İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK YAPI DETAYLARININ TAŞIYICI SİSTEMLER AÇISINDAN İRDELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Hasan ÜNVER
502991044

Anabilim Dalı: Mimarlık
Programı: Yapı Bilgisi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Lemi YÜCESOY

MAYIS 2003

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK YAPI DETAYLARININ TAŞIYICI SİSTEMLER AÇISINDAN İRDELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Hasan ÜNVER
502991044

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 02 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Mayıs 2003

Tez Danışman :Doç. Dr. Lemi YÜCESOY
Diğer Jüri Üyeleri :Doç. Dr. Bilge IŞIK
Doç. Dr. Canan TAŞDEMİR (İ.T.Ü.)

MAYIS, 2003

ÖNSÖZ

Gerek Lisans öğrenimim süresince, gerekse danışmanlığımı yaptığı Yüksek Lisans çalışmalarımın son ürünü olan bu tezin oluşmasında, son bir seneden beri geçirdiği rahatsızlığa rağmen yaptığı tüm yardımlardan dolayı saygıdeğer hocam Doç. Dr. Lemi YÜCESOY'a teşekkürü bir borç bilirim ve kendisine acil şifalar dilerim. Ayrıca hocamız ile görüşme ve çalışmalarımı sürdürebilmem için beni defalarca evlerinde misafir eden, hocamızın saygıdeğer anne ve babasına da teşekkür ederim.

Kıymetli hocalarımız Doç. Dr. Bilge IŞIK ve Doç. Dr. Murat AYGÜN'e teşekkür ve saygılarımı iletmek istiyorum.

Hocalarımızdan bahsederken, benden hiç biz zaman deneyim, öneri ve eleştirilerini esirgemeyen, değerli hocam, ve daha da önemlisi sevgili teyzem İnş. Müh. Yard. Doç. Dr. Nihal ERATLI'yı unutmam mümkün değil.

İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde derslere başladığım ilk günden beri gerek okul, gerek iş, gerekse özel yaşantımın her aşamasında birlikte olduğum arkadaşlarım; Yüksek Lisans derecesini aynı dönemde alacağımız Mimar Murat Doğan ÇELİK'e yaptığı burada sayılamayacak kadar çok yardım ve desteklerinden dolayı; Mimar Serzan GÖK'e Amerika'da okumasına rağmen her türlü çeviri ihtiyacıma özveriyle cevap verdiği için; sevgili kuzenim (kardeşim) Bilg. Müh. Osman OĞUZ'a İngilizce çevirilerdeki yardımları ve tez metnini baştan sona okuyup düzeltmeleri yaptığı için; Mimar Fikret TOKUÇİN'e İngilizce ve Almanca çevirilerdeki yardımlarından dolayı; Yüksek Mimar Selman GEÇİM'e de fikirlerini ve geçmiş deneyimlerini benimle paylaştığı için teşekkür ederim.

Yanlarında çalışmaya başladığım Şubat 2002'den beri bu çalışmanın ortaya çıkması için sürekli desteklerini eksik etmeyen, hatta çalışmalarım üzerinde düzeltme ve eleştiriler yapmak için mesai saatleri dahilinde bile zaman ve emek harcayan Yüksek Mimar Mutlu BAŞKIR'a ve Yüksek Endüstri Ürünleri Tasarımcısı Utku BAŞKIR'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Tabii ki teşekkürlerimin ve minnettarlığımın en büyüğü, tüm destekleri için başta sevgili Babam, Annem ve Kardeşim olmak üzere tüm aile fertlerime. Her şey için...

MAYIS, 2003 HASAN ÜNVER

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR vi
TABLO LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ viii
SEMBOL LİSTESİ xiii
ÖZET xiv
SUMMARY xv

1. GİRİŞ 1

1.1. Amaç 3
1.2. Kapsam 3
1.3. Yöntem 4

2. YAPI MALZEMESİ OLARAK ÇELİK ve YAPILARDA ÇELİK KULLANIMI 5

2.1. Tanım 5
2.2. Çeliğin Tarihçesi 6
2.3. Çeliğin Malzeme Özellikleri 11
2.4. Çelik Kullanımında Göz Önünde Bulundurulması Gereken Etmenler 14
2.4.1. Yapılarda Çelik Malzeme Kullanımının Sağladığı Avantajlar 15
2.4.1.1. Mimari Açıdan Avantajları 15
2.4.1.2. Mühendislik Açısından Avantajları 17
2.4.1.3. Uygulama Açısından Avantajları 19
2.4.2. Yapılarda Çelik Malzeme Kullanımının Yol Açtığı Dezavantajlar 21

3. ÇELİK YAPI BİLEŞENLERİ 26

3.1. Hadde Mamülleri 26
3.1.1. Profiller 26
3.1.1.1. Açık Profiller 27
3.1.1.2. Kapalı Profiller 27
3.1.2. Dikdörtgen Çelikler (Lama Çelikler) 29
3.1.3. Levhalar 30
3.1.3.1. Düz Levhalar 30
3.1.3.2. Kubbeli Levhalar 30

3.1.3.3. Silindirik Levhalar 30
3.1.3.4. Oluklu Levhalar 31
3.2. Birleşim Elemanları 31
3.2.1. Birleştirme Nedenleri 31
3.2.2. Birleştirici Elemana Göre Birleşim Türleri 32
3.2.2.1. Çözülebilen Birleşimler 32
3.2.2.2. Çözülemeyen Birleşimler 37
3.2.3. Elemanların Birleşim Şekline Göre Birleşim Türleri 46
3.2.3.1. Doğrudan Birleşimler 46
3.2.3.2. Dolaylı Birleşimler 50
3.3. Yangın ve Korozyona Karşı Korumada Kullanılan Eleman ve Yöntemler 51
3.3.1. Yangına Karşı Koruma 51
3.3.2. Korozyona Karşı Koruma 54
3.3.2.1. Dış Korozyona Karşı Koruma 55
3.3.2.2.. İç Korozyona Karşı Koruma 57
4. ÇELİK YAPI ELEMANLARI 58
4.1. Kolonlar 58
4.1.1. Kolonların Temele Montajı 59
4.1.2. Kolonların Yangına Karşı Korunması 66
4.1.3. Kolonların Korozyona Karşı Korunması 70
4.1.4. Kolon Boşluğunda Bulunan Düşey Tesisat Sistemi Öğeleri 71
4.2. Kirişler 72
4.2.1. Petek Kirişler 72
4.2.2. Kafes Kirişler 76
4.2.3. Uzay Kafes Kirişler 82
4.2.4. Kirişlerin Betona veya Kagire Montajı 84
4.2.5. Kirişlerin Yangına ve Korozyona Karşı Korunması 87
4.3. Döşemeler 88
4.3.1. Kompozit Döşeme Sistemleri 90
4.3.2. Kompozit Olmayan Döşeme Sistemleri 92
4.4. İç Duvarlar 94
4.5. Giydirme Cepheler 96

5. ÇELİK YAPI ELEMANLARININ BİRLEŞİMLERİ **101**

5.1. Kolon-Kolon Birleşimleri **102**

5.2. Kiriş-Kiriş Birleşimleri **108**

5.3. Kolon-Kiriş Birleşimleri **117**

5.4. Kolon-Kafes Kiriş Birleşimleri **127**

5.5. Çatı Konstrüksiyonları **130**

5.5.1. Çatı Stabilite Bağlantıları 131

5.5.2. Mertekler 132

5.5.3. Aşıklar 133

5.5.4. Çatı Makasları 138

5.5.5. Örtü Malzemeleri 143

5.6. Uzay Kafes Sisteme Sahip Çatılar **144**

6. ÇELİK YAPI DETAYLARININ TAŞIYICI SİSTEM AÇISINDAN İRDELENMESİ **150**

6.1. Taşıyıcılık Kriterine Göre İrdelenmesi **150**

6.2. Rijitlik Kriterine Göre İrdelenmesi **153**

6.3. Süneklik Kriterine Göre İrdelenmesi **155**

6.4. Boyut Kriterine Göre İrdelenmesi **155**

7. SONUÇLAR **161**

KAYNAKLAR **163**

ÖZGEÇMİŞ **166**

KISALTMALAR

AISC :Amerikan Çelik Yapı Enstitüsü
American Institute of Steel Construction

AISI :Amerikan Demir Çelik Enstitüsü
American Iron and Steel Institute

C :Karbon
Carbon

°C :Derece santigrad
Centigrade

CAD :Bilgisayar destekli tasarım
Computer-aided design

DIN :Alman Standardı
Deutsche Industrie Normal (Germany Industry Standard)

NPV :Net güncel değer
Net present value

PVC :Polyvinyl Chloride

PU :Poli Uretan

SAE :Otomotiv Mühendisleri Cemiyeti
Society of Automotive Engineers

TS :Türk Standardı

TUSCA :Türk Yapısal Çelik Derneği

WTC :Dünya Ticaret Merkezi
World Trade Center

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: İngiltere'de taşıyıcı sistem malzemesine göre yapı türleri.....10
Tablo 2.2: Japonya'da taşıyıcı sistem malzemesine göre yapı türleri.....11
Tablo 2.3: İngiltere'de 24 ayda bitirilmesi planlanan çelik çerçeveli bina inşaatı için iş programı.....19
Tablo 3.1: Farklı kalınlıklara sahip elemanların ağız ağıza kaynak için hazırlanması.....47
Tablo 3.2: Koruma yöntemlerinin yangına dayanma süreleri.....52
Tablo 3.3: Beton korumalı elemanların yangın dayanımları.....53
Tablo 4.1: Yapı malzemelerinin ısıl hareketleri.....98
Tablo 6.1: Çelik yapı detaylarının taşıyıcılık açısından irdelenmesi.....157

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: İlk çelik iskeletli bina olan Ditherington Flax Mill.....7
Şekil 2.2: Chicago'daki Home Insurance binası.....8
Şekil 2.3: Chicago'da mimar William Le Baron Jenney tarafından tasarlanan Fair Stone Binası.....8
Şekil 2.4: Crystal Palace.....9
Şekil 2.5: Paris'deki Palais Des Machines Binası.....10
Şekil 2.6: Skidmore, Owings and Merrill tarafından tasarlanan Allied Bank Plaza.....15
Şekil 2.7: Aynı taşıyıcılık değerlerine sahip çelik ve betonarme kolonların kesit alanlarının karşılaştırılması.....16
Şekil 2.8: 2001 yılına kadar New York silüetinin bir parçası olan Dünya Ticaret Merkezi ikiz kuleleri.....20
Şekil 2.9: WTC binalarının yıkıldıktan sonraki görünüşü.....23
Şekil 3.1: Profiller.....26
Şekil 3.2: Açık profiller.....27
Şekil 3.3: **"**Soğuk bükme" yöntemiyle kapalı profillerin şekillendirilmesi.....29
Şekil 3.4: **"**Şekillendirme kutusundan (former box) geçirme" yöntemiyle kapalı profillerin şekillendirilmesi.....29
Şekil 3.5: "Merdane" yöntemiyle kapalı profillerin şekillendirilmesi.....29
Şekil 3.6: Kubbeli ve silindirik levhalar.....30
Şekil 3.7: Oluklu levhalar.....31
Şekil 3.8: Bulonlu birleşim kesiti.....32
Şekil 3.9: Bulonlu birleşim sistemi görünüşü.....33
Şekil 3.10: Bulonlu birleşimlerin uygulanışı.....33
Şekil 3.11: Kör bulonlama yöntemi ile teşkil edilmiş bir birleşimin görünüş ve planı.....35
Şekil 3.12: Akımdelgisi metodu ile bulonlamaya hazırlık olarak delik Delinmesi.....35
Şekil 3.13: Hollofast içine koyma detayları ve kurulum süreci.....36
Şekil 3.14: Huck-Ultra-Twist yöntemi ile malzemede delik açılması.....36
Şekil 3.15: Perçinlerin çalışma mantığı.....38
Şekil 3.16: Perçinlerin pnömatik kullanılarak dövülmesi.....39
Şekil 3.17: Perçinlerin elle dövülmesi.....40
Şekil 3.18: Tutkallı birleşimler için temel birleşim şekilleri.....44
Şekil 3.19: Tutkal ile uygulanan çeşitli tiplerdeki birleşimler.....45
Şekil 3.20: Tutkal ile yüzey ilişkisi.....46
Şekil 3.21: Doğrudan birleşim.....47
Şekil 3.22: Farklı kalınlıklara sahip elemanların ağız ağıza kaynaklanması.....48
Şekil 3.23: Dirsekli birleşimler.....49
Şekil 3.24: Dirsekli birleşimler için guse detayları.....49
Şekil 3.25: Guse detayları.....50

Şekil 3.26: Ara bağlantı elemanları ile birleşimler.....50
Şekil 3.27: Çelik taşıyıcı sistemin yangın sonrası görünümü.....51
Şekil 3.28: Kolonlara dıştan uygulanan yangın izolasyonu.....53
Şekil 4.1: İçi beton doldurulmuş kutu ve boru profilden kolonlar.....59
Şekil 4.2: Düşey yüklerin temele zarar vermesini önleyen "taban levhası".....60
Şekil 4.3: Taban levhası ve üzerine oturacağı çimento şerbeti tabakası..... 60
Şekil 4.4: Taban levhası boyutlarının, temel emniyet gerilmesinin küçük olduğu durumlarda artması.....61
Şekil 4.5: Ankraj bulonları.....62
Şekil 4.6: Ankraj bulonlarının ankraj korniyerlerine takılması.....62
Şekil 4.7: Kolon ayağının altına I veya IP profillerden ızgara oluşturulması.....63
Şekil 4.8: Çekme kuvveti aktaran bulonlarda a) "aderans", b) "ankraj profilleri" ile kuvvet aktarılması.....63
Şekil 4.9: Ankraj bulonlu sistem.....64
Şekil 4.10: Ankraj bulonlu sistem.....64
Şekil 4.11: Yatay kuvvetin sürtünme yoluyla temele aktarılmasını önlemek amacıyla temel ayağının altına konan kamalar.....65
Şekil 4.12: Boru kesitli kolon ayağının temele oturması ile ilgili plan, görünüşler ve perspektif.....65
Şekil 4.13: Boru ve kutu kesitli kolon ayaklarına taban levhası uygulamaları.....66
Şekil 4.14: Boru ve kutu kesitli kolon ayaklarının temele oturması.....66
Şekil 4.15: Boru ve kutu kesitli kolon ayalarının taban levhasına guse ile Bağlanması.....66
Şekil 4.16: Çeşitli yangın koruma önlemleri.....67
Şekil 4.17: Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı alçıpan plaklarla kaplanması.....68
Şekil 4.18: Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı izolasyon plakaları ile kaplanması.....68
Şekil 4.19: Çeşitli yangın koruma önlemleri.....69
Şekil 4.20: Yangın sırasında oluşacak buhar basıncını engellemek için kolon üzerinde delikler.....69
Şekil 4.21: Yük aktarımı görevi yapan alın ve taban levhaları.....70
Şekil 4.22: Kolon bünyesinde yer alan düşey tesisat yerleşimleri.....71
Şekil 4.23: Petek kirişler.....72
Şekil 4.24: Petek kiriş ile I profilin yükseklik karşılaştırması.....73
Şekil 4.25: Ara levha uygulanmış petek kiriş.....73
Şekil 4.26: Petek kiriş ile yatay tesisat ilişkileri.....73
Şekil 4.27: Ara levha uygulanmış ve uygulanmamış petek kirişler.....74
Şekil 4.28: Eğimli aksa sahip bir petek kiriş.....74
Şekil 4.29: I profilin, petek kirişe dönüştürülme işlemi için çizgilerin çizilmesi.....75
Şekil 4.30: Petek kirişin mesnete en yakın bölmesinin dolu olarak imal edilmesi.....75
Şekil 4.31: Mesnete en yakın ucu doldurulmuş bir petek kiriş.....75
Şekil 4.32: Petek oluşturulması süreci.....76
Şekil 4.33: Kafes kiriş sistemi.....77
Şekil 4.34: a) Doğrudan kaynaklama, b) Guse yardımıyla birleştirme.....77
Şekil 4.35: Guse levhalı birleşimler.....78
Şekil 4.36: Eşit genişlikteki elemanların birleşimi.....78
Şekil 4.37: Eşit genişlik olmayan elemanların birleşimi.....78

Şekil 4.38: Düğüm noktası....78
Şekil 4.39: Başlık çubukları ve örgü sistem....79
Şekil 4.40: Dikme ve diyagonal örgü çubukları....80
Şekil 4.41: Sistem noktalarının tayini....80
Şekil 4.42: Açık profillerden oluşturulan bir kafes kiriş sistemi....81
Şekil 4.43: Boru profillerden oluşturulmuş bir düğüm noktası....81
Şekil 4.44: Boru profillerden oluşturulmuş bir düğüm noktası....82
Şekil 4.45: Üçgen ve dikdörtgen enkesitli kafes kirişler....82
Şekil 4.46: TT, XX ve KK başlık elemanları....83
Şekil 4.47: Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Stadı'nın maraton tribün örtüsünü taşıyan uzay kafes kiriş....83
Şekil 4.48: Kirişin mesnet levhası üzerine oturması....85
Şekil 4.49: Kirişin mesnet taşı üzerine oturması....85
Şekil 4.50: Kirişten duvara yük aktarımı....86
Şekil 4.51: Kirişin "mesnet çarığı"nın üzerine oturması....86
Şekil 4.52: Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı alçıpan plaklarla Kaplanması....87
Şekil 4.53: Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı izolasyon plakalarıyla kaplanması....87
Şekil 4.54: Çelik taşıyıcılı bir döşemenin katmanları....89
Şekil 4.55: Döşeme ile tesisat sistemi ilişkisi....89
Şekil 4.56: a) Tek bölgeli tesisat, b ve c) Çift bölgeli tesisat....90
Şekil 4.57: Kompozit döşeme sistemlerine örnekler....91
Şekil 4.58: Çeşitli tiplerde trapez döşeme elemanları....91
Şekil 4.59: Kompozit döşeme sistemine ait kesit ve görünüşler....91
Şekil 4.60: Trapez levhanın üzerindeki "stud"lar....91
Şekil 4.61: Kirişlerin, döşeme panellerinin ve döşeme betonunun birlikte çalışması için kullanılan studlar....92
Şekil 4.62: Döşeme betonunun dökülmesi....92
Şekil 4.63: Kompozit olmayan döşeme sistemi....92
Şekil 4.64: Kompozit olmayan döşeme sisteminin uygulandığı bir binanın inşaatı....93
Şekil 4.65: Prekast döşeme elemanlarının sisteme yerleştirilmesi....93
Şekil 4.66: Çeşitli kompozit olmayan döşeme tipleri....94
Şekil 4.67: Kompozit ve kompozit olmayan döşeme sistemlerinde kullanılan stud boyutlarının karşılaştırılması....94
Şekil 4.68: Çelik kolon ile tuğla duvar birleşimi....95
Şekil 4.69: Çelik taşıyıcılı bir iç duvarın katmanları....95
Şekil 4.70: Şaşırtmalı makas sistemi....96
Şekil 4.71: Çubuk sistemi....99
Şekil 4.72: Çubuk sistemlerin cepheye montajı....99
Şekil 4.73: Bant cephe....99
Şekil 4.74: Bant cephe....99
Şekil 4.75: Panel sistemler....100
Şekil 4.76: Panel sistem kullanılan bir cephe uygulaması....100
Şekil 5.1: Çelik kolonun yerine yerleştirilmesi....102
Şekil 5.2: Farklı kesitlere sahip kolonların üst üste yerleştirilmesi....103
Şekil 5.3: Farklı kesitlere sahip kolonların üst üste yerleştirilmesi....103
Şekil 5.4: Aynı kesitli kolonların üst üste yerleştirilmesi....103
Şekil 5.5: Tam ek....104

Şekil 5.6: Temas ek..... 105
Şekil 5.7: Ek lamaları ile bulonların çift tesirli hale gelmesi..... 105
Şekil 5.8: Enleme levhalar yardımı ile bitirme işlemlerinin yapılması..... 106
Şekil 5.9: Taban levhaları..... 106
Şekil 5.10: Kolonların taban levhalarına birleştirilmesi..... 106
Şekil 5.11: Profil başlıklarının çelik duvarlar ile takviyesi..... 107
Şekil 5.12: Kolonların birbirine bağlanması..... 107
Şekil 5.13: Kolonların üst üste çeşitli şekillerde birleştirilmesi..... 108
Şekil 5.14: İki I profilin birleştirilmesi..... 109
Şekil 5.15: Montaj ekinin yapılış sırası..... 110
Şekil 5.16: Tek doğrultuda kiriş sistemi..... 110
Şekil 5.17: Çift doğrultuda kiriş sistemi..... 110
Şekil 5.18: Üç doğrultuda kiriş sistemi..... 111
Şekil 5.19: Kirişlerin diğer bir kiriş üzerine mesnetlendirilmesi 111
Şekil 5.20: Kirişlerin diğer bir kiriş üzerine mesnetlendirilmesi..... 111
Şekil 5.21: Konstrüksiyon yüksekliğini azaltmak amacıyla yapılan çalışma..... 112
Şekil 5.22: Ana kiriş ve tali kirişin korniyerli birleşimi..... 113
Şekil 5.23: Ana kiriş ve tali kirişin aynı yükseklikte olması hali..... 113
Şekil 5.24: Süreklilik levhası kullanılması..... 114
Şekil 5.25: Süreklilik levhası kullanılması..... 114
Şekil 5.26: Aynı yükseklikte olmayan kirişlerin süreklilik levhası ile birleştirilmesi..... 115
Şekil 5.27: Aynı yükseklikte olmayan kirişlerin süreklilik levhası ile birleştirilmesi..... 115
Şekil 5.28: Tali kirişin ana kirişe hem gövde levhası, hem de köşebent ile birleştirilmesi..... 115
Şekil 5.29: Kafes kirişin I kirişe birleşimi..... 116
Şekil 5.30: Kolon-kiriş birleşimi bileşenleri..... 117
Şekil 5.31: Kolon başı..... 117
Şekil 5.32: Kolon yüzeyindeki levhanınkirişin başlık levhasına bulonlanması..... 118
Şekil 5.33: Merkezilik parçası..... 118
Şekil 5.34: Kolon-kiriş birleşim örnekleri..... 119
Şekil 5.35: Kirişin, iki "[" kolon arasından geçmesi..... 119
Şekil 5.36: Kolon üzerine iki kiriş oturması..... 120
Şekil 5.37: Kolon yüzeyine kaynaklanmışve alt kiriş başlığına bulonlanmış korniyer..... 120
Şekil 5.38: Kolon yüzeyine dikey ve yatay bağlanmış levhalar..... 121
Şekil 5.39: Kolon yüzeyine kaynaklanmış levhanınkiriş gövdesine bulonlanması..... 121
Şekil 5.40: Kolon yüzeyine kaynaklanmış T kesitinin kirişle bulonlu birleşimi..... 121
Şekil 5.41: Kolon-kiriş birleşimi açılımı, perspektifi ve görünüşleri..... 122
Şekil 5.42: Kolon,kiriş detayı plan, kesit ve görünüşü..... 122
Şekil 5.43: Kolon yüzeyine kaynaklanmış levhaya ve kiriş gövdesine bulonlanmış bir çift korniyer..... 123
Şekil 5.44: İki parçalı kolon ile kiriş birleşimleri..... 123
Şekil 5.45: Kiriş-kolon bağlantılarının rijitliğini arttırmak için kullanılan diyaframlar..... 124

Şekil 5.46: Diyaframlı kolon,kiriş birleşimi....124
Şekil 5.47: İçi beton doldurulmul kolonlara ekler....125
Şekil 5.48: Kolon-kiriş birleşiminde "T" kesitli profil kullanımı....125
Şekil 5.49: Plastik mafsal oluşumunu düğüm noktasından uzaklaştırma amaçlı çalışma....126
Şekil 5.50: Plastik mafsal oluşumunu düğüm noktasından uzaklaştırma amaçlı çalışma....126
Şekil 5.51: Plastik mafsal oluşumunu düğüm noktasından uzaklaştırma amaçlı çalışma....126
Şekil 5.52: Çeşitli kolon-kiriş birleşimleri....127
Şekil 5.53: Kolon-kafes kiriş birleşimlerinden oluşan bir sistem....128
Şekil 5.54: Kolon-kafes kiriş birleşimleri....128
Şekil 5.55: Kolon-kafes kiriş birleşimleri....129
Şekil 5.56: Kolon-kafes kiriş birleşimleri....129
Şekil 5.57: Çatı konstrüksiyonu kesiti ve planı....130
Şekil 5.58: Çatı konstrüksiyonu perspektifi....131
Şekil 5.59: Mertek detayları....132
Şekil 5.60: Aşık detayı....133
Şekil 5.61: Aşığın üst başlığa bağlanma detayı....134
Şekil 5.62: Aşığın üst başlığa bağlanma detayları....134
Şekil 5.63: Aşığın üst başlığa bağlanma detayı....135
Şekil 5.64: Aşığın üst başlığa bağlanma detayı....135
Şekil 5.65: Aşığın üst başlığa bağlanma detayı....135
Şekil 5.66: Mahya aşığı detayı....136
Şekil 5.67: Aşık gergileri....136
Şekil 5.68: Aşık gergileri....136
Şekil 5.69: Aşık detayı....137
Şekil 5.70: Aşık detayı....137
Şekil 5.71: Çatı makası görünüşü....138
Şekil 5.72: Çatı makası düğüm noktası....139
Şekil 5.73: Yapılarda en çok kullanılan çatı makası tipleri....139
Şekil 5.74: Açık profillerden oluşturulmuş bir çatı makası....140
Şekil 5.75: Korniyer profillerden oluşturulmuş bir çatı makası....140
Şekil 5.76: Çatı makasının beton veya kagir yapıya oturma detayı....141
Şekil 5.77: Çatı makasının beton veya kagir yapıya oturma detayı....141
Şekil 5.78: Aşık ve dere detayı....142
Şekil 5.79: Çatı makasının çelik kolona oturma detayı....142
Şekil 5.80: Çatı makasının çelik kolona oturma detayı....142
Şekil 5.81: Çatı kaplamasında kullanılan kesitler....143
Şekil 5.82: Uzay kafes sistemli bir çatıya ait plan, kesit ve perspektif....144
Şekil 5.83: Prefabrik birleşim elemanları....145
Şekil 5.84: Doğrudan birleşimler....146
Şekil 5.85: Doğrudan birleşimler....146
Şekil 5.86: Uzay sistemli kafes çatılar ile değişik plan ve kesit alternatifleri....147
Şekil 5.87: Uzay kafes sisteme sahip çatılarda aydınlatma ve havalandırma çözümüne örnek....148
Şekil 5.88: Uzay kafes sisteme sahip çatılarda dere ve kaplama çözümüne örnek....149

SEMBOL LİSTESİ

$\mathbf{l_{ka}}$	:Kritik açıklık değeri
$\boldsymbol{\sigma_{em}}$	:Emniyet gerilmesi
$\boldsymbol{\gamma}$	:Birim hacim ağırlığı
$\boldsymbol{\mu}$	:Güvenlik katsayısı değeri
t	:Kalınlık Thickness
h	:Yükseklik Height

ÇELİK YAPI DETAYLARININ TAŞIYICI SİSTEMLER AÇISINDAN İRDELENMESİ

ÖZET

“Çelik yapı" kavramı özellikle son yıllarda büyük gelişme gösteren bir olgudur. Bu açıdan ele alındığında, çelik yapı taşıyıcı sistemlerini oluşturan bileşenler ve bunların birbirleri ile birleşim ve ilkelerinin, söz konusu düğüm noktalarının oluşturulması için çözülmesi gereken problemlerin “taşıyıcılık”, “rijitlik”, “süneklik” ve “boyut” kriterleri açısından irdelenerek, gereksinilen çözüm önerilerine ulaşılması bu çalışmanın amacını oluşturmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde, belirlenen amaca yönelik olarak çalışmaya çeliğin genel anlamda ve yapı malzemesi olarak özelliklerinin, yapılara sağladığı avantaj ve önlem alınması gereken dezavantajların ortaya konması ile başlanmaktadır.

Üçüncü bölümde, çelik yapıların teşkilinde kullanılan fabrikasyon mamüller, bu mamüllerin, tezin ilerleyen bölümlerinde bahsedilecek olan birleşim işlemlerini gerçekleştirmede kullanılan birleşim bileşeleri ve birleşimlerin tipleri konusunda bilgi verilmektedir.

Kolon, kiriş, döşeme gibi yapı elemanları ve bunların çeşitli teşkil tipleri “birleşim profilleri” ile yangın ve korozyondan korunmalarına ilişkin tedbirler konusunda bilgi ve şekiller dördüncü bölümde detaylı olarak verilmektedir.

Beşinci bölümde ise aynı veya değişik yapı elemanlarının birbirleriyle oluşturdukları düğüm noktalarına, çatı konstrüksiyonlarına ait temel bilgiler ve detaylar yer almaktadır ve altıncı bölümde elde irdelenen kriterlere baz oluşturmaktadır.

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 geçilip, birleşim elemanlarının anlatımından sonra da yapı elemanları ve çeşitleri üzerinde durulmuş ve “düğüm noktaları” ve “taşıyıcı sistem detayları” verilmiştir.

ANALYZING STEEL CONSTRUCTION DETAILS BASED ON THE STRUCTURAL SYSTEMS

SUMMARY

The concept of “steel structure” is recently a considerable phenomenon. The main purpose of this study is to examine components forming steel structures and their connection philosophies to solve problems about the criterias of “bearing”, rigitidy”, “ductility” and “dimension”.

The second part of the study starts with analyzing the mentioned purpose; continues with analyzing the properties of steel as a general concept and as a construction material; determining the advantages of steel in the buildings; and deciphering the disadvantages.

The third part of the study presents information about the fabrication products that the steel construction is made up of; the connection components that are used for connection (which will be analyzed in the following parts of the thesis); and the types of connection.

The fourth part of the study gives detailed information and figures about construction components such as column, beam, floor; types of connection profiles; and precautions for fireproofing and anticorrosion.

The fifth part consists of general information and details about roof construction and crucial points where the same or different structural components joint and prepares base of criterias examining at sixth section.

While collecting and presenting the data that refers to this thesis, the induction method was used. After presenting information about the attributes of steel material, the connection details were analyzed and described; then information about the types of structural components, crucial point and structural system details were provided.

1. GİRİŞ

Çelik yapıların ve dolayısıyla da çelik yapı malzemesinin günümüzdeki durumunun ve öneminin incelenebilmesi için öncelikle insanların barınma ihtiyacının tarih boyunca geçirdiği evriminin kısaca gözden geçirilmesi gereklidir.

İnsanoğlu, göçebelikten yerleşik düzene geçmesinin bir sonucu olarak, kendisine sürekli yaşama ve korunma hizmeti verebilecek yapıların gerekliğini kavradı ve bu konuda çaba harcamaya başladı. Öncelikle, ya avlandıkları düzlüklerin ve kıyıların ya da ekip biçtikleri tarım arazilerinin yakınlarına inşa ettikleri barınaklar ile bu gereksinimlerini karşılayan antik insanlar, ticaretin önem kazanması ile birlikte önce ticaret yollarını, sonra da küçük çaplı yerleşim merkezlerini oluşturmaya başladılar. Bu şekilde sosyal yaşantıda dikkate değer değişimler ve gelişmeler ivme kazandı.

Bu yerleşim merkezleri arasından bazıları gerek ekonomik, gerekse stratejik veya daha başka nedenler ile diğerlerine göre daha önemli bir konuma geldi. Bu aşamadan sonra bu kentler için gelişme süreci, diğer kentlere kıyasla daha farklı ve çok daha dinamik performans göstermeye başladı. Çünkü bu kentler, sahip oldukları önem nedeniyle bir çok konuda daha cazip hale geldiler ve bu cazibenin çektiği insan topluluklarının belirli bir düzen dahilinde olmadan kent yaşamına dahil olmaları ile birlikte kentlerde nüfus yoğunluğu kavramı ilk olarak ortaya çıkmaya başladı.

Bu gerçekler göz önüne alındığında, sözü edilen yerleşim merkezlerinin kozmopolit yapıya bürünme aşamasına daha milattan binlerce yıl öncesinden itibaren geçmeye başladığı görülebilmektedir. Çeşitli sebeplerle, yer aldığı bölgenin önde gelen şehri olma ünvanını kazanmış olan bu yerlere, yakın çevresinden olduğu kadar değişik coğrafyalardan da tüccarlar, bilginler gibi insanlar da ilgi göstermeye başladı. Ayrıca bu aşamalarla eş zamanlı olmak üzere, daha ileri seviyede işgücü ihtiyacı hiçbir zaman azalmamak üzere artma eğilimine girmiştir.

Fakat tüm bu koşulların yaşandığı söz konusu şehirlerin belirli bir alanın dışına doğru genişlemesi bir aşamadan sonra zor hatta bazan imkansız olmaya başladı. Söz edilen imkansızlıklar, ya şehrin kurulduğu alanın coğrafi engeller ile sınırlanması, ya

da alan olarak doyum noktasına varmış bu şehirlerdeki ulaşım olanaklarının ihtiyaca cevap verememesi olmuştur. Bunun sonucu olarak da şehirlerin merkez bölgelerindeki alanların değerleri artmaya başladı ve yapılaşma da giderek daha yoğunluk kazandı. Bu bölgelerde inşa edilecek olan binaların mümkün olduğunca çok insana hizmet verebilmesi, maddi olarak da çok çekici bir durum arzetmeye başladı.

Yüzlerce yıl boyunca süren bu işleyiş, 1900'lerde yaşanan ve uzun yıllar boyunca çok miktarda can, mal ve bina kaybına yol açan Birinci ve İkinci Dünya Savaşları sonunda yeni bir anlayış kazanmaya başladı. Bu aşamada ülkelerin kendilerini toparlama sürecine geçebilmeleri için ön şart, insanların başlarını sokabilecekleri bir yer elde etmeleri olarak görülmesine karşın, özellikle Avrupa'nın bütün büyük şehirlerinin önemli ölçüde hasar görmüş binalardan oluşması büyük bir engel teşkil etmiştir. Bunun için de hızlı inşa edilebilen sistemlerin oluşturulması yoluna gidildi. Sanayi Devrimi ile birlikte de, zaten insanlığın uzun zamandan beri tanıdığı bir malzeme olan demir ve demirin çeşitli işlemler vasıtası ile iyileştirilmesi sonucunda elde edilen çelik yaşamın her alanında olduğu gibi inşaat alanında da önem kazanmıştır.

Çeliğin yapı malzemesi olarak kullanımı, şehirlerin gelişim sürecinde önem içeren yapı yoğunluğu konusunda ideal bir sistem olarak görülmeye başlandı. Önceleri işçi barınakları, az katlı toplu konutlar gibi az zamanda büyük konut açıklarını kapatacak uygulamalarda kendine yer bulan çelik, yapısı gereği yüksek mukavemet ihtiyacına cevap verebileceğinin anlaşılması ile birlikte, büyük metropollerde çok katlı yapıların taşıyıcı sistem teşkilinin, uçak hangarları ve fabrikalar gibi büyük açıklık gerektiren bina tiplerinin de önünü açtı. Artık şehirlerin gelişimlerinin yeryüzüne dik doğrultuda olması için hiç bir engel kalmadı.

Bu kadar yoğun bir şekilde kullanılmaya başlayan çeliğin giderek daha bilinçli ve profesyonel olarak ele alınmaya başlanması, çelik kullanımının aslında çok da alternatifsiz bir sistem kurgusu sunamayacağının anlaşılmasını da sağladı. Ama son elli yıl süresince çelik yapı elemanları ve çelik yapıların tümü üzerinde yapılan çalışmalarla elde edilen modern metotların, bilgisayar sistemleri ile desteklenmesi ve bu metotların her geçen gün daha iyi noktalara ulaşmaları, tasarımcıları daha değişik tasarımlar yapmak konusunda cesaretlendirmektedir.

Çelik yapıların gerek dayanımları, gerekse maliyetlerinde aranan ya da ulaşılan başarı düzeyi, birleşim tekniklerinin doğru ve yerinde kullanılıp kullanılmaması ile doğru orantılıdır. Baker ve Batho, daha 1930'lı yıllarda, çelik yapı birleşimlerinin davranışını iyi gözleme ve anlama ile birlikte, yapısal analiz metotlarının gelişiminde çok önemli avantajlar kazanılacağını belirtmişlerdir [Howlett ve diğ., 1981]. Fakat buna rağmen yakın geçmişe kadar bu konunun sahip olduğu önem iyi kavranamamış ve yeterli düzeyde çalışma da gerçekleştirilmemiştir. Yüksek binaların gerek tasarımlarının gerekse uygulamalarının oldukça hızlı ve modern gelişim göstermesi, bu konudaki eksikliklerin görülmesinde etkili olmaktadır. Moment kapasitesi yüksek eleman ve birleşimlere giderek daha yaygın bir şekilde gereksinim duyulmasından dolayı, mukavemet ve kuvvetleri birbirine aktaracak şekilde yakın temas halinde fabrikasyon elemanların üretilmesini -maliyet ve uygulama ile ilgili koşulların sağlanması şartıyla- gerektirmektedir.

1.1. Amaç:

Çelik yapılarda kullanılmak üzere düğüm noktası tasarımı büyük miktarda oransal analiz gerektirdiği için ilgi çekici bir konudur. Sonsuz sayıda düğüm noktası düzenlemesi mümkün olduğu halde bunlardan sadece pek azı fiziksel testlere tabi olabilmektedir. Bu yüzden, düğüm noktası tasarımının sanat ile bilimin bir birleşimi olarak da düşünülebilir (Tamboli, 1999).

Çelik yapı detaylarının oluşturulması için gereken problem çözümlerinin amaçlarının temel olarak "taşıyıcılık", "rijitlik", "süneklik" ve "boyut" kriterleri kapsamında irdelenerek, çözüm mantıklarının değerlendirilmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

1.2. Kapsam:

Çelik yapı elemanları olarak nitelendirilen kolon, kiriş ve döşeme elemanları ile bu elemanların gerekli şartlar dahilinde oluşturulmasına 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 yer alacağı bölümde de anlatılacak olduğu gibi, çelik malzeme kullanımının mimarlara

ve inşaat mühendislerine sağlamış olduğu tasarım alternatiflerinin niceliği hakkında da geniş çaplı bir fikir vermektedir.

Üçüncü bölümde çelik yapıların yapı taşları sayılabilecek hadde mamülleri, yani profiller, lama çelikler ve levhalar ile perçin, kaynak, bulon ve tutkallı birleştirme teknikleri üzerinde durulmaktadır.

Dördüncü bölümde hadde mamülleri ve birleşim elemanları kullanılmak suretiyle kolon, kiriş, döşeme, iç duvar ve giydirme cepheler gibi çelik yapı elemanlarının oluşturulması ve temel, kagir yapı vs. Alt yapı bünyesine montaj ilkeleri hakkında bilgi verilmektedir.

Çelik yapı elemanlarının birleştirilme teknikleri, mesela kolon-kolon birleşimlerinde olduğu gibi aynı tür elemanların birbirine eklenmesi ile oluşturulacak şekilde 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 yerleştirilmesi yoluyla taşıyıcı sistemi kurmaktır. Kiriş-kiriş birleşimlerindeki amaç ise kolon-kolon birleşimlerinden farklı olarak, kolonlar arasındaki açıklıkları mümkün olduğunca küçük parçalara bölmek şeklinde azaltarak, döşeme sisteminin güvenli olarak hazırlanmasını, uygulanmasını ve kullanımını sağlamaktır. Beşinci bölümde de, bahsedilen kavramlar açısından yapı elemanlarının birbirleriyle birleşimleri hakkında bilgi ve detaylar üzerinde durulmaktadır.

Altıncı bölüm ise, çalışmanın başından itibaren işlenen konular çerçevesinde kavramsal ve uygulama açısından irdelemelerde bulunulduğu aşamadır.

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 geçilip, birleşim elemanlarının anlatımından sonra da yapı elemanları ve çeşitleri üzerinde durulmuş ve "düğüm noktaları" ve "taşıyıcı sistem detayları" verilmiştir.

2. YAPI MALZEMESİ OLARAK ÇELİK VE YAPILARDA ÇELİK KULLANIMI:

2.1. Tanım:

% 2'den az oranda karbon içeren, mekanik direncinin yüksekliğiyle nitelenen, mekanik olarak işlenebilen (dövülerek, preslenerek, haddeden geçirilerek şekil verilebilen) demir ve karbon alaşımlarına "çelik" adı verilmektedir. Çelik, su verilerek veya başka maddelerle birleştirilerek çok sert bir hale sokulabilir. Demirden çok daha hafif ve sert olup, daha iyi işlenebilir. Çelik çeşitlerinin ortak özelliği, içlerinde belli ölçüde karbon ve manganez bulunmasıdır [Hasol, 1993].

Yapı çeliği ise, homojen, izotrop olduğu ve sürekli denetim altında üretildiği için oldukça güvenilir bir malzemedir. Yüksek dayanımı nedeniyle öz ağırlığının, taşıdığı yararlı yüke oranı düşüktür. Ayrıca iskelet sisteminin, montajı tamamlandığı andan itibaren tam yükle çalışabilme özelliği vardır.

Çelik iskelet sistemler, çok önemli olan bu üstünlükleri nedeniyle büyük açıklıklı köprüler, endüstri yapıları, spor tesisleri ile birlikte, hızlı yapılması gereken ve bu sebeple de portatif ve prefabrik olarak kurulacak özel taşıyıcı sistemi olan yapılarda ve zayıf temel zeminine sahip, rüzgar ve deprem gibi yatay yüklere dayanıklı çok katlı yapılarda gerek mimari, gerekse mühendislik açısından geniş kullanım alanı sağlamaktadır.

Deprem ve rüzgar yükleri gibi şiddeti ve yönü önceden belirlenemeyen etkenlerin yoğun olarak aktif durumda olduğu Japonya, Amerika Birleşik Devletleri gibi gelişmiş ülkelerde yapı çeliği kullanımının önemli oranlara ulaştığı gerçeği, bu yapı malzemesinin üretim, uygulama ve kullanım olanaklarının sınırlarını ve gerekliliğini de önemle vurgulamaktadır.

Yapı çeliklerinin kullanımına ilişkin standart ve şartnameler; Türk Standardı (TS), Alman Standardı (DIN), Amerikan Demir Çelik Enstitüsü (AISI), Amerikan Çelik

Yapı Enstitüsü (AISC), Otomotiv Mühendisleri Cemiyeti (SAE) gibi çeşitli şekillerde düzenlenmiştir. Örneğin: St 34, Ç 34, MK Fe 34.

2.2. Çeliğin Tarihçesi:

Başlangıçta yumuşak demirin semantasyonu[1] yoluyla küçük miktarlar halinde hazırlanan çeliğin ilk kez kullanıldığı tarihi saptamak zordur. Hindistan'da bulunan cerrah aletlerine ve Anadolu'da ve Kafkasya'da bulunan kılıçlara dayanılarak demir kullanımının ve çeliğin İ.Ö. birinci binyılda tanınmakta olduğu düşünülmektedir. Ama çeliğin sanayi düzeyinde üretimini sağlayan ilk yöntemler ancak 18. ve 19. yüzyıllarda Benjamin Huntsman'ın 1740'da potadan ergitme yöntemini bulması, Henry Bessemer'in 1855'te, Sydney Thomas'ın da 1878'de değiştirgeçte (konvertisör) arıtma işlemini gerçekleştirmesi, 1856 – 1864 yılları arasında William Siemens ile Pierre Martin'in tabanda hazırlama yöntemini kullanmaları ile geliştirilmeye başlanmıştır [Uluğ, 1977].

Bu aşamaları takiben çelik, çeşitli mühendislik yapılarında da kullanılmaya başlanmıştır. Buradan da hareketle, bugünkü anlamda çelik yapıların tarihçesi son zamanlara kadar çelik köprülerin de tarihçesidir denilebilir. Bu köprülerde kullanılan, yani diğer bir deyişle inşaat endüstrisinde kullanılan ilk malzeme fonttur. Yüksek fırınlarda veya başka tesislerde demir cevherinin ergitilmesi ve indirgenmesi ile elde edilerek kum veya metal kalıplarda katılaştırılmış olan ve bileşiminde %2'den çok karbon bulunan demir-karbon alaşımına "font" adı verilmektedir [Hasol, 1993]. Font -diğer adıyla pik- kullanılarak inşa edilen ilk yapı 1778'de İngiltere'deki Severn Nehri üzerine inşa edilen 31 m. Açıklığında ve kemer tarzındaki bir yol köprüsüdür [Ardan, 1973]. Fontun basınç mukavemetinin yüksek olmasına karşın çekme mukavemetinin azlığı, font kullanılarak inşa edilen köprülerin kemerli olmasını zorunlu kılmıştır. Dökme çeliğin kullanıma girmesi ile birlikte, köprülerde font kullanımı da sona ermiştir.

Kaynak ile birleştirme tekniğinin geliştirilmesi ile bu teknik ilk önce yüksek yapılarda ve ardından da uzun araştırmalar sonucunda köprülerde kullanılmaya başlandı. Böylece modüler olarak atölyelerde üretilen çelik elemanların şantiyede

[1] Semantasyon: Çelik yapımında kullanılan eski yöntem; çeliğe suverme [Hasol, 1993].

birleştirilmesi ile modern çelik konstrüksiyon anlayışı ortaya çıkmış oldu [Deren, 1995].

Çeliğin, köprü gibi büyük açıklık ve üstün mukavemet gerektiren mühendislik yapılarında kullanımının getirdiği çeşitli avantajlar, bu yeni yapı elemanının binalarda da kullanım olanaklarının araştırılması ve gerçekleştirilmesinde büyük rol oynadı. İngiltere'de 1876 yılında inşa edilen Ditherington Flax Mill (Şekil 2.1), çelik iskelet ile inşa edilen ilk binadır. Aynı yıllarda, Amerika'lı bir girişimci olan Peter Naylor, Kaliforniya'lı altın avcılarının barınma ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak taşınabilir çelik evler planlamış ve böylece yapı çeliğin prefabrike olarak kullanımı başlamıştır.



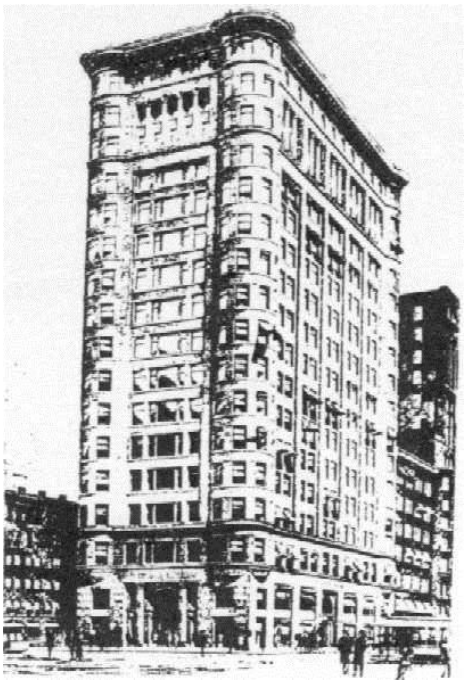
Şekil 2.1 - İlk çelik iskeletli bina olan Ditherington Flax Mill [http://www.bbc.co.uk]

Chicago'da 1885 yılında inşa edilen ve tasarımını William Le Baron Jenney'in yaptığı Home Insurance Binası (Şekil 2.2), çelik iskelete sahip ilk gökdelendir. 12 katlı ve 55 m. yüksekliğinde olan bina, silindir dökme demir kolonlar ve çelik I kirişlerden oluşan oldukça basit bir taşıyıcı sisteme sahipti [Gürbüz, 2002]. Aynı mimarın tasarladığı ve 1891 yılında inşaatı tamamlanan Fair Store Binası (Şekil 2.3) da çelik taşıyıcı sisteme sahip binaların öncülerden biridir [http://eras.free.fr].

Özel çeliklerin ve inoxların elde edilişi (1927), otojen kaynakla birleştirme (1928), ağırlık ve işçilik bakımından kazanç sağladı ve metal ile cama ağırlık veren bir mimarlık anlayışının doğmasına yol açtı. Bunun örnekleri Clichy Halkevi'nde [Beaudouin ve Lods, 1937] ve Beaubourg Merkezi'nde görülür. Mies van der Rohe, Henri Bernard, Jean Dubuisson ve Jean Prouvé'nin çalışmalarıyla çelik, yüksek yapılarda önemli bir yer tutmaya başladı [Gürbüz, 2002].



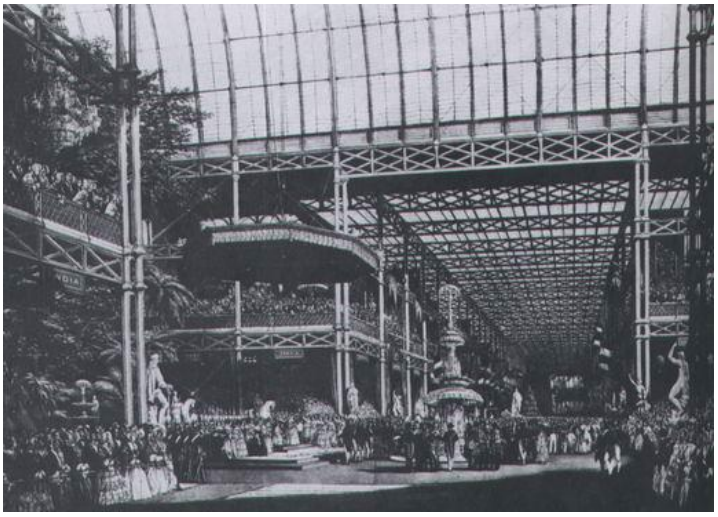
Şekil 2.2 - Chicago'daki Home Insurance binası
[http://eras.free.fr]



Şekil 2.3 - Chicago'da mimar William Le Baron Jenney tarafından tasarlanan Fair Stone Binası [http://www.groenewald.nl]

Fakat, bu konudaki en önemli örnek kuşkusuz 1851 yılında Londra Hyde Park'da inşa edilmiş olan Uluslararası Endüstri Fuarı Binası, ya da daha çok bilinen ismiyle Crystal Palace'dır (Şekil 2.4). Yapıyı oluşturan bütün bileşenler endüstriyel olarak düşünülmüş ve büyük ölçüde standartlaşma sağlanmıştır. Bu özellik, 70.000 m^2 gibi

oldukça geniş bir alana sahip olan binanın 4 ay gibi kısa bir sürede inşa edilmesine yardımcı oldu. Crystal Palace'da toplam 3800 ton dökme demir, 700 ton işlenmiş demir ve 90.000 m^2 cam kullanılmıştır.

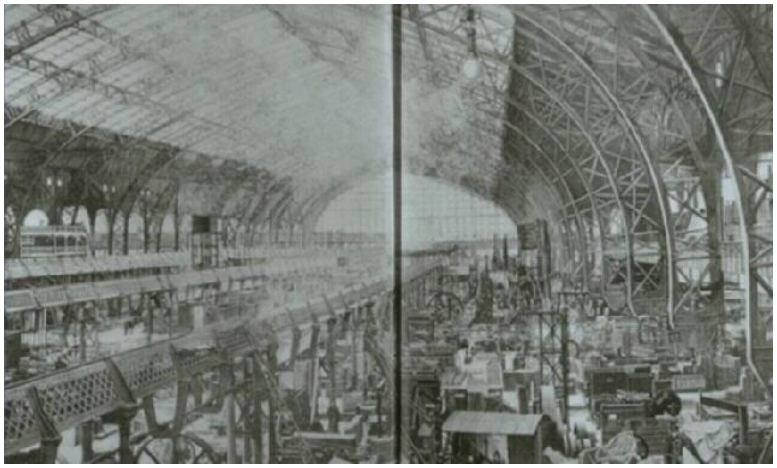


Şekil 2.4 - Crystal Palace [Allen, 2002]

Crystal Palace, inşa edilme sebebi olan Uluslararası Endüstri Fuarı'nın 11 Ekim 1851 tarihinde sona ermesini takiben, 1852 yılında Hyde Park'daki yerinden sökülerek Sydenham'da tekrar kurulmuştur. Bu da, çeliğin, uygun bağlantı sistem ile oluşturulması halinde sökülebilme ve tekrar kullanılabilme özelliğinin getirdiği bir avantajdır.

Çeliğin yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanımına ilişkin son derece önemli tarihi bir değere sahip olan Crystal Palace binası, 1936 yılında çıkan bir yangında tamamen yandı. Paris Evrensel Sergisi kapsamında, mimar Ferdinand Dutert tarafından tasarlanıp 1889 yılında çelik bileşenlerle inşa edilen Palais Des Machines binası da (Şekil 2.5), Crystal Palace ile aynı akibete uğramış ve 1909'da yanmıştır. Bu binada çelik malzeme kullanımının mimari esneklik açısından sağlayacağı tüm olanaklar kullanılmış ve 46.200 m^2 alana sahip, kolonsuz bir ana hol elde edilmiştir. Yatay düzlemde 110x420 m. boyutları olan holün en yüksek noktası 43,5 m.dir [Allen, 2002].

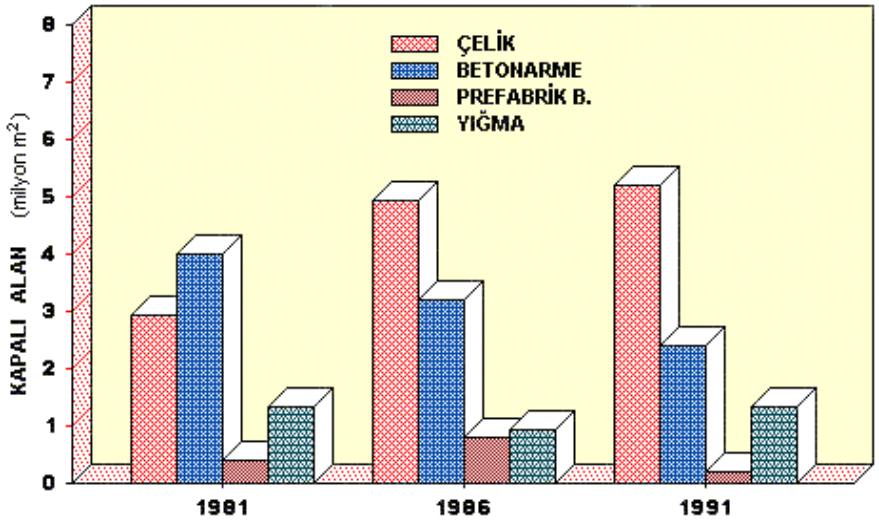
Bu gibi binalarda, çelik yapı mühendisliğinin mimariye ve fonksiyona kattığı yüksek değer açıkça görülmektedir. Çelik strüktür, hafifliğin, minimalizmin ve şeffaflığın mükemmel bir sunumu olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.5 - Paris'deki Palais Des Machines Binası
[http://www.wesleyan.edu/slides/AH244/Lecture21/if000019.htm]

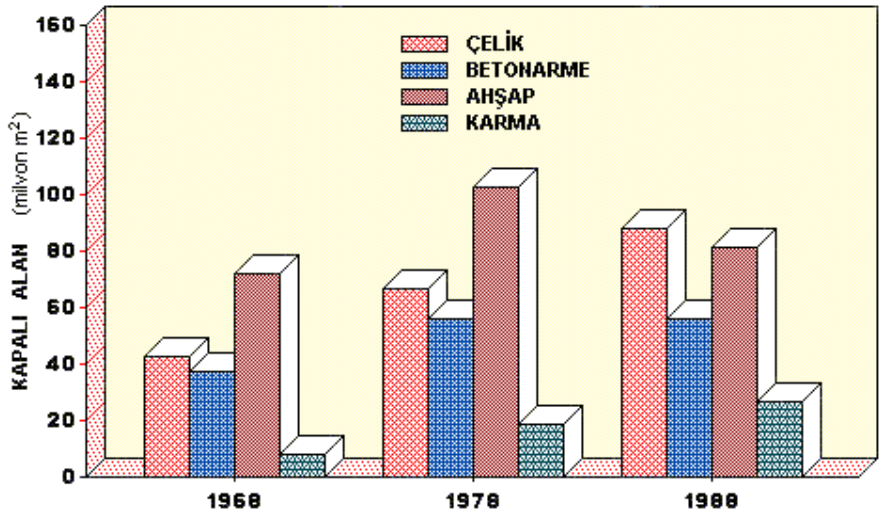
Dünyada gelişmiş ülkelerde yapısal çeliğin %30 ile %55'ler arasında değişen kullanım oranı, Türkiye'de %5'in altındadır. Bunun sebeplerinin başında, malzeme çeşitliliğinin ve imalatı yapacak tekniğe sahip yeterli sayıda fabrikanın olmayışıdır (Tablo 2.1 ve 2.2).

Tablo 2.1 - İngiltere'de taşıyıcı sistem malzemesine göre yapı türleri
[http://members.tripod.com/fatihakbay/celikyap.html]



Çelik yapıların tümünde sıcakta haddelenmiş profiller kullanılabilmekle birlikte, özellikle yurtdışında 2 veya 3 kata kadar yapıların taşıyıcı sistemi için hafif yapı çeliği olarak adlandırılan, soğukta şekil verilmiş ince cidarlı profillerin kullanımı oldukça yaygındır [Ardan, 1973].

Tablo 2.2 - Japonya'da taşıyıcı sistem malzemesine göre yapı türleri [http://members.tripod.com/fatihakbay/celikyap.html]



2.3.Çeliğin Malzeme Özellikleri:

Çelik, bünyesinde demirden başka % 0,16~0,20 kadar karbon bulunur. Çeliğin sertliği ve mukavemeti, bünyesinde bulunan karbon miktarına bağlıdır. Karbon miktarı arttıkça çeliğin sertliği ve mukavemeti de artar. Saf demir, hemen hemen bakır sertliğinde ve plastik yapıda olduğu halde çelik sert ve kırılgandır. Çeliğin kırılma dayanımı 3700-4200 kg/cm^2, zahiri esneklik sınırı 2000-2600 kg/cm^2, esneklik katsayısı 2.100.000'dir. Çapının 15 katı uzunluktaki deney çubuğunun kırılma halindeki uzama miktarı, çubuk boyunun %20~22'si olur [Duman, 1972].

Yapı çeliği ise, homojen, izotrop olduğu ve sürekli denetim altında üretildiği için oldukça güvenilir bir malzemedir. Yüksek dayanımı nedeniyle öz ağırlığının, taşıdığı yararlı yüke oranı düşüktür. Ayrıca iskelet sisteminin, montajı tamamlandığı andan itibaren tam yükle çalışabilme özelliği vardır [Scheer, 1950].

Çeliğin bir takım özelliklere sahip olması yapı için oldukça önemlidir. Özellikle kesiti ince taneli ve homojen olmalı, leke, çapak, boşluk ve yarık bulunmamalıdır.

Yapı işlerinde ve özellikle de betonarmede "Thomas çeliği" olarak nitelendirilen, haddeden geçmiş çelik kullanılır (Alman normuna göre St.37). Bu çeliğe "Normal Yapı Çeliği" de denir. Mukavemeti daha yüksek olan St.52 çeliği özel hallerde

kullanılır, diğerlerine göre daha pahalıdır. Buna da "Yüksek Mukavemetli Çelik" adı verilmektedir [Duman, 1972].

Çelik, iç yapısına göre "perlitik" (alçak alaşımlı çelikler), "martensitik" (sert, kırılgan, güç işlenir çeliklerdir), "ostenitik" (mukavemeti, sertliği, akma sınırı düşük fakat uzama, büzülme ve süneklikleri yüksektir), "feritik" (sert olmayan ve tavlamadan etkilenmeyen çeliktir) ve "ledeburitik" (dövülmeleri çok zordur) olarak sınıflandırılır [Scheer, 1950].

Karbon en önemli alaşım elemanıdır ve çeliğin içinde karışım halinde değildir. Demir ile karbon molekülleri birbirleriyle bileşik oluşturur. Buna "demir karbürü" ya da "sementit" adı verilir. Bunun kimyasal sembolü Fe_3C'dir. Buradan anlaşılacağı gibi bileşikte üç birim demir ile bir birim karbon birleşmektedir. Saf demirin yumuşak ve plastik bir element olmasına karşın, demir karbürü yüksek sertliği ve kırılganlığı olan bir maddedir. Üretim sırasında karbür, demirin bünyesine ne kadar fazla yayılırsa, elde edilen çelik de o kadar sert bir yapıya sahip olacaktır. Buradan da anlaşılabileceği gibi; karbürün çelik içindeki dağılımı, ürünün bileşik olmasının gerektirdiği gibi, düzensiz değildir. Son derece sıkı fiziksel kurallara bağlıdır.

Çelikler % 0,65 ilâ %1,50 karbon miktarına göre "yumuşak", "sünek", "orta sert" ve "sert" diye alışılmış sertlik mertebelerine ayrılır. Sertlikteki bu büyük farkın %0,7 C aralığında bulunduğu görülünce, bu ana maddenin önemi de açıklanmış olur. [Scheer, 1950].

Çelik alaşımında, çeliğe çeşitli özellikler kazandırmak amacıyla karbondan başka maddeler de kullanılmaktadır. Bu tip alaşımlı çeliklere "özel çelik" adı verilmektedir. Alaşım elemanlarının çeliğe ilave edilme amaçlarından bazıları şu şekilde özetlenebilir:

a- Sertliği arttırmak
b- Mukavemeti arttırmak
c- Yüksek veya düşük sıcaklıklarda mekanik özellikleri geliştirmek
d- Korozyon direncini arttırmak
e- Manyetik özellikleri geliştirmek
f- Aşınma direnci kazandırmak

“Manganez (Mn)” dezoksidasyon için kullanılır. Her çelikte bulunur. Çeliğin minimum % 0,8’ini oluşturur. Manganez çelikleri ısıl işlemlere hassastırlar. %12~13 manganezli çelikler aşınmaya çok dayanıklıdır. Soğuk iken çekilir ve dövülür.

“Nikel (Ni)” tane büyüklüğü üzerinde ufaltıcı bir tesir yapar. Bu yüzden mukavemet değerinde süneklik görülür. Kritik soğutma hızını düşürür. % 1,5~5 oranında nikel bulunan çelikler yapı çeliği olarak kullanılabilir.

“Krom (Cr)” kuvvetli karbür yapıcı bir elemandır. Mukavemet ve sertliği yükseltir, bunun sonucunda da çelik aşınmaya ve kesme kuvvetine karşı yüksek dayanım gösterir. Krom oranı %13’den yüksek ve karbon oranı %60’dan az olan çelik paslanmaz. Çeliğe manyetik özellik kazandırır.

“Silisyum (Si)”un % 0,40‘dan fazla bulunduğu çeliklere silisyum çeliği denir. Çeliğin mukavemetini ve akma sınırını yükseltir, uzamayı düşürür. Silisyum miktarı arttıkça çelik iri taneli olur.

“Kobalt”, diğer ana maddelerin aksine iç yapıya etki etmez. Çeliğin manyetik özelliklerini arttırır.

“Volfram (W)” karbür yapıcı ve sertleştiricidir. Çeliği ufak taneli yapar. Volfram miktarı arttıkça karbon miktarı da artmalıdır [Scheer, 1950].

Bu maddelerden başka molibden, alüminyum, bakır, azot gibi maddeler de çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Alaşımlı çelikler, alaşım elemanlarının miktarına göre “az alaşımlı çelikler” ve “yüksek alaşımlı çelikler” olmak üzere ikiye ayrılırlar:

Az alaşımlı çeliklerde alaşım elemanı oranı %5’den azdır. Genellikle yüksek mukavemetli yapı çelikleri ve makine üretimine elverişlidirler. Şekil verildikten sonra su verme ile sertlikleri çok arttırılabilir.

Yüksek alaşımlı çeliklerde alaşım elemanı miktarı %5’den fazladır. Genellikle özel amaçlar için kullanılırlar.

Alaşımlı çelikler ayrıca kullanıldıkları yerlere göre de sınıflandırılmıştır. Bunlara “takım çelikleri” adı verilir:

a- Karbon çelikleri: Bunlar %0,60 - %0,90 karbon içeren çeliklerdir. Bu çeliklerden çekiç, balta, balyoz, jilet vb. üretilir.

b- Deforme olmayan çelikler: %1 karbon + en az %1 (maksimum %1) manganez içeren çeliklerdir. Bu çeliklerden grayder, toprak kesen bıçaklar vb. aletler yapılır.

c- Darbe ve şoka dayanıklı çelikler: %0,27 karbon, %1 krom, %0,15 vanadyum, %0,2 manganez içeren çeliklerdir. Taş ocaklarında, perçin başlarına darbe vuran yerlerde kullanılır.

d- Sıcak işleme takım çeliği: Bu çeliklerin bünyesinde bulunan volfram ve krom oranı yüksektir. %0,3 krom, %0,2 manganez, %10 volfram, %3 krom ve %0,3 vanadyumlu çeliklerdir. Haddeleme, sıcak metallerin kalıpla preslenmesinde, makasla kesme vb. yerlerde kullanılır.

e- Hız takım çeliği: Karbon oranı %1,2'ye kadar çıkabilen; molibden, kobalt ve volfram da içeren çeliklerdir. Bir kısmına yağda, çoğunlukla havada su verilir. Tezgahlarda ve sürekli çalışan yerlerde kullanılır.

f- Sinterlenmiş karbür takım çelikleri: Ergime noktası yüksek metallerle yapılır. Difüzyon ve alaşım teşekkül eder. %5 – 6 karbon ve çok az kobalt, volfram, krom gibi elementler de içerir [Ay, 1999].

Çeliğin tam sertleştirilmiş durumuna karşılık süneklik kazanması istendiği durumlarda "tretman" (çeliğin ıslah edilmesi) işlemi yapılır. Yapı çeliklerinin sertleştirmeden sonra yüksek sıcaklıkta ısıtarak sünekliğini arttırmak için yapılan işleme "tretman" adı verilmektedir [Hasol,1993]. Sertleştirme ve bunu takip eden, yaklaşık 400-7008C'de tavlamadan teşekkül eder. Sözü edilen tavlama sıcaklığı arttıkça çeliğin sünekliği artarken mukavemeti de o derece azalır.

2.4. Yapılarda Çelik Kullanımında Göz Önünde Bulundurulması Gereken Etmenler:

Yapıların taşıyıcı iskelet malzemesinin seçiminde yapının fonksiyonu, kullanılacağı süre, yapımı için ayrılan para, işletmeye açılması için düşünülen son tarih, geri dönüşüm, temel ve arsa durumları, üretim yeri, şantiyenin yeri, iklim şartları, inşaat alanına ulaştırma imkanları, fiyatlar gibi konular göz önünde bulundurulmalıdır. Bu gibi değerlendirmelerde bulunabilmek için çeliğin avantajlı ve sakıncalı özelliklerinin bilinmesi zorunludur.

2.4.1. Yapılarda Çelik Malzeme Kullanımının Sağladığı Avantajlar:

Yapılarda çelik kullanımının, malzeme olarak diğer yapı malzemeleriyle kıyaslandığında, sağladığı avantajlar temel olarak üç grupta incelenebilir:

2.4.1.1. Mimari Açıdan Avantajları:

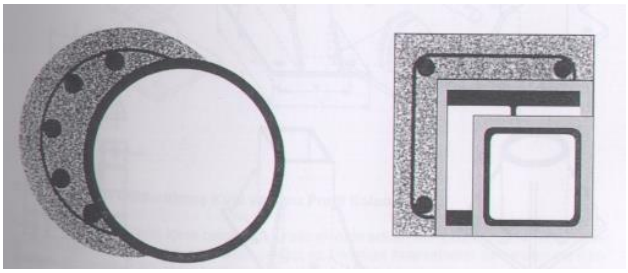
Çağımızda gerek içinde kolon bulunmayan büyük açıklıklı binalarda, gerekse büyük şehirlerde belirli merkezlerde toplanan yoğun insan kitlesini barındıracak çok katlı yapılara olan ihtiyaç, bu binaların taşıyıcı iskeletlerinde yüksek mukavemetli bir malzeme kullanılması zorunluluğun doğurmuştur (Şekil 2.6). Yapımı büyük dikkat ve titizlik gerektiren beton çeşitlerinin kullanılması halinde bile gerek büyük açıklıklı gerekse çok katlı binalardaki kesit tesirlerinin büyüklüğü, çok büyük betonarme kesitlerinin kullanımını gerektirmektedir [Uluğ, 1977].



Şekil 2.6 - Skidmore, Owings and Merrill tarafından tasarlanan Allied Bank Plaza [Allen, 2000]

Bir çelik kolonun taşıma gücü, aynı kesit ölçüleri ve şartlar altında yapılan betonarme kolonla karşılaştırıldığında yaklaşık 6 ~ 15 kat daha fazladır. Diğer bir deyişle, belirli bir kuvveti taşımak için, burkulma uzunlukları aynı olan biri betonarme diğeri çelik olmak üzere iki kolon boyutlandırılırsa, çelik kolonun kesit ölçüleri diğerine oranla çok daha küçük çıkar. Profil veya kutu/boru kesitli çelik taşıyıcı sistem ile inşa edilmiş bir binada kat kullanım alanını maksimuma çıkarması ve böylece de ekonomik açıdan çeşitli avantajlar kazanılmasını sağlayan bu üstünlük (Şekil 2.7)'de de görülebilmektedir. Örneğin 100x100 cm. kesitli bir betonarme kolonun taşıyıcılık açısından eşdeğeri 40x40 cm. kesitli çelik kolondur [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2002a]. Yapının net hacim, alan ve yüksekliklerden maksimum

derecede yararlanılması gereken hallerde bu unsur çok önem kazanır. Çelik taşıyıcı sistem kullanılarak inşa edilmiş yüksek binalarda net kullanım alanı %3-5 daha fazladır. Cephe alanında ekonomi vardır.



Şekil 2.7 - Aynı taşıyıcılık değerlerine sahip çelik ve betonarme kolonların kesit alanlarının karşılaştırılması. [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

- Çelik yapıların takviyesi kolaydır. Mevcut bir yapının çelik taşıyıcı sistemi, ihtiyaca göre ve belirli sınırlar içinde kolay bir şekilde takviye edilebilir veya sistemde değişiklikler yapılabilir. Bu gibi değişiklikler ana taşıyıcı sistemin veya döşeme sisteminin yük taşıma kapasitesini arttırmak ya da bir merdiven ilave etmek amacıyla döşemede delik açmak gibi uygulamalar olabilir [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]. Diğer bir deyişle yapılarda sürdürülebilir büyüme için çelik yapım sistemi kullanılmalıdır. Betonarme iskelette bu işlemin sınırları daha dar, yapılmaları ise güç hatta imkansızdır.

- Çelik yapılar kullanımda sonsuz esneklik sağlar. Çok çeşitli birleşim teknikleri sayesinde istenilen geometri ve formda yapı yapılabilir. Hatta çelik yapıların tamamıyla sökülüp yeniden başka bir yerde aynen kurulması da mümkündür. Bu özellik, geleneksel sistemlerde imkansızdır.

- Mekanik ve elektrik tesisat kanalları, kirişlerde açılan boşluklardan geçirilebilir. Bu şekilde kat yüksekliğinden kayıp verilmez. Bu özellik, otopark, otel ve konut fonksiyonundaki çok katlı yapılarda çelik kullanımını diğer sistemlere göre daha mantıklı hale getirmektedir. Örneğin betonarme yapım sistemi kullanılarak yapılan binalarda bu tesisat kanalları betonarme döşeme üzerinden gitmek zorunda kalır. Bunun için de betonarme döşemenin üzerine uygun kalınlıkta beton tabakası dökülmesi gibi esnek olmayan ve pahalı bir çözüme gidilir. Çelik yapım sistemi ile inşa edilmiş bir binadaki sözü geçen tesisat kanallarının bakım ve onarımları son derece kolay bir şekilde yapılabilmektedir [Özgen ve Bayramoğlu, 2002].

2.4.1.2. Mühendislik Açısından Avantajları:

• Yapı çeliğinin mukavemeti yüksektir. Böylece sistemin taşıması gereken toplam yük içinde taşıyıcı sistemin, yani çeliğin kendi ağırlığının payı az olur. Bu nedenle büyük açıklıkların geçilmesinde en elverişli malzemedir. Her ne kadar başka hafif metaller de yüksek mukavemetleri dolayısıyla kullanılabilirlerse de bunlar pahalı olmaları nedeniyle yaygın değillerdir. Açıklık arttıkça malzeme ve sistem ne olursa olsun öyle bir kritik açıklık değerine varılır ki (l_{ka}), sistem bu aşamadan sonra ancak kendini emniyetle taşıyabilir. Örneğin normal yapı çeliği (Ç:37-St.37), normal yapı kerestesi (II. sınıf çam) ve normal betonarme betonu (B.160) kullanıldığında σ_{em}/γ (σ_{em} : emniyet gerilmesi ve γ : birim hacim ağırlığı) değerleri eğilme hali için sırası ile (1600/7850, 100/600, 60/2400) alınırsa (l_{ka}) oranları sırası ile (49:40:6) olur. Normal yapı çeliği yerine yüksek mukavemetli çelik (Ç.52-St.52), II. sınıf çam yerine I. sınıf çam, B.160 yerine B.300 alındığında ise kritik açıklık oranları (73:52:10) halini alır [Duman, 1972].

Özellikle ülkemizde son derece yaygın olarak kullanılan betonarme yapım sistemi ile karşılaştırıldığında, çelik yapıların bu açıdan avantajı daha rahat fark edilebilir. Çünkü ülkemizde inşa edilen betonarme yapıların çoğu çelik iskelet sistem ile oluşturulabilecek nitelikte iken, çelik iskelet ile oluşturulan binaların büyük bir kısmı betonarme ile elde edilemeyecek yapılardır.

• Yapı çeliği homojen ve izotroptur. Bu sayede boyutlandırma problemlerindeki güvenlik katsayısı değeri (μ) diğer malzemelere oranla çok daha küçük alınabilir. Dolayısıyla da malzemeden yeterince yararlanmak mümkün olur.

• Yapı çeliğinin elastisite modülü yüksektir. Bu değer yapı çeliği için (E=2.100,00 kg/cm^2), ahşap için (E=100,00 kg/cm^2) ve betonarme için (E=210,00 kg/cm^2)dir. (Ahşabın 21, betonarmenin 10 katı) Bu sayede sehimler, titreşimler, stabilite problemleri gibi eğilme rijitliğinin önemli rol aldığı boyutlandırma problemlerinde çelik, daha az malzeme kullanımını gerektiren sonuçlar verir.

Elastisite, elastik davranışın üzerindeki şekil değiştirmelerde enerji yutma özelliği sağladığından, bu özellik dinamik yükler altında önem kazanmaktadır. Tekrarlı yüklemeler altında betonarme yapının tek yönlü ve sınırlı olan enerji yutma yeteneği her tekrarda azalarak bozulur ve deformasyon oluşmadan kırılma gerçekleşir. Çelik yapıda ise elastik sınırlar aşıldığında yani yapıya beklenenin üzerinde yük

etkidiğinde, çelik yapı elemanları yüksek şekil değiştirme kapasitesi sayesinde şekil değiştirir ve deforme olur. Bu esnada oluşan enerji yutulur ve etkiyen yükler altında yapı ayakta kalarak görevini sürdürmeye devam eder. Fakat bunun olabilmesi için yük, kiriş ve kolonlar arasında dağıtılabilmelidir. Yani kiriş-kolon birleşimlerinin yeterli moment kapasitesine sahip olması gerekir.

- Çelik yüksek mukavemetli bir malzeme olup, öz ağırlığının taşıdığı yüke oranı çok düşüktür. Bu da yapıya hafiflik getirmektedir. Yapım sistemlerinin can damarı kabul edilen yapı çekirdeği, geleneksel sistemlerle kıyaslandığında % 30-40'lara varan oranlarda hafifler.

- Yapı ağırlığının azalması halinde yapıya gelen deprem kuvveti de azalır. Çelik yapıların yapı ağırlığı, betonarme yapılara göre yaklaşık %50 daha az olduğu için, yapıya etkiyen deprem kuvveti de aynı oranda azalacaktır. Deprem sonucunda binanın taşıyıcı sisteminde hasar olması istenmiyorsa, diğer bir deyişle yapının depremden hemen sonra da kullanılmaya devam edilmesi isteniyorsa veya depremin istatistiksel olarak beklenenin ötesinde bir şiddette olması durumunda da hasarı kontrol altında tutmak, yapının nerelerinde hasar olacağına karar verilmesi isteniyor ise çelik taşıyıcı sistemler son derece uygundur [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2002b].

Özellikle İstanbul gibi yoğun ve kalitesiz yapılaşmanın mevcut olduğu büyük şehirlerde, yapıların yenilenmesi işleminin gerektirdiği hız çelik kullanımı ile sağlanabilir.

- Ayrıca temellere gelen yüklerin betonarme yapılara göre daha az olması, temel zemini sağlam olmayan yerlerde yapılacak binalarda taşıyıcı malzeme olarak çelik seçimini mantıklı hale getirir. Çünkü temeller daha ucuz bir maliyetle yapılabilir ve betonarme olarak yapılması imkansız temeller, yükler azaldığı için yapılabilir hale gelir. Özllikle temel maliyeti yaklaşık %15-25 oranında azalır.

- Çelik yapının kalite güvencesi ve denetim açısından diğer bir üstün yanı da istendiği zaman taşıyıcı yapının açılıp görülebilmesidir. Sistemin kontrol edilmesi, istenilen her yerin açılıp istenilen yeri gözlemleme olanağı vardır. Dahası, tüm bu işlemlerin bina içerisinde yaşam sürerken de yapılabilmesidir.

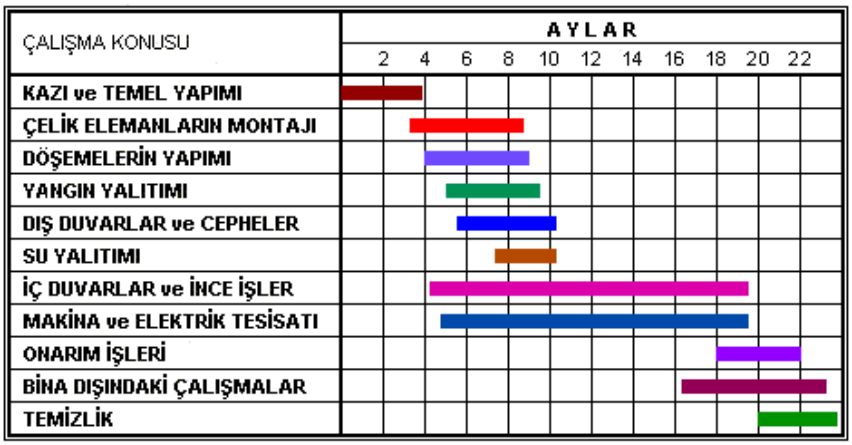
2.4.1.3. Uygulama Açısından Avantajları:

• Çelik, endüstriyel kalite güvencesinde bir yapı malzemesidir [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2002b]. Bunun sebebi de, yapı çeliği işçiliğinin büyük kısmının iyi donatılmış fabrikalarda, uzmanlar denetiminde ve vasıflı işçiler tarafından yapılıyor durumda olmasıdır. Çok tekrarlı ve benzer boyut ve kesitlerde olduğu için üretimleri otomatik makinalarla modern atölyelerde gerçekleştirilir. Malzeme kalitesi üretici tarafından garanti edilir. Üretim hatası olma ihtimali çok azdır. Prefabfikasyonun getirdiği bir diğer avantaj ise, taşıyıcı sistemi oluşturan çelik yapı elemanlarının üretim toleranslarının son derece hassas olmasıdır.

• 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.

• Şantiyede sadece bitmiş parçaların bir araya getirilmesi işi yapılır. Bu gibi sıva ve harç kullanılmadan inşa edilen yapılar "kuru inşaat" olarak da adlandırılabilir [Özfiliz, 2002]. Bu da hava şartlarından bağımsız olarak yılın her günü yapılabilir. Yani çelik taşıyıcı sistem, aynı tip ve hacimdeki betonarme iskelete oranla çok daha kısa sürede tamamlanabilir. Bundan dolayı bazı durumlarda maliyeti daha fazla olmasına rağmen çelik sistem tercih edilir. Geleneksel sistemlere nazaran yapım süresi üçte bire varan oranlarda daha kısadır (Tablo 2.3). Dolayısıyla da şantiye, işçilik, kira vs tüm dolaylı maliyetler azalır.

Tablo 2.3 - İngiltere'de 24 ayda bitirilmesi planlanan çelik çerçeveli bina inşaatı için iş programı [http://fatihakbay.tripod.com/celikyap/HIZYAP.html]



• Çelik malzeme kullanılarak inşa edilen binaları oluşturan bileşenler, üzerlerine düşen taşıyıcılık görevlerini, yapının bünyesine girdikleri anda, yani birbirlerine monte edilmeleri ile eş zamanlı olarak yerine getirmeye başlarlar. Böylelikle geleneksel sistemlerde olduğu gibi cephe, tesisat, döşeme gibi uygulamalara başlanması için belirli bir süre beklenilmesine gerek kalmaz. Örneğin New York'ta inşatları 1972 ve 1973 yıllarında biten Dünya Ticaret Merkezi ikiz kulelerinin (Şekil 2.8) üst katlarında taşıyıcı sistem kurulması ve cephe kaplaması işleri devam ettiği süreç içerisinde, alt katlara kiracılar taşınmaya başlamış ve bina aynı zamanda kullanım sürecine de girmiştir [http://www.pbs.org/wgbh/buildingbig /wonder/structure/world_trade.html]. Bu kriter, çelik yapıların ekonomik açıdan dikkate değer bir yanını da gözler önüne sermektedir.



Şekil 2.8 - 2001 yılına kadar New York silüetinin bir parçası olan Dünya Ticaret Merkezi ikiz kuleleri [Hasan Ünver kişisel arşivi]

• Dünyada en çok geri dönüşüme tabi tutulan malzemelerin başında çelik gelmektedir. Bu durumda yapı çeliğinin de tekrar kullanılabildiği anlaşılıyor. Çelik taşıyıcı sistem elemanları, oluşturdukları yapıdan kısmen veya tamamen söküldüklerinde, bir başka yapıda ve değişik şartlarda zayiatsız bir şekilde, sorunsuz

ve sınırsız olarak %100 geri dönüşümlüdür. Geri dönüştürülmüş çelik malzemede kesinlikle kalite ve güvenilirlik kaybı olmaz. Bu nedenle de tasarımcılar için çevre bilinci fırsatı verir. Çelik bir yapının inşaatı sırasında, şantiyede kurulan atölyelerde uygulanan kesme, delme vs. işlemlerin yarattığı atık malzemeler, yeniden değerlendirilebilmektedir. Hatta bu binaların herhangi bir nedenle ve herhangi bir şekilde yıkılması ve enkaz haline gelmesi, diğer bir deyişle çelik malzemenin hurda niteliği kazanması durumunda bile gene ciddi bir mâli değeri vardır. Fakat betonarme iskelet yıkıldığında bir moloz yığını haline gelir ve içinden çıkarılabilecek demir ise çoğu zaman yıkma masraflarını bile karşılamaz.

- 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 malzemeleri, son yıllarda giderek artan kanser vs. vakalarının esas nedenleridir. Yapı çeliği doğal bir ürün olduğu ve üretim sürecinde herhangi bir kimyasal işlemden geçmediği için insan sağlığına zararlı değildir.

- Çelik yapılar ekonomiktir. Fakat bu tanımlamadan, çelik yapıların ucuz bir uygulama olduğu sonucunu çıkarmak yanlış olur. Çünkü ucuzluk ekonomi ölçütü değildir. 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 hesaplamaya 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, 2002b].

2.4.2. Yapılarda Çelik Malzeme Kullanımının Yol Açtığı Dezavantajlar:

- Yapı çeliğinin yangın mukavemeti zayıftır. Bilindiği gibi yüksek ısı derecelerinde çelik mukavemetini kaybeder (600˚C'de $\sigma \approx 0$). Bu nedenle kapalı hacimlerde çıkan yangınlarda olduğu gibi, ısı derecesinin 500˚C'nin üstüne çıkması ihtimali olan hallerde çelik yapı elemanlarını korumak için önlem almak gerekir. Çok katlı yapılarda kolon ve kirişleri, tabanca ile püskürtülerek uygulanan koruyucu malzeme

ile kaplamak (pas payı=4 cm. olacak şekilde), yangına dayanıklı boya ile boyama, sıva ile sıvama, yangına dayanıklı alçıpan plaklarla ve izolasyon plakaları ile kaplamak, beton içine almak gibi yöntemlerle yangından koruyabiliriz. Bu yöntemler arasındaki seçim; kullanım amacı, estetik, maliyet gibi kriterler esas alınarak yapılır.

Yapının yangına karşı koruma yöntemi belirlenirken öncelikle yangın sınıfı tayin edilir. Ayrıca yapının yüksekliği, yangın esnasında binadan tahliye olacakların sayısı, yapının kullanım amacı gibi kriterler yapının yangın sınıfının belirlenmesinde etkendir.

Çeliğin yapılarda kullanımına ilişkin son derece önemli tarihi bir değere sahip olan Crystal Palace binası, 1936 yılında çıkan bir yangında tamamen yandı. Paris Evrensel Sergisi kapsamında, mimar Ferdinand Dutert tarafından tasarlanıp 1889 yılında çelik bileşenlerle inşa edilen Palais Des Machines binası da, Crystal Palace ile aynı akibete uğramış ve 1909'da yanmıştır. Bu iki olaydan da anlaşılacağı üzere, çelik yapılar mimari açıdan son derece esnek çözümlere olanak sağlayıp geniş bir perspektifte mühendislik ile ilgili çoğu problemi ortadan kaldırırken, özellikle yangın gibi fiziksel etkenlere karşı oldukça zayıftır. Günümüzde son derece hızlı bir gelişim gösteren teknolojinin yardımıyla, yangın gibi etkenlerin tesirlerini yapının iskeletine iletmesini engelleyen izolasyon sistemleri geliştirilse de, bu gibi tehlikeler çelik yapılar için kalıcı olacaktır.

Bunun son örneği, 11 Eylül 2001 tarihinde, New York'daki WTC (Dünya Ticaret Merkezi) ikiz kulelerine düzenlenen terörist saldırıda da görüldü (Şekil 2.9). Kulelere çarpan uçakların kinetik enerjilerinin ve çarpışmanın mekanik etkilerinin binalar üzerinde oluşturdukları ağır hasar, yangına karşı koruma donanım ve sistemlerini etkisiz bırakmış, bunun sonucunda da uçak yakıtı gibi yüksek yanıcılık özelliklerine sahip maddenin yanması ile oluşan yoğun ısıya 2 numaralı WTC kulesi sadece 56 dakika, 1 numaralı WTC kulesi ise 102 dakika dayanabilmişlerdir [http://vincentdunn.com/wtc.html]. Şüphesiz ki kulelerin statik hesaplarında, bu büyüklükte cisimlerin çarpması sonucu taşıyıcı sistemde oluşabilecek etkiler düşünülmüş ve hesaplanmıştır. Ayrıca çelik taşıyıcıların ısıdan tecrit edilmesi de çok özenli bir şekilde yapılmıştır. Ancak çarpışmanın etkisiyle parçalanan uçaklardan kopan metal cisimler, bina iç hacmindeki çok büyük bir alana uygulanmış olan yangın tecrit malzemelerine çok büyük ölçüde hasar vermiş, bunun sonucunda da çelik taşıyıcı sistem yüksek ısıya maruz kalarak taşıyıcılıklarını yitirmiştir.



Şekil 2.9 - WTC binalarının yıkıldıktan sonraki görünüşü
[http://vincentdunn.com/wtc.html]

Her ne kadar yangın, çelik taşıyıcı sistemler için çok büyük bir potansiyel tehlike arz ediyor olsa da, sistemi oluşturan çelik elemanları yangından korumaya yönelik önlemleri almak diğer geleneksel yapım sistemleri ile karşılaştırıldığında nisbeten daha kolaydır. Önemli olan konu, daha önce de belirtildiği gibi, yapının fonksiyonuna bağlı olmak üzere yangın durumunda ayakta kalması gereken süre ve alınacak önlemlerin net bir şekilde belirlenmesine yönelik son derece ciddi çalışmaların yapılmasıdır.

- Yapı çeliği, atmosferin zarar verici etkilerine karşı korunmasız bırakıldığı taktirde korozyona müsaittir ve bu nedenden dolayı da korozyondan korunmalıdır. "Alman Maden Koruma Komitesi" korozyonu "kasdı olmayan ve beklenmeyen kimyasal ve elektrokimyasal tesirlerle katı bir maddenin yüzeyden iç bölümlere doğru tahribi" olarak tanımlamıştır [Scheer, 1950].

Korozyonun en çok meydana gelen türü, demir ve çelikteki paslanma olayı, yani oksijen ve rutubetin etkileridir. Havada serbest halde bulunan oksijen ve hidrojenin demir ile kimyasal reaksiyona girmesi sonucunda demir oksit bileşiği oluşur. Bu bileşiğin ortaya çıkması için gerekli olan demir, ortamda yer alan demir ya da çeliğin yüzeyinden sağlanır. Ortamdaki demir ya da çeliğin bu etkiye maruz kalma süresi, bu elementlerden meydana gelmiş olan yapı bileşenleri üzerindeki tahribatı da bire bir

etkilemektedir. Diğer bir deyişle, bu kimyasal safha ne kadar uzun sürerse o kadar çok demir harcanır ve tahribat da o derece ileri gider.

Bu tür oksidasyonların önüne geçebilmek için çelik bünyesine bir takım alaşım maddeleri katılır. Bunlar içinde en önemlisi, daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi kromdur. Krom ile en az %12 oranında ve homojen alaşım oluşturmuş çelik malzemeye oksijen etkidiğinde, öncelikle krom ile tepkimeye girer ve krom oksit bileşiği ortaya çıkar. Bunun sonucunda da paslanmaz çeliğin elemanın yüzeyi çok ince bir krom oksit filmi ile kaplanarak demir ile oksijenin ilişkisi kesilir. Bu sürecin başarılı olarak gerçekleşmesi için çelik yapı malzemesinin yüzeyinin tüm pislik ve çapaklardan temizlenmesi şarttır.

Çelik üzerine oksijen ve hidrojenin bıraktığı bu etkiye benzer zararları asit, baz ve elektrik gibi çeşitli unsurlar da belirli oran ve şekillerde meydana getirebilmektedirler.

Aynı ortamda bulunan iki metal kütle, eğer farklı elektriksel potansiyel değerlere sahip iseler, bu potansiyel farkı çok küçük düzeylerde de olsa elektrik akımı oluşmasını sağlar. Bunun gerçekleşmesi için, iki kütlenin birbirine değiyor olması gerekmez. Hatta, aradaki mesafe arttıkça aradaki gerilim farkı da o oranda artmaktadır. İşte bu çok küçük elektrik akımı, eğer ortamda rutubet de varsa küçük bir elektrik santrali oluşmasına neden olur. Bu olay sonucunda da malzemelerin yüzeyinde aşınma meydana gelir.

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 engellemesi gereklidir.

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 edilemeyen çelik konstrüksiyonlarda pahalı olmasına rağmen galvanize edilmiş çelik profiller kullanılır.

- Çelik, diğer çoğu metalin de olduğu gibi yüksek ısı iletkenliğine sahip bir malzeme olmasından ötürü ısı köprüsü olarak çalışmaya son derece müsaittir. Bundan dolayı

da, gerekli önlemler alınmadığı taktirde iç mekanlarda ısı kaybı ve buna bağlı olarak da konfor şartlarının standartların altına düşmesi gibi etkilere sebep olur.

- Çelik inşaatla sürekli meşgul olan ve belli bir geçmişe, tecrübeye ve tesise sahip olan, tanınmış firma sayısı –özelikle Türkiye kapsamında ele alındığında- oldukça azdır. Bazı durumlarda çelik işçiliğinin tamamı şantiyelerde kurulan geçici barakalarda yapılmaktadır.

Taşıyıcı sistemi çelik olan yapılarda kaliteye etki eden en önemli faktör imalat ve uygulamaya başlamadan önce tüm projenin hazırlanma gereğidir. Projelerde yapıda kullanılacak tüm malzemeler tanımlanmalı, uygulama detayları verilmeli ve çelik taşıyıcı sisteme olan bağlantıları gösterilmelidir. Çelik yapıda ana prensip, tüm imalatların fabrika ortamında yapılmasıdır. Ayrıca projelendirme, betonarme yapıya göre daha çok detay içerir [Korkut, 2001].

- Deprem açısından aktif bölgelerde çeliğin betonarme yapılara karşı üstünlüğü tartışılmaz iken, 50 katın üzerindeki yapılarda rüzgarın dinamik etkisi önem kazanmakta ve betonarme yapılara nazaran daha hafif ve deformasyon kabiliyeti daha fazla olan çelik yapılarda bu durum daha fazla sorun yaratmaktadır.

3. ÇELİK YAPI BİLEŞENLERİ:

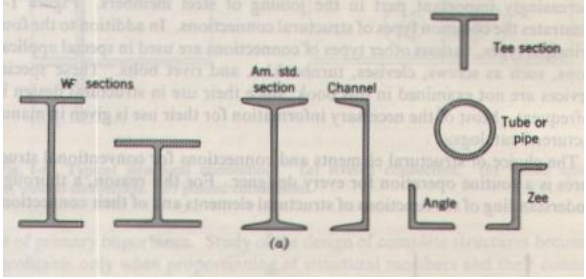
3.1. Hadde Mamülleri:

Madenleri tel, çubuk demir ya da profil haline getirmek için kullanılan ve türlü boyut ve biçimde delikleri olan alete "hadde" adı verilmektedir [Hasol, 1993]. Madenler bu deliklerden çekilerek şekillendirilir. Madenlerin haddeden geçirilmesi "sıcak çekme" ve "soğuk çekme" olmak üzere iki şekilde yapılır. Sıcak çekme yöntemine maden ısıtıldıktan sonra haddeleme işlemine tabi tutulur. Soğuk çekmede ise çelik, sert çelik kalıpların gittikçe küçülen ardışık deliklerinden geçirilerek tel ya da 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.

Çelik yapıların başlıca yapı bileşenlerini ve elemanlarını hadde mamuleri oluşturmaktadır. Çelik yapılarda en fazla kullanılan hadde ürünleri şu şekilde gruplandırılabilir:

3.1.1. Profiller:

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 (Şekil 3.1) [Wardenier, J. ve diğ., 2001].



Şekil 3.1 - Profiller [Bresler, 1968]

3.1.1.1. Açık Profiller:

I çelikleri (putreller): Yükseklikleri (h) = 8 ~ 60 cm. arasında değişir. (Şekil 3.2a)

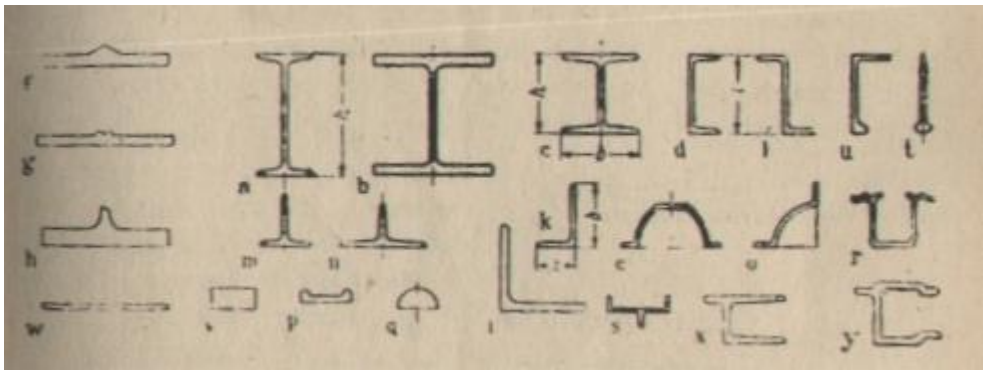
IP çelikleri (geniş başlıklı putreller): Bu profillerin başlıkları geniş ve iki yüzleri paraleldir. h = 10 ~ 100 cm. arasındadır. (Şekil 3.2b)

I çeliği: Geniş başlıklıdır ve başlıkların iç yüzeyi %9 eğimlidir. h = genişlik(b) = 10~ 18 cm. (Şekil 3.2c)

[çeliği: h = 8 ~ 40 cm. (Şekil 3.2d)

∟ çelikleri (köşebentler): Kol boyutları ve dolayısıyla da kol uzunlukları oranı değişiktir. (Şekil 3.2k)

⊥ çeliği: Yüksek gövdeli (b/h=1/1 ve h = 1,5 ~ 14 cm.) ve geniş ayaklı (b/h=2/1 ve b= 6 ~ 20 cm.) olmak üzere iki gruba ayrılır. (Şekil 3.2m ve n)



Şekil 3.2 – Açık profiller [Ardan, 1973]

3.1.1.2. Kapalı Profiller:

Kapalı profiller "kutu profiller" ve "boru profiller" olmak üzere iki tip altında incelenebilir.

- Kutu profiller, dikdörtgen kesitli, içi boş çelik profillere verilen isimdir [Hasol, 1993]. Kutu profil kullanımının en avantajlı özelliklerinden biri, profillerin kenar uzunluk ve et kalınlığı gibi değerlerinin birbirlerine çok yakın aralıklarla üretilebiliyor olmasıdır. Ayrıca büyük uzunluklarda üretilebilmesi de önemli bir avantajdır.

- Boru profiller daire kesitli çelik elemanlardır.

Burkulma yükü altında kapalı profillerin, özellikle de boru enkesitli olanların avantajları oldukça fazladır. Kutu ve boru profillerin burulma atalet momenti açık kesitlilere göre 200 ile 500 kat arası fazladır. Dolayısıyle dayanım/ağırlık oranı da yükselmektedir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Kapalı profiller, açık profillere nazaran daha az dış yüzey alanına sahip olmaları nedeniyle yangın ve korozyona karşı kullanılan koruma yöntemleri açısından da kazançlı olmaktadır. Yani kısaca, hem hafif olmaları, hem de koruma malzemesinin az kullanılması nedeniyle açık profillere göre maliyet üstünlükleri vardır.

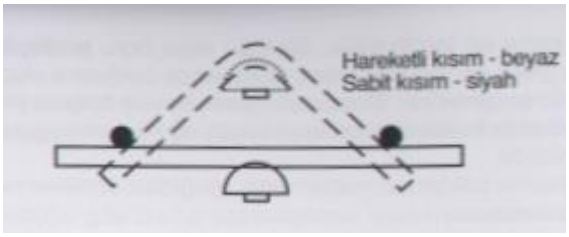
Birleştirilmeleri sürecinde kaynak, bulon veya yapıştırma tekniklerinin hepsi kullanılabiliyor olsa da en çok kaynaklama kullanılır. Bundaki asıl amaç, yapılarının kapalı olmasından dolayı bulonlanmalarının, özellikle boru profiller için zor oluşudur.

Yapının imalatı genellikle parçaların uç hazırlıklarının yapılması ile başlar ki bu da çok çeşitli kesim işlemlerini gerektirmektedir. Bu kesim süreçleri "testere ile kesim" ve "oksijenli kesim"dir. Testere ile kesimde, bağlantının yapılacağı yüzeyin tek düzlemli uç hazırlıkları söz konusudur. Oksijenli kesim ise genellikle boru kesitlerde kullanılan bir yöntemdir. Atölye dışında da kullanılabilir. Son yıllarda otomatik oksijenli kesim yöntemi de yaygınlaşmaktadır ve bu sayede de her türlü çap ve eğim açısı kombinasyonu gerçekleştirilebilmektedir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

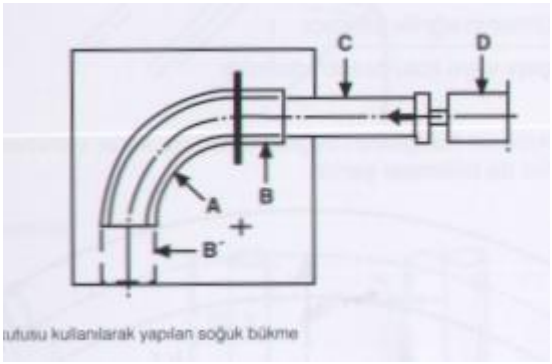
Gerek kutu, gerekse boru profillerin bükülmeleri (kemerleme) hem sıcak, hem de soğuk şekilde yapılabilir. Soğuk bükmenin maliyeti daha düşük olduğu için daha fazla tercih edilir. Genelde atölye ortamında yapılırlar. Ancak bazı durumlarda ve küçük parçalar söz konusu olduğunda şantiyede de gerçekleştirilebilirler. Bükme işlemi sırasında basınç bölgesinde burkulma oluşacağından dolayı buradaki et kalınlığının arttırılması gereklidir. Soğuk bükme işlemi için bir takım değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları presleyerek soğuk bükme (Şekil 3.3), şekillendirme kutusundan (former box)'tan geçirme (Şekil 3.4), merdane (Şekil 3.5), açılı kesimli bükmelerdir.

Kapalı profillerin yapılarda sağladıkları yararlardan biri de, elemanların doğrudan birbirine kaynaklanabilmesi ve böylelikle de bağ ve ek levhaları gibi estetiği olumsuz

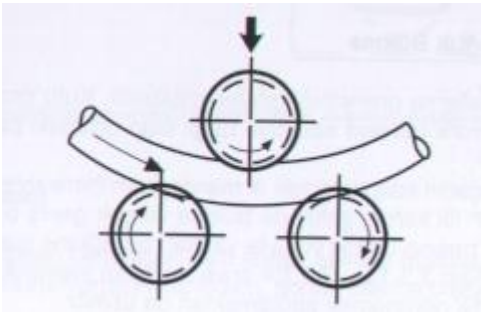
yönde etkileyen birleşim elemanlarına ihtiyaç duyulmayan çözümlemelere olanak vermeleridir.



Şekil 3.3 - "Soğuk bükme" yöntemiyle kapalı profillerin şekillendirilmesi [Wardenier, J. ve diğ., 2001]



Şekil 3.4 - "Şekillendirme kutusundan (former box) geçirme" yöntemiyle kapalı profillerin şekillendirilmesi [Wardenier, J. ve diğ., 2001]



Şekil 3.5 - "Merdane" yöntemiyle kapalı profillerin şekillendirilmesi [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

3.1.2. Dikdörtgen Çelikler (Lama Çelikler):

Uzun, ensiz, yassı ve dikdörtgen kesitli çeliklere "lama çelikler" adı verilmektedir [Hasol, 1993].

Yassı lama çelikleri: b= 8 ~ 150 mm. ve t (kalınlık)=3 ~ 100 mm. (Şekil 3.2f, g, h, w)

Geniş lama çelikleri (üniversal çelikler): b = 150 ~ 1200 mm., t > 5 mm. (Şekil 3.2o)

İnce lama çelikleri : b = 10 ~ 500 mm., t = 0,75 ~ 5 mm. ayrıca geniş ince lamalarda b= 1250 mm.'ye kadar ulaşabilir [Duman, 1972].

3.1.3. Levhalar:

Enine ve boyuna göre kalınlığı çok az olan, genellikle 10 mm.'den ince gereçlere "levha" adı verilmektedir [Hasol, 1993].

3.1.3.1. Düz Levhalar:

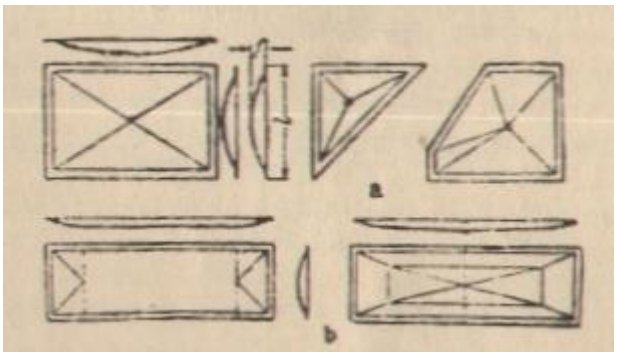
Üçe ayrılır: Kaba levhalar $t \geq 5$ mm. olan levhalardır. En büyük levha uzunluğu levhanın genişliğine ve kalınlığına bağlı olarak değişir [Ardan, 1973].

Orta levhalar: $3 \leq t \leq 5$

İnce levhalar: $t \leq 3$ mm.

3.1.3.2. Kubbeli Levhalar:

Bu levhaların kesiti her iki doğrultuda da kemer şeklindedir (Şekil 3.6a). Sehimleri genellikle 1/8 ile 1/15 arasındadır. Plandaki şekilleri serbesttir. Ayrıca bütün kenarlarının aynı yükseklikte istinat edilmeleri gerekmektedir [Ardan, 1973].



Şekil 3.6 – Kubbeli ve silindirik levhalar [Ardan, 1973]

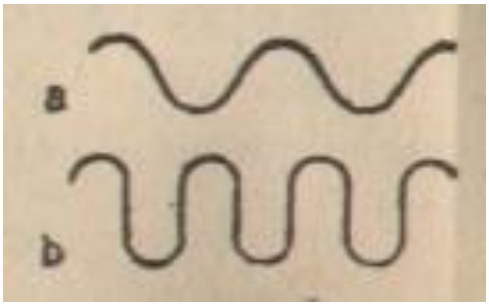
3.1.3.3. Silindirik Levhalar:

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 (Şekil 3.6b) [Ardan, 1973].

Kubbeli ve silindirik levhaların en derin noktalarına, toplanan suların akabilmesi için bir delik açılır. Levha kalınlıkları 4 ~ 10 mm. arasındadır.

3.1.3.4. Oluklu Levhalar:

Bu tip levhaarın da çeşitli şekilleri mevcuttur. Yassı oluklu saçlar (Şekil 3.7), atalet momentlerinin küçük olmasından dolayı büyük açıklıkları geçmek için uygun değildir. Kirişli oluklu saçlarda bu sorun yoktur, büyük açılıklar geçilebilir [Ardan, 1973].



Şekil 3.7 - Kubbeli ve silindirik levhalar [Ardan, 1973]

3.2 Birleşim Elemanları:

Bilindiği gibi çelik yapı iskeletleri, çeşitli çelik yapı elemanlarının birbirlerine eklenmesi ile oluşturulurlar. Bu ekleme işlemi yapılırken kullanılan elemanlara ise "birleşim elemanları" adı verilir. Diğer bir tanımlamaya göre; yapıyı oluşturacak çelik parçaları, statik ve mukavemet bakımından beraber çalışan yapı kısımları halinde birleştiren araçlardır [Deren, 1995]. Bu elemanların görevi, birleştirdikleri parçalardaki kuvvet veya gerilmelerin karşılıklı olarak birinden diğerine güvenilir bir şekilde aktarılmasını, diğer bir deyişle, çelik yapı elemanlarının ortak çalışmalarını sağlamaktır [Duman, 1972].

3.2.1. Birleştirme Nedenleri:

Çelik yapılarda kullanılmak üzere fabrikalarda üretilmiş olan çelik profillerin boyları sınırlıdır. Özellikle yüksek yapılarda bu sınırları fazlasıyla aşabilecek boyutlarda çelik elemanlara gereksinim duyulmaktadır. Bu gereksinmeler statik açıdan olabileceği gibi, sadece yeterli uzunlukta bir taşıyıcı sistem oluşturabilmek şeklinde de olabilir. Bu şekilde uç uca ekleme yoluyla yapılan birleşimlere "ek" adı verilir.

Bir diğer birleştirme nedeni de, birleşik kesit elde edebilme ihtiyacıdır. Tek parçalı kesitler genellikle ya statik ihtiyaçları karşılamaya yeterli değillerdir ya da gerek üretilecek malzeme miktarı, gerekse oluşturulacak bileşenlerin çeşitli özelliklerinden dolayı ekonomik olarak uygulanabilirlikten uzaktır. Konstrüksiyon yüksekliğinin

üstten sınırlı olduğu durumlarda mevcut profilleri levha ya da diğer profillerle takviye ederek ortak çalışmalarını sağlamak amacı da bulunabilir.

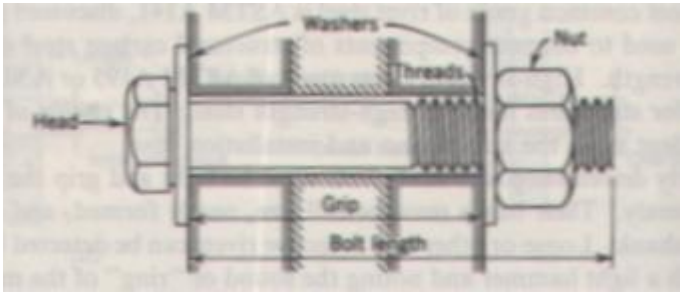
Çelik yapıların oluşturulması, taşıyıcı bir iskelet meydana getirmek suretiyle sağlanır. Bu da iskeletlerin bünyelerinde yüzlerce düğüm noktası olmasına sebep olur. Düğüm noktalarının fabrikalarda hazır olarak üretilmeleri çok zordur. Aynı binanın bünyesindeki bir kolonun değişik kotlardaki kiriş birleşimleri bile birbirinden farklı olabilmektedir. Bu yüzden de kafes gövdeli sistemlerde düğüm noktalarını oluşturabilmek, yani kirişlerin kirişlerle ya da kolonlarla birleşimlerini sağlayabilmek için daha sonra sözü edilecek birleştirme teknikleri kullanılır.

Çelik yapı elemanlarını birleştirmede kullanılan birleşim türleri "birleştirici elemana göre birleşim türleri" ve "elemanların birleşim şekline göre birleşim türleri" olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir

3.2.2. Birleştirici Elemana Göre Birleşim Türleri:

3.2.2.1. Çözülebilen (Bulonlu) Birleşimler:

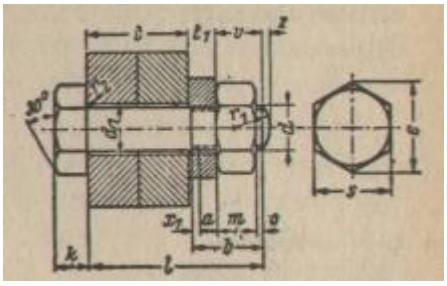
Bulonlar, çözülebilen birleşimler için kullanılan tek birleşim elemanıdır (Şekil 3.8). Ayrıca birleştirilecek parçaların üretildiği malzeme, bu parçaların şekli ya da boyutları perçin ya da kaynakla birleşime izin vermediği durumlarda; birleşimin yeri, kaliteli ve güvenilir kaynak veya perçin yapılması için elverişli olmadığı zamanlarda da bulonlar kullanılır. Örneğin çelik yapı elemanlarına ahşap gibi, kaynak kullanmanın imkansız olduğu malzemelerden üretilmiş elemanların birleştirilmesinde bulonlar rahatlıkla kullanılabilir [Ardan, 1973].



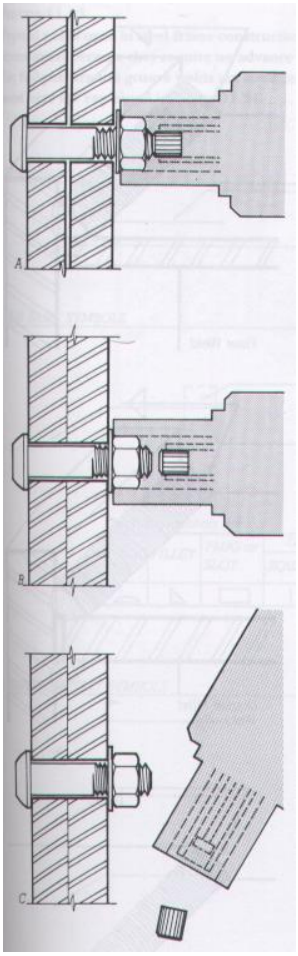
Şekil 3.8 – Bulonlu birleşim kesiti [Bresler, 1968]

Bulonlar delik çevresinde ezilme, gövdede ise makaslama gerilmelerine maruz kalacak şekilde tasarlanmış ve bu gerilmelere göre hesaplanan birleştirme elemanlarıdır. Silindirik gövdesinin uç kısmında spiral diş açılmış kısmı, altı köşeli başlığı bulunan bir birleşim aracıdır (Şekil 3.9). Deliğine konduktan sonra diş 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 (Şekil3.10) [Deren, 1995].



Şekil 3.9 – Bulonlu birleşim sistemi görünüşü [Ardan, 1973]



Şekil 3.10 – Bulonlu birleşimlerin uygulanışı [Allen, 2000]

Birleştirilecek çelik yapı elemanlarının toplam kalınlıkları, perçin yapılamayacak kadar fazla ise veya şantiyede perçin veya kaynak yapmanın ekonomik bir seçim olmaktan çıktığı durumlarda da bulonlar kullanılır.

Bulonlar "kaba (siyah) bulonlar", "uygun (parlak) bulonlar" ve "yüksek mukavemetli bulonlar" olmak üzere üç çeşittir:

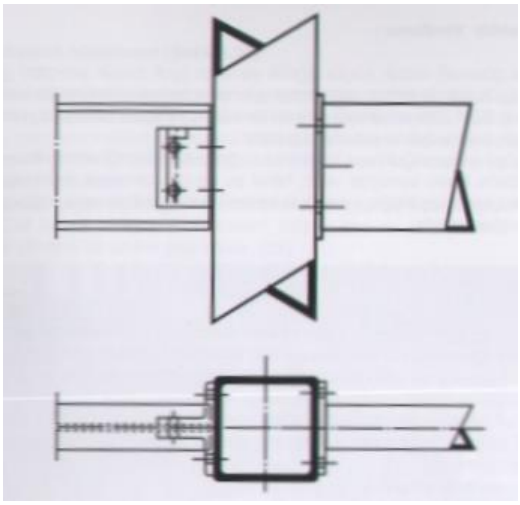
- Kaba bulonların yüzeyleri pürüzlü ve çap toleransı fazlaca olduğundan, perçinlerde olduğu gibi delik çapları, bulonun gövde çapından 1 mm. büyük yapılır [Duman, 1972]. Kaba bulon kullanılan yüksek binalarda 20 ~ 30 mm.lik çaplar için 0,3 mm tolerans kabul edilir. Ayrıca kaba bulonlarda, dişlerin bulunduğu kısmın dışında kalan kısımları işlenmemiştir. Yapılarda genel olarak kaba bulonlar kullanılır. Fakat bu tip bulonların dezavantajı, bunlar kullanılarak oluşturulan sistemlerin genel deformasyonların fazla olmasıdır. Bu nedenle taşıyıcı sistemi çelik olan çok katlı yapılarda, kolon eklerinde, ankastre kiriş birleşimlerinde, dolu gövdeli kiriş ekleri vs. yerlerde kaba bulonların kullanılmasından kaçınılmalıdır. Ayrıca deformasyonları farklı olacağından dolayı, kaba bulonlar uygun bulonlar veya perçinlerle birlikte de kullanılmamalıdır.

- Uygun 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].

- "İlk gerilmeli bulonlar" adı da verilen yüksek mukavemetli bulonlar, mukavemeti Ç.52'den yüksek olan çeliklerden üretilirler. Bu bulonlara ayrıca "HV bulonları" adı da verilmektedir. İşçilik açısından diğer bulon tipleriyle aynıdır. Fakat, somunları sıkmak için uzun kollu özel anahtarlara ihtiyaç vardır. Çünkü, somunların büyük ve belirli sıkma momentleri uygulamak suretiyle sıkılması ile, bulon ekseni doğrultusunda büyük çekme kuvvetleri ve birleştirdikleri parçaların yüzeylerinde de büyük basınç kuvvetleri, dolayısıyla da ön gerilme kuvveti meydana gelir. Kuvvet aktarımı bulon eksenine dik doğrultuda, bir elemandan diğer elemanlara temas yüzeylerinden sürtünme kuvveti yoluyla olur. Yani sisteme yükler etki ettiği zaman,

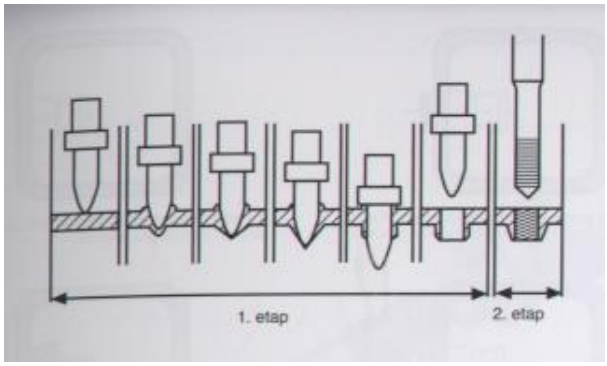
kayma kuvvetlerine, bu basınç kuvvetlerinin etkisiyle sürtünme kuvvetleri karşı koyar [Duman, 1972].

Son yıllarda yeni bir bulonlama tipi kullanılmaya başlanmıştır. Bu tip "kör bulonlama" olarak adlandırılmaktadır. Daha önce de değinildiği gibi, standart bulonlamada bağlantının iki yüzü de kullanılırken, kör bulonlamada bağlantı bir taraftan yapılır (Şekil 3.11). Bu sayede kutu profiller için de açık kesitli profillerde olduğu gibi bağlantı detayları elde edilir. Kör bulonlama sisteminde özel bulonlama teknikleri ve matkaplı delme sistemleri kullanılır [Wardenier, J. ve diğ., 2001].



Şekil 3.11 - Kör bulonlama yöntemi ile teşkil edilmiş bir birleşimin görünüş ve planı [Wardenier., J. ve diğ., 2001]

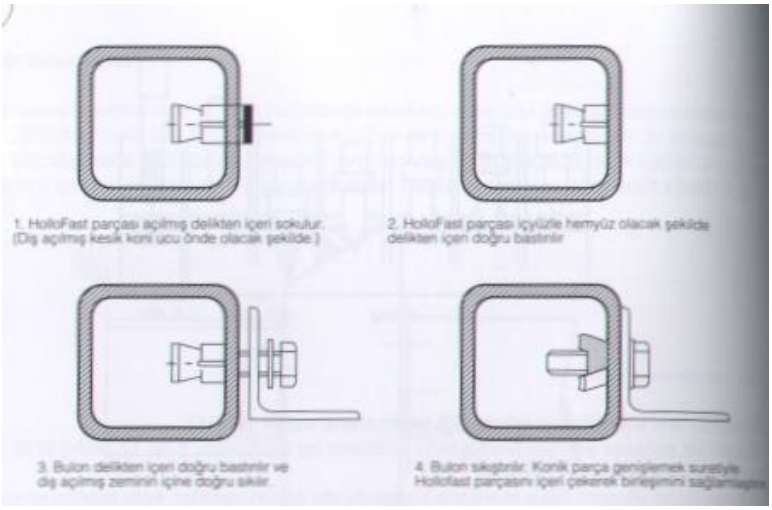
Kör bulonlama için çeşitli sistemler kullanılmaktadır. En çok kullanılanları "akımdelgisi metodu" ve "Lindapter HolloFast ve HolloBolt Sistemi"dir. Akımdelgisi metodunda tungsten, karpit delgi ile delik uzatılır ve bozulan kısım matkap ucuna bağlanmış bir ekipman yardımı ile otomatik olarak düzeltildikten sonra deliğe diş açılır (Şekil 3.12).



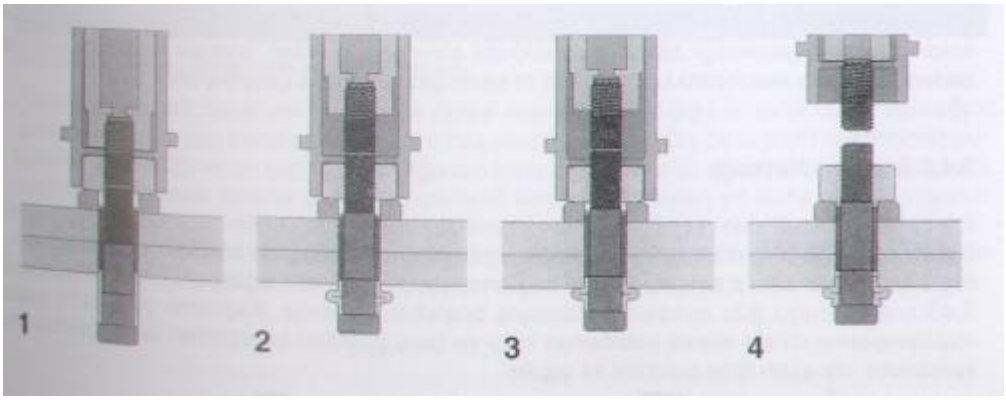
Şekil 3.12 - Akımdelgisi metodu ile bulonlamaya hazırlık olarak delik delinmesi [Wardenier., J. ve diğ., 2001]

Lindapter HolloFast ve HolloBolt Sistemi'nde kullanılan genişletilmiş bulonlar, delgi yöntemleriyle üretilmiş bir deliğin içine yerleştirilen özel bir çelik kesik koni biçiminde parça ile standart bir bulondan meydana gelir (Şekil 3.13). HolloFast parçası kesik koni biçimli ucu önde olacak şekilde delikten içeriye hafif çekiç darbeleri ile sokulur. Birleştirilecek elemanı profile sabitleyecek bulon HolloFast parçasının içine doğru sokulur ve sıkılır. İçeride kalan diş açılmış kesik koni parçası açılıp genişlemek suretiyle birleşimi sağlamlaştırır [Wardenier., J. ve diğ., 2001].

Ayrıca "Huck-Ultra-Twist" yöntemi kullanılarak uygulanan çalışmakar da bulunmaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.13 - Hollofast içine koyma detayları ve kurulum süreci [Wardenier., J. ve diğ., 2001]



Şekil 3.14 – "Huck-Ultra-Twist" yöntemi ile malzemede delik açılması [Wardenier., J. ve diğ., 2001]

Galvanize yüksek mukavemetli bulonların sıkılmaları sırasında dişler ve pullar kaide olarak molibdendisülfat (molibkot) ile yağlanır. Sürtünme mukavemetli

birleşimlerde, birleşimin yapıldığı anda elemanların temas yüzeyleri pas, toz, yağ ve boya gibi sürtünmeyi azaltıcı maddelerden temizlenmiş olmalıdır. Hava etkilerine dayanıklı çeliklerle üretilen yapı kısımlarının birleşim yüzeyleri, daima sürtünmeyi arttırıcı bir boya ile boyanmalıdır [Deren, 1995].

Gerek kaba bulonlarda, gerekse uygun bulonlarda kullanılan somunların ve pulların çapları ile delik çapları aynıdır. Pul, bulonun dişli kısmının uzunluğunun ayarlanmasında ve bulonun sıkılması sırasında birleştirilen elemanlara etkiyen yüklerin yayılı hale getirilmesi için kullanılan bir elemandır.

Bulonlar gövde çapları ile değil, dişli kısımlarının dış çapları ile anılırlar. Yani uygun bulonlarda bu değer çapın 1 mm. fazlası iken, kaba bulonlarda çapın aynıdır.

3.2.2.2. Çözülemeyen Birleşimler:

Çözülemeyen birleşimler olarak perçinli birleşimler, kaynaklı birleşimler ve tutkallı birleşimler incelenebilir:

a) Perçinler, bir kafa ile silindir biçimli gövde ya da saptan oluşan çelik birleştirme elemanlarıdır. Hasol [1983], perçini, iki veya daha çok maden levhayı birbirine bağlamak için kullanılan bir çeşit sabit bağlayıcı olarak tanımlamıştır. Genellikle yumuşak çelikten, bakır ve alaşımlarından veya alüminyum ve alaşımlarından yapılırlar. Uçak imalatında hafif alaşımlardan yapılmış perçinler kullanılır. Köprüler, çatılar, krenler, çelik yapılar vs. üçgen biçimine getirilerek birbirine tutturulmuş yapı öğeleriyle kurulur. Bu öğelere, atölyede, birbirine değen iki ya da daha fazla sayıda parçada delikler açılır. Perçin bu deliklere geçirildikten sonra, ucu dövülerek yassılaştırılır. Makaslamaya ve delik çevresindeki ezilmeye göre hesaplanır.

Perçinler, sıcak ve soğuk olarak deliğe sokulup dövülmesine göre "sıcak perçin" ya da "soğuk perçin" adını alır.

- Sıcak perçinler, adından da anlaşılacağı gibi perçinin ısıtılarak oturtulması ile elde edilen birleşimlerdir.

- Soğuk perçinlerde ise sözü edilen ısıtma işlemi uygulanmaz. Fakat bu tip perçinleme çapı 6 mm.'den fazla olan perçin gereken durumlarda elverişli değildir.

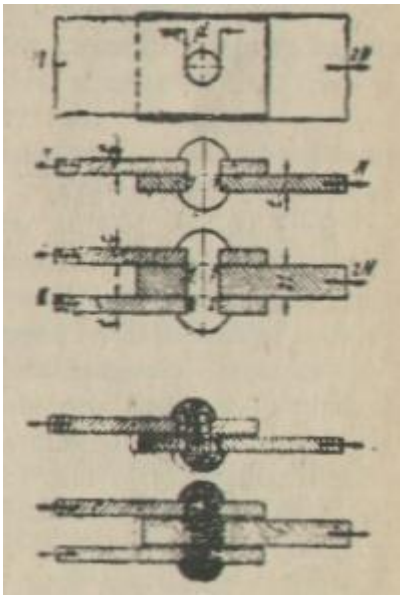
Parçalarda yer alan delikler, atölyede matkap yardımıyla açılır. Deliklerin tam uyması amacıyla, atölyedeki delme işlemi sırasında delikler bir 2 ~ 3 mm. kadar dar açılır. Montaj sırasında da geçici olarak bulonlarla ya da hafifçe kaynaklanarak

(puntalama) birleştirilen levhalarda yer alan delikler bundan sonra olmaları gereken boyutlara getirilir.

Yerine konmamış perçinlere “ham perçin” adı verilir. Bu perçinlerin başları “yuvarlak” ya da “gömme” olmak üzere iki şekildedir. Genellikle yuvarlak başlı perçinler kullanılmaktadır. Ham perçinlerin gövde çapları, içine konulacakları delik çapından 1 mm. küçük olmalıdır [Hasol, 1993].

Ham perçinler, Ç.34 (normal Ç.37 yapı çeliği elemanların birleştirilmesinde kullanılır) ya da Ç.44 (yüksek mukavemetli Ç.52 yapı çeliği elemanların birleştirilmesinde kullanılır) kalitesindeki çeliklerden imal edilirler. Buradan da anlaşılabileceği gibi, ham perçinler, birleştirecekleri çelik elemanlara göre daha yumuşak çelikten üretilmelidir.

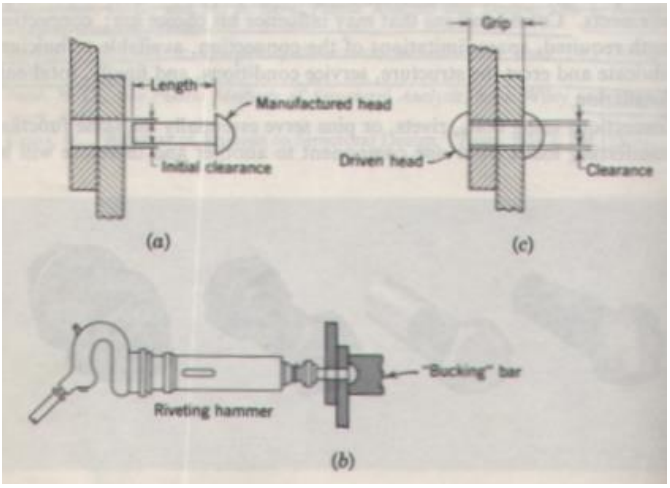
Perçinler tek, çift ya da çok tesirli olarak çalışabilirler (Şekil 3.15). Bu tesirlerin bilinebilmesi için kuvvetlerin sisteme nasıl etkidiğinin bilinmesi gerekir. Yapı bir yük altında olduğu zaman, metal levhaların kenarları, tıpkı bir makasın kesici ağızları gibi perçini keser. Perçinlerin arasındaki 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.



Şekil 3.15 – Perçinlerin çalışma mantığı [Ardan, 1973]

Perçinin, çelik yapı elemanlarına uygulanması sırasında yapılan işlemler kısaca şu şekilde özetlenebilir:

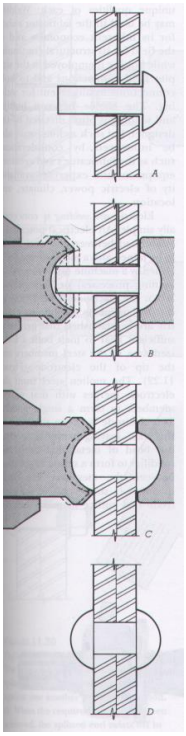
Daha önce de belirtildiği gibi, perçinin yer alacağı çelik yapı elemanları üzerindeki delik, perçinin gövde çapından 1 mm. fazla olacak şekilde delinir. Ham perçin, 900 ~ 1000ºC civarındaki "kızıl derece"ye kadar ısıtıldıktan sonra soğumadan yerine konur. Ham perçin başı olarak ifade edilen taraftan sabitlenmek koşuluyla, perçinin delikten çıkan ucu perçin çekici ya da hava basınçlı özel makineler (pnömatik) kullanılarak dövülür (Şekil 3.16). Bu darbe etkisiyle "kapak başı" adı verilen ve diğer başın simetriği niteliğinde ikinci bir baş oluşur. İşleme başlamadan önce ısıtılmış olan perçin gövde çapı, darbenin de etkisiyle büyüyerek perçin deliğin şeklini alır. Uygulamalarda perçin çapları genellikle 11, 13, 17, 21, 23 ve 25 mm. olarak kullanılır.



Şekil 3.16 – Perçinlerin pnömatik kullanılarak dövülmesi [Bresler, 1968]

Perçin uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta da perçinin gövde uzunluğunun uygun seçilmesidir. Dövülme sırasında deliğin tamamen dolması ve kapak başının oluşabilmesi için bu önemli noktaya özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Eğer gövde uzunluğu gerekenden uzun olursa da kapak başı çevresinde görüntüsü hoş olamayan fazlalıklar kalacaktır. Bu bakımdan, birleştirilecek parçaların toplam kalınlığı, perçinin gövde çapının 6,5 katından küçük olmalıdır (Şekil 3.17) [Ardan, 1973].

Gömme başlı perçinlerin yerleştirilecekleri delikler önce silindirik olarak açılır. Fakat bu perçinlerin yuvarlak perçinlerden farkı, gömme başların geleceği delik ağızlarının sonradan konik olarak genişletilmesi zorunluluğudur.



Şekil 3.17 – Perçinlerin elle dövülmesi [Allen, 2000]

Perçin birleşimleri uç uca ya da üst üste birleşimler olabilir. Üst üste birleşimlerde, birleştirilecek levhalar üst üste yerleştirilir. Uç uca birleşimlerde ise, levhalar uçlardan birbirlerine değdirilerek, bağlantı bölgesinin üstü başka levhalarla ya da plakalarla kaplanır. Bu plakaların kalınlığı, birleştirilen levha kalınlığının en az yarısı kadar olmalıdır.

Hesaplamalar sırasında, perçinlere gelecek kuvvetleri az olması ve bunun sonucunda da tek perçin konumlandırmanın yeterli olmasında bile en az iki perçin kullanılmalıdır. Bu gereklilik uygulama kolaylığı nedeniyledir. Çünkü levhalar, birleştirilmeleri sırasında mutlaka geçici olarak bulonlarla sabitlenmek zorundadır. İlk deliğe perçin uygulanmadan önce diğer delik bulonla tespit edilir. Perçin uygulandıktan sonra da bulon yerinden çıkarılıp o deliğe de perçin yapılır.

Perçin kullanımında dikkat edilmesi gereken bir takım unsurlar mevcuttur. Örneğin, özellikle perçin boşluklarından sistem bünyesine giren su, metal parçaların korozyona maruz kalmasına yol açabilmektedir. Bu tip yapı hasarları hakkında daha geniş bilgi, ilerleyen bölümlerde verilecektir.

b) Kaynak, maddeleri birleştirmede kullanılan bir yöntemdir. Hasol [1993], kaynağı "iki maden veya plastik parçasının birbirleriyle kaynaşıp yapıştıkları yer veya onları kaynaştırıp yapıştırma işi" olarak tanımlamıştır. Diğer bir tanımlamaya göre de

“maden veya plastik iki parçayı elektrik arkı, elektrik direnci ya da bir alevden yararlanarak ergitme, basınç ya da hem ergitme hem de basınçla birleştirme”dir [Shedd, 1934]. Kaynakla birleştirilen maddeler genellikle metallerdir. Ama bu yöntemle plastik gibi bazı maddeler de birleştirilebilir. Kaynak, demir şeritlerin ısıtılıp, birlikte dövülerek birleştirildiği eski kılıç yapım yönteminden gelişerek, metalürji, fizik, kimya, elektronik ve kuantum mekaniğini de içeren bir teknik haline gelmiştir. Metalürjideki kaynak tanımı; aynı veya benzer alaşımlı metallerin ısı etkisi altında birleştirilmesidir. Çözülmeyen birleşim elemanlarından biridir.

Temel olarak düşünüldüğünde, çelik sınıflarının kimyasal birleşimleri çeliğin kaynaklanabilirliğini belirler. “Bölüm 2.3”de incelenmiş bulunan alaşımsız çelikler, dayanımlarının azalmaması için ısıl işleme tabi tutulmazlar.

Kaynakların çoğu, birleştirilen parçaların bağlantı bölgesinde erimeleriyle sağlanır. Diğer bir deyişle, kaynaklama için, metaller ya ergime derecesine kadar ısıtılıp sıvı kıvamına getirilir ya da kızıl dereceye kadar ısıtılıp plastik kıvama getirilir. Herhangi bir dolgu metali kullanılmadan yapılan kaynaklara “kendinden erimeli” ya da “otojen” kaynak adı verilir [Deren, 1995].

Kaynak elektrodu, maşa ve bir kablo ile kaynak makinesinin (-) kutbuna kaynaklanacak parçalar da bağlantı maşası ve bir kablo ile kaynak makinesinin (+) kutbuna bağlıdır. Elektrodun ucu kaynaklanacak bölgeye yaklaştırılınca, elektrodun ucu ile kaynaklanacak parçalar arasında bir elektrik arkı meydana gelir. Arkın doğurduğu yüksek ısı (yaklaşık 40008C) etkisiyle gerek parçaların kenarları ve gerekse elektrodun ucu ergime durumuna gelir. Elektrodun ucunda oluşan metal damlaları, yer çekimi ve (-) kutuptan (+) kutba doğru meydana gelen elektron akımı etkisiyle, parçaların arasındaki kaynak derzini doldurur. Bu suretle, parçaların arasındaki derzde kaynak dikişi (kaynak kordonu) denen ve parçaların birleşimini sağlayan kısım oluşmuş olur [Deren, 1995].

Bazı kaynak yöntemlerinde de aynı veya benzer alaşımlı ilave bir metal (kaynak teli, kaynak elektrodu) kullanılır.

Kaliteli ve ekonomik kaynaklı imalat mesleki bilgiyi gerektirir. Metallerin işlendiği hemen tüm alanlarda yapı elemanlarının kaynaklı birleştirmeleri kullanılır. Kural olarak kaynaklı birleştirmelerin kalitesinden beklentiler yüksektir. Kaynak dikişi genellikle ana malzemenin özelliklerini sağlamalıdır.

Ama bu beklentiler, kaynaklı imalatın ekonomikliğini kötü yönde etkilemeden sağlanmalıdır. Bu ekonomiklik ve gerekli kaynak dikişi kalitesini ancak bir kaynaklı imalatın planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesinin, başlangıçtan sonuna kadar bir uzman tarafından veya onun kontrolünde yapılmasıyla mümkündür.

Kaynak alanında oluşan soğuk çatlaklar önemli bir risk oluştururlar. Bu tip çatlaklar kaynak metaline nüfuz eden hidrojen miktarı, ısı etkileşim alanının gevrek yapısı ve kaynak bağlantısında meydana gelen gerilme birikmesi sonucunda meydana gelebilir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Çelik taşıyıcı sistemi oluşturan malzemenin metal ile kaplama ya da galvanizleme gibi koruma amaçlı işlemlere sokulması söz konusu olduğunda kaynak kullanımı dikkate değer sorun oluşturmaktadır. Genellikle tüm konstrüksiyonu daldırabilecek şekilde geniş havuzların bulunmamasından dolayı, galvanizlenmiş elemanların tek tek kaynakla birleştirilmesi gündeme gelmektedir. Kaplama malzemesinin ısıl işlemden etkilenmesini önlemek amacıyla kaynak dikişinden 500 mm. uzaklığa kadarki bölgenin (kaynak bölgesi) kaplaması yakılma ve taşlama işlemleri ile kaldırılır. Kaynaklama işlemi bittikten sonra da koruma işlemi tekrar uygulanır.

c) Yapıştırma, son yıllarda perçin, kaynak gibi geleneksel birleşim tekniklerinin yerine geçen veya onlarla birlikte kullanılan bir birleştirme tekniğidir. Asırlardır doğal yapıştırıcı kullanılmasına rağmen yapıştırma teknolojisindeki en büyük gelişme, 20. yüzyılın başlarında ilk sentetik reçinenin elde edilmesi ile meydana geldi. Bu ilk sentetik reçine, sonraki reçinelere yol açmış ve yapıştırıcı kullanımında büyük bir artışa sebebiyet vermiştir. Günümüzde artık birçok sahada yapıştırıcı kullanılmaktadır. Özellikle karma malzemeler gibi, diğer metodlarla birleştirilmeleri zor, hatta imkansız olan malzemeler için yapıştırıcılar tercih edilmektedir [Kayacan, 1988].

Perçinli ve civatalı bağlantılarda olduğu gibi deliklere ihtiyaç duyulmamasından dolayı, yapıştırıcı kullanımında etkili malzeme kesitini zayıflatıcı unsurlar ortadan kaldırılmış olur. Yapıştırma işlemi nisbeten daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için, kaynaklı birleşimlerde sıklıkla görülen ani ısı değişimleri sonucu oluşan çarpılmalar ve mikroyapısal değişmeler önlenebilir. Özellikle yüksek mukavemetli malzemelerin en en ince boyutluları kullanılarak oluşturulan yapılarda bile tam mukavemetleri kullanılabilir. Yorulma çatlakları çok yavaş ilerler ve bunun

sonucunda da yorulma ömrü uzar. Bu nitelik, özellikle uçak sanayinde son derece önem taşıyan bir avantajdır. Özellikle sanatsal ürünler söz konusu olduğunda, çok daha düzgün dış yüzey ve güzel görünüş elde etmek mümkündür. Değişik çap ve kalınlıkta olan farklı birçok malzemenin yapıştırılması mümkündür ve bu sayede diğer metodların uygun olmadığı kompleks şekillerin üretimi de teknik olarak mümkün olur.

Tutkallı birleşimler ile elde edilen sistemlerde sızdırmazlık da sağlanır. Bu sayede bu sorunu önlemek için gerekli olan ek zaman ve masraflar da önlenmiş olur. Ayrıca yapıştırma için gereken zaman, diğer bağlantı tiplerinin uygulanması için gerekli olan süreden çok daha kısadır ve tek seferde geniş yüzeyler içeren çok sayıda parça yapıştırılabilir. Bunların yapılması sırasında da diğer sistemlerde olduğu gibi kalifiye işgücüne gerek kalmaz.

Tutkallı birleştirme yöntemi ile kullanılarak birleştirilmiş olan çelik yapı elemanları perçin, kaynak ve bulonla birleştirilenler gibi yüksek sıcaklıklarda kullanılamaz. Bununla birlikte soğuk, kimyasal etkenler, yumuşatıcılar, radyasyon gibi çeşitli fiziksel etkenler de yapıştırma bağlantısının bozulma ihtimali arttırırlar.

Yapıştırma bağlantılarının tamir ya da başka amaçlarla sökülmeleri zor hatta bazı durumlarda imkansızdır.

Diğer birleştirme yöntemleri ile karşılaştırılması gerekirse yapıştırma bağlantıları; kaynak, perçin ve bulonlu birleşimlerde olduğu gibi ergime sonucu kristal yapıda değişikliğe neden olmadığı, gerilme yığılmaları meydana getirmediği ve yapışmanın genellikle birleştirilen parçaların ergime sıcaklıklarının da çok altında yapılabilmesinden dolayı kendine uygun bir gelişme alanı bulmuştur. Bundan başka, ağırlık ve masraf bakımından önemli tasarruf sağlanabilmekte, daha düzgün ve temiz yüzeyler elde edilebilmektedir.

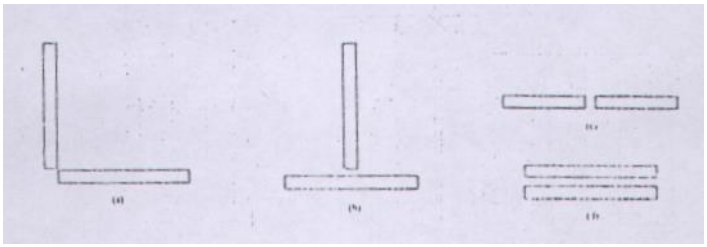
Bütün bu avantajları yanında kullanımlarını sınırlayan dezavantajları da da mevcuttur. Bunların başında yaşlanma ve süreklilik gelmektedir. Yapıştırıcıların yaşlanma ve süreklilik özelliklerinin tatmin edici olarak elde edilmesini sağlamak mümkün değildir. Diğer bir deyişle, bağlantıdaki süreksizlikler görülemez ve dolayısıyla değerlendirme de sağlıklı olmaz. Bu da her iş sahasında çekinmeden kullanılmalarını engellemektedir. Yapıştırma bağlantılarından verim alabilmek için bağlantı tasarımı, yapıştırıcı seçimi, yüzeylerin hazırlanması, temiz parçaların

korunması, yapıştırıcıların hazırlanması ve uygulanması, işlem için gerekli sıcaklık, basınç ve nem ortamının sağlanması ve yapıştırma işlemi safhalarında gerekli özen gösterilmelidir. Sertleşme süreleri genellikle oldukça uzundur. Kalıp ve diğer aletler gibi yardımcı ekipmana da yoğunlukla ihtiyaç vardır [Kayacan, 1988].

Perçinli birleşimler söz konusu olduğunda, deliklerin kesitleri küçülmesinin getirdiği bir sonuç olarak, delik kenarlarında tehlikeli sayılabilecek gerilme kuvvetleri meydana gelir. Hatta bindirme birleşimlerde eğilme momenti de oluşur ve parçalarda deformasyon gözlemlenebilir. Buralarda oluşan %15-30'luk mukavemet azalmalarının telafi edilebilmesi için bağlantı daha büyük ve dolayısıyla da daha ağır yapılır [Kayacan, 1988]. Ayrıca, çeliğe farklı malzemelerin birleiştirilmesi durumunda korozyon ve ısıl genleşme farkları gibi sorunlar da yapıştırma yönteminin kullanıması sonucunda ortadan kaldırılabilir.

Kaynaklı birleşimlerde, malzemede oluşan ergime ve sonrasındaki donma ısıl zorlanmalar ve kristal yapıda değişmelere neden olmaktadır. Yapıştırma yöntemi ile önüne geçilebilecek diğer bir sorun da kaynaklı birleşimlerde yalnız aynı malzemelerin birbirlerine birleştirilebiliniyor olmasıdır. Ayrıca yüksek mukavemetli çelikler ve hafif metal alaşımlar gibi çeşitli metaller, yapıları bakımından kaynağa elverişli değillerdir. Tutkallı birleşimler bu gibi durumlarda kullanılabilecek bir birleşim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır [Ünsal, 1985].

Yapıştırma yöntemi kullanılarak birleştirilecek olan çelik bileşenler için dört temel şekil söz konusudur (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 – Tutkallı birleşimler için temel birleşim şekilleri [Kayacan, 1988]

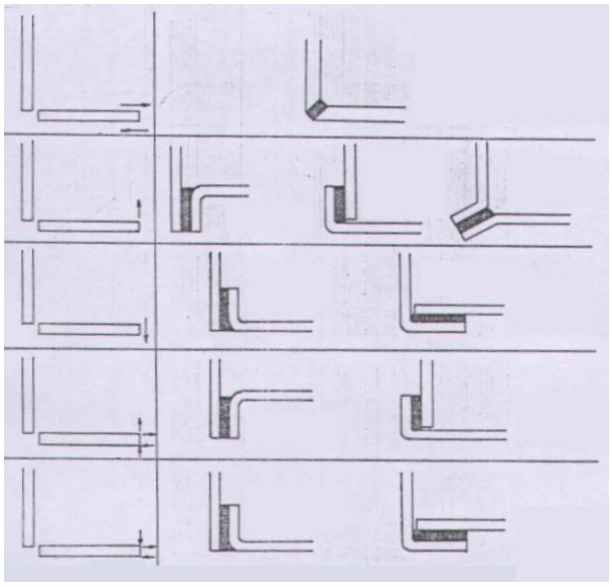
Tutkallı birleşimlerde, bağlantı yüzeylerine yapıştırıcı dağıtımını sağlamak üzere çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan en etkili olanları ve en çok kullanılanları "fırça ile uygulama", "basınçla uygulama", "merdaneyle uygulama", "püskürtmeyle uygulama" ve "bıçakla kaplama"dır [Kayacan, 1988]. Bu yöntemlerden en uygun olanının belirlenmesinde yapıştırıcının türü, üretim miktarı ve bağlantı miktarı gibi unsurlar önemle göz önünde bulundurulması gereken etkenlerdir.

“Fırça ile uygulama”da yüzeye uygulanan yapıştırıcı tabakasının kalınlığı genellikle değişkendir yani kalınlık kontrolü zordur ve damlalar içerme ihtimali oldukça yüksektir.

“Basınç ile uygulama” genellikle düz yüzeyler içeren sistemler için kullanımlarda başarılı sonuçlar verebilmektedir. Temel olarak, yapıştırıcının yapışma alanına akıtılması basınç tabancaları ile sağlanır. Nisbeten daha kısa zamanda uygulanabilme özelliği vardır. Ayrıca, fırça ile uygulanan yönteme göre, yüzeylere yerleştirilen yapıştırıcı tabakasının kalınlığının kontrolü daha kolaydır [Trahair ve Bradford, 1988].

“Merdane ile uygulama” yönteminde yapıştırıcı madde, depolama haznesine kısmen daldırılmış iletim merdanesi yardımıyla yapışma yüzeyine uygulanır. Düz ve geniş yüzeyli çelik elemanların birleştirilmesi için kullanılan en iyi yöntemdir [Kayacan, 1988]. Diğer metodlara kıyasla en düzgün yapıştırıcı dağıtımı ve en hızlı üretim bu yöntemle sağlanmaktadır.

Düşük vizkozite değerine sahip bulunan yapıştırıcıların çeşitli aletler yardımıyla yapıştırılacak yüzeylere püskürtülmesi ile uygulanan yönteme “püskürtmeyle uygulama” adı verilmektedir. Özellikle düzgün olmayan geniş yüzeylerdeki kullanımlar için oldukça uygun bir yöntemdir.

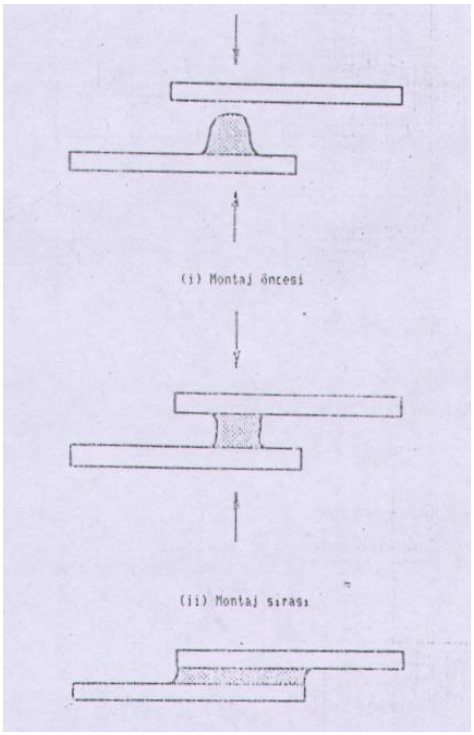


Şekil 3.19 - Tutkal ile uygulanan çeşitli tiplerdeki birleşimler [Kayacan, 1988]

Hareket eden levhanın üzerine akan yapıştırıcının, üst tarafta yer almakta olan bir bıçağın altından geçirilmesi “bıçakla kaplama” yönteminin ilkesidir. Yapışma

yüzeyine akan yapıştırıcı malzemenin kalınlığın kontrol etmek amacıyla bıçak ağzı veya çubuk gibi çok çeşitli elemanlar kullanılabilir. Mantık olarak, yapışma yüzeyi ile bıçak ağzı kenarı arasındaki mesafe, yapıştırıcı malzemenin kalınlığını belirleyen değişkendir.

Yukarıda sözü edilen veya genel kullanım dahilindeki yapıştırma yöntemlerinde dikkat edilmesi gereken ana unsur, yapıştırıcının yüzeye düzgün olarak yayılması ve dolayısıyla da bağlantı için gerekli olan alanı tam olarak ve mükemel yapışmayı sağlayacak şekilde doldurmasıdır (Şekil 3.19 ve 3.20).



Şekil 3.20 - Tutkal ile yüzey ilişkisi [Kayacan, 1988]

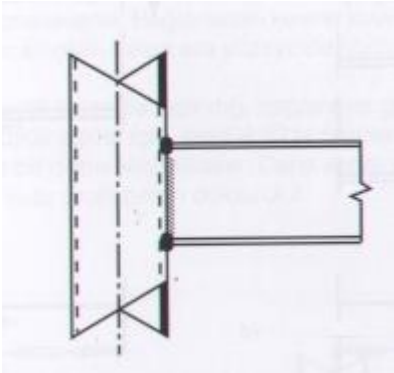
3.2.3. Elemanların Birleşim Şekline Göre Birleşim Türleri:

Çelik taşıyıcı sistem ile inşa edilen yapıların tasarım ve fabrikasyon maliyetlerinde çelik taşıyıcılar ve onları birleştiren birleşim elemanları kadar, taşıyıcı elemanların birbirleri ile birleşme şekilleri de çok önemli yer tutar. Taşıyıcı elemanların birleşim şekline göre birleşim türleri “doğrudan birleşimler” ve “dolaylı birleşimler” olmak üzere iki grupta incelenebilir.

3.2.3.1. Doğrudan Birleşimler:

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

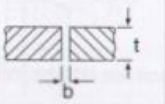
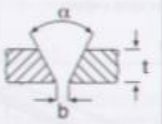
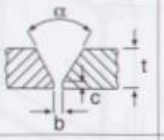
Doğrudan birleşimlerde yük transferi bir taşıyıcı profilden diğerine bir defada gerçekleştiği için, yapısal bütünlük daha yüksektir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 - Doğrudan birleşim [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

Genelde, yapısal bütünlük ve imalat giderleri, doğrudan bağlantıların kullanımını gerekli kılar. Ayrıca, kaynak veya bulonlama işlemleri doğrudan birleşimler söz konusu oluğunda dolaylı birleşimlere göre daha az miktardadır.

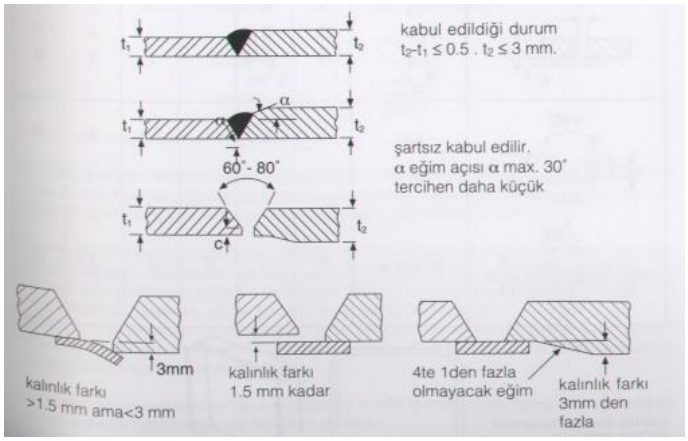
Tablo 3.1 - Farklı kalınlıklara sahip elemanların ağız ağıza kaynak için hazırlanması [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

cidar kalınlığı mm	uygulama	kaynak tipi	kaynak hazırlığı	∝ derece	b	c
3 e kadar	tek taraflı	I-tipi		-	t	-
3 ila 20	tek taraflı	V-tipi		~60	0 ila 3 mm	-
20 ye kadar	tek taraflı	Y-tipi		~60	0 ila 4 mm	1.5 ila 4 mm
3 ila 20 6 ila 20	tek taraflı çift taraflı	köşe kaynak		45 ila 60	0 ila 3 mm	-

Doğrudan birleşim çeşitlerinden biri "ağız ağıza birleşimler"dir. Adından da anlaşılacağı gibi birleştirilecek elemanların birleşim yüzeylerinin birbirlerine temas etmesini izleyen adımda, herhangi bir tutucu levha ya da korniyer gibi eleman kullanılmaz. Ağız ağıza birleşimler genellikle aynı doğrultuda devam eden taşıyıcı sistem bileşenlerini birleştirmek amacıyla küt kaynak ile yapılır. Kaynak işlemine

başlamadan önce, birleştirilecek profillerin kesit özellikleri göz önünde bulundurulmak şartıyla, eleman uçlarında hazırlık yapılabilir (Tablo 3.1). Örneğin kalın kesitli profile sahip elemanların uçlarında kaynak ağzı için pahlama gereklidir.

Bu işlemi gerçekleştirmenin amacı, yeterli kaynak penetrasyonu sağlayarak, zayıf elemanın taşıma gücüne veya yük faktörleriyle çarpılmış kesit tesir değerine ulaşmaktır [Wardenier, J. ve diğ., 2001]. Eğer, birleştirilecek elemanların kalınlıkları birbirlerinden farklı ise (Şekil 3.22)'de görülen detaylar uygulanır.

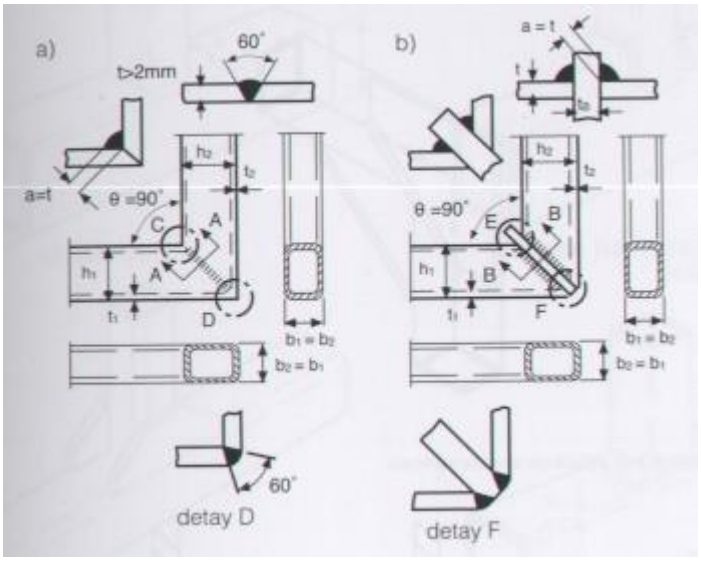


Şekil 3.22 - Farklı kalınlıklara sahip elemanların ağız ağıza kaynaklanması [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

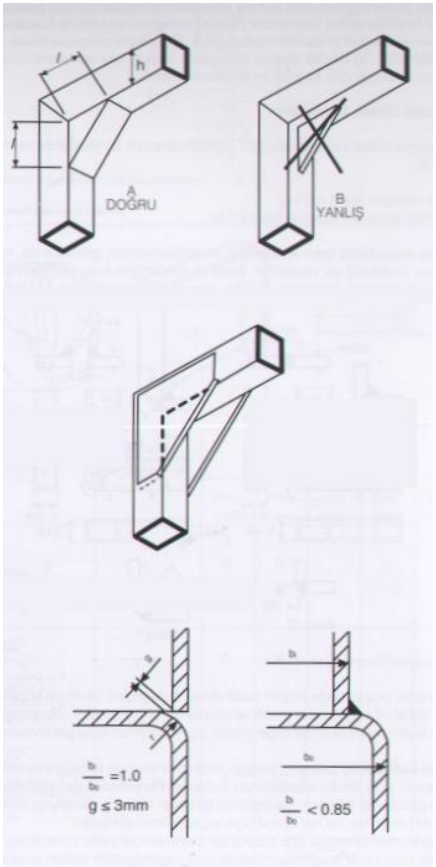
Birleştirilecek çelik taşıyıcı sistem elemanları aynı doğrultuda yer almayacaklar ya da birbirlerine göre açılı konumlanacaklar ise "dirsekli birleşimler" kullanılır. Boruların doğrultu değiştirmesi gereken yerlerde kullanılan L şeklinde ek parçasına, ya da eleman bünyesinde doğrultunun değiştiği bölgeye "dirsek" adı verilir [Hasol, 1993]. Eğer bir dirsek 90°'den büyük bir açıya sahipse, bu tip dirsekler "yarım dirsek" olarak nitelendirilir.

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 (Şekil 3.23a). Enleme levhalı dirsek birleşimler ise, değişik ebatlarda iki elemanın birleşiminde ya da birleşim noktasının mukavemetinin arttırılması istenen durumlarda kullanılır. Bu şekilde teşkil edilen birleşimlerde aşırı deformasyon sadece ince kesitli profillerde görülür [Wardenier, J. ve diğ., 2001]. Detayda kullanılacak enleme levhasının kalınlığı, minimum 10 mm. olmalı ve birleştirilecek çelik taşıyıcı elemanların kesit kalınlığının 1,5 katından az olmamalıdır (Şekil 3.23b). Birleşimin mukavemetinin enleme

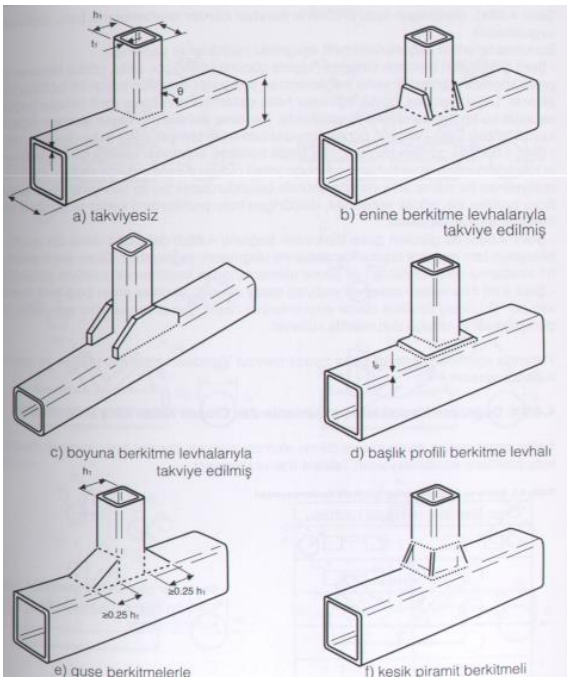
levhasına rağmen az olduğu durumlarda yanal levha ya da guse kullanımına gidilebilir. Bu seçenek ayrıca, yerel burkulmaya bağlı deformasyonları da önlemeye yardımcı olacaktır (Şekil 3.24 ve 3.25).



Şekil 3.23 - Dirsekli birleşimler [Wardenier, J. ve diğ., 2001]



Şekil 3.24 - Dirsekli birleşimler için guse detayları [Wardenier, J. ve diğ., 2001]



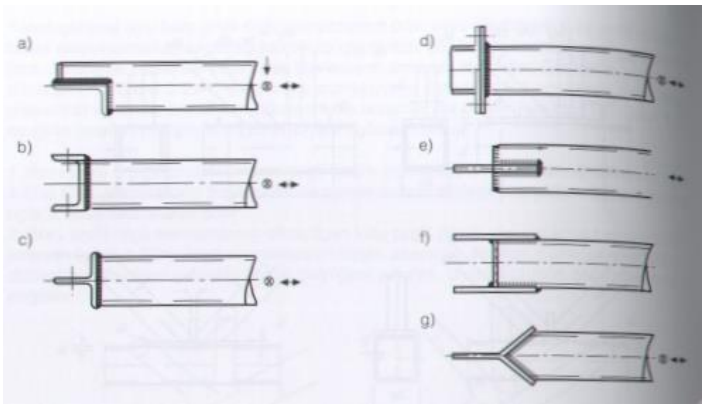
Şekil 3.25 - Guse detayları [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

3.2.3.2. Dolaylı Birleşimler:

Elemanların birbirine bayrak (guse) levhası adı verilen üçgen şeklindeki köşe ekleme parçası veya alın levhası ile bağlandığı birleşimlerdir [Wardenier, J. ve diğ., 2001]. Ağırlıklı olarak kaynak ve bulon kullanılarak montaj yapılır.

Dolaylı birleşimlerde yüklerin taşıyıcı elemanlar arasındaki iletimi önce bir taşıyıcı elemandan bağ levhasına, sonra da bağ levhasından diğer taşıyıcı elemana olmak üzere iki adımda gerçekleşir.

(Şekil 3.26)'da levha, T profil, korniyerler ve U profiller gibi çeşitli ara bağlantı elemanlarının boru ve kutu profillere kaynak veya bulonlu olmak üzere birkaç dolaylı birleşim çeşidi görülmektedir.



Şekil 3.26 - Ara bağlantı elemanları ile birleşimler [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

3.3. Yangına ve Korozyona Karşı Korumada Kullanılan Elemanlar ve Yöntemler:

3.3.1. Yangına Karşı Koruma:

Binalarda yangına karşı korumanın esas amacı maddi kayıptan önce insan hayatını kurtarmaktır. Çünkü istatistiki sonuçlar dikkate alındığında, yangında yaşanan can ve mal kayıplarının oranı doğal afetlere kıyasla daha fazladır [Gürbüz, 2002]. Bu çarpıcı durum, binalarda yangına alınması gereken önlemlerin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Daha tasarım aşamasından itibaren dikkatle düşünülüp uygulanmış binalarda, olası bir yangın durumunda tüm yapının ya da yapıyı oluşturan elemanların bütünlüğünün ve taşıyıcılık kabiliyetlerinin daha uzun süre dayanmasını sağlayarak can kaybı tehlikesinin azaltılması mümkündür.

Metal malzemelerin yanmaz yapıya sahip olmalarından dolayı tarihsel süreçte, özellikle yüksek yapılarda yangına karşı dayanımının yüksek olduğu düşünülmüş olsa da karşı karşıya kalınan ilk yangın deneyimlerini takip eden süreçte bu görüşün, gerekli koruma yöntemleri uygulanmadığı taktirde ne kadar yanlış olduğu görülmüş oldu ve "yanmazlık" kavramının yerine "yangına dayanım" kavramı yerleşmiştir [Gürbüz, 2002]. Çünkü çelik her ne kadar yanmaz bir malzeme olsa da çok iyi bir ısı iletkenidir ve ısıya maruz kalması halinde enerjinin malzeme bünyesine yayılması kolay olmakta ve tüm taşıyıcı elemanda mukavemet azalması ve deformasyon meydana gelmektedir (Şekil 3.27).



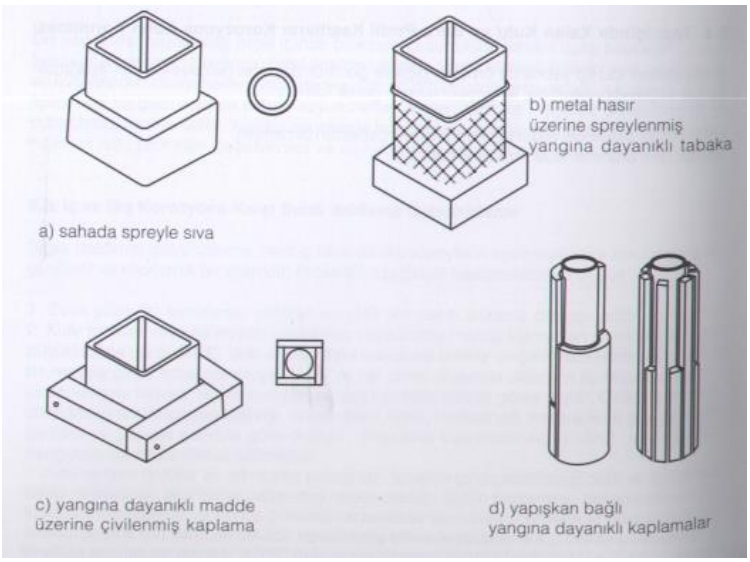
Şekil 3.27 - Çelik taşıyıcı sistemin yangın sonrası görünümü [Allen., 2000]

Çelik yapıların bütünlüğü, çelik elemanın yumuşamaya başladığı ve belli bir yük altında yangına dayanma süresine ulaştığı 450-550°C'lik kritik sıcaklık temel alınarak belirlenir [Wardenier, J. ve diğ., 2001]. Çelik yapılarda kullanılan taşıyıcı malzemeler, yangın durumunda taşıyıcılık görevlerini sürdürecekleri süreler ile ilgili olarak yangın direnci sınıflarına ayrılmıştır. Bunlar F30, F60, F90, F120 ve F180'dir. Bu ifadelerde yer alan sayı değerleri, söz konusu çelik taşıyıcı elemanın yangın sırasında taşıyıcılık görevi görmeye devam edeceği süreyi tanımlamaktadır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2 – Koruma yöntemlerinin yangına dayanma süreleri [Gürbüz., 2002]

Dayanım Süreleri	30 dk	60 dk	90 dk	> 120 dk
Püskürtme yöntemi	■	■	■	■
Kutulama yöntemi	■	■	■	■
Şişen Yalıtkanlar yöntemi	■	■		
Kompozit Sistemler	■	■	■	■
Su ile Soğutma yöntemi	■	■	■	■

Herhangi bir yangın koruma yöntemi ile korunmamış taşıyıcı çelik elemanlar, taşıdıkları yüke ve masifliklerine bağlı olarak sadece 15-30 dakika kadar dayanabilirler. Buradan da anlaşılabileceği gibi, kesit alanı fazla olan profillerin yangına karşı dayanımı, az olanlara göre daha fazladır.



Şekil 3.28 - Kolonlara dıştan uygulanan yangın izolasyonu [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

(Şekil 3.28)'de kolonlara dıştan uygulanan yangın izolasyon detayları görülmektedir. Bu gibi uygulamalarda izolasyon kaplama ve panelleri (alçı veya mineral lif veya perlit ve vermikulit gibi hafif agregadan oluşur), sprey kaplama ve sıva (mineral lif veya pelit ve vermikulit gibi hafif agregadan oluşur) veya boyalar (karışım çelik yüzey üstüne doğrudan uygulanır, yangın sırasında normal kalınlığının birkaç katına şişer) uygulanmaktadır.

(Tablo 3.3)'de beton korumalı elemanların yangın dayanımları ile ilgili veriler bulunmaktadır.

Tablo 3.3 - Beton korumalı elemanların yangın dayanımları [Gürbüz., 2002]

Yangın dayanım	30 dk	60 dk	90 dk	120 dk	180 dk	240 dk
Minumum kalınlık [mm]	25	25	30	40	50	60

Sprey ile kaplama sırasında kaçınılması gereken hayati hataları, New York İtfaiye Departmanı Şefi John T. O'Hagan, "High Rise Fire and Life Safety" (Yüksek Yapılarda Yangın ve Can Güvenliği) adlı kitabında şu şekilde belirtmiştir [http://vincentdunn.com/wtc.html]:

a) Çeliğin, yüzeyine spreyin yeterli ölçüde yapışabilmesi için hazırlanması sırasındaki hatalar, yani sprey uygulanmadan önce yüzeyde bulunan kir ve çapaklar sebebiyle ısı iletimini geciktiren koruyucu katmanın inşaat veya kullanım sürecinde dökülmesi.

b) Özellikle yangın sonrası soruşturma ve incelemelerde tesbit edilen zayıf hatta devamsız sprey uygulanmış alanlar.

c) İnşaat sırasında kullanılan koruyucu sprey tiplerinin değişkenlik göstermesi.

d) Koruyucu katmanı oluşturacak olan sprey malzemenin, çelik elemanın her yerine ulaştırılabilmesindeki yetersizlikler.

e) Herhangi bir şekilde bulunması gereken konumu kaybeden kaplama maddesinin yerine yenisinin uygulanmasındaki yetersizlik ve başarısızlıklar.

Yangına karşı dayanımın arttırılması amaçlanırken, bir takım mimari ve işletmeye yönelik dezavantajlar da ortaya çıkmaktadır. Örneğin, kolonların dıştan izolasyonu neticesinde kattaki net alan azalmaktadır. Boru ve kutu profillerin içlerinin beton ile doldurulabildiği geçmiş bölümlerde detaylı olarak anlatılmıştı. Beton doldurulan

kapalı profillerin elde ettiği avantajlardan biri de, bu tip taşıyıcı elemanların yangına karşı dayanımı arttırıcı bir nitelik kazanmış olmalarıdır. Bu sayede, dış izolasyon için harcanması gereken net kat alanı da minimuma düşecek ve mimari açıdan da narin kolonlar elde edilecektir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Herhangi bir yangın izolasyon yöntemi ile korumaya alınmamış kolonların içinden su geçirilmesi ve bu sayede soğutma sağlanması da uygulanan diğer bir yöntemdir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Çelik yapılarda yangına karşı koruma konusundaki en iyi örnek şüphesiz 2001 yılında bir terörist saldırı neticesinde çıkan yangın sonucu yıkılan New York'taki Dünya Ticaret Merkezi ikiz kuleleridir. Bu büyüklükteki ve içerdiği fonksiyonlar açısından da yangın durumunda uzun süre ayakta kalmaya devam etmesi gereken bu binalardan birinin yangının başlamasından itibaren sadece bir saat, diğerinin de yaklaşık 1,5 saat ayakta kalabilmiş olması, sadece yüksek yapıların değil, yapıların çelik taşıyıcı sistemlerinde çelik malzeme kullanımının da tüm dünyada sorgulanmasına neden olmuştur.

3.3.2. Korozyona Karşı Koruma:

Korozyon, bazı maddelerin kimyasal yoldan malzemeyi tahrip etmeleri olayına verilen genel addır [Hasol, 1993]. Diğer bir tanımlamada da [Harris, 2000]; hava koşulları, nem, kimyasal maddeler ve elemanın bulunduğu ortamdaki diğer maddeler gibi etkenlerin metal veya betonun bünyesine girmesi sonucu oluşan çeşitli kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlar nedeniyle oluşan bozulmaya "korozyon" adı verilmektedir. Çelik ve havadaki yoğunlaşmış nem arasında oksit ve pas açığa çıkaran elektro-kimyasal reaksiyonlar bütünüdür [Wardenier, J. ve diğ., 2001]. Korozyon her zaman elektrolitik yoldan, genellikle de oksitlenme şeklinde olur. Elektrolitik korozyon, başka bir maddenin çelik malzemeye teması ile olabileceği gibi, örneğin havada bulunan karbon dioksidin suda erimesi ile oluşan asit gibi bir asidin etkisiyle de meydana gelebilir.

Çelik yapıların atmosfer koşullarına açık olmaları durumunda, korozyon son derece doğaldır. Son yıllarda, özellikle betonarme yapım sistemi ile rekabetin giderek kızışmasının da bir sonucu olarak, çelik yapı bileşenlerini korozyona karşı korumanın gerekliliği ve önemi artmaktadır.

H_2O, O_2, CO_2, deniz iklimlerinde kloritler, SO_2, NH_3, H_2S gibi kimyasal maddeler atmosferde bulunan ve çelik malzeme bünyesinde oluşan korozyona sebebiyet veren başlıca kimyasal maddelerdir. Nispi nem oranının %60'ın üzerine çıkması ve hava sıcaklığının -20 ile +60 °C gibi oldukça geniş bir değer aralığında bulunması durumlarında çelik malzemelerin yüzeylerinde paslanma oluşmaya başlar. Malzemenin paslı olarak kullanımına devam edilmesi korozyonun daha da artmasına sebep olur. Çünkü malzemenin yüzeyinde biriken pas nemi emer ve malzeme bünyesindeki nem miktarının artmasından dolayı da korozyon çok daha etkili olur [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Çelik yapı malzemelerinin korozyona karşı korunması için uygulanan yöntemler "dış korozyona karşı koruma" ve "iç korozyona karşı koruma" olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

3.3.2.1. Dış Korozyona Karşı Koruma:

Çelik yapı elemanlarını, dış yüzeylerde oluşan korozyona karşı korunması boyama ve metal ile kaplama ile gerçekleştirilebilir. Bunlardan başka, elektro-kimyasal polarizasyon veya katodik/anodik koruma gibi yöntemler açık deniz yapıları ve boru hatlarını oluşturan çelik elemanlarda sıkça kullanılsa da bu yöntemler mimarlıkta pek kullanılmazlar.

Metal kaplama ile korumada galvanizleme ve metal spreyleme çokça kullanılan yöntemlerdir. Çinko ve alüminyum, bir elektrolit aracılığı ile çeliğe temasa geçtiklerinde, çeliğe göre daha çabuk erirler ve anot meydana getirirler. Bundan dolayı alüminyum, çinko gibi maddeler, çelik yapı elemanının kaplanması amacıyla kullanılabilir.

- Galvanizleme, çelik yapı elemanlarının ergimiş çinkoya batırılarak (akımsız galvanoplasti) ya da elektrolitik yoldan çinko ile kaplanarak (elektrolizli galvanoplasti) gerçekleştirilen koruma yöntemidir [Hasol, 1993]. Elektrolitik olarak çinko ile kaplama, kaplanacak parçanın (çelik yapı elemanı) katodu, çinkonun damıtık suda eritilmiş tuzunun ise anodu oluşturacağı şekilde düzenlenmesi ile meydana gelir. Buna "elektrolizli galvanoplasti" adı verilmektedir. "Akımsız galvanoplasti"de ise, kaplanması amaçlanan çelik yapı malzemesi bir kaplama eriyiğine batırılır ve başka bir metal parça çelik elemana değdirilir. Bu iki metal parça arasında elektrik akımı oluşur ve sonuçta da çelik eleman, eriyiğin bünyesinde

bulunan metal ile kaplanmış olur. Bu yönteme "kontakt usulü" adı da verilmektedir [Hasol, 1993].

Çelik yapı elemanları, daha önce de bahsedildiği gibi, enkesitlerine bağlı olarak açık ve kapalı profiller olmak üzere iki sınıfa ayrılabilirler. Bu sınıflandırmaya göre açık profil olarak nitelendirilen çelik yapı elemanları, kapalı profillilere nazaran %50 daha fazla dış yüzey alanına sahiptirler. Yani başka bir deyişle, profil enkesitlerinin seçimi, yapıyı oluşturan çelik yapı elemanlarının korozyona karşı korunması giderleri üzerinde önemli bir paya sahiptir.

Ayrıca açık profillerin köşe bölgelerindeki kaplama kalınlıkları, profilin diğer bölgelerine kıyasla daha incedir ve dolayısıyla da paslanmaya diğer bölgelere nazaran daha fazla eğilimlidir. Bu yüzden bu bölgeler, korozyon açısından zayıf bölge kabul edilir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Mimari açıdan değerlendirildiğinde ise dikkatten kaçırılmaması gereken çok önemli bir husus daha tasarımcıların karşısına çıkmaktadır: Çelik yapıların tasarım aşamasında; ileride korozyona yol açabilecek toz, su, kar vs. etkenlerin birikip yapıya zarar verebileceği girinti çıkıntı bölgelerinden mümkün olduğunca kaçınılması gerekmektedir. Bununla birlikte her çelik yapı elemanının içten de korozyon korumasına tâbi tutulması ve gerekli durumlarda elemanın içine müdahale edilebilmesine olanak tanıyacak sistemlerin düşünülmesi, çelik taşıyıcı sistemin korozyona karşı etkili bir şekilde korunmasında yararlı olmaktadır.

- Boya İle Koruma: Yapının korozyona karşı korunması için boya ve spreyler ile bunların uygulama metodları planlanırken, kaplamanın sahip olması gereken kalınlık gibi özelliklerin yanında yapının ömrü, yeri, öngörülen bakım ve onarım aralıkları gibi değişkenlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Boya ile oluşturulan kaplamalar "ilk (primer) tabaka", "orta tabaka" ve "üst tabaka" olmak üzere üç katmandan oluşur [Allen, 2000]. Primer tabakanın görevi, sahip olduğu geçirgenliğe karşı direnç sayesinde çelik malzeme yüzeyinde meydana gelebilecek korozyonu önlemek ve çelik yüzeyi ile diğer katmanlar arasında bağlantıyı sağlayabilmektir. Orta tabaka, primer tabaka ile üst tabaka arasındaki bağı güçlendirmek ile görevlidir. Üst tabaka ise geçirimsizliği sağlamakla beraber, estetik uygulamalar ile dekoratif amaçlarla da kullanılabilir.

Bu yöntemin kullanıldığı korumalarda yüzey temizliği son derece önemlidir. Temiz olmayan ve tozlu yüzeylere uygulanan boya ve spreylerin koruma performansları istenilen düzeyde olmamaktadır. Malzemenin istenilen niteliklere getirilebilmesi için, yüzey durumuna göre kumlama, taşlama, süpürme gibi çeşitli temizleme işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir. Bu işlem, malzeme yüzeyine yapışmış durumdaki toz, çamur gibi maddelerin malzeme bünyesinden uzaklaştırılması için uygulanmaktadır. Yüzeylerdeki yağ benzeri maddelerin ortadan kaldırılması amacıyla çeşitli çözücülerin püskürtülmesi yöntemi kullanılabilir.

Yüzeylerin kalitesini bozan maddelerin belirtilen yöntemler kullanılarak ortadan kaldırılmasını takip eden aşamada yüzeyin boya ile kaplanması gerçekleştirilir. Bu aşamada yapılan boyama işlemi "fırça ile", "sprey ile" ve daldırarak" boyama olmak üzere 3 farklı şekilde uygulanabilir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

3.3.2.2. İç Korozyona Karşı Koruma:

Bu tip korozyon, genellikle kapalı profil tabir edilen boru ve kutu kesitli çelik yapı elemanlarında problem oluşturmaktadır. Bileşenlerin iç yüzeylerinde oluşan bu korozyon ile mücadele etmek için galvanizleme kullanılabileceği gibi, eleman bünyesinde hava geçirmezliği sağlanması da etkili bir yöntemdir.

Galvanizleme yöntemi ile korumaya önceki bölümlerde değinildiğinden dolayı bu bölümde tekrar üzerinde durulmayacaktır.

Kutu ve boru profillerin iç korozyona karşı korunmaları için, eleman bünyesindeki hava geçirmezliğinin sağlanması durumunda başka herhangi bir yönteme gerek kalmaz. Çünkü daha önce de bahsedildiği gibi, korozyonun olması için O_2'nin ortamda bulunması şarttır. Kısaca söylenilmesi gerekirse, eleman bünyesinde hava geçirmezliği sağlandığı durumlarda korozyon, elemanın içinde hapsolmuş durumdaki oksijen tükendiği anda sona erer [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

Özellikle yapının dış ortam koşullarına maruz kalan bölümlerinde kullanılan çelik yapı elemanlarında sıklıkla karşılaşılan bir sorun da suyun çelik profil içinde birikmesidir. Bu durumda meydana gelen donma, taşıyıcı elemanın patlamasına neden olabilecek son derece tehlikeli durumlar oluşturabilmektedir. Bu gibi olasılıkların mevcut olduğu yapılarda drenaj tıpası olan bir delik açılarak, biriken suyun zaman zaman alınması gerekmektedir [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

4. ÇELİK YAPI ELEMANLARI:

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

4.1. Kolonlar:

Kolonlar, yapı bünyesinde oluşan düşey yükleri yapının temeline aktarmak amacıyla inşa edilen düşey 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 strüktürtel basınç elemanlarına "kolon" adı verilmektedir. Basınca ve çoğu durumda eğilmeye çalışacak şekilde tasarlanırlar.

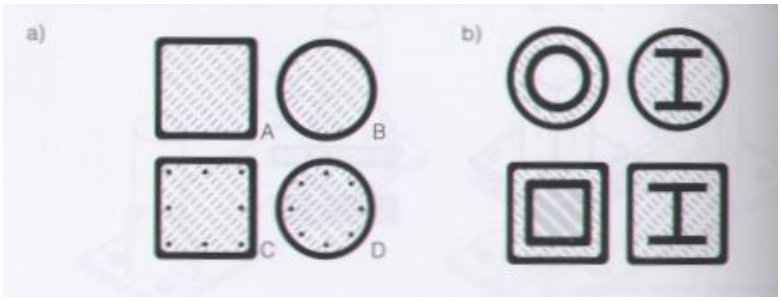
Çok katlı yapılardaki kolonlarda "burkulma boyu" olarak, kat yüksekliği kabul edilmektedir.

Tek parçalı kolonlarda genelikle IP profilleri kullanılır. Bu tip profiller ile ilgili bilgi, profiller bölümünde detaylı olarak verilmişti. IP profillerin veya mevcut diğer profillerin gerekli taşıyıcılık koşullarını sağlayamaması durumunda gereken en kesitler, çeşitli şekillerde oluşturulabilir. Bunlardan birincisi, farklı profillerin, önceki konularda bahsedildiği şekillerde kaynaklanmaları ile "çok parçalı kolon" olarak adlandırılan kolonlar elde edilmesidir. Bunlar, I profilin uçlarına saç kaynaklaması ile olabileceği gibi değişik profillerin şekildeki gibi düzenlenmesi ile çeşitli formlarda boru profilleri de hazırlanabilir. İki parçalı kolonlarda genellikle I ve U profiller kullanılarak][, [] veya II gibi birleşimler elde edilmeye çalışılır.

İkinci bir durum ise, kolonların birbirinden ayrık durumdaki profillerden oluşması durumudur. Bu durumda dikkat edilmesi gereken nokta, ayrık kolonların basınç ve eğilmeye çalışması sırasında deformasyonları önlemek amacıyla, iki parça arasına bağlantı elemanları yerleştirilmesidir.

Kolonların oluşturulması konusundaki problem sadece profil oluşturmak ile sınırlı değildir. Temellere montaj ve özellikle yüksek yapılarda kolonların 8-10 metrede bir üst üste eklenmesi de gerekmektedir.

Son yıllarda kutu veya boru profillerin içine beton doldurularak elde edilen kompozit kolonlar, çeliğin ve betonun avantajlarını birleştiren yeni bir gelişmedir (Şekil 4.1). Profillerin içinin betonla doldurulması, profilin sadece yük taşıma kapasitesini artırmakla kalmayıp, yangına karşı dayanıklılığı arttırdığı için de dikkate alınmaktadır. Bu sayede ayrıca ince kolonların dış boyutlarının büyütülmesine gerek kalmadan taşıma kapasitesi arttırılabilirken, estetik görünümleri de korunmuş olur.



Şekil 4.1 - İçi beton doldurulmuş kutu ve boru profilden kolonlar [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

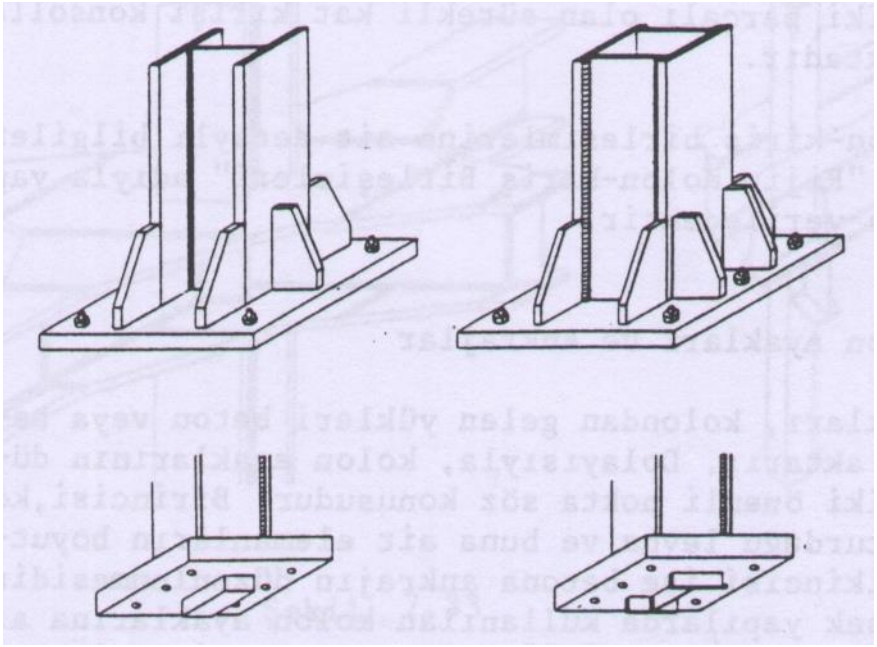
Ayrıca beton, çelik profil ile sarıldığı ve tutulduğu için, betonun taşıma gücünün aşılması durumunda bile beton bünyesinde çatlama olmaz. Profillere beton doldurulması ile ilgili daha detaylı bilgi "4.1.2" numaralı "kolonların yangına karşı korunması" adlı bölümde verilecektir.

4.1.1. Kolonların Temele Montajı:

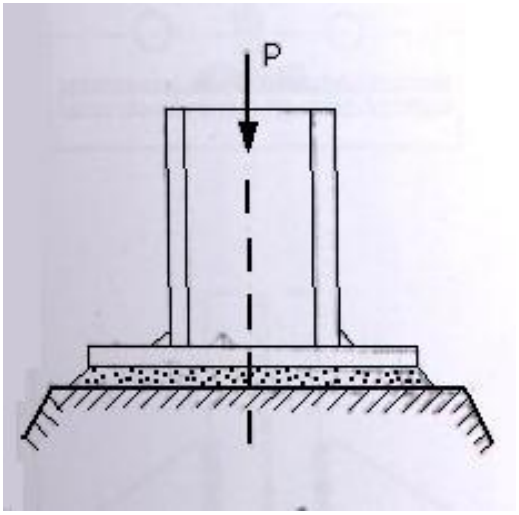
Kolon ayakları, kolondan gelen yükleri beton veya betonarme temele aktarır. Bu yükler, sadece düşey kuvvet veya düşey kuvvetle birlikte yatay kuvvet ve moment olabilir. Moment de aktaran ayaklara "ankastre ayak", diğerlerine "basit ayak" veya "mafsallı ayak" denir [Deren, 1995].

Kolonlar vasıtasıyla gelen düşey yüklerin temele zarar vermemesi için, bu yükleri betonarme yüzeye yaymak amacıyla taban levhası kullanılır (Şekil 4.2). Bu levhanın kenarlarının oranı 1:1 ile 2:3 arasında değişen dikdörtgen şeklinde yapılır. Taban levhasının altında 20~50 mm. kalınlığında çimento şerbeti bulunmalıdır (Şekil 4.3). Yapılma amacı, taban levhasının ve üzerinde bulunan kolonun düşeyliğinin tam olarak ayarlanmasını sağlamak ve yastık görevi yüklemektir. Bu harç, kolonun ve

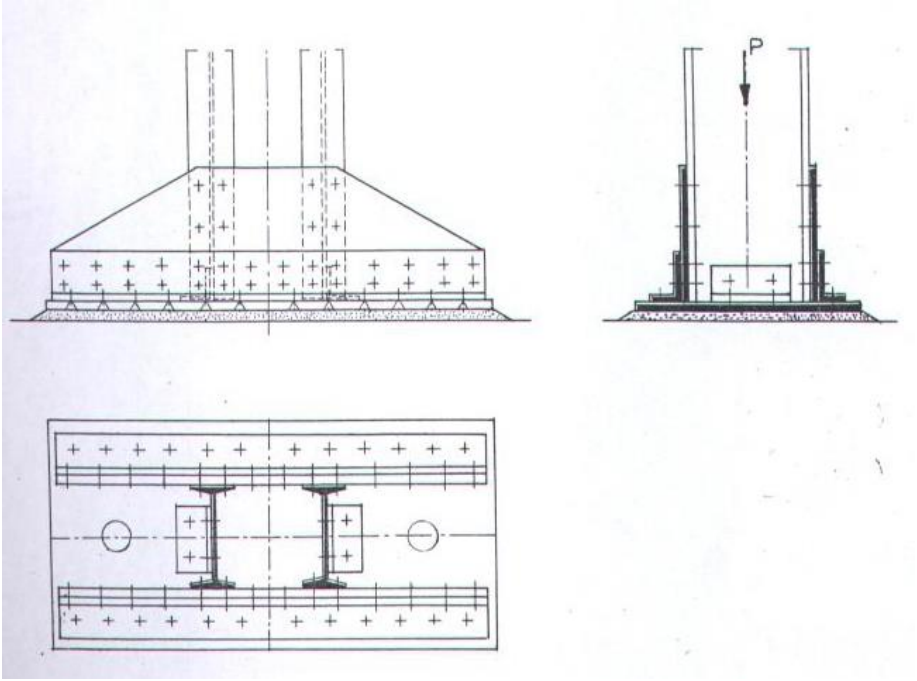
taban levhasının bulonlarla betonarme temele bağlanmasından sonra doldurulur. Taban levhasının amacının, kolonun düşeyliğini sağlamak olduğu vurgulandığına göre, yerine konmadan önce dikkat edilmesi gereken en önemli konu altının iyice temizlenmesi, altında pas ve çapak kalmamasına dikkat edilmesi gerekliliğidir. Ayrıca kolonlardan gelen yüklerin çok büyük, ancak temel emniyet gerilmesinin küçük olabileceği durumlarda taban levhasının alanı da büyür (Şekil 4.4).



Şekil 4.2 - Düşey yüklerin temele zarar vermesini önleyen "taban levhası" [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]



Şekil 4.3 - Taban levhası ve üzerine oturacağı çimento şerbeti tabakası [Duman, 1972]

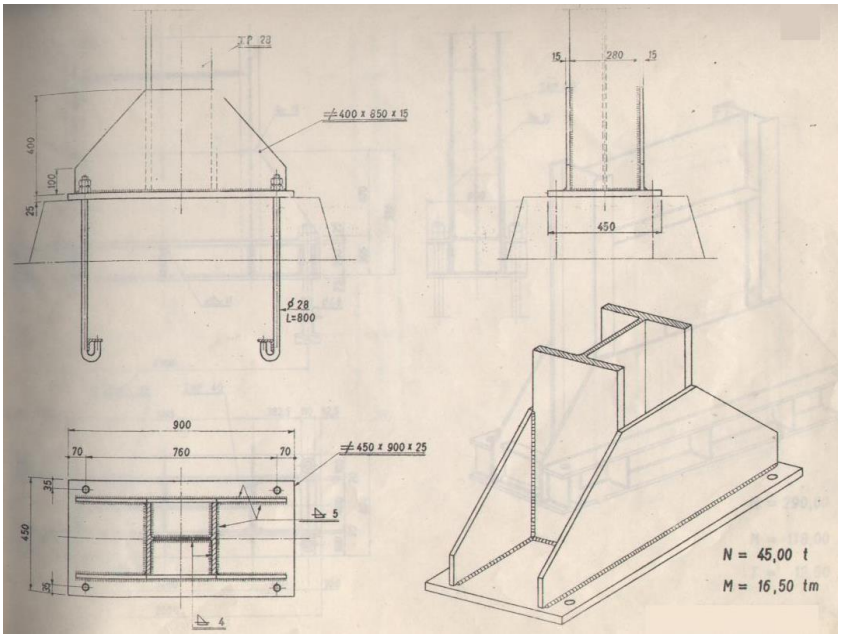


Şekil 4.4 - Taban levhası boyutlarının, temel emniyet gerilmesinin küçük olduğu durumlarda artması [Duman, 1972]

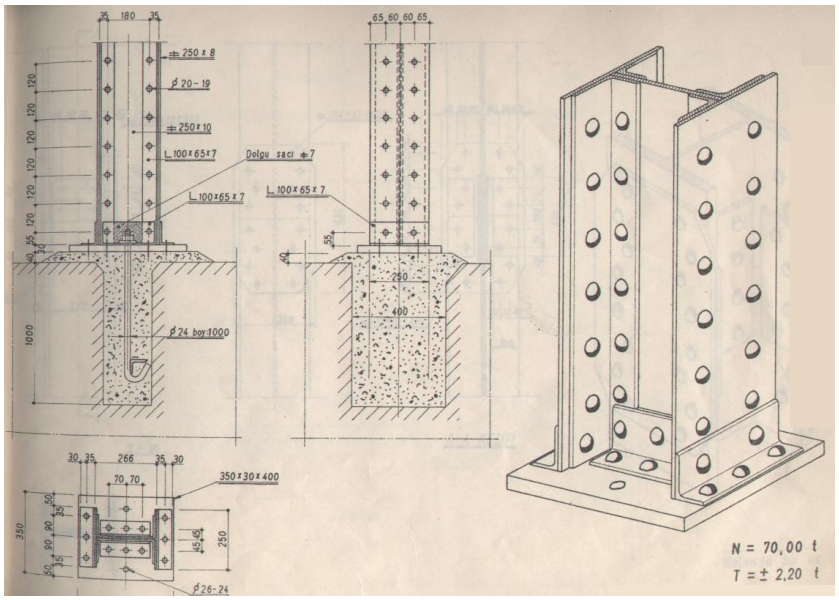
Montaj esnasında sütunun şakülünde olması, taban levhasının altına yerleştirilen çelik kamalar üzerine oturtularak sağlanır. Çimento şerbetinin dökületeceği yer iyice temizlendikten sonra çimento ve sert kum ile hazırlanan şerbet dökülür. Gerekli durumlarda, hava kabarcıkların ve çeşitli boşlukların 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].

Ankraj bulonları temellerde iki amaca hizmet etmesi için kullanılır (Şekil 4.5). 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 (Şekil 4.6). İki ankraj bulonu arasındaki mesafenin az olduğu durumlarda bu bulonlar için tek kanal bırakılır. Temel ayaklarının montajı sona erdikten sonra taban levhasının altına ve

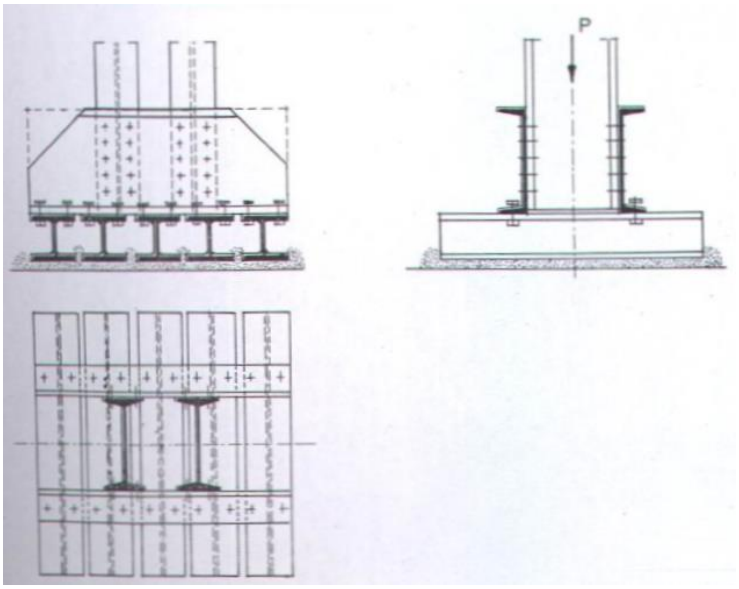
ankraj bulonlarının yer aldığı kanallara yüksek dozajlı kum-çimento şerbeti doldurulur. Kolonlardan gelen oldukça büyük yüklemeler söz konusu olduğunda ise, (Şekil 4.7)'de görüldüğü gibi kolon ayağının altına I veya IP profillerden ızgara oluşturulur. Bu sayede zemin gerilmelerinin uniform olması sağlanır. 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 nisbeten açık ve beton doldurulmuş ızgaralar, sistemin stabilitesi açısından daha iyi sonuç vermektedir.



Şekil 4.5 – Ankraj bulonları [Koçak, 1972]

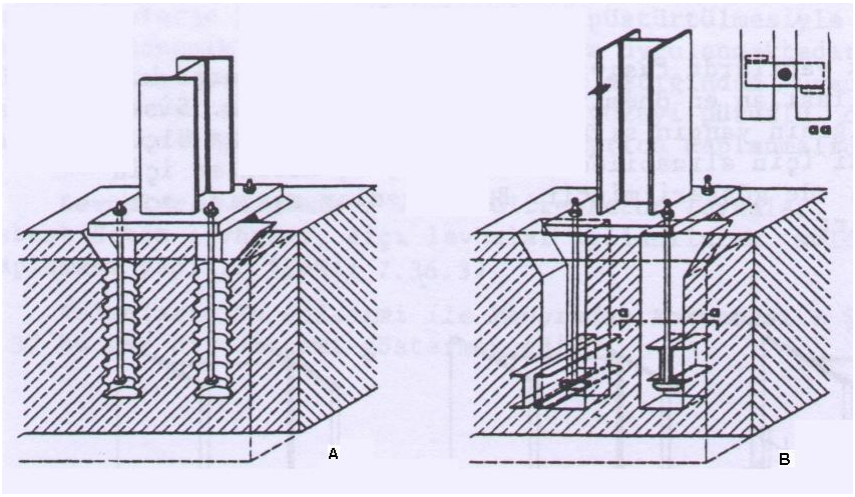


Şekil 4.6 - Ankraj bulonlarının ankraj korniyerlerine takılması [Koçak, 1972]

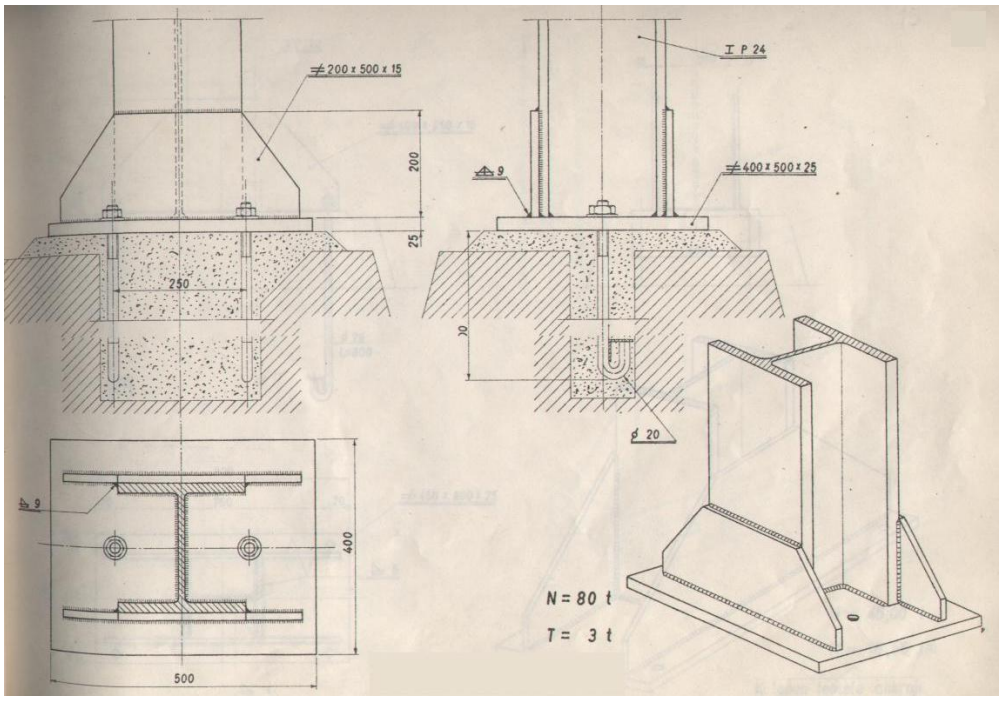


Şekil 4.7 - Kolon ayağının altına I veya IP profillerden ızgara [Duman, 1972]

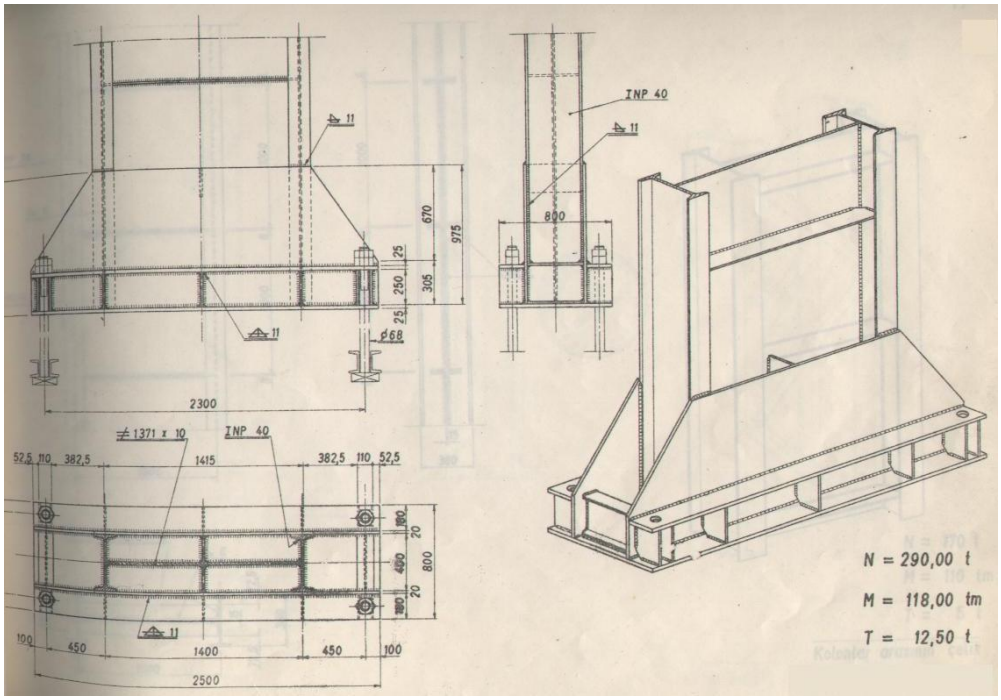
Çekme kuvveti aktaran bulonlarda ise kuvvet "aderans" (Şekil 4.8a) ya da "ankraj profilleri" (Şekil 4.8b) ile aktarılabilir. Ankraj profillerinin mantığını yukarıda anlatılan sistemden ayıran en önemli fark, ankraj bulonlarının, ankraj profillerine somun vasıtasıyla bağlanmasıdır. Bağlanmadan sonra yine 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 4.9, 4.10).



Şekil 4.8 - Çekme kuvveti aktaran bulonlarda a) "aderans", b) "ankraj profilleri" ile kuvvet aktarılması [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]



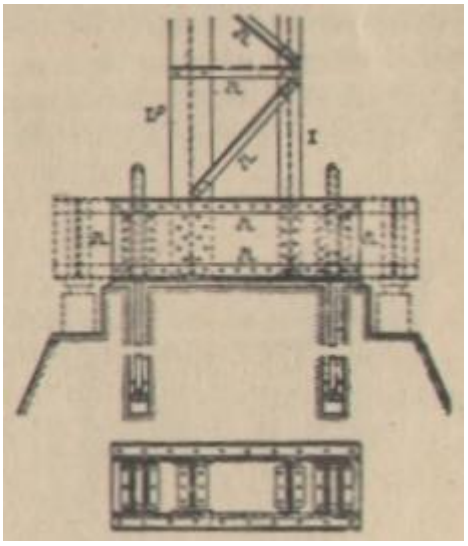
Şekil 4.9 – Ankraj bulonlu sistem [Koçak, 1972]



Şekil 4.10 – Ankraj bulonlu sistem [Koçak, 1972]

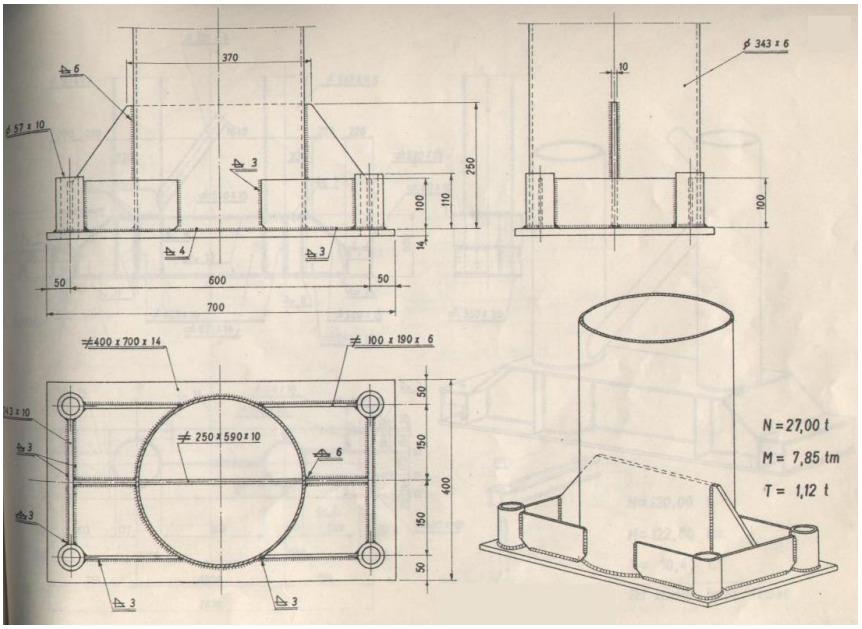
Çerçeve kolonlarının üzerine ayrıca yatay kuvvetler de etki ettiği için, kolon ayağında mafsal durumunun gerçekleşebilmesini sağlamak amacıyla, ayağın yeterince dönebilmesine olanak vermek gerekmektedir. Yatay kuvvetin sürtünme yoluyla temele aktarılmasını önlemek için taban levhasının altına kama görevi

görmesi amacıyla çelik parça kaynatılmalıdır. Bu durumda oluşan sistem mafsal ayak olarak kabul edilebilir. Kolonda ve dolayısıyla da temel ayağında meydana gelebilecek dönme ile birlikte taban levhasının altındaki gerilme da düzgün yayılacaktır (Şekil 4.11) [Ardan, 1973].

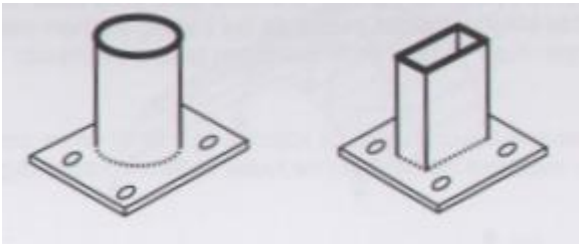


Şekil 4.11 - Yatay kuvvetin sürtünme yoluyla temele aktarılmasını önlemek amacıyla temel ayağının altına konan kamalar [Ardan, 1973]

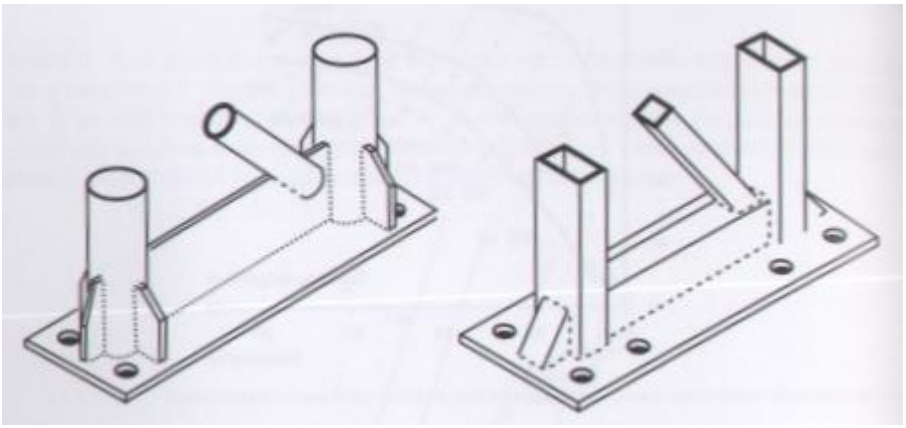
(Şekil 4.12, 4.13, 4.14, 4.15)'de boru ve kutu kesitli kolonların temele oturmaları ile ilgili çizimler görülmektedir.



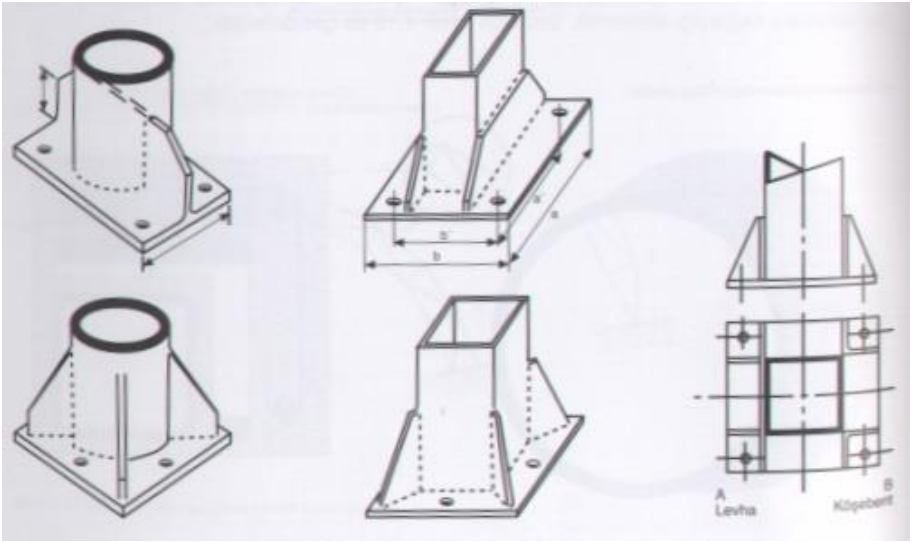
Şekil 4.12 - Boru kesitli kolon ayağının temele oturması ile ilgili plan, görünüşler ve perspektif [Koçak, 1972]



Şekil 4.13 - Boru ve kutu kesitli kolon ayaklarına taban levhası uygulamaları [Wardenier, J. ve diğ., 2001]



Şekil 4.14 - Boru ve kutu kesitli kolon ayaklarının temele oturması [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

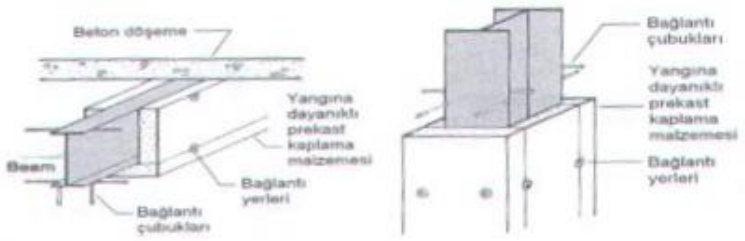


Şekil 4.15 - Boru ve kutu kesitli kolon ayalarının taban levhasına guse ile bağlanması [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

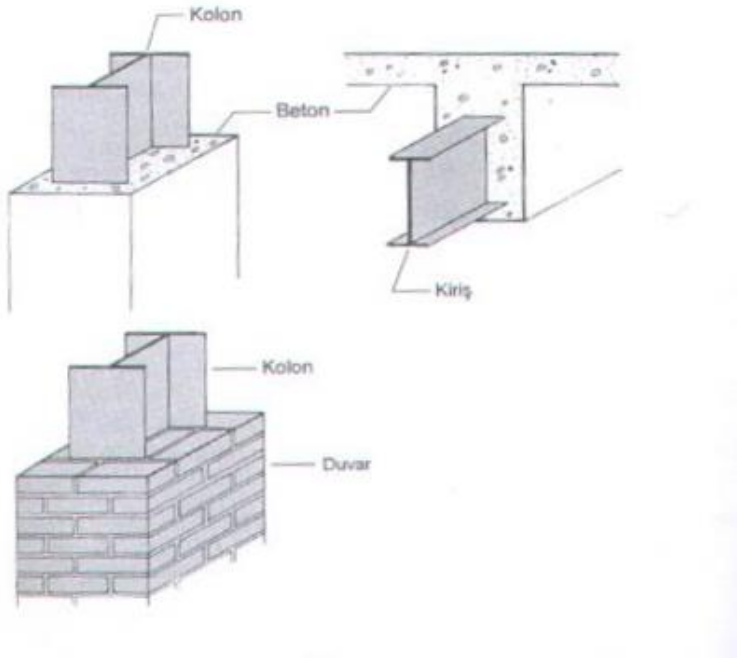
4.1.2. Kolonların Yangına Karşı Korunması:

Çelik malzemelerin yaklaşık 500ºC'den itibaren taşıyıcılığını yitirmesi nedeniyle, yapının kullanım amacı, önemi, kullanıcı sayıcı vb. değişkenlere göre yangına önlem

almak zorunludur. Öncelikle yapının yangın sınıfı belirlenmelidir. Yangın sınıfının belirlenmesinde yapının yüksekliği, yangın sırasında yapı içinde bulunacak kişilerin sayısı, yapının kullanım amacı gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Yangın sınıfının belirlenmesinden sonra taşıyıcı sisteme ne gibi bir koruma sistemi uygulanacağına karar verilmelidir (Şekil 4.16).



Şekil 4.7.



Şekil 4.16 - Çeşitli yangın koruma önlemleri [Korkut, 2001]

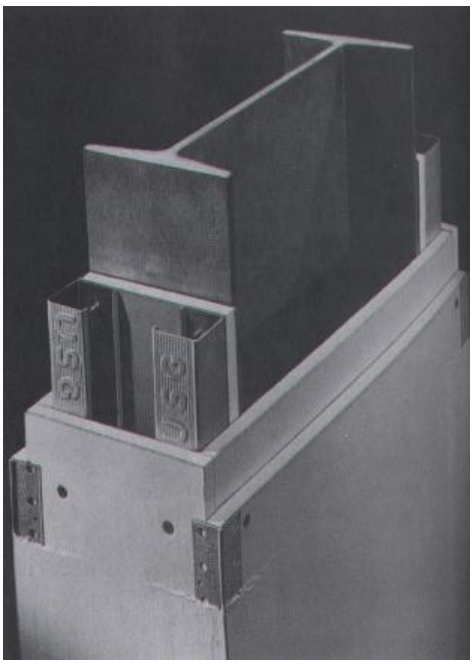
Çelik taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılabilecek başlıca yangın koruma yöntemleri şunlardır.

a- Yangına dayanıklı boya

b- Tabanca ile püskürtülerek uygulanan koruyucu malzeme

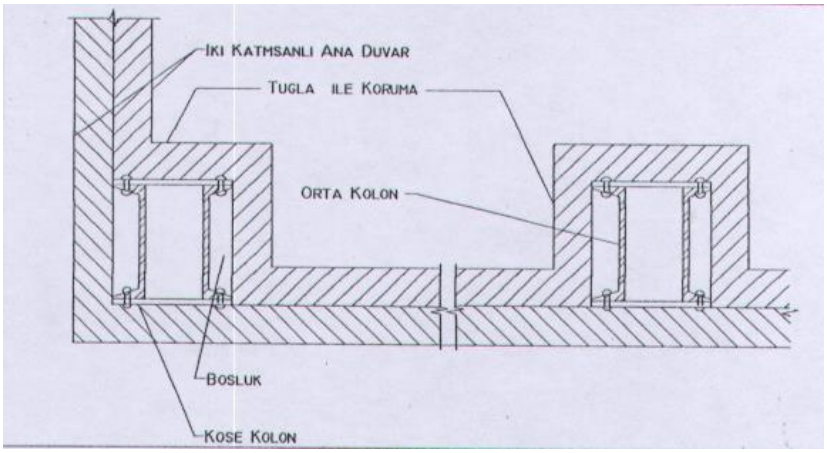
c- Çelik yapı elemanlarının sıva ile kaplanması

d- Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı alçıpan plaklarla kaplanması (Şekil 4.17)



Şekil 4.17 - Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı alçıpan plaklarla kaplanması [Allen, 2000]

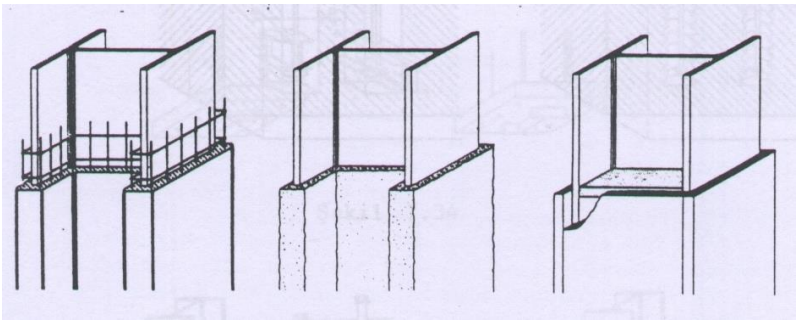
e- Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı izolasyon plakaları ile kaplanması



Şekil 4.18 - Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı izolasyon plakaları ile kaplanması [Gürbüz, 2002]

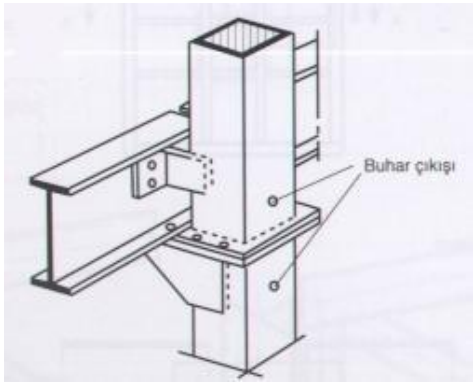
f- Çelik yapı elemanlarının beton içine alınması veya kutu ve boru kesitli profil elemanlar söz konusu ise içlerinin beton ile doldurulması ile de yangına karşı dayanım arttırılabilir. Bu gibi kompozit çözümlerde profiller, özellikle belli oranda donatı çeliğine sahip olduklarında (Şekil 4.19), dışarıdan başka bir koruma önlemi

olmaksızın 90 dakikadan fazla yangın dayanım süresine ulaşabilirler [Wardenier, J. ve diğ., 2001].



Şekil 4.19 - Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı izolasyon plakaları ile kaplanması [Özgen ve Bayramoğlu, 2002, 2002]

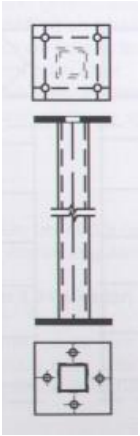
Böyle kolonların üretimi mevcut koşullara bağlı olarak atölyede ya da şantiyede gerçekleştirilebilir. Beton doldurulması işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken birkaç önemli husus vardır. Örneğin, yangın sırasında, betonun bünyesinde bulunan suyun dehidratasyonu ve buharlaşması ile oluşacak buhar basıncı nedeniyle kolonun patlamasını engellemek amacıyla, içi beton ile doldurulacak kutu veya boru profilli kolonlarda küçük delikler açılmalıdır. Bu deliklerin çapının 20 mm.'den az olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Çok katlı yapıların kolonları söz konusu olduğu zaman, her katta iki delik olması, kat yüksekliklerinin 5 m.'yi aşması durumlarında ise kolon ortasında üçüncü bir delik açılması yeterlidir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 - Yangın sırasında oluşacak buhar basıncını engellemek için kolon üzerinde delikler [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

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

Ayrıca, çok katlı yapılarda görev yapan beton doldurulmuş kolonların yük aktarımının alın ve taban levhaları aracılığıyla yapılması zorunluluğudur (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 - Yük aktarımı görevi yapan alın ve taban levhaları
[Wardenier, J. ve diğ., 2001]

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

4.1.3. 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 hâlâ 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.

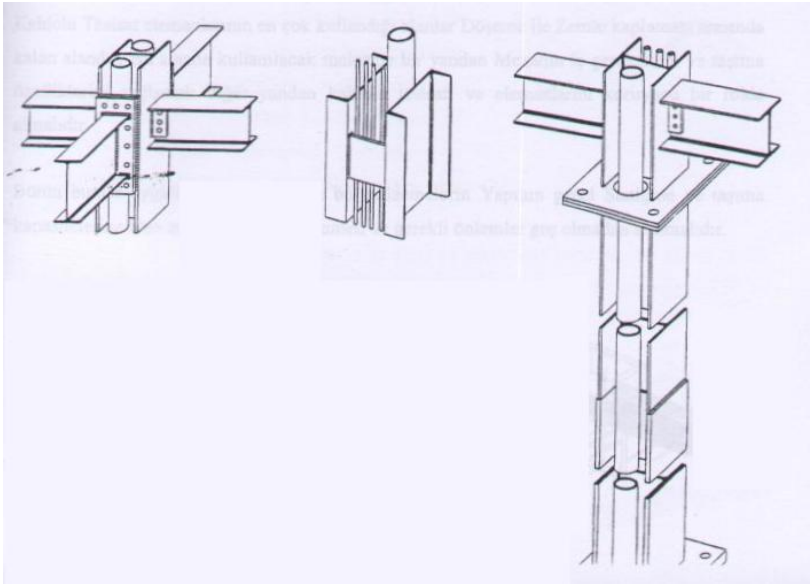
Sıcak galvanizleme, yüzeyi kimyasal yolla hazırlanmış çeliği, 440~460ºC arasında erimiş çinkoya daldırarak kaplama işlemidir. Çelik, çinkoyla yüzeysel bir yayınım tepkimesine girerek demir-çinko alaşımı katmanları oluşturur. Sıcak galvanizleme, bitmiş parçalara, montaja hazır yapı öğelerine ve dönüşüm 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].

4.1.4. Kolon Boşluğunda Bulunan Düşey Tesisat Sistemi Öğeleri:

Yüksek yapılarda göz önüne alınması gereken bir önemli nokta da düşey tesisat kanallarının katlara dağıtılmasıdır. Bu gereksinme genellikle düşey şaftlar ile karşılansa da birçok durumda kolonların oluşturduğu alanın içindeki boşluklar da kullanılabilmektedir. Ancak kolon kesitlerinin binanın üst katlarına doğru azalması, bazı sıkıntı ve problemlere neden olabilmektedir [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001]. Kolonların bünyesinde yer alan tesisat kanallarının bazı uygulama örnekleri (Şekil 4.22)'de görülebilmektedir.



Şekil 4.22 - Kolon bünyesinde yer alan düşey tesisat yerleşimleri [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001]

4.2. Kirişler:

Kesiti, eğilmeye karşı iyi bir dayanım gösterecek biçimde seçilen uzun, yatay taşıyıcı elemanlara "kiriş" adı verilir [Hasol, 1993]. Kirişler esas olarak eğilme momentlerinin ve kesme kuvvetlerinin etkisi altındadır. Örtülecek yüzeyi iki ya da daha çok parçaya ayırarak, aldıkları yükleri kolonlara iletirler. Eğilme kuvvetleri çok büyük değerlere ulaştığında birleşik kirişlere başvurulur.

4.2.1. Petek kirişler:

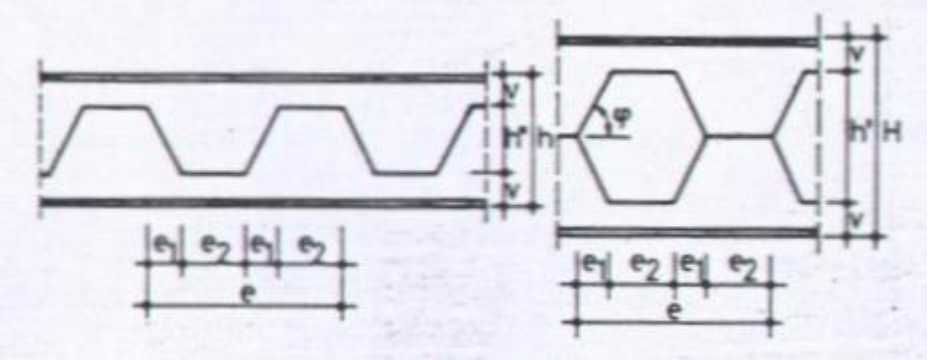
"I" profili gövdesinin uygun şekilde kesilip alt ve üst kısımlarının bir miktar kaydırılarak birbirine tekrar kaynatılmaları ile elde edilirler (Şekil 4.23). Ekonomik yönden olduğu kadar hoş görüntüleri ve tesisat donanımlarına geçiş olanağı sağlamasındaki avantajları nedeniyle de geniş bir uygulama ve kullanım alanına sahip olmaya başlamıştır [Odabaşı, 1982].



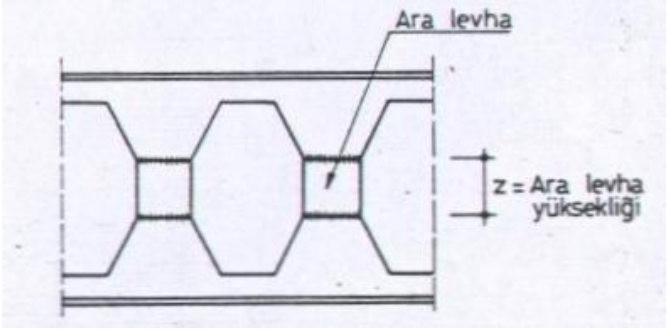
Şekil 4.23 - Petek kirişler [Allen, 2000]

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 (Şekil 4.24). Bazı durumlarda kiriş yüksekliğinin arttırılması amacıyla kullanılan ara levhalardan dolayı sekizgen boşluklu da olabilmektedir (Şekil 4.25 ve 4.27). Malzeme ekonomisine ek olarak ikinci bir avantajı da hafif olmasıdır. Böylece yapının ölü ağırlığı oldukça azalmaktadır.

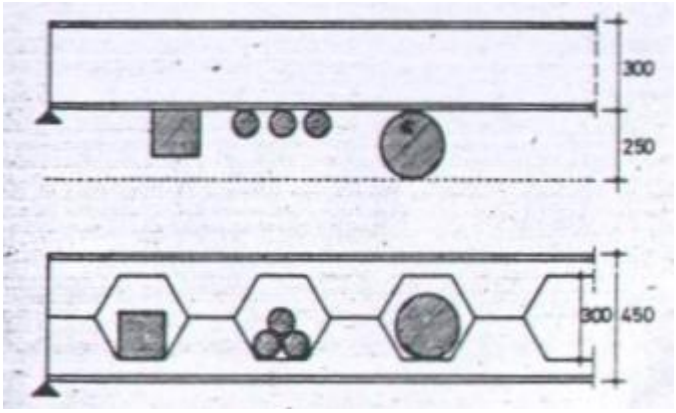
Kirişin bünyesinde bulunan boşlukların malzeme ağırlığına yaptığı katkılardan başka, konstrüksiyon yüksekliğinin artmasını önlemesi açısından da yararları vardır. Tesisatlara ait donanımların bu boşluklardan geçirilmesi ile, yapının yüksekliğinin gereğinden fazla artması da önlenmiş olmaktadır (Şekil 4.26).



Şekil 4.24 - Petek kiriş ile I profilin yükseklik karşılaştırması [Odabaşı, 1982]



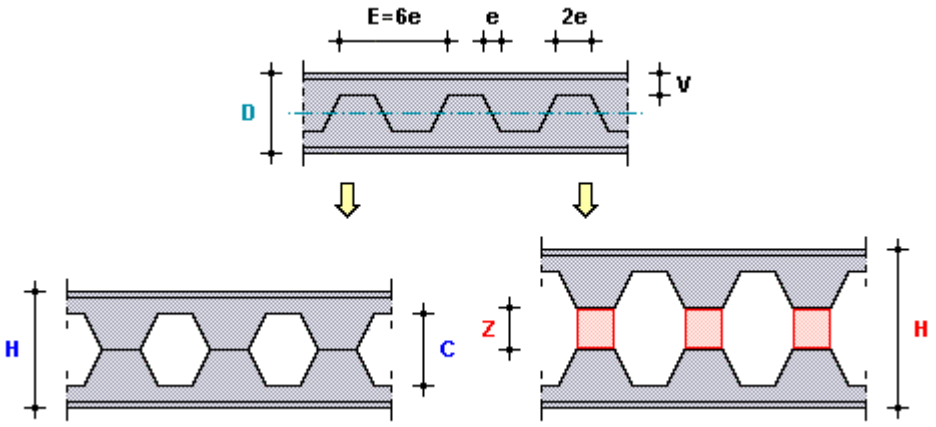
Şekil 4.25 - Ara levha uygulanmış petek kiriş [Odabaşı, 1982]



Şekil 4.26 - Petek kiriş ile yatay tesisat ilişkileri [Odabaşı, 1982]

Aynı eğilme rijitliğine sahip profil kirişin sehim miktarıyla karşılaştırıldığında, petek kirişlerin sehimleri daha azdır. Bütün bu avantajlarından dolayı petek kirişler, çeşitli

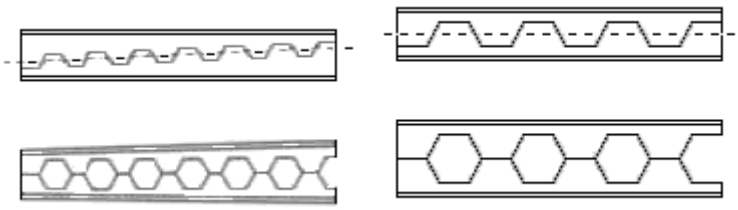
yapılarda kat kirişi, döşeme kirişi, aşık, köprü kirişi, kren kirişi, şed elemanı ve hatta kolon olarak bile kullanılabilmektedir.



Şekil 4.27 - Ara levha uygulanmış ve uygulanmamış petek kirişler
[http://fatihakbay.tripod.com]

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.

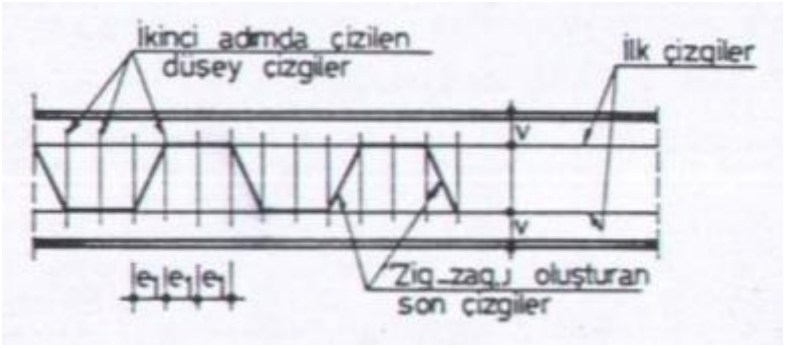
Petek kirişlerin aksları yere paralel olabileceği gibi eğimli de olabilir (Şekil 4.28)



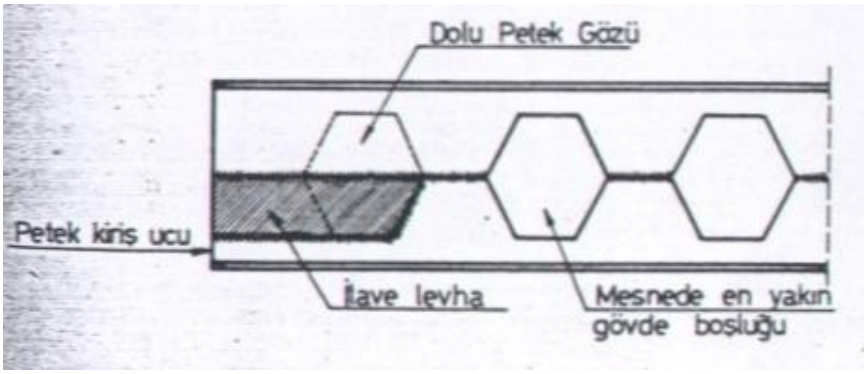
Şekil 4.28 - Eğimli aksa sahip bir petek kiriş
[http://fatihakbay.tripod.com]

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 (Şekil 4.29). Bu işlemler otomatik olarak da yapılabilmektedir. Kirişin oluşturulmasında, mesnete en yakın gövde boşluğu, maksimum kesme kuvvetlerini karşılayabilmek amacı ile dolu olarak bırakılmalıdır (Şekil 4.30). Ayrıca kesim ve kaydırma sonucu mesnetlere yakın bölümlerde boşluk meydana gelir (Şekil

4.32). Bu boşluk da gene bir levha ile doldurulur. Böylece petek kiriş, mesnetleri üzerinde, dolu gövdeli bir kiriş görüntüsüne sahip olur (Şekil 4.31) [Odabaşı, 1982].



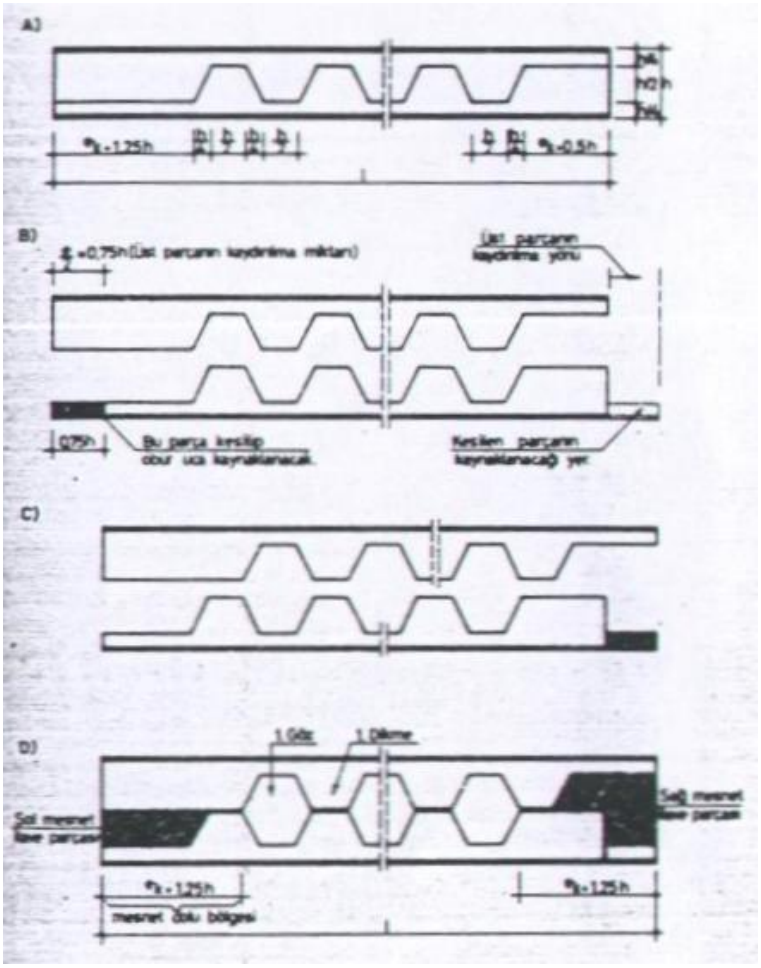
Şekil 4.29 - I profilin, petek kirişe dönüştürülme işlemi içinçizgilerin çizilmesi [Odabaşı, 1982]



Şekil 4.30 - Petek kirişin mesnete en yakın bölmesinin dolu olarak imal edilmesi [Odabaşı, 1982]



Şekil 4.31 - Mesnete en yakın ucu doldurulmuş bir petek kiriş [http://fatihakbay.tripod.com/celikyap/PETEKI.html]



Şekil 4.32 - Petek oluşturulması süreci [Odabaşı, 1982]

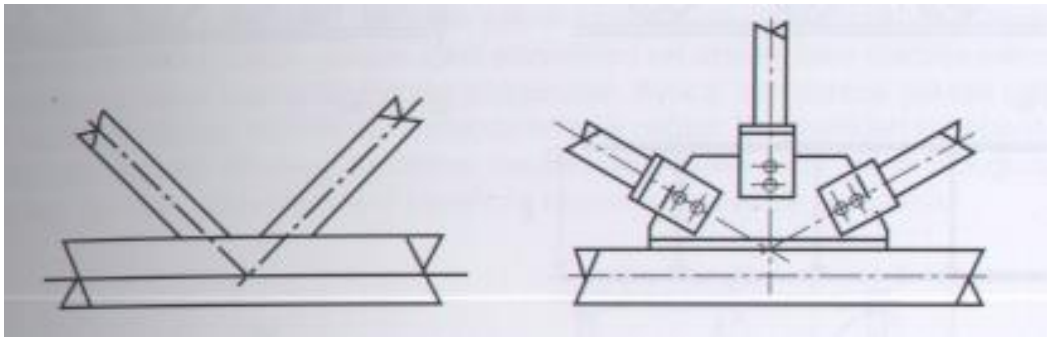
4.2.2. Kafes Kirişler:

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, 1993]. Harris [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 (Şekil 4.33) [Wardenier, J. ve diğ., 2001].

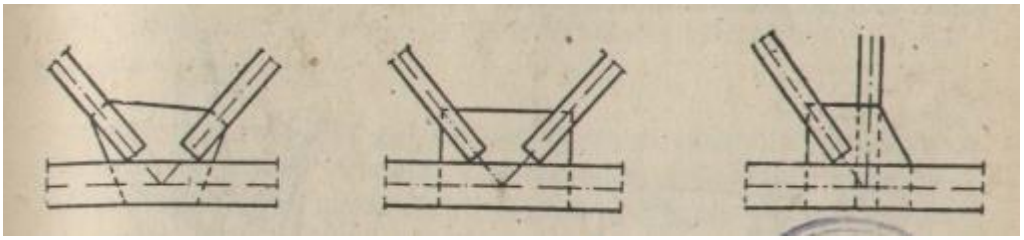


Şekil 4.33 – Kafes kiriş sistemi [Allen, 2000]

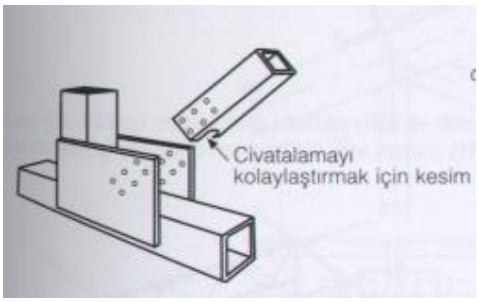
Daha önce Bölüm 3.2.2.2'de de belirtildiği gibi gerek eksenel basınç ve çekme altındaki üstün statik özellikleri, gerekse de yüksek burulma rijitlikleri sayeseinde kafes kirişlerde kullanılmaya en elverişli bileşenler kutu ve boru profillerdir. Bu profiller birbirlerine doğrudan kaynaklama ya da bayrak levhaları (guse) yardımıyla bulonlarla birleştirilmesi ile oluşur (Şekil 4.34). Guse levhalı birleşimler üretilirken, diyagonal elemanlar yan plakalara bulonlanır (Şekil 4.35). Burada önemli olan husus, genişlikleri birbirine uyan profillerin bulunmasıdır. Eşit genişlikteki elemanları (Şekil 4.36)'deki gibi doğrudan birleştirmek mümkündür. Boyutlar arasındaki farklar ise bağlantı elemanının yan yüzeylerine kaynatılan plakalar yardımı ile telafi edilir (Şekil 4.37).



Şekil 4.34 - a) Doğrudan kaynaklama, b) Guse yardımıyla birleştirme [Wardenier, J. ve diğ., 2001]



Şekil 4.35 - Guse levhalı birleşimler [Ardan, 1973]

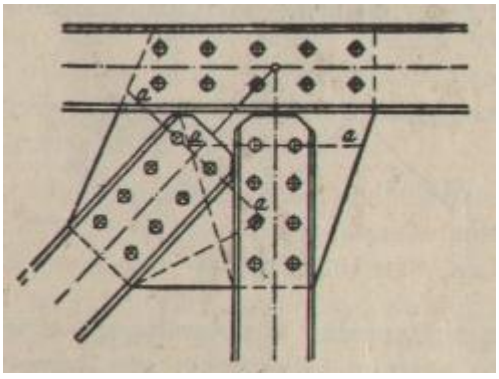


Şekil 4.36 - Eşit genişlikteki elemanların birleşimi [Wardenier, J. ve diğ., 2001]



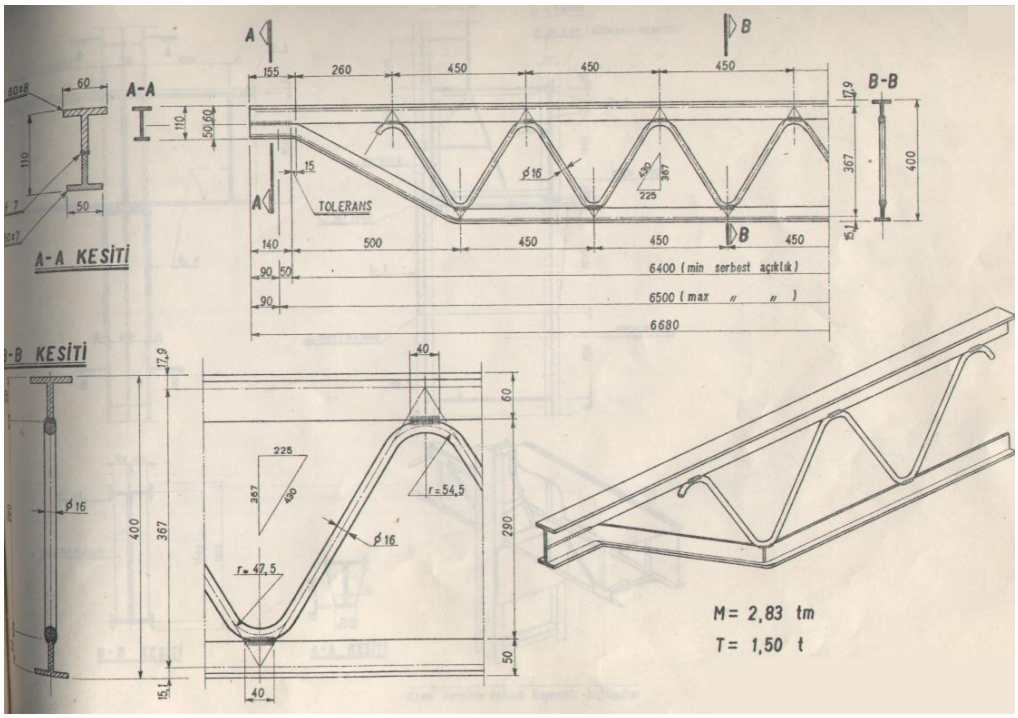
Şekil 4.37 - Eşit genişlik olmayan elemanların birleşimi [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

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 (Şekil 4.38).

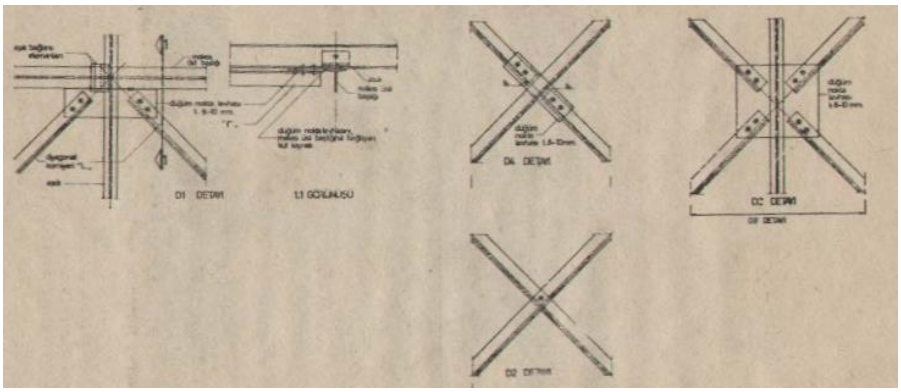


Şekil 4.38 – Düğüm noktası [Ardan, 1973]

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 (Şekil 4.39). 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 (Şekil 4.40). Bunlar da kendi içlerinde “dikme örgü çubukları” ve “diyagonal örgü çubukları” olarak ikiye ayrılabilir. Söz konusu olan tüm çubuklar tek veya çift gövdeli olarak üretilebilir. Tek gövdeli çubukların bakımları kolaydır. Fakat sağlanması gereken mukavemet değerlerine bağlı olarak hesaplanan enkesitlerin artması sonucunda çift gövdeli uygulamalar kaçınılmaz olmaktadır. Çift gövdeli enkesitlerin dezavantajı ise, çubuğun tek taraflı güneşe maruz kalması durumunda, farklı ısınmadan ileri gelen gerilme farklarının ortaya çıkmasıdır.



Şekil 4.39 – Başlık çubukları ve örgü sistem [Koçak, 1972]

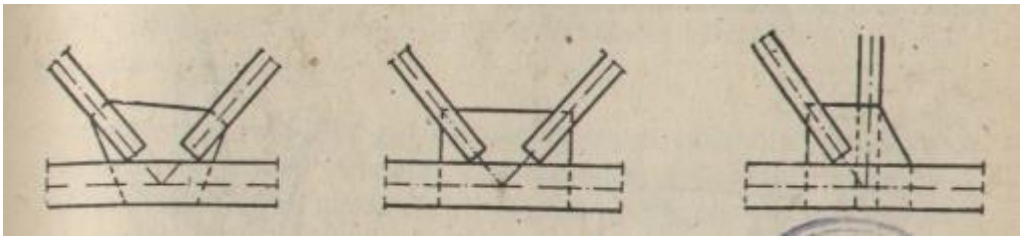


Şekil 4.40 - Dikme ve diyagonal örgü çubukları [Odabaşı, 1981]

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 kaçırılmaması gereken bir husustur. Ayrıca, çubukların enkesitlerinin, 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 (Şekil 4.41).



Şekil 4.41 – Sistem noktalarının tayini [Ardan, 1973]

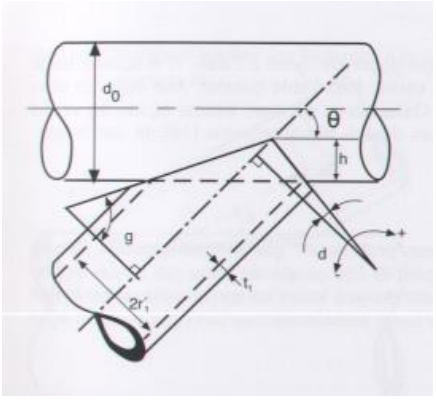
Perçin ya da bulon gibi bağlantı elemanları ile çubuklardan gelen yükleri, başlıklarda fazla zorlamaya meydan vermemek için denkleştirmek amacıyla düğüm noktalarında "düğüm levhası" (bayrak) adı verilen levhalar kullanılır (Şekil 4.38). Bir düğüm noktasında çubuktan levhaya geçen yük miktarı ile burada 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.

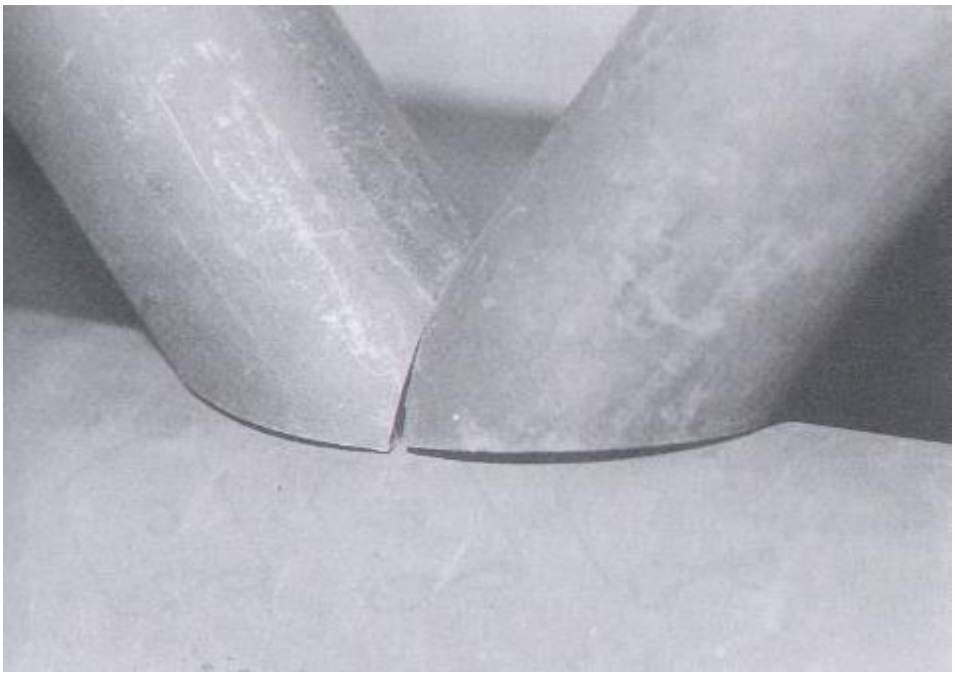
Açık profillerle yapılan kafes kirişlerin imalatı, bağ ve ek levhaları kullanılmasından ötürü daha karmaşıktır (Şekil 4.42). Dolayısıyla, birleşimlerin oluşturulması için harcanması gereken kaynak miktarı da nisbeten fazladır. Kısacası, hem malzeme hemde işçilik maliyetleri kapalı profillere göre daha fazladır (Şekil 4.43 ve 4.45).



Şekil 4.42- Açık profillerden oluşturulan bir kafes kiriş sistemi [Allen, 2000]



Şekil 4.43 - Boru profillerden oluşturulmuş bir düğüm noktası [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

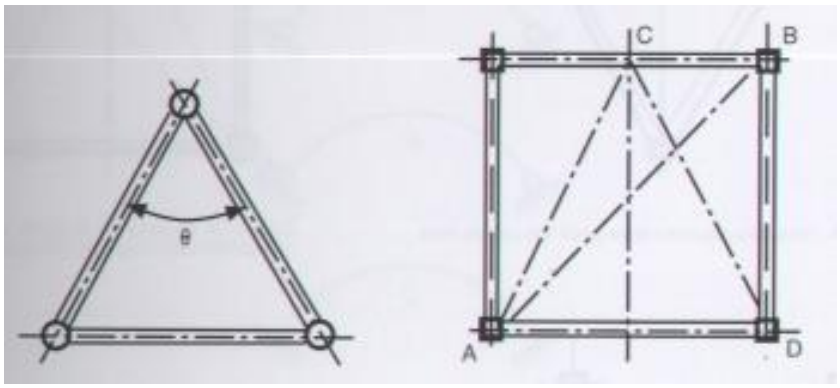


Şekil 4.44- Boru profillerden oluşturulmuş bir düğüm noktası
[Wardenier, J. ve diğ., 2001]

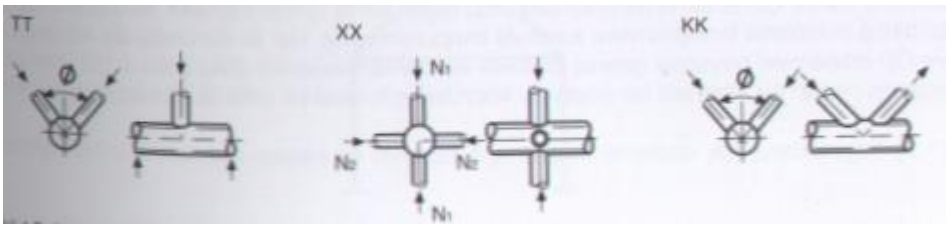
Kafes kirişler ile ilgili daha fazla bilgi, "5.5.4" numaralı bölümde incelenecek olan çatı konstrüksiyonları başlığı altında yer almaktadır.

4.2.3. Uzay Kafes Kirişler:

Bu tip kirişler üçgen ve dörtgen enkesitli uzay kafes kirişler olarak incelenebilir (Şekil 4.45). Üçgen kirişlerde üç, dörtgen kirişlerde dört tane TT, XX ve KK bağlantılarına sahip başlık elemanı bulunur (Şekil 4.46). Bu tip bağlantılara "çok düzlemli bağlantılar" adı verilmektedir.



Şekil 4.45 - Üçgen ve dikdörtgen enkesitli kafes kirişler



Şekil 4.46 - TT, XX ve KK başlık elemanları

Uzay kafes sistemlerde bağlantılar, çok düzlemli yüklemelere göre tasarlanmıştır. Yani bütün yönlerde yük ve momentlere dayanabilecek bir dayanıma sahiptirler. Yüksek içsel stabilitelerinden dolayı ilave stabilite elemanlarına gerek duymazlar.

Bu tip kirişlerde açıklığın eleman enine oranı (l / h) 15-18 arasındadır. Genellikle en ve genişlik eşit olur.



Şekil 4.47- Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Stadı'nın maraton tribün örtüsünü taşıyan uzay kafes kiriş [Hasan Ünver kişisel arşivi]

Uzay kafes kirişlere verilebilecek en iyi örneklerden biri İstanbul Kadıköy'de yer alan Fenerbahçe Şükrü Saraçoğlu Stadı'nın tribün örtülerini taşıyan sistemdir (Şekil 4.47). Maraton tribün çatısı 156 m. açıklıkta. 4.6 m genişlik ve 12 m yüksekliğinde ana taşıyıcı makastan ibaret olup membran taşıyıcı ışınlarla birlikte 40 m genişliğe ulaşmaktadır. Makas iki noktadan bir ucu sabit diğer tarafı kayar elastomer mesnetler üzerine oturtulmuş durumdadır. Ana makas ve mesnetler rüzgarın 800 ton kaldırma

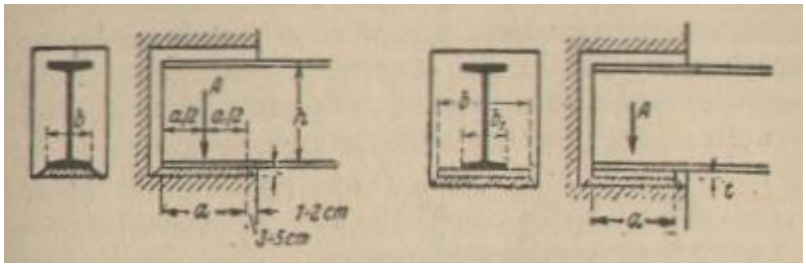
yüküne göre üç boyutlu olarak modellenmiş, model rüzgar tünelinde test edilmiş ve test sonuçları tasarımda kullanılmıştır. İnşaat sırasında 900 ton ağırlığındaki ana makas tribün üzerinde oluşturulan geçici platform üzerinde monte edilerek diagonel bağlantılar mesnetlere yakın bölgelerde kaynaklı, orta bölgelerde pimli olarak tasarlanmıştır. Çelik makasa imalat sırasında ters sehim verilmiş, yüklemelerden sonra uzaydaki nihai koordinatlarında olması sağlanmıştır. Deliklerdeki boşluk toleransının 0,3 mm. mertebesinde olmasından dolayı ana makasın tüm elemanlarının fabrika ön montajı yapılmış montajda hassasiyet ve hız kazanılarak makas 45 gün içinde tamamlanmış, geçici platform sökülerek tribün kullanıma açılmıştır. Çelik yapının güneş ve ağır çevre şartlarına dayanımını sağlamak üzere kumlama yapılıp epoksi sistemle boyanmıştır. Işınlarda oluşturulan yağmur oluğu ve sifonik sistem ile yağmur drenajı sağlanmıştır [http://www.tucsa.org.tr].

4.2.4. Kirişlerin Betona veya Kagire Montajı:

Bu tip mesnetlerin ve birleşimlerin görevi, kirişlerden gelen yükleri, beton ya da kagir yapı malzemeleri kullanılarak oluşturulmuş alt yapı elemanlar üzerine uniform şekilde aktarabilmektir. Mesnetler genellikle kiriş düzleminin içinde yer alır. Mesnetlerin düzenlenmesi ve oluşturulması sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri, kirişlerin mesnet noktalarında istenilen dönmeleri yapabilmeleridir. Bu konu binalarda çok büyük sorun oluşturmasa da özellikle geniş açıklıklı köprülerde dikkate alınması gereken önemli bir problemdir.

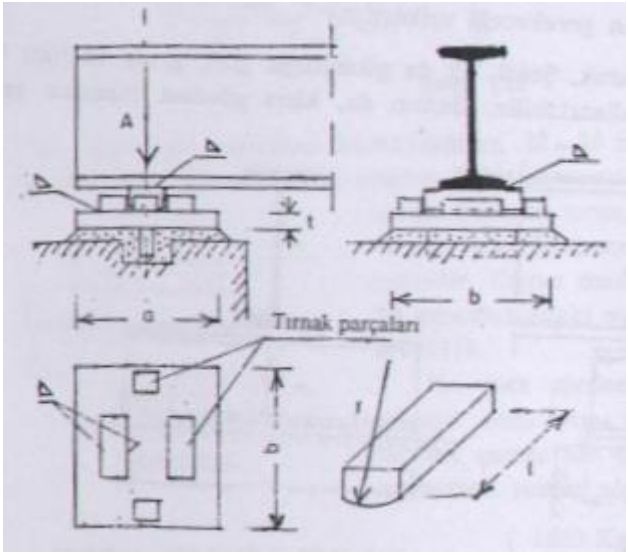
Öncelikle, çelik kirişin oturacağı yüzeyde çimento ve kum ile üretilen harç tabakası oluşturulur. Bu şerbet tabakasının kalınlığı 1~3 cm. olmalıdır. Bunun amacı, kirişin oturacağı yüzeye uniform gerilme yayılışı sağlamaktır. Bu uygulama mesnet reaksiyonlarının küçük olduğu durumlarda yapılır. Mesnet reaksiyonunun küçük olduğu durumlarda kirişin doğrudan doğruya duvar üzerine oturtulması için gereken minimum istinat uzunluğu yaklaşık a=h/2+15 cm. olarak hesaplanır [Ardan, 1973]. Mesnet alanının küçük olması ya da mesnet reaksiyonunun fazla olduğu durumlarda kirişin alt başlık genişliği gereken istinat alanını sağlayamaz. Bu durumda istinat yüzeyini arttırarak yükleri daha büyük bir alana yaymak ve dolayısıyla zemin emniyet gerilmelerinin aşılmasını önlemek amacıyla profilin altına mesnet levhası kaynaklanır (Şekil 4.48). Montaj sırasında mesnet levhası kamalar üzerine oturtulup

düşeyliği ayarlandıktan sonra altına çimento şerbeti dökülür. Beton tabakanın buradaki görevi, kirişten gelen yüklerin duvara aktarılmasını sağlamaktır.



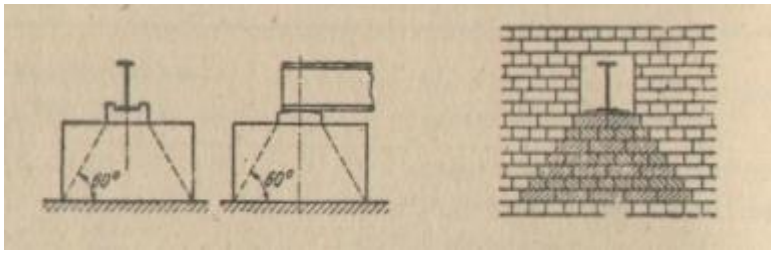
Şekil 4.48 - Kirişin mesnet levhası üzerine oturması [Ardan, 1973]

Mesnet reaksiyonu çok büyük ise, duvar malzemesinin basınç emniyet gerilmesine bağlı olarak, mesnet levhasının da boyutları büyür. Bu durumda mesnet levhasının alanını küçültebilmek maksadıyla levhanın altına (Şelik 4.49)'da görüldüğü gibi bir mesnet taşı yerleştirilerek basınç gerilmelerinin daha geniş bir duvar yüzeyine yayılması sağlanabilir [Ardan, 1973].



Şekil 4.49 - Kirişin mesnet taşı üzerine oturması [Deren, 1995]

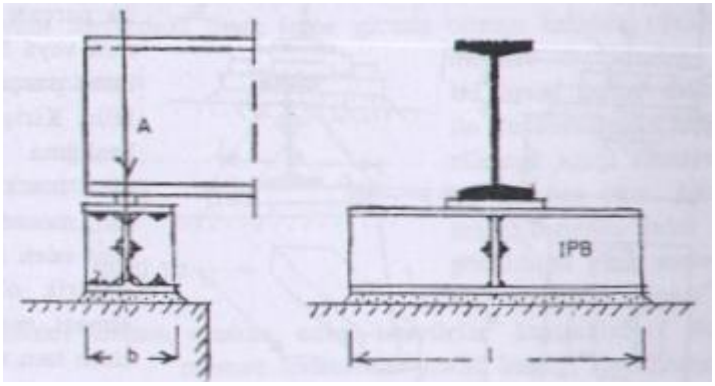
Eğer kiriş duvara saplanan bir kiriş ise, mevcut oyuk duvar malzemesi ile doldurulur. Bu işlem kirişin kullanım sırasında devrilmesini önlemek için yapılır. Kiriş duvarda açılan oyuğa değil de doldurulamayacak bir yüzey üzerinde yer alacak ise, profil ile mesnet levhası arasına, mesnet ekseni üzerinde enine parçalar eklenmelidir. Tuğla duvarlarda, kirişin istinat noktasının altındaki altı sıra tuğlayı, duvarın bünyesinde kullanılan malzemeden daha dayanıklı bir malzeme ile örmek de başarı ile uygulanabilecek bir yöntemdir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50 - Kirişten duvara yük aktarımı [Ardan, 1973]

Betonarme ya da kagir yapıya mesnetlenmiş kirişte oluşan çökme miktarının l / 500 olması durumunda uniform gerilme yayılışı oluşacağından dolayı mesnette bir takım hasarlar oluşur. Bu durumda mesnete gelen kuvvet, mesnet levhasına bir "merkezilik parçası" aracılığı ile iletilir. Burada önemli olan nokta, bu merkezilik parçasının alt yüzeyinin (mesnet levhasına temas edecek olan yüzey) silindirik olarak işlenmiş olması gereğidir.

Kirişten mesnete gelen yükün büyük, kagir ya da betonarme yüzeyin emniyet gerilmesinin ise küçük olduğu durumlarda "mesnet çarığı" adı verilen çok kalın mesnet levhaları kullanılır (Şekil 4.45). Bu elemanlar, iki başlık levhası ile bir gövde levhasından oluşur. Mesnet çarığı olarak geniş başlıklı I profili de kullanılabilir. Gövdesinin iki tarafına, kiriş gövdesi hizasında takviye levhaları konulması unutulmamalıdır.



Şekil 4.51 - Kirişin "mesnet çarığı"nın üzerine oturması [Deren, 1995]

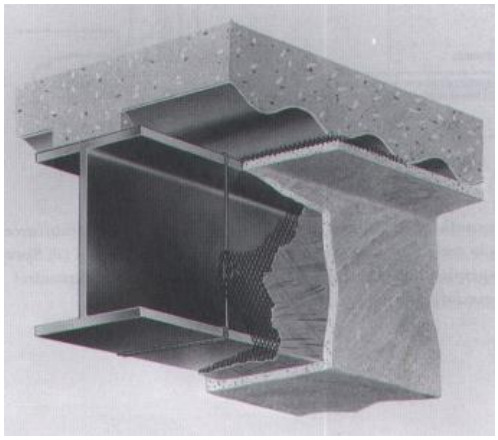
Kirişlerin betonarme ya da kagir yapıya mesnetlenmesinde bu yöntemlerden başka üst yüzeyi silindirik çarıklı mesnetler ve mesnet taşları da kullanılabilir. Mesnet taşları, duvarın emniyet gerilmesinin küçük olduğu durumlarda mesnet levhasının altına yerleştirilir.

4.2.5. Kirişlerin Yangına ve Korozyona Karşı Korunması:

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

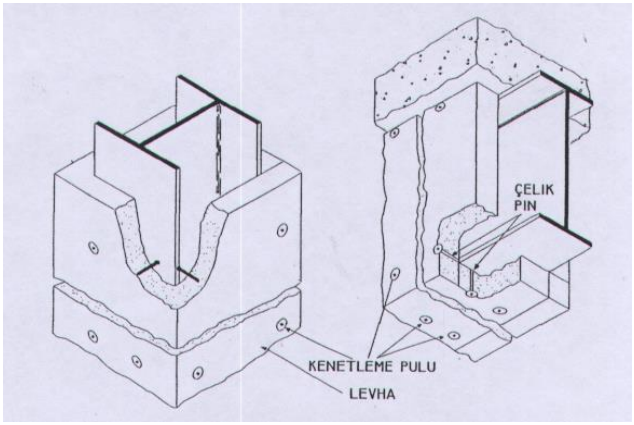
Çelik taşıyıcı sistem elemanlarında (kolon, kiriş vb.) kullanılabilecek başlıca yangın koruma yöntemleri şunlardır:

a- Yangına dayanıklı boya
b- Tabanca ile püskürtülerek uygulanan koruyucu malzeme
c- Çelik yapı elemanlarının sıva ile kaplanması
d- Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı alçıpan plaklarla kaplanması (Şekil 4.52)



Şekil 4.52 - Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı alçıpan plaklarla kaplanması [Allen 2000]

e- Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı izolasyon plakaları ile kaplanması (Şekil 4.53)



Şekil 4.53 - Çelik yapı elemanlarının yangına dayanıklı izolasyon plakaları ile kaplanması [Gürbüz, 2002]

f- Çelik yapı elemanlarının beton içine alınması

Korozyonu önlemek için kullanılan kaplamalar PVC, PVF, boya ve plastik esaslı olursa "organik kaplamalar", galvanizleme (çinko ile kaplama) şeklinde olursa "inorganik (metal) kaplamalar" olarak adlandırılır. Yapının yangına karşı korumasını amaçlayan tüm önlemler aynı zamanda yapının korozyona karşı korunması için de kullanılabilecek yöntemlerdir. Çünkü yangına karşı kullanılan koruma yöntemlerinde amaç, çelik yapı elemanının ısı kaynağına direkt temasını önlemektir. Korozyonu önlemek için de aynı şekilde, malzemenin hava ve nem ile ilişkisinin kesilmesi yeterlidir. Kısaca, çelik yapı elemanının dış ortamdan uygun şekilde yalıtılması hem yangına hem de korozyona karşı gereksinmeleri karşılamakla yeterli olacaktır.

4.3. Döşemeler:

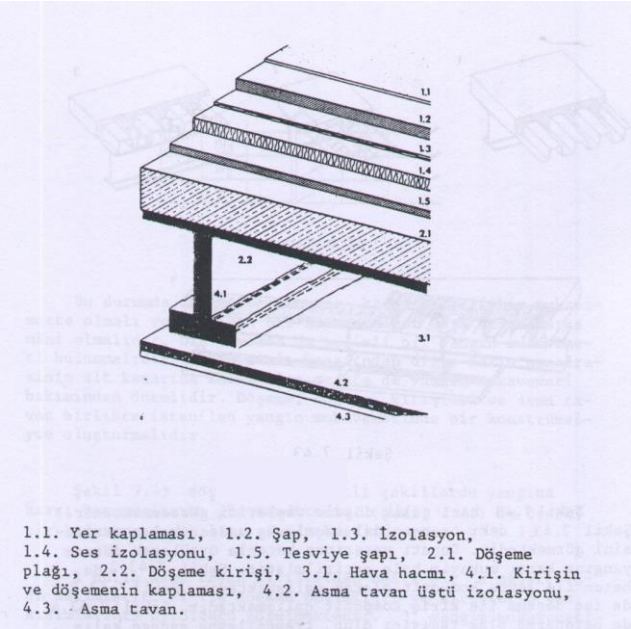
Bir yapının ya da bir yapı bölümünün iki katı arasında ayırıcı yatay bir düzlem oluşturan öğelere "döşeme" adı verilir. Döşemeler, genellikle taşıyıcı bölümü ve dolgu gereçlerini içeren bir iskeletten, üzerinde yürünen ve bir zemin oluşturan kaplamadan (döşeme üst yüzeyi) ve bir tavandan (döşeme alt yüzeyi) oluşan elemanlardır [Hasol, 1993].

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 ve civatalanmak yoluyla montajı yapılır. Enleme kirişleri üstüne ikincil kirişlere koşut olarak yaklaşık 25 cm. aralıklı ızgara çubukları bağlanır. Böylece gerçekleştirilen kafes üzerine çimento harcı, kuru moloz, boşluklu tuğla, pişmiş toprak dolgu yapılır (Şekil 4.54).

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

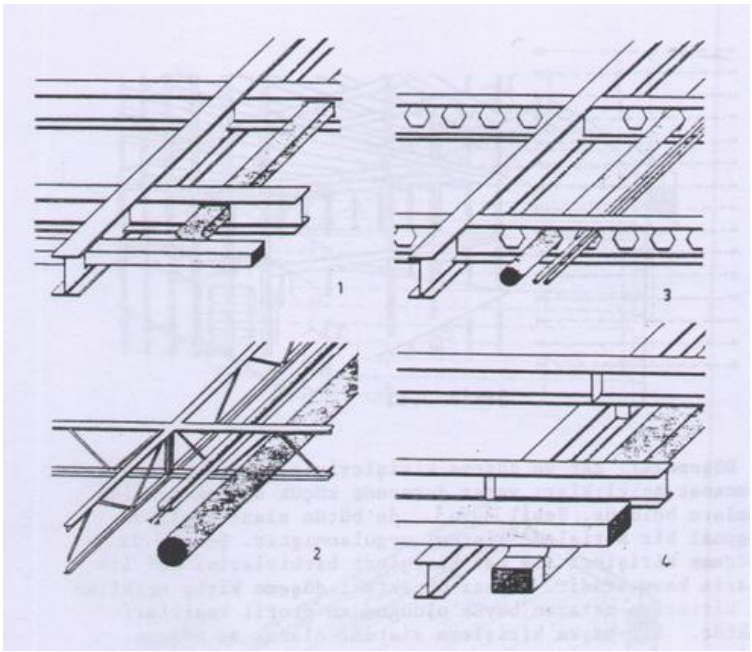
Isıtma, sıhhi tesisat, elektrik tesisatına ait kabloların durumu gibi mekanik özellikler de önemle üzerinde durulması gereken hususlardır. Bu konu aynı zamanda kirişler ile de alakalı olsa da döşemeler bünyesinde ele alınması özellikle döşeme yüksekliği

tayini gibi mimari tasarımı etkileyen bir faktör olduğu için bu konu bünyesinde ele alınacaktır (Şekil 4.55).



1.1. Yer kaplaması, 1.2. Şap, 1.3. İzolasyon, 1.4. Ses izolasyonu, 1.5. Tesviye şapı, 2.1. Döşeme plağı, 2.2. Döşeme kirişi, 3.1. Hava hacmı, 4.1. Kirişin ve döşemenin kaplaması, 4.2. Asma tavan üstü izolasyonu, 4.3. Asma tavan.

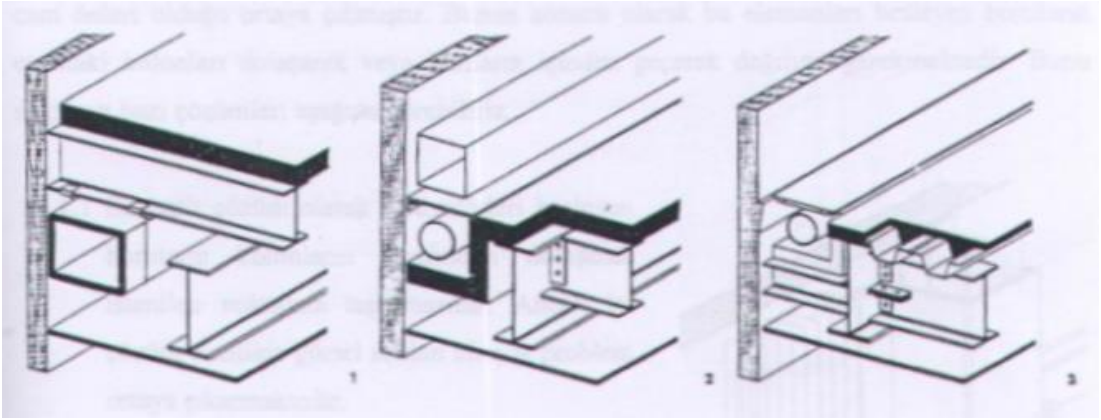
Şekil 4.54 - Çelik taşıyıcılı bir döşemenin katmanları [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]



Şekil 4.55 - Döşeme ile tesisat sistemi ilişkisi [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]

Çoğu binada döşeme ve kiriş sistemini oluşturan taşıyıcı elemanlar ile tesisat kanal ve kabloları aynı düzlem içinde çalışırlar (Şekil 4.56a). Bu sistemlere "tek bölgeli tesisat" adı verilmektedir. Diğer bir deyişle tesisatı oluşturan ekipman ve kanallar,

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



Şekil 4.56 - a) Tek bölgeli tesisat, b ve c) Çift bölgeli tesisat [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001]

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 4.56b), taşıyıcı sistem düzlemi ile beraber iki ayrı katman olarak da kullanılabilirler (Şekil 4.56c) [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001].

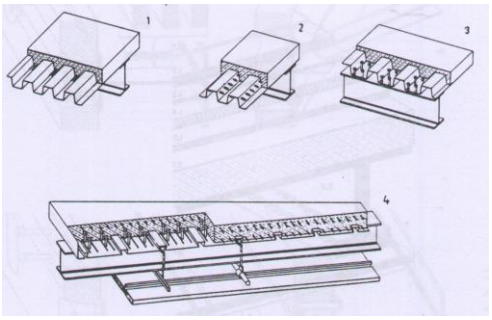
Çelik yapılarda uygulanan döşeme sistemleri "kompozit döşeme sistemleri" ve "kompozit olmayan döşeme sistemleri" olmak üzere iki grupta incelenebilir:

4.3.1. Kompozit Döşeme Sistemleri:

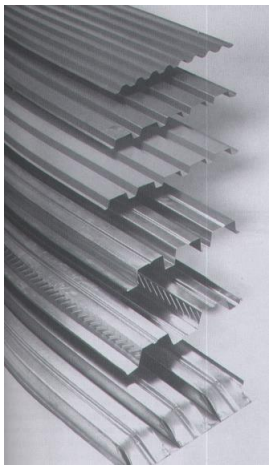
Kompozit döşeme sistemlerinde amaç, tüm sistemi birlikte çalıştırabilmektir (Şekil 4.57). Diğer bir deyişle, sistemi taşıyan çelik kirişlerle, trapez döşeme elemanının (Şekil 4.58) üzerine dökülen döşeme betonu birlikte çalışır (Şekil 4.59). Bunun amacı, döşemeye gelen düşey yüklerle birlikte yatay yüklerin de kirişlere sağlıklı bir şekilde aktarılabilmelerini sağlamaktır.

Kompozit döşeme sistemlerinin inşa edilme uygulamalarında, trapez kesitli saç levhaların, çelik kirişlerin üzerine döşenmesini izleyen işlemde, kirişlere malzemesi gene çelik olan "kesme elemanları (stud)" kaynaklanır (Şekil 4.60). Bu elemanların görevi kirişlerle döşeme betonunun birlikte çalışmasını sağlamaktır (Şekil 4.61). Kesme elemanlarının kirişlere kaynaklanmasından sonra trapez döşemenin üzerine döşeme donatıları yerleştirilir ve ardından da döşeme betonu dökülür (Fotoğraf 4.62).

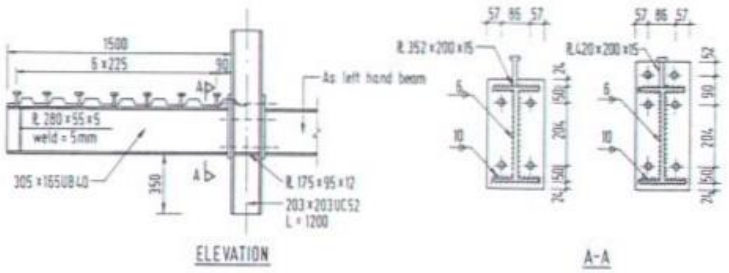
Bu sistemde geçilecek açıklığın miktarı, kullanılacak trapez saç levhanın tipine bağlıdır [Korkut, 2001].



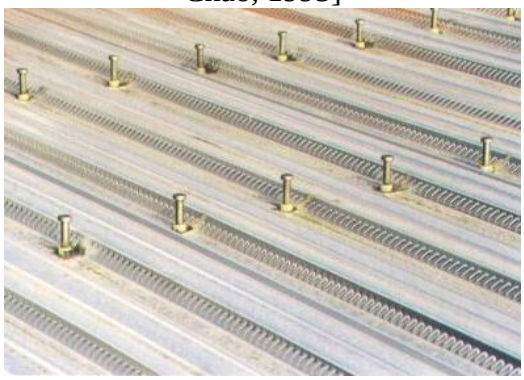
Şekil 4.57 - Kompozit döşeme sistemlerine örnekler [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]



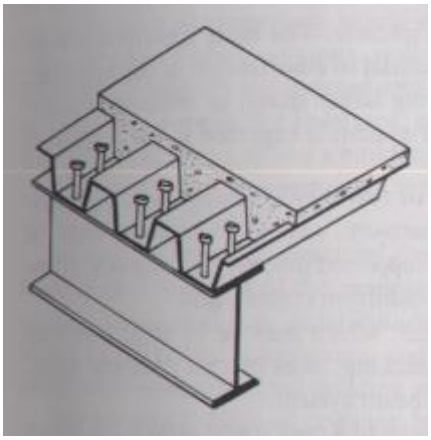
Şekil 4.58 - Çeşitli tiplerde trapez döşeme elemanları [Allen, 2000]



Şekil 4.59 - Kompozit döşeme sistemine ait kesit ve görünüşler [Shanmuyan ve Chao, 1995]



Fotoğraf 4.60 – Trapez levhanın üzerindeki “stud”lar [Alfapen, 2001]



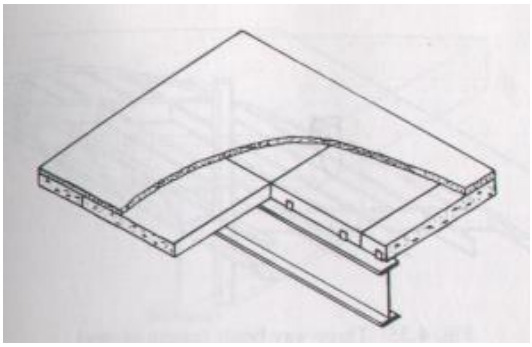
Şekil 4.61 - Kirişlerin, döşeme panellerinin ve döşeme betonunun birlikte çalışması için kullanılan studlar [Smith ve Coull, 1991]



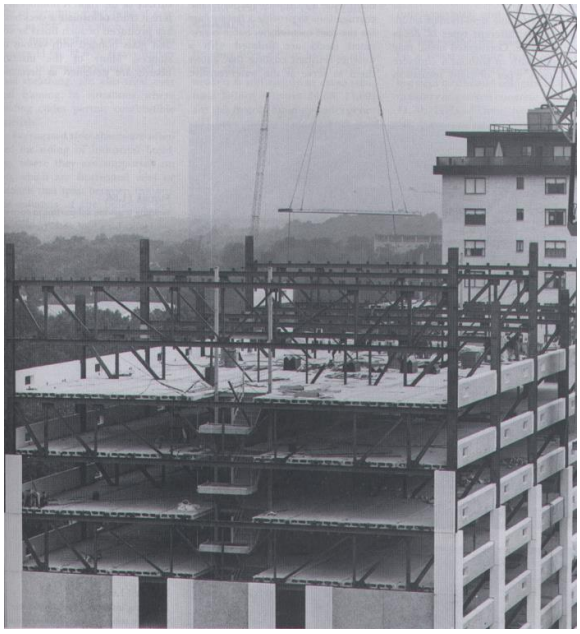
Şekil 4.62 - Döşeme betonunun dökülmesi [Allen, 2000]

4.3.2. Kompozit Olmayan Döşeme Sistemleri:

Kompozit olmayan döşeme sistemlerinde, döşeme kirişleri ile döşeme birbirinden bağımsız çalışır (Şekil 4.63). Bu yüzden de, söz konusu sistemlerde yalnızca düşey yükler çelik kirişlere iletilir. Yatay yüklerin kirişlere aktarılmasını sağlamak için ayrıca önlem almak gerekir (Şekil 4.64).



Şekil 4.63 - Kompozit olmayan döşeme sistemi [Smith ve Coull, 1991]



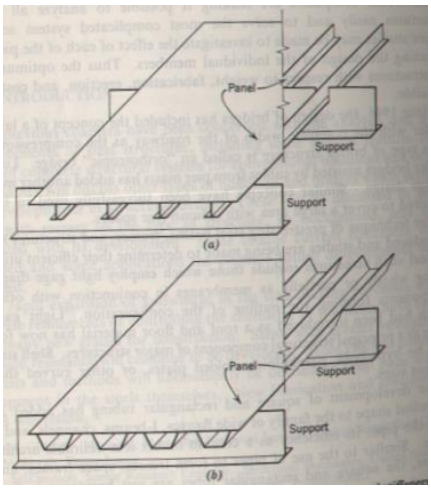
Şekil 4.64 – Kompozit olmayan döşeme sisteminin uygulandığı bir binanın inşaatı [Allen, 2000]

Bu tip döşeme sistemlerinin uygulanmasında çeşitli yöntemler kullanılır. Örneğin döşeme kirişlerinin yerleştirilmesinden sonra bunların üzerine prekast döşeme elemanları yerleştirilir (Şekil 4.65). 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 (Şekil 4.66).

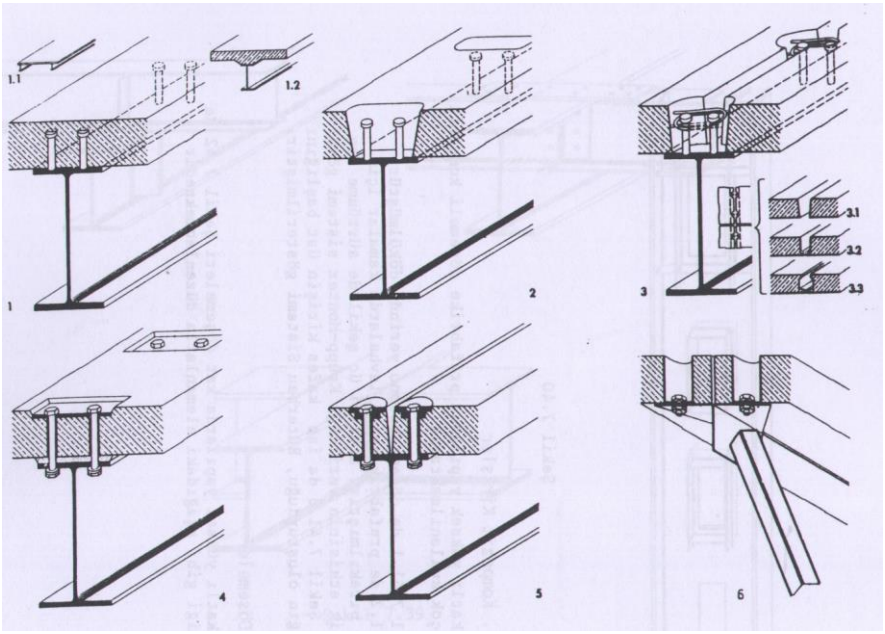


Şekil 4.65 - Prekast döşeme elemanlarının sisteme yerleştirilmesi [Korkut, 2001]

Kompozit olmayan döşeme sistemleri, kompozit sistemlere göre hızlı uygulanabilmesi ve montajının nispeten kolay olması gibi nedenlerle avantajlıdır. Fakat, kirişler ve döşeme elemanlarının boyutlandırılmalarının birbirlerinden bağımsız yapılmasından dolayı çelik döşeme kirişleri, kompozit sistemdekilere nazaran daha büyük kesitli olur (Şekil 4.67) [Korkut, 2001].



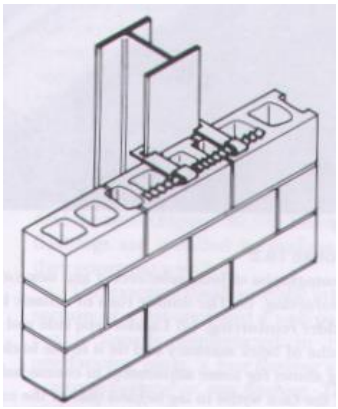
Şekil 4.66 - Çeşitli kompozit olmayan döşeme tipleri [Bresler, 1968]



Şekil 4.67 - Kompozit ve kompozit olmayan döşeme sistemlerinde kullanılan stud boyutlarının karşılaştırılması [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]

4.4. 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 (Şekil 4.68). Ancak, tercih edilen yöntem; galvanizli saçlardan kesilip bükülerek elde edilen "U" ve "C" profillere alçı panellerin monte edilmesidir (Şekil 4.69). 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.

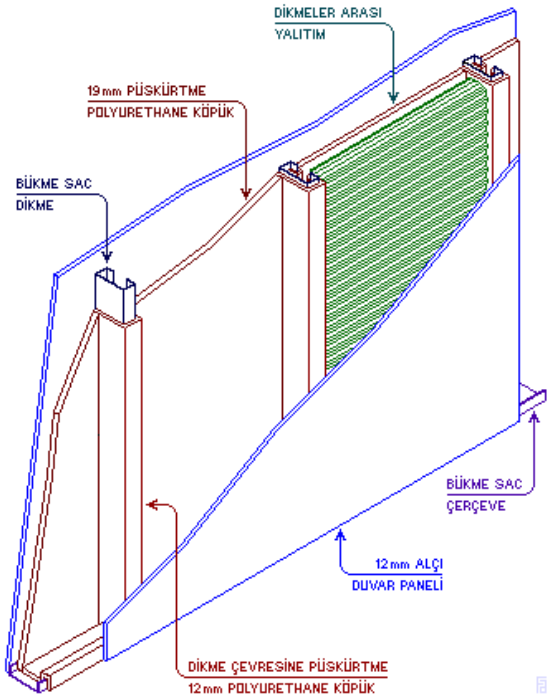


Şekil 4.68 - Çelik kolon ile tuğla duvar birleşimi [Allen, 2000]

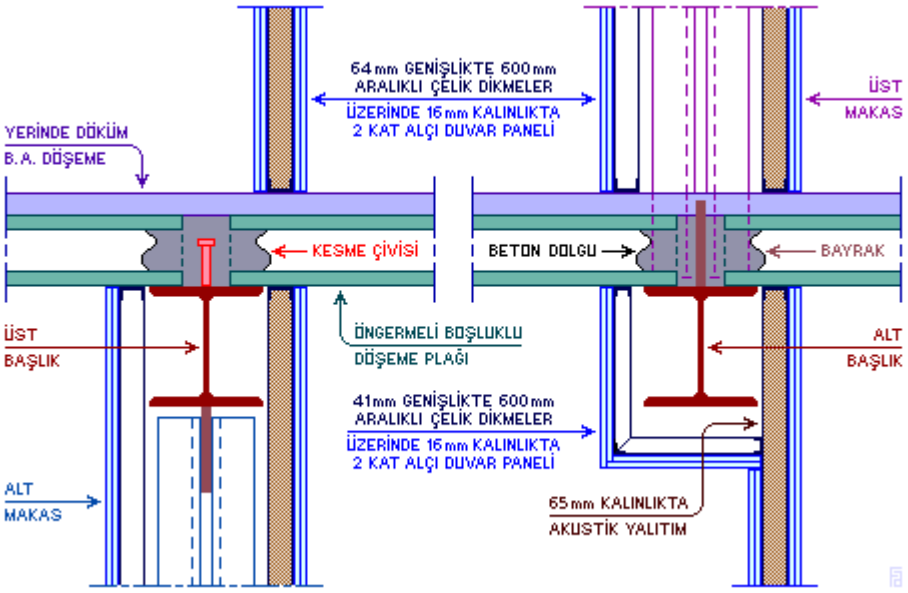
Önceden delinmiş bükme saç dikmelerden oluşan duvarlara elektrik, telefon, su vb. tesisat elemanları kısa sürede ve kolaylıkla monte edilebilmektedir.

Bükme saç profillerin fabrikada birleştirilmesi ile oluşturulan ve taşıyıcı da olabilen duvar panelleri inşaat süresinin kısalmasını sağlamaktadır.

(Şekil 4.70)'de bölgü duvarının döşeme sistemi ile ilişkisi görülmektedir. Bu tip sistemlere "şaşırtmalı makas sistemi" adı verilmektedir [http://fatihakbay.tripod.com].



Şekil 4.69 - Çelik taşıyıcılı bir iç duvarın katmanları
[http://fatihakbay.tripod.com]



Şekil 4.70 - Şaşırtmalı makas sistemi
[http://fatihakbay.tripod.com]

4.5. 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, 1993]. 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 sistelerindeki 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.

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 taktirde ve metal levha gibi

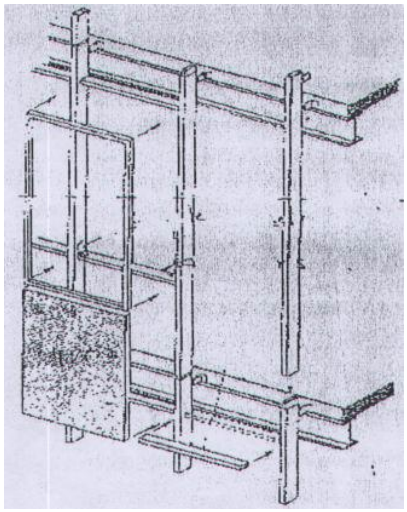
geçirimsiz bir yüzey bulunmasından ötürü duvarın iç katmanlarının havalandırılmasına olanak tanınmalıdır. Böylece su buharı, ısı yalıtımına zarar vermeyecek şekilde sistem bünyesinden uzaklaştırılabilir.

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 (Tablo 4.1). Bu problemin yarattığı sonuçları en aza indirgemek, cephe sisteminin iç kısmının iklimlendirilmesi gibi yüksek teknoloji gerektiren şekillerde gerçekleştirilebilir.

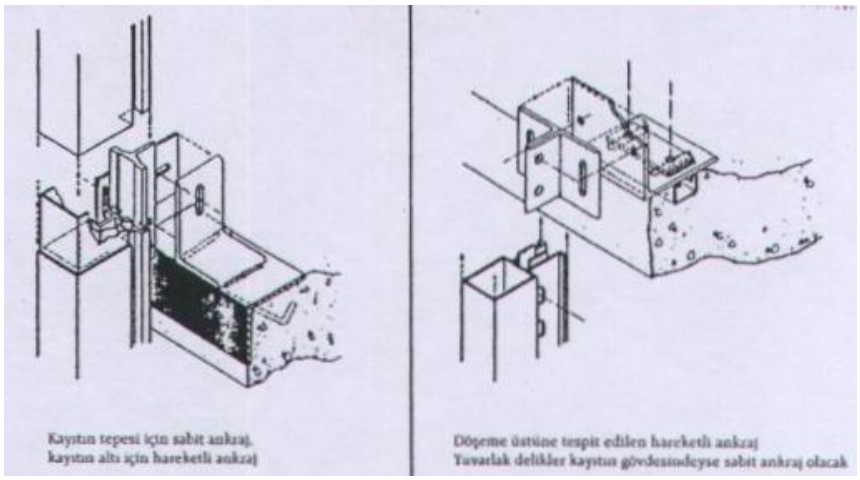
Tablo 4.1 - Yapı malzemelerinin ısıl hareketleri [Özfiliz, 2002]

Malzeme	Isıl Hareket 30 °C'de mm/ 3 m. boy
Çelik	0,9- 1,05
Alüminyum	2,1
Bakır	1,45
Cam	0,95
Killi tuğlalar	0,4- 0,6
Kumtaşı tuğlalar	1,2
Ağır beton, harç, çimento sıvası	0,8- 1,2
İnce alçı sıva	1,5- 1,8
Kaba alçı sıva	1,0- 1,3
Asbestli çimento	0,7
Mermer, yoğun kumtaşı	0,5
Plastikler (Polietilen hariç)	1,3- 9

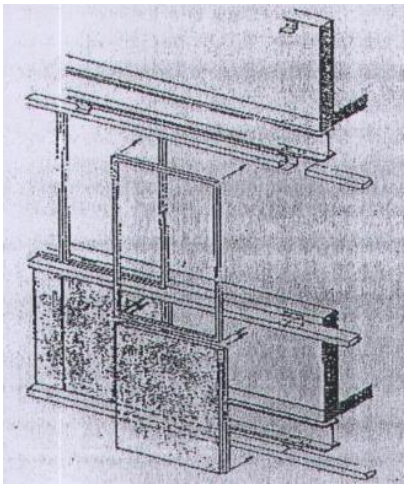
Giydirme cephe teşkilinde taşıyıcı eleman olarak görev alması için kullanılan yatay ve düşey çubukların arasına hafif dolgu malzemelerinin gelmesi ile oluşturulan sistemlere "çubuk sistemler" adı verilmektedir (Şekil 4.71). Bu sistemlerde cepheye ait taşıyıcı çubuklar genellikle alüminyum gibi hafif metallerden üretilmiş profillerdir. Bu profiller, binaya ait kolon, kiriş ve döşeme gibi çelik taşıyıcı sisteme ait elemanların bünyesine monte edilirler (Şekil 4.72). Bu tip cepheler için uygulanan diğer bir seçenek ise, (Şekil 4.73 ve 4.74)'de görülebileceği gibi düşey elemanların değil, yatay profillerin de taşıyıcılık görevi üstlendikleri "bant cephe" tabir edilen sistemlerdir [Hart ve diğ., 1985].

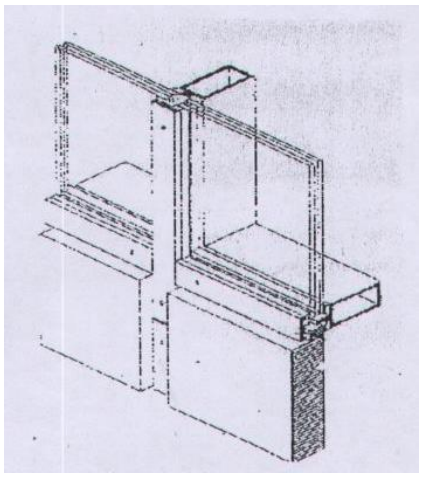


Şekil 4.71 - Çubuk sistemler [Özfiliz, 2002]



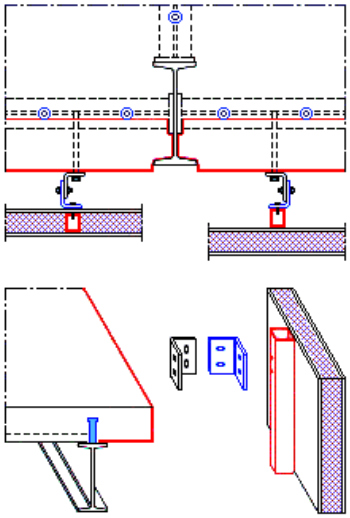
Şekil 4.72 - Çubuk sistemlerin cepheye montajı [Özfiliz, 2002]





Şekil 4.73 ve 4.74 - Bant cephe [Özfiliz, 2002]

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 (Şekil 4.75 ve 4.76). Bu tip elemanların en avantajlı özeliklerinden 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].



Şekil 4.75 – Panel sistemler [http://fatihakbay.tripod.com/celikyap/GIYDIR.html]



Şekil 4.76 - Panel sistem kullanılan bir cephe uygulaması
[http://fatihakbay.tripod.com/celikyap/GIYDIR.html]

5. ÇELİK YAPI ELEMANLARININ BİRLEŞİMLERİ:

Geçtiğimiz elli yıl süresince çelik yapı elemanları ve çelik yapıların tümü üzerinde yapılan çalışmalarla elde edilen modern metotların, bilgisayar sistemleri ile desteklenmesi ve bu metotların her geçen gün daha iyi noktalara ulaşmaları, tasarımcıları daha değişik tasarımlara ulaşmak konusunda cesaretlendirmektedir. Çelik yapıların gerek dayanımları, gerekse maliyetlerinde aranan ya da ulaşılan başarı düzeyi, birleşim tekniklerinin doğru ve yerinde kullanılıp kullanılmaması ile doğru orantılıdır.

Baker ve Batho, daha 1930'lı yıllarda, çelik yapı birleşimlerinin davranışını iyi gözleme ve anlama ile birlikte, yapısal analiz metotlarının gelişiminde çok önemli avantajlar kazanılacağını belirtmişlerdir [Howlett ve diğ., 1981]. Fakat buna rağmen yakın geçmişe kadar bu konunun sahip olduğu önem iyi kavranamamış ve yeterli düzeyde çalışma da gerçekleştirilmemiştir. Yüksek binaların gerek tasarımlarının gerekse uygulamalarının oldukça hızlı ve modern gelişim göstermesi, bu konudaki eksikliklerin görülmesinde etkili olmaktadır. Moment kapasitesi yüksek eleman ve birleşimlere giderek daha yaygın bir şekilde gereksinim duyulmasından dolayı, mukavemet ve kuvvetleri birbirine aktaracak şekilde yakın temas halinde fabrikasyon elemanların üretilmesini -maliyet ve uygulama ile ilgili koşulların sağlanması şartıyla- gerektirmektedir.

Çelik yapı elemanları olarak nitelendirilen kolon, kiriş ve döşeme elemanları ile bu elemanların gerekli şartlar dahilinde oluşturmasına 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 anlatılmış olduğu gibi, 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. Kolon-Kolon Birleşimleri:

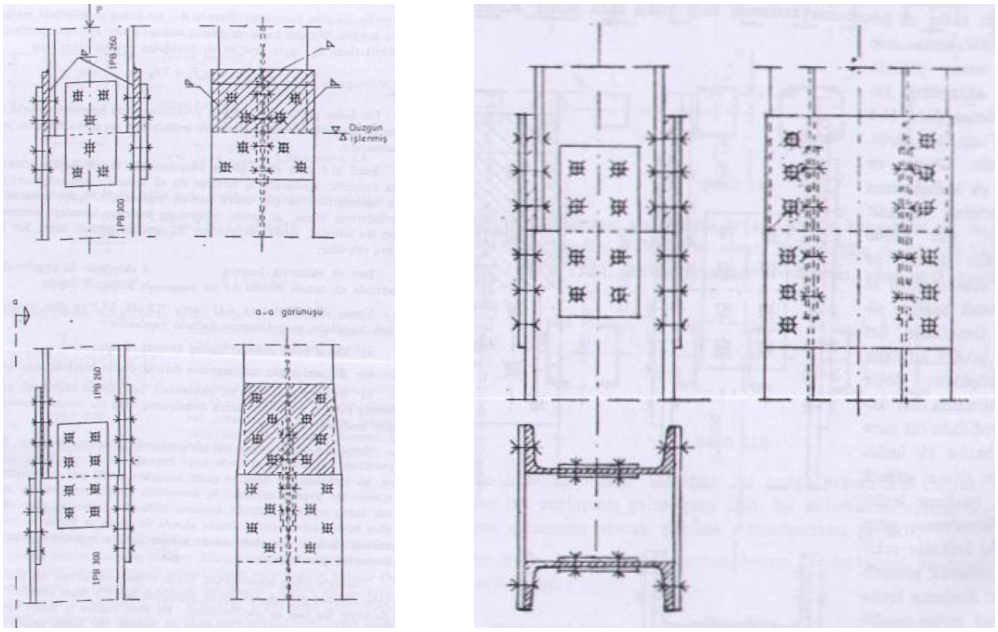
Bina yüksekliğine ve taşıyıcı sistemi oluşturan profillerin boylarına bağlı olarak, kolonları birkaç katta bir üst üste eklemek gerekir (Şekil 5.1). Bu ekler genellikle döşeme kirişlerinin 30~50 cm kadar üstünde yapılır. Üst ve alt kolon profillerinin birbirlerine uygun olması durumunda, kolonların eklenmesi, gövdeye ve başlığa ek levhaları birleştirilmesi şeklinde gerçekleştirilir. Bu iş için kullanılan araçlar genellikle uygun bulon ya da yüksek mukavemetli bulondur (SLP, GV, GVP) [Deren, 1995].



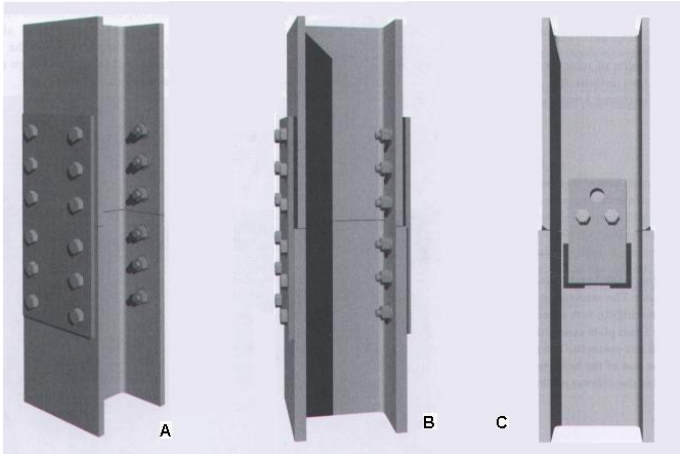
Fotoğraf 5.1 – Çelik kolonun yerine yerleştirilmesi [Allen, 2000]

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 5.2 ve 5.3). (Şekil 5.4)'de aynı kesitli kolonların birleşimi ile farklı kesitlerdeki kolonların birleşimi görülebilmektedir.



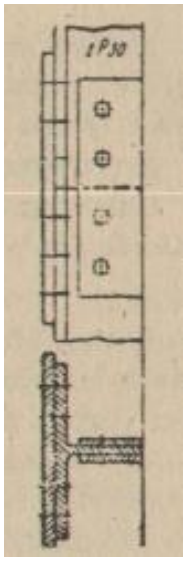
Şekil 5.2 ve 5.3 – Farklı kesitlere sahip kolonların üst üste yerleştirilmesi [Deren, 1995]



Şekil 5.4 – Aynı kesitli kolonların üst üste yerleştirilmesi [Allen, 2000]

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

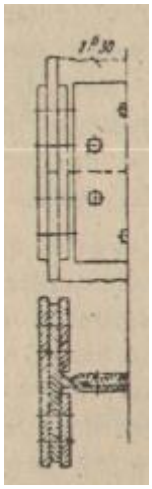
- “Tam ek”de, gövde ve başlık eklemesinde kullanılan levhaların enkesit alanları ve bunların birleşimlerinin, üst kolon profilininkilerden az olmamasına dikkat edilmelidir. Çünkü üst üste konumlandırılmış durumdaki kolonların alt ve üst yüzeyleri her ne kadar birbirlerine temas etse de kuvvet aktarımı olmadığı kabul edilmektedir (Şekil 5.5). 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].



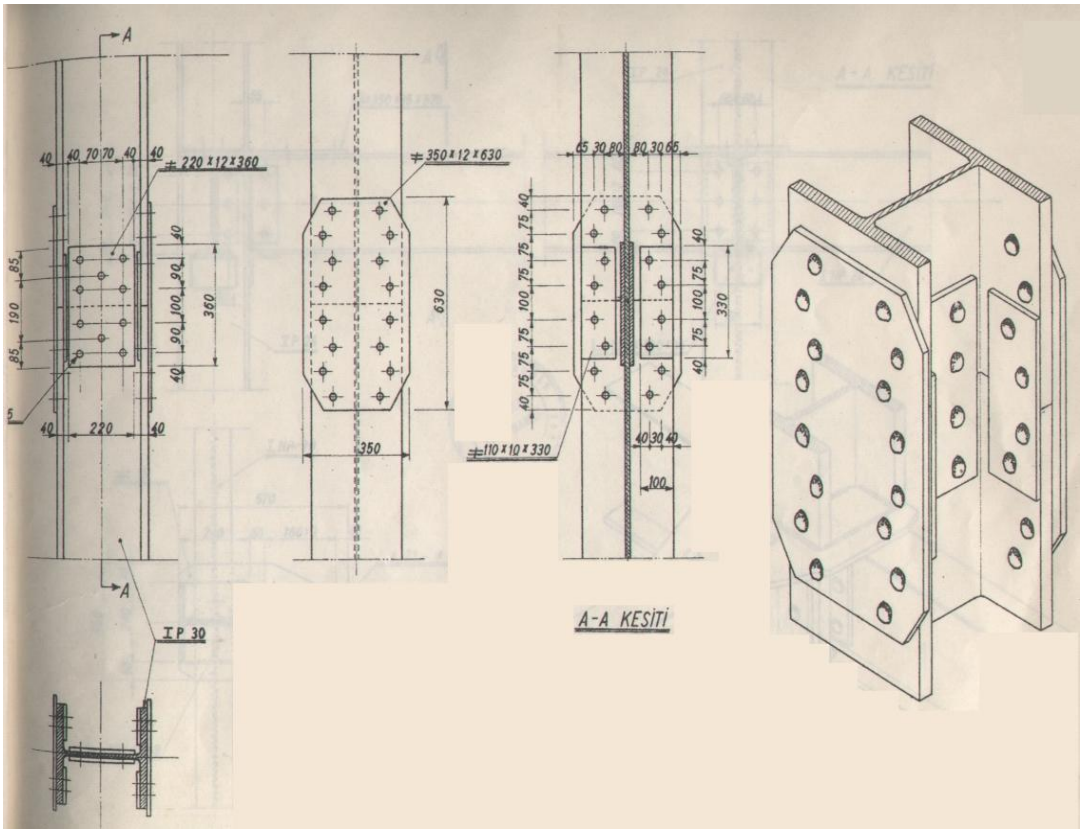
Şekil 5.5 – Tam ek [Ardan, 1973]

- “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. Kolonlara etki eden yüklerin çok fazla olması durumunda (Şekil 5.6)’deki gibi bir düzenleme ile temas eki yapmak doğru olur. Buradaki fark,

başlıkların iç tarafına yerleştirilmiş ek lamaları sayesinde bulonların çift tesirli hale gelmesidir (Şekil 5.7).



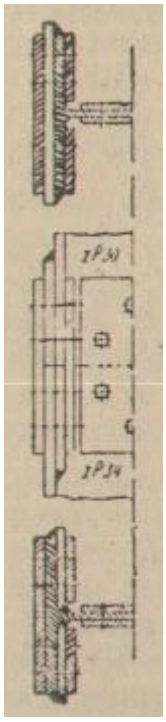
Şekil 5.6 – Temas ek [Ardan, 1973]



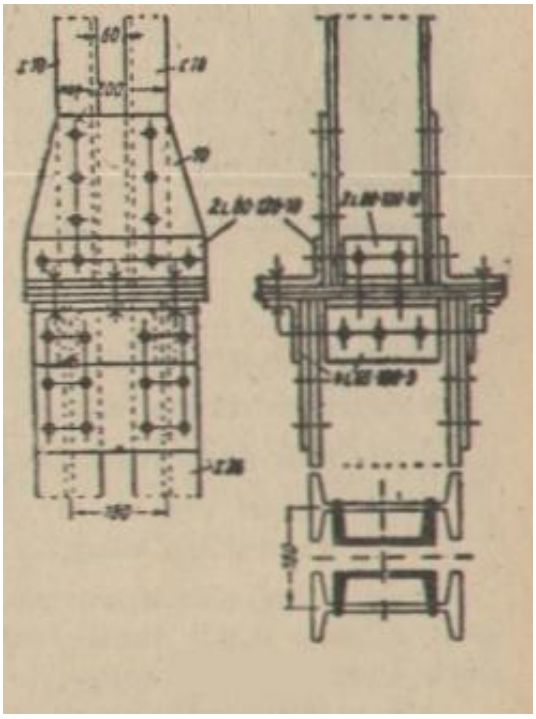
Şekil 5.7 – Ek lamaları ile bulonların çift tesirli hale gelmesi [Ardan, 1973]

Çelik konstrüksiyon bünyesinde, bir kolon boyunca üst üste birleştirilecek kolonların profillerinin birbirinden farklı olması durumunda enleme levhalar kullanılarak birleştirme işlemi yapılabilir (Şekil 5.8). Şekilden de görülebileceği gibi, kolonun alt kısmındaki profil II iken, üst arafta][profil yer almaktadır. Montaj sırasında bu

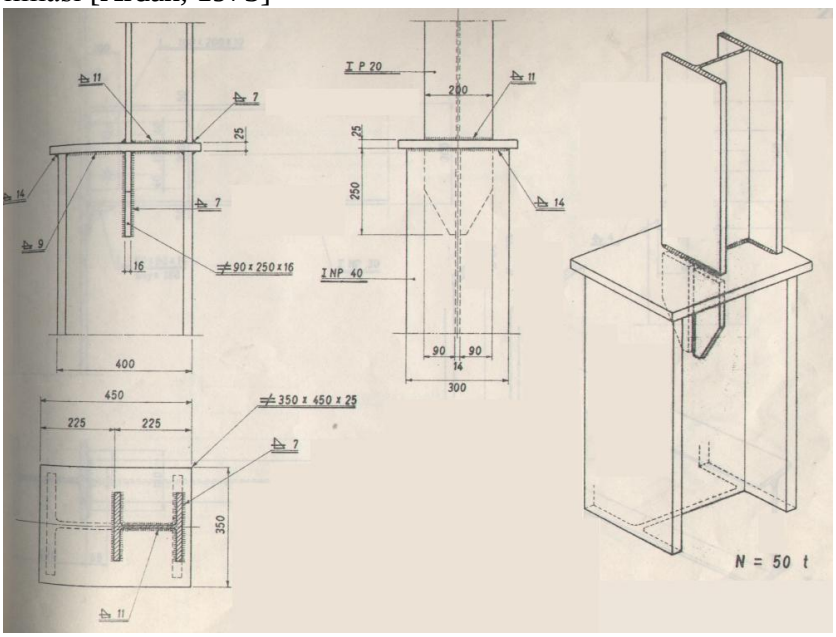
profiller birer taban levhasına perçinlenir ve bu taban levhaları da birbirlerine bulonlar vasıtası ile bağlanır. Yüklerin bir taban levhasından diğerine üniform olarak aktarılabilmeleri için taban levhalarının kalınlıkları son derece önemlidir (Şekil 5.9). Gerekli durumlarda kolon başlıklarını taban levhalarına birleştirmek amacıyla levhalar da kullanılabilir (Şekil 5.10).



Şekil 5.8 – Enleme levhalar yardımı ile bitirme işlemlerinin yapılması [Ardan, 1973]

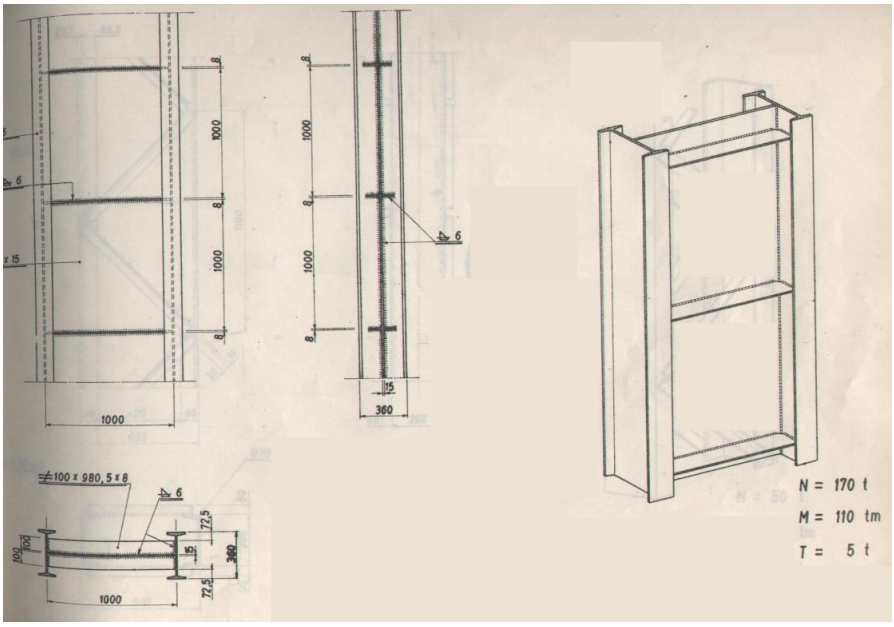


Şekil 5.9 – Taban levhaları [Ardan, 1973]

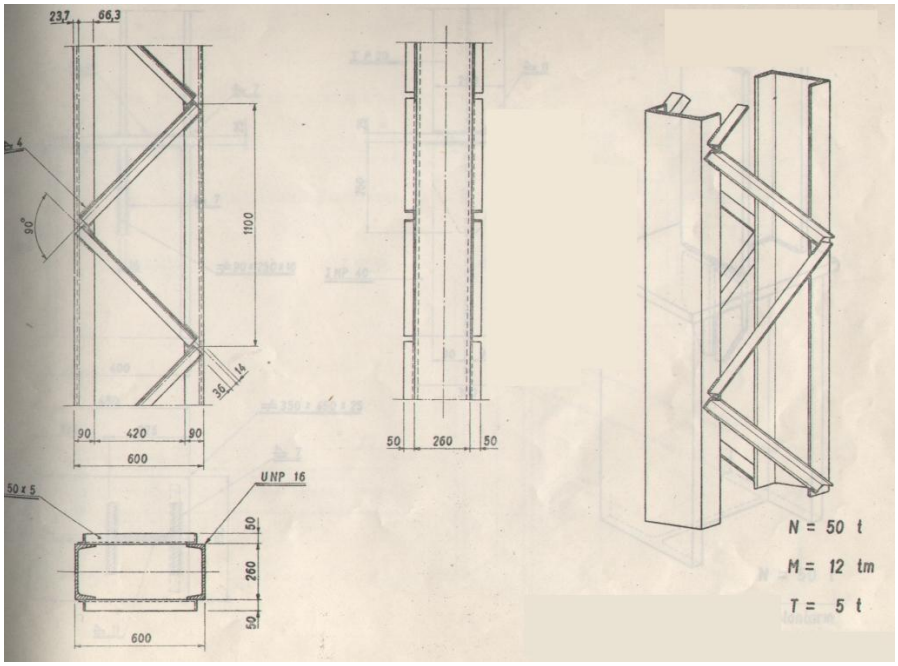


Şekil 5.10 – Kolonların taban levhalarına birleştirilmesi [Koçak, 1972]

Profil başlıklarının arasına çelik duvarlar yerleştirilebileceği gibi (Şekil 5.11), kafes örgü teşkil edilecek şekilde birbirlerine bağlanmaları ile de kolonlar elde edilebilmektedir (Şekil 5.12).



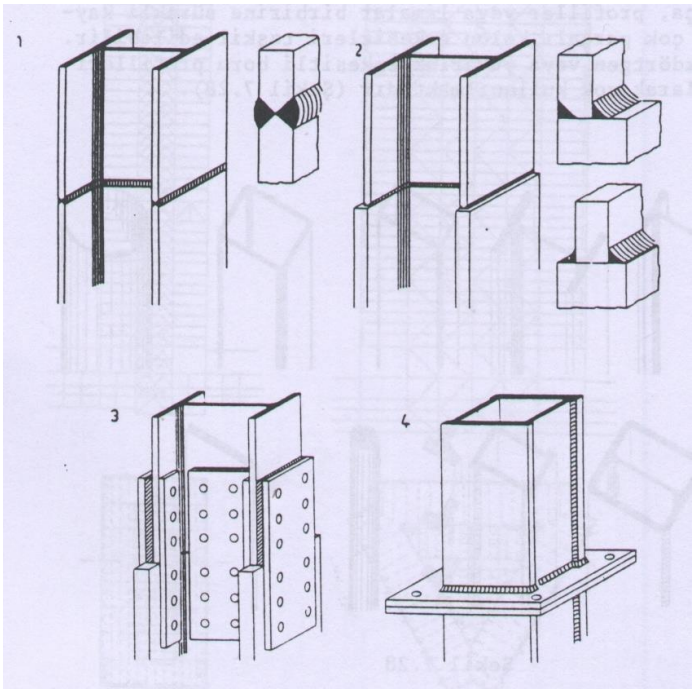
Şekil 5.11 – Profil başlıklarının çelik duvarlar ile takviyesi [Koçak, 1972]



Şekil 5.12 – Kolonların birbirine bağlanması [Koçak, 1972]

(Şekil 5.13-1)'de aynı kesitli profillerin üst üste eklenmesi ile oluşan kolon ve kaynaklanma şekline, (Şekil 5.13-2)'de farklı kesitlerden oluşan profillerin üst üste eklenmesi ile oluşturulmuş kolonlara, (Şekil 5.13-3)'de profillerin "temas ek"

oluşturacak şekilde birleşimlerine, (Şekil 5.13-4)'de ise taban levhasına birer ornek görülmektedir.



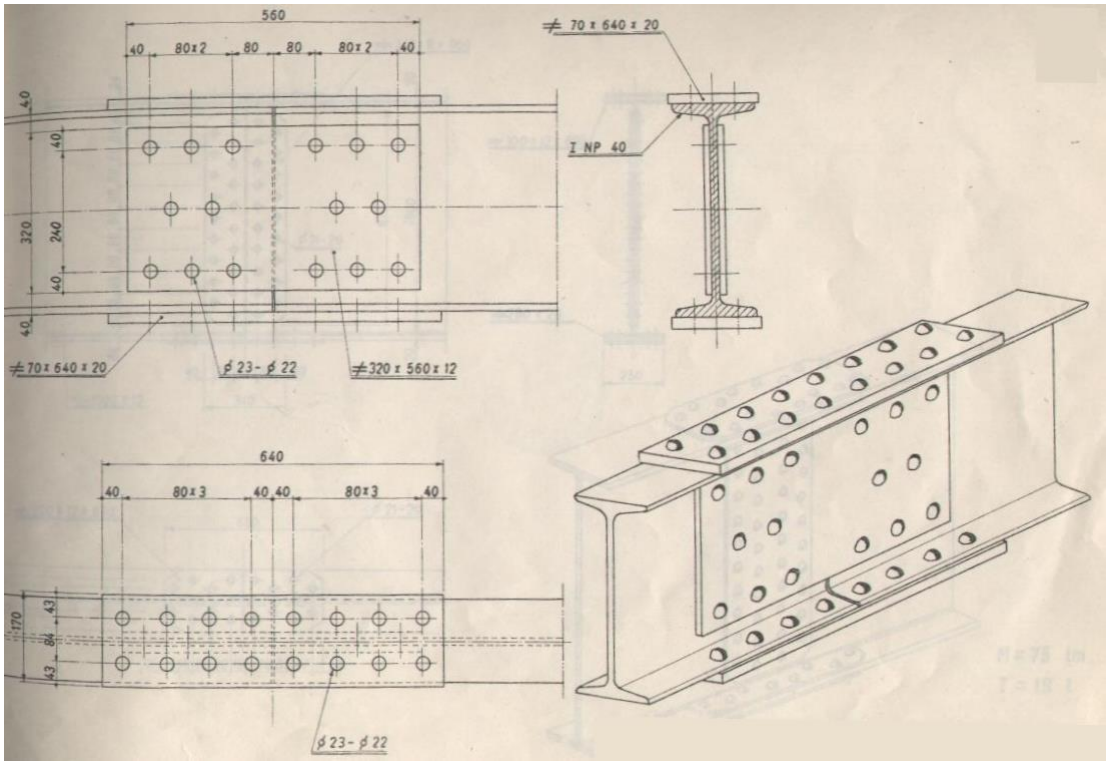
Şekil 5.13 - Kolonların üst üste çeşitli şekillerde birleştirilmesi [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]

5.2. 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 nisbeten 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].

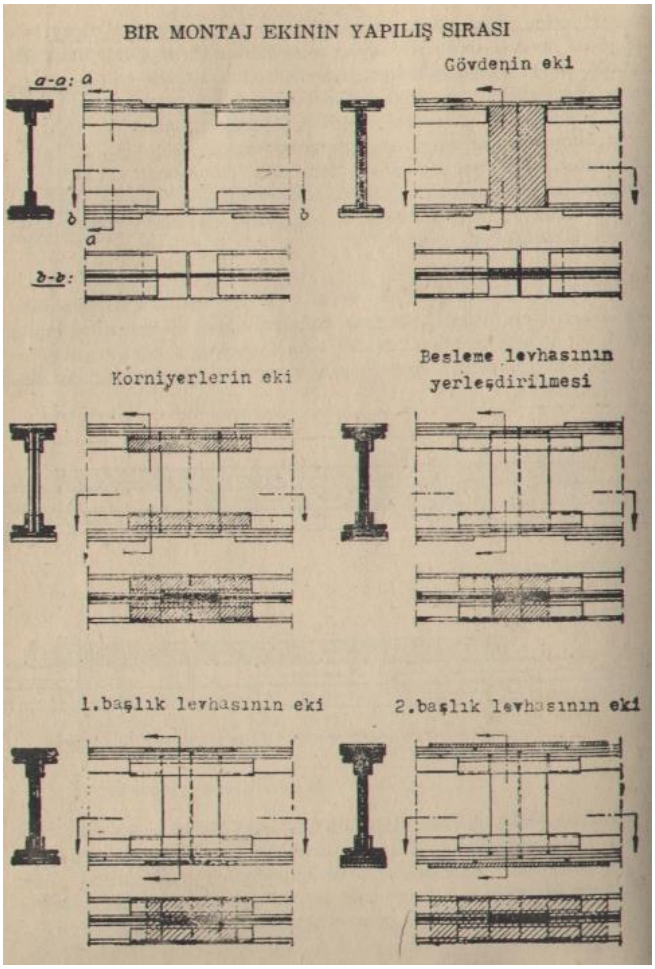
Basit profillerle teşkil edilen dolu gövdeli kirişler olarak, genellikle bir doğrultuda süreklilik sağlanması amacı güdülen I profili meydana getirilir. Bir I profilini, diğer bir I profiline eklemek için bir çifti gövdede ve diğer bir çifti de başlıkta olmak üzere toplam iki çift ek laması kullanılır (Şekil 5.14). 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].



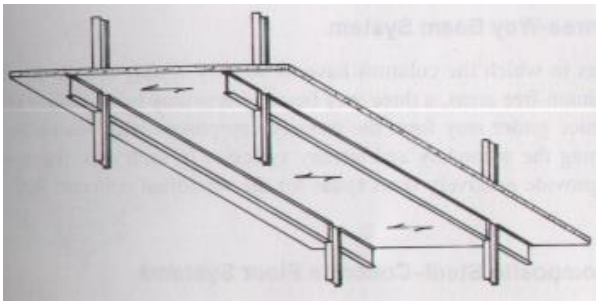
Şekil 5.14 – İki I profilin birleştirilmesi [Koçak, 1972]

Bir montaj ekinin yapılış sırası (Şekil 5.15)'de detaylı bir şekilde verilmiştir.

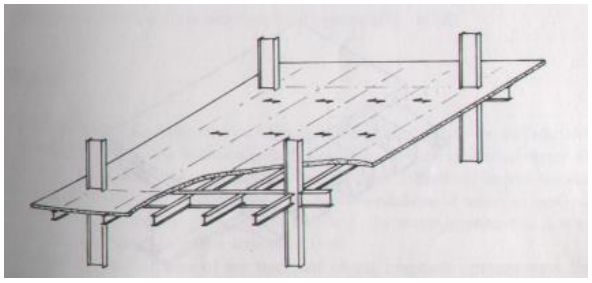
Şu ana kadar anlatılanlar, aynı doğrultudaki kirişlerin birbirlerine birleştirilme sebep, mantık ve uygulamalarını inceledi. Bunlara ek olarak, yapım sisteminin gerektirdiği bir takım zorunluluklardan dolayı oluşturulması ve farklı doğrultuda düzenlenmesi gereken kiriş-kiriş birleşimleri de çelik yapılarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde kiriş sistemleri "tek doğrultuda" (Şekil 5.16), "çift doğrultuda" (Şekil 5.17) ve "üç doğrultuda" (Şekil 5.18) olmak üzere üç şekilde oluşturulabilir.



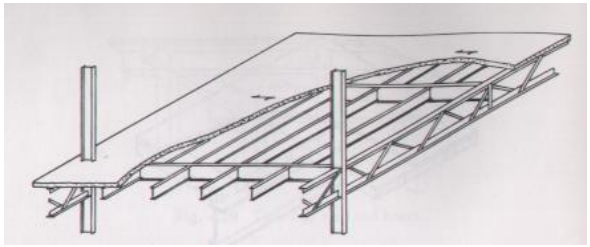
Şekil 5.15 – Montaj ekinin yapılış sırası [Ardan, 1973]



Şekil 5.16 – Tek doğrultuda kiriş sistemi [Smith ve Coull, 1991]



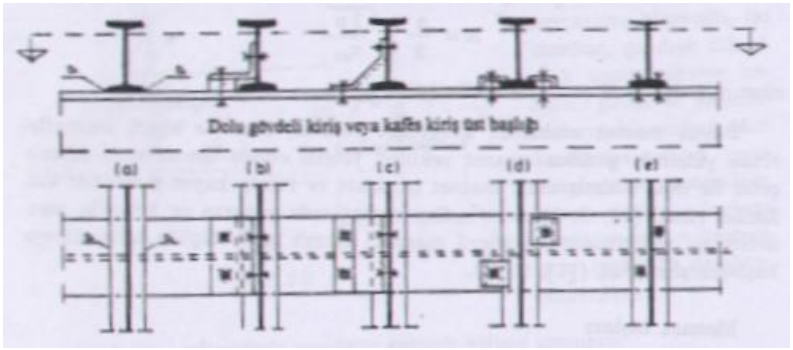
Şekil 5.17 – Çift doğrultuda kiriş sistemi [Smith ve Coull, 1991]



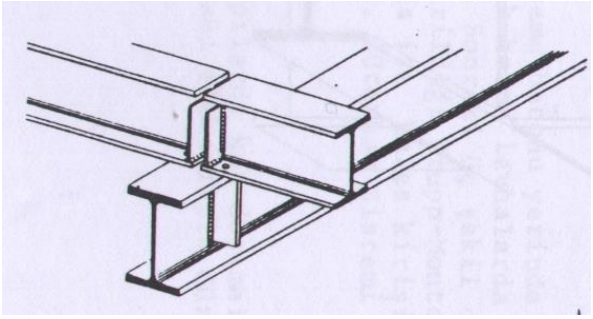
Şekil 5.18 – Üç doğrultuda kiriş sistemi [Smith ve Coull, 1991]

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; 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 (Şekil 5.19 ve 5.20).

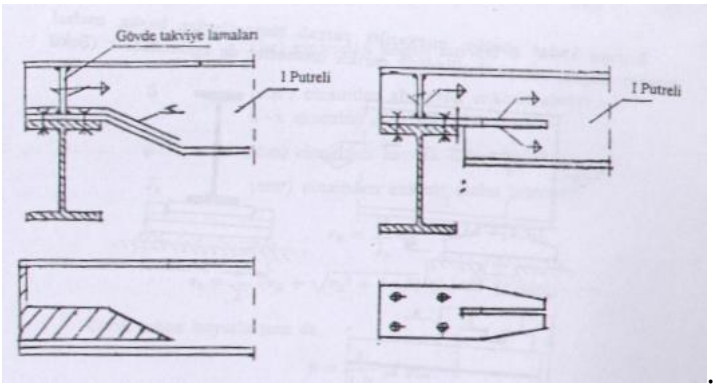


Şekil 5.19 – Kirişlerin diğer bir kiriş üzerine mesnetlendirilmesi [Deren, 1995]



Şekil 5.20 – Kirişlerin diğer bir kiriş üzerine mesnetlendirilmesi [Deren, 1995]

Konstrüksiyon yüksekliğinin azaltılması gereken durumlarda putrelin alt ucu kesilerek atılır ve takviye elemanlarının yerlerine kaynaklanmasından sonra alt kirişe monte edilir (Şekil 5.21)

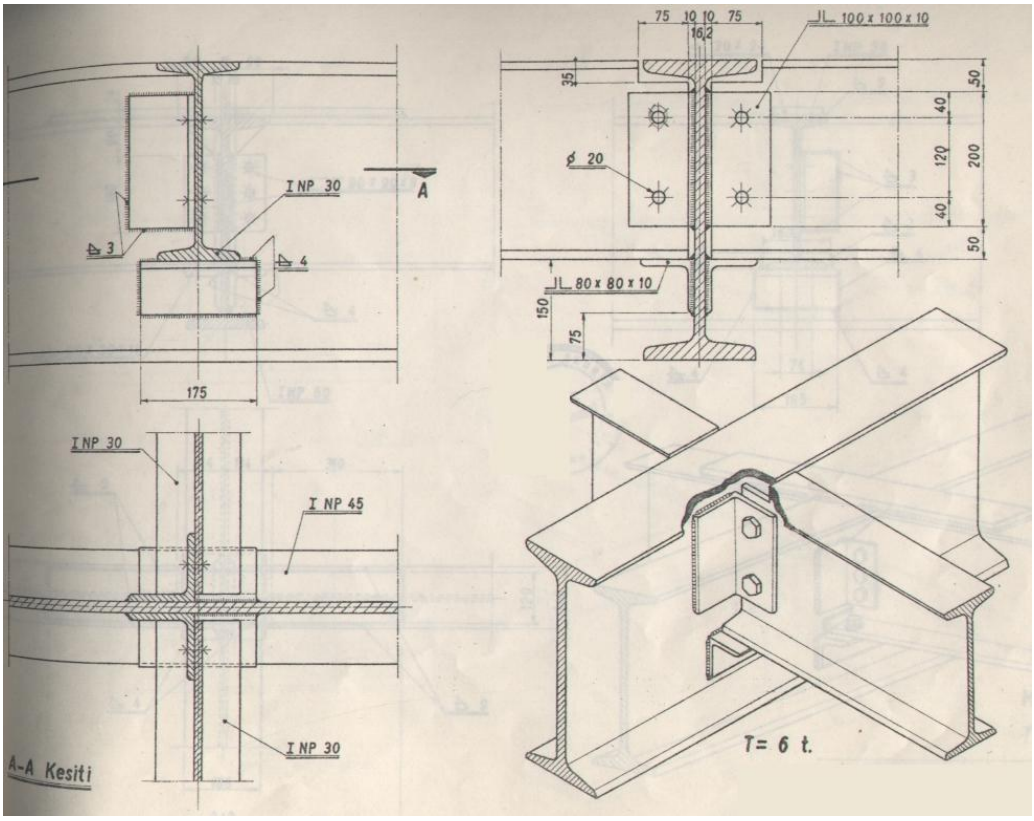


Şekil 5.21 – Konstrüksiyon yüksekliğini azaltmak amacıyla yapılan çalışma [Deren, 1995]

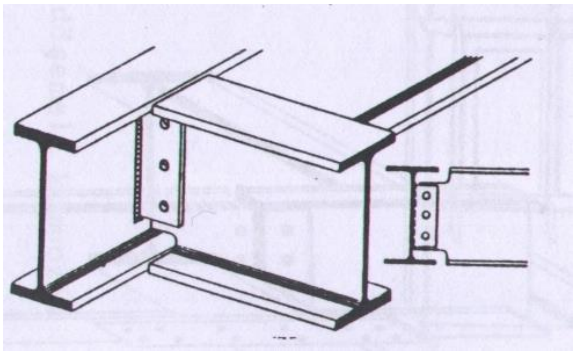
- "Korniyerli birleşim"lerde sadece mesnet reaksiyon kuvvetlerinin aktarılması gereksinmesi vardır, çünkü mesnet reaksiyonu kuvvetlerinin çok küçük olduğu durumlar için söz konusudur. Bu tip birleşimler "basit kiriş birleşimleri" olarak da adlandırılabilir. Korniyerli birleşimin oluşturulabilmesi için 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 (Şekil 5.22). 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 (Şekil 5.23).

Sürekli kiriş olarak 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 (Şekil 5.24). Kesişen kirişlerin üst yüzeylerinin aynı yükseklikte olmaları halinde, söz konusu süreklilik levhası kiriş başlıklarının üzerine oturtulur (Şekil 5.25). Eğer kirişler arasında yükseklik farkı mevcut ise ve üst yüzeylerinin aynı düzlemde olması isteniyorsa (Şekil 5.26 ve 5.27)'da görülene benzer

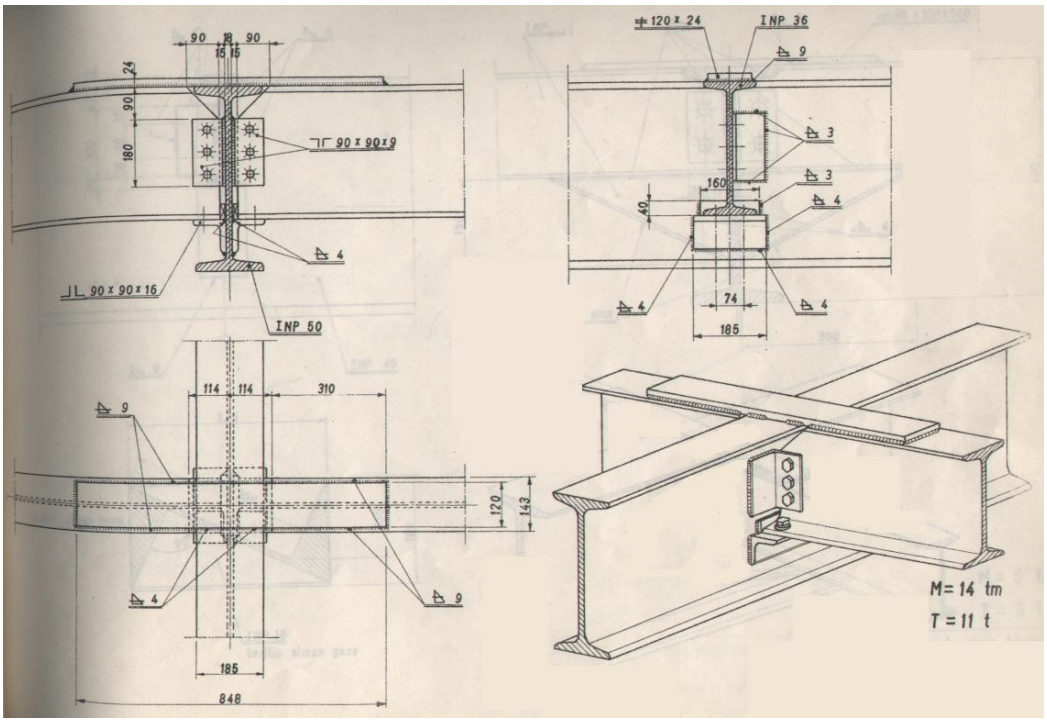
uygulamalar yapılmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, (Şekil 5.26 ve 5.27)'daki detayda söz konusu olan kirişlerin yükseklikleri arasındaki farkın 50 mm.'den küçük olması gerekliliğidir. Kiriş yükseklikleri arasındaki farkın 50 mm.'yi geçmesi halinde de (Şekil 5.25)'de görüldüğü şekilde düzenlenmelidir. Bu düzenlemedeki amaç, alçak kirişin alt başlığından gelen basınç kuvvetini, yüksek kirişin gövdesine tesbit edilmiş olan iki korniyer tarafından karşılanması gereksinimidir [Ardan, 1973].



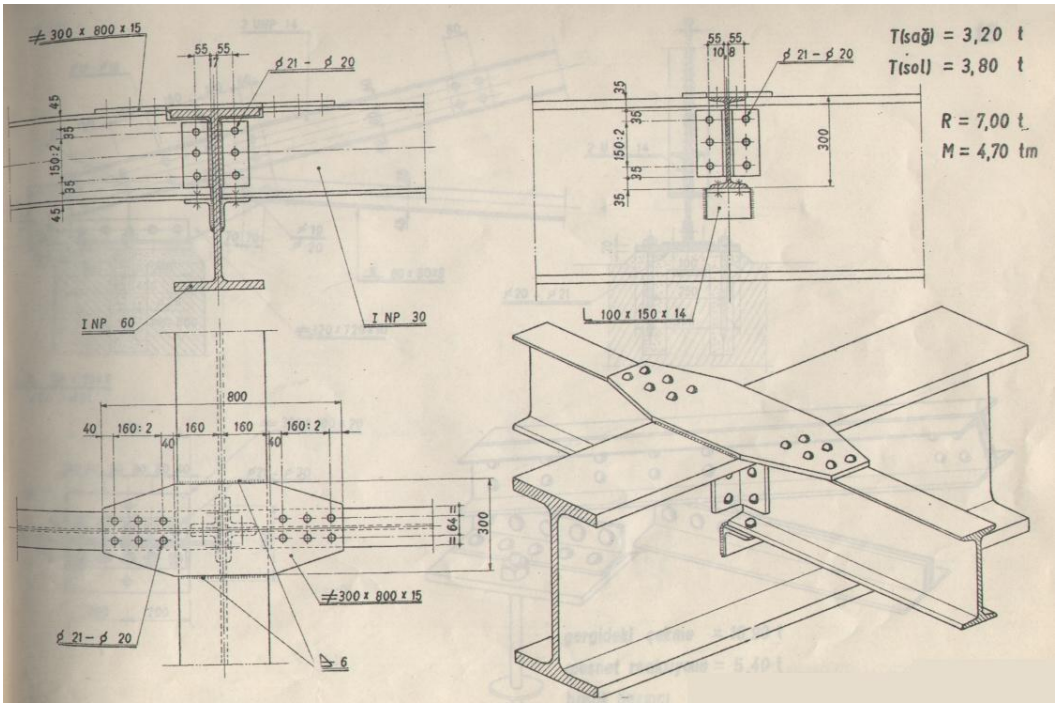
Şekil 5.22 – Ana kiriş ve tali kirişin korniyerli birleşimi [Koçak, 1972]



Şekil 5.23 – Ana kiriş ve tali kirişin aynı yükseklikte olması hali [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]



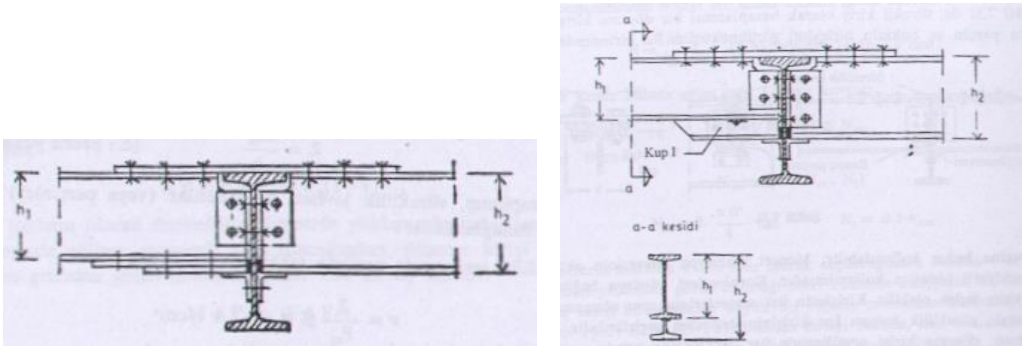
Şekil 5.24 – Süreklilik levhası kullanılması [Koçak, 1972]



Şekil 5.25 – Süreklilik levhası kullanılması [Koçak, 1972]

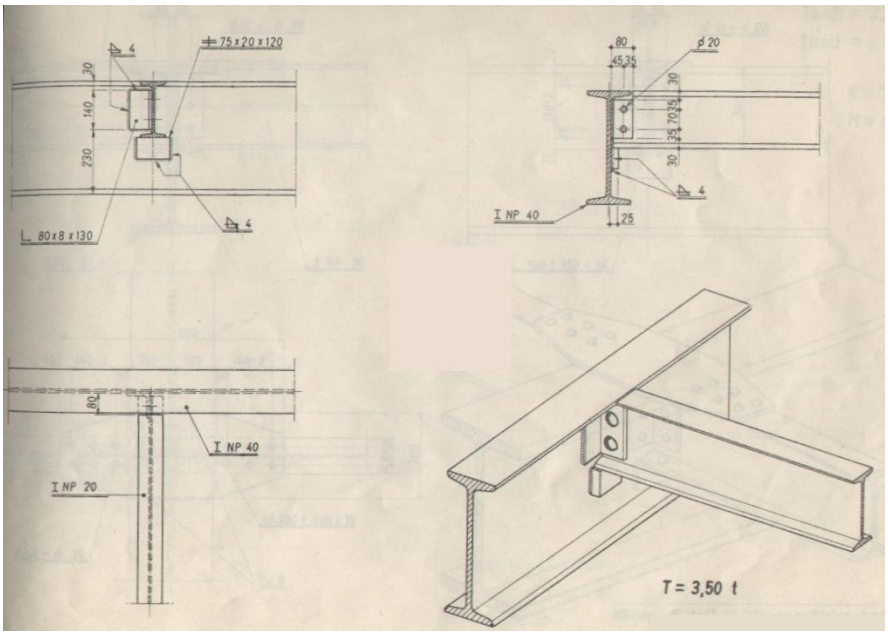
Bunlara ek olarak, kiriş üst başlıklarının değil de alt başlıklarının ve dolayısıyla da alt yüzeylerinin aynı düzlemde olması istendiği şartlarda, besleme levhalarının her biri, kirişler arasındaki yükseklik farkını tolore edecek şekilde alçak kirişin üst başlığı üzerine birleştirilir. Bu düzenlemelerde, kirişler arası yükseklik farkının 80

mm.'yi geçmesi durumunda, besleme levhaları yerine, uygun yükseklikte U profil de kullanılabilir [Ardan, 1973].



Şekil 5.26 ve 5.27 – Aynı yükseklikte olmayan kirişlerin süreklilik levhası ile birleştirilmesi [Deren, 1995]

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.



Şekil 5.28 – Tali kirişin ana kirişe hem gövde levhası, hem de köşebent ile birleştirilmesi [Koçak, 1972]

Gövde levhası kullanılarak oluşturulan kirişlerde meydana gelmesi olası en büyük hasarlardan biri, levhanın buruşmasıdır. Bu buruşma etkisi, üniform yayılı kayma gerilmeleri veya çeşitli normal gerlimeler altında oluşan bir durumdur. Bu hasarın

önüne geçebilmek amacıyla gövde levhası kirişin başlıkları ve enleme takviye çubukları yardımıyla desteklenir.

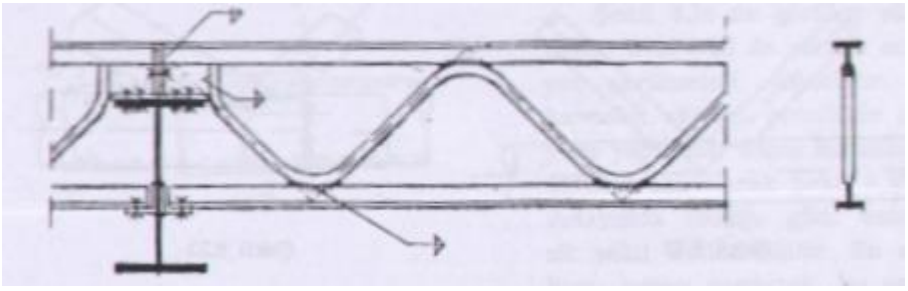
Köşebentler ile birleştirilen kirişlerde, birleştirilen köşebentler ile ek köşebentlerinin taşıyıcılık açısından faydalı enkesit alanlarının birbirlerine eşit olması gerekmektedir. Bazı durumlarda ise, eklenen levha ile eki örten parçalar arasına bir veya birkaç levha girebilmektedir. Bu gibi eklere "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 (Şekil 5.28) [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].

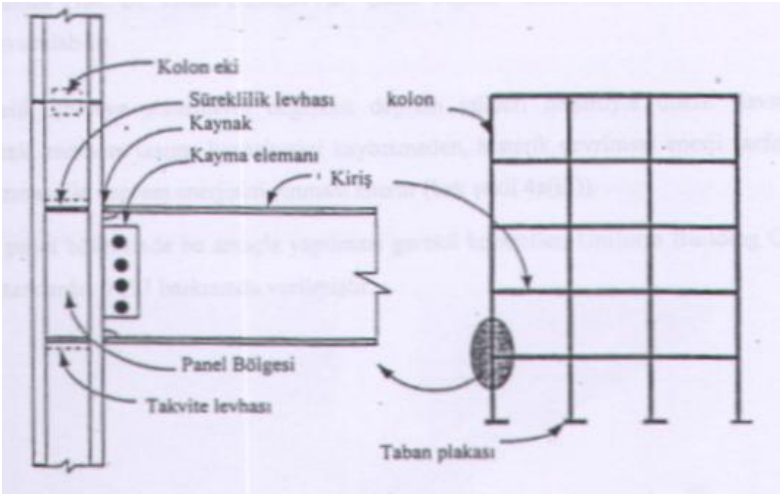
(Şekil 5.29)'de kafes kirişin I kirişe birleşim detayı görülmektedir.



Şekil 5.29 – Kafes kirişin I kirişe birleşimi [Deren, 1995]

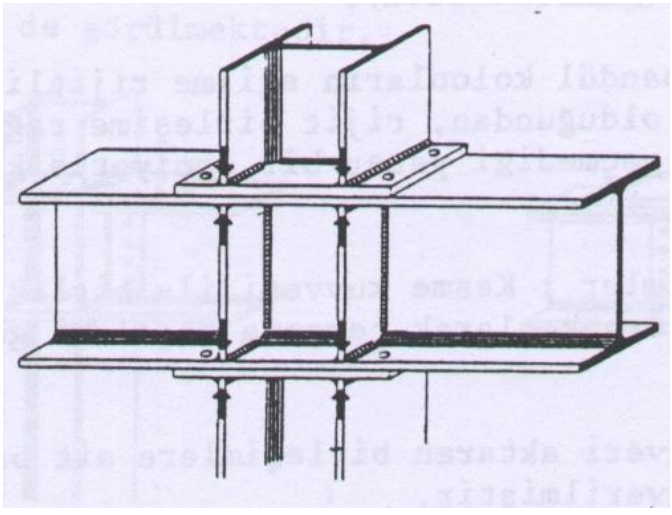
5.3. Kolon-Kiriş Birleşimleri:

Özellikle yüksek çelik yapılarda, önceki konularda değişik tipleri incelenmiş olan döşemeler, üzerlerine gelen yükleri çelik döşeme kirişleri vasıtasıyla kolonlara iletirler (Şekil 5.30).

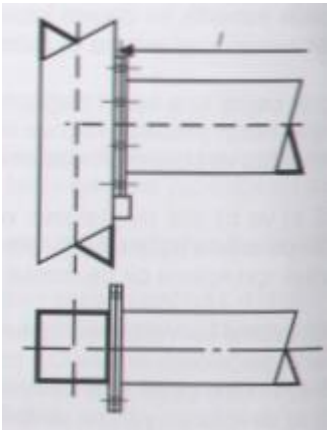


Şekil 5.30 – Kolon-kiriş birleşimi bileşenleri [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001]

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 5.31) [Hasol, 1993]. 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 5.32).

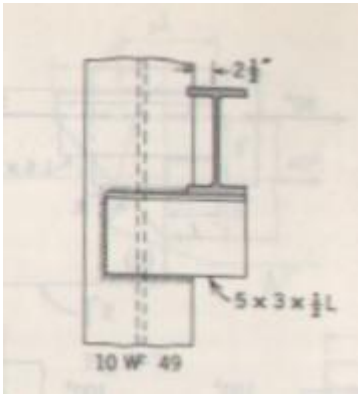


Şekil 5.31 – Kolon başı [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]



Şekil 5.32 - Kolon yüzeyindeki levhanınkirişin başlık levhasına bulonlanması [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

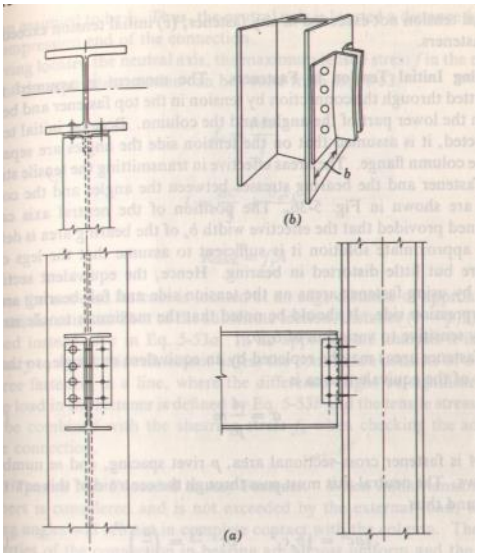
Sütun başının oluşturulmasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus kolonun üzerine oturan kirişten gelen yüklerin sütuna merkezi bir şekilde kolona iletilebilmesidir. Bunu sağlamak için, kolonun baş levhası ile kirişin alt başlığı arasına dar bir lama demirinden kesilen bir basınç parçası, diğer bir deyişle "merkezilik parçası" yerleştirilmesi gerekir (Şekil 5.33). Böylelikle, kirişten kolona geçecek olan yüklerin merkezilik parçası ve baş levhası yoluyla en kısa yoldan kolon profiline geçer (Şekil 5.34) [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.



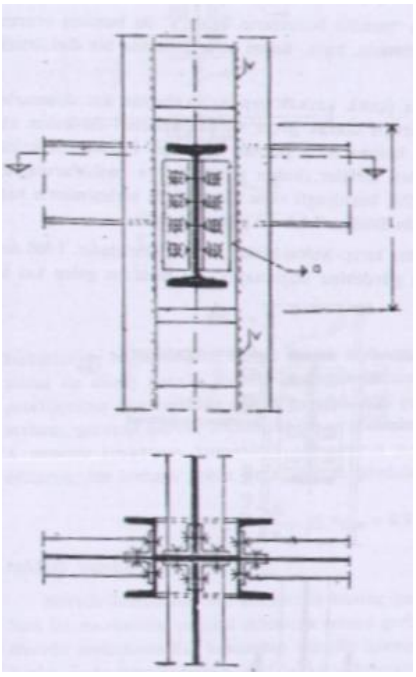
Şekil 5.33 - Merkezilik parçası [Bresler, 1968]

Daha önce de defalarca bahsedildiği gibi, yüklerin kirişlerden kolonlara aktarılması sürecinde en önemli ve hatta hayati husus, yüklerin merkezî olarak iletilmesini

sağlamaktır. Bunu sağlamak amacıyla çelik taşıyıcı sistem kullanılarak inşa edilen binalarda genellikle][profilinde çift parçalı kolonlar kullanılır. Bu sayede kirişlerin kolonun ortasından geçirilebilmesi ve kolaylıkta merkezi yük iletiminin sağlanabilmesidir (Şekil 5.35).



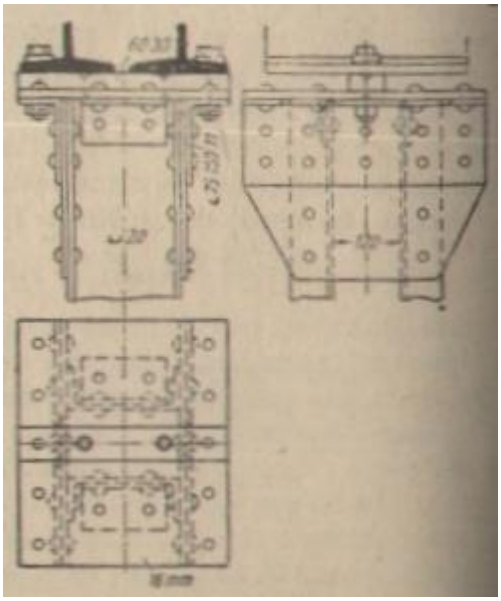
Şekil 5.34 – Kolon-kiriş birleşim örnekleri [Bresler, 1968]



Şekil 5.35 – Kirişin, iki "[" kolon arasından geçmesi [Deren, 1995]

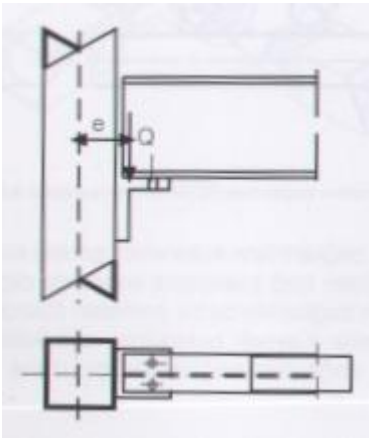
(Şekil 5.36)'de görülen sistemde, bir kolonun üzerine iki kiriş oturmaktadır. Kirişlerin alt başlık genişlikleri toplamının kolon genişliğinden fazla olmasından

dolayı, kolonun üzerine baş levhasını monte edebilmek amacıyla kolon yan yüzeylerine köşebentler perçinlenmiştir.



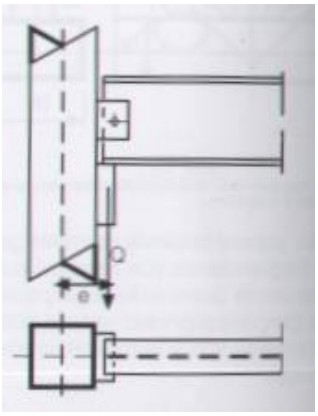
Şekil 5.36 – Kolon üzerine iki kiriş oturması [Ardan, 1973]

Bir korniyer üzerine istinat yönteminde kiriş, kolon yüzeyinde kaynaklanmış korniyer üzerine oturtulur. Daha sonra da bu korniyer, alt kiriş başlığına bulonlanır (Şekil 5.37 ve 5.38).



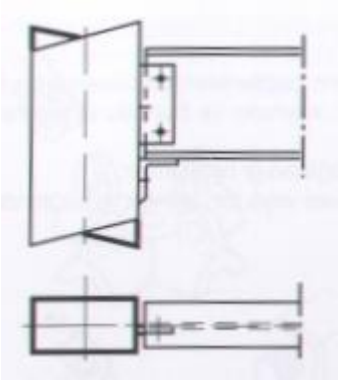
Şekil 5.37 - Kolon yüzeyine kaynaklanmışve alt kiriş başlığına bulonlanmış korniyer [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

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 (Şekil 5.38). Burada kullanılan dikey levhalar, kiriş gövdesini kolon yüzeyine bulonlar vasıtasıyla birleştirmeye yararken, yatay levhalar da, alt kiriş başlığının oturabileceği bir yüzey yaratmaktadır.



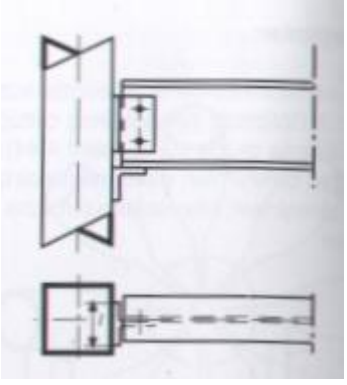
Şekil 5.38 - Kolon yüzeyine dikey ve yatay bağlanmış levhalar [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

Bu yöntemin diğer bir farklı uygulaması da, kolon yüzeyine kaynaklanmış bir levhanın kiriş gövdesine bulonlanması işlemi için, kirişi bir korniyerin üzerine oturtmaktır (Şekil 5.39).



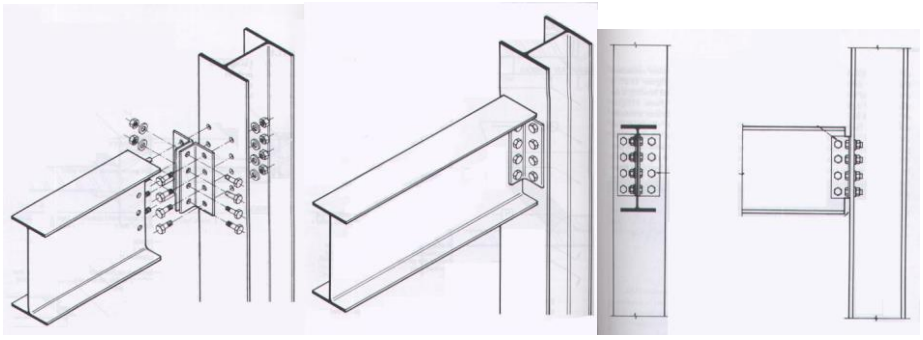
Şekil 5.39 - Kolon yüzeyine kaynaklanmış levhanınkiriş gövdesine bulonlanması [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

Ayrıca; kiriş, kolon yüzeyine kaynaklanmış T kesitli bir çelik bağlantı elemanına da bulonlanabilir (Şekil 5.40). Bu birleşim detayında da, kiriş, hizalaması amacıyla kolon yüzeyine bulonlanan bir korniyerin üzerinde yer alabilir.



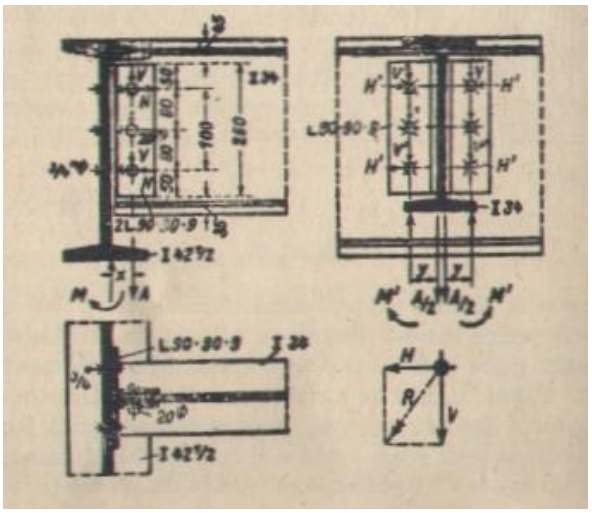
Şekil 5.40 - Kolon yüzeyine kaynaklanmış T kesitinin kirişle bulonlu birleşimi [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

Kirişlerin birbirleriyle birleşimlerinde olduğu gibi kolonlarla birleşimlerinde de korniyerlerle birleştirme en fazla kullanılan ve en etkili birleştirme yoludur (Şekil 5.41). Bu gibi birleşimlerde genellikle bulon kullanılması, perçine tercih edilir. Tabii ki bu konu ile ilgili olarak akıldan çıkarılmaması gereken bir nokta da bulonlu bağlantıların her zaman kaynak ve bulonlamanın kombinasyonu şeklinde olmasıdır. Bunun hakkında bilgi "bulonlar" konusu altında incelenmişti.



Şekil 5.41 – Kolon-kiriş birleşimi açılımı, perspektifi ve görünüşleri
[Allen, 2000]

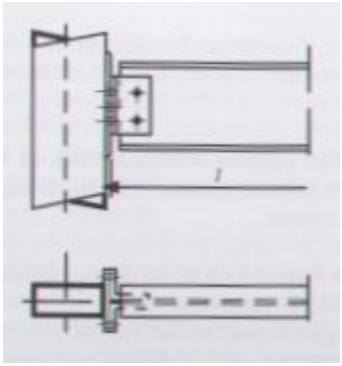
(Şekil 5.42)'de IP 24'lük bir kolona, I 42,5'luk ana kirişle I 26'lık döşeme kirişinin birleşim detayları görülmektedir. Buradan da anlaşılabileceği gibi, ana kirişler daima kolon profilinin gövdesine birleştirilmelidir. Kirişten kolona geçen yüklerin eksantrizitesi bu şekilde önemsiz sınırlara çekilebilir.



Şekil 5.42 – Kolon,kiriş detayı plan, kesit ve görünüşü
[Allen, 2000]

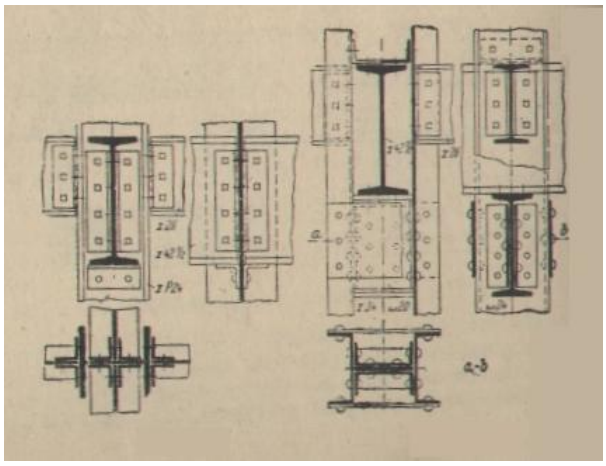
Bu gibi detaylarda kullanılan köşebent üzerine oturtmanın daha önce bahsedilmiş olandan farkı; köşebentlerin burada sadece ana kirişlerin montajını kolaylaştırmak

için kolon başlıklarına perçinlenmiş olmalarıdır. Diğer bir deyişle, bu tarz kullanılan köşebentlerin yük almadıkları kabul edilmektedir (Şekil 5.43).



Şekil 5.43 - Kolon yüzeyine kaynaklanmış levhaya ve kiriş gövdesine bulonlanmış bir çift korniyer [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

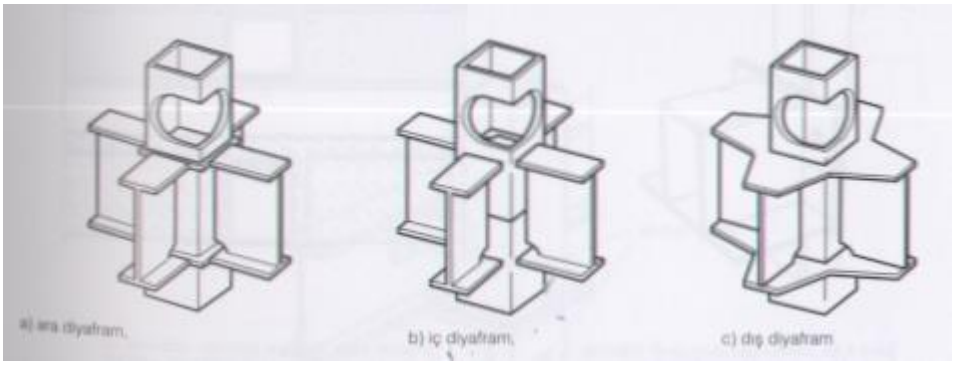
İki parçalı kolonların kirişlere birleşimleri çok değişik biçimlerde gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 5.44).



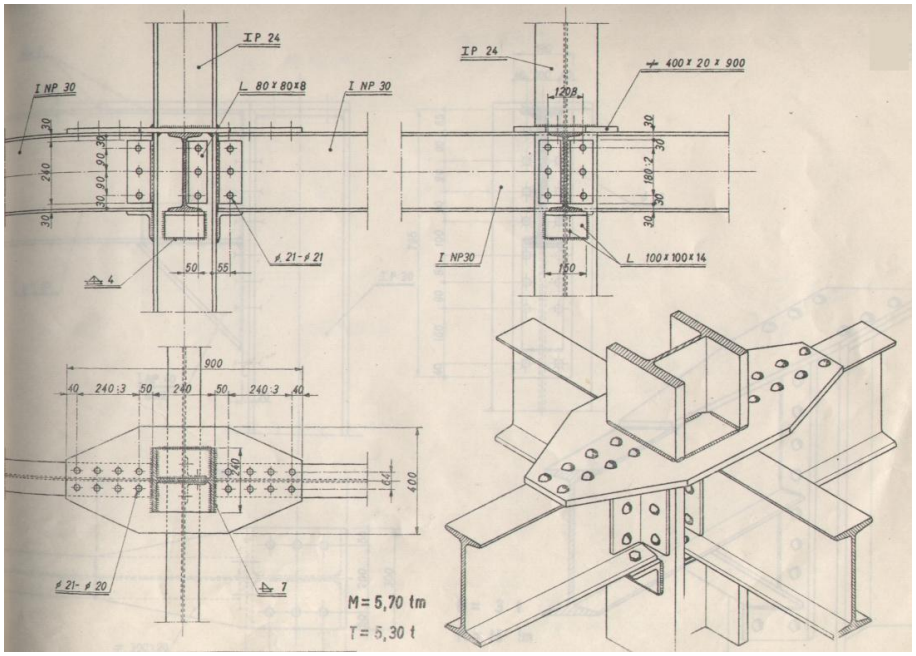
Şekil 5.44 – İki parçalı kolon ile kiriş birleşimleri [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

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" (Şekil 5.45a), "iç diyafram" (Şekil 5.45b) ve "dış diyafram" (Şekil 5.45c)

olmak üzere üç çeşitte incelenebilir. (Şekil 5.46)'de de, diyafram kullanılarak oluşturulmuş bir çerçevenin iç ve kenar düğümlerine ait çizimler görülebilir.

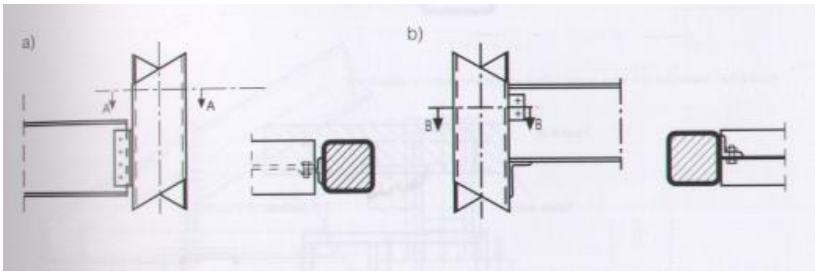


Şekil 5.45 - Kiriş-kolon bağlantılarının rijitliğini arttırmak için kullanılan diyaframlar [Wardenier, J. ve diğ., 2001]



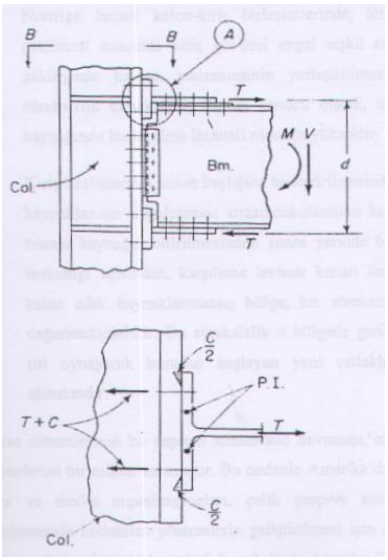
Şekil 5.46 – Diyaframlı kolon,kiriş birleşimi [Koçak, 1972]

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 (Şekil 5.47). 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.



Şekil 5.47 - İçi beton doldurulmul kolonlara ekler.

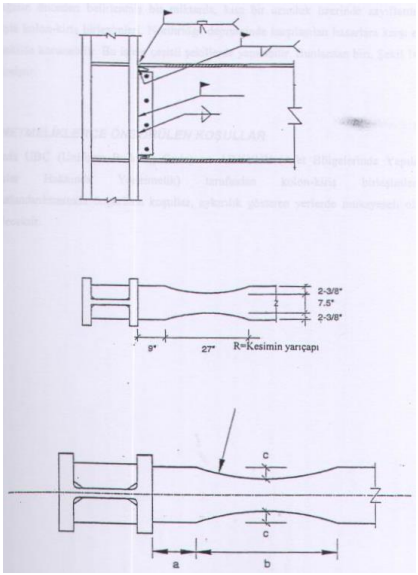
Yapıya büyük deprem yükleri etkimesi durumunda yeterli dayanımı sağlaması amacıyla kirişin üst ve alt başlıklarını kolon başlığına birleştirme amaçlı olarak T kesitli profiller kullanılmaktadır (Şekil 5.48).



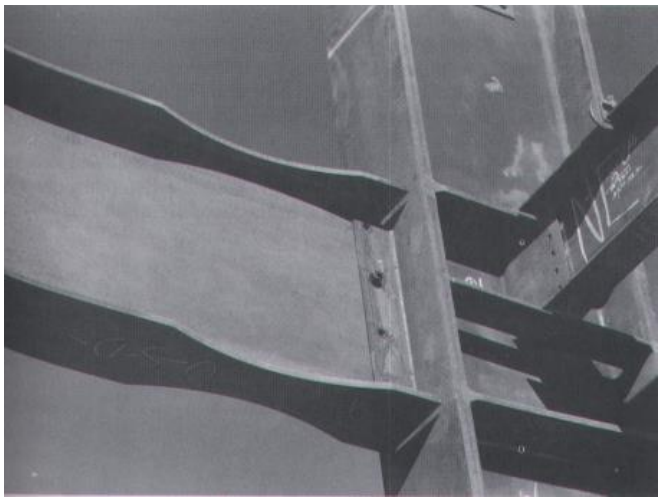
Şekil 5.48 – Kolon-kiriş birleşiminde "T" kesitli profil kullanımı [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001]

San Fransisco'nun Nortridge bölgesinde 17 Ocak 1994 tarihinde meydana gelen ve Richter ölçeği ile 6,7 şiddetinde olan deprem sonrasında çelik binalarda yapılan incelemeler sırasında görülmüştür ki kaynaklı kolon-kiriş birleşim noktalarında ve kaynağa yakın bölgelerdeki çelik malzeme bünyesinde çatlaklar oluşmuştur. Buradan çıkarılabilecek sonuç da, sismik boyutlandırma yaklaşımı sonucunda çelik çerçevelerde elastik olmayan davranışa izin verilmesi gerekliliğidir. Çünkü deprem hareketinin taşıyıcı sistem üzerine etkiyen enerjisi inelastik deformasyon yoluyla harcanır ve bu plastik deformasyonun kolonladan çok kirişlerde meydana gelmesi uzmanlar tarafından tavsiye edilmektedir. Bunu sağlayabilmek için, kiriş başlıklarının alanının seçilen bir bağlantı noktasında azaltılması ve böylelikle plastik

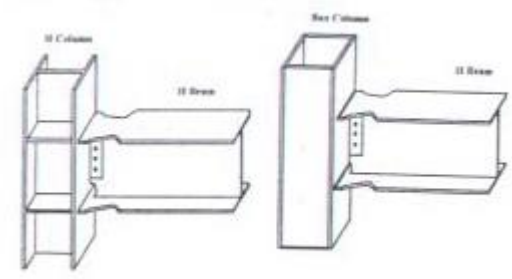
mafsal oluşumunun kolon başlığından uzaklaştırılması yöntemi kullanılır (Şekil 5.49, 5.50 ve Şekil 5.51) [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001].



Şekil 5.49 – Plastik mafsal oluşumunu düğüm noktasından uzaklaştırma amaçlı çalışma [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001]

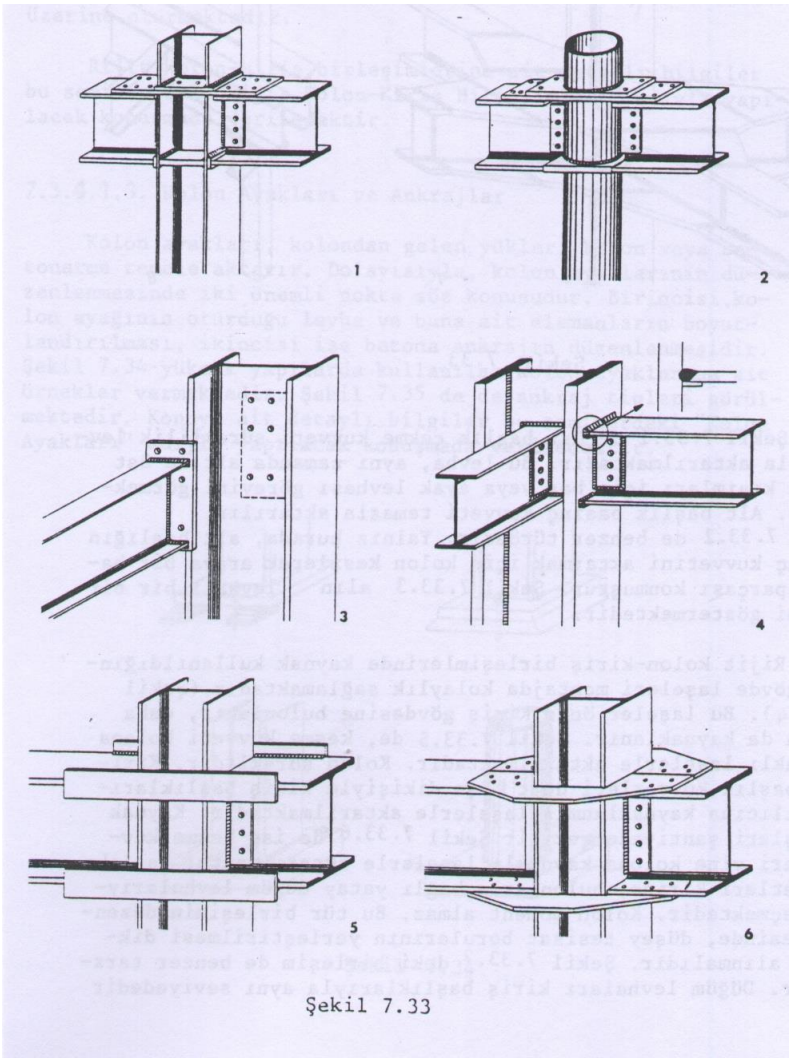


Şekil 5.50 – Plastik mafsal oluşumunu düğüm noktasından uzaklaştırma amaçlı çalışma [Allen, 2000]



Şekil 5.51 – Plastik mafsal oluşumunu düğüm noktasından uzaklaştırma amaçlı çalışma [Shanmuyan ve Chao, 1995]

(Şekil 5.52)'de çeşitli kolon-kiriş bağlantı tipleri görülebilmektedir.

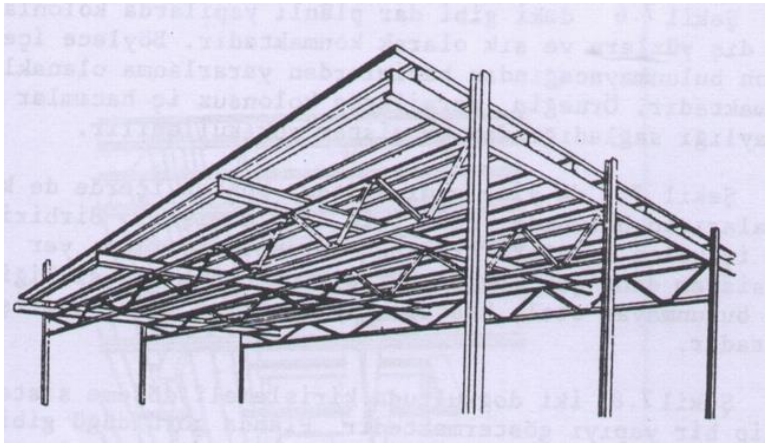


Şekil 5.52 – Çeşitli kolon-kiriş birleşimleri [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]

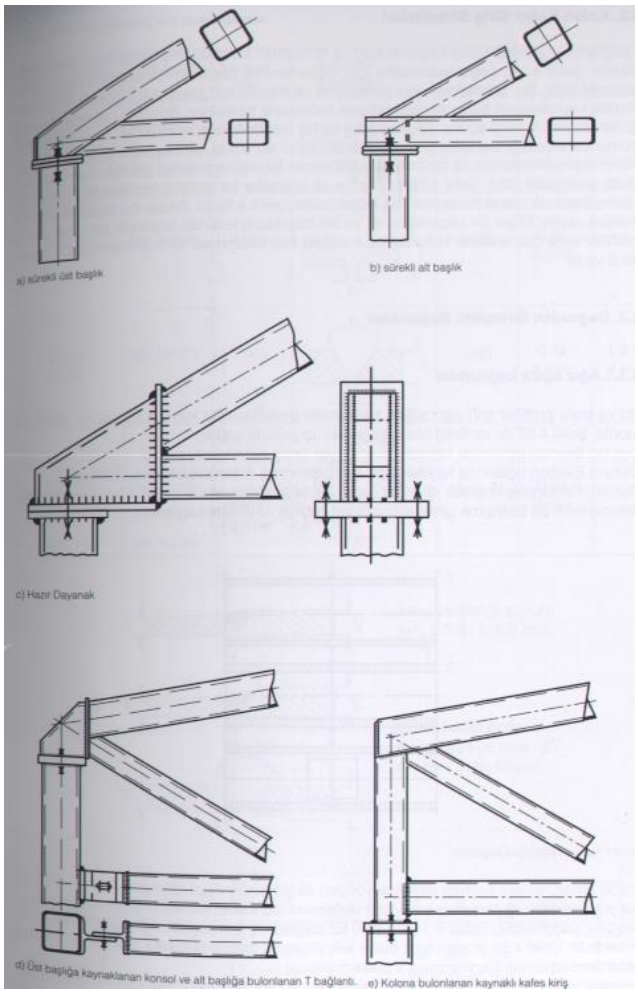
5.4. Kolon-Kafes Kiriş Birleşimleri:

Bu bağlantılar genellikle kafes kirişlerin kutu ve boru profil kolonlara mesnetlendiği noktalarda kullanılır. Atölyede kaynaklanarak hazırlanan kafes kirişler şantiyede bulonlarla birleştirilirler (Şekil 5.53).

Kolon ile kafes kiriş birleşiminin sürekli alt ve üst başlıklar ile gerçekleştirildiği durum (Şekil 5.54)'de görülmektedir. Bu durumda eğer alt başlıktan aktarılan yükler artış gösteriyor ise, ek bir takviye levhasının kaynaklanması söz konusu olabilir.

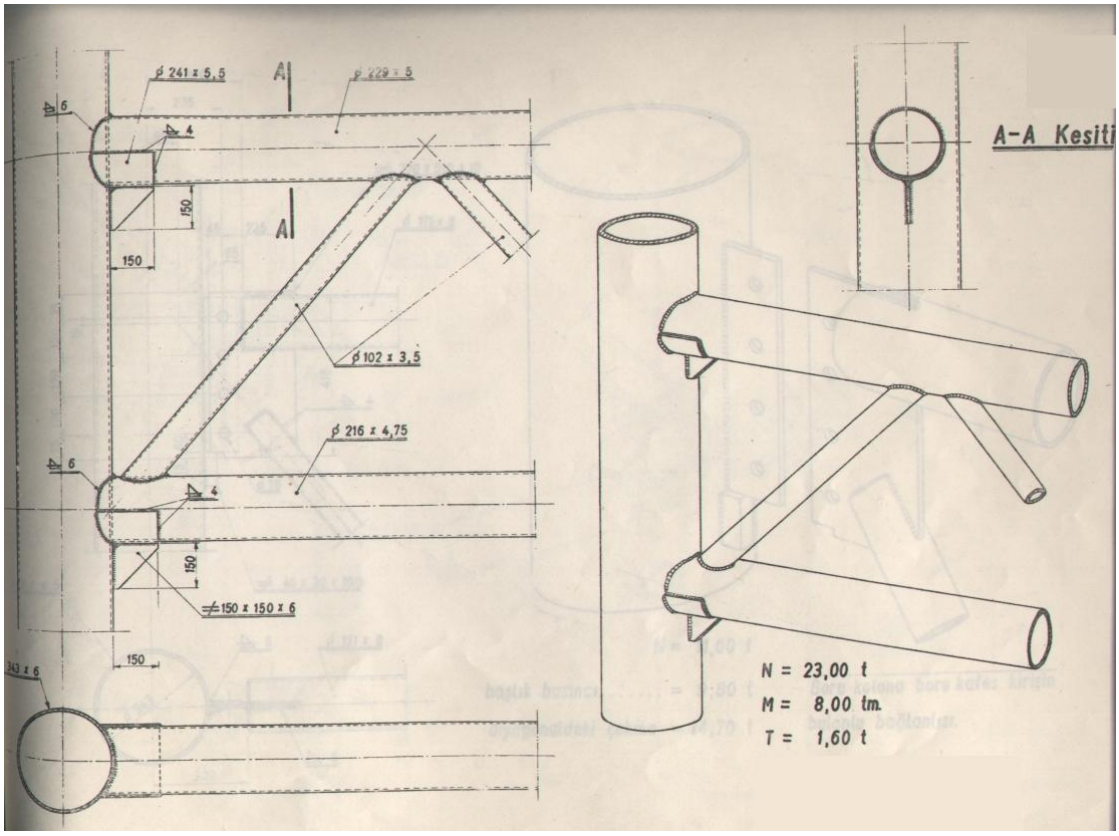


Şekil 5.53 – Kolon-kafes kiriş birleşimlerinden oluşan bir sistem [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]

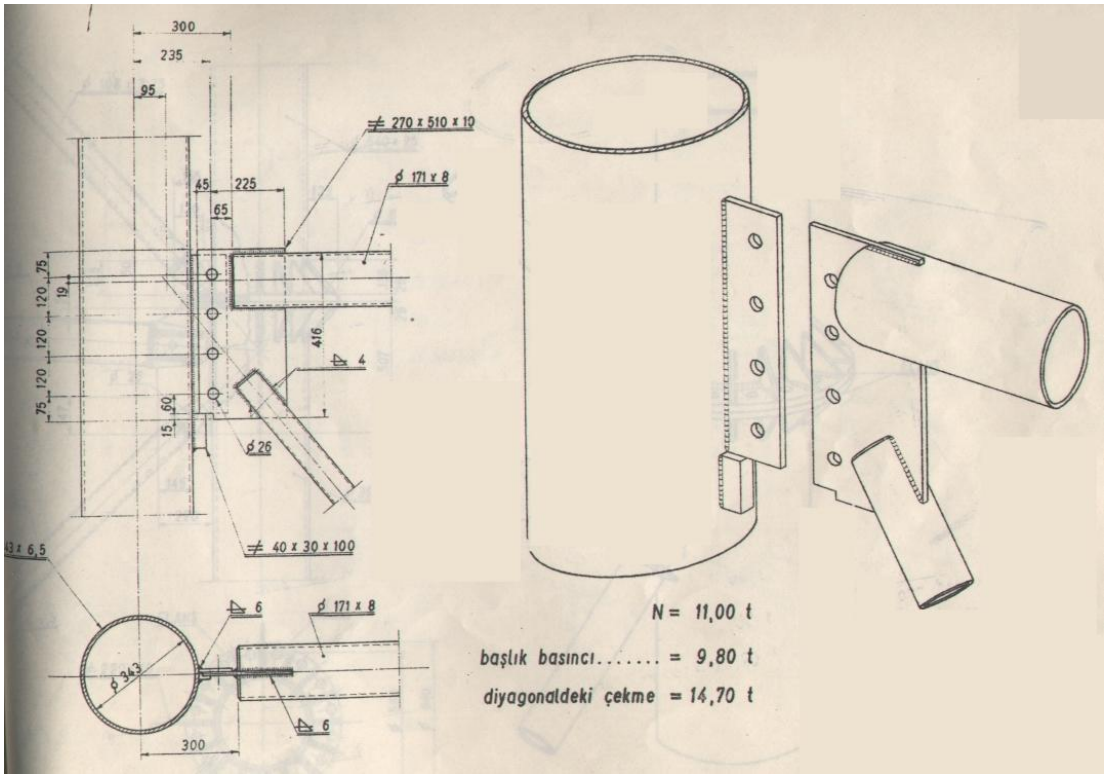


Şekil 5.54 – Kolon-kafes kiriş birleşimleri [Özgen ve Bayramoğlu, 2002]

(Şekil 5.55 ve 5.56)'deki detaylarda kolonlar ile kafes kirişlerin birleşimleri ile ilgili başka uygulamalar da görülmektedir.



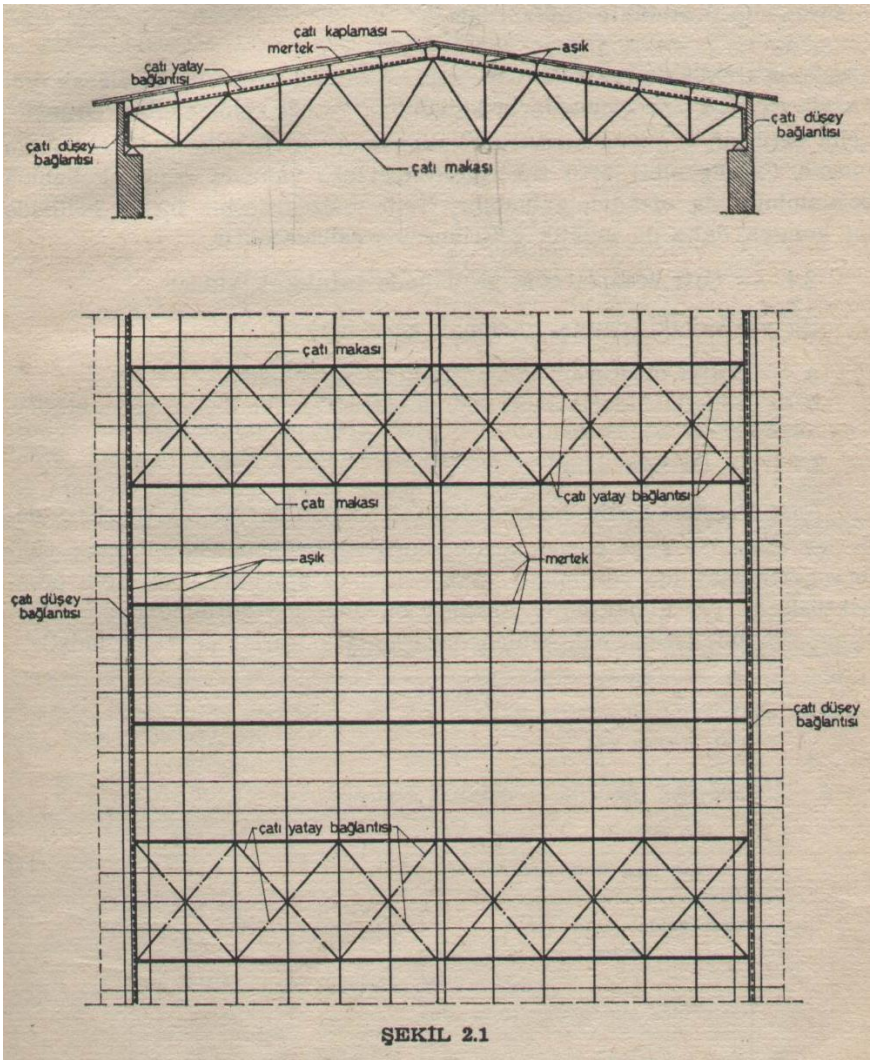
Şekil 5.55 – Kolon-kafes kiriş birleşimleri [Kocak, 1972]



Şekil 5.56 – Kolon-kafes kiriş birleşimleri [Kocak, 1972]

5.5. Çatı Konstrüksiyonları:

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de görev yapmakta olan 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 ile yapılmış olursa olsun, az önce bahsedilen binalar da dahil olmak üzere tüm yapıların bünyelerinde "aşık" ve "çatı makası" gibi elemanlar çoğunlukla yer almaktadır (Şekil 5.57) [Odabaşı, 1981].



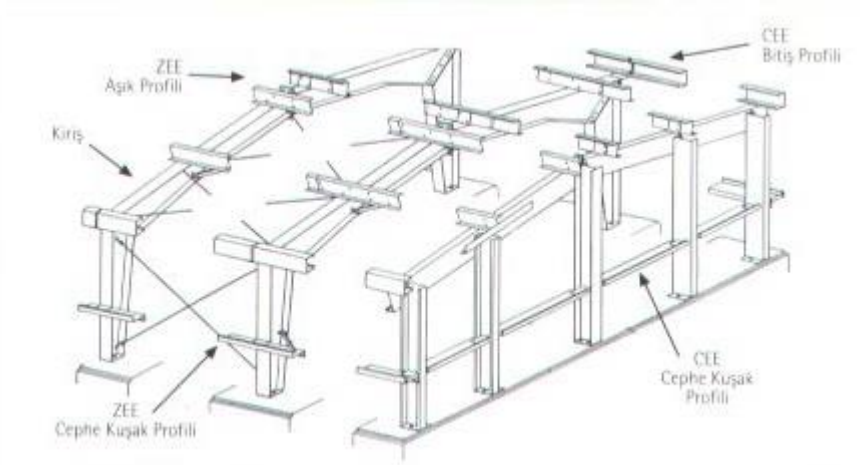
Şekil 5.57 – Çatı konstrüksiyonu kesiti ve planı [Odabasi, 1981]

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 "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 (Şekil 5.58). 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].



Şekil 5.58 – Çatı konstrüksiyonu perspektifi [Alfapen, 2001]

5.5.1. Çatı 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.

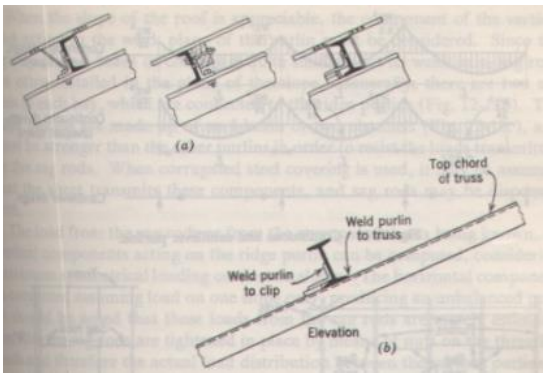
Genellikle, aşıkların alt başlıkları seviyesinde ve çatı eğimine paralel olarak, iki makas arasına yerleştirilen bağlantılardır. Diğer bir deyişle, başlıklarını makasların üst başlıkları, dikmelerini aşıkların oluşturduğu paralel başlıklı kafes kiriş olarak da incelenebilir.

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.

5.5.2. Mertekler:

Çatılarda mahyadan oluklara kadar uzanıp, örtüden gelen yükleri taşıyan ve aşıklara ileten yapı elemanlarına “mertek” adı verilir [Hasol, 1993].

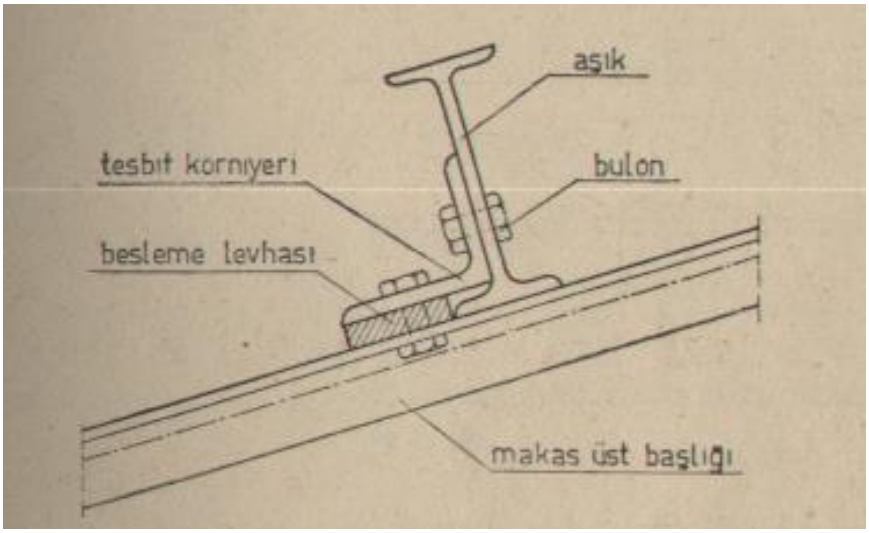


Şekil 5.59 – Mertek detayları [Bresler, 1968]

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 (Şekil 5.59) [Odabaşı, 1981].

5.5.3. Aşıklar:

Çatılarda mertekler veya örtüyü taşıyan yatay bileşenlerden her birine "aşık" adı verilir (Şekil 5.60) [Hasol, 1993]. 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].

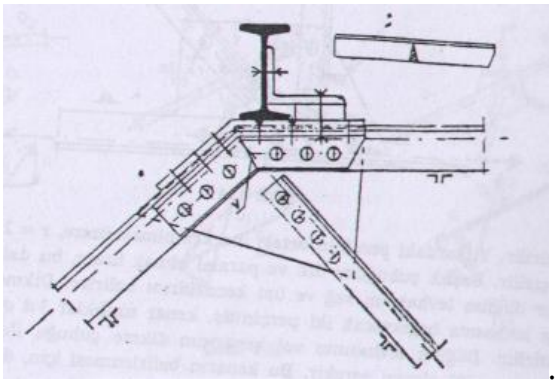


Şekil 5.60 – Aşık detayı [Uluğ, 1977]

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, çatıda kullanılması düşünülen örtü malzemesidir.

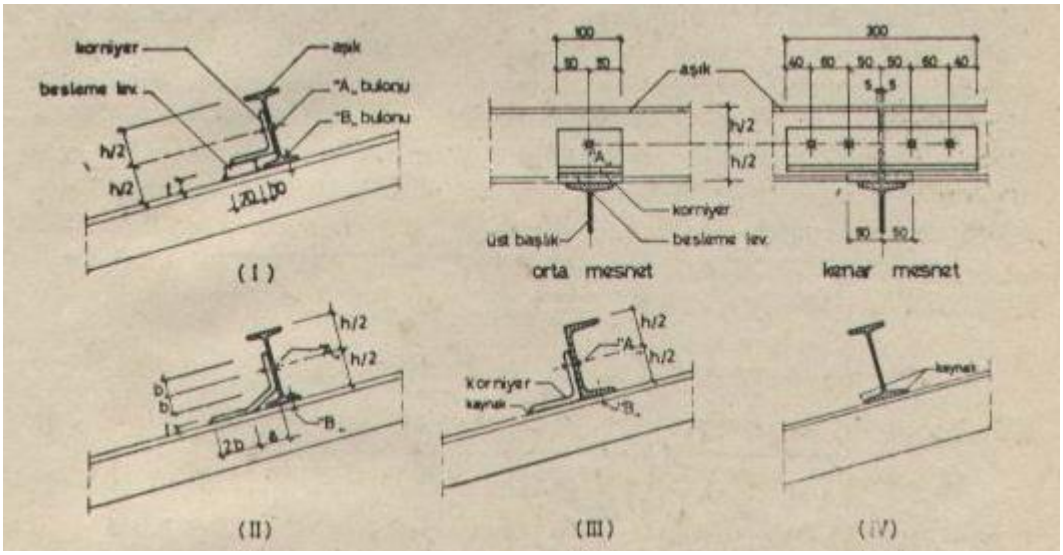
Aşık olarak kullanılacak eleman tek profilden oluşabileceği gibi, kafes biçiminde de yapılabilir. Bu konuda verilecek kararda etken olacak birinci faktör aşık aralığıdır. Açıklığın 6 m.'yi geçmemesi halinde, genellikle profil aşığa gitmek daha ekonomik sonuç verir [Odabaşı, 1981].

Aşıklar, çatı makasının üst başlığı üzerine mesnetlenir. Mesnetlenme konumlarından bağımsız olarak aşığın makas üst başlığına bağlanma şekilleri de değişik olabilir (Şekil 5.61).



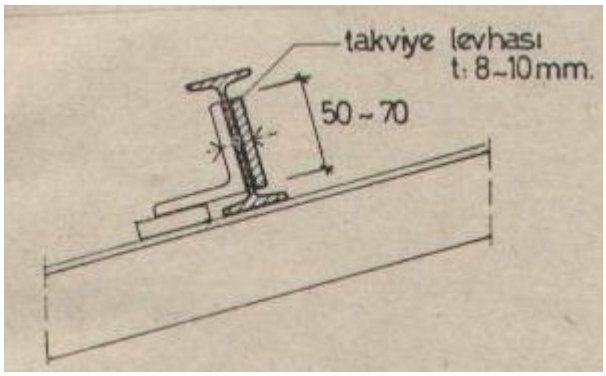
Şekil 5.61 – Aşığın üst başlığa bağlanma detayı [Deren, 1995]

Çatı eğiminin %10'dan az olduğu hallerde (Şekil 5.62-IV)'daki biçimde uygulanabilir. 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 (Şekil 5.62-III). Çatı eğiminin daha da fazla olduğu durumlarda, aşık profili ayrıca mesnet profiline bulonlanmalıdır (Şekil 5.63). Bunun nedeni özellikle rüzgarın kaldırma etkisini mümkün olan en düşük düzeye indirgeme çabasıdır.



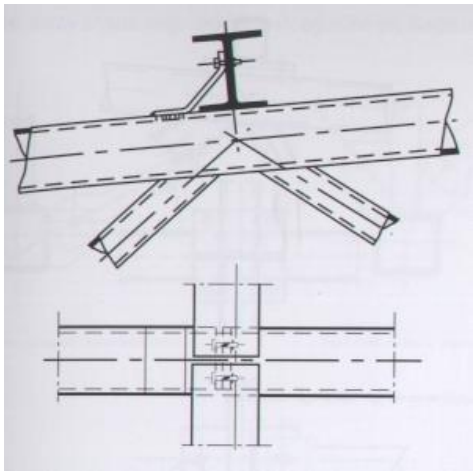
Şekil 5.62 – Aşığın üst başlığa bağlanma detayları [Odabaşı, 1981]

Eğer aşık, "I" profilden uygulanırsa mesnetlere bağlantı yapılmalıdır. (Şekil 5.62-I)'de besleme levhası, köşebent ve üst başlık profili birbirlerine kaynak vasıtası ile birleştirilir. Rüzgar etkisini azaltmak için daha önce belirtilen birleşim burada da kullanılabilir.



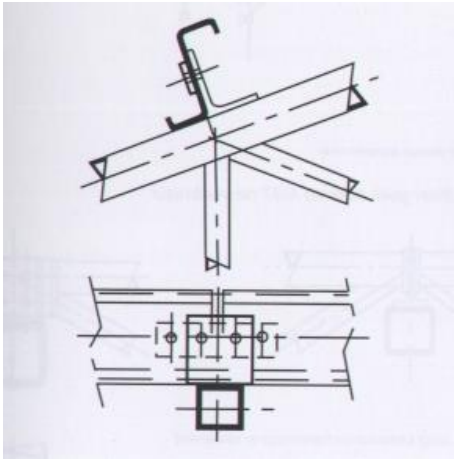
Şekil 5.63 – Aşığın üst başlığa bağlanma detayı [Odabaşı, 1981]

Eğer besleme levhası kullanılmayacaksa, aşık profili üst başlığa saçtan bükülen bir eleman ile bağlanabilir (Şekil 5.62-II) ve (Şekil 5.64).



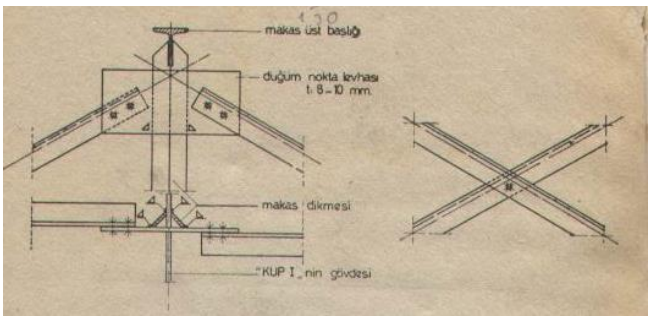
Şekil 5.64 – Aşığın üst başlığa bağlanma detayı [Wardenier, J. Ve diğ., 2001]

Aşığın "Z" profil kullanılarak oluşturulması durumunda, mesnete bağlantısı yapılmış bir korniyerin mesnete dik doğrultudaki yüzeyine birleştirilecek "Z" profil ile sistem oluşturulmuş olur (Şekil 5.65).



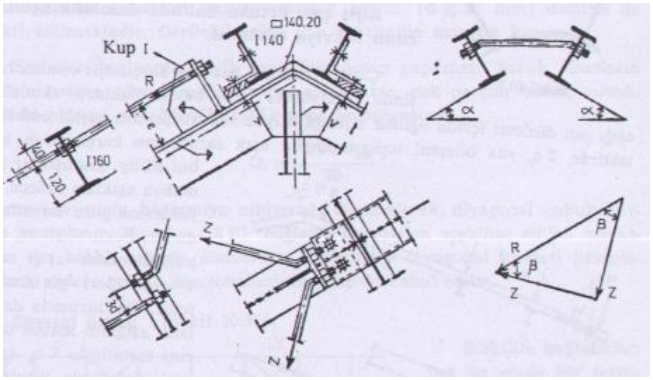
Şekil 5.65 – Aşığın üst başlığa bağlanma detayı [Wardenier, J. Ve diğ., 2001]

Malzeme ve profil boyutlarının, projenin gerektirdiği durumlarda yetersiz kaldığı taktirde, aşıkların birbirlerine 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 (Şekil 5.66)'de gösterilen bölgede ve biçimde yapılması yararlı olacaktır [Odabaşı, 1981].



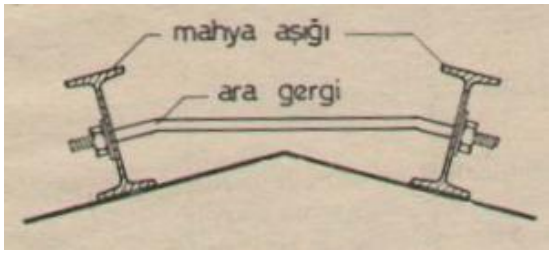
Şekil 5.66 – Mahya aşığı detayı [Odabaşı, 1981]

Aşıklara etkiyen yük bileşeninin etkinliğini azaltmak için "aşık gergileri"nden yararlanılır. Söz konusu gergiler yuvarlak demirden yapılır (Şekil 5.67).



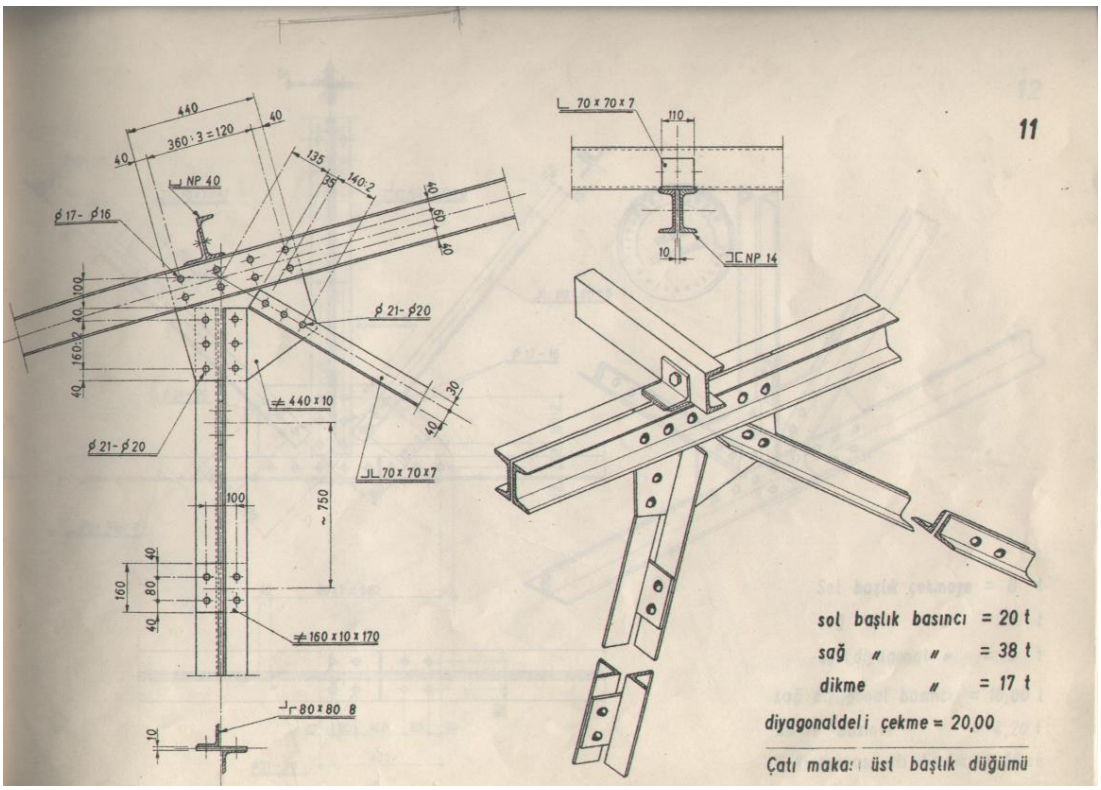
Şekil 5.67 – Aşık gergileri [Deren, 1995]

Ayrıca, iki mahya aşığı, eğilmeli burkulma etkisine karşı önlem olarak birbirlerine bağlanmalıdır (Şekil 5.68).

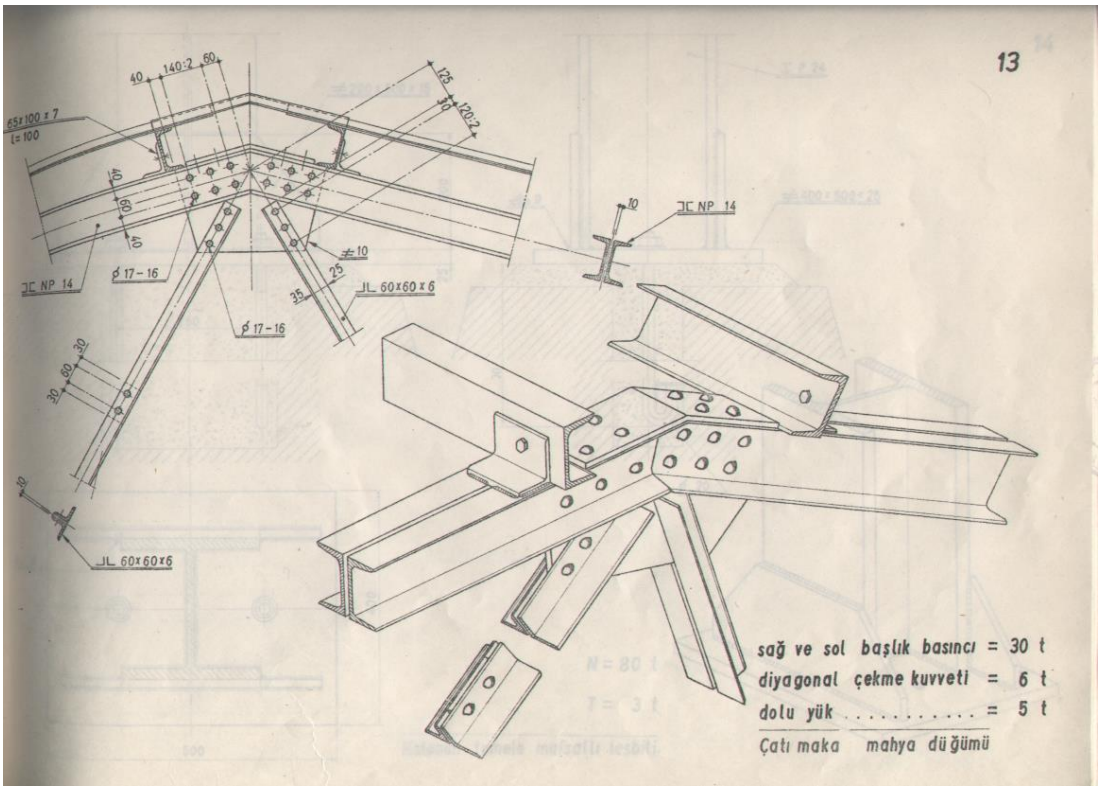


Şekil 5.68 – Aşık gergileri [Odabaşı, 1981]

(Şekil 5.69 ve 5.70)'de korniyerli üst başlık ve mahya aşık düğüm noktası detayları gösterilmiştir.



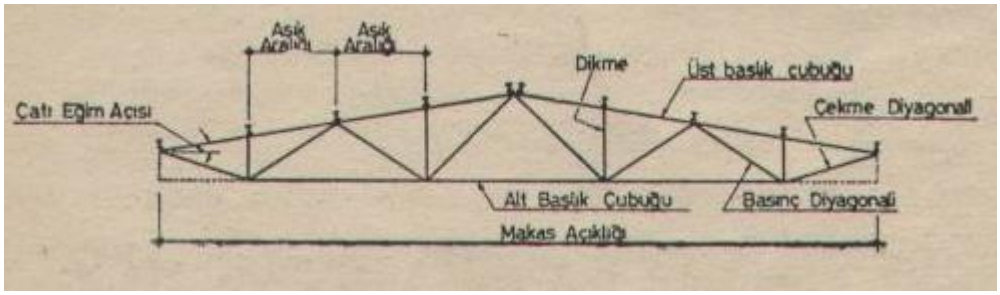
Şekil 5.69 – Aşık detayları [Koçak, 1972]



Şekil 5.70 – Aşık detayları [Koçak, 1972]

5.5.4. 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 (Şekil 5.71) [Hasol, 1993]. 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.



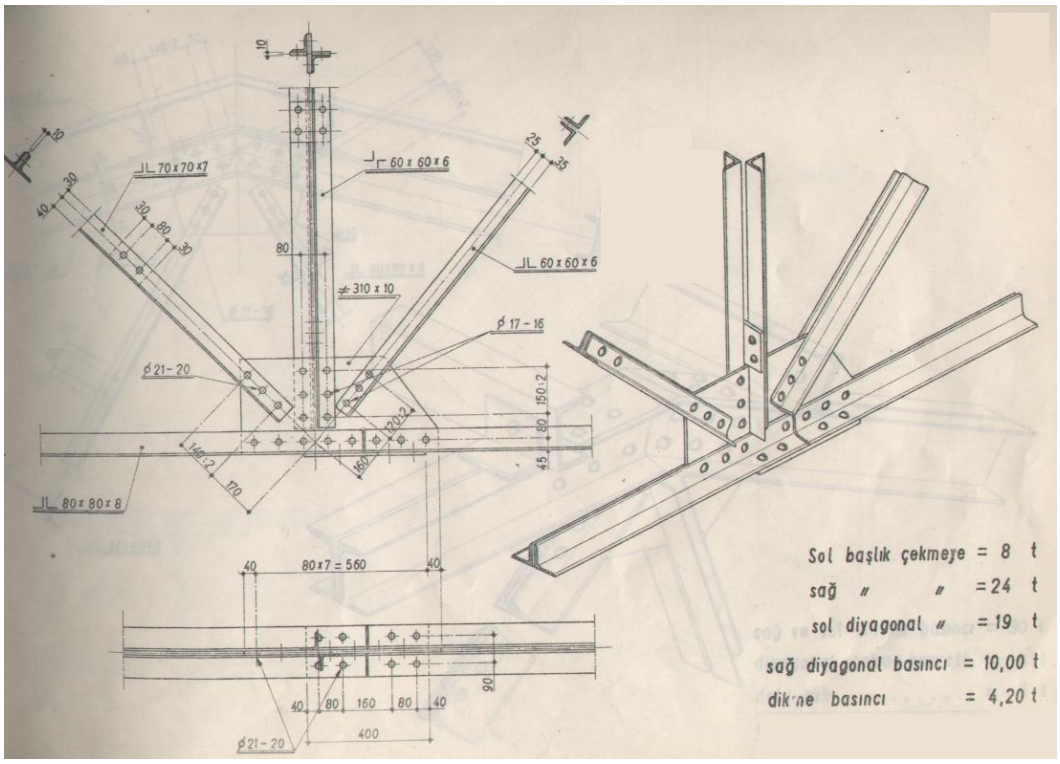
Şekil 5.71 - Çatı makası görünüşü [Odabaşı, 1981]

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 5.72).

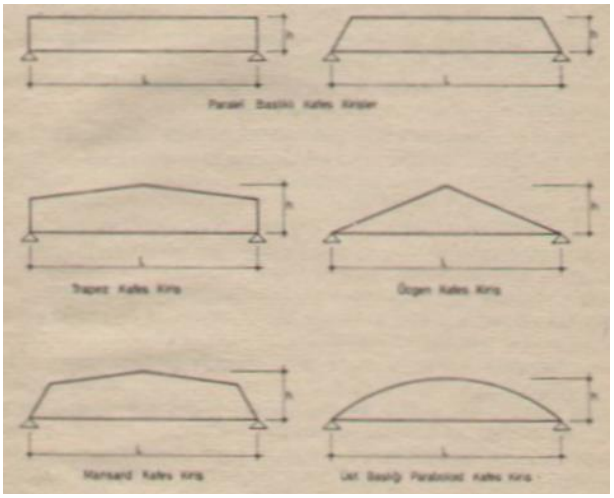
Sistemi oluşturan çubukların eksenleri aynı düzlemde olursa " düzlem kafes kiriş", aynı düzlemde olmazlar ise "uzay kafes kiriş" olarak adlandırılır.

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



Şekil 5.72 - Çatı makası düğüm noktası [Odabaşı, 1981]

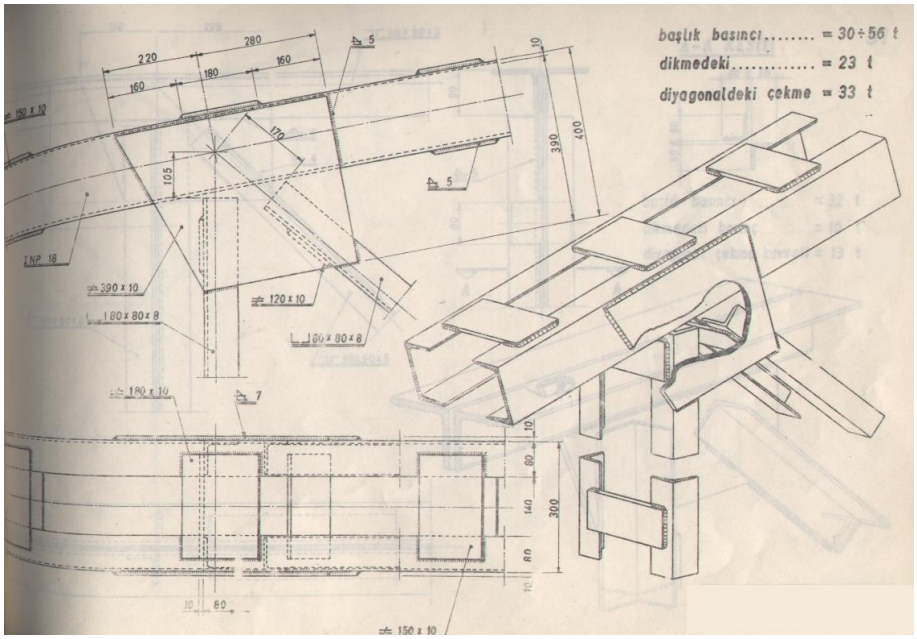
(Şekil 5.73)'de, yapılarda en çok kullanılan kafes kiriş şekillerini görmek mümkündür. Bu kirişler, genellikle dış konturlarının ortaya çıkardıkları biçimlere göre adlandırılırlar. Bu kafes kirişlerin tümü, çatı makas sistemlerinde de kullanılabilmektedir. Bunlar arasında en çok kullanılanları, "üçgen" 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 taktirde üçgen kirişlerde %30'a varan ekonomi sağlanmaktadır [Odabaşı,1981].



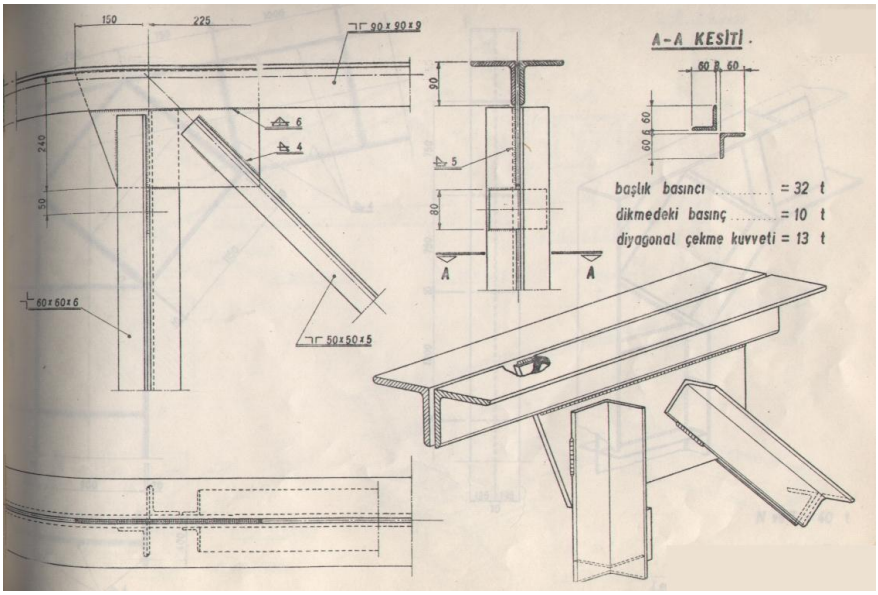
Şekil 5.73 – Yapılarda en çok kullanılan çatı makası tipleri [Odabaşı, 1981]

Çatı makaslarının tasarımı ve dolayısıyla da hesaplarında sistemin öz ağırlığı (çatı örtüsünün, merteğin, aşığın, 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 nisbeten fazladır. Kısacası, hem malzeme hemde işçilik maliyetleri kapalı profillere göre daha fazladır (Şekil 5.74).



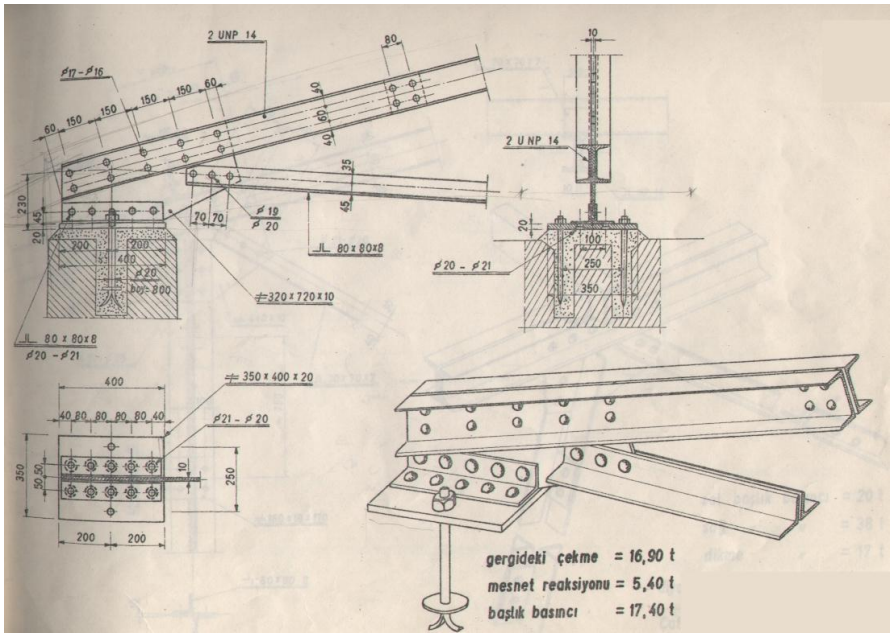
Şekil 5.74 – Açık profillerden oluşturulmuş bir çatı makası [Koçak, 1972]



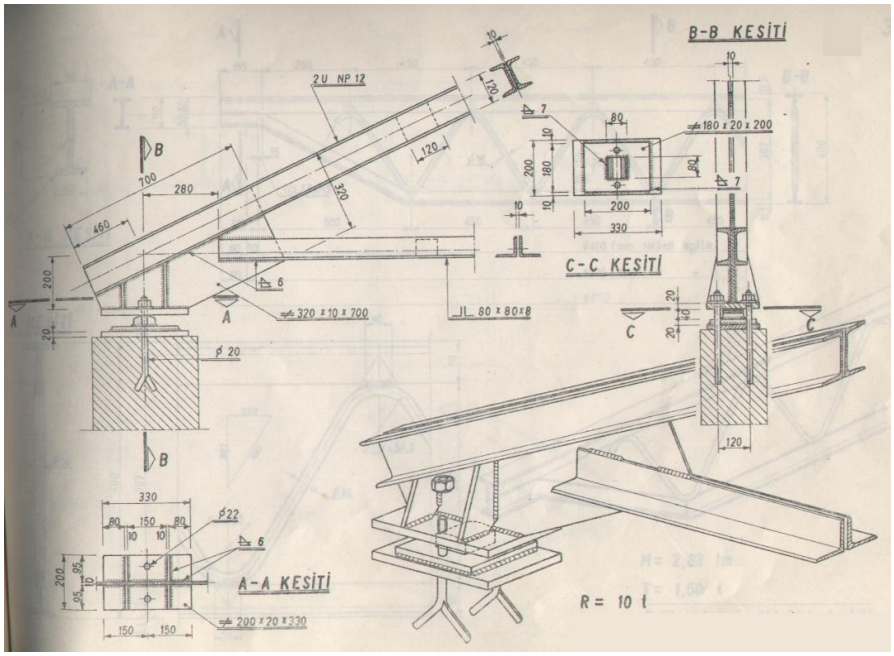
Şekil 5.75 – Korniyer profillerden oluşturulmuş bir çatı makası [Koçak, 1972]

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 ekonomi hem de sade görünüş şekilleri elde edilmiştir (Şekil 5.75) [Odabaşı, 1981].

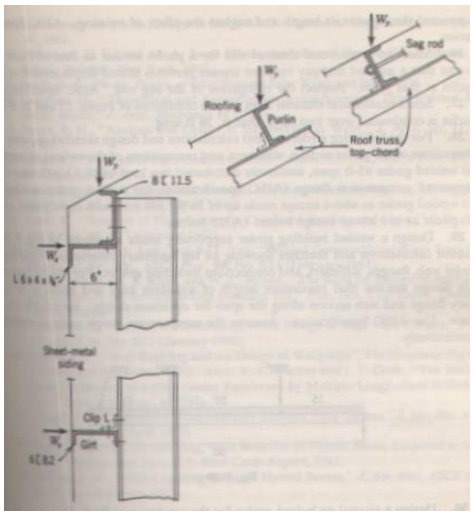
Çatı makaslarının yapıya oturmasını gösteren detaylar (Şekil 5.76, 5.77, 5.78, 5.79 ve 5.80)'de gösterilmiştir.



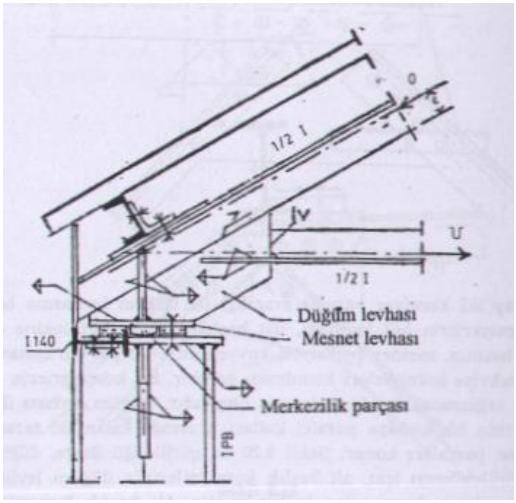
Şekil 5.76 – Çatı makasının beton veya kagir yapıya oturma detayı [Koçak, 1972]



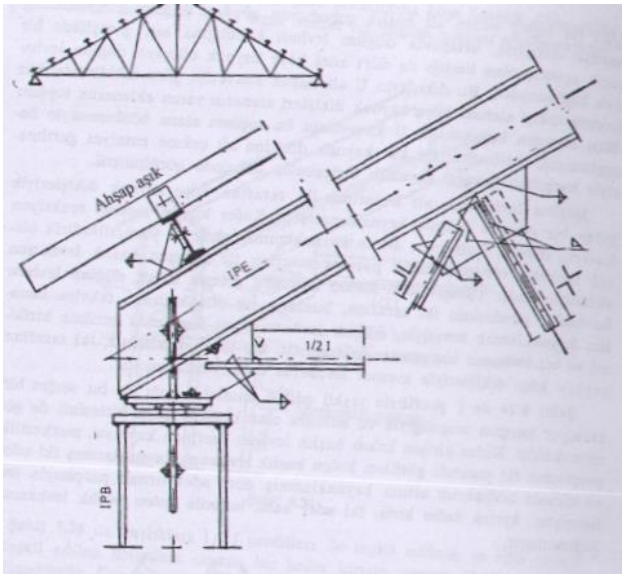
Şekil 5.77 – Çatı makasının beton veya kagir yapıya oturma detayı [Koçak, 1972]



Şekil 5.78 – Aşık ve dere detayı [Bresler, 1968]



Şekil 5.79 – Çatı makasının çelik kolona oturma detayı [Bresler, 1968]

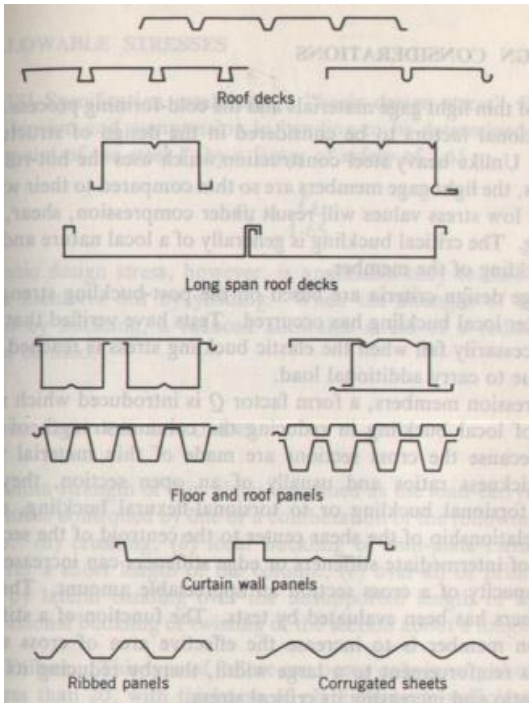


Şekil 5.80 – Çatı makasının çelik kolona oturma detayı [Bresler, 1968]

5.5.5. Örtü Malzemeleri:

Tüm sistemlerde olduğu gibi taşıyıcı iskeleti çelik yapı malzemesi ile oluşturulan çatılarda da örtü malzemesinin teknik karakterteristiklerini 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 porland çimentosu kullanılarak üretilen bir çeşit kompozit malzeme), alüminyum trapezoid levha, ytong gibi çeşitli malzemeler kullanılır. Bu malzemelerin tercih edilmesinde ve kullanımında dikkat edilen hususlar hafiflik ve ekonomidir (Şekil 5.81).



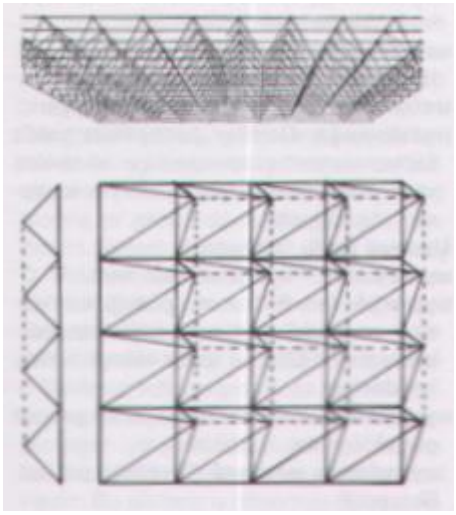
Şekil 5.81 – Çatı kaplamasında kullanılan kesitler [Bresler, 1968]

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. Ytong 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. Ytong plakların örtü malzemesi olarak kullanılacağı çatı sistemlerinde, aşık kesitinin şekilde görüldüğü gibi seçilmesi önerilir [Odabaşı, 1981].

5.6. Uzay Kafes Sisteme Sahip Çatılar:

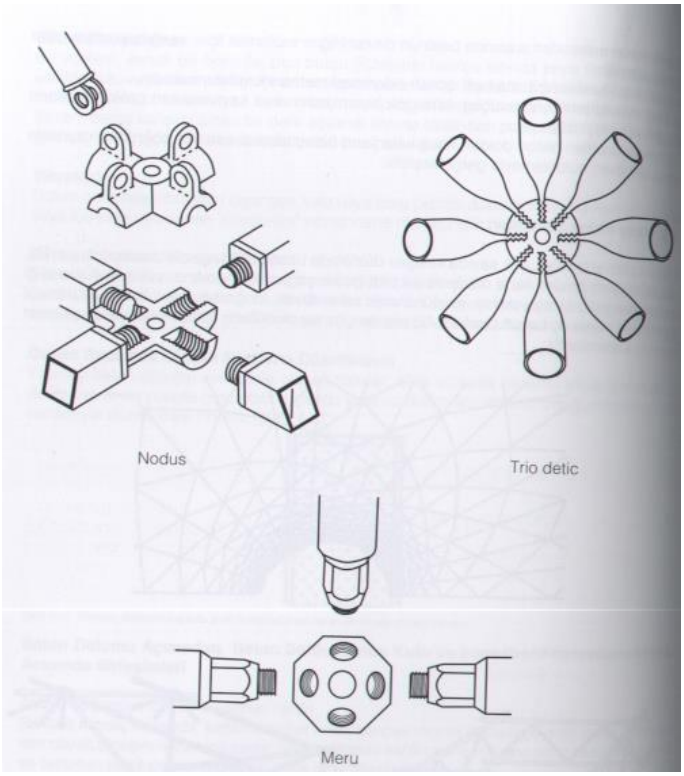
Uzay kafes sistemler, çok geniş açıklıkları örtmek üzere yapılan, bütün öğeleri birbirlerine bağlı olup her doğrultuda bir bütün halinde çalışan üç boyutlu kafeslere verilen addır [Hasol, 1993]. Buradan da anlaşılacağı üzere, çok sayıda kesişen düzlemde uzanan yapısal elemandan oluşur. Bu da her elemanın birden fazla düzleme ait olduğu ve çoğunlukla eksenel yüklerle yüklendiği anlamına gelir. Dolayısıyla geçilmesi amaçlanan açıklık arttıkça uzay kafes sistemlerin kullanımı daha elverişli hale gelir (Şekil 5.82).



Şekil 5.82 - Uzay kafes sistemli bir çatıya ait plan, kesit ve perspektif [Hasol, 1993]

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].

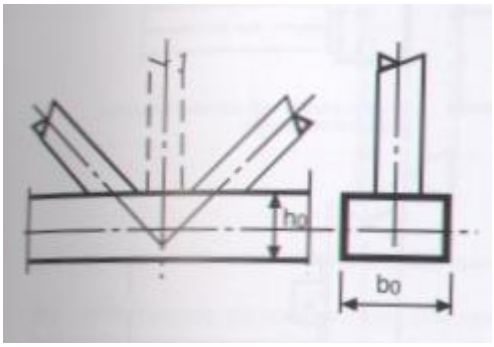
Sistem; sanayi tesisleri, fabrikalar, uçak hangarları, yüzme havuzları, spor salonları, depolar, tribünler, tiyatro ve opera binaları, sinemalar gibi büyük açıklık gerektiren binaların üstünün örtülmesi ve mekanların kolonlarla kesilmeden sürüp gitmesi için tasarımlanır ve örtü yüzeyi strüktürel bütünlük 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 (Şekil 5.83).



Şekil 5.83 - Prefabrik birleşim elemanları [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

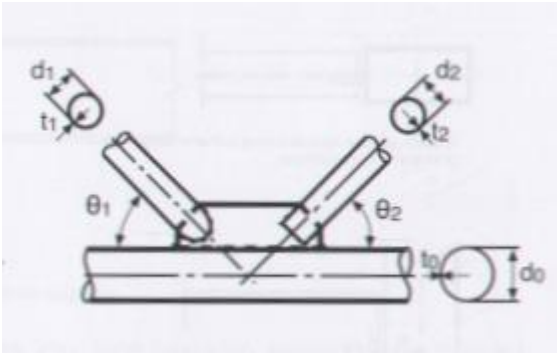
Uygulama olarak, uzay kafes sistemleri oluşturan elemanlar birbirlerine "doğrudan birleşim" veya "dolaylı birleşim" olmak üzere iki değişik şekilde bağlanabilirler.

- Doğrudan birleşimlerde, elemanlar hiç bir aracı ekipmana ihtiyaç olmaksızın birbirlerine doğrudan bağlanırlar (Şekil 5.84).



Şekil 5.84 - Doğrudan birleşimler [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

• Dolaylı birleşimlerde ise, elemanların birbirine monte edilmeleri için bayrak (guse) levhasına ya da alın levhasına ihtiyaç bulunmaktadır (Şekil 5.85).

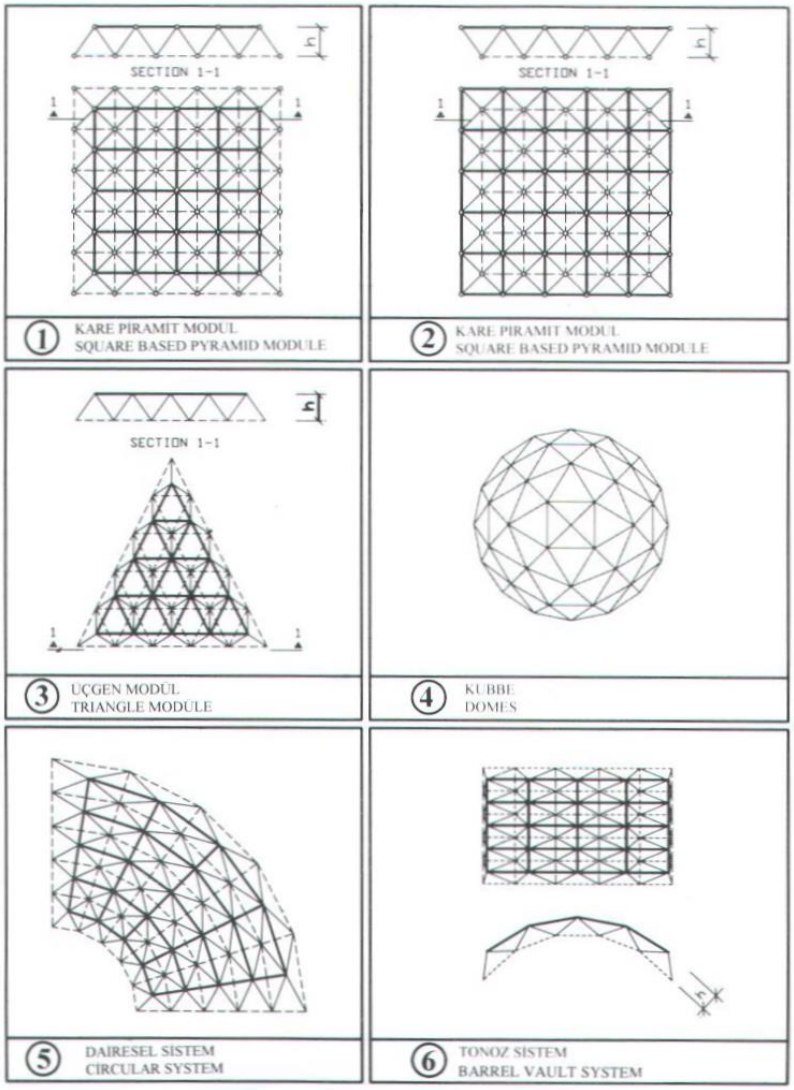


Şekil 5.85 - Doğrudan birleşimler [Wardenier, J. ve diğ., 2001]

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 5.86). 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 profiller söz konusu olduğu durumlarda malzemenin eleman ekseni boyunca düzgün dağılımı neticesinde, açık profillerde görülen zayıf eksenlerin olmamasından kaynaklanan son derece olumlu yapısal davranıştır. 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 işçilik ve giderleri azalmaktadır.

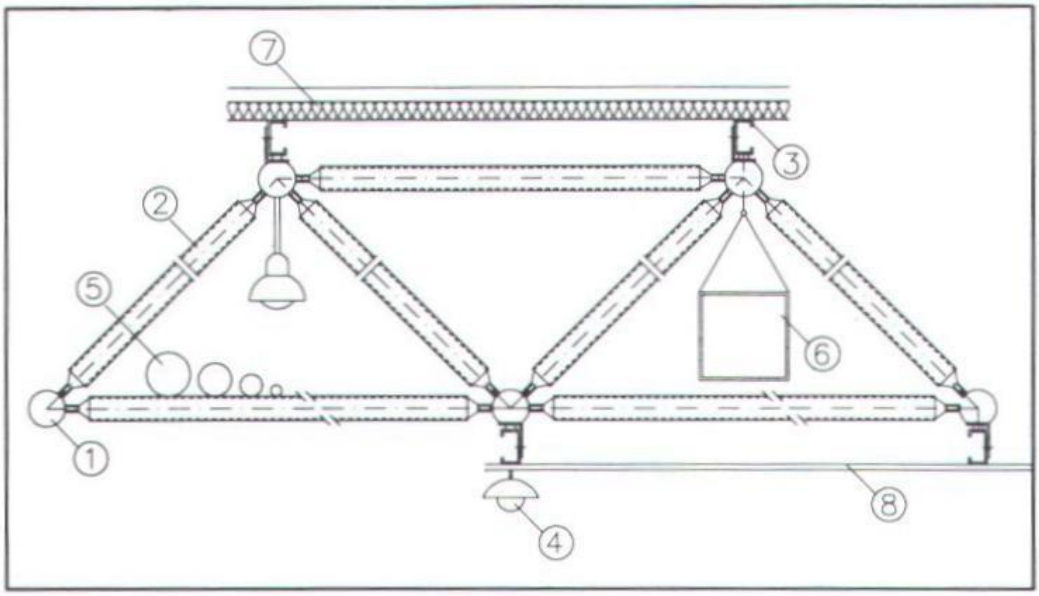


Şekil 5.86 - Uzay sistemli kafes çatılar ile değişik plan ve kesit alternatifleri [Türk Yapısal Çelik Derneği, 2001]

Bu tip sistemler, malzeme açısından sağladıkları ekonomiye karşın, tasarım ve yapımda harcanan emekten dolayı klasik örtü sistemlerine göre daha pahalıya mâl olmaktadırlar. Malzeme açısından sağladığı ekonomiden kasıt, özdeş elemanların kullanımının bir sonucu olarak, seri üretim ve parçaların standardizasyonuna izin

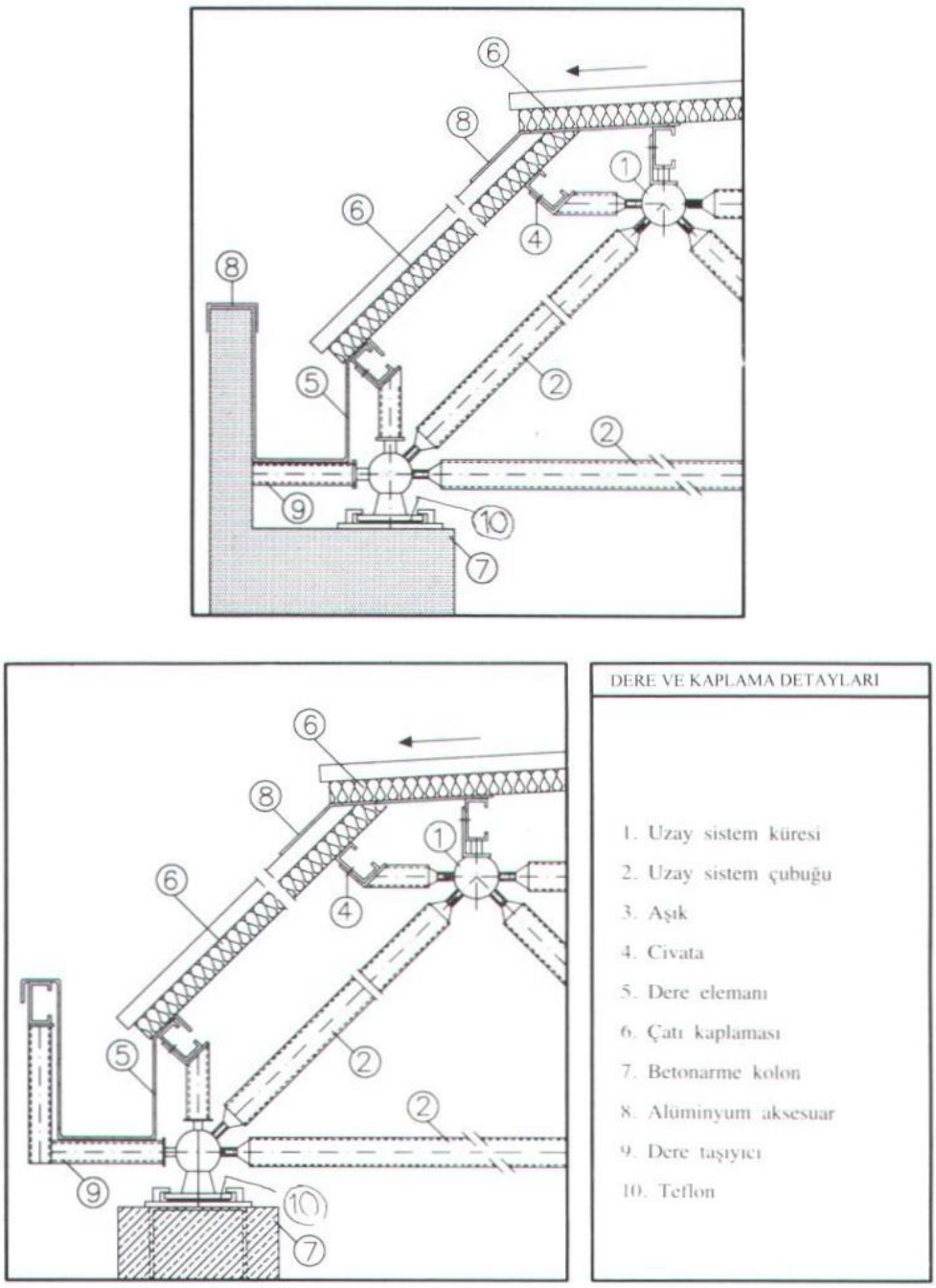
vererek, atölyede ekonomik üretim, kolay saklama ve taşıma, sahada kolay monte edilebilme, ayrıca da son derece kolay yöntemler ile sökülüp başka bir yerde tekrar çok kısa zamanda kurulabilmeyi sağlamasıdır.

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 5.87 ve 5.88).



1. Uzay Sistem Küresi
2. Uzay Sistem Çubuğu
3. Aşık
4. Aydınlatma
5. Tesisat
6. Havalandırma
7. PU çatı kaplaması
8. Aluminyum asma tavan

Şekil 5.87 - Uzay kafes sisteme sahip çatılarda aydınlatma ve havalandırma çözümüne örnek [Uzay Sistem, 2001]



Şekil 5.86 - Uzay kafes sisteme sahip çatılarda dere ve kaplama çözümüne örnek [Uzay Sistem, 2001]

6. ÇELİK YAPI DETAYLARININ TAŞIYICI SİSTEM AÇISINDAN İRDELENMESİ

Bir çelik yapı tasarlanırken -içine fonksiyonlarının yerleştirilmesine esas teşkil edecek ön çalışmalar da bir kenara bırakılırsa-, çeliğin malzeme özellikleri, çelik yapı elemanları ve bileşenlerinin standartları ve boyutları hakkında belirli bir alt yapıya sahip olunması kadar, taşıyıcı sistemin düğüm noktalarında ya da eleman bünyesinde uygulanabilecek çeşitli birleşim yöntemlerinin de etkin bir şekilde kontrol altına alınabilecek bir bilgi düzeyine sahip olunması gerekmektedir.

Temel olarak ele alındığında, çelik yapı sistemlerini oluşturan düğüm noktaları "taşıyıcılık", "rijitlik", "süneklik" ve "boyut" olmak üzere 4 ana başlıkta toplanabilecek problemlere karşılık verebilecek bir sistematik içerisinde teşkil edilmektedir. Düğüm noktası tasarımında dikkat edilmesi gereken ana unsur da, sözü edilen bu sistem problemlerinin doğru saptanması gerekliliğidir. Önceki bölümlerde detaylı bir şekilde incelenen çelik yapı detaylarının taşıyıcı sistem açısından irdelenmesi (Tablo 6.1)'de verilmiştir.

6.1. Taşıyıcılık Kriterine Göre İrdelenmesi:

Kolonların temele oturması durumunda karşılanması gereken ana gereksinme kolondan gelen yüklerin güvenli bir biçimde temele aktarılmasını sağlamaktır. Sözü edilen problem, noktasal temas sonucu aşırı yüklemelerin sebep olduğu hasarlardır. Problemin önüne geçilebilmesi için kolondan temele gelen yüklerin betonarme yüzeye yayılması zorunludur. Bu yüzden, yüklerin yayılmasını sağlamak amacı ile taban levhası kullanılmalıdır. Temel emniyet gerilmesinin küçük olduğu durumlarda taban levhasının boyutu arttırılmalıdır. Kolondan gelen yüklerin çok büyük olduğu durumlarda ise kolon, I ve IP profillerden oluşturulmuş ızgara üzerine oturtulmalıdır.

Kolondan temele iletilen yatay yüklerin oluşturduğu moment etkisini karşılayabilmek ve dolayısıyla da sistem taşıyıcılığını sürdürebilmek amacı ile kolon

ayağı temele ankraj bulonları ile bağlanmalıdır. Ankraj bulonlarınınn kullanılması, bu bulonların çekmeye çalıştırılması hedeflerenek uygulanmaktadır. Unutulmaması gereken nokta, ankraj bulonlarının temel bünyesinde ankraj korniyerlerine bağlanmasıdır.

Yapının toplam ağırlığı, taşıyıcı sistem kesitinin plandaki oranını etkileyen ana unsurdur. Dolayısıyla, katlardaki kullanılabilir alanların arttırılabilmesi, taşıyıcı sistemin hafifletilmesi ile doğru orantılıdır. Petek kirişlerde, kesim ve birleşim tekniğinden dolayı kiriş gövdesinde altıgen veya sekizgen boşluklar yer almaktadır. Söz edilen boşluklar, kirişin ölü ağırlığını oldukça azaltarak yapıyı hafifletmektedir.

Yapıyı hafifletmenin kirişler açısından diğer bir uygulaması da geçilecek açıklık mesafesinin artması ile artacak eleman yüksekliğinin, kiriş gövdesinin tekil çekme ve basınç çubukları haline getirilmesidir. Diğer bir deyişle kafes ve uzay kafes kirişler oluşturulmasıdır.

Kafes kirişlerde geçilecek açıklık ve taşınması planlanan yüke bağlı olarak ortaya çıkan büyük eleman kesitleri de yapı ekonomisi açısından değerlendirilmesi gereken diğer bir problemdir. Gereksinilen kesitlere sahip mamuller, seri üretimlerinin olmamasından dolayı oldukça pahalı çözümler haline gelmektedir. Bu yüzden, sistemin statik olarak sahip olması gereken eleman kesitleri, bileşik kesitli elemanlar oluşturulması yoluyla sağlanmış olur.

Uzay kafes kirişlerde çubuklardan gelen çok düzlemli yüklemeler altında sistemin taşıyıcılığını devam ettirebilmesi için bu yüklerin tek noktada toplanması zorunludur. Aksi taktirde yoğun yüklemeler altında kiriş taşıyıcı görev yapamaz. Problemin ortadan kaldırılabilmesi için çubuklar toplarda birleştirilmelidir.

Kirişlerden gelen yüklerin kagir veya betonarme gibi alt yapı elemanlarına aktarılması, kirişlerin temele montajında olduğu gibi yayılı hale getirilmesi ile sağlıklı bir biçimde gerçekleştirilebilir. Bunun sağlanabilmesi için kirişlerin mesnet levhaları üzerine oturtulmaları gerekmnektedir.

Kirişlerin gerilme ve düşeylik dağılımının herhangi bir yapı hasarına sebep olmayacak şekilde ayarlanabilmesi için kiriş ile mesnet levhası arasına çimento şerbetinden yastık yapılmalıdır.

Kirişten gelen yükün büyük, kagir yüzeyin emniyet gerilmesinin ise küçük olduğu durumlarda alt yapıyı oluşturan duvarın zarar görmesini ve taşıyıcılığını yitirmesini

engellemek amacı ile kirişler mesnet çarığı adı verilen ve genellikle IP profilleri kullanılarak oluşturulan elemanların üzerine oturtulmalıdır.

Döşemeler, üzerlerine gelen yükleri kirişlere aktarmak ile görevli yapı elemanlarıdır. Dolayısıyla döşemenin geçeceği alanın boyutları, kirişlere aktarılacak yükler bakımından önemlidir. Döşemenin geçeceği alanın boyutlarını mümkün olduğunca azaltmak amacıyla ana kirişler arasına tali kirişler atılmalıdır.

Döşemeye gelen yatay yüklerin kirişlere aktarılması hedefleniyor ise, kirişlere stud adı verilen düşey çubukların kaynatılması gerekmektedir. Böylelikle kirişler ile döşemenin bir bütün halinde yani kompozit olarak çalışması sağlanmaktadır. Sadece düşey yüklerin taşıyıcı sisteme aktarılması ve yatay yüklerin ihmal edilmesi durumunda stud elemanlar kirişlere kaynaklanmaz. Döşeme elemanları tekil çalışır.

Kolonların üst üste yerleştirilmesi ile düşey taşıyıcı sistemin oluşturulması aşamasında alt ve üstte bulunan elemanların kesitlerinin aynı olması halinde gövdede ve başlıklarda birer çift olmak üzere toplam iki çift ek levhasından yararlanılmalıdır.

Yüklerin üst katlara çıkıldıkça azalması nedeniyle giderek azalan kesitlerde elemanlar kullanılabilir. Bu gibi durumlarda kolonların birleştirilmesi sırasında boyut problemlerinin ortadan kaldırılması için boşluklar, enleme levhaları ile takviye edilmelidir.

Söz edilen boyut farklarının enleme levhaları kullanılamayacak kadar büyük olduğu durumlarda ise birleştirme işlemi alt ve üst kolonların taban levhalarından montajlanması ile gerçekleştirilebilir.

Kiriş-kiriş birleşimlerinde farklı doğrultu olması halinde çeşitli boyutlandırma kriterlerine göre birleştirme mantığı seçilmelidir. Sözü edilen boyutlandırma kriterleri Bölüm 5.2'de detaylı olarak incelenmiştir.

Kirişlerin birbirlerine uyguladıkları mesnet reaksiyon kuvvetlerinin güvenli bir şekilde aktarımını sağlayabilmek amacıyla elemanlar korniyerlerle monte edilebilmektedir. Buna ek olarak, moment devamlılığının sağlanması amacıyla düğüm noktasında süreklilik levhası kullanılmalıdır.

Kirişten kolona aktarılan yüklerin her iki elemanda da deformasyona uğramaması için bu elemanlar arasına kolon başı adı verilen parça yerleştirilmelidir. Kolon başı

levhasının mantığı da kolon-temel, kiriş-kagir birleşimlerinde olduğu gibi, aktarılan yükleri yayılı hale getirerek olası yapı hasarlarının önüne geçebilmektir.

Kolon,kiriş birleşimlerinin oluşturulmasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli sorun, kirişten gelen yüklerin kolona merkezi bir şekilde aktarılabilmesidir. Bunu sağlayabilmek için kolonun baş levhası ile kiriş alt başlığı arasına merkezilik parçası yerleştirilir ve yüklerin bu parça yardımıyla kolon profiline güvenle aktarılması amaçlanır.

6.2. Rijitlik Kriterine Göre İrdelenmesi:

Kolon-temel birleşimlerinde rijitlik açısından üzerinde durulması gereken en önemli problem, temele gelen yatay yüklerin oluşturduğu moment etkisi ile sistemin stabilitesinin bozulmamasıdır. Aynı birleşim türü için taşıyıcılık kriterinde belirtilen çözüm önerisi, yani ankraj bulonlarının ankraj korniyerlerine montajı uygulaması rijitlik problemine yönelik olarak da kullanılabilir.

Kirişlerde, eleman gövdesinin boyutlarına bağlı olarak yanal burkulma oluşabilmektedir. Söz konusu deformasyon, özellikle petek kiriş gibi nispeten narin kesitli kirişler söz konusu olduğunda daha da ciddiyet kazanmaktadır. Yanal burkulmanın önüne geçebilme amacıyla kirişlerin, üzerlerinde bulunan döşeme veya çatı sistemine sabitlenmesi gerekmektedir.

Petek kirişlerde kesme kuvvetinin eleman üzerinde oluşturabilececeği olası hasarları önlemek amacıyla, bu hasarların yoğunlukla oluştuğu mesnete yakın uçlardaki boşluklar çelik malzeme ile doldurulur.

Bir kafes kirişi oluşturan bileşenlerin aynı kesitte olmaması durumunda yaşanabilecek deformasyonlar, bu bileşenlerin ek plakalar yardımı ile birleştirilmesi şeklinde ortadan kaldırılabilir.

Eğilmeye çalışan bir kafes kirişin bileşenlerinde deformasyona mahal vermemek için yüklerin düğüm noktalarına etki ettirilmesi zorunludur. Ayrıca yüklerin başlıklarda zorlama yapmaması için de düğüm noktalarında guse levhası adı verilen elemanlar kullanılmalıdır.

Uzay kafes gibi çok düzlemli yüklemelere maruz kalan sistemlerde yüklerin tek noktada toplanması, toplar yardımı ile sağlanabilmektedir.

Kagir veya betonarmeye oturan kirişler söz konusu olduğunda, mesnet noktalarında kirişlerin dönmesini engellemek amacıyla kirişler mesnet taşı adı verilen elemanalrın üzerine oturtulmalıdır. Ayrıca gerilme dağılımının düzenlenmesi amacıyla çimento şerbetinden yastıklama yapılmalıdır. Duvar yüzeyinin emniyet gerilmesinin düşük olduğu durumlarda kirişler mesnet çarığının üzerine de mesnetlendirilebilmektedir.

Kirişlerin duvar içinde oturdukları boşlukların duvar malzemesi ile doldurulması, yükleme altında iken devrilerek sistemin stabilitiesinin bozulmasına mani olmak amacı ile uygulanan yöntemdir.

Döşemelere etkiyen yatay yüklerin sistemin rijitliğine olumsuz bir etki yapmaması için döşemelerin üzerine oturduğu kirişlere studlar kaynatılmaktadır.

Kolonlarda yanal burulmanın önlenmesi amacıyla temel olarak iki önlem alınabilmektedir. Bunlardan birincisi, profil başlıkları arasına çelik duvarlar yerleştirilmesidir. İkinci yöntem ise, kirişlerde de bahsedildiği gibi, kolon gövdesinin kafes örgü meydana getiecek şekilde oluşturulmasıdır.

Kiriş-kiriş birleşimlerinde kaba bulon kullanılması durumunda sistemde bırakılan tolerans payları, ek lamaları ile kiriş arasındaharekete olanak verebilmektedir ve dolayısıyla da birleşim noktalarında yapı hasarları meydana gelebilmektedir. Söz edilen problemin etkisiz hale getirilmesi, kaba bulon yerine perçin kullnımı ile sağlanabilmektedir.

Bir kiriş sisteminde birbirine paralel olarak konumlandırılmış kirişler, tekil olarak dönmelerinin ve bunun sonucunda da aralarındaki mesafelerin değişmesi engellenmek için tali kirişler ile birbirlerine sabitlenebilmektedir.

Kirişten kolona geçen yüklerin merkezi bir şekilde aktarılabilmesi için, taşıyıcılık kriterlerinde de bahsedildiği gibi merkezilik parçası kullanılmalıdır.

Kiriş başlığının kolona ilettiği noktasal yükler nedeniyle oluşacak deformasyonlar, söz konusu düğüm noktalarında uygulanacak iç ve dış diyaframlar ile ortadan kaldırılabilmektedir.

Çatı konstrüksiyonunu oluşturan makas elemanlarının düzlem dışına doğru olabilecek burkulma deformasyonları, üst başlık çubukları için düzlem içindeki yatay stabilite bağlantıları ve alt başlık çubukları için makas düzlemine dik stabilite bağlantıları yardımıyla engellenebilir.

6.3. Süneklik Kriterine Göre İrdelenmesi:

Kolon-temel bağlantılarında kolon ayağının mafsal durumunu devam etmesi için yatay kuvvetler altında dönebilmesi olasılığını ortadan kaldırmak amacıyla ankraj profilleri kullanılmalıdır.

Kagir yapıya oturan kirişlerin mesnet noktalarında beirli oranlarda dönebilmesini sağlamak amacıyla mesnet taşları kullanılmalıdır.

Kiriş-kiriş birleşim noktalarında oluşması muhtemel yapı hasarları, perçinle birleştirme yapılmak suretiyle ortadan kaldırılabilmektedir.

Yatay yükler altındaki bir taşıyıcı sistemin düğüm noktalarının rijit kalabilmesi, yapının taşıyıcılığını sürdürebilmesi için zorunludur. Bu durumda kolon-kiriş birleşim noktasındaki dikeyliğin korunması için diyafram sistemlerinin kullanılması gerektiği bir önceki bölümde belirtilmişti. Bu rijitliğin sağlanabilmesi için yatay yükler altında oluşması kesin olan deformasyonların mümkün olduğunca düğüm noktasından uzakta gerçekleşmesi için kiriş alt ve üst başlıkları belirli oranda daraltılır.

6.4. Boyut Kriterine Göre İrdelenmesi:

Kolon-temel birleşimlerinde ayakların düşeyliğinin sağlanması hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle temele oturtulan kolonların terazisinde olması için taban levhası ile temel yüzeyi arasına kamalar yerleştirilerek dengeleme yapılır, ardından çimento şerbeti dökülerek düşeylik sağlanmış olur.

Kat yüksekliklerini bire bir etkileyen etmenlerden biri olan döşeme kesitinin boyutsal problemi, bina ekonomisi açısından önemlidir. Tesisat kanallarının petek kiriş gibi bünyesinde boşluklar içeren elemanlar ile aynı hacmi kapsayarak yerleştirilebilmesi, döşeme kesitini azaltacağından, kat yüksekliğinden tasaruf edilmiş olur.

Kirişin geçmesi planlanan açıklığın fazla olması durumunda gövdenin çekme ve basınç çubuklarından meydana getirilmesi ile malzeme bünyesinde oluşturulan boşluklardan tesisat sistemlerine ait kanallar geçirilerek bina hacminden kazanç sağlanabilmektedir.

Döşemelerde geçilecek açıklığın boyutları, döşemeyi taşıyan ana ve tali kirişlerin yerleşimine bağlıdır. Bu sistemin aks aralıklarının uzak tutulması halinde döşemenin kesiti de artmaktadır.

Kolon-kolon ve kiriş-kiriş birleşimlerinin esas amacı, sistem için gereken boyutta (gerek kesit, gerekse uzunluk olarak) bileşen temininin her zaman aynı kolaylıkta sağlanamamasıdır. İstenen yükseklik değerini sağlamayan profillerle oluşturulması planlanan bir taşıyıcı sistem ayağını, çelik elemanları üst üste konumlandırmak suretiyle oluşturmak, uygulanabilecek en mantıklı alternatifdir. Kiriş-kiriş birleşimlerinde ise elemanlar iki çift ek laması yardımıyla birleştirilir. Ayrıca kirişlerin birbirlerini dik kestiği durumlarda kat yüksekliğinden kaybetmemek amacıyla tali kirişin alt başlığı kesilerek alt kirişe oturtulabilir.

Kolon alanlarının mümkün olduğunca az kat alanının kullanım dışı bırakması amaçlanarak, kolon kesitleri üst katlara çıkıldıkça azaltılabilir.

(Tablo 6.1) Çelik yapı detaylarının taşıyıcılık açısından irdelenmesi

	PROBLEMLER	TAŞ.	RİJ.	SÜN.	BOY.	ÖNERİLER
KOLON-TEMEL BAĞLANTILARI	Kolondan gelen yükleri temele aktarma	■				Taban levhası kullanılmalı
	Yatay kuvvetlerin oluşturduğu momentlere dayanım	■	■			Ankraj bulonları ve ankraj korniyerleri kullanılmalı
	Kolonun düşeyliğinin sağlanması				■	Çimento harcı ve kama kullanılmalı
	Ayağın mafsal durumunu devam etmesi için yatay kuvvetler karşısında dönebilme			■		Ankraj profilleri kullanılmalı
PETEK KİRİŞLER	Tesisat kanallarının döşeme kesitlerini arttırması				■	Kiriş bünyesinde boşluklar bırakılmalı
	Sistem hafifliği gereksinmesi	■				Kiriş bünyesinde boşluklar bırakılmalı
	Yanal burkulma		■			Kirişler örtü malzemesine sabitlenmeli
	Kesme kuvvetlerine karşı dayanım		■			Mesnete yakın boşluklar çelik malzeme ile doldurulmalı
KAFES KİRİŞLER	Geçilecek açıklık arttıkça kiriş yüksekliğinin artması	■	■		■	Kirişler çekme ve basınç çubukları haline getirilmesi
	Aynı kesite sahip olmayan bileşenlerin kullanılması		■		■	Ek plakalar kullanılmalı
	Sistemin eğilmeye çalışması		■			Yükler düğüm noktalarına etki etmeli
	Yük ve açıklığa bağlı olarak, bileşenlerin enkesitlerinin artması	■				Çift gövdeki bileşenleri kullanılmalı
	Çubuklardan gelen yüklerin başlıklarda zorlama yapması		■			Guse levhaları kullanılmalı
UZAY KAFES KİRİŞLER	Çok düzlemli yüklemeler	■	■			Toplar vasıtası ile çok düzlemli yükler tek noktada toplanmalı
	Çubuklardan gelen yüklerin tek noktada toplanması	■				Toplar kullanılmalı
KİRİŞ-KAGİR/B.A. BAĞLANTILARI	Kirişlerden gelen yüklerin kagire aktarılması	■				Kirişlerin mesnet levhaları üzerine oturmalı
	Mesnet noktalarında kirişlerin dönmesi		■	■		Mesnet taşı kullanılmalı
	Sistemin gerilme ve düşeylik dağılımının sağlanması	■	■			Kirişlerin altına çimento şerbeti dökülmeli
	Kirişlerin devrilmesinin önlenmesi		■			Kiriş için açılan boşluk duvar malzemesi ile doldurulmalı
	Üniform gerilme dağılımı gereksinmesi	■	■			Mesnet çarığı ve merkezilik parçası kullanılmalı
İÇ DUVARLAR	Alçı panellerin taşıtılması	■				Panellerin "U" ve "C" profillere monte edilmesi
	Çelik kirişlere tuğla duvarın montajı	■	■			Özel birleştirme profilleri

	PROBLEMLER (devam)	TAŞ.	RİJ.	SÜN.	BOY.	ÖNERİLER (devam)
DÖŞEMELER	Döşemenin geçeceği alanın boyutu	■			■	Ana ve tali kiriş sistemleri ile grid sistem oluşturulmalı
	Tesisat kanallarının döşeme kesitini arttırması				■	Tek bölmeli tesisat sistemi kullanılmalı
	Döşemeye gelen düşey yüklerle birlikte yatay yüklerin de kirişlere aktarılması	■	■			Kiriş ve trapez elemanlara "stud" kaynatılması
	Sadece düşey yüklerin sisteme aktarılması	■				Çelik taşıyıcı sistemde çaprazlamalar
KOLON-KOLON BİRLEŞİMLERİ	Profillerin fabrika çıkış boyutlarının sistem için gerekene yetmemesi				■	Kolonlar üst üste konumlandırılmalı
	Profil kesitlerinin alt katlara doğru inildikçe artması	■			■	Birleşimin enleme levhalar yardımıyla takviye edilmesi
	Profil kesitlerinin enleme levhalar kullanılamayacak kadar farklı olması	■			■	Kolonu oluşturan bileşenler taban levhaları ile birleştirilir
	Profil kesitlerinin aynı olması durumunda birleştirme	■				Gövde ve başlıklara gerekli oranda ek levhaları eklenmelidir
	Kolonların yanal burulmalarının önlenmesi		■			Profil başlıkları arasına çelik duvar yerleştirilmesi
			■			Kafes örgü teşkil edecek şekilde kolon oluşturulmalıdır.
KİRİŞ-KİRİŞ BİRLEŞİMLERİ	Birleştirilen kirişlerin farklı doğrultuda olması	■			■	Çeşitli boyutlandırma kriterlerine göre birleştirme mantığı seçilmeli
	Mevcut profillerin uzunluklarının yetersizliği				■	Kirişler sistem için gerekli boyuta uygun bir şekild birbirine montajlanmalı
	Kiriş-kiriş birleşim noktalarında oluşması muhtemel yapı hasarları		■	■		Perçin birleşim elemanı kullanılması
	İki "I" profilinin birbirine bağlanması				■	İkisi gövdede, ikisi başlıkta olmak üzere iki çift ek laması
	Paralel kirişlerde dönme ve ayrılma		■			Bu kirişlere dik doğrultuda konumlanacak tali kirişler kullanılır
	Birbirine dik doğrultudaki kiriş-kiriş birleşimlerinde konstrüksiyon yüksekliği				■	Üstteki putrelin alt ucu kesilip alttakine oturur
	Sadece mesnet reaksiyon kuvvetlerinin aktarılması	■	■			Korniyerli birleşim çeşitleri arasından uygun olanı seçilmelidir
	Birbirine dik doğrultudaki kirişlerin moment devamlılığı sağlaması	■	■			Süreklilik levhası

	PROBLEMLER (devam)	TAŞ.	RİJ.	SÜN.	BOY.	ÖNERİLER (devam)
KOLON-KİRİŞ BİRLEŞİMLERİ	Kirişiten gelen yükün kolona aktarılması	■				Kirişle kolon arasına kolon başı adı verilen parça yerleştirilmesi
	Kirişten gelen yüklerin sütuna merkezi bir şekilde iletilememesi	■	■			Merkezilik parçası eklenmesi
		■	■			][profilli çift parçalı kolon kullanılması ve kirişin bu kolonların arasından geçmesi
	Kiriş başlığının kolona ilettiği noktasal yükler nedeniyle oluşacak deformasyonlar		■	■		Diyaframlar
	Çelik düğüm noktalarında elastik olmayan davranışa izin verilmesi			■		Plastik mafsalın kolon başlığından uzaklaştırılması
KOLON-KAFES KİRİŞ BİRLEŞİMLERİ	Alt ve üst başlıklardan aktarılan yüklerin fazla olması	■	■			Bu başlıklar arasına ek takviye levhası kaynaklanması
ÇATI KONSTRÜKSİYONLARI	Çatı konstrüksiyonunu oluşturan makas elemanlarının düzlem dışına doğru olabilecek burkulma deformasyonları		■	■		Üst başlık çubukları için düzlem içindeki yatay stabilite bağlantıları
			■	■		Alt başlık çubukları için makas düzlemine dik stabilite bağlantıları
	Çatı eğiminin %10'dan fazla olması halinde aşıkların başlığa bağlanması		■			Köşebent profiller ile bağlanır
	Mahya aşıklarında eğilmeli burkulma etkisi		■			Aşıklar birbirine gergiler ile bağlanmalıdır.

7. SONUÇLAR:

Çeliğin yapı malzemesi olarak binalarda kullanımının giderek yaygınlaştığı günümüz mimarisinde, çelik yapı taşıyıcı sistemlerini oluşturan bileşenlerin ve bunların birbirleri ile birleşim ilkelerinin yarar ve sakıncalarının da tüm yönleriyle ele alınması zorunludur. Söz konusu düğüm noktalarının tasalanabilmesi için çözülmesi gereken problemlerin "taşıyıcılık", "rijitlik", "süneklik" ve "boyut" kriterleri açısından irdelenerek, ulaşılmaya çalışılan çözüm önerilerinin ortaya konması bu çalışmanın amacını oluşturmuştur.

Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için öncelikle çeliğin malzeme özellikleri, yapı malzemesi olarak kullanılması durumunda sağladığı yarar ve sakıncalar incelenmiştir. Takip eden bölümlerde ise çelik profiller tanıtılarak yapı elemanlarının oluşturulma ve taşıyıcı sistem içindeki çalışma mantıklarının belirlenmesi ile düğüm noktalarının teşkilleri açıklanmıştır. Değişik yapı elemanlarının birbirleriyle oluşturdukları birleşim detayları, çatı sistemlerine dair temel bilgi ve detaylara değinilmiştir.

Çelik yapılarda kullanılmak üzere düğüm noktası tasarımı büyük miktarda oransal analiz gerektirdiği için ilgi çekici bir konudur. Sonsuz sayıda düğüm noktası düzenlemesi mümkün olduğu halde bunlardan sadece pek azı fiziksel testlere tabi olabilmektedir. Bu yüzden, düğüm noktası tasarımının sanat ile bilimin bir birleşimi olarak da düşünülebilecek nitelikte bir konu olduğu gerçeği açıktır.

Birleşim tipleri ve mantıklarının ortaya konmasında görüldü ki, söz konusu sistemlerin tasarlanmasına yönelik olarak çözülmesi gereken problemlerin başarılı bir sonuca vardırılabilmesi için öncelikle problemin tipi "taşıyıcılık", "rijitlik", "süneklik", "boyut" olmak üzere dört ana kritere göre saptanmalı ve belirlenen ön bulgular çerçevesinde sonuca gidilmelidir. Bahsedilen kriterler, tasarımının yapılması hedeflenen birleşimlerde tekil olarak dikkate alınabileceği gibi, birden fazla kriterin de çözüme ulaşma yolunda yönlendirici etkisi olabileceği bilinmelidir.

Diğer bir deyişle, bir çelik yapının gerek dayanımında, gerekse maliyetinde aranan veya ulaşılan başarı düzeyi, sağlanması gereken koşulların doğru analiz edilmesi ve birleşim tekniklerinin yerinde kullanılıp kullanılmamış olması ile doğru orantılıdır.

KAYNAKLAR:

Allen, E., 1999, "Fundamentals Of Building Construction Materials And Methods", John Willey & Sons Inc., New York.

Ardan, F., 1973, "Çelik Yapı Elemanları", Güven Kitabevi, Ankara.

Ay, N., 1999, "Malzeme Ders Notları", Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi.

Blanc, A., McEvoy, M., Plank, R., 1993, "Architecture and Construction In Steel", E & FN Spon, London.

Bresler, B., Lin, T.Y., Scalzi, J.B., 1968, "Design of Steel Structures", John Wiley and Sons, Inc..

Deren, H., 1995, "Çelik Yapılar", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.

Duman, N., 1972, "Çelik Yapılar Ders Notları", İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Engel, H., 1997, "Structure Systems", Max Dorn Press, Germany.

Gürbüz, J., 2002, "Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Yangına Karşı Korunmasında Tarihsel Süreç ve Koruma İlkeleri", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Harris, C.M., 2000, "Dictionary of Architecture & Construction", McGraw-Hill, New York.

Hart, F., Henn, W., Sontag, H., 1985, "Multi-Storey Buildings in Steel", Collins Inc..

Hasol, D., 1993, "Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü", Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

Howlett, J. H., Jenkins W. M., Stainsby R., 1981, "Joints In Structural Steelwork", Page Bros. Ltd., London.

Kayacan, R., 1988, "Yapıştırma ve Metal Bağlantılar İçin Yapıştırıcı Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Koçak, Y., 1972, "Perçinli, Kaynaklı, Bulonlu Çelik İnşaat Konstrüksiyon Detayları", Güven Kitabevi, Ankara.

Korkut, İ., 2001, "Yapı Malzemesi ve Deprem Semineri – Yapı Malzemesi Olarak Çeliğin Endüstri Dışı Binalarda Kullanımı", TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi.

Neufert, E., 1983, "Yapı Tasarımı Genel Bilgileri", Güven Yayıncılık San. ve Tic. İstanbul.

Odabaşı, Y., 1981, "Çelik Çatı Elemanlarının Ekonomik Çözümleri", Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

Odabaşı, Y., 1982, "Petek Kirişler", İstanbul.

Onaran, K., 1999, "Malzeme Bilimi", Bilim teknik Yayınevi, İstanbul.

Özfiliz, S., 2002, "Çelik Yapılarda Taşıyıcı Sistemle Dış Duvarları Bütünleştirme Olanakları", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Özgen, A., Bayramoğlu, G., 2002, "Çok Katlı Çelik Yapılar", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Gebze Temsilciliği Çelik Yapılar Seminerleri.

Scheer, L., (çeviren: Muzaffer Sağışman) 1950, "Çelik Nedir?", Kutulmuş Basımevi, İstanbul.

Shanmugan, N.E., Chao, Y.S., 1995, "Structural Steel PSSC Singapore '95 – Vol. 2-Structural Connections", Pergamon.

Smith, B., and Coull, A., 1991, "Tall Building Structures – Analysis and Design", John Wiley & Sons, Inc., Glasgow.

Tamboli, A. R., 1999, "Handbook of Structural Steel Connection Design and Details", McGraw-Hill Company, New York.

Türk Yapısal Çelik Derneği, 2002, "Yapılarda Çelik/Beton Taşıyıcı Yapı Çözümünün Yararları", İstanbul.

Türk Yapısal Çelik Derneği, 2002, "Çelik Yapı", İstanbul.

Türk Yapısal Çelik Derneği, "Yapısal Çelik Haftası 2001 Seminerleri", İ.T.Ü. Ayazağa Kampüsü İnşaat Fakültesi.

Uluğ, T., 1977, "Çelik Yapılar", Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

Uzay Sistem Prefabrik, 2001, Çelik – Konstrüksiyon İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Tanıtım Kataloğu.

Ünsal, H., 1985, "Kombine Yapıştırma Nokta Kaynağı Bağlantılarının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Wardenier, J., Dutta, D., Yeomans, N., Packer, J., Bucak, Ö., Sakae, K., 2001, (çeviren: İnş. Y. Müh. Dr. Halet Almıla Büyüktaşkın) – "Kutu ve Boru Profillerden Oluşan Çelik Konstrüksiyon Yapıların İmalat, Çatım ve Yerinde Montaj Esasları Hakkında Tasarım El Kitabı", Borusan Birleşik Boru Fabrikaları A.Ş., İstanbul.

http://members.tripod.com/fatihakbay/celikyap.html

http://www.yapitr.com/dictionary.asp

http://www.pbs.org/wgbh/buildingbig/wonder/structure/world_trade.html

http://vincentdunn.com/wtc.html

http://www.tucsa.org.tr/

http://eras.free.fr

http://www.groenewald.nl

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Eskişehir'de doğdu. 1992-93 öğretim yılında Eskişehir Cumhuriyet Lisesi'nde başladığı lise eğitimini 1994-95 öğretim yılında bitirerek İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. Lisans derecesini Temmuz 1999'da almasının ardından İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı'nda Doç. Dr. Lemi YÜCESOY yönetiminde yüksek lisans çalışmasına başladı. Halen İstanbul Ulus'taki Benna Mimarlık&Tasarım Ltd.Şti'nde mimar olarak görev yapmaktadır.