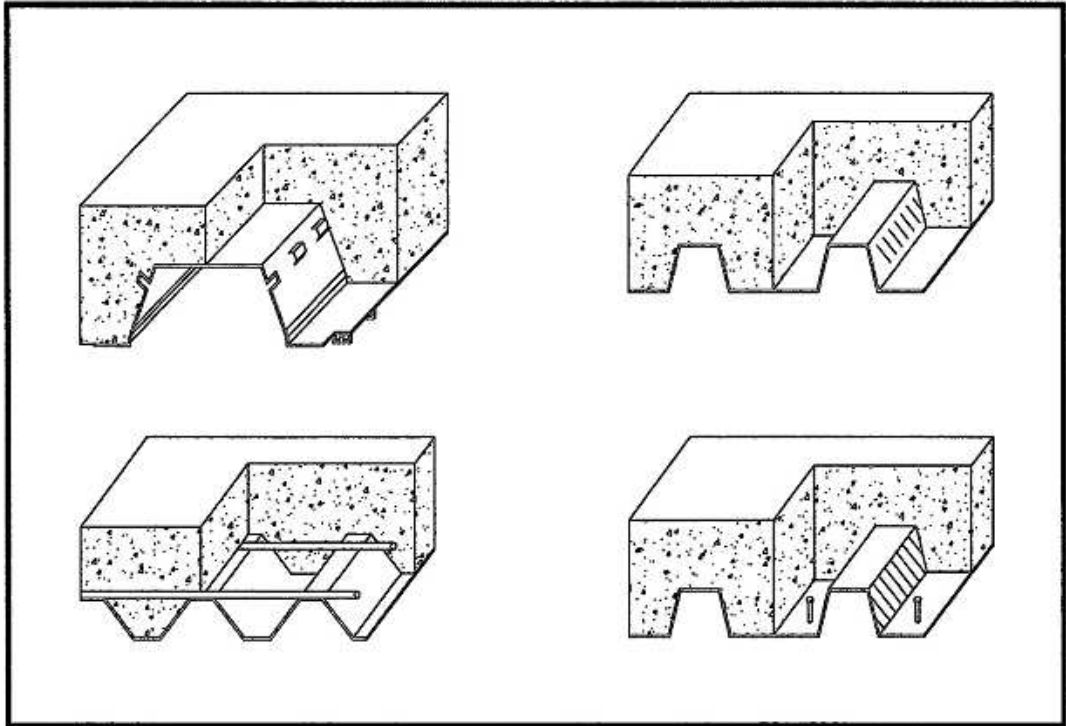
Şekil 5.43 Yerinde dökme plak kompozit döşemeler.

b) Prefabrike Betonarme Plak Kompozit Döşemeler: Prefabrike betonarme plak döşemeler, yerinde dökme plak döşemelerden daha çok çelik taşıyıcı sistemlere uygun döşeme türleridir. Çeşitli boylarda kesilebilme kolaylığına sahip plaklar, ister imalat aşamasında isterse montaj yerinde üzerlerinde bırakılacak boşluklarla çelik kirişlerin üzerine monte edilir. Kirişlerde bırakılan lama veya çelik çivilerin üzerine gelen bu boşluklara daha sonra dozajı yüksek beton doldurulur [Uçar, 1998].



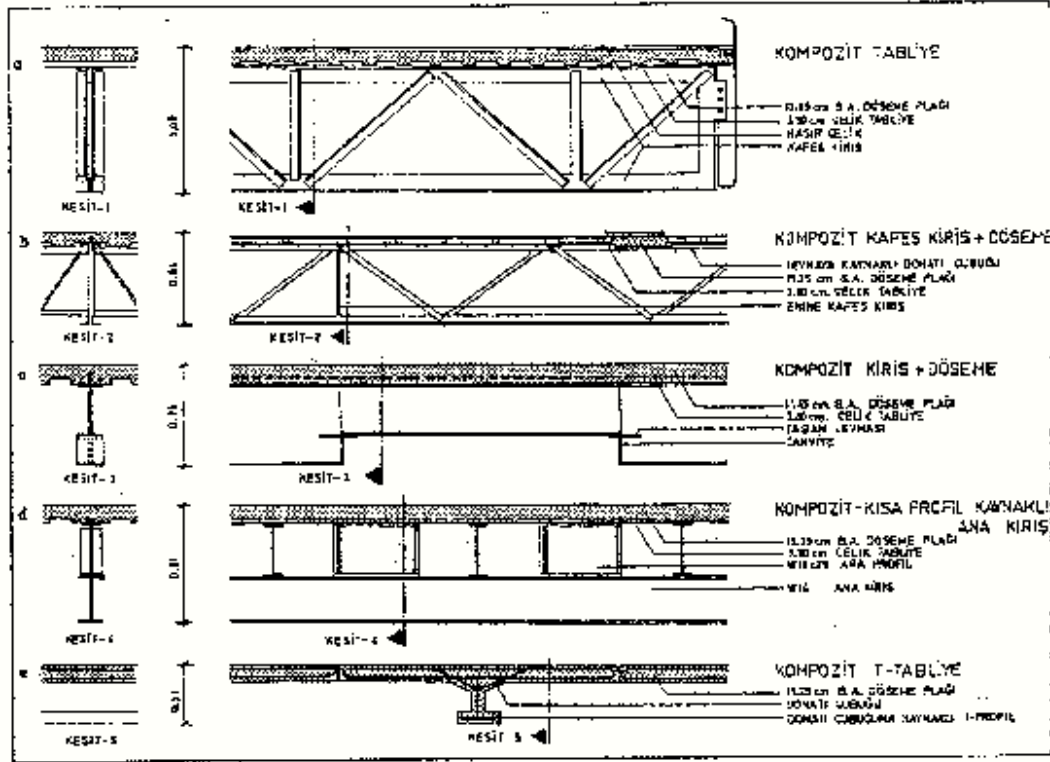
Şekil 5.44 Prefabrike betonarme plak kompozit döşemeler.

c) Çelik Tabliyeli Kompozit Döşemeler: Çelik döşemelerde, düz veya mukavemeti artırmak için form verilmiş çelik levhalar kullanılır. Bu levhalar üzerine yükün dağıtılması yangın ve ses izolasyonu için beton bir tabaka dökülür. Çelik döşemelerin, ağırlığın az olması, çabuk yapımı, kalıp gerekmemesi, montajdan hemen sonra üzerinde yürünebilmesi gibi avantajları vardır. En önemli mahzuru ise taşıyıcı olarak kullanılması halinde yangına karşı korunma gereksinimidir [Uçar, 1998].



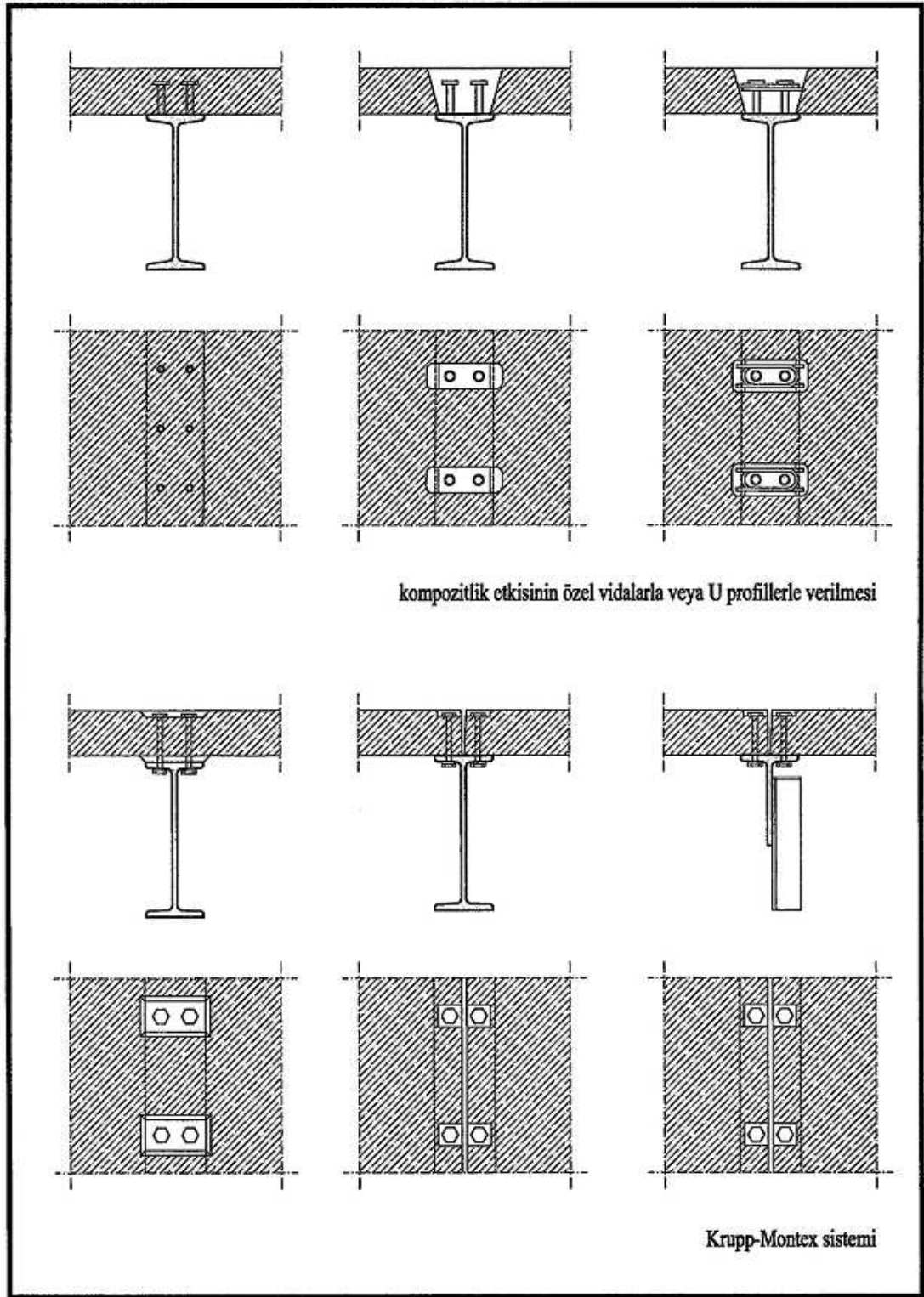
Şekil 5.45 Çeşitli tipte çelik saçlarla döşeme betonu ilişkisi.

Şekil 5.46'da bazı çelik döşeme tipleri gösterilmektedir. Şekil 5.46.a'daki trapezoidal saç levha sadece kalıp vazifesini görmektedir. Donatı yeterince betonla örtülerek döşeme yangına karşı dayanıklı hale getirilmiştir. Şekil 5.46 b,c,d'de beton ile levha kompozit olarak çalışmaktadır. Şekil 5.46.e'de betonarme plak taşıyıcı olup, trapez levha sadece kalıp vazifesi görür. Kirişle döşeme kompozit çalışmaktadır



Şekil 5.46 Çelik tabliyeli kompozit döşemeler.

Kompozit döşemelerde bahsedilmesi gereken bir diğer önemli konu ise kompozit çelik 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 elde edilir. (Şekil 5.47)



Şekil 5.47 Çeşitli tipte çelik saçlarla döşeme betonu ilişkisi.

5.3.2 Kompozit Olmayan Döşeme Sistemleri

Kompozit olmayan döşeme sistemlerinde, döşeme kirişleri ile döşeme birbirinden bağımsız çalışır. Bu yüzden de, söz konusu sistemlerde yalnızca düşey yükler çelik kirişlere iletilir. Yatay yüklerin kirişlere aktarılmasını sağlamak için ayrıca önlem almak gerekir.

Bu tip döşeme sistemlerinin uygulanmasında çeşitli yöntemler kullanılır. Örneğin döşeme kirişlerinin yerleştirilmesinden sonra bunların üzerine prekast döşeme elemanları yerleştirilir. Bir diğer yöntemde de, kirişlerin üzerine trapez levhaların yerleştirilmesinin ardından hasır çelik ve döşeme betonu uygulanır. Bu uygulamanın kompozit döşemelerdeki uygulamadan farkı, kompozit döşeme sisteminde çelik kirişlere kaynatılan kesme elemanlarının, burada kullanılmamasıdır.

Kompozit olmayan döşeme sistemlerinde kullanılan malzemeler yerinde dökme ve/veya prekast betonarme elemanlar olabileceği gibi, lineer ahşap elemanlar, yönlendirilmiş yonga levha (OSB) paneller, çeşitli şekillerdeki çelik levhalar, ve giderek artan bir kullanımı olan taşıyıcı camlar olabilmektedir.

Kompozit olmayan döşeme sistemleri, kompozit sistemlere göre hızlı uygulanabilmesi ve montajının nispeten kolay olması gibi nedenlerle avantajlıdır. Fakat, özellikle kompozit olmayan yerinde dökme ve/veya prekast betonarme döşemelerde kirişler ve döşeme elemanlarının boyutlandırılmalarının birbirlerinden bağımsız yapılmasından dolayı çelik döşeme kirişleri, kompozit sistemdekilere nazaran daha büyük kesitli olur [Korkut, 2001].

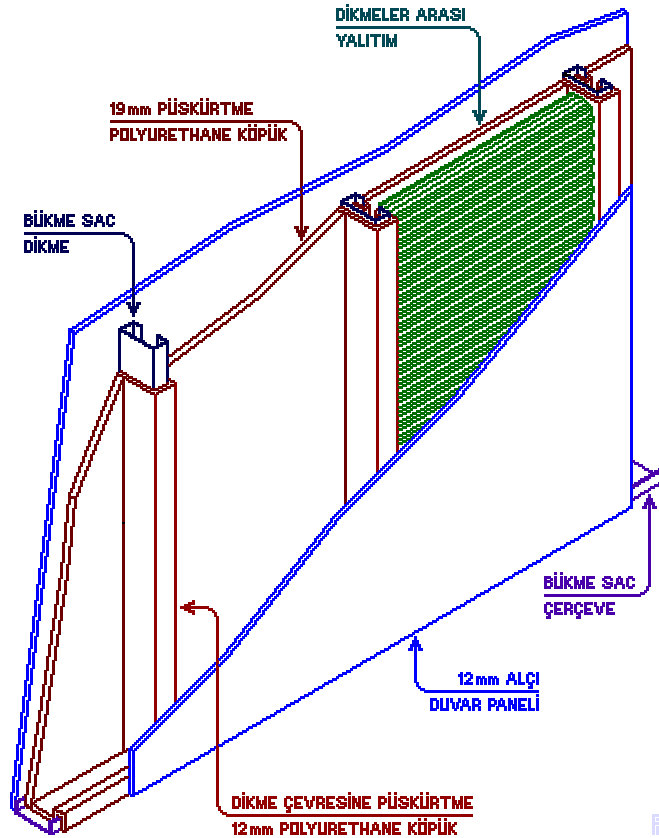
5.4 Duvarlar ve Giydirme Cepheler

Hasol'a göre "Yapılarda taş, tuğla, briket, kerpiç vb. gereçlerle yapılan düşey bölme ögesi." olarak tanımlanır. Çelik yapılarda uygulanan duvar sistemleri genellikle bölücü nitelikli olup, kendi kendilerini taşımak dışında, yapıdaki yüklerin taşınmasında strüktür sistemine herhangi bir katkı sağlamamaktadırlar.

Çelik yapılarda kullanılan duvar malzemeleri tuğla, gaz beton, briket vb. gibi birimsel elemanlar olabilecekleri gibi, daha gelişmiş sistemler olan duvar panelleri kullanımı da söz konusudur.

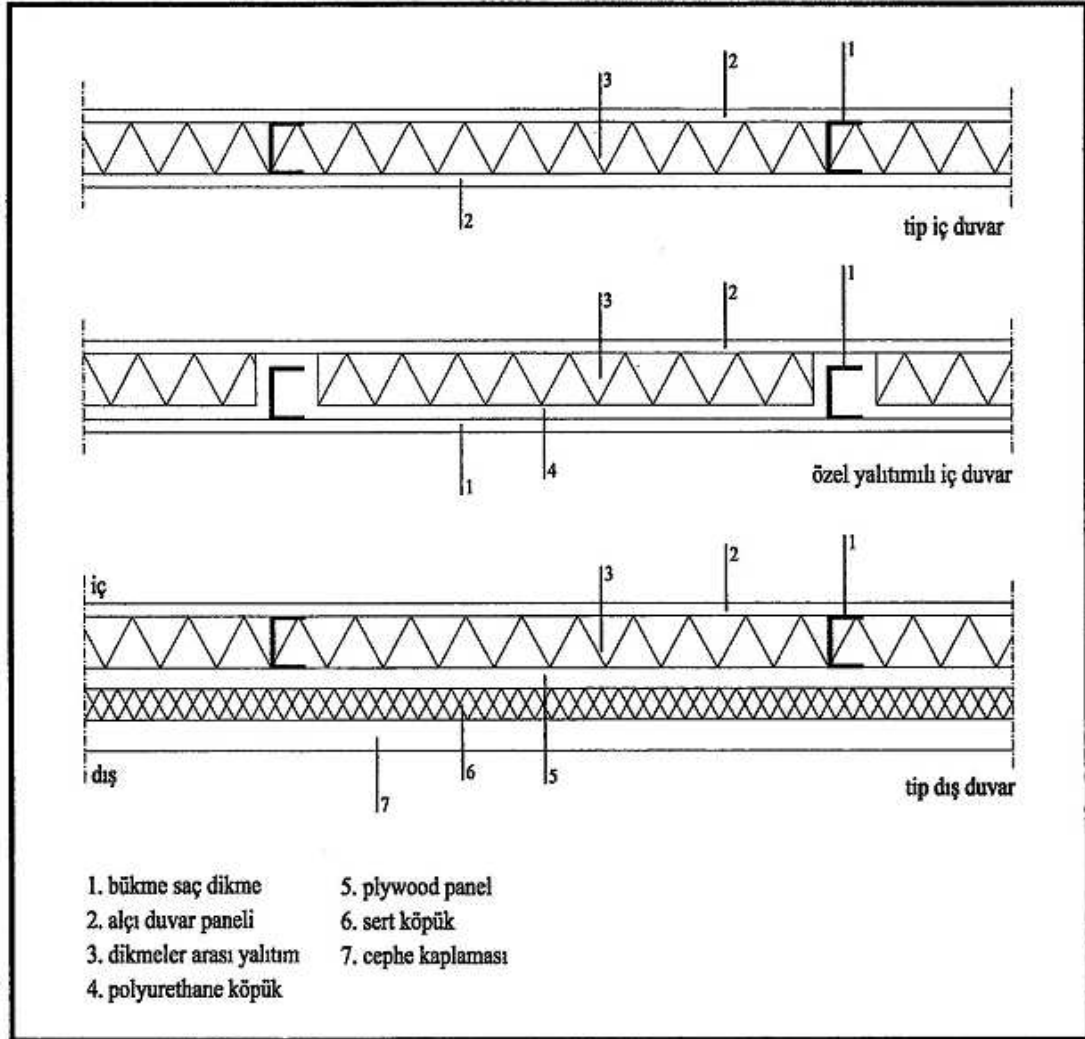
5.4.1 İç Duvarlar

Çelik malzeme kullanılmak suretiyle oluşturulmuş binaların iç mekanlarını oluşturmak ve bölmek amacı ile yapılan iç duvarlar, genellikle prefabrik beton paneller, briket veya tuğla ile de yapılabilmektedir. Ancak, tercih edilen yöntem; galvanizli saçlardan kesilip bükülerek elde edilen "U" ve "C" profillere alçı panellerin monte edilmesidir (Şekil 5.48). Kullanım yerlerine göre kalınlık, su geçirimsizlik ve yangına daha uzun süre dayanım gibi özellikleri olan alçı panellerin arasında yine kullanım yerlerine göre su ve/veya ısı yalıtımı bulunmaktadır.



Şekil 5.48 Çelik taşıyıcılı bir iç duvarın katmanları.

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 (Şekil 5.49).



Şekil 5.49 Hafif panel duvar detayları.

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, iç yüzeyde kalan katman ise, genellikle alçıpan veya kontrplak levhalarla oluşturulur. Bölme duvarı olarak kullanılan hafif panel duvarlar ise sadece çelik

5.4.2 Dış Duvarlar ve Giydirme Cepheler

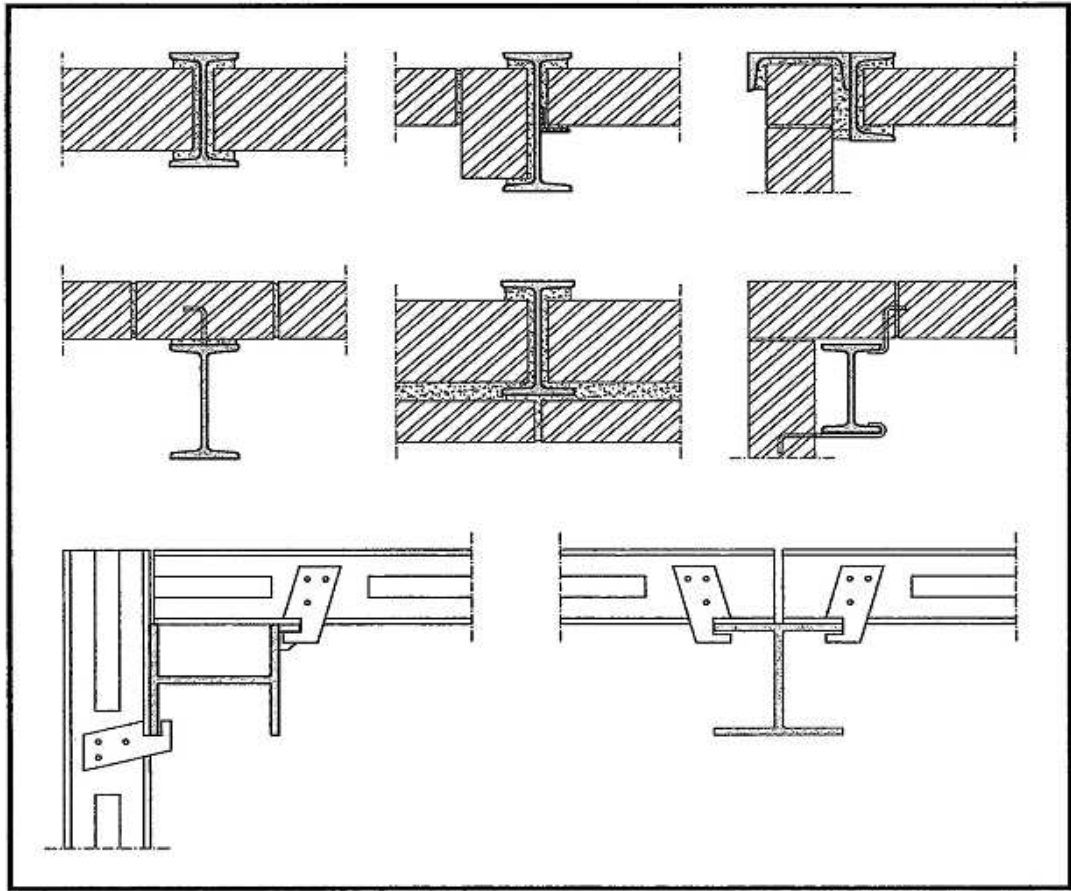
Çelik iskelet sistemlerde dış duvarlardan beklenen özellikler doğrultusunda, dış duvar sistemlerini oluşturacak malzeme seçiminin oldukça titiz ve doğru bir şekilde yapılması, gerek detaylandırma aşamasında gerekse de uygulama aşamasında karşılaşılabilecek zorlukların mutlaka düşünülmesi ve kullanım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

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

Geleneksel yapı malzemeleri olarak kullanılan, tuğla, doğal taş, hafif beton duvarlar 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 çıkarabiliriz. Ayrıca bu tip malzemelerin fiziksel özellikleri sayesinde çelik iskelet sistemlerin dezavantajları da ortadan kaldırılabılır. (Şekil 5.51)

Çelik yapılarda dış duvar malzemeleri, yığma duvarlardaki gibi birimsel elemanlar olabilecekleri gibi farklı türdeki panellerle de oluşturulabilir. Yüksek yapılarda yapının bir an önce maliyetini karşılaması, işler duruma getirilmesi ve kaliteli bir işçiliğe sahip olması açısından, bina kabuğunu oluşturan dış duvar olarak tanımlayabileceğimiz kısımlarda da prefabrik eleman kullanımına gidilmektedir.

Cephe elemanlarında genelde düşey cephe panelleri veya alüminyum, çelik, cam ağırlıklı giydirme cephe elemanları kullanılmaktadır.



Şekil 5.51 Yığma duvar ile çelik elemanlara ait bazı birleşim detayları.

Cephe panelleri kısmi ve kat yüksekliğinde olmak üzere iki şekilde oluşturulur. Ulaşım, şantiyede imal edilebilirlik, yerine montaj kolaylıkları ve vinç kapasitesi gibi faktörler kısmi veya kat yüksekliğinde panel kullanımını etkilemektedir. Genelde düşey cephe panelleri strüktürel davranışlarına bağlı olarak üç gruba ayrılır;

a) Taşınan Paneller: Cephe çerçevesi tarafından taşınır ve yalnızca bölgesel rüzgar yüklerini karşılar. Taşınan paneller yapının yatay ve düşey taşıyıcı elemanları tarafından taşınır. Bunlar kolonlar, kirişler ve döşemelerdir.

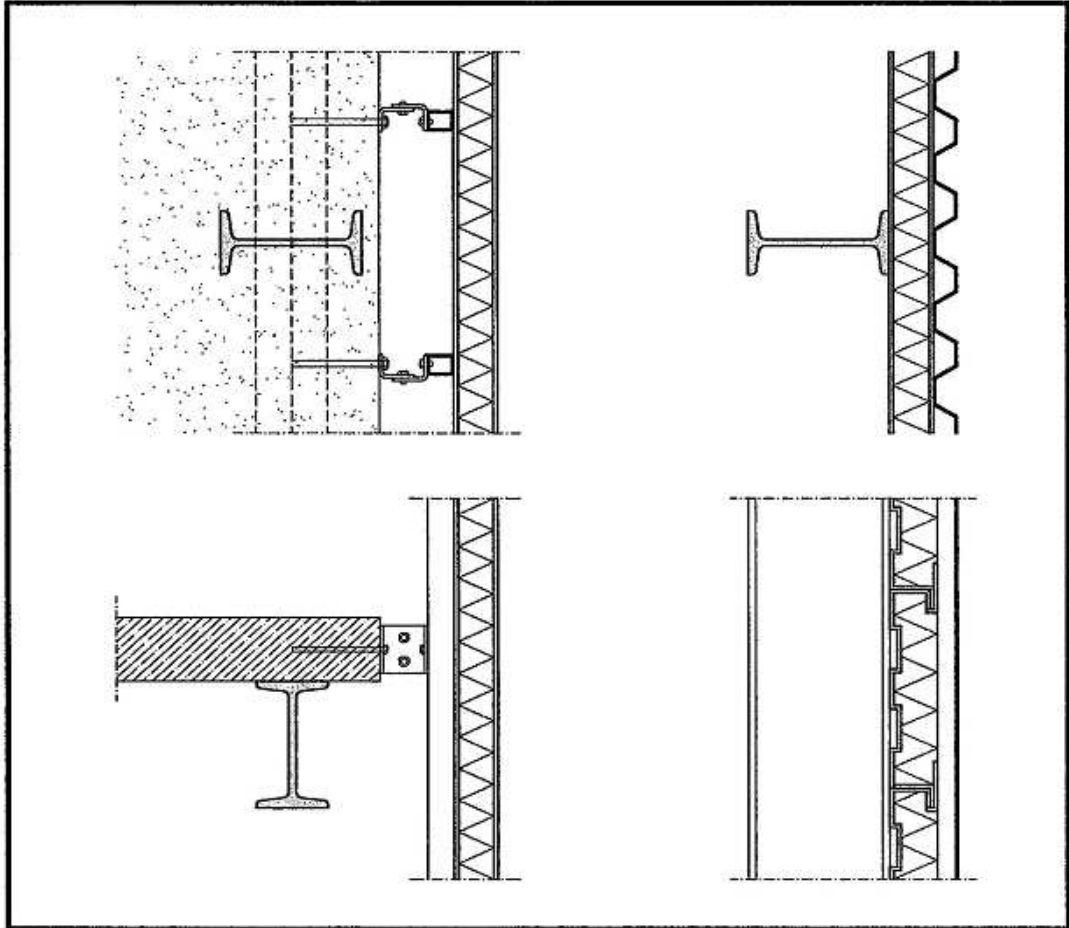
b) Kendi Kendini Taşıyan Paneller : Yapı çerçeveleri tarafından taşınmaz ve döşeme yüklerini almaksızın kendi yüklerini temellere iletirler. Fakat yapıdan ayrı çalışmaması için bulonlarla veya yardımcı elemanlarla yine de yapı çerçevesine bağlanırlar.

c) Yük Taşıyan Paneller: Yapı taşıyıcı sisteminin bir parçasıdır. Genellikle kompozit taşıyıcı sistemli yapılarda kullanılır. Beton yada çelik levhalarla oluşturulmuş delikli duvar sisteminde narin kolon ve kirişler yoktur; bunlar

strüktürel olarak taşıyıcı duvar gibi davranır. Taşıyıcı cephe sistemlerinin tüm cephe boyunca üniform olarak yapılmasına gerek yoktur. Kuvvetlerin daha etkili olduğu bölgede sıklaştırılabilir [Uçar, 1998].

Taşıyıcı cephelerde uygulanan ilkeler, cephe çaprazlamasından cephenin tümüyle bir kafes olarak düzenlenmesine ve cephede çekirdek sistemlerden çok katlı çerçeveye kadar değişiklik gösterir. Bütün bu taşıyıcı cephe sistemleri yapıya etkiyen yükleri taşıma şeklini yansıtır ve yapıya doğal bir estetik kazandırır.

Yukarıda sözü edilen prefabrike paneller izolasyonu, penceresi, aydınlatma . havalandırma ve ısıtma armatürleri ile bitmiş olarak üretilebilirler.



Şekil 5.52 Panel duvarların çelik taşıyıcılarla birleşimlerine ait bazı detaylar.

Duvarlar, pano yada panellerle oluşturulabilir. Panolar duvarda birleşim yeri olan küçük boyutlu elemanlardır. Paneller ise büyük boyutlu elemanlardır ve genellikle

duvardaki ek yerleri görülmez. Pano kullanıldığında çok sayıda eleman ve birçok ek yeri gerektiği için bu sistem Amerika' da yaygın olarak kullanılmaz [Uçar, 1998]. Pano sistemler, büyük kapasiteli kaldırma elemanlarının olmadığı yerlerde tercih edilirler.

Bir büyük panel her döşeme seviyesinde birleştirilerek yatay (çok pencere duvar ünitesi) yada birkaç kat boyunca düşey olarak düzenlenebilir. Prefabrike duvar panelleri, donatılı, normal yada hafif beton, taş, metal, ahşap, plastik gibi çeşitli malzemelerle yapılabilir.

Giydirme Cepheler

Çok katlı bir yapıda döşemelerin önünden geçerek devam eden, bunlara, kirişlere ve kolonlara asılan, taşıyıcı olmayan, çoğu bol camlı dış duvarlara "giydirme cephe" adı verilmektedir [Hasol, 2002]. Diğer bir tanımlamaya göre de [Harris, 2000] giydirme cepheler, herhangi bir çatı ya da döşeme yükü taşımayan, tamamı ya da prensip olarak metalden oluşan, ve metalin cam veya başka kaplama malzemeleri ile kombinasyonu durumunda olan metal çerçeveli dış bina duvarlarıdır.

Giydirme cepheler, betonarme ve çelik gibi iskelet sistemlerin, taşıyıcı duvar mantığını gereksiz kılmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Diğer bir deyişle, geleneksel yapım sistemlerindeki mantık ile taşıyıcılık ve koruyuculuk görevlerinin ikisini birden üstlenen dış duvarlar yerlerini iskelet sistemlerde olduğu gibi taşıyıcılık ve koruyuculuk işlevlerini ayrı ayrı üstlenen elemanlardan oluşan cephe sistemlerine bırakmıştır [Özfiliz, 2002].

Giydirme cepheyi oluşturan elemanların kendi aralarındaki sızdırmazlıklarının sağlanması, başarılı ve etkili bir sonuca ulaşmak açısından son derece önemlidir. Bu sızdırmazlık hava ve su sızdırmazlığıdır. Ayrıca oluşması muhtemel ısı köprülerinin de vaktinde belirlenerek, bunlar hakkında önlem alınması zorunludur. Enerji tasarrufu için bu da yeterli değildir. Kullanılan cephe elemanlarının ısı tutuculuk değerlerinin ulaşılması hedeflenen konfor niteliklerine uygun olacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

Cephe elemanları binayı tüm dış etkenlere karşı korumak amacıyla yapıldığına göre, söz konusu sistemleri oluşturan bileşenler güneş, rüzgar, yağmur, donma gibi tüm dış koşullara açık olacaktır. Dolayısıyla da yıpratıcı etkileri minimuma düşürücü önlemler alınması hem konfor, hem de ekonomi açısından son derece önemlidir [Ünver 2003].

Rüzgar, dış ortamdan iç mekana hava girişine neden olur. Bu sızıntılar, iç mekanda sıcaklık, nem gibi değişkenleri olumsuz yönde etkilemek suretiyle enerji kayıplarını da beraberinde getirir.

Su, atmosferde maddenin üç hali olan katı, sıvı ve gaz halde bulunabilmektedir. Fakat bunlardan özellikle sıvı ve gaz durumunda iken cepheye etki eden su, yani yağmur ve nem etkileri ön plana çıkmaktadır. Bunlar giydirme cephelerde boyutsal değişikliklere ve istenmeyen kirlenme ve bozulmalara yol açabileceği gibi, kabuk bünyesinde biriken suyun kış aylarında donma sebebiyle genleşmesi sonucunda yapı kabuğunu oluşturan bileşenlerde çatlama, kırılma ve konum değiştirme gibi deformasyonlar da oluşabilmektedir. Sonuç olarak da cephe sistemi rüzgar etkilerine karşı da koruyuculuğunu yitirmek suretiyle giderek artan zincirleme bir deformasyon sürecine girmektedir [Özfiliz, 2002].

Tüm bu etkenlerin yapı bünyesinde hasar oluşturabilmesi için, çeşitli şekillerde nüfuz edebilecekleri boşluklar olması gereklidir. Özellikle de elemanların birleşim bölgeleri bu açıdan zayıf noktalar oluşturmaktadır. Gerek yerçekimi, gerekse yağmurun kinetik enerjisi veya kapilarite vasıtası ile yapı bünyesine bu tip boşluklardan rahatlıkla nüfuz edebilmektedir. Buradaki geçişin diğer bir nedeni de, genellikle kompozit olarak oluşturulan giydirme cephelerin farklı malzemelerden ibaret olan bileşenlerinin fiziksel özelliklerinden dolayı farklı çalışmalarıdır. Conta ve macunlar, bu noktalarda kullanılabilecek sızdırmazlık gereçleridir.

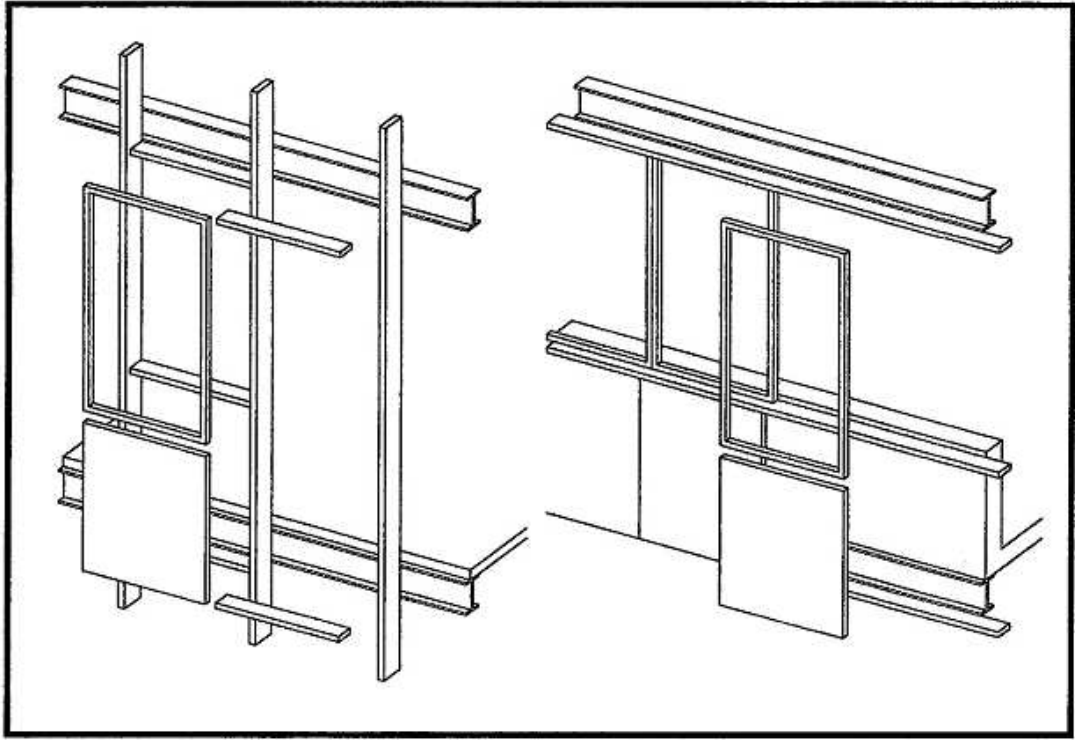
Suyun cephe bünyesine girişini engellemenin bir yolu da cephede üst üste binen paneller kullanılması ve bu sayede suyun dışarı yönlendirilmesidir. Ayrıca, cepheye

sürülen itici kimyasallar suyun sistem üzerinde minimum süre zarfında yer almasını ve uzaklaşmasını hedeflemektedir.

Nem sorunu için en etkili korunma yöntemi giydirme cephe sistemi içerisinde buhar kesici bir tabakanın yer almasıdır. Bu uygulanmadığı takdirde ve metal levha gibi geçirimsiz bir yüzey bulunmasından ötürü duvarın iç katmanlarının havalandırılmasına olanak tanınmalıdır. Böylece su buharı, ısı yalıtımına zarar vermeyecek şekilde sistem bünyesinden uzaklaştırılabilir [Ünver 2003].

Giydirme cepheler ile ilgili diğer bir önemli problem ise genleşmedir. Bilindiği gibi doğadaki tüm maddelerin malzeme özelliklerine bağlı olarak belirli miktarda genleşmeleri doğaldır. Giydirme cepheler gibi farklı malzemelerin ve özellikle de metal gibi genleşme değeri yüksek malzemelerin kullanılması problemi oluşturmaktadır. Özellikle yüksek yapılarda güneşin vurduğu cephe ile, bu yöne göre arka tarafta kalan cephe arasındaki genleşme miktarları farkı, küçümsenmeyecek düzeyde ciddi boyutsal farklılaşmalara neden olabilmektedir. Bu problemin yarattığı sonuçları en aza indirmek, cephe sisteminin iç kısmının iklimlendirilmesi gibi yüksek teknoloji gerektiren şekillerde gerçekleştirilebilir.

Giydirme cephe teşkilinde taşıyıcı eleman olarak görev alması için kullanılan yatay ve düşey çubukların arasına hafif dolgu malzemelerinin gelmesi ile oluşturulan sistemlere "çubuk sistemler" adı verilmektedir (Şekil 5.53). Bu sistemlerde cepheye ait taşıyıcı çubuklar genellikle alüminyum gibi hafif metallerden üretilmiş profillerdir. Bu profiller, binaya ait kolon, kiriş ve döşeme gibi çelik taşıyıcı sisteme ait elemanların bünyesine monte edilirler. Bu tip cepheler için uygulanan diğer bir seçenek ise, yine (Şekil 5.53)'de görülebileceği gibi düşey elemanların değil, yatay profillerin de taşıyıcılık görevi üstlendikleri "bant cephe" olarak tabir edilen sistemlerdir [Hart ve diğ., 1985].



Şekil 5.53 Düşey (çubuk) ve yatay (bant) giydirme cephe tipleri.

Mimari projede cephenin tasarlanmasında sadece şeffaf yüzeylere değil, bir takım opak kısımlara da ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu ihtiyaca "panel sistemler" cevap verebilmektedir. Bunların oluşturulmasında kullanılan panel bileşenler, genellikle projenin gerektirdiği şekilde ve kat yüksekliği ile eşdeğer olarak boyutlandırılarak şantiyeye getirilmiş prekast elemanlardır. Bu tip elemanların en avantajlı özelliklerinden biri, cepheye çok hızlı olarak monte edilebilmeleri, daha da önemlisi, montajın bina içinde gerçekleştirilebilme olanağı sağlamasıdır. Ayrıca sızdırmazlık dirençleri, çubuk sistemini oluşturan bileşenlere kıyasla daha yüksektir. Çünkü paneller genellikle çok katmanlıdır ve dış katmanı oluşturan genellikle metal malzemenin arkasında poliüretan yalıtım tabakaları bulunmaktadır [Özfiliz, 2002].

Dış duvarların ve giydirme cephelerin oluşturulmasında kullanılan panel tiplerini;

- a) Beton Duvar Panelleri
- b) Kagir Duvar Paneller
- c) Metal Duvar Paneller
- d) Cam Giydirme Cepheli Paneller

Olarak 4 gruba ayırmak mümkündür.

a) **Beton Duvar Panelleri**

Isı değişimleri ile oluşan çatlakları ve yanal deformasyonu kontrol için beton panellere ön gerilme uygulanabilir. Prefabrik beton paneller, taşıyıcılık ve estetik açıdan çeşitli şekillerde yapılabilir.

1. Dolu Kesitli Paneller : Bunlar tek tabakalı yada çok tabakalı yapılabilir. Örneğin dışta 15 cm kalınlığındaki çok tabakalı bir panel ortasındaki 5 cm izolasyon tabakası, 5 cm kalınlığındaki taşıyıcı olmayan betonla korunabilir. Isı gerilmelerini azaltmak için taşıyıcı beton plak içte olmalıdır ve dıştaki taşıyıcı olmayan beton plağın bir miktar hareketine izin verilebilir.

2. Boşluklu Kesitli Paneller : Paneller içindeki boşluklardan yalıtım amaçlı yararlanılabilir, buralara boru ve kablolar yerleştirilebilir.

3. T Paneller : Tek yada çift T şeklinde üretilen standart hazır yapım panellerdir. Kirişli döşeme sistemleri için çok uygundurlar. Duvara kirişlerden gelen tekil yükler doğrudan doğruya T'nin gövdesine (kolonlara) etkir ve T'nin başlıkları örtü elemanı olarak davranır.

4. Dalgalı Paneller : Yapı cephesinde katlanmış yada dalgalı şekilli paneller kullanılabilir. Bunlara yapının iç kısmında düzlem paneller tutturulur. Duvar, izolasyonlu çok tabakalı bir panel olarak da düzenlenebilir.

5. Nervürlü Paneller : Duvarın kalınlığı azaltılmış ve burkulmaya karşı düşey nervürlerle sağlamlaştırılmıştır. Panellerin sürekliliğine ve pencere açıklıklarının sayısına bağlı olarak uçak dış yüzeyine benzer şekilde gerilmiş bir yüzey davranışına ulaşılır.

6. Kutu Paneller : Kutu şeklindeki pencere çerçeveleri taşıyıcı duvarları oluşturur. Üniteler yatay yüklere karşı bir Vierendeel kiriş davranışı gösterecek şekilde, panelin Yüksekliğine bağlı olarak bir yada birkaç katta bir yatay bağlanabilir. Düşey yükler, çerçeve şeklindeki duvarın kolonlarıyla karşılanır.

7. Izgara Paneller : Burada Vierendeel kiriş yerine ızgara şeklinde bir çeşit kafes kiriş kullanılır. Geometrisi nedeniyle sistem sağlamdır.

8. Üç Boyutlu Paneller : Buraya kadar açıklanan paneller yüzeysel ve iki boyutludur. Eğer plağa uzun kollu bir U şekli verilirse bu üç boyutlu şekil duvarın

rijitliğini artırır. Rijitliğin bu şekilde artırılması ile taşıyıcı üniteler arasında taşıyıcı olmayan alın kirişleri kullanılabilir.

b) Kagit Duvar Paneller

Çekme , kesme ve bağ dayanımı az olan donatısız kagit yapı, tasarımcıları yalnızca düşey yükleri karşılayan tasarımlara zorlamıştır. Hafif yapım tekniği araştırmaları sonucunda çimento harcının yapışma ve çekme dayanımları artırılarak, harcın mukavemeti doğal malzemenin mukavemetine yaklaşmıştır. Dayanımdaki bu artıştan dolayı taş paneller artık hiçbir donatı kullanılmadan üretilmektedir.

c) Metal Duvar Paneller

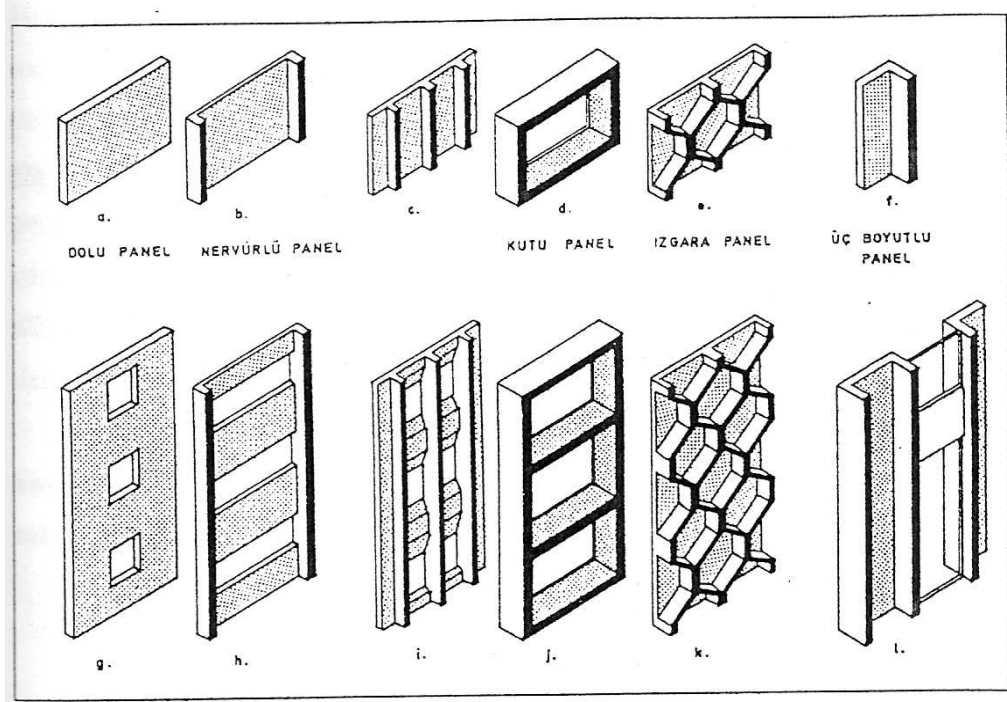
Metal panellerde çelik yada alüminyum kullanılabilir. İki tip duvar sistemi vardır. Bunlar; Sandviç paneller ve kabaralı panellerdir.

1. Tek yada Çift Levhalı Sandviç Paneller : Bir sandviç panel, düz yada dalgalı, hava şartlarına dayanıklı, düşey nervürlerle mukavemeti artırılmış ince bir metal levha ile oluşturulur. Daha yüksek taşıma kapasitesine ulaşmak ve yatay destek kullanmamak için iç yüzeyde de taşıyıcı levha düzenlenebilir. İki metal levha arasına izolasyon tabakası olarak poliüretan köpük yada cam yünü konulabilir

2. Kabaralı Paneller : Kabaralı duvar sistemi geleneksel ahşap kadronlu duvar sistemine benzer. Plak ve kabaraalar soğuk çekme metal levhadan üretilir. Kabaraalar dış metal levhanın iç yada dış yüzeyine kaynaklanır.

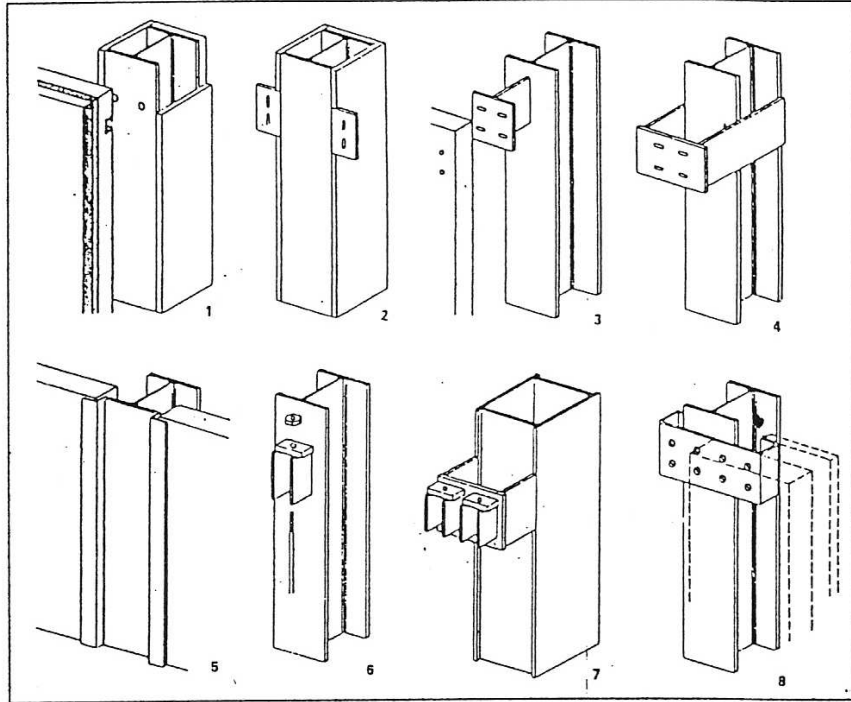
d) Cam Giydirme Cepheli Paneller

Çelik taşıyıcı sistemli yapılarda en çok tercih edilen sistemlerden birisi de cam giydirme cephe cephelerdir. Cam giydirme cepheler günümüzde standart boyutlarda veya özel sipariş üzerine fabrikalarda üretilmektedir. Güneş kırıcı, ısı tutucu, darbelere karşı kolay dağılmayan, kurşun geçirmeyen, renkli yüzeylere vb. özelliklere sahip pek çok çeşitleri vardır.



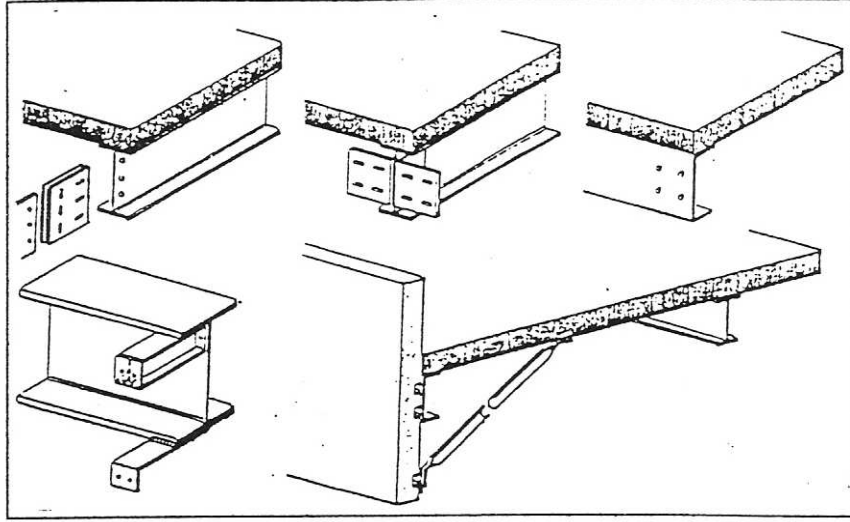
Şekil 5.54 Taşıyıcı prekast cephe panelleri.

Cephe elemanlarının kolonlarla olan bağlantılarında birleşimi kolaylaştırmak için kolon ve cephe panellerinde bağlantı elemanları düzenlenir. Böylece yapım daha hassa, hızlı ve kaliteli bir işçilikle gerçekleştirilmiş olur. (Şekil 5.55)



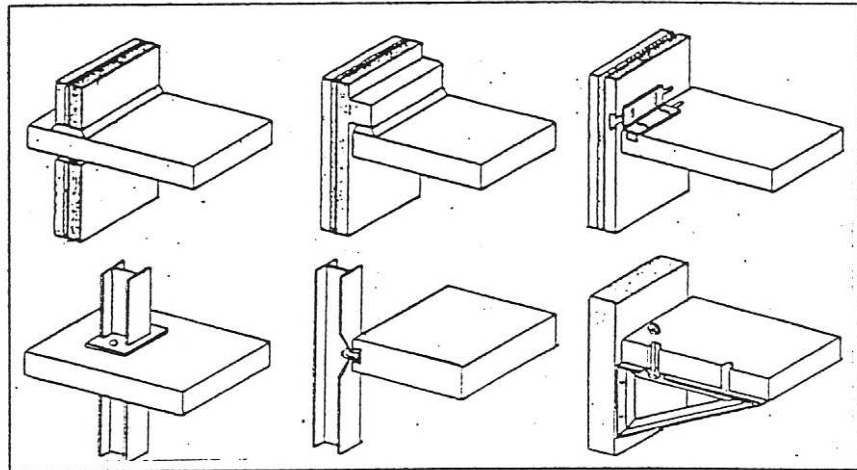
Şekil 5.55 Cephe elemanlarının kolonlara bağlanması.

Cephe elemanlarının kirişlerle birleşimlerinde daha özenli bir işçilik gerekmektedir. Panellerin çelik kirişlere bağlantısını kolaylaştırmak için kolonlarda olduğu gibi hem kiriş üzerinde hem de cephe elemanlarında birtakım düzenlemelere gidilir. Bağlantılarda genel olarak bulon ve perçin kullanılır. (Şekil 5.56)



Şekil 5.56 Cephe elemanlarının kirişlere bağlanması.

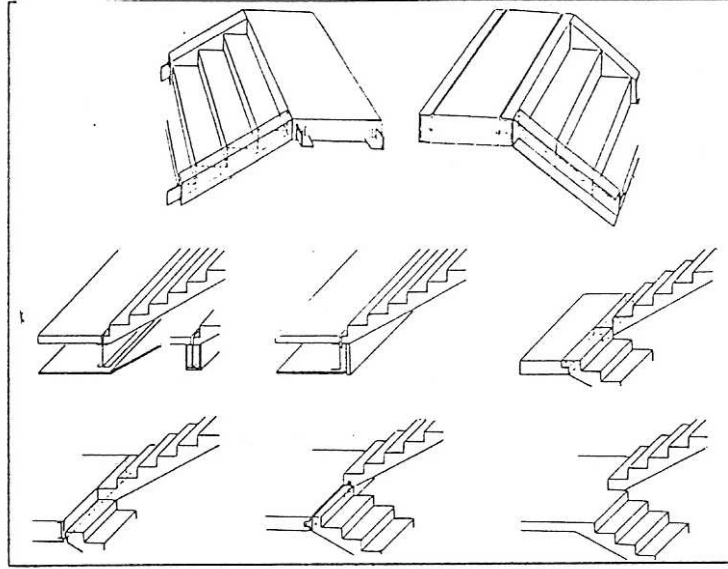
Cephe elemanının döşemelerle olan bağlantılarında, taşıyıcılık görevini döşemeler üstlendiğinden, genellikle cephe elemanları döşeme üzerine binili olarak sabitlenir. Bağlantılarda genel olarak bulon ve perçin kullanılmakla beraber kaynak kullanımı da söz konusudur. (Şekil 5.57)



Şekil 5.57 Cephe elemanlarının döşemelere bağlanması.

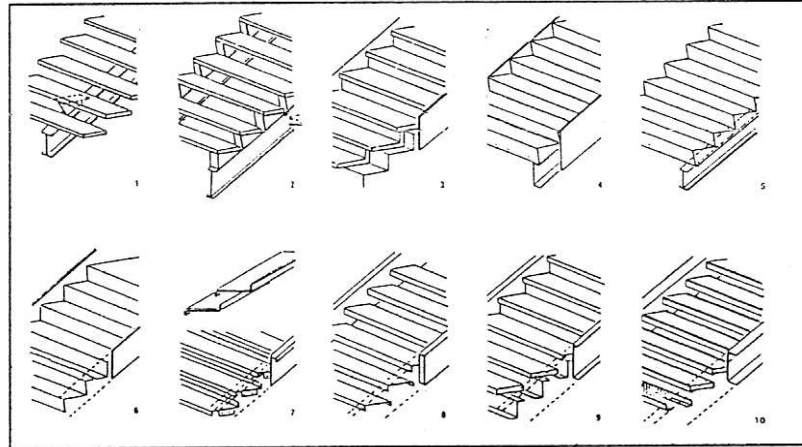
5.5 Merdivenler ve Birleşim Detayları

İster çelik çerçeve sistemli bir yapıda isterse diğer sistemlerle inşa edilen bir yapıda çeliğin en çok kullanıldığı yerlerden biri de merdivenler ve onun bileşenleridir.



Şekil 5.58 Merdivenlerin mesnetlerle olan ilişkisi.

Çelik çerçeve sistemlerde sistemin hızlı, kolay ve kaliteli bir şekilde inşa edilmesi istenildiği için, genelde bitmiş yapı elemanlarının şantiyede basit yöntemlerle yerine montajı yeğlenir. Bu yapının bileşenlerinden merdivenler içinde geçerlidir. Kullanılan merdivenler sistem olarak “Betonarme Prefabrik Merdivenler” ve “Çelik Merdivenler” olarak ikiye ayrılır.



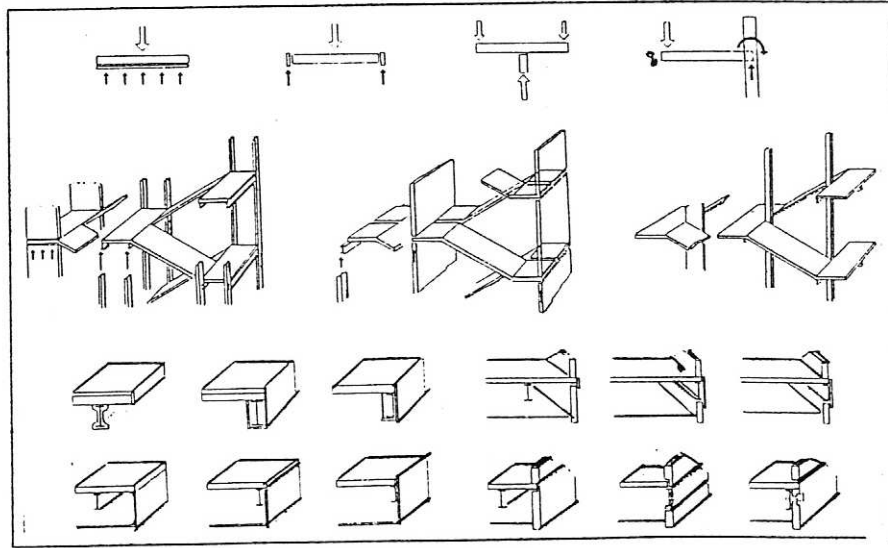
Şekil 5.59 Basamakların oluşturulması.

5.5.1. Betonarme Prefabrik Merdivenler

Çok katlı çelik çerçeveli yapılarda genelde betonarme prefabrik merdivenler tercih edilir. Bu merdivenler fabrikada veya şantiyede verilen ölçülere göre mili metrik olarak, döşeme kaplamasına kadar bitmiş olarak üretilebilir veya basamak kaplama malzemelerini sonradan döşeme üzerine eklemek de mümkündür. Merdiven kaplama malzemeleri günümüzde oldukça çeşitlidir. Suni granit, doğal granit, mermer, famerit, karo mozaik gibi malzemeler kullanılmaktadır.

5.5.2. Çelik - Merdivenler

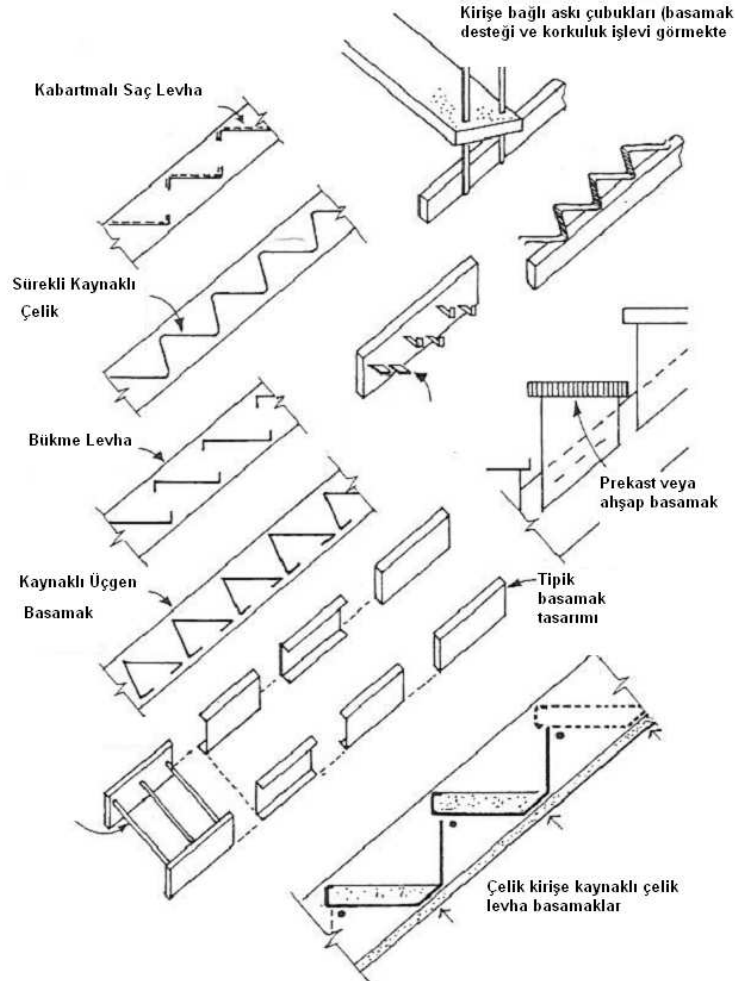
Çok katlı çelik çerçeveli yapılardan ziyade, fazla katlı olmayan betonarme veya çelik taşıyıcılı binalarda da çelik merdivenler kullanılmaktadır. Mekana estetik açıdan da değer kazandırdığı için çelik merdivenler çok çeşitli biçimlerde uygulanmaktadır.



Şekil 5.60 Çelik merdivenler.

Çelik merdivenler, çeşitli profiller kullanılarak elde edilmesinin yanı sıra günümüzde birçok firma tarafından prefabrik olarak da üretilmektedir. Türkiye'de dönel ve çatı arası ulaşım merdivenleri prefabrik olarak üretilmektedir. Çelik merdivenlerle ilgili olarak Almanya' da yapılan bir çalışmada değişik merdiven genişliği, farklı kat yükseklikleri ve etkiyen çeşitli yüklere göre çelik merdiven

yapımını kolaylaştıran standart çizelgeler elde edilmiştir. Bu çizelgelerde çelik merdiveni oluşturmak için değişik profil alternatifleri de bulunmaktadır.



Şekil 5.61 Standartlaşmış çelik yüzey merdivenler.

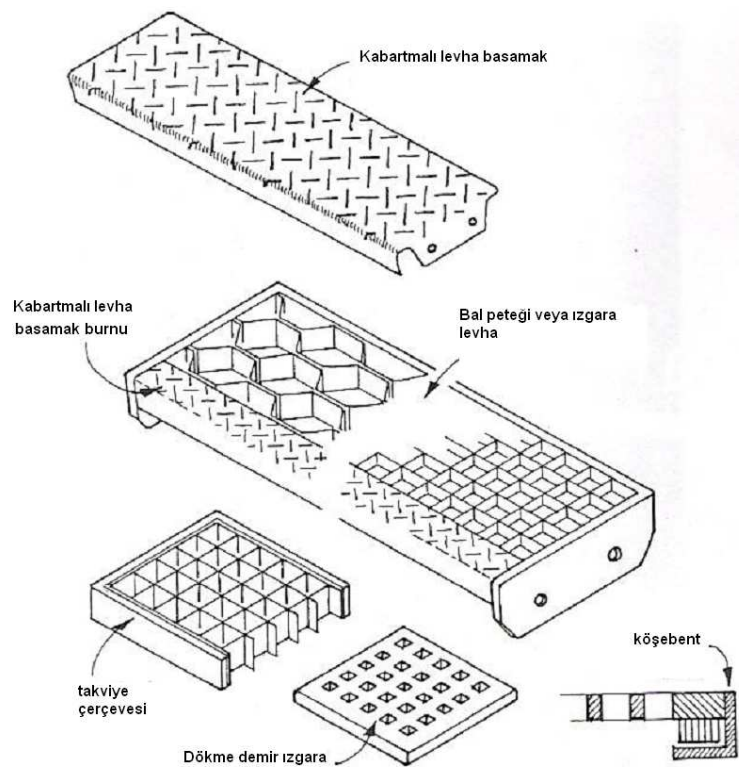
Çelik merdivenler taşıyıcıları açısından 4 kategoride incelenebilir;

a) İki Yandan Mesnede Ankastre Merdivenler: Bu merdiven sisteminde basamaklar kaynak veya perçinle iki yandaki kirişlere taşınmaktadır. Bu sistemde genellikle ana taşıyıcıları U ve L profiller ve sac levhalar oluşturmaktadır. U ve L profiller merdivenin taşıyacağı yük, kat yüksekliği vb. şeyler göz önüne alınarak boyutlandırılır. Ayrıca U profillerin birleştirilerek kutu profil kesiti oluşturması ile değişik biçimlere gidilmektedir. Sac levhaların enleri merdiven eğimine göre farklılık gösterse de kalınlıkları 10 mm' den az olmamaktadır.

b) İki Yandan Mesnede Oturan Merdivenler: Bu merdiven sisteminde basamaklar kaynak veya perçinle altlarındaki kirişlere taşınmaktadır. Bu sistemde taşıyıcı olarak çoğunlukla I ve özel kesitli kutu profiller kullanılmaktadır.

c) Ortadan Mesnede Oturan Merdivenler: Bu merdiven sisteminde tek bir kiriş basamakları alttan ve ortadan taşımaktadır. Bu sistemde ana taşıyıcı genellikle özel kesitli kutu profil veya özel boru profiller olmaktadır. Profillerin kesitleri yukarıda değindiğimiz etkenlere bağlı olarak kutu profillerde 100 / 100 / 4 mm - 400 / 400 / 12.5 mm kadar değişmektedir. Özel imal edilen boru profiller ise 101.6 / 4.5 mm ile 508 / 8.8 mm arasında bulunmaktadır.

d) Tek yandan Mesnede Oturan Merdivenler (Konsol): Bu merdivenler çoğunlukla yuvarlak yani dönel merdivenlerdir. Yukarıda da değindiğimiz gibi bu merdivenler büyük oranda prefabrik olarak üretilmekte ve şantiye yerine monte edilmektedir. Bu merdivenlerin rıhtlarını hassas bir şekilde ayarlayarak çeşitli kat yüksekliklerine uygun duruma getirmek mümkündür. Örneğin Türkiye'de faaliyet gösteren bir firma 2215 mm - 3035 mm arasında Prefabrik çelik merdiven üretimi yapmaktadır.



Şekil 5.62 Merdiven basamaklarında çelik kabartmalı levhalar ve açık ızgaralar.

5.6 Çatılar ve Çatı Konstrüksiyonları

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de görev yapan mimar ve inşaat mühendislerinin çoğunun karşılaştığı en yaygın çelik yapı türü çatı konstrüksiyonlarıdır. Bunun en önemli sebeplerinden biri de ülkemizde son yıllarda gerçekleştirilen sanayi kuruluşlarında kullanılan üretim yapılarının çelik olarak inşa edilmesidir. Buna ek olarak, ana taşıyıcı sistem hangi teknoloji ve malzeme kullanılarak yapılmış olursa olsun, az önce bahsedilen binalar da dahil olmak üzere tüm yapıların bünyelerinde “aşık” ve “çatı makası” gibi elemanlar çoğunlukla yer almaktadır.

Çatı sistemlerinin oluşturulmasında dikkate alınması gereken yükler temel olarak iki grupta incelenebilir. Bunlardan ilki, çatıyı oluşturan elemanların öz ağırlıklarıdır. Bu öz ağırlıklar, elemanların aralıklarına, geçtikleri açıklıklara ve çatı sisteminin oluşum biçimine bağlıdır.

Dikkate alınması gereken diğer yükler ise yönetmeliklerin saptadığı ve çatı sistemine dıştan gelen etkilerdir. "TS 498 - Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yükler" şartnamesi içeriğinde bulunan ve çatı sistemini oluşturan taşıyıcı elemanların hesabında kullanılacak dış etkiler **Bölüm 2.3** “Yapıyı Etkileyen Yükler” kısmında açıklanan “kar yükü” ve “rüzgar yükü”dür.

Çatı sisteminin oluşturulması ve kullanım sürecinde temel olarak 5 yapı elemanı sistem bünyesinde yer almaktadır. Bunlar "çatı örtüsü", "mertekler", "aşıklar", "çatı makasları" ve "çatı stabilite bağlantıları"dır. Ancak, tüm çelik konstrüksiyon çatılarda bu elemanların hepsi kullanılması gibi bir zorunluluk bulunmamaktadır. Bazı çelik konstrüksiyon çatıların oluşturulmasında, kullanılan örtü malzemesinin türüne bağlı olarak, yukarıda sayılan elemanlardan biri veya birkaçının kullanımına gerek kalmayabilir [Odabaşı, 1981].

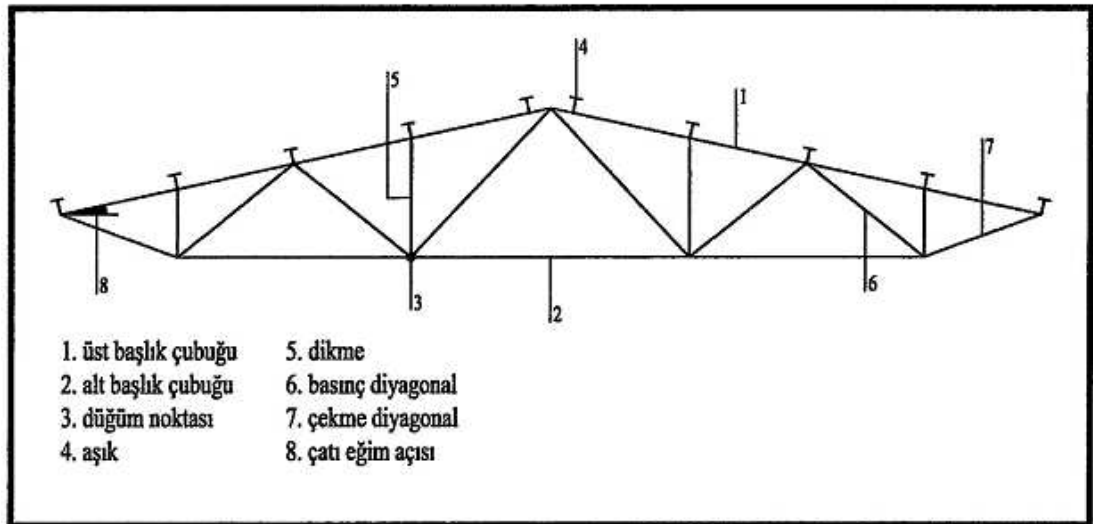
5.6.1 Çatı Makasları

Bir çatıyı veya köprüyü taşımak üzere ahşap, beton, çelik veya hafif alaşımlar ile yapılan, basınç ve çekme çubuklarından meydana gelen çerçeve sistemlerine "makas" adı verilir [Hasol, 2002]. Diğer bir tanımlamaya göre makaslar; gergi,

diyagonaller ya da ağ elemanları gibi çeşitli bileşenlerin oluşturduğu, genellikle üçgensel düzenlemeler ile rijit kafes sistemlerini oluşturan konstrüksiyonlardır [Harris, 2000]. Odabaşı ise [1981] basınç ve çekmeye çalışan başlık ve örgü çubuklarından oluşan taşıyıcı sistemleri "makas" olarak adlandırmıştır.

Makaslar "asma makas" ve "oturtma makas" olmak üzere iki şekilde kullanılırlar. Oturtma makaslar, üzerlerine gelen yükleri dikmeler aracılığı ile taşıyıcılara aktaran makaslardır. Asma makaslar ise üzerlerine gelen yükleri dikmeler yerine yanlamalar aracılığı ile mesnetlere aktarır. Yani diğer bir deyişle, asma makaslarda kullanılan babalar, çekme çubuğu olarak çalışır.

Çatı sistemleri söz konusu olduğu takdirde, makaslar ana taşıyıcılardır ve genellikle kafes kiriş biçiminde oluşturulmuşlardır. Sistemi oluşturan çubuklar, kafes kirişin gövdesinde genellikle üçgen, bazen de eşkenar dörtgen şeklinde boşluklar meydana getirirler. Bu sistemin üst sınırını teşkil eden çubuklara "üst başlık çubukları", eğik çubuklara da "diyagonal çubukları" adı verilir. Çubukların kesiştiği noktalar "düğüm noktası" olarak tanımlanmaktadır. Şekil 5.63' de çatı makasını oluşturan elemanlar gösterilmektedir.

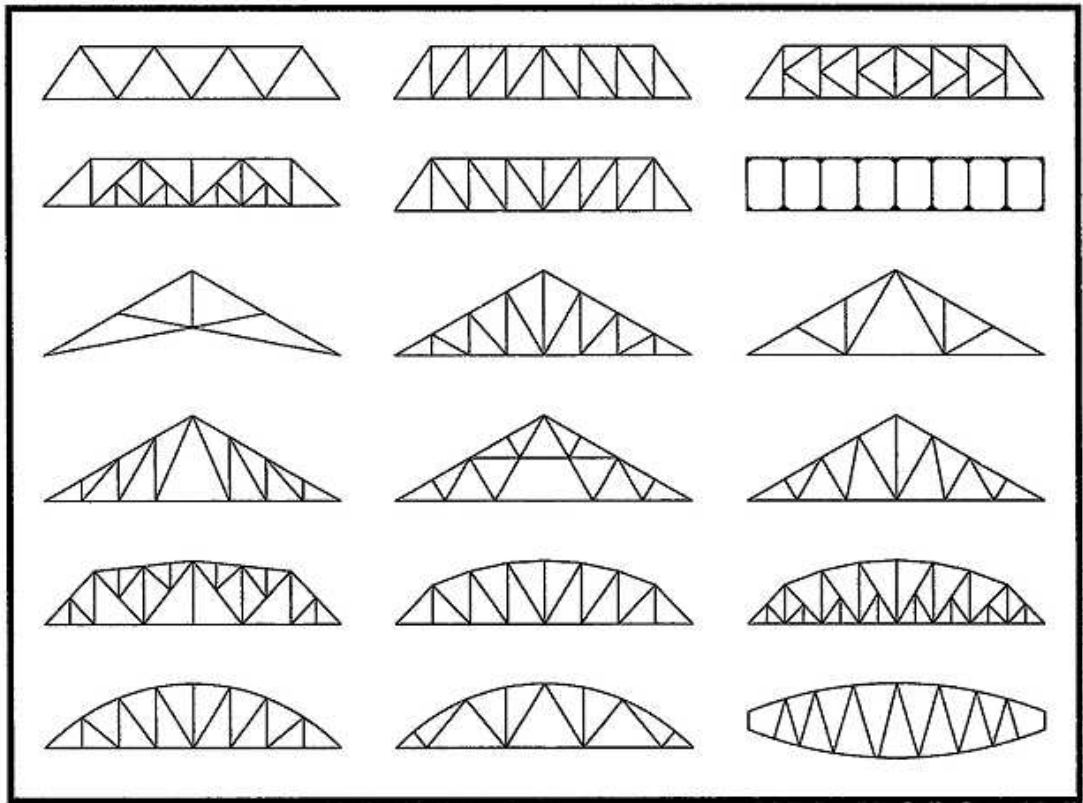


Şekil 5.63 Çatı makasını oluşturan elemanlar.

Sistemi oluşturan çubukların eksenleri aynı düzlemde olursa "düzlem kafes kiriş", aynı düzlemde olmazlar ise "uzay kafes kiriş" olarak adlandırılır.

Yapıların tüm bölümlerinde olduğu gibi çatılarda da kafes kirişler, dolu gövdeli kirişlerin ekonomik olmadığı açıklıkları geçmek için kullanılır.

(Şekil 5.64)'de, yapılarda en çok kullanılan kafes kiriş şekillerini görmek mümkündür. Bu kirişler, genellikle dış konturlarının ortaya çıkardıkları biçimlere göre adlandırılırlar. Bu kafes kirişlerin tümü, çatı makas sistemlerinde de kullanılabilir. Bunlar arasında en çok kullanılanları, "üçgen" ve "trapez" kafes kirişlerdir. Ancak hem teşkil yönünden daha kolay, hem ağırlık yönünden daha hafif oldukları için trapez makasları üçgen makaslara tercih etmelidir. Çünkü ağırlık açısından ele alındığı takdirde üçgen kirişlerde %30'a varan ekonomi sağlanmaktadır [Odabaşı,1981].



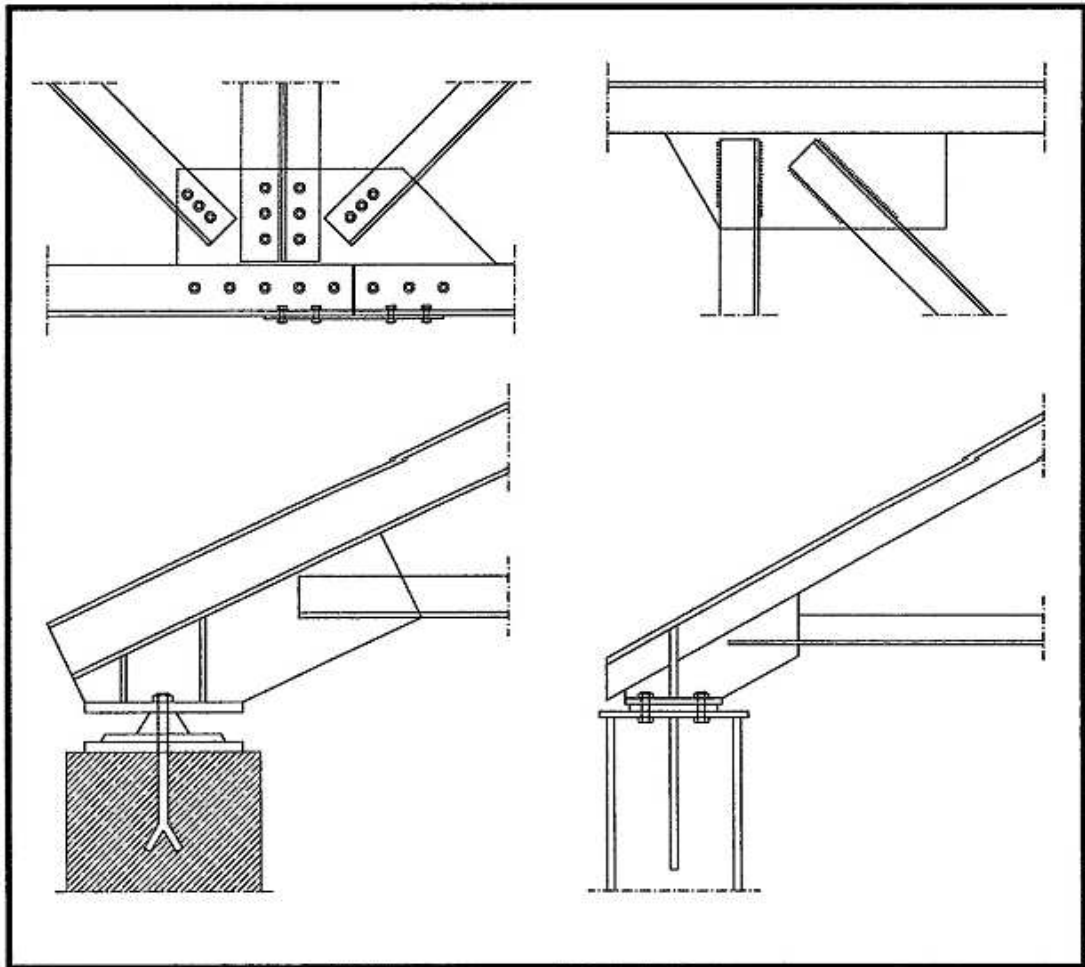
Şekil 5.64 Çeşitli çatı makası tipleri.

Çatı makaslarının tasarımı ve dolayısıyla da hesaplarında sistemin öz ağırlığı (çatı örtüsünün, mertevin, aşığının, makasın öz ağırlıkları toplamı) ve kar yükü ile rüzgar yükü esas teşkil etmektedir. Ayrıca aşıkların aralıkları, örtü malzemesinde en az kayıp olacak şekilde belirlenmelidir.

Açık profillerle yapılan çatı makaslarının imalatı, bağ ve ek levhaları kullanılmasından ötürü daha karmaşıktır. Dolayısıyla, birleşimlerin oluşturulması için harcanması gereken kaynak miktarı da nispeten fazladır. Kısacası, hem malzeme hem de işçilik maliyetleri kapalı profillere göre daha fazladır.

Günümüzde, çelik bir çatı makasının tümüyle perçin veya bulonlu olarak yapımı söz konusu değildir. Kaynak kullanımının artması sonucunda, makas sistemindeki çubukların enkesit tipleri değişmiş, hem sade görünüş şekilleri hem de ekonomi elde edilmiştir.

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. (Şekil 5.65)



Şekil 5.65 Çeşitli çatı makası birleşim detayları.

5.6.2 Aşıklar

Çatılarda mertekler veya örtüyü taşıyan yatay bileşenlerden her birine "aşık" adı verilir [Hasol, 2002]. Tüm yükleri ana taşıyıcılar olan çatı makasına aktaran son taşıyıcı elemanlardır. Ayrıca çatı makası üst başlığının, makas düzlemi dışına doğru olan burkulmasında, burkulma boyunu sınırlama görevi de aşıklar tarafından yerine getirilmektedir [Odabaşı, 1981].

Çatı tasarımında, hesaplanmasında ve projelendirilmesinde göz önünde bulundurulması zorunlu iki etken bulunmaktadır. Bu etkenlerden birincisi çatı sisteminin kaplayacağı alanın boyutları, ikincisi ise kullanılacak örtü malzemesi seçimidir. Çelik taşıyıcılı çatı sistemlerin içereceği aralık ve açıklık değerleri, bu girdiler esas alınarak belirlenmektedir. Örneğin eleman aralıklarının belirlenmesinde en etkili olan veri, çatı da kullanılması düşünülen örtü malzemesidir.

Aşık olarak kullanılacak eleman tek profilden oluşabileceği gibi, kafes biçiminde de yapılabilir. Bu konuda verilecek kararda etken olacak birinci faktör aşık aralığıdır. Açıklığın 6 m. 'yi geçmemesi halinde, genellikle profil aşığa gitmek daha ekonomik sonuç verir. [Odabaşı, 1981].

Aşıklar, çatı makasının üst başlığı üzerine mesnetlenir. Mesnetlenme konumlarından bağımsız olarak aşığın makas üst başlığına bağlanma şekilleri de değişik olabilir.

Eğimin fazla olduğu durumlarda mesnetlenme için mutlaka yardımcı birleşim elemanlarına ihtiyaç vardır. Eğer aşık "U" profilden oluşuyorsa birleşim elemanı olarak köşebent kullanmak yeterlidir. Bu köşebent mesnet profiline kaynak ile, aşık profiline ise bulonla bağlanabilir. Çatı eğiminin daha da fazla olduğu durumlarda, aşık profili ayrıca mesnet profiline bulonlanmalıdır. Bunun nedeni özellikle rüzgarın kaldırma etkisini mümkün olan en düşük düzeye indirgeme çabasıdır.

Eğer aşık, "T" profilden uygulanırsa mesnetlere bağlantı yapılmalıdır. Besleme levhası, köşebent ve üst başlık profili birbirlerine kaynak vasıtası ile birleştirilir. Rüzgar etkisini azaltmak için daha önce belirtilen birleşim burada da kullanılabilir.

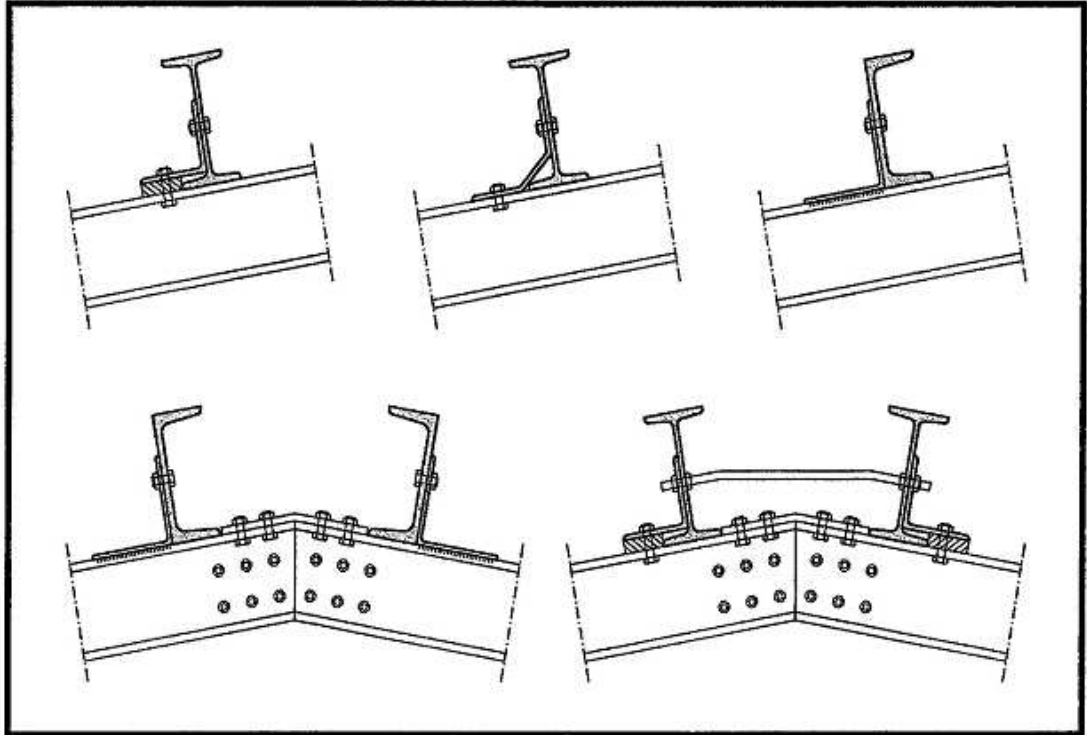
Eğer besleme levhası kullanılmayacaksa, açık profili üst başlığa saçtan bükülen bir eleman ile bağlanabilir.

Aşığın "Z" profil kullanılarak oluşturulması durumunda, mesnede bağlantısı yapılmış bir korniyerin mesnede dik doğrultudaki yüzeyine birleştirilecek "Z" profil ile sistem oluşturulmuş olur.

Malzeme ve profil boyutlarının, projenin gerektirdiği durumlarda yetersiz kaldığı takdirde, aşıkların birbirine eklenmesi söz konusu olabilmektedir. Fakat, profilin üst başlığına konacak ek levhası doğrudan aşık üzerine oturan çatı örtüleri için bir engel teşkil eder. Bu dezavantajın önüne geçmek amacıyla aşık eklerinin, sürekli kiriş şeklindeki aşıklarda gösterilen bölgede ve biçimde yapılması yararlı olacaktır.

Aşıklara etkiyen yük bileşeninin etkinliğini azaltmak için aşık gergilerinden yararlanılır. Söz konusu gergiler yuvarlak demirden yapılır.

Ayrıca iki mahya aşığı, eğilmeli burkulma etkisine karşı önlem olarak birbirlerine bağlanmalıdır.



Şekil 5.66 Çeşitli aşık birleşim detayları.

5.6.3 Mertekler

Çatılarda mahyadan oluklara kadar uzanıp, örtüden gelen yükleri taşıyan ve aşıklara ileten yapı elemanlarına "mertek" adı verilir [Hasol, 2002].

Yapım sistemlerindeki ekonominin belirli düzeylerde tutulması gerekliliği nedeniyle çatılarda mertek görevi üstlenmesi amacıyla genellikle ahşap malzeme kullanılır. Çok ender olarak çelik merteklere de rastlanabilir. Bu nedenle mertekler üzerinde durulmayacaktır [Odabaşı, 1981].

5.6.4 Stabilite Bağlantıları

Çatı makası düzlemlerini düşey konumlanmadan ayrılmaya zorlayan nedenleri yani bu düzleme dik gelen, diğer bir deyişle yatay kuvvetler ve de makas elemanlarının düzlem dışına doğru olabilecek burkulma deformasyonlarını önlemek için kullanılan bağlantı tipidir [Odabaşı, 1981].

Çatı makasını oluşturan elemanların, makas düzlemi dışına doğru olacak burkulmadaki boylarını küçültmek amacıyla iki tür bağlantı gerekir. Bunlardan birincisi, üst başlık çubukları için, çatı düzlemi içinde teşkil edilen yatay stabilite bağlantıları; ikincisi ise alt başlık çubukları için, makas düzlemine dik stabilite bağlantısıdır. [Ünver, 2003]

Genellikle, aşıkların alt başlıkları seviyesinde ve çatı eğimine paralel olarak, iki makas arasına yerleştirilen bağlantılardır. Diğer bir deyişle, başlıklarını makasların üst başlıkları, dikmelerini aşıkların oluşturduğu paralel başlıklı kafes kiriş olarak da incelenebilir.

Düşey stabilite bağlantıları, genellikle alt başlıkta basınç kuvveti doğması halinde, alt başlığın makas düzlemi dışına doğru olan burkulmasındaki boyunu azaltmak ve bir de, makasların mesnetlerine kadar gelemeyen yatay stabilite bağlantılarını mesnetlere bağlamak için kullanılırlar.

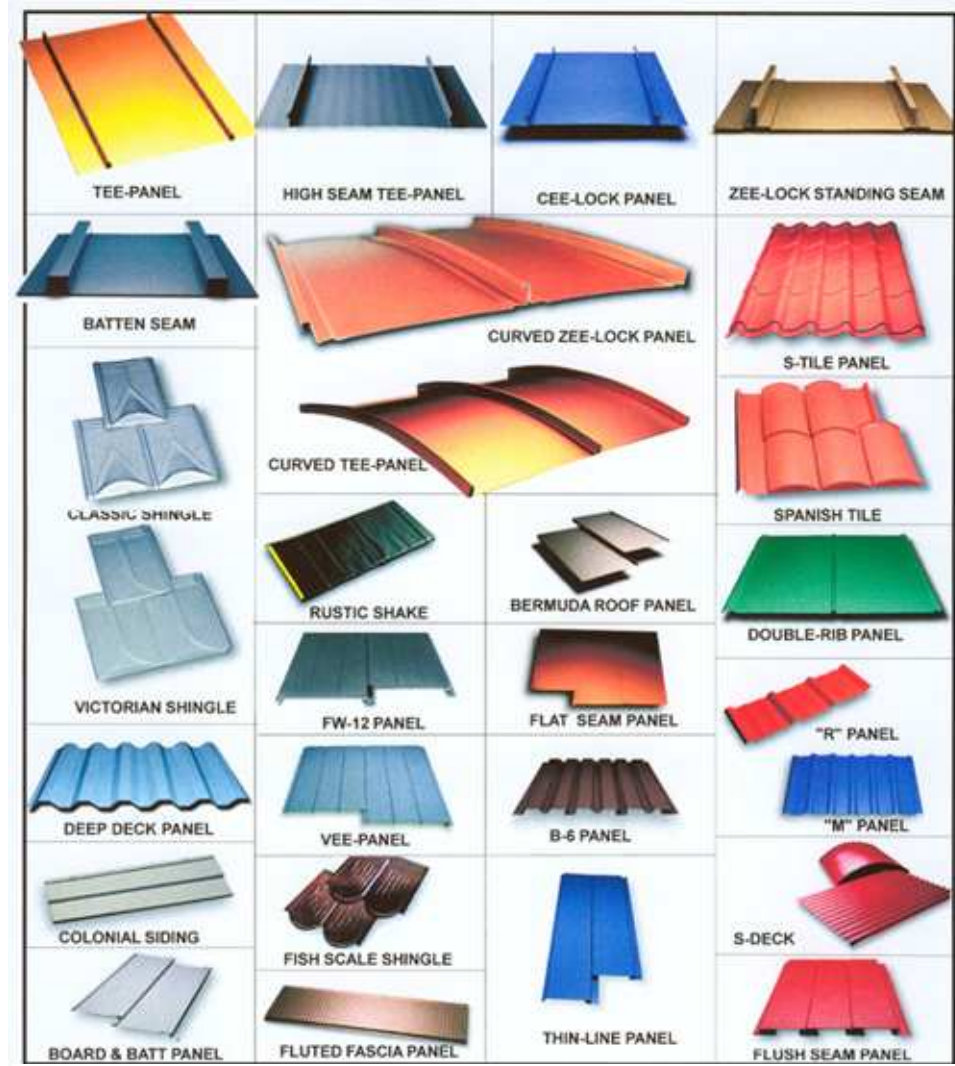
Makas açıklığı 25 m.den küçükse, mahya düzlemine bir tane, 25 m.den büyükse biri mahya düzleminde olmak üzere üç tane düşey stabilite bağlantısı tertiplemek zorunluluğu öne sürülmektedir. Bu bağlantı elemanları, makasların dikmelerinden geçen düşey düzlemler içinde ve tüm bina boyunca sürekli bir biçimde yerleştirilebilirler.

5.6.5 Örtü Elemanları

Tüm sistemlerde olduğu gibi taşıyıcı iskeleti çelik yapı malzemesi ile oluşturulan çatılarda da örtü malzemesinin teknik karakteristiklerini ve çatı düzlemine döşeniş şeklini iyi bilmek, hem malzeme kayıplarını en alt düzeye indirir, hem de çelik aşık aralıklarının ve buna bağlı olarak çelik makas şeklinin en uygun biçimde saptanmasını sağlar.

Çatılarda genellikle eternit (asbest ve portland çimentosu kullanılarak üretilen bir çeşit kompozit malzeme), alüminyum trapezoid levha, y tong gibi çeşitli malzemeler kullanılır. Bu malzemelerin tercih edilmesinde ve kullanımında dikkat edilen hususlar hafiflik ve ekonomidir (Şekil 5.67).

Tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken diğer -belki de en önemli- unsur da bu tip malzemelerinin boyutlarının taşıyıcı sistem oluşturulmasında bire bir etki göstermesidir. Örneğin, çatı örtü malzemesinin boyutları, taşıyıcı sisteme oturduğu mesnet aralıklarını belirleyen tek veridir. Y tong plak yapı malzemesi kullanılan çatılar ele alındığında, bu plakların çelik kirişlere oturtulmasında en az 50 mm.lik bir mesnet genişliğine gerek vardır. Aynı kirişe iki taraftan birer plak oturtulacağına göre, çelik kirişi oluşturan profilin başlık genişliği en az 110 mm. olmalıdır (10 mm iki plak arasında olması gereken minimum aralıktır). Bu ayrıntıdan hareket edildiğinde, aşık kesiti için en ufak profil genellikle statik olarak gerekli aşık kesitinden çok büyük kalır. Y tong plakların örtü malzemesi olarak kullanılacağı çatı sistemlerinde, aşık kesitinin şekilde görüldüğü gibi seçilmesi önerilir [Odabaşı, 1981].

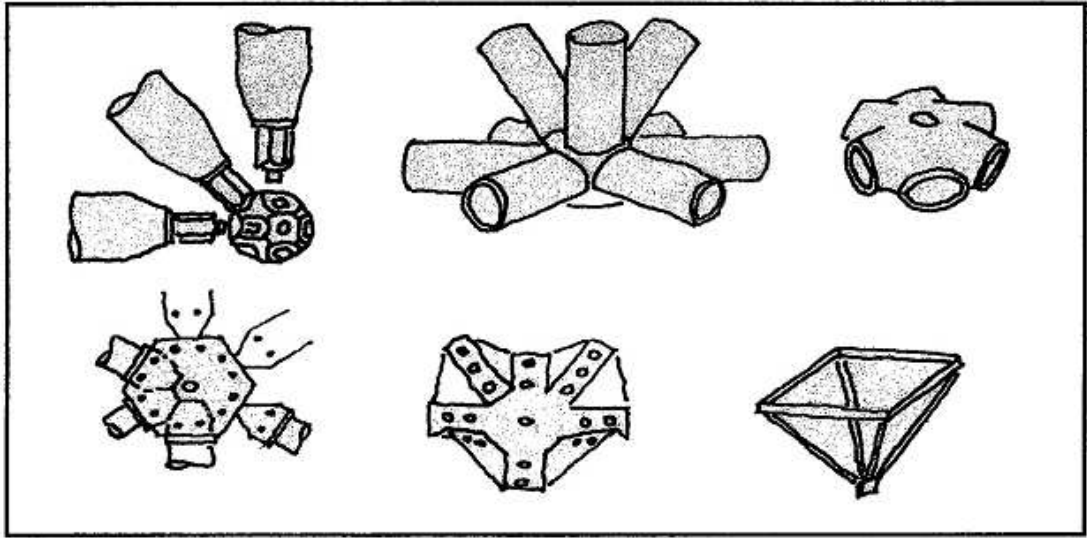


Şekil 5.67 Çatı kaplamasında kullanılan çeşitli panel çeşitleri.

5.6.6 Uzak Kafes Sistemli Çatılar

Uzak kafes sistemler, çok geniş açıklıkları örtmek üzere yapılan, bütün öğeleri birbirlerine bağlı olup her doğrultuda bir bütün halinde çalışan üç boyutlu kafeslere verilen addır [Hasol, 2002]. Buradan da anlaşılacağı üzere, çok sayıda kesişen düzlemde uzanan yapısal elemandan oluşur. Bu da her elemanın birden fazla düzleme ait olduğu ve çoğunlukla aksel yüklerle yüklendiği anlamına gelir. Dolayısıyla geçilmesi amaçlanan açıklık arttıkça uzak kafes sistemlerin kullanımı daha elverişli hale gelir.

Makas sistemlerden farklı olarak, aynı düzlemde olmayan üç boyutlu çubukların bir noktada birleşmesinden oluşan modüler sistemlerdir. Birleşim elemanları eski uygulamalarda da görülebileceği üzere kaynaklı olabileceği gibi genel kullanım açısından son teknoloji ürünü olan prefabrike birleşim elemanları kullanılmaktadır. Büyük açıklıkların geçilmesinde eskiden beri kullanılan ön gerilmeli beton, klasik çelik çatı konstrüksiyonları veya benzeri sistemler günümüzde yerlerini uzay sistemlere bırakmıştır [Uzay Sistem, 2001]. Şekil 5.68’ de standart uzay kafes düğüm noktaları görülmektedir.



Şekil 5.68 Standart uzay kafes düğüm noktaları.

Sistem; sanayi tesisleri, fabrikalar, uçak hangarları, yüzme havuzları, spor salonları, depolar, tribünler, tiyatro ve opera binaları, sinemalar gibi büyük açıklık gerektiren binaların üstünün örtülmesi ve mekanların kolonlarla kesilmeden sürüp gitmesi için tasarımlanır ve örtü yüzeyi strüktürel bütünlük içinde göreve katılır. Söz konusu elemanların birbirlerine bağlanması genellikle bulonlar vasıtası ile yapılır. Çok sık olmasa da kaynak veya kelepçe kullanımına da başvurulmaktadır [Wardenier, J. ve diğ., 2001]. Birleştirme yöntemleri arasında seçim yapılması sürecinde göz önünde bulundurulması gereken en önemli hususlardan biri de burada ortaya çıkmaktadır. Çünkü, uzay kafesi oluşturan elemanlar kadar, birleştirme yöntemine bağlı olarak bu elemanların uç hazırlıkları ve birleşim elemanları da uzay kafes sistemlerin maliyetini önemli ölçüde belirleyen değişkenlerdir.

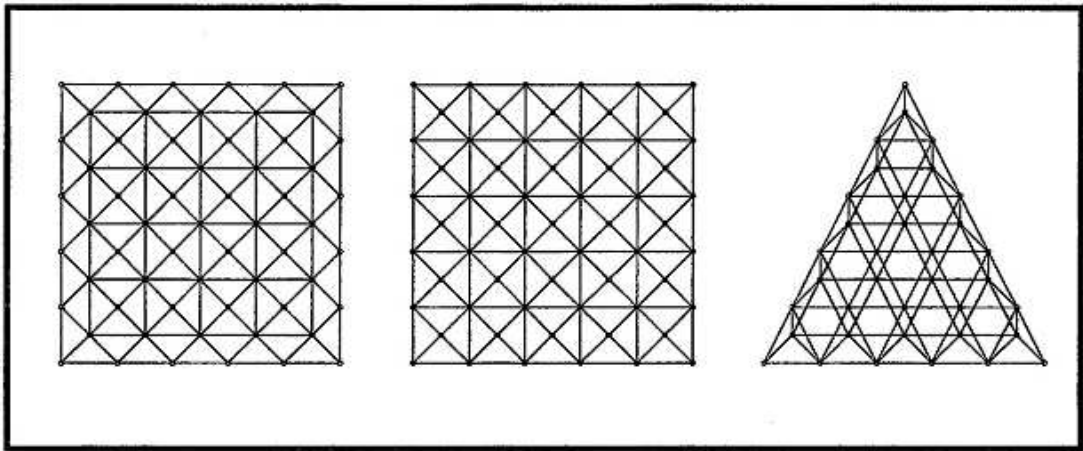
Uygulama olarak, uzay kafes sistemleri oluşturan elemanlar birbirlerine "doğrudan birleşim" veya "dolaylı birleşim" olmak üzere iki değişik şekilde bağlanabilirler.

Doğrudan birleşimlerde, elemanlar hiç bir aracı ekipmana ihtiyaç olmaksızın birbirlerine doğrudan bağlanırlar.

Dolaylı birleşimlerde ise, elemanların birbirine monte edilmeleri için bayrak (guse) levhasına ya da alın levhasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Doğrudan birleşimler, yapısal bütünlüğün sağlanması ve imalat giderleri gibi girdiler nedeniyle sıklıkla kullanılırlar. Yük transferi bir elemandan diğerine tek seferde gerçekleşir. Oysa ki dolaylı birleşimlerde önce taşıyıcı elemanlardan bağ levhasına, sonra da bağ levhasından diğer taşıyıcı elemanlara olmak üzere iki seferdedir. Bu nedenle de doğrudan birleşim ile oluşturulmuş uzay kafes sistemlerin yapısal bütünlüğünün, dolaylı birleşimlerle oluşturulmuş sistemlere kıyasla daha fazla olduğu açıktır [Uzay Sistem, 2001].

Uzay kafes sistemlerin kimi tipleri yumurta kutusu biçimindedir. Bunlara ayrıca "piramit biçimi" adı da verilmektedir. Kimi tipleri de altıgen veya başka geometrik şekillerde olabilir (Şekil 5.69). Fakat tüm bu geometrik çözümlerde kullanılan çelik eleman tipi genellikle boru ve kutu kesitli profillerdir. Burada boru ve kutu profillerin ön plana çıkmasındaki asıl etken, yüksek burulma ve burkulma dayanımları, özellikle boru profillerin söz konusu olduğu durumlarda malzemenin eleman eksenini boyunca düzgün dağılımı neticesinde, açık profillerde görülen zayıf eksenlerin olmamasından kaynaklanan son derece olumlu yapısal davranıştır.

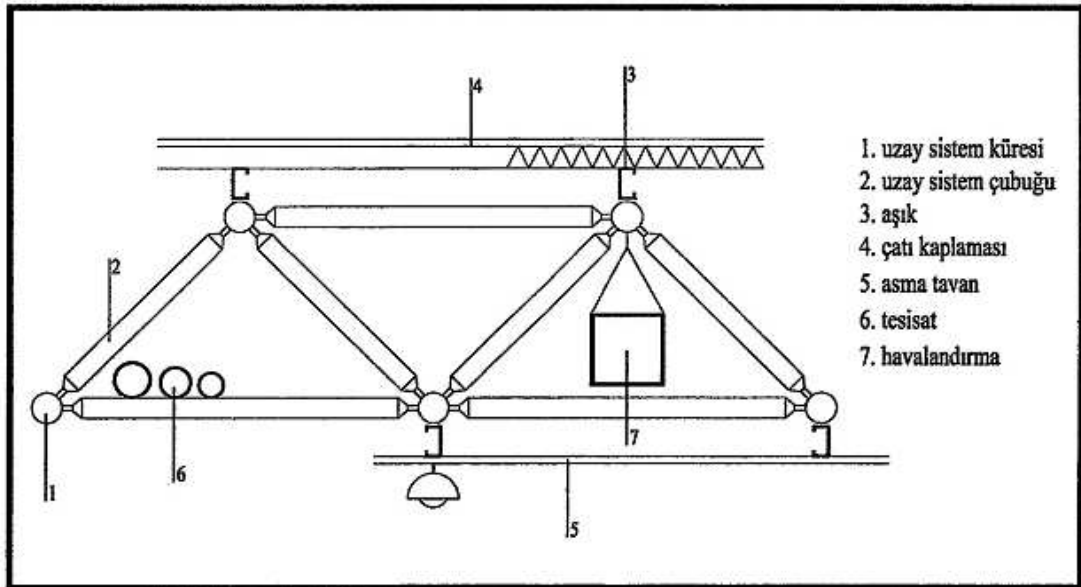


Şekil 5.69 Uzay kafes çatılarda bazı plan alternatifleri.

Buna ek olarak, kapalı profillerin, açık profillere kıyasla daha büyük yüklere mukavemet göstermeleri, sistem içinde kullanılacak malzemelerde önemli ölçüde tasarrufa olanak tanımaktadır. Bunun sonucu olarak da, azalan yüzey alanı sayesinde boya gibi bakım onarım işleri ve yangın, korozyon koruması gibi izolasyon ve işçilik giderleri azalmaktadır.

Bu tip sistemler, malzeme açısından sağladıkları ekonomiye karşın, tasarım ve yapımda harcanan emekten dolayı klasik örtü sistemlerine göre daha pahalıya mal olmaktadır. Malzeme açısından sağladığı ekonomiden kasıt, özdeş elemanların kullanımının bir sonucu olarak, seri üretim ve parçaların standardizasyonuna izin vererek, atölyede ekonomik üretim, kolay saklama ve taşıma, sahada kolay monte edilebilme, ayrıca da son derece kolay yöntemler ile sökülüp başka bir yerde tekrar çok kısa zamanda kurulabilmeyi sağlamasıdır.

Bu tip çatı sistemlerinin mimarlar tarafından tercih edilmelerinin diğer bir nedeni de estetik olarak şık ürünler elde edilebilmesi olanaklarıdır. Ayrıca dere, havalandırma kanalı, aydınlatma sistemi gibi tesisat bileşenleri de bu sistemlere kolaylıkla adapte edilebilmektedir (Şekil 5.70).



Şekil 5.70 Tipik uzay kafes çatı kesiti.

BÖLÜM ALTI

ÇELİĞİN FARKLI MALZEMELİ YAPI ELEMANLARIYLA BİRLEŞİMİ VE ÖRNEK İNCELEMELERİ

6.1 Çelik İle Diğer Malzemeler Arasındaki Birleşimler

Birçok yeni yapılmakta olan yapılarda ve eski yapılarda uygulanan yenileme projelerinde çelik ile beton ve kagir gibi farklı malzemelerin birleşimleri kaçınılmazdır. Projeden projeye değişen birleşim detaylarının performans ve konstrüksiyon kaliteleri ile çeşitliliğini etkileyen birçok etken söz konusudur. Bu bölümde çeliğin; özellikle beton ve kagir malzemelerle oluşturulan taşıyıcılara birleşimleri daha kapsamlı olmakla birlikte, ahşap ve strüktürel cam malzemeli yapı elemanlarıyla olan birleşimleri üzerinde durulacaktır.

Çeliğin taşıyıcı eleman olarak kullanıldığı, farklı malzemeli strüktürlerle olan birleşimlerinde, çeşitli birleşim detaylarına gereksinim duyulmaktadır.

Bunlar;

- Çelik kolonların temeller ve kat döşemeleriyle olan birleşimlerinde,
- Çelik kirişlerin betonarme perde duvarlarla olan birleşimlerinde,
- Çelik kirişlerin betonarme kolonlarla olan birleşimlerinde,
- Çelik kirişlerin kagir malzemeli duvarlarla olan birleşimlerinde,
- Çelik taşıyıcıların ahşap tapı elemanlarıyla olan birleşimlerinde,
- Çelik taşıyıcıların strüktürel camın yapı elemanı olarak kullanıldığı birleşimlerde, kullanılan detaylardır.

Birleşimlerde göz önünde bulundurulması gereken önemli hususların önde gelenleri; gerek eklenecek çelik elemanın gerekse diğer malzemelerin fiziksel özellikleri, seçilen detayın uygulanabilirliği ve birleşimin maliyetidir. Estetik veya diğer mimari kaygılar da birleşimlerin çeşitliliğini ve özelliğini etkileyen unsurlardandır.

6.2 Birleşimlerin Tasarımını Etkileyen Faktörler

Çelik ile diğer malzemeler arasındaki birleşimlerde tasarımı etkileyen faktörler;

- Yapılabilirlik ve güvenlik,
- Konstrüksiyon toleransları ve ölçüsel çeşitlilikler,
- Elemanlar arasındaki yük aktarımı,
- Malzemeler arasındaki çeşitlilik,
- Dayanıklılık ve bakım,
- Yangın korunumu,
- Maliyet,
- Tasarım sorumlulukları ve tasım programlaması,

olarak sıralanabilir.

6.2.1 Kurulum İşlemleri (Aşamaları)

Çelik ile beton ve kagir gibi farklı malzemeler arasında başarılı bir yapısal birleşim, farklı birtakım işlemlerin (aşamaların) takip edilmesiyle sağlanabilir.

1. Destek elemanların yapımı veya montajı ve her taşıyıcı elemanın yerleştirilmesi
2. Mesnet ve taşıyıcıların ön hizalaması (montajdan önce)
3. Eklenecek olan ana elemanların yapım ve montajı
4. Yerinde yapım mesnet ve taşıyıcıların birleşimi
5. Kalıcı montaj yapılmadan önce destek ve desteklenen elemanların geçici olarak birleştirilmesi
6. Taşıyıcı elemanların kalıcı olarak birleştirilmesi

Not: bu işlemlerin tümü her birleşim detayı için gerekli olmayabilir.

6.2.2 Montaj ve Kurulum İşlemleri

Montaj ve kurulum işlemleri önceden belirlenen program dahilinde, hesaplanan ekonomik değerleri aşmayacak şekilde yapılmalıdır. Dikkat edilecek bir diğer önemli nokta ise elemanların birbirlerine hızlı bir şekilde birleştirilmesidir. Çelik ile çelik

arasındaki birleşimlerin en hızlı şekilde sağlandığından, çeliğin diğer malzemelerle olan birleşimlerinde yardımcı çelik elemanlar kullanılmaktadır. Yardımcı birleştirme elemanlarının beton veya kagire montajı, çelik taşıyıcı elemanın beton veya kagire montajına göre daha hızlı ve kolaydır. Çelik taşıyıcıların yardımcı birleştirme elemanlarına bağlanmasıyla birleşimler tamamlanır.

Çelik elemanların mevcut betonarme taşıyıcılara birleştirilmesinde birtakım zorluklar ortaya çıkabilmektedir. Bunların en başında mevcut betonarme eleman içindeki donatının yerinin tespiti. Donatı yerinin bilinmesi, betonarme eleman içine gömülecek ankraj bulonlarının, donatılara denk gelmeyecek şekilde düzenlenip yerleştirilmesi için gerekmektedir. Betonarme içindeki donatı yerlerinin belirlenmesi demir test cihazı (covermeter) ile belirlenebileceği gibi, bu cihazın bulunmadığı durumlarda kılavuz delikleri veya kolon enince atılan çentik ile donatı yeri tespit edilebilir.

6.2.3 Konstrüksiyon Hızı ve Güvenlik

İnşa süresi veya montaj hızını kısaltmak yapının daha önce kullanımını sağlayacağı gibi ekonomi de sağlamaktadır. Montaj süresini kısaltmak önceden hazırlanmış ürünlerin kullanımı ile mümkündür. Prefabrik ürünlerin bulon delikleri önceden hazırlanmış ve ayarlanmış olduğundan, şantiyede sadece montajı yapılmaktadır.

Montaj süresi boyunca gerekli güvenliğin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle ağır elemanların montajında yardımcı destekler montaj süresi boyunca gerekmektedir. Bazı detaylarda hafif mesnet kullanımı montaj süresinin ksalmasında da pozitif etkindir.

6.2.4 Konstrüksiyon Toleransları

Çeliğin betonarme ve (tuğla, taş, vb gibi) kagir malzemelerle olan birleşimlerin güvenilirliğini ve sağlamlığını etkileyen faktörlerden birisi de montaj

toleranslarıdır. Bu konuyla ilgili bilinmesi gereken en önemli husus her malzemenin kendine göre bir hata payının olduğudur.

Çelik işleri:

Komşu, (bitişik) çevre kolonlarının hizalanmasında	+/- 10 mm
Komşu, (bitişik) çevre kirişlerinin hizalanmasında	+/- 5 mm
Kiriş düzeyinde	+/- 5 mm
Kiriş sonları arasındaki düzeyde	+/- 10 mm

Beton / betonarme

Betonarme yüzeylerde izin verilen sapma miktarı	+/- 15 mm
1 metreye kadar olan kolon ve duvarların enine kesitlerinde	+/- 5 mm
Kiriş düzeyinde	+/- 15 mm
Her bir kat yüksekliğinde kabul edilebilir sapma miktarı	+/- 10 mm
Temeller hariç herhangi bir yüzeydeki hata payı	+/- 10 mm
Aralarındaki mesafenin 6 m.'den az olduğu iki nokta arasında	+/- 5 mm

Tablo 6.1 Duvar uzunluğuna göre konstrüksiyon toleransları.

	Duvar uzunluğu		
	300 mm – 2 m	2m – 5 m	5m – 10 m
Plandaki konumu	+/- 5 mm	+/- 10 mm	+/- 15 mm
Enine kesit	+/- 5 mm	+/- 10 mm	+/- 15 mm
Düzy	+/- 5 mm	+/- 10 mm	+/- 15 mm

6.2.5 Taşıyıcı Elemanların Hareketi ve Yük Aktarımı

Montajdan sonra taşıyıcı elemanların hareketi sistemin stabilitesinin bozulmasına sebep olmakta ve sağlıklı bir birleşim olmadığından can güvenliğini tehdit etmektedir. Taşıyıcı elemanların hareketi; etkiyen yüklerin büyüklüğünün zaman içerisinde artarak değişmesi, çevresel etmenlerden kaynaklanan özellikle ısıнын neden olduğu genleşme ve büzölmeler sonucu meydana gelebilmektedir.

Yeni çelik taşıyıcıların mevcut yapılara eklenmesi için yapılacak olan tasarımlarda yüklerin hangi yolu izleyerek aktarılacağı ve mevcut taşıyıcının hangi zorluklarla baş etmek mecburiyetinde olacağı iyi hesaplanması gerekir.

Hareketli ve sabit yüklerin iletilmesinde göz önünde bulundurulması gereken başlıca hususlar;

- Yoğun yüklerin destek eleman üzerinde oluşturacağı etkiler,
- Dış merkezliliğin destek ve eklenen elemana etkisi,
- Betonarme eleman içerisindeki donatıların yeterli bağlantı etkisi sağlayabilme olanağı,
- İçerisinde yaşanan binalardaki birleşimlerde göz önünde bulundurulacak hata paylarının ve hareketlerin belirlenmesidir.

6.2.6 Malzemeler Arasındaki Değişkenlik

Kagir (Yığma)

Çelik taşıyıcı eklenecek olan yığma duvarın (özellikle yığma taş yapılarda) taşıyıcı olup olmadığının saptanması önemlidir. Yığma elemanın yekpare veya yük taşıyabilmek için yeterli kalınlığa sahip olduğu durumlarda kullanılan malzemenin strüktürel özelliklerini test edilip irdelenmesi gereklidir.

Beton

Zamanla betonarme elemanlarda karbonatlaşma ve beton içindeki donatıda oluşacak korozyon etkisiyle bir takım bozulmalar meydana gelebilir. Çelik elemanın betonarme taşıyıcılara eklenmesinde meydana gelebilecek bu tip olumsuzluklar göz önünde bulundurularak, gerekli önlemler alınmalıdır.

6.2.7 Dayanıklılık ve Bakım

- Birleşimler, çevresel koşullara karşı beklenen performansı gösterecek şekilde tasarlanmalıdır. Rutubete maruz kalınan koşullardaki birleşimlerde, özellikle korozyona karşı önlemler alınmalıdır.

- Birleşimler tüm strüktür ve servis yüklerine karşı, aşırı şekil değiştirmeye ve/veya özellikle korozyona karşı oluşturulan izolasyon tabakasına zarar verecek deformasyonlara uğramayacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Birleşimler tüm dinamik ve statik yüklere karşı koyabilmelidir.
- Birleşimler, yapının kullanım ömrü boyunca, işlevini sürdürecektir dayanıklılıkta olmalıdır.

6.2.8 Yangın Korunumu

Yapısal çelik ile diğer malzemeler arasındaki birleşimlerde yangına karşı dayanım önemlidir. Gerekli yangın koruma önlemleri alınarak gerek çelik elemanların gerekse diğer malzemelerin yangın dayanımları birbirine yakın değerlerde olacak şekilde artırılmalıdır.

6.2.9 Maliyet

Birleşim tasarımını etkileyen önemli etmenlerden biri de maliyettir. Birleşim maliyetinin önceden belirlenen ekonomik sınırlar içinde olması gerekmektedir. Yüksek kaliteli birleşim detaylarının özellikle, dayanıklılık, kusursuz birleşim ve estetik görünüş açısından üstün nitelikleri bulunmaktadır. Tüm bu olumlu özelliklerin maliyeti arttırdığı da unutulmamalıdır.

6.2.10 Tasarım Programı

Birçok birleşim detayında, birleşim elemanlarının betonarme veya yığma taşıyıcılarla birlikte oluşturulmasına gereksinim duyulmaktadır. Bu gibi yeni yapılmakta olan yapılarda, birleştirme elemanlarının yerlerine ve ne şekilde olacaklarına önceden karar verilmelidir.

Ne var ki; birçok yenileme projesinde mevcut taşıyıcılara yeni çelik eleman eklenmesi sonradan yapılacağı için daha farklı çözüm yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler genellikle mevcut taşıyıcıların matkapla delinerek, oluşturulan

deliklere yerleştirilen ankraj çubuklarıyla sabitlenen birleştirme elemanları sayesinde çelik taşıyıcı ile betonarme veya yığma taşıyıcı elemanlar arasındaki birleşimler sağlanmaktadır.

6.3 Çeliğin Beton ve Kagir Malzemeli Yapı Elemanlarıyla Birleşimi

6.3.1 Beton ve Kagirde Bağlantılar

Çelik elemanları betonarme, kagir ya da beton elemanlara birleştirmede; “Yerinde yapım birleşimler”, “Genişleyen ankrajlar”, “Reçineli veya harçlı birleşimler” olmak üzere 3 çeşit birleştirme yöntemi uygulanır.

6.3.1.1 Yerinde Yapım Birleşimler

Yerinde yapım birleşimlerde kullanılan elemanlar;

- İçi yivli soketler,
- Dışı yivli çıkıntılı başsız cıvatalar,
- Sıcak bükme U biçimli kanallar (kalın duvarlarda)
- Soğuk bükme U biçimli kanallar (ince duvarlarda) olarak sıralanabilir.

6.3.1.2 Genişleyen Ankrajlar

Manşon veya kanalların genişleme hareketi, bulon deliklerinin yanlarında dantelleme ve sürtünme kuvvetlerini oluşturan ınsal güçlerin oluşmasını sağlar. Bu tip birleşimlerde kullanılan bulonların çoğu doğrudan burularak sıkıştırılır. Kullanılan ankraj çubuklarının gövde çapları 8 mm ile 25 mm arasında değişmektedir. Genişleyen ankrajlamalarda kullanılabilecek diğer elemanlar;

- Gevşek metal plaka veya manşon
- Kalın metal plaka veya manşon
- İnce metal plaka veya manşon
- İki kat genişleyebilen koni
- Plastik veya kauçuk dübeller

- Kaba bulonlardır.

En büyük özellikleri yüzeylerinin pürüzlü olması olan kaba ankraj bulonları, genellikle mevcut betonda ince kılcal çatlakların bulunması durumunda tercih edilmektedirler.

6.3.1.3 Reçineli veya Harçlı Birleşimler

Bu tür birleşimlerde temel olarak bulon deliğiyle, ankraj bulonu arasında bulunan yapıştırıcının iki yüzey arasındaki aderans etkisiyle bağlanma sağlanmaktadır. Ankrajın gücünü ve dayanımını etkileyen mekanik etkilerin en başında, bulon üzerindeki tutkalın katılaşmasından sonra, donmuş tutkal tabakası ile bulon delikleri arasındaki düzensizliklerden kaynaklanan bağlantı sorunları gelmektedir. Reçineli birleşimlerde kusursuz bağlantının sağlanması, birbirine yapışacak yüzeyler arasında herhangi bir kir ya da çapağın olmamasına bağlıdır.

Çimento şerbetli harçlar ve reçineler çelik ile beton veya çelik ile kagir malzemenin birleştirilmesinde sıklıkla kullanılan bağlayıcılardır. Çimento şerbetli harçlar ve reçinelerin kullanım amaçları;

- Ankrajlanmanın bir parçası olarak
- Özellikle kolon alt başlarında yüklerin aktarılmasında,
- Beton ile çelik yüzeyleri arasında yatak olarak
- Yangın dayanımı sağlamak için çatlakların kapatılması

şeklinde sıralanabilir.

Reçineli/harçlı ankrajlanmalarda kullanılan 3 ana tip yapıştırıcı vardır.

- Cam veya plastik şişelerde bulunan kapsüllü reçineler
- Çimentolu şerbet harcı
- Tescilli enjeksiyon ürünleri (yapıştırıcı ürünler)

6.3.1.3.1 Reçineler. Bu ürünler genellikle epoksi esaslı kimyasal ürünlerdir. Gerekli bağlayıcılar birlikte karıştırılarak birleştirilecek yüzeye sürülür ve kimyasal birleşim süreci başlar. Kimyasal reçinelerin bozulma süresi oldukça kısadır.

Kapsüllü ürünler, üretici firma tarafından plastik veya cam şişelere konularak piyasaya sürülür. Şantiyede tatbik edilecek yüzeylerin cinsine ve kullanılan reçine oranına bakılarak etkili bir kalite kontrolü yapılması zorunludur.

Bu ürünler genellikle çimento şerbetlerine göre daha pahalı ürünler olmakla beraber, uygulamalarda çimento şerbetli yapıştırma harçlarına kıyasla daha düşük oranlarda tercih edilmektedirler.

Reçineli birleşimlerde uygulanacak yöntemler ve yapılacak işlemler üretici firma tarafından verilmektedir.

Konstrüksiyon süresi boyunca devam eden düşük sıcaklıklar, reçinelerin kürlenmesine ve reaksiyon hızı ile kuvvetine etki edebilir. Bu durum yapışmanın istenilen kalitede olmamasına ve beklenenden daha düşük dayanımda olmasına sebep olur.

Çeliğin diğer malzemelerle olan birleşimlerinde en çok kullanılan reçine türü epoksi reçineleridir. Epoksi reçineleri, yüksek yapışma mukavemeti, düşük rötre miktarı, ısısal kararlılık, kısa kürlenme süresi ve uygulama sonrası derhal ve güvenle kullanıma başlanabilmesi gibi üstün mekanik ve kimyasal özellikleri sayesinde mühendislik uygulamalarında gittikçe artan oranda bir tüketime sahip olmuşlardır. Üstün yük taşıma kapasitesi ve kimyasal direnç gibi olumlu yönleri yanında alternatif malzemelere göre maliyetinin 3 ile 15 kat daha pahalı olmasına rağmen, uygun fiyat-performans oranı ile diğerlerinden ucuza gelmekte ve mühendislik uygulamaları için avantajlı ve güvenli sayılmaktadır.

Epoksi reçineleri özellikle beton ve çelik gibi önemli yapı malzemelerinde, çoğu metal alaşımları ve farklı özellikli katmanlar içeren malzemelerde, üstün bir yapışma

performansı gösterir. Çok hassas veya özel bir takım uygulamalar için yüksek mukavemet değerlerini sağlama oranı ve işlenebilirlik kabiliyeti çok yüksektir.

Her hangi bir süre sınırı olmadan, yaklaşık 150 C' ye varan sıcaklıklarda, işlem yapılabilme özelliğine sahiptir.

Asitlere, alkalilere ve diğer çoğu kimyasal maddelerin çoğuna karşı yüksek oranda direnç gösterebilme kabiliyetleri vardır. Ancak nitrik asit gibi yoğun olarak oksitleme özelliği olan kimyasallardan etkilenirler ve organik solventlere karşı direnci zayıftır.

Yüksek olmayan sıcaklık derecelerinde, sıcaklık karşısındaki davranışları, beton ve çelik ile karşılaştırıldığında daha olumludur.

Epoksi reçinelerinin kürlenme sürelerinde veya üretimleri esnasında, meydana gelen kimyasal reaksiyon sonucunda kalıcı bir uçucu madde açığa çıkmadığı için insan sağlığı açısından basit önlemler çerçevesinde hiçbir mahsuru yoktur. Sertleşmiş epoksi tabakası ise bu bakımdan tamamen zararsızdır.

Mahallinde yapılacak uygulamalarda, reçine ve katkılarının yeterli performansı sağlayabilmeleri için, uygulama yapılacak yüzeyler mutlaka kuru olmalı, ortam şartları ve nispi nem değerleri belirli sınırlar içinde kalmalıdır. Ayrıca reçinenin üreticisi olan firmanın sağladığı kılavuz doğrultusunda, kullanılacak epoksinin uygulanma koşullarına uygun olarak işlem yapılmalıdır.

Epoksi reçinesi ile yapıştırma işleminde yüksek oranda başarı elde etmek için, yapıştırılacak yüzeye yüksek basınç uygulama gerekliliği yoktur. Sadece küçük bir baskı oluşturacak bir tutturma işlemi ile kür sonuna kadar sabit tutulması, iyi bir sonuç elde etmek için yeterli olmaktadır.

Eğer yapıştırma uygulanacak yüzeyler iyi hazırlanmış ve ortamdaki nem oranı normal değerlerde ise, kürlenme işleminde oldukça az miktarda rötire oluşur.

6.3.1.3.2 Çimentolu Şerbet Harcı. Bu tür yerinde yapım harçlar basit çimentolu harçlar ve kuru harçlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

a) Basit Çimentolu Harçlar: Bu türdeki harçlar, kum çimento ve su gibi bilindik yapı malzemelerinin şantiye yerinde karıştırılmasıyla oluşturulur. Kullanılan çimentonun türüne ve çeşitli kimyasallar içerip içermediğine göre değişik nitelikli harçlar elde edilebilir. Yerinde yapım harçlarda oluşacak karışımın gerek malzeme oranını gerekse kalitesini kontrol etmek oldukça güçtür. Bu sebepten kritik olmayan birleşimlerde kullanılması daha doğru olur.

b) Kuru Harç (Şap): Şantiye yerinde dişli kum ve çimento tipik olarak karıştırılır. Hidrasyon reaksiyonunu sağlayacak minimum miktarda su kullanılarak kuru bir harç elde edilir. Yüksek derecede bütünleşme için harç yere vurularak karıştırılır. Kuru harçlar çok düşük derecede fire verme (hacim kaybetme) karakteristiğine sahiptirler.

6.3.1.3.3 Tescilli Sistemler. Bu grupta yer alan sistemler büzülmeyen çimento şerbetleri ve reçineler olmak üzere iki türe ayrılır. Her tür içinde düşük ve yüksek dayanımlı ürün çeşitleri bulunmaktadır. Reçineler ile ilgili gerekli bilgiler **Bölüm 6.3.1.3.1 Reçineler** kısmında verilmiştir.

Büzülmeyen (Hacim Kaybetmeyen) Çimento Şerbetleri : Bu ürünler genellikle kum ve çimento oranları belirli olan, dayanımlı ve büzülmeye uğramayan kendinden harmanlı kuru karışımlardır.

Yapıştırma harçları olarak bilinen bu ürünlerin kullanımında eklenecek su miktarı kullanım alanına göre değişmekle birlikte uygun su miktarı üretici tarafından paket üzerinde verilmektedir.

Yukarıda anlatılan Çelik elemanları betonarme, kagir ya da beton elemanlara “Yerinde yapım birleşimler” “Genişleyen ankrajlar” “Reçineli veya harçlı birleşimler” ile birleştirmede belli başlı önemli kriterler göz önünde

bulundurulmalıdır. Bunlar ; “Yük altındaki davranış”, “Yer değiştirme”, “Isı derecesi” ve “Ankraj delikleri” ile ilgili kriterlerdir.

Yük Altındaki Davranış Birçok uygulamada birleşimlerdeki yükler, kesme kuvvetinin türüne veya kesme ve çekme kuvvetlerinin kombinasyonuna bağlı olarak meydana gelmektedir. Birkaç uygulamada ise yükler sadece çekme gerilmelerinden (beton içinden ayrılmaya çalışma kuvveti) oluşmaktadır.

Genişleyen ankrajlardaki ankraj bulonlarında meydana gelen akma (uzama) davranışlarının anlamı; sürekli olan çekme kuvvetlerine karşı daha yüksek güvenlik kapasitesine sahip bulonların kullanılması gerekliliğidir. Üreticiler çekme-kopma testlerinden elde edilen sonuçlara göre belirlenen bulon türlerini, sistemde taşınacak yüklere göre önermektedirler.

Yük kapasitesini etkileyen faktörler

- Ana malzemenin dayanımı (bulon ana malzemesinin)
- Bulon gömülme uzunluğu
- Grup yuvalardaki ankraj aralıkları
- Ana malzemenin (birleştirme levhaları) kenarları arasındaki mesafe
- Yivli delik kullanımı
- Statik veya dönel yüklerin oluşumu

Yer Değiştirme Yük/Yer değiştirme karakteristikleri birbirini takip eden 3 ardışık aşamadan oluşur.

- Ankastrelik başlangıcı
- İlk kayma
- Birleşimin ayrılması

Ankrajların montaj performansının bozulmasını önlemek için ilk kaymayı (hareketi) oluşturacak minimum çekme yükü belirlenmelidir. BBA (British Board Agreement) tarafından belirlenen yer değiştirme limiti değerleri çekme yüklerinde 0,1 mm, kesme yüklerinde 1,0 mm dir.

Isı Derecesi Elemanlarda ısıнын yükselmesinin sebebi yangındır. Artan ısı ile birleşimlerde kullanılan reçine tabakasında bir yumuşama veya dayanımının kaybetme eğilimi görülmektedir. genişleyen ankrajlarda ise dayanım kaybı ve akma gibi durumlar oluşmaktadır. Bu gibi durumları önlemek için birleşim bölgeleri izolasyon malzemeleri ile kaplanarak yangın korunumu sağlanmalıdır.

Ankraj Delikleri

- Beton içindeki donatı yerlerinin belirlenmesinde demir test cihazı (covermeter) kullanılabilir.
- Demir test cihazının bulunmadığı durumlarda kılavuz delikleri ve oyuklarla betonarme eleman içindeki donatı yerleri birleşim elemanının yerleştirilmesinden önce belirlenir.
- Pürüzsüz delikler ve $\diamond$ biçimli deliklerde reçineli ankraj çubuklarının kullanılacağı durumlarda, tutunma yüzeyini artırmak için delik içinde pürüzlendirmeler yapılmalıdır.
- Betonda açılacak olan deliğin genişliği bulon gövdesi çapına uygun olmalıdır.

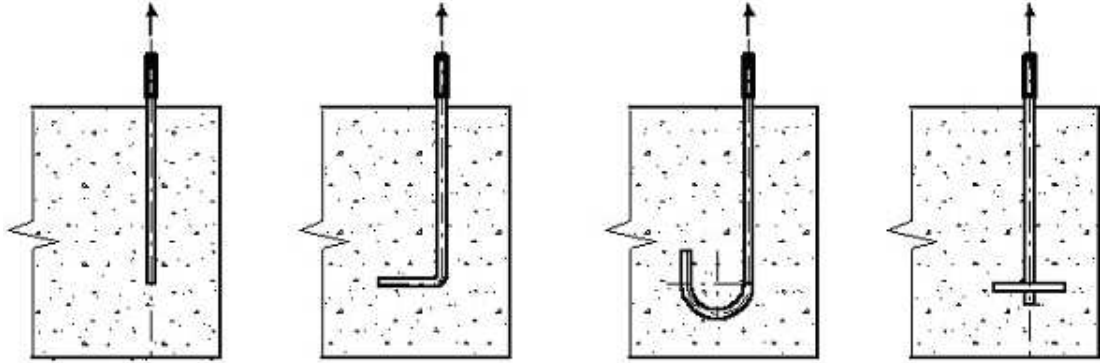
Yukarıda anlatılanların ışığında, Bölüm 6.4 ve Bölüm 6.5'te çelik taşıyıcı elemanların mevcut ve/veya yeni yapılmakta olan betonarme veya yığma taşıyıcı yapı elemanlarıyla olan birleşimleri üzerinde durulacaktır.

6.4 Çelik ve Beton Birleşimleri

Çelik ile beton birleşimlerinde ankraj bulonlarının ve ankraj bulonlarıyla oluşturulan birleştirme elemanı sistemlerinin kullanımı kaçınılmazdır. Ankraj bulonlu birleşimlerde birleşimin yük aktarım yönüne göre düşey ve yatay ankrajlamalardan söz edilebilir.

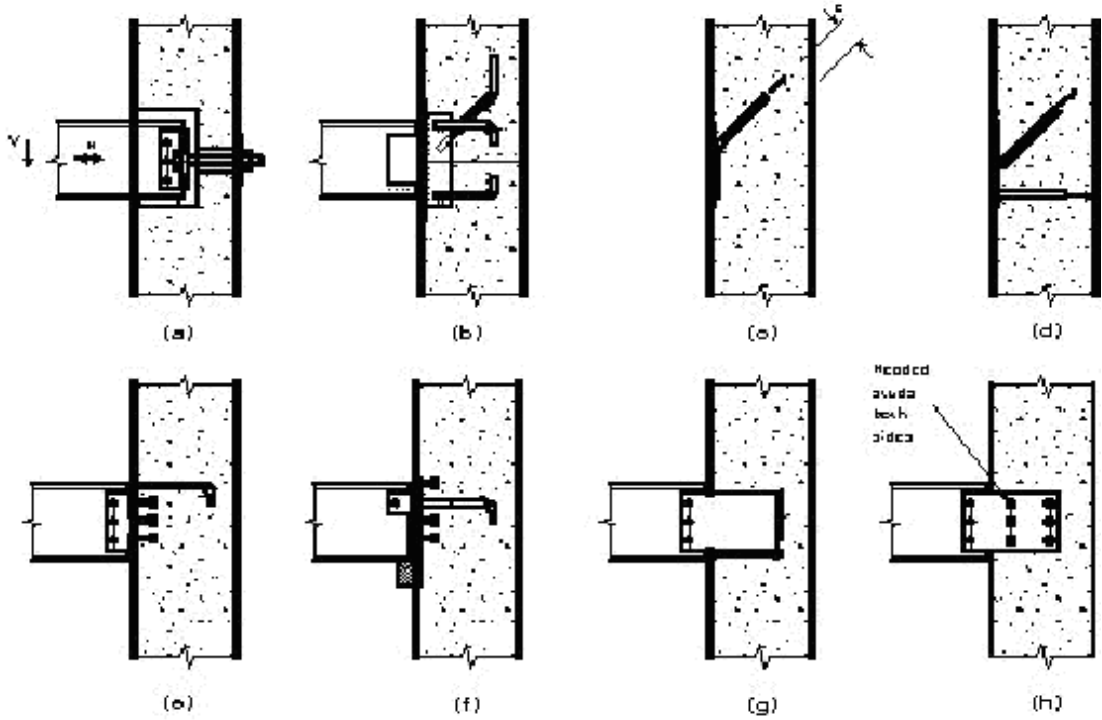
Düşey ankrajlamaların kullanıldığı durumlarda çelik taşıyıcı elemanın düşey olduğu veya yatay bir çelik elemanın sadece basınç aktarım moment aktarmayacak şekilde birleştirildiği durumlar anlaşılmalıdır (Şekil 6.1). Her türlü çelik kolonun

betonarme yüzeyle olan birleşimleri ve çelik kirişlerin beton yüzeye moment aktarmayacak şekilde olan bağlantıları bu gruba örnektir.



Şekil 6.1 Düşey ankraj bulonlu birleşimler.

Yatay ankrajlamaların kullanıldığı durumlarda çelik taşıyıcı elemanlar yatay doğrultuda olup beton yüzeylere basınç aktarmazlar (Şekil 6.2). Bu gibi birleşimlerde moment ve kesme kuvveti aktarımı söz konusudur. Çelik kirişlerin betonarme elemanlara moment ve kesme kuvvetlerini aktaracak şekilde olan birleşimleri yatay ankrajlamalara örnektir.



Şekil 6.2 Yatay ankraj bulonlu birleşimler.

Çelik elemanların betonarme taşıyıcılarla olan birleşimleri;

- Çelik kolonun mevcut beton/betonarme temellere birleşimi,
- Mevcut betonarme kirişle çelik kiriş birleşimi,
- Çelik kiriş betonarme duvar birleşimi,
- Mevcut betonarme kolon çelik kiriş birleşimi,
- Mevcut betonarme döşemeye çelik dikme eklenmesi,

Şeklindedir.

6.4.1 Çelik Kolonun Mevcut Beton/Betonarme Temellere Birleşimi

Uygulama Alanları

- Mevcut tekil, sürekli, radye betonarme temellere ve/veya kazık temel başlıklarıyla yeni çelik kolonların birleşimlerinde,
- Mevcut betonarme kirişlerle yeni çelik kolon arasındaki birleşimlerde kullanılmaktadır.

Konstrüksiyon, Yapım

Detayda görüldüğü gibi kolon alt başlığının mevcut beton/betonarme temele uçları yivli demir ankraj çubuklarıyla birleştirilerek beton yüzeyle taban levhasının arası çimento şerbetli harç ile doldurulmuştur. Birleşimlerde alternatif olarak uçları yivli ankraj çubukları yerine genişleyebilen/genleşebilen bulonlar ve bulon yuvaları da kullanılabilir. Çelik kolonların, mevcut kütle beton yada betonarme temellerle kolon alt başlığı arasına konulan bulon delikli levha parçaları üzerinde montaj konumu ayarlanarak, alt başlık ile beton yüzey arasındaki boşluk, büzülüp hacim kaybına uğramayan çimento şerbeti veya kuru harçla doldurulur. Ankraj çubuklarının çimento şerbeti veya kuru harçla örtülmesi işlemi kolonun temele bulonlanmasıyla sona erdirilmelidir.

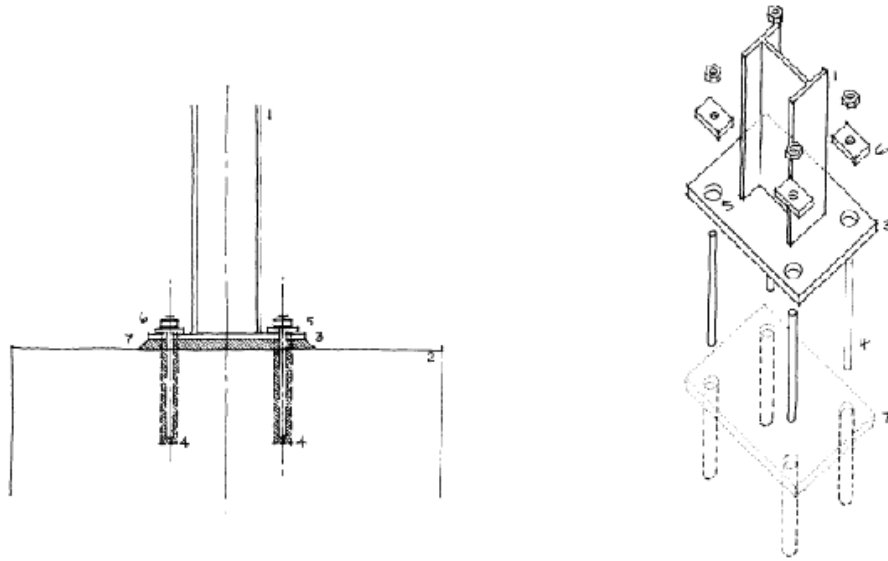
Temellerin kütle betondan oluşturulduğu birleşimlerde kolon alt levhalarında bulunan bulon deliklerinin boyutlandırılmasında bırakılması gereken minimum boşluklar;

Bulon gövde çapının 16 mm kadar olduğu birleşimlerde bulon çapı + 4mm

Bulon gövde çapının 16 mm'den fazla olduğu birleşimlerde bulon çapı + 6mm

Temellerin betonarme olarak oluşturulduğu ve beton içindeki donatı yerlerinin kesin olarak bilinmediği birleşimlerde, kolon alt başlık levhalarında bırakılan bulon deliklerinin boyutu gerekenden daha geniş olmalıdır. Geniş bırakılan deliklerde bulon çapına uygun montaj boşluğu elde edebilmek için taban levhasına kaynaklanan rondelalar kullanılmaktadır. (Şekil 6.3)

Temelde bulon deliklerinin yerleştirilmesi için açılacak deliklerin biçimi yuvarlak olabileceği gibi karo deliklerinde kullanımı kabul edilebilir uygulama türüdür. Ancak bu gibi farklı deliklerde daha fazla tutunma yüzeyi oluşturmak için deliğin iç çevresi pürüzlendirilmelidir.



- | | |
|---|---|
| 1. Çelik kolon | 5. Taban levhası üzerindeki geniş bulon delikleri |
| 2. Beton veya betonarme temel | 6. Rondela |
| 3. Kolon alt başlık levhası (taban levhası) | 7. Çimento şerbetli yapıştırma harcı veya kuru harç |
| 4. Açılan deliklere çimento şerbeti ile sabitlenmiş yivli ankraj çubuğu | |

Şekil 6.3 Mevcut betonarme temel- çelik kolon birleşimi.

Yaklaşık olarak alanı $0,5 \text{ m}^2$ yi aşan geniş alanlı kolon alt başlık levhalarında 50 mm çaplı ilave deliklere gereksinim vardır. Bu delikler sayesinde hava çıkışının sağlanmasıyla birlikte, taban levhasıyla şerbet tabakası arasında görülebilir bir boşluk bırakılmış olur. Böylelikle zamanla şerbet tabakasında oluşabilecek bozulmalara karşı erken müdahale edilerek gerekli önlemler alınabilir.

Ayarlamalar

- *Yatay ayarlamalar:* Taban levhasında bırakılan geniş boyutlu bulon delikleri ile her iki doğrultuda ayarlama yapılabilir.
- *Düşey ayarlamalar:* Beton yüzeyi ve kolon alt başlık levhası arasına yerleştirilen, yerine göre bulon delikli veya bulon deliksiz olabilen levha parçaları (pul) ile sağlanır.

Uygulama Aşamaları:

1. Kütle beton veya betonarme temellere ankraj çubuklarının yerleştirileceği delikler matkap kullanılarak açılır.
2. Yivli ankraj bulonları açılan deliklere yerleştirilerek kalan boşluklar çimento şerbeti ile doldurulur.
3. Temel yüzeyi ile çelik kolon alt levhası arasına gerekli düşey ayarlamaları sağlamakla görevli bulon delikli veya bulon deliksiz pullar (levha parçaları) konularak montaj ayarları yapılır.
4. Çelik kolon ankraj çubuklarına geçerek yerine oturtulur.
5. Ankraj çubukları ile kolon alt başlık levhası birbirine somunlu olarak bağlanır.
6. Temel yüzeyi ile çelik kolon alt başlık levhası arasındaki boşluk çimento şerbetli yapıştırma harcı veya kuru harçla doldurulur.

Bu tip birleşimlerde geçerli bir diğer durum ise çelik kolonların yeni yapılmakta olan temellerle olan birleşimleridir. Bu birleşimlerin;

Uygulama Alanları

- Yapılmakta olan tekil, sürekli, radye betonarme temellere ve/veya kazık temel başlıklarıyla yeni çelik kolonların birleşimlerinde,
- Yapılmakta olan betonarme kirişlerle yeni çelik kolon arasındaki birleşimlerde kullanılmaktadır.

Konstrüksiyon, Yapım

Ekleneyecek olan çelik kolonun plandaki konumuna göre bulon grubuna ait bulon yuvaları, beton dökümünden önce kalıba yerleştirilir. Temel betonu dökülüp

gerekli dayanımı kazandıktan sonra, kolonun altındaki taban levhası ile beton yüzeyi arasına konulan pullarla montaj ayarı yapılır ve ankraj bulonlarına somunlu-cıvatalı olarak sabitlenir. Kolon alt levhasıyla beton yüzeyi arasındaki boşluk, büzülüp hacim kaybına uğramayan çimento şerbetli yapıştırma harcı veya kuru harçla doldurulur.

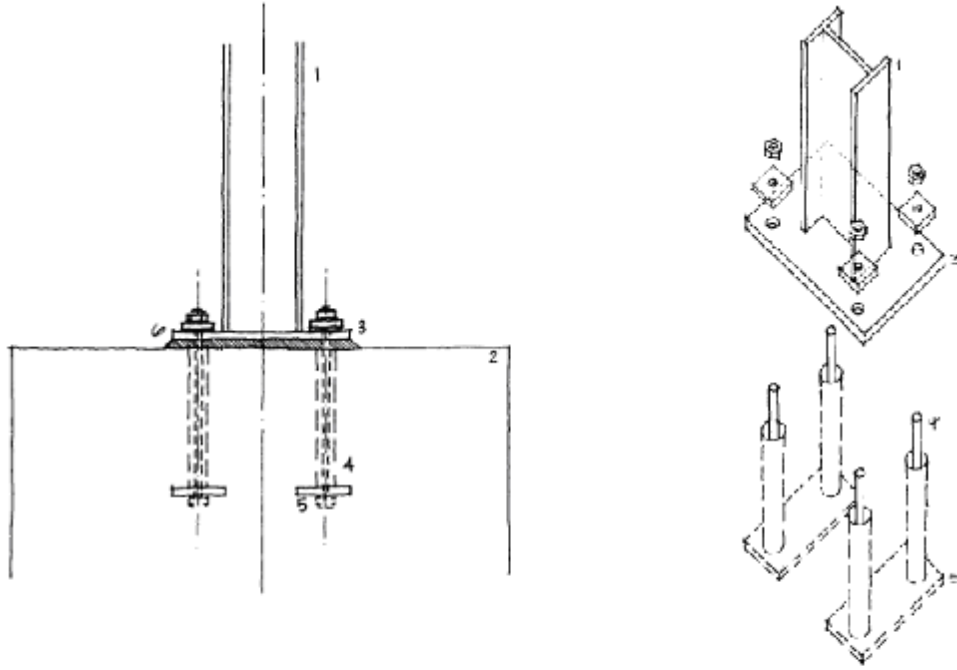
Ankraj bulonları temel betonu içine gömülmüş bir çift özel çelik bulon yuvası tarafından tutulmaktadır. Bu yuvalar ankraj bulonlarının betona bağlanmasını sağlamamanın dışında, bulonların doğru şekilde yerleştirilmesine imkan vermektedir. Tespit parçaları veya küçük köşebentler levhanın altına kaynaklanarak kurulum süresince bulon başlarının dönmesi engellenebilir. (Şekil 6.4)

Bulon yuvalarını oluşturan elemanın alt levhası, bulon yuvalarının temel betonu içinden çıkmasını önleyecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Bulon yuvaları düz silindirik veya konik olabilir.

Yaklaşık olarak alanı $0,5 \text{ m}^2$ yi aşan geniş alanlı kolon alt başlık levhalarında 50 mm çaplı ilave deliklere gereksinim vardır.

Ayarlamalar

- *Yatay ayarlamalar:* bulonların, bulon yuvalarını oluşturan elemanlara göre her iki doğrultuda ayarlanması gerekir. Çelik kolonun montajından önce, temel betonunun dökümünden sonraki 24 saat içinde bulonların ve ankraj bulonu yuvalarının hareketi engellenmelidir.
- *Düşey ayarlamalar:* Beton yüzeyi ve kolon alt başlık levhası arasına yerleştirilen, yerine göre bulon delikli veya bulon deliksiz olabilen levha parçaları (pul) ile sağlanır.
- Temel üst yüzeyindeki birbirine en uzak iki nokta arasındaki kabul edilebilir hata payı 0-30 mm arasındadır.



1. Çelik kolon
2. Beton veya betonarme temel
3. Kalın alt başlık levhası (taban levhası)
4. Yuvalarına yerleştirilmiş bulonlar
5. İkili bulon yuvası
6. Çimento şerbetli yapıştırma harcı

Şekil 6.4 Yapılmakta olan betonarme temele çelik kolonun soket yuvalı birleşimi.

Uygulama Aşamaları:

1. Ankraj bulonlarının gireceği bulon yuvaları temel kalıbının içine yerleştirilerek temel betonu dökülür.
2. Kolon alt başlığı ile temel yüzeyi arasına, gerekli yükseltmeleri sağlamak ve kolonun düşeyliğini sağlamak için bulon delikli veya bulon deliksiz pullar (levha parçaları) yerleştirilir.
3. Temelle bütünleşmiş bulonlara, taban levhasındaki deliklerden geçirilerek dikey konuma getirilen kolon yerleştirilir.
4. Çelik kolon, alt başlığı ile gömülü durumdaki bulonlara somunla bağlanır.
5. Temel yüzeyi ile kolon alt başlık levhası arasındaki boşluk çimento şerbetli yapıştırma harcıyla doldurulur.

6.4.2 Mevcut Betonarme Kirişle Çelik Kiriş Birleşimi

Çelik kirişlerin mevcut betonarme kirişlerle olan birleşimleri 3 türlü olabilmektedir. bunlar; çelik kirişlerin betonarme kirişe kesme kuvveti aktaracak şekilde birleşimi, çelik kirişlerin betonarme kirişe moment aktaracak şekilde birleşimi ve çelik kirişlerin mevcut betonarme kirişe asılarak birleşimidir.

6.4.2.1 Çelik Kirişlerin Betonarme Kirişe Kesme Kuvveti Aktaracak Şekilde Birleşimleri

Çelik kirişlerin betonarme kirişe kesme kuvveti aktaracak şekilde birleşiminin kullanıldığı uygulama alanları;

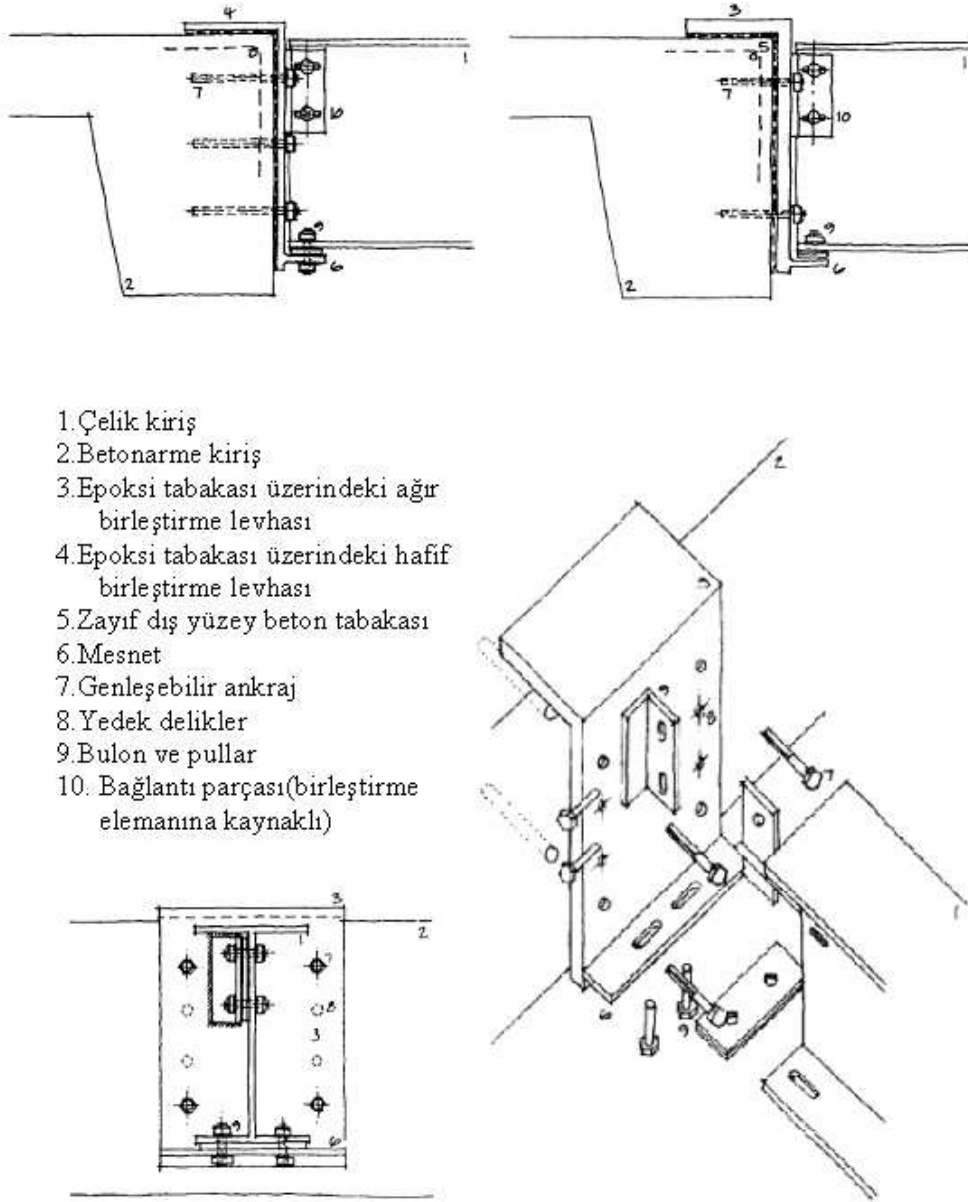
- Basit mesnetli çelik kiriş ile mevcut betonarme kiriş arasındaki birleşimlerdir.

Konstrüksiyon, Yapım

Çelik birleştirme levhası, epoksi reçinesine daldırılıp çıkartılan genleşebilir nitelikteki ankraj çubukları ile mevcut betonarme kirişe sabitlenir. Alternatif olarak epoksi reçinesi, birleştirme levhasıyla betonarme kiriş arasına ve deliklerin içine de enjekte edilebilir. (Şekil 6.5)

Çelik kiriş, birleştirme levhası üzerindeki mesnet parçasına oturtularak bulon delikli levha parçaları ile konumu ayarlanıp birleştirme levhasına bulonla birleştirilir. Çelik kiriş, gövdesinde bulunan deliklerden birleştirme elemanına kaynaklı köşebende bulonla birleştirilerek daha rijit bir birleşim sağlanır. Kirişe gelen eksenel yüklerin iletilmesinin sadece bulonlar tarafından yapılacağı durumlarda; yüksek sürtünme dayanımlı bulonlar kullanılmalıdır.

Birleştirme elemanı, düz levhadan bükülerek, ayrı levha parçalarının kaynaklanmasıyla veya bükme profillerden kesilerek üretilebilir. Daha hafif yüklerin taşınacağı durumlarda alternatif olarak ince kesitli birleştirme elemanlarının kullanımı üretim maliyetini azaltacaktır.



Şekil 6.5 Çelik kirişin betonarme kirişe kesme kuvveti aktaracak şekilde birleşimi.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* Çelik kiriş ile mesnet arasındaki pullar ve birleştirme elemanına kaynaklı köşebent eleman üzerindeki deliklerin konumuna öre yapılmaktadır.
- *Yatay ayarlamalar:* Mesnet üzerinde bulunan yivli delikler ve kiriş gövdesi ile köşebent biçimli birleştirme elemanı arasındaki pullarla yapılmaktadır.

- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* çelik kirişin alt flanşları ve gövdesindeki bulon delikleri ile gerekli ayarlamalar yapılmaktadır.

Uygulama Aşamaları:

1. Birleştirme levhası betonarme kiriş üzerine yerleştirilir.
2. Birleştirme levhası üzerinde bulunan deliklere göre betonarme kirişe gerekli bulon delikleri açılarak, birleştirme levhası kirişe ankrajlanır.
3. Çelik kirişin konumu pullarla ayarlanır.
4. Kiriş alt flanşı ve gövdesindeki delikler ile birleştirme levhasındaki karşılıkları somunlu cıvatalı olarak birleştirilir.

6.4.2.2 Çelik Kirişlerin Betonarme Kirişe Moment Aktaracak Şekilde Birleşimleri

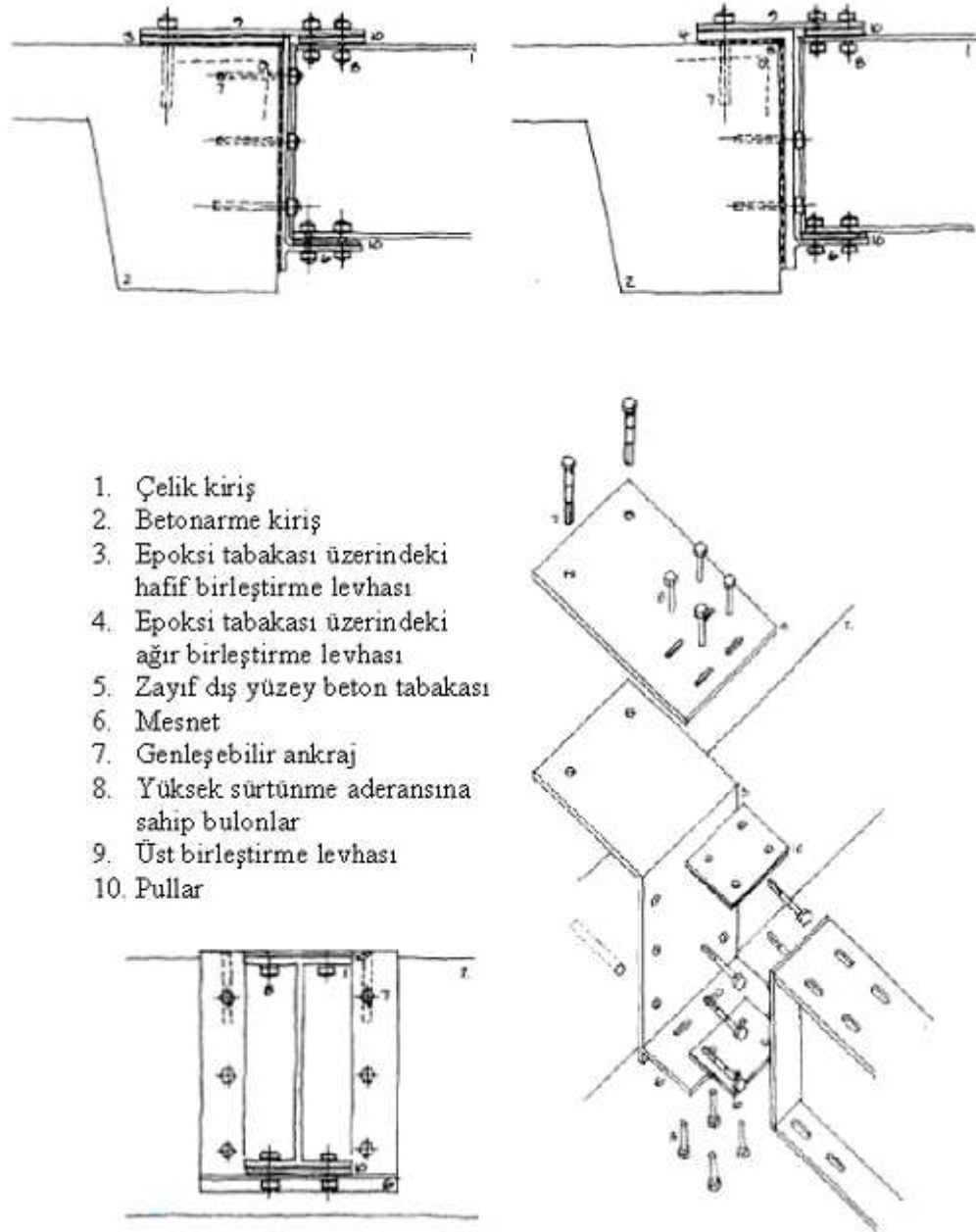
Çelik kirişlerin betonarme kirişe moment aktaracak şekilde birleşiminin kullanıldığı uygulama alanları; çelik kirişin betonarme kirişe moment aktaracak şekilde oluşturulan birleşimlerdir.

Konstrüksiyon, Yapım

Çelik birleştirme levhası, betonarme kirişin alın yüzeyine genişleyebilen veya kimyasallı ankraj bulonları kullanılarak bağlanır. Bağlantıdan önce kiriş yüzeyine ve bulon deliklerine yeteri miktarda epoksi reçinesi sürülerek, kiriş yüzeyi ile birleştirme elemanı arasında epoksi yastık yüzeyi oluşturulur. Birleştirme levhası betonarme kirişin üst kısmına, alında kullanılan bulonlara benzer nitelikteki genişleyebilen ankraj çubuklarıyla sabitlenir. (Şekil 6.6)

Birleştirme elemanının altında bulunan mesnet levhasının üzerine rondela ve pullar konularak, çelik kirişin konumu ayarlanır. Yüksek sürtünme aderansına sahip bulonlarla çelik kiriş birleştirme elemanına bulonlanır. Betonarme kirişin üst kısmına ankrajlanan üst başlık levhası, yine yüksek sürtünme aderansına sahip bulonlarla çelik kiriş üst flanşına birleştirilir.

Alternatif bir yöntem olarak, üst başlık levhası, bulon başlarının hareketinin engellenmesi için birleştirme levhasına kaynaklanabilir.



Şekil 6.6 Çelik kirişin betonarme kirişe moment aktaracak şekilde birleşimi.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* Çelik kiriş flanşları ile birleştirme levhaları arasındaki pullarla sağlanır.

- *Yatay ayarlamalar:* Birleştirme levhasındaki yivli delikler ile yatay ayarlamalar sağlanır.
- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* Ana eleman üzerinde yapılacak ayarlamalar çelik kirişin alt ve üst flanşlarındaki deliklere göre yapılmaktadır.

Uygulama Aşamaları:

1. Birleştirme levhası epoksi tabakasıyla kaplanmış kirişe oturtulur.
2. Betonarme kiriş üzerinde matkapla delikler açılarak ankraj bulonları yerleştirilir.
3. Çelik kirişin konumu, birleştirme levhasının altında bulunan mesnet parçasının üzerine pul ve rondelalar konularak ayarlanır.
4. Çelik kiriş birleştirme elemanına bulonlanır.

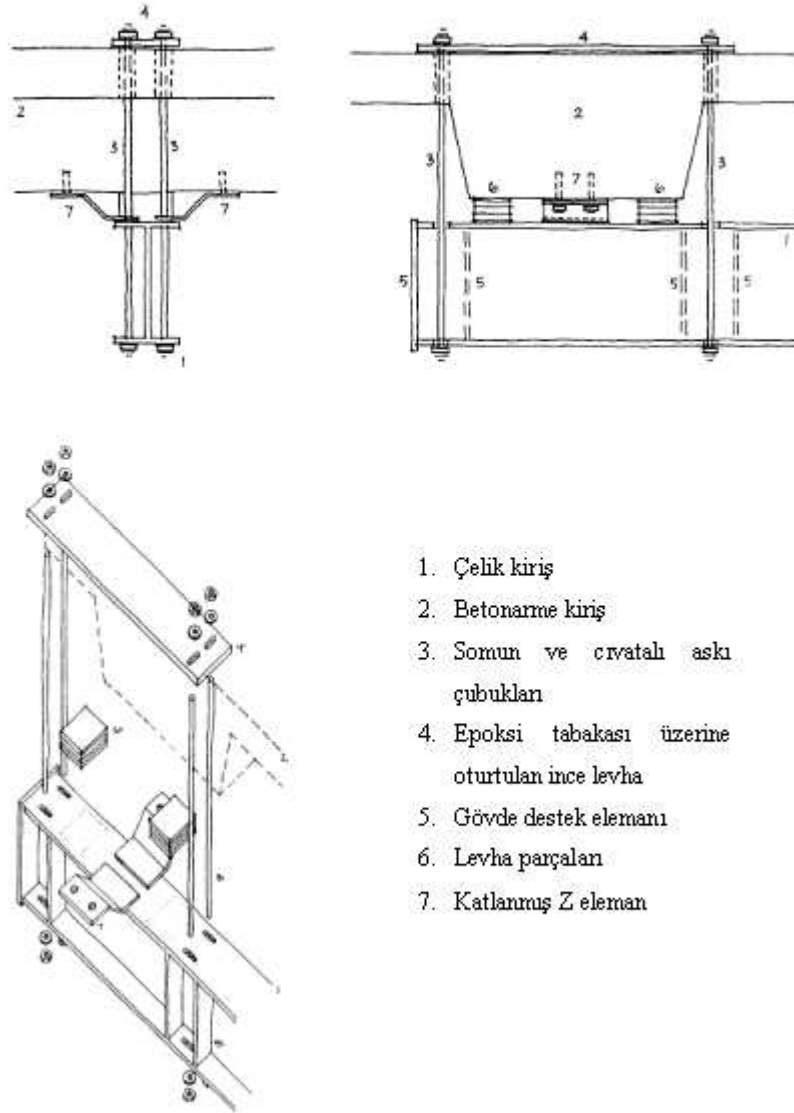
6.4.2.3 Çelik Kirişlerin Betonarme Kirişe Asılarak Birleşimleri

Konstrüksiyon, Yapım

Askı çubukları betonarme kirişin üst tarafına epoksi reçinesiyle yapıştırılmış, betonarme kirişin genişliğine eş uzunluktaki çelik levhalara bulonlanır. Çelik kiriş, betonarme kiriş ve levha parçası üzerindeki delikler aynı hizada olmalıdır.

Çelik kiriş, betonarme kiriş başlarından üstteki levhaya bulonlanmış askı çubuklarına eklenerek, betonarme kirişin alt yüzeyi ile çelik kirişin üst flanşı arasında bulunan pullar ile çelik kirişin montaj konumu ayarlanır. Çelik kiriş ile betonarme kiriş arasında bulunan levha parçalarının zamanla oluşan yüklerden dolayı hareket edip yerinden çıkmasını önlemek için çelik kirişe ve birbirlerine kaynaklanmalıdır. (Şekil 6.7)

Eğer birleşimlerde yanal hareketin önlenmesi gerekliyse, çelik kirişi betonarme tavana sabitleyecek basit, katlanmış mesnetlere ihtiyaç vardır.



Şekil 6.7 Çelik kirişin betonarme kirişe asılarak birleşimi.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* yapılacak olan düşey ayarlamaları etkileyen en önemli unsurlar; kullanılacak askı çubuklarının boyu, betonarme kiriş ile çelik kiriş arasındaki levha parçalarının toplam kalınlığı, betonarme döşemenin ve üzerindeki çelik levhanın kalınlığıdır.
- *Yatay ayarlamalar:* betonarme kiriş ile betonarme kirişin üzerinde bulunan levhada, askı çubuklarının bağlanması için bırakılan geniş bulon delikleri sayesinde yatay ayarlamalar yapılmaktadır.
- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* kiriş flanşlarında bulunan deliklerin konumuna göre yapılmaktadır.

Uygulama Aşamaları:

1. Askı çubukları için betonarme döşemenin kirişle birleştiği en yakın noktalarda delikler açılır.
2. Betonarme kirişin üst yüzeyi üzerine epoksi reçinesi sürülerek çelik levha ve askı çubukları yerleştirilir.
3. Levha parçalarıyla konumu ayarlanan çelik kiriş askı çubuklarına eklenerek alttan bulonlanır.

6.4.3 Çelik Kiriş Betonarme Duvar Birleşimi

Çelik kirişlerin betonarme perde duvarlarla olan birleşimlerinde 2 farklı birleşim yöntemi söz konusudur. çelik kiriş mevcut veya yapılmakta olan betonarme duvarlara yuvalı veya yuvasız olarak birleştirilebilir.

6.4.3.1 Yuvasız Birleşimler

Çelik kirişlerin betonarme duvarlara yuvasız birleşimlerinin;

Uygulama Alanları

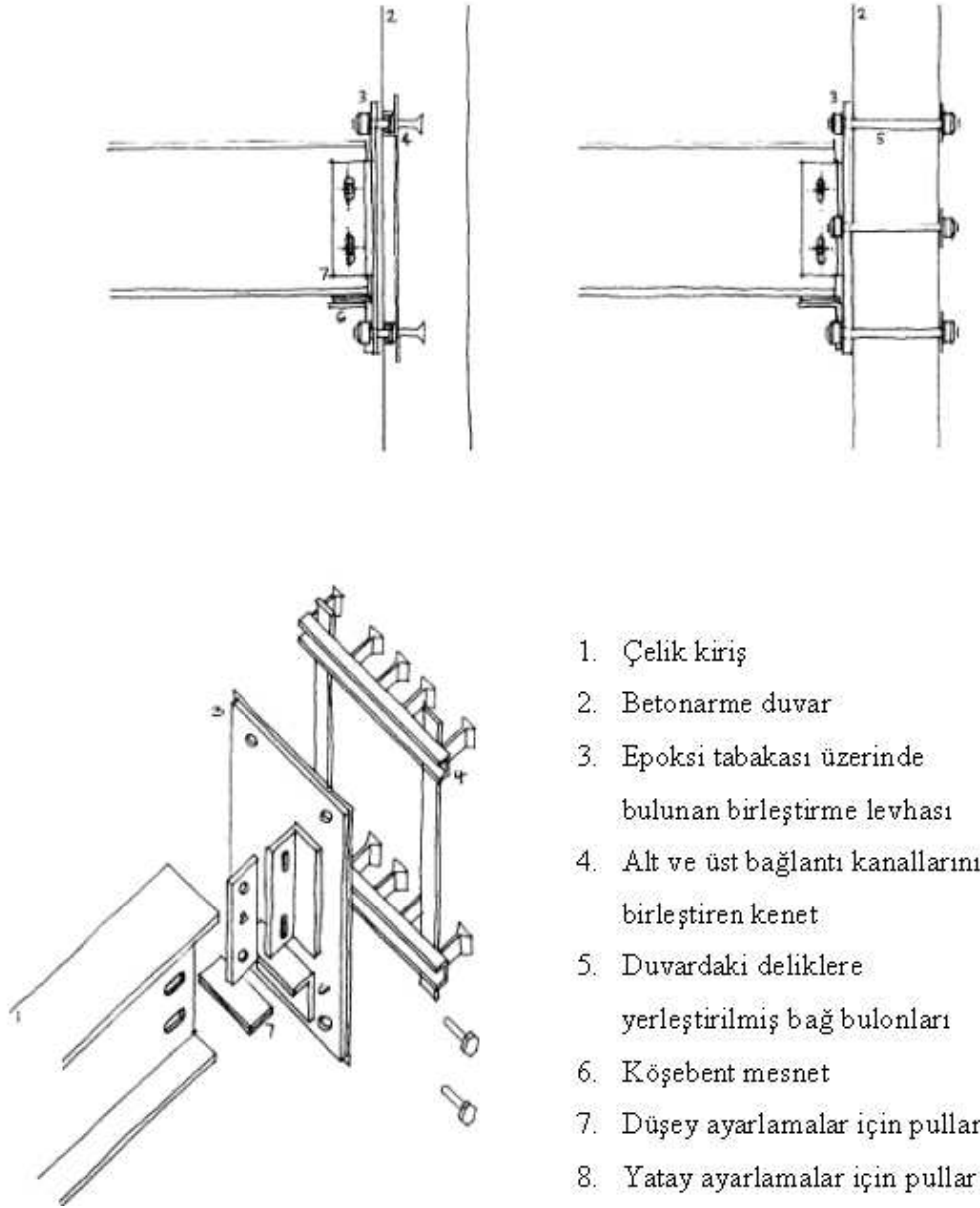
- Çelik kirişin yeni yapılan betonarme duvara montajı
- Çelik kirişin mevcut betonarme duvara montajı
- Çelik kirişin düşer kirişe montajı

Konstrüksiyon, Yapım

Önceden yapılmış birleştirme levhası, duvara sonradan yerleştirilen U kesitli kanallara veya manşonlara bulonlanır. (Bu yöntem genellikle mevcut duvarlarda uygulanmaktadır.) Çok hafif yüklerin taşınacağı uygulamalarda genişleyebilen veya kimyasallı ankraj çubukları kullanılabilir.

Yeni yapılmakta olan betonarme duvarlarda U kesitli kanallar ile birleştirme sağlanacaksa, beton dökümünden önce duvar kalıbının içine söz konusu U kesitli profiller yerleştirilerek beton ile birlikte çalışması sağlanır. (Şekil 6.8)

Mesnet yüzeylerinin uygun yükseklikte ayarlanmasında delikli levha parçaları veya rondelalar kullanılmaktadır. Konumu ayarlanan çelik kiriş yerine oturtularak birleştirme elemanı üzerindeki bağlantı levhasına bulonlanır.yatay ayarlamalar içinde pullar gerekebilir.



Şekil 6.8 Çelik kirişin betonarme duvara yuvasız olarak birleşimi 1.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* çelik kiriş flanşı ile mesnet arasına konulan pullar ve alın levhasındaki bulon delikleri ile yapılmaktadır.

- *Yatay ayarlamalar:* çelik kiriş gövdesi ile birleştirme elemanı üzerindeki bağlantı levhası arasına konulan pullarla sağlanır.
- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* çelik kiriş gövdesindeki bulon deliklerinin konumuna göre ayarlanmaktadır.

Uygulama Aşamaları:

1. U kesitli bağlantı kanalları yeni yapılacak betonarme duvar kalıplarının içine beton dökümünden önce yerleştirilerek beton dökülür. Mevcut duvarlara yapılacak birleşimlerde ise duvarda bulon delikleri açılarak kanallar duvara sabitlenir.
2. Birleştirme levhası betonarme duvar içinde kalan bağlantı kanallarına bulonla birleştirilir.
3. Pullar ile çelik kirişin konumu ayarlanır.
4. Çelik kiriş ile bağlantı levhasındaki karşılıklı deliklerden cıvatalar geçirilerek somunla sıkılır.

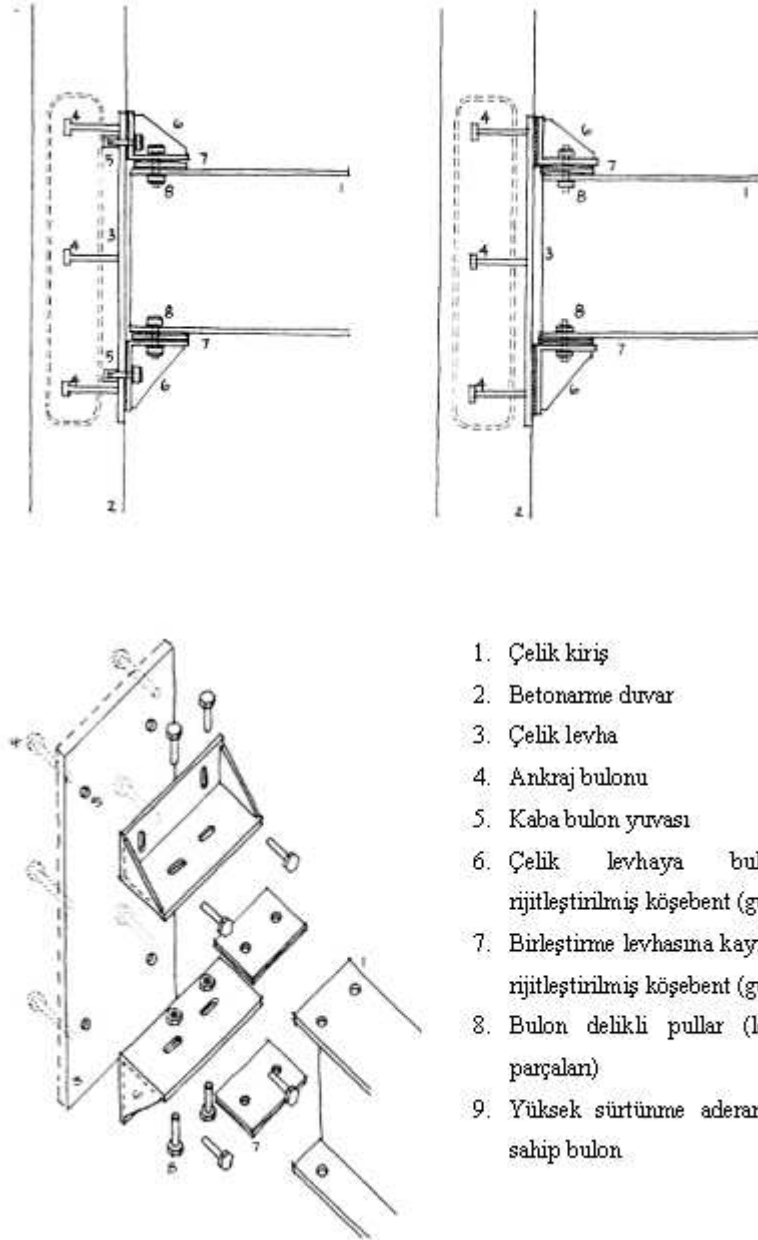
Bir diğer yuvasız birleşim şekli çelik kirişlerin kızak biçimli birleştirme elemanı ile betonarme çekirdek duvara birleşimidir.

Uygulama Alanları

- Çelik kirişlerin betonarme duvarlara montajında
- Çelik kiriş ile düşer kiriş birleşimlerinde
- Çelik kiriş ile betonarme kolon birleşimlerinde

Konstrüksiyon, Yapım

Çelik birleştirme levhası, betonarme duvar yüzeyi ile aynı hizada olacak şekilde beton içine yerleştirilerek ankrajlanır. Birleştirme levhaları, üzerinde makaslama bulonları ile kör bulon delikleri bulunacak şekilde önceden üretilmektedir. Köşebent şeklindeki çelik levha parçaları o birleştirme levhasına bulonlanır. Alt köşebentin görevi ana kirişin taşınmasında guse görevi görerek yardımcı olmaktır. Üst köşebent ise çelik kirişin üst flanşını sınırlandırarak, kirişin dönmesini önlemektedir. (Şekil 6.9)



Şekil 6.9 Çelik kirişin betonarme duvara yuvasız olarak birleşimi 2.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* Çelik kirişle köşebent arasına konulan bulon delikli levha parçaları ile gerçekleştirilir.
- *Yatay ayarlamalar:* Çelik kiriş ve köşebent üzerinde bulunan bulon deliklerine göre sağlanır.

- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* Birleştirme levhasının alt ve üst köşebentleri ile çelik kirişin alt ve üst flanşlarındaki deliklerin konumuna göre yapılmaktadır.

Uygulama Aşamaları:

1. Birleştirme levhası beton dökümünden önce, betonarme duvarın yüzeyi ile aynı hizada olacak şekilde kalıba yerleştirilerek beton dökülür.
2. Kirişin üzerine oturtulup sabitlendiği köşebent mesnetler, birleştirme levhasına kaynaklı veya bulonlu olarak birleştirilir.
3. Levha parçaları (pul) kullanılarak çelik kiriş konumlandırılır.
4. Cıvatalı somunlu olarak birleştirme işlemi gerçekleştirilir.

6.4.3.2 Yuvalı Birleşimler

Uygulama Alanları

- Çelik kirişlerin betonarme çekirdek duvarlara montajı
- Çelik kirişlerin duvarlara önceden hazırlanmış yuvalarla birleştirilmesi.

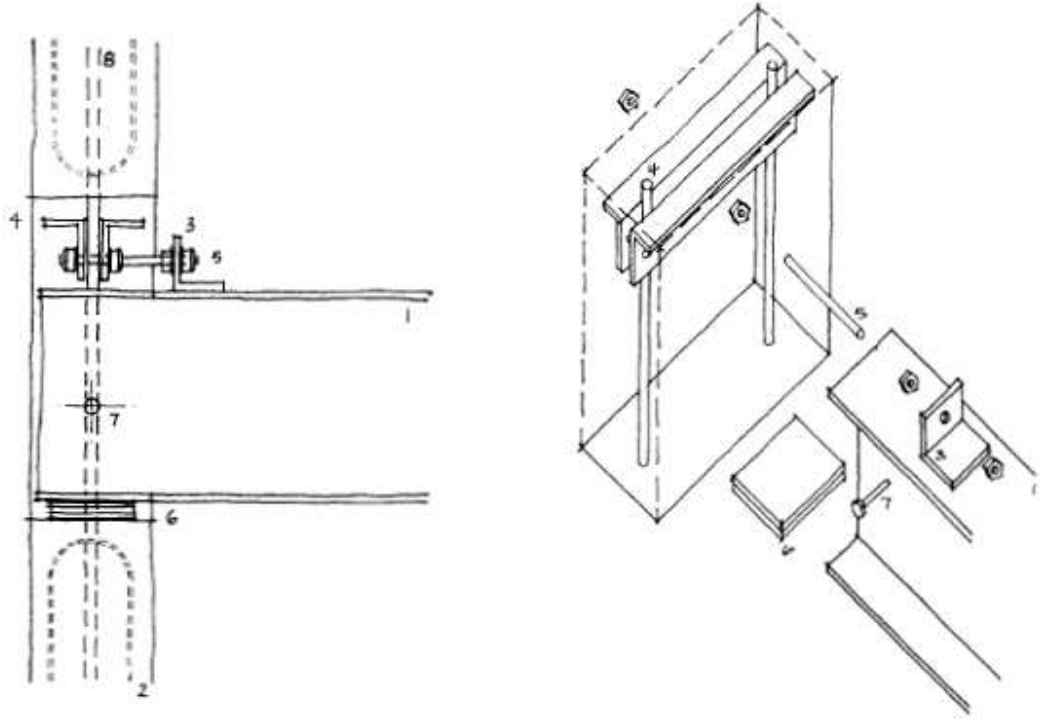
Konstrüksiyon, Yapım

Mevcut duvarlarda özel boşluk açma teknikleri kullanılarak, beton içindeki donatıya zarar vermeden bir açıt açılır. Çelik kiriş açıtın altında hazırlanan epoksi tabakası veya düzeltme betonunun üzerine, pullarla gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra oturtulur. Geçici birleşim sağlamak için çelik kiriş beton içindeki donatıya tutturulur. Daha sonra açılan boşluk yüksek dayanımlı beton ile doldurulur.

Beton içinde çelik kirişle duvar arasındaki ankraj düzeyini arttırmak için çelik kirişe kesme çubukları veya levha parçaları kaynaklanabilir. (Şekil 6.10)

Eklenen çelik kirişin boylamsal hareketi diğer ucundan yeteri kadar sınırlandırılmışsa beton içindeki donatılara bağlanmayı sağlayan kenetlerin kullanımına gerek kalmayabilir. Aksi durumda çelik kirişin betonarme duvar içine

yerleştirildiği ucundan beton içindeki donatıya bağlantı elemanlarıyla kenetlenmesi gerekmektedir.



1. çelik kiriş
2. betonarme duvar
3. kirişe kaynaklı bağlantı köşebent
4. donatıları kenetlemeye yarayan köşebent
5. birleşim çubuğu
6. harç veya epoksi yatağı üzerinde bulunan pullar (levha parçaları)
7. tutunma yüzeyini artırıcı bulon
8. beton içindeki donatı

Şekil 6.10 Çelik kirişin betonarme duvara yuvalı birleşimi.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* Kirişin oturduğu epoksi tabakası veya harç ile düzeltilmiş mesnet ve çelik kirişin alt flanşı arasında bulunan pullarla sağlanır.

- *Yatay ayarlamalar:* Beton içindeki donatıya kenetlenmeyi sağlayan bağlantı elemanları ile sağlanır. Kirişin beton içine girme miktarı, betonarme duvarın kalınlığına ve duvarda açılan yuvanın derinliğine bağlıdır.
- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* Ana eleman boyunca yapılacak olan ayarlamalar duvarın kalınlığına, izin verilen minimum taşıyıcılık kapasitesine ve duvarın arka yüzünden kirişin taşabileceği maksimum çıkıntı uzunluğuna bağlıdır.

Uygulama Aşamaları:

1. Betonarme duvar içinde kirişin gömüleceği yuva oluşturulur.
2. Çelik kiriş epoksi tabakası veya harçla düzeltilmiş yüzeye konulan pulların üzerine oturtulur.
3. Çelik kiriş mevcut duvarın donatılarına kenetlenir
4. Yuva yüksek dayanımlı beton ile doldurulur.

6.4.4 Mevcut Betonarme Kolon Çelik Kiriş Birleşimi

Uygulama Alanları

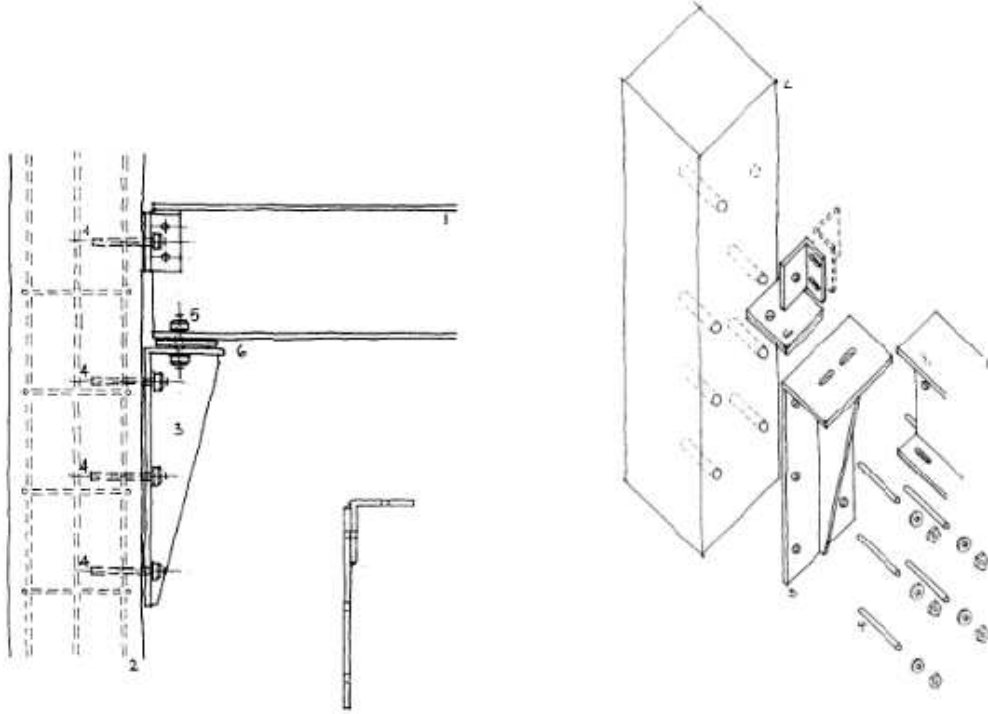
- Çelik kirişlerin mevcut betonarme kolonlarla birleşimi
- Çelik kirişlerin mevcut betonarme duvarlarla birleşimi

Konstrüksiyon, Yapım

Ankraj delikleri beton içindeki donatılara zarar vermeden, şablon kullanılarak oluşturulur. Prefabrik eleman olan mesnet eleman, epoksi tabakasıyla örtülmüş kolona dübelli bulonlar veya genişleyen ankrajlarla bulonlanır. Birleşimlerin genişleyen bulonlarla yapıldığı uygulamalarda kolonun kenarlarında oluşturulacak deliklerin, kolonun taşıma sınırında kalmasına dikkat edilmelidir.

Çelik kiriş mesnet üzerine oturtularak mesnede bulonlanır. Sınırlandırma takozları genişleyen ankraj çubukları kullanılarak yerleştirilir. Alternatif olarak destekleme takozları çelik kiriş gövdesine kaynaklanabilir. (Şekil 6.11)

Mesnet elemanı, düz levhalardan veya şekilli profillerden kesilerek üretilebilir. Daha küçük yüklerin taşınacağı sistemlerde alternatif olarak yatay köşebent elemanın bir levhaya kaynaklanması da söz konusudur.



- | | |
|--|---|
| 1. Çelik kiriş | 4. Rondelalı ve somunlu bulonlar veya genişleyen ankraj çubukları |
| 2. Betonarme kolon | 5. Bulonlar |
| 3. Epoksi yatağı üzerindeki mesnet elemanı | 6. Bulon delikli pullar (levha parçaları) |

Şekil 6.11 Çelik kirişin betonarme kolona birleşimi 1.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* çelik kiriş flanşları ile mesnet eleman arasındaki bulon delikli pullar ile sağlanır.
- *Yatay ayarlamalar:* mesnet elemanın üst levhasında bulunan bulon deliklerinin konumuna göre yapılır.
- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* kiriş üzerindeki bulon deliklerinin konumuna göre yapılır.

Uygulama Aşamaları:

1. Genişleyen ankraj çubukları için bulon delikleri delinir.
2. Kolon ile mesnet eleman arasına epoksi reçinesi sürülerek, mesnet eleman kolonla birleştirilir.
3. Çelik kirişler mesnet üzerine konulan bulon delikli pullar üzerine oturtulur.
4. Bulonlar ile birleştirme yapılır.

Mevcut betonarme kolon çelik kiriş birleşimlerinde bir diğer yöntem de ilk yöntemdeki gibi; “Çelik kirişlerin mevcut betonarme kolonlarla birleşimi” ve “Çelik kirişlerin mevcut betonarme duvarlarla birleşimi”nde uygulanabilir.

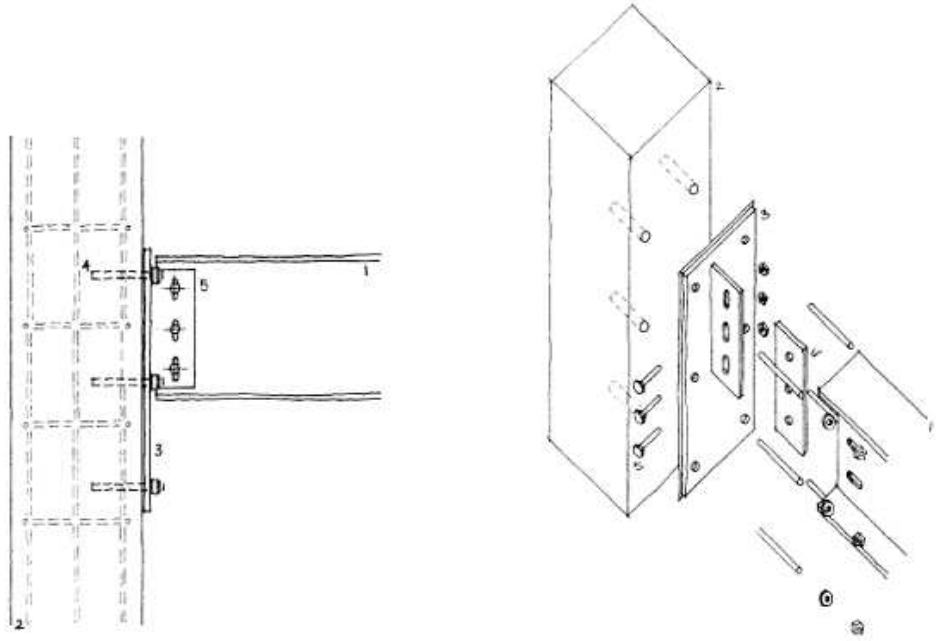
Konstrüksiyon, Yapım

Kolon içinde bulunan çelik donatıların yerleri demir test cihazı (covermeter) kullanılarak ve kolonun çelik kiriş eklenecek yüzeyinde oluşturulacak pilot delikler veya çentik ile belirlenir. Ankraj bulonlarının konulacağı delikler şablon kullanılarak, beton içindeki donatıya karşılık gelmeyecek şekilde delinir.

Prefabrik bir eleman olan çelik birleştirme elemanı kolona birleştirilmeden önce kolon yüzeyine epoksi reçinesi sürülür. Genişleyen ankraj çubukları kullanılarak birleştirme levhası mevcut betonarme kolona ankrajlanır. Çelik kirişin montaj konumu bulon delikli pullarla ayarlanarak, birleştirme elemanına kaynaklı gövde takozuna birleştirilir. Kiriş, yüksek sürtünme aderansına sahip bulonlar kullanılarak gerekli yerlere somunlu cıvatalı olarak birleştirilir. (Şekil 6.12)

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* birleştirme elemanına kaynaklı bağ levhasındaki yivli deliklerle ayarlanır.
- *Yatay ayarlamalar:* birleştirme levhası ile kiriş arasına konulan bulon delikli pullarla sağlanır.
- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* çelik kiriş gövdesinde bulunan bulon deliklerinin konumuna göre yapılmaktadır.



- | | |
|--|--|
| 1. Çelik kiriş | 4. Genişleyen ankraj çubukları |
| 2. Betonarme kolon | 5. Yüksek sürtünme aderansına sahip bulonlar |
| 3. Epoksi yatağı üzerindeki mesnet elemanı | 6. Bulon delikli pullar (levha parçaları) |

Şekil 6.12 Çelik kirişin betonarme kolona birleşimi 2.

Uygulama Aşamaları:

1. Genişleyebilen ankraj çubuklarının gömülmesi için bulon delikleri açılır.
2. Birleştirme elemanı betonarme kolona epoksi tabakası ve ankraj bulonlarıyla birleştirilir.
3. Çelik kirişin montaj konumu bulon delikli pullarla ayarlanarak, birleştirme elemanına somunlu cıvatalı olarak bağlanır.

6.4.5 Mevcut Betonarme Döşemeye Çelik Dikme Eklenmesi

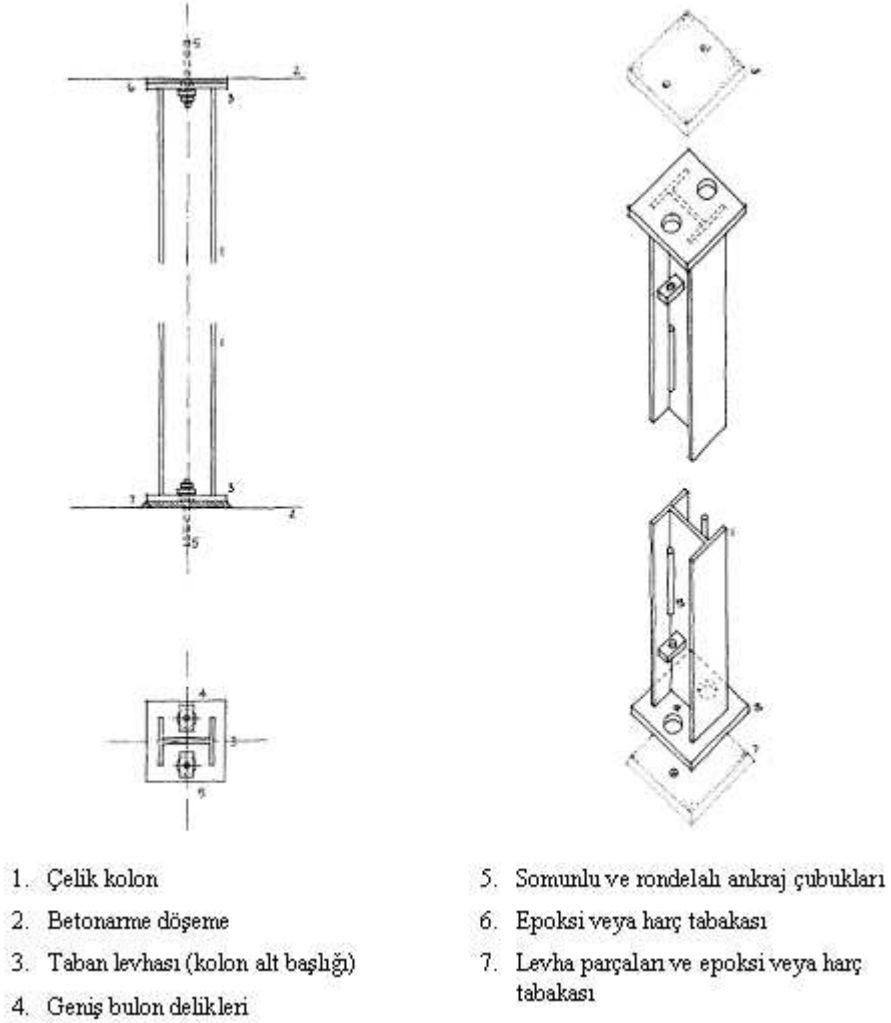
Uygulama Alanları

- Mevcut betonarme döşeme veya kirişe yeni çelik kolon eklenmesi

Konstrüksiyon, Yapım

Çelik kolon betonarme kiriş veya döşemenin üzerine doğrudan eklenir. Kolon alt başlığında betonarme elemanda oluşabilecek patlaklara karşı taşıyıcı olmayan şap

kullanılmalıdır. Kolon üst ve alt başlıkları betonarme kiriş veya döşemeye ankraj çubuklarıyla tespitlenmelidir. (Şekil 6.13)



Şekil 6.13 Çelik dikmenin betonarme döşemeye eklenmesi.

Çelik kolonun konumu, taban levhası altına konulan takozlar veya levha parçaları ile ayarlanır. Kolon üst levhası, ankraj bulonlarıyla tavana bağlanır. Daha sonra tavanla üst levha arası harçla veya epoksi reçinesiyle doldurulur. Alternatif olarak kolon üst başlığının tavana montajından önce beton yüzeye harç veya epoksi reçinesi sürülebileceği gibi hem beton yüzeye hem de üst levhaya harç veya epoksi reçinesi uygulanarak ankraj bulonlu birleştirme yapılır.

Çelik kolon üst başlık levhasından tavana sabitlenip gerekli kürlenme sağlandıktan sonra üst ankraj bulonları sıkılır. Daha sonra çelik kolon taban levhası betonarme kiriş veya döşemeye ankraj çubuklarıyla tespitlenir. Taban levhasıyla beton yüzeyin arasında çimento şerbetli şap ile yastık oluşturulur.

Kolon alt levhası geniş bulon delikli olarak tasarlanmalı veya ankraj çubuklarının kiriş yada döşeme içinde yer alan donatılara karşılık gelmesini önlemek için fazladan bulon delikleri bırakılmalıdır.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* betonarme döşeme ve çelik kolon alt başlık levhası arasında bulunan takozlar ve pullar ile yapılmaktadır.
- *Yatay ayarlamalar:* her iki yönde (X ve Y yönünde) bulon çapından daha geniş bırakılan deliklerle veya fazladan bırakılan bulon delikleriyle sağlanır

Uygulama Aşamaları:

1. Ankrajlamanın yapılabilmesi için betonarme kiriş veya döşeme delinir.
2. Kolon düşey hale getirilip, levha parçaları ve rondela kullanılarak konumu ayarlanır.
3. Çelik kolon üst başlığındaki levhadan tavana ankraj bulonlarıyla birleştirilerek çelik ile beton yüzey arası epoksi reçinesi veya harç kullanılarak doldurulur (10mm ile 25 mm arasındaki kalınlıkta)
4. Gerekli kürlenmeden sonra kolon alt başlığı betonarme döşemeye ankrajlanır.
5. Taban levhasıyla betonarme yüzey arası epoksi reçinesi veya harçla doldurularak yatak oluşturulur.

Aşağıda çelik taşıyıcı elemanlar ile betonarme yapı elemanları arasındaki birleşimlere ait görsel örnekler yer almaktadır.



Şekil 6.14 Çamdibi katlı pazaryeri inşaatında çelik çatının betonarme yapıya birleşimi, İzmir.



Şekil 6.15 Betonarme perde duvar çelik kiriş birleşimi.

6.5 Çelik ve Kagir Bileşimleri

Taşları veya tuğlaları, taşıyıcı olacak şekilde, üst üste koyup, harçla bağlanarak ve yapı döşemesinin de bu duvarlara tahta veya kütüklerle bindirme yoluyla çivi kullanmadan monte edilmiş sistemlere yığma yapı denir. Yığma yapılarda duvarların hem mimari hem de taşıyıcı işlevi vardır. Duvarlar hem hacimleri oluşturur, yapıyı dış etkenlerden korudukları gibi yapının işlevi gereği oluşturulan iç bölmelerini de ayırırlar. Duvarların bu birden çok işlevi kullanım ve yapım açısından yığma yapıların önemli üstünlüğüdür.

Yığma yapılarda kullanılan malzemeler taş, tuğla, bims duvar blokları (briket) ve gaz beton olabilmektedir.

Yığma yapı tekniğinde çelik kullanımına ait örnekler 15. ve 16. yüzyıllardan başlayıp 18. yüzyılın sonlarına dek süren ve demirin sadece bir bağlayıcı eleman olarak değil, strüktürün bir parçası olarak kullanıldığı dönemde, kemer ve tonoz gibi strüktürel elemanların mesnet noktalarına gelen yatay yüklerden dolayı oluşacak deformasyonu önleyebilmek için gergi elemanı olarak ve daha ileriki tarihlerde çelik ile birlikte kagir malzemelerin volta döşemelerde kullanıldığını görmekteyiz.

Günümüzde yığma yapılarda çelik kullanımı ki şekilde olabilmektedir.

Bunlardan ilki çelik ile kagir malzemenin birlikte kullanımına tasarım aşamasında karar verilerek gerekli birleşim tekniklerinin bu doğrultuda düşünülmesi şeklindedir. Bir diğer kullanımı ise mevcut yığma yapıya kiriş, kolon veya çatı makası gibi sonradan bir çelik taşıyıcı eleman eklenmesi biçimindedir.

Mevcut yığma yapıya çelik eleman ekleme nedenleri arasında;

- Var olan strüktürü güçlendirmek,
- Yapı içinde ve dışında yeni kullanım alanları oluşturmak.
- Çatı konstrüksiyonu oluşturmak sayılabilir.

Bina içi yüksekliği 5 m den fazla olan gerek betonarme özellikle de yığma yapılarda, mevcut taşıyıcıların yapı içinde oluşturulacak bir ara katın taşınmasına olanak sağlamadığı durumlarda sıklıkla kullanılan bir diğer yöntem ise yapı içine çelik kolon ve kirişlerden oluşan ikinci bir strüktür inşa ederek söz konusu katın taşınması sağlanabilir. Böyle durumlardaki en önemli birleşim sorunu eklenecek çelik kolonların yapı zeminine montajlanmasıdır.

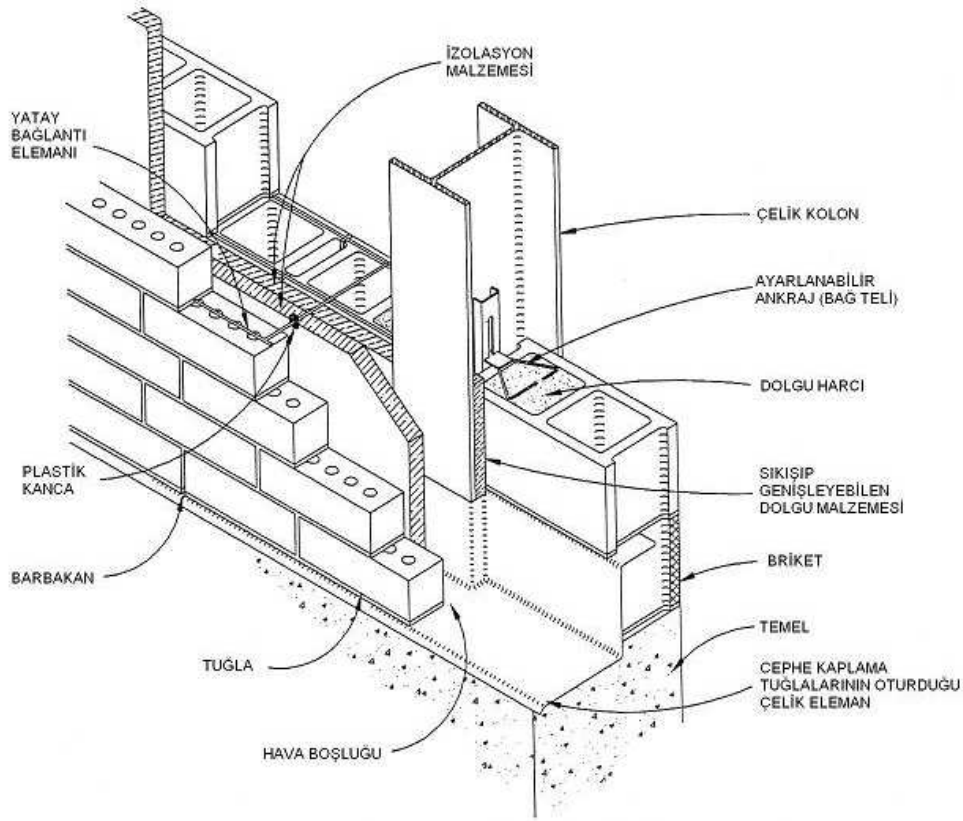
Yığma yapılardaki çelik eleman birleşimleri kısmen betonarme yapılardaki birleşimlere benzese de; beton ile çelik birleşimlerine göre daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir.

Çelik ile kagir birleşimlerinde çelik eleman ;

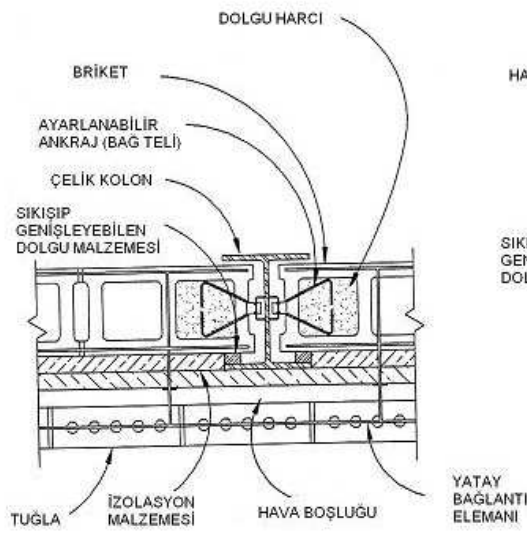
- Taşıyıcı yığma duvar içine gömülebilir,
- Taşıyıcı duvara ankraj bulonlarıyla tespitlenmiş ankraj levhalarına cıvatalı, kaynaklı veya kaynak + cıvatalı olarak bağlanabilir,

Taşıyıcı duvarın üzerine, duvar boyunca gerekli yükseklikte, kalınlığı duvarın kalınlığına eşit olan donatılı beton hatıl dökülerek çelik kirişlerin veya çatı makaslarının duvar üzerine oturacağı kısımlarda, beton dökümünden önce ankraj bulonları yerleştirilir. Beton donduktan sonra taban levhası eklenerek, elemanlar bu taban levhasına birleştirilir.

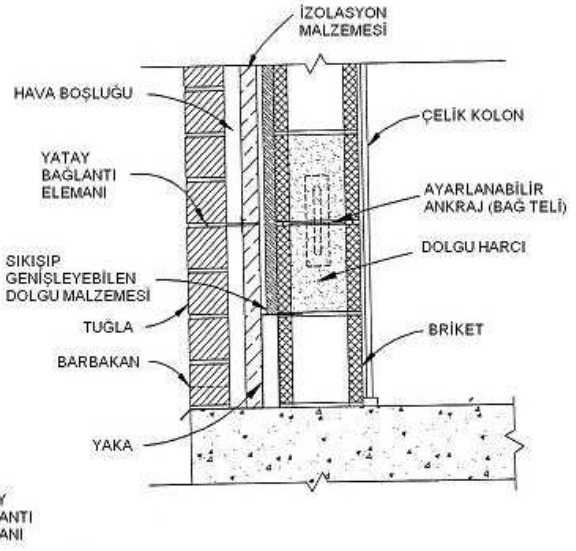
Kagir yapılarda kullanılan Bir diğer birleştirme biçimi de bağlama tellerinin kullanımıdır. Bağlama telinin kullanıldığı durumlar genellikle kagirin çelik taşıyıcılara bağlandığı durumlardır. Burada amaç yapılacak olan yığma duvar ile çelik iskeletin birlikte çalışmasının sağlanması, duvar ile iskelet sistem arasında ayrılmaların oluşmasının önlenmesidir (Şekil 6.16).



İZOMETRİK GÖRÜNÜŞ



PLAN



KESİT

Şekil 6.16 Çelik taşıyıcılı yapıda yığma duvar birleşimleri.

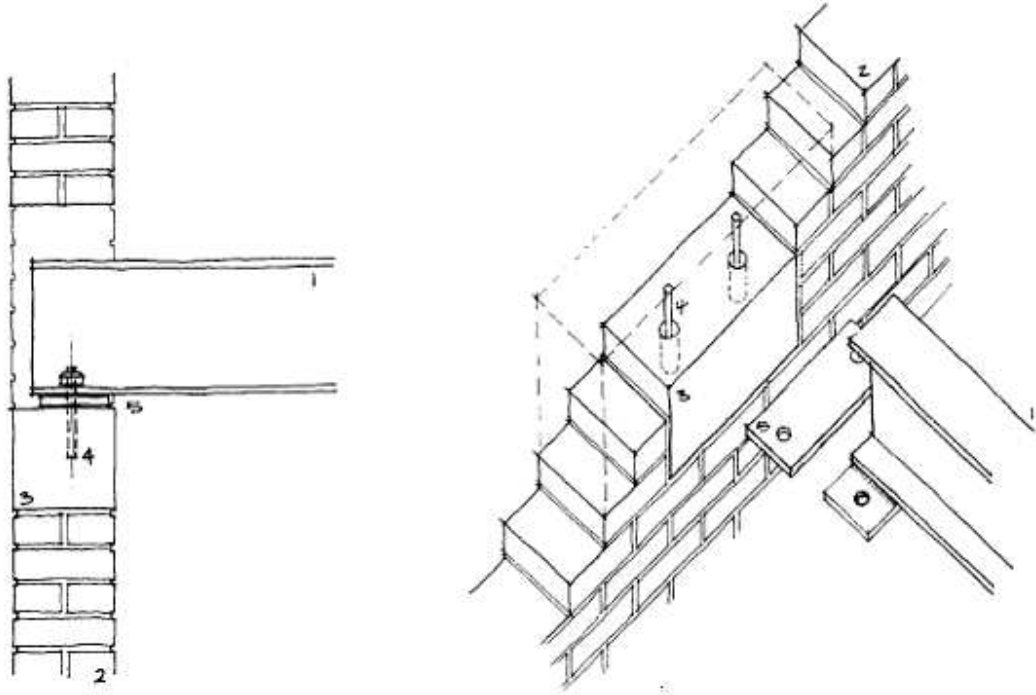
Yığma duvarlara çelik kiriş eklenmesinde yük aktarımlarına göre 2 farklı tip birleşim detayından söz etmek mümkündür. Bunlar; basınç yükü aktaran birleşimler ve kesme kuvveti aktaran birleşimlerdir.

6.5.1 Basınç Aktaran Mevcut Yığma Duvar Çelik Kiriş Birleşimi

Bu birleşimlerin tasarım ilkesi, çelik kiriş ile taşıyıcı yığma duvarların basınç aktaracak şekilde birleşimidir.

Konstrüksiyon, Yapım

Çelik kirişin duvar içine gömülerek üzerine oturabileceği uygun bir yastık oluşturmak için yığma duvarda bir açıt veya yuva oluşturulur. (Şekil 6.17)



1. Çelik kiriş
2. Yığma (kagir) duvar
3. Betonarme yastık eleman
4. Yastık elemandaki bulon yuvaları ve bunların içine yerleştirilen ankraj çubukları
5. Bulon delikli pullar (levha parçaları)

Şekil 6.17 Basınç aktaran mevcut yığma duvar çelik kiriş birleşimi 1.

İçinde ankraj çubukları bulunan betonarme yastık eleman, prekast bir ürün olabileceği gibi yerinde yapım yöntemiyle de üretilebilir. Yatay ve düşey ayarlamaları sağlamak amacıyla, gerek doğrudan duvara sabitlenen ankraj çubuklu birleşimlerde gerekse beton içine yerleştirilen bulon yuvalı birleşimlerde geniş bulon delikleri ve bunları bulon çapına göre küçültmek için rondelalar kullanılabilir.

Çelik kiriş birleştirileceği yastık elemanın üzerine kaldırılarak, levha parçaları ile montaj konumu ayarlandıktan sonra betonarme yastığa bulonlanır. Daha sonra bulon yuvaları beton ile doldurulur. Birleşim, duvarda açılan yuvanın geri kalan kısmının duvar malzemesiyle doldurulması (örülmesi) ile sonlandırılır.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* betonarme yastık eleman ile çelik kirişin alt flanşı arasına konulan bulon delikli levha parçaları (pul) ile sağlanır
- *Yatay ayarlamalar:* çelik kirişin alt flanşındaki geniş bulon delikleri ile yastık elemandaki geniş çaplı bulon yuvaları ile sağlanır.
- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* geniş delikli bulon delikleri ve pullarla sağlanır.

Uygulama Aşamaları:

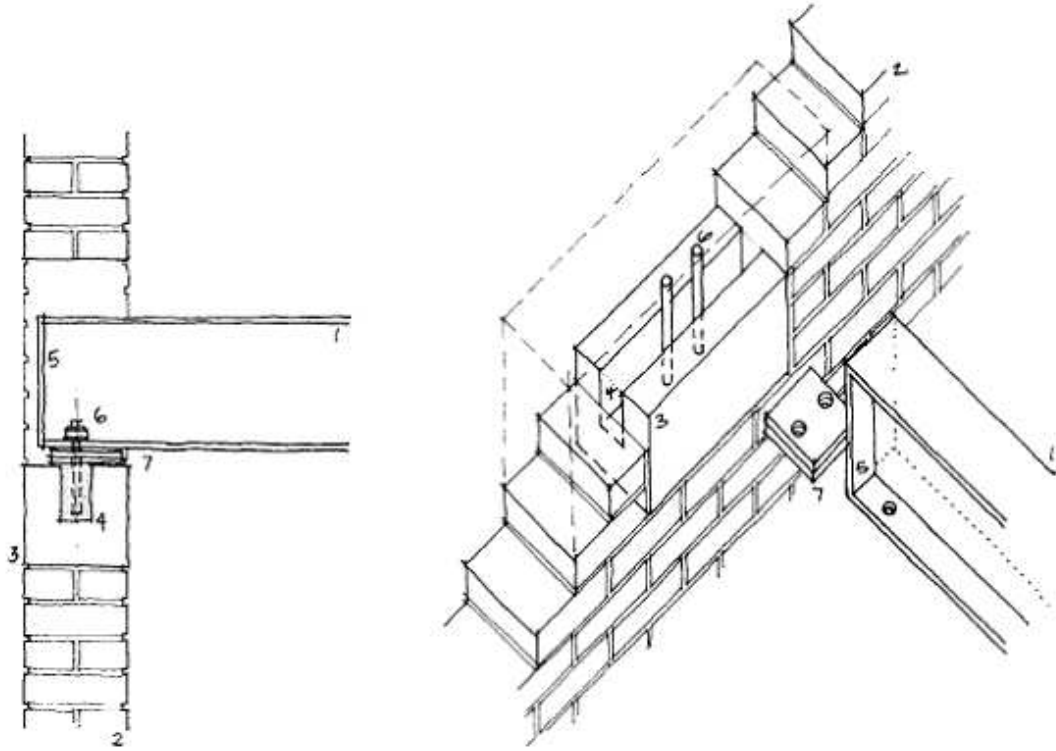
1. Betonarme yastık eleman yerinde yapım olarak oluşturulur veya prefabrike yastık eleman yerine yerleştirilir.
2. Çelik kiriş, bulon delikli levha parçaları kullanılarak konumlandırılır.
3. Montajlanacak konuma getirilen çelik kiriş, bulonlu olarak yastık elemana bağlanır.
4. Daha sonra yastık eleman ve kiriş için bırakılan açtın kalan boşlukları duvar malzemesiyle doldurulur (örülür).

Aynı yük aktarım ilkesinden hareketle çelik ile yığma duvarlar arasındaki birleşim şu şekilde sağlanabilir.

Konstrüksiyon, Yapım

Çelik kirişin duvar içine gömülebilmesini sağlamak amacıyla duvarda bir açıt oluşturulur. Oluşturulan yuvada çelik kirişin oturacağı betonarme yastık eleman, yerinde yapım veya prefabrik olarak üretilir.

Oluşturulan yastık elemanın orta aksı, içine ankraj bulonlarının girebileceği şekilde ankraj yuvalı olmalıdır. (Şekil 6.18) Ankraj bulonlarının yerleştirileceği yuvalar yastık elemanın orta kısmındaki boşluğa yerleştirilerek beton dökülür. Çelik kiriş bulon delikli levha parçaları (pul) üzerine oturtularak, kirişin yatay ve düşeyde montaj ayarları yapılır. Çelik kiriş yastık elemana bulonlu olarak bağlandıktan sonra duvarda oluşturulan açıt kagir malzemeyle doldurulur (örülür).



- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. Çelik kiriş | 5. Alın levhası (çelik kirişe kaynaklı) |
| 2. Yığma (kagir) duvar | 6. Betonlanmış ankraj çubukları |
| 3. Betonarme yastık eleman | 7. Bulon delikli pullar (levha parçaları) |
| 4. Yerinde yapım bulon yuvaları | |

Şekil 6.18 Basınç aktaran mevcut yığma duvar çelik kiriş birleşimi 2.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* yastık eleman ve çelik kirişin alt flansı arasında bulunan pullar ile sağlanır.
- *Yatay ayarlamalar:* betonarme yastık elemanın ortasında, betona gömülü bulon yuvalarının konumuna göre yapılır.

- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* yastık elemana ankrajlı bulonların ve kiriş üzerindeki bulon deliklerinin konumuna göre yapılır.

Uygulama Aşamaları:

1. Betonarme yastık eleman, duvarda oluşturulan açığa yerleştirilir.
2. Çelik kirişin konumu pullar ile ayarlanır
3. Montaj konumuna getirilen kiriş bulonlarla yastık elemana birleştirilerek, bulon yuvaları betonla doldurulur.
4. Açığın kalan yerleri duvar malzemesiyle doldurulur (örülür).

6.5.2 Kesme Kuvveti Aktaran Mevcut Yığma Duvar Çelik Kiriş Birleşimi

Uygulama Alanları

Taşıyıcı yığma duvarlarla çelik kirişlerin kesme kuvvetlerini aktaracak şekilde birleşimlerinde kullanılan detay türüdür.

Konstrüksiyon, Yapım

Dişli kanallara sahip betonarme yastık eleman, yeni yığma konstrüksiyonlarda duvar üzerine, mevcut yığma yapılarda ise duvarda oluşturulan açığa konulur. Söz konusu yastık eleman, yerinde yapım olarak üretilebileceği gibi prefabrik bir eleman da olabilir. Dişli kanalların bulunduğu yastık elemanlara yapılan bulonlu birleşimler düşey kesme kuvvetlerinin aktarılmasını sağlar. (Şekil 6.19)

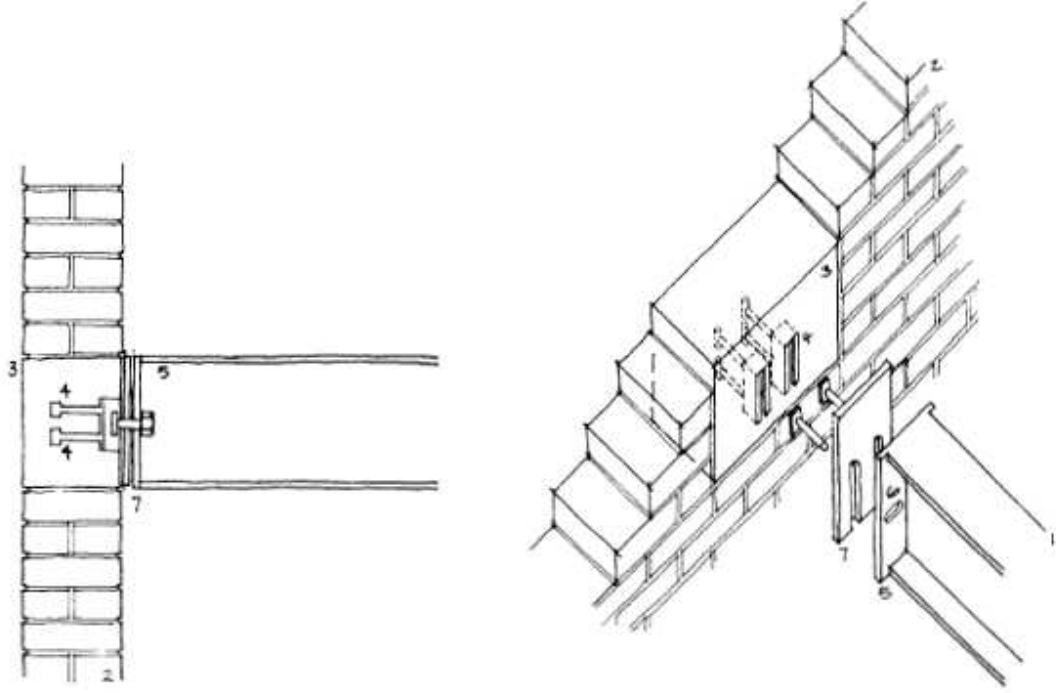
Sistemde oluşan eksantrik yüklere, kiriş ve kirişe kaynaklı alın levhasında oluşan itme-çıkma etkileri ile kirişin yastık eleman içindeki kanallara birleşimini sağlayan bulonlardaki çekme etkisi tarafından karşı konulmaktadır.

Duvar kalınlığı yeterli olmayan veya ortak duvarlarda veya yastık elemanın dişli kanallarının yerleştirilmesi için yeterli derinliğe sahip olmadığı duvarlarda bulonlar doğrudan duvara ankrajlanarak kiriş ile duvar birleşimi sağlanır.

Ayarlamalar

- *Düşey ayarlamalar:* düşey ayarlamalar yastık eleman içinde bulunan dişli kanallar (yuvalar) ile sağlanır.

- *Yatay ayarlamalar:* kirişe kaynaklı alın levhasında bulunan yivli bulon delikleriyle sağlanır.
- *Ana eleman üzerindeki ayarlamalar:* yastık elemanın dış yüzeyi ile kaynaklı alın levhası arasına konulan çentikli levha parçasıyla sağlanır.



- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Çelik kiriş | 5. Çelik kirişe kaynaklı alın levhası |
| 2. Yığma (kagir) duvar | 6. Alın levhasındaki yuvalar |
| 3. Betonarme yastık eleman | 7. Çentikli levha |
| 4. Yerinde yapım dişli bulon yuvaları | |

Şekil 6.19 Kesme kuvveti aktaran mevcut yığma duvar çelik kiriş birleşimi.

Uygulama Aşamaları:

1. Betonarme yastık eleman duvar içine yerleştirilir.
2. Çelik kiriş montaj için konumlandırılarak geçici olarak desteklenir.
3. Çelik kiriş yastık eleman içindeki yuvalara bulonlanır.

Aşağıda buraya kadar anlatılan çelik yapı elemanlarının yığma taşıyıcı elemanlarla olan birleşimlerine ait görsel örnekler yer almaktadır.



Şekil 6.20 Yığma yapı içerisinde oluşturulan çelik konstrüksiyon.



Şekil 6.21 Yığma yapıya sonradan çelik taşıyıcı kısım eklenmesi, Bornova, İzmir.



Şekil 6.22 Yığma yapı duvarlarına çelik döşeme kirişleri eklenmesi, Bornova, İzmir.

6.6 Çeliğin Ahşap Malzemeli Yapı Elemanlarıyla Birleşimi

“Ahşap, canlı bir organizma olan ağacın meydana getirdiği, lifli, homojen ve anizotrop bir dokuya sahip organik esaslı bir malzemedir” (Eriç, M., 1994). Canlı olma özelliğine sahip ahşap, günümüzde teknolojik imkanlar ile homojen ve izotrop bir malzeme haline gelmiştir. Böylelikle ebat olarak yapıda kullanılması mümkün olmayan ahşap ve bitkilerden, kıymetli ağaçlardan en fazla yararlanma imkanı doğuran fabrikasyon ürünleri ortaya çıkmıştır.

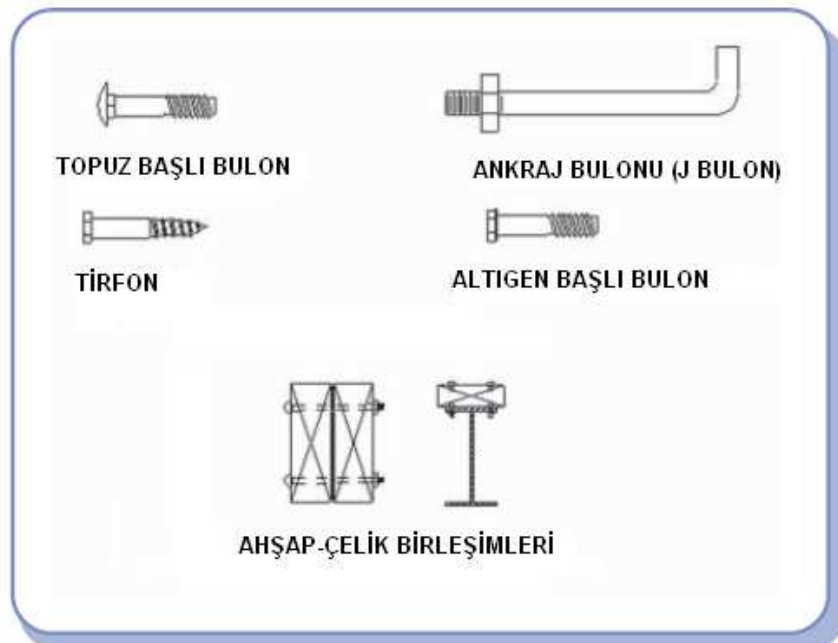
Ahşap ile çeliğin yapılarda taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanımına bakıldığında betonarme ve kagir yapım tekniklerine göre birbirlerine daha yakın sistemler oluşturdukları görülmektedir.

Yapılarda ahşabın taşıyıcı olarak kullanımına bakıldığında; doğal ahşabın ve endüstriyel ahşap ürünlerin kullanımından söz edilebilir.

Endüstriyel ahşap Genel olarak ahşap parça, tabakası, kereste, yonga ve ahşap liflerinin bağlayıcı maddeleri ile çeşitli şekillerde fabrika ortamında bir araya gelmesiyle oluşan, homojen ve izotrop malzemeye verilen isimdir. Endüstriyel ahşap ürünler çeşitli tekniklerle farklı şekillerde üretilmektedir. Üretim teknikleri ve boyutsal özellikleri dikkate alınarak; endüstriyel ahşap çubuk elemanlar ve endüstriyel ahşap panel elemanlar olarak farklı sınıflandırmalar yapılabilir.

Çubuk elemanlar, bir boyutu diğer iki boyutuna göre daha fazla olan çizgisel elemanlardır. Yapıda dikme, kiriş, alt ve üst başlık, mertek gibi strüktür malzemesi olarak kullanılır. Bu sınıflandırmaya giren Endüstriyel ahşap çubuk elemanlar üretim şekillerine göre; Tabakalı Tutkallı Ahşap (Glued Laminated Timber), Tabakalı Yonga Ahşap (Laminated Strand Lumber- LSL), Paralel Yonga Ahşap (Parallel Strand Lumber- PSL), Tabakalı Kaplama Ahşap (Laminated Veneer Lumber- LVL), Yapısal-Tutkallı Ahşap (Structural-Glued Lumber), I-Kirişler (I-Joists) olarak altı gruba ayrılır.

Endüstriyel ahşap panel elmanlar ise; kontrplak, piyasada kısaca OSB olarak bilinen yönlendirilmiş yonga levha ve sandviç paneller gibi gruplara ayrılarak yapılarda strüktürel olarak kullanım bulur.



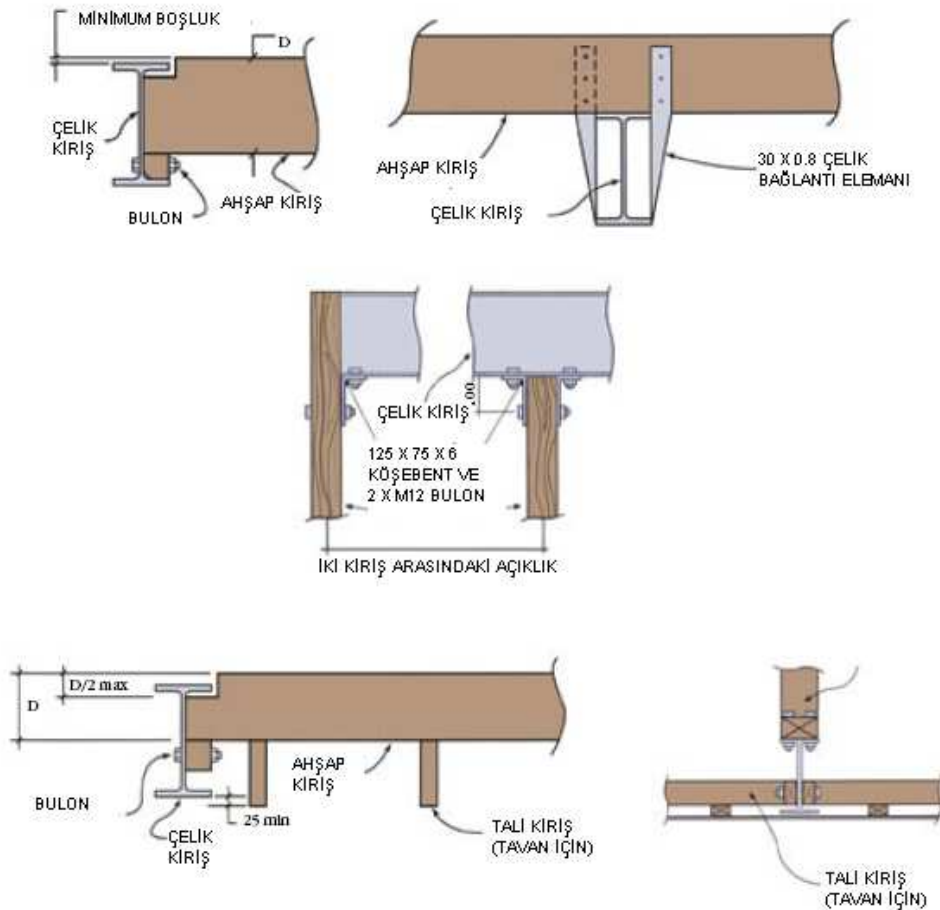
Şekil 6.23 Çelik-ahşap birleşimlerde kullanılan bulonlar

Çelik taşıyıcı sistemli yapılarda ahşabın, çatı elemanı, kiriş ve döşeme malzemesi olarak strüktürel kullanımının yanında, merdiven basamakları, bölücü duvar elemanları ve dekoratif kaplama nitelikli kullanımlarından söz etmek mümkündür.

Çelik ile ahşabın birleşimlerinde kaynaklı ve ıslak birleşim teknikleri kullanılmaz. Çelik ile ahşabı birleştirme yöntemleri 3 şekilde uygulanabilir. Bunlar;

- Bulonlu (cıvatalı) birleşimler
- Vidalı birleşimler
- Tutkal vb ile yapıştırma olarak sıralanabilir.

Bulonlu birleşimlerde en sık çelik kirişle ahşap kiriş birleşimlerine rastlanmaktadır.

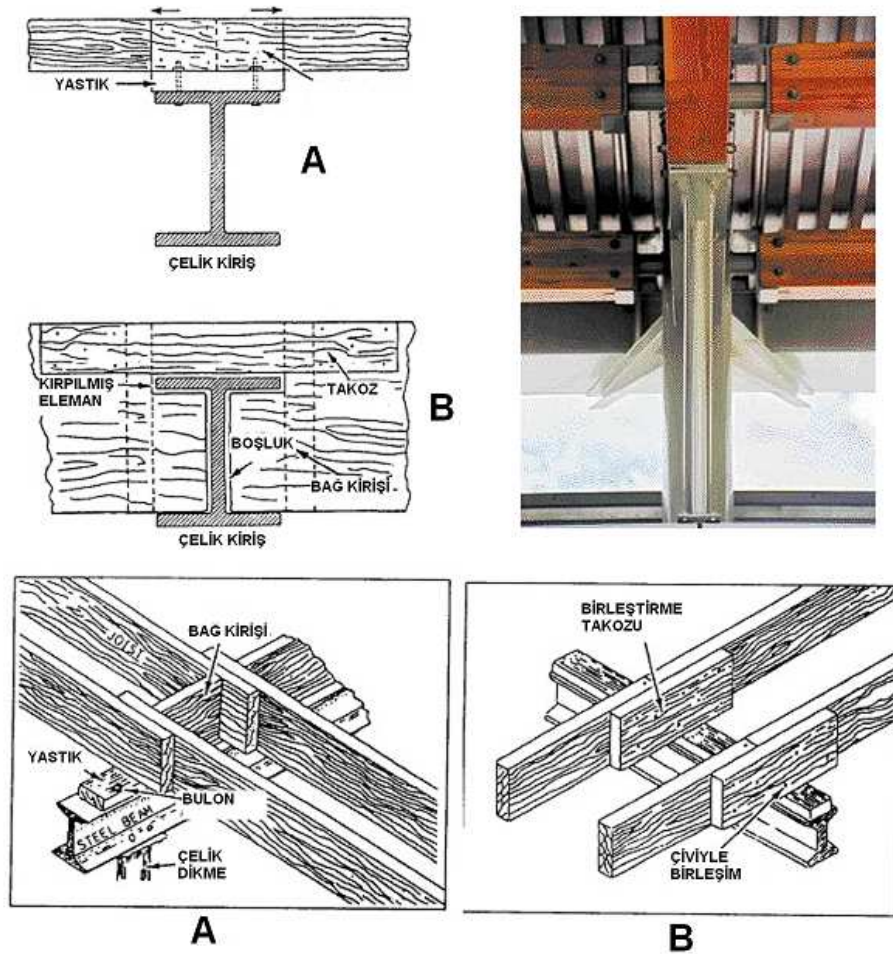


Şekil 6.24 Çeşitli çelik-ahşap taşıyıcı birleşim detayları 1.

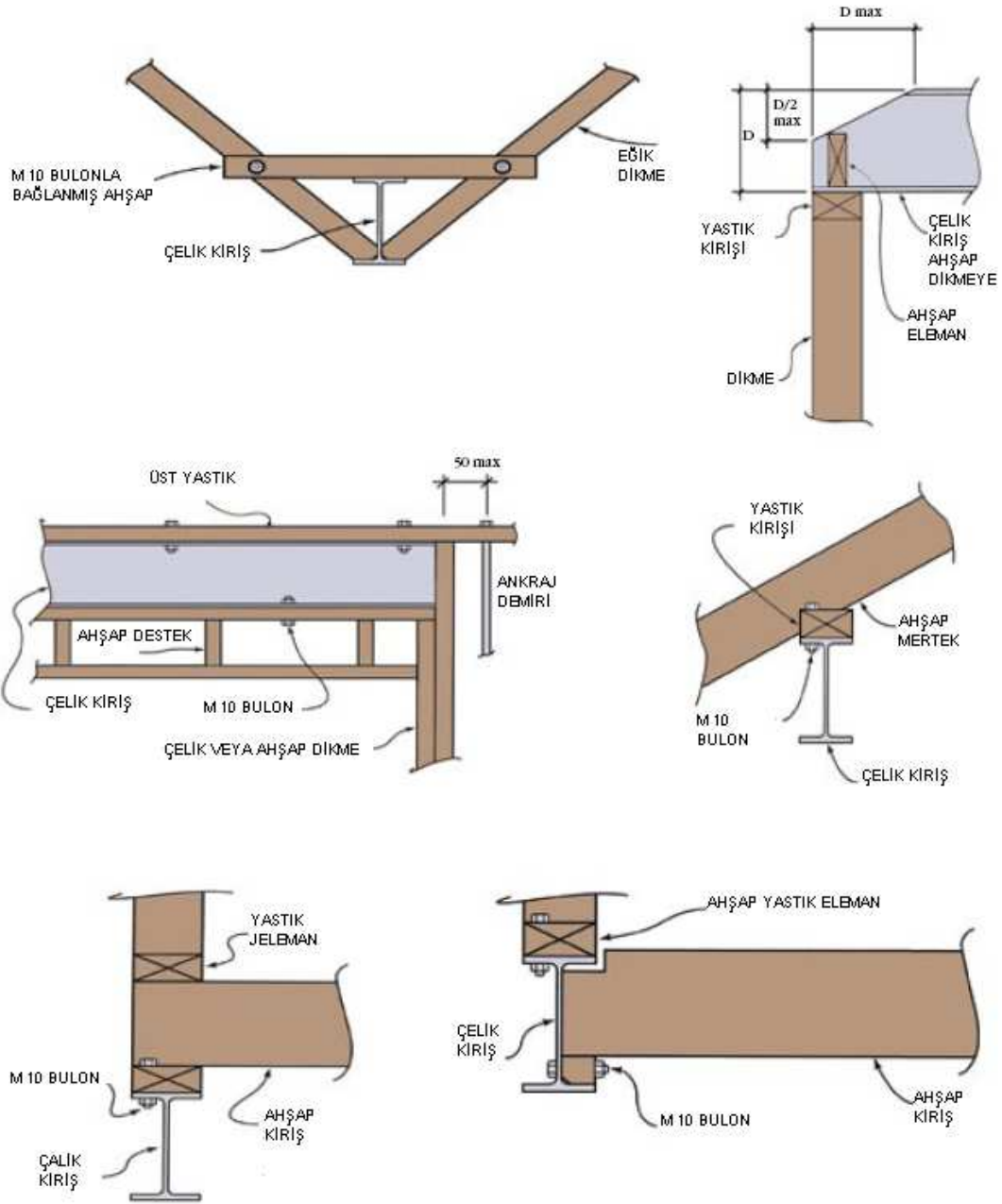
Çelik I profillerin alt başlığı üzerine ahşap takoz bulonlanarak eklenecek olan ahşap kiriş gerekli boyutta kırılarak birleştirme takozun üzerine oturtulur. Kiriş-Kiriş birleşimlerinde uygulanan bir diğer yöntem de köşebent kullanımıdır. Ahşap ile çelik arasındaki Kiriş-Kiriş birleşimlerinde çelik bağlantı elemanlarının kullanımı da söz konusudur.

Çelik kiriş üzerine, eleman boyunca uzanan ahşap yastık eleman monte edilir. Diğer ahşap kirişleri bu yastık elemana birleştirerek de bağlantı sağlamak mümkündür.

Çelik ile ahşap arasındaki bulonlu birleşim uygulamalarından birkaçı (Şekil 6.24), (Şekil 6.25) ve (Şekil 6.26) da görülebilir.



Şekil 6.25 Çelik kirişlerin üzerine ahşap kiriş oturtulması.



Şekil 6.26 Çeşitli çelik-ağşap taşıyıcı birleşim detayları 2.

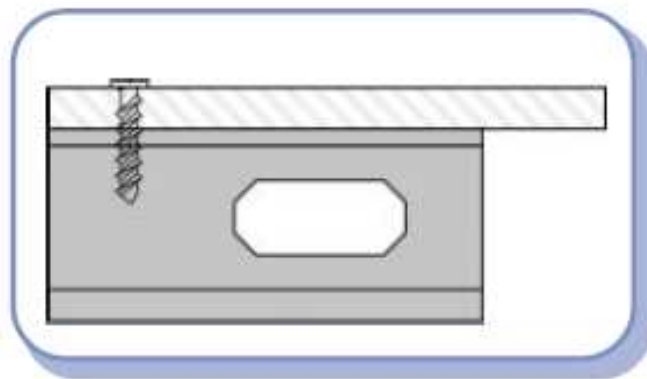
Vidalı birleşimler yapısal çelik kullanılan sistemlerde genellikle taşıyıcı öge olarak kullanılan ağşap elemanlarda uygulanmamakta, genellikle ağşabın dekoratif kullanımlarında uygulama bulmaktadırlar. Ancak hafif çelik sistemlerde kullanılan soğukta şekillendirilmiş çelik elemanlar ile ağşabın (özellikle yönlendirilmiş yonga levha elemanların) vidalı birleşimleri mevcuttur.

Tutkallı birleşimlerde özel yapıştırıcılar ile çelik ile ahşap arasındaki birleşim sağlanmaktadır. Tutkallı birleşimlerde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, çelik malzemeli eleman üzerinde çapak, yağ, pas gibi sorunlar bulunmamalıdır.

Birleşen ve birleştirilen elemanın malzemesine göre bir sınıflama yapmak gerekirse; “Ahşap elemanların çelik elemanlara birleşimi” ve “Çelik elemanların ahşap elemanlara birleşimi”nden söz edilebilir.

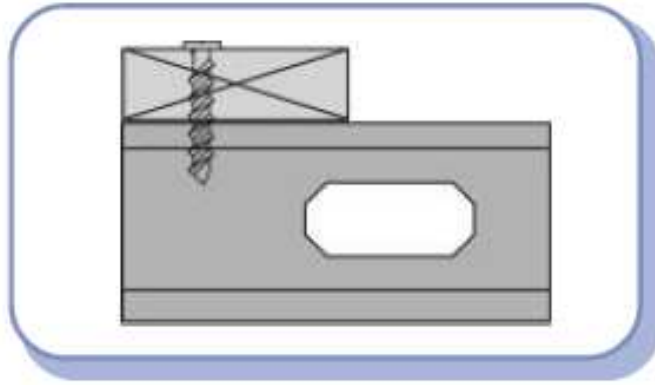
Ahşap elemanların çelikle birleşimlerinde gerek ahşabın doğal ahşap veya endüstriyel ahşap oluşu gerekse ahşap elemanın türü birleştirme elemanının seçimini etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Birleştirilecek ahşap eleman panel türünde 2 boyutlu elemanlar olabileceği gibi tek boyutlu strüktürel taşıyıcılarda olabilir.

Kontrplak, OSB gibi strüktürel ahşap panellerin çelikle birleşimlerinde genel olarak kendinden delme özelliğine sahip minimum 7 mm başlık çaplı “gömme baş akıllı vida”lar kullanılmaktadır. Seçilecek vidanın boyutu strüktürel ahşabın kalınlığı ve çelik elemanın et kalınlığı toplamından en az 19 mm fazla olmalıdır. Birleşimlerde gömme baş vidaların tercih edilme sebeplerinin başında ahşap elemanın dış yüzeyinde çıkıntısız bir yüzey elde etmek ve eğer ahşap panelin üzerine çeşitli yalıtım malzemeleri uygulanması gerekliliği var ise, yalıtım katmanlarının vida çıkıntılarıyla zarar görmesinin önüne geçmektir. (Şekil 6.27)



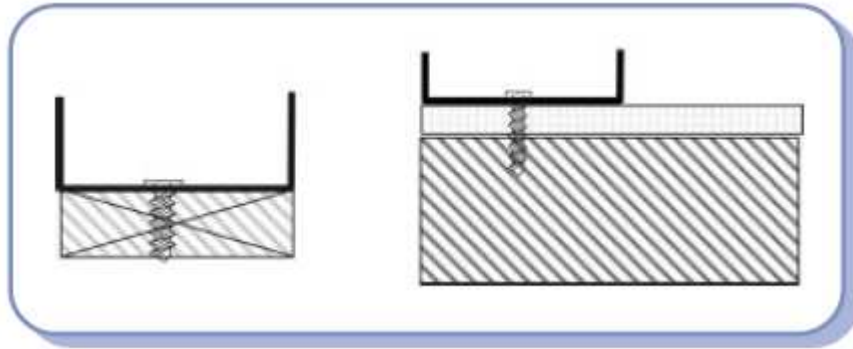
Şekil 6.27 Ahşap panel elemanların çelik elemanlara montajı.

Strüktürel ahşap elemanların çelik ile olan birleşimlerinde bulonlar, vidalar ve pnömatik çiviler kullanılmaktadır. Vida ve pnömatik çivi kullanımı çelik elemanın türüne ve et kalınlığına göre değişmekte ve genellikle soğuk bükme çeliklerle olan birleşimlerde tercih edilmektedir. Çivi kullanımı, çekme ve sökölme kuvvetlerinin önemsenmeyecek derecede küçük olduğu birleşimlerde uygulanmaktadır.



Şekil 6.28 Tek boyutlu ahşap elemanların çelik elemanlara montajı.

Strüktürel çelik elemanların ahşap elemanlara birleşimlerinde de birleştirme elemanı olarak bulon vida ve pnömatik çiviler tercih edilmektedir. (Şekil 6.29)



Şekil 6.29 Çelik elemanların ahşap elemanlara montajı.

Çelik taşıyıcılı yapılarda ahşabın kullanıldığı diğ er bir bölüm ise duvarlardır. Duvarlarda bölme duvar elemanı olarak kullanılabildikleri gibi, ahşap karkas olarak ta kullanımı mevcuttur.

Düşey taşıyıcıların ahşap olduğu durumlarda ise, çelik kirişlerin uç kısımlarında bulunan kare veya dikdörtgen biçimli levhalar, ahşap elemanın her iki tarafından karşılıklı olarak bulonlanır.



Şekil 6.30 Çelik kafes kiriş üzerinde I profil döşeme kirişleri ve OSB plak döşeme kaplaması, merinos dönüşüm projesi yapısı, Bursa.



Şekil 6.31 Çelik kirişlere birleştirme elemanı ile bulonlanmış ahşap döşeme kirişleri ve ahşap döşeme kaplaması, Forum Bornova, İzmir.



Şekil 6.32 Çelik çatı kirişlerine bulonlanmış ahşap aşık, mertek ve güneş kırıcılar, Forum Bornova, İzmir.



Şekil 6.33 Çelik kolonlara u eleman ile birleştirilmiş tutkallı tabakalı ahşap kiriş elemanı.



Şekil 6.34 Çelik kolon ve kirişlere çeşitli şekillerde birleştirilmiş ahşap elemanlar.

6.7 Çeliğin Strüktürel Cam Malzemeli Yapı Elemanlarıyla Birleşimi

Cam; inorganik esaslı, amorf bünyeli, sabit erime noktası olmayan, çok yüksek ısılarda bile ağırlığını kaybetmeyip sıvı maddelerin özelliklerini taşıyabilen; normal sıcaklıklarda kristalleşme göstermeden hızla katılaşır kati maddelerin mekanik özelliklerini de taşıyabilen silikat esaslı bir malzemedir.

Hammaddeleri kum, soda, ve kireçtir (cam haline gelebilen oksitler,eriticiler ve sabitleyicilerdir). Camı oluşturan bu bileşenlerin dışında ikincil veya yardımcı bileşenler olarak isimlendirilen, cama bazı özellikler kazandıran ve üretiminde değer sağlayan diğer maddeler de bulunmaktadır.

Uygulama yerlerine göre cam çeşitleri; renkli camlar, buzlu camlar, pencere camı, emniyet camları, fiber glas (cam elyafı), telli cam, optik cam, silis camları gibi sıralanabilir.

Cam yapılarda geniş kullanım alanına sahip bir yapı malzemesidir. Malzeme olarak kullanılan camların türleri, biçimleri, kullanma şekilleri ve özellikleri ile ölçüleri kullanım yerlerine göre değişiklik göstermektedir. Yapılarda camın kullanım alanları; Levha Camlar, Cam duvar blokları, Cam döşeme blokları, Cam çatı Örtü malzemesi, U profili Camlar, gibi strüktürel olarak ve Cam mozaikler, Cam lifler ve Cam köpüğü gibi yalıtım amaçlı farklı kullanımları olarak sınıflandırılabilir.

Cam geleneksel bir inşa malzemesidir. Hem çevresel hem de strüktürel kullanımı, cam yapım teknolojisi ile camın özelliklerini daha detaylı ve tam olarak kontrol etme yeteneğimizin büyümesi ile artmaktadır. Her ne kadar camın özellikleri 1930 lu yıllarda anlaşılmış olsa da nispeten küçük strüktürel kullanımı 2. Dünya savaşından sonra yapılmıştır. Daha sonraki kullanımı ise deneysel tasarım metotları üzerine kuruludur.

Modern mimarinin ilk temellerinin atıldığı endüstri devrimi ile yapıların kurgulanmasında iki önemli malzeme ön plana çıkmaktaydı. Bunlar dönemin en önemli malzemesi olan çelik, ve o zamana kadar özellikle Crystal Palace'ın inşasına kadar yapılarda bu denli büyük şeffaflıklar yaratmak için kullanılmamış olan camdır.

20. yüzyılın başlarında, yeni yapı malzemeleri arasında yer almış ürünlerden olan çelik ve cam, çağın sonlarında mimarideki yaygın kullanımları ile dikkatlerin üzerinde yoğunlaştığı bir ikili olmuştur. Hafifliğin ve de saydamlığın en saf halini simgeleyen çelik ile cam arasındaki eşsiz güzellikteki uyum, Mies van der Rohe'nin tasarımı olan cam evde kendini göstermektedir.

Günümüzde de, teknolojisi gelişmiş olan ülkelerdeki mimari ele alındığında, çelik ve camın bir taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanılmasının ötesinde, estetik etkisi ile de farklı mimariyi yansıttığı ve Richard Rogers, Norman Foster, Renzo Piano, Jean Nouvel gibi mimarların tasarım yaklaşımlarının belirleyicisi olduğu söylenebilir.

Teknolojik mimarlık denilince akla; endüstriyel mimarlık ya da zaman zaman yanlış bir kullanımla High-tech olarak da adlandırılan bugünün gelişmiş teknolojik düzeyine uyumlu bir mimarinin, arhitektonik olarak kendini ifade etme çabası ile kullandığı malzemeler sonucu ortaya çıkan bir teknolojik estetik gelmektedir. Bu teknolojik estetiği yaratmaya uygun olduğu kabul edilen ve gelişmiş teknolojilerle özdeşleştirilen çelik ve cam ise, diğer malzemelerin (taş, tuğla, ahşap ve beton) çağdaş kullanımlarına göre ön plana geçip, mimari ürünü bir teknik ürün haline dönüştürerek endüstrileşmenin ve rasyonalizmin ve rasyonalizmin ara kesitinde yaşadığımız çağın ruhunu yansıtmaktadır.

Günümüz mimarlığında çelik ve camı bir araya getiren bu strüktürel ve tektonik anlayış, 20. yüzyıl teknolojisinin bir sonuç ürünü olarak ele alınabilir.

Cam sektöründe her geçen gün artan araştırmalar camın yapılarda sadece cephe elemanı olarak kullanılmasının önüne geçerek, bu malzemenin yapının her elemanında gerek taşıyıcı gerekse taşıyıcı olmayan elemanlarda kullanımını sağlamıştır. Günümüzde kolon, kiriş duvar vb gibi elemanların yalnız camdan üretildiği, cam taşıyıcı sistemli yapılar mevcutsa da genellikle çelik taşıyıcılarla birlikte çözümlenmiş örneklere daha sık rastlanır. Cam malzeme binalarda temel olarak üç ayrı kullanım alanı bulmaktadır.

1. İç mekan kurgularında cam bölücü elemanları olarak
2. Dış cephe uygulamalarında farklı çözümler olarak
3. Ana taşıyıcı strüktür elemanı olarak

Bu sebepten dolayı cam ile cam arasındaki bağlantılar kadar cam ile çelik, bazı durumlarda camı birbirine bağlayan bağlantı elemanları ile çelik taşıyıcılar arasındaki birleşimler de önem kazanmaktadır.

Çelik ile cam arasındaki bu uyum detaylandırmada da modern çözümler üretmiştir. Cam ile çeliğin birleşim yöntemleri arasında;

- Doğrudan özel bulonlarla birleşimler,
- Yapıştırıcılı ve silikonlu birleşimler,
- İkincil bir eleman ile birleşimler,
- Çerçevesel birleşimler sayılabilir.

Bulonlu birleşimler noktasal birleşimler olarak adlandırılabilir. Cam ve çelik gibi birbirinden farklı özellikteki iki malzemenin birleştirilmesinde kullanılan bulonlar silindirik veya konik olmak üzere iki farklı türde olabilmektedir. (Şekil 6.35)



Şekil 6.35 Çelik-cam birleşimlerinde kullanılan bulon türleri.

Çelik ile cam birleşimlerinde kullanılan bir diğer birleştirme yöntemi yapısal silikonlu sistemler ve yapıştırıcı tutkal kullanımıdır. Yapıştırıcılı birleşimlerle ilgili yapılan araştırmalarda; değişen yük durumları ve çevresel sorunlara göre yapıştırıcıların bünyesinde meydana gelen yapısal değişimler ve bu değişimlerin birleşimin sürekliliğine etkisi üzerine olmaktadır.

Silikonlu birleşimler dışındaki yapıştırırmalı birleşimlerde kullanılan yapıştırıcılar genellikle epoksi ve akrilik esaslı yapıştırıcılardır.

Yapıştırıcılı birleşimlerde noktasal ve çizgisel birleşimler olmak üzere 2 tür birleşimden söz etmek olasıdır. Noktasal yapıştırma yönteminde genellikle epoksi ve akrilik esaslı yapıştırıcılar kullanılarak çelik ile cam arasındaki birleşim sağlanmaktadır. Noktasal yapıştırılmalarda maksimum çapları 6,9 mm olan paslanmaz çelik silindirler ısısal olarak camlara yapıştırılırlar. Çelik ile cam arasında 0,5 mm lik

bir yapıştırıcı tabaka kalınlılığı gerekmektedir. Lineer yapıştırırmalı sistemlerde ise kullanılan yapıştırıcı türü malzemeler silikonlardır. (Şekil 6.36)



Şekil 6.36 Çelik ve camın yapıştırıcıyla birleştirilmesi.

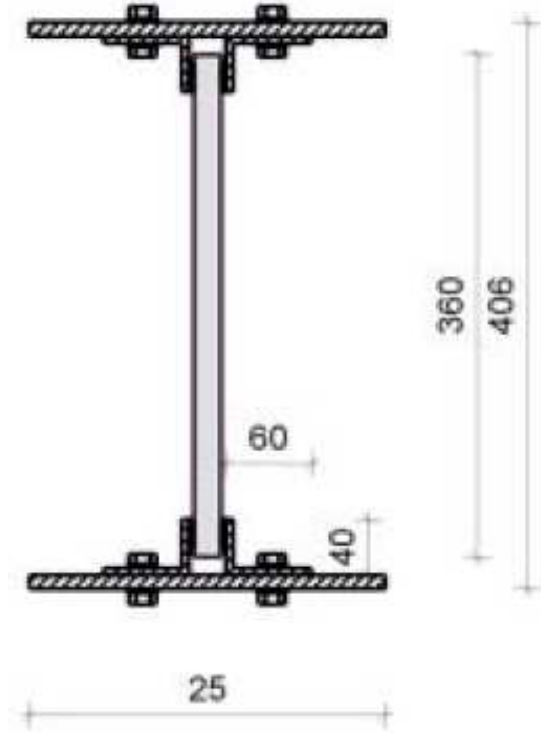
Yapıştırıcılı birleşimlerde dikkat edilmesi gereken en önemli husus; yapıştırılacak yüzeyler arasında çapak, kir, yağ vb gibi yapışmanın kalitesini ve aderans kuvvetini etkileyecek bir tabakanın olmamasıdır. Yapışmanın ömrünü ve kuvvetini etkileyen önemli etmenler arasında; çevresel koşullar, güneşten gelen zararlı UV ışınlarının ve yangın gibi yüksek ısısal koşulların yapıştırıcı bünyesinde oluşturacağı değişiklikler ve yapısal bozulmalar sayılabilir.

İkincil eleman ile birleşimlerde genellikle köşebent veya daha gelişmiş bulon sistemleri kullanılarak cam ile çelik arasındaki birleşimler sağlanırken, cam elemanların çerçeveli olarak birleştirilmesi ile çelik taşıyıcılar ile çerçeve arasındaki birleşimler ön plana çıkmaktadır.

Çelik ile camın kiriş ve kolon gibi taşıyıcı yapı elemanlarında hibrit kullanımları da söz konusudur. Bu tür taşıyıcı yapı elemanlarında cam basınca çalışan bir çaprazlama elemanı olarak görev yaparken, çelik çekmeye çalışmaktadır. Hibrit kullanımlarda çelik ile cam arasındaki birleşimler özel bulonlar, köşebentler, yapıştırıcılar ve bunların birlikte kullanıldığı farklı düzenlemelerle birleştirilebilir.

Çelik ile cam arasındaki birleşimleri sağlayan yapıştırıcı teknolojisindeki gelişmeler ile hibrit sistemlerin kullanımları da artmaktadır. Çelik ile camın hibrit kullanıldığı I kirişlerde çelik elemanlar kirişin flanşlarını, cam eleman ise kirişin gövdesini oluşturmaktadır. Bu tür kullanımlardaki birleşimler; strüktürel cam kiriş

gövdesinin, alt ve üst çelik flanşlara bulonlanmış köşebentlere epoksi ve akrilik esaslı yapıştırıcılar ile yapıştırılmasıyla oluşturulmaktadır. (Şekil 6.37)



Şekil 6.37 Çelik flanşlı cam gövdeli hibrit kiriş.

Taşıyıcı cam duvarların günümüz mimarisinde genellikle tek katlı yapılarda kullanıldığı görülmektedir. Düşey yüklerin temele taşıyıcı cam panellerle aktarıldığı bu tip yapılarda hafifliklerinden dolayı çelik taşıyıcı elemanlar çatı strüktürlerinde kullanım bulmakta böylelikle çelik ile cam arasındaki birleşimler kaçınılmaz olmaktadır. Çelik çatı strüktürü, taşıyıcı cam panellerin eklenmesinden önce oluşturularak geçici destek elemanları ile olması gereken yüksekliğe kaldırılır. Taşıyıcı cam panellerin eklenip çelik çatı kirişleriyle bağlantıları yapıldıktan sonra geçici destek elemanlar kaldırılır. (Şekil 6.38)



Şekil 6.38 Çelik taşıyıcılı çatının taşıyıcı cam duvarlara birleştirilmesi.

Çelik ile camın birlikte kullanıldığı bir diğer uygulama da transparan uzay kafes sistemlerdir. Bu tip çatı uygulamalarında cam paneller, kar, yağmur ve rüzgar gibi çevresel yüklere karşı birincil taşıyıcı eleman görevi üstlenmekte ve gelen yükü düğüm noktaları aracılığıyla çelik çubuklarla oluşturulmuş uzay kafese aktarmaktadır. Transparan uzay kafes sistem uygulamalarında cam paneller özel yapım köşe elemanlarıyla çelik çubukların birleştirildiği düğüm noktalarına birleştirilmektedir. (Şekil 6.39)



Şekil 6.39 Transparan uzay kafes modüller ve modüllerin birleştirilmesi.

6.8 Örnek İncelemeleri

6.8.1 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu



Şekil 6.40 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu, Londra, İngiltere.

Mimari Tasarım : Foster and Partners (Norman Foster, Spencer de Grey, Giles Robinson)

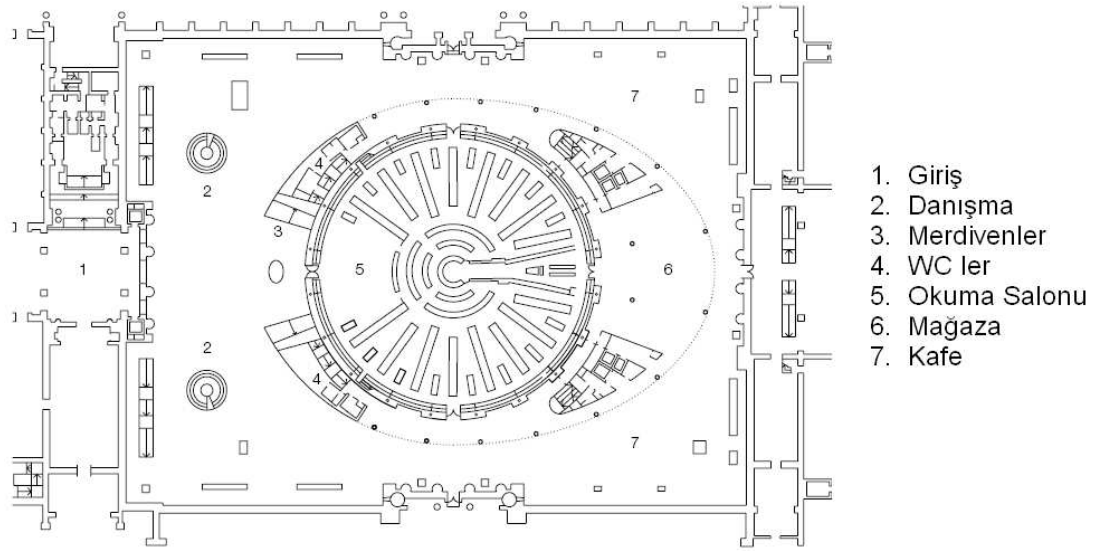
Strüktürel Tasarım :Büro Happold (Mike Cook)

Yapım Yılı : 1998-2000

Sir Robert Smirke tarafından 1823-1852 yılları arasında inşa edilen İngiltere Müzesi (British Museum) nin merkezi iç avlusu orijinal olarak korunmuştur. Mimarın kardeşi olan Sydney Smirke 1857 de İngiltere Kütüphanesi okuma salonuna kubbeli bir strüktür ekledi ve zamanla iç avlu diğer yapılarında depo olarak kullandığı dağınık bir mekan haline geldi.

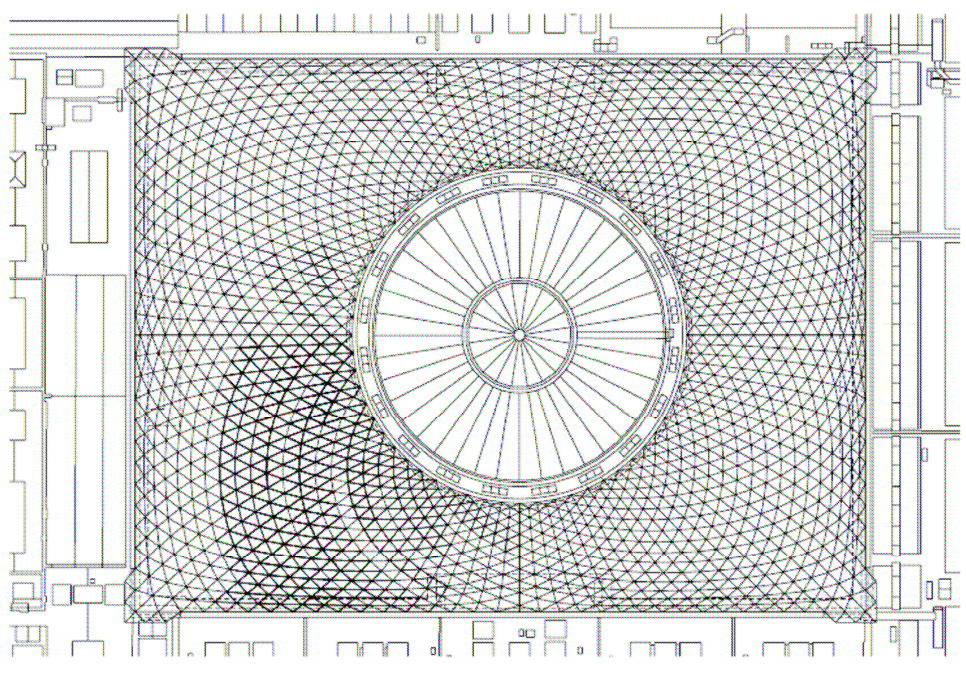
1998 yılında İngiltere Kütüphanesi'nin yer değiştirmesi (St. Pancras'a taşındı) ile söz konusu iç avlunun ziyaretçilere açılması mümkün oldu. Orta kısımda yer alan dairesel okuma salonu ve salonun ara katına kadar uzanan iki eliptik merdiveni ile bu

6700 m² 'lik alan, kafeler, alışveriş mağazaları ve diğer servisler için çok geniş bir sirkülasyon alanı sağlamaktadır.



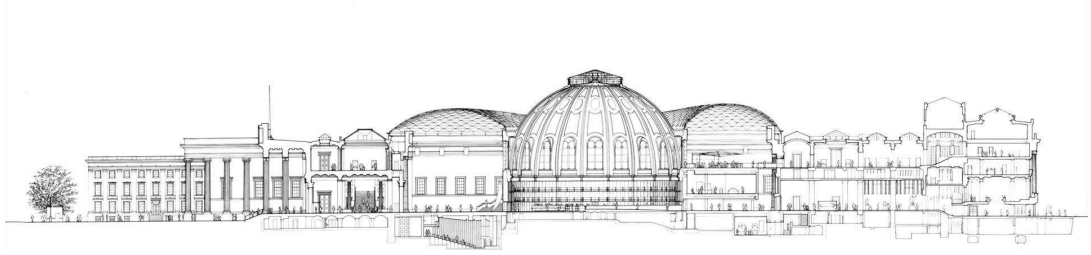
Şekil 6.41 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu planı.

Müzenin kireçtaşı cepheleri restore edilmiş ve 1876 da giriş holünün genişletilmesi için kaldırılan Güney Portiği eski planlara uygun olarak yeniden inşa edilmiştir. İngiltere’de demir konstrüksiyonun erken örneklerinden olan okuma salonunun dış görünüşü muhafaza edilirken iç görünüşü değiştirilmiştir. Çift eğrilikli cam çatıyı taşıyan çelik ve betonarme kolonlar ikinci bir İspanyol kireçtaşı yüzeyi ile maskelenmiştir.



Şekil 6.42 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu çatı planı.

Çatı konstrüksiyonunun çok karmaşık bir geometrisi vardır. Dikdörtgene streçlenmiş torus görünümlü çatı CAD programlarıyla oluşturulmuştur. Çift ters eğrilikli spirallerle birlikte radyal RHS kutu profiller okuma salonundan müzenin duvarlarına doğru uzanarak baklava örgülü çatı strüktürünü oluştururlar. Çok büyük yüklerin olduğu binanın köşelerinde mevcut konstrüksiyon dışsal çelik elemanlarla güçlendirilmiştir.



Şekil 6.43 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu kesiti.

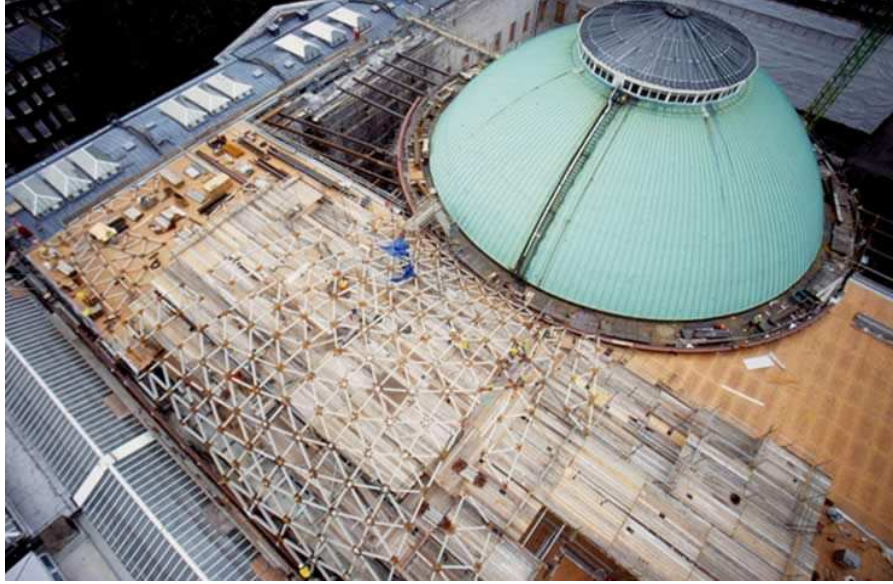
Kafes örgülü kabuk strüktür rijitlik ve kendi kendini taşıyabilme gibi avantajlara sahiptir. Böylelikle tarihi duvarlarda sadece lineer yükler taşınırken, yatay yükler minimize edilmiştir. Çatı strüktürünün taşıyıcı elemanları yerinde kaynaklamayla birbirlerine birleştirilmiştir.



Şekil 6.44 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu iç görünüşü.

6000 m² 'lik yüzey alanına sahip İngiltere Müzesi'nin çatı konstrüksiyonu, dairesel biçimli okuma salonu ile kare biçimli iç avluyu oluşturan duvarlar arasında yer almaktadır. Çatının biçimine bağlı olarak 4878 farklı uzunlukta dikdörtgen kesitli

kutu profil (RHS) kaynaklı olarak birleştirilmiştir. 1566 farklı düğüm noktasından oluşan çatı strüktürü, her biri birbirinden farklı 3312 çift tabakalı üçgensel cam ile örtülmüştür. Çelik ile cam arasındaki birleşimler çelik levhalardan kesilerek hazırlanmış yıldız biçimli özel düğüm noktalarıyla sağlanmıştır.



Şekil 6.45 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu çelik ve cam çatı strüktürünün oluşturulması 1.

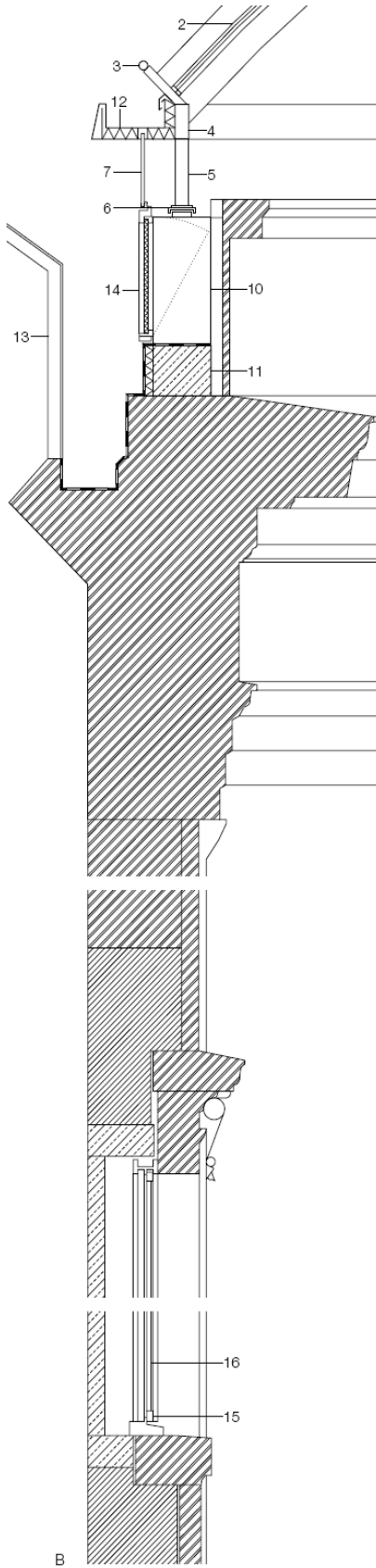
Müzenin çevre duvarları boyunca devam eden betonarme bağ kirişi üzerinde yer alan teflon bariyerler çatı strüktürünün 50 mm e kadar genişip büzülmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 6.46 İngiltere Müzesi Büyük Avlusu çelik ve cam çatı strüktürünün oluşturulması 2.



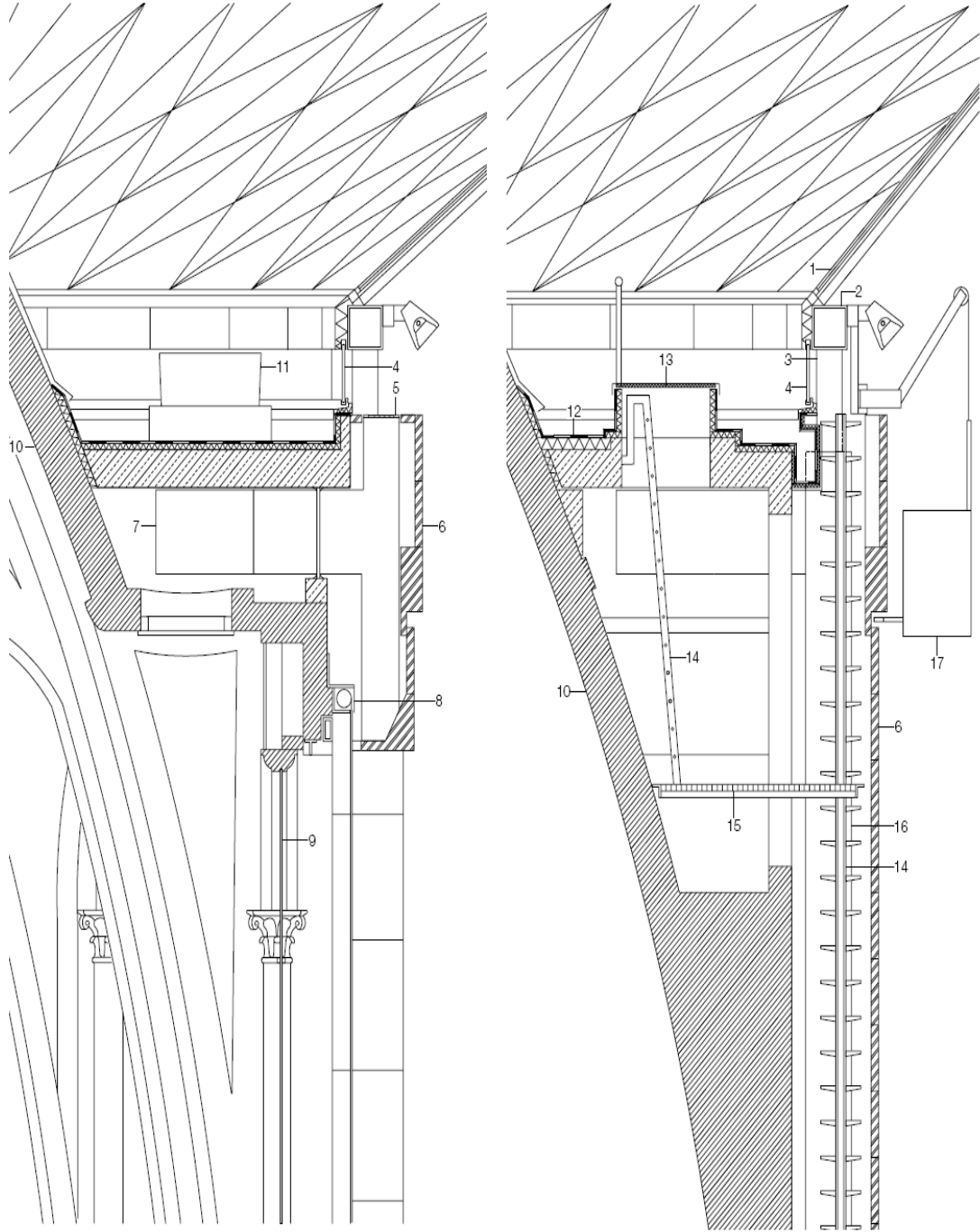
Şekil 6.47 Portik üzeri ve cam çatı kesiti detayları.



1. Yeniden inşa edilen kireç taşı portik
2. Cam çatı; 10 mm renkli cam + 16 mm boşluk + 10 mm lamine güvenlik camı
3. Güvenlik küpeştesi
4. 350 x 150 mm RHS dikdörtgen kutu profil
5. 120 x 120 mm SHS kare kutu profil
6. Teflon bariyer
7. 9 mm alın camı
8. Açılabilen alüminyum menfez
9. Ø 27 mm taşıyıcı çelik çubuk
10. Betonarme kolon
11. Betonarme çevre bağ kirişi
12. Yağmur suyu drenajı
13. Mevcut çatı ışıklığı
14. Açılabilen alüminyum menfez
15. Sürme pencere kanadı (ahşap çerçeve)
16. Siyah renkli cam
17. Silikon

B

Şekil 6.48 Avlu kesiti detayı.



1. Cam çatı; 10 mm renkli cam + 16 mm boşluk + 10 mm lamine güvenlik camı
2. 360 x 360 mm SHS kare kutu profil
3. Ø 250 mm çelik kolon
4. Alın camı 9 mm
5. Hava çıkış menfezi
6. Kireçtaşı kaplama
7. Havalandırma kanalı
8. Duman perdesi

9. Mevcut pencere
10. Mevcut kagir kubbe
11. Hava çıkış kanalı
12. İzolasyon köpüğü üzerine plastik membran astar
13. Çatı kapağı
14. Bakım merdiveni
15. Metal yaklaşım platformu
16. Ø 457 mm çelik kolon (içi beton doldurulmuş)
17. Işıklandırma için servis platformu

Şekil 6.49 Okuma salonu üzeri kesiti detayı.

6.8.2 25 KV Ofis Bloğu



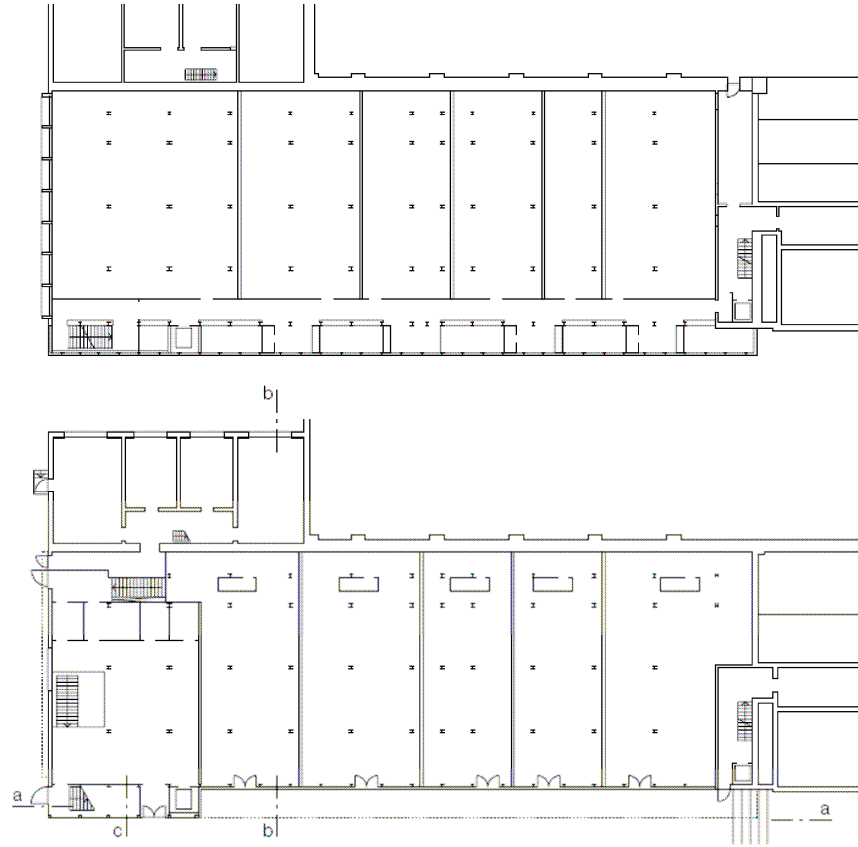
Şekil 6.50 25 KV Ofis Bloğu, Rotterdam, Hollanda.

Mimari Tasarım : Robert Winkel Arcitecten (Robert Winkel, Rob van Houten, Tim Knip, Richel Lubbers, Machteld Wijnands, Kees Gajentaan)

Strüktürel Tasarım : Bouwundig Adviesburo Baas

Yapım Yılı : 2000

Çelik iskelet strüktüre sahip olan yapının ilk kullanıcıları tarafından yapıya “25 Kv Gebouw” ismi verilmiştir. Zamanla yenilemeye gereksinim duyan yapıda kapalı olan betonarme cephenin açılması ve iç mekanın ofis olarak kullanıma uygun hale getirilmesi gerekmektedir.



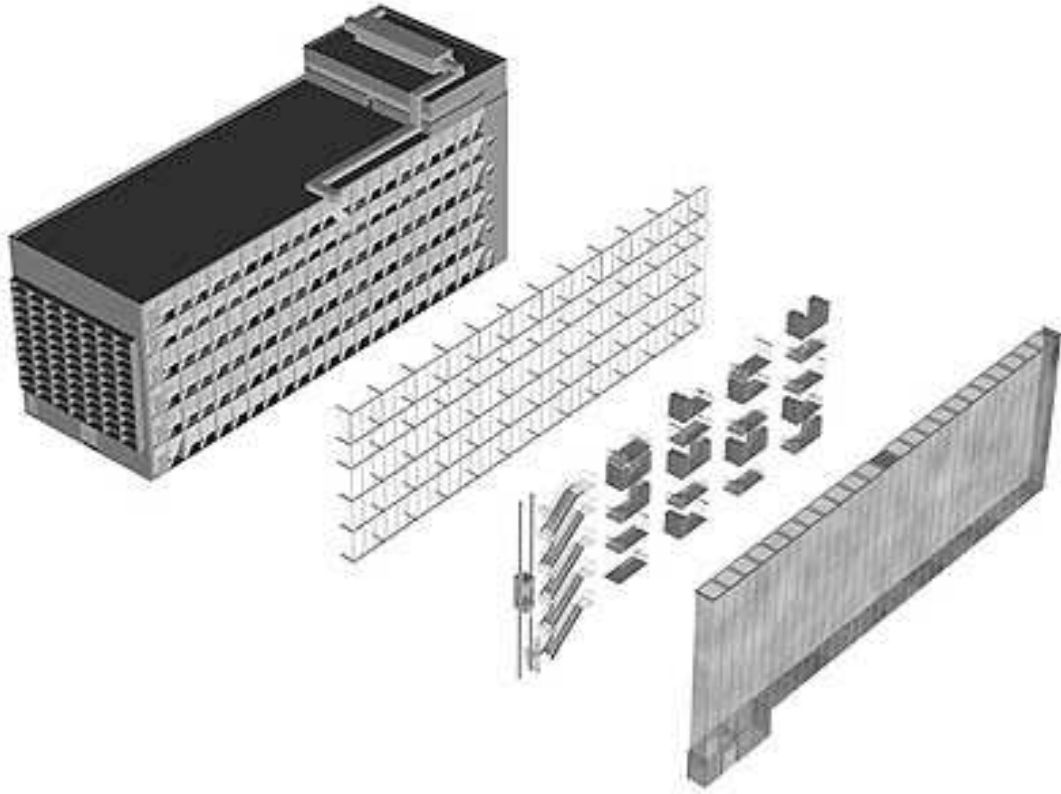
Şekil 6.51 25 KV Ofis Bloğu planı.

Açılan yarışmayı kazanan Robert Winkel'in projesindeki amaç cadde boyunca kapalı olan beton cepheyi açarak, cephe boyunca 2 m derinliğinde camla kapanacak bir mekan oluşturmak ve bu yeni strüktürü mevcut strüktüre asarak taşımak idi.



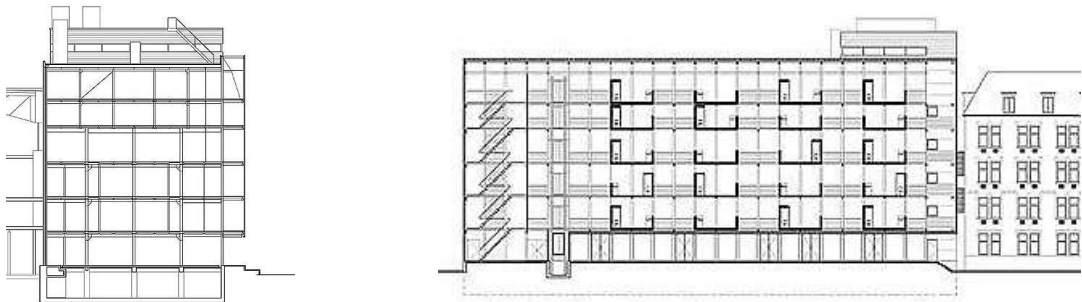
Şekil 6.52 25 Kv Ofis Bloğu ilave kısmın içeriden görüntüsü.

Yeni elde edilen mekanda yer alan kısımlar; opak cam alanlar, çay mutfakları ve sağlık servisleridir. Şeffaf cephenin işlevi binanın içindeki hareketlerin caddeden geçen insanlar tarafından görülüp algılandığı dev bir ekran vazifesi görmektir.



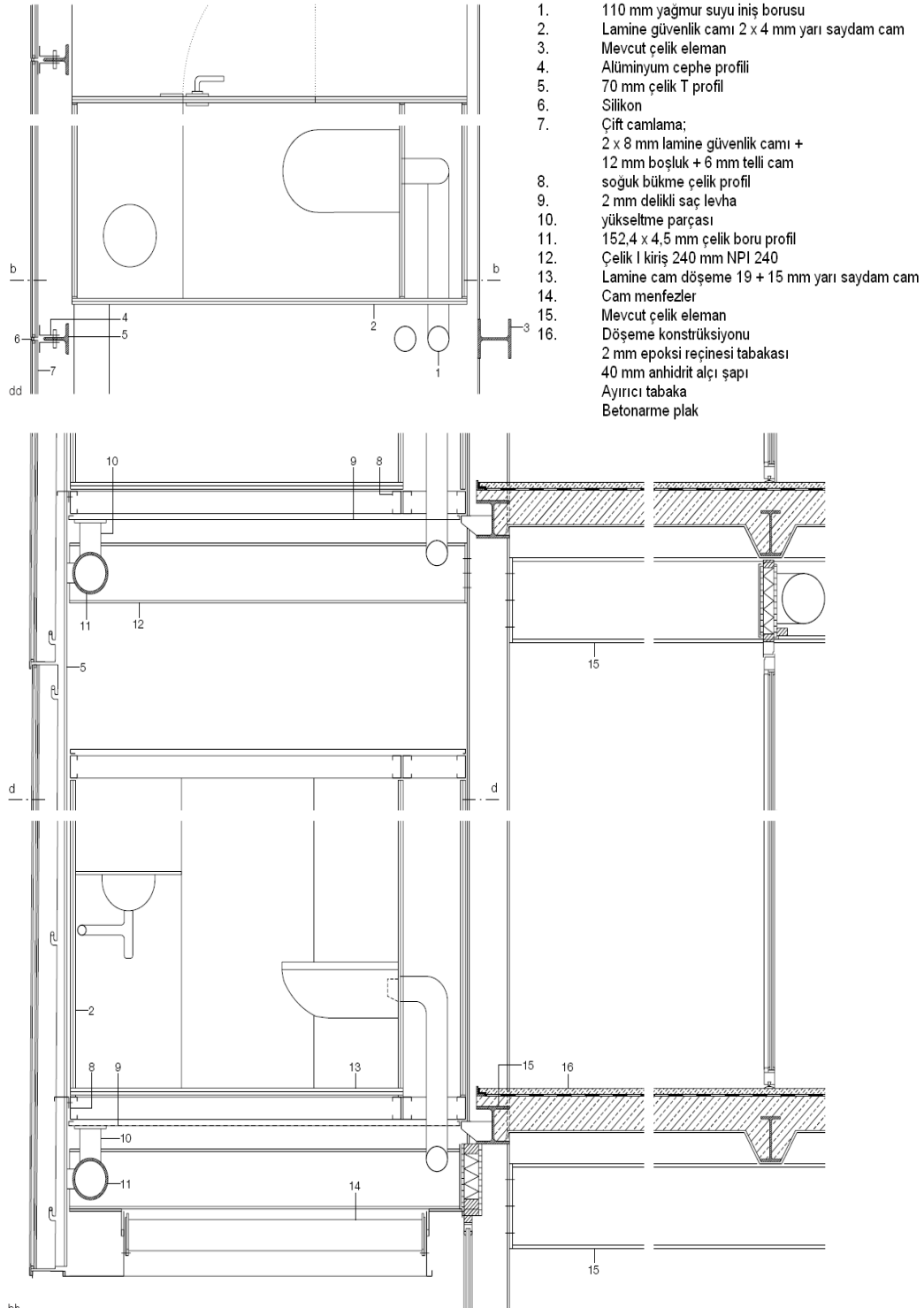
Şekil 6.53 25 Kv Ofis Bloėuna yeni eklenen strüktürün açılımlı.

Ofis alanıyla dış mekan arasında tampon vazifesi gören bu kısım ofis çalışanlarının kısa aralarda dinlenebildikleri, iř arkadaşlarıyla sohbet edebildikleri ideal bir mekan haline gelmiştir.



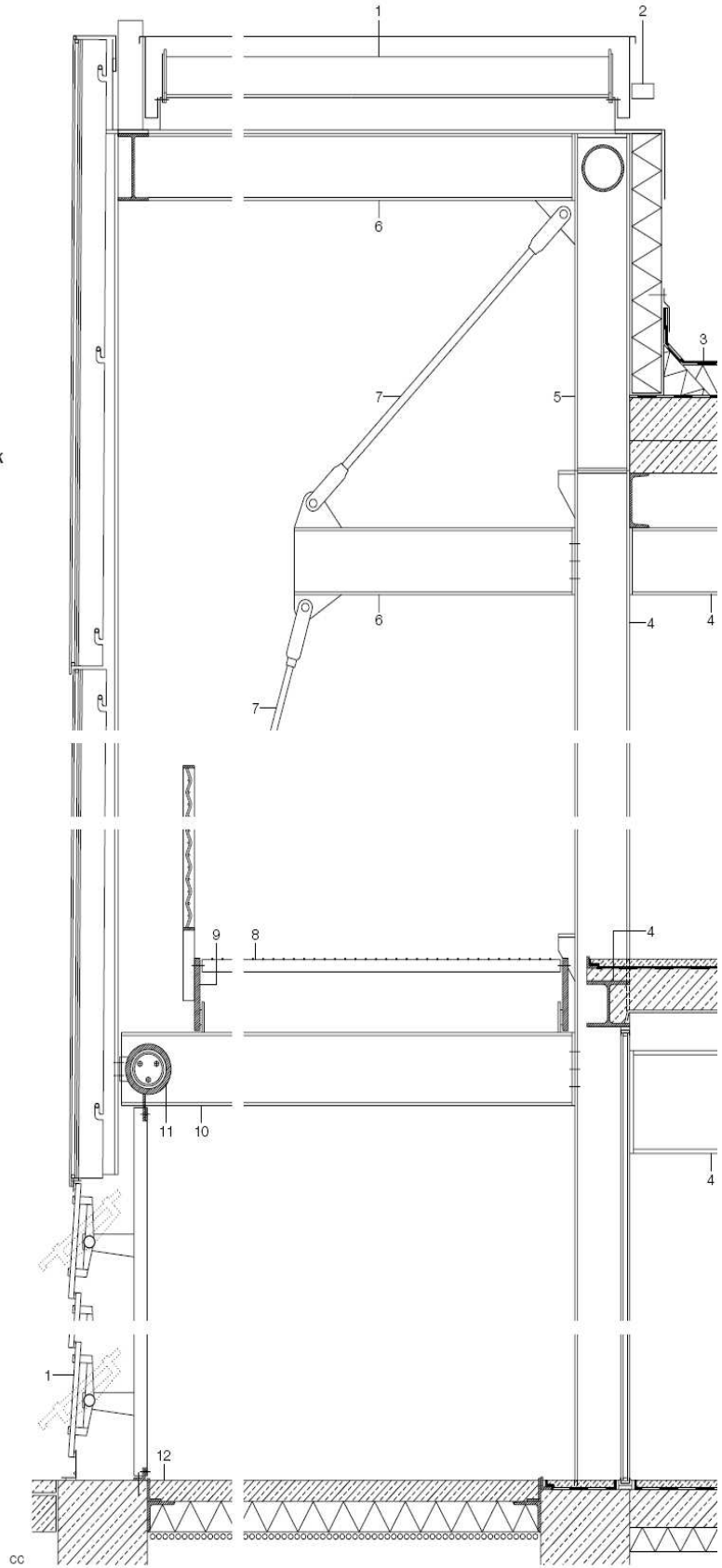
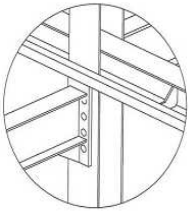
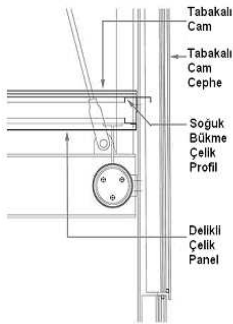
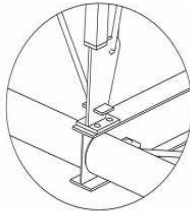
Şekil 6.54 25 KV Ofis Bloğu enine ve boyuna kesitleri.

Çıkıntılı strüktürün katlarında ve çatısında bulunan havalandırma menfezleri sayesinde yapı içinde her zaman açık havada bulunma hissi uyandıran konforlu ve ferah bir atmosfer sağlanmaktadır.



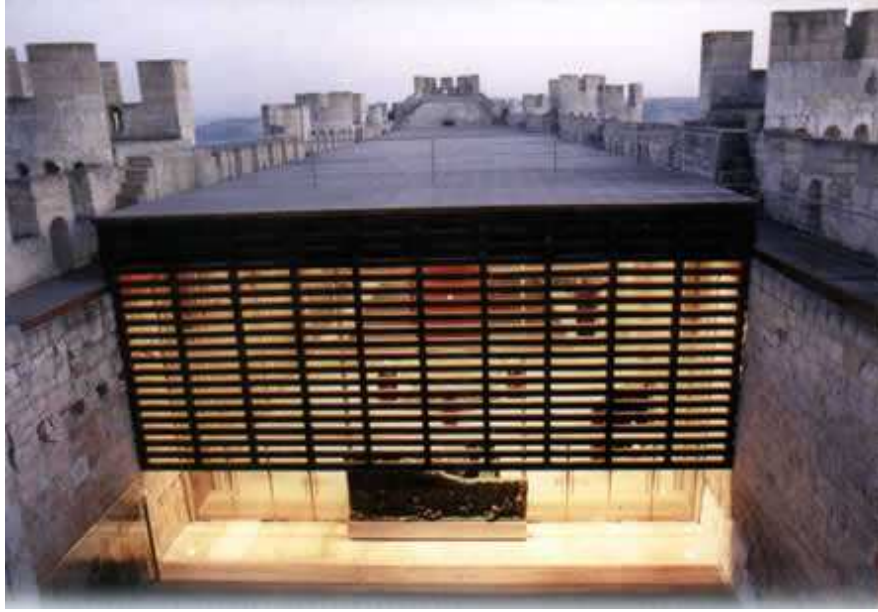
Şekil 6.55 25 KV Ofis Bloğu detay çizimleri 1.

1. Cam menfez
2. Yağmur sensörü
3. Çatı konstrüksiyonu
4. Çift katlı bitümlü keçe
5. 110 mm taş yünü
6. Buhar kesici
7. 240 mm betonarme plak
8. Mevcut betonarme plak
9. Mevcut çelik eleman
10. Çelik I kolon 180 mm NPI 180
11. Çelik I kiriş 220 mm NPI 220
12. Ø 24 mm çelik askı çubuğu
13. Kabartmalı galvanize çelik sac
14. 240 x 20 mm çelik levha
15. Çelik I kiriş 240 mm NPI 240
16. 168,3 x 20 çelik tüp
17. 70 mm prekast betonarme plak



Şekil 6.56 25 KV Ofis Bloğu detay çizimleri 2.

6.8.3 Panafiel Şarap Müzesi



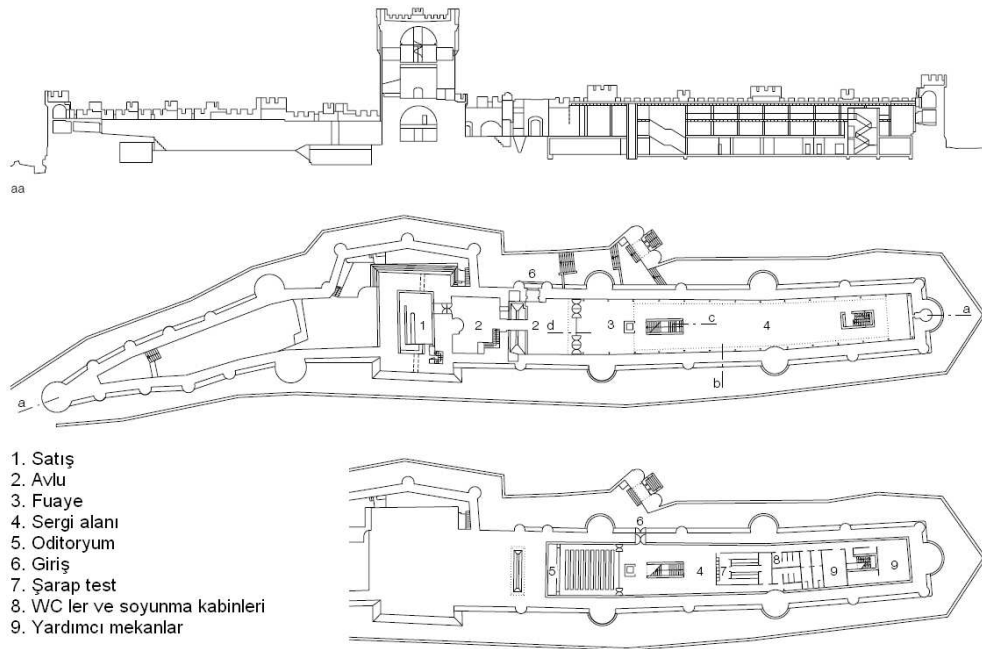
Şekil 6.57 Panafiel Şarap Müzesi, Valladolid, İspanya

Mimari Tasarım : Roberto Valle Gonzales

Strüktürel Tasarım : Juan Carlos Alonso Monge

Yapım Yılı : 2001

Castile içindeki Panafiel kalesinin görkemli görünümünü azaltmak için şarap müzesi avlulardan birinin altına entegre edilmiştir.



Şekil 6.58 Panafiel Şarap Müzesi kesit ve planları.

Otonom çelik strüktüre sahip yeni yapının döşemeleri, tavanları ve mobilyalarında kullanılan lapacho ağacı ile kalenin ilk yapıldığı görüntüsüne uygunluk sağlanmaya çalışılmıştır. müzeye girişte ardışık mekanlar göze çarpmaktadır.



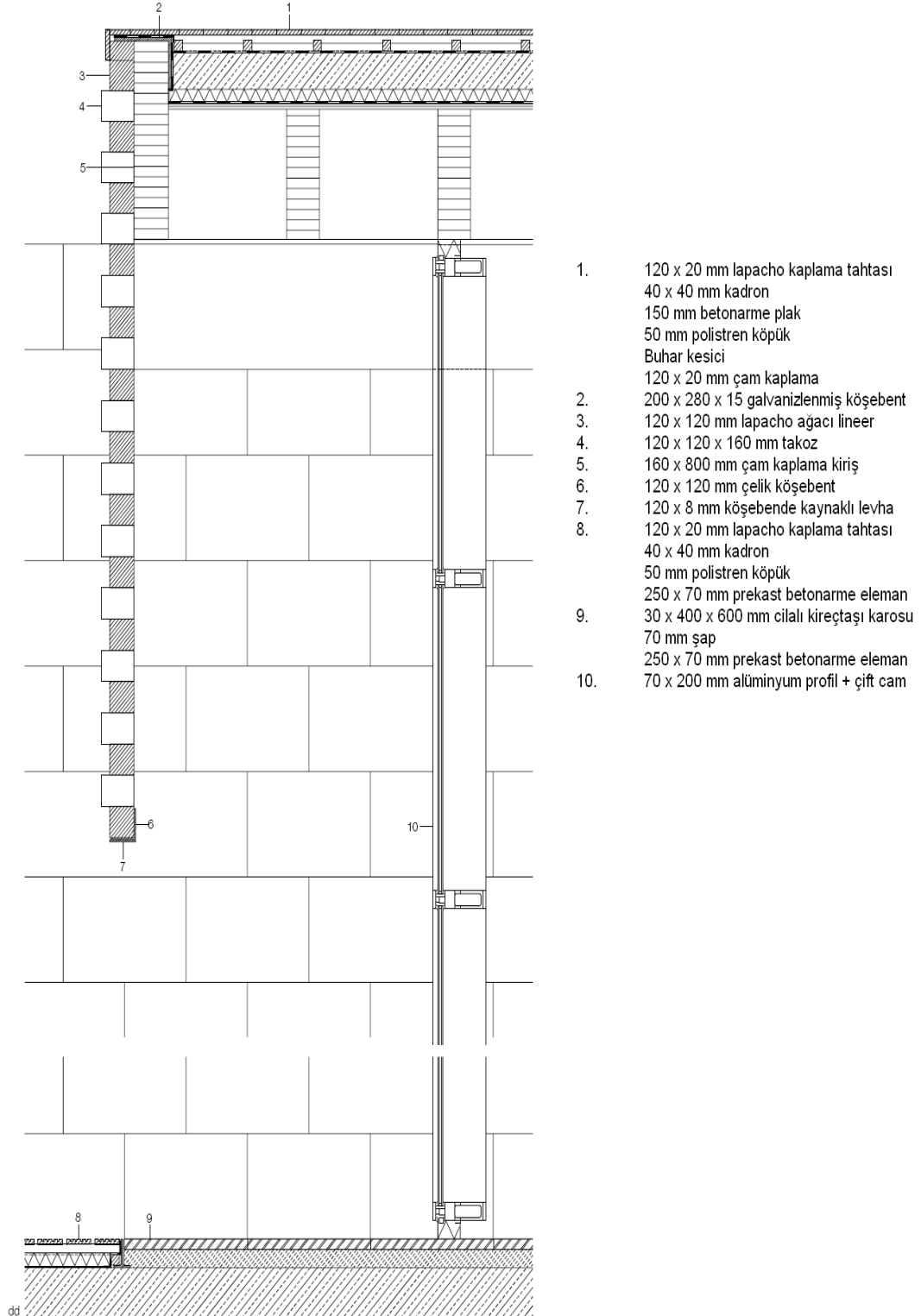
Şekil 6.59 Panafiel Şarap Müzesi yapı içi görünüşü.

Müzenin önünde yer alan güneş kırıcılar avlu genişliğince uzanmaktadır. Kalenin yığma duvarlarına gömülerek birleştirilen 160 x 160 mm lik çelik korniyerlerce taşınan ahşap güneş kırıcılar ile iç mekanda istenilen loşluk sağlanmıştır. Müzenin iç duvarlarının eski görünümü, yapının çelik taşıyıcıları ile döşeme tavan ve mobilyalarda kullanılan lapacho ağacı görünümü sayesinde eskiyle yeni arasında bir bütünlük bir görsel kompozisyon sağlanmıştır.

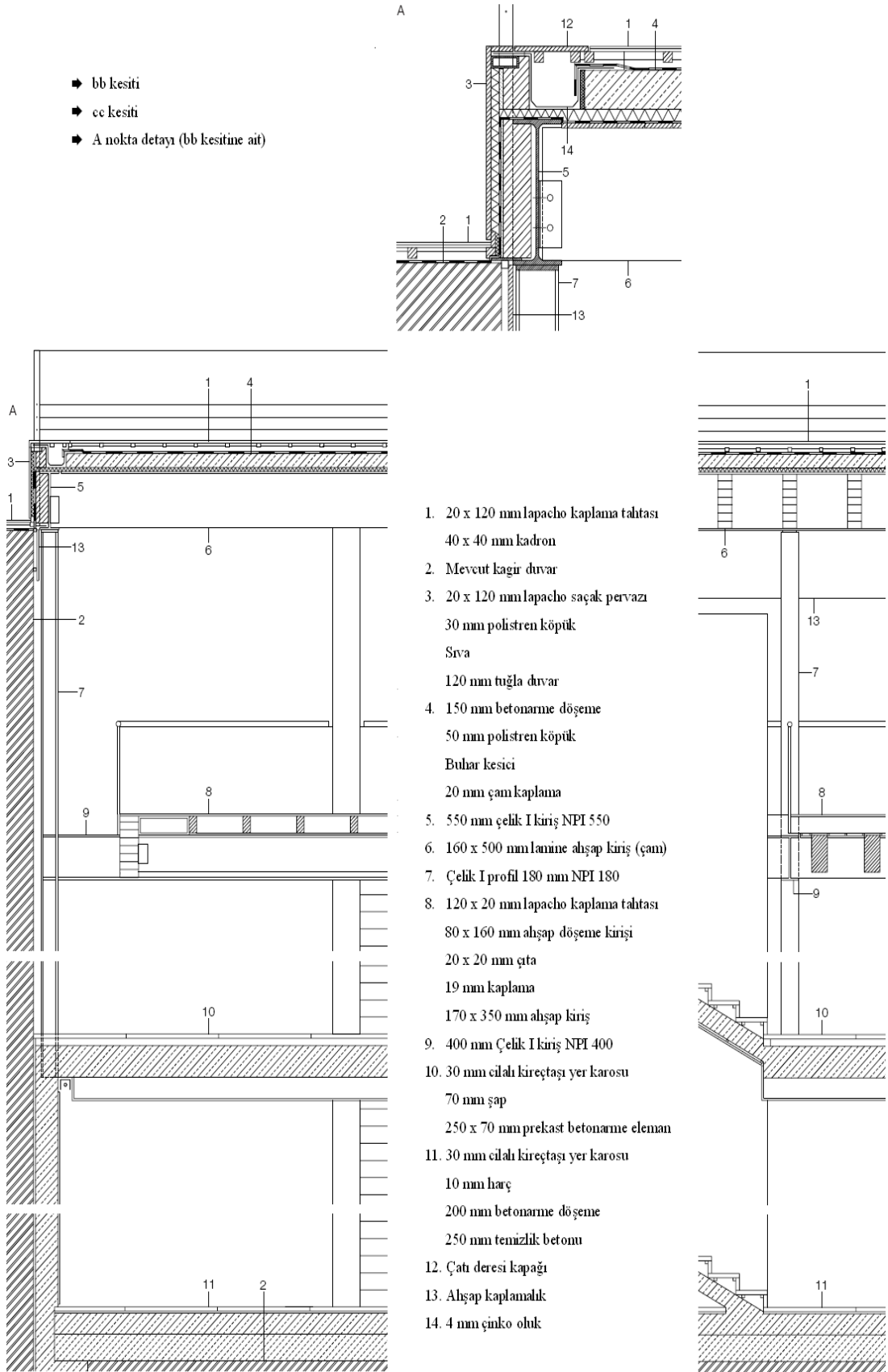
Yığma duvarlı kale yapısı içerisine her biri 13 düşey taşıyıcıdan oluşan 2 sıra kolon dizisi eklenmiştir. NPI 120 mm profillerden oluşturulan kolonlar 5 x 10 m lik ızgara sistemine göre yerleştirilmiştir.

10 m lik açıklığı geçen kirişler ara kat kısmında NPI 400 mm lik kirişlerle geçilmektedir. Ara kat döşemesi bu söz konusu çelik kirişlerin arasına oturtularak köşebentlerle bulonlanmış 170 x 350 mm lik ahşap kirişler ve bunun üzerine lapacho ağacı döşeme tahtası ile oluşturulan ahşap döşemedir.

Söz konusu 10 m lik açıklık yapının çatı kısmında ise NPI 550 mm lik çelik kirişlere oturtularak yardımcı elemanlarla bulonlanmış 160 x 500 mm lik çam ağacı lamine ahşap kirişlerdir.



Şekil 6.60 Panafiel Şarap Müzesi birleşim detayları 1.



Şekil 6.61 Panafiel Şarap Müzesi birleşim detayları 2.

6.8.4 Criewen Ziyarteçi Merkezi



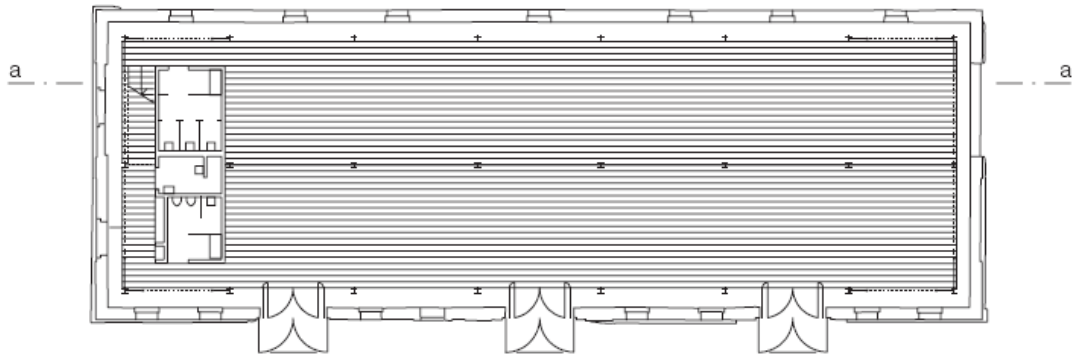
Şekil 6.62 Criewen Ziyarteçi Merkezi, Köln, Almanya

Mimari Tasarım : Anderhalten Architekten, Berlin (Claus Anderhalten)

Tasarım Ortakları : Bauleitung, (Christiane Giesenhausen, Sandra Lorenz, Michael Schröder, Henning von Wedemeyer Hubertus Schwabe)

Strüktürel Tasarım : AIP Ingenieurgesellschaft, Schöneiche

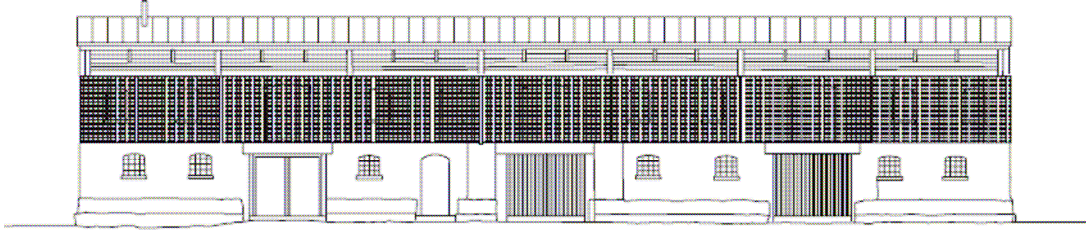
Barok tarzı yapılardan meydana gelen Criewen Kalesi, Almanya-Polonya sınırında bulunan Lower Oder Walley Milli Parkında bulunmaktadır. Criewen bir büyük malikane, ve idare merkeziyle birlikte çeşitli çiftlikler ve depo yapılarını da bünyesinde bulundurur.



Şekil 6.63 Criewen Ziyarteçi Merkezi giriş katı planı.

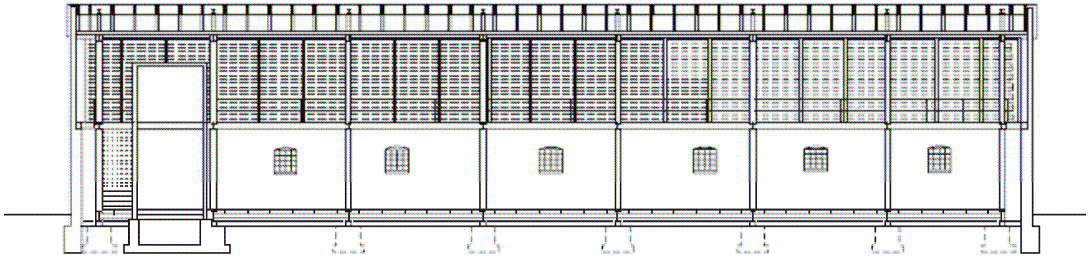
Criewen'in Alman-Polonyalı buluşma merkezine dönüşmesiyle birlikte, burada eskiden koyun barınağı ve tütün depolama yapısı olarak kullanılan yığma yapı,

Berlin bürosu olan Anderhalten Architekten Mimarlık bürosu tarafından hazırlanan dönüşüm projesiyle yeniden düzenlenmiştir.



Şekil 6.64 Criewen Ziyarteği Merkezi giriş cephesi.

Koyun barınağı 1820’de tek katlı tuğla yığma yapı olarak inşa edilmiştir. Kullanılmadan geçen onlarca senenin ihmali yapıyı harabe haline dönüştürmüştür. Mevcut yapıya ait içteki ahşap iskelet ve çatı konstrüksiyonu kaldırılmıştır. Yığma duvarlarda oldukça yoğun rutubet bulunması ve yüksek seviyede haşere istilasına uğramış olması nedeniyle mimarlar yapı içine yeni bir çelik taşıyıcı kurmaya karar vermişlerdir.



Şekil 6.65 Criewen Ziyarteği Merkezi boyuna kesiti.

Yeni strüktür, her biri 8 er düşey taşıyıcıdan oluşan 3 sıra kolon dizisinden meydana gelmektedir. Söz konusu 24 adet NPI 240 mm profillerden oluşan çelik kolon yapı içinde yeni oluşturulan betonarme temellere ankraj bulonlarıyla birleştirilmiştir. Çelik strüktürde kullanılan kiriş profilleri de kolonlar gibi NPI 240 mm profillerden oluşturulmuş ve çelik-çelik birleşimleri bulon+ kaynak kullanım ile gerçekleştirilmiştir.

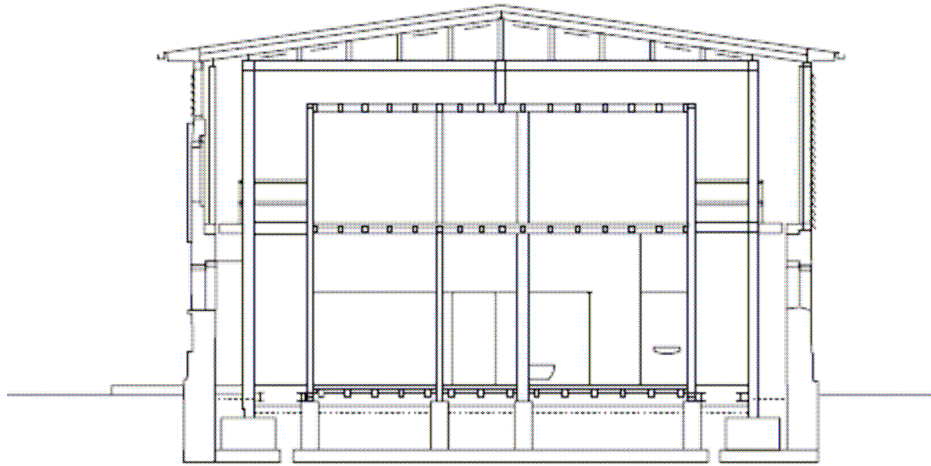
Yapının akasya ağacı ekranın bulunduğu cephesindeki yığma kagir duvar üzerine atılan 25 x 25 cm betonarme hatıl üzerine NPI 180 mm profiller düşey taşıyıcı

olarak ankrajlanmıştır. Yine aynı hatla iç sıradaki kolonlar arasında bulunan köprü ankraj bulonlarıyla birleştirilmiştir.



Şekil 6.66 Criewen Ziyarteçi Merkezi yapı içi görünüşü.

Zemin döşemesinde NPI 400 mm ana çelik kiriş NPI 200 mm lik tali kirişlerle desteklenmekte, oluşturulan bu kirişleme sistemi üzerine 135x35 mm lik beyaz meşe ahşap kaplama tahtaları yerleştirilerek çelik-ahşap döşeme oluşturulmuştur.



Şekil 6.67 Criewen Ziyarteçi Merkezi enine kesiti.

Çatı yüklerini, taşıyan ve yığma yapıya destek olma görevini üstlenen çelik strüktürün dış kolonları, mevcut yığma duvarlardan 80 cm içerde konumlandırılmıştır. Böylelikle iç içinde iç oluşturulmuş, bırakılan aralık sayesinde sergi alanı ile mevcut rutubetli duvar yüzeylerinin birbiriyle birleşimi önlenerek, yığma yapının sürekli havalandırılması sağlanmış, duvarların kontrolü kolaylaştırılmıştır.

Sergi alanı koyun barınağı kotunda bulunan platform üzerine yerleştirilmiştir. Narin çatı aşıkları uzun duvarlara dik olarak, kısa kenarlar doğrultusunda uzanmaktadır bilgi merkezine yaklaşım dış duvarlar, köprü ve sergi alanı arasında bulunan 3 rüzgar lobisi yoluyla sağlanmaktadır.

Bilgi merkezinin sergi alanı ahşap tavan gibi eski koyun barınağı düzeyinde oluşturulmuştur. Yapı oldukça ıslak ve rutubetli bir ortamda bulunmaktadır. Bu nedenle yapı dışında oluşturulan konteynır herhangi bir strüktürel elemana bağlanmaksızın yapı çevresini sararak izolasyon alanını oluşturmaktadır.



Şekil 6.68 Criewen Ziyarteçi Merkezi rüzgar koridorları.

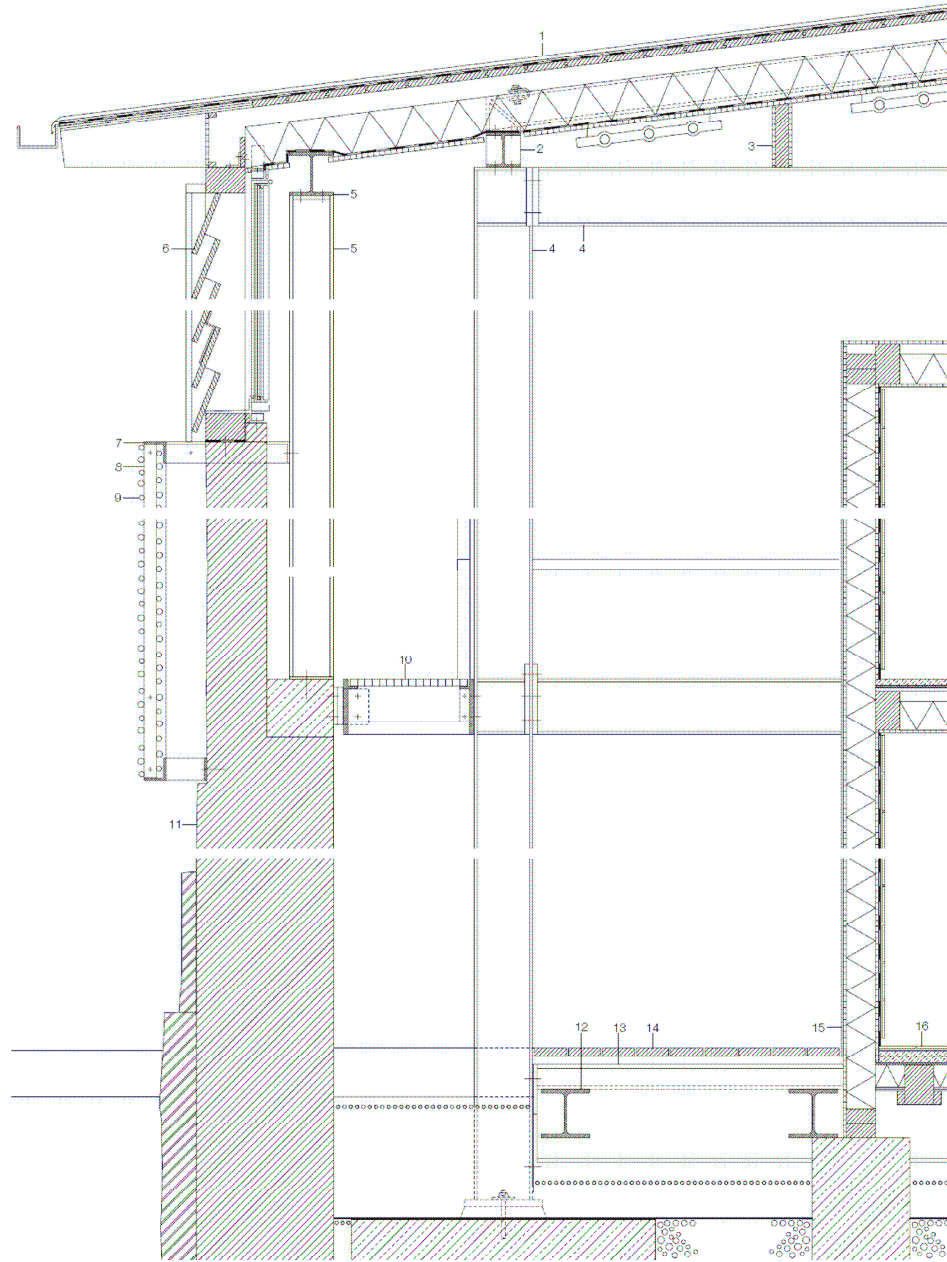
Yapının üst bölümlerindeki pencereler ve korkulukları kaplama elemanları ve izolasyon camı ile donatılmıştır. Yapının alt bölümlerindeki pencereler normal cam niteliğinde olup gösterge işlevindedir. Bu kısımdaki camlarda gözlenen herhangi bir buğulaşma halinde menfez bölümündeki aktif iklimlendirme elemanları devreye girerek ortamın nem oranı ayarlanmaktadır. İç mekandaki termal şartlar gazlı ısıtma kaynakları ile birlikte çatının altındaki ışı yayan ısıtma panelleriyle sağlanmaktadır.

Ziyaretçi bilgilendirme merkezinin bir diğer özelliği 45 m uzunluğunda, akasya ağacı kullanılarak oluşturulmuş, güneş kırıcılığın yanı sıra yağmur koruyuculuk özelliği de sağlayan cephe ekranına sahip olmasıdır. Akasya ağacı dalları, düşey taşıyıcılığı sağlayan ince galvanize çelik çerçevelerin arasında dalgalanırcasına uzanmaktadır. Akasya ekran yığma duvara ankrajlanmış çelik köşebentler ile taşınmaktadır.



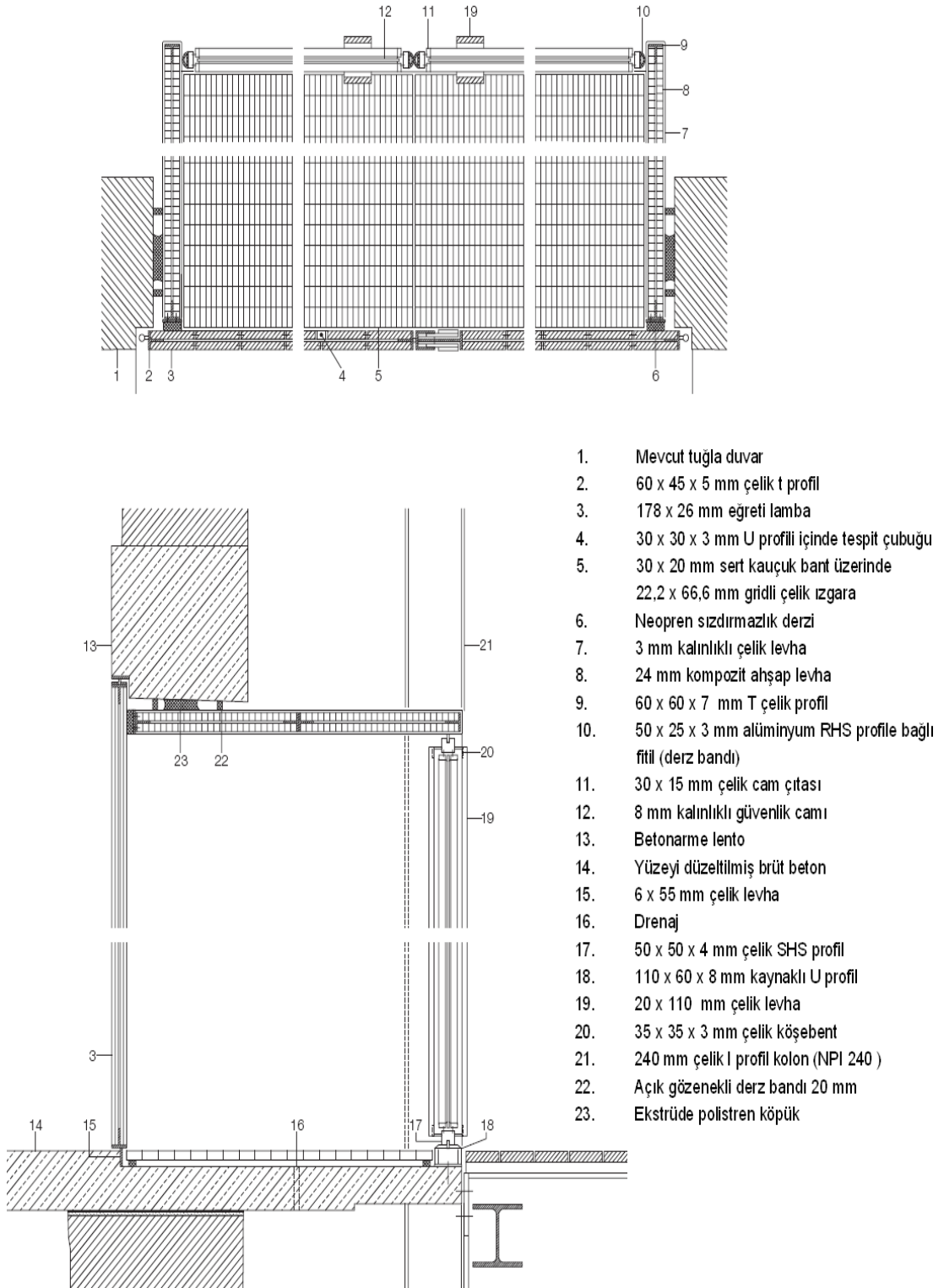
Şekil 6.69 Criewen Ziyarteçi Merkezi akasya ağacı ekran cephesi.

Yeni ve eskinin strüktürel sentezinde, sıradan ve high-tech arasındaki ilişkiden faydalanılarak korumanın ve yararlılığın sentezi sağlanmıştır.



- | | |
|--|---|
| 1. Çatı konstrüksiyonu:
Bitümlü yalıtım tabakaları üzerinde çinko kaplama
28 mm lamba zıvana ahşap
240 x 160 mm ahşap kiriş
160 mm elyaf (izolasyon amaçlı)
18 mm kayın ağacı kaplama levhası | 11. Mevcut tuğla duvar |
| 2. 140 mm çelik I kiriş (NPI 140) | 12. İkincil çelik eleman 200 mm (NPI 200) |
| 3. 80 mm çatı aşığı (kayın ağacı kaplamalı) | 13. Ana çelik kiriş 400 mm (NPI 400) |
| 4. 240 mm çelik I kiriş ve kolon (NPI 240) | 14. 135 x 35 mm beyaz meşe kaplama |
| 5. 180 mm çelik I kiriş ve kolon (NPI 180) | 15. Duvar konstrüksiyonu (sağlık kabini):
3 mm sunta üzerin 6 mm elyafli
çimento levha (betopan)
120 mm taş yünü yalıtım
Derz dolgulu su geçirmezlik macunu
11 mm gre seramik karo |
| 6. Mevcut ahşap panjur | 16. Döşeme konstrüksiyonu (sağlık kabini):
11 mm gre seramik karo
2 x 25 mm kompozit ahşap
10 mm ses yalıtım malzemesi
60 x 120 mm ahşap dikme
16 mm kompozit ahşap kaplama |
| 7. 90 x 90 x 9 mm çelik köşebent | |
| 8. 50 x 10 mm çelik levha | |
| 9. Akasya ağacı ekran | |
| 10. Metal çevre izgarası (30 x 90 mm gridli) | |

Şekil 6.70 Criewen Ziyarteçi Merkezi detay çizimleri 1.



Şekil 6.71 Crieven Ziyarteçi Merkezi detay çizimleri 2.

6.8.5 Alf Lechner Müzesi



Şekil 6.72 Alf Lechner Müzesi, Münih, Almanya.

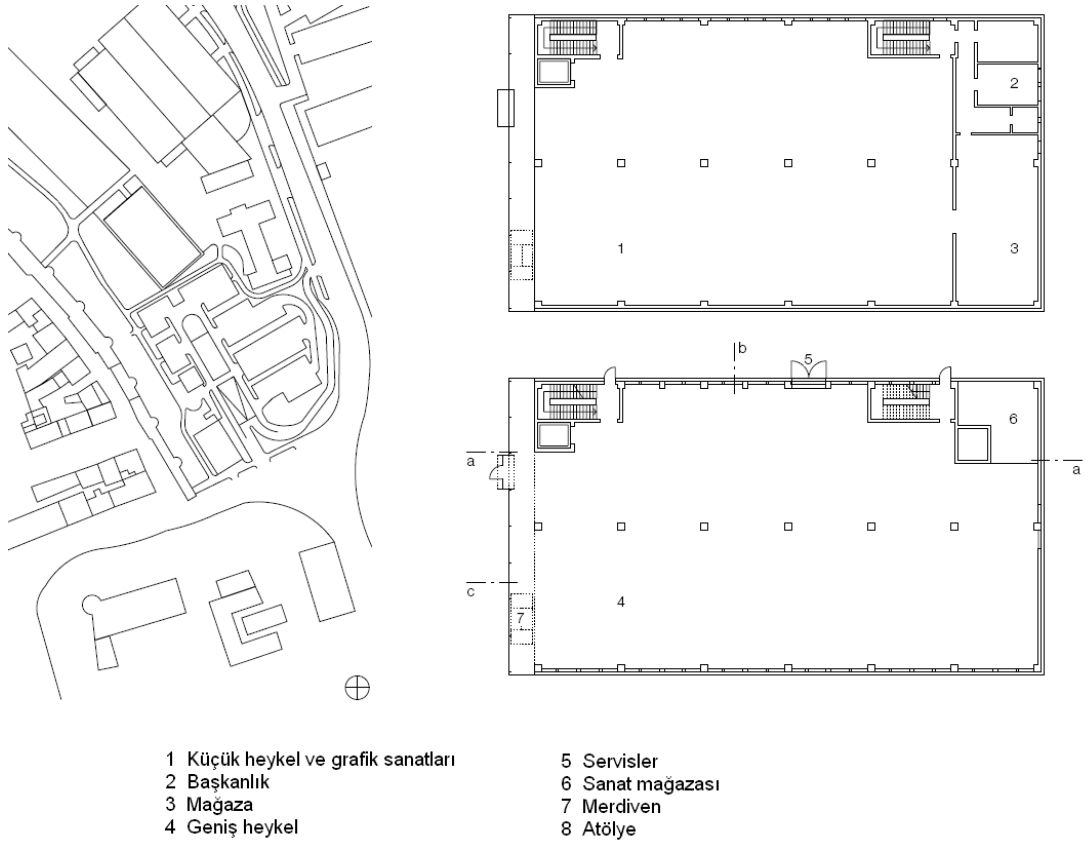
Mimari Tasarım : Fischer Arcitekten, Münih (Florian Fischer)

Tasarım Ortakları : Ralf Emmerling, Sieglinde Neyer,

Strüktürel Tasarım : Muck-Ingeniuere, Ingolstadt

Projenin mimarları şehir merkezindeki iç mahallelerde yer alan 1950 lere ait harabe biçimindeki endüstri yapısını, oldukça ilgi çekici modern bir sanat galerisine dönüştürmüşlerdir. Ünlü çelik heykeltıraşı Alf Lechner adına yeniden tasarlanan yapı, alt katında 1000 m², üst katında ise 800 m² olmak üzere toplamda 1800 m² lik sergi alanı içermektedir.

Mevcut strüktür üç yüzeyli olarak alüminyum cephe kaplama panelleriyle kaplanmıştır. Kuzey cephesi ise bu küteselliğe kontrast olarak açılmış, 2 m derinlikli çelik ve cam taşıyıcılı camekan strüktürü, sergi alanlarının bina dışından da gözlenebilmesi için mevcut yapıya eklenmiştir. Böylelikle camın şeffaflığı ile gümüş renkli alüminyum sandviç panellerle oluşturulan cephe kaplamaları arasında uyum sağlanmıştır.



Şekil 6.73 Alf Lechner Müzesi vaziyet ve kat planları.

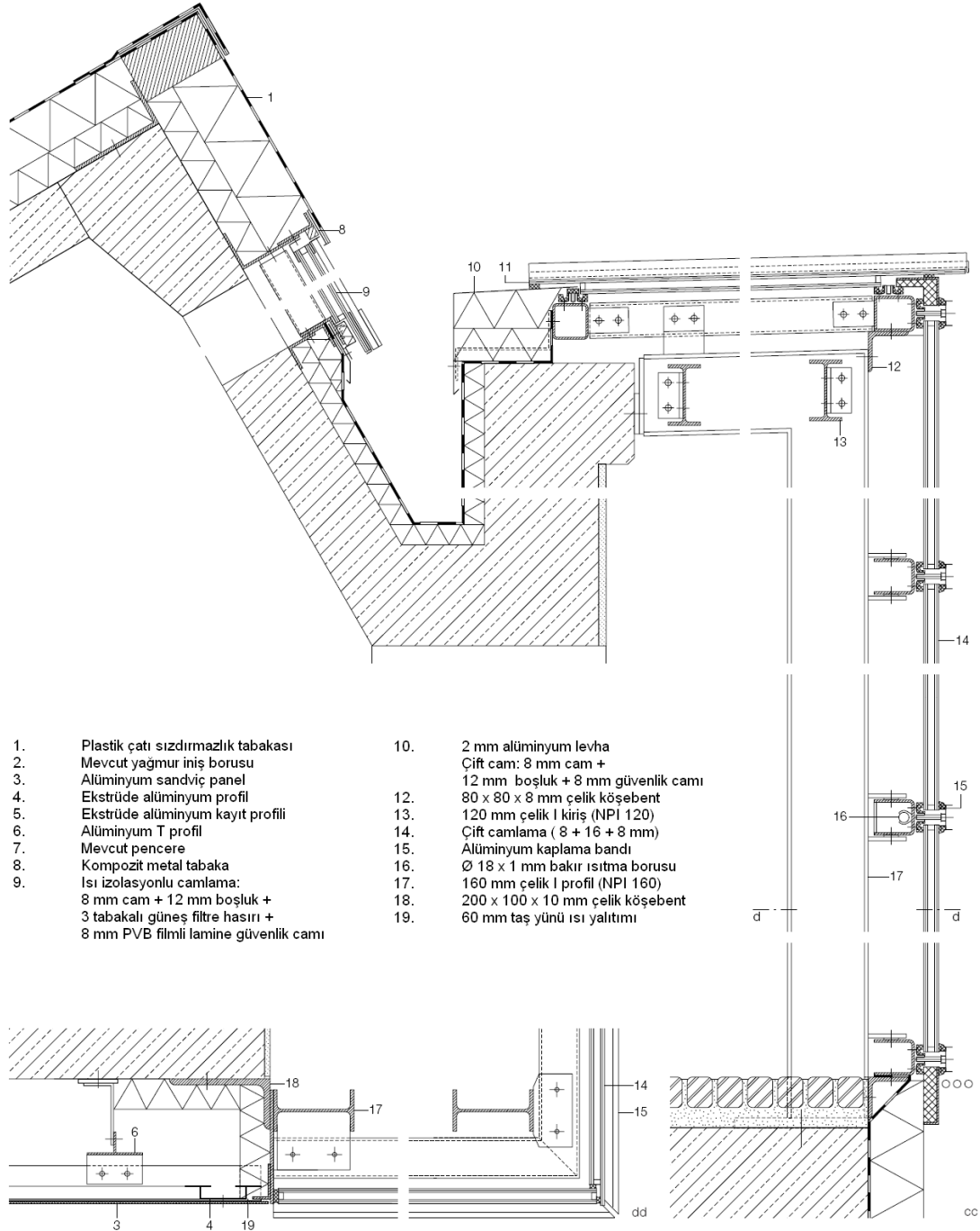
Yapıya eklenen camekan strüktürü 9 dizi NPI 160 mm profillerden üretilmiş ters L biçimli kolondan meydana gelmektedir. Kolonlar arasında NPI 120 mm profillerden oluşan tali kirişler yer almaktadır.



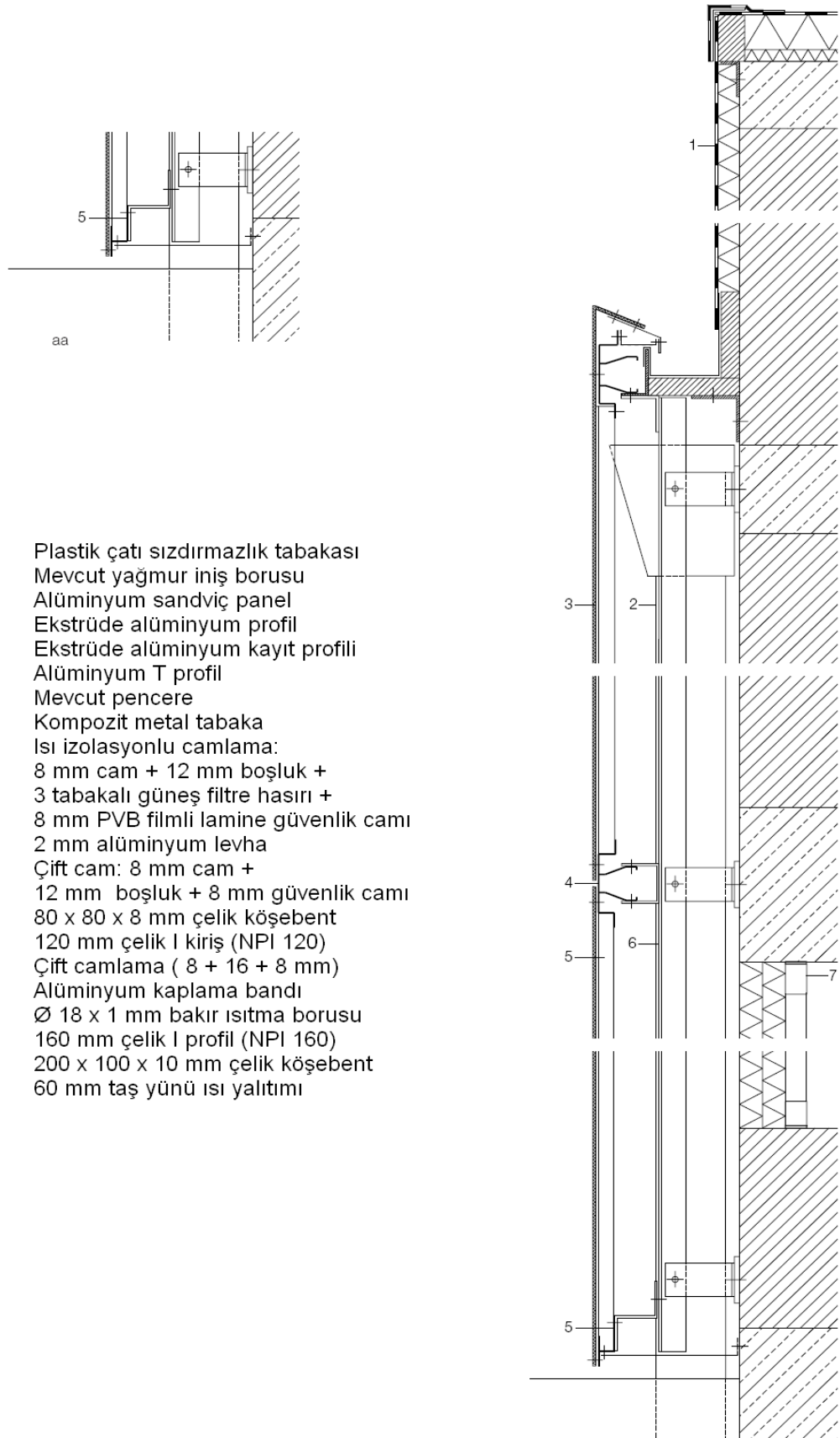
Şekil 6.74 Alf Lechner Müzesinin alüminyum ve cam kaplamalı cephe görüntüleri.

Yapıdaki çelik elemanlar arasındaki birleşim köşebent ve bulon kullanımı ile gerçekleştirilirken; ters L biçimli kolonlar mevcut betonarme yapıya epoksi reçinesi + ankraj bulonlarıyla birleştirilmiştir.

Camekan strüktüre ait cam elemanlar çerçeve sistemi ile bir arada tutulmakta; çelik ile cam elemanların birleşimi söz konusu çerçevelerin kolonlar üzerinde yer alan bağlantı parçalarına bulonlanmasıyla gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6.75 Alf Lechner Müzesi detay çizimleri 1.



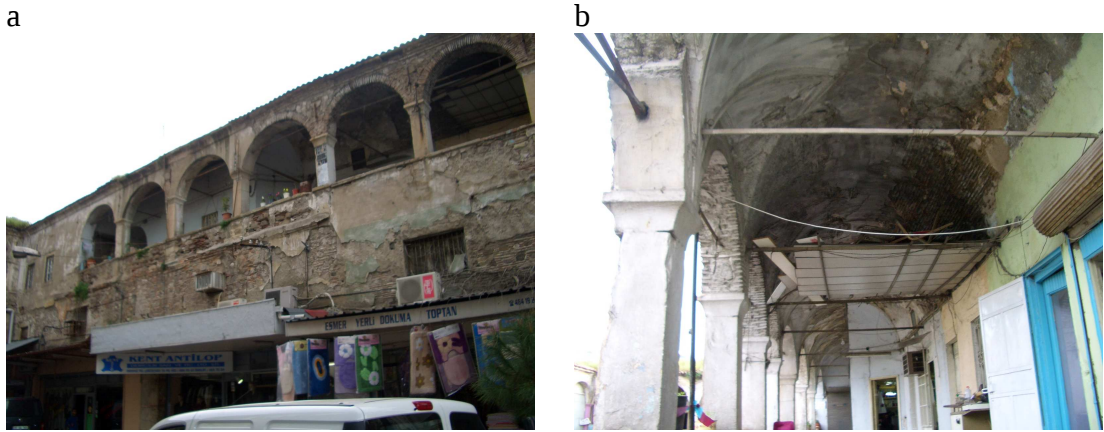
1. Plastik çatı sızdırmazlık tabakası
2. Mevcut yağmur iniş borusu
3. Alüminyum sandviç panel
4. Ekstrüde alüminyum profil
5. Ekstrüde alüminyum kayıt profili
6. Alüminyum T profil
7. Mevcut pencere
8. Kompozit metal tabaka
9. Isı izolasyonlu camlama:
8 mm cam + 12 mm boşluk +
3 tabakalı güneş filtre hasırı +
8 mm PVB filmlili lamine güvenlik camı
10. 2 mm alüminyum levha
Çift cam: 8 mm cam +
12 mm boşluk + 8 mm güvenlik camı
12. 80 x 80 x 8 mm çelik köşebent
13. 120 mm çelik I kiriş (NPI 120)
14. Çift camlama (8 + 16 + 8 mm)
15. Alüminyum kaplama bandı
16. Ø 18 x 1 mm bakır ısıtma borusu
17. 160 mm çelik I profil (NPI 160)
18. 200 x 100 x 10 mm çelik köşebent
19. 60 mm taş yünü ısı yalıtımı

Şekil 6.76 Alf Lechner Müzesi detay çizimleri 2.

6.8.6 İzmir İli Özelindeki Örnekler

Araştırmanın bu bölümünde İzmir’de bulunan ve araştırmacı tarafından yerinde incelenen gerek tarihi nitelikli, gerekse yeni yapılan yapılardaki; çelik ile çelik ve çelik ile diğer malzemeler arasındaki birleşimler incelenmiştir.

Karaosmanoğlu Hanı, Fevzi Paşa Bulvarı üzerinde yer almaktadır. Batısında Mirkelamoğlu Hanı ile bitişiktir. Yapı, avlulu ve ikinci katı revaklı dikdörtgene yakın bir plâna sahiptir. Yapının 18. yüzyıl içinde yapılmış olabileceği düşünülmektedir. Yapı, 15. ve 16. yüzyıllardan başlayıp 18. yüzyılın sonlarına dek süren ve demirin sadece bir bağlayıcı eleman olarak değil, strüktürün bir parçası; özellikle kemer ve tonoz gibi strüktürel elemanların mesnet noktalarına gelen yatay yüklerden dolayı oluşacak deformasyonu önleyebilmek için gergi elemanı olarak kullanıldığı İkinci döneme ait izler taşımaktadır [Şekil 6.77 (a) ve (b)].



Şekil 6.77 Karaosmanoğlu hanı. (a) Karaosmanoğlu hanının ikinci katı revaklı bölümü, (b) kemerler arasında gergi elemanı olarak kullanılan demir çubuklar.

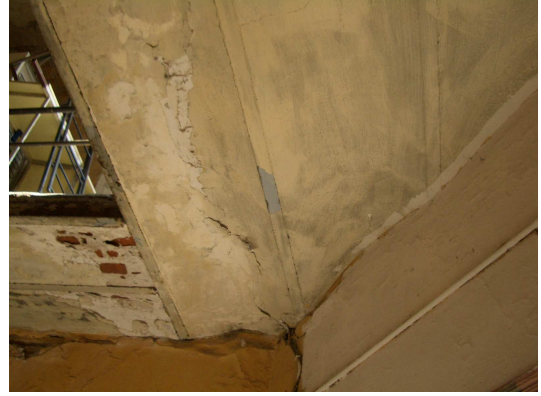
Bir diğer örnek olan Çukurhan; Çankaya’da Fevzi Paşa Bulvarı üzerinde, Yeni Kavaflar Çarşısının karşısında bulunan yapının tarihi ile ilgili edinilen bilgi son derece sınırlıdır. Yapı U plan şemasına yakın olup 3 koldan oluşmaktadır. Hanın ilk katında çeşitli dükkanlar bulunur. Yapı çelik konstrüksiyon olarak inşa edilmiştir. İki katlı olan kısım 40x40 cm lik kolonlarca taşınmaktadır. Kolonların aks aralıkları 3 m dir. İkinci katta bu kolonların üzerinde bulunan kemerler dikkat çekicidir. Üç katlı olan kolda bulunan 10 cm çaplı dairesel çelik kolonların aks aralıkları 285 cm olarak

tasarlanmıştır [Şekil 6.78 (b)]. Bu kısmın giriş katında dükkanlar, ikinci katında ise bunlara ait depolar bulunmaktadır. Üç katlı kısım ile iki katlı olan bölüm birbirine 20 cm kalınlığında çelik I kirişlerce taşınan, 120 cm genişliğindeki volta döşemeli bir konsol balkon ile bağlanmaktadır.

a



b



Şekil 6.78 Çukur Han, (a) 10 cm çaplı dairesel dökme demir kolonlar (b) yapı içindeki çelik ile kagir malzemeli volta döşemeler

Yapıdaki volta döşemeler incelendiğinde; merdiven boşluğunda, 55 cm aralıklarla geçen 10 cm genişliğinde I kirişlerin, diğer kısımlarda ise 70 cm aks aralıklı yine 10 cm genişliğindeki I çelik kirişler üzerine oturan kat betonu şeklinde olduğu görülmektedir. [Şekil 6.78 (b)]

Bir diğer önemli örnek; Fevzi Paşa Bulvarı üzerindeki 1929 yılında inşa edilen ve bugüne kadar ayakta kalmayı başarabilmiş ender yapılardan olan Kavaflar Çarşısıdır. Şimdilerde İzmir Büyükşehir Belediyesince restorasyonu gündemdedir.

a



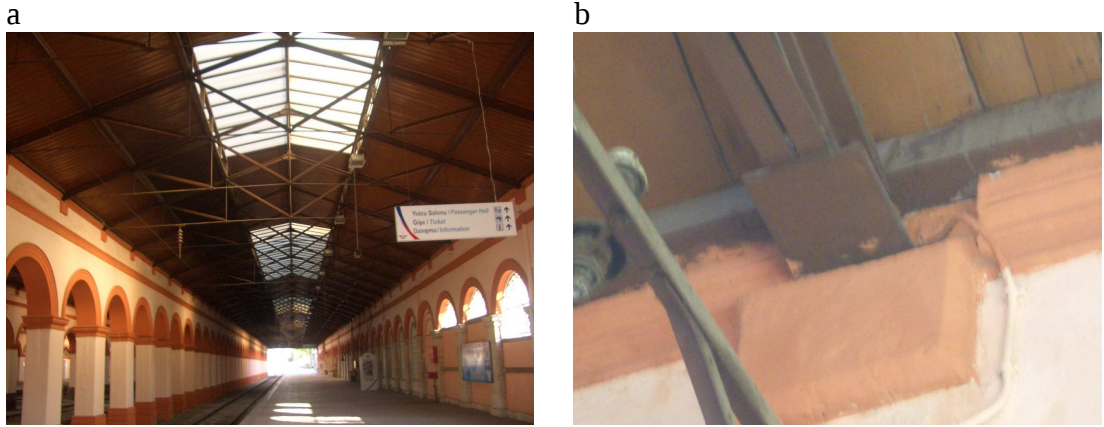
b



Şekil 6.79 Kavaflar Çarşısı, (a) yapının Fevzi Paşa Bulvarı üzerinden görünüşü (b) yapının makaslarla taşınan çelik ve cam malzemeli ışıklığı.

Büyük kentlerde, özellikle İstanbul ve İzmir’de ortaya çıkmaya başlayan iş ve alışveriş merkezi niteliğindeki hanlar ve pasajlar, yeni yapı gereçlerinin ilk kullanıldığı yerlerdir. Bu yapıların çoğunun üstünü demir-cam konstrüksüyonla oluşturulmuş şeffaf çatılar örttüğü görülmektedir. Kavaflar çarşısı [Şekil 6.79 (a)] da bu nitelikte olup çelik ile camın birleşimi yerinde gözlemlenmiştir. Çarşının kolları arasında 3,5 metrelik açıklığın çelik makaslarla geçildiği yapıda makaslar düşey taşıyıcılar üzerine oturtulmuş ve cam paneller 50 cm aralıklarla makas üzerindeki merteklere çerçevesi olarak birleştirilmiştir [Şekil 6.79 (b)].

İzmir’in simge yapılarından olan ve 1858 yılında ilk hizmete açıldığında adı Punta Garı olan Alsancak Garı 33,85 m. x 130,95 m. açıklığa sahip olup; bu açıklık iki uzun kol (duvar) arasında 3 makas kullanılarak geçilmiştir. Ortadaki makas 8,65 m. açıklığı geçmektedir. Warren tipi düzlem kafes kiriş çubuk düzenlemesine örnek sayılabilecek bir makas tipidir. Diğer iki makas ise 12,6 m. açıklık geçmekte ve aynı strüktürel özellikleri taşımaktadır. Pratt tipi yada “N” tipi düzlem kafes kiriş olarak tarifi mümkündür. Üç düzlem kafes kiriş de 5,90 kotunda biten duvar üzerindeki yastık elemanlara oturmaktadır [Şekil 6.80 (a) ve (b)].



Şekil 6.80 Alsancak Garı, (a) yapı içi N tipi çelik makasların görünüşü (b) çatı makaslarının yığma duvar üzerindeki yastık elemanlara oturtulması

Cumhuriyet öncesi tren istasyonlarına ait bir diğer önemli yapı olan 1863 yılında dönemin ve günümüzün ünlü mimarı Gustave Eiffel tarafından tasarlanmış tarihi Basmane Garı’dır. Basmane Garı’nın üst örtüsü çelik malzemeden olan, açık bekleme salonu bölümü [Şekil 6.81 (a) ve (b)] 20,78 m. X 46,75 m. ölçülerindedir. Peron tarafındaki 46,75 m. olan açıklık iki adet çelik makasla geçilmiş, çelik çatı

makaslarının üzerine oturduğu kolonlar arasındaki mesafe akstan akşa 23,26 m. ve 23,16 m.'dir. 20,78 m. olan diğer yöndeki açıklık ise akstan akşa 2,97 m. aralıklarla 7 adet kolonla geçilmiştir. Dökme demir kolonların çevreleri 600 mm., yükseklikleri ise 2,60 m. + 1,70 m. olup kolonlardan yükselen çelik kemerler ve çatı makasları sayesinde açık bekleme salonunun çatı yüksekliği 6 m.'yi aşmaktadır.

a



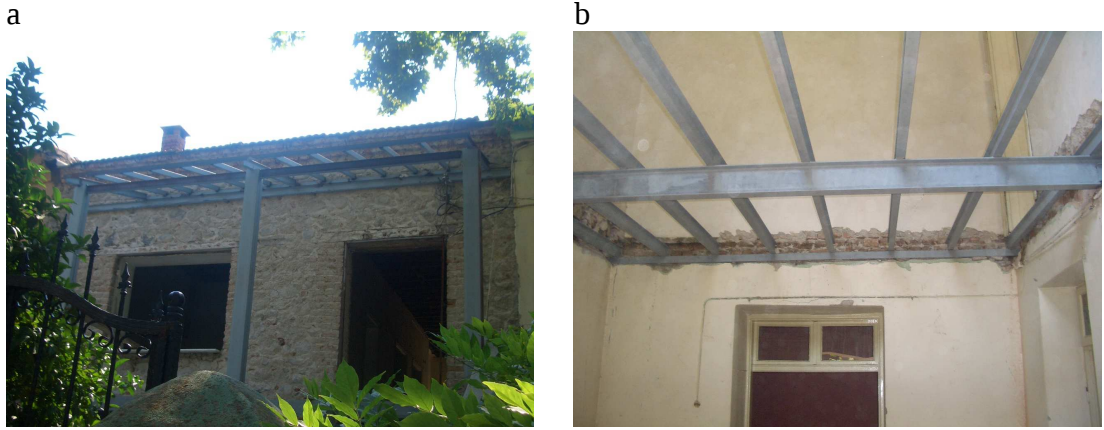
b



Şekil 6.81 Basmane Garı, (a) yapının peron kısmının üzerini örten üst örtü taşıyıcılarının görünüşü (b) çatı makaslarının yığma duvara gömülmesi.

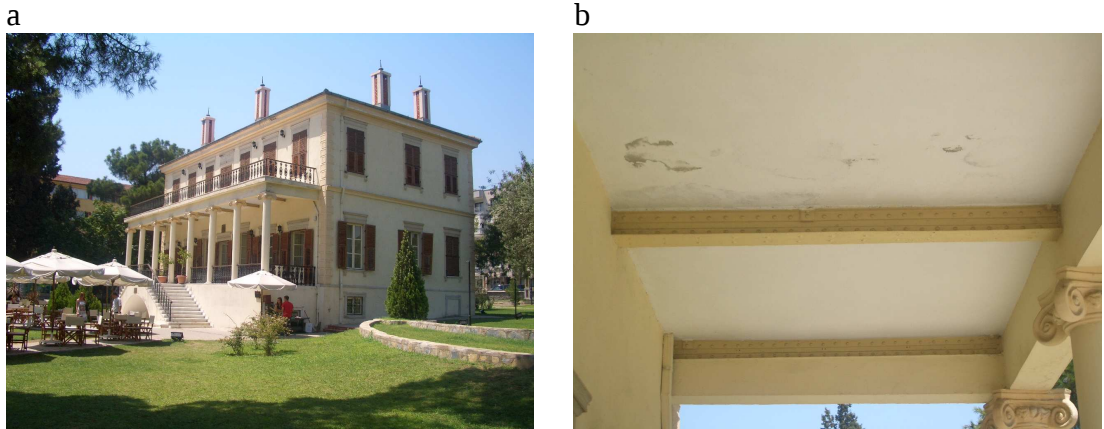
Çelik kemerlerin ve profillerin yığma yapıya gömme tekniğiyle birleştirildiği görülmektedir. özellikle çelik kemerler yığma yapıya guse eleman üzerine oturtularak gömülmüştür.

Bir diğer örnek; Bornova'da mahfel durağında bulunan ve Nilsan A.Ş ofis binası olarak kullanılan yapıdır [Şekil 6.82 (a)]. Eski kagir yapıda pencere ve kapı açıklıklarının çelik profillerle geçildiği görülmüştür. Yenilenmekte olan kagir yapıya ek olarak çelik döşeme eklenmiş, giriş cephesinde 1.5 metre genişliğinde çelik kolonlarla taşınan çıkma kısım ve merdiven eklenmiştir. Çıkmanın üzerini kapatan saçak ise mevcut yapıya birleştirilmiş I kiriş üzerine oturmakta, önden ise çıkmanın taşıyıcıları olan 10x10 cm boyutlu kare kolonlarca taşınmaktadır. Döşemenin taşınacağı NPI 140 profilden oluşan çelik kirişler kagir duvarlarda oluşturulan oyuklara oturtularak bunların üzerine NPI 80 profiller 50 cm aralıklar ile yerleştirilerek döşeme ızgarası oluşturulmuştur [Şekil 6.82 (b)].



Şekil 6.82 Nilsan A.Ş. ofis binası, (a) yapının dışına eklenen çelik taşıyıcı kısım ve dış duvar birleşimi (b) yığma duvarlara gömülü I profillerle oluşturulan çelik döşeme ızgarası.

İncelenen bir diğer önemli örnek Bornova’da bulunan Murat Köşküdür. Köşk İngiliz Edwards ailesinin bir üyesi tarafından 1880 tarihinde inşa edilmiştir. Daha sonra Murat Ailesi’ne devredilen köşk, ailenin terk etmesinin ardından uzun süre boş kalmıştır. 2001 tarihinde İzmir Büyükşehir Belediyesi’ne devredilen yapı, restorasyon çalışmalarının tamamlanmasından sonra 2005 yılının başında Ege Üniversitesi’ne tahsis edilmiştir [Şekil 6.83 (a) ve (b)].



Şekil 6.83 Murat Köşkü, (a) yapının ve çelik taşıyıcı teras kısmının görünüşü (b) takviyeli I kirişlerin yığma duvara ve çevre kirişine bağlanması.

Yapıda perçinli olarak birleştirilmiş 8 adet takviyeli çelik I kirişlerin geçtiği açıklık, aynı zamanda teras genişliği olan 260 cm dir. Takviyeli kirişlerin yükseklikleri 20 cm olup her kirişin alt flanşında çift sıralı 13 perçin, gövdesinde ise çift sıralı 26 perçin olduğu görülmektedir. Çelik kirişler yığma yapıya ve üst katın terasını taşıyan, dairesel kolonlarca taşınan çevre kirişine gömülerek birleştirilmiştir.

Bornova’da ilk ortaokul olarak 1936 yılında Buca Ortaokulu’na bağlı olarak bugünkü yerine açıldı. Binası Valipatri adında bir ecnebiye aitti. Sonradan Suphi Koyuncuoğlu tarafından satın alınmış, ortaokula kiraya verilmiş. Daha sonra Milli Eğitim Bakanlığı’na hibe edilmiştir. [Şekil 6.84 (a) ve (b)].

a



b



Şekil 6.84 Suphi Koyuncuoğlu Lisesi iş ve teknik atölyesi , (a) yapının genel görünüşü (b) yapının çelik taşıyıcı teras kısmının görünüşü.

Buradan edinilen bilgiye göre söz konusu yapının yapım tarihi 1936 öncesine dayanmaktadır. 4 dairesel kesitli, tabandan tavana doğru incelen koni şeklinde dekoratif süslemeler içeren kolonlar İngiltere Coalbrookdale’den getirtilmiştir. Kolonlar arasındaki mesafe 6 m, 3,6 m ve 6 m şeklindedir. [Şekil 6.85 (a)].

a



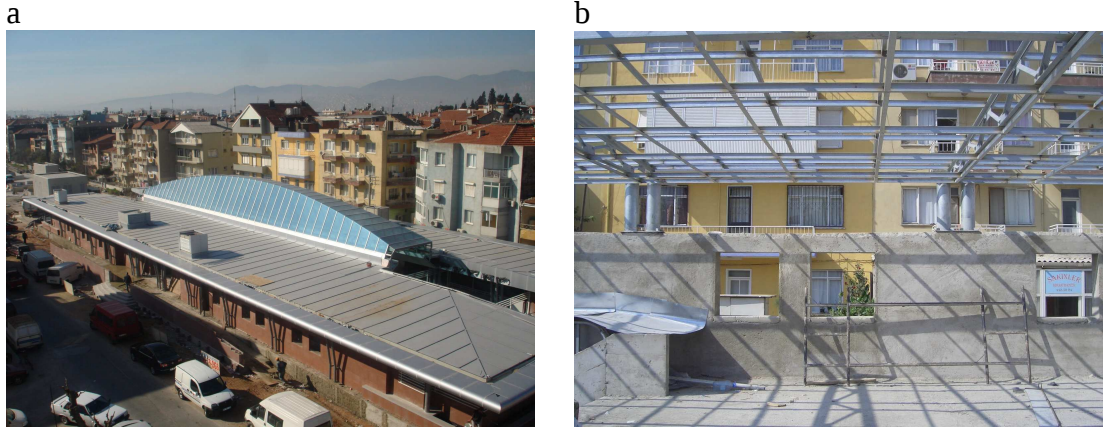
b



Şekil 6.85 Suphi Koyuncuoğlu Lisesi iş ve teknik atölyesi , (a) dairesel kolonların taban levhası ile zemine birleştirilmesi (b) çelik kolonların üzerindeki guse elemanlarla birleştirilen I profiller.

6 adet I kirişle taşınan teras kısmındaki I profillerin yüksekliği 20 cm olup, kolon başları üzerinde yer alan I kirişlere ve yığma duvar içerisinde gömülü olan I kirişlere köşebentlerle bulonlu olarak birleştirilmiştir. Kolon başları üzerine gelen kirişlerin çift yönlü birleşimi T biçimli dekoratif guse elemanlarla sağlanmakta iken, terasın kenar kirişleri yığma yapıya L şeklindeki guse elemanla birleştirilmiştir [Şekil 6.85 (b)].

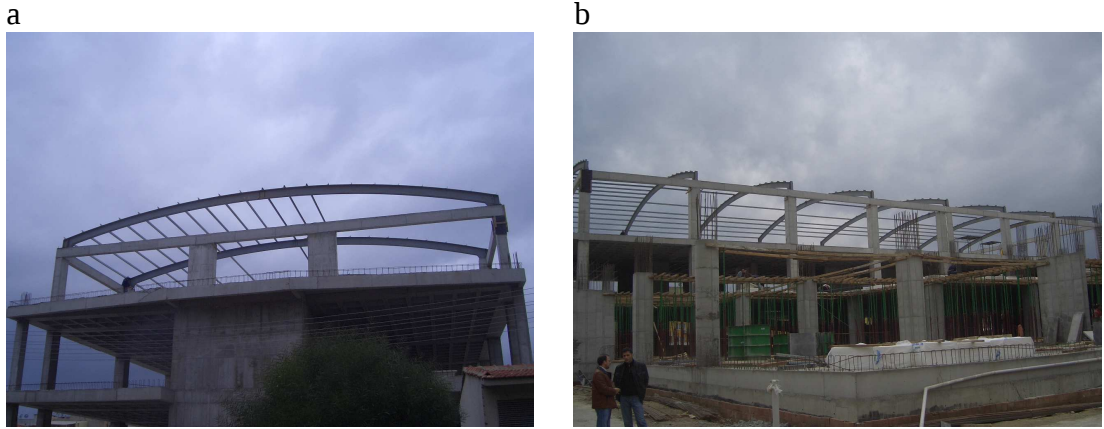
İzmir Metrosunun Üçyol-Buca arası hattında yapılmakta olan Şirinyer metro istasyonunun zemin üstü mekanlarının açık bölümlerinin ve üst örtüsünün taşıyıcı sistem malzemesi olarak çelik seçilmiştir. 250 mm çaplı 10 mm et kalınlıklı dairesel kolonlarla oluşturulan strüktür sisteminde, perde duvarlar ve döşeme gibi betonarme taşıyıcı elemanlar ile çelik kolonlar arasında bulonlu birleşim strüktürel bütünlük sağlanmıştır. Çoğu beton-çelik birleşiminde olduğu gibi bu örnekte de epoksi reçineleri kullanımı söz konusudur. Üst örtünün oluşturulmasında kafes kirişler kullanılmıştır. [Şekil 6.86 (a) ve (b)].



Şekil 6.86 Şirinyer metro istasyonu , (a) yapının zemin üstü kısmının genel görünüşü (b) yapının çelik taşıyıcılı üst örtüsünün kendi arasında ve perde duvarlarla birleşimi

Yapımına haziran 2007 yılında başlanan Çamdibi Katlı Pazaryeri yapısının ana taşıyıcı sistemi betonarme iskelet sistemidir. Yapının eğri kesitli çatısının ana taşıyıcısı çeliktir. Geçilen açıklık 30 m olup, 50 cm yükseklikli eğrisel çelik kirişler kullanılmıştır. Söz konusu yapıda betonarme ile çelik birleşimi gözlenmiş olup, çelik kirişler betonarme kolonların üzerinde, betonarme kolon ve kirişlerin dökümü

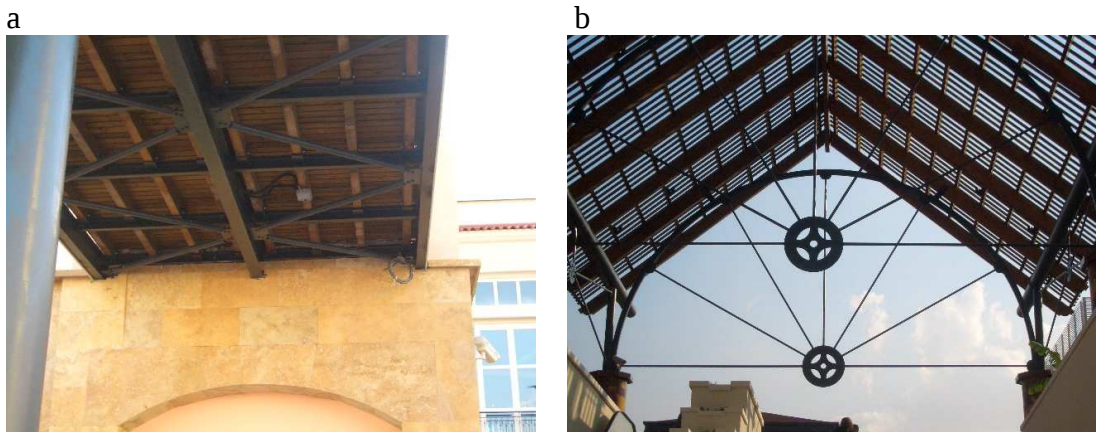
sırasında yerleştirilmiş ankraj levhalarına bulonlu olarak birleştirilmiştir. [Şekil 6.87 (a) ve (b)].



Şekil 6.87 Çamdibi katlı pazaryeri , (a) yapının genel görünüşü (b) yapının betonarme kolonlara oturan 50 cm yükseklikli eğrisel çelik kirişlerle taşınan çatı iskeleti.

12 ekim 2006 tarihinde hizmete giren Forum Bornova alışveriş merkezi kompleksinin, bağlantı köprüsü ve üst örtülerinde özellikle çelik ile ahşap birleşimleri yerinde gözlenmiştir. Köprünün ana taşıyıcıları 3 adet NPI 20 profil olup kolon birleşim noktalarında NPI 20 diğer kısımlarda NPI 10 çelik tali kirişlerle birleştirilmiş olup yatay çaprazlamalar 5 cm çaplı daire kesitli boru profillerle sağlanmıştır [Şekil 6.88 (a)ve (b)].

Ahşap döşemenin ahşap kirişleri, NPI 10 luk kirişler üzerinde bulunan U elemanlara 50 cm'lik aralıklarla oturtularak yanlardan bulonlanmıştır. Ahşap döşeme tahtaları ise bu ahşap kirişlere üstten vidalanmıştır. Üst örtülerdeki çelik ve ahşap birleşimlerinde yine U biçimli bağlantı elemanlarının kullanımı görülmektedir.



Şekil 6.88 Forum Bornova alışveriş merkezi, (a) çelik I profillerle taşınan ahşap döşemeli yaya bağlantı köprüsü (b) çelik ve ahşap malzemeli yarı açık üst örtü.

BÖLÜM YEDİ

SONUÇ

Mağaralardan kentlere geçişteki tarihsel süreç içerisinde insanoğlu farklı yerleşim alanlarında; kerpiç, taş bloklar, ahşap gibi farklı malzemeler kullanmış, böylece taşıyıcı sistemler doğmuştur. Günümüzde de taşıyıcı sistem oluşturmada farklı malzeme kullanımı arayışları artarak devam etmektedir. Söz konusu birbirinden ayrı özelliklere sahip malzemeler arasındaki birleşimler; gerek yapının rijitliği, birleşimlerin sağlamlığı gerekse görsel estetik gibi nedenlerden önemle üzerinde durulması gereken noktalardandır.

Çağımızın; aklın hayran kaldığı, bilimsel ve teknik bir patlama ile birlikte, insanın duygusal olarak, topluma dönük yönünün de çağrısını yansıttığı düşünüldüğünde, bu çift yönlü yaklaşımın, çelik söz konusu olduğunda daha da güçlenmekte, yalın görüntüsü ve uygulamanın ölçüleri açısından, mimarın özel bir dikkat ve duyarlılıkla konuyu ele alması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Çeliğin bina taşıyıcı sisteminde kullanımının giderek yaygınlaştığı günümüz mimarisinde, yapı malzemesi olarak çeliği tanımak, çelik yapı bileşenlerini, birleşim türlerini ve oluşabilecek taşıyıcı sistem özelliklerini bilmek, avantajlarını kavramak gerekir. Çeliğin kullanımının her geçen gün artıyor olması, projelendirme ve detaylandırma gibi alanlarda giderek daha bilinçli ve profesyonelce yaklaşılmasını sağlamıştır. Çelik, doğru kullanımı sonucunda oluşan görkemli yapıtlar sayesinde yukarıda da belirtildiği üzere “çağın malzemesi” olarak adlandırılmaya başlanmıştır.

Hafif, büyük açıklıkları geçebilen serbest formlar oluşturmaya imkan vererek mimariye özgürlük kavramı getiren çelik malzeme; %2’den daha az oranda karbon içeren, mekanik ve ısı işlemler sonucu çeşitli özellikler kazanabilen bir demir-karbon alaşımıdır. Değişik şekillendirme imkanı (boru, profil, yuvarlak demir, yassı çelik gibi) ve teknik özellikleri sayesinde malzemeden çeşitli şekillerde yararlanmak mümkündür.

Çeliğin yapılarda kullanımı ihtiyaçlar paralelinde gelişmiştir. Az katlı, büyük ölçekli yapılarda taşıyıcı sistem olarak çelik malzemenin kullanımının mimariye sağladığı en

büyük yarar, küçük en kesitle geniş açıklık geçebilmek olmuştur. Böylece, endüstriyel yapılar, terminal yapıları, alışveriş merkezleri, galeriler gibi yapılarda tercih sebebi olmuştur.

Çelik taşıyıcı sistemler;

- Büyük açıklıklara gereksinim duyulduğunda
- Bina yüksekliğinin çok fazla olması istendiğinde
- Hafif yapı yapma zorunluluğu olduğunda
- Zemin yapısının zayıf olması durumunda
- Kolon kesitlerinin küçük olması gerektiği durumlarda
- Uzun vadede bina içerisinde değişiklikler yapılması düşünüldüğünde
- Kısa yapım süresinin istendiği durumlarda
- Soğuk iklim koşullarında inşaat yapılması gerektiği durumlarda, en doğru çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu araştırmada ise çeliğin gerek çelik, gerekse beton/betonarme, yığma, ahşap ve cam gibi farklı malzemelerle oluşturulan taşıyıcı elemanlarla olan birleşimlerinin olabilirliği ve birleşimlerde uygulanan birleştirme yöntemleri üzerinde durulmuştur. Çelik taşıyıcı elemanların farklı malzemeli yapı bileşenleri ile olan birleşimlerinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Araştırmada öncelikli olarak çelik elemanların birleştirme yöntemlerinden, çelik taşıyıcı sistemli yapılarda ağırlıklı olarak çelik ile çelik arasındaki; buna ek olarak duvar, döşeme, çatı ve merdivenler gibi diğer bileşenlerle olan birleşimlerden “Bölüm 4 ve Bölüm 5” te bahsedilmiştir.

Çelik ile çelik arasındaki birleşimlerin bulon, kaynak, perçin ve yapıştırıcı kullanımı veya bunların kombinasyonu ile gerçekleştirildiği; birleştirmede yalnızca bulonların kullanımı birleşimin çözülebilir nitelikte olduğuna işaret ederken, bunun harici birleşimlerde yeniden sökölüp takılabilmek olanağının olmadığı görülmektedir.

Çeliğin kiriş veya kolon olarak beton/betonarme taşıyıcı elemanlara birleştirildiği görülmektedir. Çelik kolonların temeller ve kat döşemeleriyle olan birleşimlerinde, çelik kirişlerin betonarme perde duvarlarla olan birleşimlerinde, çelik kirişlerin betonarme kolonlarla olan birleşimlerinde, çelik kirişlerin betonarme kirişlerle olan birleşimlerinde; yerinde yapım birleşimler, genişleyen ankrajların kullanımı ve reçineli veya harçlı birleşimler olmak üzere 3 çeşit birleştirme yöntemi uygulanır. Bunların kombinasyonundan oluşan birleştirme yöntemleri de mevcuttur.

Çelik ile yığma malzemeli taşıyıcı elemanlar arasındaki birleşimler çelik-beton birleşimlerine yakın yöntemlerle birleştirilirler. Çelik ile kagir birleşimlerinde çelik eleman; Taşıyıcı yığma duvar içine gömülebilir, taşıyıcı duvara ankraj bulonlarıyla tespitlenmiş ankraj levhalarına cıvatalı, kaynaklı veya kaynak + cıvatalı olarak bağlanabilir veya yığma duvar üzerine atılacak hatıl betonu içine yerleştirilen ankraj levhalarına bulonla bağlanabilir. Çelik taşıyıcılara kagir malzemeli duvarın birleştirilmesinde is bağ teli veya klips adı verilen kenetler kullanılarak çelik taşıyıcılar ile yığma duvar arasındaki rijitlik sağlanır.

Gerek beton/betonarme gerekse kagir malzemeli elemanlara çelik taşıyıcı birleştirilmesinde epoksi reçinelerinden ve yapıştırma harçlarından önemli ölçüde faydalanılmaktadır. Çeliğin, bu iki malzeme türü ile olan birleşimlerinde ıslak birleşimlerin kullanımı söz konusudur.

Ahşap ile çeliğin yapılarda taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanımına bakıldığında betonarme ve kagir yapım tekniklerine göre birbirlerine daha yakın sistemler oluşturdıkları görülmektedir. Çelik ile ahşabın birleşimlerinde kaynaklı ve ıslak birleşim teknikleri kullanılmaz. Çelik ile ahşabı birleştirme yöntemleri 3 şekilde uygulanabilir. Bunlar; bulonlu (cıvatalı) birleşimler, vidalı birleşimler, tutkal vb ile yapıştırmalı birleşimler olarak sıralanabilir.

Çelik ile cam arasındaki birleşimler çeliğin beton/betonarme, kagir ve ahşap elemanlarla olan birleşimlerine göre daha teknolojik sistemlerdir. Çelik ile cam arasında diğer malzemelerle bu derece etkili olmayan bir uyumun olduğu ve bu

uyumun detaylandırmada da modern çözümler ürettiği söylenebilir. Cam ile çeliğin birleşim yöntemleri arasında;

- Doğrudan özel bulonlarla birleşimler,
- Yapıştırıcılı ve silikonlu birleşimler,
- İkincil bir eleman ile birleşimler,
- Çerçevesel birleşimler sayılabilir.

İncelenen örneklerde çelik ve farklı malzemeli yapı bileşenleri arasındaki birleşimlerden elde edilen sonuçlar ise aşağıdaki gibi özetlenebilir.

İlk örnek olan İngiltere Müzesi Büyük Avlusu'nda 1853 yıllarında inşa edilen müze ve 1857 yılında inşa edilen, avlu içerisindeki daire planlı okuma salonun üzerini örten çelik-cam çatı strüktürünün gerek kendi arasındaki gerekse yağma duvarlara oturan kısımlardaki birleşimler incelenmiş, yağma yapıya eklenecek çelik elemanların müzenin çevre duvarları üzerinde yer alan betonarme bağ kirişine eklendikleri görülmüştür.

İkinci örnek olan Hollanda Rotterdam'daki 25 Kv ofis bloğu taşıyıcı sistem malzemesi olarak çelik kullanılarak inşa edilen, zamanla gerek duyulan yenileme ve mekan ekleme ihtiyacı nedeniyle kapalı olan betonarme cephenin açılarak iç mekanın ofis olarak kullanıma uygun hale getirilip, mevcut yapıya çelik strüktürlü cam koridor ilave edilen örnektir. Bu örnekte çelik taşıyıcılı mevcut yapıya yeni çelik eleman eklenmesi ve çelik ile cam arasındaki birleşimler incelenmiş, yeni strüktürün mevcut taşıyıcılara asılarak birleştirildiği görülmüştür.

Üçüncü örnekte ise İspanya Valladolid'te bulunan tarihi Panafiel Kalesi içerisinde oluşturulan şarap müzesi olarak kullanılan yapı incelenmiştir. Kale içine inşa edilen çelik taşıyıcı sistemli yapıda kullanılan çelik taşıyıcı yapı elemanlarının gerek kendi arasındaki gerekse yağma, ahşap ve cam elemanlarla olan birleşimleri üzerinde durulmuştur.

Dördüncü örnek olan Almanya'nın Köln şehri sınırlarında yer alan Criewen Ziyaretçi merkezi, yığma taşıyıcılı bir yapının çelik taşıyıcılarla yeniden düzenlenmesinin göz önüne serildiği bir dönüşüm projesidir. Bu yapı örneğinde çelik ile çelik, çelik ile yığma, çelik ile ahşap ve kısmen de olsa çelik ile cam birleşimleri incelenmiştir.

Araştırmada incelenen son örnek olan Alf Lechner Müzesi, betonarme taşıyıcı sistemli mevcut bir yapıya çelik taşıyıcı sistemli ek mekanın ilave edilmesiyle ortaya çıkabilecek çelik ile beton birleşimlerine ait örneği teşkil etmektedir. Ayrıca bu yapı da çelik ile cam arasındaki birleşimler de çelik–beton birleşimleri kadar önemlidir.

Araştırmada buraya kadar anlatılanlar ve yapılan incelemeler doğrultusunda “Birleşimlere göre sonuç tablosu (Tablo 7.1)” ve “İncelenen örneklere göre sonuç tablosu (Tablo 7.2) ve (Tablo 7.3)” hazırlanmıştır.

Tablo 7.1’de “çelik-çelik”, “çelik-beton / betonarme”, “çelik-kagir”, çelik-ahşap” ve “çelik-cam” arasındaki birleşimler; “birleşimlerin rastlanabileceği uygulama alanları”, “birleştirme yöntemleri”, birleşimlerde dikkat edilmesi gerekenler” gibi kriterlere göre incelenmiştir.

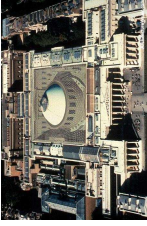
Tablo 7.2’de ise bölüm 6.8 de incelenen “İngiltere Müzesi Büyük Avlusu”, “25 Kv Ofis Bloğu”, “Panafiel Şarap Müzesi”, “Criewen Ziyaretçi Merkezi” ve “Alf Lechner Müzesi” yapılarındaki “çelik-çelik”, “çelik-beton / betonarme”, “çelik-kagir”, çelik-ahşap” ve “çelik-cam” arasındaki birleşimler incelenmiştir.

Tablo 7.3’te yine bölüm 6.8 de incelenen İzmir ili sınırları içinde yer alan Karaosmanoğlu Hanı, Çukur Han, Kavaflar Çarşısı, Alsancak Garı, Basmane Garı, Nilsan A.Ş ofis binası, Murat Köşk, Suphi Koyuncuoğlu Lisesi iş ve teknik atölyesi binası, Şirinyer metro istasyonu, Çamdibi katlı pazaryeri binası ve Forum Bornova alışveriş merkezi bağlantı köprüsü ve üst örtülerindeki çelik ile diğer malzemeler arasındaki birleşimler incelenmiştir.

Tablo 7.1 Birleşimlere göre sonuç tablosu.

	Birleşimlerin Rastlanabileceği Uygulama Alanları	Birleştirme Yöntemleri	Birleşimlerde Dikkat Edilecekler
ÇELİK-ÇELİK BİRLEŞİMLERİ	Her türlü çelik taşıyıcı elemanların kendi arasındaki bağlantılarda	Bu tür birleşimler; bulonlu, kaynaklı, perçinli, yapıştırmalı veya bunların kombinasyonu şeklinde olmaktadır.	Birleştirilecek yüzeylerde, birleşime zarar verecek kir, yağ, pas ve çapak gibi maddelerin olmamasına dikkat edilmelidir.
ÇELİK-BETON / BETONARME BİRLEŞİMLERİ	Çelik kolonların temeller ve kat döşemeleriyle, çelik kirişlerin betonarme perde duvarlarla, çelik kirişlerin betonarme kolonlarla, çelik kirişlerin betonarme kirişlerle olan birleşimlerinde	Yerinde yapım birleşimler, genişleyen ankrajların kullanımı ve reçineli/harçlı birleşimler veya bunların kombinasyonu şeklindedir.	Çelik ile beton arasındaki birleşim sağlanana kadar geçici desteklemelere ihtiyaç olabilir.
ÇELİK-KAGIR BİRLEŞİMLERİ	Çelik taşıyıcı elemanların yığma malzemeli taşıyıcılarla olan birleşimlerinde, ağırlıklı olarak kagir taşıyıcı duvarlara çelik kiriş eklemeğinde, çelik taşıyıcılara kagir duvarların birleştirilmesinde.	Duvara gömme ,metal bağlantı elemanlı, yerinde yapım birleşimler, genişleyen ankrajların kullanımı ve reçineli/harçlı birleşimler veya bunların kombinasyonu şeklindedir.	Çelik ile kagir taşıyıcılar arasındaki birleşim sağlanana kadar geçici desteklemelere ihtiyaç olabilir.
ÇELİK-AHŞAP BİRLEŞİMLERİ	Çelik kirişin ahşap kirişlere, çelik kolon üzerine ahşap kiriş eklemeğinde, çelik kiriş üzerine ahşap döşeme sistemlerinde özellikle çatı birleşimlerinde	bulonlu (cıvatalı) birleşimler, vidalı birleşimler, tutkal vb ile yapıştırmalı birleşimler ve bunların kombinasyonu şeklindedir.	Ahşap eleman üzerinde açılacak bulon deliklerinin ahşap elemanın taşıyıcılığına zarar vermeyecek boyutta ve sıklıkta olmasına dikkat edilmelidir.
ÇELİK-CAM BİRLEŞİMLERİ	Çelik ve cam hibrit taşıyıcılarda, çelik kirişlere oturan cam döşemelerde, cam çatılarda ve cam cephelerde. Cam taşıyıcı duvarlara oturan çelik çatı örnekleri de mevcuttur.	Bu tür birleşimler Doğrudan özel bulonlarla, yapıştırmalı ve silikonlu, ikincil bir eleman ile, çerçevesi olarak yerine getirilebilir.	Çelik ile cam arasındaki özellikle yapıştırmalı birleşimlerde yapılması gereken yüzeyler arasında çapak, kir ve yağ tabakası olmamasına dikkat edilmelidir.

Tablo 7.2 İncelenen örneklere göre sonuç tablosu.

	Çelik-Çelik Birleşimi	Çelik-Beton Birleşimi	Çelik-Kağır Birleşimi	Çelik-Ahşap Birleşimi	Çelik-Cam Birleşimi	Yapıyla İlgili Fotoğraf
İNGİLTERE MÜZESİ BÜYÜK AVLUSU	Mevcut yapıya eklenen çatı strüktürünün elemanları arasında kaynaklı olarak.	Avlunun dört köşesine yerleştirilen çelik kolonların temele montajında.	İç avluyu sınırlayan duvarlar üzerine oturan çelik çatı strüktürü elemanları arasında	YOK	Çatı strüktüründe çelik taşıyıcı elemanlar üzerine birleştirilen cam levhalar arasında.	
25 KV OFİS BLOĞU	Yeni strüktürün kendi arasında ve Mevcut yapıya eklendiği noktalarda bulunlu.	Mevcut betonarme kat döşemesiyle olan birleşimlerde.	YOK	YOK	Cam ekranda, cam levhaların T çelik taşıyıcı elemanlara arasında, ve cam döşemede	
PANAFİEL ŞARAP MÜZESİ	Çelik strüktürün elemanları arasında olan noktalarda bulunlu olarak.	YOK	Kale duvarları içine gömülen çelik korniyer ve çelik taşıyıcılarla duvarlar arasında.	Çatıda çelik kiriş içine gömülen ahşap kirişlerde ve çelik kirişe oturan ahşap döşemelerde.	Çelik taşıyıcılara eklenen cam cepheler arasında.	
CRİEWEN ZİYARTEÇİ MERKEZİ	Yapı içine oluşturulan çelik strüktür elemanları arasında bulunlu ve kaynaklı olarak.	Yapı içine sonradan eklenen betonarme temellerle çelik kolonlar arasında	Mevcut kağır duvar üzerindeki hatlarla oturtulan çelik kolon ve köprü kirişleri arasında	Çelik kirişler üzerine oturan ahşap kirişli ahşap döşeme ve akasya cephe ekranında.	Akasya ekranın arkasındaki cam bölümü ile çelik taşıyıcılar arasında	
ALF LECHNER MÜZESİ	Eklenen strüktürün taşıyıcı elemanları arasında bulunlu olarak.	Mevcut betonarme yapıya eklenen ters L biçimli çelik taşıyıcılar arasında, ankraj bulunlu.	YOK	YOK	Çelik taşıyıcılara eklenen cam cepheler ve cam çatı levhaları arasında.	

Tablo 7.3 İzmir ilinde incelenen örneklere göre sonuç tablosu.

	Gözlenen Birleşimler	Birleşimlerin Özellikleri	Yapıyla İlgili Görsel
Karaosmanoğlu Hanı	Çelik ile kagir malzeme arasındaki birleşimler yerinde incelenmiştir.	Çelik çubukların kagir revaklar arasında gergi elemanı olarak kullanımı söz konusudur.	
Çukur Han	Duvar ve döşemelerde çelik ile çelik, çelik ile kagir elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Çelik elemanlar duvar içine gömülmüş, çelik I profiller arasına kagir malzeme ile volta tipi döşeme oluşumu incelenmiştir.	
Kavaflar Çarşısı	Çelik ile çelik, çelik ile cam ve çelik ile kagir elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Çelik çatı makasları duvar üzerindeki yastık elemanlara oturtulmuş, cam levhalar bu makaslara çerçevesi olarak birleştirilmiştir.	
Alsancak Garı	Çelik ile çelik, çelik ile kagir, çelik ile ahşap ve çelik ile cam elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Duvarlar üzerinde yastık elemanlarca çelik çatı makasları taşınmaktadır. cam levhalar ve kiremit altı tahtaları makaslara birleştirilmiştir.	
Basmane Garı	Çelik ile çelik ve çelik ile kagir elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Üst örtü makasları yığma binaya guse elemanlar üzerine oturtularak birleştirilmiştir. Perçin kullanımı söz konusudur.	
Nilsan A.Ş Ofis Binası	Çelik ile çelik ve çelik ile kagir elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Yapıda I profillerle oluşturulan döşeme ızgarası mevcut yığma duvarlara gömülmüştür. Bulonlu birleşim söz konusudur	
Murat Köşk	Çelik ile çelik ve çelik ile kagir elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Takviyeli I profillerden oluşturulmuş çelik kiriş elemanları mevcut duvarlara gömülerek birleştirilmiştir. Perçin kullanımı söz konusudur.	

Suphi Koyuncuoğlu Lisesi Atölye Binası	Çelik ile çelik ve çelik ile kagir elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	I profiller yığma duvarlara gömülü bir başka I profile bulonlu olarak ve duvara monte edilen guse elemanı ile birleştirilmiştir.	
Şirinyer Metro İstasyonu	Çelik ile çelik ve çelik ile beton elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Çelik üst örtünün düşey taşıyıcıları döşeme ve betonarme perde duvarlara ankraj çubukları ve epoksi reçinesi ile birleştirilmiştir.	
Çamdibi Katlı Pazaryeri Binası	Çelik ile çelik ve çelik ile beton elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Betonarme iskelet sistemli yapının kirişleri içinde yer alan ankraj levhasına eğrisel çelik kirişler bulonlu ve epoksi reçineli olarak birleştirilmiştir.	
Forum Bornova Alışveriş Merkezi	Çelik ile çelik, çelik ile beton ve çelik ile ahşap elemanlar arasındaki birleşimler incelenmiştir.	Ahşap kirişler, çelik I profillere bağlı U biçimli elemanlara bulonlanarak, Betonarme yapıya çelik I kirişler guseli olarak birleştirilmiştir.	

“Tablo 7.1 (Birleşimlere göre sonuç tablosu.)”nda görülmüştür ki taşıyıcı çelik yapı elemanları kendisi gibi çelik veya kendisinden farklı beton, kagir, ahşap ve cam yapı bileşenleriyle çeşitli yöntemler dahilinde birleştirilebilmektedir. Birleşimler genel olarak incelendiğinde; çoğunlukla bulon v.b gibi birleştirici eleman kullanılarak oluşturuldukları gözlenmektedir. Gerek çelik-çelik gerekse çeliğin diğer malzemelerle olan birleşimlerinde görsel açıdan daha estetik birleşimlerin sağlanması yapıştırıcı sektöründeki gelişmelere paralel olarak artmaktadır. Çeliğin ıslak birleşimleri ise beton/betonarme ve kagir gibi yapı malzemeleriyle oluşturulan yapı elemanlarında söz konusudur.

“Tablo 7.2 (İncelenen örneklerle göre sonuç tablosu)”nda araştırma kapsamında incelenen yapı örneklerindeki “çelik-çelik”, “çelik-beton / betonarme”, “çelik-kagir”, çelik-ahşap” ve “çelik-cam” birleşimlerinin olup olmadığı incelenmiş ve yapılarda özellikle “çelik-çelik” ve “çelik-cam” birleşimlerinin kaçınılmaz olduğu görülmüştür. Çelik-çelik birleşimleri genellikle yeni strüktür elemanları arasında ve

eski mevcut çelik strüktüre eklenen çelik taşıyıcı elemanlarda uygulama bulurken, çelik ile cam birleşimleri, yapıların cephe ve çatı kısımları başta olmak üzere çelik taşıyıcılı cam döşemelerde karşımıza çıkmaktadır. Çelik ile beton, betonarme ve kagir birleşimleri; mevcut yapının taşıyıcı elemanları ile çelik yapı bileşenleri arasında gerçekleşmektedir. Çelik ile ahşap birleşimleri ise genellikle çatı ve döşemelerde, gerek çelik kiriş-ahşap kiriş gerekse çelik kiriş ahşap döşeme ve çatı kaplaması birleşimlerinde mevcuttur.

“Tablo 7.3 (İzmir ilinde incelenen örneklere göre sonuç tablosu)”nda araştırma kapsamında incelenen, İzmir ilinde yer alan örneklerde çelik ile çelik ve/veya farklı malzemeli yapı öğelerinin birleşimleri ve birleşimlerin özellikleri bir araya getirilmiştir. Tarihi sayılabilecek Karaosmanoğlu Hanı, Çukur Han, Kavaflar Çarşısı, Alsancak Garı, Basmane Garı, Nilsan A.Ş ofis binası, Murat Köşk, Suphi Koyuncuoğlu Lisesi iş ve teknik atölyesi binası yapılarında çelik ile çelik ve çelik ile yığma malzemeli yapı elemanları arasındaki birleşimlerin kaçınılmaz olduğu görülmüştür. Yapı üretim sistemindeki değişen teknoloji, strüktür sistemi malzemesinin değişimi gibi nedenler ile Şirinyer metro istasyonu, Çamdibi katlı pazaryeri binası ve Forum Bornova alışveriş merkezi bağlantı köprüsü ve üst örtülerindeki çelik ile diğer malzemeler arasındaki birleşimlerde kagir malzemeli birleşimlerin bulunmadığı, bunun aksine ağırlıklı olarak çelik ile çelik ve çelik ile betonarme elemanlar arasındaki birleşimlerin yer aldığı görülmektedir.

Son söz olarak yapılan tez çalışmasından elde edilen veriler ışığında, gerek çelik ile çelik arasındaki birleşimlerde, gerekse farklı malzemeli yapı elemanları ile çelik taşıyıcı elemanların birleşimlerinde görülen en önemli nokta; çeliğin her malzemeyle, tasarımcıya esneklik sağlayacak şekilde birden çok detaylandırma seçeneği ve birleşim tekniği sunarak, hızlı, güvenilir, minimum enkesitli eleman kullanımı ile ve en önemlisi sorunsuz bir şekilde birleşebilme olanaklarına sahip olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Akbay, F. (2005). *Neden çelik yapı?*. www.fatihakbay.tripod.com .

Alfa Çelik – Çelik Taşıyıcı Sistemler. (2004). *Ürünlerimiz. Kullanım alanları.*
www.alfacelik.com

Alka Sanayi A.Ş. (2004). *Çelik Karkas Yapılar.* www.alkagroup.com.tr .

Arda, T.S., (2001). *Neden Çelik Malzeme?*. www.tusca.org.tr

Arda, T.S., (2001). *Deprem Bölgelerinde Çelik İskeletli Binalar.* www.tusca.org.tr

Ardan, F. (1961) *Çelik Yapı Elemanları*, Arı Kitabevi Yayınları, İstanbul

Arun, G., (2001). *Çelik İskelet Yapıların Mimari Tasarımı.* www.tusca.org.tr

Baker, J.F. (1965), *The Steel skeleton*, 2 vol. (XI, 206; X, 408 s.), Cambridge University, London.

Blanc A., McEvoy M., Plank R., (1993), *Architecture and Construction In Steel*, E&FN SPON, London.

Bostancıoğlu E ve Düzgün Birer E., Ekoloji ve Ahşap–Türkiye’de Ahşap Malzemenin Geleceği, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, Sayı 2, 2004

Bresler, B., Lin, T.Y., Scalzi, J.B., 1968, *Design of Steel Structures* John Wiley and Sons, Inc..

Çağla Mühendislik ve Mimarlık Tic.Ltd.Şti. (2003). *Çelik Yapının Avantajlarından Bazıları.* www.cagla.com.

Deren, H. ve Uzgider, E. ve Piroğlu F.(1995). *Çelik Yapılar*. İstanbul: Çağlayan Yayınevi.

Dizayn Konstrüksiyon, 2006, Çatı ve Duvar Elemanı Olarak Sandviç Paneller 242

Ege Mimarlık, (2001). Sayı 37, Dosya : Mimarlıkta Çelik ve Cam

Ege Mimarlık, (1998). Sayı 22, Çelik ve Mimarlık

Ereğli Demir-Çelik A.Ş. (2006). *Ürünler. Üretim standartları*. (Ereğli demir-çelik).www.erdemir.com.tr

Erke Çelik İnşaat ve Beton Mamülleri San.Tic.Ltd.Şti.(2003). Erke Çelik. *Çeliğin Tarihçesi, Çelik&Mevzuat, Neden Çelik?*. www.erke.com.tr.

Erşen, N. (-). *Çelik Yapılar ve Çözümlemiş Problemler*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Gencer, A., (2003). *Türkiye’de Çelik Strüktürler ve Kullanımını Arttırma Yöntemleri*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilimdalı, İzmir.

Harris, C.M., 2000, *Dictionary of Architecture & Construction* McGraw-Hill, New York

Harward , A. ve Weare , F. , (2001). *Steel Detailers’ Manual*. Blackwell Science.

Hasol D., (2002), *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul

Hugh Dutton, *Structural Glass Architecture* www.glassfiles.com/library

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, (2000),
Visitors' Information Centre in Criewen, *Detail* , 2000-7, sf: 1204

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, (2001), Alf
Lechner Museum, *Detail* , 2001-6, sf: 1032

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, (2001),
Wine Museum in Peñafiel, *Detail* , 2001-6, sf :1037

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, (2001),
British Museum Courtyard in London, *Detail* , 2001-6, sf : 1042

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, (2001) ,
25kV – Office Block in Rotterdam, *Detail* , sayı 2001-6, sf: 1056

Kiray, A. O., (2002). *Az Katlı Bağımsız Konutlarda Çelik Karkas Taşıyıcı Sistemler
ile Betonarme Karkas Taşıyıcı Sistemlerin Belirlenen Yapı Üretim Kriterlerine
Göre Türkiye Koşullarında Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül
Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilimdalı, İzmir.

Koçak, Y. (-). *Çelik İnşaat Konstrüksiyon Detayları*. Perçinli, Kaynaklı, Borulu.
İstanbul: Güven Kitabevi.

Le Cuyer, Annette W. (2003), *Steel and Beyond*, Birkhauser-Publishers for
Architecture, Boston, MA

Mark DuBois , *Glass Bearing Walls* www.glassfiles.com/library

Marulyalı Y. - Çeliğin Mimaride Kullanılmasının 150 Yılı, Yapısal Çelik ve Mimari
Tasarım Semineri Bildirileri

Meslek içi eğitim kitapları dizisi 3, (2001). *Mimari tasarım ve Çelik*. İzmir: Mimarlar Odası İzmir Şubesi Yayınları.

NAHB Research Center (2003) *Hybrid Wood and Steel Details– Builder’s Guide*, Steel Framing Alliance (SFA) Washington, D.C.

Newman , Alexander (1997). *Metal Building Systems Design and Specifications*. McGraw-Hill, New York,USA.

Odabaşı , Y.(1992). *Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları*. İstanbul: Beta Yayın.

Orbay, K. Yesim, (1988), *Kemeraltı Tarihi Dokusu İçerinde Günümüz Koşullarına Uygun Yapılaşma İçeriğinde Taşıyıcı Sistem Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Orbay, K. Y., (Doktora, 1988). *A new trend in design and construction for 21st century according to architectural requirements in steel buildings and economic design*. Dokuz Eylül Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilimdalı, İzmir. (Dış: Prof. Dr. Necati Şen)

Öğüt M. R., (2006) *Az Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistem Olarak Çelik Malzemenin Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir

Öner, Z.İ., (2001). *Çelik Yapıların Yangına Karşı Korunması*. www.tusca.org.tr

Özdil, S., (2001). *Türkiye Çeliği Neden Kullanılmıyor?*. Makaleler. www.tusca.org.tr

Özfiliz Sena, (2002) *Çelik Yapılarda Taşıyıcı Sistemle Dış Duvarı Bütünleştirme Olanakları*, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, İstanbul.

Özgen, A., 1989 Çok Katlı Yüksek Yapıların Tarihi Gelişimi ve Son Aşaması. Tübüler Sistemler Yapı 89 YEM 137.

Özgen, A., 1989 Tübüler Taşıyıcı Sistemlerin Kullanılması. Çok Katlı Yapılar Sempozyumu. YEM. İstanbul.

Özyiğit O., (2003) *Çelik Yapıların Eleman ve Bileşen Düzeyinde İncelenmesi* İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, İstanbul.

P. Ryan, R.G. Ogden, M. Otlet, (1997) *Steel Supported Glazing Systems*, The Steel Construction Institute, Berkshire

Paker Ç., (2003) *Çok Katlı Yüksek Binalarda Çelik Taşıyıcı Sistemlerin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilimdalı, İzmir.

R.G. Ogden, (1996) *Connections Between Steel And Other Materials*, The Steel Construction Institute, Berkshire

Sımsıkı E. A., (2005) *Yapı Elemanlarının Oluşturulmasında ve Çelik İskelet Taşıyıcı Sistemle Bütünlenmesinde Kullanılan Yapım Teknikleri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, İstanbul.

SUBAŞI DİREK Y., (2003) *Giydirme Cephe Tasarım Sürecinde Karar Vermek İçin Bir Yöntem Önerisi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programı Doktora Tezi

Teknik Bilgiler. Fammetal Paslanmaz Çelik San.Tic.Ltd.Şti. (2006). Ürünlerimiz. www.fammetal.com.tr.

Türk Yapısal Çelik Derneği Teknik Şartnamesi (2007) TUCSA, İstanbul

Uçar, M.D., (1998), *Türkiye’deki Çelik Taşıyıcı Sistemli Binaların Detaylandırma Açısından İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ünver, H., (2003). *Çelik Yapı Detaylarının Taşıyıcı Sistemler Açısından İrdelenmesi*. İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, İstanbul. (Dnş: Doç. Dr. L.Yücesoy)

Walter Laska,(1993), *Masonry and Steel Detailing Handbook*, The Aberdeen Group, USA

Yamaç Z., (1998) *Çok Katlı Çelik Yapılarda Döşeme Türü Kararı Etkenleri*, İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Ens., Mimarlık Bölümü, İstanbul.