

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI
ENDÜSTRİLEŞMİŞ KONUTLARDA TASARIM VERİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Semih Göksel YILDIRIM

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Mimari Tasarım

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan ŞENER

OCAK 2003

**HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI
ENDÜSTRİLEŞMİŞ KONUTLARDA TASARIM VERİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Semih Göksel YILDIRIM
(502991232)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Ocak 2003**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Hasan ŞENER

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Erol GÜRDAL (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Nesrin YARDIMCI (İ.T.Ü.)

OCAK 2003

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında, değerli görüş ve bilgileriyle her konudaki yardımlarından dolayı Hocam Sn. Prof. Dr. Hasan Şener' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sadece eğitim hayatımda değil, tüm hayatım boyunca benden maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, çalışmalarım sırasında bana manen destek olan tüm arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Aralık 2002

Semih Göksel YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	VII
TABLO LİSTESİ	VIII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
SEMBOL LİSTESİ	XIII
ÖZET	XIV
SUMMARY	XV
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Konusu	2
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
1.3. Çalışmada İzlenen Yöntem	3
2. ÇELİĞİN YAPISAL TANIMI VE YAPI ENDÜSTRİSİ İÇİNDEKİ YERİ	4
2.1. Çeliğin Tanımı ve Niteliği	4
2.1.1. Malzeme Olarak Çelik	4
2.1.1.1. Çeliğin Fiziksel Özellikleri	4
2.1.1.2. Çeliğin Mekanik Özellikleri	5
2.1.1.3. Çeliğin Yapısal Özellikleri	8
2.1.1.4. Çeliğin Endüstriyel Üretim Özellikleri	10
2.1.1.4.1. Döküm Çeliği	10
2.1.1.4.2. Hadde Çeliği	10
2.1.1.4.3. Çekme Çelik	12
2.1.1.4.4. Soğuk Bükme Çelik	12
2.1.2. Çeliğin Deprem, Yangın ve Korozyona Karşı Davranışı	13
2.1.2.1. Çelik Malzemenin Depreme Karşı Davranışı	13
2.1.2.1.1. Yapıların Deprem Dayanımı İle İlgili Temel İlkeler	14
2.1.2.1.2. Depreme Dayanıklı Yapıların Tanımı	16
2.1.2.1.2.1. Esnek Yapı	17
2.1.2.1.2.2. Söndürmeli Yapı	18
2.1.2.1.2.3. Elastik Yapı	18
2.1.2.1.2.4. Hafif Yapı	18
2.1.2.1.3. Çelik Sistemlerin Depreme Karşı Davranışı	19
2.1.2.2. Çelik Malzemenin Yangına Karşı Davranışı	22

2.1.2.2.1. Yangın	22
2.1.2.2.2. Yangın Yüğü	23
2.1.2.2.3. Yangın Güvenliğı	24
2.1.2.2.4. Malzemelerin Yangına İlişkin Nitelikleri	24
2.1.2.2.5. Yangının Çelik Malzemeye Etkisi	26
2.1.2.2.6. Yangına Karşı Alınacak Önlemler	27
2.1.2.2.6.1. Aktif Önlemler	28
2.1.2.2.6.2. Pasif – Aktif Önlemler	29
2.1.2.2.6.3. Pasif Önlemler	29
2.1.2.3. Çelik Malzemenin Korozyona Karşı Davranışı	34
2.1.2.3.1. Korozyon Olayının Meydana Gelmesi	34
2.1.2.3.2. Korozyona Karşı Koruma	35
2.2. Çelik İskelet Yapıların Taşıyıcı Sistem Nitelikleri	36
2.2.1. Plan Geometrileri ve Döşeme Sistemleri	36
2.2.2. Sistemin Bileşenleri	41
2.2.2.1. Çelik Kirişler	41
2.2.2.1.1. Dolu Gövdeli Çelik Kirişler	41
2.2.2.1.2. Boşluklu Gövdeli Kirişler	42
2.2.2.1.3. Kafes Gövdeli kirişler	42
2.2.2.1.4. Kiriş - Kiriş Birleşimi	43
2.2.2.1.5. Kompozit Kirişler	44
2.2.2.2. Çelik Kolonlar	45
2.2.1.2.1. Kolon En kesitleri	45
2.2.1.2.2. Kolon Ekleri ve Kolon-Kiriş Birleşimleri	46
2.2.1.2.3. Kolon-Temel Birleşimi, Kolon Ayakları	50
2.2.2.3. Döşemeler	52
2.2.2.4. Çelik Çerçevesler	55
2.2.3. Sistemin Stabilesi	56
2.2.3.1. Yatay Düzlemde Stabilesi	56
2.2.3.2. Düşey Düzlemde Stabilesi	58
2.2.3.3. Stabilesi Elemanların Düzenlenmesi	60
2.2.4. Bileşenlerin Birleşim Teknikleri	61
2.2.4.1. Sökülebilir Birleşim Araçları	61
2.2.4.2. Sökülemeyen Birleşim Araçları	62
2.3. Çelik Sistemlerin Yapı Endüstrisi ile İlişkisi	63
2.3.1. Çeliğın Yapı Sektöründe Kronolojik Gelişimi	64
2.3.2. Çelik İskeletli Konut Yapı Örnekleri	67
2.3.3. Endüstriyel Üretim ve Taşıyıcı Sistem İlişkisi	94

3. HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI ENDÜSTRİLEŞMİŞ KONUT TASARIMI İÇİN YAPIM VERİLERİ	100
3.1. Hafif Çelik Yapının Ortaya Çıkışı	101
3.2. Hafif Çelik Yapıların Ahşap İskeletli Yapılar ile Benzerlikleri	102
3.2.1. Geleneksel Ahşap İskelet Yapı	102
3.2.2. Çağdaş Ahşap Konut Üretim Sistemleri	104
3.2.2.1. Balon Çerçeve Sistemler	104
3.2.2.2. Platform Çerçeve Sistemler	107
3.2.3. Hafif Çelik İskelet Yapı	111
3.3. Hafif Çelik İskeletli Yapıda Yangın, Korozyon, Ses ve Isı İzolasyonu	112
3.3.1. Yangın Etkisi	112
3.3.2. Korozyon Etkisi	112
3.3.3. Ses ve Isı İzolasyonu	113
3.4. Konutların Güvenilirlik, Sağlık ve Kültür Boyutu	114
3.5. Konut Yapı Sistemi Bileşenleri	115
3.5.1. Taşıyıcı Sistem Bileşenleri	115
3.5.1.1. Düşey ve Yatay Taşıyıcılar	116
3.5.1.1.1. Döşeme Yapısı	118
3.5.1.1.2. Duvar Yapısı	129
3.5.1.1.3. Çatı Oluşumu	136
3.5.2. Bölücü Bileşenler	141
3.5.3. Tesisat Bileşenleri	144
3.5.3.1 Tesisatın Yatayda Yerleştirilmesi	144
3.5.3.2 Tesisatın Düşey Yerleştirilmesi	144
3.5.4. Teras, Balkon ve Merdiven Oluşumu	145
3.5.5. Bitirmeli Cephe Kaplamaları	145
3.6. Hafif Çelik Taşıyıcılı Endüstrileşmiş Konut Tasarımı İçin Yapım Verileri	146
3.7.1. Analizler İçin Seçilen Hafif Çelik Taşıyıcılı Konut Yapı Örnekleri	146
3.7.2. Plan Geometrisine İlişkin Veriler	167
3.7.3. Taşıyıcı Sistem Bileşenleri ile Temel İlişkisine İlişkin Veriler	167
3.7.4. Taşıyıcı Sistem ile Kabuk ve Dış Cephe İlişkisine İlişkin Veriler	168
3.7.5. Taşıyıcı Sistem ile Çatı İlişkisine İlişkin Veriler	169
3.7.6. Taşıyıcı Sistem ile Döşeme İlişkisine İlişkin Veriler	169
3.7.7. Taşıyıcı Sistem ile Bölücü Bileşenlerin İlişkisine İlişkin Veriler	170
3.7.8. Taşıyıcı Sistem ile Tesisat (Mutfak, Banyo-Wc, Isıtma-Havalandırma) İlişkisine İlişkin Veriler	170
3.7.9. Özel Durumlar (Balkonlar, teraslar, merdivenler.)	170

3.7.10. Taşıyıcı Sistemin Stabilitesi ile İlgili Veriler	171
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	172
KAYNAKLAR	174
EKLER	176
ÖZGEÇMİŞ	261

KISALTMALAR

OSB	: Oriented Strained Board
NASFA	: North American Steel Framing Alliance
IISI	: International Iron and Steel Institute
TUCSA	: Turkish Constructional Steelworks Association

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Çelik profiller ve boyutları	11
Tablo 2.2 Lama tipleri ve boyutları	11
Tablo 2.3 Levhalar ve boyutları	12
Tablo 2.4 Standart perçin çapları	62

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>	
Şekil 2.1	Tipik gerilme-şekil değiştirme diyagramı	6
Şekil 2.2	Çeliğin ideal gerilme-şekil değiştirme diyagramı	7
Şekil 2.3	Çelik boru profiller	12
Şekil 2.4	Yük- deformasyon ilişkisi	16
Şekil 2.5	Yangın safhaları	23
Şekil 2.6	Yalıtımda ve çelikte sıcaklık dağılımı	27
Şekil 2.7	Yalıtım türleri	30
Şekil 2.8	Yalıtım türleri	31
Şekil 2.9	Su dolaşımı ile soğutma	32
Şekil 2.10	Hannover’ deki beş katlı ofis binasında yangından korunma sistemi	32
Şekil 2.11	Plan durumları	37
Şekil 2.12	Döşeme türleri	37
Şekil 2.13	Bir doğrultuda kirişlemeli döşeme sistemi	38
Şekil 2.14	Bir doğrultuda kirişlemeli döşeme sistemi	38
Şekil 2.15	İki doğrultuda kirişlemeli döşeme sistemi	39
Şekil 2.16	Üç kat kirişlemeli döşeme sistemi	39
Şekil 2.17	Tesisatın yerleştirilmesi	40
Şekil 2.18	Kombine sistemler	40
Şekil 2.19	Üçgen planlı çelik karkas yapılar	41
Şekil 2.20	Dolu gövdeli kirişten boru ve tesisat geçirilmesi	42
Şekil 2.21	Kesme kuvveti aktaran kiriş-kiriş birleşimi	43
Şekil 2.22	Kesme kuvveti ve mesnet momenti aktaran kiriş-kiriş birleşimi	44
Şekil 2.23	Kompozit kirişler	44
Şekil 2.24	Kolon enkesitleri	45
Şekil 2.25	Kolon ekleri	47
Şekil 2.26	Sürekli kirişte kolon eki	47
Şekil 2.27	Kolon-kiriş birleşimi	48
Şekil 2.28	Kesme kuvveti aktaran birleşimler	48
Şekil 2.29	Kesme kuvveti ve moment aktaran birleşimler	49
Şekil 2.30	Rijit kolon-kiriş birleşimi	50
Şekil 2.31	Kolon ayakları	50
Şekil 2.32	Kolon ayaklarının temel ile birleşimi	51
Şekil 2.33	Kat döşeme elemanları	53
Şekil 2.34	Çelik döşeme tipleri	53
Şekil 2.35	Yapının yangın bölmelerine ayrılması	54
Şekil 2.36	Döşemelerin yangına karşı korunması	54
Şekil 2.37	Yangına karşı korumanın yapılışı	55
Şekil 2.38	Yatay düzlemde stabilite	57

Şekil 2.39	Kat girişlerinde düğüm noktaları	58
Şekil 2.40	Burulmaya karşı çekirdekte perde düzenlemesi	59
Şekil 2.41	Düşey bağlantı detayları	60
Şekil 2.42	Çelikte bulonlu birleşimler	62
Şekil 2.43	Sıra Evler	67
Şekil 2.44	Kesit ve sistemin kuruluşu	67
Şekil 2.45	Sistem detayları ve iç görünüş	68
Şekil 2.46	Dış görünüş	69
Şekil 2.47	Dış görünüşler	69
Şekil 2.48	Sistem kesiti ve iç görünüş	70
Şekil 2.49	Dış görünüş	71
Şekil 2.50	Vaziyet planı	71
Şekil 2.51	Dış görünüşler	72
Şekil 2.52	Döşeme planı ve sistem detayı	72
Şekil 2.53	Kesit ve sistem detayı	73
Şekil 2.54	Dış ve iç görünüşleri	74
Şekil 2.55	Dış görünüş	74
Şekil 2.56	İzometrik perspektif ve iç görünüş	75
Şekil 2.57	Sistem detayı	75
Şekil 2.58	Dış görünüş	76
Şekil 2.59	Sistem detayı ve sistemin kuruluşu	77
Şekil 2.60	Dış görünüşler	77
Şekil 2.61	Sistem kesiti	78
Şekil 2.62	Cephe sistem detayı	79
Şekil 2.63	Dış görünüş	79
Şekil 2.64	Sistemin kuruluşu	80
Şekil 2.65	Sistem kesiti ve dış görünüş	80
Şekil 2.66	Dış görünüş	81
Şekil 2.67	Çelik iskelet taşıyıcı sistem	82
Şekil 2.68	Dış görünüş	82
Şekil 2.69	Sistem kesiti	83
Şekil 2.70	Dış görünüş	83
Şekil 2.71	İç görünüş	84
Şekil 2.72	İzometrik perspektif	84
Şekil 2.73	Kesit ve dış görünüş	85
Şekil 2.74	Sistem kesiti	86
Şekil 2.75	Dış görünüş	87
Şekil 2.76	Sistemin kuruluşu ve detay	87
Şekil 2.77	Kesit	87
Şekil 2.78	Dış görünüş	88
Şekil 2.79	Sistem kesiti	89
Şekil 2.80	Sistemin kuruluşu	89
Şekil 2.81	Kolon-giriş birleşimi ve fabrikada üretim	90
Şekil 2.82	Dış görünüş	90
Şekil 2.83	İzometrik perspektif	91
Şekil 2.84	İç avlu ve dış görünüş	91
Şekil 2.85	İzometrik perspektif	92
Şekil 2.86	Dış ve iç görünüş	92
Şekil 2.87	Aksonometrik perspektif ve zemin kat planı	93
Şekil 2.88	Kesit	93

Şekil 2.89	Sistemin kuruluşu ve dış görünüş	94
Şekil 2.90	Kiriş açıklığı-maliyet eğrisi	97
Şekil 3.1	Hafif çelik taşıyıcı sistem	100
Şekil 3.2	Payandalı sistem	103
Şekil 3.3	Balon çerçeve sistem kuruluşu	105
Şekil 3.4	Balon çerçeve sistem nokta detayı	106
Şekil 3.5	Balon çerçeve sistemde cephe kuruluşu	106
Şekil 3.6	Platform çerçeve sistemin kuruluşu	108
Şekil 3.7	Platform çerçeve sistem elemanları	109
Şekil 3.8	Platform çerçeve sistem nokta detayı	110
Şekil 3.9	Balon sistem	115
Şekil 3.10	Platform sistem	116
Şekil 3.11	Profil Tipleri	117
Şekil 3.12	Döşeme kirişi ve taşıyıcı dikmede delik açılması	117
Şekil 3.13	Gövde berkitmesi veya destek dikme	118
Şekil 3.14	Taşıyıcı sistemin bölümlere ayrılması	119
Şekil 3.15	Bodrum katlı binada zemin kat döşemesi	120
Şekil 3.16	Döşeme kirişlerinin ahşap tabana oturması	120
Şekil 3.17	Döşeme kirişlerinin temel duvarına tam oturması	121
Şekil 3.18	Döşemenin taşıyıcı duvara oturması	121
Şekil 3.19	Döşemenin ahşap tabana oturduğu konsol	122
Şekil 3.20	Döşemenin bodrum kat duvarına oturduğu konsol	122
Şekil 3.21	Taşıyıcı duvara oturan konsol	123
Şekil 3.22	Döşeme kirişleri takviyeli konsol	123
Şekil 3.23	Döşeme kirişi – taşıyıcı iç duvar birleşimi	124
Şekil 3.24	Döşeme kirişinde ek yapılması	124
Şekil 3.25	Döşeme kirişinde stabilite bağları	125
Şekil 3.26	Çapraz kuşaklama ve boyunduruk	125
Şekil 3.27	Boyunduruk birleşim alternatifleri	126
Şekil 3.28	Döşeme kaplaması montajı	126
Şekil 3.29	Döşemede boşluk bırakılması	127
Şekil 3.30	Döşeme kirişi-kasnak kirişi birleşimi	128
Şekil 3.31	Başlıkta ek yapılması	128
Şekil 3.32	Duvar konstrüksiyonu	129
Şekil 3.33	Taşıyıcı duvar detayları	130
Şekil 3.34	Taşıyıcı duvarın beton tabliyeye tam oturması	131
Şekil 3.35	Taşıyıcı duvarın ahşap tabana oturması	131
Şekil 3.36	Kuşaklama ve boyunduruk	132
Şekil 3.37	Dikmelerin iç ve dış yüzeyden kaplanması	132
Şekil 3.38	Köşe detayı	133
Şekil 3.39	Kutu birleşim	134
Şekil 3.40	Sırtırtı birleşim	134
Şekil 3.41	L köşebent ile bağlantı	135
Şekil 3.42	L köşebent ile bağlantı (izometrik perspektif)	135
Şekil 3.43	Çatının taşıyıcı duvara oturması	136
Şekil 3.44	Çelik çatı konstrüksiyonu	137
Şekil 3.45	Mertek – tavan kirişi birleşimi	138
Şekil 3.46	Mertek – mahya birleşimi	138
Şekil 3.47	Mertek–tavan kirişi birleşiminde gövde berkitmesi	139
Şekil 3.48	Tavan kirişinde ek yapılması	139

Şekil 3.49	Çatıda boşluk bırakılması	140
Şekil 3.50	Mertek – kasnak kirişi birleşimi	140
Şekil 3.51	Taşıyıcı olmayan iç duvar	141
Şekil 3.52	Bölücü duvarda kapı boşluğu	142
Şekil 3.53	Bölücü duvarda pencere boşluğu	142
Şekil 3.54	Bölücü duvarda lento oluşumu	143
Şekil 3.55	Bölücü duvarda köşe oluşumu	143
Şekil 3.56	Tesisatın yatayda yerleştirilmesi	144
Şekil 3.57	Tesisatın düşeyde yerleştirilmesi	145
Şekil 3.58	Sistem kesiti ve sistemin kuruluşu	147
Şekil 3.59	Dış görünüş	147
Şekil 3.60	Ön görünüş ve sistemin kuruluşu	148
Şekil 3.61	Sistem kesiti	149
Şekil 3.62	Sistemin kuruluşu	150
Şekil 3.63	Dış görünüş	150
Şekil 3.64	Sistem kesiti	151
Şekil 3.65	İç görünüş	151
Şekil 3.66	Dış görünüş	152
Şekil 3.67	Sistemin kuruluşu	152
Şekil 3.68	Aksonometrik perspektif	153
Şekil 3.69	Dış görünüş	154
Şekil 3.70	Dış görünüş	154
Şekil 3.71	İzometrik perspektif	155
Şekil 3.72	Dış görünüş	156
Şekil 3.73	Sistem modülü	157
Şekil 3.74	Sistem kesiti	157
Şekil 3.75	Sistemin kuruluşu	158
Şekil 3.76	Dış görünüş	158
Şekil 3.77	Sistem kesiti	159
Şekil 3.78	Dış görünüş	160
Şekil 3.79	Dış görünüş	160
Şekil 3.80	Sistemin kuruluşu	161
Şekil 3.81	İzometrik perspektif	161
Şekil 3.82	Sistemin kuruluşu	161
Şekil 3.83	Sistem kesiti	162
Şekil 3.84	Sistem planı	163
Şekil 3.85	İç avludan görünüş	163
Şekil 3.86	Dış görünüş	163
Şekil 3.87	Sistemin kuruluşu	164
Şekil 3.88	Dış görünüş	164
Şekil 3.89	Sistemin kuruluşu	165
Şekil 3.90	Sistem kesiti	166
Şekil 3.91	Dış görünüş	167

SEMBOL LİSTESİ

σ	: Gerilme
ϵ	: Deformasyon
P	: Yük
Δ	: Şekil değiştirme
$^{\circ}$	: Derece
$\varnothing$	: Çap

ÖZET

Hafif çelik taşıyıcı sistemlerin ülkemizde konut yapımında kullanılması kullanıcı, uygulayıcı ve onaylayan makamlar için yenidir. Özellikle 1999 İzmit depreminden sonra ülkemizde gündeme gelmiştir. Kullanılacak detay ve malzeme türleri, iç mekan düzenlemesi, iç ve dış biçimsel kararlar önceden saptanmıştır.

Bu tezin amacı; hafif çelik taşıyıcı sistem seçiminin mimarinin ve diğer alt sistemlerin oluşumuna etkilerini araştırmak ve tasarım verilerini ortaya koymaktır.

Konunun seçiminde, ülkemizdeki deprem olgusu, çeliğin yapı sektöründe geriye dönüşümlü ekonomik ve ekolojik kazançları olan bir malzeme oluşu ve taşıyıcı sistem ve mimari tasarıma ilişkin çalışmalara açık oluşu önemli etkenler olmuştur.

Bu amaçlar doğrultusunda saptanan verilerin ortaya konduğu bu tez, dört bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, çalışmanın amacı ile içeriği açıklanarak izlenen yöntemler üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde, çeliğin yapısal tanımı ve yapı endüstrisi içindeki yeri incelenmiştir. Çeliğin malzeme özelliklerine, deprem, yangın ve korozyona karşı davranışlarına ve çelik iskelet yapıların taşıyıcı sistem niteliklerine değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, hafif çelik taşıyıcılı endüstrileşmiş konut tasarımı için yapım verileri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda hafif çelik yapıların ahşap iskelet yapılar ile benzerliklerine değinilmiş, ince cidarlı iletken çeliğin yangın, korozyon, ses ve ısı izolasyon özellikleri incelenmiştir. Yapım verilerini ortaya koyabilmek için konut yapı sistemi bileşenleri araştırılarak, örnek analizlerine gidilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, bu bölümün sonunda taşıyıcı sistemin, mimariye ve diğer alt sistemlerin oluşumuna ilişkin veriler saptanmıştır.

Dördüncü bölüm sonuç ve değerlendirmelere ayrılmıştır.

SUMMARY

In our country, the using of light gauge steel framing in building construction is a new system for users, appliers and approval offices of government. Especially; after the earthquake in 1999 in İzmit, it has been preferred. Types of details and materials which are to be used, interior space design, desicion of the in and out forms have been selected before.

The aim of this thesis is to search the effects to the selection of the light gauge steel framing to the formation of architecture and the other subsystems.

In the selection of the theme, the phenomenon of the earthquake in our country, being a recycle material, having economical and ecological earnings in building process, being easily combined in structural system and architectural designs have been important factors. By the help of these purposes, this thesis brings up the data which have been ascertained, has four main chapters.

In the fist chapter, the aim of study and the content have been explained and the methods being followed have been defined.

In the second chapter, the introduction of buildings steel and the place of the steel in building industry have been searched. The properties of the steel material, the behaviours of the steel against to the earthquake, fire and corosion and the properties of the structural systems of the steel framed buildings have been defined.

In the third chapter, the construction data have been trying to presented in the industrialised house design with light gauge steel framing. The similarity between light gauge steel farmings and timber structures and the fire, corosion, acustic and thermal insulation of has thin section conductable steel have been explained. To present the costruction data, residential construction system components have been searched and example analyses have been given. As a result, data have been

ascertained with the formation of the architectural and the other subsystems of the structural system.

In the forth chapter, results and evaluations have been explained.

1. GİRİŞ

Dünya’ da üretilen çeliğin büyük bir bölümü yapı alanında tüketilmektedir. Bu tüketimin önemli bir uygulaması da çelik yapılardır. Gelişmiş ülkelerde yapı sektörü içinde önemli paya sahip hafif çelik iskelet yapılar, Türkiye’ de 1999 İzmit depreminden önce bazı araştırma kurumları dışında ilgi görmüyordu. Aslında Türkiye çelik üretimi bakımından Dünya’ da 16. sıradadır, ama yapılarda kullanılan çelik çoğunlukla betonarme demiri (çubuk) olarak kullanılmaktadır. Özellikle malzeme olarak çeliğin nitelikleri ve çelik iskelet yapıların betonarme yapı malzemelerin tersine geri dönüşüm imkanı düşünüldüğünde, yapı sektörü içinde çelik taşıyıcılı yapı üretiminin büyük bir potansiyele sahip olduğu görülebilir. 1999 İzmit depreminden sonra yapı sektörü kendini sorgulamaya ve yeni arayışlara yönelmeye başladı. Depremde edinilen tecrübeler ışığında taşıyıcı sistem seçimi araştırmalarına önem verilmiş ve bu araştırmalar sonucunda betonarme-karkas, yığma, ahşap-iskelet yapı dışında hafif çelik iskelet yapı gündeme gelmiştir. Hafif çelik iskelet yapı öncelikle depreme dayanıklılığı ile gündeme gelmiş olsa da, bu sistemi incelerken yalnızca deprem etkisinin değil, çelik malzemenin mimariye, taşıyıcı sisteme ve yapı endüstrisine etkilerinin araştırılması da gerekmektedir.

Çeliğin mimari esere katkıları ve tercih edilmesi temelde üçe ayrılır [1];

A – Mimari açıdan :

- Şeffaflık
- Hafiflik
- Serbest formların oluşturulabilmesi
- Büyük açıklıklar geçilebilmesi
- Mekanda tasarruf

- Esneklik

B – Taşıyıcı sistem açısından :

- Depreme karşı daha iyi performans
- Fabrika ortamında imal edildiği için imalat kalitesinin yüksekliği ve kontrol edilebilir olması.

C - Uygulama ve inşaat açısından :

- İnşaat süresinin kısılması
- Yapı ağırlığının az olması
- Temel maliyetinin düşmesi
- Sökülüp takılabilir olması
- Değişikliğe kolayca adapte olması
- Mekanik ve elektrik tesisatların dağılımında kolaylık ve esneklik olarak tanımlanabilir.

1.1 Çalışmanın Konusu

Çalışmanın konusu hafif çelik taşıyıcılı endüstrileşmiş konut tasarımı için yapım verilerinin araştırılması ve taşıyıcı sistem seçiminin mimarinin ve diğer alt sistemlerin seçimine etkilerinin incelenmesidir.

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Hafif çelik taşıyıcı sistemlerin ülkemizde konut yapımında kullanılması kullanıcı, uygulayıcı ve onaylayan makamlar için yenidir. Özellikle 1999 İzmit depreminden sonra ülkemizde gündeme gelmiştir. Hafif çelik yapı teknolojisi günümüzde yurt dışından komple proje olarak gelmektedir. Kullanılacak detay ve malzeme türleri, iç mekan düzenlemesi, iç ve dış biçimsel kararlar önceden saptanmıştır.. Çalışma, hafif çelik taşıyıcılı yapılar ile birlikte çelik iskelet yapıları da kapsamaktadır. Bu çalışmada amaç; hafif çelik taşıyıcı sistem seçiminin mimarinin ve diğer alt

sistemlerin oluşumuna etkilerini incelemek ve tasarım verilerini ortaya koymaktır. Örnek analizleri yapabilmek için envanter bilgi föyleri doldurulmuş ve bu analizler neticesinde sonuç ve değerlendirmeye varılmıştır.

1.3 Çalışmada İzlenen Yöntem

Çalışmada ; literatür üzerinden inceleme, hazırlanan envanter föyleri aracılığı ile, yüz yüze görüşmeler yaparak veya belgeler üzerinden veri toplama çalışması, verilerin tasnifi yaklaşımları benimsenmiştir. Yapılan inceleme esas olarak, firmaların sahip oldukları hafif çelik taşıyıcılı konut sistem teknolojilerine yönelik olmuştur.

2. ÇELİĞİN YAPISAL TANIMI, KRONOLOJİK GELİŞİMİ VE YAPI ENDÜSTRİSİ İÇİNDEKİ YERİ

2.1 Çeliğin Tanımı ve Niteliği

Türkiye'de az ya da çok oranda kullanılan taşıyıcı sistem malzemeleri olan betonarme (yerinde dökme, prefabrike, öngerilmeli), çelik (yalın, kompozit), ahşap, kagir, kerpiç ve benzerleri arasında çeliğin bazı nitelikleri üzerinde durulacaktır. Sonra da bu nitelikler kıyaslamalı olarak ve depremde davranış açısından irdelenecektir. Çelik diğer yapı malzemelerinin ya sahip olmadıkları ya da daha düşük düzeyde sahip oldukları bazı temel niteliklere sahiptir.

2.1.1 Malzeme Olarak Çelik

2.1.1.1 Çeliğin Fiziksel Özellikleri

Çelik malzemenin yapısında, demirden başka %0,16~0,20 kadar karbon bulunur. Karbon miktarı arttıkça, çeliğin hem dayanımı hem de sertliği artar. Çelik alaşımında ayrıca fosfor, kükürt, azot, silisyum, manganez, bakır gibi elemanlar da vardır ve krom, nikel, vanadyum, mobilden gibi maddeler ilave edilerek kaliteli çelikler elde edilir.[2]

- **Özgül Ağırlık**

Çeliğin özgül ağırlığı bünyesinde bulunan karbon oranına göre değişir. Sert çeliğin özgül ağırlığı 7.89 gr/cm^3 iken, normal çeliğinki ise 7.85 gr/cm^3 tür. [2]

- **Erime Sıcaklığı**

Katı bir cismin birim kütlesini, sıcaklığı artırılmak yoluyla sıvı hale getirmek için verilmesi gereken ısı miktarı olarak tanımlanan erime sıcaklığı çelik için yangına

karşı önlem almak açısından önemli bir özelliktir. Çeliğin erime sıcaklığı 1400 °C' dir. [2]

- **Isı İletkenliği**

Çeliğin ısı iletkenliği 35 W/m °C' dir. Bu katsayı ne kadar küçükse, ısı kaybı o oranda az ve ısı geçirimsizliği bakımından o kadar iyi durumdadır. [2]

- **Isıl Genleşme**

Sıcaklık farkı etkisi ile bir cismin hacminde meydana gelen artış veya azalmadır. Çelik için, $\alpha = 11.1 \times 10^{-6} \text{ cm} / \text{cm}^0 \text{ C}^{\circ}$ dir. [2]

- **Elektrik İletkenliği**

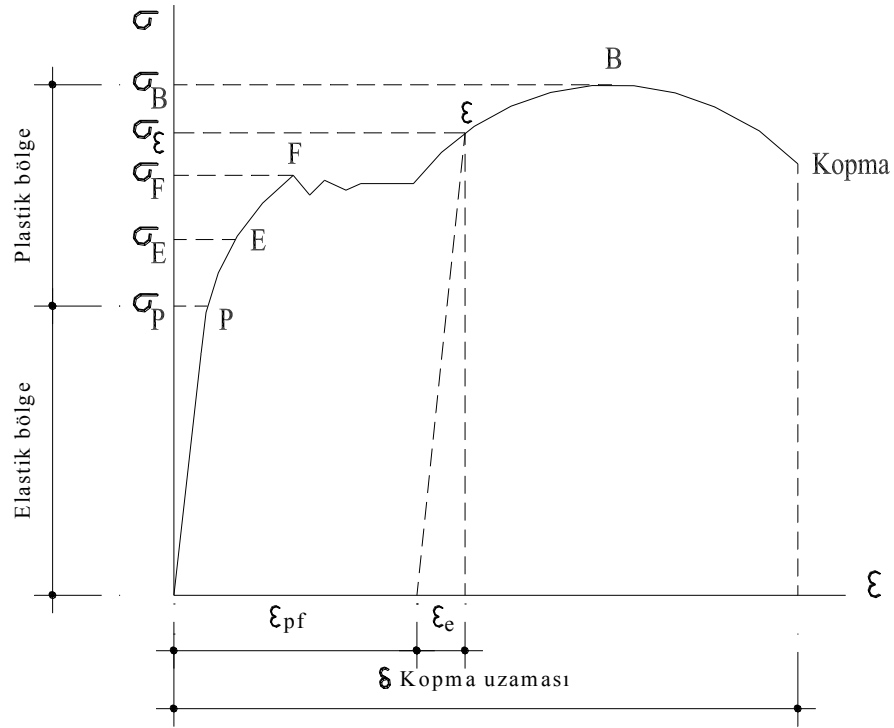
Çelik diğer metaller gibi serbest veya sabit elektronlardan kurulu, homojen ve yoğun dokulu kristal sistem sayesinde ısı, ses ve elektriği iyi iletme özelliğine sahiptir. Çeliğin elektrik iletkenliği 14 Mho / m / mm², dir. [2]

2.1.1.2 Çeliğin Mekanik Özellikleri

Çeliğin mekanik özellikleri bir çekme deneyi sonunda elde edilen gerilme-şekil değiştirme diyagramı yardımıyla belirlenir. Deney makinesindeki çelik deney elemanına uygulanan çekme kuvveti sıfırdan başlayarak, kopma noktasına kadar yavaş yavaş artırılarak şekil değiştirmeler ölçüldüğünde, Şekil 2.1 deki diyagram elde edilir. Elde edilen diyagramdan da görüldüğü gibi, gerilme değeri σ_p orantılı sınır değerine varıncaya kadar malzeme lineer-elastik özelliktedir ve Hooke Yasası geçerlidir. Çeliğin elastiklik özelliği σ_e değerine kadar devam etmekle birlikte, orantılı sınırdan sonra, artık Hooke Yasası geçerli değildir. Orantılı sınır ve elastik sınır birbirlerine çok yakın değerlerde olduğu için, çoğu kez aynı nokta olarak düşünülürler.

σ_F akma gerilmesi değerine ulaşıldığında, malzemede akma ve büyük plastik şekil değiştirmeler olur. Bu bölgede gerilme önce bir üst akma sınırına ulaştıktan sonra hemen bir alt sınıra iner ve gerilme değeri bu iki sınır arasındaki sabit bir büyüklükte kalmakla birlikte şekil değiştirmelerde hızlı bir artış izlenir. Bu noktadan sonra

malzeme kendini toparlar ve gerilme değeri σ_B kopma sınır gerilmesine ulaşıldığında malzeme kopar.



Şekil 2.1 Tipik gerilme-şekil değiştirme diyagramı

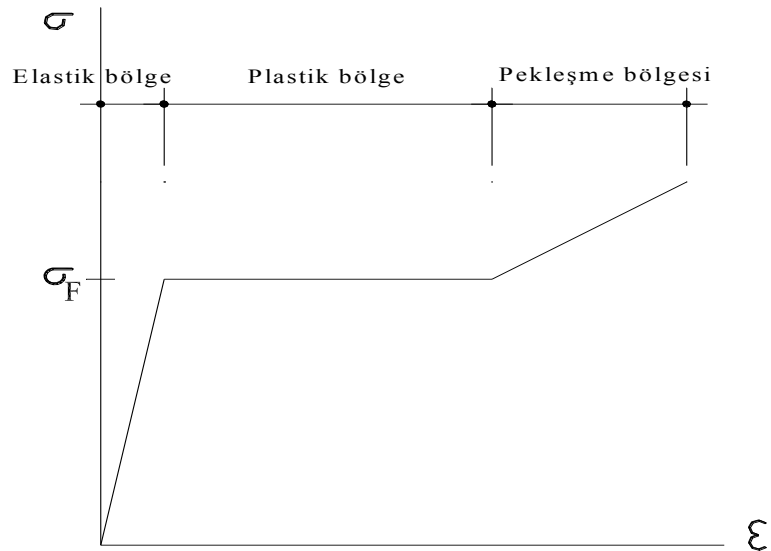
Çelik malzeme, plastik bölgede bir C noktasına kadar yüklendikten sonra (Şekil 2.1) gerilme tekrar sıfıra getirilirse, σ - ϵ diyagramı, OP ye paralel olan CC' doğrusu olur. Şekil değiştirmenin elâstik olan kısmı (ϵ_{p1}) ise malzemede kalır. Deney elemanı yeniden yüklendiğinde, σ - ϵ diyagramı olarak C'CB elde edilir, yani malzeme σ_c gerilmesine kadar lineer elastik özellik gösterir. Bu olaya pekleşme denir ve pekleşme sonucunda metalin sertliği artmış, akma gerilmesi yükselmiş, ancak süneklik OC' kadar azalmış olur.

Kristal yapıda bir malzeme olan çelikte, kırılma olmaksızın büyük şekil değiştirmeler meydana gelebildiğinden, çeliğe mekanik yöntemler ile (haddeleme, presleme) şekil verilebilmektedir. Ancak, bu tür soğuk işlemler malzemenin pekleşmesine dolayısıyla gevrekleşmesine yol açtığından, baştaki yumuşaklık ve sünekliğin geri verilebilmesi için, malzemenin uygun sıcaklığı kadar ısıtılıp yavaş yavaş soğutulması gerekmektedir. Yapılan bu işleme tavlama denir. Metalin plastik şekil değiştirmesi kristalleşme sıcaklığının üstünde gerçekleştirildiğinde, mekanik

özelliklerinde herhangi bir değişme olmamakta ve genellikle metallerin şekillendirilmesinde sıcak haddeleme diye adlandırılan bu yöntem uygulanmaktadır.

Pekleşme bölgesindeki şekil değiştirmeler çok büyük olduğundan, bu bölgede yapının deformasyonları kabul edilmez boyutlara ulaşmakta olup, çelik yapıların boyutlandırılmasında, yalnızca, elastik bölge göz önüne alınmaktadır. Dolayısıyla, Şekil 2.2’ de verilen idealleştirilmiş diyagram, gerilme-şekil değiştirme bağıntılarını tanımlamak için yeterli olmaktadır. Bu diyagramdan, plastik şekil değiştirmenin, akma şekil değiştirmesinin, yaklaşık 10~15 katı kadar olduğu görülmektedir.

Gerilme-Şekil değiştirme diyagramından çeliğin iki özelliğini daha izleyebilme olanağı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi (E) elastiklik modülü ki, değeri elastik bölgede eğrinin eğimine eşit bir büyüklüktedir. İkincisi ise malzemenin sünekliğidir ve süneklik, malzemede, kopmadan önce oluşacak deformasyon kapasitesi olarak tanımlanabilir. Çeliğin sünek olma özelliğini, diyagramda plastik bölgedeki şekil değiştirmelerden görebilmekteyiz. Yapı çeliğinin sünekliği sayesinde, çelik bir taşıyıcı sistemde, bazı elemanlar tasarım gerilmelerinin üstünde yüklenmiş olsalar dahi sistem ayakta kalabilmektedir. Çünkü, elemanlarda oluşan deformasyonlar sayesinde, yükler daha az yüklenmiş olanlara taşınabildiğinden, bazı elemanların yük taşıma kapasiteleri aşılmış olsa dahi sistem göçmemektedir.



Şekil 2.2 Çeliğin ideal gerilme-şekil değiştirme diyagramı

Çelik yapıların elastik tasarım yöntemleri ile boyutlandırılmasında, yönetmeliklerde belirlenmiş olan güvenlik katsayıları kullanılarak elde edilen emniyet gerilmesi değerleri esas alınır. Plastik tasarım yöntemleri ile boyutlandırılmasında ise, akma gerilmesinin üstündeki saklı dayanımdan yararlanılır ve taşıyıcı elemanlarda, plastik bölgede en büyük gerilme değerinin akma gerilmesini aşmaması ve şekil değiştirmelerin de, pekleşme bölgesine ulaşmaması kontrol edilir. [3]

2.1.1.3 Çeliğin Yapısal Özellikleri

Bir yapı türü ne olursa olsun, daha ön proje aşamasında taşıyıcı sistem malzemesinin seçimi gerekir. Bazen çeşitli malzemeler arasında uygunluk araştırması da yapılır. Malzeme seçiminde göz önünde bulundurulması gereken hususlar, yapının işlevi, kullanılma süresi, yapım için ayrılan para, işletmeye açılması için düşünülen son tarih, işletme giderleri, geçici veya kalıcı bir yapı olması, yapı yerindeki temel zemini, yapının coğrafi yeri, yapı malzemelerinin fiyat hareketleri ve yerel alışkanlıklar ile zevklerdir. Yapının taşıyıcı sisteminin tasarım ve boyutlandırılması için, özelliklerine en uygun olan yapı malzemesini saptayabilmek için, kullanılabilecek olan malzemelerin üstün ve sakıncalı yanlarının çok iyi bilinmesi ve gerekli olan karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir. Yapı çeliği diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında, kullanımını avantajlı kılacak bazı temel niteliklere sahiptir. Bu üstün niteliklerini aşağıdaki ana başlıklarda sıralayabiliriz:

- Homojen ve izotrop bir malzeme olup üretimi sıkı ve sürekli denetim altında gerçekleştirildiğinden güvenlidir. Kullanılan güvenlik katsayıları, diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında çok düşük olmaktadır.
- Yüksek mukavemetli bir malzeme olup, öz ağırlığının taşıdığı yüke oranı çok küçüktür. Diğer bir deyişle hafiftir.
- Çekme dayanımı basınç dayanımına eşit, hatta burkulma olayı düşünülürse daha yüksektir. Bu niteliği, çeliğe mimari açıdan tasarımı özellik gösteren yapılarda bir avantaj sağlamaktadır.
- Çeliğin elastiklik modülü, diğer yapı malzemelerine kıyasla çok yüksektir. Örnek olarak kompozit betona göre yaklaşık yedi kat. Stabilité sorunlarına, dinamik

yüklere, titreşimlere uygun bir davranış göstermekte ve sehim problemi olan taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasında daha ekonomik kesitler elde edilmektedir.

- Çelik sünek (düktil) bir malzemedir, büyük bir şekil değiştirebilme sığası vardır. Çelik en dayanıklı betondan en az 18 kat daha esnektir. Bu nedenle depremde deforme olsa da kırılmaz. Örnek olarak yol kenarlarındaki çelik bir direk bir araç çarptığında şekli bozulsun da ayakta kalıp görevini sürdürürken diğer malzemeler tamamen parçalanırlar. Olay depremde de farksızdır. Sünekliliğinin ne kadar arttırılmış olduğu iddia edilirse edilsin, örneğin kompozit beton hiçbir eleman çeliğin sünekliliğinin on sekizde birini aşamaz.
- Çelik taşıyıcılı elemanlar atölyede işlendiklerinden şantiyede montaj, hava koşullarından büyük ölçüde bağımsızdır, bu da yapım süresini kısaltır.
- Çelik yapı elemanlarını değiştirme ve takviye olanağı çok kolay olduğu için, elemanlar söküldüklerinde yeniden az bir kayıpla, veya yeniden kullanılmaları önceden planlanmış ise hiç kayıpsız, kullanılabilir. [3]
- Çelik yapı elemanları yerlerine monte edildikleri anda tam yüklerle çalışırlar. Yapım süresi kısadır.
- Çelik yapıda uygun bir planlama ile az iskeleli inşaat mümkündür.
- Dönüşümlü bir malzeme olması ve inşaat sırasında zararlı atıkların bulunmaması açısından, çevreye zarar vermeyen bir malzeme konumundadır.
- Çelik iskelet fabrikada şekillendirildiği ve şekil alma kapasitesi çok yüksek olduğu için binaların ulaşabileceği estetik, yapı tekniğiyle değil tasarımcının hayal gücüyle sınırlanabilir. Çeliğin yüksek performansı, en kötü zeminde bile en yüksek binanın güvenli olarak yapımına olanak verirken, her koşula dayanabilecek köprüler, sanayi yapıları, çelik sayesinde bir sanat eseri haline getirilebilir. [3]

2.1.1.4 Çeliğin Endüstriyel Üretim Özellikleri

Yapısal çelik özelliklerini biçim, işleme teknikleri ve alaşımları ile kazanır. Ocaktan çıkartılan cevher fırında taş kömürü ile 1600-1800 C derece yakılarak arındırılır. Alaşımda silisyum olan çeliğin çekme mukavemeti yüksektir. Vanadyum ve Krom, çeliği yangında yüksek sıcaklığa dayanıklı kılar, korozyon direncini artırır. Krom bulunan alaşıma nikel katılarak (bileşimde %18 krom, %8 nikel) "paslanmaz çelik" elde edilir. Paslanmaz çelik teknik bir terimdir. Değişik ortamlarda çeliğin paslanmazlık özelliği mutlak değildir. Nikel aynı zamanda uzama değerlerini artırır. Aşınmaya karşı direnç için Mangan ilave edilir. Bakır ve Molibden, kimyasal korozyona karşı direnç sağlar. Karbon yüzde 2'den fazla ise "döküm çeliği" elde edilir. Fosfor gibi maddeler çeliği kırılgan yaparlar ve çeliğin içinde istenmezler. [4]

Kullanılacak yere göre alaşımları belirlenen çeliğin bazı özellikleri de biçimlendirme tekniklerinden elde edilir;

2.1.1.4.1 Döküm Çeliği

Kuvvet eksenlerinin kesiştiği karmaşık detay bölgelerinde kaynak, perçin gibi birleştirme teknikleri taşıyıcılık ve estetik açıdan yetersiz ise döküm ile imalat kullanılır. [4]

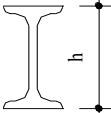
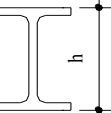
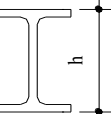
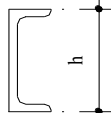
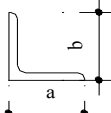
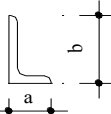
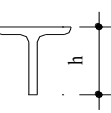
2.1.1.4.2 Hadde Çeliği

Yapılarda kullanılan çelik malzeme, çeşitli kesit etkilerini ekonomik biçimde aktaracak, ekonomik kesit oluşturacak standart şekil ve boyutlarda pazarlanır. Çelik fabrikalarında şekillendirilen çelik malzemeye hadde ürünleri denir. Yapıda çubuk elemanların mesnetlerindeki yük yayma bölgelerinde kullanılır. Çelik yapılarda kullanılan başlıca hadde ürünleri; profiller, lamalar, levhalar ve özel en kesitli profillerdir. [4]

- **Profiller**

Başlıca profil tipleri; I profilleri, [profilleri, T profilleridir. Bu profiller sadece yüksekliklerinin belirtilmesiyle tanımlanır. I profiller; normal I profili, IPE profili ve IPB profili olmak üzere üç şekilde yapılabilir (Tablo 2.1). [2]

Tablo 2.1 Çelik profiller ve boyutları

Profilin Adı		Profilin Şekli	Anılan Karakteristik Boyutlar ve Değerleri
I Profilleri	Normal I Profili		$h = 80 - 600 \text{ mm}$
	IPE Profili		$h = 80 - 600 \text{ mm}$
	IPB Profili		$h = 100 - 1000 \text{ mm}$
[Profili			$h = 30 - 400 \text{ mm}$
Korniyerler	Eşit Kollu Korniyer		$a=b= 20 - 200 \text{ mm}$ $t= 3 - 28 \text{ mm}$
	Değişik Kollu Korniyer		$a= 20 - 100 \text{ mm}$ $b= 30 - 250 \text{ mm}$ $t= 3 - 16 \text{ mm}$
T Profili			$h = 20 - 140 \text{ mm}$

- Lamalar**

Lamalar dikdörtgen en kesitli çubuklardır. Dar, geniş ve ince lamalar olmak üzere üç çeşit lama vardır (Tablo 2.2). [2]

Tablo 2.2 Lama tipleri ve boyutları

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

- **Levhalar**

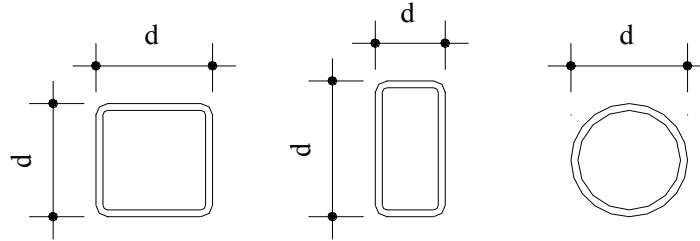
Belli kalınlıklı dikdörtgen elemanlar olan levhalar kalınlıklarına göre üç çeşittir (Tablo 2.3). [2]

Tablo 2.3 Levhalar ve boyutları

LEVHALAR	DİKDÖRTGENİN BOYUTLARI (b) (I)		KALINLIK (mm) (t)
İnce levhalar	530 - 1250	760 - 2500	5 - 60
Orta levhalar	2500	7000	$3 \leq t \leq 4.75$
Kaba levhalar	3600	8000	$t \geq 5$

- **Özel Kesitli Profiller**

Boru profiller, kutu profiller, raylar, (Z) profilleri gibi hadde ürünlerde zaman zaman çelik yapılarda ve bazı alanlarda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Şekil 2.3). [2]



Şekil 2.3 Çelik boru profiller

2.1.1.4.3 Çekme Çelik

Biçim verilmek üzere kablo, çubuk, levha veya profil soğuk veya sıcak çekilirler (V profili, T profili, L profili). [4]

2.1.1.4.4 Soğuk Bükme Çelik

Çelik yapılar iki tür taşıyıcı sistem ile inşa edilirler. Sıcak çekilen profil ile yapının çelik iskeleti inşa edilir veya soğuk bükme ince profiller yan yana getirilerek duvar/

döşeme taşıyıcısı oluşturulur. İkinci grubu oluşturan sisteme hafif çelik taşıyıcı sistem denilmektedir. ‘Hafif’ tanımı, kullanılan çelik malzeme kesitinin ince olmasından ortaya çıkmıştır. Yapısal çelik alanında kullanılan soğuk bükme profillerin sac kalınlığı ve profil özelliği firmalar ve bölgelerine göre değişir. Çekme profiller gibi yaygın biçim standartları yoktur. Ancak bükütürölme siparişinde projedeki boyut toleranslarına dikkat etmek gerekir.

Kullanılacak levha kalınlığına göre iki değişik teknik ile profil elde edilir;

- a) 0.4-0.8 mm arasında çelik levha silindirlendirilerek bükölür
- b) 20 mm kalınlığına kadar levha giyotin ile katlanarak bükölür

Hafif bükme profillerin bazı özelliklerine ağır çelik profillerde olduğundan daha fazla özen gösterilmelidir. Biçimsel geometrik özelliği, korozyon özelliği ve yangın riski özelliği ilk sırada sayılabilir. [4]

- **Geometrik Özellik**

Soğuk bükme profiller taşıyıcılık ve birleştirme tekniklerine göre, değişik şekillerde üretilir. Şekillendirmede kullanılan makinaların yapabilirliği de sınırlayıcı unsurdur. Merdaneli makinalar boy saçları, giyotin makinalar levhaları bükörlörl.

Taşıyıcılık ve birleştirme tekniklerine uygun levha kalınlığı seçilmelidir. Bitmiş ürünlerdeki boyut toleranslarına dikkat edilmelidir. [4]

2.1.2 Çeliğın Deprem, Yangın ve Korozyona Karşı Davranışı

2.1.2.1 Çelik Malzemenin Depreme Karşı Davranışı

Depremlerden oluşan ve yapıları etkileyen yatay kuvvetler dinamik özelliklere sahiptir. Yapılarda, zeminin deprem titreşimleri altında bir yöne hareketi, yapının kütlelerinin de buna karşı direnmesi sonucu dinamik nitelikteki deprem kuvvetleri oluşur ve bu kuvvetler kesitleri etkiler. Bu etki zeminin ve üzerindeki yapının özelliklerine bağılı olarak değişim göstermektedir. Bu etkinin farklılaşmasına neden olan etkenler şu şekilde sınıflandırılabilir [5]:

- **Statik İvmeden Meydana Gelen Hasarlar**

Çok rijit yapılar deprem esnasında zemin hareketini takip etmek isterler dolayısıyla aynen zeminin ivmelerine maruz kalırlar. Bu ivmelerin maksimumuna dayanamadıkları takdirde hasara uğrarlar. [5]

- **Farklı Temel Oturmalarından İleri Gelen Hasarlar**

Temel zemini gevşek ve zayıf olduğu taktirde deprem esnasında yapının ağırlığı altında farklı oturmalarla maruz kalır. Bütün yapılar farklı temel oturmalarından derece derece müteessir olur ve hasara uğrarlar. Kagir binalar, çatılar, çerçeve binalar munzam gerilmelere maruz kalarak bazı noktalarından hasar görürler. Bu nevi hasarın sonradan telafisi de güçtür. [5]

- **Yapısal Titreşimlerden Meydana Gelen Hasarlar**

Bütün esnek yapılar deprem esnasında zemin hareketinden tamamen farklı olarak titreşim yaparlar. Elastik yapılar bu titreşimler sebebi ile deprem esnasında deprem ivmelerinin üstünde ivmelere maruz kalabilirler.

Deprem etkisi, deprem dalgalarının geçtiği zeminin özelliklerine ve üzerinde bulunan yapının statik özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterecektir. Deprem hareketinin oluşturacağı etkilerin bağlı olduğu yer hareketinin ve zemin özelliklerinin bilinmesi gerekir. [5]

2.1.2.1.1 Yapıların Deprem Dayanımı İle İlgili Temel İlkeler

Bugün depremle ilgili tüm çağdaş yönetmeliklerde belirli bir felsefe benimsenmiştir. Bu felsefe şöyle özetlenebilir.

- a) Olasılığı yüksek, şiddeti düşük depremlerde taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanlar hasar görmemelidir.
- b) Orta şiddetteki depremlerde taşıyıcı sistem önemli hasar görmemelidir. Taşıyıcı olmayan elemanlarda hasar olabilir.
- c) Olasılığı çok düşük, şiddetli bir depremde taşıyıcı sistem büyük hasar görebilir, ancak göçme olmamalıdır. Bu tür deprem olduğunda yapı elastik sınırlar ötesinde

büyük yer değiştirmeler yapabilir. Tasarımda amaç, bu tür bir depremde can kaybını önlemek olmalıdır.

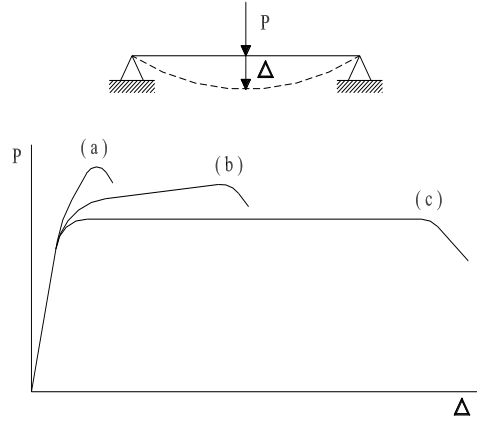
Bu genel felsefeye göre aşağıdaki üç koşulun sağlanması gerekir. Bu koşullar sağlandığında, yapı yukarıdaki felsefeye uyacak ve depremde istenen davranışı gösterebilecektir. [6]

- **Dayanım**

Depremde yapı ve yapıyı oluşturan elemanların belirli bir dayanıma sahip olmaları gerekmektedir. Dayanımın en güvenilir ölçüsü “taşıma gücü” dür. [6]

- **Süneklik**

Süneklik dayanım kadar yakından bilinen bir özellik değildir. Düşey yüklere karşı dayanımda çok önemli olmayan süneklik kavramı, deprem davranışında dayanım kadar önemlidir. Süneklik, bir malzemenin ,yapı elemanının veya yapının taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan büyük deformasyon yapabilme özelliğidir. Şekil 2.4’ de bir kiriş için, (a) gevrek, (b) az sünek ve (c) sünek davranış göstermiştir. Süneklik deprem felsefesi olarak yukarıda verilen (c) maddesi için çok önemlidir. Yapılan deneysel ve teorik çalışmalar, bir betonarme yapının öngörülen şiddetli bir depremde elastik sınırlar içinde kalabilmesinin ekonomik olarak sağlanamayacağını göstermiştir. Bu durumda depremde ayakta kalabilmenin tek yolu, ortaya çıkan enerjinin tüketilebilmesi ile mümkündür. Enerji tüketimini yaklaşık olarak Şekil 2.4’ deki P-Δ eğrileri altında kalan alanla orantılıdır. Bu durumda sünek davranışı simgeleyen (c) eğrisinin özelliklerine sahip bir elemanın, sünek olmayanlara oranla çok daha fazla enerji tüketebileceği açıktır. Depremde ayakta kalabilme enerji tüketimine, dolayısıyla süneklığe bağlı olduğundan, süneklik depremde aranan çok önemli bir özelliktir. Türk Deprem Yönetmeliğinde, diğer çağdaş yönetmeliklerde olduğu gibi, yapı elemanlarının sünek davranacağı varsayımı ile, deprem yükleri önemli oranda azaltılarak verilmiştir. Yönetmelikte verilen yatay yükler, o bölge için öngörülen değerin süneklik katsayısına bölünmesi ile elde edilmiştir.Örneğin, çerçevelerden oluşan bir yapı için süneklik katsayısı yaklaşık 4.0 olduğundan, yönetmelikte verilen yük gerçek yükün yaklaşık ¼ dür. Yönetmelikteki deprem yükleri kullanıldığında, süneklik koşuluna uymak bu nedenle zorunludur. Süneklğin sağlanamadığı yapılarda, yönetmelik yüklerinin artırılması gerekir. [6]



Şekil 2.4 Yük- deformasyon ilişkisi [6]

- **Rijitlik**

Rijitlik deformasyona karşı gösterilen dirençtir. Deformasyon yer değiştirme veya dönme olabilir. Aynı yük altında daha az deformasyon gösteren eleman diğerinden daha rijittir. Yatay yükler (deprem yükleri) altında rijitlik, elemanın eylemsizlik momenti ile doğru orantılı, boyu ile ise ters orantılıdır.

Yakın bir geçmişe kadar rijitliği az esnek bir yapının deprem davranışının daha sağlıklı olacağına inanıldığından, rijit yapılardan kaçma eğilimi vardı. Ancak, deprem sonrası hasar çalışmaları, rijitliği az olan yapılardaki maddi hasarın rijit yapılara oranla çok daha fazla olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, aşırı yanal ötelenme sonucu taşıyıcı olmayan elemanlarda (bölme duvar gibi) oluşan büyük hasar ve bu elemanların bina içindeki möble, makine vb. verdiği zarardır. Ayrıca yanal ötelenme nedeni ile eksenel yüklü elemanlarda oluşan ikinci mertebe momentleri de yapı stabilitesinin yitirilmesine ve yapının göçmesine neden olabilmektedir. Tüm bu nedenlerle çağdaş deprem yönetmeliklerinde katlar arası yanal ötelenme için bir sınır getirilmektedir. Bu sınır yapının daha rijit olmasını sağlamak amacıyla yöneliktir. Bunun bilincinde olan tasarımcı, yapıda düşey taşıyıcı elemanların olabildiğince rijit olmasına özen gösterecektir. [6]

2.1.2.1.2 Depreme Dayanıklı Yapıların Tanımı

Yapının simetrikliği, kompakt bir plana sahip olması, rijitlik ve ağırlık merkezinin çakışması gibi özellikler depreme dayanımda önemli faktörler olarak yer alır.

Sistem seçiminde depreme dayanımı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Plan simetrik olmalı. Bina yüksekliği boyunca ani rijitlik değişimlerinden kaçınılmalıdır. Bazı kat kolonlarının rijitliğinin diğer katlardan az olması ile oluşan yumuşak katlardan kaçınılmalı, kısa kolon oluşturulmamalı. Donatı detaylarına özen göstermeli, özellikle kenetleme ve bindirme boyları yeterli olmalı. Yapıdaki düşey taşıyıcı elemanların boyutları iyi seçilmelidir. Yapıda katlar arası oluşabilecek aşırı yer değiştirmeler, taşıyıcı olmayan elemanlarda hasara neden olabilirler. Ayrıca bu tür yer değiştirmeler yapı ve yapı stabilitesini de olumsuz etkiler.

Yapı planı kompakt olmalı. Böylece deprem kuvvetlerinin taşıyıcı elemanlara aktarılması kolaylaşır. Yapının her katının ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi üst üste düşmelidir. Aksi halde kat içinde burulma momentleri oluşacağından yapı elemanları zorlanır. Ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi birbirinden uzak ise yapının, rijitlik merkezi üzerinde savrulma söz konusudur. [5]

2.1.2.1.2.1 Esnek Yapı

Esnek yapı, yıkılmadan deformasyon yapabilen yapıdır. Dolayısıyla bu hareketini engellemeyen özelliklere sahip zemin üzerinde oluşturulmalıdır. Sert zemin üzerinde esnek, yumuşak zemin üzerinde rijit yapının uygun olduğu söylenebilir.

Yapıların özel periyotları, üzerinde bulundukları zemin hakim periyoduna yakın olmamalıdır. Bu nedenle hakim periyotları kısa olan sert zeminler üzerinde hakim periyodu uzun olan esnek yapılar ; hakim periyodu uzun olan yumuşak zemin üzerinde, kısa periyotlu rijit yapılar seçilmelidir.

Rijit yapının depremden doğan yatay yükler karşısındaki davranışı, esnek yapıya göre farklıdır. Esnek yapılarda bu yükler altındaki davranış kırılmadan deformasyon oluşturma şeklindedir. Rijit yapılarda ise kırılma ve çatlama oluşur.

Yığma sistemle yapılan yapılar rijit yapı grubundandır. Deprem karşısındaki davranışı gevrekli. Çatlama ve kırılmalar oluşur. Bağlantılar karkas konstrüksiyona göre daha zayıftır. Deprem hareketiyle oluşan yatay kuvvetler karşısında daha çabuk hasara uğrarlar. Bu nedenle bağlantı noktaları yeterince kuvvetli oluşturulmalıdır. Deprem karşısındaki zayıf davranışından dolayı, üzerinde bulunduğu zemin özellikleri önem kazanmaktadır. [5]

2.1.2.1.2.2 Söndürmeli Yapı

Kuramsal olarak bütün yapılar, söndürme yüzdeleri birbirinden farklı olmasına karşın, söndürmeli sistemlerdir. Bir yapının söndürme yeteneği, deprem etkileri karşısında yapının elastik veya elastik olmayan karşı koymasını belirler ve genlikleri düşürerek deprem kuvvetlerini azaltıcı yönde etki yapar.

Bitmiş bir yapının söndürme yüzdesini kesinlikle saptamak olanaksızdır. Taşıyıcı sistemin dışında yapıya konulan bölme duvarları, duvar kaplamaları, doğramalar, sıhhi tesisat, kalorifer ve klima tesisatı gibi eklentiler birer söndürücü olarak görev yaparak taşıyıcı sistemin söndürme yeteneğini artırıcı yönde etkili olurlar. [5]

2.1.2.1.2.3 Elastik Yapı

Elastik yapılar için ivme spektrumlarının verdiği değerler çok yüksektir. Yapının deprem sırasında akmasına izin vermek gerekir.

Sünek yapı, taşıma gücüne eriştikten sonra yıkılmadan deformasyonlar yapan yapıdır. Enerji yutma kapasitesi fazladır. Yığma sistemler elastik olmayan yapılardır. Çünkü deprem karşısındaki davranışı esnek değildir. Bu nedenle yatay yüklere karşı bağlantı noktalarının rijitliği yeterince sağlanmalıdır.

Karkas konstrüksiyonlar esnek davranış gösterebilecek biçimde mafsallı olarak düzenlenebilir.

Yalnız çok katlı yapılarda iskelet sistemler için bir çok önemli kriterler söz konusudur. Kesme kuvveti nedeni ile alt katlarda büyük yer değiştirmeler söz konusu olacaktır. Perde sistemlerde ise bunun tam tersidir. Bu nedenlerle özellikle yüksek yapılar için sistem seçiminde bu tür kriterler önemli olacaktır. [5]

2.1.2.1.2.4 Hafif Yapı

Yapıların hesabında önemli olan yükler yapının kendi yükü ve bunun dışındaki hareketli yüklerdir. Deprem kuvveti de yapının kendi dışındaki kuvvetler olarak ele alınır.

Deprem kuvvetleri direkt olarak kütle ile orantılıdır. Yapının zati ağırlığı arttıkça deprem kuvveti etkisi de o denli fazla olacaktır. Dinamik özelliği aynı iki yapıdan biri diğerinin iki misli ağırlığında ise bütün diğer şartlar aynı olduğu takdirde deprem sırasında etkisi altında kalacağı kuvvetlerde iki misli olur. Bir yapının ağırlığı değişirken dinamik özellikleri de değişecektir. İskelet sistemler yığma sistemlere göre daha hafif yapılardır. Etkisi altında kalacağı dinamik kuvvetler de daha az olacaktır. [5]

2.1.2.1.3 Çelik Sistemlerin Depreme Karşı Davranışı

Çelik yapıların depreme dayanıklılığı diğer yapılara nazaran çok fazladır. Tasarım ve üretimin doğru yapılması ve denetlenmesi koşuluyla yığma betonarme ya da çelik çerçeveli olsun her türlü taşıyıcı sistem malzeme ile depreme dayanıklı binaların yapılması mümkün olmaktadır. Son depremlerden sonra çok sayıda betonarme yapının yıkılmış olmasında betonarmenin depreme dayanıklı olmadığı ileri sürülerek çelik, ahşap gibi başka sistemlerin kullanılması önerilmektedir. Bir yapının yalnızca betonarme oluşu deprem hasarının belirlemede yetersiz kalmaktadır. Çelik ya da ahşap yapı sadece malzemesi nedeniyle depreme karşı dayanıklı olmamaktadır. Bu tür malzemeli yapılar için depreme dayanıklılık sağlayan özel ayrıntılar, yönetmelikler ve mevzuat da yapılması zorunludur.

Malzemenin projede öngörülen kalitede ve miktarda kullanılması şarttır. Kırsal kesimlerde kullanılan kerpiç, çamur harçlı kagir, ahşap gibi genelde teknik bir elemana danışmadan kullanılan malzemeler bir tarafa bırakılırsa, günümüzde büyük ve büyükçe yerleşim birimlerinde en sık kullanılan inşaat malzemesi betonarmedir. Usulüne uygun ve kaliteli yapılmış, yerinde döküm bir betonarme inşaat, çok yüksek binalar ve büyük açıklıklı yapılar dışında, genelde depreme karşı iyi bir dayanım gösterir. Ancak aşağıda belirtilen üç husus önemli sakıncalar olarak kalır.

- Bunlardan birincisi; beton santrallerinin bulundukları büyük yerleşim merkezlerinin uzağında, kaliteli beton elde edebilmenin neredeyse bir şans işi olduğudur. Nitekim son depremlerde kontrollü resmi inşaatlarda bile çok düşük kaliteli beton kullanılmış olduğu ortaya çıkmıştır.

- İkinci olarak, beton döküldükten sonra içindeki çelik donatıların gözden kaybolmaları, sonradan yapılan kontrollerde projeye uygun yeterli sayı ve çapta donatı kullanılıp kullanılmadığı konusu genelde cevapsız bırakılmaktadır.
- Üçüncü olarak da bileşenlerden, betonun davranışının pek sünek olmaması, betonarme sistemlerde, depremde, yapıya etkiyen enerjiyi yutma sığasını daraltmaktadır. Hazır (prefabrik) betonarme elemanlardan kurulu taşıyıcı sistemler de genelde birleşimlerinde sorun çıkartmaktadırlar. [7]

Depremın gücü azaltılamaz, ancak yapılara etkisi azaltılabilir. Yapıya etkiyecek deprem kuvvetini yarıya indirmek mümkündür. Deprem şiddeti ve ivmesini kontrol etmek olanaksızdır. Ancak çelik ve hafif yapı malzemeleri kullanarak kütleli yaklaşık yarı yarıya indirerek binayı etkileyecek deprem kuvveti de yarıya indirilebilir. Binanın yutması ve tüketmesi gereken enerji de aynı oranda azalmış olur.

$$F= m.a$$

$$F= \text{kuvvet-newton}$$

$$m= \text{kütle -kg}$$

$$a= \text{ivme-m/s kare [8]}$$

Çelik, ahşap ve alüminyum hariç diğer bütün yapı malzemelerinden daha hafif yapılara götürür. Örnek olarak döşemesi geleneksel biçimde betonarme plaklı ve duvarları hafif kagir de olsa, çelik iskeletli bir yapı betonarmeye göre ancak yüzde elli ile elli beş ağırlıktadır. Deprem etkilerinin kütleyle, dolayısıyla ağırlıkla orantılı olması, çelik bir yapıda deprem yüklerinin neredeyse yarı yarıya azaldığını açıkça ortaya koyar. Yapı yüksekliği arttıkça bu özellik daha da belirginleşir. Çeliğin yüksek mukavemeti de işe karışınca daha küçük dolayısıyla daha ekonomik kesitler ortaya çıkar. Temeller de hafifler ve küçülür. Binanın en değerli yerleri olan zemin kat ve yakınındaki katlarda kullanılabilecek net alan ve hacim, kolon ve kiriş boyutları küçüldüğünden artar. [7]

Sıkı ve sürekli denetimle üretilen çelikten mamul yapı elemanları yerlerine monte edildikten sonra da birleşimleri dahil gözle bile kontrole açıktırlar. Bir aksaklığı

saklamak, olanaksıza yakın biçimde zordur. Betonarmede ise, beton döküldüğü anda donatı saklanır ve aksaklıkların tespiti çok pahalı ve zor işlemler gerektirir. Beton kalitesinin projeye uygun elde edilmesi de hele beton santralleri dışında karşılanıyorsa o kadar kolay değildir. Kontrolörlük sisteminin uygulamaya konmasıyla inşaat sektörünün daha güvenilir hale geleceği açıktır. Ancak bu sistemin uygulanmasında da çelik iskeletli inşaatlar hem kontrollerde, hem de kullanıcılara büyük kolaylıklar sağlar. [7]

- Planlamada

Çelik yapıların bir mimar tarafından tasarlanmadan, bir mühendis tarafından hesapları yapılmadan inşa edilmesi mümkün değildir.

- Üretimde

Çelik iskeletler şantiye değil fabrikalarda milimetrik ölçümlerle üretilir. Standardı ve üretim kalitesi sıkı denetim altındadır.

- Şantiyede

Çelik yapı malzemelerinin montajı sırasında şantiyede eksik malzeme kullanılması, yapının projeye aykırı üretilmesi mümkün değildir.

- Kullanımda

Çelik iskelet bağlantı elemanları dahil, her zaman için gözle dahi kontrole açıktır, herhangi bir aksaklığın gizlenmesi olanaksızdır. [9]

Onarım ve güçlendirmeye olanak sağlaması, bir deprem sonrası önemli kolaylıktır. Deprem ya da başka herhangi bir nedenle zarar gören çelik iskeletin ilgili bölümünün, üretilen yeni parçalarla değiştirilmesi hem çok kolay, hem ucuz, hem de çok kısa zamanda gerçekleştirilebilir bir işlemdir. Bu tür bir tamirat işleminden sonra çelik iskelet hiçbir ek yük yüklenmeden eski sağlamlığına tam olarak kavuşur ve bina eskisi kadar güvenli kullanılabilir. [7]

Çelik iskelet şantiyede hızlı ve hava koşullarından büyük ölçüde bağımsız montaj imkanı sunar. Çelik iskeletin parçaları monte edildiği andan itibaren tam kapasiteyle çalışmaya başlar. Bir başka deyişle çok soğukta ya da sıcakta beton dökmenin sakıncalarıyla, betonun kuruması için gereken bekleme süresi çelik inşaatlarda

ortadan kalkar. Bu olanak "yıllar" la ifade edilen yapım süresini "aylara" hatta "haftalara" indirebilir.

Türkiye'de genelde pek söylenmemekle birlikte Kobe depremi sonrasında şantiyede yapılan kaynaklı birleşimlerin depremde kırılğan davrandıkları ortaya çıkmıştır ve bu birleşimler yerine yüksek mukavemetli bulonların öngermeli kullanılması gerekmektedir. Aynı sorun benzer birleşimleri olan prefabrike betonarme yapılar için de geçerlidir. Çeliğe olumsuz yaklaşımların, bu konuda kendilerini bilgisiz hisseden bir kısım teknik elemanların ürküntüsünden ve sabit yatırımı ve sürekliye yakın kalifiye personel korkusu olan müteahhitlerimizden kaynaklandığı da iddia edilebilir.

Yukarıda yapılan irdelemeler çelik yapıların deprem bölgelerine uygunluğunu ve getirdikleri güvenlik ve diğer avantajları açıkça ortaya koymaktadırlar. Türkiye'nin en azından birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde hiç olmazsa bir depremden sonra mutlaka ayakta kalması gerekli görülen yapıların birleşimlerinde şantiye kaynağı yerine yüksek mukavemetli bulonlar kullanılmak ve kararlılık bağları düktil özellikte düzenlemek koşuluyla çelik iskeletli inşa edilmeleri bir gereksinim olarak görülmektedir. [7]

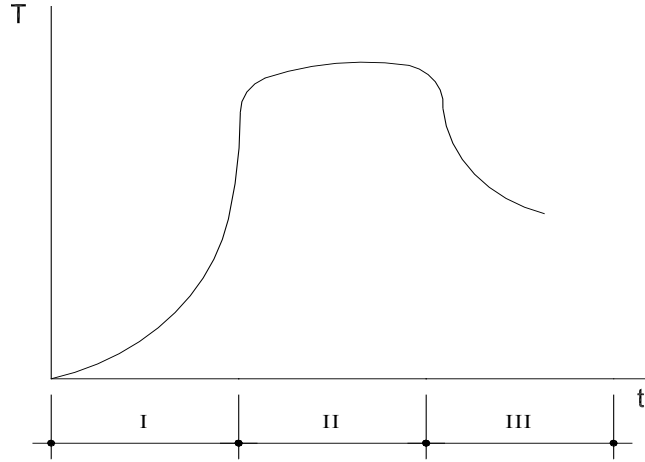
2.1.2.2 Çelik Malzemenin Yangına Karşı Davranışı

2.1.2.2.1 Yangın

Bir yangının çıkması ve gelişmesi için, üç elemanın birlikte bulunması gerekir : yanıcı bir malzeme, oksijen ve bir ısı kaynağı. Tutuşmanın asgari sıcaklığı, yanıcı malzemenin cinsine, şekline, yüzeyine ve porozitesine bağlıdır. Yanış hızı ise, yanma yerinde oksijenin yenilenme olanaklarıyla orantılıdır.

Bir yangında T sıcaklığının t zamanına bağlı değişim diyagramının incelenmesi, yangın olayını üç aşamaya ayırır : Çıkış ve gelişme, etkin yanış ve sönme. Çıkış ve gelişme aşamasından etkin yanışa geçiş genelde kısa bir zaman aralığında gerçekleşir ve “genel tutuşma” olarak adlandırılır. (Şekil 2.5)

Süresi 5 ila 30 dakika arasında değişen birinci safhada, sıcaklık itibarı olarak düşük kalır. Bu aşamada yapı taşıyıcı elemanları ısısal olarak etkilenmezler. Dolayısıyla yangın mukavemet hesaplarında bu safha göz önüne alınmaz.



Şekil 2.5 Yangın safhaları

- I. Çıkış ve gelişme
- II. Etkin Yanış
- III. Sönme

İkinci dönemde ısı üretimi ve sıcaklık artar ve yapı taşıyıcı elemanları bundan etkilenirler. Bu aşama, yangın mukavemet hesaplarında hassas bir biçimde göz önüne alınır.

Üçüncü safhada sıcaklık azalır, ancak yeterince yüksek kalması sürdüğünden yapı elemanları üzerindeki tahripkar etkisi devam eder. [10]

2.1.2.2.2 Yangın Yüğü

Bilindiğı üzere, yapılarıdaki yangına dayanım tanımı, "yangın yüğü" tanımı ile anlam kazanmaktadır. Öncelikle yapıdaki yangın yükünün tanımı yapılmalıdır ki, yangına dayanım süreleri ve bu süreleri sağlayan donanımın tanımı da buna göre yapılabilsin. Yangın yüğü bir hacim içinde yer alan yanıcı maddelerin bir kilogramının yanması halinde açığa çıkan kilokalori cinsinden ısı değeri o hacmin alanına bölünmesi ile bulunur. Başka bir değışle, hacim içinde bulunan ve yanabilen maddelerin miktarlarının değıştirilmesi ya da hacmin yangın yükünün değışimine etki etmektedir.

Yangın araştırma enstitüleri ve laboratuvarlarında standart malzemeler, kullanılarak yapılmış olan denemeler sonucunda yangın yüklerine ait bazı ortalama değeri tespit edilmiştir. Örnek verilmesi gerekirse, 30 Psf (pouns per square foot) yangın yüküne sahip bir yapı yangına dayanım süresi üç saat olan yapı elemanlarından yapılmış

olmalıdır. standart bir konuttaki yangın yükü 8-10 psf kütüphane 36 psf, arşiv odalarında rafların korunma sınıfına göre 4 ile 86 arasında değişmektedir. ofislerde ise 2 ile 45 arasındadır.

Örneğin, 30 Psf yangın yüküne sahip olan yapı eğer standart katkılarla üretilmiş betonarme ise minimum 15 cm, hafif betondan üretilmiş ise 12 cm, harman tuğlası ise 16 cm ve her iki tarafı sıvalı tuğla ise 12.5 cm kalınlıkta olması yeterlidir.

Aynı yangın yükünde olan yapıyı çelik olarak inşa edecek olursak, 1000 F (537 °C) kritik sıcaklık dikkate alınarak, kullanacağımız profil niteliklerine göre, yangına karşı dayanımı tespit edilip, korunması için izolasyon kalınlığı hesabı yapılmalıdır. [11]

2.1.2.2.3 Yangın Güvenliği

Yangın güvenliği, karmaşık karakterli bir tehlikeye, tümsel ve mantıksal bir yaklaşım olup, insan hayatı ve mal varlığının korunmasına yönelik temel zorunluluklara götürür :

- Yangının çıkış olasılığını azaltmak
- Yangının yayılışını önlemek veya yavaşlatmak
- Yangın yerindeki şahısların hızlı tahliyesini yeterli bir güvenlikle sağlamak
- İlk yardım ve itfaiye hizmetlerini kolaylaştırmak
- Yangından ileri gelen hasar ve zararı asgaride tutmak

Burada vurgulanması gereken husus, yapıyı projelendiren mimar ve mühendislerin yukarıda açıklanan hedefleri gözetmeleri ve yangın olayını mutlaka göz önünde tutmaları gereğidir. [10]

2.1.2.2.4 Malzemelerin Yangına İlişkin Nitelikleri

Malzemeler açısından üzerinde önemle durulması gerekli, yangına ilişkin karakteristiklerin yalnız : kolay tutuşabilme eğilimi, yanarken ortaya çıkardığı ısı miktarı ile hızı olduğu sanılmamalıdır. Bunların yanında ve en az aynı önemde olmak üzere, ateş ve sıcaklığın taşıyıcı sistem malzemelerinin mekanik mukavemetlerine,

boyutlarına, fiziksel ve kimyasal durumlarına etkilerinin de bilinmesi gereklidir. Yapı elemanlarının hesabında ısı fiziğine ilişkin malzeme özellikleri de etkin rol oynamaktadırlar.

İnşaatta kullanılan malzemelerin yangına ilişkin nitelikleri iki ayrı açıdan incelenebilir :

- Yangının yayılmasını besleyebilecek bir madde olup olmadıkları (malzemenin yanabilirliği)
- Yapıda yangın sırasında, üzerlerine düşen görevi (taşıyıcı eleman, bölme elemanı vb.) tam güvenle yerine getirebilme süreleri (malzemenin yangın mukavemeti).

Bu iki inceleme açısı birbirlerine çok aykırı sonuçlara götürebilir. Yanmaz bir malzeme yangında sıfır mukavemet gösterebileceği gibi (metal levha), yanıcı hatta tutuşucu bir başka malzeme yangında yüksek bir mukavemete sahip olabilir (masif ahşap eleman).

Bir malzeme yanıcı veya yanmaz olabilir. Yanıcı malzemeler ise tutuşucu ve tutuşmaz olabilirler. Tutuşucu olmaları durumunda: zor, vasat, kolay, çok kolay tutuşan olarak sıralanmaları mümkündür.

Yangında mukavemet kavramı, malzemenin yapıda kullanılma amacının bir fonksiyonu olarak belirlenir ve sıcakta mekanik mukavemet, ısı yalıtkanlığı gibi özelliklerini kapsar. Bu kavram yapının: döşemeler, kirişler, çatılar, duvarlar, dikmeler ve benzerleri gibi taşıyıcı elemanlarında birinci derecede önem kazanır. Dolgu, bölme, kaplama, koruyucu, yalıtıcı ve dekoratif elemanlarda da önemini korur.

Yangında mukavemet herşeyden önce bir süredir: yanan bir yapıdaki insanların en kıymetli eşyalarıyla birlikte güvenli bir yere sığınıp itfaiyenin yetişerek etkili olmasına yeterli bir süre. Bu nedenle ölçümü de zamana bağlı olarak yapılır: Yangına çeyrek saat, yarım saat, 1 saat, 2 saat... mukavim elemanlar gibi. Bu süreler şekilde belirtilen birer sıcaklık derecesi de ifade ederler.

İnşaat malzemeleri, yangın mukavemetleri açısından aşağıdaki kıstaslara göre sınıflandırılırlar:

- a) Stabilit : Yapı elemanları çökmemeli, burkulmamalı ya da görevlerini yerine getiremeyecek mertebede  ekil deği tirmemelidirler.
- b) Alev geçirmezlik: Yapının iki bölümünü birbirinden ayırma görevini yüklenen, duvar, bölme, döşeme gibi elemanlarda alevlerin geçebileceği çatlak ve aralıklar olu mamalıdır.
- c) Isı yalıtımı: Ate in diğer taraftaki yüzde, ortalama sıcaklık, başlangıç sıcaklığına göre 140  C den az yükselmeli ve bu yüzde en çok ısınan noktanın sıcaklığı 180  C den az olmalıdır.
- d) Yanıcı gaz  ıkarma: Ate le temasta olmayan yüzde yanıcı gaz çıkışı olmamalıdır. Eğer bu yüze bir alev tutulduğunda çıkan gazlar tutu ur ve alev geri çekildikten sonra 20 saniyeden daha uzun bir sürede kendiliklerinden s nmezlerse bu koşulun sağlanmadığı saptanır.

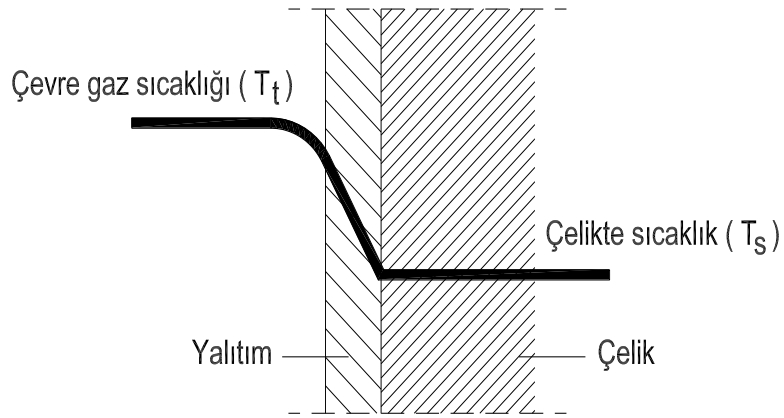
Yapı elemanlarının “yangında dayanımları” (a) kıstasına, “alev kırıcılıkları” (a+b+d) kıstaslarına, göre sınıflandırılır. Sınıflandırmada, yukarıdaki paragraflarda belirtilen süreler esas alınır.  rnek olarak, yangında 2 saat dayanımlı veya yarım saat alev-kırıcı gibi. [10]

2.1.2.2.5 Yangının  elik Malzemeye Etkisi

Çeliğin yangın dayanımının az olduğu gerçektir. Kompozit yapılarda bu dayanım betonarme yapılara eşdeğer düzeye yükselir. Yalın  elik yapılarda ise en basiti alçı sıva olan çeşitli yalıtımlarla bu sorunu çözmek mümkündür.  elik yapı elemanlarını yangına karşı yalıtımında özellikle özel alaşımlı çeliklerin kullanılması, alüminyum silikat,  imento ve benzeri karışım maddelerin püskürtülerek kapatılması gibi yöntemler de kullanılmaktadır. Bu arada kompozit betonun yangın dayanımının çelikten de az olduğu unutulmamalıdır.  elik, yangın sırasında belirli bir sıcaklıkta taşıyıcı özelliğini, çok yüksek sıcaklıklarda ise tüm mekanik özelliklerini yitirmektedir. Bu özelliğine karşı yangına karşı tüm yapılarda alınması gereken önlemler ile  elik taşıyıcı sistemlerin malzemesi güvenle kullanılabilir. Özellikle geli mi  ülkelerde yüksek yapıların yaygınla tırılmasından sonra çeşitli uzmanlık alanlarına dayanarak gerçek bir mühendislik bilimine de dönüşen yangın

güvenliği konusuna ülkemizde yeterince önem verilmediği, gerekli teknik mevzuatın geliştirilmediği de bilinmektedir.

Çeliğin ısı iletimine direnç göstermediği, dolayısıyla çelik elemanın her noktasında sıcaklığın aynı olduğu kabul edilir. Aynı şekilde, çelik elemanın üstündeki ısı yalıtım malzemesinin ısısal sığasının da ihmal edilebilir mertebede olduğu ve yangına açık yüzü ile çelikle temastaki iç yüzü arasındaki sıcaklık değişiminin doğrusal olduğu da, ağır yalıtımlar dışında kabul edilir. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6 Yalıtımda ve çelikte sıcaklık dağılımı

Herhangi bir şekilde sıcaktan korunmamış bir çelik taşıyıcı elemanın yangına dayanım süresi, genelde 30 dakikaya pek ulaşmadığından, koruma çoğu zaman gereklidir. Çeliğin sıcaktan korunması genellikle yalıtılmasıyla sağlanır. Betonarme veya ahşap yapıların yangına karşı korunmasında kullanılan donanım ve metotların aynıları çelik yapılarda da kullanılmaktadır. Betonarme içindeki donatının beton tarafından korunmuş olması nedeniyle korunan çeliğin, korunmamış çeliğe nazaran yangındaki davranışı daha farklıdır. [10]

2.1.2.2.6 Yangına Karşı Alınacak Önlemler

Yangına müdahale eden ekiplerin en önemli risklerinden biri içeride kurtarma operasyonu yaparken, çatının çökmesi veya sehim yapmasıdır. Özellikle endüstriyel amaçlı yapılarda, depolarda veya kamuya ait olan büyük alışveriş merkezlerinde kullanılan çelik kafes ve uzay kafes sistemleri korunmalıdır. Yangın anında, korunmuş olan kafes sistemleri, yangınla mücadele ve kurtarma operasyonları için bir sigortadır. Günümüzde sayıları giderek çoğalan büyük alışveriş merkezlerinde

aynı anda yüzlerce kişinin bulunduğu dikkate alınacak olursa, çatıyı taşıyan çelik sistemin korunması kaçınılmazdır.

Çeliğin korunması için yapılacak olan çalışmaları bir bütün olarak ele almak doğru olacaktır. Yapının kullanım amacı, yeni yapı veya mevcut bir yapı olup olmadığı, mimari detaylar ve yapının havalandırma tesisatındaki prensipler ve detaylar, çatı detayları ve yapı içindeki trafik, yangın yükleri... yapıya ait yangın senaryosu dikkate alınarak yangın önlemleri için bir proje yapılmalıdır.

Alınacak olan önlemler üç ayrı başlık halinde özetlenebilir. [11]

2.1.2.2.6.1 Aktif Önlemler

Aktif önlemlerden maksat, soğutma ve söndürme çalışmaları ile taşıyıcı elemanların ısıya karşı korunması ve yangının söndürülmesidir. [11]

- **Sprinkler Sistemi**

Dünyada en yaygın söndürme ajanı olarak kullanılan suyun basınçlandırılarak ve yangın yüklerine uygun nozullardan efektif olarak kullanılmasıdır.

Tesisat mühendisleri genellikle yapının içindeki mal ve donatımın korunmasını dikkate alarak dizayn yaparlar. Ancak bu dizayna ilave olarak yerinde yapılacak olan değerlendirmeye göre çelik kirişlerin ve kolonların da korunması gerekir.

Örneğin endüstriyel alanlarda ve akaryakıt iskelelerindeki çelik kolon ve kulelerin korunmasında özel sprinkler sprej nozulları kullanılmaktadır. [11]

- **Gaz, Toz ve Köpük Kullanımları**

İçinde gazlı, tozlu veya köpüklü otomatik söndürme sistemi bulunan, geniş açıklıklı depo, fabrika veya hangarlarda taşıyıcı sistemi korumak üzere yapılacak uygulamalarla ayrıca bir soğutma sistemine gerek olmayabilir. örneğin NFPA 11 kuralları gereğince uçak hangarları 2,5 dakika gibi çok kısa bir sürede tamamen yüksek genleşmeli köpükle doldurularak yangına karşı korunmaktadır. Hangar içinde yer alan yüksek riske sahip donanım korunurken, taşıyıcı sistemde korunmak üzere önlemler alınabilir.

Otomatik yangın söndürme sisteminin olmadığı, manual sistemlerin lokal olarak kullanıldığı tesislerde, taşıyıcıların yangına karşı korunması için mevcut proje uygun olması halinde yapılacak olan ilavelerle aktif bir soğutma sağlanabilir.

Mevcut tesiste yangın söndürme sistemi olmaması halinde, korunacak olan insan, mal ve doküman ile taşıyıcı sistem aynı proje içinde çözülebilir. Böyle bir bütçe ayrılamıyor veya sistemin tatbiki herhangi bir nedenle gerçekleştirilemiyorsa, çelik donanım pasif önlemlerle korunmalıdır. [11]

2.1.2.2.6.1 Pasif – Aktif Önlemler

Pasif-aktif önlemlerden maksat, ısı ve dumanın yatayda yayılmasını engellemek, düşeyde yayılımı kolaylaştırmak üzere önlemler almaktır. [11]

- **Kompartıman Oluşturulması**

Yangın yükü fazla olan hacimlerde kompartıman oluşturularak yangın çıkmasıyla beraber yükselen dumanın yatayda dağıtılmasını önlemek, diğer hacimleri tehdit etmesine engel olmak, düşeyde yayılmasını sağlamak için yangın duvarları ve yangın kapıları kullanmak, yangın duvarını tatbik edemeyeceğimiz alanlarda, duman ve yangın perdeleri uygulamak, yangın damperleri uygulamak ve biriken dumanı emniyetli bir şekilde otomatik veya manuel açılan vantilasyon kapakları ile atmosfere vermektir. [11]

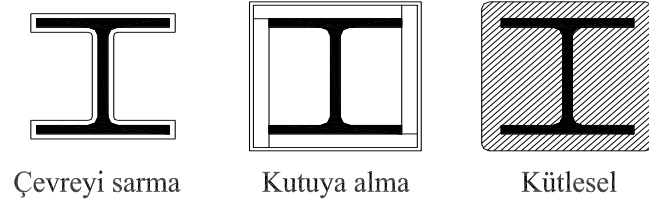
2.1.2.2.6.3 Pasif Önlemler

Pasif önlemlerden maksat aktif önlemler ile soğutma ve söndürme yapamıyor, pasif aktif önlemler ile kompartman oluşturup konveksiyonu yönlendiremiyorsak, çelik yapı elemanlarını sıcaklığa olan dayanımını artırarak yapı içindeki sorumluluğunu bir süre daha uzatmaktır. Bunun en kolay yolu, çelik elemanların koruyucu boyalarla veya alçı esaslı ürünlerle korunmasıdır. [11]

- **Yalıtım Yapılması**

Taşıyıcı sistemin dışarıdan korunması için kutulama ya da kaplama, püskürtme ile giydirme, sıvama ve beton ya da tuğla ile kaplama yöntemleri kullanılır. (Şekil 2.7) Bu yöntemler ıslak ve kuru olmak üzere ikiye ayrılır. Kuru yöntemde levha, hafif

beton bloklar, ıslak yöntemde ise şişen yalıtkanlar, püskürtme sıvalar ve beton kullanılır.



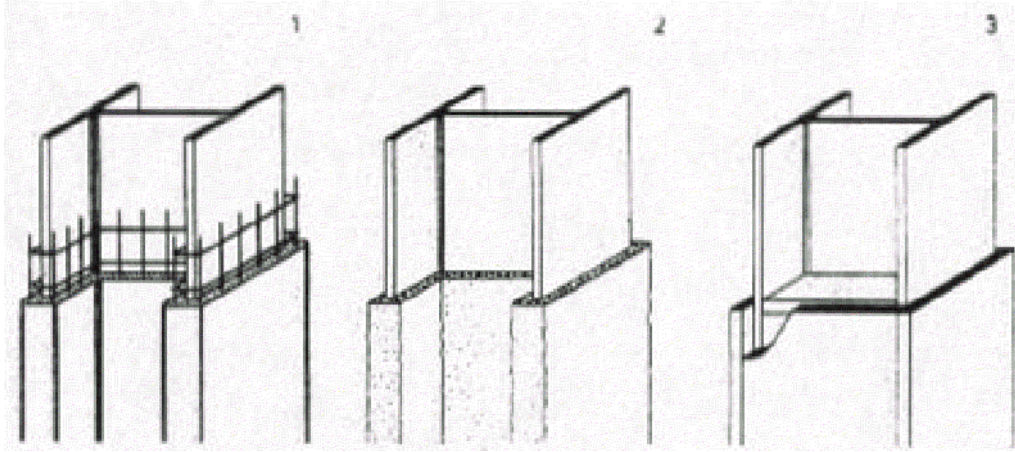
Şekil 2.7 Yalıtım türleri

Özel boyaların başarılı olması için iyi bir yüzey temizliği yapmak ve primer uygulamalar ile aderansı artıracak tabakayı elde etmek, koruma sağlayacak olan son katı başarılı bir şekilde tatbik etmektir. Uygulamaları, pratik ve süratlidir. Pistole veya rulo, fırça kullanılabilir.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında çelik kiriş ve kolonlarda yük altında ve yüksüz olarak homojen dağılımda ısıtılmış fırın içinde film tabakası olarak tatbik edilmiş olan boyaların reaksiyonları sıra ile izlenmiştir. Laboratuvarında yük altında bulunan bir çelik kolon üzerinde yapılan testte, 20'inci dakikada fırın sıcaklığı 760 °C iken, korunmamış çeliğe gelen sıcaklık 600 °C derece ve korunmuş çeliğe gelen sıcaklık 280 °C olarak tespit edilmiştir. Korunmamış çelik korunmuşa göre 2.14 misli daha fazla sıcaklık almaktadır. Keza, 40'inci dakikada fırın sıcaklığı 860 °C iken, korunmamış çeliğe gelen sıcaklık 740 °C ve korunmuş çeliğe gelen sıcaklık 350 °C olarak tespit edilmiştir. Korunmamış çelik korunmuşa göre 2.11 misli daha fazla sıcaklık almaktadır. 70'inci dakikada fırın sıcaklığı 960 °C iken, korunmamış çeliğe gelen sıcaklık 920 °C ve korunmuş çeliğe gelen sıcaklık 560 °C olarak tespit edilmiştir. Korunmamış çelik, korunmuşa göre 1.64 misli daha fazla sıcaklık almaktadır.

Knauf patenti ile Türkiye'de üretilen alçı yapı elemanları ile çelik kolon ve kirişlerin kullanımında da kolay işçilik ve hafif elemanlarla güvenli bir koruma sağlanmaktadır.

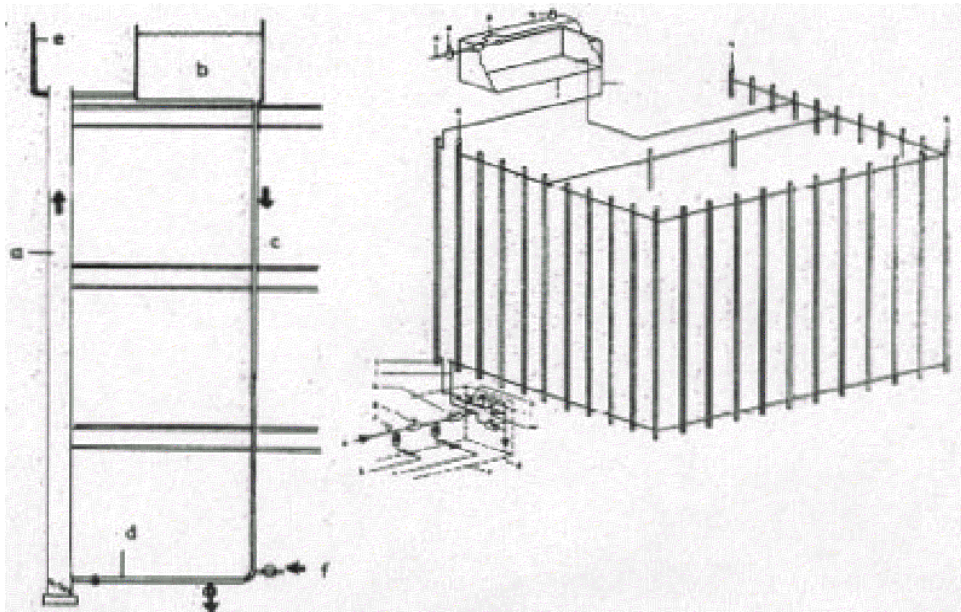
Çelik elemanlar giydirilerek yangına karşı koruma sağlanırken (Şekil 2.8)., iç mekanlarda profilin soğuk yüzünü görmek istemeyen mimarlar içinde daha kolay kullanılabilecek kesitler ve geometriler elde edilmektedir. [11]



Şekil 2.8 Yalıtım türleri

- **Su Dolaşımı İle Soğutma**

Oldukça yeni olan bu koruma sistemi, elemanları kutu ve boru en kesitli çelik taşıyıcı sistemlerde mümkündür. Kiriş ve kolonlar birbirlerine bir su şebekesi oluşturacak şekilde birleştirilirler. İçi boş elemanlardan kurulu taşıyıcı sistem, donmaya karşı antiyel katılmış su ile doldurulur. Bütün kolonlar üst katlarından, buhar kaçırıcı supap da içeren bir su deposuna bağlıdır. Şebeke bir şehir suyu girişi ve bir boşaltma çıkışına da sahiptir. (Şekil 2.9) Tabi ki, çelik elemanların hesabında, hidrostatik iç su basıncı dikkate alınmalıdır. Yüksek binalarda, şebekenin yükseklik boyunca bölünmesi gerekir.

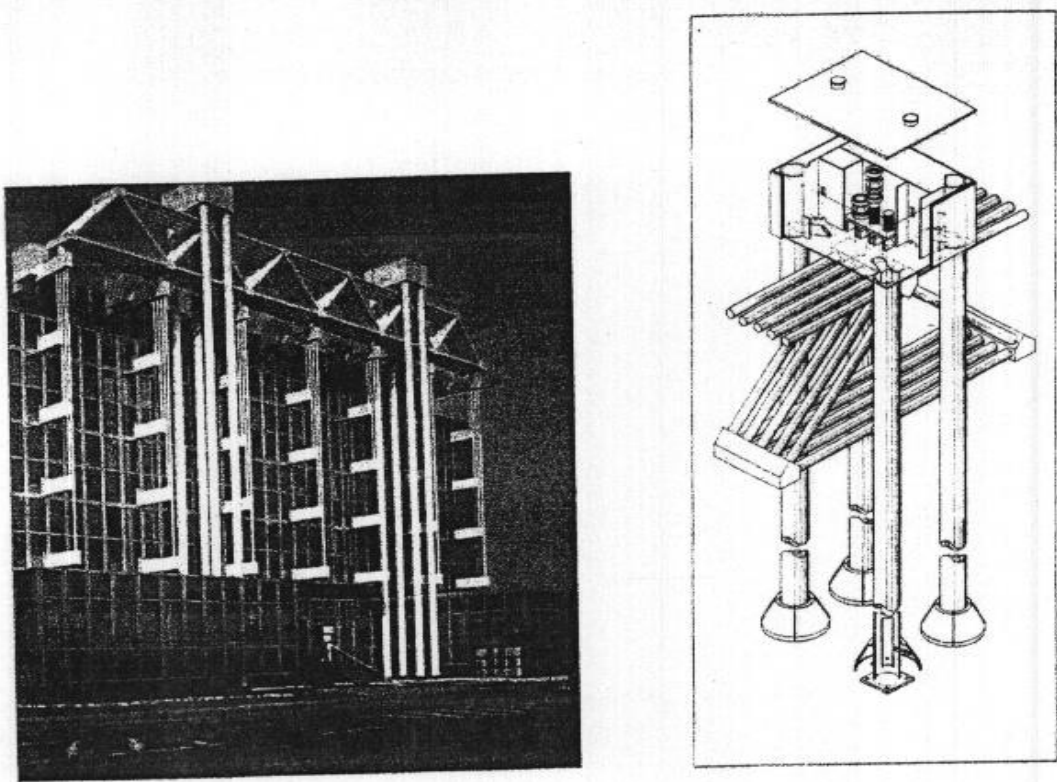


Şekil 2.9 Su dolaşımı ile soğutma

Yangın olmadıkça korozyondan korkulması gerekmez. Su değişmediği için, içerdiği sınırlı oksijen korozyonu sürdüremez.

Yangın anında, 100° C sıcaklığa varan su, büyük ölçüde ısı yutarak buharlaşır ve deponun supabından kaçar. Depodaki su buharlaşan suyun yerini alır ve sıcaklık 100° C değerini pek aşamaz. Bu sıcaklık ise, mukavemet açısından zararsızdır.

Görüldüğü gibi su dolaşımı ile soğutma, çelik taşıyıcı elemanları, yangının neden olduğu mukavemet azalmasından çok iyi bir şekilde koruyabilmektedir. Bazen şebekeye yangın durumunda devreye girerek su dolaşımını hızlandıran bir pompa da katılır. [10]



Şekil 2.10 Hannover' deki beş katlı ofis binasında yangından korunma sistemi [12]

Hannover' da ki beş katlı ofis binasının kolonlarında su ile soğutma yöntemi sayesinde 90 dakika yangına karşı koruma sağlanmıştır. Binada kompozit çelik döşemeler kullanılmıştır. Döşemeler dışarıdaki yuvarlak kesitli kolonlara ve kafes kirişlere bağlanmıştır. Kirişler dışarıdaki dört kutu kesitli kolon tarafından desteklenmiştir. Koruma için gerekli olan su tankları mimari bir öge olarak

tasarlanmıştır. Kirişler ara bağlantılar ve kolonlar su ile doldurulmuştur (Şekil 2.10). [12]

Bu yangından korunma biçiminin, ısıtma sistemleriyle ilişkili kurularak, yangın olayı dışında da yararlı olması mümkündür. Bu son durumda, suyun devamlı değişmesi korozyon getireceğinden gerekli önlemler alınmalıdır. [10]

Çelik yapı elemanları korunmalı ve yapının tamamına hitap eden aktif önlemlerden yararlanılarak gerekirse ilave yapılmalıdır. Yangın senaryosunda kritik hacmi oluşturan noktalarda aktif önlemlere ilave olarak pasif önlemler getirilmelidir. Çatı özellikle korunmalıdır. [11]

2.1.2.3 Çelik Malzemenin Korozyona Karşı Davranışı

2.1.2.3.1 Korozyon Olayının Meydana Gelmesi

Metal yapı elemanlarının elektrokimyasal özellikleri ve bulundukları ortamın etkisi ile süreye bağlı olarak kemirilip tahrip olmalarına korozyon denir. Korozyon olayının meydana gelmesi için başlıca üç sebep vardır: [2]

1. Atmosferik Koşullar

Korozyon yapısal çelik için ciddi tehlike oluşturur. Nem miktarı %70' in üstüne çıktığında havadaki oksijenle demir atomları reaksiyona girer ve paslanma meydana gelir. Atmosferik nem miktarı %70' in üzerine çıktığında çeliğin korozyona karşı korunması gereklidir. Korozyon tehdidi

- a) Relatif nem yüzde 70'in üstüne çıkıyorsa
- b) Ziraat bölgesinde
- c) Endüstri bölgesinde
- d) Deniz kenarında bulunur. [2]

2. İki Metalin Birbirine Temas Etmesi

Bir elektrolit ortamda çözülme gerilimleri farklı olan iki metalin birbirine değmesi sonucu metaller arasında bir elektron akımı başlar ve korozyon meydana gelir. [2]

3. Çeliğin Kendi Bünyesi İçinde Oluşan Korozyon

Kendi kendine oluşan korozyonda bir malzeme yüzeyinin farklı dokuda olması, aynı yüzeyde dövme, haddeleme veya kaynak gibi farklı işlemlerin bulunması veya yüzeyde havalandırmaya maruz yerlerin varlığı gibi faktörler bu tür korozyona neden olurlar.

Korozyon etkisi ile çelik malzeme üzerinde genellikle yüzeysel aşınma, noktasal çiçeklenme, derinlemesine çatlamlar görülür. [2]

2.1.2.3.2 Korozyona Karşı Koruma

Açıktaki bulunan bir çelik eleman paslanır. Çelik yapıların ömrü, çelik yapının özellikle pasa karşı iyi korunmasına bağlıdır. Çelik malzeme için pasa karşı alınan ilk önlemlerle kesinlikle yetinilmemelidir. Periyodik olarak hava koşullarına bağlı olarak bakımın ve sürekli kontrolün yapılması zorunluluğu vardır. Aslında pası ilerlemeyen yapısal çelik türleri mevcutsa da fiyatları yüksek olduğundan burada üzerlerinde durulmayacaktır. Ancak sıradan çelikte de açıktaki elemanlar günümüzde çok gelişmiş uygun boyalarla korozyondan en az on yıl korunabileceği gibi yeniden boyanmaları da her zaman mümkündür. Kompozit kullanımda ise beton korozyonu büyük ölçüde önler. Kaldı ki, betonarme yapı elemanlarının ana unsuru olan "donatı çeliği" de korozyondan etkilenir. İstanbul'da son depremden sonra incelenen betonarme binalarda bodrum ve zemin katlar kolonlarının en az yüzde atmışında ileri seviyede korozyonla karşılaşmıştır. [2]

Çelik malzemenin korozyona karşı korunması için uygulanan yöntemler :

- **Çelik Yüzeyini Kaplamak**

Korozyondan korunma yöntemlerinin en çok kullanılanı metal yüzeyinin kaplanmasıdır. Kimyasal veya mekanik yoldan çeliğin yüzeyi temizlendikten sonra kaplama maddesi olarak daha çok oksit silikat, metalik (kurşun veya çinko esaslı astar) veya organik esaslı (yağ, bitüm, plastik ve yağlı boya) malzemeler kullanılır. Bu yöntemde esas olan, kaplama maddesinin genleşme katsayısı ile çeliğin genleşme katsayısının birbirine uygun, koruyucu tabakanın belli bir kalınlıkta, deliksiz, kesintisiz ve aşınmaya karşı belli bir sertlikte olmasıdır. [2]

- **Çeliğin Alaşım Şekline Sokularak Korunması**

Bu yöntemle çeliğin dış yüzeyinin yanında iç yapısı da korozyondan korunmaktadır. Ancak oldukça pahalı bir sistemdir. Korozyona karşı çeliğe az miktarda (%0.3) bakır ve (%0.5) fosfor katılarak koruma sağlanır. Bakır bulunan alaşımların yüzeyinde çeliği korozyondan koruyan oksidasyon tabakası oluşur. Ayrıca bileşimde %18 krom, %8 nikel bulunan çeliklere paslanmaz çelik denir. [2]

- **Galvanizleme Yolu İle Korozyon Önlemi**

Yüzey temizlendikten sonra kimyasal yoldan veya daldırma yoluyla yapılır. [2]

- **Çeliği Katotlaştıracak Yapılan Koruma**

Korozyondan korunacak çeliğin kendinden daha az asal bir metale iletkene bağlanması şeklinde uygulanan bir yöntemdir. Daha çok yer altı kabloları, su ve gaz borularının korunması için kullanılır. [2]

- **Atmosferik Kontrol**

Atmosferik etkilere karşı çeliğin korunmasıdır. Boya yapılarak korozyon engellenebilir. [2]

- **Strüktürel Dizayn Faktörü**

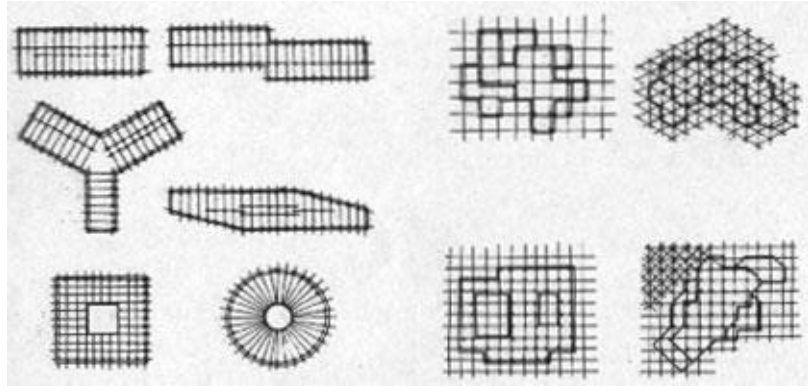
Birleşim noktalarında uygun iki metalin birlikte kullanılması gereklidir. [2]

2.2 Çelik İskelet Yapıların Taşıyıcı Sistem Nitelikleri

Yapı taşıyıcı elemanları, geometrilerine ve üzerlerine etkiyen kuvvetleri karşılama şekillerine göre sınıflandırılır. Kolon ve kiriş, iskelet sisteminin iki rijit ve doğrusal elemanıdır. Kiriş ve kolonların birlikte çalışacak şekilde mafsallı ya da ankastre birleştirilmesiyle çerçeve oluşturulur. Çerçevelerin oluşturduğu iskelet sistemin mekan yaratıcı bir özelliği yoktur. Ancak döşeme, duvar ve bölme gibi mekan oluşturan elemanların taşınmasına olanak sağlar. Bir çelik yapı tasarımında kirişlerin açıklık doğrultusu, düşey elemanların ve stabilite elemanlarının tipi ve düzenlenmesi önemli kriterlerdir. [13]

2.2.1 Plan Geometrileri ve Döşeme Sistemleri

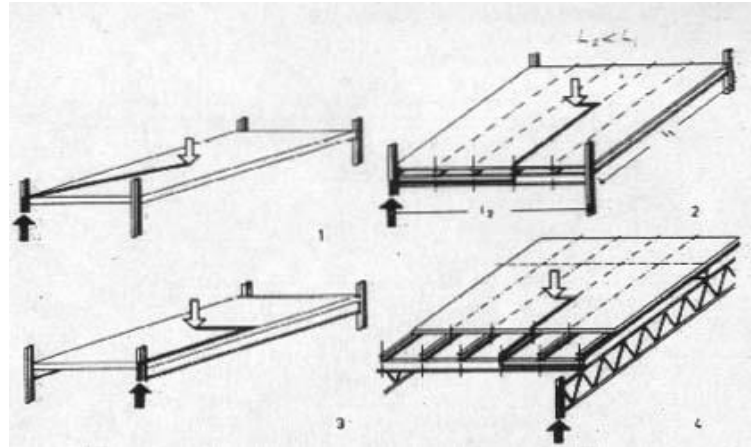
Çelik yapıların planları Şekil 2.11’ de görüldüğü gibi dar ve uzun geometrik planlı yapılar, kare ve daire şeklinde geometrisi olan yapılar ve geniş alan kaplayan yapılar olmak üzere üç ana grupta incelenebilir.



Şekil 2.11 Plan geometrileri

Dar ve uzun geometrik planlı yapılarda dışta birer sıra kolon bulunur. İçerde de genellikle bir veya iki sıra kolon yer alır. Kare ve daire planlı yapılar ise dış yüzde kolonlar, içerde bir çekirdek bulunacak şekilde düzenlenir. Geniş alan kaplayan yapılarda, belirli bir düzende olmak üzere çok sayıda kolona yer verilir.

Çelik karkas yapılarda döşemeler yapının tasarlanan fonksiyonu ve dolayısıyla plan durumuna bağlı olarak çeşitli türlerde yapılmaktadır (Şekil 2.12). [14]



Şekil 2.12 Döşeme türleri [14]

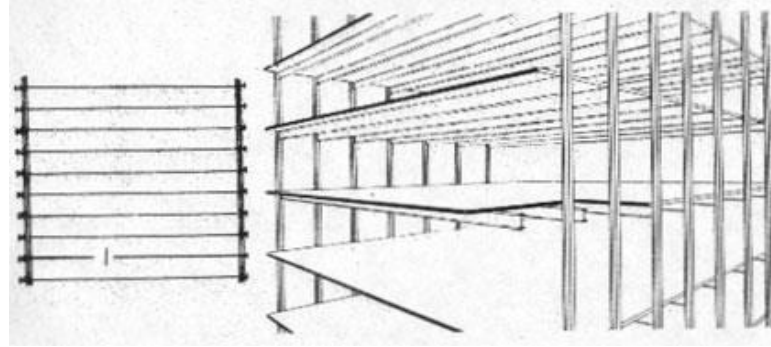
Şekil 2.12.1' de görülen kirişsiz döşeme sık kolonlu sistemler için uygundur. Bu tür döşemeler yükleri en kısa yoldan kolonlara aktarır. Ancak , büyük açıklıklarda, çok ağır olmaları nedeniyle tercih edilmezler. [13]

Şekil 2.12.2' de, bir doğrultuda kirişlemeli döşeme tipi görülmektedir. Kolon aralıkları bir doğrultuda sık, diğer doğrultuda seyrek. Kirişler doğrudan doğruya kolonlara mesnetlenir.

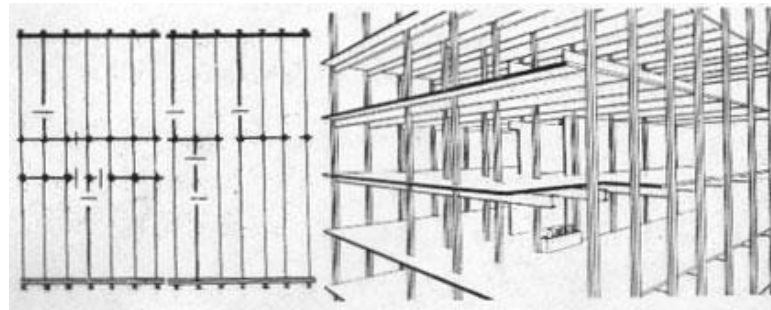
İki doğrultuda da kolon aralıklarının büyük olması halinde kirişleme de iki doğrultuda yapılır. Döşeme kirişleri yüklerini kat kirişleri vasıtasıyla kolonlara aktarır (Şekil 2.12.3). Döşeme kiriş açıklığı L_1 , kat kiriş açıklığı L_2 den büyüktür.

Kolon aralıklarının çok büyük olması halinde Şekil 2.12.4’ de görüldüğü gibi üç kat kirişlemeli döşemelerin kullanılması önerilebilir. Kat kirişleri yüklerini daha yüksek kat kirişleriyle kolonlara aktarırlar.

Şekil 2.13 ve Şekil 2.14 bir doğrultuda kirişlemeli döşeme sistemi kullanmış iki yapıyı göstermektedir. Şekil 2.13’ deki gibi dar planlı yapılarda kolonlar yalnız dış yüzlere sık olarak konmaktadır. Böylece içerde kolon bulunmayacağından hacimlerden yararlanma olanakları artmaktadır. Örneğin, garajlarda kolonsuz iç hacimler park kolaylığı sağladığından bu sistem çok kullanılır. Şekil 2.14’ de yine aynı sistem, bu kez içerde de kolon sıralarının bulunması hali için uygulanmıştır. Birbirine yakın iç kolon sıraları arasında koridor duvarları yer alır. Bu sistem daha çok koridor civarında hacim değişikliğine gerek bulunmayan otel, hastane gibi yapılar için elverişli olmaktadır.

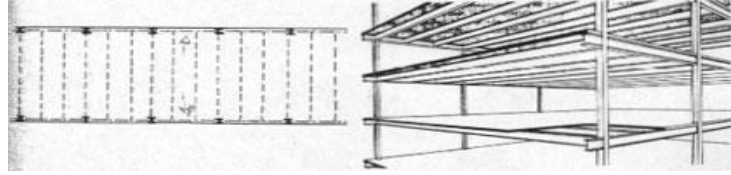


Şekil 2.13 Bir doğrultuda kirişlemeli döşeme sistemi



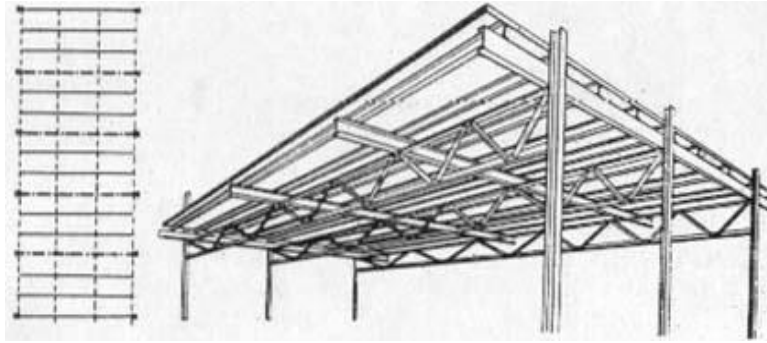
Şekil 2.14 Bir doğrultuda kirişlemeli döşeme sistemi

Şekil 2.15 iki doğrultuda kirişlemeli döşeme sistemine sahip bir yapıyı göstermektedir. Planda görüldüğü gibi kolonlar yalnız dış yüzlerde ve büyük aralıklarla konmuştur. Kat kirişleri kolonlar arasında, döşeme kirişleri ise bina genişliğince uzanmaktadır.



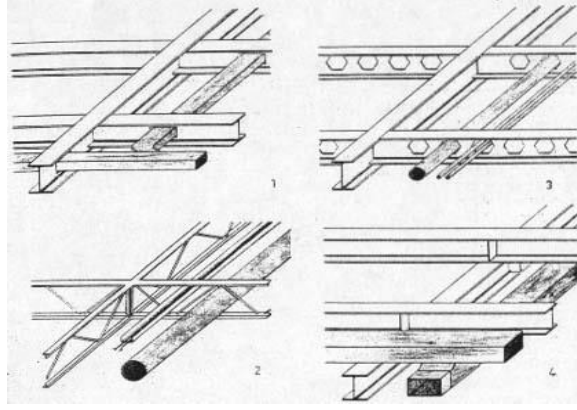
Şekil 2.15 İki doğrultuda kirişlemeli döşeme sistemi

Şekil 2.16’ da üç kat kirişlemeli döşeme sistemine ait bir örnek görülmektedir. Önceden sözü edildiği gibi büyük açıklıklarda, kat kirişlerinin ana kirişler üzerine mesnetlendirilmesi gerekmektedir. Ana kirişler dolu veya kafes gövdeli olabilir. Örnekte döşeme kirişi, kat kirişi ve ana kiriş birbirinin üzerine oturmaktadır. Dolayısıyla ana kirişler doğrudan doğruya yük almaz. Döşeme kirişleri veya kat kirişleriyle ana kirişin aynı düzlemde olması halinde ise, ana kirişe doğrudan gelen yükler bulunacaktır.



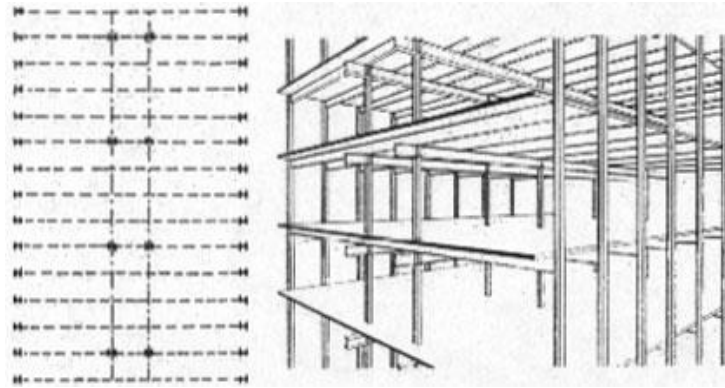
Şekil 2.16 Üç kat kirişlemeli döşeme sistemi

Kirişlemeli döşeme sistemlerinde tesisatın yerleştirilmesi problem teşkil etmemektedir. Döşeme kat kirişleri aynı seviyede ise Şekil 2.17.1 ve Şekil 2.17.2’ de olduğu gibi, tesisat, kiriş gövdelerinden açılan boşluklardan geçirilebilir. Özellikle petek kirişler bu iş için çok elverişlidir. Şekil 2.17.3’ de kirişler yine aynı seviyede ve kafes tarzındadır. Bu da tesisat bakımından kolaylık sağlar. Fakat üçgen gözlerin büyüklüğüne göre tesisat kesitleri sınırlı olmak zorundadır. Şekil 2.17.4’ de görüldüğü gibi döşeme kirişlerinin kat kirişleri üzerine oturması halinde ise, yapı yüksekliği artmakla birlikte tesisat kesitleri yönünden serbestlik kazanılmaktadır.



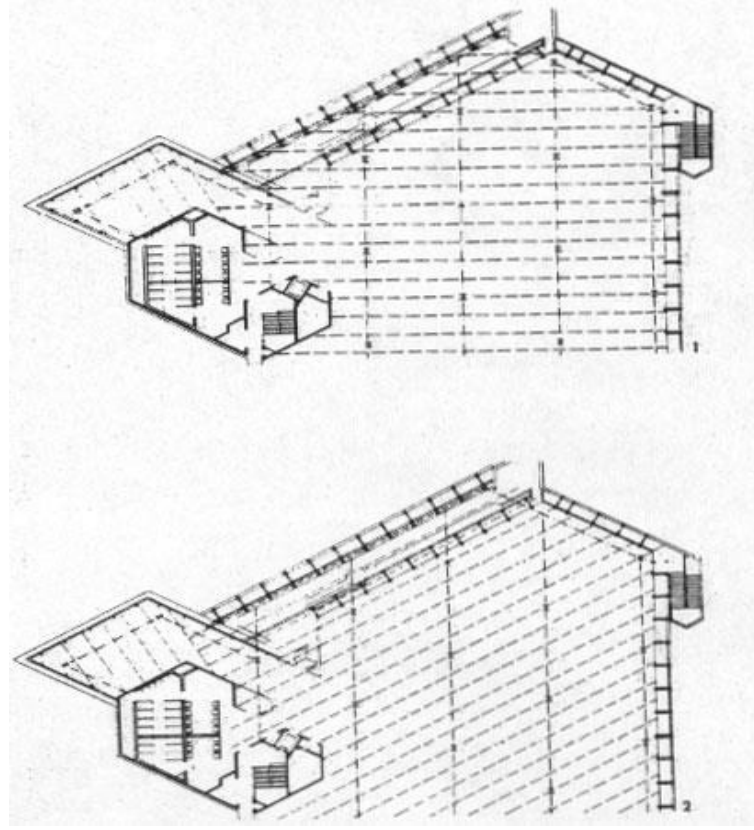
Şekil 2.17 Tesisatın yerleştirilmesi

Şimdiye kadar sözü edilen sistemlerin yanında çoğu kez, bunların kombinasyonundan meydana gelen sistemler elverişli çözümler vermektedir. Bunlara kısaca kombine sistemlerde denilebilir. Burada dış kolonlar sık bir şekilde düzenlenip iç kolon aralıkları ise büyük alınmaktadır. Dış kolonların sık olması, bölme duvarının istenilen aksa konabilmesi açısından fayda sağlar. Şekil 2.18 böyle bir düzenlemeyi göstermektedir. Yine döşeme kirişleri kat kirişleri aracılığıyla yükleri kolonlara aktarır. Üç gözlü olan yapı gerektiği takdirde küçük ve büyük hacimlere bölünebilir.



Şekil 2.18 Kombine sistemler

Üçgen planlı yapılarda döşemeler, kat ve döşeme kirişleriyle, döşeme plaklarının mesnet açıklıkları yeter derecede küçük olacak şekilde kısımlara bölünür. Şekil 2.19.1' de bütün alanı kaplayan ortogonal bir kirişleme sistemi uygulanmıştır. Şekil 2.19.2' de döşeme kirişleri ile kat kirişleri birbirlerini 60° lik açılarla kesmektedir. İkinci örnekteki döşeme kiriş açıklıkları birinciye nazaran büyük olduğundan profil kesitleri büyüktür. Bir başka kirişleme sistemi olarak da döşeme alanlarının kirişlerle üçgenlere bölünmesi yoluna gidilebilir. [14]



Şekil 2.19 Üçgen planlı çelik karkas yapılar [14]

2.2.2 Sistemin Bileşenleri

2.2.2.1 Çelik Kirişler

Kirişler, iskelet sistemleri oluşturan çerçevelerin kolon ya da duvar gibi düşey elemanlarını bağlayacak şekilde yatay ya da eğik düzenlenen taşıyıcı elemanlardır. Çelik yapıda kirişler üzerlerine etkiyen yüke, geçtikleri açıklıkları, yapı içindeki tesisatın geçirilme şekline bağlı olarak dolu, boşluklu ya da kafes gövdeli olarak düzenlenir. [13]

2.2.2.1.1 Dolu Gövdeli Çelik Kirişler

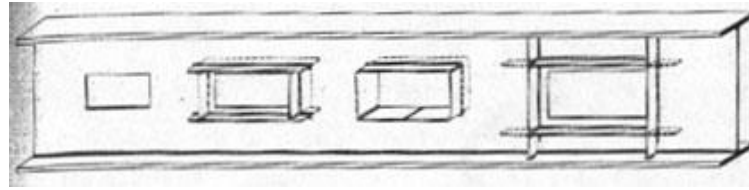
Dolu gövdeli çelik kirişler, hadde mamulü profiller, levhalı yapma en kesitler ya da profil ve levhalarla oluşturulmuş bileşik en kesitlerle düzenlenir.

Hadde mamulü dolu gövdeli kirişler genellikle geniş başlıklı I profillerle yapılır. Bu profillerin başlıklarında malzeme yoğunluğu olduğu için basit eğilme etkisindeki kirişler için uygun bir kesittir. U ya da köşebent gibi simetrik olmayan profillerle düzenlenecek kirişlerde eğilme momentleri ile birlikte burulma momentleri de

oluşacağından bu kirişler fazla yüklü olmamalıdır. Kirişin taşıdığı yük bakımından hadde mamulü profilin yeterli olmadığı durumlarda, kiriş yüksekliği sınırlı ise ya da tüm kiriş yüksekliğinin artırılması ekonomik olmayacaksa, momentin büyük olduğu kısımlarda kiriş levhalarla takviye edilebilir.

Levhalı yapma en kesitli kirişler hazır profil ve takviyeli profil en kesitlerinin yetmediği büyük açıklıkların geçileceği durumlarda kullanılır. Genellikle kiriş iki başlık levhasının tek gövde levhasına eklenmesiyle oluşturulur. Levhalı yapma en kesitli kiriş yüksekliği arttıkça gövde levhası kalın yapılmalı ya da ince yapılacaksa, gövdenin karşıladığı kesme kuvvetlerinin gövdede buruşmaya yol açmaması için gövde düşey ya da yatay levhalarla berkitilmelidir. Berkitilme levhaları kirişi ağırlaştırır. Kutu kesitler, iki başlık levhasına iki gövde levhası kaynaklanarak oluşturulur. Bunların bertilmesi içten diyafram levhalarıyla yapılır. [13]

Dolu gövdeli kirişlerden boru ve tesisat geçirilmesi halinde, açılacak boşluğun büyüklüğüne bağlı olarak Şekil 2.20’ de görüldüğü gibi berkitmeler yapılmalıdır. [14]



Şekil 2.20 Dolu gövdeli kirişten boru ve tesisat geçirilmesi

2.2.2.1.2 Boşluklu Gövdeli Kirişler

Açıklıklar büyüdükçe çelik kirişlerin dolu gövdeli düzenlenmesi kiriş yüksekliğini ve ağırlığı artıracığı için ekonomik olmaz. Kiriş gövdesini boşluklu düzenlemek kirişi hafifletir. Castella, Litska ve Vierendel kirişler boşluklu gövdeli kirişlerdir. Eğilmeye çalışan bu kirişlerdeki boşluklar tesisat borularının geçirilmesine olanak verir. [13]

2.2.2.1.3 Kafes gövdeli kirişler

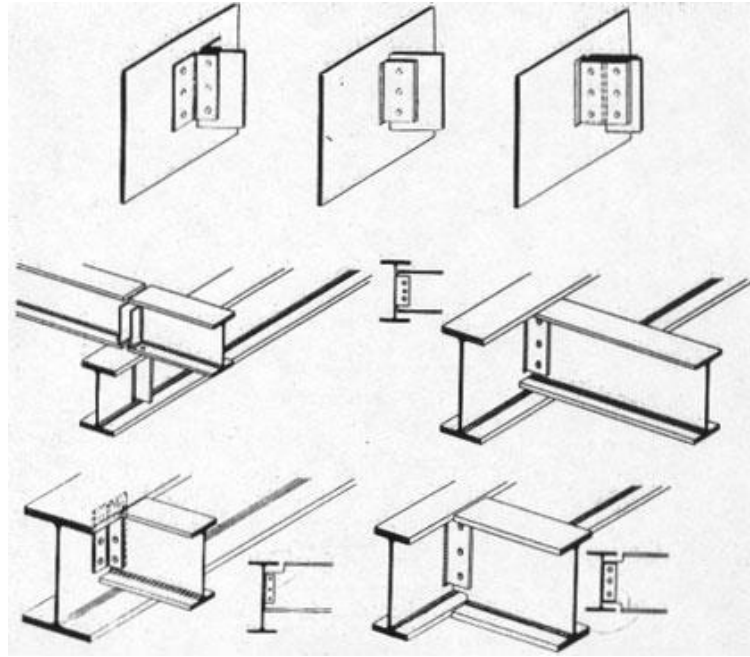
Alt başlık, üst başlık ve örgü çubuklarının üçgen alanlar oluşturacak şekilde düzenlendiği kafes gövdeli kirişler, R- kiriş, düzlem kafes ve uzay kafes kirişlerdir. Yükler kafes gövdeli kirişlerin düğüm noktalarına etkiğinde, sistemi oluşturan

Çubuklar sadece çekme ve basınca çalışacağından ince en kesitlerle büyük açıklıklar geçilebilir.

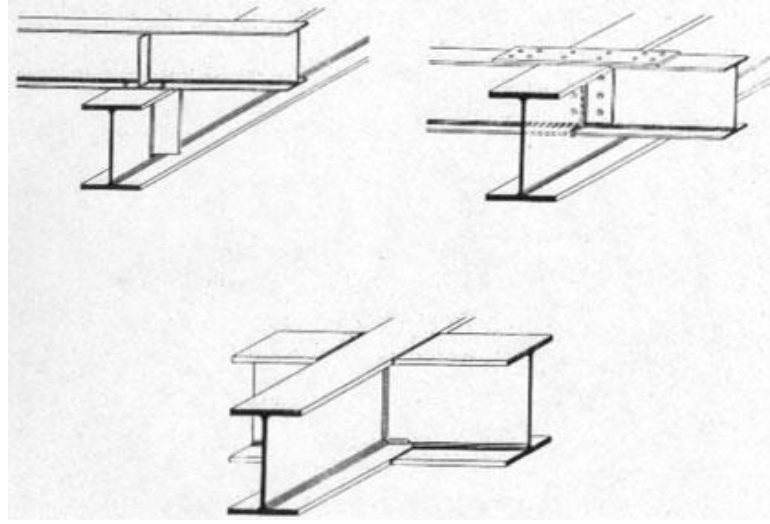
elik düzlem kafeslerin yükseklikleri, açıklığın 1/12- 1/16'si kadar alınır. Kiriş düğüm noktaları aynı düzlemde olmayan uzay kafes kiriş olarak düzenlendiğinde sistem yüksekliğı açıklığın 1/20-1/30 u kadar yapılabilir. [13]

2.2.2.1.4 Kiriş - Kiriş Birleşimi

Kirişlerin birbirleriyle ya da bağı kirişleri birleşimi mafsallı ya da ankastre yapılır. Eğılmeye alışan bir kiriş en kesiti düzenlenirken kiriş gövdesinin kesme kuvvetlerini kiriş başlıklarının da eğılme momentlerini karşıladığı kabul edilir. Bu nedenle kiriş- kiriş birleşiminin gövdeden yapılması sadece kesme kuvvetlerinin aktarıldığı mafsallı birleşimi sağılar. Ankastre birleşimde kiriş başlıklarında da süreklilik sağılanmalıdır [13]. şekil 2.21' de kesme kuvveti aktaran kiriş-kiriş birleşimlerine ait bazı detayları göstermektedir. şekil 2.22' de ise kesme kuvveti ve mesnet momenti aktaran kiriş-kiriş birleşimlerinden bazı örnekler verilmiştir. [14]



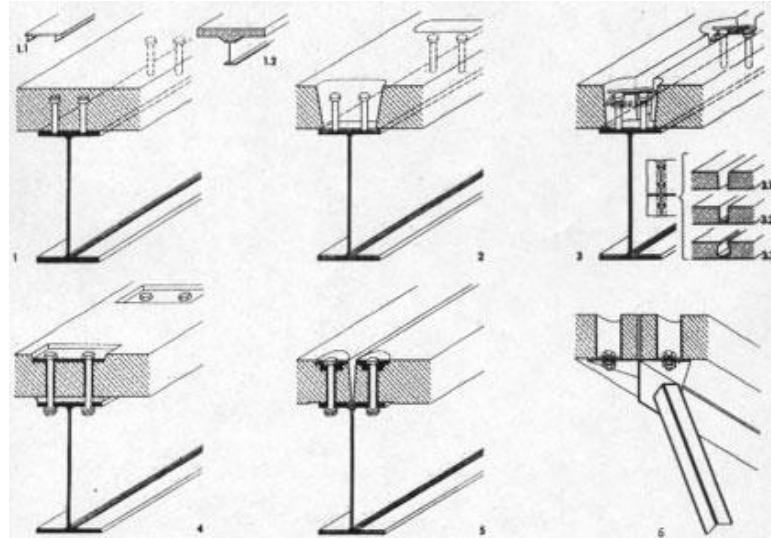
şekil 2.21 Kesme kuvveti aktaran kiriş-kiriş birleşimi



Şekil 2.22 Kesme kuvveti ve mesnet momenti aktaran
kiriş-kiriş birleşimi

2.2.2.1.5 Kompozit Kirişler

Çelik karkas yapılarda prefabrike döşemeli kompozit kirişler çok kullanılmaktadır. Şekil 2.23.1' de döşeme betonu yerinde dökülmüştür. Şekil 2.23.2' de prefabrike beton levhalarda kamalar için boşluklar bırakılmıştır. Sonraki üç şekil de sürtünme ile kompozitlik etkisinin verildiği Krupp-Montex sistemi görülmektedir. Şekil 2.23.6' da ise, kafes kirişin üst başlığını beton plağın oluşturduğu, Rüterbau sistemi gösterilmiştir. [14]



Şekil 2.23 Kompozit kirişler

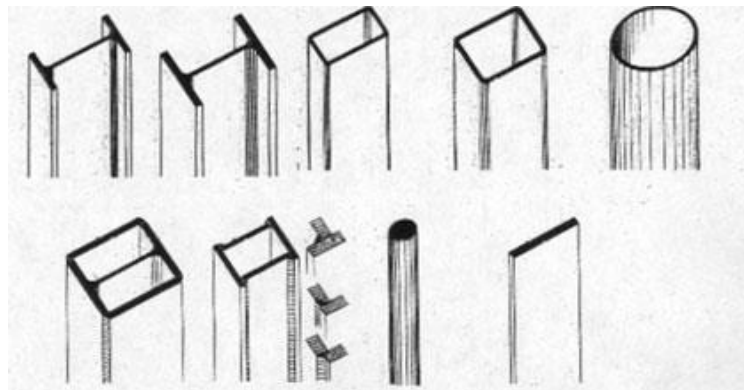
2.2.2.2 Çelik Kolonlar

Kolonlar döşeme ve kirişlerden gelen yükleri zemine aktaran doğru eksenli düşey yapı elemanlarıdır. Çelik yapı kolonları genellikle eksenel basınca çalıştırılır. Ancak ankastre bileşimli çerçeve kolonları yüklemekten doğacak eğilme gerilimlerini de karşılayacak şekilde tasarlanır. Bir çelik yapıda kolonlar üst üste gelmeli, etkiyen tüm yatay ve düşey yükleri üzerine oturduğu diğer yapı elemanlarına aktarabilmeli ve konstrüksiyon yüksekliği ile açıklığı arasında dengeli bir bağlantı olmalıdır. [13]

2.2.2.2.1 Kolon En kesitleri

Bir çelik yapıda kolon en kesitleri tek ya da çok parçalı olarak kolonun çerçeve kirişleri ve bağ kirişleri ile birleşimleri dikkate alınarak düzenlenir. Çok katlı çelik yapı kolonları olarak her iki eksen etrafında aynı narinlikli en kesitler tercih edilir. Tek parçalı kolon en kesiti olarak genellikle geniş başlıklı I profilleri, boru ya da kutu kesitli profiller kullanılır (Şekil 2.24).

Geniş başlıklı I profilleri tek parça hadde mamulü profil olarak her iki eksen etrafındaki atalet yarıçapları en yakın olan profillerdir. Daire kesitli tübüler kolonlar atalet yarıçapları her yönde aynı olduğu için y-ekseni etrafında zayıf olan geniş başlıklı I kesitlerden daha üstündür. Fakat üretim maliyeti yüksektir ve birleşim yüzeyinin eğrisel olması nedeniyle diğer yapı elemanlarıyla birleşim detayları sorun yaratır. Oysa aynı boyuttaki bir kutu profilin hem en kesiti daha fazladır hem de atalet yarıçapı daha büyük olduğu için daha büyük basınç kuvvetleri taşıyabilir. Ayrıca düzgün yüzeyli oldukları için diğer yapı elemanları ile birleşimi daha kolaydır. [13]



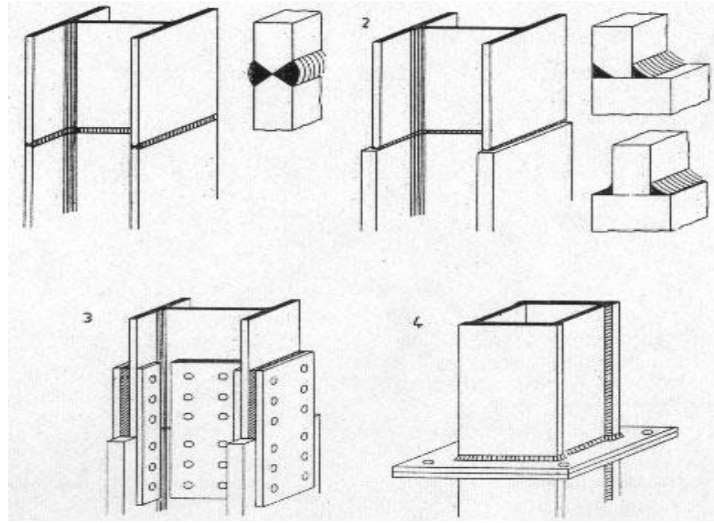
Şekil 2.24 Kolon enkesitleri [14]

Hadde profillerinden biraz daha büyük bir kolon en kesiti gerektiğinde öncelikle profil başlıkları bir levha ya da profil kaynaklanarak takviye ile kesit büyütülmesi yoluna gidilir. Düşey yükler fazla ve hadde mamulü profillerin taşıma sınırlarını geçiyorsa, kolon başlıklarında düzenlenen levha ya da profillerin şişip açılma riski vardır. Bu durumda kolon en kesitinin levhaların ya da profillerin birleştirilmesi ile oluşturulan bir yapma en kesit şeklinde düzenlenmesi daha uygun olur. Bu şekilde levhaların kesilip sürekli kaynaklanması ile bir I kesit, 2 köşebent, 2 U profil ya da 4 levhanın kaynaklanması ile bir kutu kesit ya da kolon atalet momentini tek ya da iki doğrultuda artıracak şekilde çeşitli düzenlerle oluşturulabilir. Kutu kesitli olarak imal edilen kolonların iç yüzeylerinin bakımı sonradan yapılamayacağı için birleşim kenarları içeriye hava ve rutubet geçirmeyecek şekilde sürekli kaynaklanır.

Kolona etkiyen basınç kuvveti arttıkça kolonun atalet yarıçapını ekonomik sınırlarda artırmak için kolon ayrı düzenlenen profillerle de oluşturulabilir. Genellikle I ya da U profillerle çok parçalı olarak oluşturulabilen bu birleşik en kesitlerde profiller birbirlerine bağ levhaları ya da kafes örgü ile birleştirilerek beraber çalıştırılır. Bu bağlantılar sürekli değil yer yer yapıldığı için az bir maliyetle kolonun taşıma gücü artırılmış olur. Kolunun yer yer düzenlenen enine levhalarla oluşturulmasına çerçeveli kolonlar, çaprazlamalar ya da enine levhalar ve çaprazlamalarla oluşturulmasına "kafes örgülü kolonlar " denir. [13]

2.2.2.2.2 Kolon Ekleri ve Kolon-Kiriş Birleşimleri

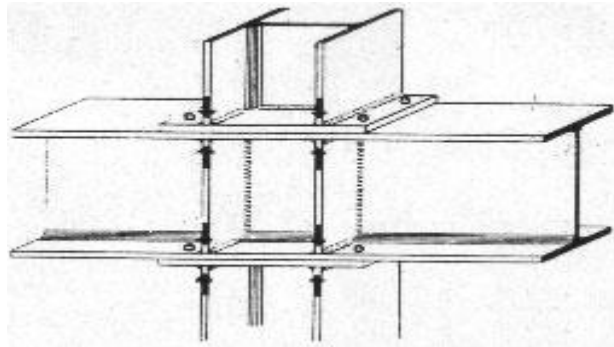
Çelik yapılarda kolonlar, profil üretim boyu ve kat yüksekliğine bağlı olarak iki ya da üç katta bir eklenir. Üst katlarda kolon yükünün azalması nedeniyle yapılacak kesit küçültmelerinde zorunluluk olmadıkça her katta ek yapılmaz, aksi halde malzemeden edinilen kazancın büyük bir kısmı ek için harcanır. Kolon ekleri birleşecek iki kolonun gövde ve başlıklarından küt kaynakla birleştirilmesi (Şekil 2.25.1 ve Şekil 2.25.2), gövde ve başlıklarda ek levhaları düzenlenmesi (Şekil 2.25.3), taban ve/veya üstünde alın levhaları kullanılması (Şekil 2.25.4) ile üç şekilde düzenlenir.



Şekil 2.25 Kolon ekleri

Ekler bulonlu ya da kaynaklı olarak yapılır. Kolon ekleri genellikle burkulma gerilmelerin az olduğu bölgede, döşeme kirişlerinin 30-50 cm yukarısında, ek levhalarının kirişe değmeyeceği ve rahat çalışabilecek yükseklikte yapılır. Kolon en kesit ağırlık merkezi ile levhaların ağırlık merkezi aynı noktada düzenlendiğinde kolona etkiyen basınç kuvveti herhangi bir eksantrisite olmaksızın aktarılır.

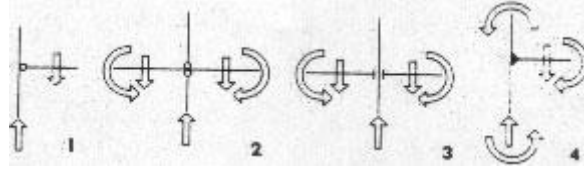
Kat kirişinin sürekli geçtiği durumlarda üst ve alt kolon birleşimi Şekil 2.26' da görüldüğü gibi düzenlenmektedir.



Şekil 2.26 Sürekli kirişte kolon eki

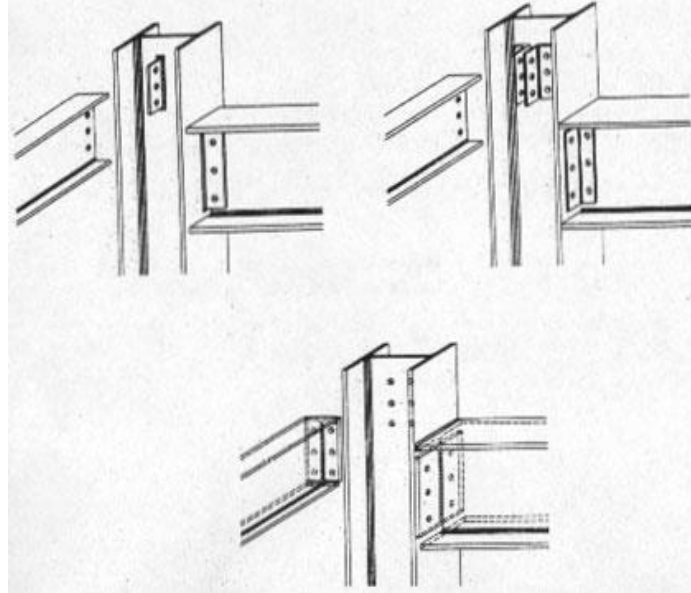
Taşıyıcı sistemin türüne bağlı olarak kolon-kiriş birleşimlerinde aşağıdaki durumlar ortaya çıkmaktadır.

1. Kesme kuvveti aktaran birleşimler: Kiriş kesme kuvveti kolona normal kuvvet olarak geçmektedir. (Şekil 2.27.1)
2. Kesme kuvveti ve moment aktaran birleşimler: Moment etkisi kolona geçmez. (Şekil 2.27.2)
3. Genellikle, pandül kolonların eğilme rijitlikleri kirişlere oranla küçük olduğundan, rijit birleşime rağmen kirişten kolona moment geçmediği yeter bir emniyetle kabul edilir. (Şekil 2.27.3)
4. Rijit birleşimler: Kesme kuvveti ile birlikte momentte kolona aktarılır. Örnek olarak çerçeve köşeleri gösterilebilir. (Şekil 2.27.4)



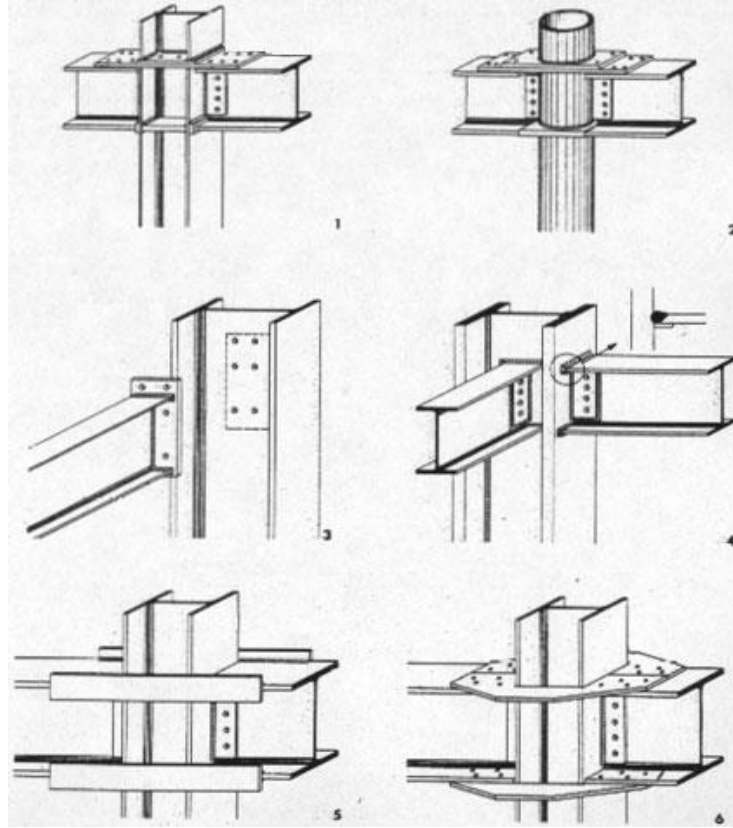
Şekil 2.27 Kolon-kiriş birleşimi

Sadece kesme kuvveti aktaran birleşimlere ait bazı detaylar Şekil 2.28' de verilmiştir.



Şekil 2.28 Kesme kuvveti aktaran birleşimler

Kesme kuvveti ve moment aktaran bazı birleşim detayları Şekil 2.29' da görülmektedir.

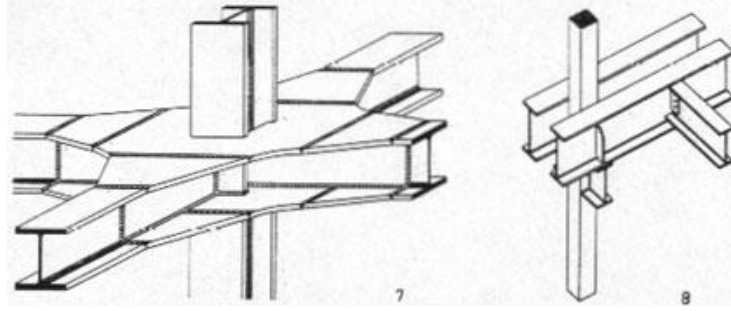


Şekil 2.29 Kesme kuvveti ve moment aktaran birleşimler

Şekil 2.29.1' de üst başlık çekme kuvveti süreklilik levhasıyla aktarılmaktadır. Bu levha, aynı zamanda alt ve üst kolon kısımları için baş veya ayak levhası görevini görmektedir. Alt başlık basınç kuvveti temasla aktarılır. Şekil 2.29.2 de benzer türdedir. Yalnız burada, alt başlığın basınç kuvvetini aktarmak için kolon kesilerek araya bir basınç parçası konmuştur. Şekil 2.29.3' te alın levhalı bir birleşimi göstermektedir.

Rijit kolon-kiriş birleşimlerinde kaynak kullanıldığında, gövde laşeleri montajda kolaylık sağlamaktadır (Şekil 2.29.4). Bu laşeler önce kiriş gövdesine bulonlanır, daha sonra da kaynaklanır. Şekil 2.29.5' te, kesme kuvveti kolona kaynaklı laşelerle aktarılmaktadır. Kolon sürekli. Kirişin başlık kuvvetleri dört köşe dikişiyle kiriş başlıklarına kılıcına kaynaklanmış laşelerle aktarılmaktadır. Kaynak dikişleri şantiyede çekilir. Şekil 2.29.6' da ise kesme kuvvetleri yine kolona kaynaklı laşelerle aktarılmakta; başlık kuvvetleri kirişe, bulonlarla bağlı yatay düğüm levhalarıyla geçmektedir. Kolon moment almaz. Bu tür birleşimin düzenlenmesinde, düşey tesisat

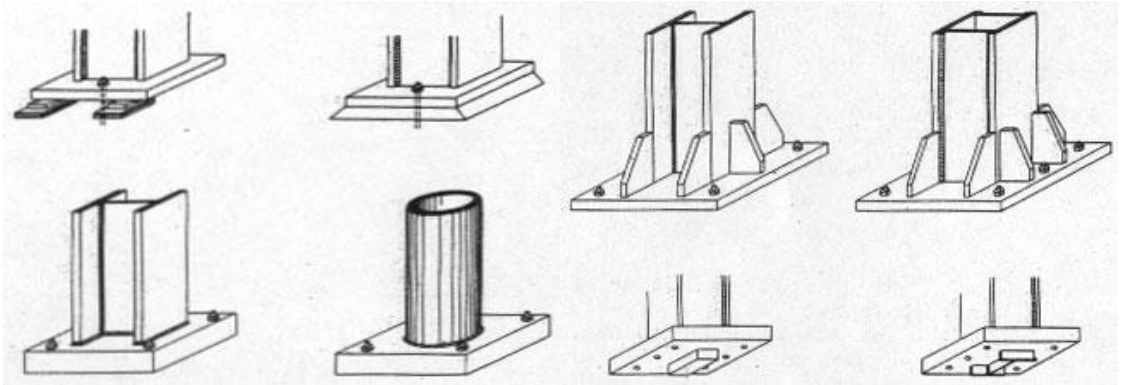
borularının yerleştirilmesi dikkate alınmalıdır. Şekil 2.30.1' deki birleşim de benzer tarzdadır. Dügüm levhaları kiriş başlıklarıyla aynı seviyededir ve bunlara küt dikişlerle birleşmiştir. Kolona moment geçmez. Şekil 2.30.2' de dolu kare enkesitli kolona, konsollar kaynaklanmıştır. İki parçalı olan sürekli kat kirişi konsollar üzerine oturmaktadır. [14]



Şekil 2.30 Rijit kolon-kiriş birleşimi

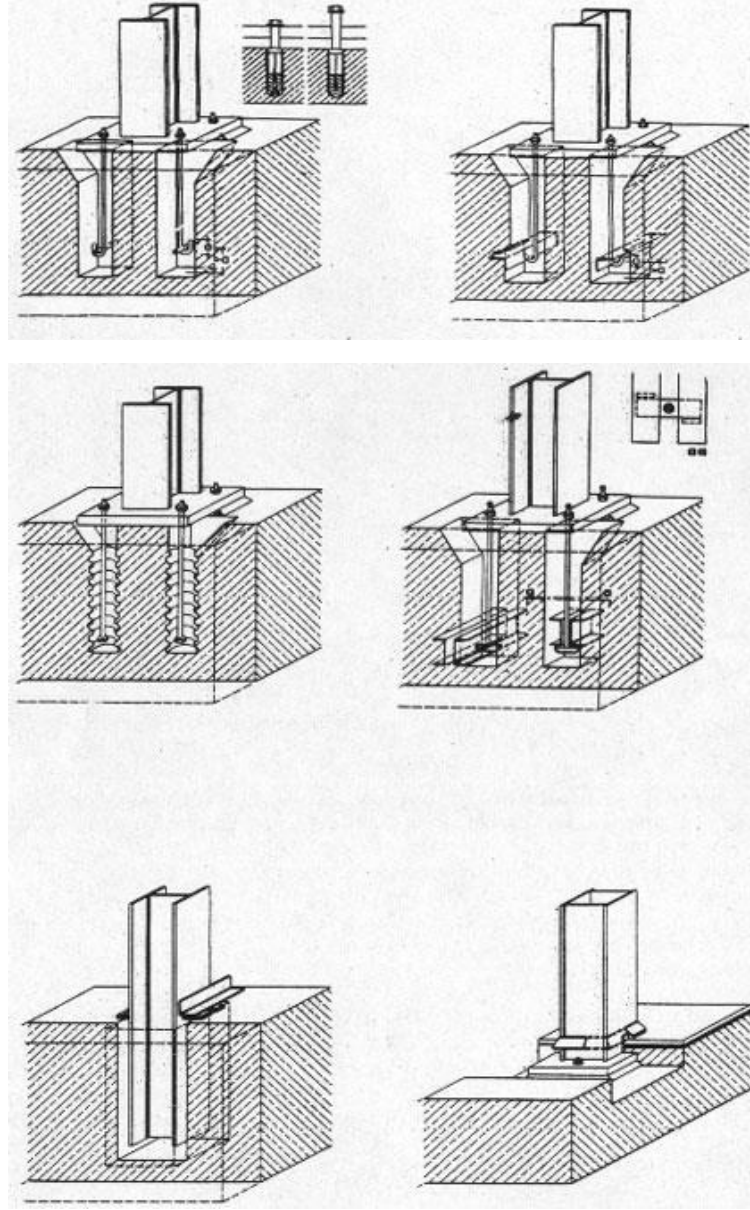
2.2.2.2.3 Kolon-Temel Birleşimi, Kolon Ayakları

Çelik yapıda temeller beton ya da betonarme yapılır. Kolon tabanında kolon yüklerini temel üst yüzeyine yayarak aktaran düzenlere "kolon ayakları" denir (Şekil 2.31). Kolon- temel birleşimi en basit olarak atölyeden kolona kaynaklanmış olarak getirilen taban levhasının, yüzeyi düzeltilerek ankraj bulonları ile hazırlanmış temel üzerine oturtulup bulonların sıkıştırılması ile gerçekleştirilir. [13]



Şekil 2.31 Kolon ayakları [14]

Kolon ayaklarının temel ile birleşimi mafsallı ve ankastre olmak üzere iki şekilde düzenlenir (Şekil 2.32). Mafsallı kolon ayakları eksenel basınç kuvvetinin büyük olmadığı kolonlarda ve orta sertlikte zemine oturan temellerde düşey yükün temele aktarılmasında kullanılır. Bunlara "basit kolon ayakları" da denir. [13]



Şekil 2.32 Kolon ayaklarının temel ile birleşimi [14]

Kolon temel birleşiminin mafsallı yapılabilmesi kolon ile taban levhasının birleşimine bağlı olarak yüzeysel, çizgisel, noktasal olmak üzere üç şekilde gerçekleştirilebilir.

Yüzeysel mafsallı kolon tabanı ile temelin birleştirilmesinde mafsallığın sağlanması, kolunun dönme eksenini etrafında iki ankraj bulunu düzenlemesi ile yapılır. Kolon yükünün temel üzerine oturan taban levhasında daha geniş bir alana dağıtılması için kolon- taban levhası birleşiminde ek kanat levhaları kullanılabilir.

Büyük düşey kuvvetlerin etkidiği ve mafsallı yapılması gereken kolon ayaklarında mesnetlenme kolunun bir eksen etrafında dönmesine izin verilecek şekilde çizgisel yapılır. Burada kolon reaksiyonu taban levhasına temas yüzeyi olan bir çizgi boyunca aktarılır.

Noktasal mafsallı mesnetler kolunun her iki eksen etrafında da dönmesi gerektiği durumlarda yapılır. Bunun için temel üzerindeki levhaya kaynaklanmış bir küresel çelik elemana kolon tabanındaki levha altına kaynaklanmış silindirik parça geçirilir.

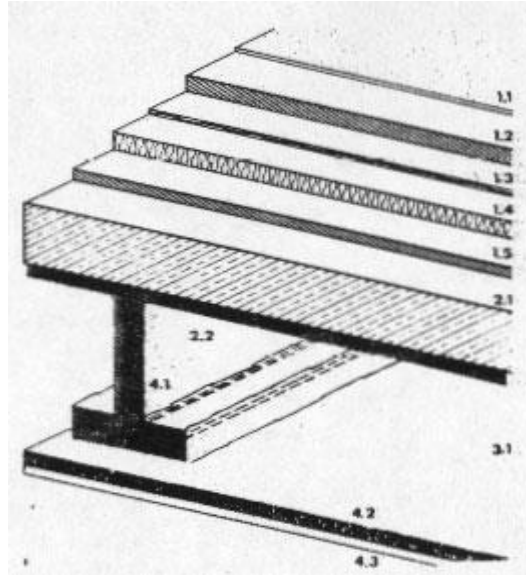
Kolon- temel birleşiminin mafsallı yapılabilmesi için kolon ağırlık merkezi ile yeterli kalınlıktaki taban ağırlık merkezi aynı doğrultuda yapılmalı, eksenel basınç kuvveti herhangi bir eksantrisiteye yol açmadan temele aktarılmalıdır.

Ankastre kolon ayakları kolonda düşey eksenel basınç kuvvetine ek olarak eğilme momenti alan ve yapı stabilitesinin ankastreliğe bağlı olduğu durumlarda ve sağlam zemine oturan temellerde yapılır. Kolon- temel birleşimindeki ankastrelik, yüzeysel düzenlenmiş kolon ve taban levhasının dört ankraj bulonu ile temele kare bağlanmasıyla yapılır. Kolonda önemli bir yukarı kaldırma söz konusu ise kolon tabanına eklenecek profiller yardımıyla ankraj bulonları, yukarı kaldırma hareketini aşağıda tutacak şekilde düzenlenir. [13]

2.2.2.3 Döşemeler

Çelik karkas yapılarda döşeme plaklarının teşkilinde iki malzeme kullanılmaktadır: Çelik ve beton. Çelik döşemelerde, düz veya mukavemeti arttırmak amacıyla form verilmiş çelik levhalar kullanılır. Bu levhalar üzerine yükün dağıtılması yangın ve ses izolasyonu için beton bir tabaka dökülür. Çelik döşemelerin, ağırlığın az olması, çabuk yapımı, kalıp gerekmemektesi, montajdan hemen sonra üzerinde yürünebilmesi gibi avantajları vardır. En önemli mahsuru ise, taşıyıcı olarak kullanılması halinde yangına karşı aşağıdan korunma gereksinimidir.

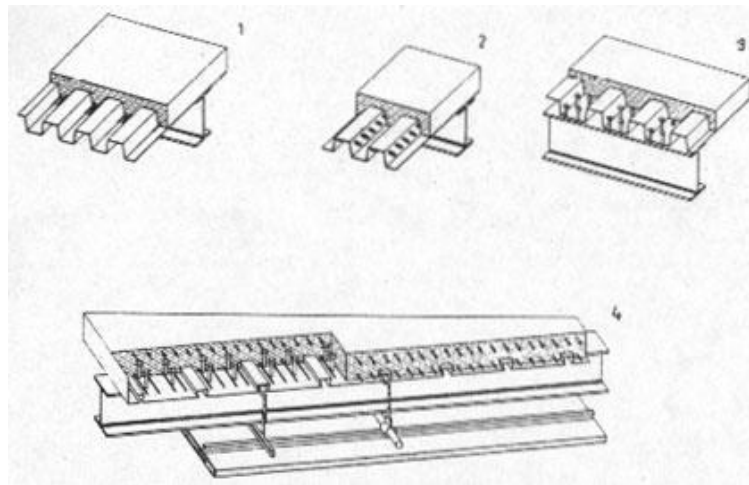
Çelik karkas yapılarda kat döşemeleri Şekil 2.33' de gösterildiği gibi aşağıdaki elemanlarla düzenlenmektedir.



Şekil 2.33 Kat döşeme elemanları

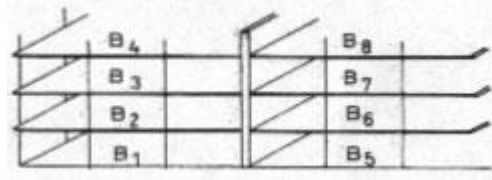
1.1. Yer kaplaması, 1.2. Şap, 1.3. İzolasyon, 1.4. Ses izolasyonu, 1.5. Tesviye şapı, 2.1. Döşeme plağı, 2.2. Döşeme kirişi, 3.1. Hava hacmi, 4.1. Kirişin ve döşemenin kaplaması, 4.2. Asma tavan üstü izolasyonu, 4.3. Asma tavan

Şekil 2.34 bazı çelik döşeme tiplerini göstermektedir. Şekil 2.34.1' deki trapezoidal sac levha sadece kalıp vazifesini görmektedir. Donatı yeterince betonla örtülerek döşeme yangına karşı mukavim hale getirilmiştir. Şekil 2.34.2' de beton ile levha kompozit olarak çalışmaktadır. Şekil 2.34.3' de ise döşeme ile kiriş kompozit çalışmaktadır. Şekil 2.34.4' de betonarme plak taşıyıcı olup, trapez levha sadece kalıp vazifesi görür. Kirişle döşeme kompozit çalışmaktadır.



Şekil 2.34 Çelik döşeme tipleri

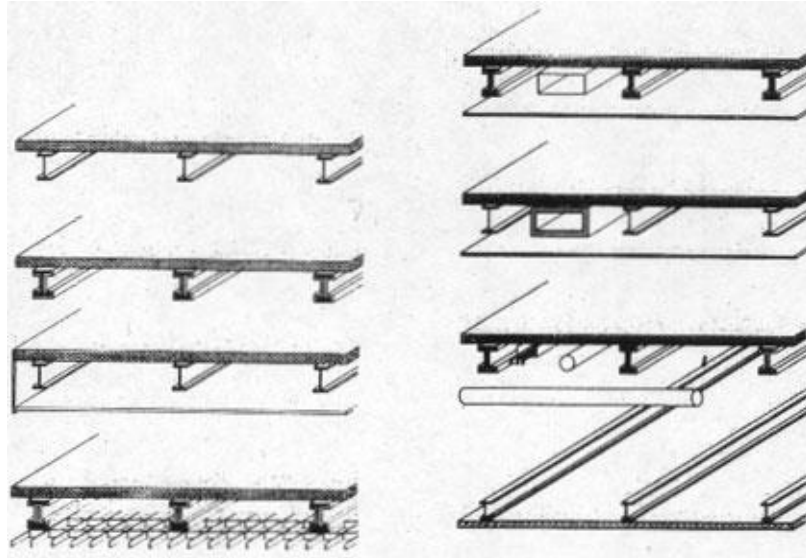
Döşemelerin yangına karşı korunmasında 30 veya 90 dakikalık mukavemete sahip olması istenir. Yapı döşemeler ve düşey yangın duvarlarıyla yangın bölmelerine ayrılır (Şekil 2.35).



Şekil 2.35 Yapının yangının bölmelerine ayrılması

Bu durumda döşemeler yangına karşı belirli bir mukavemette olmalı ve yangının bir kattan diğer kata sıçramasına mani olmalıdır. Dış duvarda da belirli bir yangın mukavemeti bulunmalıdır. Pencere alt kenarından diğer katın penceresinin alt kenarına kadar olan mesafe de yangın mukavemeti bakımından önemlidir. Döşeme, döşem kirişleri ve asma tavan birlikte istenilen yangın mukavemetinde bir konstrüksiyon oluşturmalıdır.

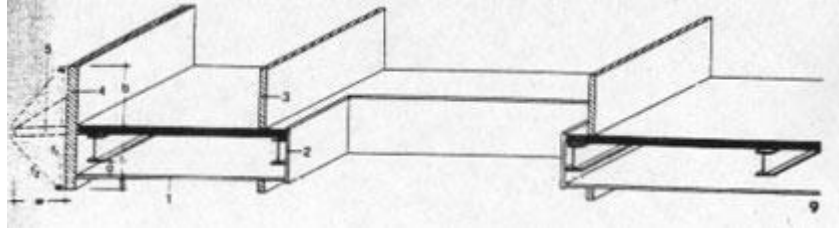
Şekil 2.36 döşemelerin çeşitli şekillerde yangına karşı korunmalarını göstermektedir.



Şekil 2.36 Döşemelerin yangına karşı korunması

Şekil 2.37' de örnek bir korunmanın yapılışı görülmektedir. 1 no' lu asma tavan, kirişlerinden belli bir a mesafesinde asılmıştır. 2 ile döşeme boşlukları ve kirişlerin yan kısımlarının örtüldüğü görülmektedir. 3, yangın mukavemetine haiz merdiven ve boşluk duvarlarını göstermektedir. 4, yine yangın mukavemeti olan dış duvarı

göstermektedir. 5 ile yangın sıçrama mesafesinin yatay bir eleman konarak büyütülebileceği gösterilmiştir. [14]



Şekil 2.37 Yangına karşı korumanın yapılışı

2.2.2.4 Çelik Çerçevesler

Çelik çerçeveler kiriş ve kolonların birlikte çalışacak şekilde mafsallı ya da rijit birleştirilmesiyle oluşturulur. Rijit birleşim kesme kuvveti ve moment etkisindeki bir elemanın birleştiği elemana bu iki etkiyi de geçirdiği birleşimlerdir. Kirişin kolona rijit birleşimi ankastre mesnetli ya da mesnet noktasına en az kiriş açıklığını 1/5'inde düzenlenecek mafsallı birleşimli köşe elemanları ile sağlanır. Mafsallı birleşimler ise sadece kesme kuvveti aktarır. Kirişin kolonlara sadece mafsallı birleştiği sistemlerin çaprazlanmadığı sürece yanal rijitliği yoktur.

Ankastre mesnetli bir basit çerçevede kolon- kiriş başlıkları sürekli yapılmalıdır. Kiriş ve kolonların başlık hizalarındaki gövde levhaları buruşmaya karşı berkitme levhalarıyla güçlendirilmelidir. Çelik kirişlerin başka yapı elemanlarıyla birleştirilmesinde yapı çeliğinin ısıya duyarlı bir malzeme olması mesnetlenme biçiminin düzenlenmesinde önemlidir. Bu nedenle büyük açıklık geçen çelik kirişlerin mesnetlerinden biri kiriş açıklığı doğrultusunda serbestçe hareket edebileceği şekilde kayıcı mafsallı düzenlenir. Kayıcı mesnet, kirişin geçtiği açıklığa ve taşıdığı yüke bağlı olarak yüzeysel, çizgisel ya da rulolu mesnet şeklinde yapılır.

Yüzeysel mesnetli bir kiriş bir mesnet levhası ya da profili ile birleştiği kolona oturtularak mesnet reaksiyonunun daha geniş bir yüzeye yayılması sağlanır. Mesnetin kayıcı düzenlenmesi için kirişe bağlı olan levhada bulon deliklerinin kiriş açıklığı doğrultusunda oval yapılması için bulon somunlarının fazla sıkılmaması yeterlidir. Kirişin mesnetlendiği elemandaki bulon delikleri yerine uygun yapılmalıdır. Çizgisel mesnette mesnet levhalarından biri düzlem diğeri silindirik yapılarak mesnet reaksiyonlarının bu mesnet elemanlarının temas yüzeyi olan bir

çizgi boyunca aktarılması sağlanır. Rulolu mesnetler, kirişte mesnet lavhası arasında bir çelik silindir yerleştirilerek düzenlenir. [13]

2.2.3 Sistemin Stabilesi

Üzerlerine etkiyen yükleri güvenli bir şekilde zemine aktarmakla görevli taşıyıcı sistem elemanlarının oluşturduğu yapı üç boyutlu bir sistem olduğuna göre herhangi bir doğrultudan gelecek yüklere karşı üç düzlemde de stabilitenin sağlanması gerekir.

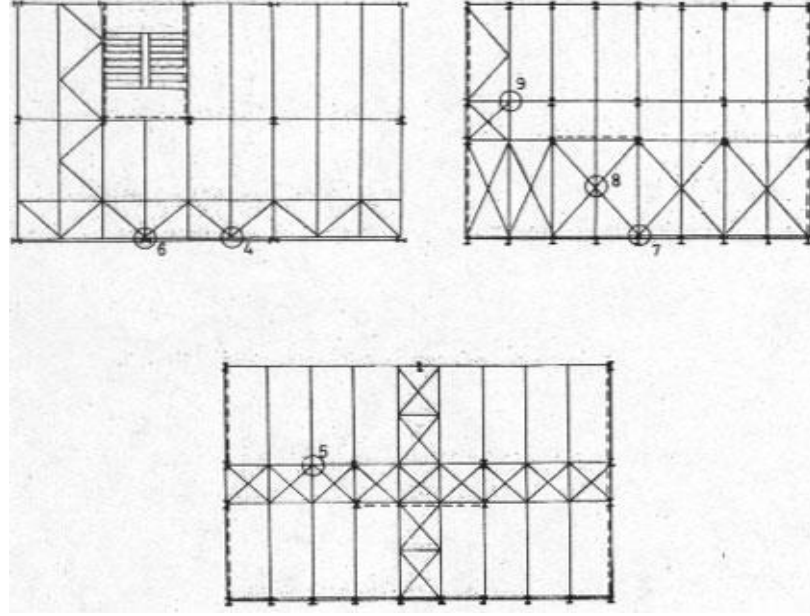
Bir iskelet yapıda yapıya etkiyen yatay kuvvetleri temellere iletmek ve yapının bu yükler karşısında yer değiştirmesini sınırlandırmak için yapılan taşıyıcı düzenlemelere stabilite elemanları ya da rijitleştirme elemanları denir. Yapı stabilitesi düşey düzlemde rijit çerçeve, betonarme perde, düşey çaprazlama, yatay düzlemde ise betonarme plak ve yatay çaprazlama sistemlerinden bir ya da bir kaçının birlikte kullanılmasıyla sağlanır. Kolonlar arasının düşey çaprazlama ile rijitleştirildiği sistemde kolonların üst ve alt başlık, çaprazlamaların diyagonal olarak düzenlendiği düşey bir kafes kiriş oluşturulur. Düşey kafes oluşturan çubuklar yükleri sadece çekme ve basınç kuvvetleri ile zemine ilettiklerinden kafes alt ve üst başlıklarını oluşturan kolon en kesitleri rijit çerçeve en kesitlerinden küçük olur. Örgü çubuklarının kolonlara bağlandığı düşey çaprazlamalarda bağlantı kolon en kesitinin başlıklarına yapılmalıdır. Çaprazlamaların düzenlenmesinde çaprazlanacak gözün açıklık ve yüksekliği ile bu açıklıkta istenen boşluklar önemlidir.

Betonarme perde ve düşey kafeslerin kapalı bir kutu oluşturacak şekilde düzenlenmesine "çekirdek" denir. İyi düzenlenmiş çekirdekli sistemlerde yapıya gelen yatay yükler çekirdekle zemine aktarılırken diğer kolonlara sadece düşey yükler taşınır. [13]

2.2.3.1 Yatay Düzlemde Stabillite

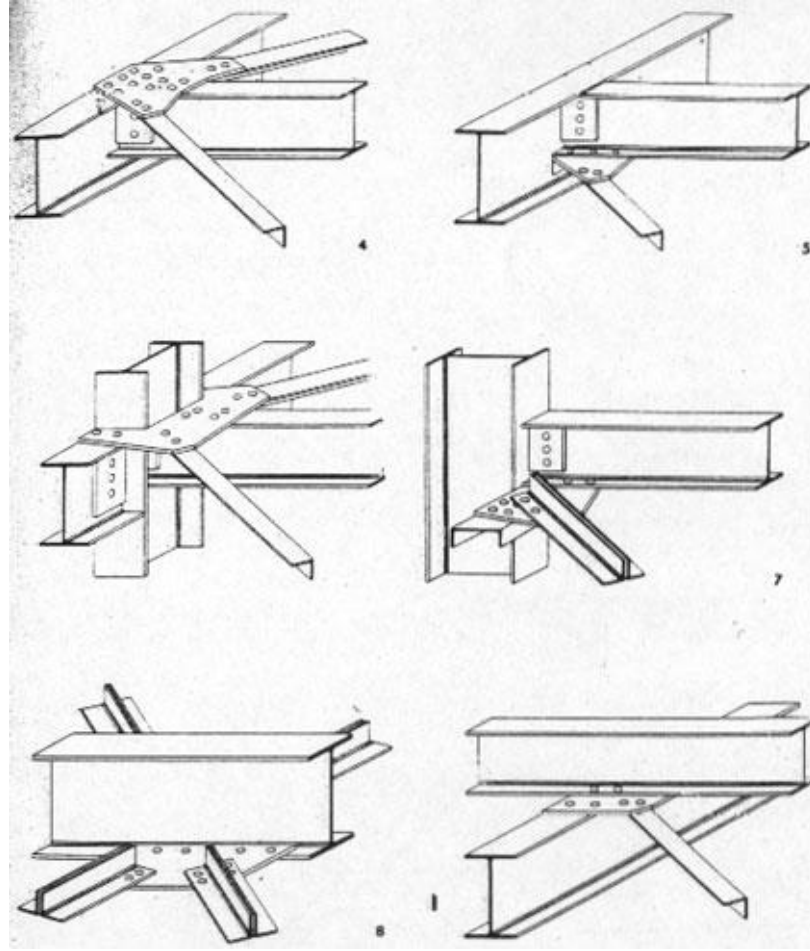
Yatay stabilite elemanları döşeme düzlemleri içinde oluşacak etkileri rijit düşey elemanlara aktarmak için düzenlenir. Döşeme, yerinde dökme betonarme plak ise döşeme düzleminde ayrıca bir elemana gerek kalmaz. [13]

Büyük açıklıklı ya da basit bileşimli çelik kiriş sistemlerinde döşeme yerinde dökme betonarme plak değilse döşeme diyaframının sağlamlığını artırmak için döşeme düzleminde yatay çaprazlamalar düzenleyerek yatay stabilite sağlanır (Şekil 2.38).



Şekil 2.38 Yatay düzlemde stabilite [14]

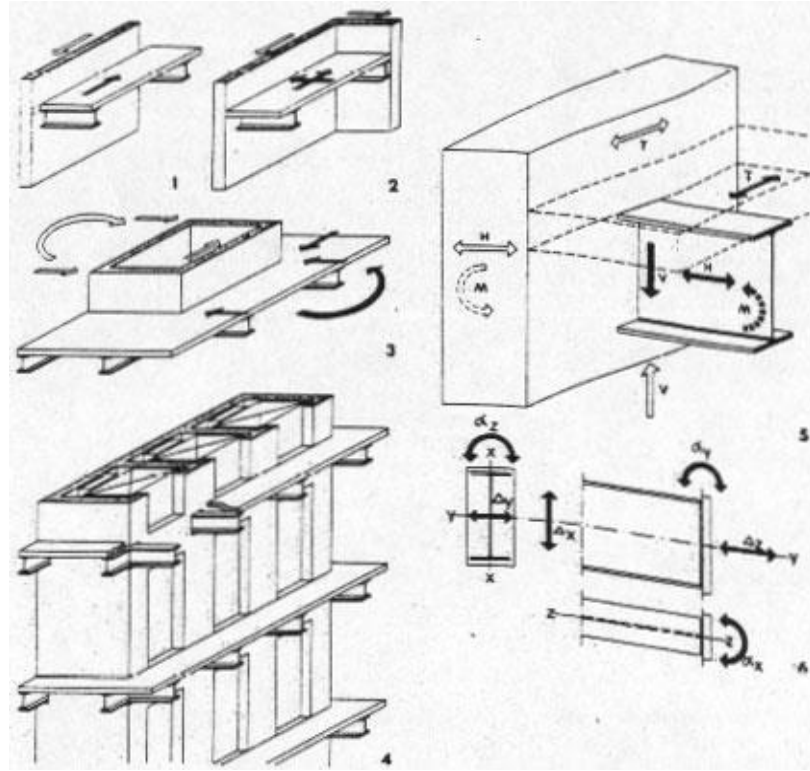
Yatay çaprazlamaların her gözde düzenlenmesine gerek yoktur. Alın kirişlerin burulmaya dayanımını artırmak için yapı kenarı boyunca bulunan kirişler arasındaki döşemelerde çaprazlama yapılabilir. Döşeme elemanı yarı prefabrike bir sistem ise yatay stabilite çaprazlamaları iki katta bir düzenlenebilir. Prefabrike döşeme elemanları kullanıldığında her katta düzenlenmelidir. Yatay stabilite elemanları her doğrultudan gelebilecek yatay etkileri düşey stabilite elemanlarına aktarabilecek şekilde düzenlenmeli ancak gereksiz bağlardan kaçınılmalıdır. Kat kirişlerinin düğüm noktaları yatay deplasman yapmayacak şekilde tertiplenir (Şekil 2.39). [13]



Şekil 2.39 Kat kirişlerinde düğüm noktaları [14]

2.2.3.2 Düşey Düzlemde Stabilite

Çelik iskelet yapıda çok gözlü, çok katlı çerçevelerin rijit düzenlenmesi ekonomik olmaz. Bu yapım sistemlerinde mafsallı birleşimler ankastre birleşimlerden daha fazla kullanıldığı için yapı bloğu içinde uygun yerlerde düşey stabilite elemanları düzenlemek gerekir. Bu sistemlerde rijit çerçeveler stabilite elemanları olarak kullanılır. Perdeler kendi düzlemlerinde etkiyen yatay kuvvetleri tabanlarından ankastre düzlem bir pandül ayak gibi çalışarak zemine ileten betonarme duvarlardır. Yatay yükler karşısında yanıl ötelenmesi çok küçük olduğundan perdeli sistemlerde katlar arası yer değıştirme de az olur. Perdenin kendi düzlemine dik doğrultuda hiçbir tutucu niteliğı yoktur ve kendisiyle ilişkili döşemeler için döşeme düzlemindeki hareketler bakımından bir kayıcı mesnet gibidir (Şekil 2.40). [13]



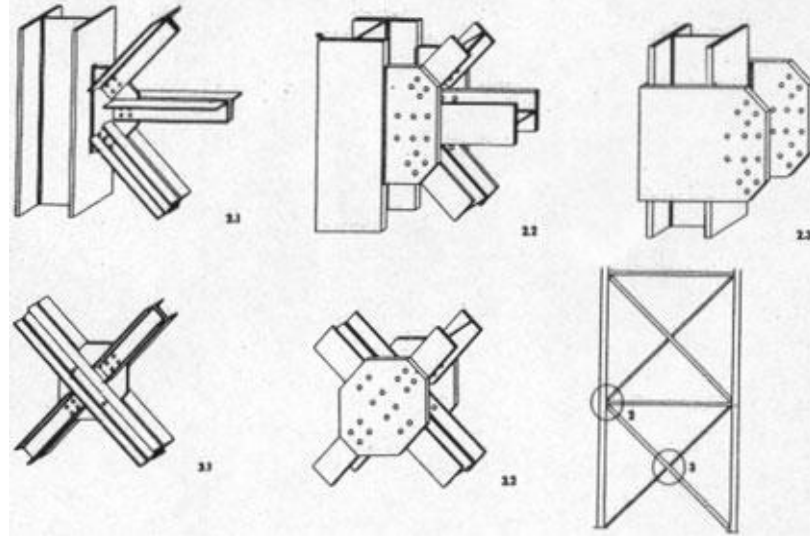
Şekil 2.40 Burulmaya karşı çekirdekten perde düzenlemesi[14]

Çelik çerçeveleri rijit düzenleme ek önlemler gerektirdiği için işçilik ve malzeme masrafları artar. Bu nedenle çerçevelerin kurulmasında olabildiğince mafsallı birleşimler tercih edilir. Sadece gerekli yerlerde ankastre birleşimler yapılır. Çelik yapılarda ankastre birleşimli çerçeveler aynı bir perde gibi düşey stabilite elemanı olarak kullanılır ve yapı içindeki yeri buna göre düzenlenir.

Tek açıklıklı basit çerçevelerin birlikte çalışacak şekilde yataydan yan yana, düşeyde üst üste ya da hem yatayda hem düşeyde düzenlenmesiyle çok gözlü çok katlı çerçeveler oluşturulur.

Çok katlı çelik çerçeve kolonları düzenlenirken kiriş birleşimlerinde kolon sürekli yapılır. Çerçeve aks aralıkları döşeme kalınlığını en çok 15-16 cm yapacak şekilde ayarlanmalıdır. Çelik iskelet yapılarda 6.0-10.0 m aralıklarla düzenlenmiş aks aralıkları bu şartı sağlar. [13]

Şekil 2.41’ de düşey bağlantılarla ilgili bazı detaylar gösterilmiştir.



Şekil 2.41 Düşey bağlantı detayları [14]

2.2.3.3 Stabilité Elemanların Düzenlenmesi

Rijit bir cisim olarak düşünülen kat döşemesinin kendi düzleminde hareketinin önlenmesi için kendine mafsallı mesnetlenmiş en az üç stabilite elemanı gerekir. Bu elemanların kayma doğrultusuna dik eksenleri uzayda bir noktada kesişmemelidir. Yani bunlar düşeyde birbirine paralel olmayan en az iki doğrultuda ve en az üç farklı düzlemde düzenlenmelidir. Aksi halde yanal yükler döşemenin dönmesine dolayısıyla tüm yapının burulmasına neden olur. Stabilité elemanlarının birbirine paralel, çok yakın olması da aralarındaki mesafenin burulmayı önleyemeyecek kadar küçük kalmasına, iki elemanın çekirdek gibi çalışarak ortaya bir dönme merkezi çıkmasına neden olabilir. Yan yana düzenlenmiş çok gözlü bir çerçeve sistemin en az iki uç çerçevesi rijit yapılmalıdır. Çerçevelerde rijitliği sağlamanın yanında rijitliği artırmak için de çaprazlama kullanılır.

Stabilitéyi sağlama yöntemi ve taşıyıcı sistem içindeki düzeni, tasarımda çok önemlidir. Stabilité yapı içinde perde duvar ya da düşey çelik çaprazlamalarla düzenlenirse iç kullanımı sınırlar. Bu elemanları duvarlara yerleştirmek iç düzenlemede serbestlik sağlar. Stabilité elemanlarını olabildiğince yapının dış çevresine yakın ve bina kenarlarına paralel düzenlenmesi yapının yanal yükler altında burkulmasını önler.

Simetrik yapılarda stabilite elemanları da simetrik düzenlenir. Asimetrik düzenlemelerde yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmasına dikkat

etmek gerekir. Planda düşey stabilite elemanlarının düzenlenmesi için genel prensip herhangi bir doğrultudaki stabilite elemanlarının rijitlik merkezinin yatay yüklerin o doğrultudaki bileşkesiyle çakışmasıdır. Yani birbirine dik doğrultuda etki ve tepki değerlendirilmelidir.

Stabilite elemanları sık yerleştirilmiş rijit çerçeve ya da komple çaprazlamalı olarak dış duvarlara yerleştirildiğinde, planı kare, diktörgen ya da daire olan rijit tüpler yüksek yapı yapımına olanak sağlar. [13]

2.2.4 Birleştirme Teknikleri

Hafif çelik sistemler bir çok profilin birleşmesinden meydana geldiği için birleştirme teknikleri yapının genel mukavemeti, inşaat süresi ve yapı maliyeti gibi konularda sistemi etkiler.

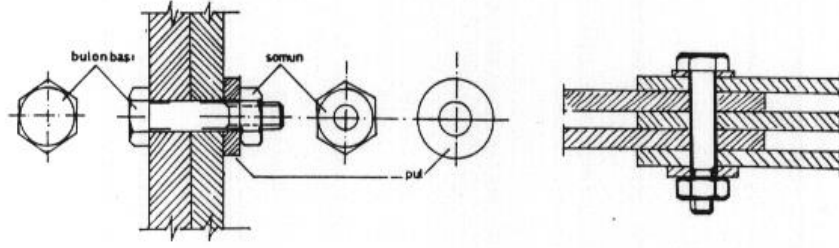
Birleştirme teknikleri sökülebilir birleşim araçları ve sökülemeyen birleşim araçları olarak iki gruba ayrılır. [2]

2.2.4.1 Sökülebilir Birleşim Araçları

- **Bulon**

Normal cıvata altıgen bir baş, silindirik gövde ve somundan meydana gelir (Şekil 2.42). Bulonlar genelde normal ve yüksek mukavemetli olmak üzere iki türdür. Bulonlarda perçinler gibi önceden açılmış deliklere yerleştirilirler. Dış açılmış uca, altına pul koyularak somun takılır. Normal bulonlarda kuvvet aktarma yöntemi perçinlerde olduğu gibidir. Perçin ve bulon birleşimlerde gövde eksenine dik etki alacak şekilde kullanılır. Bunun sonucu olarak gövdelerinde makaslama gerilmeleri oluşur.

Perçinde çekme emniyet gerilmesi düşük olduğu için bu tür birleşimlerde perçinler pek tercih edilmezler. Bulonlar ise çekme gerilmeleri altında çalıştırılır. [2]

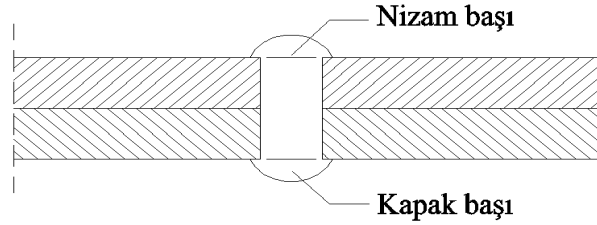


Şekil 2.42 Çelikte bulonlu birleşimler

2.2.4.2 Sökülemeyen Birleşim Araçları

- **Perçin**

Silindirik bir gövdesi, yuvarlak iki başı olan, yük aktarırken gövdesinde makaslamaya, gövde çevresinde ezilmeye çalışan birleştirme araçlarıdır (Şekil 2.43). Perçinle birleştirilecek elemanlarda, perçin çapına uygun (d) çaplı delikler açılmalıdır. Kızıl dereceye kadar ısıtılmış ham perçin, hazırlanmış olan deliğe yerleştirilir. Perçinin delik başına taşan kısmı dövülerek nizam başına simetrik başı oluşturulur ve gövdenin şişerek bütün delik boşluğunu doldurması sağlanır. Birleşimlerde perçinler tek, çift ya da çok etkili çalışabilirler.



Şekil 2.43 Perçin ile birleştirme

Projelerde (ϕ) ile gösterilen perçinlerin (d) çapları normlaştırılmıştır. Tablo 2.4' de birleştirilecek elemanların kalınlıklarına göre standart perçin çapları görülmektedir. Pratikte en çok uygulanan perçinler (ϕ 13, ϕ 17, ϕ 21, ϕ 25)' tir.

Tablo 2.4 Standart perçin çapları

t (mm)	4-5	4-7	5-10	6-13	8-17	11-20	14-24
d (mm)	11	13	17	21	23	25	28

- **Kaynak**

Aynı veya benzer alaşımlı metallerin ısı etkisi yardımıyla birleştirilmelerine kaynak denir. Kaynak metotları, eritme kaynak ve basınç kaynağı olmak üzere iki çeşittir. Eritme kaynağı, gaz kaynağı ve elektrik kaynağı olmak üzere iki çeşittir. Basınç kaynakları ise ateş kaynağı, sugazı kaynağı, direnç kaynağı, küt kaynak, nokta kaynağı ve kordon kaynağı olmak üzere altı çeşittir.

Bütün bu teknikler elektrikli, gazlı, patlamalı el aletleri kullanılarak belirli bir inşaat hızı ve kalitesi yakalanmaya çalışılır. Bunlardan başka bir yeni geliştirilen teknik ise; birleşecek iki elemanın levhasını birbirine bükerek perçinlemek. Bu teknik ilave malzeme kullanımını da azaltmaktadır. Bir birleştirme noktası için 8- 10 tespit gerekebilir. Binlerce birleşme noktasına kullanılacak ilave bağlantı parçaları ve vidalar binaya ağırlık eklemektedir. Kaynak, punta kaynağı olarak uygulanır. Ancak işlem sırasında zehirli gaz çıkışı dikkate alınmalıdır.

Birleşme detaylarında yatay ve düşey yüklerin aktarılacağı göz önünde bulundurularak birleştirme elamanlarından yararlanılır. Birleştirme ekipmanları son yıllarda hız ve tespit güvenilirliği açısından ince profillerle uyarlanmıştır. Hafif çelik sistemlerde proje, detayı da kapsayacak şekilde bitirilmelidir. Çelik taşıyıcılar fabrikada boy olarak kesilmeli ve tesisatın geçeceği boşluklar açılmalıdır. Birleştirme delikleri açılmaz. Örnek olarak vidalı birleşmede inşaat süresini kısaltmak için hem delen hem tespit eden vidalar piyasaya çıkmıştır. [2]

2.3 Çelik Sistemlerin Yapı Endüstrisi ile İlişkisi

Çelik bilindiği gibi inşaatda çok kullanılan bir malzemedir. Hatta betonarme binalarda da çelik olmazsa betonun hiçbir taşıyıcılığı yoktur. Ama çelik inşaattan veya yapısal çelikten kastedilen, betonarme binaların içine konan bu çelikler değildir. Çelik inşaat ile, bina iskeleti yani yatay kirişleri ile düşey kolonları, tamamen çelik malzemeden oluşan yapıları kastedilmektedir. Çelik inşaatı bu şekliyle ele alacak olursak Türkiye'de çelik inşaat oranı çok düşüktür. Türkiye'deki çelik inşaat miktarı toplam yapıların metrekaresinin yüzde 5'inin altındadır. Hatta bu oranın büyük çoğunluğu da endüstri yapıları, köprüler, geçitler gibi inşaatlardan oluşuyor. Bina olarak çelik inşaata bakarsak, yüzde yarımın bile altında. Amerika Birleşik

Devletleri, Japonya, Almanya, İngiltere, İsveç, İspanya, Fransa ve Finlandiya gibi gelişmiş ülkelerde yapı çeliği kullanımının önemli oranlara ulaştığı görülmektedir. Yapılarda çelik kullanım oranları ABD’ de yüzde 35, İngiltere’de yüzde 54, İskandinav ülkelerinde yüzde 40'lara, betonarme inşaatın daha fazla kullanıldığı Almanya ve Fransa'da yüzde 30 oranlarının üzerine çıkmış bulunmaktadır. Ancak ABD’ de gökdelen tarzı binalarda yüzde 80-90 civarında çelik taşıyıcılı sistem tercih edilmektedir. Japonya’ da 7 kattan yüksek yapılarda çelik ya doğrudan yada kompozit olarak kullanılmaktadır. [9]

2.3.1 Çeliğin Yapı Sektöründe Kronolojik Gelişimi

Çelik çok eskiden beri bilinen bir malzeme olmakla beraber, yaygın olarak yapılarda kullanılmaya başlanması oldukça yenidir.

Demir cevherinden büyük ölçüde ham demir üretimine geçiş 1720 yılındadır. Taşıyıcı iskelet malzemesi olarak demir ilk defa mühendislik yapısı olan köprülerde kullanılmıştır. Bu tür köprülerin ilki İngiltere’ de 1778 yılında Severn Nehri üzerinde inşa edilmiştir. 31 m açıklığa sahip bu köprü de kullanılan malzeme fonttur. Çekme mukavemeti oldukça düşük olan font malzeme ile genellikle basınç gerilmelerini taşıyan taşıyıcı sistemler yapılmıştır. 1784 yılında Puddler adlı fırınların devreye sokulmasıyla dövme çelik elde edilmiş ve dolu gövdeli veya kafes kirişli köprü inşa edilmeye başlanmıştır. Dövme çelikte yapılmış çarpıcı örneklerin başında 140 m açıklıklı Britannia Köprüsü ve 131 m açıklıklı Weischel Köprüsü gelir. 19. Yüzyılın ikinci yarısında Bessemer, Siemens-Martin ve thomas yöntemlerinin bulunması, ham demirin sıvı durumuna getirildikten sonra arıtılmasını ve dökme çelik elde edilmesini sağlamıştır. [14]

Çelik karkas ilk bina, İngiltere – Shrewsbury’de 1876 da inşa edilen Ditherington Flax Mill (Değirmeni) dir. Demir ile ilgili bu tecrübelerin ortaya çıkmasında en önemli etken, İngiliz pamuk değirmenlerinin yangından ciddi şekilde hasar görmeleri olmuştur. Metal binaların yangına karşı dayanıklılığı kanıtlandıktan sonra, dövme ve dökme demirden imal edilen yapısal bileşenler yavaş yavaş geçerli hale gelmeye başlamıştır.

Prefabrike metal binaların ortaya çıkışı da aynı zamana rastlar. 19 yy ortalarında, Peter Naylor adında, New York' lu bir metal çatı müteahhidi, Kaliforniyalı altın avcılarının konut ihtiyacını karşılamak üzere taşınabilir çelik evler pazarlamış ve böylece yüzlerce strüktür satmıştır. [1]

19. yüzyıl ortalarından sonlarına kadar (1850 – 1890) Amerika' da ki çok katlı yapılar, kolon ve ana kirişleri font ve diğer elemanları da çeşitli yapı malzemelerinden olmak üzere inşa edildi. Demir elemanlarının bağlantıları bulon kullanılarak elle yapıldı. Dökme demire istenilen şeklin kolayca verilebilmesi yapı cephelerinde oldukça süslü mimari formların kullanılmasına olanak sağladı. Bu yapılarda rijitliğin az olması ve yangın emniyetinin olmaması yüzünden kat sayısı beş olarak sınırlı kaldı.

19. yüzyıl sonlarına doğru özellikle New York' da arazi fiyatlarının artması ve konut ihtiyacı, yüksek yapı inşaatını bir zorunluluk haline getirdi. Bu arada, asansör yapımındaki teknolojik gelişme ve yangına karşı korunma yöntemlerinin gelişmesi de yüksek yapıların kullanım kolaylığını ve emniyetini artırdı.

New York' da köprülerden sonra taşıyıcı iskeleti çelik olan ilk yüksek yapı Statue of Liberty (1883) olmuştur. Chicago' da ise çelik yapının kullanılmaya başlanması endüstrideki gelişimi hızlandırdı ve 1890 dan 1893' e kadar çelik yüksek yapıların çoğu burada inşa edildi. 20. Yüzyıldan itibaren dövme çelik yerini dökme çeliğe bırakmıştır. Modern çelik yapı tekniği de buna paralel olarak geliştirilmiş ve bu alanda büyük gelişme sağlanmıştır. Yüksek yapı tarihinde, 1913 yılında tamamlanmış olan 55 katlı Woolworth Tower önemli bir yer tutmaktadır. Bu yapı, 1930 senesine kadar dünyanın en yüksek yapısı olma özelliğini korumuştur. 1930 senelerinde, 102 katlı Empire State Building inşaatıyla yüksek yapıda önemli aşamalar kaydedilmiştir. II. dünya savaşından sonraki yüksek yapılarda bölme duvarlarında ilk defa olarak hafif yapı elemanları kullanılmaya başlandı.

Bina inşaatlarında gelişme sağlayan önemli bir faktör de, 1881 yıllarında ilk olarak elektrik kaynağının kullanılmaya başlamasıdır.

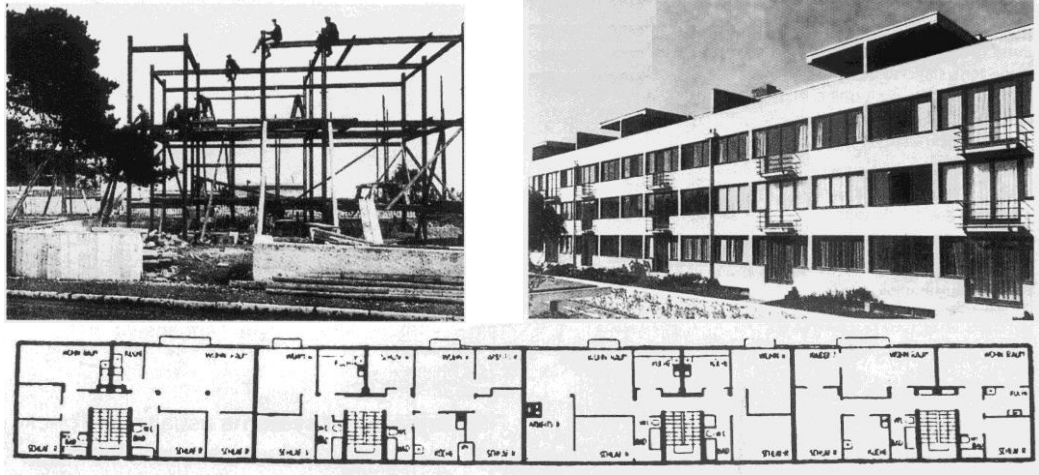
Zamanla, elektronik hesap makinalardaki gelişme ve hesap metotlarına getirilen yeni yöntemler, yüksek yapıların taşıyıcı sistemlerinde daha zarif çözümlerin uygulanabilmesini sağladı. Empire State Building' in yüksekliğini aşan ilk bina, 1970' de inşası tamamlanan 110 katlı World Trade Center oldu. Daha sonra Chicago' da, günümüzdeki en yüksek bina Sears Towers (109 kat – 1450 feet) tüp sistemi ile yapıldı.

Sürekli artmakta olan çelik cinsleri ve profiller, kaynak, bulon ve yüksek mukavemetli bulonlardaki gelişmelerle, çelik karkas yapıların geleceği bundan böyle mimar, mühendis ve konstrüktörlerin yeteneklerine bağlı kalmaktadır. [14]

2.3.2 Çelik İskeletli Konut Yapı Örnekleri

- **Almanya**, Row Houses in WeiBenhofsiedlung, Stuttgart, 1927. Mimari: Mies van der Rohe [15]

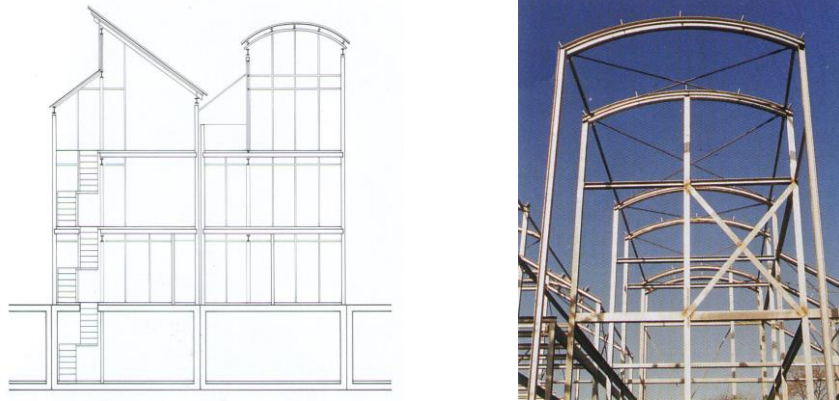
Her katın farklı plan tipine sahip olduğu bu yapı ile Mies van der Rohe, konut alanında çelik kullanımına önemli katkılarda bulunmuştur. Bu çalışma, mimarı için Chicago’ daki büyük konut blokları için bir ön çalışma niteliğindedir (Şekil 2.43).



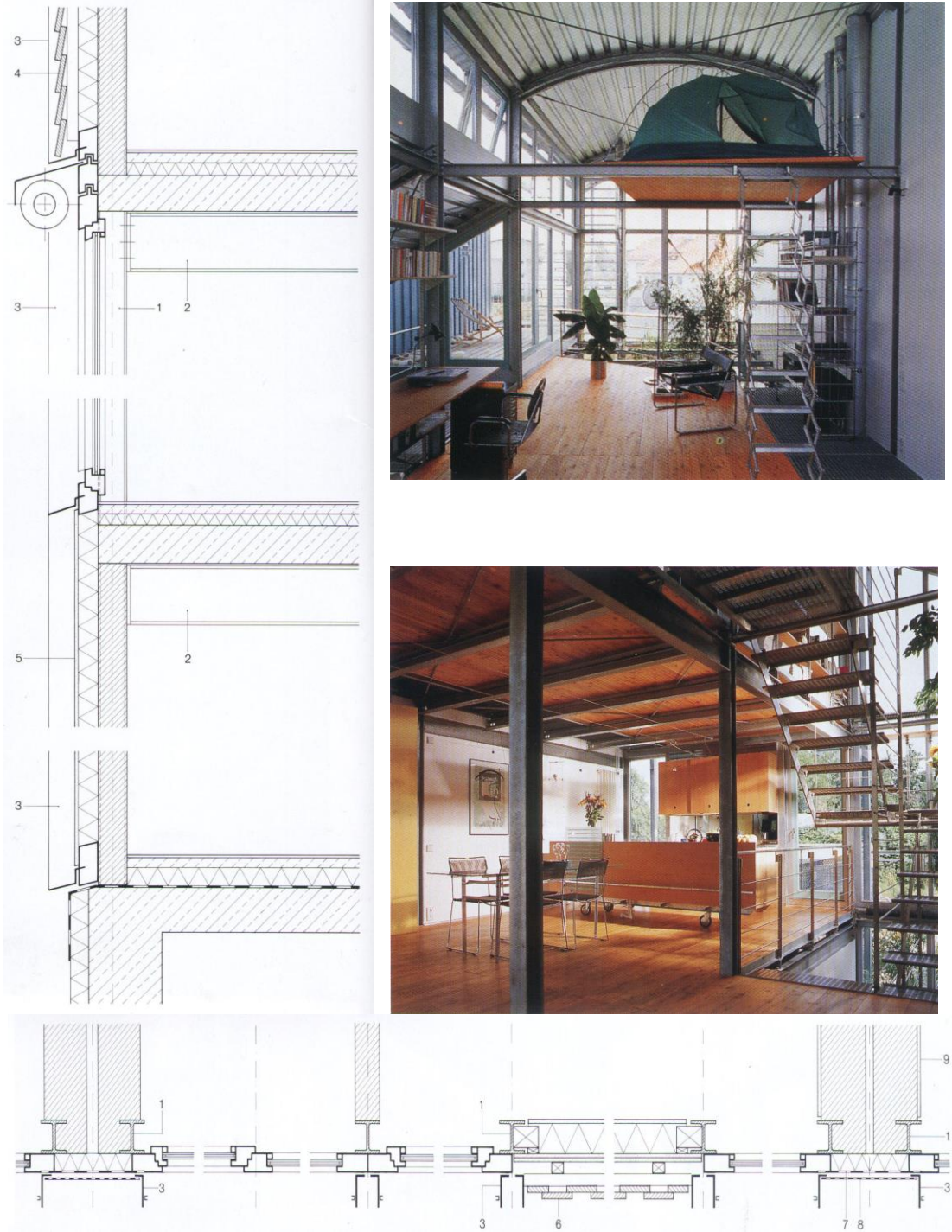
Şekil 2.43 Sıra Evler

- **Almanya**, Jungerhalde’ de Sıra Evler. Mimari: Martin Cleffmann.

Sıra evler, sekiz tane çelik çerçeveli binanın yanyana gelmesi ile oluşmaktadır. Detaylarda, döşeme kirişleri üzerine direkt oturan ahşap kaplama dikkat çekmektedir. Mekanlar oldukça ferah düşünülmüş olup her türlü değişikliğe olanak sağlamaktadır. (Şekil 2.44, 2.45, 2.46)



Şekil 2.44 Kesit ve sistemin kuruluşu



Şekil 2.45 Sistem detayları ve iç görünüşler

1. Çinko kaplı çelik kolon HEA 100, 2. Çelik kiriş UNP 200, 3. Köşebent 50 x 120 mm, 4. Yatay ahşap kaplama 24 x 240 mm, kadran 40 x 60 mm, ısı izolasyonu 90 mm, çelik çerçeve 100 mm, 5. Sıva 25 mm, ısı izolasyonu 70 mm, çelik çerçeve 100 mm, 6. Düşey ahşap kaplama 24 x 240 mm, kadran 2 x 40 x 60 mm, alçı levha 30 mm, ısı izolasyonu 85 mm, alçı levha 15 mm, 7. Bitüm tabakası, 8. Delikli levha, 9. Yangın duvarı 2 x 170 mm. (Şekil 2.45)



Şekil 2.46 Dış görünüş

- **Avusturalya**, Wallongong’ da Newman Evi. İşveren: Janet-Paul Newman.
Mimari: James Grose, Grose, Bradley Pty. Ltd. Yapımcı: Axon Engineering.

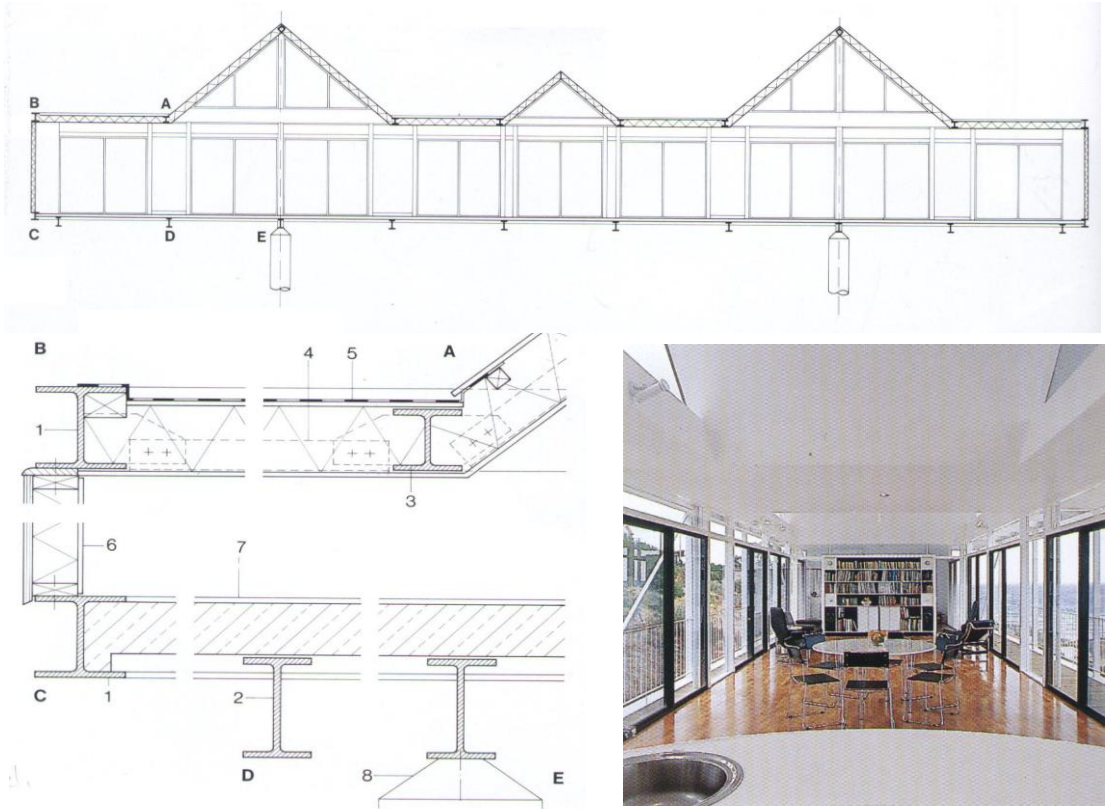
Yapı her iki dar kenarında özgün bir görünüm kazanmaktadır. Kuzeydeki giriş cephesindeki küçük pencerelerin yerleşimi ve yapının üçüncü boyuttaki görsel zenginliği sanatın ve endüstrinin güzel bir birleşimi olarak algılanmaktadır. (Şekil2.47)



Şekil 2.47 Dış görünüşler

- **Avusturalya**, Pritchard Evi, Adelaide. Mimari: Max Pritchard. Taşıyıcı Sistem: Eugene Pocius ve Ortakları. Yapımcı: Manuelle Engineers.

Kil toprak zemin üzerindeki çalışma ofisi, temel maliyetlerini düşürmek için dört tane betonarme pilon üzerine oturtulmuştur. Ana strüktür en dışta 7.5 m konsol çalışan çelik çerçeveden oluşmaktadır. Çelik kirişler 15 m uzunluğunda fabrikada şekillendirilerek inşaat alanına gönderilmiştir. Böylece inşaat alanında kaynaklı birleşim en aza indirilmiştir. Çalışma ofisinin ev ile bağlantısı bir köprü ile sağlanmıştır. Ofisin güney kısmında dar bir servis yolu, kuzey kısmında ise geniş bir veranda uzanmaktadır. (Şekil 2.48, 2.49)



Şekil 2.48 Sistem kesiti ve iç görünüş

1. Kiriş 200 UC 46, 2. Döşeme kirişi 250 UB 37, 3. Çatı kirişi 150 UC 23, 4. Rüzgar bağlantısı L 90x90x8 mm, 5. Çatı: Su izolasyonu, kontrplak 12 mm (merteklere vidalı), ısı izolasyonu, yangın folyosu, alçı levha 10 mm, 6. Duvar: Alçı levha 10 mm, kutu profil dikme 90x35 mm, ısı izolasyonu, sedir ağacı cephe kaplaması 19 mm, 7. Döşeme: Parke kaplama 19 mm, betonarme plak 120 mm, 8. Betonarme pilon. (Şekil 2.48)



Şekil 2.49 Dış görünüş

- **Avusturya**, Graz’ da Çok Katlı Konut Grubu. Mimari: F. Neuhold ve G. Plankensteiner, Graz. Yapımcı: Doubrava.

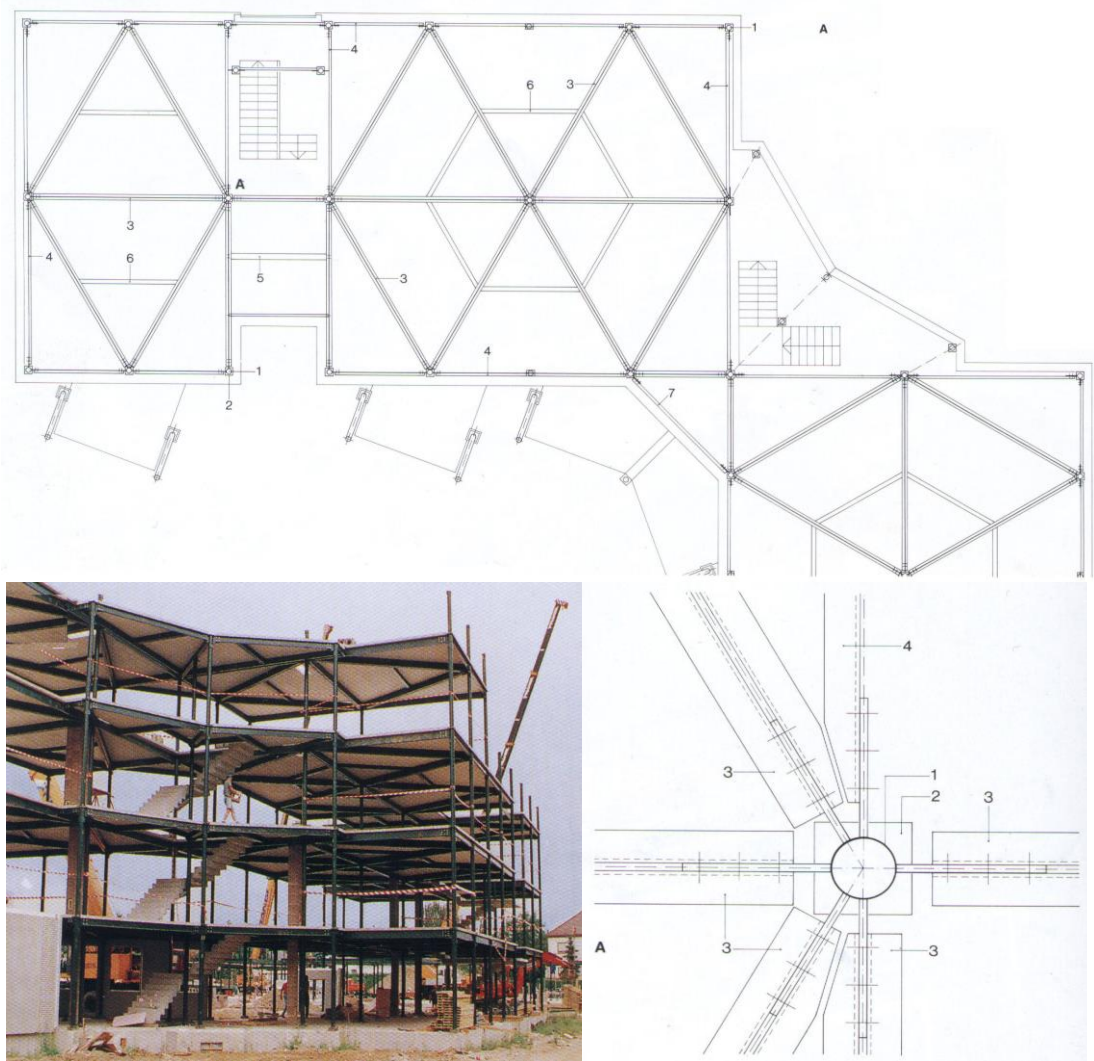
Konut grubu farklı boyutlardaki 6 tane 2-4 katlı binaları içermektedir. Çelik taşıyıcı çerçeve karmaşık bir sistem olup, Doubrava tarafından geliştirilen ‘6D Metodu’ ile test edilmiştir. Taşıyıcı sistem, hadde profili ana çerçeveye soğuk bükme profil desteklerinin vidalanması ile oluşturulmuştur. Dış cephede kuşaklama ve taşıyıcı eleman gerekmemektedir. Döşeme elemanları prefabrike beton panellerdir. Prekast beton levha, ısı izolasyonu va alçı levhadan oluşan dış cephe sandviç duvarı, ısı ve ses izolasyonunda çok iyi bir performans göstermektedir. 1960’ lı yıllarda arzulanan dış cephede temiz bir brüt beton görünümü, prekast beton levhanın üzeri temiz bir şekilde boyanarak elde edilmiştir. Dokuz ayda tamamlanan konut grubu, konvansiyonel sistemlere göre % 20’ nin üzerinde düşük maliyetlidir. (Şekil 2.50, 2.51, 2.52, 2.53)



Şekil 2.50 Vaziyet planı

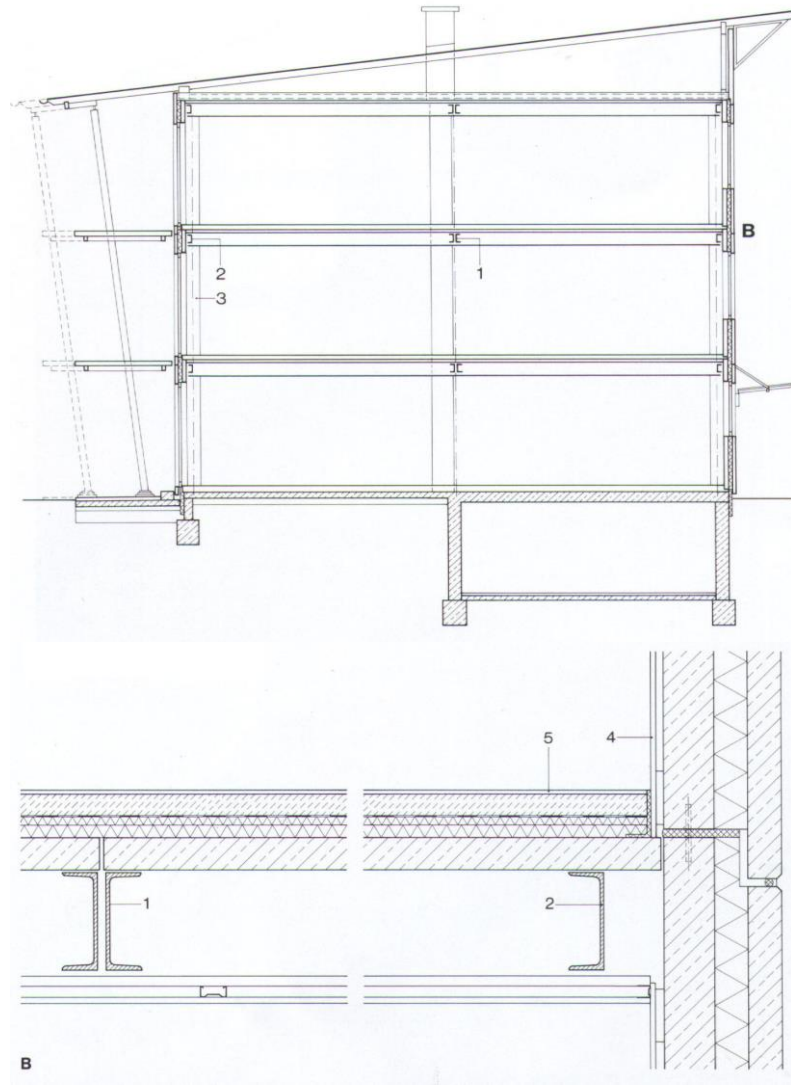


Şekil 2.51 Dış görünüşler



Şekil 2.52 Döşeme planı ve sistem detayı

1. Kolon Ø 159 mm, 2. Alt ve üst başlık plakası 240 x 240 mm, 3. Kiriş 2 x UNP 240, 4. Kiriş UNP 240, 5. Kiriş IPBI 200, 6. Kiriş IPBI 140, 7. Kiriş UNP 200. (Şekil 2.52)



Şekil 2.53 Kesit ve sistem detayı

1. Kiriş 2 x UNP 240, 2. Kiriş UNP 240, 3. Kolon Ø 159 mm, 4. Kaplama levha 30 mm, taşıyıcı eleman, ısı izolasyonu 80 mm, prekast beton panel 80 mm, 5. Döşeme kaplaması 10 mm, şap 55 mm, membran, ısı izolasyonu 50 mm, beton plak 80 mm, yangın paneli 15 mm. (Şekil 2.53)

- **Belçika**, Mimari: Rudi Slabbinck, Aalter. Yapımcı: Rudi De Cramer, Decra Projects International, Aalter.

Ana konsept, çelik çerçeve ve plan merkezinde tepe ışığı kullanımınıdır. Betonarme temel tabliyesi üzerine bina cephesindeki kolonlar haricinde ortaya dört tane boru kesitli kolon yerleştirilmiştir. Ortadaki boru kesitli kolonlar dışında tüm çelik taşıyıcı elemanlar kutu kesitlidir. Bina planı 11,5x11,5 m'lik bir kare şeklinde düzenlenmiştir. İç bölme elemanların düzenlenmesinde esneklik sağlanmıştır. (Şekil 2.54)



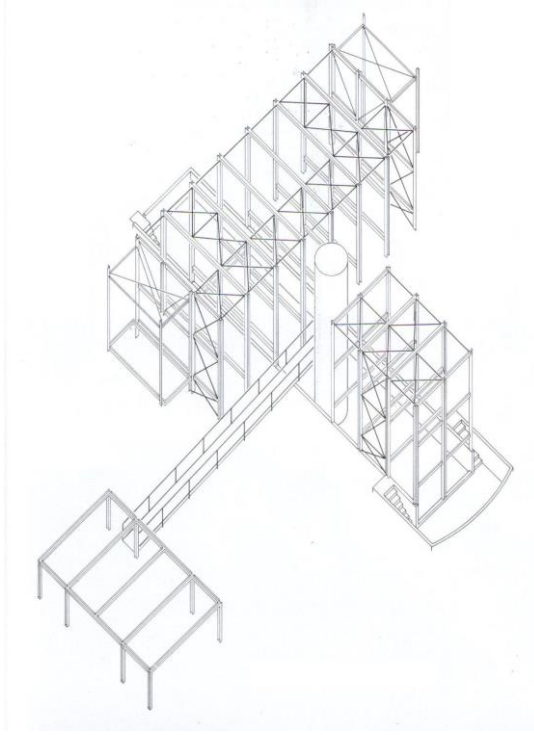
Şekil 2.54 Dış ve iç görünüşler

- **Belçika**, Mimari ve Taşıyıcı Sistem: Swinkels Passchier, Rotterdam.

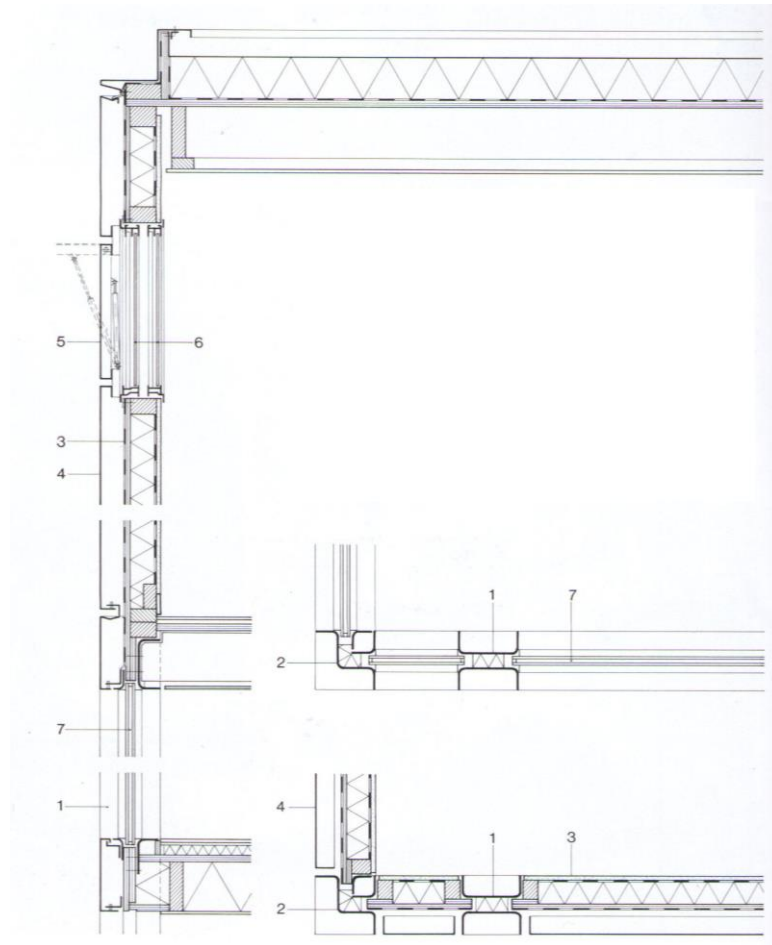
Kışın su seviyesinin yükseldiği bataklık bir arazi üzerine yapı inşaa edilmiştir. Çelik iskeletin altında yüzer bir betonarme temel oluşturulmuştur. Binayı, güneyde yaşama mekanlarını içeren uzun parça, kuzeyde uyuma mekanlarını içeren kübik parça, ortada giriş atriumu ve merdiven oluşturmaktadır. Yapı bloğu girişine ise paslanmaz çelikten imal edilmiş bir rampa ile ulaşılmaktadır. Çelik çerçeve dış cephede cam panel, sandviç panel, alüminyum panel ve panjur gibi çeşitli elemanlarla kaplanmıştır. Döşeme ahşap kirişlerle oluşturulmuştur. (Şekil 2.55, 2.56 ,2.57)



Şekil 2.55 Dış görünüş



Şekil 2.56 İzometrik perspektif ve iç görünüş



Şekil 2.57 Sistem detayı

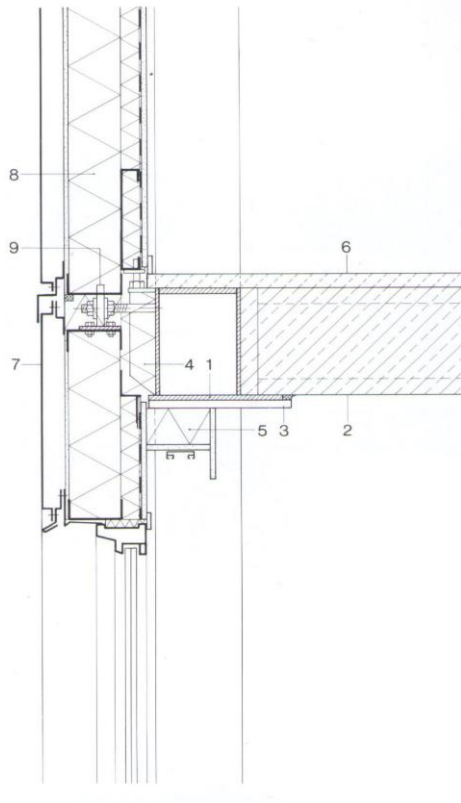
1. Taşıyıcı C profil 2 x C65 x 160 x 65 mm, ısı izolasyonu, 2. Köşe profili 160 x 160 mm, 3. Sandviç Panel 95 mm; Alçı levha, buhar kesici, ısı izolasyonu, kontraplak, folyo, 4. Boyalı metal cephe paneli, 5. Panjur, 6. Pencere çerçevesi, 7. Isıcam.

- **Finlandiya,** Raahe’ de Apartman Blokları. İşveren: Raahe Regional Housing Association. Mimari: Kim Eklund ve Antti Korpi, Arkkitehtitoimisto Siggy Ky, Turku.

Finlandiya’ nın kuzeyinde bulunan Raahe’ deki bu konut grubu, devlet tarafından bina inşaatında çeliğin kullanımını teşvik etmek amacıyla verilen düşük faizli kredi ile inşaa edilmiştir. Örnek bir yapı olacağından dolayı tüm yapı detaylarında mükemmellik aranmıştır. Kutu kesitli çelik profillerin içi beton ile doldurulmuştur. Döşemeler boşluklu prefabrike beton plaklardan oluşmaktadır. Dış duvarlar sekiz metre boyunda prefabrike paneller olarak üretilmiştir. Bu panellerin dış yüzeyi plastik kaplı çelik levha, iç yüzeyi ise alçı levha ile kaplıdır. Bina içinde taşıyıcı düşey eleman bulunmadığı için değişikliklere kolayca adapte edilebilir. (Şekil 2.58, 2.59)



Şekil 2.58 Dış görünüş



Şekil 2.59 Sistem detayı ve sistemin kuruluşu

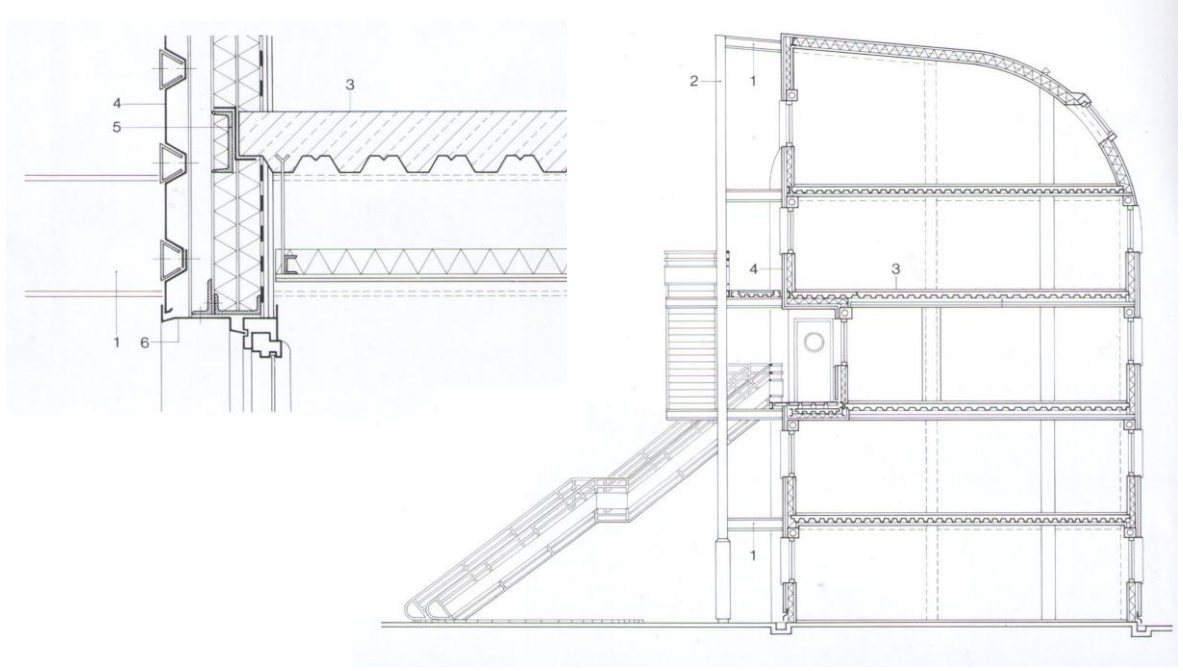
1. Kutu profil, 2. Boşluklu beton plak, 3. Yangından koruyucu levha, 4. Taş yünü, 5. Perde yuvası, 6. Şap 35 mm, 7. Plastik kaplı metal levha, 8. Duvar paneli, 9. Duvar paneli bağlantısı. (Şekil 2.59)

- **Fransa, La Venerie' de Sosyal Konut.** Mimari: Dubosc & Landowski, Paris.

Ana cephe de kullanılan paslanmaz çelik ve alüminyum elemanlar yapıya transparan bir görünüm kazandırmaktadır. Yapının % 80' i prefabrike elemanlarla tamamlanmıştır. Akustik gereksinimlerden ötürü kompozit döşeme altına alçı levha asılması ile tavan oluşturulmuştur. (Şekil 2.60, 2.61)



Şekil 2.60 Dış görünüşler



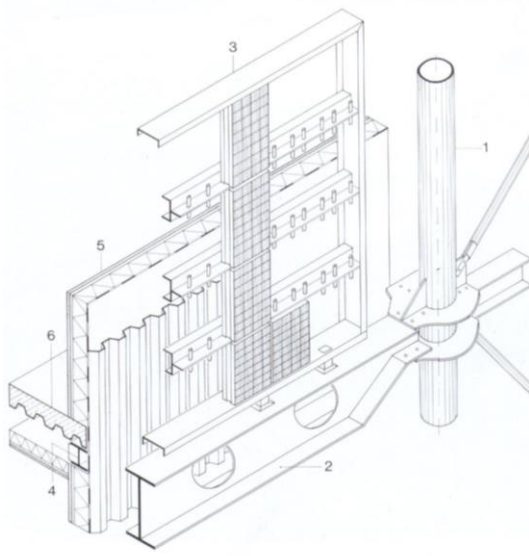
Şekil 2.61 Sistem kesiti

1. IPE 360, 2. HEA 220, 3. Döşeme: Galvanize trapez levha üzerine yerinde dökme beton, IPE 300 ve 330, cam yünü 60 mm, alçı levha, 4. Duvar: Alüminyum levha üzerine paslanmaz çelik yatay bant, ısı izolasyonu 2 x 75 mm, buhar kesici, alçı levha 13 + 18 mm, 5. Köşe profili PAF 160 x 80 mm, 6. Delikli alüminyum levha. (Şekil 2.61)

- **Fransa**, Les Pradettes' de Sosyal Konut. Mimari: Atelier 31, Toulouse.

Mimarlardan, uygulanabilir, hızlı inşaat süresi olan, değişen ihtiyaçlara cevap verebilen bir sosyal konut tasarımı istenmiştir. Bu istekleri karşılayabilecek şekilde çift cepheli bir çelik iskelet çözümüne gidilmiştir. Ana çelik iskelet içerisinde her türlü plan değişikliği yapılabilir. Dış cephe tabakası döşeme kirişlerine oturmakta, ısı, akustik ve estetik gereksinimleri karşılamaktadır. (Şekil 2.62)

1. Çelik kolon, 2. Zımba ile delinmiş çelik kiriş, 3. Dış duvar, 4. IPE 270, 5. Isı izolasyonu, 6. Döşeme: Trapez levha üzerine yağ döküm beton, ısı izolasyonlu ve alçı levhalı asma tavan. (Şekil 2.62)



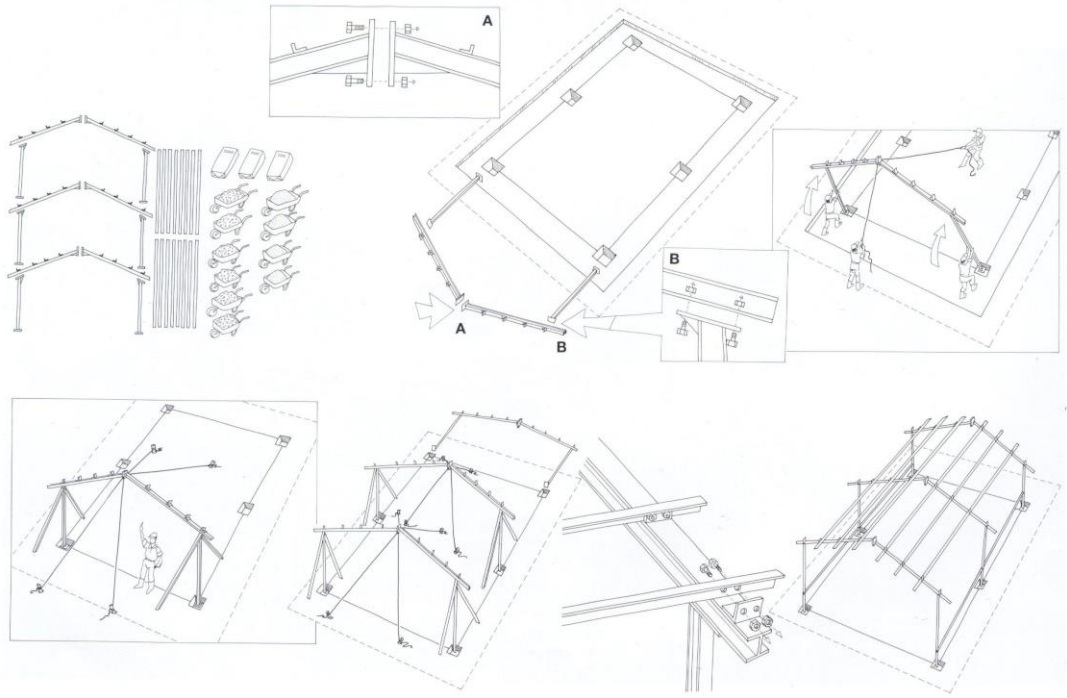
Şekil 2.62 Cephe sistem detayı

- **Güney Afrika,** Balaton Konut Sistemi. Taşıyıcı Sistem: Iscor LTD. Satış Sorumlusu: Pretoria.

Sistem rahatlıkla yerel işçilerle basit bir şekilde kurulabilir. Bulonlu birleşimler yapının modüler bir şekilde genişletilmesine ve değişikliklere olanak sağlamaktadır. Taşıyıcı olmayan dış duvarlar tuğla ile doldurularak konvansiyonel bir konut görünümü elde edilmektedir. (Şekil 2.63, 2.64)



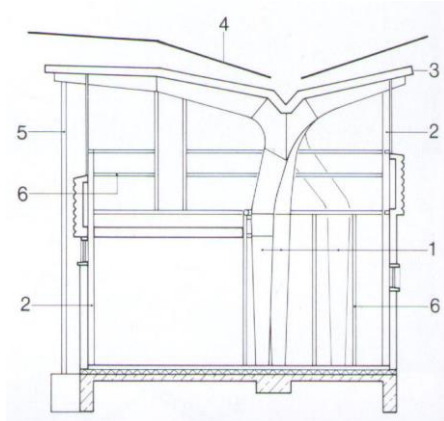
Şekil 2.63 Dış görünüş



Şekil 2.64 Sistemin kuruluşu

- **Hollanda**, Almere’ de Psyche Evi. Mimari: Rene van Zuuk, Almere.

Bina içerisinde bulunan dört tane stilize ağaç formu çelik sistem taşıyıcı olarak görev yapmakta, ayrıca teras önünde iki tane Y kolon taşıyıcı sisteme destek vermektedir. Çatı strüktürü ana taşıyıcının formunu alarak kendi sistemini oluşturmaktadır. (Şekil 2.65)



Şekil 2.65 Sistem kesiti ve dış görünüş

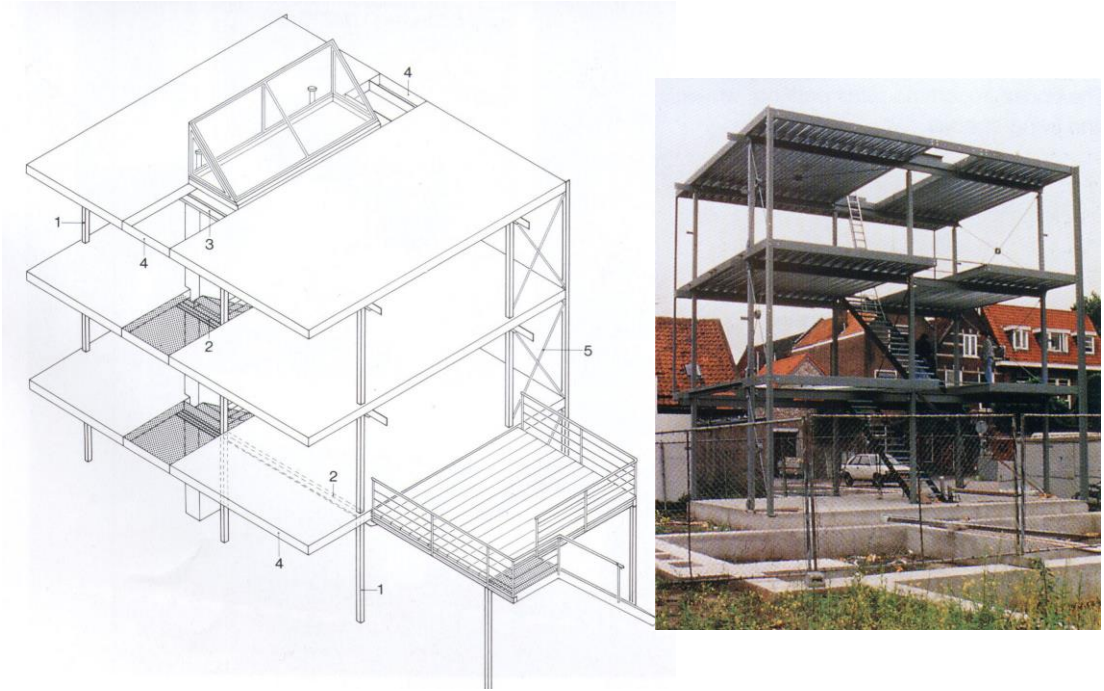
1. Birbirine kaynaklı iki tane HE 140 ana taşıyıcı, 2. Kutu profili 160x80x5 mm, 3. Ahşap kaplama, 4. Oluklu levha, 5. Y kolon HE 120 A, 6. Kutu profili 120x60x3.6 mm. (Şekil 2.65)

- **Hollanda, Delft’ te Konut.** Mimari: Cepezed B.V., Delft.

Farklı mimarlar tarafından tasarlanan bir dizi sıra evden biri olan bu yapının tasarımında imar kurallarına uyulması gerekmekte idi. Çevresindeki diğer konutlara nazaran Cepezed’ in tasarladığı bu konut oldukça sade ve teknolojik bir yapı görünümündedir. Çelik taşıyıcı elemanlar fabrikada üretildikten sonra inşaat sahasına getirilmiştir. Dış duvarlar metalik gümüş renkte sandviç paneller ile oluşturulmuştur. Döşeme ise oluklu levha üzerine yaş döküm betondur. (Şekil 2.66, 2.67)



Şekil 2.66 Dış görünüş



Şekil 2.67 Çelik iskelet taşıyıcı sistem

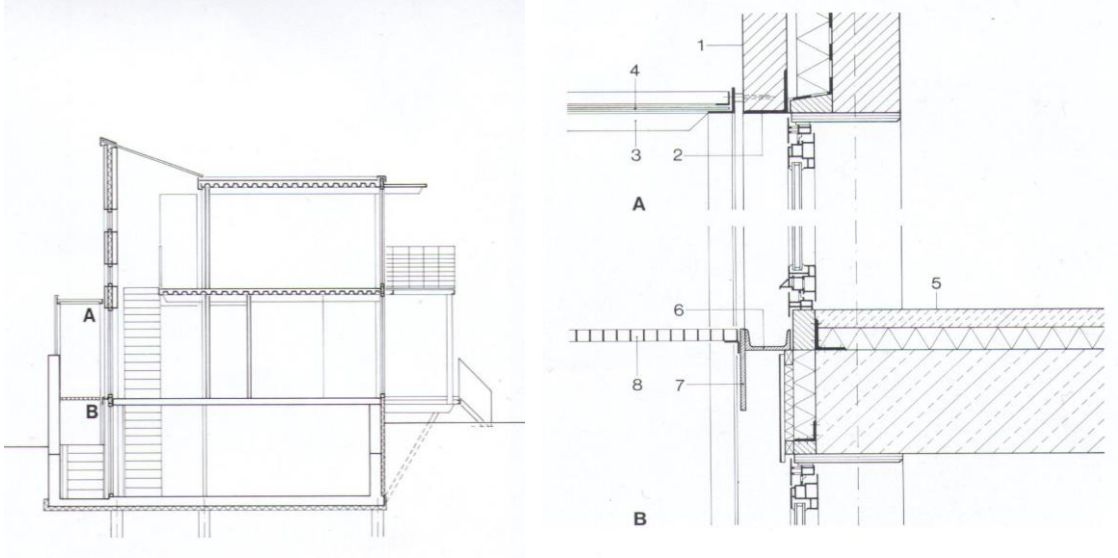
1. Kutu profil KW 120 x 5 mm, 2. IPE 200 mm, 3. IPE 180 mm, 4. L 200 x 100 x 16 mm, 5. RD Ø 27 mm. (Şekil 2.67)

- **Hollanda**, Rotterdam’ da İkiz Ev. Mimari: Buro van Rooden, Rotterdam.

İki katlı bu konut, Rotterdam’ ın doğusunda yeni yerleşim bölgesi olan Prinsland’ dendir. Ana yol cephesinde giriş, merdiven, koridor, banyo ve tepe ışıklığı bulunmaktadır. Yaşama mekanlarının tamamı bahçeye yönlendirilmiş ve tamamen şeffaf bir cephe tasarlanmıştır. Çatı konsolları yatak odaları için güneş kontrolü sağlamaktadır. Betonarme temel üzerine çelik çerçeve oturtulmuştur. (Şekil 2.68, 2.69)



Şekil 2.68 Dış görünüş



Şekil 2.69 Sistem kesiti

1. Duvar: Taş kaplama 100 mm, ısı izolasyonu 80 mm, buhar kesici, taş duvar 150 mm, 2. Çelik köşebent L 100 x 100 x 5 mm, 3. T profil 50 x 50 x 5 mm, 4. Telli cam 8 mm, 5. Döşeme: Şap 50 mm, ısı izolasyonu 50 mm, betonarme döşeme 250 mm, 6. UNP 100, 7. Lama damlalık 200 x 10 mm, 8. Çelik ızgara. (Şekil 2.69)

- **İngiltere**, Ely’ de Mimar Ellis-Miller Evi. Mimari: Jonathan Ellis-Miller.

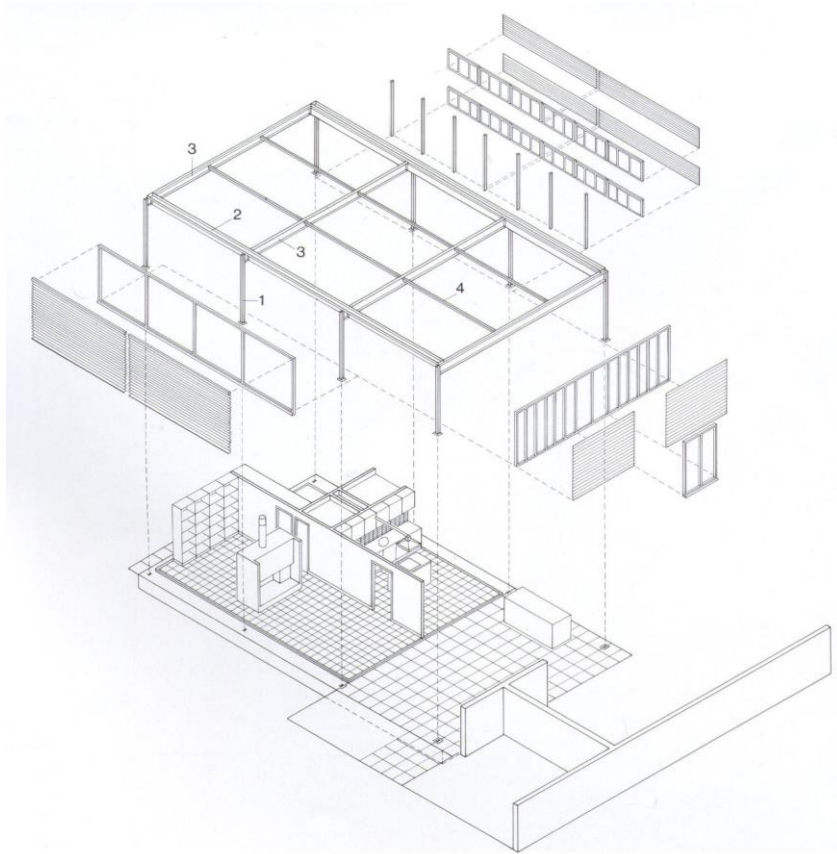
Basit, düşük bütçeli ve tek katlı konut olarak tasarlanmıştır. Yapı, sahil kenarında geniş manzara alan evleri anımsatmaktadır. Bataklık zemin üzerine radye beton dökülmüştür. Bu temel betonu üzerine üç açıklıklı çelik çerçeve H kesitli kolonların bulonlanması ile oturmaktadır. Trapez levha döşeme üzerine metal kaplama ile çatı bitirilmiştir. Kuzeydeki ve girişin bulunduğu güneydeki iki dar cephe tamamen metal levha ile kaplanmıştır. Doğu cephesinde üstte yatay bir pencere ile servis mekanlarında kullanım alanı kazanılmaktadır. (Şekil 2.70, 2.71, 2.72)



Şekil 2.70 Dış görünüş



Şekil 2.71 İç görünüş

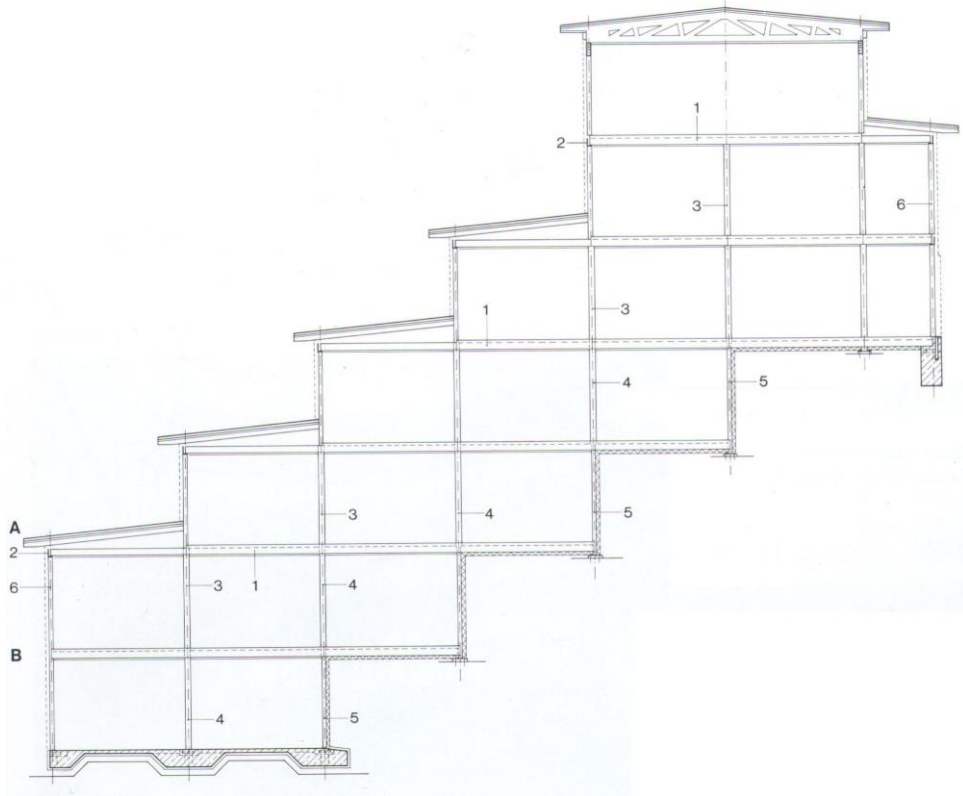


Şekil 2.72 İzometrik perspektif

1. 102 x 102 RST, 2. 154 x 76 UC, 3. 254 x 102 UB, 4. 80 x 80 RHS. (Şekil 2.72)

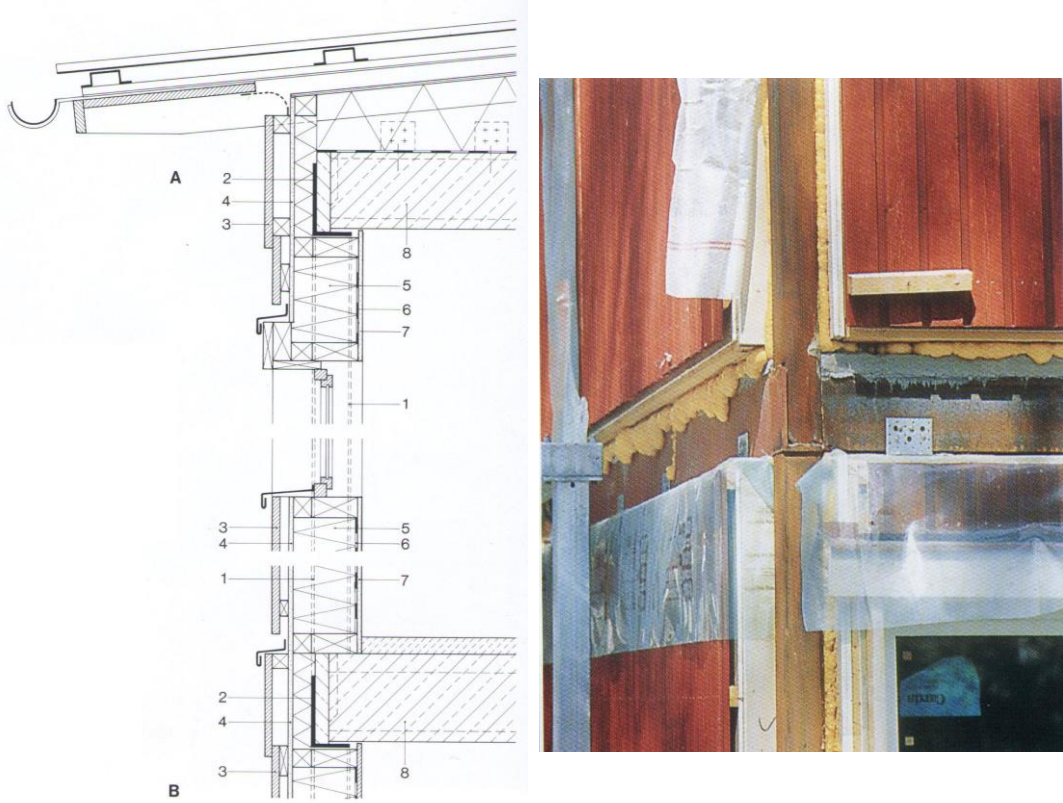
- **İsveç, Östra Ekedal Konut Grubu.** Mimari: Göran Lind-Olsson, Stockholm.

Stockholm Archipelago’ da güneye bakan bir yamaçta teras evler şeklinde düzenlenmiştir. 7 katlı üç ayrı binanın yanyana teraslanmasıyla oluşturulmuştur. Prefabrike beton tabliyeler üzerine çelik çerçeveler oturmaktadır. (Şekil 2.73, 2.74)



Şekil 2.73 Kesit ve dış görünüş

1. 2 x L 200 x 100 x 12 mm, 2. L 180 x 90 x 10 mm, 3. VKR 140 x 70 x 5 mm, 4. VKR 140 x 70 x 6,3 mm, 5. VKR 100 x 100 x 8 mm, 6. VKR 100 x 100 x 5 mm.



Şekil 2.74 Sistem kesiti

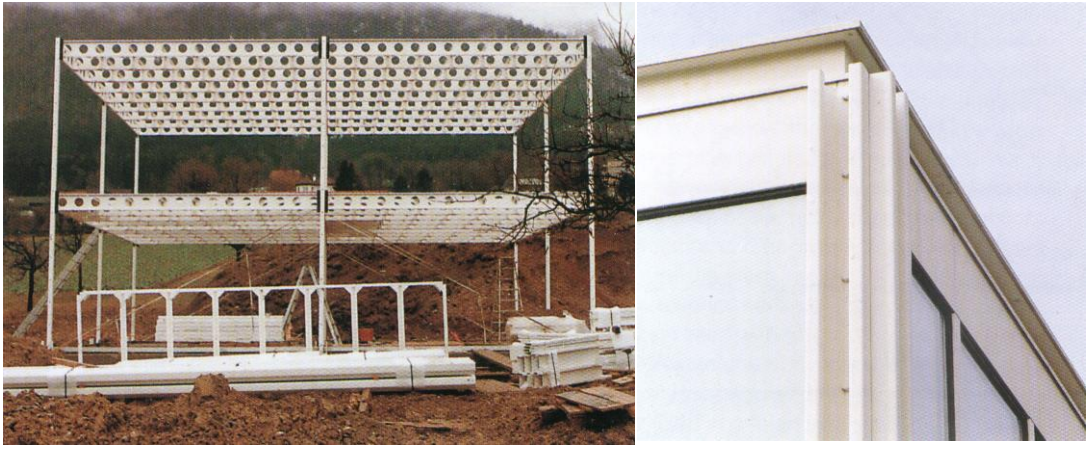
1. VKR 100 x 100 x 5 mm, 2. L 180 x 90 x 10 mm, 3. Ahşap kaplama 22 mm, 4. Alçı levha 9 mm, 5. Taş yünü 45+120 mm, 6. Buhar kesici 0,2 mm, 7. Alçı levha 13 mm, 8. Köşebent 2 x L 200 x 100 x 12 mm, hafif beton tabliye 200 mm. (Şekil 2.74)

- **İsviçre, Grehen’ de Mimar Bill Evi.** Mimari: Remo Bill.

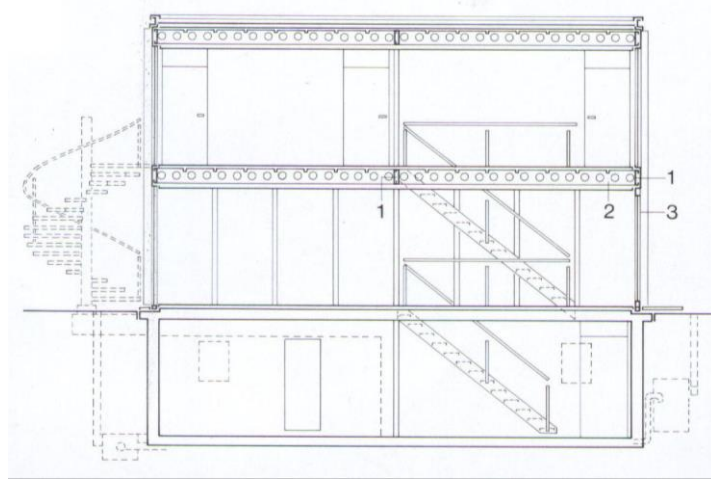
Bu konut, 20 yıl önce Hanover’ da bir fuar pavyonu olarak kuruldu, sonra BadenBaden’ de showroom ve ofise dönüştürüldü. Bugün ise bir mimarın evi olarak kullanılmaktadır. Taşıyıcı sistem, ‘USM-Haller Mini Steel Framing Sytem’ in modüler bir sistemi olup, sökülebilir ve birleştirilebilir olarak tasarlanmıştır. Kolon ve kiriş kaynaklı değil, her zaman vidalı birleştirilmektedir. ‘ Mini Sytem’ in kiriş aralıkları 1.2 m’ dir. Bina planı 9.60x9.60 m’ lik bir karedir. Balkon ve garaj modülü ise 6x6 m’ dir. Ayrıca 3.6x3.6 m’ lik bir teras bulunmaktadır. Üst kat bölme duvarları demontable elemanlardan oluşmakta olup, değişikliklere kolayca adapte edilebilir. Zemin katta açık mutfak, yaşam odası ve yemek odası bulunmaktadır. Çelik merdivenden ulaşılan üst katta iki yatak odası, bir misafir odası, tuvalet, banyo ve bir stüdyo bulunmaktadır. (Şekil 2.75, 2.76, 2.77)



Şekil 2.75 Dış görünüş



Şekil 2.76 Sistemin kuruluşu ve detay



Şekil 2.77 Kesit

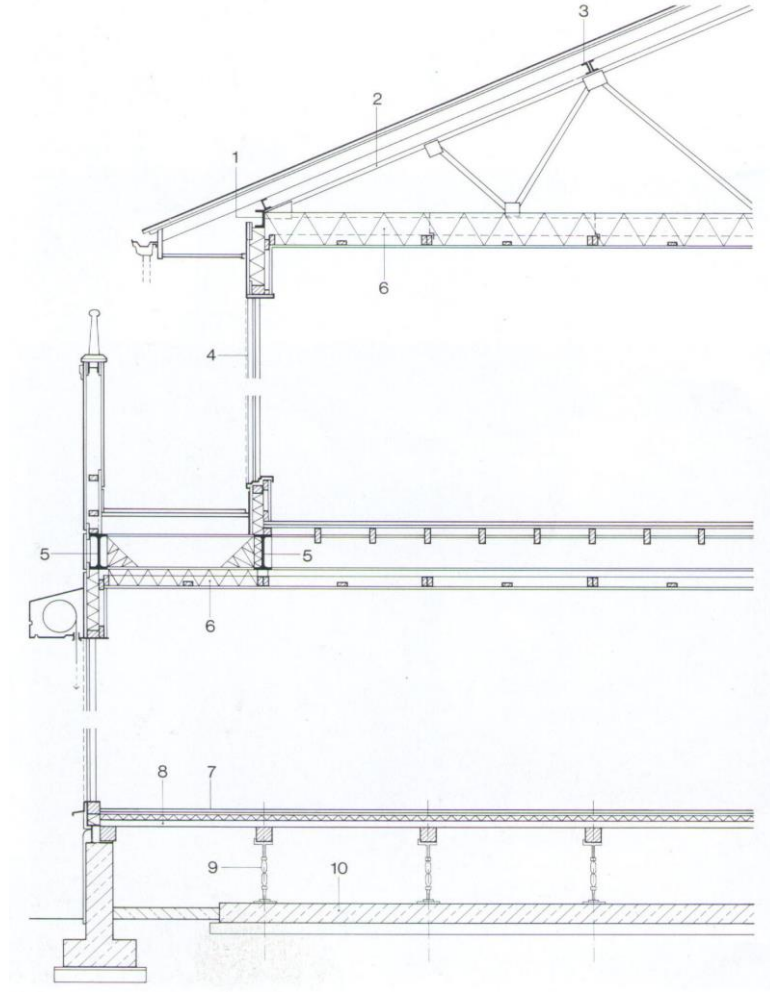
1. Ana Kiriş: Kaplama levha 5-6 mm, Ø 160 mm zımba ile delinmiş 295 mm yüksekliğinde çelik kiriş, 2. Döşeme Kirişi: Kaplama 1.5-2 mm, Ø 160 mm zımba ile delinmiş 300 mm yüksekliğinde çelik kiriş, trapez levha, 3. Tübüler kolon 76.2x76.2x6.3 mm. (Şekil 2.77)

- **Japonya**, Prefabrike Konut. Mimari: Daiwa House Inc., Osaka.

Japonya’ da her yıl 1.5 milyon yeni konut imalatı başlamaktadır. Bu rakamın % 14’ ünü iki üç katlı tek konutlar, sıra evler ve çok üniteli konutların oluşturduğu prefabrike konutlar oluşturmaktadır. Kullanılan strüktürel malzemeler (çelik, ahşap, betonarme) arasından, malzeme kalitesi ve deprem dayanımı nedeni ile en çok çelik tercih edilmektedir. Çeliğin depreme karşı avantajları ‘1995 Kobe,Büyük Hanshin-Awaji Depremi’ nde bir kez daha ortaya çıkmıştır.Kolon-kiriş sistemi, dış duvarlar, döşeme, çatı, bölme duvarlar ve tavan prefabrike olarak üretilmektedir. H profil kirişlerde, kutu kesitli profiller ise kolon ve çatı makaslarında kullanılmaktadır. Çelik strüktür elemanları korozyona karşı yüzeyi boyanarak korunmaktadır. Yangına karşı kullanılan alçı ve beton paneller ile iç ve dış detaylar bitirilmektedir. Döşemede hafif beton paneller kullanılarak ses izolasyonu ve yangın koruması sağlanmaktadır. Çelik iskelet detaylarının fabrikadaki birleşimleri kaynakla, şantiyedeki birleşimleri ise bulonlarla yapılmaktadır. (Şekil 2.78, 2.79, 2.80, 2.81)



Şekil 2.78 Dış görünüş

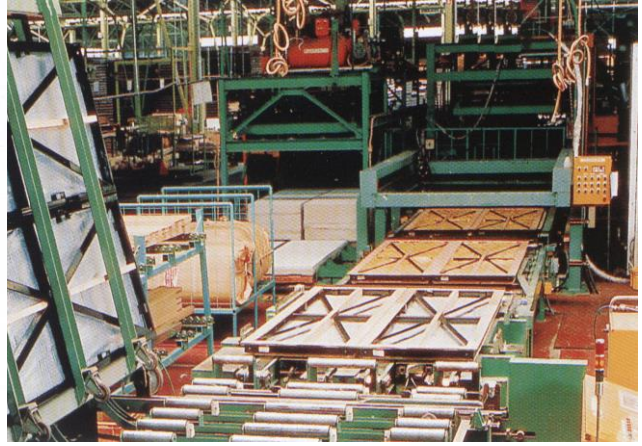
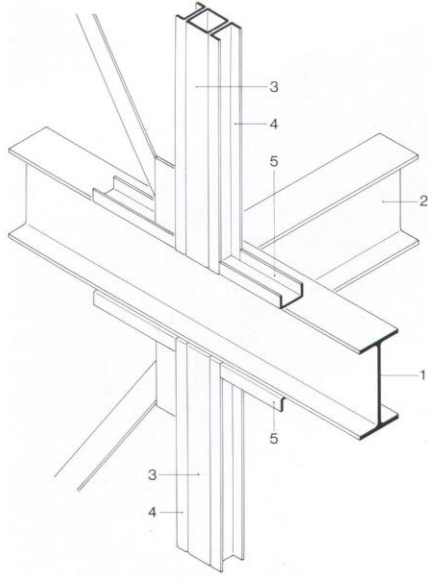


Şekil 2.79 Sistem kesiti

1. Kutu kesitli kiriş, 2. Çatı makası, 3. Çelik aşık, 4. Duvar paneli, 5. H kiriş, 6. Isı izolasyonu, 7. Döşeme kaplaması, 8. Hafif beton plak döşeme, 9. Yükseltilmiş döşeme, 10. Betonarme tabliye. (Şekil 2.79)



Şekil 2.80 Sistemin kuruluşu

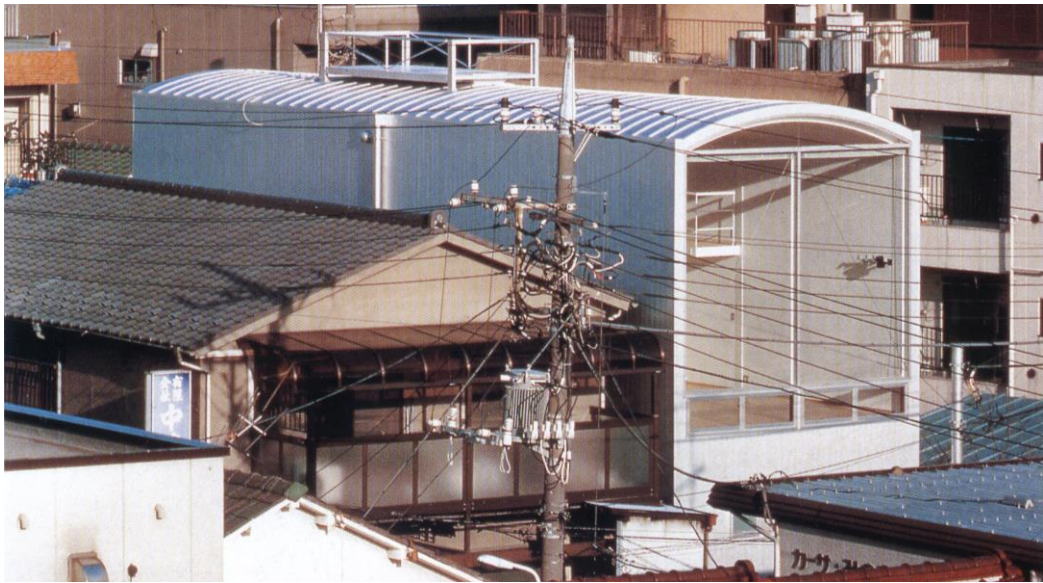


Şekil 2.81 Kolon-kiriş birleşimi ve fabrikada üretim

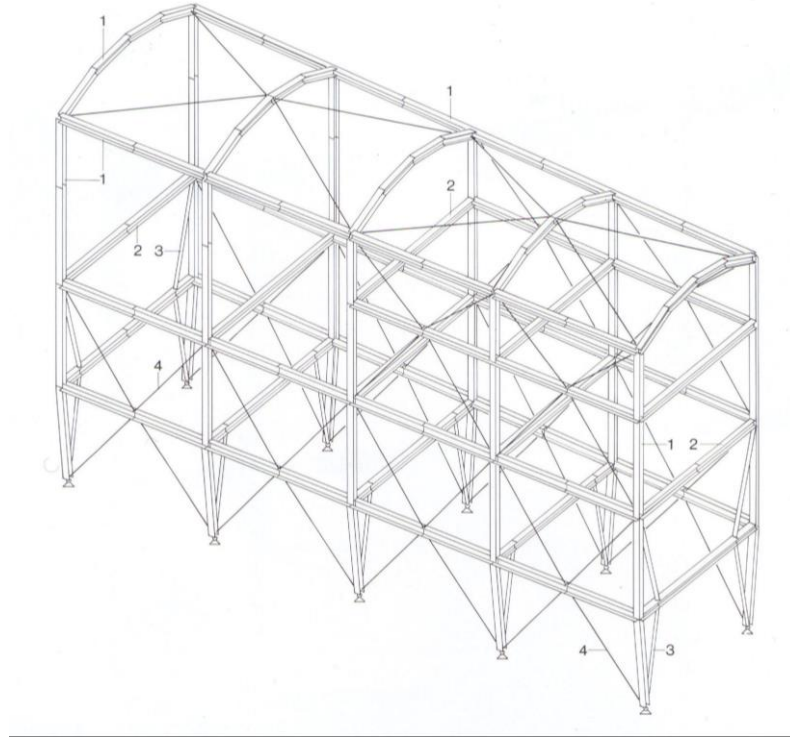
1. H kiriş, 2. H kiriş, 3. Kutu kesitli kolon, 4. Duvar çerçeve profili, 5. Çerçeve profil. (Şekil 2.81)

- **Japonya,** Minamisuna' da Konut, Tokyo. Mimari: Kazuhiko Namba, Tokyo.

Tokyo' nun şehir merkezindeki bu yapının inşaatının hızı, kent merkezinde çalışmanın zorluklarını en az indirmiştir. Betonarme temel üzerine oturtulan çelik çerçeve stabilite elemanları ile desteklenmiştir. Konut, otopark, çalışma ve yaşama alanlarını kapsamaktadır. (Şekil 2.82, 2.83)



Şekil 2.82 Dış görünüş

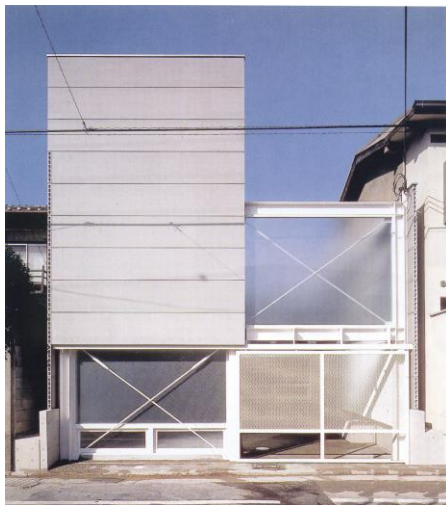


Şekil 2.83 İzometrik perspektif

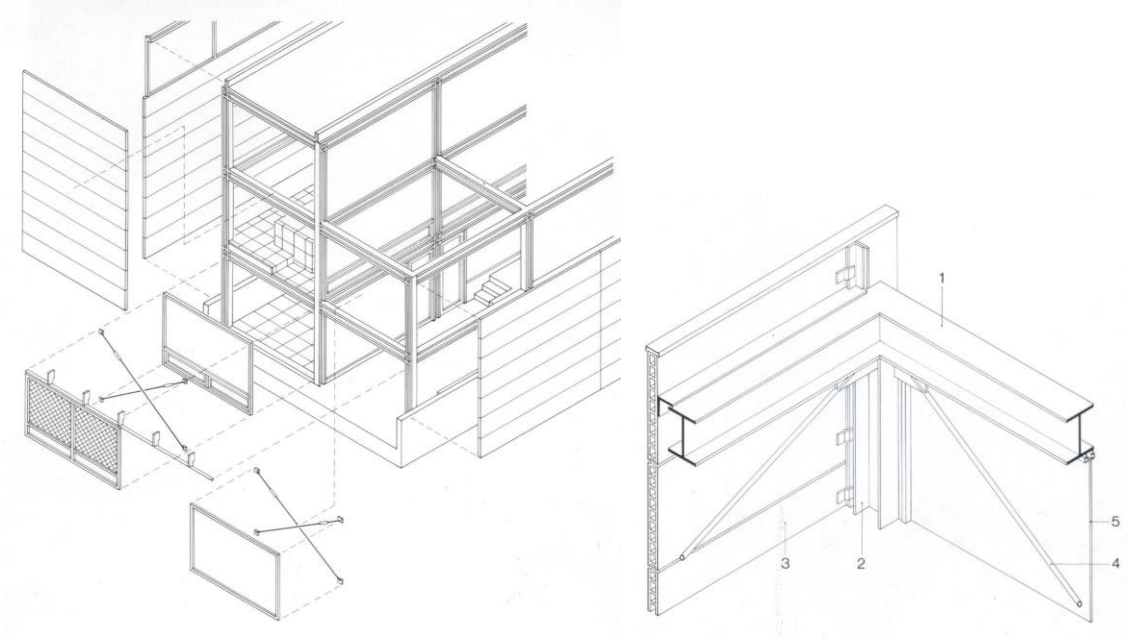
1. Çelik çerçeve I 150 x 150 x 7 x 10 mm, 2. Yan kiriş I 194 x 150 x 6 x 9 mm, 3. Boru kesitli payada Ø 89.1 x 4.2 mm, 4. Rüzgar bağlantısı. (Şekil 2.83)

- **Japonya**, Shimogamo’ da Konut. Mimari: Waro Kishi ve Ortakları, Kyoto.

İki katlı konut, Kyoto’ nun kuzeyindeki Kitayama dağının eteğinde yapılaşmış bir kent merkezinde inşaa edilmiştir. Geleneksel japon mimarisinde olduğu gibi, sağır bir ön cepheden avluya giriş verilmiştir. Dış cephe kaplaması olarak prekast beton panel kullanılmıştır. (Şekil 2.84, 2.85)



Şekil 2.84 İç avlu ve dış görünüş



Şekil 2.85 İzometrik perspektif

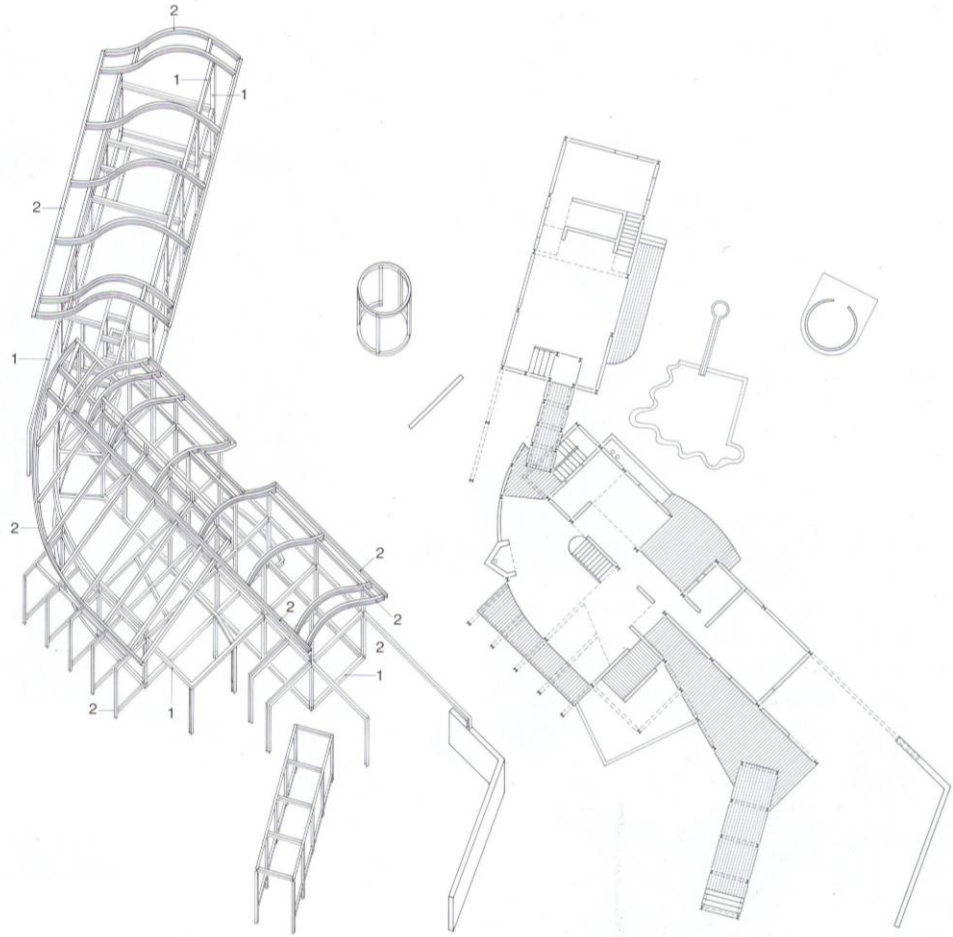
1. Çelik kiriş 244 x 175 x 7 x 11 mm, 2. Çelik kolon 175 x 175 x 7,5 x 11 mm, 3. Prekast beton panel, 4. Stabilite bağlantısı, 5. Cam plaka. (Şekil 2.85)

- **Kore,** Seoul’ de Kır Evi. Mimari: Kyung Kook Woo, Seoul.

Yapıda Seoul’ ün yöresel mimari özellikleri görünürken, çelik, ahşap ve kırmızı tuğla cephede başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Dışarıdaki çelik arkad ve cephedeki çelik taşıyıcı elemanlar çelik strüktürün dışarıdan okunmasını sağlamaktadır.



Şekil 2.86 Dış ve iç görünüşler

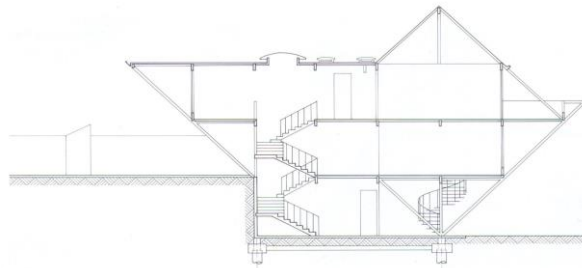


Şekil 2.87 Aksonometrik perspektif ve zemin kat planı

1. H 150 x 200 mm, 2. H 200 x 200 mm. (Şekil 2.87)

- **Venezuela,** La Viulca Konut Sistemi. Mimari: Jose Rafael Ora, Las Mercedes.

Kutu kesitli profillerin kullanıldığı çelik çerçevenin özgün tasarımı, dört kolon ayağı ile yapının zemine oturtulduğu görülmektedir. Bu da, kazı ve temel maliyetlerini düşürmekte, zemin katta serbest bir alan oluşumuna izin vermektedir. Ayrıca kutu kesitli profiller tesisat için de elverişli olmaktadır (Şekil 2.88, 2.89). [15]



Şekil 2.88 Kesit



Şekil 2.89 Sistemin kuruluşu ve dış görünüş

2.3.3 Endüstriyel Üretim ve Taşıyıcı Sistem İlişkisi

Türkiye çelik üretimi bakımından dünyada 16. sırada, ama yapılarda kullanılan çelik çoğunlukla betonarme demiri (tel çubuk) olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de yeterince çelik üretimi var, zaman zaman dışarıdan ithalat da yapılıyor. İthal edilen çeliklerin her zaman çok kaliteli olduğunu söylenemez. Özellikle Doğu Bloğu Ülkeleri'nden gelen ucuz ve düşük kaliteli çelikler bazen çok kırılgan olabiliyor ki, betonarmede de kullanılsa, çelik inşaatta da kullanılsa sağlıksız sonuçlar verebilir. Türkiye'de Ereğli Demir Çelik, Karabük Demir Çelik ve İskenderun Demir Çelik Fabrikaları çelik malzeme üretmektedir. Toplam çelik üretimi ağırlıklı olarak yapı ve otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Örneğin Ereğli'nin ürettiği yassı mamul dediğimiz saçlar ev eşyaları ve otomotiv endüstrisinde, uzun mamul denilen çelikler de büyük yapılarda kullanılmaktadır. Ama yapılarda kullanılan bu çelik miktarı

içinde betonarme binalarda kullanılan çelik çubukların oranı çok fazla. Türkiye'de hadde profillerin en büyük üreticisi şimdi Kardemir adını alan Karabük Demir Çelik Fabrikasıdır. İnşaatlarda kullanılan profilleri büyük çoğunlukla Kardemir üretmektedir. [9]

Çelik konstrüksiyonun bugün ulaştığı düzeyin elde edilmesinde en büyük etkenlerden birisi de kaynak yapımıdır. Tekniğine uygun kaynak yapmak bu dalda uzmanlaşmış elemanların varlığına ve çokluğuna bağlıdır. Günümüzde her alanda olduğu gibi çelik yapıların tasarımı, bileşim noktalarının hesabıyla ilgili ayrıntılı çizimlerin bilgisayar ortamında yapılması durumu çok faydalar sağlamaktadır.

Malzeme ihtiyacı açısından olayı değerlendirdiğimiz zaman yapı önemi yüksek olan yapılar yüklere maruz kaldığında her iki eksene göre kesitleri büyük çıkmakta ülkemizde üretilen profillerin yetersiz kalması durumunda yapma kesitlere gidilmekte veya bu kesitler ithal edilebilmektedir. Dolayısıyla çelik endüstrisi ülkemizde yeterince gelişmemiştir. Çelik çerçeveli yapılarda ağırlıklı olarak kullanılmakta olan I ve U gibi farklı profil kesitlerinin istenilen boyutlarda üretilmemesi veya gereken miktarlarda bulunmaması, genel bir problem ve bu gibi durumlarda da en yakın büyük kesit kullanılması ortalama yüzde 15 malzemenin kaybına sebep olmaktadır. Sıkça karşılaşıldığı gibi bir üst kesit de bulunmadığında bu kaybın ortalama yüzde 35'lere yükseldiği görülmektedir. Kaybı azaltmak için başvuru yöntemlerinden biri olan bulunmayan profil kesit yerine yapma kesit kullanılması durumunda, kesimden kaynaklanan kayıplar yapım için gerekli elektrik, işçilik giderleri, zaman kaybı ve benzeri hususları söz konusu olduğu göz ardı edilmemelidir. Bu ek giderlerin en aza indirilebilmesi için ancak bilgisayar kontrollü ölçme, kesme, delme ve kaynak makinaları kullanımı ile mümkün olabilir. Diğer taraftan bulunmayan profil için ithalata gidildiğinde de belirli miktarlar altında talepler yüksek maliyetler getirmektedir. Çelik çerçeveli yapıların mimarisi gereği ihtiyaç duyulan yüksek kaliteli yapı çeliği ve kare dikdörtgen ya da dairesel boşluklu etli profiller ile daha ekonomik olması bakımından bileşik döşeme kesiti içinde kullanılabilen saçların üretilmemesi ülkemize özgü sorunlar olarak değerlendirilmektedir. [7]

Ülkemizde çelik karkas sistemlerin pek az kullanılmasının nedenlerinden biri de maliyetinin yanı sıra çelik inşaat teknolojilerinin ve endüstrisinin bilgi birikiminin

yeterli düzeyde olmayışı ile çelik yapı stokunun çok düşük olması gösterilebilir. Bu açıdan çelik çerçeveli yapıların gerek tasarımı, gerekse üretim ve montajı konusunda yeterli bilgi ve deneyime sahip teknik elemanlara çok fazla sayıda ihtiyaç bulunmaktadır. Sınırlı sayıda uygulaması bulunan çelik yapı alanında doğal olarak deneyimli proje bürolarının sayısı da doğal olarak sınırlıdır, süratle artırılmalıdır. Bu bürolarda yetişmiş teknik elemanların endüstri yapılarının tasarımında edindiği deneyim çok katlı binaların tasarımı için de yeterli olamamaktadır. Çelik yapıların uygulama projelerini yapan mühendislerin üretim ve montaj konularında da bilmeleri zorunlu hususlar vardır. Bu açıdan ülkemizde uygulanmasına yeni başlanan uzman mühendislik ve mimarlık bu zorlukların aşılmasında önemli katkılar sağlayacaktır.[9]

2.3.4 Taşıyıcı Sistem Maliyeti

Çelik iskeletli inşaat, Türkiye'de büyük açıklıklı endüstri yapıları dışında pek seyrek kullanılır. Bu seyrek kullanımda çeliğin betonarmeye göre genelde pahalı bir malzeme olması ana etken olmakla birlikte bu konuyla az ilgilendiği için uygulamaktan ürken teknik elemanların ve kalifiye iş gücüne sürekli bağlanmaktan çekinen müteahhitlerin payı da yadsınamaz.

Genelde yapıların maliyetlerinin karşılaştırılması, yalnızca, taşıyıcı sistemlerin birim alan veya hacmine karşı gelen ve yapı malzemelerinin maliyeti kullanılarak yapılmaktadır. Ancak, böyle bir yaklaşım ile, yapının tümsel maliyetini etkileyen bir çok etken gözardı edilmiş ve yapım maliyeti olarak yalnızca üst yapı ve temel maliyeti hesaba katılmış olur. Bu tür bir maliyet karşılaştırması yapıldığında, aynı mimari plan ve aynı fonksiyonlu iki yapıdan, çelik konstrüksiyon olanın maliyeti, betonarme yapıya göre % 5 ~ 12 daha pahalı olmaktadır. Çeliğin pahalı olması konusu bina türü ve katların sayısına göre değişir. Örnek olarak az katlı bir konutta betonarme taşıyıcı sistem yerine çelik kullanılması, tüm maliyeti % 10 ~ 12 kadar arttırır ki, bu da can güvenliğinin bedelidir. On ile on iki kattan sonraki kıyaslamalarda ise pahalılık tamamen yok olabilir. Eğer maliyetlerin karşılaştırılmasında kredi maliyeti, kira gelirleri, kullanım alanı, geri kazanım, yeniden kullanım, çevre kirliliği ve deprem etkisi gibi etkenler de kapsam içine alınarak değerlendirme yapılırsa, aradaki farkın azaldığı görülecektir. Bunlara ek olarak, yapının maliyetinin % 18' inin taşıyıcı sisteme, % 24' ünün ince işlere, % 20' sinin dış yüzey kaplamasına, % 8' inin temel inşaatına, % 14' ünün hazırlık

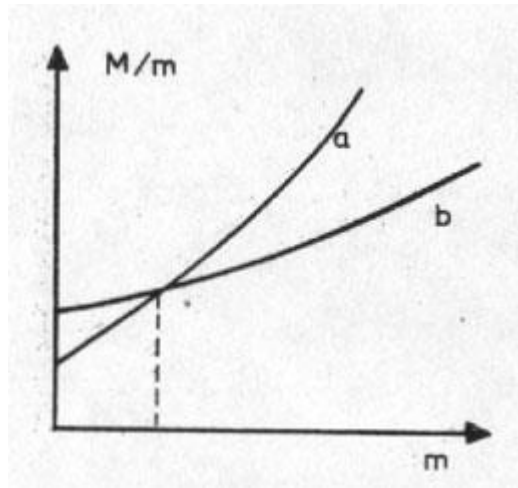
alışmalarına, % 3' ünün mekanik aksama ait olduğu düşünülürse; % 8' lik taşıyıcı sistem payının içinde değinilmiş olan % 5 ~ 12 oranındaki farkın yapının tümsel maliyeti yanında ihmal edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir. Betonarme yapının kullanıma açılma süresi temel alınarak yapılacak toplam proje maliyeti hesabında elik ucuzdur. [3]

Bir yapının maliyet hesabındaki etkenler:

- **Üst Yapı Maliyeti**

Yüksek mukavemetli elik kullanılması halinde yapının tümsel elik ağırlığı azalır. Bu durumda elik üreticisinden elik konstrüksiyon imalatçısına ve elik konstrüksiyon imalatçısından montaja taşıma maliyetlerinde azalma sağlanır. [3]

Şekil 2.90' da, kiriş açıklığına bağlı olarak a eğrisi betonarme kiriş maliyetini, b eğrisi elik kiriş maliyetini göstermektedir. Kiriş açıklığı arttıkça elik kiriş maliyeti daha yavaş artmaktadır. Eğrilerin kesim noktasının konumu, yüklere ve kiriş yüksekliğine bağlıdır. Kısa açıklıklarda genellikle betonarme kiriş, büyük açıklıklarda elik kiriş ekonomik olmaktadır. [14]



Şekil 2.90 Kiriş açıklığı-maliyet eğrisi [14]

Taşıyıcı sistemi az sayıda elemanlarla tasarlamak, imal edilecek farklı eleman sayısını azaltmak ve birleşimleri basitleştirmek gibi yollarla imalat maliyetlerini azaltmak mümkün olmaktadır. Atölyede imalat, yıl boyu daha kontrollü bir ortamda çalışma olanağı sağladığı için, şantiyede yapılacak montaj daha problemsiz olur ve montaj maliyeti düşer. [3]

- **Temel Maliyeti**

Aynı yapı için çelik taşıyıcı sistemler, betonarme taşıyıcı sistemlere göre oldukça hafif olduğundan, bu durum temel maliyetlerinde, özellikle kötü zemin koşullarında, önemli farklar yaratır. [3]

- **Binanın Kullanım Hacmi**

Son zamanlarda beton malzemesinin mukavemetini 100 kg/cm² civarına taşıyan süper plastikleştiricilerin kullanımının yaygınlaştırılmış olmasına rağmen betonarme taşıyıcı elemanların en kesit boyutları, aynı yük taşıma ve süneklik kapasitesine sahip çelik elemanlara göre gözardı edilemeyecek derecede büyüktür. Çünkü, betonarme elemanın süneklik kapasitesini çeliğinkine (eşitlemek mümkün değildir) yaklaştırmak için, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde oldukça fazla betonarme çeliğinin kullanılması ve betonla çelik arasında yeterli düzeyde aderans sağlanması için, donatı aralıklarının belirli sınırlardan az olmaması gerekir. Bu nedenle, yük taşıma ve süneklik bakımından çelik elemanla eş tutulan betonarme elemanın boyutları çelik elemaninkine göre ciddi şekilde büyük olur. Çelik betonarme tekniğine göre aynı kapalı alanı çok daha küçük hacimli ve hafif bir iskeletle kapatma olanağını sağlar. Çelik standart inşaatlardaki gibi, alanların sık sık kolonlarla bölünmesi zorunluluğunu ortadan kaldırır. Binanın niteliğine göre projede istenen açıklık sağlanır. Hatta istenildiğinde tamamen kolonsuz bir bina dahi kolaylıkla inşa edilebilir. Bu özellikle binaların en değerli bölümleri olan zemin katlarda büyük bir kullanım rahatlığı ve küçük yüzeyli kolonlar kullanıldığı için ciddi bir alan avantajı sağlar. Betonarme ve çelik malzemeyle gerçekleştirilen aynı mimari plan ve fonksiyondaki iki yapıdan çelik olanın kat kullanım alanı en az % 15 daha fazla olacağından, bu durum, çelik yapının kira gelirini artırıcı, dolayısıyla tümsel maliyetini azaltıcı rol oynar. Çelik sayesinde en küçükten en büyüğe son derece ferah binalar yaratılırken, büyük binalarda kazanılan kullanım alanı çok büyük bir ekonomik değer yaratır. [3]

- **Kredi Maliyetleri ve Kira Gelirleri**

Çelik yapı, betonarme yapıya göre daha hızlı gerçekleştirilebilir. Genellikle bu süre betonarme yapıya göre % 50 daha kısadır. Bu nedenle çelik yapı çok daha erken kullanılabilir duruma gelerek daha erken kira geliri sağlayabilir. Ayrıca hızlı

gerçekleştirilebilmesi, alınacak kredilerin daha çabuk geriye dönmesini sağlayarak kredi maliyetlerini de düşürür. elik yapının hızı sayesinde, şantiye masrafları ve ekipman kiralrı için yapılan demeler daha erken biter. elik her an kontrole açık bir yapı malzemesi olduğu için elik yapılar sigortacılar tarafından teminat altına alınması en kolay yapılar olarak değerlendirilir. Hasar gördüğünde tamir edilebilme kolaylığı da sigorta konusunda büyük avantaj sağlar. [3]

- **Geri Kazanım ve Tekrar Kullanma**

elik yapılarda taşıyıcı elemanların birleşimleri, atölye birleşim ve ekleri ile montaj birleşim ve ekleri olmak üzere iki grupta toplanabilir. Atölye birleşim ve ekleri daha çok kaynaklı olurken, montaj birleşim ve ekleri bulonlu olur. Bulonlu olan birleşimler, elik yapıya çok küçük bir maliyetle sökülüp takılabilirlik özelliği kazandırır. Bu sayede örneğin elik konstrüksiyon bir fabrika yapısı, içindeki ekipmanı ile birlikte bir ülkeden diğerine kolayca taşınabilir. Betonarme yapılar için söz konusu olmayan bu özellik, elik yapılar için stratejik olduğu kadar ekonomik avantajlar da sağlar. Ayrıca bu özellik, yapının ileride genişletme, onarım, iyileştirme, güçlendirme ve yenilenmesi durumlarında, yapılacak olan işlemlerin en az maliyetle ve kolaylıkla gerçekleştirilmesini sağlar. elik, geri kazanımı çok olan malzemelerden bir tanesidir. Bütün elik cinsleri, dayanım ve malzeme özelliklerini kaybetmeden bir çok kez geri kazanım işlemine sokulabilir.

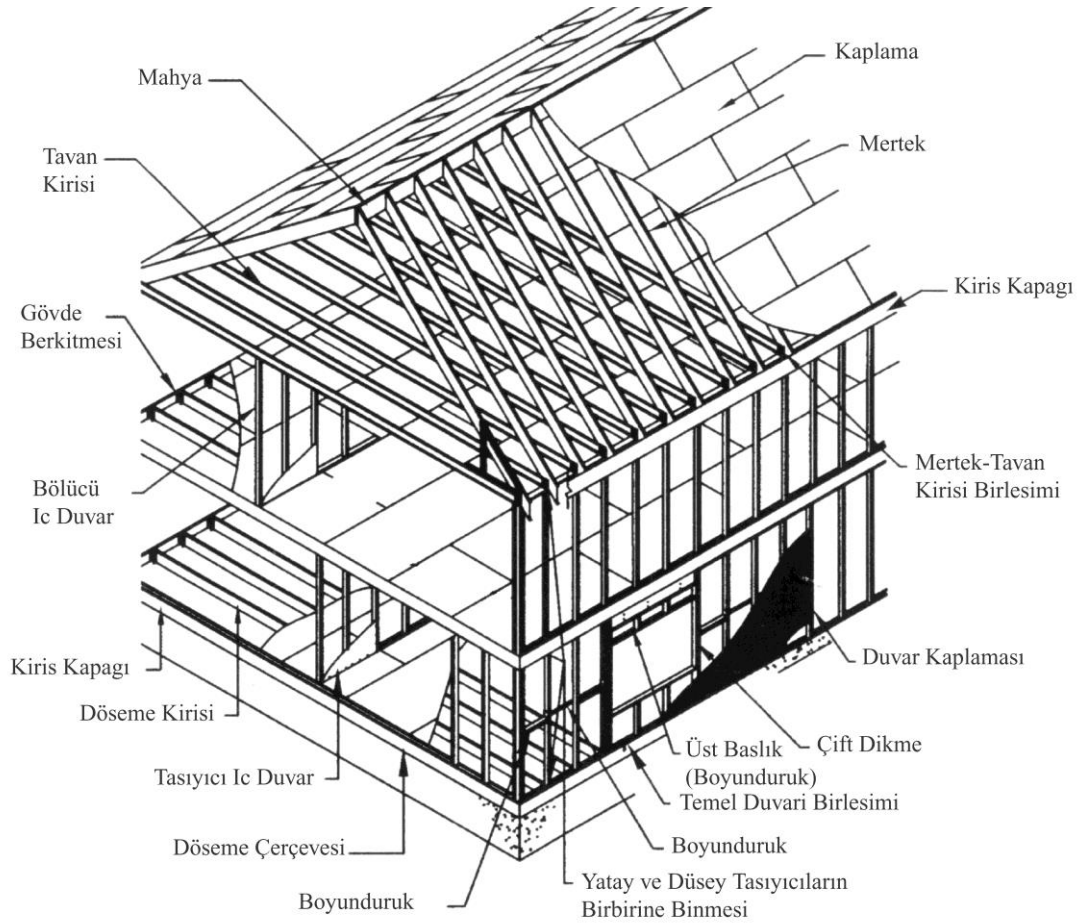
elik evre kirliliğine neden olmayan bir yapı malzemesidir. Yapım aşamasında çevreyi kirlilemediği gibi elik bir binaya ihtiyaç kalmadığı zaman inşaat dozerle yıkmaz. elik iskeletin parçaları tek tek sklr, ark ocaklarında eritilir ve elik olarak tekrar kullanıma sunulur. elik iskelet hurda olarak dahi ekonomik bir değer taşıdığı için geriye hiçbir kirlilik kalmaz. [3]

- **Kayıt Dışı Ekonomi**

elik yapıların yalnızca gerekli yeterliliğe sahip sertifikalandırılmış ruhsatlı firmalar tarafından üretimine izin verilmesi durumunda ve gerekli kontrol mekanizmalarının oluşturulması halinde yanlış imalat, hatalı montaj ve kayıt dışı ekonominin önüne geçilmesi son derece kolaydır. Bu nlemler alındığı takdirde elik yapı teknolojisinin inşaat sektöründe yaygınlaşması, kayıt dışı kazançların ve kaçak yapılaşmanın büyük ölçüde önüne geçecektir. [3]

3. HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI ENDÜSTRİLEŞMİŞ KONUT TASARIMI İÇİN YAPIM VERİLERİ

Çelik yapılar iki tür taşıyıcı sistem ile inşa edilirler. Sıcak çekilen profil ile yapının çelik iskeleti inşa edilir veya soğuk bükme ince profiller yan yana getirilerek duvar/döşeme taşıyıcısı oluşturulur. İkinci grubu oluşturan sisteme hafif çelik taşıyıcı sistem denilmektedir (Şekil 3.1). ‘Hafif’ tanımı, kullanılan çelik malzeme kesitinin ince olmasından ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.1. Hafif çelik taşıyıcı sistem [16]

İki katlı yapılarda soğuk bükme profillerin kullanılması ekonomiktir. 1999 Ağustos depremi sonrası yeni arayışlar içinde olan yapı sektörü, ülkemiz için yeni sayılabilecek hafif çelik yapıları kullanmaya başlamıştır. Esasen yapılar yığma veya iskelet olsun,

betonarme veya çelik olsun, mimari mühendislik kurallarına uygun yapıldığında kullanıcısını çevre şartlarından veya depremde korur. İnsanları üşüten, terleten veya yıkılan yapı varsa, bu hatalı yapıldığını gösterir. Hata, projelendirme veya uygulama sırasında ortaya çıkabilir. [17]

Çelik saçtan bükme hafif taşıyıcı sistemler, az katlı binalarda kullanılabilir. Şantiyeye gitmeden önce boy ve bağlantı işlemleri tamamlandığından bu profiller ile yapılan inşaatın süresi kısalmır. Konut yapımında kullanılması halinde çelik hafif taşıyıcı sistemlerin taşıyıcılık özelliklerinin yanı sıra koruyuculuk özelliklerinin de tanımlanması gerekir.

Çalışmada taşıyıcı sistemlerde kullanılan çelikler arasından hafif taşıyıcı sistem incelenmiştir. Hafif taşıyıcı sistemde kullanılan sac' dan bükme çelik profillerin korozyon ve yangın özellikleri, birleştirme teknikleri, taşıyıcı sistemin giydirilmesi, tesisat ile uyumu gözden geçirilmiştir.

Yurt dışından paket proje halinde gelen hafif taşıyıcı sistemler yaygın kullanılacak ise teknolojinin öğrenilmesi ve ülkenin mimari kültürü ile bağdaşacak şekilde projelendirilmesi önerilmektedir. [4]

3.1 Hafif Çelik Yapının Ortaya Çıkışı

Hafif çelik yapıların konut inşaatında kullanılması en çok ABD'de görülmektedir. Büyük bir ülke olan ABD'de konut yapımı için kullanılan yapı malzemelerinin taşınmasının ucuz ve kolay olması öncelik kazanmıştır. Yapının maliyetini düşürmek amacı ile; duvar/ döşeme taşıyıcı sistemi, duvar/ döşeme kaplaması ve çatı örtüsü ucuz ve taşınması kolay olan ahşaptan yapılmıştır. ABD 'de 2. Dünya Savaşı sonrası çelik yapılar gündeme gelmiş ağır çelik profiller genellikle çok katlı büro binalarında kullanılmıştır. Eames gibi mimarlar konut yapılarında çeliğin kullanılması amacıyla öncülük etmişlerdir. Fakat ağır çelik profiller ile yapılan konutlar ancak prestij yapı alanında kalmıştır. ABD' deki yapımcılar ahşap yapı teknolojisiinden de yararlanarak hafif bükme profillerle hafif çelik yapı teknolojisini geliştirmişlerdir. Bugüne gelindiğinde, dünya üzerinde orman alanlarının azalmasından ötürü gittikçe pahalılaşan ahşabın, daha yararlı yerlerde kullanılmasını sağlamak amacıyla ve diğer

yandan çeliğin geriye dönüştürülen bir malzeme olması nedeniyle ABD'de hafif taşıyıcılı çelik sistemlerin kullanılması artmıştır. [17]

3.2 Hafif Çelik Yapıların Ahşap İskeletli Yapılar ile Benzerlikleri

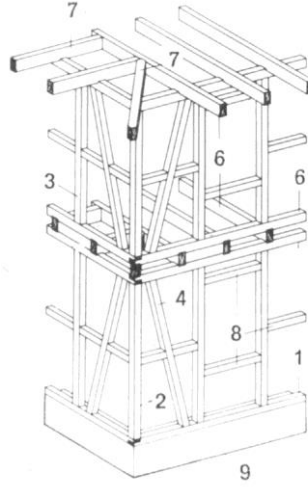
Pek çok ülkede olduğu gibi bizde de yeni olan hafif çelik yapının projelendirilmesinde hataları aza indirmek amacı ile hafif çelik yapı tanımlanacak, hafif çelik yapıların ahşap iskelet yapılara benzerliğinden yola çıkılarak bir karşılaştırma yapılacaktır.

3.2.1 Geleneksel Ahşap İskelet Yapı

Türkiye'de geleneksel ahşap yapı kültürü yaygın ve zengindir. Bu yapıların oluşturduğu estetik, güvenli taşıyıcılık, iç mekan konforu yüzyıllar süren tecrübe ile mükemmelleşmiştir.

Ahşabın dünya üzerinde nüfusa göre azalması, pahalılaşması ve diğer başka sebepler dünyanın her yerinde olduğu gibi ülkemizde de ahşaptan başka malzemelerin kullanılmasına yol açmıştır. Ülkemizde son yüzyılda en çok kullanılan yapı malzemesi betonarme olmuştur. Betonarme yapıların 17 Ağustos 1999 depremi sırasında yıkılması, bölgedeki geleneksel çeşit ahşap iskelet olan "hımış" yapıların sağlam kalışı ve can kaybına sebep vermeyişi, hafif iskelet yapıların tekrar konuşulmasına sebep olmuştur.

Geleneksel ahşap iskelet, bir kat yüksekliğince giden dikmelerle, köşelerde payandalardan meydana gelen yöntemdir (Şekil 3.2). Payandalı ahşap yapım yöntemi adını alan bu uygulamada payandalar dikmeleri desteklerler ve yatay yükleri karşılarlar. Böylece, yöntemin her katta yinelenmesiyle birkaç katlı yapılar elde edilebilir. Bu yöntem yüzyıllar boyunca Anadolu' da uygulanmıştır. [17]



Şekil 3.2 Payandalı sistem [18]

1.Taban, 2. Köşe Dikmesi, 3. Dikme, 4. Payanda, 6. Döşeme Kirişi, 7. Yavukiriş, 8. Boyunduruk, 9. Sokl. (Şekil 3.2)

Geleneksel ahşap iskelet kurulduktan sonra dış yüzü tek veya iki kat ahşap kaplanır. İç yüzü aralıklı çakılan çıta üstüne kırıklı kireç harçlı sıva (bağdadi sıva) yapılır. Çıtası ile sıva kalınlığı 5-6 cm' yi bulur. Kullanılan duvar katmanlarının hepsinin ısı direnci yüksek olduğundan çevre şartlarından korunan, nefes alabilen iç mekan elde edilir. İki yüzü kaplanmış ahşap iskelet yapıda elde edilen koruyuculuk yapının bulunduğu iklim bölgesine göre yetersiz ise ahşap iskeletin ara boşlukları tuğla veya kerpiç (bazende taş) ile doldurulur. Duvar içten ve dıştan sıvanır. Bu tür yapıya "hımış" yapı denilmektedir.

Geleneksel ahşap yapıların iskeleti günümüz ahşap yapısından farklıdır. Geleneksel ahşap yapıda farklı boyutta ahşap kullanılır. Binanın yüklerini taşıyan duvar kalınlığınca ve kare kesitli olan ana dikmeler, duvarın iki yüzünü taşıyan ara dikmeler, duvar düzleminde yatay kuvvetleri aktaran payanda ve yatay bağlantılı sağlam kuşaklar (boyunduruk) taşıdıkları yüke göre hepsi ayrı kesitte olabilmektedir.

Ahşap elemanların yatay, düşey kesme kuvvetlerini birbirlerine aktarmaları önceleri geçme ve ahşap yardımcı parçalar ile sağlanırdı. Birleşmelerdeki metal, çivi ve vida desteği geleneksel ahşap yapının geç dönemine rastlar. Ahşap inşaatta küçük kesitlerde genellikle çivi, büyük kesitlerde cıvata, kama gibi metal bağlama parçaları kullanılır.

Hafif iskelet yapılar ister çelik profiller ile, ister de ahşap dikmeler ile yapılsın birbirine benzerler. Çünkü pencere bırakılması, çatı kurulması, duvar kaplaması ve diğer pek çok teknik birbirinin aynıdır. [17]

3.2.2 Çağdaş Ahşap Konut Üretim Sistemleri

Ahşabın birçok özelliği bu malzemeyi enerji kullanımının az olduğu inşaatlar için çok uygun kılmıştır. Kuzey Amerika’ dan İngiltere, İskandinavya, Avustralya ve Yeni Zelanda’ ya kadar geniş bir coğrafyada çağdaş ahşap yapım teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikleri 5 ana başlıkta toplamak mümkündür.

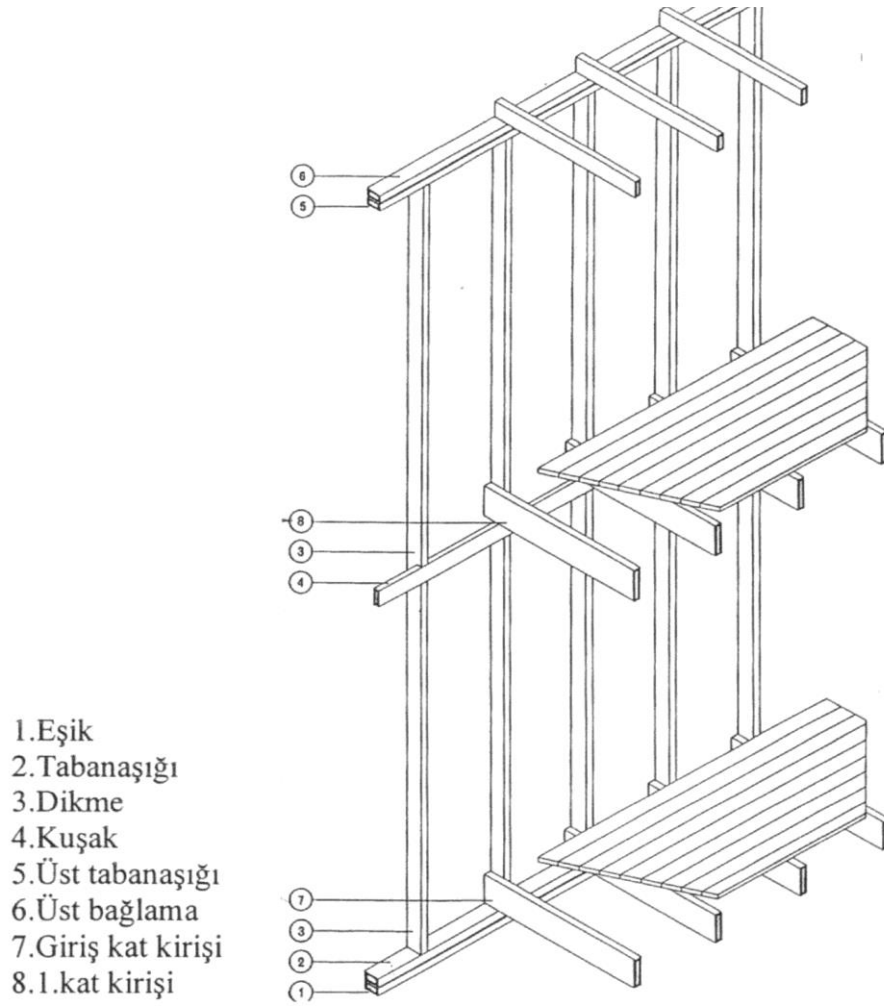
Bunlar;

- a. Dikme – Kiriş Sistemler,
- b. Balon Çerçeve Sistemler,
- c. Platform Çerçeve Sistemler,
- d. Modifiye Çerçeve Sistemler,
- e. Volumetric Hacimsel Sistemlerdir.

Hafif çelik taşıyıcı sistemler ile benzerliklerinden ötürü, aşağıda, platform sistemler ve balon çerçeve sistemler incelenmiştir. [19]

3.2.2.1 Balon Çerçeve Sistemler

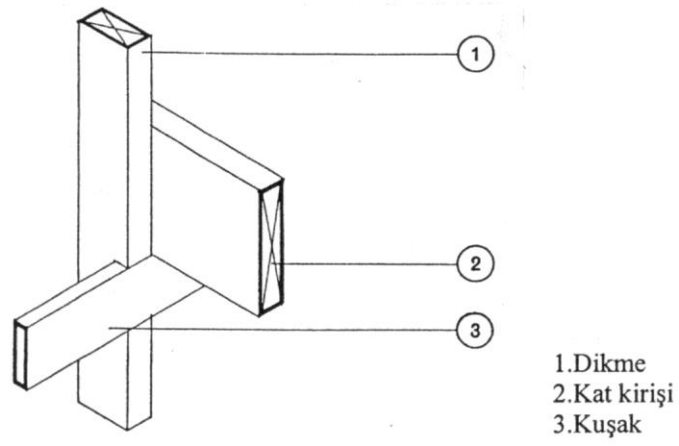
Sistem Kuzey Amerika’ da kullanılan ilk hafif ahşap çerçeve sistemdir. İngiltere’ de ise 1960’ larda popüler olmuştur. Diğer sistemlerden farkı; dikmelerin uzunluğunun, zemin döşemesi taban plakasından, birinci katın tavan plakasına kadar iki kat boyunca olmasıdır (Şekil 3.3). Dikmeler ve zemin döşemesi ise merkezi kirişler veya taşıyıcı duvarlar gibi bir taban plakası üzerinde desteklenmiştir. Sürekli bir kuşak (Ribbon) dikmelere çivilenmiştir ve kirişler bu kuşak üzerine konulur, kirişlerin yanlarına çivilenir.



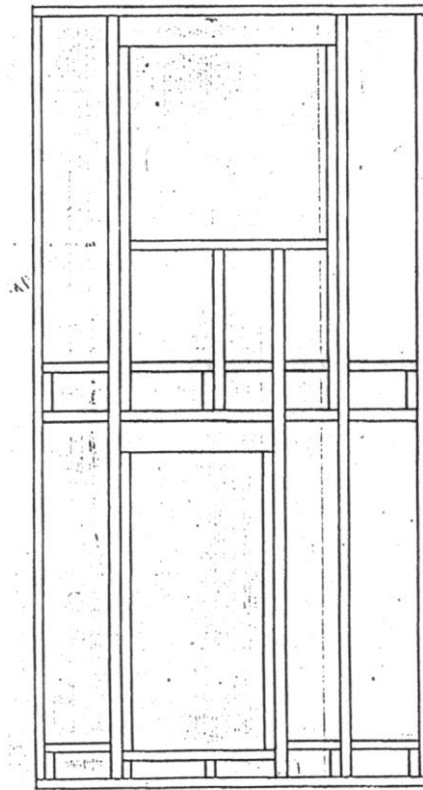
Şekil 3.3. Balon çerçeve sistem kuruluşu

Tavan ve döşeme seviyesinde dikmeler arasında yangın kesiciler gereklidir. Balon çerçeve sistemin kullanım alanı pek yaygın değildir. Zira prefabrike yapım yöntemlerine kolayca adapte edilememektedir. Panellerin boyut ve ağırlığı montaj zorluğunu getirmektedir. Ayrıca döşeme kirişleriyle dikmeler arasındaki bağlantılar da prefabrikasyona uygun değildir (Şekil 3.4).

Duvar panellerinin iki kat yüksekliğinde olmasından dolayı tasarımda kısıtlamalar olmakta, pencere ve kapı boşluklarının dikmelerin pozisyonlarına uygun olarak yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Balon çerçeve sistem nokta detayı



Şekil 3.5. Balon çerçeve sistemde cephe kuruluşu

Bu sistemde kullanılan bazı teknikler diğer sistemlerde de kullanılabilir. Düşük döşemelerdeki kirişler duvar dikmesine 25x100 mm' lik kuşaklarla mesnetlenebilir. Birbirinden ayrı seviyelerle bölünmüş evlerdeki birleştirici duvarlarla birbirinden sapmış döşemelerdeki kirişlerde de uygulanabilir. [19]

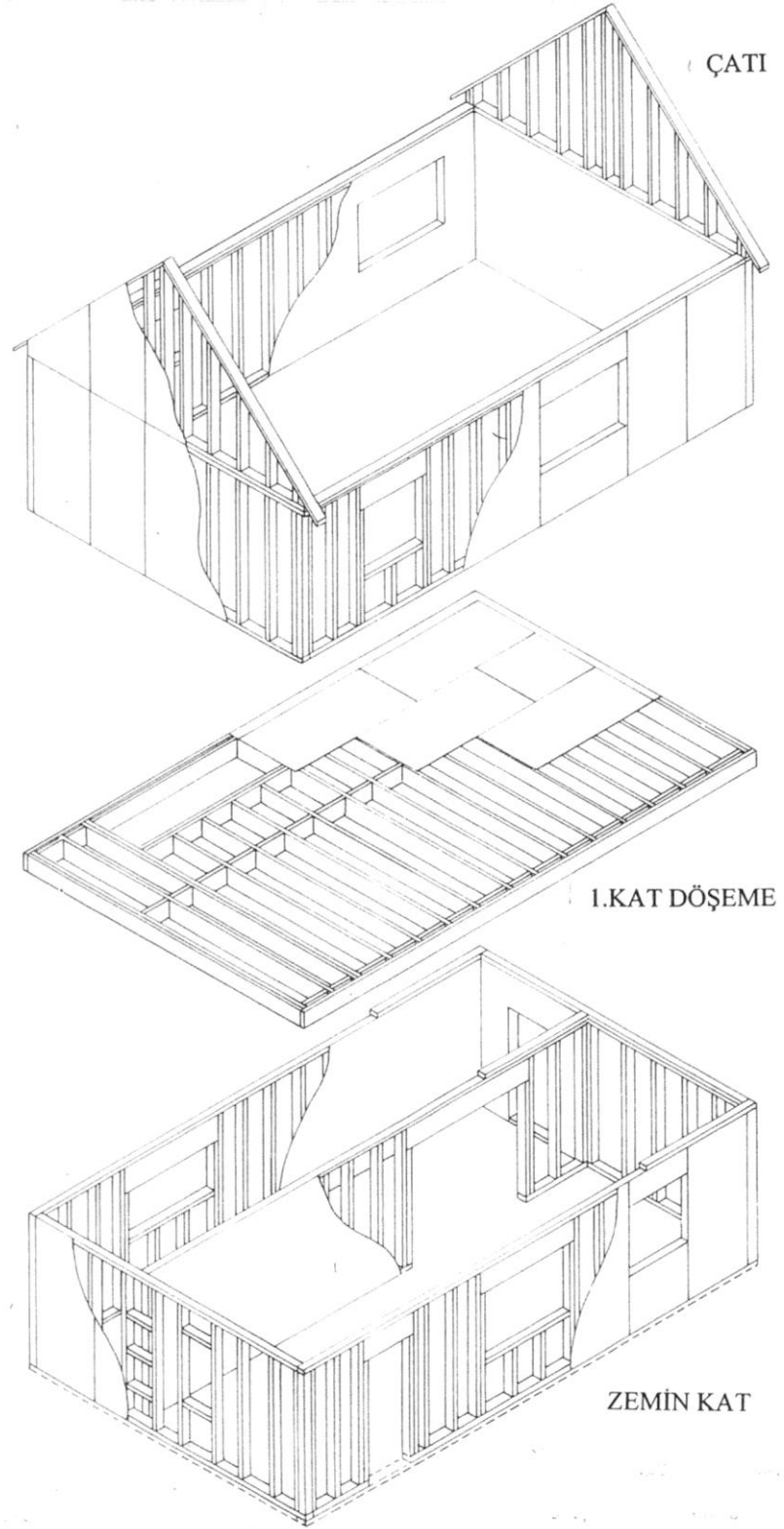
- **Tasarım Kriterleri**

- a. Döşeme kirişlerinin orta çizgileri dikmelerin orta çizgileriyle birbirinden bir eleman kalınlığında sapmış olabilir. Dikmelere yerleştirilmiş ahşap kuşaklarla desteklenmiş kirişler dikmelerin kenarlarına çivilenir.
- b. Duvar dikmeleri küçük kesitli, kısmen uzun elemanlardan yapılmaktadır ve korunmaz. Uygulamadan önce bu iskelet tek katlı iskelet sisteminin rijitliğine oranla daha az rijittir.
- c. Dikmelerin devamlılığı ve dikmelere kirişlerin direkt bağlanması sistemdeki çalışmayı azaltır ve rijitliği sağlar.
- d. Döşeme konstrüksiyonundan bağımsız olarak tek bir hamlede duvar iskeleti çatı seviyesine kadar kurulur. Bu da döşemeler beklenmeden çatı konstrüksiyonunun ve kaplamasının yapılmasını sağlar. Fakat bu uygulama çatıda ve birinci kat döşeme kirişlerinin bağlanmasında daha fazla yapı iskelesinin kullanılmasına neden olur.
- e. Daha uzun ve küçük kesitli elemanlar kullanıldığında yüksek kaliteli dikmelere ihtiyaç duyulmaktadır.
- f. Duvar çerçeveleri, zemin konstrüksiyonundan bağımsız olarak ve inşaatın erken safhalarında çatının kapatılmasına imkan verecek şekilde çatıya kadar uzatılmaktadır. [19]

3.2.2 Platform Çerçeve Sistemler

Platform çerçeveleme sistem en yaygın metotlardan biridir. Kanada, Amerika ve İngiltere’ de çok sık rastlanan sistemin duvar iskeletleri fabrikada prefabrike olarak her kat için ayrı bir platform halinde inşa edildiği için bu ismi almıştır (Şekil 3.6).

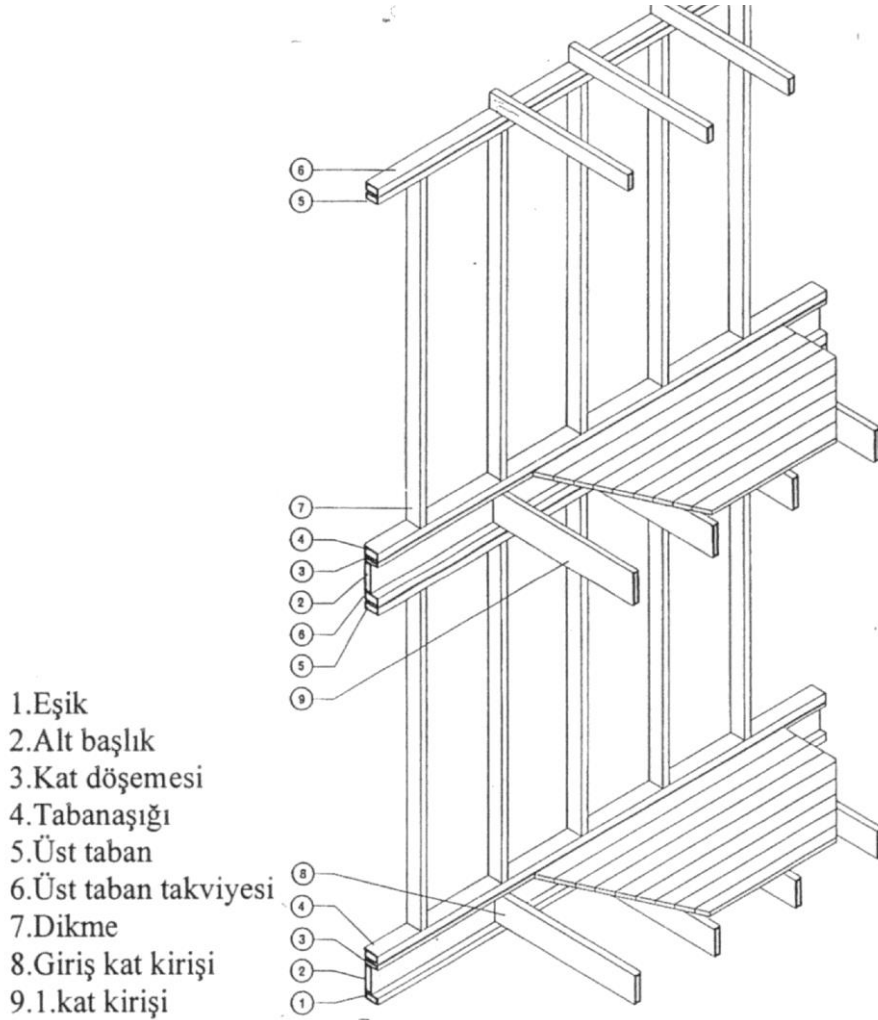
Duvarın köşelerinden dışarı kadar uzanan döşemeler, birbirinden bağımsız olarak kurulmuşlardır. Yerine konduğunda ise üzerinde duvarların veya bölücü elemanların kurulduğu bir platform veya çalışma yüzeyi sağlarlar.



Şekil 3.6. Platform çerçeve sistemin kuruluşu

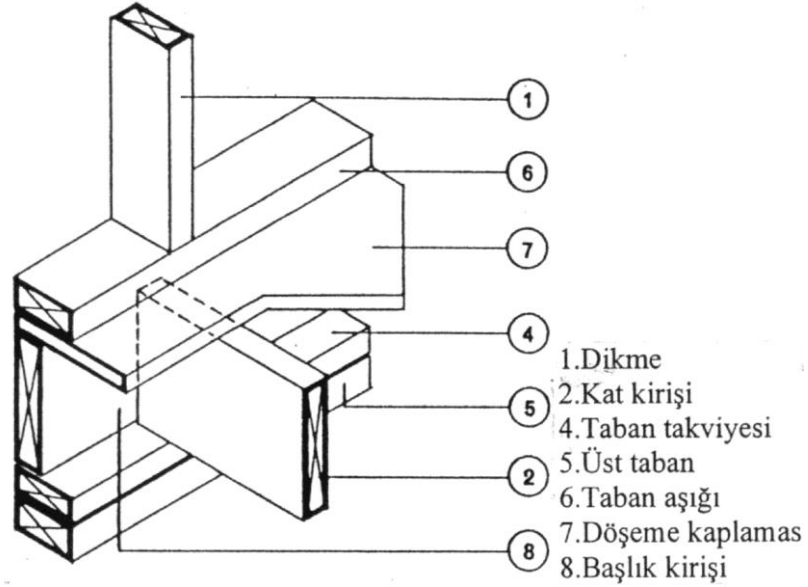
Dikmeler bir kat yüksekliğindedir ve duvar panelleri kolaylıkla standardize edilebilir. Duvar çerçeveleri rüzgarlar ve deprem tarafından oluşan yatay yükleri olduğu kadar, düşey yükleri de taşımak amacıyla güçlü ve esnek olmalıdır.

Baş ve taban plakaları her dikmeye çivilenebilir; pencere ve kapı boşluklarının bulunduğu bölgelerdeki iki dikmenin birleştiği yerde lentoları desteklemek amacıyla iç dikmeler kısa kesilmiştir. Dış dikmeler ise lentolara bağlanma yüzeyi oluşturur. Üst kirişler plakanın kenarına monte edilir (Şekil 3.7). Montajı yapılan bu kirişler duvarların kesişim bölgeleriyle veya yüke dayanan bölmelerin üzerine bindirilmelidir; bu ise kuvvetli bir ünite oluşturmak amacıyla panellerin birbirine en uygun şekilde bağlanmasını sağlar (Şekil 3.6).



Şekil 3.7. Platform çerçeve sistem elemanları

Dış duvardaki büyük boyutlu dikmeler, duvarların yönüne dik olan açılarla yerleştirilir ve dikmelerin kesitleri 50x100 mm olmalıdır (Şekil 3.8). Yapı 600 mm' den daha büyük olmayan düzenli aralıklarla yerleştirilmiş dikmelere sahip olmalıdır (Şekil 3.6). İki ve üç katlı yapılarda taban döşemesindeki dikmeler 400 mm aralıklı, 50x150 mm kesitinde olabilir.



Şekil 3.8. Platform çerçeve sistem nokta detayı

Döşeme, tavanı ve çatı yüklerini taşıyan iç bölücülerde, bu yükleri taşıyabilecek nitelikte konstrüksiyonlar kullanılmalıdır. 50x75 mm kesitli dikmeler 600 mm aks aralığı ile yerleştirilmelidir. Kapı boşlukları teşkilinde tek olarak dikmeler kullanılmaktadır. Kaplamalara bağlantı yüzeyi sağlamak için yatay lentolar yerleştirilir (Şekil 3.6).

Sistemin ana problemi ve dezavantajı ise iç detaylardaki çatlakların, kiriş ve dış duvarlarla desteklenen parçaların birleşimlerinde meydana gelmesidir. Aynı çatlaklar, tavan çizgilerinin açıklık kirişleriyle birleştiği yerlerde de oluşur. [19]

- **Tasarım Kriterleri**

- a. Döşeme kirişlerinin merkezi çizgileriyle dikme merkezi çizgileri kesişmelidir.

- b. Tek katlı duvar panelleri uygun boyutta dikmelere ihtiyaç duyar. Dikme boyu bir kat yüksekliğinde olmalıdır.
- c. Tüm yapı boyunca döşeme platformundaki ahşap çalışması eşittir.
- d. Döşeme platformlarının kurulması tam anlamıyla kurulmuş duvar panellerinin yerine yerleştirilmesiyle gerçekleşir. Döşeme duvardan ayrıdır ve kurulduğunda duvar panelleri döşeme platformunun üzerine dayanır. Bu işlemler birbirini tamamlayarak takip eder.
- e. Taban ve tavan plakaları döşeme ve tavan düzeyinde yangına karşı bir direnç sağlar. Yangın engelleyiciler en az 30 cm kalınlığında olmalıdır. Tavan ve taban plakası 100 mm' lik bir dikme kalınlığındadır.
- f. Tek katlı duvar panelleri için orta uzunlukta çivilere ihtiyaç duyulmaktadır. [19]

3.2.3 Hafif Çelik İskelet Yapı

Hafif çelik iskeletin taşıyıcı eleman düzeni, bağlantı noktaları prensip olarak rasyonel ahşap iskelet yapıya benzer. Burada önemli fark; taşıyıcı malzemenin izolasyon değeri yüksek ahşap yerine iletken çelik ile yer değiştirmiş olmasıdır. Yapıların ısı izolasyon nitelikleri iç mekan konforunu, iç mekan konforu ise sağlık şartlarını sağlarlar. Yapılarda koruyuculuk, taşıyıcılık kadar önemli olup, en ufak bir yerde hata, mesela ısı izolasyonunda bir ısı köprüsü, yapının tamamındaki çabaların boşa gitmesine sebep olur.

Çelik elemanların birbirine bağlanması ve yük aktarması yardımcı elemanlar kullanılarak güçlendirilmiştir. ABD' de hortum gibi doğal afetlerde, binanın yukarıdan emilmesinde, çelik-çelik bulonlu birleşimi, ahşap-ahşap birleşimine göre çok daha yüksek performans vermesi ahşap iskeletli yapı yerine hafif çelik iskeletli yapının tercih edilmesi için önemli bir faktördür. [17]

3.3 Hafif Çelik İskeletli Yapıda Yangın, Korozyon, Ses ve Isı İzolasyonu

3.3.1 Yangın Etkisi

Hafif çelik yapılarda kullanılan profiller ince sac' dan imal edildikleri için yangından ciddi şekilde korunmalıdır. Yangından korunma projelendirme aşamasında başlar. Elemanlardaki sıcaklığın 450 °C' yi aşması halinde önce uzama etkisi ile çelik taşıyıcılığını kaydeder. Sıcaklığın taşıyıcı profillerden uzak tutulabilmesi için mantolama yapılmalıdır. Mantolama için kullanılan malzemeler yanma sırasında zehirli gazlar veya aşırı duman çıkartmamalıdır. Taşıyıcı sistemin yangından korunması için iç kaplamalarda alçı levha kullanılarak sağlanabilmektedir. Ayrıca galvanizli sacların yangın sırasında zehirli gaz çıkarttığı göz ardı edilmemelidir.

Hafif çelik sistem bir veya iki katlı konut yapımında kullanılıyor ise yanmakta olan yapıdan dışarıya kolaylıkla çıkılır. Hafif taşıyıcılı çelik yapıların yangın güvenliğindeki prensip yapıyı bir an önce terk etmektir. Bu durumda Türkiye'deki sigorta sistemi gözden geçirilmelidir. [17]

3.3.2 Korozyon Etkisi

Cepheler dış şartlara dayanıklı levhalar veya ahşap binalarda olduğu gibi ahşap lambri ile kaplanabilir. Hafif çelik taşıyıcılarda kullanılan çelik sac' ın kesiti ince olduğundan (gereğine göre 0.6 mm' den başlamak üzere) hafif çelik taşıyıcılar korozyondan daha çok zarar görürler. Bükme profil imalatında kullanılan çelik sac' ın korozyondan korunması için çoğunlukla daldırma galvaniz tekniği kullanılır. Fabrikada yapılan bu işlemlerde standart kalite güvencesi elde edilir. Montaj sonrası ek yerinde bozulan koruma düzeltilmelidir. Korumanın yanı sıra korozyon ortamının da tanımlanması, mümkünse yok edilmesi gerekir. Aksi takdirde yapının narin taşıyıcı sistemi zarar görür.

Korozyonun önlenmesi için duvar ve döşemenin kesitinde kondensasyon oluşması önlenmelidir. Isı yalıtımı ve nem direnci katmanları doğru hesaplanmalı ve nem sürükleyici hava için geçiş yeri bırakılmalıdır.

Hafif taşıyıcılı çelik yapılarda korozyondan korunma stratejisi:

- Yapının servis ömrünün belirlenmesi
- Karşılaşılabilecek korozyon ortamının belirlenmesi
- Taşıyıcıların korozyondan etkilenme yoğunluğunun belirlenmesi
- Korozyondan korunma metodunun belirlenmesi ile tespit edilir. [17]

3.3.3 Ses ve Isı İzolasyonu

Çeliğin ısı geçiş katsayısı 60 W/mK iken ahşabın 0.130 W/mK kadardır. Buradan da anlaşılacağı gibi çeliğin ısı geçirgenliği ahşabın 300/400 katı civarındadır. Çelik dikme ve diğer çelik elemanla duvar içinde ısı köprüsü olur. Çelik taşıyıcı yapıda ısı izolasyon malzemesi taşıyıcı aralarına değil, hepsini örtecek şekilde tamamen duvarların dışına yerleştirilmelidir. Taşıyıcılara tespit edilirken yalıtım malzemesi ezilir ve boyut değiştirirse yalıtım değişir. İçindeki hava boşluklarının yüzdesine göre yalıtım malzemesi ısı geçiş değerini oluşturur. Yalıtımın ezilmesi de ıslanması gibi yalıtım değerini düşürecektir.

Bazı malzemelerin ısı geçiş katsayıları: Mermer 3.500 W/mK, poliüretan 0.030W/mK, Polistirol 0.025 W/mK, ahşap 0.130 W/mK, çelik 60.000 W/mK, alüminyum 200.000 W/mK, dolu tuğla 0.700 W/mK, kireçli sıva 0.700 W/mK, kıtıklı sıva 0.300 W/mK, cam 0.800 W/mK' dir.

Çelik iskelette yalıtım profil aralıklarına konulması halinde duvardaki profil kondansasyona sebep olur. Kondansasyon hem kaplama malzemelerini ıslatarak onların çürümelerine, mikrop ve mantar barındırmalarına sebep olur, hem de taşıyıcı profilin korozyonuna yani metalin paslanmasına ve taşıyıcılığının azalmasına sebep olur. Bu durumda ısı yalıtımı narin çelik profilleri de korumalıdır. "Yalıtımın hesaplanan kalınlığı" iskeletin dışı veya iç yüzüne kesintisiz olarak yerleştirilmelidir. Malzemenin ısı yalıtımı değeri, kalınlığı ve boşluk oranına göre hesaplandığından yük altında veya tespit noktalarında ezilerek boyut değiştirmeleri halinde malzemelerin yalıtım değeri de değişir. Hafif çelik iskelet yapılarda ısı izolasyonu malzemeleri tespit noktalarında şekil değiştirmemelidirler. Duvar kesitinde yoğunlaşmanın önlenmesi için ayrıca bütün cepheye nem bariyeri konulmalıdır. [17]

3.4 Konutların Güvenilirlik, Sağlık ve Kültür Boyutu

 elik hafif taşıyıcı sistemler ince  elik saçtan bükülerek elde edilen profiller ile inşa edilirler. Yapısal  elikler içinde daha çok bilinen çekme ağır profillerin inşaat tekniğınden farklılıklar gösterirler.

Ağır profiller kolon- kiriş görevi ile yapının iskeletini kurarlar. İskelet sistem yatay ve düşey kuvvetlerin tamamını taşır. Hafif taşıyıcı sistemlerde ise duvar ve döşeme kaplamaları taşıyıcı sisteme katkıda bulunur. Taşıyıcılık görevi yüklenen duvar, döşeme kaplamalarında seçilecek malzeme yangına hassas hafif taşıyıcı sistem için yangın riski oluşturulmamalı, taşıyıcıyı korumalıdır. Hafif duvarlar masif yapılara göre yapı fiziğı açısından daha tedbirli olmayı gerektirir. Yapı kabuğundaki fiziksel olaylar iç mekanın sağılıklı ortam olabilirliğini etkiler. Dış duvarlarda yeterli ısı yalıtımı ve nem bariyeri kullanılmalı ısı köprüleri ve birleşme derzleri problemsiz     lmelidir. Bütün bu önlemlere uyulsa da kesitteki nem bariyeri duvar kesitindeki kondenzasyonu önleyecek buna karşılık mekanlardaki nem yüzdesi artacaktır.

Hafif  elik yapılar ülkemiz için yenidir. Teknoloji komple proje ile beraber yurtdışından gelmektedir. Bu projelerin mimari kimliğı ile uygulanan yörelerin mimari kimliğı arasında farklılıklar doğımaktadır. Ülkemizde  elik yapıların cesaretlendirilebilmesi için bu alandaki çalışmalar yoğıunlaşmalı yeni teknoloji ülkemize uyarlanmalıdır. [17]

3.5 Konut Yapı Sistemi Bileşenleri

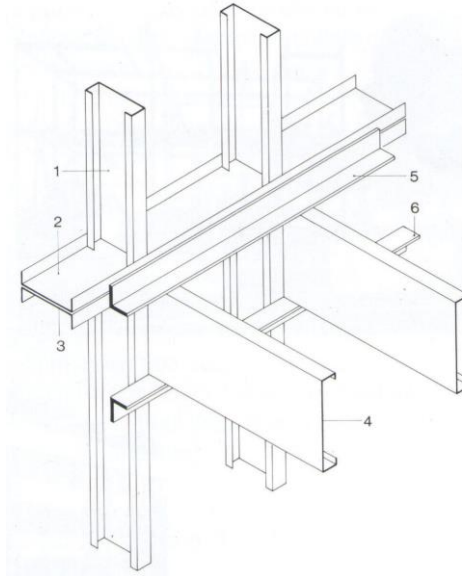
3.5.1 Taşıyıcı Sistem Bileşenleri

Ağır taşıyıcı sistemlerde profiller iskelet sistemi kurarlar. Yapının (düşeyde ve yatayda) x-y-z yönlerinde dengesi, iskelet sisteme bağlanan diyagonaller ile veya birleşmelerin rijitleştirilmesi ile sağlanır. [4]

Hafif taşıyıcı sistemlerde ahşap iskelet yapımında görüldüğü gibi bir mekan oluşturan duvar veya döşeme çok sayıda küçük taşıyıcı profillerden oluşturulur. Duvar veya döşeme rijitliği diyagonaller kullanılmak ile beraber kaplama ve mantolama ile güçlendirilir. Bina taşıyıcı bileşenleri C ve Z kesitli soğuk bükme profillerden oluşmaktadır. Üç dört kata kadar bu teknik kullanılabilir. Hafif bükme profillerden bu şekilde yapının oluşturulmasına ‘Stick Konstrüksiyon’ denir. ‘Stick Konstrüksiyon’ Balon sistem ve Platform sistem olarak ikiye ayrılmaktadır.

a. Balon Sistem

Bu sistemde duvar elemanları düşeyde sürekli devam etmektedir ve normal kolon-kiriş sisteminde olduğu gibi döşeme elemanları bunlara yandan bağlanmaktadır.

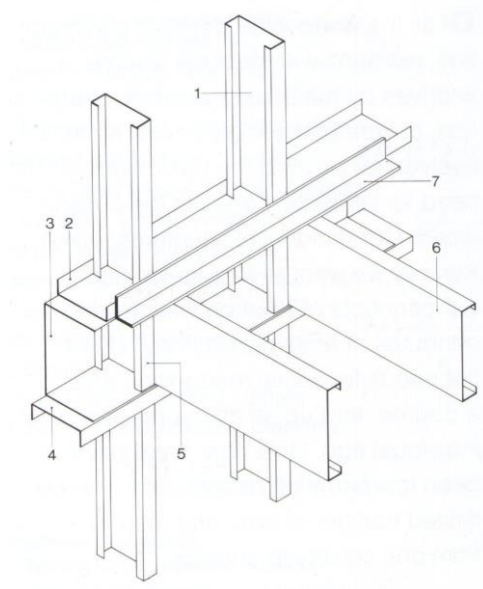


Şekil 3.9 Balon sistem

1. Taşıyıcı dikme, 2. Alt Başlık, 3. Üst Başlık, 4. Döşeme kirişi, 5. Kenar desteği, 6. Köşe oturacağı. (Şekil 3.9)

b. Platform Sistem

Duvar elemanları döşemenin üzerindedir. Basınç kuvveti döşeme üzerinden düşey taşıyıcı elemanlara aktarılır. Az katlı konutlarda genellikle bu tip kullanılmaktadır.



Şekil 3.10 Platform sistem

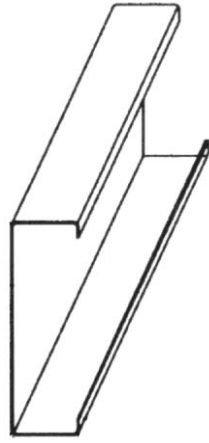
1. Taşıyıcı dikme, 2. Alt başlık, 3. Kiriş Kapağı, 4. Üst Başlık, 5. Gövde Berkitmesi, 6. Döşeme kirişi, 7. Kenar desteği. (Şekil 3.10) [15]

3.5.1.1 Düşey ve Yatay Taşıyıcılar

Bir taşıyıcı düzlem (duvar veya döşeme) gerektiği sayıda bükme profil ile taşınır. Çok sayıda elamanın birbirine bağlanması için değişik teknikler kullanılır. İtina ile detaylandırılan birleşme noktaları kalifiye ekip tarafından uygulanmalıdır.

Hafif çelik yapıda rasyonel ahşap yapının eşit aralıklı 5/10 ahşap taşıyıcılarının yerini galvanizli sacdan bükme C-profiller alır (Şekil 3.11). Taşıyacakları yükün yönüne veya büyüklüğüne göre diğer profiller kullanılabilir. Taşıyıcı profillerin içinden tesisat için boşluk bırakılabilmesi sistemin avantajıdır (Şekil 3.12).

Düşey veya yatay yükler için profil tipi değiştirilebildiği gibi aynı profilden birkaç tanesi yan yana getirilebilir. Yatay yüklerin karşılanması için duvar sisteminin içine yatay ve diyagonal elemanlar ilave edilir. [4]

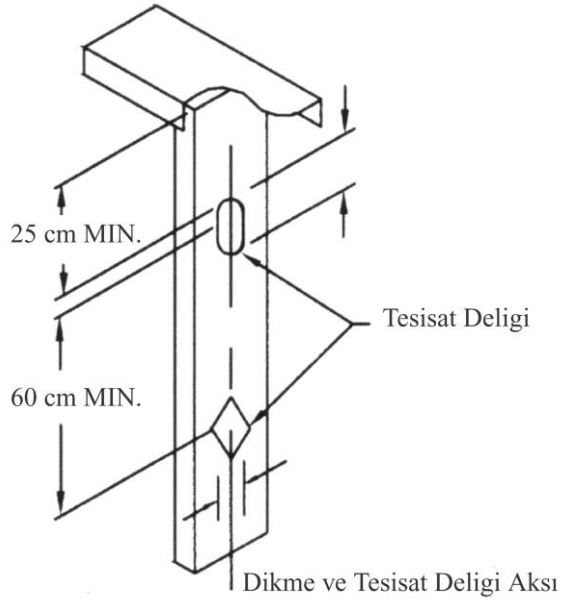
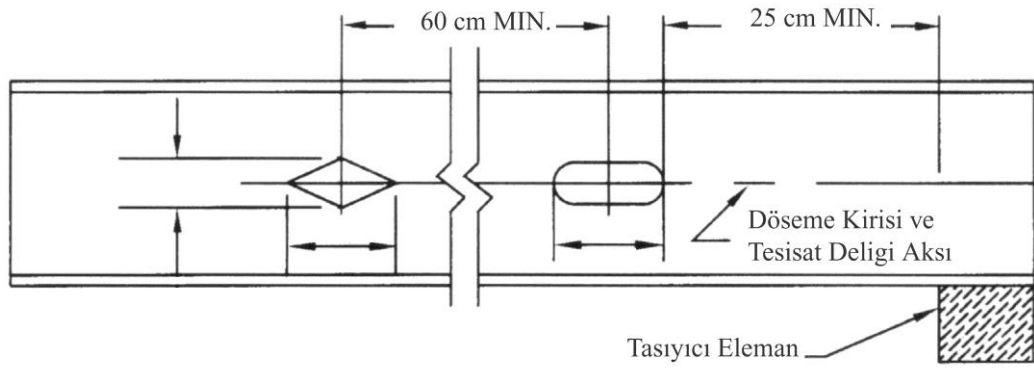


Dikme ve Kiriş



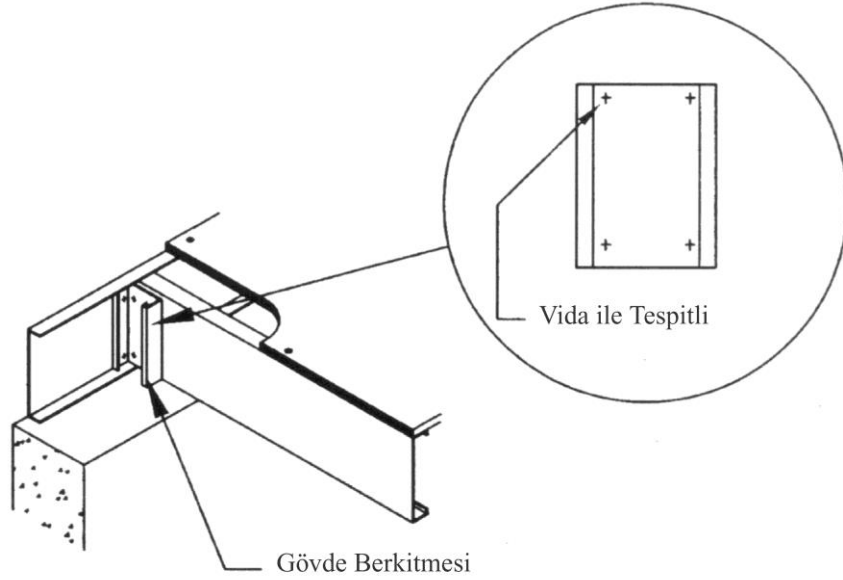
Başlık

Şekil 3.11. Profil Tipleri [16]



Şekil 3.12. Döşeme kirişi ve taşıyıcı dikmede delik açılması

Duvar elemanlarının döşemenin üzerinde olduğu platform sistemde gövde berkitmesi kullanılır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Gövde berkitmesi veya destek dikme

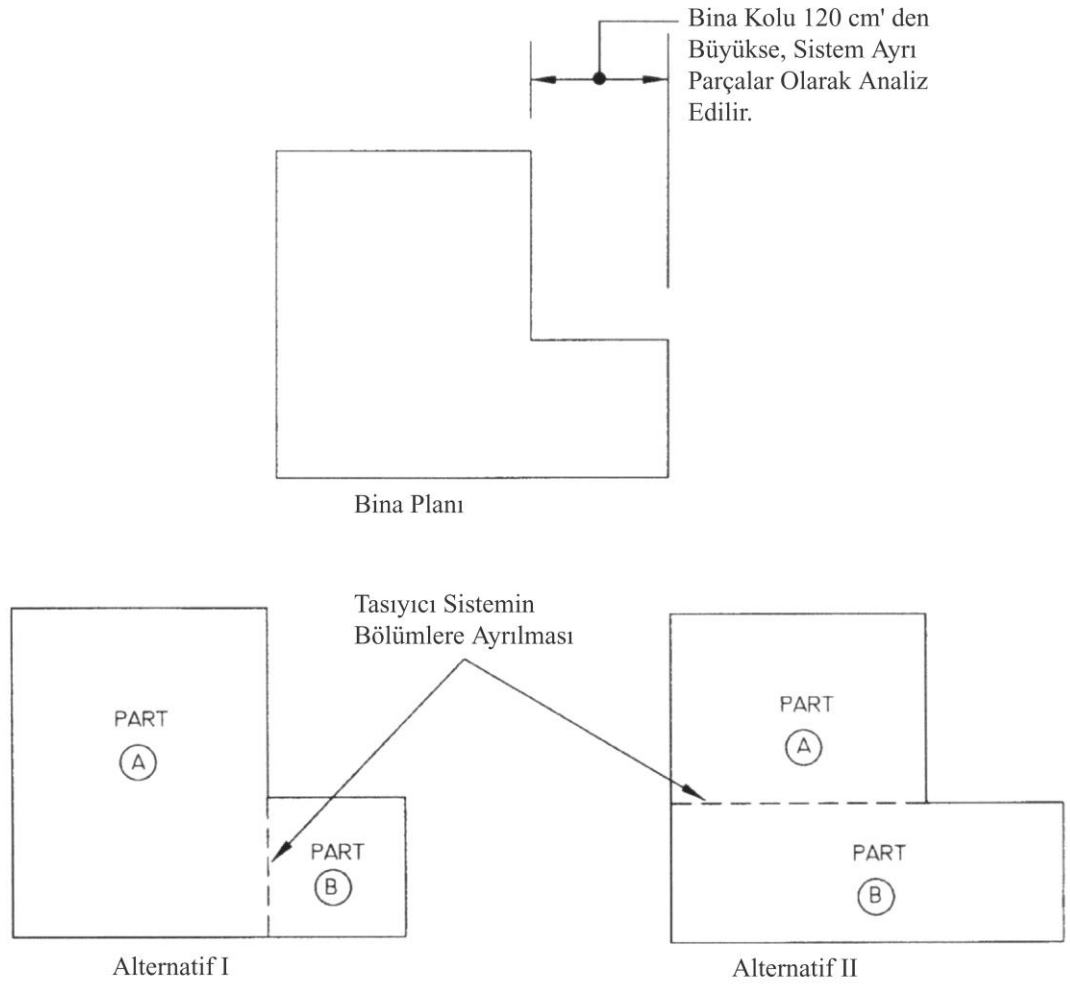
Hafif çelik duvarlar tamamen hafif çelik profiller ile taşınabildiği gibi betonarme iskelet sistem içinde bölme duvarları olarak da kullanılabilir. [16]

Yatayda döşeme ve çatı, düşeyde iç ve dış duvarlar yapıya ait bütün yükleri taşırlar. Yatay ve düşey yükleri taşıyabilmek amacıyla narin çelik profiller sistem içinde güçlendirilir. Bağlantı noktalarındaki ilave elemanlar yatay yük çaprazları iki yöndeki kaplama malzemesi taşıyıcı sistemi güçlendirecek şekilde kullanılırlar. [4]

3.5.1.1.1 Döşeme Yapısı

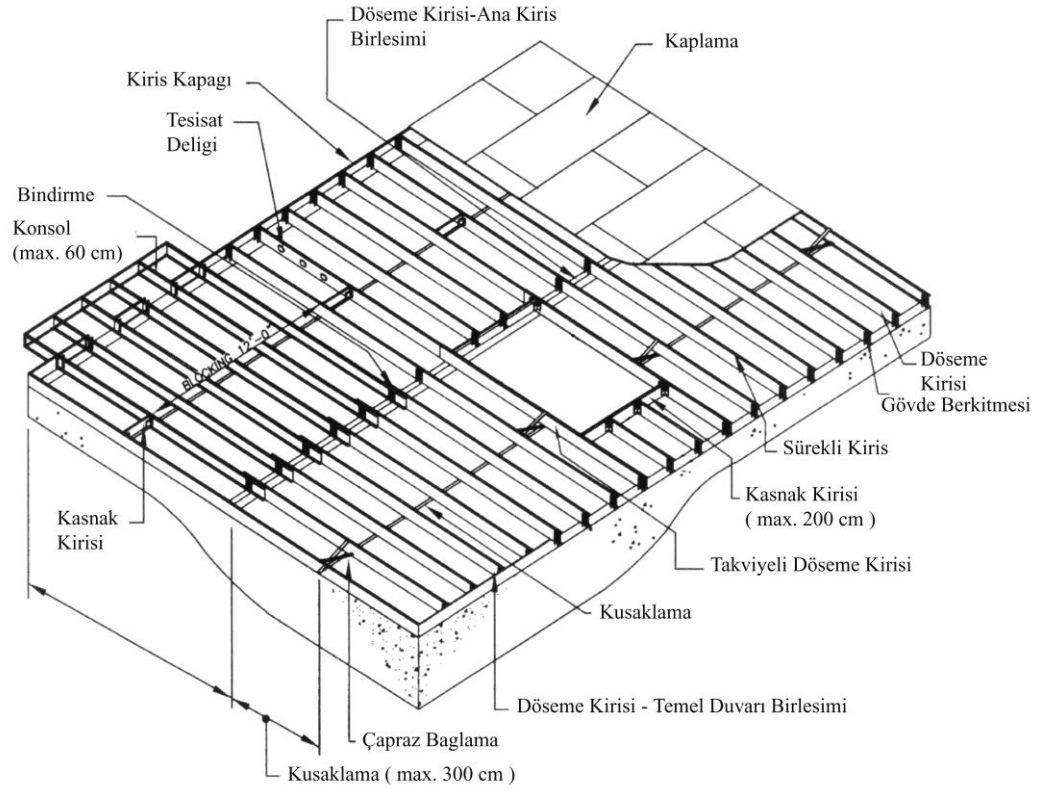
Kuzey Amerika Çelik Birliği' ne (NASFA) göre hafif çelik konutlar en fazla bir bodrum ve iki kattan oluşabilmektedirler. Bina genişliği (döşeme kirişlerine paralel) en fazla 11 m ve bina boyu (döşeme kirişlerine dik) en fazla 18 m olabilmektedir. Döşeme kirişi ve taşıyıcı dikme aralıkları 610 mm kabul edilmiştir. Konsol oluşumu 610 mm ile sınırlandırılmıştır.

Bina kolu 120 cm' den büyük ise, taşıyıcı sistem ayrı parçalar olarak analiz edilir (Şekil 3.14) [16]

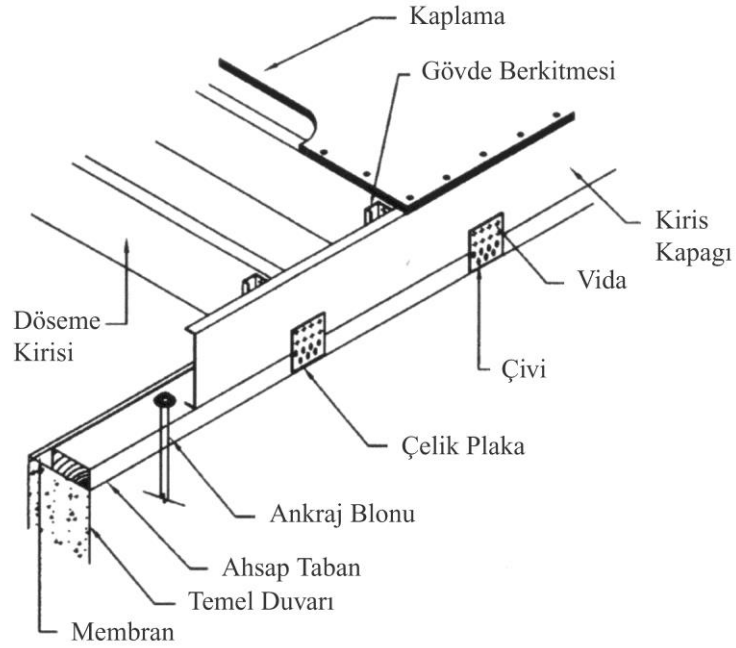


Şekil 3.14. Taşıyıcı sistemin bölümlere ayrılması [16]

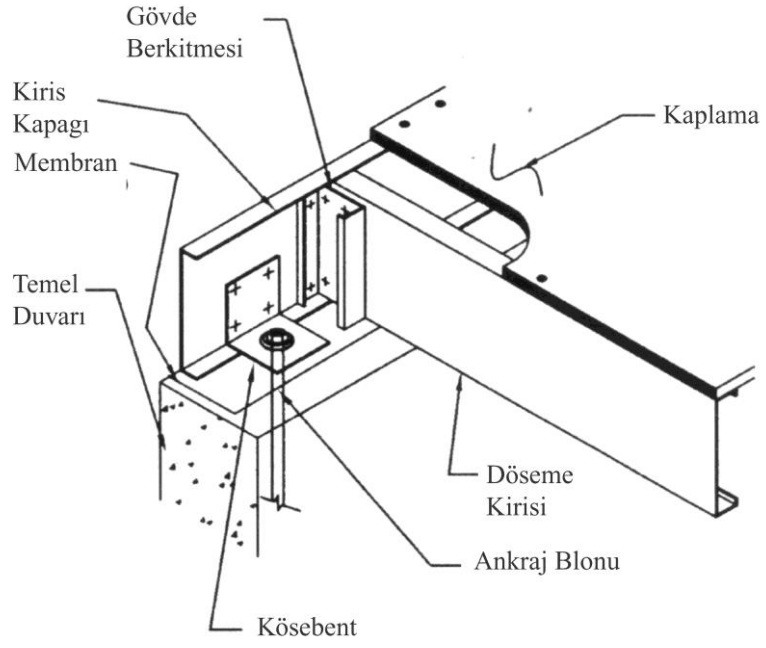
Bodrum katlı durumlarda, zemin kat döşemesi de hafif çelik sistem döşemesi olarak çelik kirişler ile oluşturulmaktadır (Şekil 3.15).



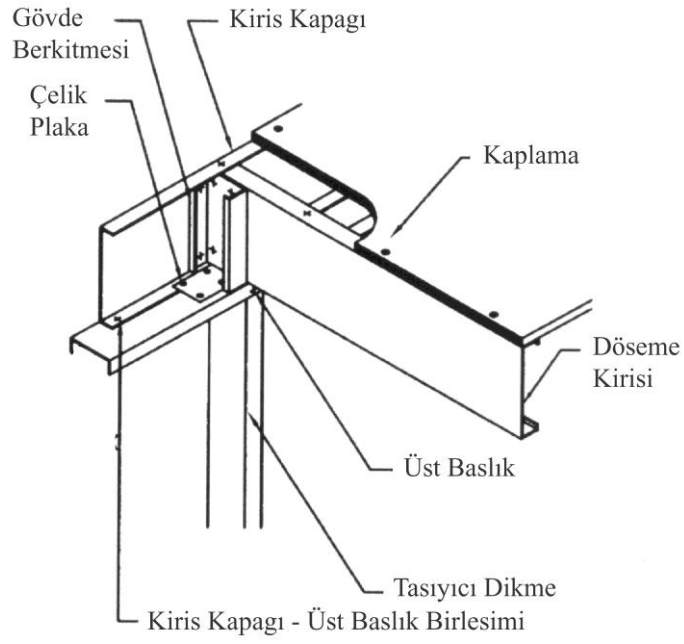
Şekil 3.15. Bodrum katlı binada zemin kat döşemesi



Şekil 3.16 Döşeme kirişlerinin ahşap tabana oturması



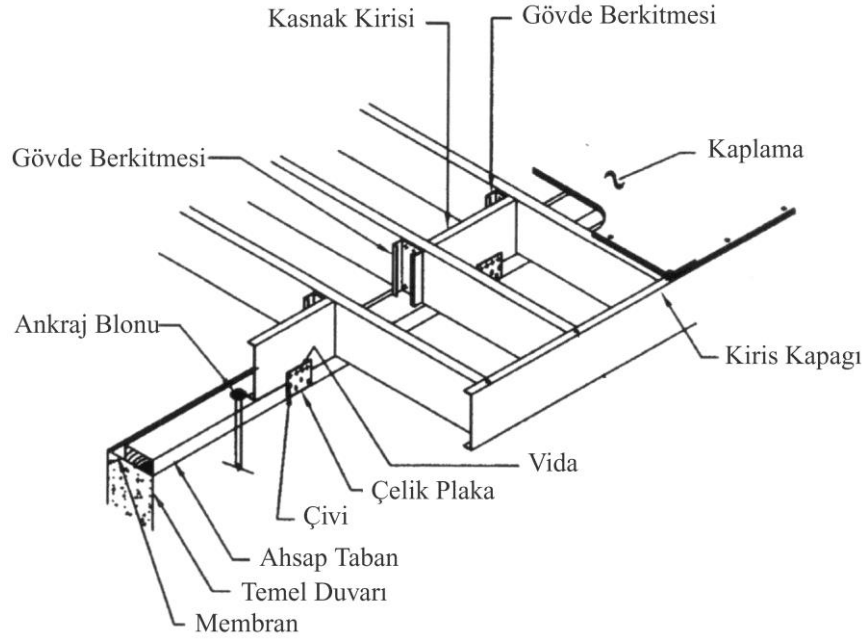
Şekil 3.17. Döşeme kirişlerinin temel duvarına tam oturması



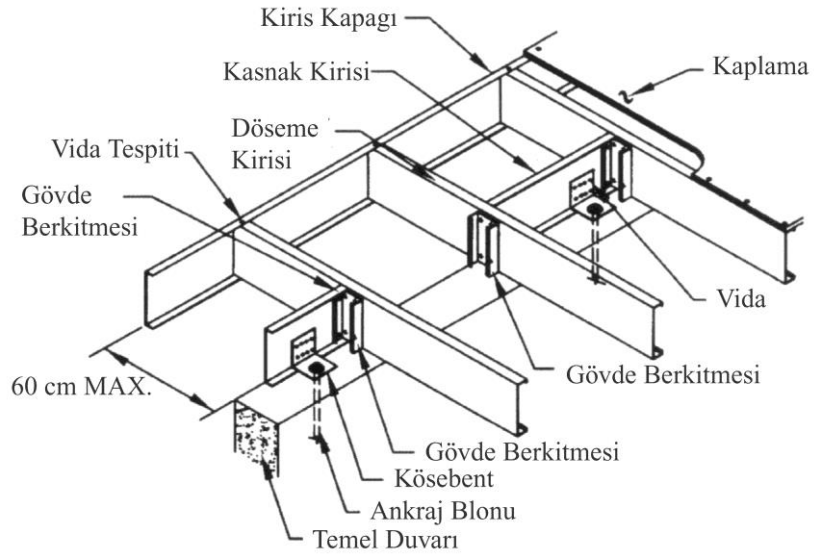
Şekil 3.18. Döşemenin taşıyıcı duvara oturması [16]

- **Konsol**

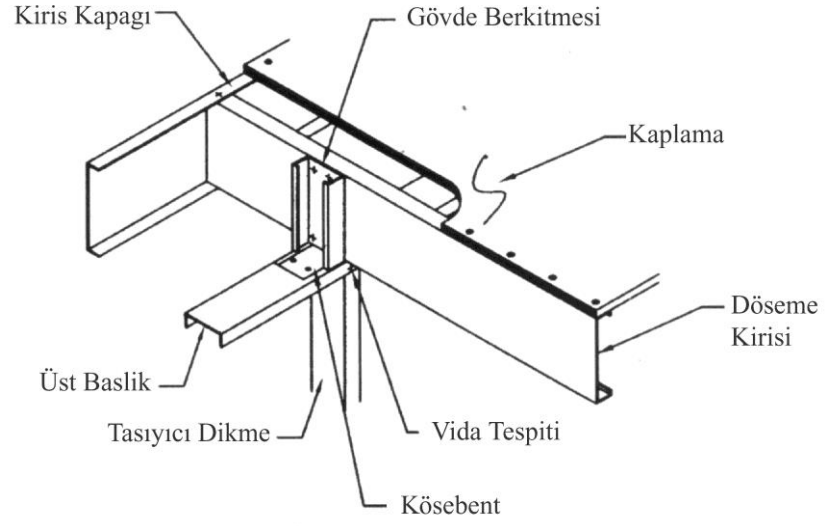
Döşeme kirişlerinin en fazla 610 mm uzatılması ile konsol oluşturulmaktadır (Şekil 3.19, 3.20, 3.21. 3.22) [16]



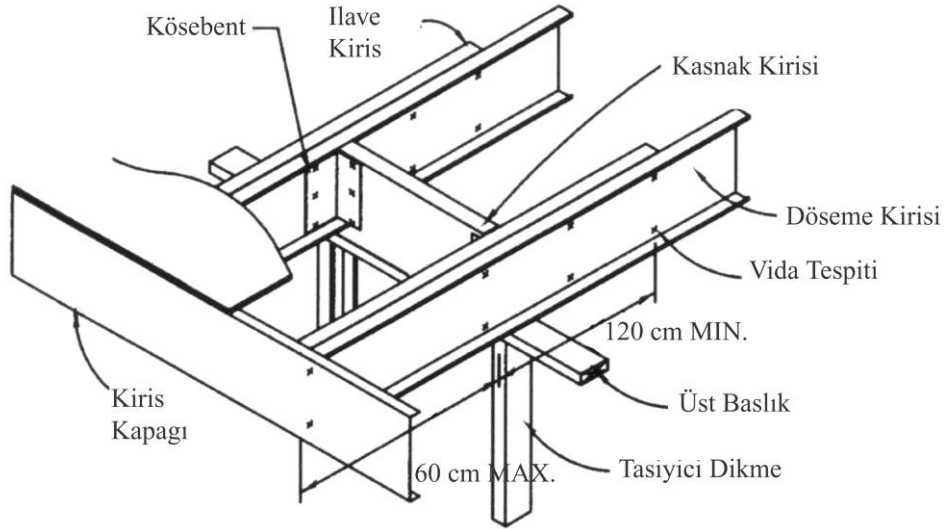
Şekil 3.19. Döşemenin ahşap tabana oturduğu konsol



Şekil 3.20. Döşemenin bodrum kat duvarına oturduğu konsol



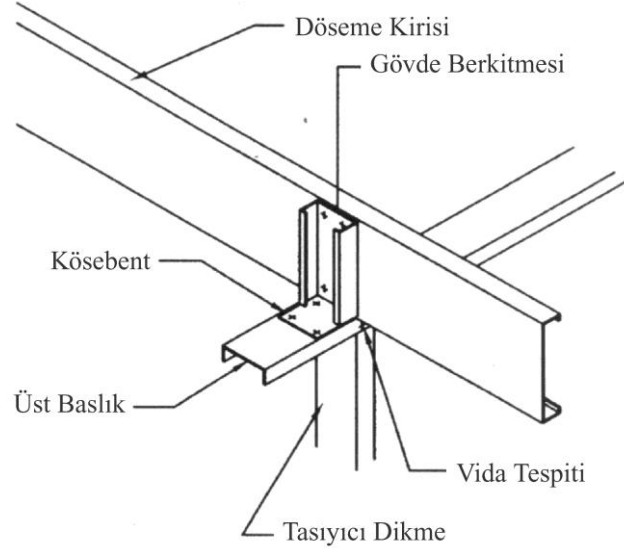
Şekil 3.21. Taşıyıcı duvara oturan konsol



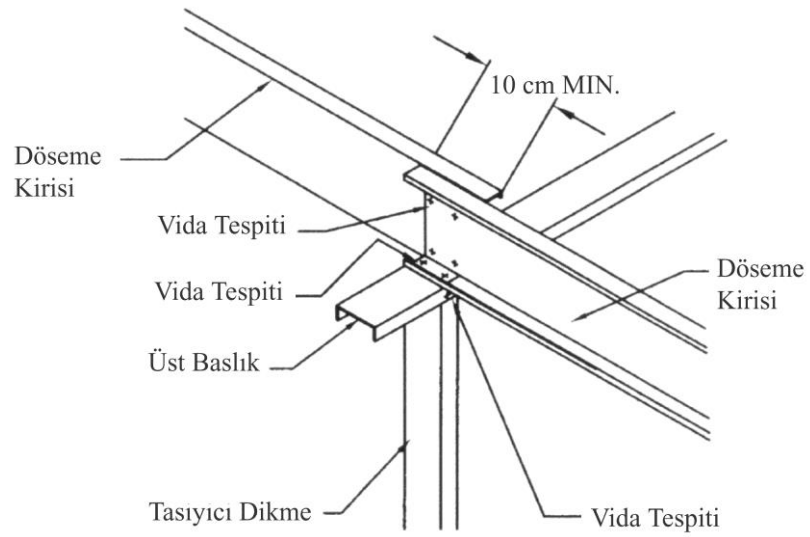
Şekil 3.22. Döşeme kirişleri takviyeli konsol

- **Döşeme Kirişinin Taşıyıcı İç Duvara Oturması**

Döşeme kirişleri, döşeme kiriş doğrultuları boyunca kesintisiz veya ek yapılarak yerleştirilebilir. Ek yapıldığı durumda, ek yeri taşıyıcı iç duvar üzerinde olmalıdır.(Şekil 3.23, 3.24). [16]



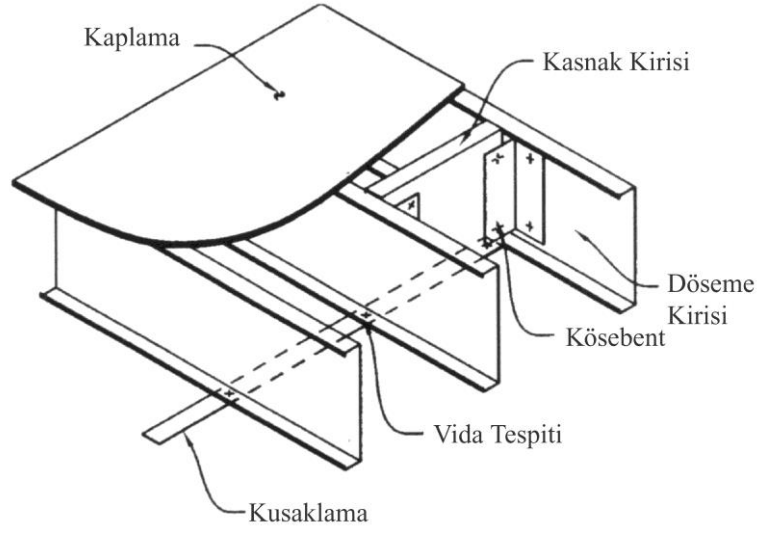
Şekil 3.23. Döşeme kirişi – taşıyıcı iç duvar birleşimi



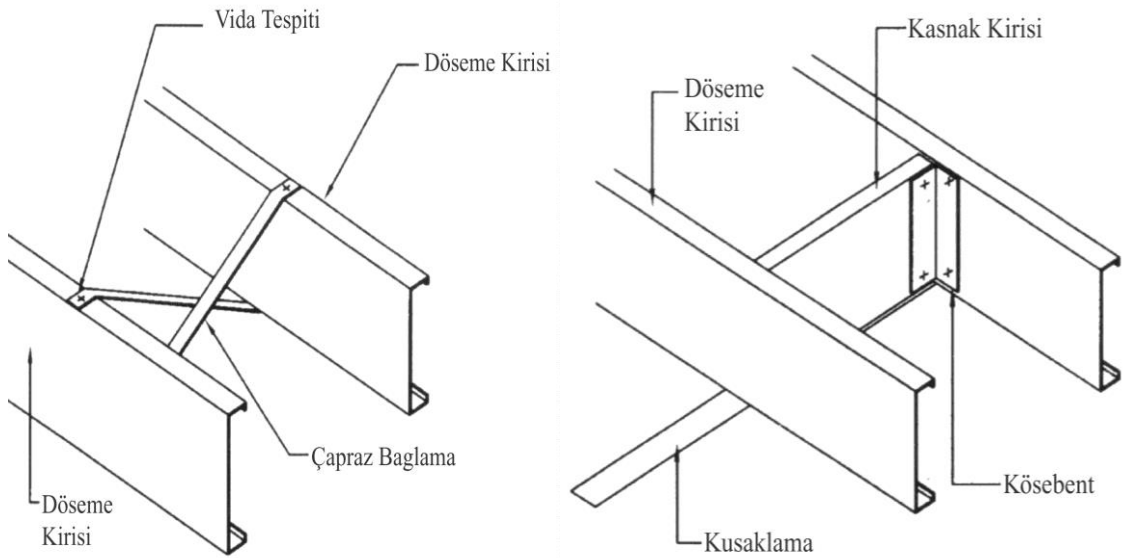
Şekil 3.24. Döşeme kirişinde ek yapılması

- **Döşeme Kirişinde Stabilite Bağları**

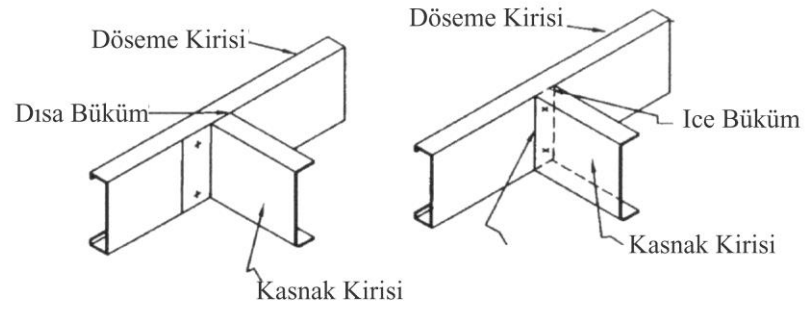
Döşeme kirişleri; kuşaklama, çapraz bağlama ve boyunduruk gibi stabilite elemanları ile desteklenirler (Şekil 3.25, 3.26, 3.27, 3.28) . Ayrıca döşeme kaplaması ve tavan kaplaması da stabilite görevi yapmaktadır. [16]



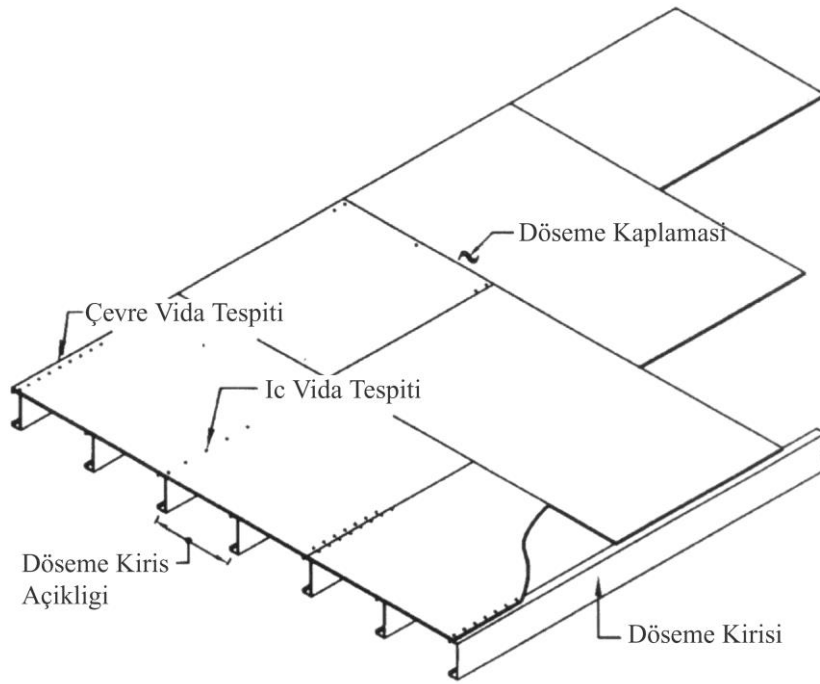
Şekil 3.25. Döşeme kirişinde stabilite bağları



Şekil 3.26. Çapraz kuşaklama ve boyunduruk



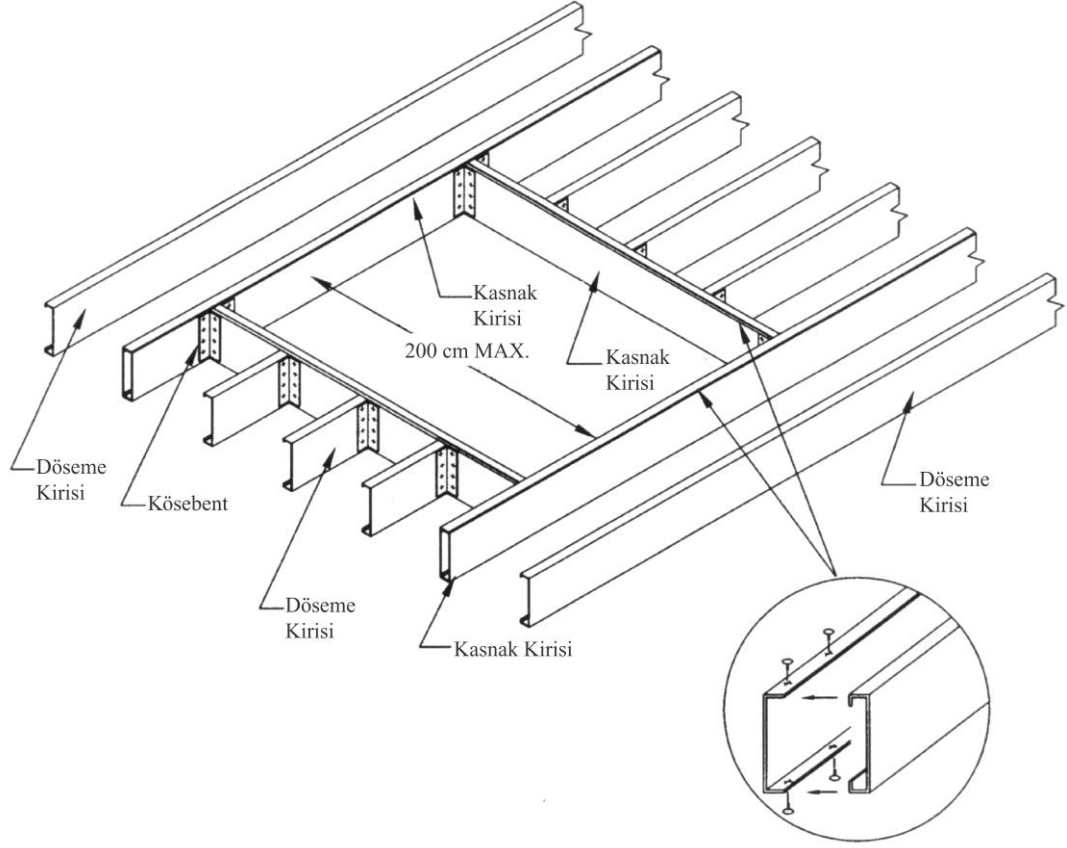
Şekil 3.27. Boyunduruk birleşim alternatifleri



Şekil 3.28. Döşeme kaplaması montajı

- **Döşemede Boşluk Bırakılması**

Merdiven, baca veya bina içi farklı gereksinimler için döşemelerde boşluk bırakılması gerekmektedir (Şekil 3.29, 3.30, 3.31) [16]

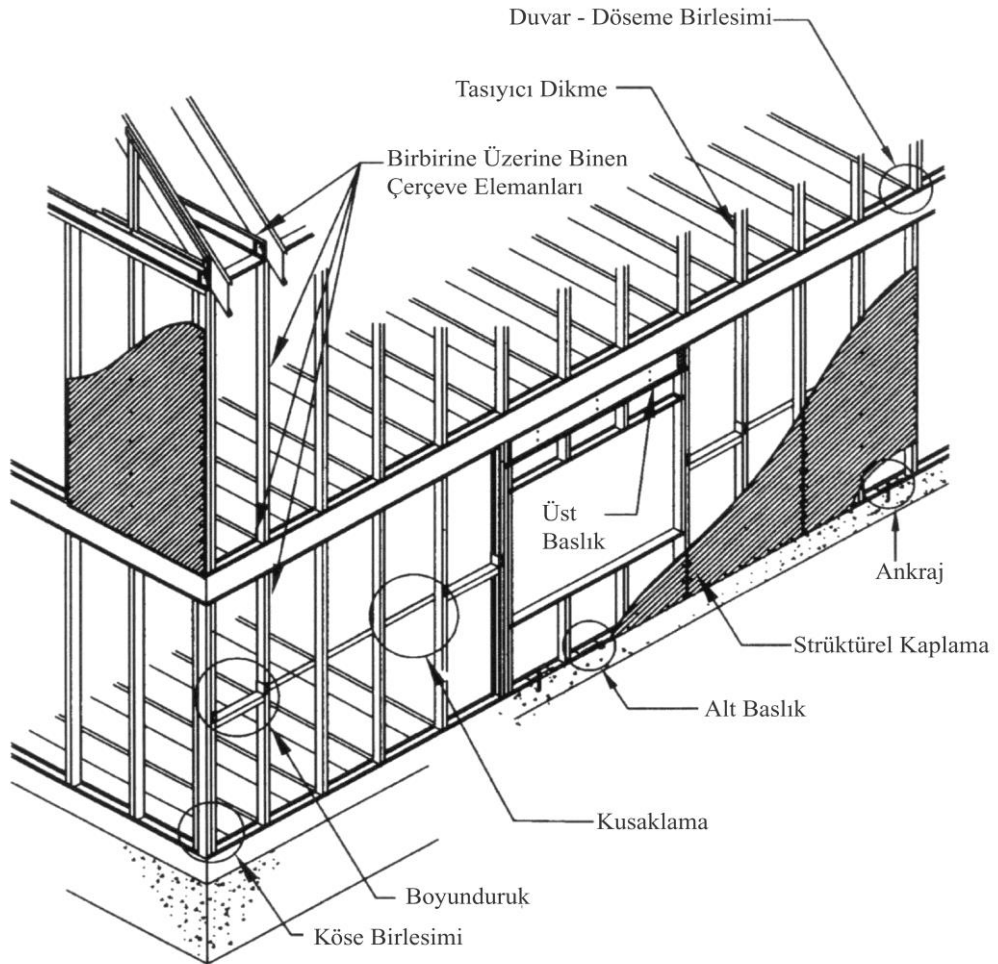


Şekil 3.29. Döşemede boşluk bırakılması

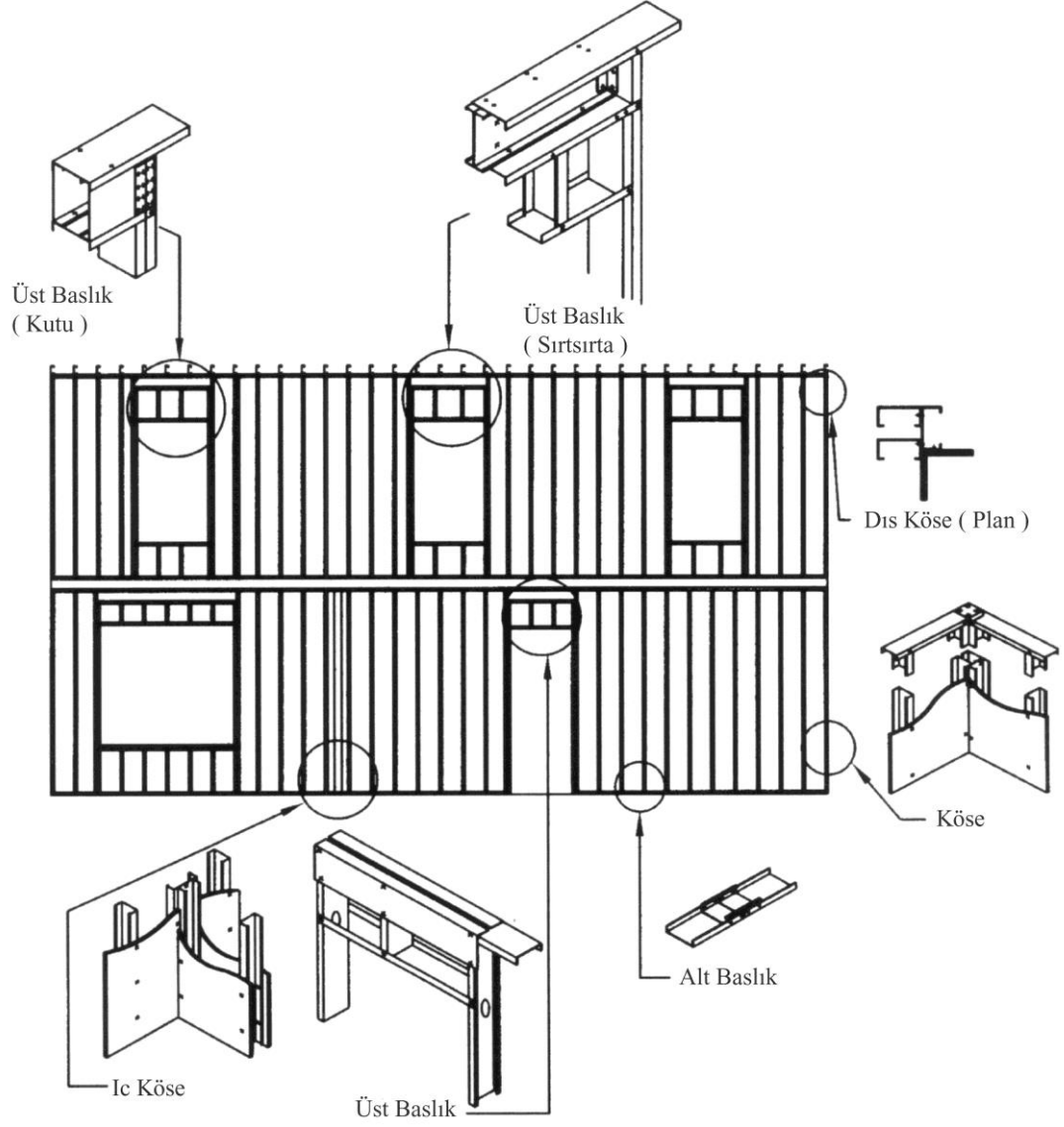
Yapım süresince ıslak sistem istenmiyorsa ahşap yapay levha (kontrplak gibi) kullanılabilir. Bu durumda ses yalıtımı için daha özen göstermek gerekir. Darbe seslerinin önlenmesi için halı altında keçe önerilebilir. [4]

3.5.1.1.2 Duvar Yapısı

İç ve dış duvarlar yapının düşey taşıyıcılarını oluşturur (Şekil 3.32, 3.33). Düşey ve yatay yüklerde yeterli mukavemeti ve stabiliteyi sağlar. Mekanlarda mahremiyet ve konfor sağlayacak şekilde ses korunumu oluşturur. Duvarlar yangının yayılmasını önlemeli, duvar kaplamaları taşıyıcı çeliği yangından korumalıdır. Duvar kesiti yapı sağlığı ve mekanlardaki insan sağlığına uygun tasarlanmalı, yapının ihtiyacı olan tesisat için uygun yer bırakılmalıdır. Dış duvarlar ayrıca iç mekanları atmosfer şartlarından korumalıdır. [4]



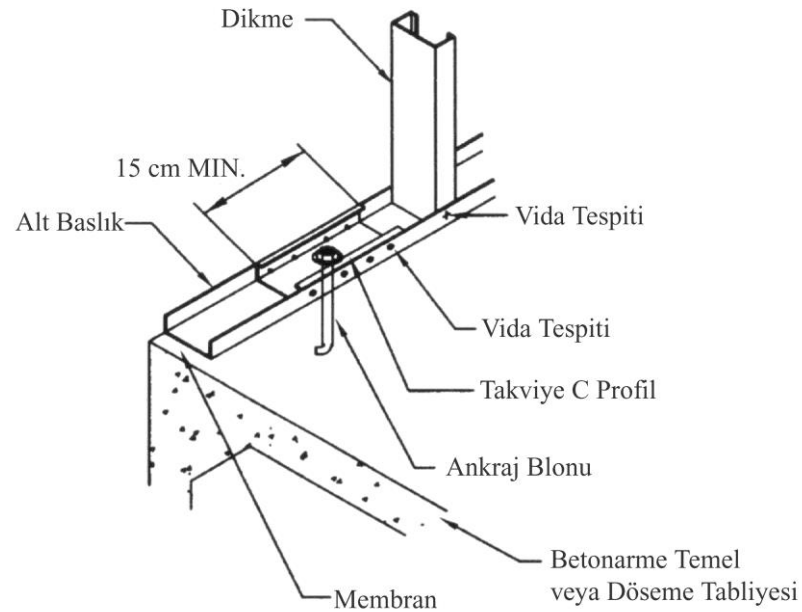
Şekil 3.32. Duvar konstrüksiyonu [16]



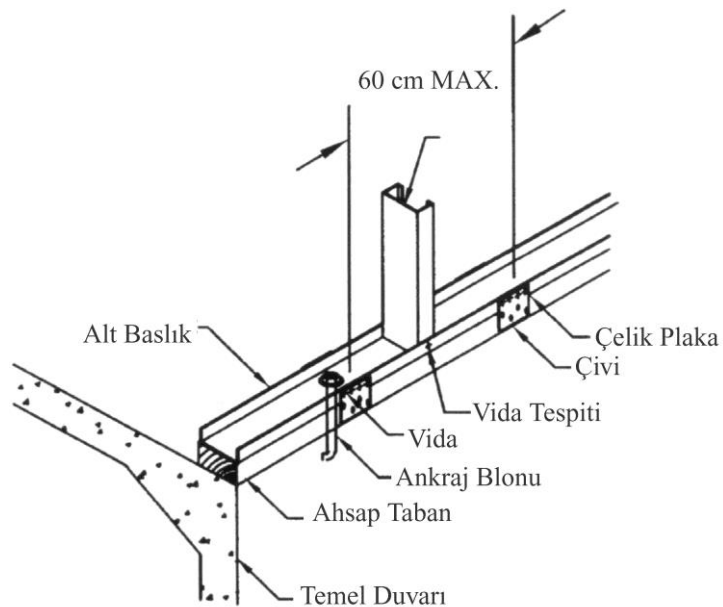
Şekil 3.33. Taşıyıcı duvar detayları

- **Taşıyıcı Duvarın Betonarme Tabliyeye Oturması**

Taşıyıcı duvarların oturduğu alt başlık elemanının temel ile bağlantısı rüzgar,deprem ve hortum gibi doğal afetlerde önem kazanmaktadır (Şekil 3.34, 3.35). [16]



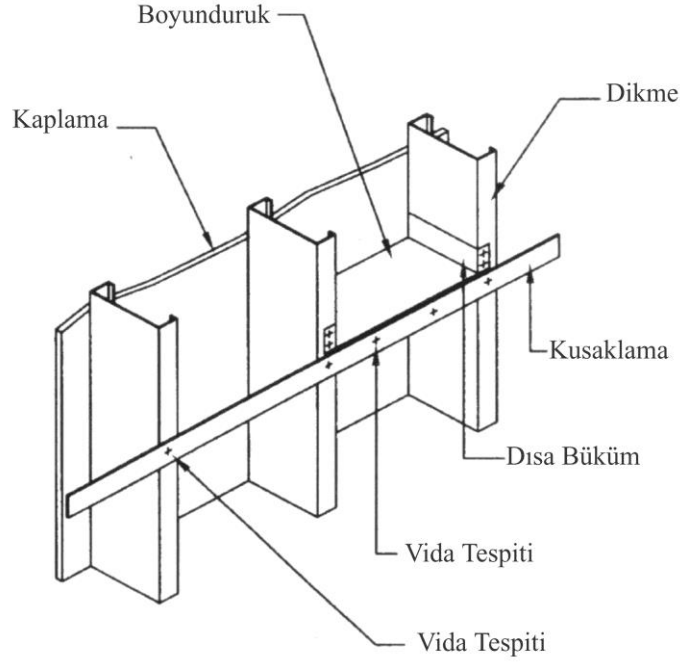
Şekil 3.34. Taşıyıcı duvarın beton tabliyeye tam oturması



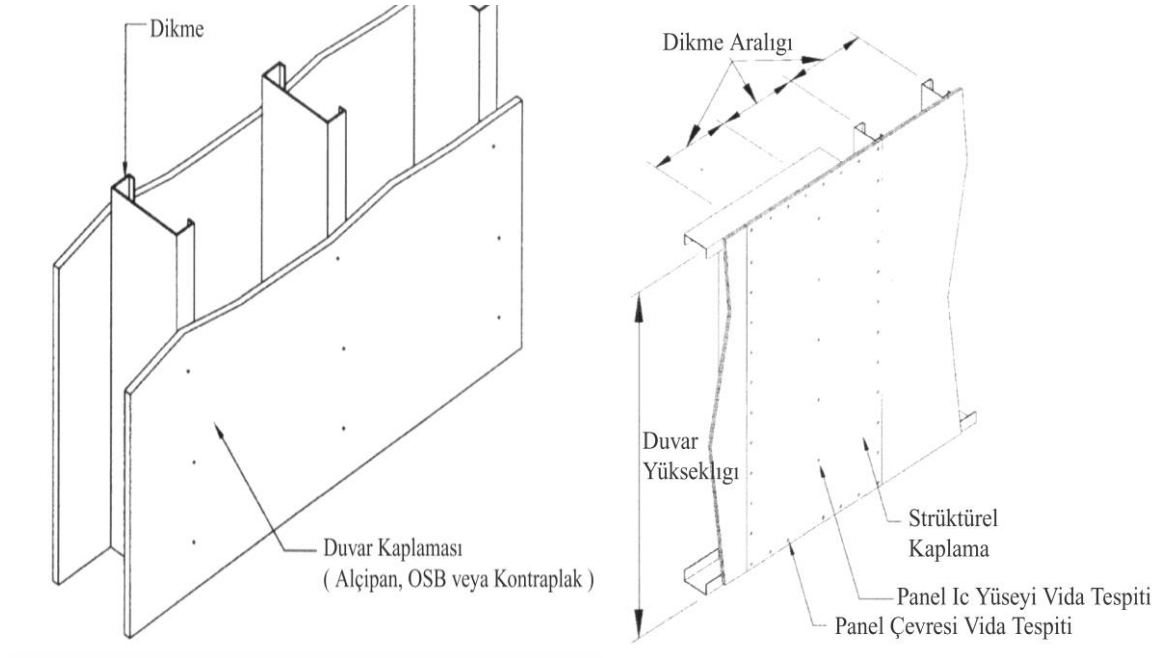
Şekil 3.35. Taşıyıcı duvarın ahşap tabana oturması

- **Taşıyıcı Duvar Stabilite Bağları**

Dikmelerin yanal yüklere karşı rijitliğini artırmak için kuşaklama ve boyunduruk gibi elemanlar kullanılmaktadır (Şekil 3.36). Ayrıca iç ve dış kaplama malzemeleri de sisteme, yanal yüklere karşı destek vermektedir (Şekil 3.37). [16]

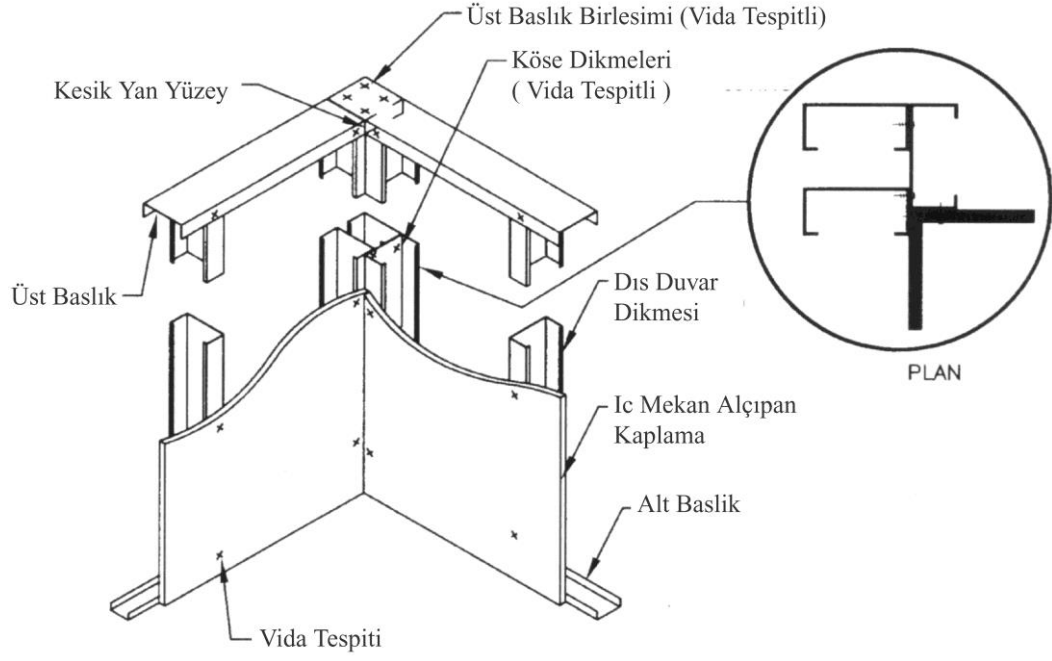


Şekil 3.36. Kuşaklama ve boyunduruk



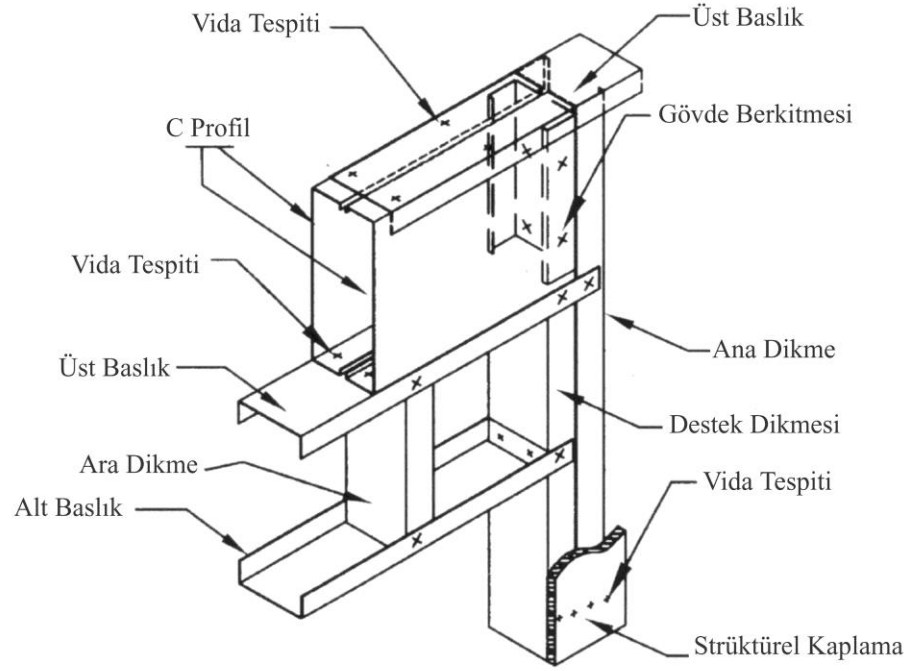
Şekil 3.37. Dikmelerin iç ve dış yüzeyden kaplanması

- **Köşe Oluşumu**

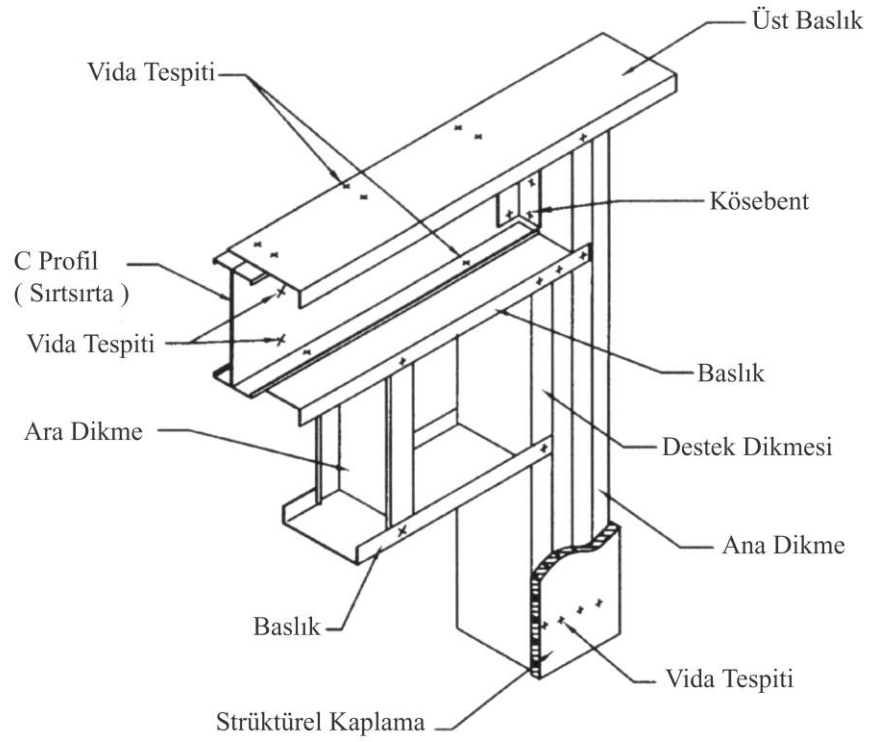


Şekil 3.38. Köşe detayı

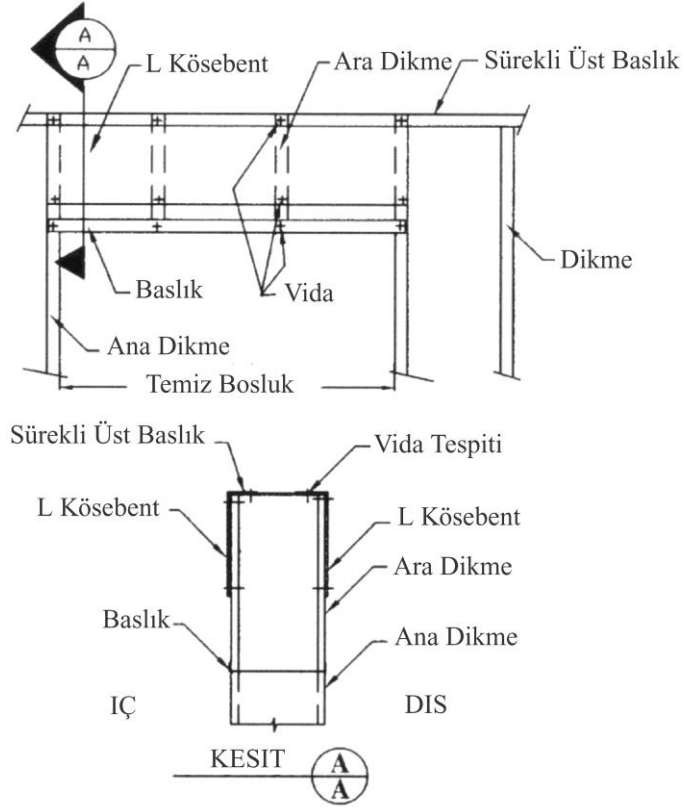
- Lento Oluşumu



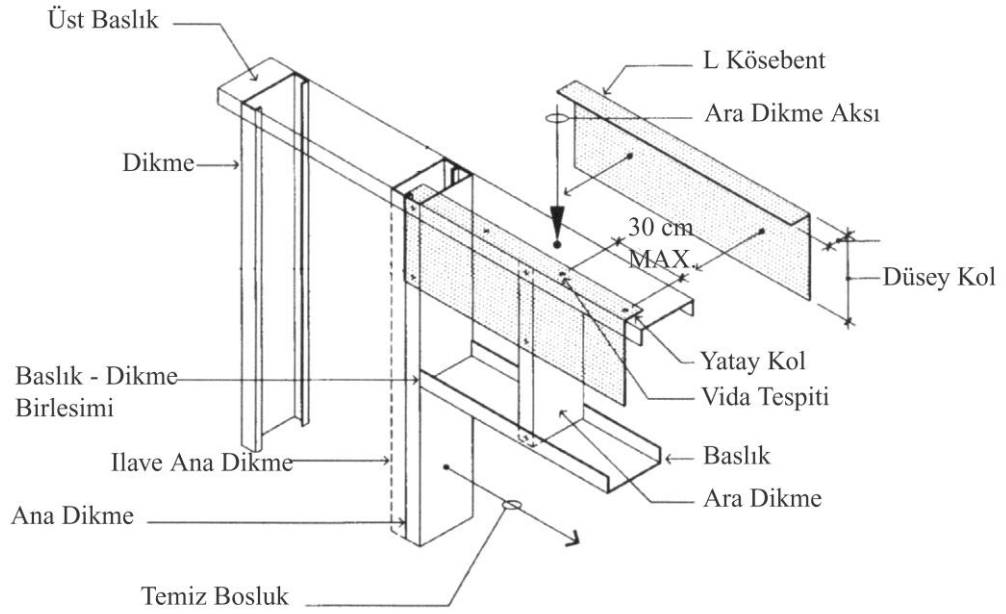
Şekil 3.39. Kutu birleşim



Şekil 3.40. Sırsırta birleşim



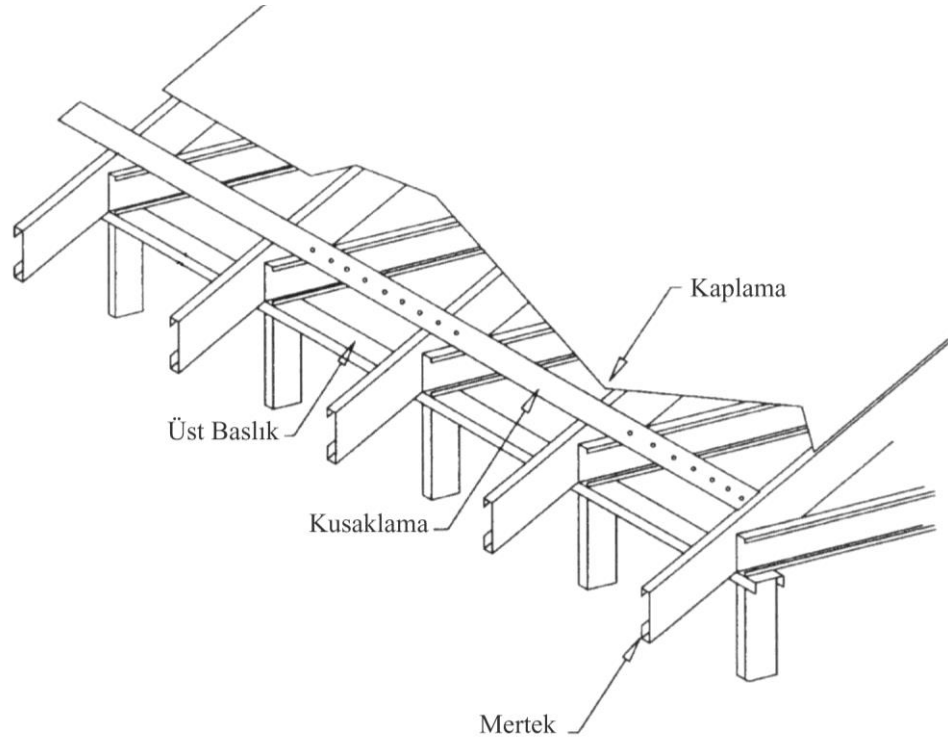
Şekil 3.41. L kösebant ile bağlantı



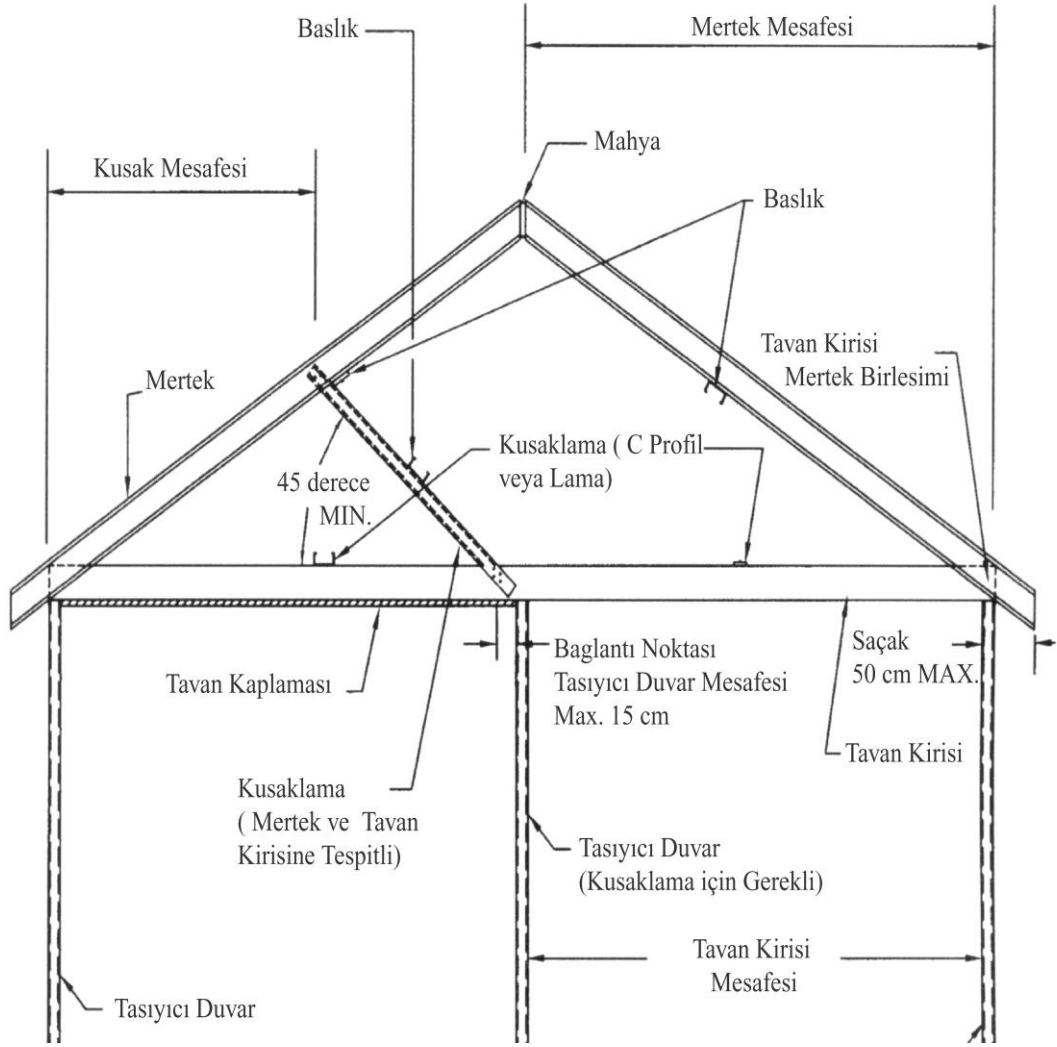
Şekil 3.42. L kösebant ile bağlantı (izometrik perspektif) [16]

3.5.1.1.3 Çatı Oluşumu

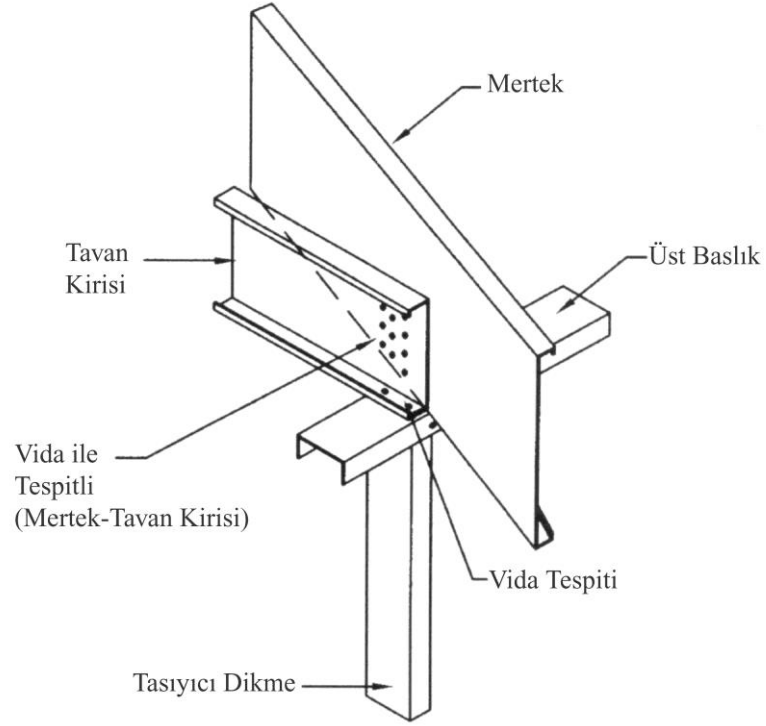
Hafif çelik çatı merteklerin yerleşimi, taşıyıcı dikmeler ile döşeme kirişlerinin plan düzleminde oturduğu ızgarada çakışmaktadır (Şekil 3.43). Mertek ile tavan kirişine oturan kuşaklama, tavan kirişinde taşıyıcı iç duvar üzerinde bağlanmalıdır (Şekil 3.44). [16]



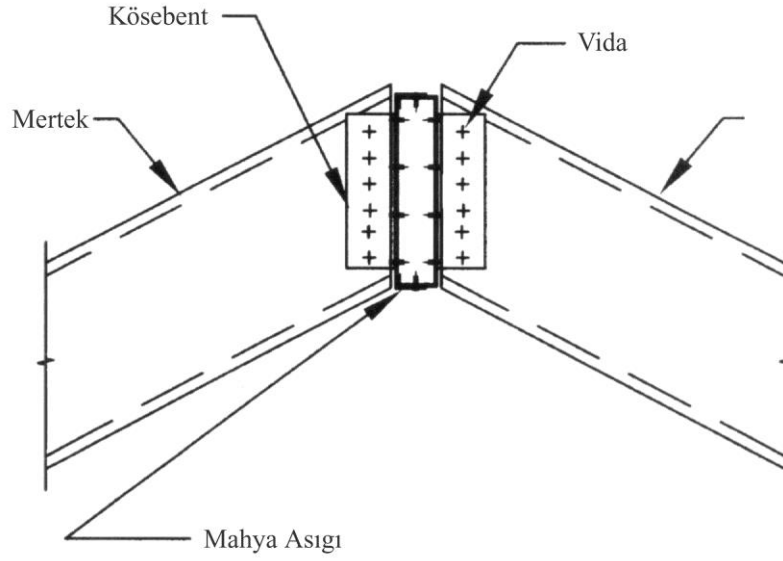
Şekil 3.43. Çatının taşıyıcı duvara oturması



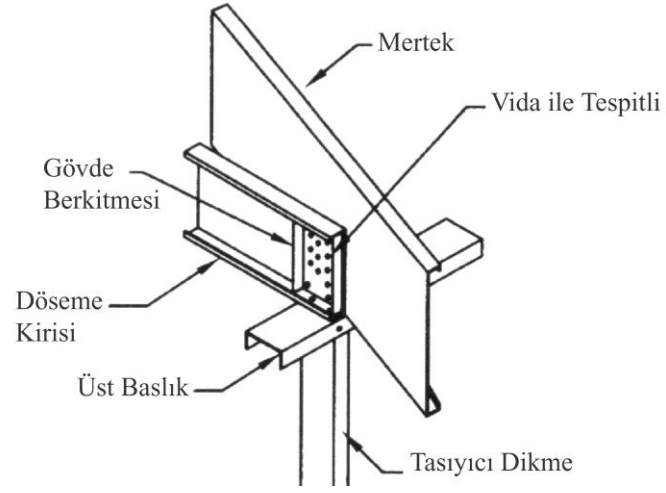
Şekil 3.44 Çelik çatı konstrüksiyonu [16]



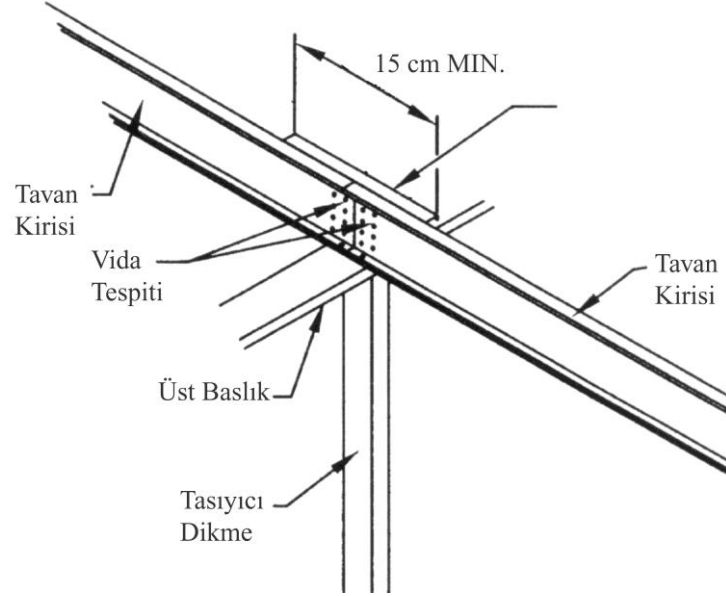
Şekil 3.45. Mertek – tavan kirişi birleşimi



Şekil 3.46. Mertek – mahya birleşimi



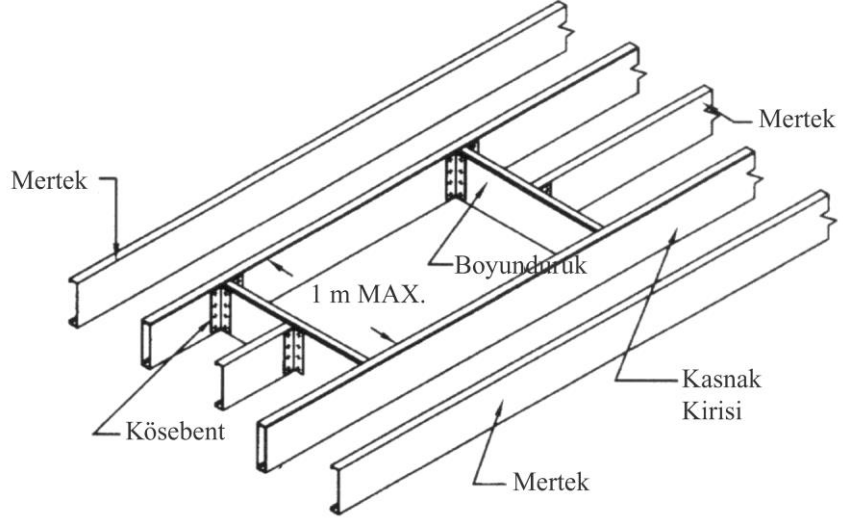
Şekil 3.47. Mertek–tavan kirişi birleşiminde gövde berkitmesi



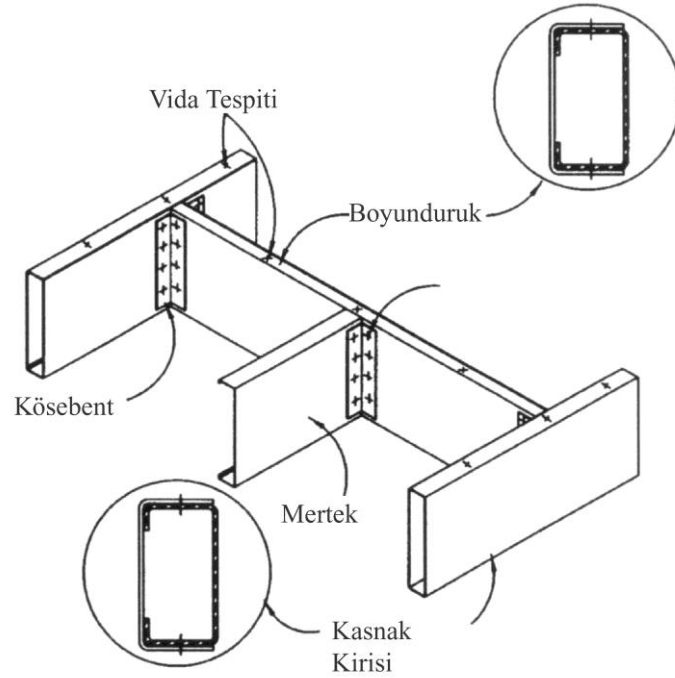
Şekil 3.48. Tavan kirişinde ek yapılması

- **Çatıda Boşluk Bırakılması**

Baca ve çatı çıkışı için tavan kirişi ve çatıda boşluk bırakmak gerekmektedir (Şekil 3.49, 3.50). [16]



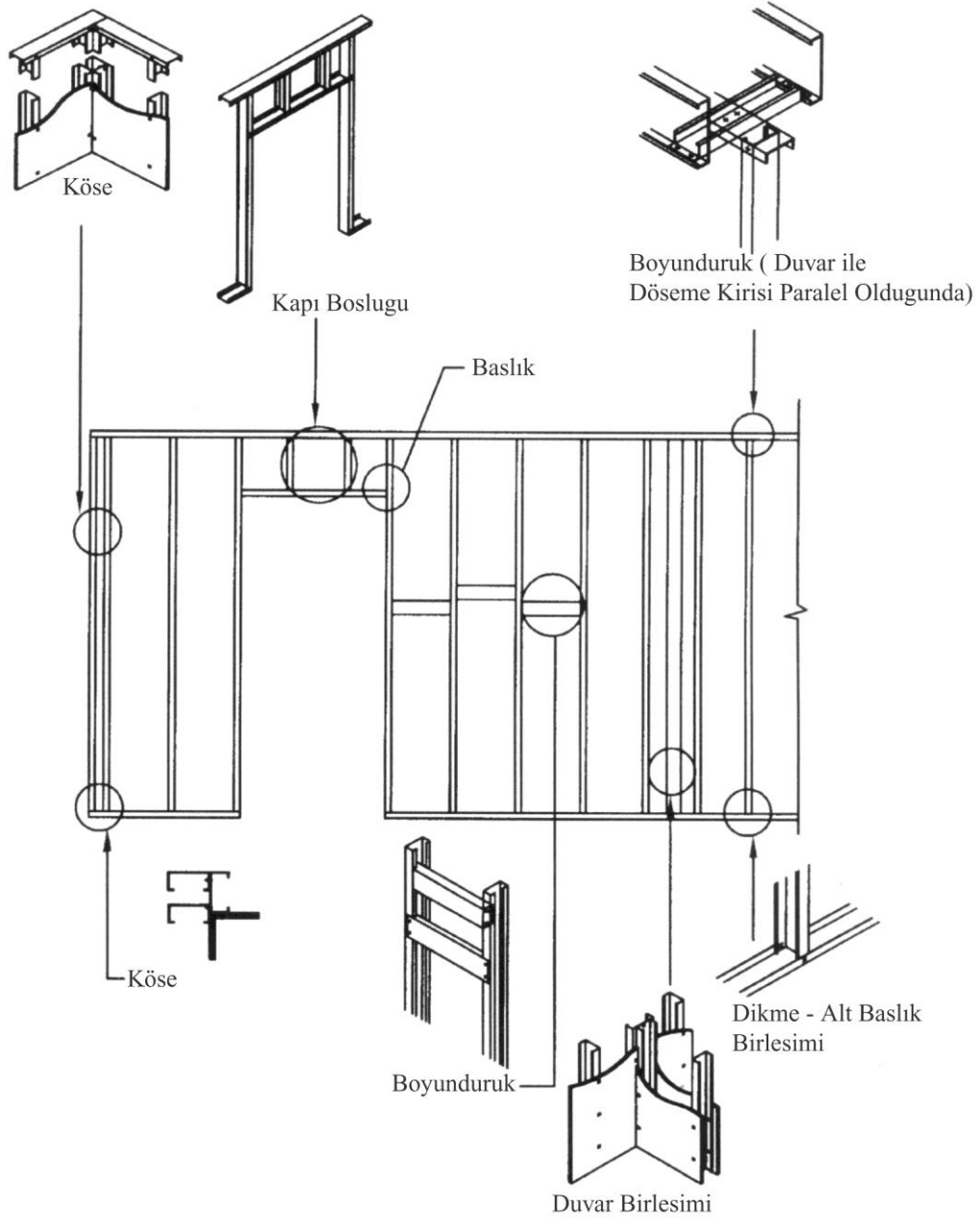
Şekil 3.49. Çatıda boşluk bırakılması



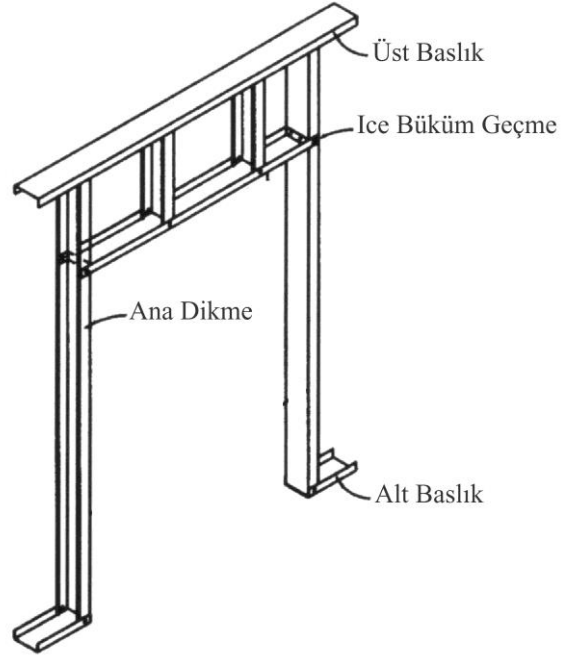
Şekil 3.50. Mertek – kasnak kirişi birleşimi

3.5.2 Bölücü Bileşenler

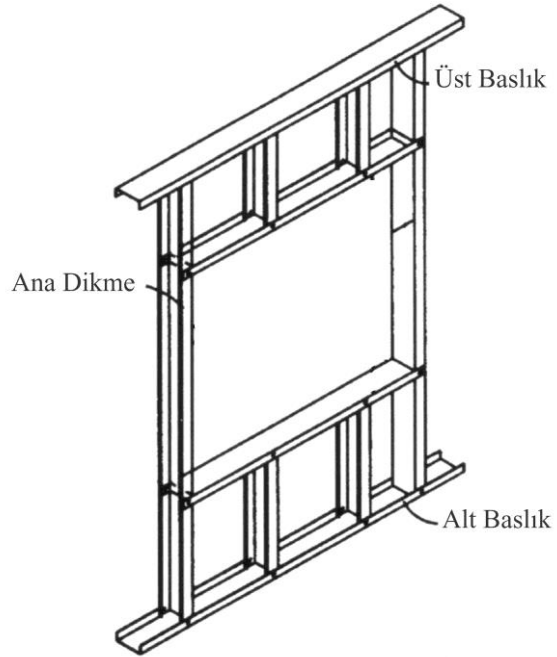
Hafif çelik yapıda sac' dan soğuk bükme çelik profiller kullanılır. Hafif çelik duvarlar tamamen hafif çelik profiller ile taşınabildiği gibi betonarme iskelet sistem içinde bölme duvarları olarak da kullanılabilir (Şekil 3.51). [16]



Şekil 3.51. Taşıyıcı olmayan iç duvar

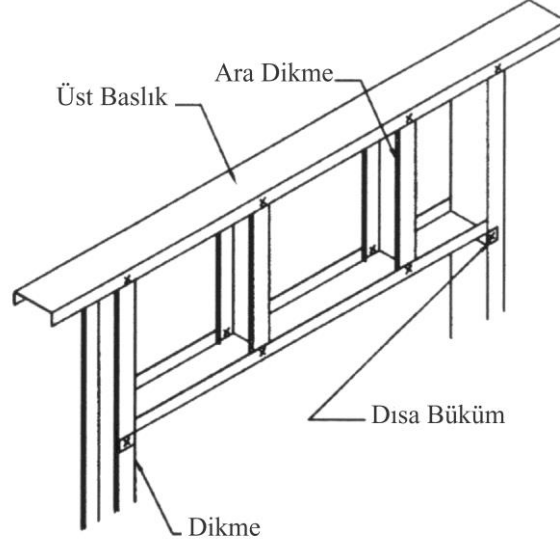


Şekil 3.52. Bölücü duvarda kapı boşluğu

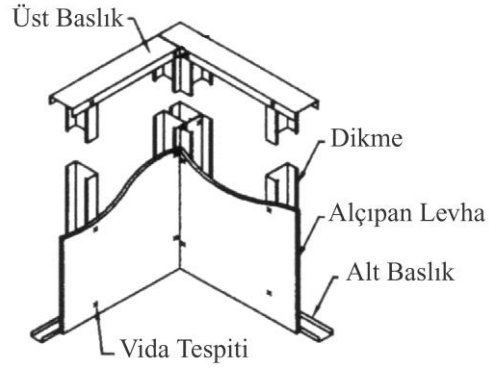


Şekil 3.53. Bölücü duvarda pencere boşluğu

Bölücü iç duvar profilleri taşıyıcı duvar profilleri ile aynı kesitlidir. Amaç; yapım aşamasında birleşim noktalarında standart oluşturabilmektir.



Şekil 3.54. Bölücü duvarda lento oluşumu



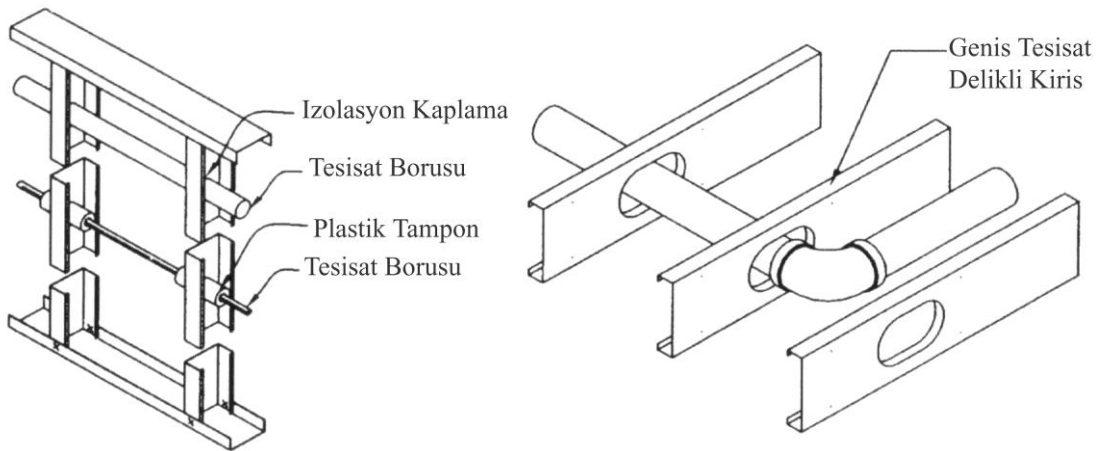
Şekil 3.55. Bölücü duvarda köşe oluşumu [16]

3.5.3 Tesisat Bileşenleri

Konutlarda kullanılan tesisat ihtiyacı kablolu sistem, borulu sistem, kanal ve bacalar olmak üzere sınıflandırılabilir. Bu sistemler ile elektrik, su, havalandırma gibi günümüzde ihtiyaç duyulan servisler gereken yerlere ulaşır. [4]

3.5.3.1 Tesisatın Yatayda Yerleştirilmesi

Döşemenin taşıyıcısı genellikle bükme-profiller kullanılarak kurulan kafes kirişten oluşur. Konut için gerekli servislerin yatay dolaşabilmesi için döşeme kaplaması ve tavan kaplaması arasında yer bırakılmalıdır. Kafes kirişin yüksekliği servislerin geçirilmesi için yeterince yer bırakır. Bazen yatay yerleştirme duvarların içinde yapılabilir. Çünkü hafif çelik taşıyıcı sistemlerde duvar kaplamalarının arası tesisatın geçmesi için elverişlidir. Bu durumda kablolu veya borulu servisler duvarın taşıyıcıları olan bükme profillerde açılan ardarda deliklerden geçirilirler (Şekil 3.56). Boru ve kabloların taşıyıcı sisteme değmemesine dikkat edilir. [4]

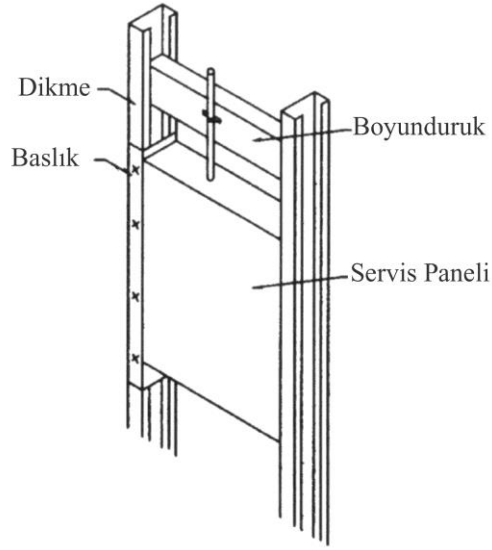


Şekil 3.56. Tesisatın yatayda yerleştirilmesi [16]

3.5.3.2 Tesisatın Düşey Yerleştirilmesi

Konutun düşey yüklerini taşıyan bükme profiller, yapı yükü ve kaplama malzemelerinin özelliklerine göre belirli aralıklarla yerleştirilirler. Servisler düşey taşıyıcıların arasından düşey olarak kolaylık ile geçirilir. Servisler taşıyıcısı çelik olan duvar ve döşeme boşluklarından geçirilirken çeliğin ısı ve elektrik açısından iletken olduğu hatırlanmalıdır. Bu durumda ses izolasyonu, ısı izolasyonu ve elektrik izolasyonu dikkatli bir şekilde sağlanmalıdır. Elektrik tesisatının diğer duvarlarda

olduğu gibi plastik borudan geçmesi gerekmektedir. Elektriğin özellikle afet sonrasında devreden çıkacağı sigorta sistemi devreye sokulmalıdır. [4]



Şekil 3.57. Tesisatın düşeyde yerleştirilmesi [16]

3.5.4 Teras, Balkon ve Merdiven Oluşumu

Hafif çelik döşemenin üzeri eğimli çatı yapılmadan, üzerinde gezilen veya gezilemeyen teras çatı olarak çözülebilir. Konsol oluşumu 60 cm, saçak 50 cm ve kalkan duvarına paralel olan saçaklar da 30 cm ile sınırlandırılmıştır. Üst balkon döşemesi taşıyıcı dikmeler üzerine oturabilir.

Döşemelerde boşluk bırakılması, döşeme kirişine dik doğrultuda en fazla 200 cm ile sınırlandırılmıştır. Merdiven boyutu da buna bağlı kalmaktadır. Merdiven basamakları bina taşıyıcı dikmelerine bağlanmamalı, merdivenin kendi taşıyıcı dikmeleri üzerine oturtulmalıdır. [4]

3.5.5 Bitirmeli Cephe Kaplamaları

Taşıyıcı dış duvar dikmeleri üzerine plakalar halinde OSB kaplanmaktadır. OSB üzerine ısı yalıtımı ve buhar kesici levha konulmaktadır. Bina dış kabuğu bu şekilde oluşturulduktan sonra seçilen cephe kaplama malzemesi ile detay bitirilebilir. Dış cephenin oluşumunda yapı fiziği açısından çeşitli çözümler mümkündür. Bitirmeli cephe kaplamaları ile ilgili çeşitli detaylar bölüm 3.7.1' de hafif çelik taşıyıcılı konut yapı örnekleri üzerinde incelenmiştir.

3.6 Hafif Çelik Taşıyıcılı Endüstrileşmiş Konut Tasarımı İçin Yapım Verileri

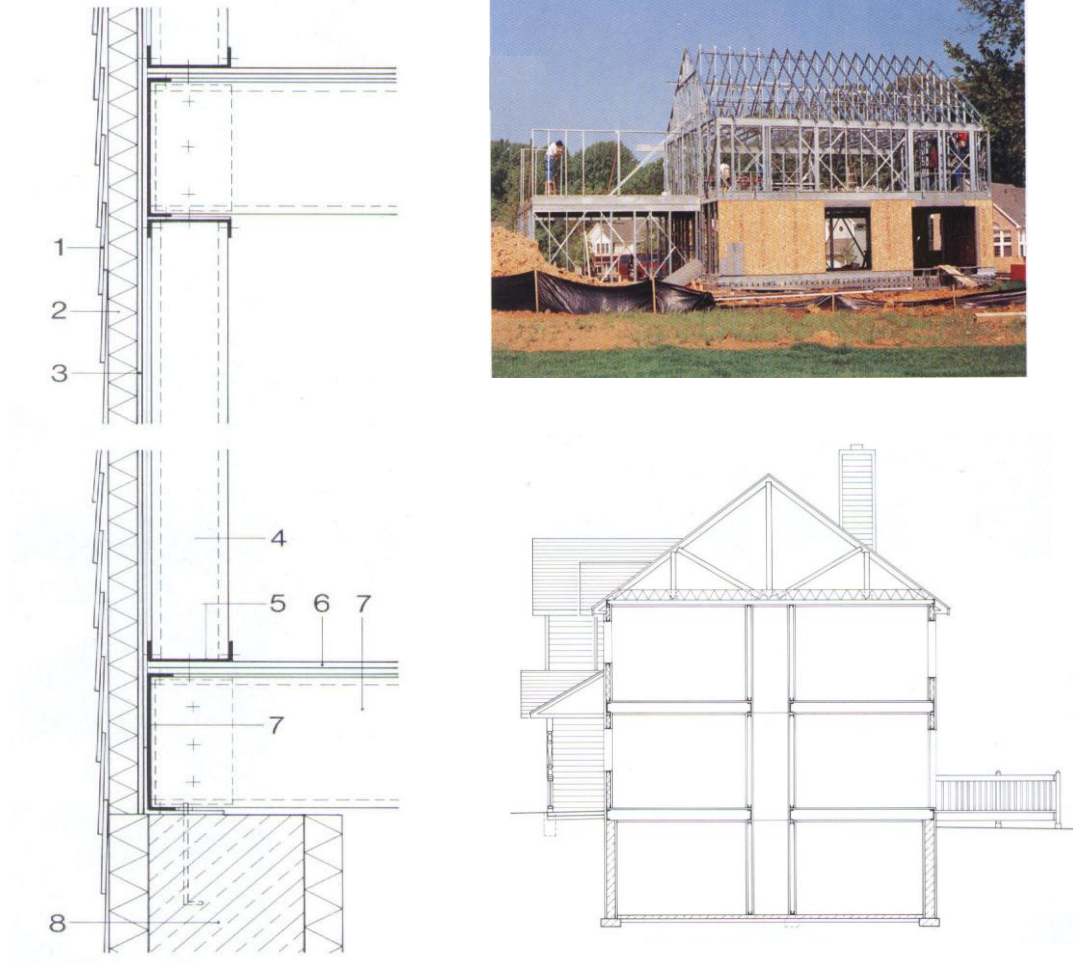
Hafif çelik taşıyıcılı endüstrileşmiş konut yapı sitemlerinin analizi ile, taşıyıcı sistem ile yapının diğer alt sistemleri arasındaki ilişkiler ortaya konacaktır. Yapılan literatür ve firma düzeyindeki örnek çalışmaları sonucunda, örneklerin bir kısmında genel, ancak bazı ilişkileri aydınlatıcı belge – bilgi elde edilmiştir (Örnek 1-12). Bu örneklerle ilişkin bilgiler sınırlı olduğu için envanter föylerine işlenmemiştir. Öte yandan örnek 13-16 (ek A, B ve C)’ de görüleceği gibi sistemlerin üç adedi üzerinde çok ayrıntılı belge – bilgi temini mümkün olmuştur. Bu bilgiler, genelleme yapabilmek açısından belli sistematik bir kalıp içinde envanter föylerine yansıtılmıştır. Yapılan analizler sonucunda tasarıma veri olacak sonuçlara ulaşılmıştır. Kısmi özellikleri yansıtan örnek 1-12 tez metni içinde yer almış, diğer örnek 13-15’ e ait envanter föyleri ekte verilmiştir.

3.6.1 Analizler için Seçilen Hafif Çelik Taşıyıcılı Konut Yapı Örnekleri

Hafif çelik taşıyıcılı endüstrileşmiş konut yapı sitemlerinin analizleri için seçilmiş örnekler aşağıda verilmektedir. Yapılacak ilişki analizleri için bu örneklerle ve ekteki örneklerle referanslar verilecektir.

- **Örnek 1**, Amerika Birleşik Devletleri, Maryland. İşveren: NAHB Research Center. Mimari: Orville Lee, Maryland. Yapımcı: Peter Breck, Leonardtown, Maryland. [15]

Çelik çerçeve betonarme tabliye üzerine kurulmuştur. İç ve dış duvar malzemeleri geri dönüştürülmüş malzemelerdir. Çelik çerçeve ahşap ihtiyacını azaltmıştır. Kullanılan çeliğinde 2/3’ ü geri dönüştürülmüş atık çeliktir. Ayrıca inşaat esnasında oluşan atık çelik malzemelerde geri dönüştürülmek üzere toplanmıştır. Bu yönüyle başta amaçlanan, proje ve inşaat süresi boyunca çevreye duyarlı bir yapı düşüncesi tam anlamıyla gerçekleştirilmiştir. (Şekil 3.58, 3.59)



Şekil 3.58 Sistem kesiti ve sistemin kuruluşu

1. Odun lifli levha, 2. Isı izolasyonu 38 mm, 3. Kontraplak kaplama 12 mm, 4. C profil 82 mm, 5. C profil 82 mm 6. Kontraplak 19 mm, 7. C profil 200x50 mm, 8. 2x50 mm ısı izolasyonu ve hafif beton 200 mm. (Şekil 3.58)



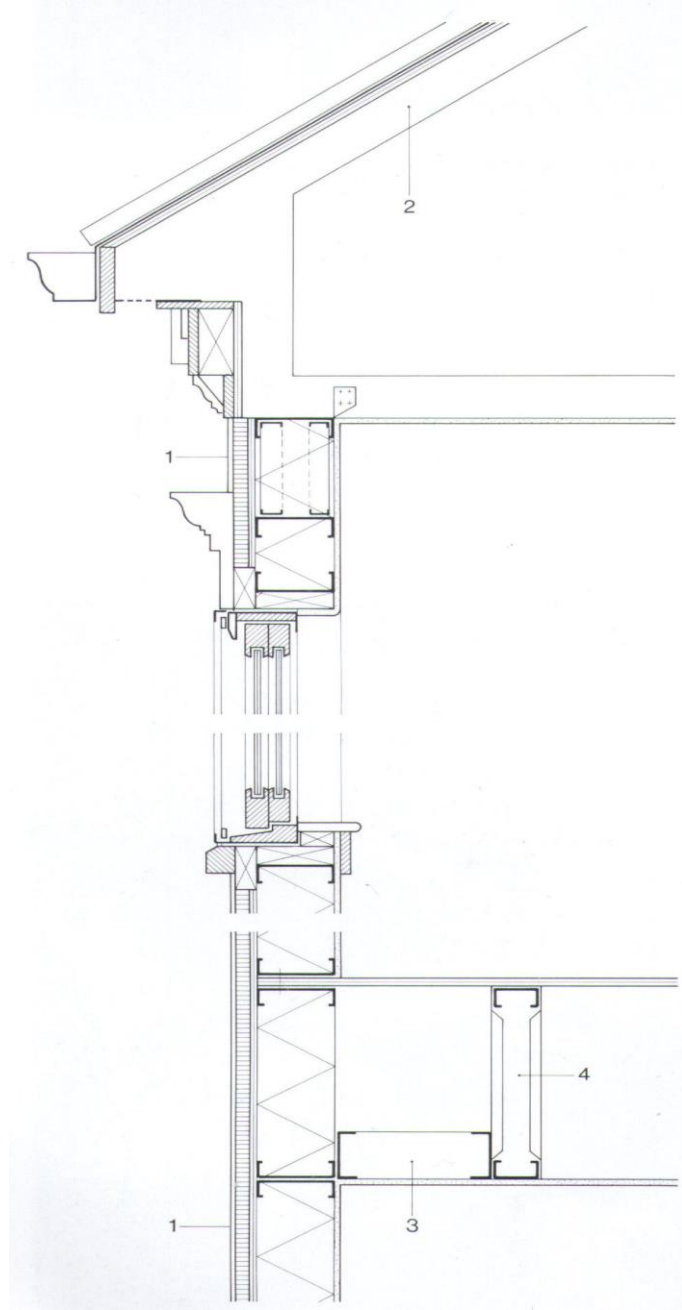
Şekil 3.59 Dış görünüş

- **Örnek 2**, Amerika Birleşik Devletleri, Maryland, İşveren: NAHB Research Center. Mimari: John t. Stovall ve Ortakları, Gaithersburg, Maryland. Proje Koordinatörü: Daniel Ball. Proje Danışmanı: Albert van Overeem.

Dış cephede ısı izolasyonu ve detaylarda farklı bir metod uygulanmıştır. Bu sayede yüksek ısı izolasyon değerleri elde edilmiştir. Öncelikle çelik çerçevenin üzerine beton pano monte edilmiştir. Daha sonra 25 mm' lik polistren köpük yapıştırılmıştır. Yapıştırılan polistren köpüğün dışı temizlendikten sonra astar tabakası olarak kuru lateks polimer içeren portland çimentosu lifli bir hasır üzerine uygulanmıştır. Bu ince sıva üzerine de kaba taneli eski zaman stüko tarzı boya yapılmıştır. Çatı kaplaması binili metal levhadır. (Şekil 3.60, 3.61)



Şekil 3.60 Ön görünüş ve sistemin kuruluşu



Şekil 3.61 Sistem kesiti

1. Sıva, ısı izolasyonu 38 mm, taşıyıcı C profil 140 mm, ısı izolasyonu, alçı levha 12 mm. 2. Çelik mertek 100 mm, 3. C profil 100 mm, 4. Döşeme kirişi. (Şekil 3.61)

- **Örnek 3**, Amerika Birleşik Devletleri, Mimari: McLarand, Vasquez & Partners.
Yapımcı: Heartland Homes. Ana Müteahhit: Britcher Construction

Las Vegas' ta inşa edilen bu malikanenin soğuk bükme profillerde oluşan taşıyıcı çelik sistemine, resimde görülen kırmızı renkli kolon ve dairesel kiriş ile bazı takviyeler yapılmıştır. (Şekil 3.62, 3.63)



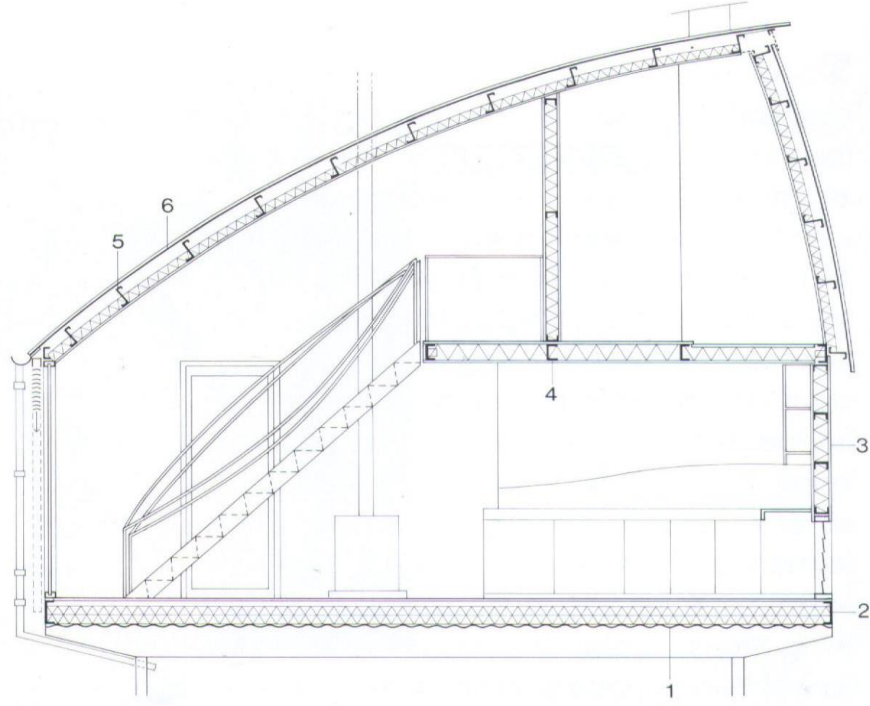
Şekil 3.62 Sistemin kuruluşu



Şekil 3.63 Dış görünüş

- **Örnek 4,** Avusturalya, Belair’ da Konut, Adelaide. Mimari: Rick Bzowy St. Kilda, Victoria.

135.000 A\$’ na malolan bu konut, işverenin hafif, fonksiyonel ve minimalist bir yapı isteğini yerine getirmiştir. Bina çelik kutu profil dikmelerin üzerine oturmaktadır. Böylece çevreye en az müdahale ile inşaat bitirilmiştir. Alüminyum-çinko alaşımlı çatı kaplaması ve pastel yeşil dış duvarlar çevre ile bütünleşmektedir. Açık plana sahip yapının, yaşama, yemek bölümü, mutfak ve oturma odasının tüm cephe penceresinde dış panjur ile güneş kontrolü yapılmaktadır. Yapının en etkileyici bölümünü eğrisel çatı oluşturmaktadır. Tüm ana mekanlar içerisinden eğrisel ahşap kaplı tavan görülmektedir. Yaşam mekanına hakim çelik merdiven yatak odalarına ulaşımı sağlamaktadır. (Şekil 3.64, 3.65, 3.66)



Şekil 3.64 Sistem kesiti

1. Döşeme kaplaması, şap, ısı izolasyonu 2x100 mm, galvanize oluklu levha, çelik kiriş UB 200, 2. C profil 300 PFC, 3. Çimento esaslı sıva, C profil LC 102, ısı izolasyonu, alçı levha, 4. C profil 200 PFC, 5. Z profil Z 200, 6. Oluklu levha. (Şekil 3.64)



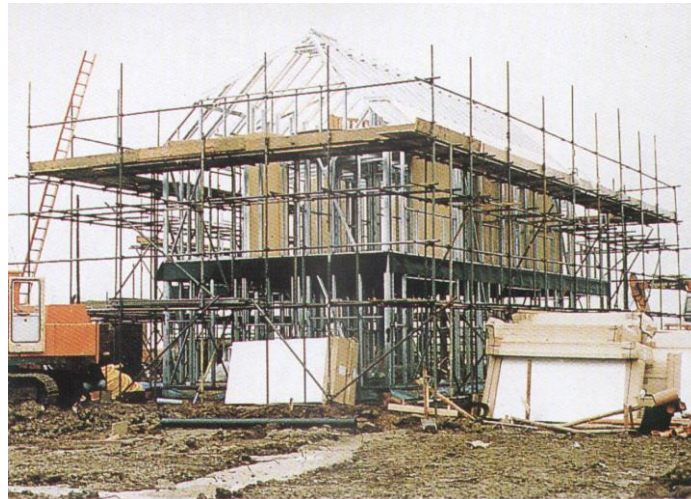
Şekil 3.65 İç görünüş



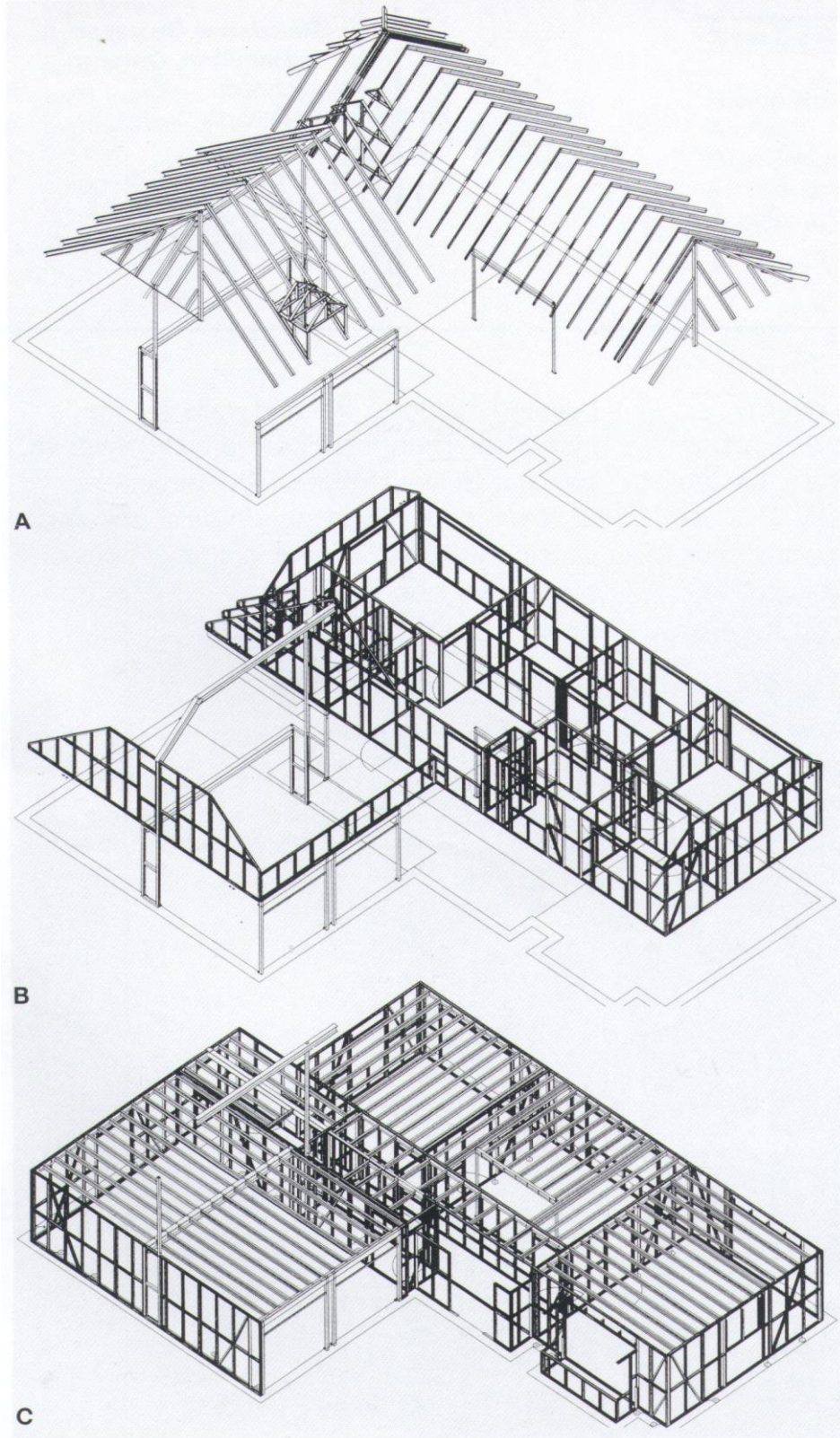
Şekil 3.66 Dış görünüş

- **Örnek 5**, İngiltere, Geleceğin Evi. Mimari: Tony Hennocq, Croydon, Surrey.
Taşıyıcı Sistem: SureBuild System

Bu konutta dört yatak odası, üç banyo, küçük salon, yemek odası, kahvaltı salonuna açılan bir mutfak bulunmaktadır. Ayrıca garaj üzerinde bir tane çalışma ofisi bulunmaktadır. (Şekil 3.67, 3.68, 3.69)



Şekil 3.67 Sistemin kuruluşu



Şekil 3.68 Aksonometrik perspektif

A. Çatı konstrüksiyonu, B. 1.Kat çerçevesi, C. Zemin kat çerçevesi ve döşeme kirişleri. (Şekil 3.68)



Şekil 3.69 Dış görünüş

- **Örnek 6**, İngiltere, (Green Stereet House, Garden Festival of Wales). Mimari: Richard Parnaby Gwent, Wales. Taşıyıcı Sistem: SureBuild System

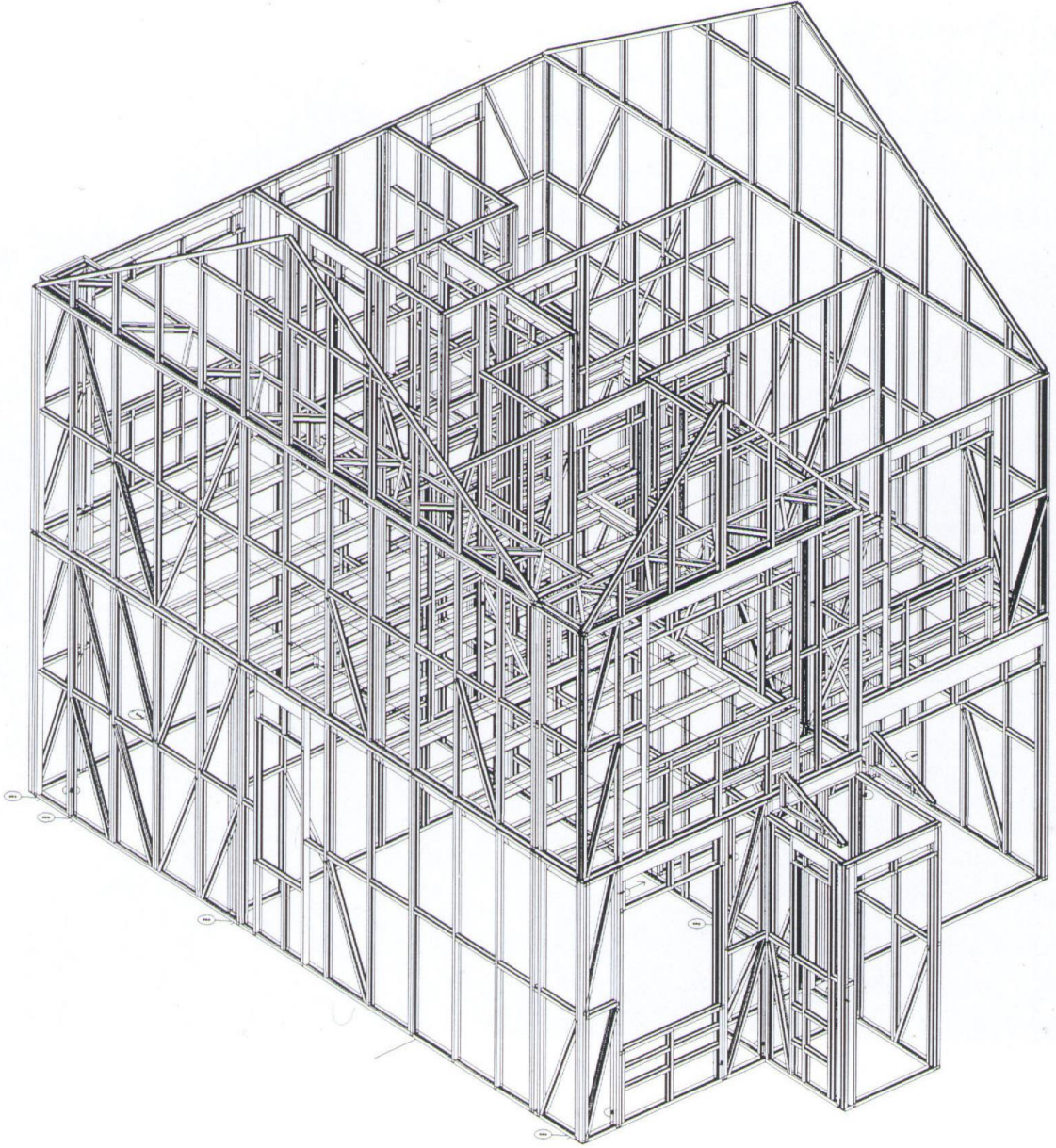
Kış bahçesinin sera etkisiyle topladığı ısı enerjisi mekanik havalandırma sistemi ile yapı içerisindeki mekanlara dağıtılarak % 60 enerji korunumu sağlanmaktadır. İnşaat süreci, taşıyıcı sistemin çelik olması sebebiyle % 20 kısalmıştır.. İç duvarlar galvanize hafif çelik duvar üzerine alçı levhadır. Dış duvarlarda tuğla ve metal levha kombinasyonu görülmektedir. (Şekil 3.70)



Şekil 3.70 Dış görünüş

- **Örnek 7**, İngiltere, Taywood Evleri. Mimari: BDG Design. Taşıyıcı Sistem: SureBuild System.

Hava koşullarında bağımsız inşaat süreci, bu yapı için en önemli avantajdır. Çelik çerçeve dışına 35 mm kalınlıkta yeni bir ısı izolasyon paneli konması ile ısı köprüsü oluşumu engellenmiştir. 109 m² büyüklüğünde, üç yatak odası bulunan bu ev de, iç bölme elemanlarının düzenlenmesi esnektir. (Şekil 3.71, 3.72)



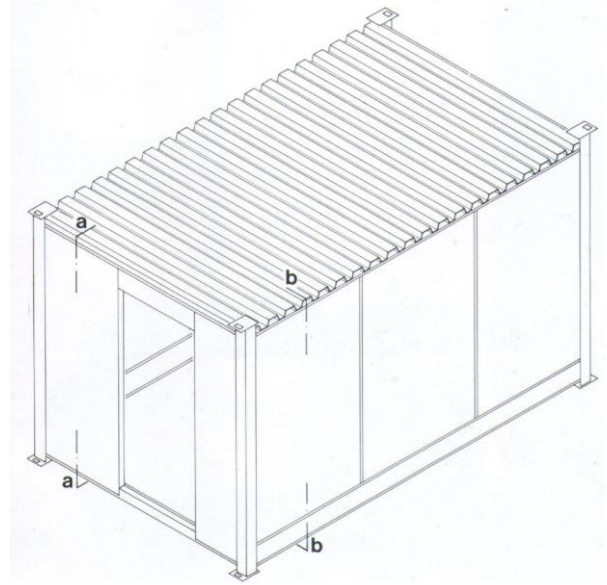
Şekil 3.71 İzometrik perspektif



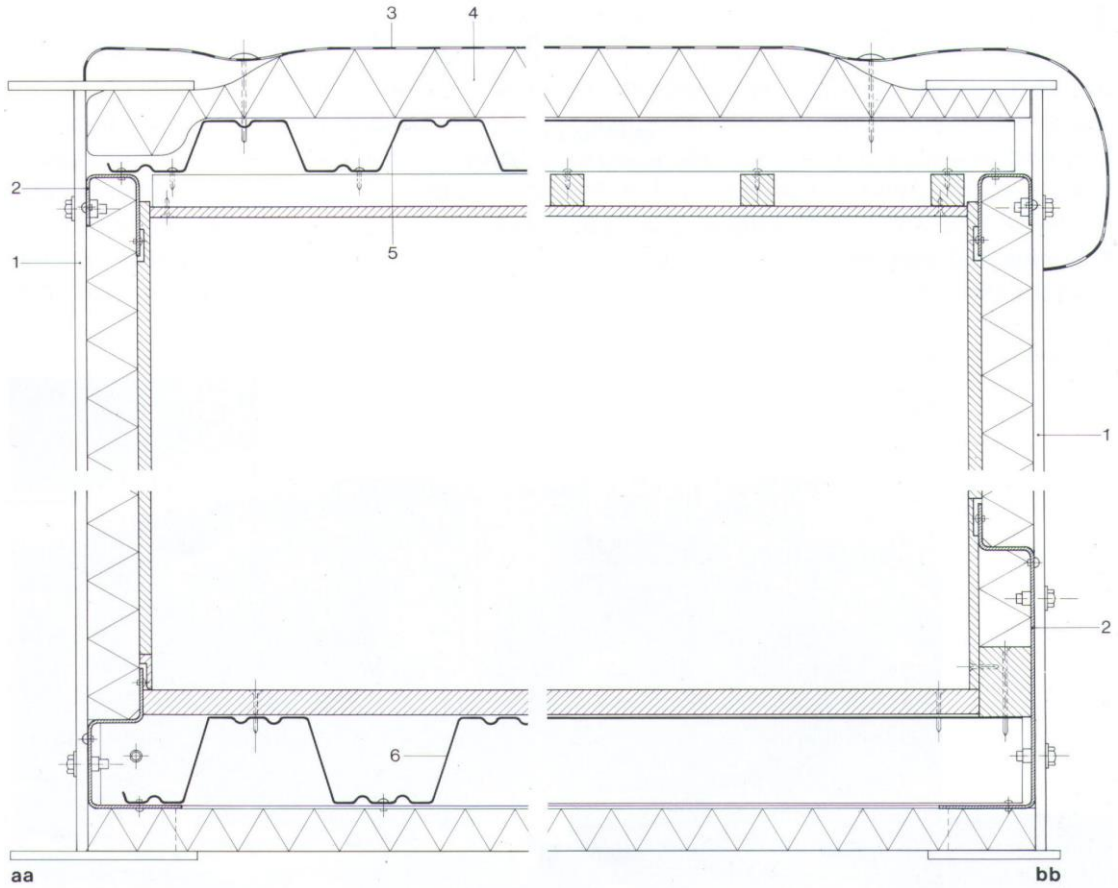
Şekil 3.72 Dış görünüş

- **Örnek 8**, İngiltere, Cardiff Üniversitesinde Öğrenci Yurdu. Mimari: Ove Arup ve Ortakları.

Bu öğrenci yurdu ‘Trinity Modular Technology’ tarafından tasarlanan ve üretilen çelik konstrüksiyonlu modüler kutuların biraraya gelmesi ile oluşmaktadır. Dış cephe alçı levha, izolasyon ve fibre beton plakalardan oluşan sandviç duvardır. Taşıyıcı soğuk bükme profiller 3 mm kalınlıktadır. Bu profiller çelik döşemeye ve duvar elemanlarına vida ile birleştirilerek kompozit kutular oluşturulmaktadır. Her modül binanın strüktürünü oluşturmaktadır. Şantiyede hızlı bir şekilde birleştirilen kutuların oluşturduğu binanın dış cephesi tuğla ile kaplanmıştır. Gelecekteki ihtiyaçlara göre bina, yeniden başka bir yerde kullanılmak üzere rahatlıkla sökülüp birleştirilebilir. (Şekil 3.73, 3.74, 3.75, 3.76)



Şekil 3.73 Sistem modülü



Şekil 3.74 Sistem kesiti

1. Isı izolasyonlu sandviç duvar, 2. Galvanize çelik profil 3 mm, 3. Membran, 4. Isı izolasyonu 80 mm, 5. Galvanize çelik tavan tabliyesi 0,9 mm, 6. Galvanize çelik döşeme tabliyesi 0,9 mm. (Şekil 3.74)



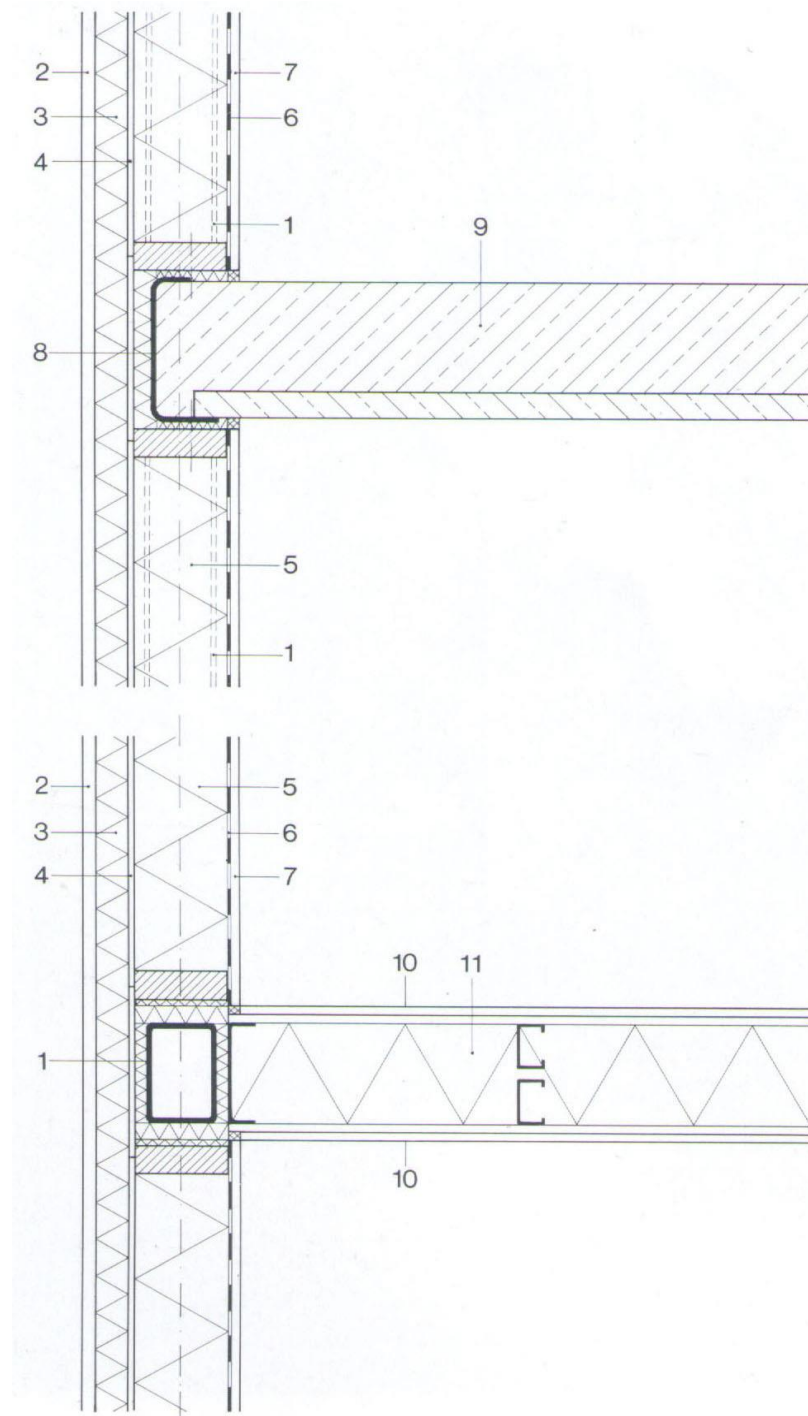
Şekil 3.75 Sistemin kuruluşu



Şekil 3.76 Dış görünüş

- **Örnek 9**, İsveç, Yrkesskolan Konut Grubu. Mimari: Richard Berg, Farsta.

4-5 katlı yedi binadan oluşan 84 daireli konut grubu zemin altı otopark üzerine yükleri hafifletmek için çelik çerçeve ile oluşturulmuştur. Bazı binaların zemin katları mağaza olarak kullanılmaktadır. Yapı adasının ortasında bir iç avlu etrafına binalar yerleştirilmiştir. Bina cepheleri farklı renklere boyanmıştır. (Şekil 3.77, 3.78, 3.79)



Şekil 3.77 Sistem kesiti

1. Kutu kesitli çelik kiriş 160 x 120 mm, 2. Dış sıva 20 mm, 3. Taş yünü 50 mm, 4. Alçı levha 9 mm, 5. Taş yünü 145 mm, 6. Buhar kesici 0,2 mm, 7. Alçı levha 13 mm, 8. Taşıyıcı C profil 50 x 220 x 100 mm, 9. 4 cm kalınlıkta beton kalıp üzerine 18 cm yerinde dökme beton, 10. Alçı levha 2 x 13 mm, 11. 2 x 70 mm' lik çelik döşeme kirişi arasına 150 mm' lik taş yünü. (Şekil 3.77)



Şekil 3.78 Dış görünüş



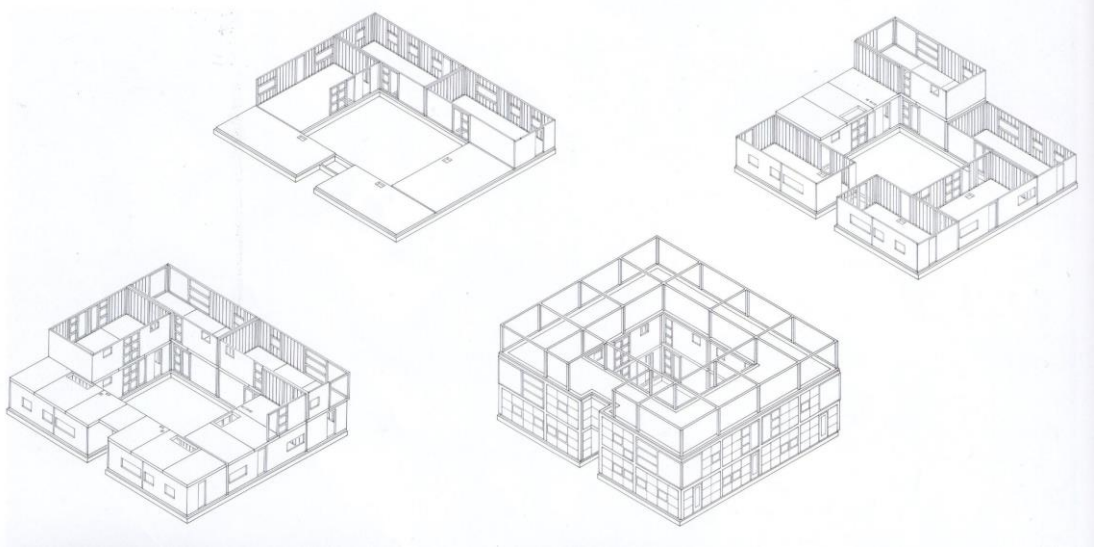
Şekil 3.79 Dış görünüş

- **Örnek 10**, Hollanda, İşveren: R. K. Woningbouwvereniging, Den Haag. Mimari: Groep 5 Architecten en Stedebouwers, Rijswijk. Yapımcı: Wilma Bouw BV, Den Haag.

Konut birimlerinin inşaatı yılın nisan ayında başlanıp temmuz ayında bitirilmiş ve birkaç gün içinde satılmıştır. Esnek planları ile hertürlü değişikliğe uygundurlar. İç bahçe oluşturan yapı bloğu altı tane iki katlı konut içermektedir. Teras olarak kullanılan çatıda çelik bir pergola bulunmaktadır. Prefabrike döşeme tabliyeleri, taşıyıcı duvarlara vida ile birleştirilmektedir. (Şekil 3.80, 3.81, 3.82, 3.83, 3.84, 3.85, 3.86)



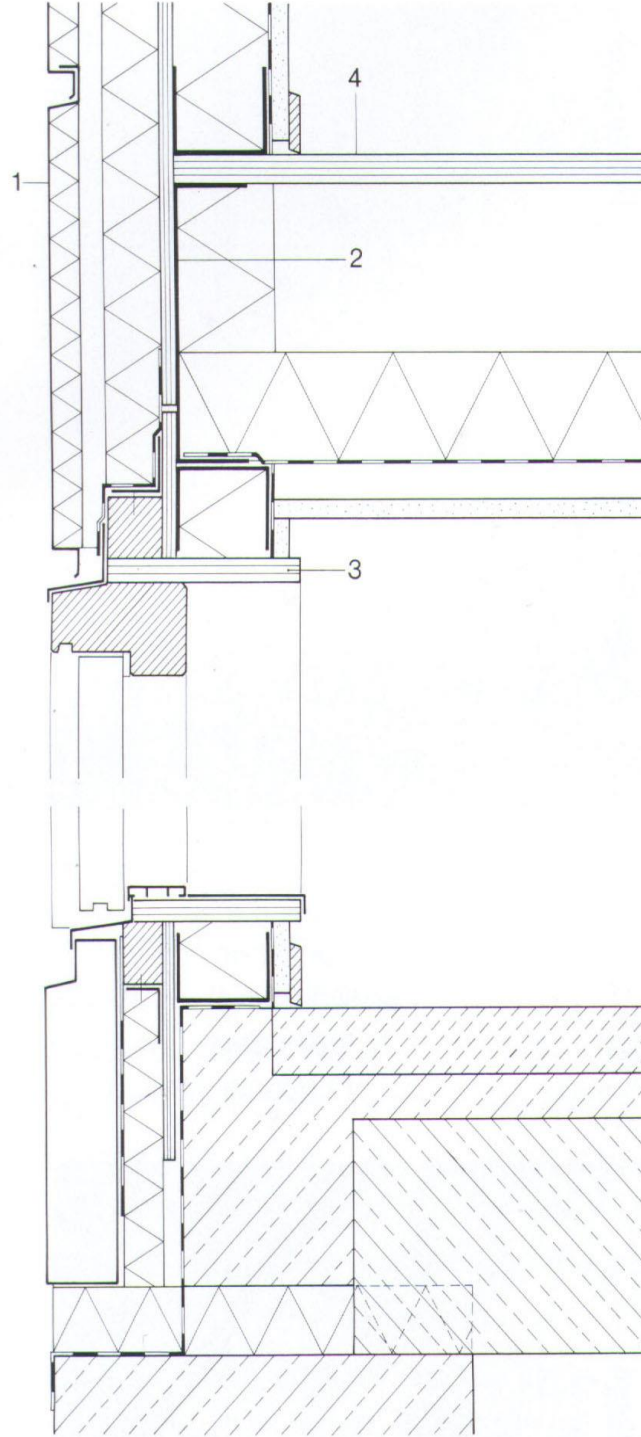
Şekil3.80 Sistemin kuruluşu



Şekil 3.81 İzometrik perspektif

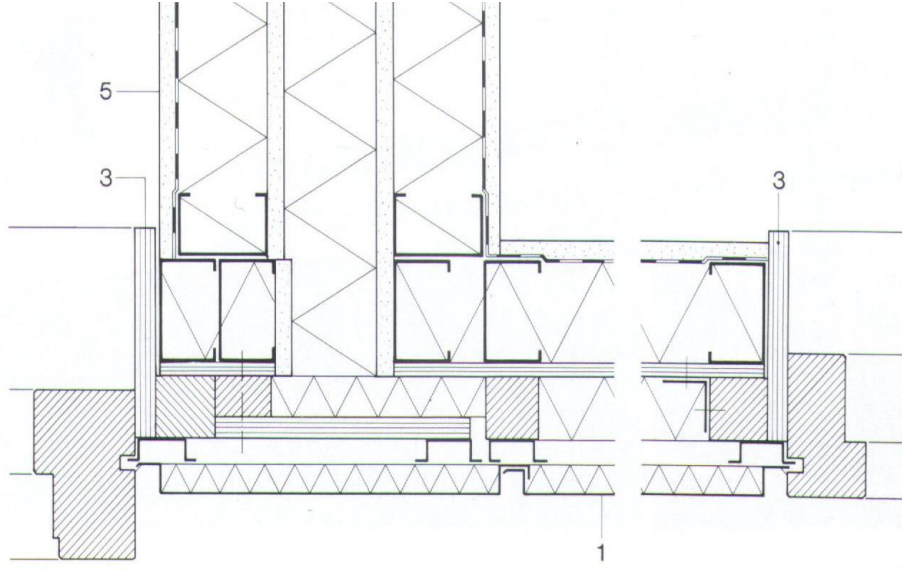


Şekil 3.82 Sistemin kuruluşu



Şekil 3.83 Sistem kesiti

1. Duvar: İzolasyonlu dış cephe kaplaması, ısı izolasyonu 50 mm, ahşap plaka 12 mm, ısı izolasyonu 80 mm, buhar kesici, alçı levha 15 mm, 2. C profil 206 x 60 x 3 mm, 3. Ahşap plaka 18 mm, 4. Döşeme: Ahşap plaka 19 mm, döşeme kirişi 200 x 80 x 2,5 mm, izolasyon 80 mm, buhar kesici, alçı levha 15 mm, 5. Bölme duvar: Alçı levha 4 x 15 mm, buhar kesici 2 adet, ısı izolasyonu 3 x 80 mm.



Şekil 3.84 Sistem planı



Şekil 3.85 İç avludan görünüş



Şekil 3.86 Dış görünüş

- **Örnek 11**, Kanada, Bruzzese Evi, Hamilton, Ontario. Mimari: Dfillippis Design, Ontario. Taşıyıcı Sistem: Armour Steel Framing Systems

Şekilde görülen konut ahşap iskelete alternatif başarılı bir örnektir. Bodrum kat 13x18 m, zemin kattaki ana oturma odası 6x7 m, tavan yüksekliği 3m ve giriş fuayesi iki kat yüksekliğindedir. (Şekil 3.87, 3.88)



Şekil 3.87 Sistemin kuruluşu



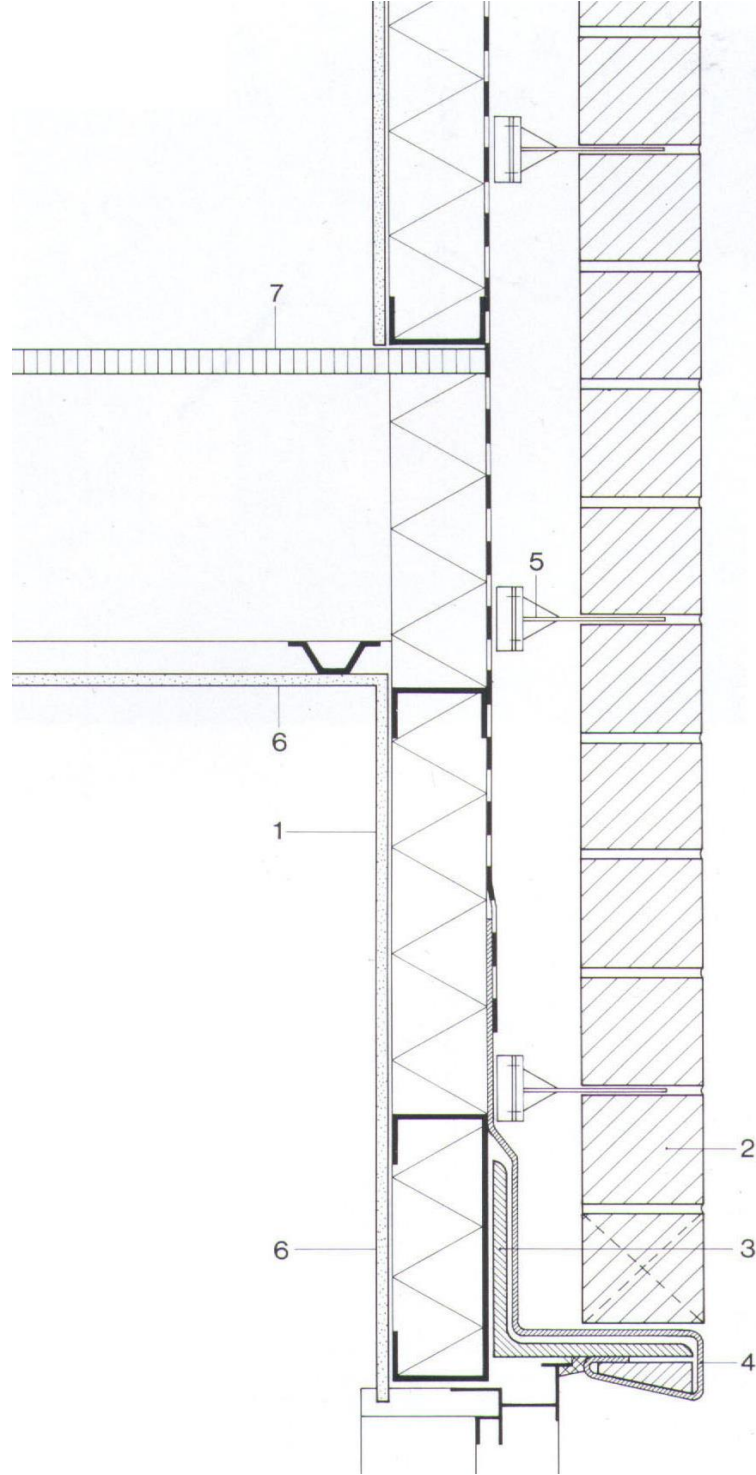
Şekil 3.88 Dış görünüş

- **Örnek 12**, Yeni Zelanda, Hislop Evi. Mimari: Glyn Bilkey Architects Ltd., Auckland. [15]

Bu ev bir deprem ülkesi olan Yeni Zelanda’ da Auckland’ ın merkezi iş alanını manzara almaktadır. Konvansiyonel sistemde tek katlı konut, ahşap çerçeve üzerine tuğla kaplanarak, iki katlı konut ise yığma blok tuğla ile oluşturulmaktadır. Gerek ahşap çerçeve üzerine tuğla kaplamada , gerekse yığma tuğlada dış kaplama rijid kalmaktadır ve bir depremde çatlama olasılığı yüksektir. Ahşap çerçeve deprem kuvvetlerini absorbe ederken 50-60 mm sehim yapar. Fakat bu, çelik çerçevede 6 mm’ de kalmaktadır. Çelik çerçeve hareket ederken rijid tuğla kaplama bağlantılarının küçük hareketleri sehinden gelen zorlamaları absorbe etmektedir. Bu da tuğla kaplamanın herhangi bir depremde zarar görmesini engellemektedir. Çelik çerçevenin diğer bir avantajı çatı tavanında net bir yüzey elde edilebilir olmasıdır. Ahşap iskelette, çatı taşıyıcısını oluşturan ana kirişler tavan altına sarkmaktadır. Çelik çerçevede çatı, hasır şeklinde oluşturulan kirişlerin birbirine tam geçmesi ile sağlanır. (Şekil 3.89, 3.90, 3.91)



Şekil 3.89 Sistemin kuruluşu



Şekil 3.90 Sistem kesiti

1. Çelik çerçeve, 2. Tuğla kaplama, 3. Sıcak daldırma köşebent 152x152x152x10 mm, 4. Su izolasyonu, 5. Çelik çerçeveye bağlı esnek ankraj, 6. Alçı levha 9.5 mm, 7. 200 mm çelik döşeme kirişi üzerine 20 mm sunta. (Şekil 3.90)



Şekil 3.91 Dış görünüş

- **Örnek 13**, Ek A: Akşan Hafif Çelik Taşıyıcılı Konut Yapı Sistemi
- **Örnek 14**, Ek B: Köşk Hafif Çelik Taşıyıcılı Konut Yapı Sistemi
- **Örnek 15**, Ek C: Sade Hafif Çelik Taşıyıcılı Konut Yapı Sistemi

3.6.2. Plan Geometrisine İlişkin Veriler

Plan geometrileri, örnek 5 (şekil 3.15), örnek 10 (şekil 3.28), örnek13 (şekil A 10, A 11), örnek 14' te (şekil B1, B2, B7, B8, B11, B12, B17, B18, B22, B23, B26, B27, B28, B31, B32, B37, B38, B43) görüldüğü gibi, genellikle dik açılı, modüler koordinasyon kuralları içinde, bina ana formundan girintiler ve çıkıntılar yapılması ile teşkil edilmiştir. Ayrıca örnek 3' te (şekil 3.9, 3.10), yapının bir kısmının, örnek 9' da (şekil 3.25) ise köşe balkonların plan düzleminde dairesel forma sahip olduğu görülmektedir.

Veriler ışığında, dik açılı, az girintili, net geometrik formların tercih edildiği görülmektedir.

3.6.3. Taşıyıcı Sistem Bileşenleri ile Temel İlişisine İlişkin İlgili Veriler

İncelenen örneklerde genellikle, radye beton üzerine sistem kurulmaktadır. Örnek 14' te sistem, mütemadi temel üzerine kurulmakta, temel kirişleri arasına blokaj üzerine donatılı beton uygulaması yapılmaktadır. Taşıyıcı dikmelerin oturduğu alt

başlık elemanının temel ile bağlantısı rüzgar, deprem ve hortum gibi doğal afetlerde önem kazanmaktadır. Alt başlık elemanının betonarme temele ankre edilmesi gerekmektedir.

3.6.4. Taşıyıcı Sistem ile Kabuk ve Dış Cephe İlişkisine İlişkin Veriler

İletken soğuk bükme ince profillerin yan yana getirilerek duvar / döşeme taşıyıcısının oluşturulduğu hafif çelik iskelette, iç ve dış duvarlar, yapının düşey taşıyıcılarını oluşturur. Taşıyıcı iç duvarlarda genellikle, dikme aralıklarına cam yünü ve iki taraftan alçıpan levha tespiti yapılmaktadır. Düşeyde sistem bileşenlerinin yerleştirilmelerinde genellikle mimariye bağlı kalınmaktadır. Dış kabuğu oluşturan taşıyıcı dikmeler üzerine yapılan kaplamalarda ise farklılıklar görülmektedir. Örnek 4, 8, 12' de ısı yalıtım elemanı taşıyıcı dikme aralıklarına konulmuş, dışına da sıva üzerine boya yapılarak veya OSB üzerine cephe kaplaması yapılarak dış kabuk tamamlanmıştır. Örnek 1, 13, 14' te ısı yalıtımı, taşıyıcı dikmeler üzerine kaplanan OSB üzerine yapılmış ve cephe kaplaması ile detay bitirilmiştir. Örnek 2, 9, 10' da ise ısı yalıtımı hem taşıyıcı duvar kesiti içine hem de OSB kaplı dış duvar üzerine yapılmıştır.

Sonuç olarak, dış kabuğun oluşmasında;

- a. Duvar taşıyıcılarının arasının ısı izolasyonu ile doldurulması, boşluk bırakmaksızın taşıyıcı dikmelerin dış yüzüne ahşap esaslı paneller kaplanması ve bu kaplama üzerine de cephe kaplama malzemesi tespiti,
- b. Duvar taşıyıcılarının üzerine boşluk bırakmaksızın ahşap esaslı paneller kaplanması, üzerine ısı yalıtımı yapılması ve yalıtımın üzerine de boşluk bırakmaksızın cephe kaplama malzemesinin uygulanması,
- c. Duvar taşıyıcılarının arasına ısı izolasyonu doldurulması, hava boşluğu bırakılarak çelik çerçeveye ankraj ile bağlanan tuğla veya doğal taş kaplanması yöntemleri tercih edilmektedir.

3.6.5. Taşıyıcı Sistem ile Çatı İlişkisine İlişkin Veriler

Hafif çelik çatı merteklerin yerleşimi, taşıyıcı dikmeler ile döşeme kirişlerinin plan düzleminde oturduğu ızgarada çakışmaktadır. Mertek ile tavan kirişine oturan kuşaklama, tavan kirişinde taşıyıcı iç duvar üzerine bağlanmaktadır. NASFA' da [16] merteklerin uzatıldığı saçak 50 cm, kalkan duvarına paralel saçak ise 30 cm ve çatı eğimi en az 45° olarak sınırlandırılmıştır. Baca ve çatı çıkışı için tavan kirişine dik doğrultudaki mesafe de, en fazla 100 cm olarak belirlenmiştir. İncelenen örneklerde genellikle bu kurallara uyulduğu görülmüştür. Örnek 3, 10 ve 15 (Şekil C 20, C 21)' te teras çatı uygulaması, örnek 4' te ise kavisli çatı uygulamaları görülmektedir.

Genel olarak, eğimli çatı çözümüne gidilmiş, tavan kirişlerinden oluşan tavan döşemesinin üzerine çatı kurulmuştur. Mertekler, plan düzleminde, doğrultu ve taşıyıcı ızgara üzerindeki yerleşimleri bakımından tavan kirişleri ve dikmeler ile çakışmaktadır. Bacalar, döşeme kirişleri arasından geçirilmek suretiyle çatıya ulaşmaktadır.

3.6.6. Taşıyıcı Sistem ile Döşeme İlişkisine İlişkin Veriler

Kuzey Amerika Çelik Birliği' ne (NASFA) [1] göre hafif çelik konutlar en fazla bir bodrum ve iki kattan oluşabilmektedirler. Bodrum katlı durumlarda, zemin kat döşemesi de hafif çelik sistem döşemesi olarak çelik kirişler ile oluşturulmaktadır. Bina genişliği (döşeme kirişlerine paralel) en fazla 11 m ve bina boyu (döşeme kirişlerine dik) en fazla 18 m olabilmektedir. Bina kolu 120 cm' den büyük ise, taşıyıcı sistem ayrı parçalar olarak analiz edilir (Şekil 3.8). Döşeme kiriş aralıkları 610 mm kabul edilmiştir Konsol oluşumu 610 mm ile sınırlandırılmıştır. Ancak örnek 13 ve örnek 14' te konsol oluşumu 150 cm' ye kadar yapılabilir. Ayrıca NASFA' ya göre döşemelerde delik açılması; döşeme deliklerine dik doğrultuda 200 cm ile sınırlandırılmış, fakat örnek 14' te iki kat boşluklu (galerili) salon çözümüne gidilmiştir. Örnek 14' te ki (şekil B 7, B 8, B 9, B 10) iki kat yüksekliğindeki duvar, çapraz bağlantılarla ve köşelerde takviyeler yapılarak desteklenmektedir.

Örnek 5 ve örnek 7' dekilerin hafif çelik taşıyıcısı balon sistem, diğer örnektekilerin ki ise platform sistem olarak oluşturulmuştur.

İncelenen örneklerde, döşeme kiriş yüksekliği 160 mm ile 350 mm arasında değişmekte ve geçilebilen en fazla açıklık 720 cm olmaktadır. Döşeme üzerinde bitirme malzemesi olarak örnek 1, 2, 8, 10, 12, 13, 14’ te OSB, örnek 4 ve 9’ da trapez sac üzerine yaş döküm beton uygulamaları görülmektedir. Ayrıca örnek 15’ te (şekil C 14) akustik ihtiyaçları karşılayabilme kapasiteleri ile alternatif döşeme detayları görülmektedir.

3.6.7. Taşıyıcı Sistem ile Bölücü Bileşenlerin İlişkisine İlişkin Veriler

Örnek 13, 14, 15’ den edinilen veriler ışığında, bölücü iç duvarlar 10 cm kalınlıkta, standart C 100mm kalınlıklı dikmeler üzerine alçıpan kaplanması ile oluşturulmaktadır.

3.6.8. Taşıyıcı Sistem ile Tesisat (Mutfak, Banyo-Wc, Isıtma-

Havalandırma) İlişkisine İlişkin Veriler

İncelenen örneklerde; kablolu veya borulu tesisat servisleri, yatayda taşıyıcı dikmelerde açılan deliklerden veya döşeme kirişlerinde açılan deliklerden geçirilmesi ile, düşeyde ise taşıyıcı dikme aralığından geçirilmesi ile çözülmüştür. Ayrıca döşeme kirişleri arasındaki mesafe kadar (40cm, 60cm, 90cm) hava bacası oluşturulması mümkündür. Taşıyıcı dikmeler arası servis paneli olarak kullanılabilir. Örnek 13 ve 14’ te ıslak mekanlarda (mutfak, banyo, wc) iki kat OSB arasına su yalıtımı yapılarak, en üste seramik kaplanmaktadır.

Genel olarak, sistemin en büyük rahatlığı tesisat çözümlerinde görülmektedir. Taşıyıcı duvar dikmelerinde ve döşeme kirişlerinde bırakılan tesisat delikleri, tesisatın yerleştirilmesine ilişkin önemli bir esneklik sağlamaktadır. Yatay ve düşeyde tesisatın yerleştirilmesi ve bakım – onarımı oldukça kolay bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

3.6.9. Özel Durumlar (Balkonlar, teraslar, merdivenler)

Konsol oluşumu NASFA’ ya göre 60 cm ile sınırlandırılmış olsa da, örnek 13, 14, ve 15’ te 150 cm’ lik konsol uygulaması görülmektedir. Hafif çelik taşıyıcılı döşemenin üzeri eğimli çatı yapılmadan, üzerinde gezilen teras çatı olarak çözülebilir. Örnek 1’

de olduğu gibi teras üzerinde üst balkon veya çatı sundurması, taşıyıcı dikmeler üzerine oturtulabilir . NASFA, döşeme kirişine dik doğrultuda en fazla 200 cm ile döşemelerde boşluk bırakılmasını sınırlandırmıştır. Merdiven boyutu da buna bağlı kalmaktadır. Merdiven çözümlerinde örnek 13,14 ve 15’ te edinilen bilgilere göre genellikle mimari projeye bağlı kalınmakta, merdiven basamakları merdivenin kendi taşıyıcı dikmeleri üzerine oturmaktadır. Örnek 15’ te merdiven için döşemede boşluk bırakılması için alternatifler ortaya konmuştur (Şekil C9, C 10, C 11.)

Genel olarak, tasarıma ilişkin kısıtlamalar bu noktalarda çıkmaktadır. Konsol, saçak ve döşemede bırakılan delik boyutlarında sınırlamalar getirilmekte, boyutsal sınırlamalara uyulmadığı takdirde, taşıyıcı sistemde özel çözümlere gidilmektedir.

3.6.10. Taşıyıcı Sistemin Stabilesi ile İlgili Veriler

Taşıyıcı dikmelerin her iki tarafına tespitli panel levhalar (OSB, alçıpan), dikme aralıklarına tespit edilen boyunduruklar, sistemin yatay kuvvetlere karşı rijitliğini artırmaktadır. Ayrıca döşeme kirişinde yapılan çapraz bağlama, kuşaklama ve boyunduruklar döşeme kirişlerindeki burkulmaları önlemektedir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yapılan araştırmalardan ve örnek analizlerinden sonra, hafif çelik taşıyıcılı endüstrileşmiş konutlarda tasarım verileri elde edilmiştir. Yurt dışından ülkemize gelen bu yeni teknolojinin transferinde sadece taşıyıcı sistem transferi yapılmamış, çoğu zaman, konut mimarileri de paket projeler halinde getirilmiştir. Bu yeni teknolojiyi kullanan yerli firmalar, kendi kapalı sistemlerini oluşturmuşlardır. Ancak büyük oranda bu kapalı sistemler birbirlerine benzemektedirler. Paket projeler halinde sunulan ürünlerin mimari nitelikleri incelendiğinde, mimari tasarıma açık, geliştirilebilir olduğu görülmektedir.

Mimari tasarıma ilişkin çalışmalar dışında, bu teknolojinin ülkemizde yaygınlaştırılması ve yapı sektörü içindeki kullanım oranının artırılmasının ülke ekonomisine de katkılar sağlayacağı bir gerçektir. Yapı sektöründe ekonomik kazanç sökülüp aynı ile tekrar kullanmak veya dönüştürülüp tekrar kullanmak şeklinde olabilir. Hafif profiller eritilip tekrar başka bir imalatda kullanılabilirler. Her tür çelik söküldükten sonra yüzde yüz geri kazanılabilir ve tekrar kullanılabilir. Günümüzde kullanılan çeliğin yüzde 50'si dönüştürülmüş malzeme, yüzde 50'si cevherdir. Yapılan çalışmalar geriye kazanılabilen plastik, alüminyum, kağıt, cam gibi malzemelerden çeliğin yüzde 55.1 ile en fazla oranda geriye kazanıldığını göstermiştir.

Üretimde kullandığı enerji ve bu sırada meydana çıkan katı ve gaz atıklar göz ardı edilirse, tekrar kullanma oranı göz önünde tutulduğunda çelik diğer yapı malzemelerine göre ekolojik açıdan anlamlı görülmektedir.

Yerli üretimde yapı fiziği, yapı biyolojisi, tesisat döşenmesi ve korozyon gibi konularda bilgilenmeden işe başlanmamalıdır. Hafif çelik taşıyıcılı konut sistemleri üzerinde daha çok konuşulması ve yazılması kullanıcının, uygulayıcının ve onaylayan makamların (sigorta, resmi kurumlar...) doğru karar vermeleri için gereklidir.

Tez çalışmasında, yapılan analizler sonucunda hafif çelik taşıyıcılı konut sistemlerinde tasarım verileri;

- Tasarlanan konut yapısının plan geometrisi
- Taşıyıcı sistem bileşenleri ile temel ilişkisi
- Taşıyıcı sistem ile kabuk ve dış cephe ilişkisi
- Taşıyıcı sistem ile çatı ilişkisi
- Taşıyıcı sistem ile döşeme ilişkisi
- Taşıyıcı sistem ile bölücü bileşenlerin ilişkisi
- Taşıyıcı sistem ile tesisat ilişkisi (mutfak, banyo-wc, ısıtma-havalandırma)
- Özel durumlar (balkonlar, teraslar, merdivenler.)
- Taşıyıcı sistemin stabilitesi

sistematigi içinde ortaya çıkmıştır.

Çıkan sonuçların;

- Bir bölümü, mimari sistem detayı ölçeğinde tipleşmeleri
- Bir bölümü, boyutsal sınır değerlerini (saçaklar, konsollar, yükseklikler, açıklıklar, vb.)
- Bir bölümü de, özel durumları yansıtmaktadır.

Elde edilen veriler ışığında, dik açılı, az girintili, net geometrik formların tercih edildiği, betonarme radye temel üzerine sistemin kurulduğu görülmektedir.

Yapıma ilişkin verilerin tasarım öncesinde edinilmesinin önemi bu çalışmayla ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] **Marulyalı, Yaşar**, 2001. Çelik ve mimari, *Türk Yapısal Çelik Derneği* , İstanbul
- [2] **Bahadır, Ş.S.**, 1997. Büyük açıklıklı yapılarda taşıyıcı sistemler, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] **Yardımcı, N.**, 2002. Yapı çeliğinin özellikleri ve kullanılma alanları, Kişisel Görüşme, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [4] **Işık, Bilge**, 2001. Çelik hafif taşıyıcı sistemlerin konut yapımında kullanılması, *Türk Yapısal Çelik Derneği* , İstanbul
- [5] **Yücel, Gül**, 1988. Prefabrike beton taşıyıcı sistemlerde birleşim noktalarının deprem etkisine göre analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] **Ersoy, Uğur, Ahmet**, 1986. Binaların deprem dayanımında mimarinin önemi, *Yapı dergisi*, **68**, 25
- [7] **Arda, T. Seno**, 2001. Deprem bölgelerinde çelik iskeletli binalar, *Türk Yapısal Çelik Derneği* , İstanbul
- [8] **Özdil, Selçuk**, 2001. Deprem, çelik yapılar ve mimarlık, *Türk Yapısal Çelik Derneği* , İstanbul
- [9] [http:// www.tucsa.org](http://www.tucsa.org), Türk Yapısal Çelik Derneği
- [10] **Arda, T. S.**, 1987. Çelik yapılarda yangın ve yangın mukavemeti, *III. Çelik yapılar seminer notları*, İTÜ Vakfı, İstanbul, 30 Kasım – 5 Aralık
- [11] **Öner, Z. İrfan**, 2001. Çelik yapıların yangına karşı korunması, *Türk Yapısal Çelik Derneği* , İstanbul
- [12] **Gürbüz, J.**, 2002. Çelik taşıyıcı sistemlerin yangına karşı korunmasında tarihsel süreç ve koruma ilkeleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [13] **Arun, Görün**, 2001. Çelik İskelet yapıların mimari tasarımı, *Türk Yapısal Çelik Derneği* , İstanbul
- [14] **Özgen,A. ve Aşkar, G.**, 1983. Çelik karkas yapılar, *I. Çelik yapılar seminer notları*, İTÜ Vakfı, İstanbul, 26 Eylül – 1 Ekim
- [15] **Smith, R. J.**, 1996. Innovations in Steel, Residential Construction around the World, International Iron and Steel Institute, Belgium.
- [16] http:// www.steelframingalliance.com North American Steel Framing Alliance (NASFA)
- [17] **Işık, Bilge**, 2001. Hafif çelik yapıların geleneksel ahşap yapılar ile benzerlikleri, *Türk Yapısal Çelik Derneği* , İstanbul
- [18] **Hasol, Doğan**, 1993. Ansiklopedik mimarlık sözlüğü, *Yapı Endüstri Merkezi*, İstanbul.
- [9] **Çakır, Suat**, 2000. Geleneksel Karadeniz ahşap konut yapım yönteminin çağdaş teknoloji açısından değerlendirilmesi, *Doktora Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Semih Göksel Yıldırım 1975 yılında Ordu’ da doğdu. Ordu Anadolu Lisesi’nden mezun olduktan sonra 1993 yılında Anadolu Üniversitesi Mimarlık Bölümünü kazandı. 1999 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilimdalı Bina Bilgisi Programı’ nda yüksek lisans eğitimine başladı. Yavuz Selim Sepin Mimarlık bürosunda 1998-2001 yılları arasında çeşitli mimari proje yarışmaları ve uygulama projeleri üzerinde çalıştı. Halen Hat Mimarlık LTD. bünyesinde çalışmaktadır. Katıldığı yarışmalar;

- Archiprix Mimarlık Bölümü Diploma Projeleri Yarışması
- Çevre Bakanlığı Hizmet Binası Mimari Proje Yarışması (5.Mansiyon)
- Kadıköy – Harem Sahili Kentsel Tasarım Yarışması
- İstanbul B.şehir Belediyesi Hizmet Binası Mimari Proje Yarışması (Cem Bal ile)