

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AHŞAP PLATFORM ÇERÇEVE YAPILARIN  
YATAY KUVVETLER KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARI  
VE  
ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER**

**DİANA SERLİ OHANESYAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
YRD. DÇ. DR. ERKAN AVLAR**

**İSTANBUL, 2012**

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AHŞAP PLATFORM ÇERÇEVE YAPILARIN  
YATAY KUVVETLER KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARI  
VE  
ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

Diana Serli OHANESYAN tarafından hazırlanan tez çalışması 09/08/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

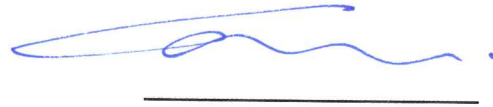
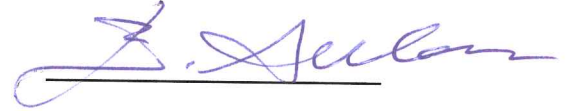
Yrd. Doç. Dr. Erkan AVLAR  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Yrd. Doç. Dr. Erkan AVLAR  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Zafer AKDEMİR  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Cem ALTUN  
İstanbul Teknik Üniversitesi



## ÖNSÖZ

---

Bu çalışmanın başlangıcından bitişine kadar geçen süre içerisinde benden fikir, yöntem ve düşünceleriyle desteğini esirgemeyen değerli hocam, Yrd. Doç. Dr. Erkan AVLAR'a, yalnızca tezin oluşturulması aşamasında değil tüm hayatım boyunca yanımda olan sevgili aileme, tezimin içeriği ve çeviri kısmında farklı bir göz olup beni uyararak, eleştiren, fikir ve düşünceleriyle katkı sağlayan, bütün hayatım boyunca da yanımda olacak Umut'uma teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tezin doğaya, insanlığa, ilgililere ve akademik hayata faydalı olması dileğiyle.

Ağustos, 2012

Diana Serli OHANESYAN

## İÇİNDEKİLER

---

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xiii
ÖZET .....	xv
ABSTRACT.....	xvii
<b>BÖLÜM 1</b>	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti .....	1
1.2 Tezin Amacı .....	2
1.3 Hipotez .....	2
<b>BÖLÜM 2</b>	
AHŞAP YAPILAR VE ÜRETİM SİSTEMLERİ .....	4
2.1 Ahşap Yapıların Tarihçesi .....	4
2.2 Ahşap Yapıların Özellikleri .....	6
2.2.1 Ahşap Yapıların Olumlu Özellikleri .....	7
2.2.2 Ahşap Yapıların Olumsuz Özellikleri.....	9
2.3 Ahşap Yapıların Dünya'daki ve Türkiye'deki Durumu.....	11
2.4 Ahşap Yapıların Yönetmelikler ve Standartlardaki Yeri .....	12
2.4.1 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te Ahşap Yapılar.....	13
2.4.2 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte Ahşap Yapılar.....	15
2.4.3 İstanbul İmar Yönetmeliği'nde Ahşap Yapılar.....	15
2.4.4 Genel Teknik Şartname'de Ahşap Yapılar .....	16
2.4.5 Türk Standartlar Enstitüsü Tarafından Yayımlanan Standartlar'da Ahşap Yapılar.....	17
2.5 Ahşap Yapı Üretim Sistemleri .....	18
2.5.1 Ahşap Yiğma Sistem .....	20
2.5.1.1 Yiğma Sistem Yapım Yöntemleri .....	22

2.5.1.2	Ahşap Kütük Yapıdaki Sistem Elemanları .....	25
2.5.2	Ahşap Panel Sistem .....	31
2.5.2.1	Prefabrike Ahşap Panel Elemanlar .....	32
2.5.2.2	Ahşap Panel Yapıdaki Sistem Elemanları .....	36
2.5.3	Ahşap Çerçeve Sistemler .....	39
2.5.3.1	Kolon ve Kiriş Çerçeve Sistemler .....	39
2.5.3.2	Kaburga Çerçeve Sistemler .....	49

## BÖLÜM 3

YAPILARA ETKİ EDEN YATAY KUVVETLER.....	65
3.1 Yapılara Etki Eden Yükler .....	65
3.1.1 Düşey Yükler .....	67
3.1.1.1 Statik Yükler .....	67
3.1.1.2 Dinamik Yükler .....	68
3.1.2 Yatay Yükler .....	69
3.2 Deprem ve Deprem Kuvvetlerinin Yapılara Etkisi .....	70
3.2.1 Deprem Olgusu.....	70
3.2.2 Deprem Etkileri .....	73
3.2.3 Deprem Yapılar Üzerindeki Etkilerini Belirleyen Etkenler.....	75
3.2.3.1 Deprem (Yersarsıntısının) Özellikleri.....	75
3.2.3.2 Zeminin Özellikleri.....	79
3.2.3.3 Yapının Özellikleri.....	80
3.2.3.4 Zemin ile Yapı Etkileşimi.....	82
3.2.4 Deprem Kuvvetlerinin Yapılara Etkisi .....	83
3.3 Rüzgâr ve Rüzgâr Kuvvetlerinin Yapılara Etkisi .....	88
3.3.1 Rüzgâr Olgusu .....	88
3.3.2 Rüzgârın Etkileri .....	90
3.3.3 Rüzgârın Yapılar Üzerindeki Etkilerini Belirleyen Etkenler .....	91
3.3.3.1 Rüzgârın Özellikleri .....	91
3.3.3.2 Yapının Özellikleri.....	92
3.3.3.3 Çevrenin Özellikleri .....	94
3.3.4 Rüzgâr Kuvvetlerinin Yapılara Etkisi .....	95

## BÖLÜM 4

AHŞAP YAPILARIN YATAY KUVVETLER KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARI.....	101
4.1 Deprem Kuvvetlerinin Ahşap Yapılara Etki Biçimi .....	101
4.1.1 Ahşap Yapıların Deprem Kuvvetleri Karşısındaki Davranışları .....	104
4.1.2 Ahşap Yapılarda Meydana Gelen Deprem Hasarları.....	108
4.2 Rüzgâr Kuvvetlerinin Ahşap Yapılara Etki Biçimi.....	121
4.2.1 Ahşap Yapıların Rüzgâr Kuvvetleri Karşısındaki Davranışları .....	123
4.2.2 Ahşap Yapılarda Meydana Gelen Rüzgâr Hasarları.....	127

## BÖLÜM 5

AHŞAP PLATFORM ÇERÇEVE YAPILARDA YATAY KUVVET ETKİLERİNE KARŞI ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER .....	144
5.1 Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Kullanılan Ağaç Ürünler ve Birleştirme Elemanları.....	144
5.1.1 Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Kullanılan Ağaç Ürünler.....	144
5.1.1.1 Keresteler .....	144
5.1.1.2 Ahşap Levha Ürünleri .....	146
5.1.2 Ahşap Platform Çerçeve Yapılara Kullanılan Birleştirme Elemanları ..	149
5.1.2.1 Çiviler.....	149
5.1.2.2 Vidalar .....	152
5.1.2.3 Bulonlar ve Pim Kamalar .....	155
5.1.2.4 Kamalar .....	157
5.1.2.5 Metal Plakalar .....	158
5.1.2.6 Tutkallar .....	160
5.2 Yatay Kuvvetler Etkisindeki Ahşap Platform Çerçeve Yapı .....	161
5.2.1 Deprem Kuvveti Etkisindeki Ahşap Platform Çerçeve Yapı.....	161
5.2.2 Rüzgâr Kuvveti Etkisindeki Ahşap Platform Çerçeve Yapı.....	163
5.3 Yatay Kuvvet Etkilerine Karşı Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Alınacak Önlemler .....	164
5.3.1 Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Temellerinde Alınacak Önlemler ..	168
5.3.2 Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Döşemelerinde Alınacak Önlemler.....	173
5.3.3 Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Duvarlarında Alınacak Önlemler ..	187
5.3.4 Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Çatılarında Alınacak Önlemler.....	209
5.4 Yatay Kuvvetlerin Ahşap Platform Çerçeve Yapılar Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi.....	225

## BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER .....	227
KAYNAKLAR .....	231
EK - 1	
DEPREM- ŞİDDET ETKİ TABLOLARI .....	236
EK - 2	
ÇİVİLEME KISTASLARI .....	239
EK - 3	
APA PANELLERİ .....	240
ÖZGEÇMİŞ .....	244

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Norveç’de bulunan en eski ahşap kilise ..... 5
Şekil 2.2	Ahşap yığma sistem örneği ..... 21
Şekil 2.3	Yapım yöntemi kuruluş prensipleri ..... 22
Şekil 2.4	Dikmeli yapım yöntemi uygulanmış konut ..... 22
Şekil 2.5	Dikmeli yapım yöntemleri uygulama detayları ..... 23
Şekil 2.6	Dikmeli yapım yöntem uygulama detayları ..... 24
Şekil 2.7	Geçmeli yapım yöntemi ..... 25
Şekil 2.8	Ahşap yığma yapılarda uygulanan temel sistemleri ..... 26
Şekil 2.9	Zemin kat döşemesi ..... 26
Şekil 2.10	Kütük yığma konut ..... 28
Şekil 2.11	Kütük yığma duvar ayrıntıları ..... 28
Şekil 2.12	Blok yığma konut ..... 29
Şekil 2.13	Blok yığma duvar ayrıntıları ..... 29
Şekil 2.14	Kütük yığma çatı örneği ..... 30
Şekil 2.15	Kütük makas çatı örneği ..... 31
Şekil 2.16	Ahşap panel sistem uygulama aşamaları ..... 32
Şekil 2.17	Küçük taşıyıcı paneller ..... 33
Şekil 2.18	Geniş taşıyıcı paneller ..... 34
Şekil 2.19	Oda üniteleri ..... 34
Şekil 2.20	Taşıyıcı olmayan küçük ve geniş paneller ..... 35
Şekil 2.21	Sürekli veya tekil temelde döşeme sistemi ..... 36
Şekil 2.22	Ahşap duvar paneli ..... 38
Şekil 2.23	Kolon ve kiriş çerçeve sistem ..... 40
Şekil 2.24	Ahşap kolonlar ..... 41
Şekil 2.25	Ahşap döşeme tabliyeleri ..... 42
Şekil 2.26	Kolon üstü kiriş çerçeve (Tek katlı) ..... 43
Şekil 2.27	Kolon üstü kiriş çerçeve (Çift katlı) ..... 45
Şekil 2.28	Düğüm kiriş çerçeve sistem ..... 45
Şekil 2.29	Çift kiriş çerçeve sistem ..... 47
Şekil 2.30	Ayrık kolon çerçeve sistem ..... 48
Şekil 2.31	Ahşap kiriş türleri ..... 50
Şekil 2.32	Ahşap makaslar ..... 51
Şekil 2.33	Döşeme stabilitesi ..... 52
Şekil 2.34	Kuşaklama uygulamaları ..... 52

Şekil 2.35	Döşeme kirişlerinin delinmesi.....	53
Şekil 2.36	Duvar dikmelerinin delinmesi .....	54
Şekil 2.37	Balon ve platform çerçeve sistem .....	55
Şekil 2.38	Balon çerçeve sistem .....	56
Şekil 2.39	Balon çerçeve sistem kesiti ve kuruluşu .....	57
Şekil 2.40	Platform çerçeve sistem .....	59
Şekil 2.41	Platform çerçeve sistem kuruluş aşamaları .....	60
Şekil 2.42	Platform çerçeve sistem kesiti ve kuruluşu .....	61
Şekil 2.43	Döşeme sistemindeki boşluk uygulamaları .....	62
Şekil 2.44	Zemin kat döşemesinin temel yastığı üzerine montajı.....	62
Şekil 2.45	Birinci kat döşemesinin montajı .....	63
Şekil 3.1	Düşey yüklerin aktarımı .....	67
Şekil 3.2	Yatay yüklerin aktarımı .....	69
Şekil 3.3	“Elastik Rebound” kuramı ışığında esnek bir yer bloğunun tektonik kuvvetler altında kırılma (faylanması) aşamaları.....	72
Şekil 3.4	Fayların kırılma özelliklerine göre sınıflandırılması.....	73
Şekil 3.5	Deprem oluşturduğu yüzey kırıkları.....	74
Şekil 3.6	Sismik enerjinin yer içinde yayılması ve eş-şiddet haritası .....	76
Şekil 3.7	Cisim dalgaları .....	77
Şekil 3.8	Yüzey dalgaları .....	78
Şekil 3.9	Periyot-Zaman grafiği.....	78
Şekil 3.10	Tasarım öğeleri .....	80
Şekil 3.11	Yatay yük etkisi .....	85
Şekil 3.12	Yapı ağırlığının deprem kuvvetine etkisi.....	85
Şekil 3.13	Yapıda görülen deplasman .....	86
Şekil 3.14	Yapılarda oluşan basınç kuvvetleri .....	92
Şekil 3.15	Yapıların hakim rüzgâr yönüne doğru konumlandırılması.....	92
Şekil 3.16	Giriş/çıkış açıklık alanlarına göre basınç değişimleri.....	93
Şekil 3.17	Çatı eğimi- basınç değişimi .....	94
Şekil 3.18	Yüzey pürüzlülüğünün rüzgâr hızına etkisi .....	95
Şekil 3.19	Yüzeğe etki eden rüzgâr kuvvetleri.....	96
Şekil 3.20	Yapı cephelerinde Cp katsayıları .....	97
Şekil 3.21	Yapının plan ve kesitinde oluşan kuvvetler .....	97
Şekil 3.22	Yapılarda pozitif basınç etkisi.....	97
Şekil 3.23	Aerodinamik yapı formunun etkisi .....	98
Şekil 3.24	Yapılarda negatif basınç etkisi .....	98
Şekil 3.25	Yapılarda sallama etkisi.....	99
Şekil 3.26	Yapılarda titreşim etkisi .....	99
Şekil 3.27	Yapılarda temizleme etkisi.....	100
Şekil 3.28	Yapılarda kapaklanma etkisi .....	100
Şekil 4.1	Kobe depremi sonrası ahşap yapılarda görülen hasarlar .....	101
Şekil 4.2	Northridge depremi sonrası ahşap yapılarda görülen hasarlar .....	102
Şekil 4.3	Loma Pritea depremi sonrası ahşap yapılarda görülen hasarlar .....	103
Şekil 4.4	“Adapazarı” depremini hasarsız veya hafif hasarla atlatan ahşap yapılar .....	103
Şekil 4.5	Ahşap yapılarda oluşan deprem kuvvet tepkileri .....	105
Şekil 4.6	Ahşap yapılarda oluşan makaslama etkisi .....	105
Şekil 4.7	Yükseltilmiş döşemede görülen kayma etkisi .....	106



Şekil 4.8	Ahşap yapının bir bütün halinde yükseltilmiş zemin üzerinden kayması .	106
Şekil 4.9	Ahşap yapılarda oluşan devrilme etkisi .....	107
Şekil 4.10	Kanto depreminden sonra çıkan yangınlar .....	108
Şekil 4.11	Kobe depreminden sonra çıkan yangınlar .....	109
Şekil 4.12	Gediz depreminden sonra çıkan yangınlar .....	109
Şekil 4.13	Depreminden neden olduğu toprak kaymaları .....	110
Şekil 4.14	Fay kırığına bağlı olarak ahşap yapıda oluşan hasar .....	110
Şekil 4.15	Sivilaşma nedeniyle ahşap yapı temelinde oturma .....	111
Şekil 4.16	Deprem kuvvetlerinin ahşap yapılara etkisi .....	112
Şekil 4.17	Ahşap yapının temelden ayrılarak devrilmesi.....	113
Şekil 4.18	Ahşap yapılarda görülen yanal ötelenmeler.....	114
Şekil 4.19	Ahşap yapılarda görülen devrilmeler.....	114
Şekil 4.20	Zemin ve birinci katı yıkılan ahşap yapı .....	114
Şekil 4.21	Ahşap yapılarda görülen yumuşak kat etkisi .....	115
Şekil 4.22	Ahşap yapılarda görülen yumuşak kat etkisi .....	115
Şekil 4.23	Zemin katın yıkılması sonucunda, birinci katın oturması .....	116
Şekil 4.24	Zemin kat duvarında görülen kesme çatlağı.....	116
Şekil 4.25	Cumbası yıkılmış ahşap yapı .....	116
Şekil 4.26	Balkonu yıkılmış ahşap yapı .....	117
Şekil 4.27	Balkon saçağında hasar oluşmuş ahşap yapı .....	117
Şekil 4.28	Konsol elemanlarında görülen eğilmeler .....	117
Şekil 4.29	Duvarlarda görülen dolgu dökülmesi .....	118
Şekil 4.30	Ahşap yapının çatısında görülen hasar .....	118
Şekil 4.31	Ahşap yapının bacasının yıkılması.....	119
Şekil 4.32	Rutubet nedeniyle ahşap malzemenin bozulması.....	120
Şekil 4.33	Ahşabın niteliğini kaybetmesi nedeniyle bağlantı noktalarının zayıflaması .....	120
Şekil 4.34	Taşıyıcı sistemde görülen hasarlar .....	121
Şekil 4.35	Hugo kasırgası'nın sahildeki yapılara etkisi.....	122
Şekil 4.36	Andrew kasırgası'nın ahşap yapılara etkisi .....	123
Şekil 4.37	Katrina kasırgası'nın ahşap yapılara etkisi .....	123
Şekil 4.38	Ahşap yapılarda oluşan rüzgâr kuvvet tepkileri.....	124
Şekil 4.39	Ahşap yapılarda oluşan kaldırma etkisi .....	125
Şekil 4.40	Ahşap yapılarda oluşan makaslama etkisi .....	125
Şekil 4.41	Ahşap yapılarda oluşan kayma etkisi .....	126
Şekil 4.42	Ahşap yapıların bir bütün halinde devrilmesi .....	126
Şekil 4.43	Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılara etkisi.....	127
Şekil 4.44	Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılara etkisi.....	127
Şekil 4.45	Ahşap yapının temel üzerinde kayması .....	128
Şekil 4.46	Ahşap yapının temelden ayrılması.....	129
Şekil 4.47	Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapıyı parçalaması .....	129
Şekil 4.48	Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapıyı uçurması.....	129
Şekil 4.49	Duvar – zemin bağlantısı ve yıkımı.....	130
Şekil 4.50	Duvar – zemin bağlantısı ve yıkımı.....	130
Şekil 4.51	Duvar yıkımının yapıda oluşturduğu hasar .....	130
Şekil 4.52	Ahşap yapıda oluşan yıkım.....	131
Şekil 4.53	Ahşap yapının zemin katında oluşan yıkım.....	131

Şekil 4.54	Duvar katmalarında oluşan hasar .....	131
Şekil 4.55	Cephelerde oluşan malzeme kayıpları .....	132
Şekil 4.56	Cephelerde oluşan malzeme kayıpları .....	132
Şekil 4.57	Cephelerde oluşan malzeme kayıpları .....	132
Şekil 4.58	Köşelerde oluşan malzeme kayıpları .....	133
Şekil 4.59	Islanan cephe kaplamaları .....	133
Şekil 4.60	Pencere kasalarında deformasyon .....	134
Şekil 4.61	Camları kırılan yapı .....	134
Şekil 4.62	Garajda oluşan basınç etkisinin neden olduğu yıkımlar .....	135
Şekil 4.63	Garajda oluşan basınç etkisinin duvarları yıkması .....	135
Şekil 4.64	Garaj kapısında görülen eğilme .....	135
Şekil 4.65	Çatının bir kısmının uçması .....	136
Şekil 4.66	Çatıda oluşan hasarlar .....	136
Şekil 4.67	Çatı makaslarının uçması .....	136
Şekil 4.68	Çatı makaslarındaki bağlantı .....	137
Şekil 4.69	Çatı kaplamalarında oluşan hasarlar .....	137
Şekil 4.70	Çatı kaplamalarında oluşan hasarlar .....	137
Şekil 4.71	Köşelerde oluşan kayıplar .....	138
Şekil 4.72	Kalkan duvarlarında görülen hasarlar .....	138
Şekil 4.73	Kalkan duvarlarında görülen hasarlar .....	139
Şekil 4.74	Kalkan duvarının yıkılmasının yapıya olan etkisi .....	139
Şekil 4.75	Kalkan duvarının yıkılması .....	139
Şekil 4.76	Kalkan duvarlarının yüzey alanı .....	140
Şekil 4.77	Dik çatı uygulaması .....	140
Şekil 4.78	Dik çatı uygulaması .....	140
Şekil 4.79	Sundurmalarda görülen hasarlar .....	141
Şekil 4.80	Sundurmalarda görülen hasarlar .....	141
Şekil 4.81	Doğru bağlantı uygulaması .....	142
Şekil 4.82	Yanlış bağlantı uygulaması .....	142
Şekil 4.83	Dayanımlı ahşap yapı .....	143
Şekil 4.84	Su baskınlarının ahşap yapılara etkisi .....	143
Şekil 5.1	Tomruktan kereste üretimi .....	145
Şekil 5.2	Kereste biçme şekilleri .....	145
Şekil 5.3	Ahşap panel ürünler .....	147
Şekil 5.4	Kontrplak levha kalınlıkları .....	147
Şekil 5.5	Ahşap platform çerçeve yapılarda kullanılan çiviler .....	150
Şekil 5.6	Ahşap platform çerçeve yapılarda kullanılan çivi boyutları .....	150
Şekil 5.7	Çivili birleşimler .....	151
Şekil 5.8	Çivilerin yerleştirilmesi .....	152
Şekil 5.9	Vida çeşitleri .....	153
Şekil 5.10	Ahşap platform çerçeve yapılarda sıklıkla kullanılan çivi, vida ve boyutları .....	153
Şekil 5.11	Vidaların yerleştirilmesi .....	154
Şekil 5.12	Ağaç vidaları aralıkları ve alt sınır değerleri .....	154
Şekil 5.13	Ahşap platform çerçeve yapılarda kullanılan bulonlar ve pim kamalar ...	155
Şekil 5.14	Ahşap platform çerçeve yapılarda bulonlu ve pim kamalı birleşim uygulamaları .....	156

Şekil 5.15	Bulon ve pim kamalı birleşimlerde minimum aralıklar .....	156
Şekil 5.16	Dikdörtgen prizma kama uygulaması .....	157
Şekil 5.17	Özel biçimli kama uygulamaları .....	158
Şekil 5.18	Dişli (çivili) plaklar .....	159
Şekil 5.19	Delikli plakalar .....	159
Şekil 5.20	Plaka Kamalar .....	160
Şekil 5.21	Yatay kuvvetlere dayanıklı ahşap yapıda dikkat edilmesi gerekenler .....	165
Şekil 5.22	Ahşap yapılarda yatay kuvvet etkilerine karşı dayanımın sağlanması.....	166
Şekil 5.23	Yük aktarımının sağlanması .....	167
Şekil 5.24	Çelik levha ile yatay ankrajlama .....	169
Şekil 5.25	Temel plakaları ile yatay ankrajlama .....	169
Şekil 5.26	Taban kirişi ve temel duvarı arasındaki düşey ankrajlama .....	170
Şekil 5.27	Taban kirişinde bulon yerinin belirlenmesi.....	170
Şekil 5.28	Taban kirişinde kullanılan metal kayışlar .....	171
Şekil 5.29	Taban kirişinde metal kancaların kullanılması .....	171
Şekil 5.30	Beton zemin-dikme bağlantıları.....	172
Şekil 5.31	Döşeme kirişi-alın kirişi bağlantısı (kiriş askısı) .....	174
Şekil 5.32	Döşemede boşluk oluşturulması.....	175
Şekil 5.33	Döşemede çıkma uygulamaları.....	175
Şekil 5.34	Destek kirişinin döşeme kirişine sabitlenmesi .....	176
Şekil 5.35	Çift kirişin birbirine sabitlenmesi .....	176
Şekil 5.36	Döşeme kirişlerinin orta kirişle desteklenmesi .....	176
Şekil 5.37	Döşeme kirişlerinin orta kirişe asılması .....	177
Şekil 5.39	Döşeme çerçevesinin taban kirişine sabitlenmesi.....	178
Şekil 5.40	Döşeme panellerinin yerleştirilmesi ve sabitlenmesi .....	180
Şekil 5.41	Alt döşeme kaplama uygulaması .....	182
Şekil 5.42	Üst döşeme kaplama uygulaması .....	182
Şekil 5.43	Birleştirilmiş döşeme kaplama uygulaması.....	183
Şekil 5.44	Sabitlenmiş ve sabitlenmemiş diyafram .....	184
Şekil 5.45	Döşeme tahtalarıyla geçilebilecek açıklıklar .....	186
Şekil 5.46	Duvar çerçevesini oluşturan elemanlar .....	187
Şekil 5.47	Farklı hatıl uygulamaları.....	188
Şekil 5.48	Hatıl-üst taban bağlantısı .....	189
Şekil 5.49	Hatıl ve denizlik kirişlerinin desteklenmesi.....	189
Şekil 5.50	Dış duvar köşe detayları.....	190
Şekil 5.51	Dış duvar iç duvar kesişme noktaları detayları .....	190
Şekil 5.52	Dikmelerin, üst tabana bağlantısında kullanılan bağlantı ürünleri.....	191
Şekil 5.53	Dikmelerin, kirişe bağlantısında kullanılan bağlantı ürünleri .....	191
Şekil 5.54	Dikmelerin, alt tabana bağlantısında kullanılan bağlantı ürünleri.....	192
Şekil 5.55	Kısa duvarların oluşturulması.....	193
Şekil 5.56	Duvar dikmelerinin alın kirişine bağlanması .....	193
Şekil 5.57	Duvar dikmelerinin temele bağlanması .....	194
Şekil 5.58	Köşe duvar bağlantıları .....	194
Şekil 5.59	Duvar çerçevelerinin birbirine bağlanması .....	195
Şekil 5.60	Dış ve iç duvarların birbirine bağlanmasında kullanılan metal plaka .....	195
Şekil 5.61	Dış ve iç duvarların birbirine bağlanması.....	196
Şekil 5.62	Perde duvarların konumları .....	197

Şekil 5.63	Perde duvar en-boy oranı .....	197
Şekil 5.64	Perde duvarların oluşturulması .....	198
Şekil 5.65	Hazır ahşap perde duvarlar .....	198
Şekil 5.66	Payanda uygulaması .....	199
Şekil 5.67	Payanda uygulaması .....	200
Şekil 5.68	Çelik diyagonal elemanlar .....	200
Şekil 5.69	Alt kaplama üzerine siva uygulaması .....	204
Şekil 5.70	Yapısal kaplama üzerine panel uygulaması .....	204
Şekil 5.71	Dikmeler üzerine dikey veya yatay panel uygulaması .....	205
Şekil 5.72	Yapısal kaplama üzerine tahta kaplama uygulaması .....	205
Şekil 5.73	Dikmeler üzerine yatay tahta kaplama uygulaması.....	206
Şekil 5.74	Kontrplak fırtına kepenkleri .....	208
Şekil 5.75	Garaj kapılarında kuşaklama .....	208
Şekil 5.76	Çatı şekilleri .....	209
Şekil 5.77	Beşik çatı yapı elemanları .....	210
Şekil 5.78	Beşik çatının kuruluş aşamaları.....	211
Şekil 5.79	Çatı penceresinin oluşturulması .....	211
Şekil 5.80	Baca boşluğunun oluşturulması.....	212
Şekil 5.81	Mertek – mahya kirişi bağlantısı .....	212
Şekil 5.82	Mertek – mahya kirişi bağlantısı .....	213
Şekil 5.83	Merteklerin sabitlemesi.....	213
Şekil 5.84	Metal destek uygulamaları .....	213
Şekil 5.85	Kalkan duvarının oluşturulması .....	214
Şekil 5.86	Hazır ahşap makas tipleri ve açıklıkları .....	215
Şekil 5.87	Hazır çatı makaslarının uygulanması.....	215
Şekil 5.88	Hazır çatı makaslarında kuşaklama.....	216
Şekil 5.89	Kalkan duvarlarının desteklenmesi .....	216
Şekil 5.90	Saçakların tasarlanması.....	217
Şekil 5.92	Çatı merteklerinin dikmelere bağlantısı.....	219
Şekil 5.93	Çatı merteklerinin alın tahtasına bağlantısı .....	219
Şekil 5.94	Çatı kaplamalarının yerleştirilmesi.....	221
Şekil 5.95	Çatı kaplamalarının uygulanması .....	221
Şekil 5.96	Açık ve kapalı saçak uygulaması .....	222
Şekil 5.97	Çatı kaplamasında kullanılan ahşap kesitleri .....	222
Şekil 5.98	Çatı kaplamalarında kullanılan ahşaplar .....	223
Şekil 5.99	Çatıda ahşap kaplama uygulaması.....	223
Şekil 5.100	Çatı kaplama uygulamaları .....	224
Şekil 5.101	Metal çatı kaplama uygulaması .....	224

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Ahşap yapım sistemleri ..... 20
Çizelge 2.2	Döşeme kirişlerinin delinmesi ..... 53
Çizelge 3.1	Yapıya etki eden yükler ..... 66
Çizelge 3.2	Yapı yüksekliğine bağlı rüzgâr hızı ve emme katsayıları..... 96
Çizelge 5.1	Standart kereste boyutları ..... 146
Çizelge 5.2	Ahşap kalınlığı, çakma derinliği ve çivi güvenli taşıma kapasite değerleri ..... 151
Çizelge 5.3	Çivi aralıkları ..... 152
Çizelge 5.4	Ağaç vidası boyutları ..... 153
Çizelge 5.5	Vidaların yerleştirilmesi..... 154
Çizelge 5.6	Rondela boyutları ..... 155
Çizelge 5.7	Bulon ve pim kamalı birleşimlerde minimum aralıklar ..... 156
Çizelge 5.8	Bulonlu ve pim kamalı birleşimlerde güvenli taşıma kapasitesi ..... 157
Çizelge 5.9	Öngörülen yük değerleri, kiriş açıklıkları ve panel değerleri..... 179
Çizelge 5.10	Alt döşeme kaplama boyut, kalınlık ve açıklık değerleri..... 181
Çizelge 5.11	Alt döşeme kaplama uygulama kıstasları ..... 182
Çizelge 5.12	Üst döşeme kaplama uygulama kıstasları..... 183
Çizelge 5.13	Birleştirilmiş döşeme kaplama uygulama kıstasları ..... 184
Çizelge 5.14	Döşeme diyaframlarının oluşturulma kıstasları ..... 185
Çizelge 5.15	Ahşap tahta kaplama kıstasları ..... 186
Çizelge 5.16	Ahşap tahta kaplama kıstasları ..... 186
Çizelge 5.17	Dikme boyutları..... 188
Çizelge 5.18	Hatıl boyutları ..... 189
Çizelge 5.19	Perde duvar en-boy oranı ..... 197
Çizelge 5.20	APA- Alt kaplama panelleri ..... 201
Çizelge 5.21	Diyagonal ahşap kaplama kıstasları ..... 203
Çizelge 5.22	Alt kaplama üzerine sıva uygulama kıstasları ..... 204
Çizelge 5.23	Yapısal olan ve olmayan kaplama üzerine veya dikmeler üzerine panel uygulama kıstasları ..... 205
Çizelge 5.24	Yapısal olan ve olmayan kaplama üzerine veya dikmeler üzerine tahta kaplama uygulama kıstasları..... 206
Çizelge 5.25	Duvar diyaframlarının oluşturulma ölçütleri ..... 207
Çizelge 5.26	Mertek boyutları ve açıklıkları ..... 210
Çizelge 5.27	Kontrplak kaplama için önerilen yük değerleri ..... 220

Çizelge 5.28	Çatıda kontrplak uygulama ölçütleri.....	221
Çizelge 5.29	Yatay kuvvetlerin ahşap platform çerçeve yapılar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi .....	221

**AHŞAP PLATFORM ÇERÇEVE YAPILARIN  
YATAY KUVVETLER KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARI  
VE  
ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER**

Diana Serli OHANESYAN

Mimarlık Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Erkan AVLAR

Dünyada birçok ülke tarafından yaygın olarak kullanılan ahşap yapılar, Türkiye’de de çok uzun süre kullanılmıştır. Ancak ormanların azalması, nitelikli ağaç bulunamaması ve gelişen teknolojiye bağlı olarak yapı sektörüne daha nitelikli ve ucuz malzemelerin girmesiyle, Türkiye’deki ahşap yapılar yerini betonarme ve çelik yapılara bırakmıştır. 1999 yılında meydana gelen; birçok kişinin yaşamını yitirmesine ve ekonomik kayıplara neden olan yıkıcı depremler sonrasında, alternatif yapım sistemleri arayışına gidilmiştir. Bu arayış sonucunda, yatay kuvvet etkilerine karşı daha dayanıklı olan ahşap yapım sisteminin önemi anlaşılmış ve ahşap yapılara geri dönüş başlamıştır. Günümüzde, Türkiye’de ahşap konut üretimi yapan birçok firma kurulmuştur.

Yatay kuvvet etkilerine karşı dayanıklı olarak kabul edilen ahşap yapıların, deprem ve rüzgâr kuvvetleri karşısındaki davranışları, yapıda oluşabilecek hasarlar ve bu hasarların oluşmaması için alınabilecek önlemler kapsamlı olarak bilinmemektedir. Bu çalışma ile sağlıklı ahşap yapı üretmek için; tasarım, uygulama ve denetim aşamalarında, uyulması gereken kuralları belirleyen bir kaynak oluşturmak amaçlanmaktadır.

Bu doğrultuda yapılan çalışmanın giriş bölümünde, konuya hazırlayıcı bilgiler verilerek çalışmanın amacına ve önemine değinilmiştir. İkinci bölümünde, ahşap yapılarla ilgili yürürlükte olan yönetmeliklere değinilmiş ve ahşap yapım sistemleri açıklanmıştır. nc bölümde, yapılarla etki eden deprem ve rüzgâr kuvvetlerine değinilmiş, sonrasında ahşap yapıların deprem ve rüzgâr kuvvetleri karşısındaki davranışları ve ahşap platform ereve yapılar da oluşan hasarlardan bahsedilmiştir. Beşinci bölümde, ahşap platform ereve yapılar da kullanılan ağaç ürünlerine ve birleştirme elemanlarına değinilmiştir. Bölümün devamında ise, ahşap platform ereve yapılar da, yatay kuvvet etkilerine bağlı olarak oluşan hasarların engellenebilmesi için alınması gereken önlemlerden ve uyulması gereken kurallardan bahsedilmiştir. Tezin son bölümünde ise, elde edilen veriler doğrultusunda sonucu varılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ahşap yapım sistemleri, Deprem ve rüzgâr kuvvetleri, Ahşap yapıların yatay kuvvet davranışı, Ahşap yapılar da oluşan deprem ve rüzgâr hasarları, Yatay kuvvet etkilerine dayanıklı ahşap yapı



**THE ATTITUDES OF TIMBER PLATFORM FRAME STRUCTURES  
AGAINST THE LATERAL FORCES  
AND  
PRECAUTIONS TO BE TAKEN**

Diana Serli OHANESYAN

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Erkan AVLAR

Wooden structures, which are commonly used in many countries around the world, have also been utilized in Turkey for many years. Deforestation, lack of fit trees, and the introduction of higher quality and inexpensive materials due to technological developments to the construction sector, are the reasons behind why wooden structures in Turkey have been replaced by reinforced concrete and steel structures. Following the destructive earthquake of 1999, which resulted in vast fatalities and immense economic losses, led to a search for alternative construction systems. The result first led to the confirmation of the importance of timber structures, which are more durable to the effects of lateral forces. It then progressed to the formation of companies producing said structures.

Timber structures are prevalently known to withstand lateral movements. However, their behavior to earthquakes and winds, and the resulting consequences are unknown. The aim of this study is to create generally accepted standards in design, application, and control.

Within this framework, the first chapter of this reading will introduce preliminary information, followed by the purpose and importance of the study. The second section of the study will provide insight to current standards applied to timber constructions and timber construction designs. The third section of the study will iterate the effect of winds and earthquakes on timber platform frame structures and their consequences. Within the fifth section of the study, details in regard to the standards that need to be applied to overcome the destructive effect of lateral movements will be mentioned. The last chapter will notate findings and suggestions.

**Key Words:** Timber structure system, Earthquake and wind forces, Lateral force behavior of timber structures, Earthquake and wind damage of timber structures, Timber structure resistant to effects of lateral force

---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE**

#### 1.1 Literatür Özeti

Ahşap; geri dönüşümlü, insan sağlığına zarar vermeyen ve çevre kirliliğine neden olmayan, doğal bir yapı malzemesidir. Fiziksel ve mekanik özelliklerinden dolayı üretim ve uygulama kolaylığı sağlayarak, çağdaş sistemlere kolayca adapte edilebilmektedir. Ahşabın doğadan kolay temin edilebilmesi, kolay işlenebilmesi, hafif, dayanıklı ve sağlıklı olması, yapıların taşıyıcı sistemlerinde kullanılmasında etkin rol oynamaktadır.

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanımı, gelişen ve değişen teknoloji ile doğru orantılı olarak artış göstererek, rasyonel kullanım seviyelerine ulaşmıştır. İlerleyen teknoloji ile ahşap, yapıların hemen her noktasında kullanılmaya başlanmıştır. A.B.D., Kanada, Japonya, İngiltere ve Finlandiya gibi aktif fay hatları üzerinde bulunan gelişmiş ülkelerde, teknolojinin verdiği olanaklardan da yararlanılarak, yeni detay ve teknikler geliştirilerek, ahşap yapı üretimine devam edilmektedir.

Türkiye’de 1999 yılında meydana gelen Kocaeli ve Düzce depremleri sonrasında ahşap yapılar tekrar gündeme gelmeye başlamıştır. Meydana gelen depremler ile bölgede bulunan birçok betonarme yapının yıkılarak can ve mal kayıplarına neden oldukları, ahşap yapıların ise yıkılmadıkları sadece zarar gördükleri, yıkılmaları durumunda da can kayıplarına neden olmadıkları gözlemlenmiştir.

Ahşap yapıların malzeme özelliklerinden dolayı hafif ve sünek olmaları, depremler sonucunda neden yıkılmadıklarını açıklamaktadır. Ahşap yapılar betonarme yapılara oranla çok daha hafif olduklarından, ahşap yapılarda oluşan yatay kuvvet etkileri daha az olmaktadır. Ayrıca depremler sonucunda oluşan enerji, ahşap tarafından sönümlenmektedir.

Gelişmiş ülkelerde, ahşap yapıların tasarımında uyulması gereken kuralları belirleyen birçok yönetmelik ve standart bulunmakta iken, Türkiye’de bu durum farklılık göstermektedir. Türkiye’de yürürlükte olan deprem yönetmeliğinde; betonarme, çelik ve yığma sistem kullanılarak üretilen yapılara detaylı olarak verilmekte, ahşap yapılar ise, göz ardı edilmektedir. Yürürlükte olan imar yönetmeliğinde ise, ahşap yapılar ile ilgili kuralların çok sınırlayıcı olduğu görülmektedir. Yönetmeliklerde, ahşap yapıların üretimiyle ilgili kurallar detaylı olarak belirtilmediği için Türkiye’de ahşap yapı üretimi zorlaşmakta, uygulama ve denetleme sırasında eksiklikler ve zorluklar ortaya çıkmaktadır.

Ahşap yapıların, deprem ve rüzgâr kuvvetleri karşısındaki davranışlarının yeteri kadar bilinmemesi, bu kuvvetlere karşı yapıların dayanım gösterebilmeleri için alınması gereken tasarım, uygulama ve denetim aşamalarında uyulması gereken kuralları belirten bir kaynağın olmaması veya alınabilecek önlemlerin belirtilmemesi, ahşap yapı üretiminde birçok eksikliğin ve hatanın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum da, ahşap yapı üretiminde bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

## **1.2 Tezin Amacı**

Bu çalışma ile ahşap platform çerçeve yapılarda, yatay kuvvet etkilerine bağlı olarak oluşabilecek hasarların en alt düzeyde kalmasını sağlamak için, tasarım ve uygulama aşamalarında alınması gereken önlemleri ve uyulması gereken kuralları belirleyen, yeni yapılacak yönetmeliklere yön verecek, ahşap yapı denetim aşamasında başvuru niteliği taşıyacak bir kaynak oluşturmak amaçlanmaktadır.

Çalışma sırasında değinilen ve belirtilen kurallar, ahşap platform çerçeve sistemler dikkate alınarak hazırlanmıştır. Çalışma, ahşap platform çerçeve sistemler ile sınırlandırılmıştır.

## **1.3 Hipotez**

Tasarım, uygulama ve denetim aşamalarında uyulması gereken kuralların belirlenmesi ile ahşap yapı uygulamalarında kalite sağlanabileceği ve çalışma kapsamında elde edilen bilgiler ve derlemeler doğrultusunda oluşturulan bu detaylı kaynağın yönetmelik için bir ön adım olabileceği varsayılmaktadır.

Ahşap yapı üretiminde uyulması gereken kuralların belirlenmesi ile ahşap yapı üretiminin her aşamasında denetim sağlanabileceği düşünülmektedir.

Belirlenen kurallara uyularak ahşap yapı üretildiği takdirde, olası bir deprem ve fırtına sonucunda mal ve can kayıplarının az olacağı, dolayısıyla insan sağlığının ve ülke ekonomisinin olumsuz olarak etkilenmeyeceği ön görülmektedir.

### AHŞAP YAPILAR VE ÜRETİM SİSTEMLERİ

#### 2.1 Ahşap Yapıların Tarihçesi

Ahşap, ekonomik olarak temin edilip işlenebilen, hafif, dirençli ve sağlıklı bir yapı malzemesidir. Ahşap, yapıların taşıyıcı sistem elemanlarında, duvar, döşeme ve merdiven kaplamalarında, pencere ve kapı doğramalarında kullanılmaktadır. Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılması, beton ve çeliğe nazaran çok daha eskilere, hatta ilk çağlara dayanmaktadır. Ahşabın ilk olarak Orta Asya ve Avrupa'daki çadır ve barakaların yapımında kullanıldığı bilinmektedir. Ahşap yapı üretimi, 19.yy.a kadar zamanın mevcut olanaklarına göre geleneksel yöntemlerle yapılmıştır.

Eski çağlarda yapılan birçok ahşap yapı, yapıyı oluşturan elemanların çürümesi, yıkılması veya yanması sonucu yok olmuştur. Varlığını halen sürdürebilen en eski ahşap yapıların çoğunu 17.yy.da Norveç'de inşa edilen kiliseler (Şekil 2.1) oluşturmaktadır [1].

19.yy.ın başlarında sanayileşmenin başlaması ve yaygınlaşmasıyla, birçok malzemede olduğu gibi ahşap malzemede de gelişmeler olmuştur. Endüstrileşmenin sağlamış olduğu iş olanakları, köylerden kentlere doğru göçlerin olmasına ve kentlerde nüfusun hızla artmaya başlamasına neden olmuştur. Hızlı nüfus artışı sonucu ortaya çıkan konut ihtiyacı da, konut üretiminde rasyonelleşmeyi zorunlu hale getirmiştir.



Şekil 2.1 Norveç’de bulunan en eski ahşap kilise [1]

Teknolojik gelişmeler sonucunda taş ve tuğla yığma sistemler ile çelik ve betonarme yapım sistemlerin ortaya çıkması ve bu sistemlerin konut üretiminde uygulanmaya başlaması ile ahşabın yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanılması yaygınlığını yitirmiştir. Ahşap konut üretimindeki bu düşüş, özellikle büyük şehirlerde I. Dünya savaşına kadar artarak devam etmiştir [2], [3].

Ahşabın yapılarda kullanımına yönelik ilk gelişme, 1914–1925 yılları arasına yaşanmıştır [4]. I.Dünya savaşı öncesi ve savaş yıllarında değerli bir savaş hammaddesi olan çeliğin yapı alanından çekilmesi ve savaştan sonrada çelik kıtlığının devam etmesi, ahşabı yapılarda tercih edilen bir yapı malzemesi haline getirmiştir. Bu durum, yapılarda ahşabın daha işlevsel kullanılması için gerekli bilgi, bilimsel araştırma ve çalışmaların yapılmasına zorlamış ve bunun sonucunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bugünde halen kullanılan birçok bağlantı elemanı, ahşabı dış etkenlere karşı koruyan ürünler ve kullanım yöntemlerinin birçoğu bu çalışmalar sonucunda bulunmuştur [5].

I. ve II. Dünya savaşı arasında yaşanan ekonomik durgunluktan dolayı ahşap yapı üretiminde önemli bir gelişme olmamış, II. Dünya savaşı sırasında da konut üretimi tamamen durma noktasına gelmiştir [2]. II. Dünya savaşı sonrası 1950’li ve 1960’lı

yıllar, ekonomik büyüme ve gelişmenin, dolayısıyla iş potansiyelinin büyük ölçüde hız kazandığı dönemlerdir. Bu dönemlerde, ortaya çıkan konut ihtiyacına paralel olarak diğer yapı malzemeleri kullanılarak yapılan konutlara oranla daha basit olan ve daha ucuza mal edilebilen ahşap konutların üretilmesine başlanmıştır [3].

Ahşabın yapılarda kullanılmasına yönelik asıl gelişme, II. Dünya savaşı ve sonraki yıllarda gerçekleşmiştir. Savaş yıllarında sıcağa, soğuğa ve her türlü iklim koşullarına karşı dayanıklı olan yapay reçine tutkalının bulunup, ahşap malzeme üzerine uygulanması ile tutkallı ahşap teknolojisi ortaya çıkmıştır. Tutkallı ahşap yapı teknolojisi kullanılarak üretilen elemanların yapılarda kullanılmaya başlanması büyük bir reform niteliğindedir. Çünkü tutkallı ahşap teknolojisi ile istenilen her ölçüde, kesitte ve formda ahşap yapı elemanı üretmek mümkün hale gelmiştir [4]. Günümüzde de bu teknoloji halen kullanılmakta, gereksinim ve gelişmelere bağlı olarak günden güne gelişmeye devam etmektedir.

20.yy'ın son çeyreğinde ahşabın insan ve çevre sağlığı açısından diğer yapı elemanlarına göre sağladığı avantajların fark edilmesi ile başta gelişmiş ülkelerde olmak üzere, yapılarda ahşap kullanımı büyük önem kazanmış ve ahşap araştırma merkezleri kurulmaya başlamıştır. 1935 yılında İngiltere'de Ahşap Geliştirme Derneği (TDA) adı altında kurulan dernek, 1950'li yıllarda Ahşap Araştırma ve Geliştirme Derneği (TRADA) adını almıştır. Bu dernek, ahşap yapı üretiminde uyulması ve dikkat edilmesi gereken kuralları belirleyen bir kaynak oluşturarak üreticilere sunmuştur [3].

Eski dönemlerden beri yapı üretiminde kullanılan ahşap, sahip olduğu fiziksel ve mekanik özelliklerinden dolayı, günümüzde yapı malzemeleri arasında önemli bir yer elde etmiştir. Son dönemlerde birçok deprem felaketi ile karşılaşan Türkiye'de, deprem kuvvetlerine karşı daha dayanıklı olduğuna inanılan ahşap yapılar, sağladıkları avantajlardan dolayı yeniden gündeme gelmeye başlamıştır.

## **2.2 Ahşap Yapıların Özellikleri**

Kaliteli ahşap yapıların üretilmesi için, tasarım ve uygulama aşamasına başlamadan önce ahşap yapıların olumlu ve olumsuz bütün özelliklerinin bilinmesi, hem üreticiler hem de kullanıcılar açısından oldukça önemlidir.



### 2.2.1 Ahşap Yapıların Olumlu Özellikleri

Ahşap yapılar, çevre ile uyum içerisinde olup, inşaat sırasında ve sonrasında doğaya zarar vermemektedir. Geri dönüşümlü olan ahşap yapılar, doğaya CO<sub>2</sub> ve CO salınımı yapmamaktadır. Ayrıca ahşap yapı üretmek için harcanan enerji, diğer yapı malzemelerini üretmek için harcanan enerjiden çok daha azdır<sup>1</sup>.

Ahşap yapılar, insan sağlığına da zarar vermemektedir. Ahşabın fiziksel özelliklerinden biri olan nefes alma özelliği, mekân içinde bulunabilecek ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek nemi, kokuyu ve zararlı gazları dışarı atarak, ortam havasını doğal olarak temizlemektedir. Ahşabın nemi geçirme özelliği, yapı duvarlarında terleme ve damlama oluşmasını engellemekte, böylece yapı içerisinde her açıdan sağlıklı bir ortam oluşmakta ve insan sağlığı etkilenmemektedir [7].

Ahşap malzemenin özgül ağırlığının, diğer yapı malzemelerine oranla daha düşük olması<sup>2</sup>, ahşap yapılar için büyük bir avantaj niteliğindedir [5]. Malzemenin hafif olmasına bağlı olarak ahşap yapıların ölü yükü az olmakta, böylece taşıyıcı elemanların ve temellerin boyutları da küçük olmaktadır. Temel kesitleri diğer malzemelere oranla daha küçük olduğundan, yapı maliyeti de azalmaktadır. Ahşap yapının hafif olması, zayıf zeminler üzerine kolaylıkla uygulanabilme olanağı sağlamaktadır. Ayrıca, hafifliğinden dolayı, çatı konstrüksiyonu gibi hareketli yük etkisi altında kalan alanlarda, beton ve çeliğe oranla daha olumlu sonuçlar alınmaktadır.

Ahşap yapıların hafif olması, yatay yük etkilerinin yapılar üzerindeki etkisini de azaltmaktadır. Ahşap yapılar, şok etkilerine karşı dayanıklı olup, titreşim emme özelliğine sahiptir. Bu nedenle deprem ve rüzgâr etkilerine karşı daha dayanıklıdır. Ahşap yapılarda, yatay yük etkilerinden dolayı yıkımlar oluşsa bile, sistem elemanlarının hafif olmasından dolayı can kayıpları en az düzeyde olmaktadır.

Ahşap yapıların işlenmesi oldukça kolaydır. Gerektiği durumlarda sistem elemanları yeniden boyutlandırılabilir. Ahşap yapı sistem elemanları, önemli alet ve makinelere ihtiyaç duyulmadan, çivi ve metal bağlantı elemanları ile veya tutkalla bir

---

<sup>1</sup> 1 tonluk yapı üretilirken, ahşap yapılar için 1 birim, betonarme yapılar için 3 birim, çelik yapılar içinse 9 birim enerji harcanmaktadır[6].

<sup>2</sup> Betonarmenin özgül ağırlığı 2400kg/m<sup>3</sup>, ahşabın özgül ağırlığı ise en fazla 600kg/m<sup>3</sup>'dür.

araya getirilebilmektedir. Bu durum, üretimi hem kolaylaştırmakta hem de üretim süresini kısaltmaktadır. İstenilen her boyuta, forma ve koşula uygun yapı elemanı üretmek, ayrıntı çözümleri oluşturmak mümkün olmaktadır. Ayrıca sistem elemanları, fabrika ortamında belli bir otomasyon sistemine göre üretildiği için, üretilen sistem elemanlarında hata riski en az düzeyde olmaktadır.

Ahşabın hafif oluşu, fabrikalarda üretilip, şantiyeye nakil edilmesi gereken yapı elemanları için büyük kolaylık sağlamaktadır. Büyük çerçeve ve kemerler hariç, diğer yapı elemanlarının şantiye alanına taşınması için özel bir araca gereksinim duyulmamaktadır. Bu durum, ulaşım güçlüğü yaşanan yerler için tercih sebebidir [5].

Ahşap yapı elemanlarının hafif olması beton ve çeliğe oranla montajda büyük kolaylıklar sağlamaktadır. İskele, vinç veya diğer makinelere gereksinim duyulmadan, sadece insan gücü ve kurulacak basit bir düzenek yardımıyla elemanların montajı tamamlanmaktadır. Ayrıca montaj işlemi hava koşullarından etkilenmediği için, sistem her mevsimde ve kısa sürede tamamlanabilmektedir. Montaj işlemi kısa sürede tamamlandığından zaman maliyeti %40 oranında, daha az işçi çalıştırıldığı için de işçilik maliyetleri oldukça düşüktür [6].

Ahşap yapıların montajının tamamlanmasından hemen sonra, yapı tam kapasite yüklenebilmektedir. Betonarme yapılarda olduğu gibi, betonun tam dayanımına ulaşması için kurumasını beklemek gibi bir durum söz konusu olmadığından, inşaat süresi kısalmakta ve yapı hemen kullanılabilir duruma gelmektedir [4].

Ahşap yapılar, sökülüp yeniden kullanılabilir. Geçici olarak tasarlanan projelerde, birleşim noktalarında ve tasarımda uygulanacak doğru çözümler ile sökülme sırasında malzeme kayıplarının oluşması engellenebilmektedir. Böylece yapılar söküldükten sonra çok az malzeme kaybıyla yeniden kurulabilmektedir.

Ahşap sistemler, onarım ve takviye açısından uygun sistemlerdir. Ahşap yapı elemanlarının onarımı, takviyesi ve değiştirilmesi mümkündür. Ahşap yapı sistem elemanlarının nem etkisinde kalarak zamanla eskimesi veya yatay yük etkilerine (deprem ve rüzgâr) bağlı olarak zarar görmesi ile sistem elemanlarının taşıma gücü yetersiz kalabilmekte, sabit veya hareketli yüklerin değişmesine bağlı olarak da sisteme takviye yapılması gerekebilmektedir. Böyle bir durumda yapının sistem elemanlarında

onarım, takviye veya yenisiyle değiştirilme işlemleri, güçlüklerle karşılaşılardan kolaylıkla yapılabilmektedir.

Ahşap yapılarda, kullanıcıların değişen istekleri doğrultusunda yapıda, plan ve hacim değişiklikleri yapılabilmektedir. Ahşap yapılar, yapım sistemlerine bağlı olarak bu değişikliklere olanak vermektedir. Örneğin, yapı duvarlarında boşluk açmak, betonarme veya çelik yapılara göre oldukça kolaydır [5].

Ahşap, hem yalıtkan hem de gözenekli yapısı nedeniyle doğal bir ısı yalıtım ürünü özelliği taşımaktadır<sup>1</sup>. Nem oranının düşük olduğu durumlarda yalıtkan malzeme özelliği gösterirken, nem oranının yüksek olduğu durumlarda da iletkenliği artmaktadır [8]. Ahşap yapılarda, ses ve ısı yalıtımı sağlamak için ek bir malzemeye gereksinim duyulmamaktadır. Özellikle kütük evlerde uygulanan çift duvar sistemi ile ses ve ısı yalıtımı kolayca sağlanabilmektedir. Ahşap yapılarda ısı kaybı diğer malzemelere oranla oldukça az olduğundan, iklimsel konforu sağlamak oldukça kolaydır. Yapılar yazın serin, kışın sıcak olma özelliği taşımaktadır. Tek bir malzeme ile hem ses hem de ısı yalıtımı sağlanabilmesinin uzun vadede ülke ekonomisi açısından da önemli kazanımlar sağlayabileceği düşünülmelidir [6].

### **2.2.2 Ahşap Yapıların Olumsuz Özellikleri**

Ahşap, hafif fakat dayanımı az bir yapı malzemesidir. Dayanım /ağırlık oranından dolayı da mutlak basınç ve çekme dayanım değerleri, diğer malzemelere oranla oldukça düşüktür<sup>2</sup>. Bu durum ahşabın yük taşıma gücünün sınırlı olmasına neden olmakta, çok katlı ahşap yapıların yapılmasını engellemektedir. İnce kesitli taşıyıcıların kullanılması da burkulmaların oluşmasına neden olmaktadır [10].

Ahşap yapılarda, su ve aşırı sıcak etkisine bağlı olarak şişme ve büzülme (rötre) söz konusudur. Bu durum, malzeme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Ahşap, bünyesine su aldığı durumlarda (neme maruz kalınca) şişmekte, su bünyesinden çıktıktan sonrada yapı elemanlarında büzölmeler, çatlaklar oluşmakta veya kesitlerde dönmeler

---

<sup>1</sup> Betonarme yapılardan 15, çelik yapılardan 400 kat daha iyi ısı yalıtım sağlamaktadır [7].

<sup>2</sup> Betonarmenin içindeki çekme etkilerini karşılayan demirin dayanımı 2,4 ton/cm<sup>2</sup>, basınç etkilerini karşılayan betonun dayanımı 0,200–0,400 ton /cm<sup>2</sup> dir. Ahşabın çekme ve basınç dayanımları ise birbirine eşit ve en yüksek nitelikli kereste için 0,110–0,120 ton /cm<sup>2</sup> dir [9], [10].

oluşmaktadır [8]. Şişme veya büzülme etkisine maruz kalmış sistem elemanları taşıyıcı özelliklerini kaybetmektedir. Söz konusu durumun engellenebilmesi için, su ve güneş etkilerine açık olan yapı elemanlarında, doğal veya yapay yöntemlerle ahşabın nem miktarını ayarlanması gerekmektedir<sup>1</sup>.

Ahşap anizotrop bir yapı malzemesidir. Ahşabın mekanik özellikleri, lif doğrultusuna göre farklılık göstermektedir<sup>2</sup>. Konstrüksiyon içindeki elemanların ek yerlerinin, birleşim noktalarının ve mesnetlerin detaylandırılması sırasında ahşabın bu özelliğine dikkat edilmesi gerekmektedir. Ahşabın elastisite modülünün düşük olmasının, yapılarda sehimlerin oluşmasına neden olacağı da unutulmamalıdır [11].

Ahşabın başka bir olumsuz yanı da çürüme ve bozulma eğilimi göstermesidir. Ahşap malzemenin neme maruz kalması, hem ahşabı çürütmekte hem de bazı bitkisel (mantar) ve hayvansal (böcek) zararlıları için yaşama ortamı sağlamaktadır. Bu duruma maruz kalan taşıyıcı sistem elemanlarının dayanım ve basınç değerleri değişerek, taşıyıcılıkları azalmakta veya kaybolmaktadır. Bu sorunla karşılaşmamak için, ahşap yapı elemanlarının zararlılara karşı korunması gerekmektedir.

Ahşap malzemenin zamana karşı dayanımı oldukça azdır. Düşey yükleri taşıyan elemanlarda büzülmeler oluşmaktadır. Yapı elemanlarında oluşan büzülmeler, sistem elemanlarını birbirine bağlayan çivi ve bulon gibi metal elemanların çevrelerinde boşlukların oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumda yapının rijitliği azalmakta, yatay yük etkileri altında yatay ötelenmeler oluşarak, geri dönüşü olmayan hasarlar veya yıkımlar oluşmaktadır. Ahşabın zamana bağlı olarak mekanik özelliklerini yitirmesi ile de yapılarda sehimler oluşmaktadır. Bu durumun engellenebilmesi için, çok iyi kurutulmuş, yoğunluğu yüksek ve üstün nitelikli kerestelerin kullanılması gerekmektedir. Bu durum daha çok tarihi yapılarda karşılaşılan bir sorundur [11].

---

<sup>1</sup> Yapılarda kullanılacak olan ahşabın nem miktarının % 20 civarında [5] olmasına dikkat edilmeli, doğal ya da yapay yöntemlerle ahşap kurutulmalıdır.

<sup>2</sup> II. sınıf çam için; liflere paralel doğrultudaki basınç emniyet gerilmeleri 85 kg/cm<sup>2</sup>, elastisite modülü 6.000 kg/cm<sup>2</sup> iken liflere dik doğrultudaki basınç emniyet gerilmesi 20 kg/cm<sup>2</sup>, elastisite modülü 125.000 kg/cm<sup>2</sup> dir [9].

Ahşap yapılar için en büyük tehlike yangın sorunudur. Ahşap yanıcı bir malzemedir. Ancak, ahşabın yangın direnci, çelik ve betona göre daha yüksektir<sup>1</sup>. Ahşap sistemler, taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerine bağlı olarak 30 dakika ile 120 dakika arasında direnç göstermektedir. Yangına maruz kalan ahşap yapı elemanlarında, 30 dakikadan sonra 0,7mm/dakika hızla kesit azalması yaşanmaktadır [7]. Türkçü'ye göre, ahşap elemanlar üst yüzeyden içeriye doğru saatte 5cm hızla yanmaktadır [8]. Sistemi oluşturan elemanların kesitlerinin standartlara göre yapılması ve koruyucu malzemelerle kaplanması ile yapıyı yangın tehlikelerine karşı korumak mümkün olmaktadır [5].

### **2.3 Ahşap Yapıların Dünya'daki ve Türkiye'deki Durumu**

Dünya üzerinde, özellikle deprem bölgesi olan ABD, Kanada, Japonya ve Avustralya gibi gelişmiş ülkelerde ahşap yapıların üretimi oldukça yaygındır. Teknolojinin verdiği olanaklardan da yararlanılarak ve her geçen gün yeni detay ve teknikler geliştirilerek, ahşap yapıların üretimine devam edilmektedir. Avrupa'daki konutların %90'ı, Amerika'daki konutların ise %80-%90'ı ahşaptır. 1994 yılında, Kaliforniya'daki ahşap konut oranı %95 iken, 2005 yılı itibari ile bu oran %99'a ulaşmıştır. Almanya'da, 1990 yılından önce üretilen konutlar arasında ahşap konutların payı yaklaşık %7,5 iken 2006 yılı itibari ile bu oran %15'e yükselmiştir. Buda üretilen her 6–7 müstakil konuttan en az 1 tanesinin ahşap konut olduğu anlamına gelmektedir [2]. Türkiye'ye bakıldığında ise durum tamamen farklılık göstermekte, gelişmiş ülkelerin aksine ahşap konutların oranı %5'i geçmemektedir.

Anadolu geleneği olan ahşap yapılar, Türkiye'de 100 yıl öncesine kadar yaygın olarak üretilip kullanılmaktayken, üretim tecrübesine rağmen günümüzde tercih edilmemektedir. Ahşap yapıların bakım güçlüğü, karşılaştıkları yangın felaketleri, ham maddeyi sağlayacak olan orman alanlarının azalması, nitelikli ağaçların kalmaması ve temin edilenlerinde çok pahalı olması, ahşap yapı üretimini durma noktasına getirmiştir. Hızlı kentleşmeye bağlı olarak oluşan göçler, göçler sonucunda oluşan nüfus artışı, mevcut arsaların nüfus artışını karşılamada yetersiz kalması, arsaların fiyatlarının

---

<sup>1</sup> Yangın başladıktan 15 dakika sonra çelik sistemler, 30 dakika sonrada betonarme sistemler doğal şekillerini ve taşıma kapasitelerini kaybetmeye başlamaktadır.

ve rant değerlerinin artmasına neden olmuştur. Gereksinimi karşılayacak kadar yüksek ahşap yapı yapılamaması ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak ahşabın yerini alabilecek alternatif yapı malzemelerinin üretilmesi ile sonucunda ahşap yapılar yerini dikey yönde gelişmeye elverişli olan betonarme ve çelik yapılara bırakmıştır [11], [12].

Dünya geneline bakıldığında, gelişen ve değişen teknolojinin sunduğu olanaklar sayesinde, ahşap yapılar hemen her yerde kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye’de ise; mimari bir dönemi temsil eden ve birçok örneği günümüze kadar gelen ahşap yapıların önemi, özellikle 1999 yılında meydana gelen depremler sonrasında anlaşılmaya ve üretimi tekrar gündeme gelmeye başlamıştır. Ahşap yapıların, yatay kuvvetler karşısında sağlamış olduğu avantajlar, çalışmaların hızlanmasına neden olmuştur.

#### **2.4 Ahşap Yapıların Yönetmelikler ve Standartlardaki Yeri**

Kaliteli, nitelikli ve sağlıklı ahşap yapıların üretilmesi için, üretimin belli kurallar, yönetmelikler veya standartlar doğrultusunda yapılması gerekmektedir. Ülke koşullarında üretimin nasıl, ne şekilde ve hangi sınırlara bağlı kalınarak yapılacağını belirten kuralların tasarımcı, uygulayıcı ve denetleyiciler tarafından bilinmesi ve uygulanması oldukça önemlidir. Ahşap yapıların tasarım kurallarını detaylı olarak belirten belli başlı yönetmelikler ve standartlar bulunmaktadır. Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, bütün dünya tasarımlarını, üretimlerini ve denetimlerini bu yönetmelik ve standartlar doğrultusunda yapmaktadır. Yönetmelik ve standartlar, teknolojinin gelişimine ve günün şartlarına bağlı olarak gerektiği durumlarda güncellenmektedir.

Gelişmiş ülkelerde ahşap yapılar için yürürlükte olan yönetmelik ve standartlar;

- European Committee for Standardization (CEN), Eurocode 5 (EN 1995 1–1),
- Deutsche Norm, Structural Use of Timber, Design and Construction, DIN 1052,
- American Institute of Timber Construction (AITC), Typical Construction Details,
- International Code Council (ICC), International Building Codes,
- American Wood Council (AWC),
- The Engineered Wood Association (APA)

şeklinde sıralanmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde, ahşap yapıların tasarımında uyulması gereken kuralları belirleyen detaylı birçok yönetmelik ve standart bulunmaktayken, bu durum Türkiye’de farklılık göstermektedir. Türkiye’deki yönetmeliklerde betonarme, çelik ve yığma yapıların tasarım ve uygulamasına yönelik kurallar detaylı olarak belirtilirken, ahşap yapılar göz ardı edilmiştir. Ahşap yapıların tasarım ve uygulamasına yönelik kurallar, bazı yönetmeliklerde çok basit ve sınırlayıcıyken, bazı yönetmeliklerde ise bu kurallardan hiç söz edilmemiştir. Söz konusu olan kurallar da, günün ve teknolojinin oldukça gerisindedir.

Türkiye’de ahşap yapılar için yürürlükte olan yönetmelik ve standartlar;

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY),
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYYHY),
- İstanbul İmar Yönetmeliği,
- Genel Teknik Şartname,
- Türk Standartlar Enstitüsü tarafından yayımlanan ilgili standartlar

şeklinde sıralanmaktadır.

#### **2.4.1 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’te Ahşap Yapılar**

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 2 Eylül 1997 tarihinde resmi gazete’de yayımlanmış, 1 Ocak 1998 tarihinde yürürlüğe girmiştir [12]. ABYYHY’in 9.bölümü, “Ahşap Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları” başlığı altında ahşap yapılara ayrılmıştır.

Deprem bölgelerinde, taşıyıcı duvarları ve döşemeleri ahşap iskeletli olarak yapılan ahşap binaların veya bina türü yapıların tasarımının bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle birlikte, öncelikle bu bölümde verilen kurallara göre yapılacağı belirtilmektedir. ABYYHY’e göre ahşap yapılarda uyulması gereken kurallar şöyledir [13];

- Ahşap yapıların, bodrum kat hariç en çok iki katlı olarak yapılabilecek, bodrum ve zemin katlar, yığma kâgir olarak düzenlenecektir. Ahşap yapılardaki kat

yüksekliklerinin, bodrum katlar için en çok 2.40m'den, diğer katlar için 3,00m'den fazla olamayacağı belirtilmektedir.

- Taşıyıcı ahşap iskelet yani duvarlar; en fazla 1.50m ara ile konulacak dikmelerden, dikmelerin altına konulacak olan taban kirişlerinden ve dikmelerin üstüne konulacak olan başlık kirişlerinden oluşturulacaktır. Ayrıca, dikmeleri duvar boyunca birbirine bağlayarak taban ve başlık kirişleri ile birlikte, duvarda dikdörtgen gözler oluşturan yatay ara kirişler, dikdörtgen gözleri de üçgen gözlere bölen çaprazların konması istenmektedir.
- Tek katı ahşap olan yapılarda; dikmelerin taban ve başlık kirişleri ile çaprazların en kesit boyutları en az 10x10cm, ara kirişlerin en kesit boyutlarının ise en az 5x10cm olabileceği, her iki katı da ahşap olan yapılarda; dikmelerin taban ve başlık kirişleri ile çaprazların en kesit boyutları en az 12x12cm, ara kirişlerin en kesit boyutlarının ise en az 6 x12cm olacağı söylenmektedir.
- Ahşap taşıyıcı duvarlarda oluşturulan üçgen gözlerin hafif tuğla, kerpiç, ahşap yonga veya uygun yalıtım maddeleri ile doldurulacağı, duvar yüzeylerinin tahta veya oluklu kaplama malzemesi ile kaplanacağı veya rabbitz teli, ahşap çita veya kamış ile kaplanarak sıvanacağı belirtilmektedir.
- Taşıyıcı duvarlarda minimum toplam uzunluğun kat alanına oranı  $0.20 \times I$   $m/m^2$ 'den az olmayacağı (I; Bina Önem Katsayısı), taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan mesnetlenmiş uzunluğun en fazla 4.50m olabileceği, pencere ve kapı boşluklarının bina köşelerine olan mesafenin en az 1.50m, bina köşeleri dışında kalan yerlere olan mesafenin ise en az 0.75m olması gerektiği belirtilmektedir.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte yer alan ahşap yapılarla ilgili kurallar, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin yürürlüğe girmesine kadar uygulanmaya devam etmiştir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik, Türkiye'de daha önceden üretilmiş geleneksel ahşap yapıların uygulanmasına yöneliktir. Belirtilen yapıım teknikleri günün koşullarına uymadığından, teknolojik açıdan gelişmiş olan ahşap yapı üretiminde bu kuralların uygulanması



mümkün değildir. Belirtilen kuralların çok sınırlayıcı olması, ahşap yapıların gelişmesini ve yaygınlaşmasını engellemektedir.

#### **2.4.2 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te Ahşap Yapılar**

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 6 Mart 2006 tarihinde yayımlanmış, 6 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir [12]. Bu yönetmelik içerisinde ahşap yapılara ayrılmış bir bölüm bulunmamaktadır.

İlgili yönetmelikte, ahşap yapılarla ilgili koşul ve kurallar yürürlüğe konuluncaya kadar, Bayındırlık ve İskân Bakanlığının saptayacağı kurallara göre projelerin düzenleneceği belirtilmiştir. Bu durum, ahşap yapı üretiminin kurallı bir biçimde yapılamayacağını göstermektedir. Bayındırlık ve İskân Bakanlığının yayınlamış olduğu teknik şartnamede sadece ahşap karkas yapılarla ilgili birkaç maddeden bahsedildiği, günümüzdeki ahşap yapı uygulamalarına yönelik hiçbir maddenin olmadığı bilinmektedir [14].

#### **2.4.3 İstanbul İmar Yönetmeliği'nde Ahşap Yapılar**

İstanbul İmar Yönetmeliği en son 23.06.2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde yer alan yerleşme alanlarındaki yapıların kanun, tüzük, imar planları ve yönetmelik hükümleri ile fen, sağlık ve çevre koşullarına uygun bir şekilde üretilmesini sağlamak amacı ile yürürlüğe konmuştur [12]. Bu yönetmeliğin 7. bölümünde ahşap yapılardan bahsedilmektedir.

İstanbul İmar Yönetmeliğindeki ahşap yapıların;

- Himiş, ahşap, yarım kâgir yapıların yüksekliklerinin 6.50m'yi geçmemek koşulu ile bodrum kat hariç en çok iki katlı olarak yapılabileceği,
- Ahşap ve yarım kâgir yapıların bitişik düzeyde yapılamayacağı, ayrık olarak komşu sınırlarından en az 5.00m çekme mesafesinin bırakılması gerektiği,
- Himiş ve yarım kâgir yapıların komşu sınırlarında zemininden itibaren çatının her yerinden 0.50m yüksekliğe kadar ve en az 1 taşıyıcı tuğla kalınlığında yangın duvarının yapılması gerektiği

belirtilmiştir.

Bu yönetmelikte, hımiş ve yarım kâgir yapılardan, taşıyıcı sistem kurgusu olarak da iskelet sistemlerden bahsedilmiştir. Oysaki günümüzde hımiş ve kâgir yapı yerine, gelişmiş yapı sistemleri uygulanmaktadır. Taşıyıcı sistem kurgusu olarak da iskelet sistemlerle birlikte yığma ve panel ahşap sistemler kullanılmaktadır. Gelişmiş yapı uygulamaları ile bitişik düzeyde ve çok katlı yapı uygulamaları mümkündür. Bitişik düzende yapı uygulamaları ile değerli olan arsalar değerlendirilebilmektedir. Ayrıca teknolojinin sağladığı olanaklarla üretilen yalıtım ürünleri(taş yünü, cam yünü, vb) kullanılarak, yapılarda ısı ve yangın yalıtımı sağlanabilmekte, böylece yapılarda oluşabilecek yangın riskleri en aza indirilebilmektedir.

#### **2.4.4 Genel Teknik Şartname'de Ahşap Yapılar**

Bayındırlık ve İskân Bakanlığının hazırlamış olduğu ve ilk olarak 1 Ocak 1985 yılında yürürlüğe koyduğu şartnamedir [12]. Bu şartnamenin sadece 17.7'inci maddesinde ahşap karkas yapılardan, çok sınırlı olarak bahsedilmektedir.

Bu şartnamede;

- Ahşap karkas yapılarda karkası meydana getiren ahşap elemanların projelerine göre yapılması, kereste kesitleri ve düğüm noktalarının detaylara uygun olarak yapılması gerektiğinden,
- Açıklığı ve yüksekliği 4.00m'den fazla olan veya özen isteyen karkaslarda, dikey ve yatay ana elemanların düğüm noktalarının her iki taraftan demir levha ve rondelâlarla desteklenerek, bulonlarla bağlanması gerektiğinden,
- Gerekli yerlerde sadece bir yerde ek yapılmasına, karkas inşaatlardaki dikmelerin, kirişlerin, payandaların kesitlerinin en az 8x10cm olabileceği, pencere ve kapı boşluklarında kullanılacak olan elemanlarında en az 5x10cm kesitte olabileceğinden,
- Karkasın temel ve diğer kâgir bölümlerle bağlantılarının kâgire tespit edilmiş saptamalarla bağlanması gerektiğinden

bahsedilmektedir.

Genel teknik şartnamede, ahşap karkas yapılarla ilgili çok yüzeysel bilgiler verilmiş olmasına rağmen, günümüzdeki ahşap yapı uygulamalarına yönelik hiçbir kuraldan

bahsedilmemektedir. Bu şartname, ahşap yapı uygulamaları için oldukça yetersiz kalmaktadır.

#### **2.4.5 Türk Standartlar Enstitüsü Tarafından Yayımlanan Standartlar'da Ahşap Yapılar**

Türk Standartlar Enstitüsü'nün ahşap yapılarla ilgili olarak yayımlamış olduğu 28 tane standart bulunmaktadır. Bu standartlar arasında ahşap yapıların tasarımına ve projelendirilmesine yönelik üç tane standart bulunmaktadır. Bunlar; (TS 647), "Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", (TS EN 1995-1-1) ve (TS EN 1995-1-1/AC), "Eurocode 5: Ahşap Yapıların Projelendirilmesi Bölüm 1-1: Genel Kurallar ve Bina Kuralları" ve (TS EN 1995-1-2) ve (TS EN 1995-1-2/AC), "Eurocode 5: Ahşap Yapıların Projelendirilmesi Bölüm 1-2: Genel Kurallar – Yapısal Yangın Projelendirilmesi" ve (TS EN 1995-1-2) ve (TS EN 1995-1-1/AC), " Eurocode 5: Ahşap Yapıların Tasarımı Bölüm 2: Köprüler" şeklindedir.

30.11.1979 tarihinde kabul edilen TS 647'de, ahşap yapıların tasarımında ve projelendirilmesinde uyulması gereken kurallardan söz edilmektedir. Masif ahşap veya kontrplakların tek başlarına veya beraber kullanılması ile yapılacak olan ahşap yapıların hesap ve yapım kurallarından bahsedilmektedir. Standartta; dayanım hesaplarından, boyutlandırılmada uyulması gereken genel kurallardan, eğilmeye-çekmeye-basınca çalışan ahşap yapı elemanlarından, destek ve kuşaklardan, emniyet gerilmelerinden, izin verilen sehim değerlerinden ve ahşap birleşim detaylarından bahsedilmektedir. Bu standartta; teknolojik yapı ürünleri ve yöntemleri, gelişmiş yapım sistemlerinde kullanılan ahşap birleşim ürünleri ve birleştirme yöntemleri de yer almamaktadır.

TS EN 1995-1-1 standardı, European Committee for Standardization tarafından Kasım 2004'de İngilizce olarak yayımlanan ve bütün dünya tarafından kullanılan bir standarttır. Standart, TSE tarafından 27.12.2005 tarihinde kabul edilen ve çevirisi yapılarak ahşap yapı uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Genel bilgilerle birlikte ahşap yapılarda tasarım esaslarından, malzeme özelliklerinden, dayanıklılıktan, yapısal analiz esaslarından, sınır değerlerinden, metal ürünlerle bağlantılardan, bileşen ve montaj ürünlerinden, yapısal ayrıntılardan ve denetim kurallarından bahsedilmektedir. TS EN 1995-1-1 kodlu standardın dört bölümünde düzenleme yapılarak, 21.12.2006 tarihine TS EN 1995-1-1/AC olarak yeni bir standart yayımlanmıştır.

TS EN 1995–1–2’de ve TS EN 1995–1–2/AC’de, ahşap yapı uygulamalarında yangına karşı alınması gereken önlemler, TS EN 1995-2’de ise ahşap köprülerde dikkate alınması gereken kurallar yer almaktadır.

Ahşap yapılarla ilgili yürürlükte olan bütün yönetmelik ve standartlar incelendiğinde, ahşap yapı uygulamalarının sadece iskelet sistem olarak düşünüldüğü, gelişmiş yapı sistemlerinden bahsedilmediği sonucuna varılmıştır. Yapıların iki katla sınırlandırılması, bitişik düzende ahşap yapı uygulamalarına izin verilmemesi ve gelişen teknolojinin sunmuş olduğu olanakların dikkate alınmaması ahşap yapı uygulamalarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda, kaliteli ahşap yapıların üretilebilmesi için, yürürlükte olan bütün yönetmelik ve standartların tekrar gözden geçirilerek, günün koşullarına ve teknolojisine uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir.

## **2.5 Ahşap Yapı Üretim Sistemleri**

Sanayi devrimi ile başlayan endüstrileşmenin sağlamış olduğu çalışma alanları, kırsal kesimlerden şehirlere doğru yoğun göçlere neden olmuştur. Nüfus artışına bağlı olarak barınma sorunları ortaya çıkmış, konut yetersizliği oluşmaya başlamıştır. Konut ihtiyaçlarının karşılamada geleneksel yapım yöntemleri yetersiz kalınca, konut talebini kısa sürede ve ekonomik olarak karşılayacak yeni üretim sistemlerinin arayışına gidilmiştir. Ahşap konut üretimine ilk yöneliş; Avustralya, Amerika ve Afrika kıtalarına yerleşen kolonilerin konut ihtiyaçlarını karşılamak için yapılan çalışmalarla başlamıştır [15]. Toplum, önceleri bu konutları nitelikleri düşük konutlar olarak değerlendirmiş, gelişen teknoloji ile ihtiyaçlara yönelik yeni sistemler geliştirilmeye başlamıştır.

Geçmişten günümüze konut üretiminde, geleneksel sistemler, gelişmiş geleneksel sistemler ve endüstrileşmiş sistemler olmak üzere üç farklı yapı üretim sisteminden bahsedilmektedir.

### **a. Geleneksel Sistemler**

Geleneksel sistem denildiğinde akla ilk iskelet sistemler ve yığma sistemler gelmektedir. İskelet sistemler, ana taşıyıcılar ve taşıyıcılar arasında bulunan dolgu malzemelerinden oluşmaktadır. Ana taşıyıcılar farklı boyut ve kesitteki ahşaplardan,

aralardaki dolgu malzemeleri de taş, tuğla, kerpiç gibi yöresel malzemelerden oluşmaktadır. Geleneksel sistemlerde makineleşme yerine el işçiliği yoğun olarak kullanılmaktadır. Üretim şantiye ortamında, çok az sayıda hazır bileşen ile yapılmaktadır.

### **b. Gelişmiş Geleneksel Sistemler**

Geleneksel sistemde, duvarlarda dolgu malzemesi olarak kullanılan malzemelerin kendi başlarına da yeterli derecede taşıyıcı olduklarının fark edilmesi ile kalın ve ağır olan ana taşıyıcıların kullanılmasının gereksiz olduğu sonucuna varılması ile 19.yy.'ın ilk yarısında gelişmiş geleneksel sistemler ortaya çıkmaya başlamıştır.

Geleneksel sistemlerin üretim sürecinde gözlenen aksaklıklarının giderilmesi üzerine çalışmalar yapılmış, standardizasyon ve rasyonalizasyon sağlanmaya çalışılmıştır. Sistemin yaygınlaşması, iki önemli teknolojik gelişme ile hızlanmıştır. Bunlardan biri, buharla çalışan frezelerin geliştirilmesi ile küçük kesitteki ahşap bileşenlerin kolay ve ekonomik olarak elde edilmesi, bir diğeri ise; dövme demir yerine makinelerle üretilen çivilerin daha ekonomik olarak mal edilebilmesidir. Yeni tekniklerin geliştirilmesi ile endüstrileşme yolunda ilk adımlar atılmaya başlanmıştır.

Ahşap balon ve platform sistemler, gelişmiş geleneksel sistemler içinde yer almaktadır. Bu sistemlerde, el işçiliğine gerek duyulmamakta, standartlara uygun olarak hazırlanan sistem elemanları, şantiye alanına birleştirilmek üzere gönderilmektedir. Üretim, hazır elemanlar kullanılmasından dolayı oldukça hızlı olmaktadır.

### **c. Endüstrileşmiş Sistemler**

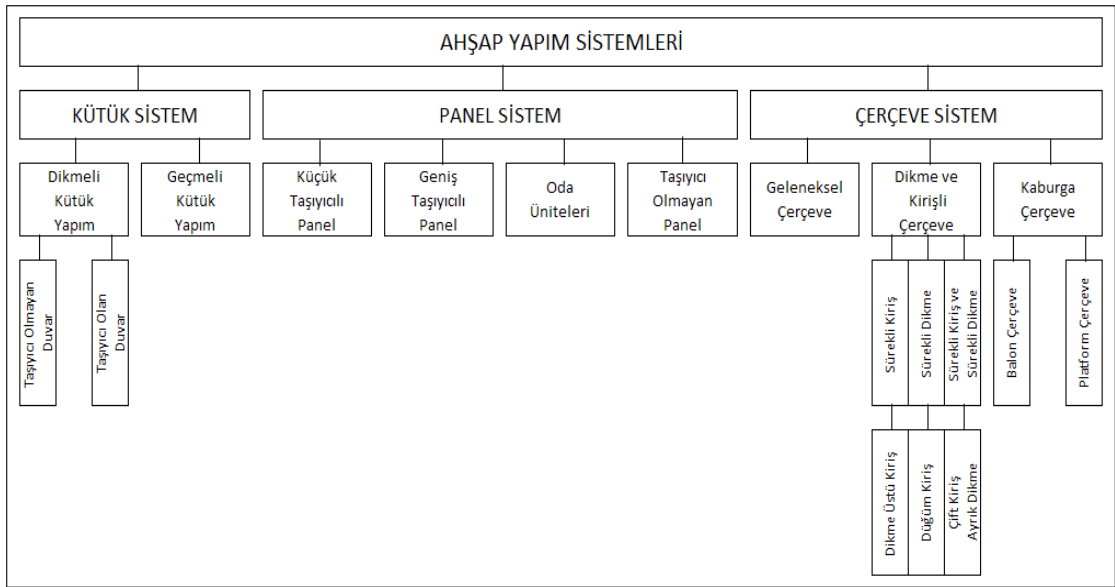
Endüstrileşmiş sistemlerde, yapıyı oluşturan bütün sistem elemanları fabrika ortamında yapılmaktadır. Yapılar, hazır parçaların şantiye veya fabrika ortamında birleştirilmesinden sonra, hücreler halinde bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Panel sistemle üretilen yapılar, bu sisteme örnektir.

Ahşap yapım sistemlerinin ve yapı elemanlarının geliştirilmesi, yeni ihtiyaçlara ve teknik gelişmelere paralel olarak devam ettiği için, her zaman yeni bir sistemle karşılaşmak mümkündür. Yapı sektöründe, her ülkenin ahşap konut üretiminden ne oranda

yararlanabileceği, ülkenin sahip olduğu orman kaynaklarına, toplumsal, ekonomik, teknolojik özellikler dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Günümüzde konut üretiminde; ahşap yığma sistemler, ahşap panel sistemler ve ahşap çerçeve sistemler olmak üzere üç yapım sistemi kullanılmaktadır (Çizelge 2.1). Büyük açıklıkların geçilmesinde, tabakalı ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulan sistemlerde bulunmaktadır. Tabakalı ahşap elemanlarla oluşturulan sistemler, bu çalışmada kapsam dışı bırakılmıştır.

Çizelge 2.1 Ahşap yapım sistemleri



### 2.5.1 Ahşap Yığma Sistem

Sistem genellikle kütük ev (log house, log homes) olarak ifade edilmektedir (Şekil 2.2). Dünyada ve Türkiye’de geleneksel yapı üretiminde de kullanılmış olan ahşap yığma sistem, günümüzde özellikle dağ ve hafta sonu evlerinde uygulanmaktadır. Dünyada, ahşabın kolay ve ucuz olarak temin edilebildiği İskandinavya, Rusya, Sibiryaya, İsviçre, Kanada, A.B.D’nin kuzeyinde ve Japonya’da farklı ahşap yığma yapılar rastlanmaktadır. Türkiye’de ise ahşap yığma yapılar, orman bölgelerinde ve kırsal bölgelerde tercih edilmektedir.



Şekil 2.2 Ahşap yığma sistem örneği [16]

Ahşap yığma sistem; tümüyle veya kısmen işlenmiş ahşap malzemelerin, yığma tarzda üst üste konularak ve çeşitli yöntemlerle birbirlerine bağlanarak, duvar oluşturma esasına dayanmaktadır [6]. Sistemi oluşturan duvarlar, hem taşıyıcı hem bölücü görevi görmektedir. İkinci bir taşıyıcı sistem kurgusu bulunmamakta, yükler duvarlardan temellere doğrudan iletilmektedir. Yığma sistemle oluşturulan yapılar, diğer yapı sistemlerine oranla daha ağırdır. Ayrıca yüksek miktarda ahşap malzemeye ihtiyaç duyulduğundan ekonomik olmaktan çıkmaktadır.

Ahşap masif malzemenin üst üste uygulanması sırasında rüzgâr, yağmur ve toz etkenlerine karşı alınacak önlemler, hem yapı sağlığını hem de kullanıcı sağlığını etkilemektedir [17].

Dış duvar kalınlıkları, ısı yalıtımı açısından önemlidir. Ahşap yığma yapı yapılacak yerlerin iklimsel koşulları, iç - dış hava koşulları ve sıcaklık farklılıkları, yalıtım koşullarını ve gereksinimlerini belirlemektedir. Uygulamada, kâgir temeller ile duvarları oluşturan ahşabın yalıtım değerlerinin eşit olmasına dikkat edilmelidir<sup>1</sup>.

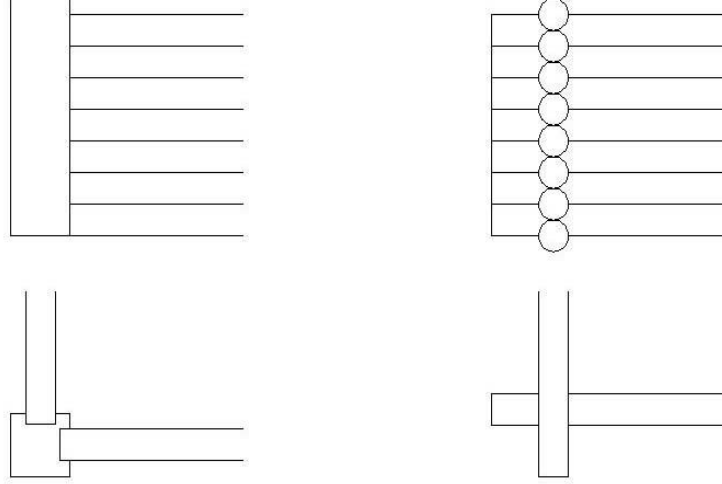
Ahşap malzeme uygun bir şekilde kullanıldığında ve gerekli önlemler alındığında yığma duvarlar uzun süre dayanabilmektedir. Bunu sağlamak için dış hava koşullarına maruz kalan ahşap malzemelerin emprenye edilmesi gerekmektedir.

---

<sup>1</sup> Ahşap yığma yapılar, DIN 1052 ve DIN 1055 standartlarına göre tasarlanmakta, yalıtım için, DIN 18190 ve DIN 1947 standartlarının kullanılmaktadır [14].

### 2.5.1.1 Yiğma Sistem Yapım Yöntemleri

Ahşap yiğma sistemin, dikmeli ve geçmeli olmak üzere iki farklı yapım yöntemi bulunmaktadır (Şekil 2.3).



*Dikmeli yapım yöntemi*

*Geçmeli yapım yöntemi*

Şekil 2.3 Yapım yöntemi kuruluş prensipleri [7]

#### a. Dikmeli Yapım Yöntemi

Dikmeli yapım yönteminde, yapının köşelerinde ve kütüklerin birbirine bağlanması gereken yerlerde dikmeler kullanılmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Dikmeli yapım yöntemi uygulanmış konut [18]

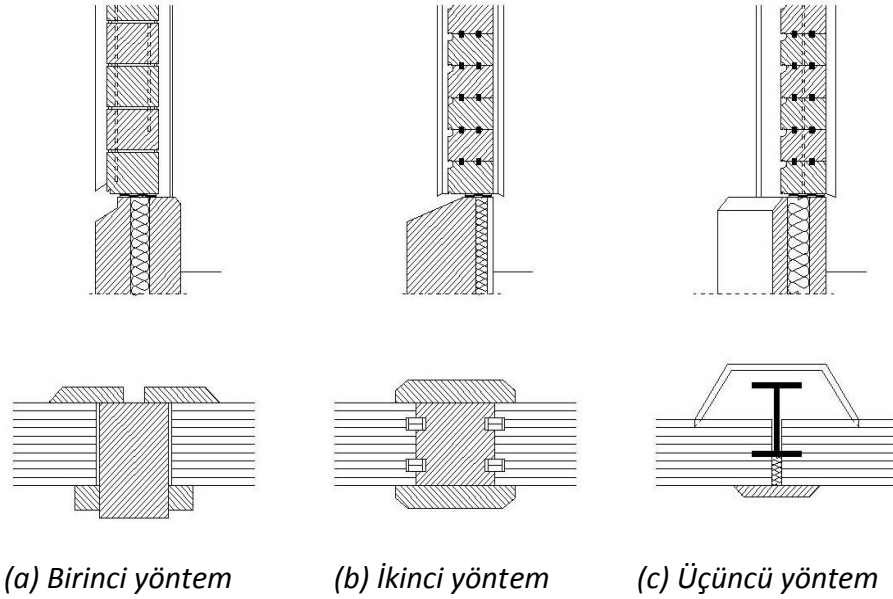


Taşıyıcı olan dikmeler, sisteme etki eden yatay ve düşey kuvvetleri karşılayarak temellere iletmektedir. Bu yapım yönteminde, duvarların taşıyıcı özellik gösterip göstermemelerine bağlı olarak, altı farklı uygulama şekli bulunmaktadır;

*Birinci yöntemde*, duvarlar taşıyıcı özellik göstermemektedir. Taşıyıcı olan ahşap dikmeler arasında yer alan kütüklerin yatay birleşim yerlerinde genellikle elastik bitümlü köpükler kullanılmaktadır. Kütükleri birbirine bağlayan çivilerin uzunluğunun, kütük yüksekliğinin 2.5 katı olması gerekmektedir (Şekil 2.5,a). Bu yapım yöntemini, kullanıcı kendi başına da uygulayabilmektedir.

*İkinci yöntemde*, taşıyıcı olan dikmeler taşıyıcı olmayan kütüklerin arasında düzenlenmektedir. Bu uygulamada, dikme boyutunun kütüklerle oluşturulan duvar kalınlığına eşit olması gerekmektedir (Şekil 2.5,b).

*Üçüncü yöntemde*, duvarlar taşıyıcı özellik göstermemektedir. Bu uygulamada, dikmeler çelik malzemeden oluşmaktadır. Çelik dikmelerin önüne konulan yalıtım malzemeleri ile dış hava koşullarına karşı gerekli önlemler alınmaktadır (Şekil 2.5,c)

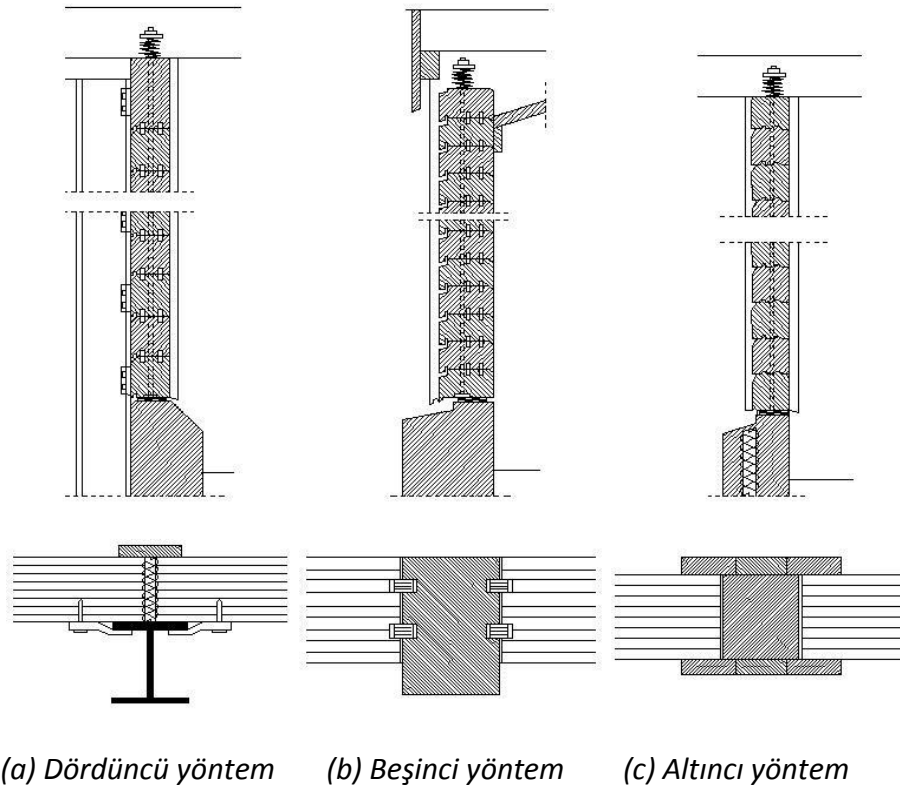


Şekil 2.5 Dikmeli yapım yöntemleri uygulama detayları [19]

*Dördüncü yöntemde*, taşıyıcı olan kütükler, duvar kesitinin dış bölümünde konumlandırılmış olan çelik putrellerle birleştirilmektedir. Kütükler, ikincil parçaların basınç altında birleştirilmesi ile birbirlerine bağlanmaktadır. Duvar boyunca devam eden metal bağlantılar kullanılmaktadır (Şekil 2.6, a).

*Beşinci yöntemde*, taşıyıcı olan kütük duvarlar, dördüncü yöntemde alternatif olarak, çelik dikmeler yerine ahşap dikmelerle düzenlenmektedir. Kütükler birbirlerine geçmeli olarak basınç altında birleştirilmektedir. Dikmelerin kütüklerle olan birleşim yerlerinde kullanılan örtücü ahşap parçalar, tutkalla yüzeye yapıştırılmaktadır. Bu yöntemde de dördüncü yöntemde olduğu gibi duvar yüksekliğince devam eden metal bağlantılar kullanılmaktadır (Şekil 2.6, b).

*Altıncı yöntemde* ise, taşıyıcı olmayan kütük duvarlar ahşap dikmelere ve birbirlerine ikincil parçalarla bağlanmaktadır. Diğerlerinde olduğu gibi, duvar yüksekliğince devam eden metal bağlantı parçaları kullanılmaktadır (Şekil 2.6, c).



Şekil 2.6 Dikmeli yapım yöntem uygulama detayları [19]

## b. Geçmeli Kütük Yapım Yöntemi

Ahşap yığma yapılarda en çok kullanılan ve yaygın olan sistemdir. Masif veya tabakalı olan ahşap kütüklerle oluşturulan duvarlar, taşıyıcı özelliktedir. Köşe birleşmelerinde ve duvar kesişmelerinde kütükler birbirlerine geçme yapacak şekilde, daha önceden planlanan numara sırasına göre birleştirilmektedir (Şekil 2.7). Farklı geçme yöntemleri

uygulanmaktadır. Kütüklerin arasında, duvar yüksekliğince devam eden metal bağlantılar bulunmaktadır [19].



Şekil 2.7 Geçmeli yapım yöntemi [2]

### 2.5.1.2 Ahşap Kütük Yapıdaki Sistem Elemanları

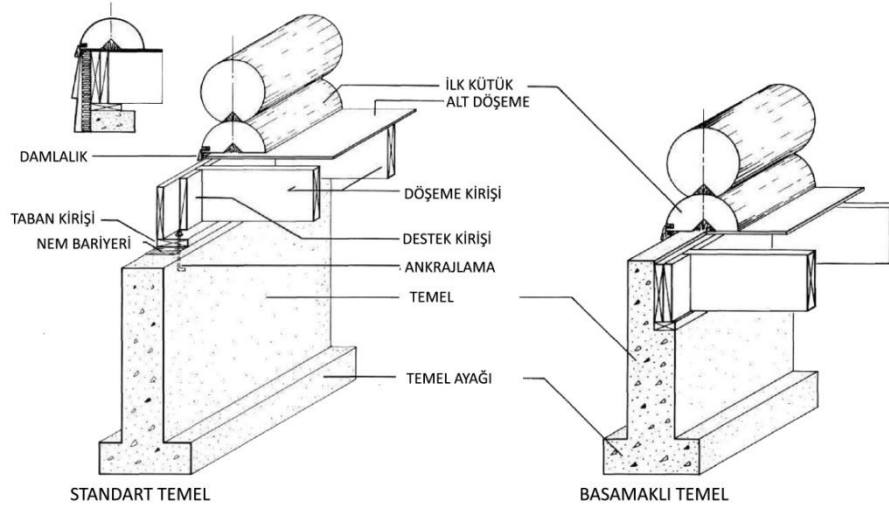
#### a. Temeller

Günümüzde uygulanan ahşap yığma sistemde daha çok betonarme temeller, tekil ya da sürekli olarak uygulanmaktadır. Fakat bazı durumlarda taş temel uygulamaları da yapılabilmektedir. Her iki uygulamada da önemli olan, yükün düzenli olarak zemine iletilebilmesidir.

Yığma yapı uygulamalarında ilk olarak betonarme temel ayakları ve temel duvarları oluşturulmaktadır. Bu sistem diğer ahşap yapı uygulamalarına oranla daha ağır olduğu için, temel boyutları daha geniş tutulmaktadır [20].

Temel, 20cm kalınlığındaki beton ya da betonarme temel ayakları üzerine oturtulmaktadır. Bazı durumlarda betonarme temel ayakları yerine en az 60cm kalınlığındaki çakıl kum uygulaması da yapılabilmektedir [21]. Fakat bu uygulama, tespitleme sırasında düzensizlik yaratabileceğinden, çok fazla tercih edilmemektedir.

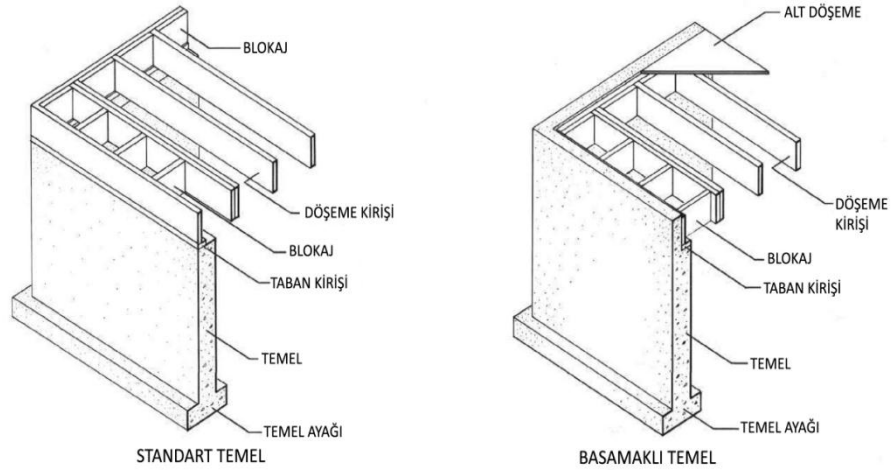
Temel duvarlarının oluşturulmasında “Standart Temel” ya da “Basamaklı Temel” (Şekil 2.8) olmak üzere iki farklı yöntem uygulanabilmektedir [20]. Kalıp ve uygulaması daha kolay olduğu için, standart temel uygulaması daha çok tercih edilmektedir.



Şekil 2.8 Ahşap yığma yapılarda uygulanan temel sistemleri [20]

### b. Döşemeler

Ahşap yığma yapılarda, temel sisteminin oluşturulmasından sonra zemin kat döşemesi oluşturulmaktadır. Döşeme sisteminin yerleştirilmesi, seçilen temel tipine göre değişiklik göstermektedir. Standart temel uygulamasında, döşeme çerçevesi doğrudan temellin üzerine yerleştirilirken, basamaklı temel uygulamasında, döşeme çerçevesi temel başıyla aynı seviyede bitecek şekilde yerleştirilmektedir (Şekil 2.9) [20].



Şekil 2.9 Zemin kat döşemesi [20]

Döşeme kirişlerinin üzeri, kontrplak'la veya OSB ile kaplanarak alt kaplama yapılmaktadır. Bu işlem hem taban döşemesine bir alt yüzey oluşturmakta hem de

sistemin stabilitesini sağlamaktadır. Taban kaplamasının üzerine, parke kaplanıp doğal bir görünüm elde edilebileceği gibi isteğe bağlı olarak halı, seramik vb. döşeme kaplamaları da uygulanabilmektedir.

Sistemin yatay yüklere karşı dayanım gösterebilmesi ve doğru yük aktarımının sağlanabilmesi için, döşeme çerçevelerinin temel duvarlarına bağlanması gerekmektedir. İlk ahşap bileşen olan 5x15cm boyutundaki taban yastıkları, temel duvarı üzerine kimyasal ankrajla veya çelik dübeller ile sabitlenmektedir [7].

### c. Duvarlar

Bu sistemin uygulanmasında daha çok iğne yapraklı ağaçlar kullanılmakta, özellikle karaçam tercih edilmektedir. Geniş yapraklılardan da sadece meşe ağacı kullanılmaktadır<sup>1</sup>.

Zemin döşemesi tamamlandıktan sonra, yapının taşıyıcı sistemini ve duvarlarını oluşturacak olan kütüklerin düzenlenmesine geçilmektedir. Yapıda yuvarlak kütük kullanılacak ise ilk kütüğün yarım kütük olması gerekmektedir. İlk kütük, alt taraftaki taban yastığının üzerine yalıtım bandı konulduktan sonra yerleştirilmekte ve diğer sistem elemanları ile bağlantıları yapılmaktadır. Bağlantı için çelik ankrajlar kullanılmaktadır. “Sürekli ankrajlama” veya “Ayrı ankrajlama” denilen iki farklı uygulama bulunmaktadır. Sürekli ankrajlamada, ilk kütükler doğrudan temel duvarına, ayrı ankrajlamada ise döşeme temel duvarına, ilk kütük sırası ise döşemeye ankre edilmektedir.

İlk kütüklerin sistem elemanları ile olan bağlantısı yapıldıktan sonra, diğer kütükler aşağıdan yukarıya doğru, daha önceden belirlenen sıraya göre üst üste bindirilerek tüm yapı boyunca monte edilmektedir. Kütüklerin birbirlerine bağlantıları, 100 cm aralıklarla 14 veya 16cm’lik büyük vidalarla ve boydan boya geçen metal civatalarla sağlanmaktadır. Ayrıca, kütüklerin aralarına poliüretan tutkal sürülerek rijitlik

---

<sup>1</sup> Duvarlarda ladin, sedir, karaçam ve sarıçam, dış kapı ve pencerelerde sedir, iç bölümlerde ladin, köknar ve kızılçam kullanılmaktadır [17]. Güneş ışınlarının etkisiyle karaçamın yüzeyine çıkan reçine, yapıyı dış etkenlere karşı koruyan bir tabaka oluşturduğundan, karaçam sistem için en uygun olan ağaçtır. Geniş yapraklı ağaçlardan sadece meşe ağacı kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise hem kolay işlenebilmesi hem de ıslak ve kuru ortamda hava etkilerine karşı dayanıklı olmasıdır [2].

arttırılmaktadır [7]. Bütün kütüklerin arasına dolgu profilleri yerleştirilerek hem hava ve böcek girişi engellenmekte, hem de kütüklerin birbirleri üzerinden kaymaları engellenmektedir.

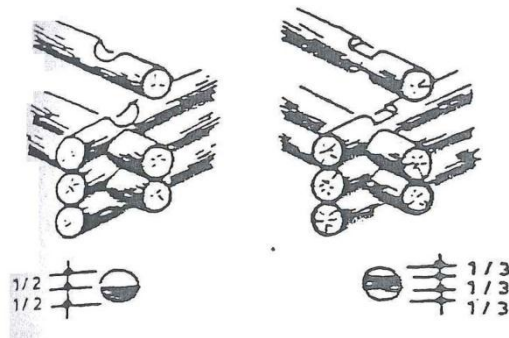
Ahşap yığma yapılarda sisteme karakteristik özellik katan unsur duvarlardır. Duvarlar, ahşap malzemenin şekline bağlı olarak iki farklı gruba ayrılmaktadır:

*Kütük Yığma Duvarlar:* En basit kütük yığma duvarlar, ormandan kesilen ağaçların hiçbir işlemten geçirilmeden birbirleri üzerine yığılmasıyla üretilen duvarlardır (Şekil 2.10). Bu sistemin uygulandığı yapılar “Tomruk Ev” olarak da adlandırılmaktadır [21].



Şekil 2.10 Kütük yığma konut [22]

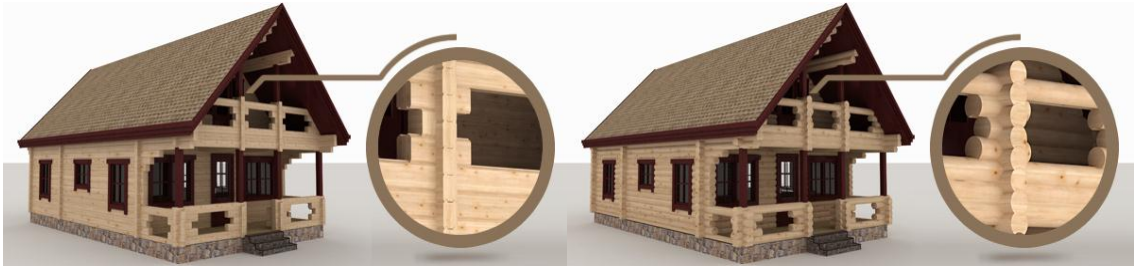
Duvar elemanları köşelerde, ağaçların ara kesitlerinden en az 30cm taşacak şekilde birbirleri üzerine, 1/2 (Boğaz geçme), 1/3 (Kara boğaz) veya 1/4 oranında bindirilmektedir (Şekil 2.11). Kütük kalınlıklarından doğan boşluklarına, çamur ya da harç kullanılarak giderilmektedir. Mekânların iç yüzeyleri de bağdadi çıtalarla kaplanarak düz yüzey oluşturulmaktadır.



Şekil 2.11 Kütük yığma duvar ayrıntıları [15]

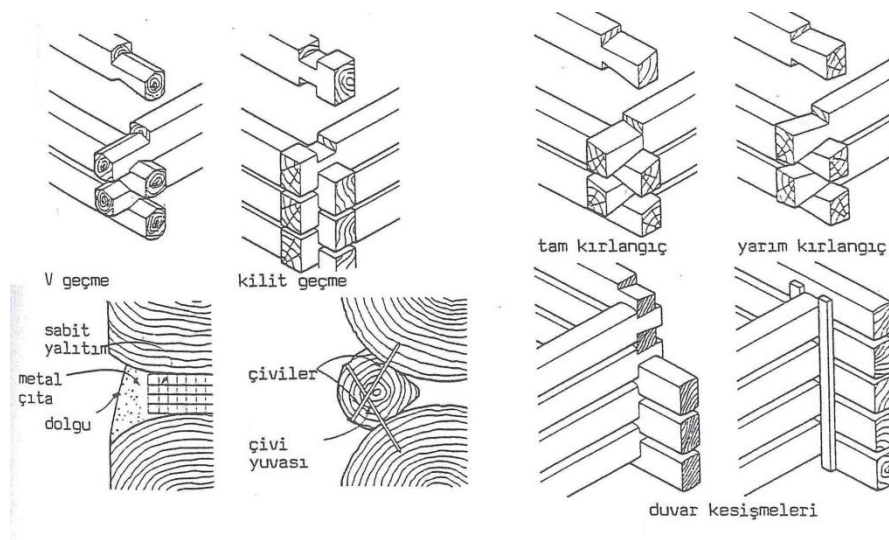
Sistemdeki kapı ve pencereler, duvarlar oluşturulduktan sonra sahada kesim işlemi uygulanarak oluşturulmaktadır. Önceden kapı ve pencere boşlukların uygun olarak hazırlanmış çerçevelerle kesim işlemi yapılmaktadır.

**Blok Yiğma Duvarlar:** Kuruluş ilkesi kütük yiğma duvar gibidir. Fakat kütükler arasındaki boşlukların giderilmesi için kütükler profilendirilerek birleşme yüzeyleri düzeltilmektedir (Şekil 2.12). Tomrukların işlenerek kare veya dikdörtgen kesitli hale getirilmesi ile oluşturulan yapılar “Kütük Ev” olarak da adlandırılmaktadır [21].



Şekil 2.12 Blok yiğma konut [23]

Tomruklar elle işlenerek düzeltilebildiği gibi, tabakalı tutkal teknolojisinden de yararlanılarak farklı şekillerde ve ölçülerde, profiller elde edilebilmektedir. Farklı firmaların farklı profil şekilleri ve farklı köşe uygulamaları bulunmaktadır (Şekil 2.13). Bu uygulamada da, duvar elemanları köşelerden en az 30cm taşmakta ve birbirleri üzerine 1/2 oranında bindirilmektedir. Duvar elemanları, her iki taraftan da düz yüzeyli oldukları için, mekânların iç yüzeylerinde kaplama yapılmasına gerek duyulmamaktadır.



Şekil 2.13 Blok yiğma duvar ayrıntıları [15]

Pencere ve kapı boşlukları önceden belirlenmektedir. Her parça fabrika ortamında projeye göre üretilip numaralandığı için, sahada kurulum tamamlandığında kapı ve pencere boşlukları kendiliğinden oluşmaktadır.

#### d. Çatılar

Çatı oluşturulmasında kullanılan bütün ahşap elemanlar kütüktür. Kütük yapım sisteminde çatılar iki farklı şekilde kurgulanabilmektedir [20];

*Kütük Yığma Çatı:* Çatıyı, duvar sisteminin kendisi oluşturmaktadır. Duvar ile çatı bütün haldedir. Çatı, duvar sistemi üzerine oturtulmaktadır. Duvar elemanları çatının eğimine uygun olacak şekilde kesilip, üst üste getirilerek çatı duvarı oluşturulmaktadır. Belli mesafelerde uç bölümlere 90° açıyla yine yatay yönde kütük elemanlar yerleştirilmektedir. Genellikle geçme yöntemi kullanılmakta ve birleşim detayları önem kazanmaktadır. Yığma duvarların üst bölümlerindeki kütüklerin uzun tutulması ile saçak oluşturulması da mümkün olmaktadır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Kütük yığma çatı örneği [24]

*Kütük Makas Çatı:* Makas oluşturma mantığına dayanan çatı kurgusudur. Oluşturulan çatı makası, yığma duvarların üzerine oturtulmaktadır. “Tek Çerçevesiz Makas” ve “Çift Çerçevesiz Makas” olmak üzere iki farklı şekilde tasarlanabilmektedir. Her ikisinde de çok çeşitli birleşim detayları uygulamak mümkündür. İki sistem arasındaki tek fark, çift çerçevesiz makas sisteminde ara destek olarak çerçeve elemanların kullanılmasıdır. Bu elemanlar, genellikle kare veya dikdörtgen kesitlidir (Şekil 2.15).





Şekil 2.15 Kütük makas çatı örneği [25]

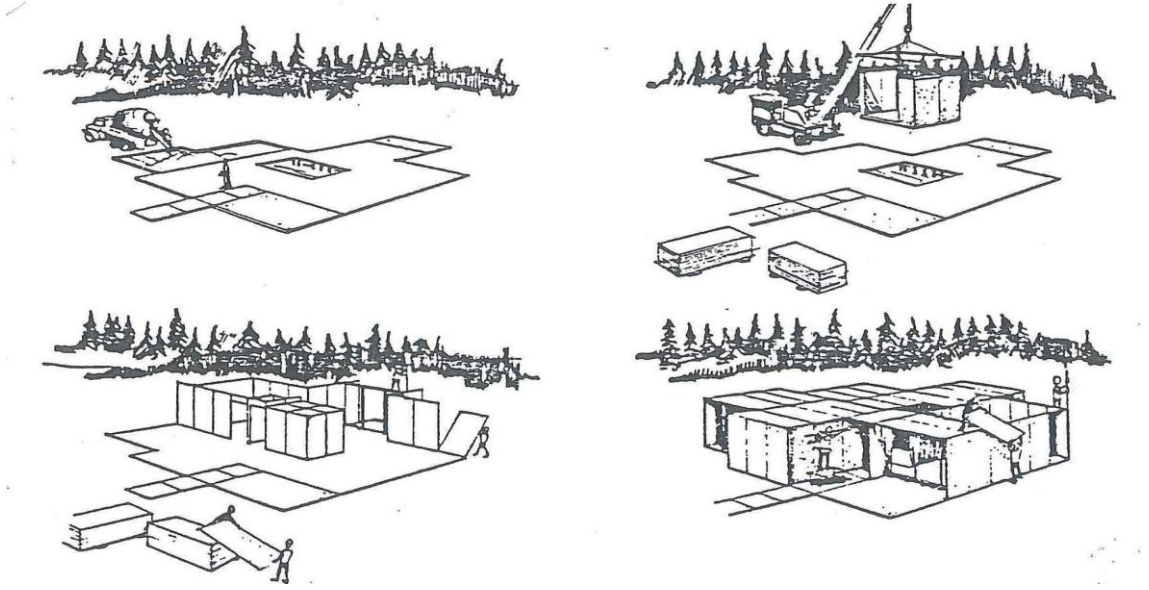
Bütün çatı uygulamalarında, çatı makaslarının üzerine kontrplak veya OSB levhalar ile alt kaplama, üzerlerine de su yalıtımı yapılmaktadır. Üst kaplama olarak genellikle asfalt shingle ve metal esaslı çatı kaplamaları kullanılmaktadır [15]. Kiremit uygulamalarına da rastlamak mümkündür.

### 2.5.2 Ahşap Panel Sistem

Ahşap panel sistem, prefabrike elemanların iskelet sistemine entegre edilme çalışmaları sırasında geliştirilmiştir. 1931 yılında Walter Gropius, Almanya-“Finow’daki Copper evlerinin duvarlarında kullanılmak üzere büyük panellerden oluşan prefabrike bir duvar sistemi geliştirmiştir. 1943–1945 yılları arasında bu sistem, Walter Gropius ve Konrad Wachsmann tarafından daha da geliştirilmiştir. Amerika’da Paket Ev (Packaged House) adı altında lisansı alınan bu sistem, ahşap panel sistemin esasını oluşturmaktadır [19].

Ahşap panel sistem, özellikle tek katlı olan okulların ve büroların yapımı için oldukça uygundur. Tek katlı veya en fazla iki katlı olan konutların yapımında da kullanılabilir. Sistem, kendi kendini taşıyabilen panellerden oluşmaktadır. Sistem içerisindeki bütün elemanlar panellerden oluşmaktadır. Fabrikada daha önceden üretilmiş olan farklı boyutlardaki panellerin, şantiyede bir araya getirilmesi ile panel sistem yapıları oluşturulmaktadır (Şekil 2.16). Paneller, duvar boyunca birbirlerine

geçme yöntemleriyle bağlanabildikleri gibi, dikmeli birleştirme yöntemleri ile de bağlanabilmektedir. Ahşap panellerin köşelerinde dikmeler bulunmaktadır [17].



Şekil 2.16 Ahşap panel sistem uygulama aşamaları [15]

Sistem, Amerika, Kanada ve Kuzey Avrupa gibi ahşap yapıların yaygın olarak bulunduğu ülkelerde uygulanmaktadır [6]. Türkiye'deki ise durum farklılık göstermektedir<sup>1</sup>. Planlama ve uygulama aşamasında yasal kısıtlamaların bulunmasından ve üretim sürecinde de belirli bir niteliğin sağlanamamasından, günümüzde yaygın olarak kullanılmamaktadır [15].

Diğer yapım sistemlerine göre, dezavantajları olan bir sistemdir. Çünkü yük taşıma kapasitesi ve yangın dayanımı oldukça azdır. Ayrıca sistemin, planlamada kısıtlamaları bulunmaktadır. Ancak panel sistemle üretilen yapılar, diğer sistemlerle üretilen yapılara göre daha hafif ve ekonomiktir. Sistem elemanları şantiye alanına kolaylıkla taşınabilmektedir.

### 2.5.2.1 Prefabrike Ahşap Panel Elemanlar

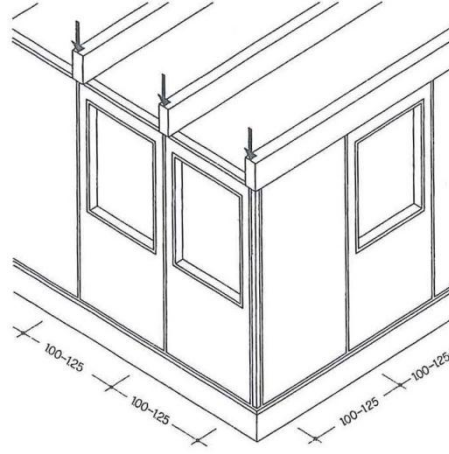
Prefabrike ahşap panel elemanlar; uygulama şekillerine, boyutlarına, bir araya getirilmelerine, yük taşıyıcı olup olmamalarına, havalandırılmalı veya havalandırmasız

<sup>1</sup> Türkiye'de üretilen en ağır panel elemanı, 85kg civarındadır. Sistem; 80kg/m<sup>2</sup> kar yüküne, 120km/h rüzgâr hızına, 1. derece deprem bölgesine ve 3. iklim bölgesi koşullarına uygun olacak şekilde üretilmektedir [13].

olmalarına göre farklı şekillerde üretilmektedir. Ahşap paneller; küçük taşıyıcı paneller, geniş taşıyıcı paneller, oda üniteleri ve taşıyıcı olmayan küçük ve geniş paneller olmak üzere dört farklı grupta toplanmaktadır.

#### a. Küçük Taşıyıcı Paneller

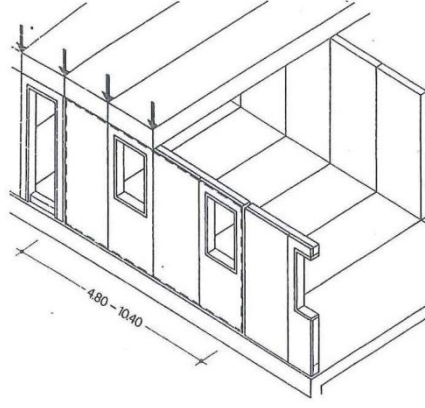
Küçük taşıyıcı paneller, havalandırılmalı veya havalandırmasız olarak üretilmektedir. Boyutları 1.00m–1.25m arasında değişmektedir. Paneller; ahşap dikme, alt başlık ve üst başlık olmak üzere üç parçadan oluşmaktadır. Modüler sisteme uygun olarak tasarlanmış olan tek katlı konutların, iç veya dış duvarlarında kullanılmaktadır. Oluşturulan iskeletin içi yalıtım ürünleri ile doldurularak, yüzeyleri çift taraflı levhalarla kaplanmaktadır (Şekil 2.17) [19].



Şekil 2.17 Küçük taşıyıcı paneller [19]

#### b. Geniş Taşıyıcı Paneller

Geniş taşıyıcı paneller ile küçük taşıyıcı panellerin sistem kurgusu aynıdır. Geniş taşıyıcı paneller, küçük taşıyıcı panellere göre daha büyük ve geniş olarak üretilmektedir. Bu panellerin alt başlığı daha uzun olmakta, çeşitli dikmeler bulunmakta ve sürekli üst başlıktan oluşmaktadır. Panellerin boyutları, 4.80m–10.40m arasında değişmektedir. Geniş taşıyıcı panellerin boyutları döşeme planına, yük taşıma kapasitesine ve bölme modül aralıklarına göre ayarlanmaktadır. Bu paneller yalnızca iç ve dış taşıyıcı duvarlar olarak değil, döşeme ve çatı elemanı olarak da kullanılabilir. Bu uygulamada kullanılacak olan paneller, yük taşıma kapasitesine bağlı olarak 10.00m'ye kadar uygulanabilmektedir (Şekil 2.18) [19].

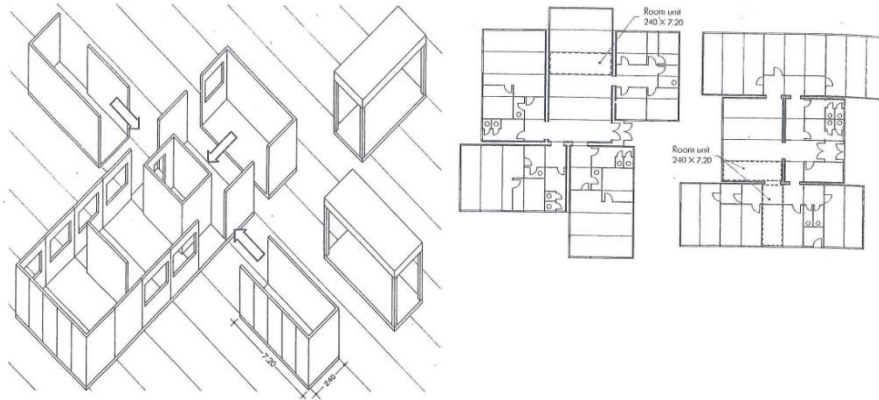


Şekil 2.18 Geniş taşıyıcı paneller [19]

Küçük taşıyıcı panel elemanlar yerine, geniş taşıyıcı panel elemanlarının kullanılması hem süre hem de iş gücü açısından daha avantajlıdır. Panel elemanlar arasındaki dikey birleşim noktalarının sayısı azaldıkça, uygulama sırasında iş gücünde azalmaktadır. Böylece, yapının maliyeti azalmakta, hem de yapı daha kısa sürede tamamlanmaktadır.

### c. Oda Üniteleri

Oda ünitelerinin genişlikleri 2.40m–8.40m arasında değişmektedir. Bu ölçüler oda ünitelerinin boyutlarını da belirlemektedir. Oda üniteleri kullanılarak üretilen yapıların tasarımında; ölçülerin standart olmasına, taşımacılık limitlerine ve ekonomik montaj donanımlarına dikkat edilmelidir. Oda üniteleri, kapalı veya bölümsel açık ünitelerden oluşmaktadır. Döşeme ve duvarlar atölyelerde üretilmekte, şantiyede monte edilmektedir (Şekil 2.19). Gelişmelere bağlı olarak sistem; okul odalarında, ofislerde ve konutlarda uygulanmaya başlanmıştır [19].



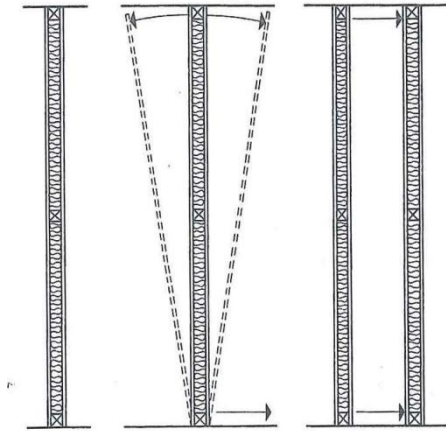
Şekil 2.19 Oda üniteleri [19]

Oda üniteleri kullanılarak üretilen yapılar, diğer yapım sistemlerine göre daha avantajlıdır. Üniteler, fabrikalardan şantiyeye alanına kolayca taşınabilmekte ve montaj kısa sürede tamamlanabilmektedir. Böylece yapım maliyeti de azalmaktadır.

#### d. Taşıyıcı Olmayan Küçük ve Geniş Paneller

Taşıyıcı olmayan küçük ve geniş paneller, sürekli olarak hareket edebilen iç bölücü duvarlar olarak kullanılmaktadır. Paneller, yapıdaki kullanım amaçlarına, yerel yapı ölçütlerine, düzenlenişlerine, montaj ve bağlantı noktalarındaki yük taşıma kapasitelerine, akustik özelliklerine ve yangına karşı dayanıklı olup olmamalarına bağlı olarak çok farklı şekillerde üretilmektedir.

Taşıyıcı özelliği olmayan, sadece bölücü özelliği olan paneller hareketliliklerine göre; kalıcı bölücüler, sınırlı hareketli bölücüler ve hareketli bölücüler olmak üzere üç farklı şekilde üretilmektedir. Akustik özelliklerine göre de; kaplamanın bölücü panele tespit edildiği veya kaplamanın bölücüden ayrı uygulandığı iki farklı yöntem bulunmaktadır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 Taşıyıcı olmayan küçük ve geniş paneller [19]

Bölücü panellerin düzenlenmesi, temel sisteminin ölçülerine bağlıdır. Taşıyıcı olmayan panellerin taşıyıcı olan panellerle bağlantısında, yatay kuvvet etkilerine dikkat edilmelidir. Her iki panelin de dayanımlarının eşit olması gerekmektedir [19].

### 2.5.2.2 Ahşap Panel Yapıdaki Sistem Elemanları

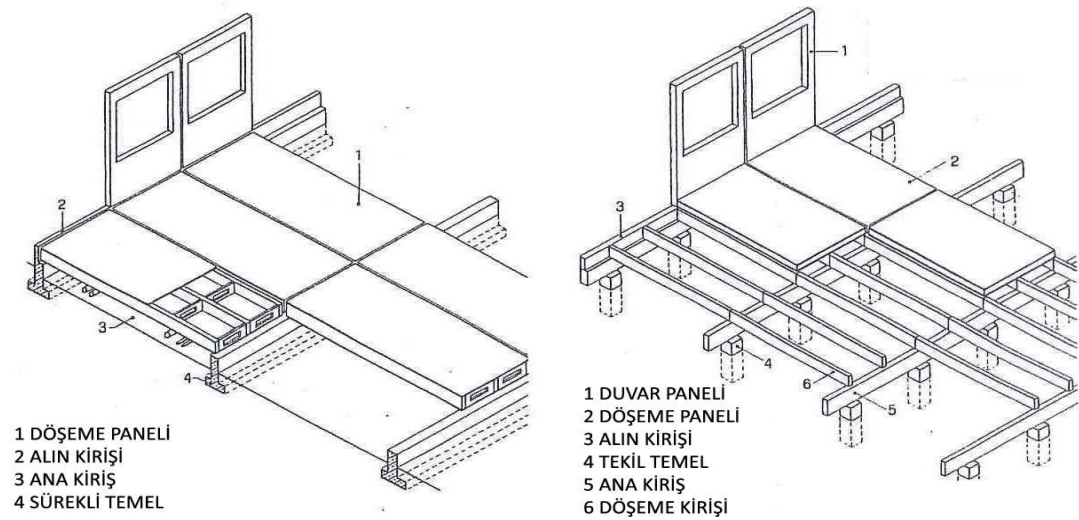
Panel sistemde yer alan döşeme, duvar ve kimi zamanda çatılar prefabrik panellerden oluşmaktadır. Sadece temel şantiye ortamında dökülmektedir.

#### a. Temeller

Ahşap panel sistemde oluşturulacak olan temel; sürekli duvar şeklinde, sürekli temel veya tekil temel şeklinde uygulanabilmektedir. Sürekli temel uygulaması daha kısa sürede tamamlandığından daha çok tercih edilmektedir [7]. Deprem bölgelerinde ise, radya temel uygulamaları daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Uygulanan temel sistemlerine bağlı olarak, döşeme sistemlerinin kuruluşu da farklılık göstermektedir.

#### b. Döşemeler

Döşeme sisteminin kuruluşuna, mevcut temel sistemi üzerine 10x10cm'lik taşıyıcı ana kirişlerin yerleştirilmesi ile başlanmaktadır. Taşıyıcı ana kirişlerin üzerine, 40-60cm aralıklarla ve taşıyıcı kirişlere ters yönde, 5x15cm'lik döşeme kirişleri konmaktadır. Döşeme kirişlerinin uç kısmına dik olarak konulan bir kiriş, alın görevi görerek hem döşeme kirişlerini bir arada tutacak olan çerçeveyi oluşturmakta, hem de ahşap duvar panelleri için alt başlık oluşturmaktadır. Döşemenin taşıyıcı sistemi tamamlandıktan sonra, ahşap paneller kullanılarak döşemenin alt kaplaması yapılmaktadır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 Sürekli veya tekil temelde döşeme sistemi [19]

Bazı uygulamalarda, taşıyıcı sistemi olan döşeme uygulamalarına gerek duyulmamakta, hazır döşeme panelleri ile yapının döşeme sistemi oluşturulabilmektedir. Bu uygulama için, ilk ve son temelin duvar şeklinde ve kademeli olarak yapılması gerekmektedir [15].

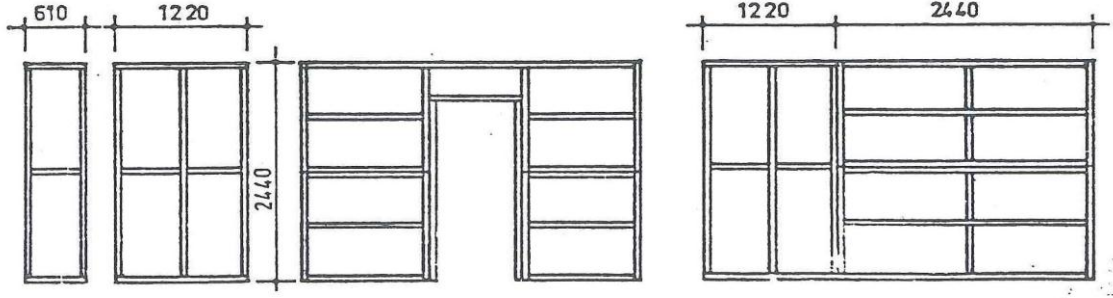
Döşeme sisteminde, geleneksel ahşap kirişlerden daha üstün olan "I" kirişlerin kullanılması daha uygundur. Fırınlanmış ahşap ve OSB (Oriented Stranded Board) ile üretilen kompozit kirişlerde eğilme, bükülme ve burulma görülmemektedir. "I" kirişler kullanılarak yapılan döşeme sistemlerinde, hem daha az ahşap kullanılmakta hem de döşemenin yük taşıma kapasitesi artmaktadır. Böylece, yapıda daha geniş açıklıklar, daha rahat geçilebilmektedir.

Taşıyıcı kirişler ile beton yüzey arasına su, nem ve hava sızıntılarını engellemek için metal koruyucu eşikler monte edilmektedir. Taşıyıcı kiriş ile döşeme kirişi arasına da tercihe göre yalıtım uygulanabilmektedir. Yapının temel sistemi ile döşemenin taşıyıcı sistemi arasında kalan boşluklardan, tesisat ve elektrik kanalları geçirilmektedir.

### **c. Duvarlar**

Duvar sistemi, çeşitli boyutlarda üretilmiş olan panellerden oluşmaktadır. Duvar panelleri fabrika ortamında ön bileşenli olarak üretilmekte, şantiye ortamında da yerlerine monte edilmektedir. İç bölücü duvarlar hariç, bütün duvar panelleri taşıyıcı özelliğe sahiptir. Duvar panelleri, çatıdan gelen bütün yükü temeller vasıtasıyla zemine iletmektedir. Sistem içerisinde kullanılan bütün duvar panelleri, ahşap dikmeler gibi çalışarak, yatay ve düşey yüklere karşı güçlü, stabil bir duvar etkisi yaratmaktadır.

Duvar panelleri, 10x10cm boyutlarındaki alt başlık, dikme ve üst başlıktan oluşmaktadır. Düşey ağırlığı taşımakta olan dikmeler, alt ve üst başlığa ahşap kama, metal veya çelik elemanlarla bağlanarak çerçeve oluşturulmaktadır. Duvar panelindeki bütün kapı ve pencere boşlukları, iskeletin oluşturulması sırasında iç bölümde oluşturulmaktadır. Ayrıca panellerin dayanımını arttırmak, iskeletin sert ve bükülmez olmasını sağlamak için dikme aralarında diyagonal köşebentler uygulanmaktadır [19]. Duvar panellerinin taşıyıcı sistemi oluşturulduktan sonra, duvarlar levhalar ile kaplanmaktadır. Duvar panelleri, 10mm kalınlığında iki çimentolu yonga levha arasına, 40mm kalınlığında polistren sert köpük preslenerek elde edilmektedir (Şekil 2.22) [15].



Şekil 2.22 Ahşap duvar paneli [15]

Duvar panellerinin alt başlıkları, döşemeyi oluşturan alın kirişinin üzerine monte edilmektedir. Duvar panellerinin her biri, birbirlerine “H” biçimindeki özel profillerle birleştirilmektedir. Kullanılan bütün metal ve çelik elemanlar, yatay yüklerin iletimini sağlamaktadır. İklim koşullarına bağlı olarak, dikme aralıkları yalıtım malzemeleri ile doldurulabilmektedir. Hava dolaşımını engelleyen panel kilit sistem sayesinde yapılar kışın sıcak, yazın serin olmaktadır.

İç ve dış duvarların kaplanabilmesi için, ahşap duvar panellerinin üzerine 2x2cm veya 2x2.5cm kalınlığında çıtalar çakılmaktadır. Daha sonra bu çıtaların üzerleri istenilen malzeme ile kaplanmaktadır. Duvar üzerine uygulanan kaplamalar, panel rijitliğini de arttırarak dayanım sağlamaktadır [19].

#### d. Çatılar

Ahşap panel sistemde çatı, farklı şekillerde kurgulanabilmektedir;

*Hazır Çatı Panelleri:* Atölyelerde hazırlanmış olan çatı panellerinin, duvar panellerinin üzerine yerleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Çatı panellerinin genişlikleri 1.25–2.50m arasında değişmektedir. Paneller kullanılarak oluşturulan çatılarda, en fazla 10.00m açıklık geçilebilmektedir [19]. Planlamaya bağlı olarak paneller, duvardan dışarıya doğru uzatılarak saçak oluşturulabilmektedir. Hazır çatı panelleri; çerçeve, kiriş, alt levha, üst levha ve iki levha arasında bulunan yalıtım malzemelerinden oluşmaktadır. Paneller yerleştirildikten sonra, çatı kaplaması isteğe bağlı olarak uygulanmaktadır. Duvar panelleri ile çatı panellerinin birleştiği yerler, kaplanmakta ve metal damlalıklar ile koruma sağlanmaktadır.



*Çatı Kirişi Sistemi:* Enerji verimi yüksek paneller ile yapısal üstünlüğü olan ahşap “I” kirişlerin birleşiminden oluşmaktadır. Çatı kirişi sisteminde, 5x15cm boyutundaki çatı kirişleri 40–60cm aralıklarla yerleştirilmekte, üzerleri kaplama malzemeleri ile kaplanmakta, çatı kirişleri arasına da yalıtım malzemeleri konmaktadır. Duvar panellerinin birleştiği noktalarda çift çatı kirişi uygulanmasına dikkat edilmelidir.

*Çatı Makası Sistemi:* Diğer çatı uygulamalarının aksine düz olarak değil, kırma veya eğimli olarak da uygulanabilmektedir. Konut, kırsal işletme ve ticari yapılar için, proje özelinde tasarlanmaktadır. Çatı makasları, yük dağılımına ve mekânsal tasarıma uygun bir şekilde üretilmektedir.

### **2.5.3 Ahşap Çerçeve Sistemler**

Ahşap çerçeve sistemler, taşıyıcı özellik gösteren iskelet ve bu iskelet arasındaki boşlukları dolduran dolgu veya kaplama malzemelerinden oluşmaktadır. Tek boyutlu ahşap bileşenlerden oluşan taşıyıcı sistem, yatay ve düşey kuvvetleri karşılayarak yapının ayakta kalmasını ve stabiliteyi sağlamaktadır. Dolgu bölüm ise dış etkilerin iskelete zarar vermesini önleyerek, yapıyı ısıya, neme ve sese karşı korumaktadır [26].

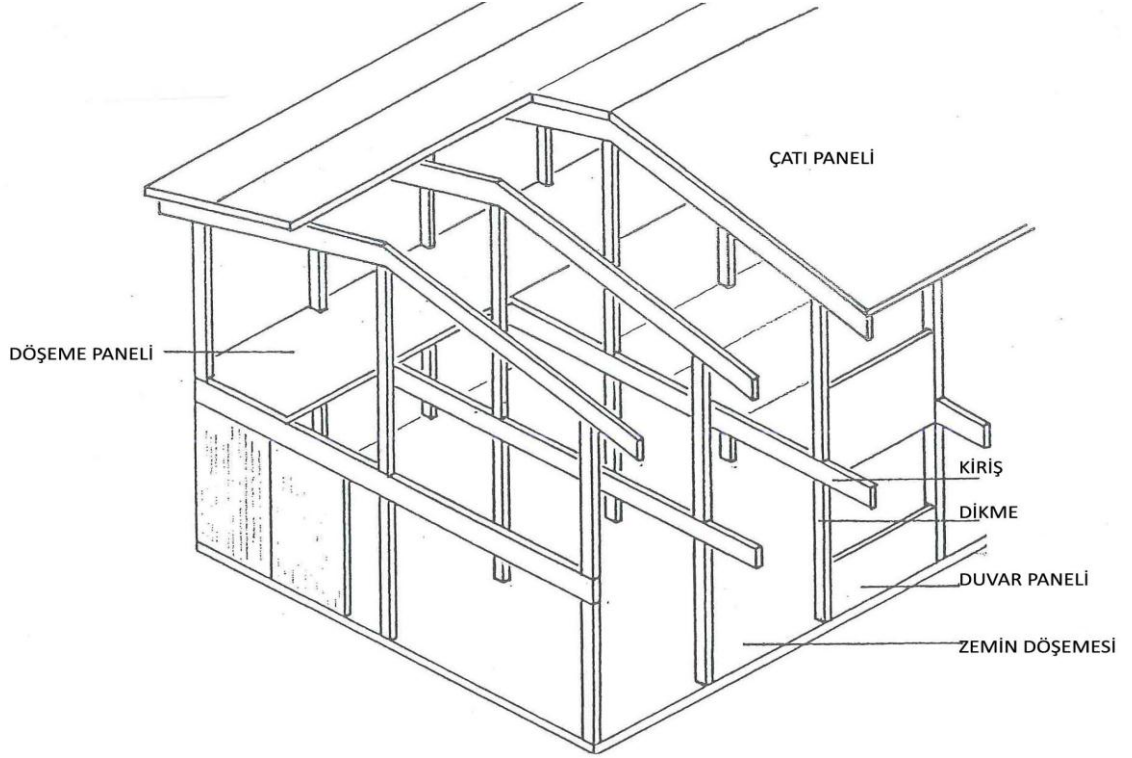
Çerçeve sistemler, ana ve yardımcı elemanlarla oluşturulan bir sistemdir. Taşıyıcı sistemi oluşturan ana elemanlar, taban ve başlık kirişleri, dikmeler ve diyagonallerdir. Yardımcı elemanlar ise taşıyıcı özellik göstermeyen diğer elemanlardır. Yardımcı elemanlar, döşeme gibi kullanım yüzeylerini oluşturan, ana elemanları destekleyen, duvarları kaplamada kullanılan, çatı örtüsünü taşıyan, pencere ve kapı gibi elemanları sabitlemek için kullanılan elemanlardır.

Ahşap çerçeveli yapıların üretiminde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler, yük taşıyan elemanların ve bağlantıların düzenlenmesine göre değişiklik göstermektedir. Bunlar, kolon ve kiriş çerçeve sistemler ve kaburga sistemler olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır.

#### **2.5.3.1 Kolon ve Kiriş Çerçeve Sistemler**

Kolon ve kiriş çerçeve sistemler, taşıyıcı olan ahşap kolonlar ve bu kolonlar üzerinde yer alan taşıyıcı kirişlerin, belirli açıklığa göre modüler olarak düzenlenmesi esasına dayanmaktadır (Şekil 2.23). Bu tip sistemler, ağır ahşap sistemler olarak

nitelendirilmektedir. Modüler olan açıklık mesafeleri, planların ve katların oluşturulmasına tasarım ve disiplin katmaktadır [27]. Kolon ve çerçeve aralıkları; bölge koşullarına, tasarım ölçütlerine, istenilen mekân ölçülerine, kullanılacak olan döşeme sistemine ve kirişlerin türüne bağlı olarak düzenlenmektedir [17], [28].



Şekil 2.23 Kolon ve kiriş çerçeve sistem [27]

Kolon ve kiriş çerçeve sistemlerin oluşturulması sırasında, yatay yük etkilerine karşı gerekli önlemlerin alınması oldukça önemlidir. Doğru yük aktarımının sağlanabilmesi için, temelden başlayarak bütün sistem elemanlarının birbirlerine çok iyi şekilde bağlanması gerekmektedir.

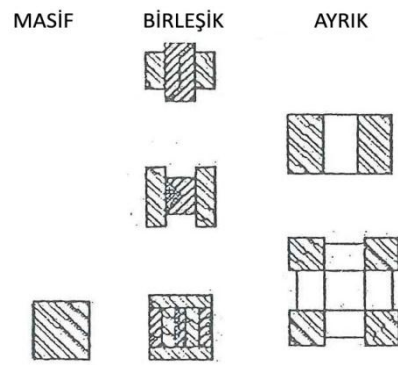
Kolon ve kiriş çerçeve sistemler, strüktürlerinden dolayı tasarıma kısıtlamalar getirmektedir. Fakat sağlamış olduğu birçok avantajda bulunmaktadır. Bu sistemler, yığma sistemlere göre ahşabın daha ekonomik olarak kullanıldığı sistemlerdir. Sistem içerisindeki ana elemanlar, diğer sistemlere göre daha güçlüdür. Ayrıca, çatı ve döşemelerde çıkma veya konsol yapılabilir [28]. Yapı içerisinde geçilen açıklığa oranla, elemanlar yüksek elastikiyete sahiptirler ve yüksek dayanım göstermektedirler. Büyük kesitli kolon ve kirişlerin kullanımı, yangın dayanımını arttırmaktadır. Gerek duyulduğunda, sistem elemanları kolayca değiştirilebilmektedir. Cephede değişik

kaplama uygulamaları yapılabilmektedir. Ayrıca, yapı kısa sürede tamamlanabilmektedir [3].

Kolon ve kiriş çerçeve sistemler; temel, taşıyıcı kolonlar, döşeme ve duvar sisteminden oluşmaktadır;

*Temel Kurgusu:* Kolon altlarında, betonarme ya da çelik ankrajlı tekil temel uygulanmaktadır. Gerekli durumlarda ve bölgelerde, sürekli temel uygulamaları da yapılabilmektedir. Özellikle deprem bölgelerinde, sürekli temel uygulamaları daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

*Kolonlar:* Sistemdeki taşıyıcı elemanları oluşturan kolonlar; masif, birleşik parçalı veya ayırık (boşluklu) olarak üretilmektedir (Şekil 2.24). Birleşik parçalı kolonlar, yapıştırılarak ya da mekanik tespit yoluyla, ayırık kolonlar ise iki ya da daha çok parçanın bir araya getirilmesi ile elde edilmektedir [28]. Ahşap kolonların yük aktarımlarının ve dayanımlarının eşit olabilmesi için, kolonların kare veya kareye yakın kesitli olması gerekmektedir.



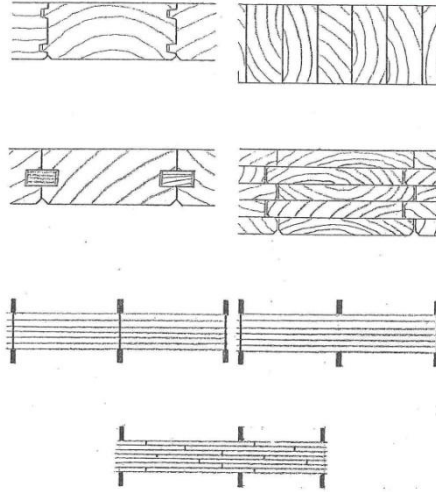
Şekil 2.24 Ahşap kolonlar [28]

*Döşeme Sistemi:* Kolon ve kiriş çerçeve sistemlerde döşemeler; belirli açıklıklılara göre düzenlenmiş olan ana ve tali kirişlerden, kirişlerin üzerine bulunan ve yük taşımayan sadece yapıyı stabil hale getirmek ve düzgün bir yüzey oluşturmak için kullanılan ahşap panellerden oluşmaktadır.

Döşemede kullanılacak olan tali kirişlerin yükseklikleri, kullanılacak olan ahşabın türüne göre değişiklik göstermektedir. Tali kirişlerin yüksekliği; masif ahşap kullanılacaksa açıklığın 1/15'i, tabakalı ahşap kullanılacak ise açıklığın 1/20'si kadar alınmaktadır. Ana kirişlerin yükseklikleri de, tali kirişlere 15cm eklenerek hesaplanmaktadır. Masif ahşap

kullanılan ana veya tali kirişlerin genişlikleri; yüksekliklerinin 1/3 ile 1/2'si, tabakalı ahşap kirişlerin genişlikleri ise yüksekliklerinin 1/3 ile 1/4'ü arasında değişmektedir<sup>1</sup>.

Döşeme kirişlerinin üzerine yerleştirilen döşeme tabliyeleri; tek açıklıklı, çift açıklıklı veya sürekli açıklıklı olarak düzenlenebilmektedir<sup>2</sup> (Şekil 2.25). Döşeme tabliyelerinin kalınlıkları, geçilecek açıklığa göre belirlenmektedir. Döşeme tabliyelerinin kalınlığı, açıklığın 1/30'u kadar, çatı tabliyesinin kalınlığı da açıklığın 1/40'ı kadar alınmaktadır<sup>3</sup>.



Şekil 2.25 Ahşap döşeme tabliyeleri [29]

Ahşap tabliye kullanılarak oluşturulan döşeme sistemi, yapının yatay düzlemdeki stabilitesini sağlamaktadır. Fakat tesisatın döşenmesi ve ses yalıtımının yapılması sırasında sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle döşeme oluşturulurken, kirişli ve hazır döşemelerin kullanılması, daha uygun olmaktadır.

**Duvar Sistemi:** Taşıyıcı çerçeve elemanlarının arasında kalan ve taşıyıcı özelliği olmayan duvarlar; mekânları bölme, yapıyı çevreleme, yalıtım ve dolgu görevi görmektedir. Duvar elemanları; yatay veya düşey çerçevelerden, ön yapımlı karma düşey veya yatay

---

<sup>1</sup> Açıklık=	500cm
Masif /tabakalı tutkallı tali kiriş yüksekliği=	33cm/25cm
Masif /tabakalı tutkallı tali kiriş genişliği=	11-16.5cm/40cm
Masif /tabakalı tutkallı ana kiriş yüksekliği=	48cm /6.25-8cm
Masif / tabakalı tutkallı ana kiriş yüksekliği=	16-24 cm /10-13cm

<sup>2</sup> Döşeme tabliyelerinin (ahşap panel) standart ölçüleri; 5, 7.5, 10, 15 ve 20cm'dir.

<sup>3</sup> Açıklık=	500cm
Döşeme tabliyesi kalınlığı=	16.5cm
Çatı tabliyesi kalınlığı=	12.5cm

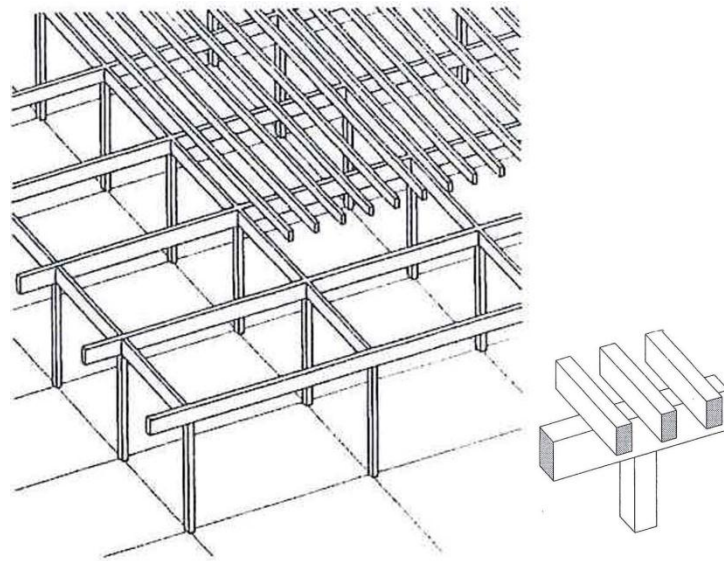
duvar panellerinden, kapı ve pencere birimlerinden oluşmaktadır. Duvarlar, tek veya ayrı dikmelerin arasına, dikmelerden iç kısmına veya dikmelerin dış kısmına yerleştirilebilmektedir. İstendiğinde sistem kurgusu açıkça sergilenebilmektedir.

Taşıyıcı sistem özellikleri, sistem içerisindeki yatay, düşey veya çapraz elemanların belirli bir noktadaki veya düğüm noktalarındaki birleştirilme şekillerine göre belirlenmektedir. Bütün elemanlar birleştirilirken özel çelik bağlantı parçalarının kullanılması gerekmektedir [19].

Kolon ve kiriş çerçeve sistemler, kolonların ve kirişlerin (yatay ve dikey elemanların) düzenlenmesine göre; dikme üstü kiriş çerçeve (tek ve iki katlı), düğüm kiriş çerçeve, çift kiriş çerçeve ve ayrı kolon çerçeve olmak üzere beş grupta toplanmaktadır [19]. Bu gruplandırmada; kirişler, kolonlar veya her ikisi birden sürekli olabilmektedir. Ayrıca, kirişler veya kolonlar ayrı olarak da düzenlenebilmektedir.

#### a. Kolon Üstü Kiriş Çerçeve Sistem (Tek Katlı)

Tek katlı uygulamalardaki sistem, belirli açıklıklara göre düzenlenmiş tek kat yüksekliğindeki kolonlardan ve kolonlar üzerinde yer alan sürekli ana kirişlerden oluşmaktadır. Büyük açıklıklar sadece ana kirişler doğrultusunda geçilebilmektedir. Ana kirişlerin hepsi birbirine paraleldir. İkincil veya tali kirişler, ana kirişlerin üzerinde ve ana kirişlere dik yönde düzenlenmektedir (Şekil 2.26).



Şekil 2.26 Kolon üstü kiriş çerçeve (Tek katlı) [19]

Yaygın olarak kullanılan ve ekonomik olan kolonlar arasındaki aks mesafesi, 5.00–7.00m arasında değişmektedir [2]. Kolonlar arasındaki açıklık, kiriş tipini (masif, tabakalı, makas) belirlemektedir. Diğer yönde geçilecek olan açıklıkların, döşeme kirişlerinin veya döşeme tabliyelerinin geçebileceği maksimum mesafeye göre düzenlenmesi gerekmektedir [17]. Ayrıca, sistem içerisinde birbirinden farklı açıklıkların geçilebilmesi ile farklı büyüklükte mekânlar oluşturulabilmektedir.

Yapıdaki çıkmalar veya konsollar, ancak ana kirişler doğrultusunda ve cephelerde mümkün olmaktadır. Tek katlı olan yapılarda döşeme kirişleri ana kirişlerin üzerine gelecek şekilde düzenlendiğinde, cephelerde 1.50m'ye kadar çıkma yapılabilir. Cephe elemanları ve bölücü elemanlar, kolonlar arasına yerleştirilmektedir [2].

Sistemin en büyük özelliği, ana kirişler dışındaki bütün sistem elemanlarının kolaylıkla elde edilebilecek boyutlarda olmasıdır. Sistem içerisindeki kolon ve ana kiriş bağlantı noktalarının ve bağlantı elemanlarının, yapıya etki eden yükleri karşılayarak, doğru bir şekilde yük aktarımını sağlaması gerekmektedir. Bağlantı elemanlarının çelik olması bu açıdan oldukça önemlidir.

#### **b. Kolon Üstü Kiriş Çerçeve Sistem (İki Katlı)**

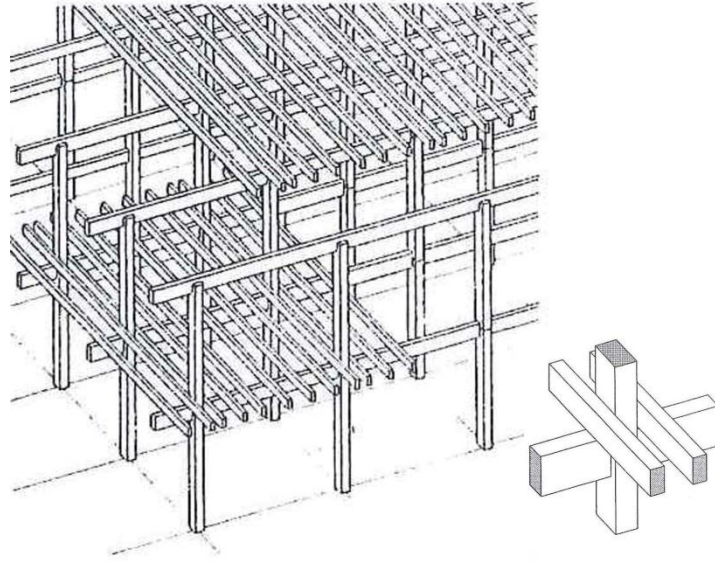
*Birinci Yöntem:* Tek katlı uygulamalarda olduğu gibi, sürekli ana kirişler kolonlar üzerinde yer almaktadır. Bu yapıım yönteminde, kolonlar kat seviyesinde ana kirişler tarafından kesintiye uğramakta, bir sonraki katta yeniden düzenlenmektedir. Burada önemli olan, üst kat kolonlarından gelen yükün alt kat kolonlarına kirişler aracılığı ile değil doğrudan aktarılmasını sağlamaktır<sup>1</sup>[17].

*İkinci Yöntem:* Ana kirişler, kolonların yan yüzeylerinde ve kolonlar arasında yer almaktadır. Bu uygulama yönteminde, kolonlar kat yüksekliğinde kesintiye uğramamaktadır. Çok fazla bağlantı noktası olduğundan ve çok sayıda bağlantı elemanına ihtiyaç duyulduğundan yaygın olarak tercih edilmemektedir[17].

Her iki yöntemde de, kirişler ve kolonlar arasındaki bağlantılar çeşitli şekillerde, çelik veya ahşap birleştirme elemanları ile yapılabilir (Şekil 2.27).

---

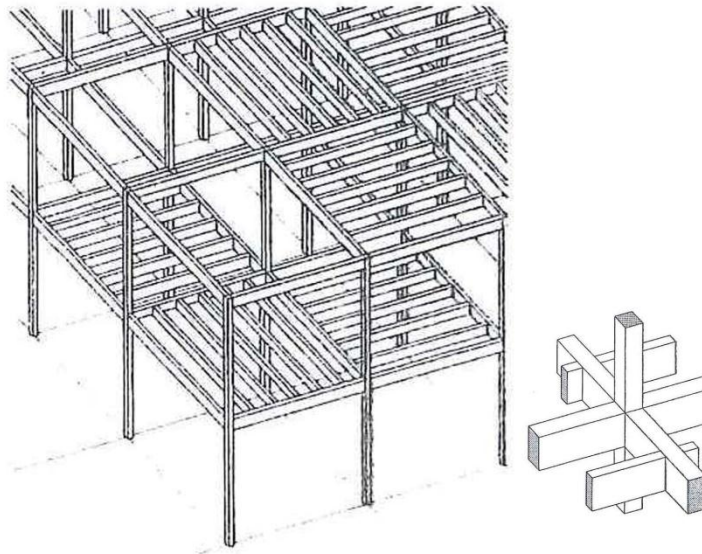
<sup>1</sup> Ahşap, lif yönüne dik doğrultuda gelen yüke direnç gösterememektedir[15].



Şekil 2.27 Kolon üstü kiriş çerçeve (Çift katlı) [19]

### c. Düğüm Kiriş Çerçeve Sistem

Bu yapım yönteminde, ana kirişler sürekli olan kolonlara dört farklı yönden, düğüm kiriş oluşturacak şekilde bağlanmaktadır (Şekil 2.28). Kolonlar arası, yaygın olarak kullanılan ve ekonomik olan aks mesafesi 2.50–4.00m arasında değişmektedir [2]. Bütün iç ve dış bağlantılar, aynı seviyede ve aynı şekilde yapılmaktadır. Döşeme kiriş ve panelleri, düğüm kirişlerle aynı seviyede düzenlenmektedir. Her bir döşeme boşluğunda bulunan ana kirişler, farklı yönlere doğru yönlendirilerek eşit yük dağılımı sağlanmaya çalışılmaktadır.



Şekil 2.28 Düğüm kiriş çerçeve sistem [19]

Kirişler, aynı yükseklikte sürekli kolonlara bağlanmaktadır. Döşeme kirişlerinin veya tabliyelerinin montajındaki zorluğun giderilebilmesi için, düğüm kirişlerin yan yüzeylerine ahşap parçalar (kadron) monte edilmekte, döşeme kirişler veya tabliyeleri bu parçalar üzerine oturtulmaktadır. Kirişlerin kolonlarla olan bağlantılarında, çelik birleşim elemanları kullanılmaktadır [17].

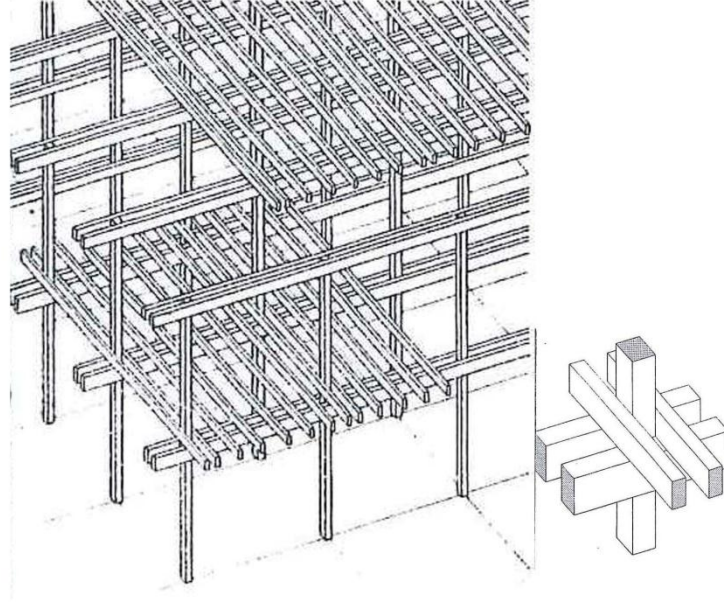
Ana kirişler, kolonlara istenilen noktalardan da bağlanabilmektedir. Böylece, mekânlar arasında farklı yükseklikler oluşturulabilmektedir [2]. Sistem içerisindeki bağlantıların ve bağlantı elemanlarının yüksek maliyetleri, yapılacak bağlantı sayısına bağlı olarak, ön yapım yöntemleri kullanılarak daha ucuza mal edilebilmektedir [6].

Bu sistem ile kübik biçimde çalışmalar yapılabilir. Düzgün bir tavan oluşturulabiliyor olması diğer sistemlere göre avantaj sağlamaktadır. Çok sayıda birimi olan endüstriyel yapılar için ekonomik bir sistem olma özelliği göstermektedir. İki katlı konut üretimi içinde oldukça elverişlidir. Taşıyıcı sistemin karakteristik özelliğinden dolayı, taşıyıcı ahşap elemanlarla, cephede çıkma veya konsol uygulamalarını yapmak mümkün değildir [6].

#### **d. Çift Kiriş Çerçeve Sistem**

Sürekli olarak düzenlenmiş olan çift (ayrık) kirişler, sürekli olarak düzenlenmiş olan kolonların arasında yer almaktadır. Kirişler, kolonların yan yüzeylerine çelik bağlantı elemanları ile bağlanmaktadır. Döşeme kirişleri de, çift kirişlerin üzerinde olacak şekilde düzenlenmektedir (Şekil 2.29). Çift kiriş çerçeve sistemde hem kolonların hem de kirişlerin sürekli olması, yapım aşamasında, diğer kolon ve kiriş çerçeve sistem yapım yöntemlerine oranla avantajlar sağlamaktadır.





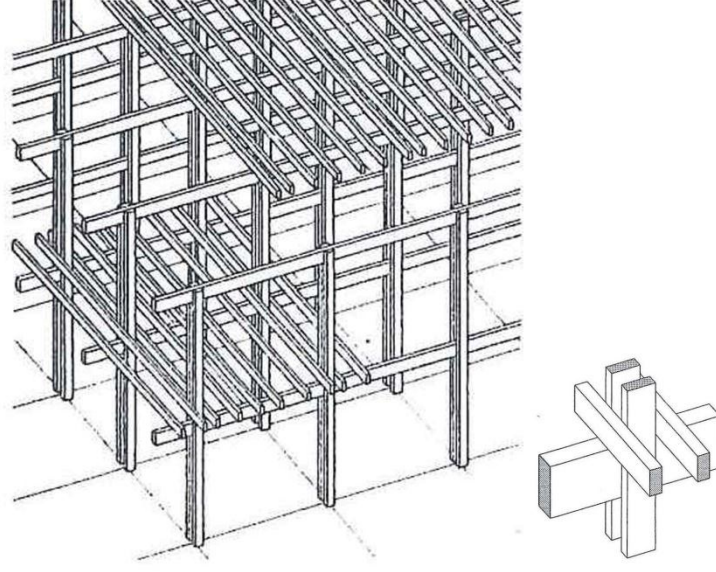
Şekil 2.29 Çift kiriş çerçeve sistem [19]

Ana çift kirişler, kolonlara karşılıklı olarak istenilen yükseklikte bağlanabilmektedir. Böylelikle istenilen her yükseklikte mekân oluşturmak ve mekânlar arasında farklı yükseklikler oluşturmak mümkün olmaktadır. Çift kirişler ile cephede 1.50m'ye kadar çıkma yapılabilmektedir. Yaygın olarak kullanılan ve ekonomik olan, kolonlar arasındaki aks mesafesi, 5.00–7.00m arasında değişmektedir. Duvar kaplamaları, kolonların iç kısmına, kolonlar hizasına veya kolonların dış kısmına yapılabilmektedir [2].

Bu yapım yönteminde, çift olarak düzenlenen kirişlerin dışarı doğru olan uzantılarına dikkat edilmelidir. Kiriş bitişlerinin, metal kaplamalar veya koruyucularla dış ortam koşullarına karşı korunması gerekmektedir [19].

#### e. Ayrık Kolon Çerçeve Sistem

Ayrık kolon çerçeve sistemi, çift kiriş çerçeve sisteminin farklı bir türüdür. Bu yöntemde, sürekli ve çift olarak düzenlenen kirişler, sürekli ve ayrık olarak düzenlenen kolonlar arasında yer almaktadır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30 Ayrık kolon çerçeve sistem [19]

Genellikle iki kolon kullanılarak uygulanan bu sistemin, dört kolon kullanılarak uygulandığı durumlarda bulunmaktadır. Dört kolon kullanılması, ana kirişlerin iki yönlü ve sürekli düzenlenmesine olanak vermektedir. Fakat uygulanma alanı oldukça sınırlıdır. Çünkü sistemi yangına karşı korumak ve burkulmayı önlemek için, kolon kesitlerinin büyük tutulması ve ayırık kolonların arasına dolgu malzemelerinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Ayrık kolon çerçeve yöntemi, fazla yük taşıma kapasitesine sahip olduğundan, büyük açıklıklar rahatlıkla geçilebilmektedir [17].

Ana kirişler her doğrultuda çalıştırılabilmektedir. Kolonlar, istenilen her yükseklikte kirişler kullanılarak, birbirlerine bağlanabilmektedir. Böylelikle istenilen her yükseklikte mekân oluşturmak ve mekânlar arasında farklı yükseklikler oluşturmak mümkün olmaktadır. Çift kolonlar, tek parça halinde ve belirli bir aks aralığına göre düzenlenmektedir. Çift kiriş çerçeve sistemde olduğu gibi bu sistemde de en yaygın ve ekonomik olan aks aralığı 5.00–7.00m arasında değişmektedir. 1.50m'e kadar konsol yapmak mümkündür. Cephe duvarları, kolonların iç kısmında, aynı hizada veya kolonların dış kısmında yapılabilmektedir. Dış kısmında oluşturulduğunda, cephe duvarları delinerek kirişlerin cepheden görünmesi sağlanabilmektedir [2].

### 2.5.3.2 Kaburga Çerçeve Sistemler

Kuzey Amerika, Kanada ve İngiltere’de yaşamakta olan kolonistler<sup>1</sup>, konut ihtiyaçlarını ağır iskeletli çerçeve yapılar ile gidermekteydi. Kolonileşme ve nüfus artışı sonucu ortaya çıkan konut ihtiyacı, bu sistem ile karşılanamayacak boyutlara geldiğinde yeni sistem arayışlarına gidilmiştir.

Sanayileşmeyle buhar gücüyle çalışan birçok makine devreye girmeye başlamış, ahşap fabrikalarda işlenebilir hale gelmiştir. Ağır ve kalın olan ahşaplar, kereste fabrikalarında işlenerek yerlerini, daha ince ve daha hafif olan ahşaplara bırakmıştır. Metalin işlenerek tel çivi haline getirilebilmesiyle de ahşap elemanları birbirine bağlayan bağlantı elemanları üretilmeye başlanmıştır [27]. 1830’lu yılların başında Chicago’lu mühendis George Washington Snow, ince kesitli ahşapları dikme, tel çivileri de bağlantı elemanı olarak kullanarak ahşap iskeletli bir yapı oluşturmuştur [8].

Bu gelişme ile ağır çerçeve yapılar yerlerini hafif çerçeve yapılara bırakmıştır. Hafif çerçeve, günümüzde kaburga çerçeve olarak da bilinmektedir. Kaburga çerçeve sistemler, çerçeve sistemler ile panel sistemler arasında geçiş sistemi olarak kabul edilmektedir [19].

Kaburga çerçeve sistemler; temel, dikme, döşeme ve duvarlardan oluşmaktadır.

*Temel Kurgusu:* Temel, sürekli veya tekil olarak düzenlenebilmektedir. Sürekli temel, parçalı haldeki beton blokların örülmesi ile veya betonun tek parça halinde dökülmesi ile yapılmaktadır [30].

Zemin katın oluşturulabilmesi için, temel üzerine ahşap kirişli zemin kat döşemesi veya betonarme döşeme yapılmaktadır [7]. Zemin kat döşemesi, Türkiye’de daha çok betonarme yerine dökme döşeme ile yurt dışında ise beton zemin üzerine konulan ahşap kirişler ile oluşturulmaktadır [30].

*Dikmeler:* Sistem içerisinde 40-60cm aralıklarla konumlandırılan bütün dikmeler taşıyıcı özelliğe sahiptir. Bu aralıklar, kullanılacak olan kaplama ürünlerinin genişlik ve uzunluklarına bağlı olarak değişmektedir [19].

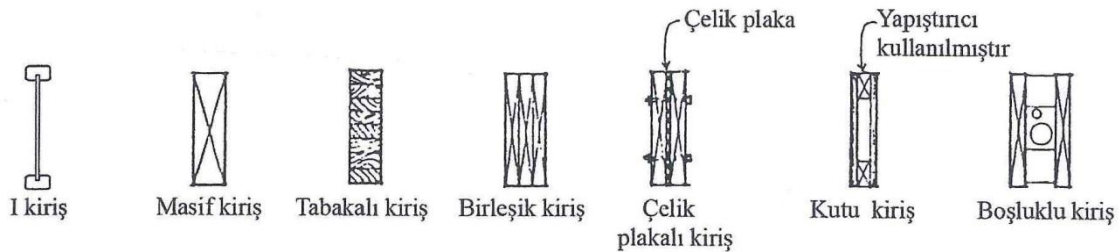
---

<sup>1</sup> Sömürgelik altında yaşayan insan grubu.

Duvar boşluklarının kenarlarında, ikişer adet dikme kullanılmaktadır. Köşelerde ve duvar kesişme noktalarında kullanılan ahşap dikmeler, değişik boyutlarda ve çeşitli şekillerde tasarlanabilmektedir [7].

*Döşeme Sistemi:* Kaburga çerçevelerde genellikle kirişli döşeme sistemi uygulanmaktadır. Kirişler, 40-60cm aralıklarla düzenlenmektedir. Döşemede oluşturulacak olan boşluk çevrelerinde ikişer adet kiriş kullanılması gerekmektedir.

Çerçevelerde; masif kirişler, ahşap "I" kirişler, lamine(tabakalı) kirişler veya makaslar kullanılmaktadır (Şekil 2.31). Kirişlerin boyutları, kullanım yerlerine ve taşıyacağı yük miktarına göre belirlenmektedir [28].



Şekil 2.31 Ahşap kiriş türleri [31]

Masif kirişlerle fazla açıklık geçilemediği için, çok fazla tercih edilmemektedir. Masif ahşap döşeme kirişlerinin boyutlarına göre geçilebilecek olan açıklıklar; 5/15cm–2.40cm, 5/20cm–3.40cm, 5/25cm–4.30cm, 5/30cm–5.20cm'dir.

Ahşap "I" kirişler, fabrika ortamında üretilmektedir. Bu kirişler yapı da, döşeme kirişlerinde ya da çatı merteklerinde kullanılmaktadır. Bu kirişlerin üst ve alt başlığı lamine veya bütün ahşap, iki başlık arasındaki levha ise kontrplak veya OSB'dir. Ahşap "I" döşeme kirişlerinin yüksekliklerine göre geçilebilecek olan açıklıklar; 24cm–4.90cm, 30cm–5.80cm, 36cm–6.70cm, 40cm–7.60m'dir.

Ahşap lamine kirişler, en az üç ahşap parçanın lifleri paralel olacak şekilde tutkallanarak, basınç altında preslenerek birleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Dolgu gövdeli kirişlerdir. Bu kirişler basınca dayanıklı olduğundan, geniş açıklıkların geçilmesi gereken yerlerde kullanılabilir. Ahşap lamine kirişler, düz, trapez, eğrisel, ya da kemer şeklinde üretilebilmektedir.

Ahşap makaslar, büyük açıklıkların geçilmesi gereken yerlerde kullanılmaktadır (Şekil 2.32). Makasların oluşturulmasında, alt başlık, üst başlık ve ahşap veya çelik destekler kullanılmaktadır. Dört farklı şekilde uygulanabilmektedir. Makas kirişler, diğer kirişlere göre daha avantajlıdır. Oldukça hafif olan makas kirişler, tesisat döşemelerinde kolaylık sağlamaktadır. Kiriş yüksekliği, açıklığın 1/18'i kadardır. Makasların yükseklikleri, 5'cmlik artışlarla 30-70cm arasında değişmektedir. Kirişler, 60cm aks aralığı ile düzenlenmektedir.



50x100 mm başlık ve kiriş gövdelerinde çelik bağlantı elemanları. Orta açıklıklar için uygundur.



Ahşap başlıklar ve çelik dikme ve çaprazlamalar. Orta ve geniş açıklıklar için uygundur.



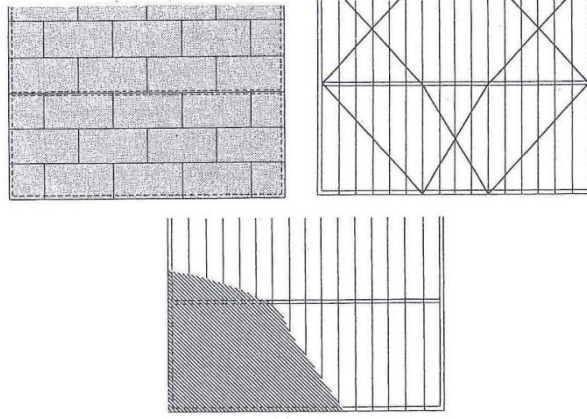
50x80 mm başlık ve 10 mm kontrplak kiriş gövdesi. Orta boy ve küçük açıklıklar içindir. Ahşap başlıklar ve 30-40 mm çaplı çubuk çaprazlamalar. Orta ve geniş açıklıklar için uygundur.



2x(50x150 mm) ahşap başlıklar ve çelik tüp çaprazlamalar. Orta ve geniş açıklıklar için uygundur.

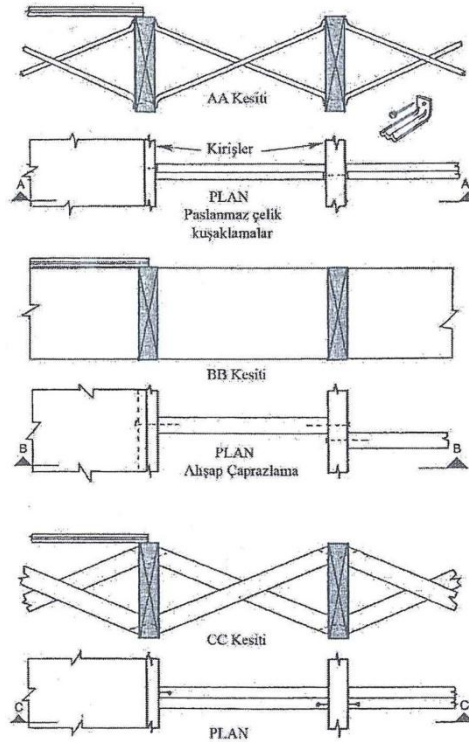
Şekil 2.32 Ahşap makaslar [31]

Döşeme kirişlerinin üstüne, kirişler arasındaki açıklığı geçen, döşeme kaplaması için bir alt taban oluşturan ve yatay düzlemdeki stabilite sağlayan, levha biçimindeki döşeme alt kaplaması döşenmektedir. Döşeme alt kaplamaları için, kontrplak veya OSB levha kullanılmaktadır. Döşeme stabilitesi, diyagonal ( $45^0$ ) kaplamalarla veya çelik çaprazlamalarla sağlanabilmektedir (Şekil 2.33).



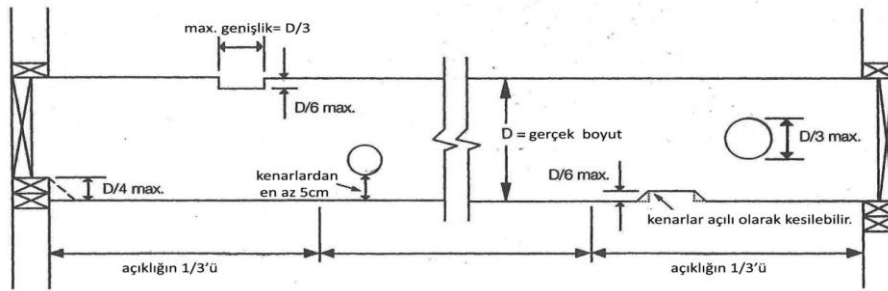
Şekil 2.33 Döşeme stabilitesi [19]

Döşeme çerçevesinin stabilitesini sağlamak ve döşeme kirişlerinin dönmesini, burulmasını engellemek için, kiriş açıklığı 210cm'i geçtiğinde kirişler arasında kuşaklamaların yapılması gerekmektedir. Kuşaklamalar, tek parça masif ahşaplarla, 3x4cm, 3x5cm, 5x5cm veya 2,5x10cm'lik ahşap kirişlerin çapraz şekilde konumlandırılması ile veya paslanmaz çelik kuşaklar ile yapılabilmektedir. Kuşaklamalar, döşeme kirşleri arasında ve kirişlere dik olacak şekilde konumlandırılmaktadır. İki kuşaklama arasında 250cm bırakılması gerekmektedir(Şekil 2.34) [31].



Şekil 2.34 Kuşaklama uygulamaları [30]

Döşeme sistemi oluşturulurken, su ve elektrik tesisatlarının, döşeme kirişleri arasından geçecek şekilde düzenlenmesine dikkat edilmelidir. Tesisatlar, kirişlerin içinden de geçirilebilmektedir. Bu şekilde uygulama yapılabilmesi için, kirişlerin gerekli önlemler alınarak delinmesi gerekmektedir. Tesisat deliklerinin, kiriş kenarından en az 5cm uzaklıkta ve boşluğun çapı en fazla kiriş yüksekliğinin 1/3'ü genişliğinde olması gerekmektedir. Kiriş alt ve üst kenarlarında açılacak olan delik yükseklikleri, en fazla kiriş yüksekliğinin 1/6'sı olmalıdır (Şekil 2.35, Çizelge 2.2) [28].



Şekil 2.35 Döşeme kirişlerinin delinmesi [32]

Çizelge 2.2 Döşeme kirişlerinin delinmesi [32]

KİRİŞ ÖLÇÜSÜ	MAX. DELİK ÇAPI	MAX. DIŞ DERİNLİĞİ	MAX. DIŞ GENİŞLİĞİ
5 x 10cm	-	-	-
5 x 15cm	4cm	2cm	3.5cm
5 x 20cm	6cm	3cm	5cm
5 x 25cm	7.5cm	4cm	6cm
5 x 30cm	9.5cm	5cm	7cm

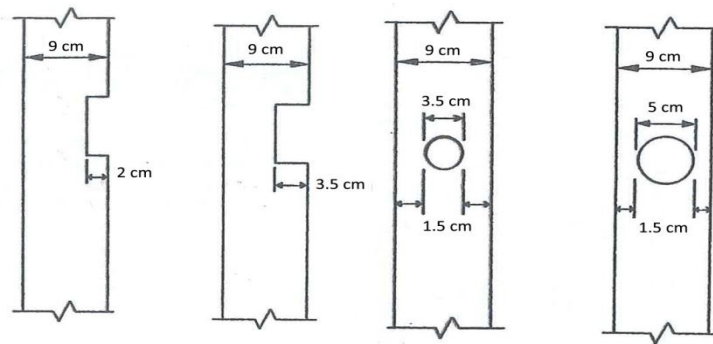
*Duvar Sistemi:* Duvarlar oluşturulurken genellikle 5x10cm'lik dikmeler kullanılmaktadır. Daha fazla ısı yalıtımına ihtiyaç duyulduğunda veya tesisatların duvar içinde döşemesi gerektiğinde, dikme boyutları değişebilmektedir. 4.25cm'den daha yüksek olan duvarlarda, 5x15cm veya daha geniş boyutlardaki dikmeler kullanılmaktadır. Bu yöntemde ısı yalıtımı, buhar kesici, mekanik ve tesisat kanallarının hepsi, ahşap kaburga çerçevenin içinde yer almaktadır [28].

Duvar boşluklarının yanında ikişer adet dikme kullanılmaktadır. Duvar boşluklarının, köşe dikmelerinden en az 60cm uzakta bırakılması gerekmektedir. Duvar boşluklarının üst kısmında dikey çift başlık, pencerelerin denizlik bölümlerine yatay kayıtlar konulmaktadır. Geniş duvar boşlukları için, değişik düzenlemelerde yapılabilmektedir.

Kaburga çerçevelerin stabilitesi, rijit alt kaplamalar veya diyagonal elemanlar ile sağlanmaktadır. Rijit alt kaplamalar, duvar çerçevelerinin üzerine sabitlenmektedir. Alt kaplamalar, levha veya masif ahşap biçiminde olmaktadır. Levha olarak, kontrplak levhalar veya lif levhalar kullanılmaktadır. Masif ahşap kaplamalar, diyagonal olarak 45°'lik açı ile taşıyıcı duvara monte edilmektedir. Kontrplak levha uygulamaları daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Diyagonal elemanlar, rijit alt kaplama uygulandığında kullanılmamaktadır. Rijitliğin zayıf olduğu lifli levha uygulamalarında, diyagonal elemanların konulması tavsiye edilmektedir. Diyagonal elemanlar, duvar ve duvar boşluğu kenarlarına konmaktadır. Birçok dikmeyi bir arada tutması için elemanlar, 45°-60°'lik açı ile ve dikme içi bindirme yöntemi ile taşıyıcı duvar iskeletine monte edilmektedir.

Stabiliteyi sağlamak için döşenen alt kaplamalar, yüzey kaplamaları için de altlık oluşturmaktadır. Dış yüzey kaplamalarında; diyagonal ahşap kaplama, dikey ahşap kaplama, ahşap shingle, mermer görünümlü sıva, ahşap yalı baskısı, tuğla, taş, vinyl veya alüminyum kaplamalar uygulanmaktadır.

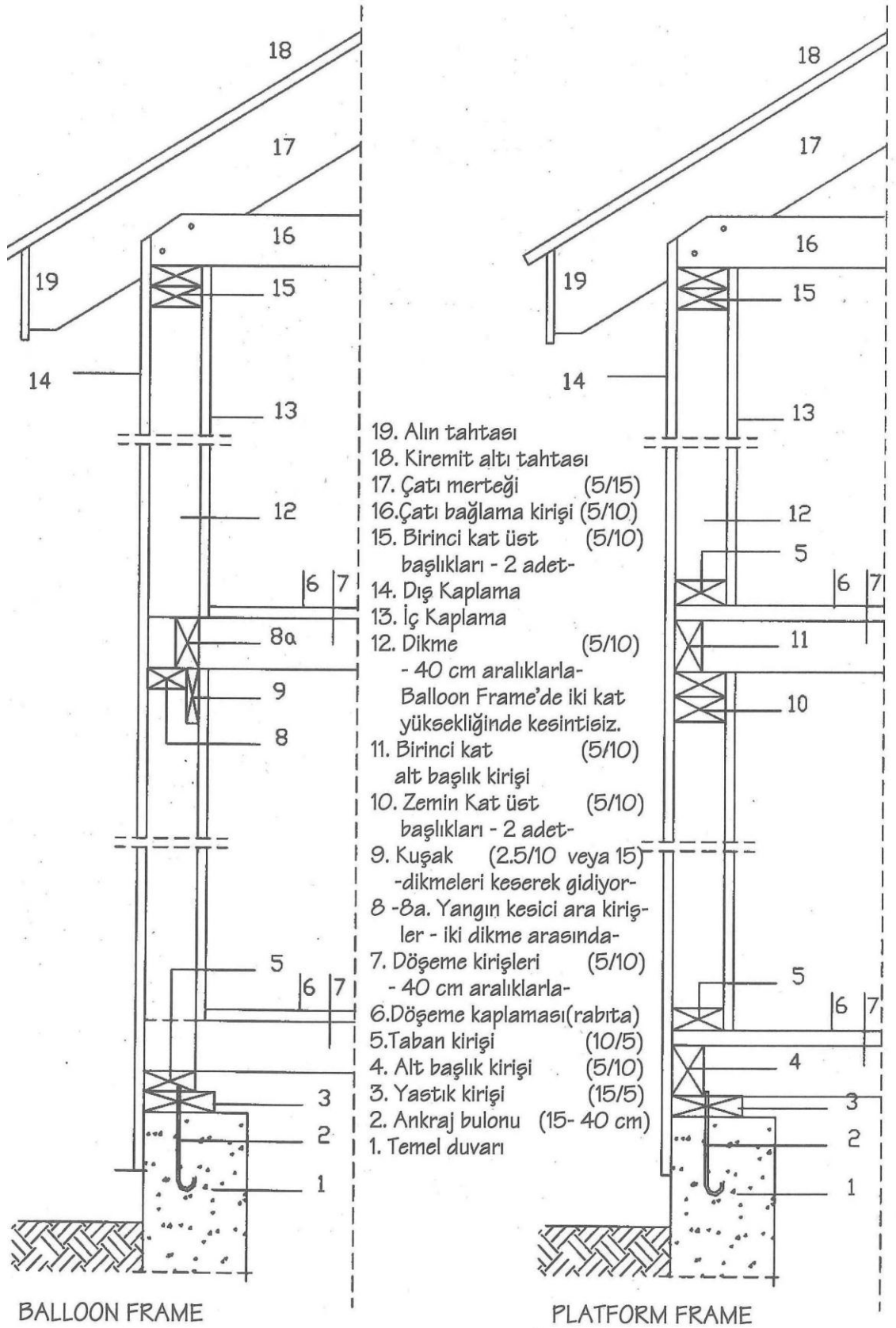
Duvar sistemi oluşturulurken, su ve elektrik tesisatlarının, dikmelerin içinden geçecek şekilde düzenlenmesine dikkat edilmelidir. Tesisatlar, dikmelerin içinden de geçirilebilmektedir. Bu şekilde uygulama yapılabilmesi için, dikmelerin gerekli önlemler alınarak delinmesi gerekmektedir (Şekil 2.36).



Şekil 2.36 Duvar dikmelerinin delinmesi [32]

Genel kuruluş prensipleri yukarıda açıklanan kaburga çerçevelerin uygulama sırasındaki farklılıkları, yöntemleri birbirlerinden ayırmaktadır. Kaburga çerçevelerin, “Balon Çerçeve” ve “Platform çerçeve” olmak üzere iki ayrı yapım yöntemi bulunmaktadır (Şekil 2.37);



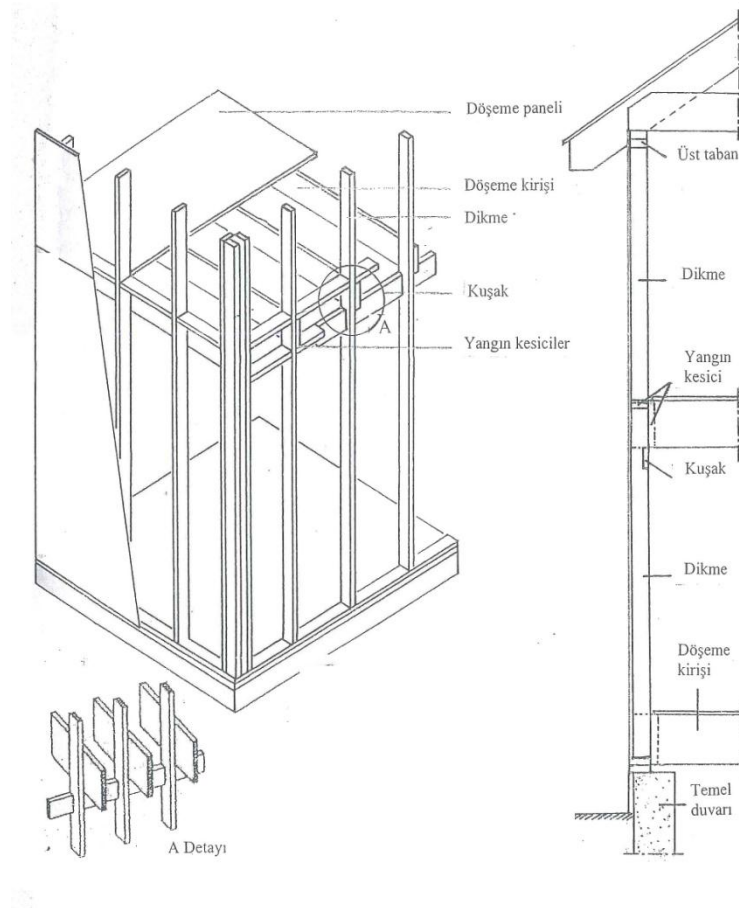


şekil 2.37 Balon ve platform çerçeve sistem [8]

### a. Balon Çerçeve

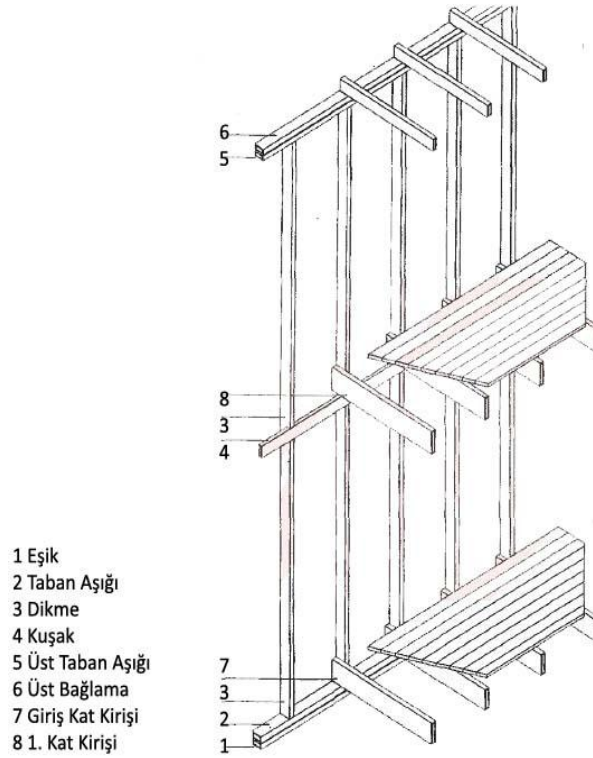
Balon çerçeve sistem, Kuzey Amerika’da kullanılan ilk hafif ahşap çerçeve sistemdir. İngiltere’de ise 1960’lı yıllarda popüler olmaya başlamıştır [27]. Klasik ahşap karkas yapılar, birtakım rasyonel yaklaşımlarla değiştirilerek, daha hızlı kurulabilecek bir şekle dönüştürülmüştür.

İnce ve narin olan ahşap elemanların sık aralıklarla düzenlenmesi (Şekil 2.38) ile hem ahşap karkas yapıların sağlamış olduğu stabilite elde edilmiş, hem de ahşap karkas yapılara oranla daha az malzeme kullanılmıştır. Geleneksel ahşap karkas yapıların (ağır çerçeve sistemler) ağır oluşunun aksine, bu sistem oldukça hafiftir. Sistem, görenlerde *balon kadar hafif* etkisi yarattığından dolayı sistem, “Balon Sistem” adını almıştır [29].



Şekil 2.38 Balon çerçeve sistem [19], [27]

Yapı; temel, aynı anda duvar görevini de üstlenen dikmelerden ve yerinde oluşturulan döşeme sisteminden oluşmaktadır (Şekil 2.39);



Şekil 2.39 Balon çerçeve sistem kesiti ve kuruluşu [3]

*Temel Kurgusu:* Yapının temelini, sürekli veya tekil halde düzenlenen betonarme temeller oluşturmaktadır. Daha rijit olmalarından, dolayı sürekli temeller tercih edilmektedir.

*Dikmeler ve Duvar Sistemi:* Duvar dikmeleri, zemin kat döşeme tabanından birinci kat tavan döşemesine kadar, tüm yapı boyunca, kat seviyelerinde kesintiye uğramadan devam etmektedir. Duvar dikmeleri, üzerlerine konulan duvar panellerini taşıma ve duvar gövdesini oluşturma görevini de üstlenmektedir.

Balon çerçevedeki duvar dikmeleri, 40-60cm aralıklarla düzenlenmektedir. Yapı içerisinde kullanılan dikmelerin boyutları 5/10cm, köşe dikmelerin boyutları ise 10/10cm'dir. Fakat rijitliği arttırmak için 5/15cm'lik köşe dikmeleri tercih edilmektedir.

Duvar dikmelerinin en üst kısmına, "üst taban" olarak adlandırılan iki adet 5/10cm'lik ahşap konmaktadır. Üst taban, hem bütün dikmeleri bir arada tutmakta, hem de çatı mertekleri için aşık görevi görmektedir.

*Döşeme Sistemi:* Zemin kat oluşturulurken, sürekli olan temel duvarı üzerine iki adet alt taban konulmaktadır. Alt taban, iki adet 5/10cm'lik veya köşelerde birbirlerine bindirme yöntemi ile bağlanmış bir adet 10/10cm'lik ahşaptan oluşmaktadır. Zemin

katı oluşturacak olan döşeme kirişleri ve duvar dikmeleri bu alt tabanlar üzerine oturtulmaktadır. Zemin kat döşeme kirişlerinin uçları, dikmelere yan yüzeylerinden çivilerle sabitlenmektedir [7].

Birinci kat döşeme sistemi oluşturulurken, kuşak olarak adlandırılan 2.5/15cm boyutundaki kirişler, yapı içerisindeki bütün dikmelere kat seviyelerinde, geçme yöntemi ile monte edilmektedir. 5/20cm boyutundaki döşeme kirişleri, 40-60cm aralıklarla, kuşağın üzerine yerleştirilmektedir. Döşeme kirişleri, bütün dikmelere yan yüzeylerinden çiviler ile sabitlenmektedir. Döşeme kirişleri yerleştirildikten sonra, döşeme alt kaplaması üzerine de döşeme kaplaması yapılarak döşeme sistemi tamamlanmaktadır.

Balon çerçeve sistemin sahip olduğu birçok dezavantaj, sistemin günümüzde yaygın olarak kullanılmasını engellemektedir. Yapı boyunca kesintiye uğramadan devam eden dikmeler, olası bir yangın durumunda baca görevi görmekte ve alevlerin kısa sürede üst katlara ulaşmasına neden olmaktadır. Bu durumun engellenebilmesi için, tavan ve döşeme seviyelerindeki katlar arasında ve son kat ile çatı arasına, duman ve hava geçişlerini engellemek için, dikmeler arasına iki tane yangın kesici (firestop) konması gerekmektedir [28].

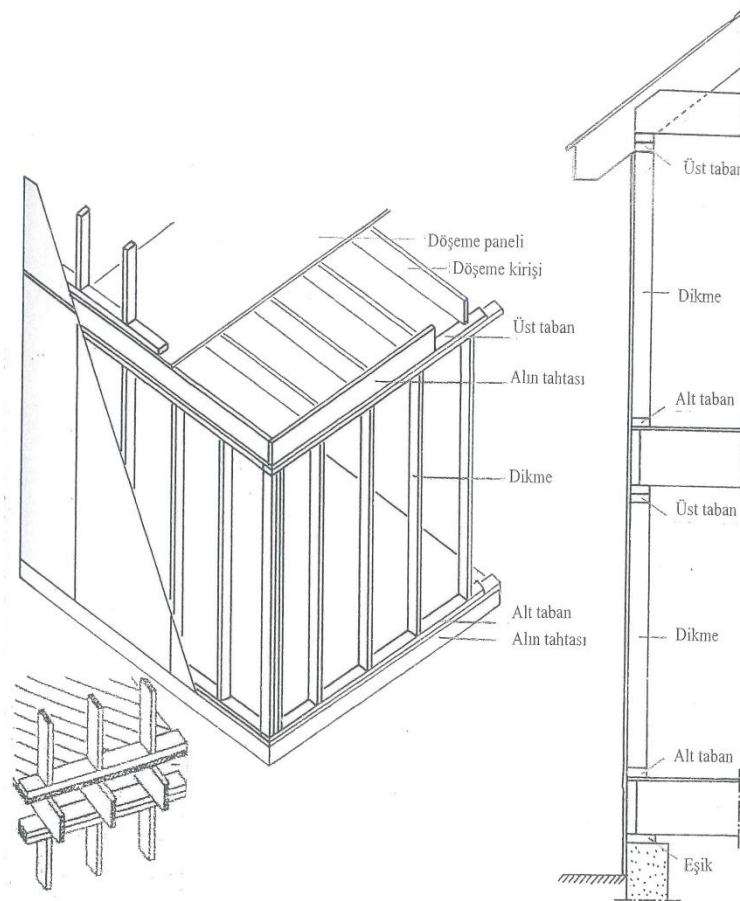
Balon çerçeve sistem, prefabrike yapım yöntemlerine kolayca adapte edilememektedir. İki kat yüksekliğinde olan duvar panelleri, boyut ve ağırlıklarından dolayı montaj sırasında zorluk çıkarmaktadır. Ayrıca, pencere ve kapı boşluklarının dikmelere göre düzenlenmesi, tasarımda kısıtlamaların oluşmasına neden olmaktadır [3]. Döşemelerde, çıkma ya da konsol yapmak mümkün değildir [2].

Döşeme konstrüksiyonundan bağımsız olan duvar iskeleti, tek bir seferde çatı seviyesine kadar kurulabilmektedir. Bu durum, döşeme sisteminin tamamlanmasını beklemeden çatı ve duvar kaplamalarının yapılmasına olanak vermektedir. Ancak, döşemenin ve çatı sisteminin oluşturulabilmesi için daha fazla yapı iskelesine ihtiyaç duyulmaktadır [3].

Balon çerçeve sistemin aksayan ve eksik yönleri zaman içerisinde fark edilip, yeni düzenlenmelerin yapılması ile yeni sistemler geliştirilmiştir. Yeni geliştirilen sistemler içerisinde en başarılı sonuçları veren ise Platform Çerçeve Sistem olmuştur.

## b. Platform Çerçeve

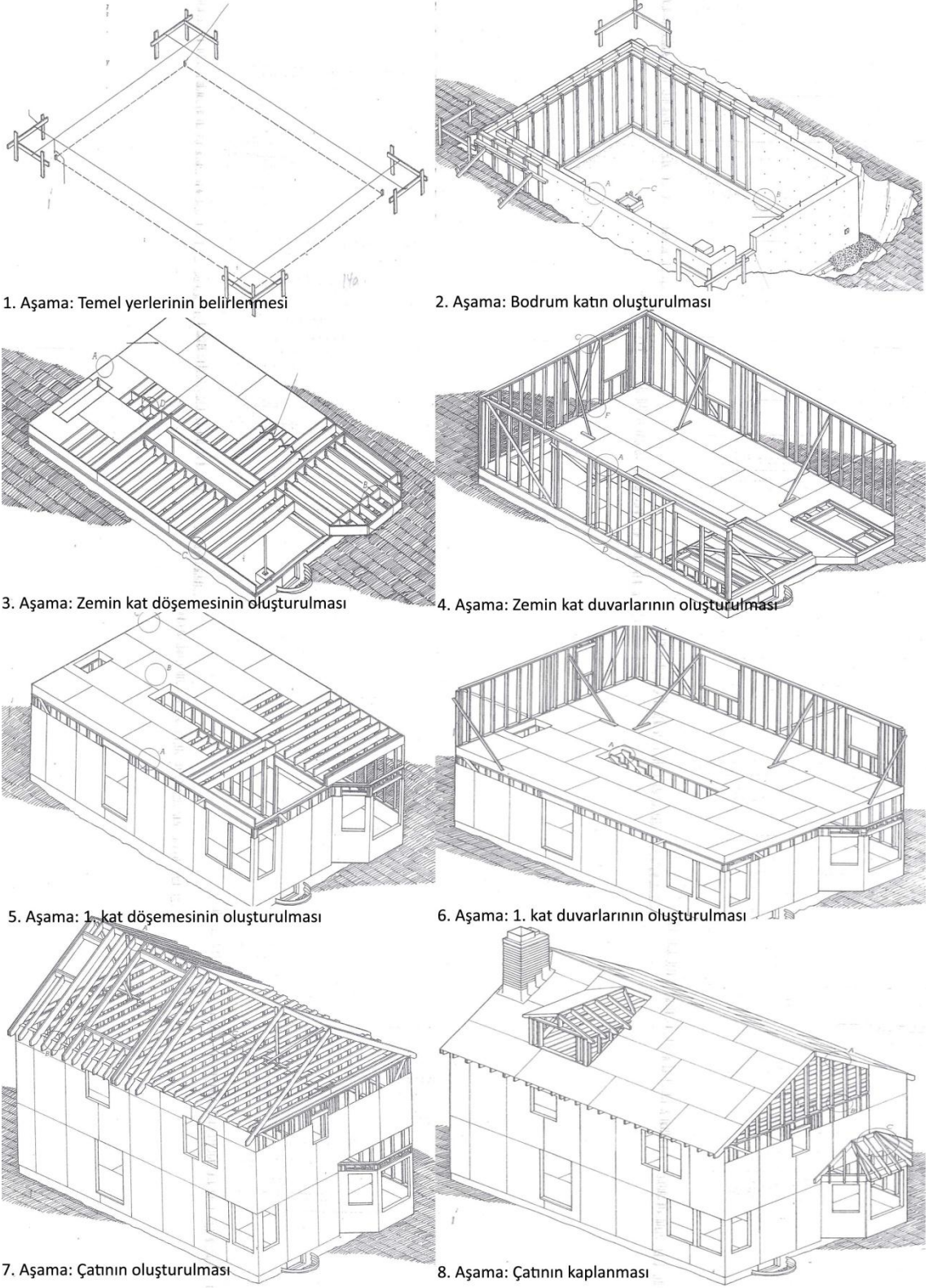
Platform çerçeve sistem, konut üretiminde kullanılan en yaygın çerçeve sistem yöntemlerinden biridir. Bu sistem, Kanada ve Kuzey Amerika'da oldukça yaygın olarak kullanılmakta, İngiltere'de ise kendine has bir şekilde uygulanmaktadır. Sistem ismini, dış duvarlara kadar uzatılan döşeme tabliyelerinin ve duvar çerçevelerinin, platformlar halinde inşa edilmesinden almaktadır (Şekil 2.40)[27].



Şekil 2.40 Platform çerçeve sistem [19], [27]

Platform sistem ile kurulacak olan yapı, birçok aşamadan geçerek tamamlanmaktadır. Öncelikle, fabrika ortamında projeye uygun olarak oluşturulan bütün döşeme ve duvar çerçeveleri, numaralandırılarak şantiye ortamına gönderilmektedir. Bu sırada da, şantiyede hafriyat yapılarak, yapı temeli oluşturulmaktadır. Oluşturulan temel duvarı üzerine, bodrum kat uygulanacak ise bodrum kat duvarları, aksi halde zemin kat döşeme çerçeveleri monte edilmektedir. Zemin kat döşemesi tamamlandıktan sonra, zemin kat duvar çerçeveleri yerleştirilmektedir. Bu aşamadan sonra, birinci kat döşeme ve duvar çerçevelerinin montajına geçilmektedir. Sistem, her katta kendini

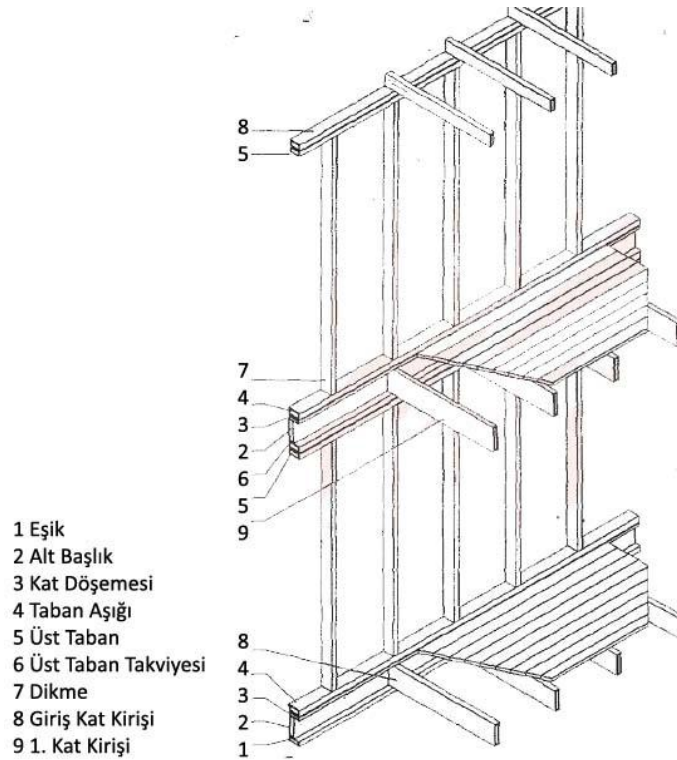
tekrarlamakta, bütün katlardaki döşeme ve duvar montajları, aynı şekilde yapılmaktadır. Farklı olarak, son kat duvar çerçevesinin üzerine çatı makasları yerleştirilmektedir (Şekil 2.41)[29].



Şekil 2.41 Platform çerçeve sistem kuruluş aşamaları [29]

Döşeme ve duvar çerçeveleri, fabrikalarda prefabrike olarak her kat için ayrı platformlar halinde üretilmektedir [3]. Bu özelliğinden dolayı sistem, ön yapım için çok uygundur [28]. Gerektiği durumlarda, çerçeveler şantiye ortamında da üretilebilmektedir.

Yapı; temel, platform halindeki döşeme ve duvarları oluşturan çerçevelerden oluşmaktadır (Şekil 2.42);



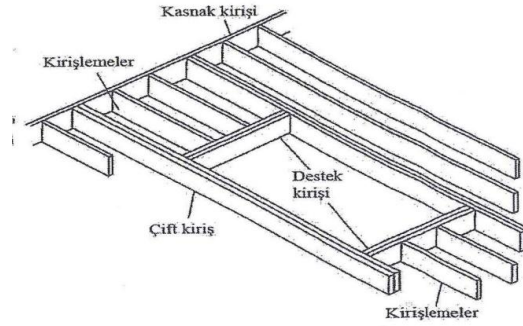
Şekil 2.42 Platform çerçeve sistem kesiti ve kuruluşu [3]

*Temel Kurgusu:* Platform çerçeve uygulamalarında, betonarme yerine dökme temeller tercih edilmektedir çünkü yapıya etki eden yükleri, diğer temel sistemlerinden daha iyi karşılamaktadır [29]. Temel duvarı üzerine, düz bir zemin elde edebilmek için 5/10cm'lik bir veya iki tane eşik parçası yerleştirilmektedir. Bu eşığe, *taban yastığı* denmektedir. Eşikle temel duvarı arasına, nem ve hava sızıntılarını engellemek için, metal eşik koruyucu parçalar yerleştirilmektedir [31].

*Döşeme Sistemi:* Döşeme çerçevesi, 40-60cm aralıklarla düzenlenen döşeme kirişlerinden, alın kirişlerinden ve kuşaklamalardan oluşmaktadır. Döşeme kirişlerine dik yönde uygulanan alın kirişleri, döşeme kirişlerini bir arada tutmaktadır. Kirişler

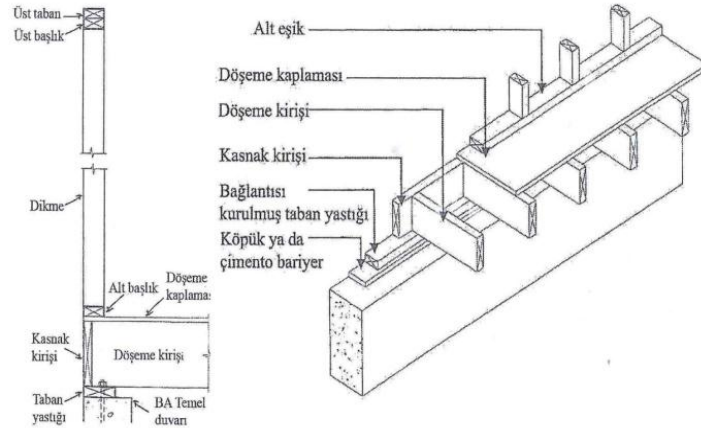
arasında belirli aralıklarla konumlandırılmış olan kuşaklamalar, kirişlerin yatay yükler etkisinde burulmasını engellemektedir.

Döşeme boşluklarının etrafında ve konsol kenarlarında çift kiriş konması gerekmektedir (Şekil 2.43). Konsol kenarlarında da ikişer adet çıkma kullanılması gerekmektedir. Saçak, balkon veya cumba gibi konsol olarak çalışacak yerlerde, ek kirişlere gerek duyulmadan 60cm'e kadar çıkma yapılabilir. Konsol kirişleri, döşeme kirişlerine paralel veya dik yönde uygulanabilmektedir [27]. Döşeme açıklığına dik yöndeki çıkma veya konsol uygulamalarında, kirişlerin en az iki döşeme kirişi kadar içerde kurgulanması gerekmektedir [32].



Şekil 2.43 Döşeme sistemindeki boşluk uygulamaları [32]

Oluşturulan döşeme çerçeveleri, zemin katta temel duvarı üzerinde bulunan temel yastığı üzerine (Şekil 2.44), birinci katta da, duvarların üzerinde bulunan üst tabana monte edilmektedir (Şekil 2.45). Döşeme montajı tamamlandıktan sonra, hem zemin kaplamasına yüzey oluşturmak, hem de rijitliği sağlamak için döşeme alt kaplaması yapılmaktadır. Levhalar, yapıştırılarak veya çivilenerek sabitlenmektedir.



Şekil 2.44 Zemin kat döşemesinin temel yastığı üzerine montajı [29], [33]





kaplanması, duvarlar monte edilmeden öncede veya sonrada yapılabilmektedir [29], [30].

Bütün duvar çerçeveleri, zemin kat döşemesinin üzerine monte edildikten sonra, çerçevelerin üzerine sürekli olarak dolaşan bir üst taban daha yerleştirilmektedir. Yerleştirilen bu üst taban, bütün duvarları bir arada tutarak sistemi stabil hale getirmektedir. Ayrıca, üst kat döşemesinin veya çatı sisteminin yerleştirilebilmesi için, bir alt taban görevi görmektedir. Üst kat uygulamaları, zemin kat uygulamalarının yinelenmesi biçiminde olmaktadır.

Yöntem, tasarımcıya esneklik sağlamaktadır. Ayrıca uygulayıcılara, şekil, nitelik ve gereksinimler açısından farklı düzenleme olanakları sunmaktadır [19].

Yapıyı oluşturan döşeme ve duvar panelleri, şantiyede veya fabrikada üretilmektedir. Boyutları belli olan paneller, fabrikada üretilerek şantiyeye gönderilmektedir. Az sayıda panel üretimi, fabrika için ekonomik olmamaktadır. Bu nedenle yöntem, bireysel uygulama alanlarında değil, çok sayıda üretim gerektiren toplu konut uygulamalarında daha ekonomik ve elverişli olmaktadır [27].

Platform sistem ile balon sistem karşılaştırıldığında; platform sistemde çerçevelerin kurulması için çok daha fazla malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Her kat seviyesinde oluşan düşey boşluklar, yangın kesici görevi görmektedir. Birbirinden bağımsız olarak kurulan döşeme platformları, duvar ve bölücü elemanların montajını yapan için uygun bir çalışma zemini oluşturmaktadır [3].

Platform sistemin en büyük dezavantajı, sistem içerisinde oluşan çatlaklardır. Ahşabın bünyesinde barındırdığı nem kurudukça, yapı parçalarının boyutları değişmektedir. Boyutlarda oluşan değişiklikler, kiriş ve dış duvarları destekleyen parçaların birleşim yerlerinde veya diğer sistem elemanlarının birleştiği yerlerde çatlakların oluşmasına neden olmaktadır [27].

### YAPILARA ETKİ EDEN YATAY KUVVETLER

#### 3.1 Yapılara Etki Eden Yükler

Yükler, bir yapı üzerindeki bütün taşıyıcı sisteme ve yapı elemanlarına etki eden dış kuvvetlerdir. Bir yapının kullanım süreci boyunca, yapıya etki edebileceği varsayılarak tasarım aşamasında dikkate alınması gereken bütün fiziksel etkiler “yük” olarak, fiziksel etkilerin yapı elemanlarında oluşturduğu iç kuvvet bileşenleri ise “yük etkisi” olarak tanımlanmaktadır.

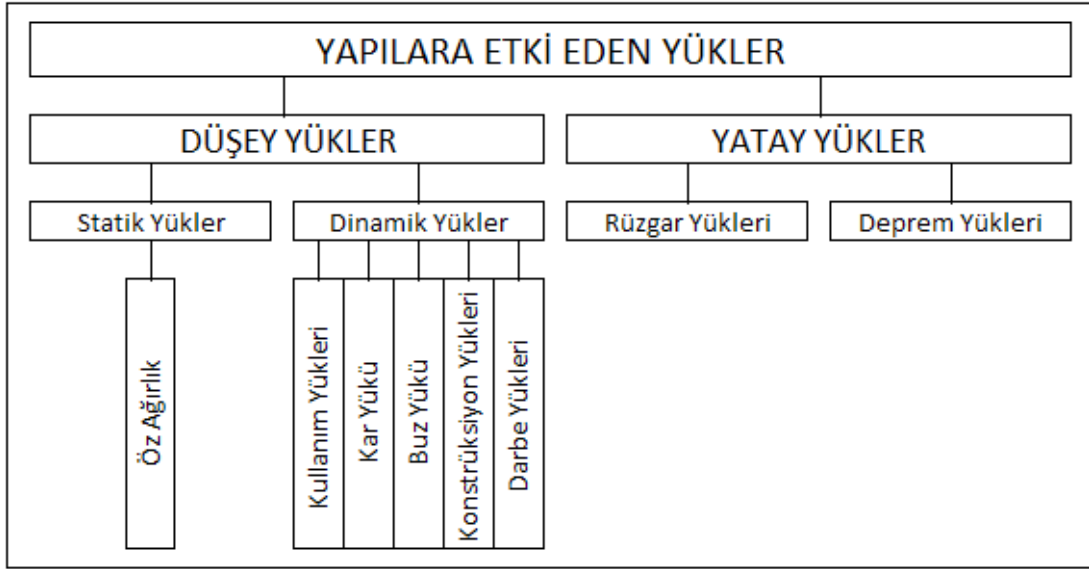
Yapıya etki eden bütün yükler, yapının en üst noktası olan çatıdan başlayarak yapının en alt noktası olan temellere kadar kesintiye uğramadan aktarılmaktadır. Yükler, sistemi oluşturan bütün yapı elemanlarından geçerek zemine iletilmektedir. Yüklerin, yapı içerisinde kesintiye uğramadan takip ettiği bu yola “yük aktarım yolu” denmektedir [34].

Bir yapının amaca uygun olarak tasarlanarak, projelendirilebilmesi için, yapının kullanım süreci boyunca etkisi altında kalabileceği bütün yüklerin, yapıda oluşabilecek iç kuvvetlerin, iç kuvvetlerin taşıyıcı sistemde oluşturabileceği deformasyonların ve etkilerinin tanımlanması gerekmektedir.

Yapıya etki eden bütün yükler yapıda, eğilme momenti ( $M$ ), kesme kuvveti ( $V$ ), burulma momenti ( $T$ ) ve normal kuvvet ( $N$ ) oluşturarak, taşıyıcı sistem elemanlarını veya diğer yapı elemanlarını deforme etmeye çalışmaktadır [35].

Özşen ve Yamantürk'e göre, yapılara etki eden başlıca iki tür yük kaynağı bulunmaktadır. Bunlar doğa ve insan kaynaklı yüklerdir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Yapıya etki eden yükler



#### a. Doğa Kaynaklı Yükler

Doğa kaynaklı yükler, doğanın sürekli değişimi sonucu oluşan jeofizik kuvvetlerdir. Yer çekimi, meteorolojik olaylar ve sismik olaylar sonucu oluşan bütün yükler, doğa kaynaklı yükler olarak kabul edilmektedir. *Yerçekimi Yükleri*; Yapının kendi ağırlığı, yapı üzerinde ölü yük olarak adlandırılan kuvveti oluşturmaktadır. Ölü yük, yapının kullanım süreci boyunca sabit kalmaktadır. Ancak zaman içinde yükleme durumlarına ve yapının değişen kullanım özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. *Meteorolojik Yükler*; Zamana ve yapının konumuna bağlı olarak değişen rüzgâr, ısı, nem, yağmur, kar ve buz yükleridir. *Sismik Yükler*; Yerin düzensiz hareketi sonucu oluşan depremlerden kaynaklanan yüklerdir [36].

#### b. İnsan Kaynaklı Yükler

İnsan kaynaklı yükler; insanların ve yapı içerisindeki aletlerin hareketlerinden kaynaklanan, yapı içerisindeki asansör, makine vb. titreşim etkisi yaratan aletlerden yayılan, patlama veya çarpma sonucunda ani olarak ortaya çıkan yüklerdir [36].

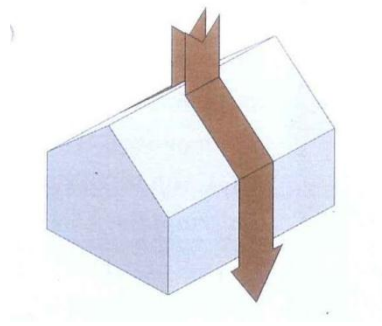
Yapı üzerine etki eden birçok yük bulunmasına rağmen yapı üzerinde en etkin olan yükler, düşey ve yatay yüklerdir. Yapıya etki eden yüklerin, düşey ve yatay yükler olarak

sınıflandırılması, yüklerin yapı üzerindeki etkilerinin algılanmasında kolaylık sağlamaktadır.

### 3.1.1 Düşey Yükler

Düşey yükler, yer çekimi etkisine bağlı olarak yapıya aşağı-yukarı yönde etki eden yüklerdir. Yapının kendi ağırlığı (ölü yük), yapı içerisindeki bütün yükler (canlı yük) ve kar yükü gibi değişken bütün yükler, düşey yükleri oluşturmaktadır. Düşey yükleri algılamak ve hesaplamak, yatay yüklere göre daha kolaydır [36].

Yapıya etki eden düşey yükler, çatıdan veya kat döşemelerinden geçerek destekleyici duvarlara, oradan tekrar kat döşemelerine veya temellere, temellerden de geçerek zemine iletilmektedir (Şekil 3.1) .



Şekil 3.1 Düşey yüklerin aktarımı [34]

Çerçeve sistemlerde, yapı elemanları üst üste gelecek şekilde kurgulandığı için, düşey yüklerin aktarımı oldukça basitleşmiştir. Yatay yüklerin aktarımı için böyle bir durum ne yazık ki söz konusu değildir [34].

Düşey yükler, statik ve dinamik yükler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır;

#### 3.1.1.1 Statik Yükler

Statik yükler, yapının kullanım süreci boyunca yapı üzerinde kalacak olan yüklerdir. Bir başka ifadeyle, yapının öz ağırlığıdır. Statik yükler, yapıya yavaş yavaş etki ederek, yapı kullanım ömrünü tamamlayıncaya kadar değişikliğe uğramadan kalmaktadır [35]. Statik yük, “ölü yük”, “sabit yük” veya “kalıcı yük” olarak da adlandırılmaktadır.

Temel, kolon, perde duvar, kiriş, döşeme ve çatı gibi yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlar; tesviye harcı, sıva ve dolgu gibi tamamlayıcı unsurları; sabit bölücü duvarlar, merdivenler, asma tavanlar, iç ve dış cephe kaplamaları, depolama tankları ve bütün tesisat donanımlarının toplam ağırlığı, yapının öz ağırlığını oluşturmaktadır [34].

Yapıya etki eden yükler içerisinde, en kolay ve doğru olarak tahmin edilebilen yük, sabit yüklerdir. Yapıda kullanılan bütün malzemelerin boyutlarının ve yoğunluklarının bilinmesi ile doğru bir değerlendirme hesaplama yapmak mümkündür [37].

### **3.1.1.2 Dinamik Yükler**

Yapının kullanım sürecinde, yapıya uzun süreli olarak etki etmeyen veya yapı üzerinde bazen bulunup bazen bulunmayan yüklerdir [35]. Dinamik yükler, çok kısa zaman aralıklarında değişikliklere uğramaktadır. Bu nedenle dinamik yükleri hesaplamak, statik yükleri hesaplamak kadar kolay olmamaktadır. Ayrıca ulaşılan sonuçların doğruluk payı, statik yük değerlerine oranla oldukça azdır [37].

Dinamik yükler, zaman ve mevsim değişimlerine veya yapı içerisindeki mekân fonksiyonlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Kullanım yükleri, kar yükü, buz yükü, konstrüksiyon yükleri ve darbe yükleri gibi yükler, dinamik yükleri oluşturmaktadır [34].

*Kullanım Yükleri:* Yapıya etki eden fakat taşıyıcı sistemin bir parçası olmayan, öz ağırlık olarak kabul edilmeyen bütün yüklerdir. Kullanım yükleri, “canlı yük” veya “hareketli yük” olarak da adlandırılmaktadır. Yapı içerisinde bulunan insan ve diğer canlılar, eşyalar, hareketli bölmeler, depolama malzemeleri, araç ve gereçler, makineler, mekanik aletler ve otopark içerisinde bulunan arabalar kullanım yüklerini oluşturmaktadır.

*Kar Yükü:* Kar yükleri sadece çatılarda, yükseltilmiş avlu veya balkon gibi kar yığılmalarının olabileceği yerlerde dikkate alınmaktadır. Kar yükü; yapının bulunduğu enleme, deniz seviyesinden olan yüksekliğe, güneşin etkisine, rüzgâr hızına, yerel mikro klima etkisine ve çatı eğimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir [37].

*Buz Yükü:* Çıkıntılı elemanlar üzerinde, özellikle kendi ağırlığından başka yük taşımayan dış cephe kaplama elemanlarında oluşmaktadır.

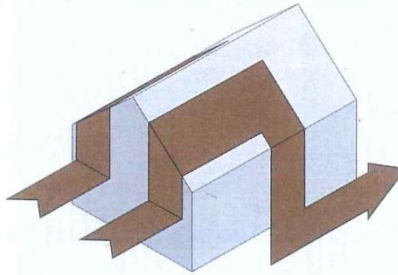
*Konstrüksiyon Yükleri:* Konstrüksiyon veya yapım yükleri, yapının inşası sırasında yapıya etki eden yüklerdir. İnşaat sırasında, malzeme yığılmalarının, kullanılan vinç gibi makinelerin oluşturduğu yük veya titreşim etkileri, hareketli kullanım yüklerinden daha büyük etki yaratabilmektedir.

*Darbe Yükleri:* Yapı içerisinde olası bir patlama veya bir aracın yapıya çarpması sonucunda yapıda oluşabilecek ani yük değişimleridir.

### 3.1.2 Yatay Yükler

Yatay yükler, yapıya paralel yönde etki etmektedir. Deprem ve rüzgâr yükleri, yatay yükler olarak kabul edilmektedir. Yatay yükler, dinamik karakterde olmalarına rağmen hesaplamaların kolay yapılabilmesi için, statik yük olarak değerlendirilmektedir [36]. Yatay yüklerin yapıya olan etkisi, düşey yüklere göre daha karışıktır. Yatay yükler, yapının herhangi bir noktasına etki edebilmektedir. Yatay yükler, yatay düzlemde birbirlerine paralel olacak şekilde iki farklı yönde ve 90°'lik açıyla yapıya etki etmektedir. Bu yüzden, etkilerinin belirlenmesi oldukça güçtür.

Yatay yüklerin yapı içerisindeki aktarımı oldukça karmaşıktır. Genel olarak bakıldığında deprem ve rüzgâr yüklerinin aktarımı aynı prensibe dayanıyor olsa da, etkilerinin farklı olmasından dolayı aralarında küçük farklar bulunmaktadır. Deprem yükleri direk olarak çatıya etki ederken, rüzgâr yükleri çatının iç kısmına etki etmektedir. Çatıya etki eden yük, çatı diyaframlarından ve bağlayıcı elemanlardan geçerek, duvarların üst kısmına iletilmektedir. Aşağıya doğru aktarılmaya devam eden yük, perde duvarlar aracılığıyla alt kat döşemesine iletilmektedir (Şekil 3.2). Bu süreç, yükler temelden zemine iletilene kadar bütün katlar arasında tekrarlanarak devam etmektedir [34].



Şekil 3.2 Yatay yüklerin aktarımı [34]

### 3.2 Deprem ve Deprem Kuvvetlerinin Yapılara Etkisi

Yapıların tasarım kurallarına uyulmadan yapıldığında veya deprem kuvvetlerine karşı yeterli dayanımı göstermediğinde, hasar almakta veya yıkılmaktadır. Yapılarda oluşan yıkımlar, mal kayıplarının yanında can kayıplarının da oluşmasına neden olabilmektedir. Deprem olgusu, yapıların projelendirilmesinde önemli bir parametre olmaktadır.

Deprem kuvvetlerinin yapılar üzerindeki etkilerinin, neden olduğu sorunların veya hasarların incelenebilmesi ve değerlendirilebilmesi için; depremin ne olduğunun, nasıl oluştuğunun, yarattığı etkilerin, bu etkilerin hangi etkenlere bağlı olarak değişiklik gösterdiğinin, yapılar üzerine etki eden deprem kuvvetlerinin ve deprem kuvvetleri etkisinde kalan yapıların davranışlarının bilinmesi gerekmektedir.

#### 3.2.1 Deprem Olgusu

Depremler, dünyanın var oluşundan bugüne kadar, yapılaşma ve nüfus artışına bağlı olarak insanları ve yapıları etkileyen en önemli doğa olaylarından biridir. İnsanlar, önceleri depremlerin oluş nedenlerini hurafelerle açıklamaya çalışmış olsalar da, özgürce düşünmeye ve gözlemlerini değerlendirmeye başlayınca depremlerle ilgili bilimsel açıklamalar da yapmaya başlamışlardır.

Depremin nasıl ve neden oluştuğunu anlamak için, yerkürenin iç yapısının bilinmesi gerekmektedir. Yer küre, dıştan içe doğru üç ana katmandan oluşmaktadır<sup>1</sup> [38]. Yer yüzeyi, 7 tanesi büyük olmak üzere, irili ufaklı birçok levhanın(litosfer parçası) bir araya gelmesinden oluşmaktadır<sup>2</sup> [39].

Levhalar, yerkürenin hem kendi ve hem de güneş etrafında sürekli dönmesinden dolayı, yavaş fakat sürekli bir hareketliliğe sahiptir [38]. Levhalar, birbirlerine sürtünerek, birbirlerini sıkıştırarak, birbirlerinin üstüne çıkarak veya altına girerek

---

<sup>1</sup> Yerküre, dıştan içe doğru Yerkabuğu, Manto ve Çekirdek olmak üzere üç ana katmandan oluşmaktadır. Yerkürenin en dıştaki katmanı olan yerkabuğu, karalarda ortalama 25-90km, okyanusların altında ise 5-8km kalınlığındadır. Manto kısmı, üst manto ve alt manto olmak üzere iki katmandan oluşmaktadır. Üst mantonun, üst kısmında bulunan ve katı kısmının oluşturan 70-100km kalınlığındaki tabaka Litosferdir. Üst mantonun alt kısmında bulunan ve daha akıcı olan tabaka ise, Astenosfer olarak adlandırılmaktadır. Astenosfer'in altında bulunan Mezosfer ise, alt mantonun üst bölümünü oluşturmaktadır. Alt mantonun altında ise sırasıyla, dış çekirdek ve iç çekirdek bulunmaktadır [30].

<sup>2</sup> Yer kabuğunu oluşturan belli başlı levhalar; Pasifik, Afrika, Kuzey Amerika, Güney Amerika, Avrasya, Avustralya, Arabistan, İran, Anadolu Ege, Kafkas, Karayip, Kokos, Antartika, Nazka, Fiji ve Filipin [30].



birbirlerine göre, uzaklaşmakta, yaklaşmakta veya yatay olarak kaymaktadır [40]. Sürekli olan bu hareketliliğe bağlı olarak yer kabuğu parçaları gerilerek, sıkışarak ya da makaslanarak, üzerlerine enerji biriktirmekte ve deforme olmaktadır [39]. Levhalar içerisinde bulunan kayalar, belli bir süre sonra biriken enerjiyi depolayamaz hale gelmekte ve ani kırılmalarla biriken enerjilerini açığa çıkarmaktadırlar. Yer kabuğu içindeki ani kırılmalara bağlı olarak ortaya çıkan titreşimlerin, dalgalar halinde yerküre tabakalarından geçerek yeryüzüne ulaşmasına ve geçtikleri ortamlarda sarsıntıların oluşmasına neden olmaktadır. Bu doğa olayına “Deprem” denmektedir[40].

Depremlerin farklı türleri bulunmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi, levhaların hareketlerine bağlı olarak, çoğunlukla levha sınırlarında oluşan depremler *tektonik depremler*dir. Yeryüzünde gerçekleşen ve yıkıcı olan depremlerin büyük bir kısmı (%90) tektonik depremlerdir. Türkiye’de gerçekleşen depremlerin çoğu tektonik depremdir. Volkanların patlaması sonucunda oluşan depremler ise *volkanik depremler* olarak adlandırılmaktadır. Yerin derinliklerinde bulunan ergimiş<sup>1</sup> maddenin yeryüzüne çıkışı sırasında oluşan fiziksel ve kimyasal olaylar, birçok gazın oluşmasına neden olmaktadır. Bahsedilen gazların neden olduğu patlamalar, volkanik depremlerin oluşmasına neden olmaktadır [1]. Japonya ve İtalya’da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Türkiye’de aktif yanardağ bulunmadığından, bu tip depremlerle karşılaşmamaktadır. *Çöküntü depremler*, mağara ve maden yataklarında, doğal veya suni yollarla oluşan kayalar arasındaki boşlukların çökmesi veya kırılması sonucunda oluşan depremlerdir. Bu tip depremler yerel olarak hissedilmektedir. Enerjileri az olduğundan, çevreye ve yapılara fazla zararları olmamaktadır [40]. Ayrıca, heyelanların ve gökten düşen meteorların da küçük depremlerin oluşmasına neden olduğu bilinmektedir [1].

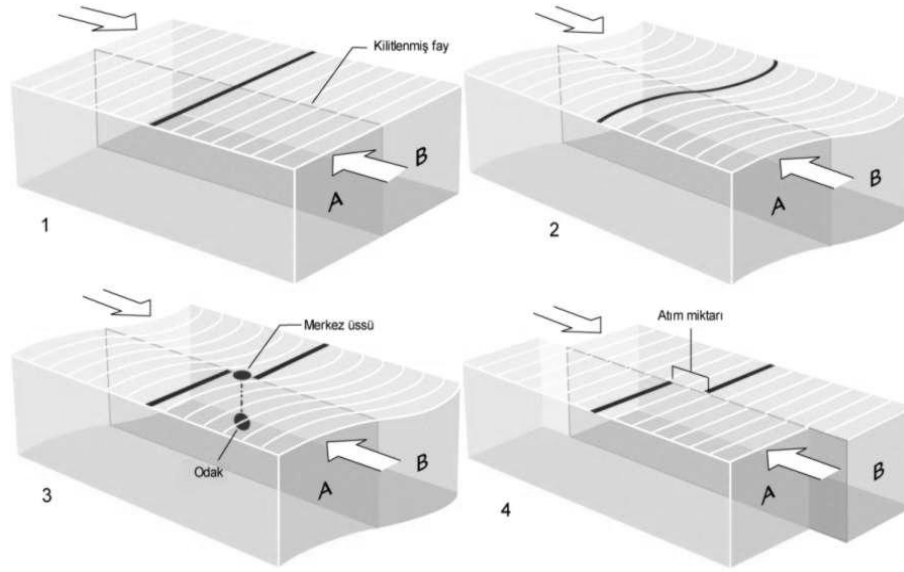
Amerikalı bilim adamı H.F. Reid, 1906 San Francisco depremi öncesi ve sonrası yaptığı gözlemlere dayanarak, 1910 yılında esnek deformasyon enerji salınması (Elastic Rebound) kuramını ileri sürmüştür [38]. Bu kurama göre; mevcut bir fayın iki tarafındaki bloklar, fay düzlemi boyunca birbirlerine sürtünmekte, ancak hareket edemediklerinden dolayı üzerlerine enerji biriktirerek deformasyona uğramaktadırlar. Yerkabuğu içerisinde biriken elastik deformasyon enerjisi belirli bir düzeye geldiğinde, bloklar dayanma güçlerini kaybetmekte ve yerkabuğu mevcut bloklar arasında kırılarak

---

<sup>1</sup> Yüksek ısı etkisiyle, katı halden sıvı hale gelen maddeye “ergimiş madde” denmektedir.

veya mevcut olan bir kırık boyunca kayarak enerjilerini boşaltmaktadırlar Bu kuram, tektonik depremlerin oluşum sürecini anlatmaktadır. Enerjinin boşalmasından sonra harekete geçen ve bir miktar atıma<sup>1</sup> (ötelenme) uğrayan bloklar, deformasyon öncesindeki hallerine geri dönmektedirler.

Aşağıdaki şekilde, Elastik Rebound kuramına göre; katı bir ortamdaki yer kabuğunun kırılması (faylanması) ve depremin oluşumu, zaman içinde aşamalı olarak gösterilmektedir (Şekil 3.3).



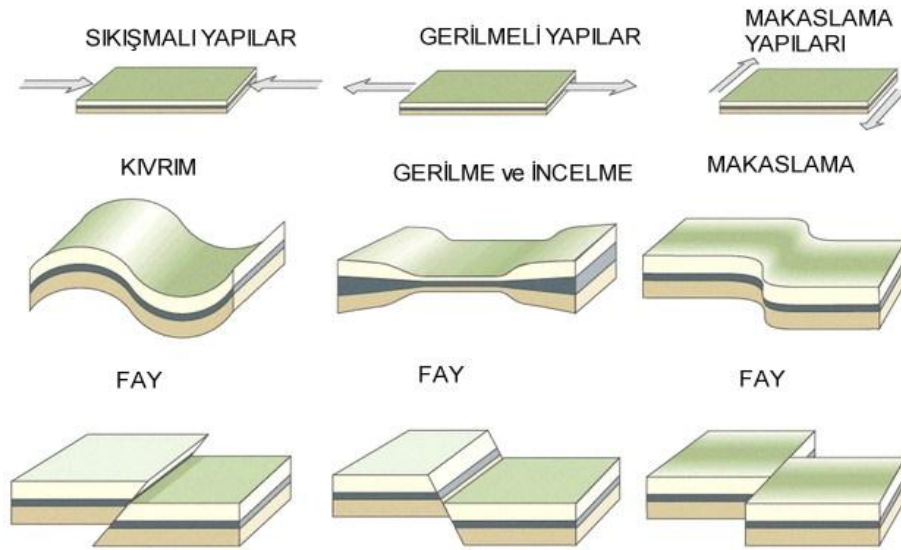
(1) Deprem öncesinde gerilme yok; (2) Deprem öncesinde maksimum gerilme; (3) Deprem anında kırılma ile fay oluşmakta; (4) Deprem sonrasında gerilme yok.

Şekil 3.3 “Elastik Rebound” kuramı ışığında esnek bir yer bloğunun tektonik kuvvetler altında kırılma (faylanması) aşamaları [39]

Dünya üzerinde oluşan yıkıcı depremlerin hemen hepsi faylarla ilişkilidir. Yeryüzündeki kayalar, birbirlerine göre hareket etmiş ve gözle görülür miktarda atım gerçekleşmişse, bu atım sonucunda oluşmuş olan kırığa fay denmektedir. Faylar, kimi zaman yeryüzüne yakın yerlerde oluşabilmekte, dolayısıyla da gözlenebilmekte, kimi zaman da yüzey tabakaları tarafından gizlenmiş olmalarından dolayı gözlenememektedirler. Fayların boyu da atım miktarları da, birkaç santimetreden birkaç kilometreye kadar değişiklik gösterebilmektedir. Fayların boyu depremin büyüklüğü ile logaritmik olarak orantılıdır [39].

<sup>1</sup> Blokların, fay düzlemi boyunca birbirlerinden uzaklaşma miktarına, atım veya ötelenme denmektedir [31]

Faylar, blokların hareket yönü ile fay düzlemi arasındaki ilişkiye göre; “eğim atımlı”, “verev (oblik)” ve “doğrultu atımlı” faylar olmak üzere farklı adlandırılmaktadırlar. Faylar; sıkışma, gerilme veya makaslama kuvvetlerinin etkisine bağlı olarak farklı şekiller almaktadır (Şekil 3.4). Sıkışma sonucu oluşan ters faylar, oluştukları bölgenin kısılp kalınlaşmasına, gerilme sonucu oluşan normal faylar ise oluştukları bölgenin incelip genişlemesine neden olmaktadır. Makaslama kuvvetleri ile oluşan yanal atımlı faylarda ise yanal yer değiştirme görülmektedir.



Şekil 3.4 Fayların kırılma özelliklerine göre sınıflandırılması [39]

Fay kırıkları ile yapılar arasında da bir ilişki bulunmaktadır. Deprem bölgelerinde bulunan genç faylar, depremin şiddetini arttırmaktadır. Fayların, yapılar üzerinde direkt olarak bir etkisi olmasa da, en çok hasarı fay kırıkları üzerinde bulunan yapılar almaktadır. Bu nedenle fayın kırılma mesafesi arttıkça, etkilenen yapı miktarı da artmaktadır.

### 3.2.2 Deprem Etkileri

Depremler sırasında oluşan yersarsıntıları doğayı, yapıları ve insanları olumsuz olarak etkilemekte ve zarar vermektedir.

Deprem, doğa üzerinde yaratmış olduğu birçok olumsuz etki bulunmaktadır. Deprem sırasında oluşan sarsıntılar, yeryüzünde yüzey kırıklarının (faylanma) oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Depremi oluşturduğu yüzey kırıkları [39]

Heyelan<sup>1</sup> riski olan alanlardaki toprakların hareket etmesi oldukça kolaydır. Depremler, bu tür alanlarda büyük ölçekli heyelanların oluşmasını tetiklemektedir. Ayrıca, yamaçlarda bulunan kaya ve toprak parçaları, depremler sırasında eğim yönünde hareket etme eğilimi göstermektedirler. Depremler, yer altı suyu içeren tabakaları da etkilemektedir. Yer altında bulunan su, mevcut çatlaklardan yeryüzüne çıkarak toprağın çamurlaşmasına ve akmasına neden olmaktadır. Kum oranının fazla ve zeminin gevşek olduğu yerler, depremlerin yaratmış olduğu sarsıntı ve titreşim etkisiyle sıvı gibi davranmaktadırlar.

Depremler en büyük zararı yapılara vermektedir. Deprem yapılara, doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde etki etmektedir. Bir önceki paragrafta bahsedildiği gibi, depremlerin doğa üzerindeki etkileri sonucunda yapılarda oluşan sorunlar ve deprem sarsıntılarının yapılar üzerinde yarattığı etkileri, depremin yapılara doğrudan olan etkisidir. Depremler sonrasında çıkan yangınlar, oluşan su baskınları ve tsunamiler, depremlerin yapılar üzerindeki dolaylı etkileridir.

Depremlerin insanlar üzerinde yaratmış olduğu psikolojik durumlar ise oldukça ciddi sorunlar yaratmaktadır.

---

<sup>1</sup> Heyelanlar, depremler olmadığı zamanlarda da, toprağın kayması sonucu oluşan bir yer hareketidir.

### 3.2.3 Depremın Yapılar Üzerindeki Etkilerini Belirleyen Etkenler

Depremın yapılar üzerindeki etkisi veya yapıların depremler karşısındaki davranışları; depremin, yapının, zeminin özelliklerine ve yapı ile zemin arasındaki etkileşime bağlıdır. Depremlerin yapılar üzerindeki etkilerinin ve yapıların depremler karşısındaki davranışlarının anlaşılabilmesi için, aşağıda belirtilenlerin dikkate alınması gerekmektedir.

#### 3.2.3.1 Depremın (Yersarsıntısının) Özellikleri

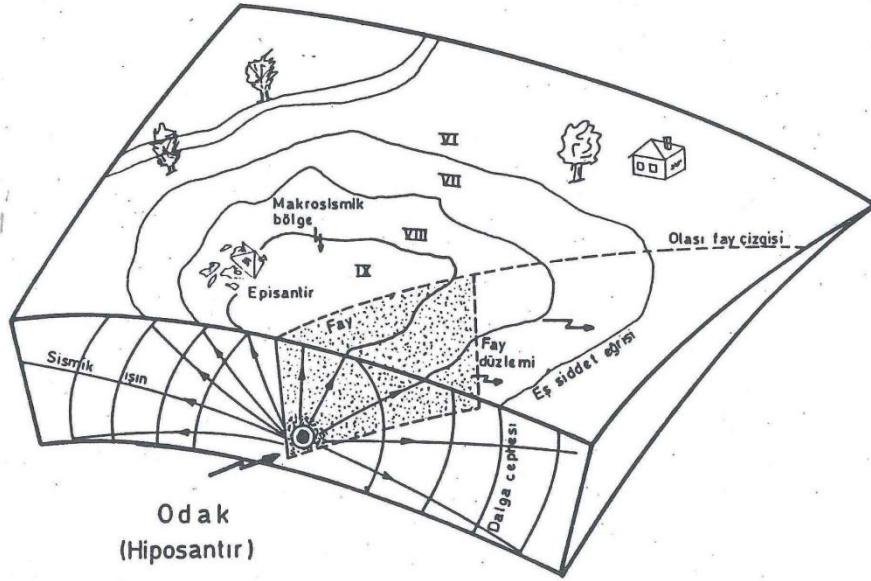
Meydana gelen bir deprem sonrasında, depremin özelliklerinin ve etkilerinin anlaşılabilmesi için, “Deprem Parametreleri” olarak tanımlanan kavramlardan yararlanılmaktadır. Aşağıdaki paragraflarda bu parametreler kısaca açıklanmaktadır.

Depremın *oluş zamanı*, fay üzerindeki ilk kırılmanın gerçekleştiği andır [38]. Kırılmanın ilk olarak başladığı yer altı noktasına, depremin *odak noktası (Hiposantr)* veya *iç merkezi* [40], odak noktasının yeryüzündeki iz düşümüne ise depremin *dış merkezi (Episantr)* veya *merkez üssü* denmektedir [41]. Depremın odak noktasının yeryüzünden olan derinliği, depremin *odak derinliği*dir<sup>1</sup>.

Depremın *büyüklüğü (Magnitüd–M)* deprem sırasında açığa çıkan enerjinin aletsel ölçüsüdür [41]. Büyüklük, 1935 yılında Prof. Charles Richter tarafından ileri sürülen yöntemle göre değerlendirilmektedir [38]. Depremın şiddetinin aynı olduğu noktaların birleştirilmesi sonucunda elde edilen halkalara, *Eş-şiddet (Izoseist) eğrileri*, oluşturulan haritalara ise, *Eş-şiddet haritaları* denmektedir (Şekil 3.6).

---

<sup>1</sup> Depremler odak derinliklerine göre, sığ depremler (0-60km), orta derinlikte depremler (60-300km) ve derin depremler (300-700km) olarak sınıflandırılmaktadır. 700km’den daha derin olan yerlerde katı malzeme olmadığından dolayı buralarda deprem oluşmamaktadır [31].



Şekil 3.6 Sismik enerjinin yer içinde yayılması ve eş-şiddet haritası [38]

Deprem büyüklüğü ve odak derinliği, titreşim hareketlerinin genlik<sup>1</sup> ve frekans<sup>2</sup> değerlerini etkilemekte dolayısı ile depremin hakim periyodunu değiştirmektedir [1]. Deprem büyüklüğü ile odak derinliği, depremin yapılara olan etkisi açısından oldukça önemlidir. Deprem büyüklüğü arttıkça, yapılar üzerinde yarattığı etkide artmaktadır. Büyüklük gibi odak derinliği de yapılar üzerindeki etkiyi değiştirmektedir. Örneğin, aynı büyüklüğe sahip biri sığ biri derin olan iki depremin yaratacağı etki ve depremin hissedilme alanı birbirinden farklılık göstermektedir [41]. Genel bir değerlendirme yapıldığında, sığ depremlerin hakim periyotları kısa, derin depremlerin hakim periyotları uzundur. Bu nedenle sığ depremler, derin depremlere göre yapılara daha fazla zarar vermektedir.

Şiddet, herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzündeki herhangi bir noktada olan etkisi olarak tanımlanmaktadır. Şiddet; depremin yapılar, canlılar ve doğa üzerinde yaratmış olduğu etkilerinin değerlendirilmesidir [41]. Deprem şiddeti, daha önce gözlenen depremlerin yaratmış olduğu etkilere dayanılarak hazırlanmış olan şiddet cetvellerine göre değerlendirilmektedir. Günümüzde, "Mercalli Cetveli (MM)",

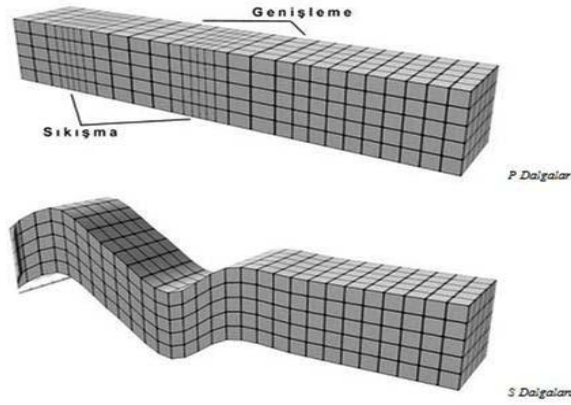
<sup>1</sup> Genlik, periyot hareketinde maksimum düzey olarak tanımlanmaktadır.

<sup>2</sup> Frekans veya titreşim sayısı bir olayın birim zaman (tipik olarak 1 saniye) içinde hangi sıklıkla, kaç defa tekrarlandığının ölçümüdür. Matematiksel ifadeyle periyodun çarpmaya göre tersidir.

“Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)” ve “Japon (JM)” şiddet cetvelleri kullanılmaktadır<sup>1</sup> [40].

Deprem sırasında açığa çıkan enerji, ses ve su dalgalarının yayıldığı gibi, bir kayadan diğerine aktararak yayılmaktadır. Deprem sırasında, odaktan çevreye doğru çeşitli türde deprem (sismik) dalgaları yayılmaktadır. Deprem dalgaları, “Cisim Dalgaları” ve “Yüzey Dalgaları” olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

*Cisim Dalgaları:* P-dalgaları (Primer Dalga) ve S-dalgaları (Seconder Dalga) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 3.7). P-dalgaları en hızlı yayılan ve sismograflar<sup>2</sup> tarafından en önce kaydedilen ve görülen dalgalardır. P-dalgaları, kayaların gerilmesi ve sıkışması sonucunda depremin boyuna yayılan dalgalardır [1]. Bu nedenle bu dalgaya “Boyuna Dalga”da denmektedir [39]. S-dalgaları, sismograflar tarafından ikincil olarak kaydedilen dalgalardır. Kayaların enine esnemesine neden olan, hacim değişikliğine neden olmayan dalgalardır [1]. Bu nedenle bu dalgaya “Enine Dalga”da denmektedir [39]. P-dalgalarına oranla daha yavaş yayılan S-dalgalarının titreşim hareketi, yayılma doğrultusuna dik yöndedir. Yapılara en fazla zararı S-dalgaları vermektedir.



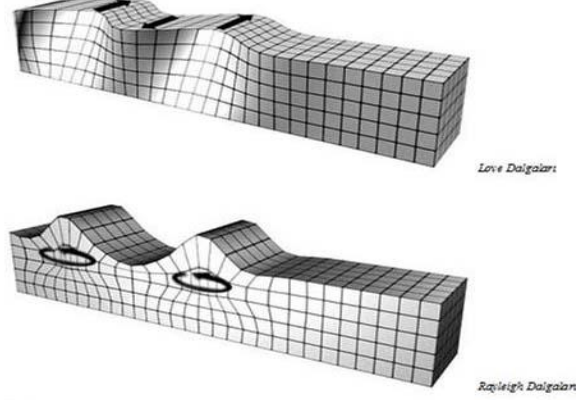
Şekil 3.7 Cisim dalgaları [38]

*Yüzey Dalgaları:* Yeryüzüne yakın olan dalgalardır. Genlikleri, cisim dalgalarına oranla daha büyük olan yüzey dalgaları, cisim dalgalarına oranla daha yavaş yayılmaktadırlar. Yüzey dalgaları, yeryüzünde en büyük genliğe ulaşmakta, yeraltına doğru inildikçe enerjilerini ve etkilerini kaybetmektedirler [39]. Yüzey dalgaları, daha hızlı olan Love ve

<sup>1</sup> Bkz. Ek-1

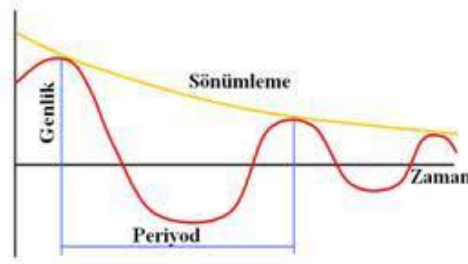
<sup>2</sup> Yer sarsıntılarının büyüklüğünü, süresini, merkezini ve saatini saptamaya yarayan aygıt.

genliği daha büyük olan Rayleigh dalgaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 3.8). Sismograflar, S-dalgalarından sonra önce Love, daha sonra Rayleigh dalgalarını kaydetmektedir [40]. Love dalgaları, yapılar için oldukça tehlikelidir.



Şekil 3.8 Yüzey dalgaları [38]

Deprem hareketlerinin davranış spektrumları<sup>1</sup> da, depremlerin yapılar üzerindeki etkisini değiştirmektedir. Deprem dalgaları harmonik hareketlerdir. Dalgalanma sırasında iki tepe noktası arasında geçen zaman deprem dalgasının periyodunu<sup>2</sup>, periyotlardan ivmesi yüksek olan, depremin “hakim periyodunu” belirlemektedir. Periyodun tamamlanması sırasında gerçekleşen yer değiştirmeye “deplasman”, denge halinde en uzak iki nokta arasındaki deplasmana da “genlik” denmektedir (Şekil 3.9). 1sn içerisinde gerçekleşen periyodik hareket sayısına da “frekans” denmektedir [1]. Frekans ile periyot, birbirleri ile ters orantılıdır.



Şekil 3.9 Periyot-Zaman grafiği [1]

<sup>1</sup> Deprem dalgasının; hakim periyot aralığı, deplasman, genlik, frekans, hız, süre, ivme ve doğrultu.

<sup>2</sup> Hareketin kendini tekrar etmesi için gereken zaman.



Fay düzlemi üzerindeki kırılmanın yayılma hızı “depremin hızını”, kırılmanın tamamlanması için gereken toplam süre “depremin süresini”, hızın zaman içerisindeki değişimi de “depremin ivmesi”ni belirlemektedir [38].

Yapılarda meydana gelen hasarlar zamanla biriken niteliğe sahiptirler. Dolayısıyla uzun süreli depremler maksimum ivmeleri düşük de olsa, yapılarda önemi hasarların oluşmasına neden olabilmektedirler [41].

### **3.2.3.2 Zeminin Özellikleri**

Deprem dalgaları, çeşitli zemin tabakalarından geçerek yapılara ulaşmaktadır. Zeminin sahip olduğu özellikler, yapılara farklı şekillerde etki etmektedir. Dolayısıyla depremin yapılar üzerindeki etkisini, yapının oturduğu zeminin jeolojik yapısı, periyodu, zeminin kalınlığı ve yapı ile olan etkileşimi değiştirmektedir.

Zeminler, “Sağlam (Sert) Zeminler ” ve “Gevşek (Yumuşak) Zeminler” olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Yapının bulunduğu zeminin sert, gevşek veya dolgu zemin olması, depremin yapılarda farklı şiddetlerde hissedilmesine neden olmaktadır.

*Sağlam (Sert) Zeminler:* Oluşumlarının üzerlerinden uzun jeolojik zamanın geçtiği, nispeten sıkışmış ve suyunu kaybetmiş, fay veya çatlak içermeyen, sağlam kaya kütlelerini ifade etmektedir. Sağlam zeminler, kısa periyotlu, yüksek frekanslı ve çok hızlı titreşen zeminlerdir. Sert zeminler, deprem enerjilerini sönmülemektedir. Depremin şiddeti yapılara aynen iletilmektedir.

*Gevşek (Yumuşak) Zeminler:* Oluşumlarının üzerinden uzun jeolojik zaman geçmemiş, dolayısıyla yeterince sıkışmamış olan zeminlerdir. Deniz, göl, akarsu kenarları veya geniş, düz ovalar gibi alüvyon arazileri yumuşak zeminlerdir. Gevşek zeminler, uzun periyotlu, kısa frekanslı zeminlerdir. Gevşek zeminler, içyapı özelliklerinden dolayı deprem şiddetini arttırıcı yönü bulunmaktadır. Yapay veya dolgu olan gevşek zeminler, enerjiyi sönmüleyemediği için, sarsıntının oluşturduğu potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye çevirmekte, depremin şiddetini 2–3 misli attırarak yapıya iletmektedir.

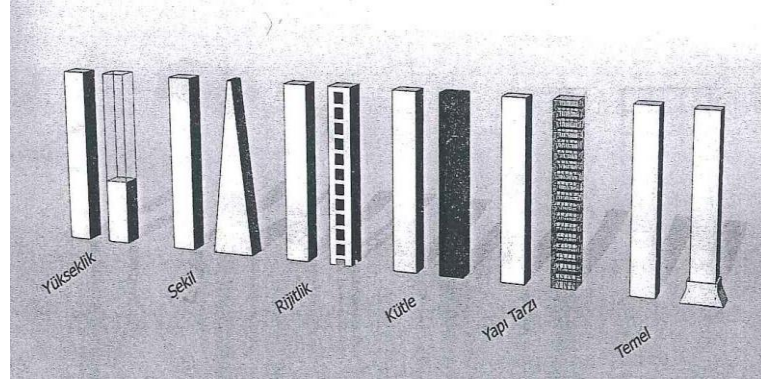
Deprem sarsıntıları bazı durumlarda zemin koşullarının değişmesine neden olabilmektedir. Deprem titreşimlerine bağlı olarak, zemin tabakalarında gerçekleşen

oturmalar, sivilaşmalar veya yamaçlardaki stabilitenin bozulması, yapıların hasar görmesine neden olabilmektedir [41].

Zeminin cinsi kadar kalınlığı da yapılarda oluşabilecek hasarları etkilemektedir. Zeminin kalınlığı, sarsıntının şiddetini hem olumlu, hem de olumsuz yönde etkilemektedir.

### 3.2.3.3 Yapının Özellikleri

Yapıların, aynı tür zemin üzerinde, aynı büyüklük ve uzaklıktaki bir depremden farklı olarak etkilenmeleri, o yapıların yapım özelliklerine göre değişmektedir. Depremler ve zeminler gibi, yapılarında kendilerine ait periyotları bulunmaktadır. Aşağıda belirtilen bütün etkenler (Şekil 3.10), yapının periyotunu etkileyerek, yapının depremlerde farklı şekillerde etkilenmesine neden olmaktadır [1].



Şekil 3.10 Tasarım öğeleri [1]

*Yapının Kütlesi:* Yersarsıntılarının yapı üzerindeki etkisi, yapının kütlesi (ağırlığı) ile doğru orantılıdır. Deprem, yapıda dinamik yüklerin oluşmasına neden olmaktadır. Yapı, bu yüklere salınım yaparak tepki vermektedir. Yapının kütlesi arttıkça, yapının yaptığı deplasman, genlik ve frekans değerleri değişmekte, dolayısıyla yapının periyodu da orantılı olarak artmaktadır. Yapının kütlesi arttıkça verdiği tepkide artmaya başladığından, yapı zorlanmaya ve hasarlar oluşmaya başlamaktadır.

*Yapının Rijitliği:* Deprem sırasında yapının dayanımını etkileyen bir diğer etken ise yapının rijitliğidir. Rijitlik; depremin oluşturduğu yatay kuvvet etkilerine karşı, yapının bir bütün halinde (sistemi oluşturan bütün elemanlar) hareket edebilmesidir [42]. Yapının rijitliği arttıkça periyodu da artmaktadır. Yapının rijit veya esnek malzemeden yapılmış olması, yapının periyodunu değiştirmektedir. Yapı, deprem sırasında yapmış

olduğu salınım ile deprem kuvvetlerini absorbe etmektedir. Rijitliği çok olan bir yapının yapmış olduğu salınım azdır. Dolayısıyla yapı, yıkılma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Rijitliği az olan esnek yapılar ise, deprem sırasında büyük salınımlar yapmaktadır. Esnek yapılar, deprem sırasında yıkılmamaktadır, fakat yapı fazla hareket ettiğinden dolayı deformasyona uğramaktadır. Buna durumda, yapıların deprem kuvvetlerine karşı dayanım gösterebilmesi için, belli bir rijitlik seviyesinde inşa edilmesi gerekmektedir. Yapının tarzı, şekli ve zemin özellikleri de yapının rijitliğini etkilemektedir.

*Yapının Malzemesi:* Malzeme olarak, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan yapı malzemesinden bahsedilmektedir. Yapının taşıyıcı sisteminde; çelik, beton, ahşap, tuğla veya doğal taşlar kullanılabilir. Taşıyıcı sistemde kullanılan malzemeler dikkate alındığında, depremden en az zararı sırası ile hafif çelik, betonarme döşemeli çelik, betonarme, ahşap, kâgir ve kerpiç yağma yapılar görmektedir [38]. Yapının taşıyıcı sisteminde kullanılacak olan malzemenin birim ağırlığı, yapının toplam ağırlığını da etkilemekte, dolayısıyla yapı periyodunu da değiştirmektedir.

*Yapının Sönümü:* Kullanılan malzemeye bağlı olarak değişiklik gösteren bir diğer faktör ise yapının sönümüdür. Sönüm, titreşim hareketlerinin başladığı andan itibaren zaman içinde büyüklüğünün azalması ve tamamen sönmesidir. Yapının sönümü, yersarsıntılarını emme gücü olarak da açıklanabilmektedir. Yapıların sönümü arttıkça, depremin yapıya olan etkisi de o derece azalmaktadır. Yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlar dışındaki bazı elemanlarda, deprem etkilerini bir miktar sönümlenmektedir.

*Yapının Şekli:* Depremlerin yapılar üzerindeki etkilerini belirleyen bir diğer etken ise yapının şeklidir. Deprem dalgaları, yapıya her yönden ayrı ayrı etki etmektedir. Yapının hasar görmemesi için, yüklerin her yönden etki edebileceği düşünülerek planlama yapılması gerekmektedir. Yapının şekli, plan ve kesitinin birbirine olan oranı, yapıdaki yatay ve düşey doğrultudaki girinti ve çıkıntılar, depremlerin yapı üzerindeki etkilerini değiştirmektedir [1]. Bunun için, yapının planın olabildiğince basit ve simetrik olmasına dikkat edilmelidir. Düzensiz bir yapıya sahip olan yapılar, depremin etkileriyle he titreşmekte hem de kendi etraflarında dönmeye çalışmaktadırlar. Düzenli bir plana sahip olan yapılar ise sadece titreşmektedirler [41].

*Yapının Yüksekliği:* Yapının yüksekliği ile yapının periyodu doğru orantılıdır. Yapının periyodu, kullanılan malzemeye bağlı olmadan, yüksekliği oranında artış göstermektedir. Dolayısıyla yapının yüksekliği arttıkça, yapıda oluşabilecek hasarlar da o derece artmaktadır.

*Yapının Temeli:* Yapının sağlam bir zemin üzerinde, yapı ile zemin arasındaki bağlantıyı doğru şekilde sağlayacak bir temel sistemi ile sabitlenmesi gerekmektedir. Yapının zemine olan sabitlik oranı arttıkça, deprem sarsıntılarının yapıya iletimi artmaktadır. Zemine iyi sabitlenmemiş bir yapıda, depremin şiddeti ile devrilme veya kayma görülebilmektedir. Yapı ile temelin beraber hareket edebilmesi için, mümkün oldukça tekil temel uygulamalarından kaçınılmalıdır. Temel derinliklerinin de, zemin özelliklerine göre hesaplanması gerekmektedir.

*Diğer Özellikleri:* Her yapının kullanılan yapı malzemesine göre öngörölmüş ekonomik bir ömrü bulunmaktadır. Zaman geçtikçe malzeme yorulmakta ve taşıma kapasitesini kaybetmeye başlamaktadır. Depremin meydana geldiği zamanki yapının yaşı, yapının deprem kuvvetlerine karşı göstereceği dayanımı değiştirmektedir.

Yapının daha önceden bir deprem geçirmiş olması, depremden zarar görmesi veya tadilat geçirmiş olması, yapıların davranışlarını olumsuz olarak etkilemektedir. Mevcut olan mekânlarda değişikliklerin yapılması veya yeni mekânların eklenmesi gibi planda yapılan değişiklikler, yapıların yapılış amaçlarından farklı olarak kullanılması yapıya etki eden bütün yüklerin değişmesine, dolayısıyla yapının dayanımının değişmesine neden olmaktadır.

### **3.2.3.4 Zemin ile Yapı Etkileşimi**

Depremler sonucunda oluşan yersarsıntıları, zemin ve yapının özelliklerine bağlı olarak, yapılarda farklı etkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Tasarım aşamasında, zemin özelliklerinin dikkate alınmaması, hatalı veya eksik tasarım kararlarının alınması yapılarda; rezonans, burulma, farklı salınımlara bağlı gerilme yığılmaları, yumuşak kat etkisi ve kısa kolon etkisi gibi ağır hasarlara neden olan durumların oluşmasına neden olabilmektedir. Zemin ile yapı arasındaki etkileşime bağlı olarak, yapılarda oluşabilecek en tehlikeli durum yapının rezonansa girmesidir.

Rezonans, yapının periyodu ile zeminin periyodunun çakışması olarak ifade edilmektedir. Titreşen cisimlerin (yapı) doğal periyotları ile dışarıdan etki eden kuvvetlerin (deprem) etkin periyotları çakıştığında (3.1), cismin genliği her titreşimde daha da artmakta ve maksimum değere ulaşmaktadır. Zemin ile rezonansa giren bir yapının genliği, sonsuza dek artma eğilimi göstermektedir. Fakat belli bir noktadan sonra yapı bu artan genliğe ve genliğin neden olduğu gerilime dayanmamaktadır. Bütünlüğünü koruyamaz hale gelen yapı, hasar görmeye başlamaktadır. Artan genlik, yapının kullanılamaz hale gelmesine veya yıkılmasına neden olmaktadır [1].

$$T_{Zemin} = T_{Bina} \rightarrow \text{REZONANS} \quad (3.1)$$

Bir yapının rezonansa girerek hasar görmemesi için, yapının periyodu ile zemin periyodunun birbirine yakın olmamasına dikkat edilmelidir. Zeminin sahip olduğu periyodu değiştirmek mümkün olmadığından, yapının periyodunun değiştirilmesi gerekmektedir. Yapı tasarlanırken, çok fazla rijit veya esnek olmamasına dikkat edilmelidir. Rijit bir yapının zeminle aynı şekilde hareket ettiği, esnek bir yapının ise zeminden daha yavaş hareket ettiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, titreşim periyotları kısa olan sert zeminler üzerine, titreşim periyodu uzun olan esnek yapıların, titreşim periyodu uzun olan yumuşak zeminlerin üzerinde, kısa periyotlu rijit yapıların yapılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

#### **3.2.4 Deprem Kuvvetlerinin Yapılara Etkisi**

Deprem, sürekli ve ani olarak değişiklik gösterdiği için, dinamik yük olarak değil statik yük olarak değerlendirilmelidir [36]. Deprem yapıda, çok yönlü ve etki yönünü ani olarak değiştiren bir kuvvet etkisi yaratmaktadır [1]. Deprem yapılar yaratmış olduğu bu kuvvet etkisine, “deprem kuvveti” denmektedir.

Deprem kuvvet etkisi, (3.2)'deki gibi hesaplanmaktadır;

$$F = \frac{A(T) \times W}{R} \quad (3.2)$$

$$A(T) = (A_o) \times (I) \times (ST)$$

F; Deprem kuvveti

A(T); Spektral ivme katsayısı

W; Yapının ağırlığı

R; Yapının süneklik oranına bağlı davranış katsayısı

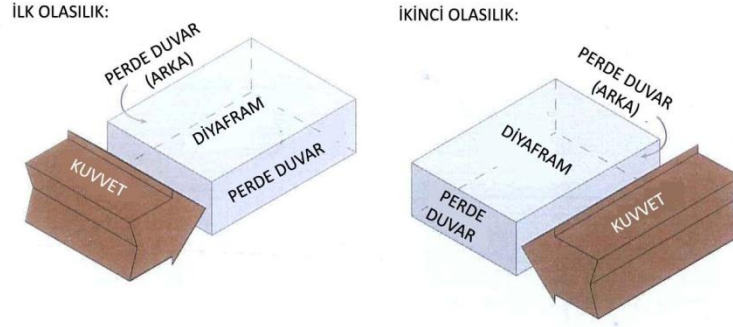
(A<sub>o</sub>); Deprem bölgelerinin her biri için verilmiş, etkin yer ivmesi katsayısı.

(I); Yapı önem katsayısı

(ST); Bina doğal periyoduna bağlı spektrum katsayısı

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi deprem; sismik dalgalar halinde yerküre içerisinde ilerlerken titreşim hareketlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Oluşan bu titreşim hareketleri, zemin aracılığı ile temellere ve oradan da yapıya iletilmektedir [41]. Temeller aracılığıyla yapıya iletilen deprem kuvvetleri, hem dikey hem de yatay kuvvet bileşenleri içermektedir [34]. Bu kuvvetler yapılarda ilave yüklerin oluşmasına neden olmaktadır.

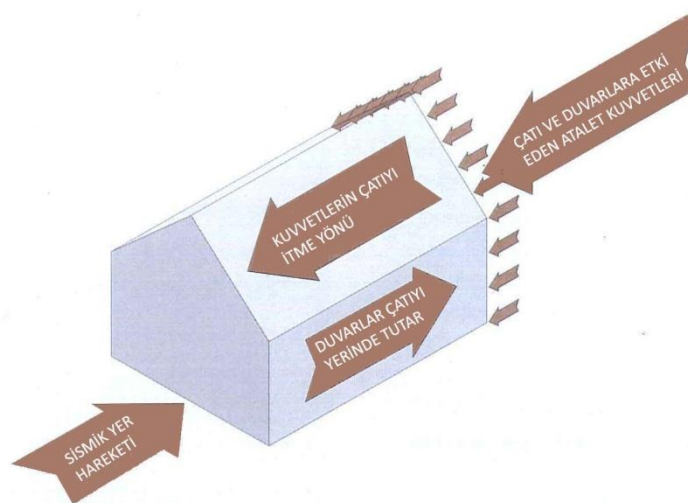
Yapıya etki eden dikey kuvvetler, yapıyı yukarı-aşağı yönde hareket ettirmeye çalışmaktadır. Yapıya etki eden dikey kuvvetlerin etkisi, yatay kuvvetlere oranla daha küçüktür. Çünkü yapının ayakta durabilmesi için yapılan hesaplamalar, dikey kuvvet etkilerini kaldırabilmektedir [1]. Taşıyıcı sistemi oluşturan bütün elemanlar ve elemanlar arasındaki bağlantılar, dikey yönde etki eden yükleri karşılayacak güçtedir [35]. Dikey yönde etki eden yükler, taşıyıcı sistem ve temeller ile zemine iletilmektedir. Yapılarda oluşan en ağır hasarlar, zemine paralel doğrultuda olan hareketlerden [43] veya depremlerin yapıların temellerine yatay yönde yaptığı darbelerden [1] dolayı oluşmaktadır. Yapıya her iki yönde etki eden yatay kuvvetler (Şekil 3.11), yapıyı her iki yönde ileri-geri yönde hareket ettirmeye çalışmaktadır [34].



Şekil 3.11 Yatay yük etkisi [34]

Deprem kuvvetlerinin yapılarda oluşturduğu tepki dinamik bir davranıştır. Deprem, temelleri yatay yönde hareket ettirmeye çalışırken, yapı bu harekete atalet kuvveti ile karşı koymaya çalışarak yapıyı yerinde tutmaya çalışmaktadır. Atalet kuvvetleri oluşurken, yapı ve yapı içerisindeki bütün sistem elemanları zorlanmaktadır [42]. Atalet kuvvetinin şiddeti; yapının, deprem dalgasının ve zeminin özelliklerine bağlıdır.

Atalet kuvveti, yapının kütlesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Yapının kütlesi arttıkça yapıya etki eden deprem kuvveti de artmaktadır. Deprem kuvveti arttıkça da, tepki olarak yapıda oluşan atalet kuvveti de artmaktadır. Depremin yapılarda oluşturduğu atalet kuvvetleri, yapının kütlesinin özellikle fazla olduğu çatı ve döşemelerde yatay kuvvetlerin oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 3.12) [34]. Yapının kütlesinin dışında, yapının yatay ve düşey düzlemde dağılımı, yapının geometrik formu, yapı elemanlarının yapı sistemi içerisindeki düzeni ve malzeme özellikleri de atalet kuvvetinin şiddetini etkilemektedir.



Şekil 3.12 Yapı ağırlığının deprem kuvvetine etkisi [34]

Yerin hareketi yavaş olduğunda yapı kendini toparlayabilmektedir. Fakat deprem hareketleri genellikle hızla ivme kazanmaktadır. Yüksek zemin ivmeleri, yapılarda büyük atalet kuvvetlerinin oluşmakta, dolayısıyla yapı harekete geçmektedir.

Deprem kuvvetlerine karşı yerinde durmaya, yer değiştirmemeye çalışan yapı, sağa sola esneyerek katlar arasında yatay deplasmanların<sup>1</sup> oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 3.13) [41]. Katlar arasında görülen yatay deplasmanlar, yapılarda en sık görülen deformasyonlardır [1]. Bu sırada, yapı ve yapı içerisindeki bütün sistem elemanları değişik şekiller alarak zorlanmaktadır [42].



Şekil 3.13 Yapıda görülen deplasman [34]

<sup>1</sup> Katlar arasında görülen yatay deplasmanlar, yersarsıntılarının etkileriyle iki kat arasında oluşan kayma veya yer değiştirme mesafeleridir.



Yapı, deprem ve atalet kuvvetleri etkisinde, sistem etkisi altında yapı elemanlarını bir arada tutacak direnci gösteremediğinde, zarar görmeye başlamaktadır. Yapıların depremden hasar görmesinin nedeni; dayanımının, etkisinde kaldığı deprem kuvvetlerinden daha düşük olmasıdır. Deprem, yapıları alışlagelmiş yüklerin (sabit yük ve düşey yük) üzerinde zorlayarak, yapının tasarımında ve uygulamasında yapılmış hataların ortaya çıkmasına neden olmaktadır [41].

Bir deprem anında yapıdan beklenen, taşıyıcı sisteminde bazı küçük çatlakların dışında yapısal hasarların oluşmaması, oluşması halinde de onarılabilecek boyutlarda olmasıdır. Deprem kuvvetlerinin etkisine girmiş olan yapı, üç çeşit deprem davranışı göstermektedir;

- Yapı, deprem sırasında maruz kaldığı kuvvetlere dayanım göstererek depremi hasarsız veya hafif hasarlara atlatabilmektedir.
- Taşıyıcı sistem içindeki bazı kesitler çok zorlanarak, taşıyıcı sistemde kısmi veya bütün halinde göçmeler meydana gelebilmektedir.
- Taşıyıcı sistem içindeki bütün kesitler, dayanım göstererek yapının göçmesini engelleyebilmektedir. Ancak katlar arasında oluşan yatay deplasmanların yapıda oluşturmuş olduğu deformasyonlar, yapının işlevselliğini kaybetmesine neden olabilmektedir.

1998 ABYYHY'e göre deprem anında yapıdan;

- Olma olasılığı yüksek olan hafif şiddetli depremlerde, yapılardaki taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan yapı elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi,
- Orta şiddetli depremlerde, yapıların taşıyıcı sisteminin önemli derecede hasar görmemesi, taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında görülebilecek olan hasarın ise onarılabilecek boyutta kalması,
- Olma olasılığı düşük olan şiddetli depremlerde, taşıyıcı sistemde oluşabilecek olan hasarların, yapının kısmen veya tamamen göçmesine neden olmaması beklenmektedir. Şiddetli depremlerde asıl beklenen, can kayıplarının olmaması

beklenmektedir.

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Müdürlüğüne göre bir yapıda;

- Hafif hasar,
- Orta hasar,
- Ağır hasar,
- Yıkıntı

olmak üzere dört çeşit deprem hasarı gözlenmektedir. Hafif hasar alan yapılar; herhangi bir onarıma gerek kalmadan kullanılmaya devam edilebilen, orta hasar alan yapılar; hasar gören yapı elemanlarının onararak tekrar kullanabildiği, ağır hasar alan yapılar; onarılmalarının mümkün olmadığı yapılar olarak belirtilmektedir. Yıkıntı halindeki yapılar ise, aldıkları hasarlara bağlı olarak çökmelerin, göçmelerin görüldüğü veya tamamen yıkılmış olan yapılardır.

### **3.3 Rüzgâr ve Rüzgâr Kuvvetlerinin Yapılara Etkisi**

Rüzgâr ülkemizde, dünya üzerinde etkili olduğu kadar etkili olmasa da, zaman zaman çatıların uçmasına veya kalkan duvarlarının yıkılmasına neden olabilmektedir. Bazı durumlarda rüzgâr kuvvetleri, mal kayıplarının yanında can kayıplarının da oluşmasına neden olabilmektedir. Dünya geneline bakıldığında rüzgâr, yapıların projelendirilmesinde önemli bir parametre olmaktadır.

Rüzgâr kuvvetlerinin yapılar üzerindeki etkilerinin ve neden olduğu hasarların incelenebilmesi ve değerlendirilebilmesi için; rüzgârın ne olduğunun, nasıl oluştuğunun, yarattığı etkilerin, bu etkilerin hangi etkenlere bağlı olarak değişiklik gösterdiğinin, yapılara etki eden rüzgâr kuvvetlerinin ve rüzgâr kuvvetleri etkisinde kalan yapıların davranışlarının bilinmesi gerekmektedir.

#### **3.3.1 Rüzgâr Olgusu**

Hava, içerisinde moleküller barındırmaktadır. Hava molekülleri, basınç değişimlerine bağlı olarak, durağan halden hareketli hale geçmektedir [43]. Basınç farkları, rüzgârların oluşmasına neden olmaktadır. Rüzgâr, atmosferde bulunan havanın, dünya yüzeyine yakın bir noktada, yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru, doğal olarak yaptığı hava hareketidir. Basınç alanları arasındaki fark ne kadar büyük olursa, hava akımının hızı da o kadar fazla olmaktadır [44]. Farklı basınç alanlarının

oluşmasında; dünyanın dönüşü, yüzey sürtünmeleri, yerel ısı yayılması, diğer atmosferik olaylar ve yeryüzünün topoğrafik yapısı etkilidir.

Hava, belli bir kütleyle (ağırlık ve yoğunluk) sahip olmakla birlikte, belirli bir hızda belirli bir yöne doğru hareket etmektedir [44]. Hareket halindeki hava, kütesinden ve hızından dolayı kinetik enerjiye sahiptir. Hava akımının hızı arttıkça, sahip olduğu kinetik enerjide (3.3)'deki eşitliğe bağlı olarak artmaktadır. Yüksek kinetik enerjiye sahip olan rüzgârın önüne herhangi bir cisim çıktığında, hava akımı durmakta veya yönü sapmaktadır. Hava akımının önüne çıkan cisimler, genellikle yapılar olmaktadır. Dolayısıyla, hava akımının hızına bağlı olarak, çarptığı yapılarda farklı etkiler oluşmaktadır [37]. Yapılar için tehlike unsuru oluşturan rüzgârlar, yer seviyesinde yüksek hıza sahip olanlardır. Aşağıda bahsedilen kuvvetli rüzgâr hareketleri, hasarların oluşmasına veya tamamen yıkılmalarına neden olmaktadır [43].

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \quad (3.3)$$

Şiddetli rüzgârların, çöllerde ve denizlerde meydana getirdiği dalgalanmalara “fırtına” denmektedir. Fırtına; büyük ölçekli, düşük basınçlı hava sistemidir. Meteoroloji uzmanları, hızı saatte 100 km’yi geçen rüzgârları, fırtına olarak kabul etmektedir. Kuzeye doğru ilerleyen sıcak ve nemli havanın, güneye doğru inen soğuk ve kuru havayla karşılaşması sonucunda oluşan sıcaklık farkı ve su buharının yoğunlaşması fırtınaların oluşmasına neden olmaktadır. Kuzey yarımkürede oluşan fırtınalar, saatin ters yönünde, güney yarımkürede oluşan fırtınalar ise, saat yönünde dönmektedir [44].

Belli başlı dört çeşit fırtına bulunmaktadır;

*Siklon:* Siklonlar, fırtınalar çok şiddetli oldukları zaman meydana gelmektedir. Alçak basınç alanlarının çevresinde hızla dönen rüzgârların oluşturduğu şiddetli fırtınalardır. Siklonlar, fırtınaların aksine geniş alanları etkileyerek, çok büyük zararların oluşmasına neden olmaktadır[43]. Tropik ve Ekstratropik siklonlar olmak üzere iki tür siklon vardır.

*Kasırğa:* Çok hızlı esen rüzgârlara genelde kasırğa denmektedir. Doğu Büyük Okyanus ve Güney Atlantik hariç subtropikal ve tropikal iklim kuşağındaki bütün sıcak denizlerde görülmektedir. Büyük çaplara sahiptir. Saatte yaklaşık 240km hızla dönerek esen tropik rüzgârlardır. Kasırgalar, günlerce sürebilmektedir. Kasırgalar, evleri yıkacak, ağaçları

yerlerinden sökecek, dalları kırarak hatta insanları bile yerlerinden uçuracak güce sahiptirler. Büyük deniz dalgalarının oluşmasına ve denizin kabarmasına da neden olmaktadır [43], [44].

*Hortum (Tornado):* Çok şiddetli, küçük bir siklondur. Hortum, bulutlardan yere kadar uzanan, silindirik şekilde dönerek gezen ve yıkıcı güce sahip olan bir rüzgâr türüdür. Bir denizin veya gölün üzerinde meydana gelen hortum, yerden emdiği sularla bir su hortumu oluşturmaktadır. Hızları saatte 480 km'ye kadar çıkabilmektedir. Hortumlar, sıklıkla Amerika'nın orta batısında oluşmaktadır. Sahil kesimlerinde oluşan fırtınaların nedeni, okyanus üzerinde oluşan fırtınalardır. Hortumlar en fazla birkaç saat sürmekte fakat geçtiği yerleri tamamen yıkmaktadır [43], [44].

*Tayfun:* Siklonların, tropik iklimlerde kuvvet kazanması sonucunda oluşan şimşekli ve gök gürültü fırtınalardır. Belirli bir bölgeyi etkilemelerine rağmen, tesirleri çok fazla ve yıkım güçleri oldukça yüksektir. Tayfunlar, daha çok açık denizlerde meydana gelmektedir. Genellikle, Büyük Okyanusun batısında meydana gelmekte ve sıklıkla Filipinleri etkilemektedir [43].

### **3.3.2 Rüzgârın Etkileri**

Rüzgâr kuvvetlerine bağlı olarak oluşan fırtına, hortum, kasırga vb. gibi durumlar, doğayı, yapıları ve insanları olumsuz olarak etkilemektedir.

Rüzgâr kuvvetleri, doğa üzerinde birçok olumsuz etkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Rüzgâr kuvvetlerine bağlı olarak, denizlerde oluşan büyük ve kuvvetli dalgalar, kıyılarda bulunan limanların ve iskelelerin yıkılmasına, sahil-kıyı kesimlerinin doğal yapısının değişmesine neden olmaktadır. Ayrıca deniz içerisinde bulunan gemilerin batmasına veya karaya oturmalarına da neden olabilmektedir. Kuvvetli rüzgârlara dayanamayan ağaçlar, devrilmekte veya köklerinden kurtulup sürüklenerek çevrede bulunan yapılara zarar verebilmektedir. Rüzgâr kuvvetlerine bağlı olarak birçok köprü, viyadük veya yollar zarar görerek kullanılamayacak duruma gelebilmektedir.

Rüzgâr kuvvetlerinin en büyük zararı yapılara vermektedir. Rüzgâr kuvvetlerinin etkisi altında kalan hemen hemen bütün yapıların çatısı uçmaktadır. Bunun yanı sıra, yapıların ciddi hasarlar alarak kullanılamayacak duruma geldikleri veya tamamen yıkıldıkları da gözlemlenmektedir.

Ayrıca, rüzgâr kuvvetleri sonucunda oluşan yıkımlar, insanlar üzerinde psikolojik sorunların oluşmasına da neden olabilmektedir.

### **3.3.3 Rüzgârın Yapılar Üzerindeki Etkilerini Belirleyen Etkenler**

Rüzgârın yapılar üzerindeki yaratmış olduğu basınç ve emme kuvvetleri; rüzgârın, yapının, çevrenin özelliklerine ve rüzgârın yapı ve çevre ile olan etkileşimine bağlıdır. Rüzgârların yapılar üzerindeki etkilerinin ve yapıların rüzgârlar karşısındaki davranışlarının anlaşılabilmesi için aşağıda belirtilenlerin dikkate alınması gerekmektedir.

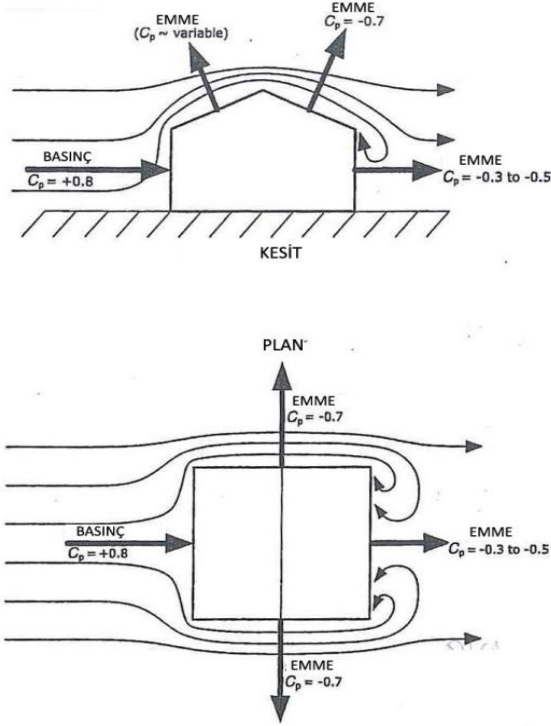
#### **3.3.3.1 Rüzgârın Özellikleri**

Rüzgâr kuvvetlerinin yapılar üzerindeki etkileri, rüzgâr kuvvetlerinin doğal özelliklerine bağlıdır. Havanın yoğunluğu, rüzgârın esiş ve basınç-çekme hızı, esme doğrultusu ve yönü, rüzgâr kuvvetlerinin yapılar üzerindeki etkilerini değiştirmektedir.

Belli bir yoğunluğa sahip olan havanın yoğunluğu arttıkça, kinetik enerjisi de artmaktadır. Yüksek kinetik enerjiye sahip olan hava, bir yüzeye çarptığı anda kinetik enerjisini potansiyel enerjiye çevirdiğinde, yapı yüzeylerinde oluşan basınç ve çekme kuvvetleri, de artmaktadır [43].

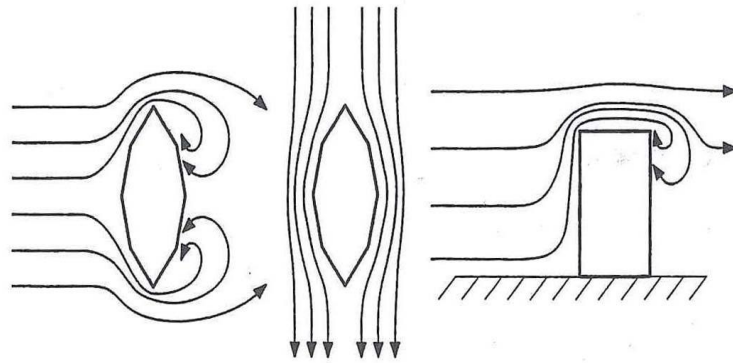
Rüzgârın esiş hızı arttıkça, yapılar üzerinde oluşan etkilerde artmaktadır. Rüzgârın esiş hızı arttıkça, yapıların duvarlarında ve çatılarında oluşan basınç ve çekme kuvvet değerleri de artmaktadır. Bu nedenle yapıların, buldukları bölgenin etkin rüzgâr hızı dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir. Bu aşamada, “rüzgâr hızı haritalarından” yararlanılması gerekmektedir. Yıllarca süren gözlemler sonucunda, ülkelerin ve bölgelerin rüzgâr hızı haritaları oluşturulmuştur [37]. Yüksek düzeydeki rüzgâr hızlarının süresi de oldukça önemlidir [43].

Yapılara etki eden rüzgârların esiş yönü, cephelerde ve çatıda oluşan basınç veya çekme kuvvetlerinin değişmesine neden olmaktadır. Rüzgâr kuvvetleri yapılar dik yönde etki etmektedir. Rüzgârların direkt olarak çarptığı yapı cephelerinde basınç kuvvetleri, diğer cephelerde ve eğimli olan çatı yüzeylerinde emme kuvvetleri oluşmaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Yapılarda oluşan basınç kuvvetleri [37]

Rüzgârın esme doğrultusu ve baskın rüzgâr yönü de yapılar üzerinde oluşan etkiyi değiştirmektedir [43]. Hakim olan rüzgâr yönüne uygun olarak konumlandırılan yapılarda rüzgâr kuvvet etkileri, hakim olan rüzgâr yönüne dik yönde konumlandırılan yapılara oranla daha az olmaktadır (Şekil 3.15) [36].



Şekil 3.15 Yapıların hakim rüzgâr yönüne doğru konumlandırılması [37]

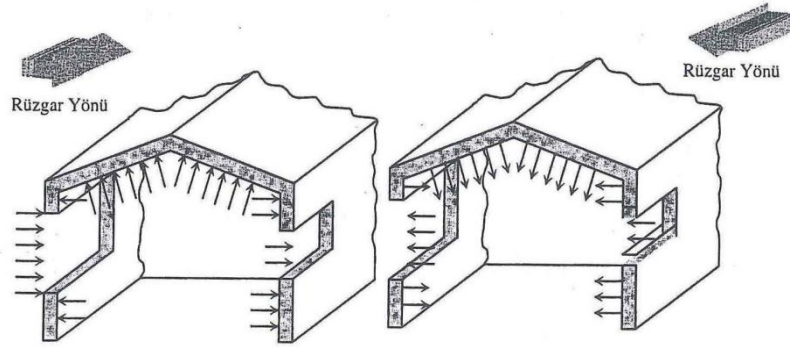
### 3.3.3.2 Yapının Özellikleri

Rüzgâr kuvvetlerinin yapılar üzerindeki etkisi, yapının sahip olduğu geometrik şekle, plana, boyuta ve orana, yapının toplam yüksekliğine ve çatının eğimine bağlıdır. Ayrıca

yapı kabuğunun sertliği, gözenekliliği ve yapının sahip olduğu “bina önem katsayısı” da, yapılar üzerindeki etkiyi değiştirmektedir.

Yapıların geometrik şekli, rüzgâr kuvvet etkilerini değiştirmektedir. Aerodinamik<sup>1</sup> şekle (yuvarlak, oval) sahip olan yapılar, yumuşak hatlara sahip olduğundan, yapıya etki eden rüzgâr, yapının etrafından kayıp gitmekte, basınç veya çekme kuvvetleri oluşmamaktadır [44]. Aerodinamik şekle sahip olmayan yapılarda (kare, dikdörtgen) ise, rüzgâr düz bir yüzeye çarptığında, yapının bütün cephelerinde basınç veya çekme kuvvetleri oluşmaktadır.

Yapı cephesinde bulunan boşluklar arasındaki orantısızlıklar, yapının cephelerinde ve çatısında farklı kuvvet etkilerinin oluşmasına neden olmaktadır [44]. Büyük bir boşluktan giren rüzgâr, küçük bir boşluktan çıkarken, çatıda basınç kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bunun aksine, küçük bir boşluktan giren rüzgâr, büyük bir boşluktan çıkarken, çatıda çekme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 3.16).

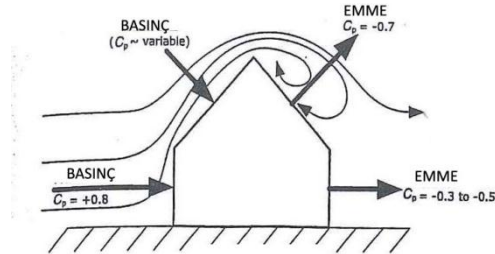


Şekil 3.16 Giriş/çıkış açıklık alanlarına göre basınç değişimleri [44]

Rüzgâr kuvvetlerinin yapılarda yaratmış olduğu basınç ve çekme kuvvet etkileri, yapının yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Yapının yüksekliği arttıkça, yapıya etki eden basınç kuvvetleri de artmaktadır [36]. Ayrıca, yapının yüksekliği arttıkça, yapıda oluşan yatay deplasman miktarları da artış göstermektedir.

<sup>1</sup> Aerodinamik, genel anlamda havanın kuvvetsel etkilerini inceleyen bilim dalıdır. Katı bir cisim etrafında akan hava söz konusu olduğunda hava, aerodinamik kanunlarına uygun davranmaktadır. Havanın göreceli hareketinden kaynaklanan kuvvetler taşıma ve sürüklenme kuvvetleri yaratmakta, direnç kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır.

Rüzgâr, eğimli çatılarda önemli yük etkisine sahiptir. Çatının eğimi arttıkça, çatı yüzeyi duvar gibi davranmaya başlamakta, çekme kuvveti yerine basınç kuvvetleri oluşmaya başlamakta ve çatı yüzeylerinin içeriye doğru hareket ettirmeye çalışmaktadır (Şekil 3.17) [37].



Şekil 3.17 Çatı eğimi- basınç değişimi [37]

Rüzgârın etki ettiği yüzeylerinin, sertliğine veya gözenekliliğine bağlı olarak kuvvet etkileri değişmektedir [34]. Yapının kabuğu ne kadar sert ise, basınç etkisi de o derece fazla olmaktadır. Gözenekli bir cepheye sahip olan yapılarda, hava akışı gerçekleştiğinden, basınç etkisi daha az olmaktadır.

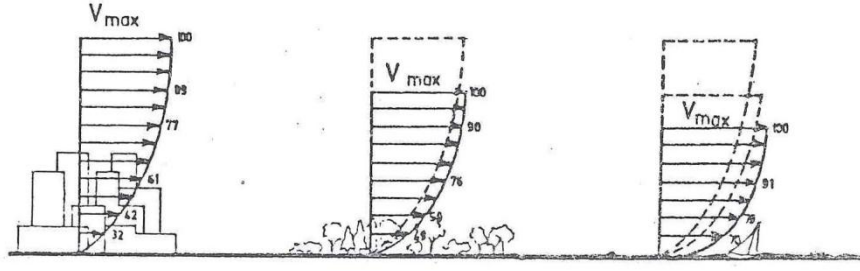
Yapının önem katsayısı da, rüzgâr kuvvetlerinin yapılar üzerindeki etkilerini değiştirmektedir. Hastane, okul, itfaiye yapıları ve kamu yapıları gibi yapıların, doğal afetler sonrasında da hasar almadan ayakta kalması gerekmektedir. Bu nedenle, bu tür yapıların güvenlik katsayıları yüksek alınarak hesaplamalar yapılmakta ve yapılar tasarlanırken yatay kuvvet etkilerine karşı daha dayanıklı olmaları sağlanmaktadır. Bu sebeple, bina önem katsayısı yüksek olan yapılarda, rüzgâr kuvvetlerinin etkisi daha az olmakta veya hiç olmamaktadır [34].

### 3.3.3.3 Çevrenin Özellikleri

Rüzgâr basınç değerleri, bölgenin sahip olduğu pürüzlülük oranına, bir başka deyişle zemin yüzeyinde bulunan engellere bağlı olarak göstermektedir. Yüzeyde ne kadar çok engel bulunursa, rüzgârın hızı da o derece azalmakta [37], olması gereken yükseklikten daha yükseklerde maksimum hızına ulaşmaktadır. Rüzgâr, yapılaşmanın çok yoğun olduğu şehir merkezlerinde, açık ağaçlıklı arazide veya düz ve çıplak arazide farklı yüksekliklerde aynı hıza ulaşmaktadır (Şekil 3.18). Açık ve hiçbir engelin olmadığı



alanlarda, rüzgâr maksimum hızına daha alçak kesimlerde ulaşmaktadır [36]. Yükseklik arttıkça rüzgârın hızı da artmakta, dolayısıyla rüzgâr basınç değerleri de artmaktadır.



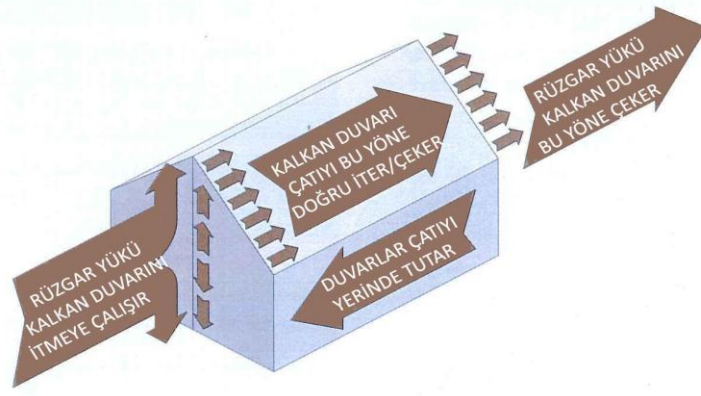
Şekil 3.18 Yüzey pürüzlülüğünün rüzgâr hızına etkisi [36]

### 3.3.4 Rüzgâr Kuvvetlerinin Yapılara Etkisi

Rüzgâr kuvvetleri de, deprem kuvvetleri gibi dinamik yük karakterine sahip olduklarından, dinamik yük olarak değil statik yük olarak değerlendirilmektedir. Şartnameler, statik eşdeğer yaklaşımı ile gerçek rüzgâr etkilerinin değerlendirilebilmesi için yetersiz kalmaktadır. Bunun nedeni, hesaplama sırasında yapıdaki çarpma etkisinin dikkate alınmamasıdır. Rüzgârın dinamik etkisi konusundaki detaylı araştırmalar, 1940 Takoma köprüsünün rüzgâr kuvvetlerinin etkisiyle rezonansa girerek yıkılması sonucu başlamıştır [36].

Genel olarak bakıldığında, deprem ve rüzgâr gibi yatay kuvvetleri yapılar üzerinde yaratmış olduğu yük etkisi ve bu yüklerin aktarımı birbirlerine benzerlik göstermektedir. Deprem kuvvetleri, hem yatay hem de dikey kuvvet bileşenlerini içermektedir. Yapıya etki eden deprem kuvvetleri, ilk olarak yapının temellerine etki ederek yapıyı hareket ettirmeye çalışmaktadır. Rüzgâr kuvvetleri ise, sadece yatay kuvvet etkisine sahiptir. Yapının temellerine değil, cephelerine veya çatısına etki ederek yapıyı hareket ettirmeye çalışmaktadır [34].

Yapılara etki eden rüzgâr kuvveti, yapının yüksekliğine ve çatının eğimine bağlıdır. Yapının yüksekliği arttıkça, yapıya daha fazla rüzgâr kuvveti etki etmektedir. Yapının yüksekliği arttıkça, dış cephede etkili olan rüzgâr basıncıda artmaktadır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Yüzeye etki eden rüzgâr kuvvetleri [34]

TS 498 de, minimum rüzgâr yükü ( $W$ ), yapının yüksekliğine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Rüzgâr yükü ( $W$ ), (3.4)'deki bağlantı ile belirlenmektedir;

$$W = C_p \times q_w \quad (3.4)$$

$$q_w = \frac{\rho \times v^2}{2 \times g}$$

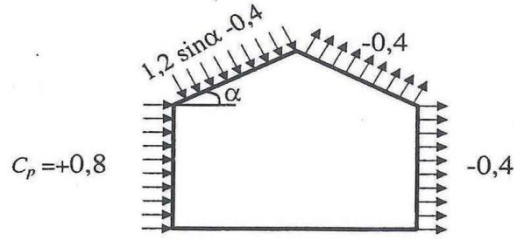
$C_p$ ; Emme katsayısı

$q_w$ ; Yapının yüksekliğine ve rüzgâr hızına bağlı olarak bulunan basınç değeri

Yukarıda verilen formüle göre, yapının yüksekliği arttıkça rüzgâr hızı da ( $v$ ) artmakta, dolayısıyla ( $q_w$ ) değeri de artmaktadır (Çizelge 3.2). Rüzgâr basınç hesabında gerekli olan emme/basınç katsayısı ( $C_p$ ), rüzgârın esiş yönüne ve yapının geometrisine bağlı olarak belirlenmektedir. Bazen ( $C_p$ ) katsayısı yapının karşılıklı iki yüzeyindeki değerlerin toplamı olarak ( $0,8 + 0,4 = 1,29$ ) alınmaktadır (Şekil 3.20) [36], [44].

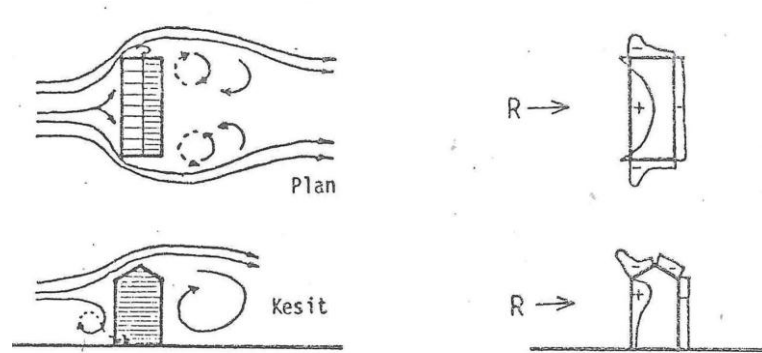
Çizelge 3.2 Yapı yüksekliğine bağlı rüzgâr hızı ve emme katsayıları [36]

ZEMİNDEN YÜKSEKLİK (m)	RÜZGAR HIZI v, m/s	RÜZGAR BASINCI q, kN/m <sup>2</sup>
0-8	28	0,5
9-20	36	0,8
21-100	42	1,1
>100	46	1,3



Şekil 3.20 Yapı cephelerinde  $C_p$  katsayıları [44]

Yapı üzerinde etkili olan rüzgâr kuvvetleri, bir araya gelerek net bir kuvvet etkisi oluşturarak yapıları hareket ettirmeye çalışmaktadır. Rüzgâr kuvvetlerinin yapılar üzerinde iki farklı etkisi bulunmaktadır (Şekil 3.21).



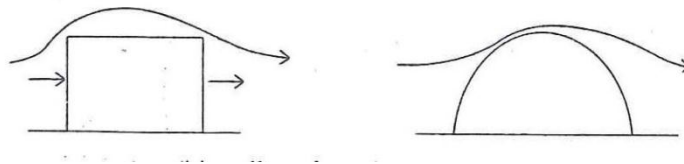
Şekil 3.21 Yapının plan ve kesitinde oluşan kuvvetler [36]

**Pozitif Basınç Etkisi (Basınç Kuvveti):** Rüzgârlar ve hareket eden hava kütleleri, yapıların cephelerine etki etmektedir. Kuvvet etkilerine direkt olarak maruz kalan cephede bir basınç etkisi oluşmakta ve cepheyi içeriye doğru hareket ettirmeye çalışmaktadır (Şekil 3.22). Oluşan bu kuvvet etkisine “pozitif basınç etkisi” denmekte ve grafiklerde (+) olarak gösterilmektedir [36]. Pozitif basınç etkisi, sadece rüzgârın dik olarak etki ettiği yüzeyde oluşmaktadır. Pozitif basınç kuvveti, yapı üzerinde etkili olan tüm kuvvetin yaklaşık %60’lık kısmını oluşturmaktadır [43]. Yapının yüksekliği arttıkça, yapıda oluşan pozitif basınç etkisi de artmaktadır.



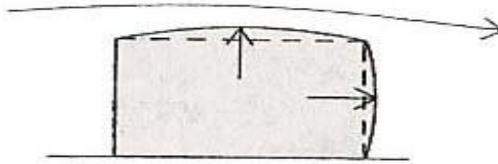
Şekil 3.22 Yapılarda pozitif basınç etkisi [43]

Rüzgâr kuvvetlerinin etkisinde kalan yapı, denizdeki yelkenli tekne gibi hareket etmektedir [37]. Rüzgâr, yapı cephesine çarptıktan sonra da hareketine devam etmektedir. Yapı cephesine dik olarak çarpan rüzgâr, yüzeyin üzerinden su gibi akıp giderken, rüzgâr yönüne paralel doğrultuda sürüklenme etkisi yaratmaktadır. Sürüklenme etkisine bağlı olarak, yapıda ek bir yük oluşmaktadır. Yapının formu ne kadar aerodinamik ise, yapının şekline bağlı olarak oluşan sürüklenme etkisi de az olmaktadır. Dolayısıyla yapıda ek yükler oluşmamaktadır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Aerodinamik yapı formunun etkisi [43]

*Negatif Basınç Etkisi (Emme-Çekme Kuvveti):* Negatif basınç etkisi, rüzgârın dik olarak etki ettiği cephenin tam tersi yönündeki cephede oluşmaktadır. Kuvvet etkilerine direkt olarak maruz kalmayan cephede bir emme etkisi oluşmakta ve cephe dışarıya doğru itmeye çalışmaktadır (Şekil 3.24) [43]. Oluşan bu kuvvet etkisine “negatif basınç etkisi” denmekte ve grafiklerde (-) olarak gösterilmektedir. Negatif basınç etkisi, cephelerde emme veya çekme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır [36].

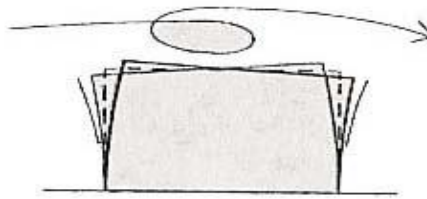


Şekil 3.24 Yapılarda negatif basınç etkisi [43]

Yapılara etki eden rüzgârlar, çatılarda da pozitif veya negatif basınç kuvvet etkilerinin oluşmasına neden olmaktadır. Yönetmeliklerde belirtilen eğimlere göre yapılan çatılarda veya eğimli yüzeylerde, negatif basınç etkisi oluşmakta, yüzeyler dışarıya doğru hareket etmektedir [37].

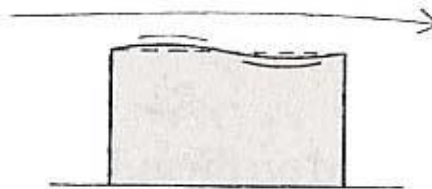
Pozitif ve negatif basınç kuvvetlerinin oluşturduğu net kuvvet etkileri, yapılarda aşağıda belirtilen durumların oluşmasına neden olmaktadır [43];

*Sallama Etkisi (Rocking Effect):* Bir fırtına halinde rüzgârın yönü ve hızı, sürekli değişiklik gösterdiğinden, yapılara farklı yönlerden ve farklı hızlarla etki etmektedir. Sürekli dönme hareketi gösteren rüzgârlar, yapıları farklı şekillerde sallayarak, yapılarda örselenmelerin, çarpılmaların vb. gibi durumların oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 3.25). Yapılarda oluşan sallanma; gevşemiş bağlantıları, parçaları veya yeteri kadar gergin olmayan esnek yüzeyleri etkilemektedir.



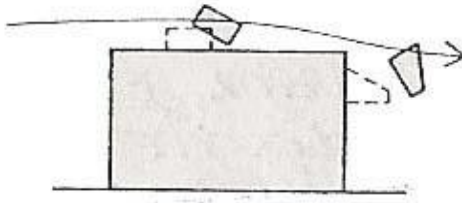
Şekil 3.25 Yapılarda sallama etkisi [43]

*Titreşim Etkisi (Harmonic Effect):* Rüzgâr, yapılarda titreşimlerin ve dalgalanmaların oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, ısılk etkisi de oluşabilmektedir.(Şekil 3.26). Bu gibi durumların oluşması için, rüzgârların çok hızlı olması gerekmemektedir. Düşük hızlı rüzgârlar da bu titreşim etkilerinin oluşmasına neden olabilmektedir. Rüzgârın periyodu ile yapının periyodunun birbirine yakın olması durumunda, yapıda titreşim (rezonans) etkisi görülmektedir. Yapı elemanları arasında yapılacak olan takviyeler, desteklemeler ve germeler ile yapıda oluşabilecek dalgalanma etkisi minimum seviyelerde tutulabilmektedir. Yapıların bu yükler karşısında gerçek davranışları, ancak rüzgâr tünel testleri ile gözlemlenebilmektedir.



Şekil 3.26 Yapılarda titreşim etkisi [43]

*Temizleme Etkisi (Clean-off Effect):* Hareket halindeki hava kütlesi, aerodinamik (yuvarlak hatlı) yüzeylere çarptığında akıp gitmekte, düz yüzeylere çarptığında da sürüklenme etkisi yaratmaktadır. Yapılar üzerinde bulunan çıkıntılar ve ek elemanlar, en kritik noktalardır. Yapılar üzerinde bulunan saçak, parapet, baca ve levha gibi çıkıntılara etki eden rüzgâr kuvvetleri, sürüklenme etkisiyle bu ek parçaları hareket ettirmeye çalışmaktadır (Şekil 3.27). Bu elemanlar, doğru şekillerde yapıya bağlanmadığında, sürüklenme etkisiyle yapıdan kopmaktadır.



Şekil 3.27 Yapılarda temizleme etkisi [43]

*Boşluk-Açıklık Etkisi (Effect of openings):* Bir yapının cephesinde bulunan garaj, hangar, çekme gibi büyük açıklıklara bağlı olarak, yapılarda kapaklanma etkisi oluşmaktadır (Şekil 3.28). Bu tür yapılara etki eden toplam rüzgâr kuvveti, daha fazla olmaktadır. Rüzgârın bu açıklıklarda oluşturduğu etkiyi hesaplamak oldukça zordur. Bu yüzden, fazladan yük etkisinin oluşacağını bilerek tasarım yapmak gerekmektedir.



Şekil 3.28 Yapılarda kapaklanma etkisi [43]

Rüzgâr kuvvetleri, yapıları alışlagelmiş yüklerin üzerinde zorlayarak, yapının tasarımında ve uygulamasında yapılmış olan hataların ortaya çıkmasına veya yapının zarar görmesine neden olmaktadır.

### AHŞAP YAPILARIN YATAY KUVVETLER KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARI

#### 4.1 Deprem Kuvvetlerinin Ahşap Yapılara Etki Biçimi

1995 yılında meydana gelen Japonya-Kobe depreminde yaklaşık 5400 kişinin öldüğü, 300.000den fazla kişinin evsiz kaldığı ve 100 milyar dolarlık maddi hasarın meydana geldiği açıklanmıştır. Hasarların ve can kayıplarının %90'ını, Japonya'da bulunan ve geleneksel yapı stoğunu oluşturan<sup>1</sup>, bir veya iki katlı ahşap yapılar oluşturmaktadır. Depremden etkilenen bölgede bulunan 1.090.000 adet ahşap yapının %17'sinin depremden hasar gördüğü tespit edilmiştir. Hasar gören ahşap yapıların %50'si tamamen yıkılmış, %37'si ağır hasar almış, %13'ünde orta derecede hasar almıştır (Şekil 4.1) [45].



Şekil 4.1 Kobe depremi sonrası ahşap yapılarda görülen hasarlar [45]

<sup>1</sup> "Shinkaba" ve "Okabe"; Japonya'nın geleneksel yapılarıdır. Türkiye'de "Bağdadi" ve "Hımsı" tipi yapılara benzerlik göstermektedirler [37].

Mevcut ahşap yapıların bu kadar çok hasar görmesinin nedenleri, ahşap yapıların mühendislik kurallarına göre yapılmamaları, çatıların fırtınalarda uçmamları için ağır yapılmaları, yapıların alt katlarının dükkân veya garaj olarak kullanılması ve yapı içerisindeki bölme duvarların kaldırılarak yerlerine dayanım özelliği olmayan paravanların konması olarak açıklanmaktadır. Maddi hasarın ve can kayıplarının bu kadar fazla olmasının bir diğer nedeni ise, depremden sonra çıkan ve önlenemeyen yangınlardır [45]. Kuzey Amerika, Yeni Zelanda ve Japonya'da meydana gelen, büyüklükleri 5,7 ile 8,4 arasında değişen 7 büyük depremde 300.000 den fazla ahşap yapı etkilenmiş, sadece 34 kişi hayatını kaybetmiştir. 1994 yılında meydana gelen California-Northridge depreminde ise 75 kişi ölmüş, yaklaşık 7600 kişi yaralanmış, 15.000 kişi evsiz kalmış ve 30 milyar dolarlık maddi hasar meydana gelmiştir. Deprem sonrasında yayınlanan "Ahşap karkas yapıların depremdeki performansları" konulu raporda, kâgir ve betonarme yapıların onarılamayacak derecede ciddi hasarlar aldığı veya yıkıldığı, ahşap yapıların ise depremden en az düzeyde hasar gördüğü vurgulanmıştır (Şekil 4.2) [45].



Şekil 4.2 Northridge depremi sonrası ahşap yapılarda görülen hasarlar [46]

1989 yılında meydana gelen California-Loma Pritea depreminde 63 ölmüş, yaklaşık 3700 kişi yaralanmış, 12.000 kişi de evsiz kalmıştır. Yapıların deprem performansları incelendiğinde, ahşap yapıların diğer yapı malzemeleri kullanılarak yapılan yapılara göre daha iyi dayanım gösterdiği sonucuna varılmıştır (Şekil 4.3) [47].

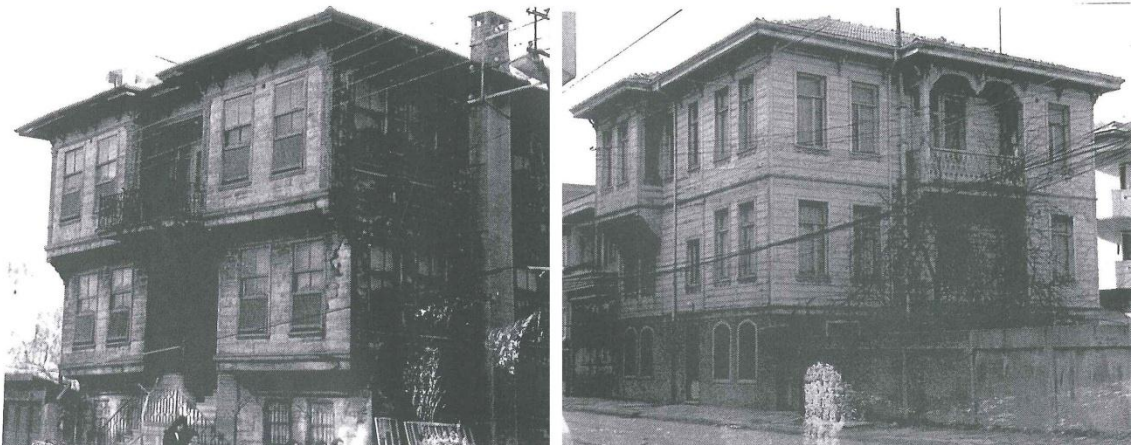




Şekil 4.3 Loma Pritea depremi sonrası ahşap yapılarda görülen hasarlar [48], [49]

1999 yılında Türkiye’de meydana gelen Adapazarı ve Düzce depremlerinde, büyük çoğunluğu betonarme olan yapıların yıkılmasına bağlı olarak en az 15.000 kişinin öldüğü, 600.000 kişinin de evsiz kaldığı belirtilmiştir. Bölgede bulunan, 1940’lı yıllardan sonra yapılmış olan ahşap yapıların deprem dayanımlarının iyi olduğu sonucuna varılmaktadır. Ahşap yapıların büyük çoğunluğu depremi hasarsız veya az hasarla atlattığı, çok az kişi ahşap yapıların yıkılmasına bağlı olarak hayatını kaybetmiştir.

Türkiye’de 1999 yılında meydana gelen Adapazarı depremi öncesinde, bölgede 23 tane tescilli ahşap yapının bulunduğu belirtilmektedir. Bu yapılardan; 1 tanesi depremi hasarsız atlattığı, 10 tanesi çeşitli derecede hasar almış, 2 tanesinin zemin katları, 10 tanesinin de tamamı yıkılmıştır. Günümüzde, 23 tane ahşap yapıdan 4 tanesi bir bütün halinde ayakta kalmayı başarmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 “Adapazarı” depremini hasarsız veya hafif hasarla atlattığı ahşap yapılar [41]

Sapanca’da deprem öncesinde bulunan 19 tane tescilli ahşap yapının iki tanesi deprem anında tamamen yıkılmıştır. Üç tanesi ağır, beş tanesi de orta veya hafif derecede

hasar almıştır. 17 Ağustos Kocaeli depremi öncesinde bölgede bulunan 14 tane tescilli ahşap yapıdan iki tanesi deprem anında tamamen yıkılmış, yedi tanesi de ağır hasar almıştır. 2003 yılı itibari ile dört tane yapı ayakta kalmayı başarmıştır [41].

Bugüne kadar gerçekleşen depremlerin etkileri incelendiğinde, ahşap yapıların betonarme, çelik, yığma vb. gibi yapılara oranla daha az hasar aldığı ve daha az can kayıplarına neden olduğu sonucuna varılmaktadır. Mevcut olan ahşap yapıların bu kadar hasar almalarının nedenleri ise; yapıların çok eski olması, teknolojik yetersizliklerden dolayı sistem elemanlarının birbirlerine yeterli derecede sabitlenememesi ve bakımsızlıktan dolayı ahşabın taşıyıcı özelliklerini kaybetmesi olarak açıklanmaktadır.

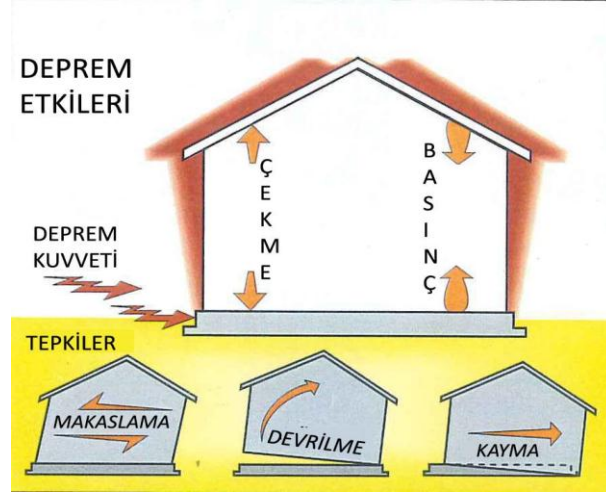
#### **4.1.1 Ahşap Yapıların Deprem Kuvvetleri Karşısındaki Davranışları**

Diğer yapılarda olduğu gibi ahşap yapılardan da, düşey ve yatay yüklere karşı yeterli dayanımı göstermesi ve üzerine etki eden bütün yükleri, yapı elemanlarına zarar vermeden zemine iletmesi beklenmektedir. Düşey yüklerin aktarımı, taşıyıcı yapı elemanlarının birbirleri üzerine oturuyor olmalarından dolayı oldukça kolay sağlanmaktadır [47]. Ahşap yapılara etki eden düşey yükler, çatı ve döşeme gibi yatay elemanların üzerinden geçerek duvarlara, duvarlardan da zemine iletilmektedir. Yatay yüklerin aktarımında ise farklılıklar bulunmaktadır. Ahşap yapılar üzerinde etkili olan yatay yüklerden biri olan deprem kuvvetleri, yapıyı hem yatay doğrultu hem de düşey doğrultu boyunca hareket ettirmektedir. Bu nedenle, yapıya etki eden yatay yüklerin aktarımı, düşey yüklerin aktarımı kadar kolay olmamaktadır.

Deprem kuvvetleri, diğer yapı sistemlerinde olduğu gibi ahşap yapılar üzerinde de farklı kuvvet etkilerinin oluşmasına neden olmaktadır. Deprem anında ahşap yapılara etki eden düşey kuvvetler, yapıyı aşağı-yukarı olmak üzere tek doğrultu boyunca; yatay kuvvetler ise yapıyı arkaya-öne veya ileri-geri olmak üzere iki farklı doğrultu boyunca hareket ettirerek yapıları sallamaktadır.

Ayrıca deprem kuvvetleri, ahşap yapı üzerinde basınç ve çekme gerilmelerinin oluşmasına da neden olmaktadır. Deprem kuvvetlerinin ahşap yapılar üzerinde yaratmış olduğu basınç ve çekme gerilmeleri yapılarda; makaslama, devrilme ve kayma

gibi tepkilerin oluşmasına (Şekil 4.5) ve bu tepkiler doğrultusunda, ahşap yapılarda hasarların oluşmasına neden olmaktadır [50], [51].



Şekil 4.5 Ahşap yapılarda oluşan deprem kuvvet tepkileri [51]

Deprem sırasında oluşan yatay kuvvetler (lateral-shear force) ahşap yapıyı, arkaya-öne veya ileri-geri yönde sallayarak, yapılarda makaslama (racking) ve kayma (sliding) etkilerinin oluşmasına neden olmaktadır. Deprem anında ahşap yapılara etki eden yatay kuvvetler, ahşap yapı üzerinde itme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır. İtme kuvvetleri, yapıyı ötelemeye ve itmeye çalışarak, yapıları ileri- geri yönde hareket ettirmeye çalışmaktadır. Bu harekete bağlı olarak, yapının duvarları kare veya dikdörtgen şekilden kayarak, paralel kenar şekle dönmektedir. Deprem kuvvet etkilerine bağlı olarak, ahşap yapıların ileri-geri yönde yapmış olduğu bu hareket, “makaslama (racking) etkisi” olarak bilinmektedir (Şekil 4.6). Makaslama etkisine bağlı olarak, çoğunlukla ahşap yapıların duvar çerçevelerinde ve kaplamalarında hasarlar oluşmaktadır.



Şekil 4.6 Ahşap yapılarda oluşan makaslama etkisi [41]

Deprem sırasında oluşan yatay kuvvetler, ahşap yapılar üzerinde kesme kuvvetinin oluşmasına neden olmaktadır. Depremler sırasında oluşan kesme kuvvetleri de, ahşap yapılarda “kayma (sliding) etkisinin” oluşmasına da neden olmaktadır. Kesme kuvveti, yapının zeminine ve perde duvarlarına paralel yönde etki ederek, yapının bir bütün halinde zemin üzerinden kaymasına veya yön değiştirmesine neden olmaktadır [34].

Kayma etkisine bağlı olarak ahşap yapılarda oluşan hasarlar, daha çok zayıf zemin katlarında veya yükseltilmiş zemin katlarında oluşmaktadır. Yapı, doğrudan somut bir levha üzerine inşa edilmemiş ise, büyük ihtimalle yükseltilmiş bir zemin üzerine inşa edilmiştir. Bu şekilde inşa edilmiş yapıların altlarında bulunan boş alanlar, deprem kuvveti etkilerine karşı, zayıf alanlar olarak kabul edilmektedirler. Yatay kuvvetlere bağlı olarak, ahşap yapılarda farklı şekilde kaymalar oluşmaktadır (Şekil 4.7) [52]. Ahşap yapıya etki eden kesme kuvveti, bu alanlara etki ederek ahşap yapının hasar almasına neden olmaktadır. Ahşap yapı bir bütün halinde, zayıf olan zemin kat üzerinden veya yükseltilmiş zemin üzerinden (Şekil 4.8) kaymaktadır.



Şekil 4.7 Yükseltilmiş döşemede görülen kayma etkisi [53]



Şekil 4.8 Ahşap yapının bir bütün halinde yükseltilmiş zemin üzerinden kayması [52]

Deprem sırasında oluşan düşey kuvvetler (vertical-uplift force) ahşap yapıyı, aşağı-yukarı yönde sallayarak, yapılarda devrilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Ahşap yapılarda oluşan bu duruma “devrilme (overturning) etkisi” denmektedir. Deprem anında, yapının zemininden yukarıya doğru etki eden kaldırma kuvvetleri, ahşap yapıyı yukarıya doğru kaldırmaya ve devirmeye çalışmaktadır. Ahşap yapı, doğru bir şekilde zemine ve zemin duvarlarına bağlanmamış ise, yapıya etki eden yatay kuvvetlerinin etkisiyle de, ahşap yapı zayıf olan bağlantı noktalarından ayrılarak dönmekte veya devrilmektedir. Yapı dönmeye başladığı andan itibaren, bu duruma karşı yeterli dayanımı gösteremediğinde veya yapıya etki eden kuvvetin etkisi arttığında yapı devrilerek zarar görmektedir (Şekil 4.9) [52].



Şekil 4.9 Ahşap yapılarda oluşan devrilme etkisi [53]

Deprem kuvvetlerini oluşturan yatay ve düşey kuvvet bileşenleri, yukarıdaki paragraflarda değinildiği gibi ahşap yapılara etki ederek, yapılarda farklı tepkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Deprem kuvvetleri, sistem elemanlarını birbirinden ayırmaya çalışmakta veya bağlantı noktalarına zarar vermektedir. Tasarım veya yapım aşamasında göz ardı edilen hatalar bulunduğu veya sistem elemanları arasındaki bağlantılar doğru yapılmadığında; ahşap yapılarda onarılabilecek veya onarılamayacak boyutta hasarlar oluşmakta, yapı yıkılmasa da kullanılamayacak duruma gelebilmekte veya ahşap yapı tamamen yıkılabilmektedir.

#### 4.1.2 Ahşap Yapılarda Meydana Gelen Deprem Hasarları

Türkiye’de ve dünya üzerinde meydana gelen bütün depremler incelendiğinde, ahşap yapıların dolaylı ve doğrudan olmak üzere iki tür hasar aldıkları sonucuna varılmıştır.

Ahşap yapılarda deprem sonrasında oluşan dolaylı hasarlar;

- elektrik ve gaz kaçaklarına bağlı çıkan yangınlar,
- oluşan su baskınları(tsunamiler)

sonucunda meydana gelen hasarlardır.

Ahşap yapılarda depremlerin en sık neden olduğu dolaylı hasarlar, yangınlardır. Yangınlar, deprem sonrasında oluşan elektrik veya gaz kaçaklarına bağlı olarak oluşmaktadır. Yerleşimin sık olduğu şehir ve kasabalarda deprem sırasında veya sonrasında oluşan yangınlar, yayılma ve büyük boyutlarda zarar verme eğilimi göstermektedir [38]. Deprem sonrasında çıkan yangınlara verilebilecek en çarpıcı örnek, 1923 yılında meydana gelen Japonya-Kanto depremidir (Şekil 4.10). Depremde hayatını kaybeden 120.000 kişinin %90’ı, deprem sonrasında ahşap yapılarda çıkan yangınlar neticesinde hayatını kaybetmiştir [11].



Şekil 4.10 Kanto depreminden sonra çıkan yangınlar [46]

Aynı şekilde 1995 yılında meydana gelen Japonya-Kobe depreminde de, ahşap yapılarda çıkan yangınlar sonucunda birçok kişi hayatını kaybetmiştir (Şekil 4.11) [45].



Şekil 4.11 Kobe depreminden sonra çıkan yangınlar [45]

1970 yılında meydana gelen Türkiye-Gediz depremde, Gediz'in Akçalan köyünde bulunan ahşap yapıların birçoğu deprem sırasında yıkılmış, ancak deprem sonrasında çıkan yangınlara bağlı olarak yapıların büyük bir kısmı tamamen yanmıştır (Şekil 4.12). 1509 yılında meydana gelen Büyük İstanbul depremi sonrasında çıkan yangınlar neticesinde, birçok mahallenin tamamen yok olduğu da bilinmektedir.



Şekil 4.12 Gediz depreminden sonra çıkan yangınlar [46]

Ahşap yapılarda meydana gelen dolaylı hasarlardan bir diğeri ise, deprem sonucunda oluşan tsunamilerin<sup>1</sup> yıkıcı etkileridir. Tsunamiler sonucunda oluşan dev dalgalar, ahşap yapıların tamamen parçalanmasına neden olmaktadır.

---

<sup>1</sup> Tsunami'ye deniz depremi de denmektedir. Odak noktası deniz dibinde olan depremler sonrasında, deniz tabanının yer değiştirmesine bağlı olarak yer değiştiren büyük hacimli suyun, açık denizlerden kıyılara doğru yığılarak ilerlemesi sonucu oluşan büyük dalgaların neden olduğu deprem etkisidir [30].

Ahşap yapılarda deprem sonrasında oluşan doğrudan hasarlar;

- yeryüzünde oluşan yüzey kırığı, yer kayması, çökmesi ve sıvılaşması,
- deprem sarsıntılarının direkt ahşap yapının dayanımını zorlaması

sonucunda meydana gelen hasarlardır.

Deprem yeryüzünü etkilemesi sonucunda, ahşap yapının niteliklerine bağlı olmaksızın yapıda hasarlar oluşmaktadır. Deprem sırasında oluşan titreşimler ve sarsıntılar, yeryüzünde kırıkların(fay), sıvılaşmaya bağlı olarak da toprak ve yer kaymalarının oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.13). Deprem etkisiyle, ahşap yapının bulunduğu zeminde gerçekleşen ani yer kaymaları ve fay kırıkları sistem içerisinde hasarlarının oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.14).



Şekil 4.13 Deprem nedeniyle oluşan toprak kaymaları [46]



Şekil 4.14 Fay kırığına bağlı olarak ahşap yapıda oluşan hasar [41]

Eğer ahşap bir yapı, sıvılaşma riski yüksek olan yumuşak zeminler üzerinde yapılacak ise, temellerin zemin koşullarına uygun olarak yapılması gerekmektedir<sup>1</sup>. Aksi takdirde

<sup>1</sup> “Derin temel” veya “kazıklı temel” uygulaması.

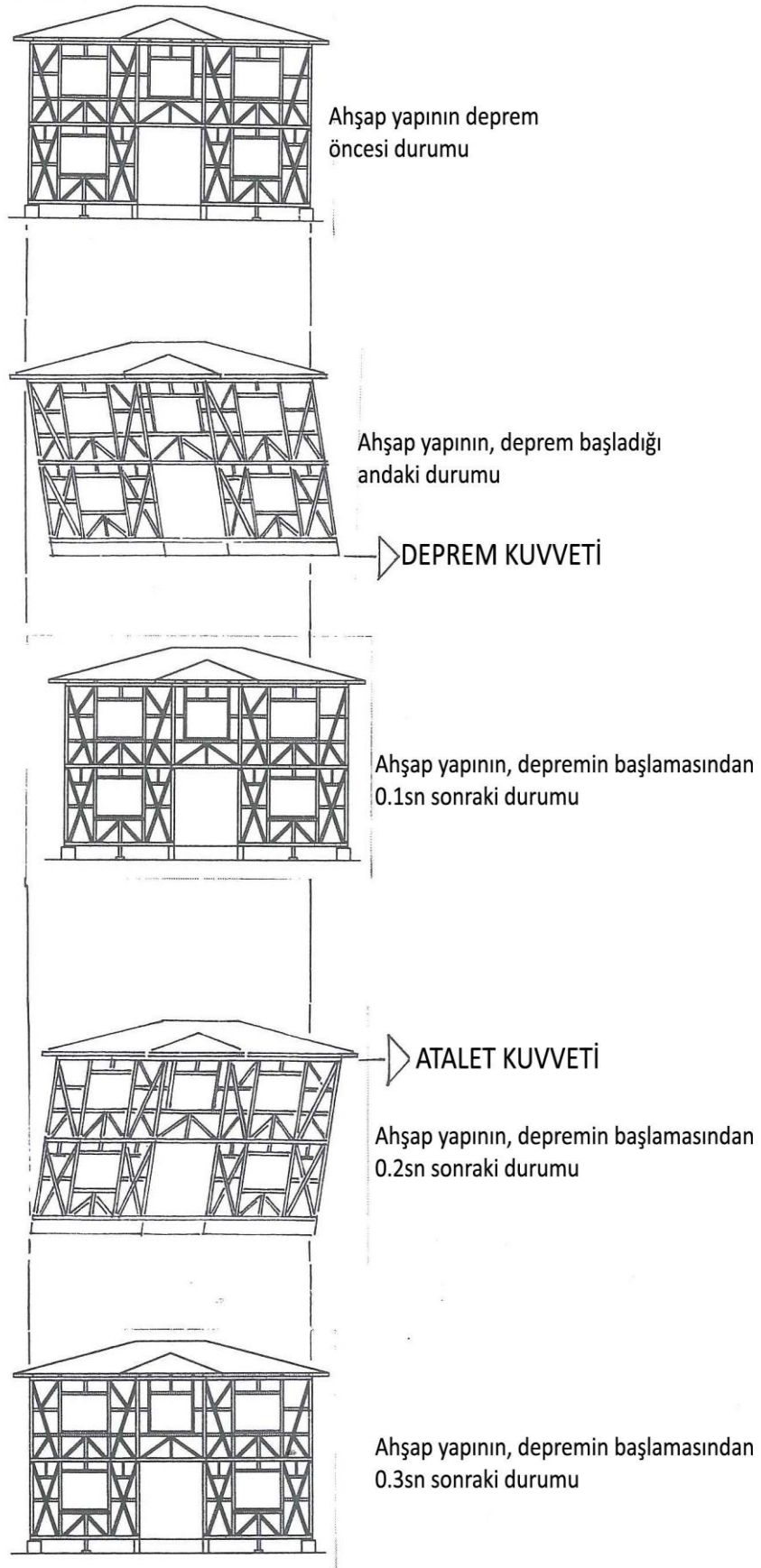


temellerde oluşan oturmalar, eğilmeler ve ötelenmeler, yapı temellerinde ve st yapıda hasar oluşturmaktadır. Temel altındaki toprak tamamen boşaldığında veya harekete geçen toprak temeli de beraberinde hareket ettirdiğinde, temel yapıdan ayrılabilir. Bu ve buna benzer durumlar sonucunda yapı temelinde oluşan farklı oturmalar, st yapıda eğilmelerin, sistem elemanlarında ve yapıda çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Temeller tekil veya birbirinden bağımsız olarak hareket edebilecekleri gibi, ahşap yapının altındaki toprağın tamamen boşılması sonucunda yapı bir bütün halinde harekete geçerek oturmaktadır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Sıvılaşma nedeniyle ahşap yapı temelinde oturma [41]

Ahşap yapılar da, depremin yapıyı direkt olarak etkilemesi sonucunda da hasarlar oluşmaktadır (Şekil 4.17). Ahşap yapının deprem kuvvetlerine karşı gösterebileceği dayanım, yapının sahip olduğu niteliklere göre değişmektedir. Eğer ahşap yapı, etkisi altında kaldığı deprem kuvvetlerine karşı yeterli dayanımı gösteremezse, yapısal veya yapısal olmayan sistem elemanlarında hasarlar oluşmaya başlamaktadır.



Şekil 4.16 Deprem kuvvetlerinin ahşap yapılara etkisi [41]

Deprem anında veya sonrasında genel olarak ahşap yapıların;

- temellerinde,
- zemin katlarında,
- ahşap taşıyıcı iskeletinde,
- dolgu veya kaplama malzemelerinde,
- çatısında,
- bacasında

hasarlar oluşmaktadır [41].

Ahşap yapılar, temel duvarı üzerine bir taban<sup>1</sup> aracılığı ile oturtulmaktadır. Bu sayede temel ile üst yapının beraber hareket etmesi sağlanmaktadır. Fakat temel duvarı ile zemin kat arasında bağlantı doğru bir şekilde yapılmadığında, yatay deprem kuvveti etkisindeki ahşap yapı, bağlantı noktalarından ayrılarak kaymakta veya devrilmektedir (Şekil 4.17) [1].



Şekil 4.17 Ahşap yapının temelden ayrılarak devrilmesi [41]

Deprem kuvvetlerinin ahşap yapılarda meydana getirdiği en yaygın deprem hasarı, zemin katlarda görülen yanal ötelenmeler (Şekil 4.18), devrilmeler (Şekil 4.19) ve bu etkilere bağlı olarak görülen zemin kat yıkılmalarıdır (Şekil 4.20).

---

<sup>1</sup> Bkz. Bölüm 2 5.3.2



Şekil 4.18 Ahşap yapılarda görülen yanal ötelenmeler [41]



Şekil 4.19 Ahşap yapılarda görülen devrilmeler [41]



Şekil 4.20 Zemin ve birinci katı yıkılan ahşap yapı [41]

Ahşap yapılarda sıklıkla görülen yanal ötelenmelerin en yaygın nedeni, zemin katların üst katlara göre daha boşluklu olmasıdır. Zemin katların garaj veya dükkân olarak kullanılması, yatay kuvvet etkilerine karşı dayanım gösteren duvar alanlarının azalmasına neden olmaktadır<sup>1</sup>. Bu tür yapılarda zemin katların, üst katlara oranla daha boşluklu olması, yani yumuşak kat etkisi, birinci kat seviyesinde kalıcı yanal ötelenmeler oluşturmaktadır (Şekil 4.21, Şekil 4.22). Zemin katların garaj veya dükkân olarak kullanılmasının yanında, pencere ve kapı boşluklarının fazla olmasına bağlı olarak duvarlarda oluşan büyük açıklıklarda, aynı etkiyi yaratmaktadır. Çoğunlukla bu katların yükseklikleri diğer katlara oranla daha fazla veya az olduğundan, dikmelerin uçlarında kopmalar da görülmektedir.



Şekil 4.21 Ahşap yapılarda görülen yumuşak kat etkisi [41]



Şekil 4.22 Ahşap yapılarda görülen yumuşak kat etkisi [41]

<sup>1</sup> Yumuşak kat etkisi, düzensiz duvar yerleşimi

Zemin katların yıkılmasına bağlı olarak, yapı tamamen çökebilmekte, yıkılan kısım tarafında kısmi çöküntüler oluşabilmekte veya yapının üst katlarındaki büyük ötelenmelere bağlı olarak deformasyonlar oluşabilmektedir (Şekil 4.23, Şekil 4.24) [41].



Şekil 4.23 Zemin katın yıkılması sonucunda, birinci katın oturması [41]



Şekil 4.24 Zemin kat duvarında görülen kesme çatlağı [41]

Ahşap yapılarda, deprem kuvvetlerinin etkisine bağlı olarak çıkmalarda, cumbalarda (Şekil 4.25, Şekil 4.26) ve saçaklarda (Şekil 4.27) hasarlar oluşmaktadır. Deprem anında, yatay kuvvetlere karşı yeterli dayanımı gösteremeyen konsol elemanlarında eğilmeler, çatlamlar veya kırılmalar görülmektedir (Şekil 4.28). Bu durum, yapının taşıyıcı sisteminde oynamalara veya deformasyonlara neden olmaktadır.



Şekil 4.25 Cumbası yıkılmış ahşap yapı [41]



Şekil 4.26 Balkonu yıkılmış ahşap yapı [41]



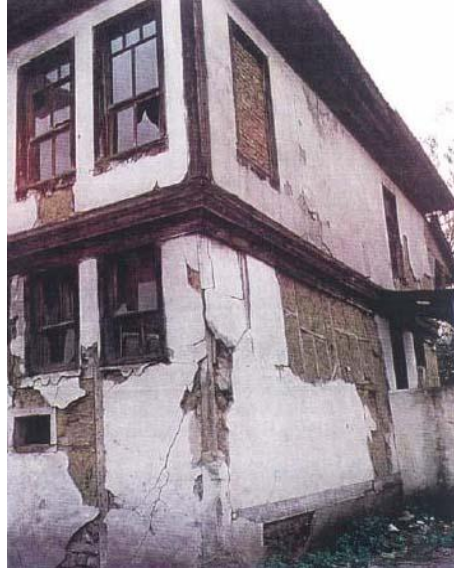
Şekil 4.27 Balkon saçağında hasar oluşmuş ahşap yapı [41]



Şekil 4.28 Konsol elemanlarında görülen eğilmeler [41]

Deprem anında veya sonrasında ahşap yapılarda görülen bir diğer hasar ise, iç ve dış duvarlardaki dökülmesidir. Özellikle geniş yüzeylerde ve sıva uygulaması yapılan

yerlerde siva dökülmeleri, duvar kaplamalarında da çatlamlar görülebilmektedir (Şekil 4.29). Ahşap yapılarda oluşan bu hasar, taşıyıcı sisteme çok fazla zarar vermemektedir.



Şekil 4.29 Duvarlarda görülen dolgu dökülmesi [41]

Deprem kuvvetleri, ahşap yapıların çatılarında da hasarların oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.30). Baca yıkılmalarının çatılarda oluşturduğu hasarların dışında, kiremit kayması, çatı kalkan duvarlarının yıkılması ve çatı konstrüksiyonunun çatı örtüsünün ağırlığını taşıyamamasına bağlı olarak da çatılarda çökmeler veya çeşitli derecede hasarlar oluşmaktadır [41]. Ahşap yapıların ağır çatılardan dolayı ortaya çıkan kuvvetlere karşı yeterli dayanımı gösterememeleri, deprem sırasında sorun yaratmaktadır. Ayrıca duvarlarla olan bağlantısı doğru yapılmamış çatılar, yapıdan farklı hareket etmektedir. Bu durumda alt yapıda, yanıl ötelenmeler oluşmakta, ağır çatıların etkisiyle de tamamen veya kısmi çökmeler oluşmaktadır.



Şekil 4.30 Ahşap yapının çatısında görülen hasar [41]



Deprem kuvvetleri, ahşap yapıların bacalarında da hasarların oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.31). Bir deprem anında en önce bacalar hasar görmektedir. Tuğladan ve donatısız olarak yapılan yığma bacalar (temelleri de dâhil olmak üzere), yapıdan bağımsız olarak hareket ettikleri için deprem kuvvetlerine karşı dayanıksızdırlar ve deprem anında yıkılmaktadırlar. Ahşap yapı ile birlikte kurgulanan bacalar da ise, ahşap yapının iç duvarlarında çatlama veya yıkılmalar görülmektedir. Her iki durumda da hasar gören bacaların yıkılmasına bağlı olarak çatılarda; kısmi çökmeler, çatı kaymaları veya kiremit kırılmaları oluşmaktadır. Yıkılan bacalardan düşen parçalar, yapının çevresinde yaralanmalara da yol açabilmektedir. Ayrıca deprem anında yıkılmayan sadece hasar alan bacalar, deprem sonrası meydana gelen artçı sarsıntılar nedeniyle yıkılma riski taşımaktadır [47].



Şekil 4.31 Ahşap yapının bacasının yıkılması [52]

Yukarı anlatılan hasarların meydana gelme nedenleri;

- ahşap malzemenin nitelik kaybına uğraması,
- sistem elemanları ve taşıyıcı sistem arasındaki zayıf, yetersiz ve eksik bağlantılar

olarak sıralanabilmektedir.

Ahşap yapıların taşıyıcı sistemlerinde, malzemenin zamanla niteliğini kaybetmesine bağlı olarak hasarlar oluşmaktadır. Ahşap malzeme; rutubete, çürümelere, böceklenmeye, biyolojik bozulmalara ve hatta yangına karşı gerekli önlem

alınmadığında, zaman içerisinde dayanımını kaybederek, kırılğan bir yapı malzemesi haline gelmektedir (Şekil 4.32) [5]. Dayanımını kaybetmiş olan ahşap yapıya etki eden deprem kuvvetleri, özellikle taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda incelmelere ve çivilerin işlevlerini kaybetmelerine bağlı olarak bağlantı noktalarında kopmaların oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.33). Sistem bütünlüğü bozulan ahşap yapılarda, ciddi hasarlar oluşmakta hatta kısmı çökmeler bile görülebilmektedir.



Şekil 4.32 Rutubet nedeniyle ahşap malzemenin bozulması [41]



Şekil 4.33 Ahşabın niteliğini kaybetmesi nedeniyle bağlantı noktalarının zayıflaması [41]

Taşıyıcı sistemi oluşturan sistem elemanlarının<sup>1</sup> (döşeme, duvar, çatı) birbirlerine ve temele doğru bağlantı elemanları sabitlenmemesi, deprem anında sorun yaratmaktadır. Sistem elemanları arasındaki bağlantılar zayıf, yetersiz veya doğru yapılmadığında, yük aktarımı sağlanamamakta ve deprem kuvvet etkilerine karşı yeterli dayanımı gösteremeyen sistem elemanları, birbirlerinden ayrılarak farklı çalışmaya başlamakta dolayısıyla da taşıyıcı sistem bütünlüğünü kaybetmektedir [34]. Bu

<sup>1</sup> Döşeme, duvar çerçevesi, çatı sistemi, dikmeler, yatay bağlantılar, payandalar, vb.

durumda, taşıyıcı sistem zorlanmakta ve sistem elemanlarında çatlamlar veya bağlantı noktalarında kopmalar görülmektedir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 Taşıyıcı sistemde görülen hasarlar [41]

Yukarıda bahsedilen unsurlara ek olarak, iyi işçiliğe sahip olmayan ve kaliteli malzeme kullanılmadan yapılan ahşap yapıların depremden daha çok zarar gördüğü, deprem sonrasında çıkan yangınların veya yüksek şiddetteki artçı sarsıntıların, ahşap yapılarda oluşan hasarları arttırdığı belirtilmektedir [41].

#### 4.2 Rüzgâr Kuvvetlerinin Ahşap Yapılara Etki Biçimi

Ahşap yapılara en fazla zararı veren rüzgâr kuvvetleri, kasırgalardır. Kasırgalar, genellikle Amerika sahillerindeki veya kıyı kesimlerindeki ahşap yapıları etkileyerek, maddi hasarların ve can kayıplarının oluşmasına neden olmaktadır. İçinde bulunduğumuz yüzyılda Amerika'yı etkisi altına alan birçok kasırga gerçekleşmiştir.

1961 yılında meydana gelen "Carla Kasırgası" 46 kişinin ölümüne, 2 milyar dolarlık maddi hasarın oluşmasına, 500.000 kişinin de evsiz kalmasına neden olmuştur. 1965 yılında Florida, Bahamalar ve Louisiana'yı etkisi altına alan "Betsy Kasırgası", 75 kişinin ölümüne, 6 milyar dolarlık maddi hasarın oluşmasına neden olmuştur. Hızı saatte 350 km'yi bulan 1969 "Camila Kasırgası"nda ise, 250 kişi ölmüş, 2 milyar dolarlık maddi hasar meydana gelmiştir. 1970 yılında Teksas kıyılarını vuran "Celia Kasırgası" da, 11

kişinin ölümüne ve 1,6 milyar dolarlık maddi hasara neden olmuştur. Jamaica, Yucatan yarımadası, Teksas ve Oklahama bölgelerini etkisi altına alan ve rüzgâr hızının 250 km'ye kadar çıktığı 1988 "Gilbert Kasırgasında" da toplam 318 kişi ölmüş, milyarlarca dolar maddi hasar meydana gelmişti. Amerika tarihinde gerçekleşmiş, ahşap yapılara ve çevreye en fazla zararı veren kasırgalar ise; "Hugo", "Andrew" ve "Katrina" kasırgalarıdır.

"Hugo Kasırgası", 1969'dan beri Amerika'nın gördüğü en büyük kasırgadır. Eylül 1989'da Kuzey Carolina başta olmak üzere, 6 bölgeyi etkisi altına alan Hugo kasırgasının hızı saatte 260 km'ye kadar ulaşarak, maddi hasarların ve can kayıplarının oluşmasına neden olmuştur. Kasırğa, yaklaşık 10 milyar dolarlık maddi hasarın oluşmasına, 56.000 kişinin de evsiz kalmasına neden olmuştur. Çoğunu ahşap yapıların oluşturduğu 12.000 civarında yapı da hasar görmüştür (Şekil 4.35). Erken uyarı sistemin kullanılması can kayıplarının en az seviyede olmasını sağlamıştır. Kasırgada 49'u kuzey Carolina'da olmak üzere toplam 82 kişi hayatını kaybetmiştir [54].



Şekil 4.35 Hugo kasırgası'nın sahildeki yapılara etkisi [46]

1992'de, Florida sahillerini ve Louisiana'yı etkisi altına alan "Andrew Kasırgası" da Amerika'yı etkileyen diğer bir felakettir. Kasırganın hızı saatte 235 km'ye kadar ulaşmıştır. Andrew kasırgası, yaklaşık 35 milyar dolarlık maddi hasara, 318 kişinin de hayatını kaybetmesine neden olmuştur[54]. Bölgede bulunan yapılardan 63.000 tanesi tamamen, 111.000 kadarı da kısmen hasar görmüştür (Şekil 4.36) . Bu durumun sonucu olarak da yaklaşık 250.000 kişi evsiz kalmıştır [55].



Şekil 4.36 Andrew kasırgası'nın ahşap yapılara etkisi [56]

Ağustos 2005'de gerçekleşen "Katrina Kasırgası" ise, en büyük kasırga felaketi olarak kayıtlara geçmiştir. Meksika körfezi başta olmak üzere toplam 93.000 m<sup>2</sup> alanı etkisi altına alan kasırganın hızı, saatte 225 km'ye kadar ulaşmıştır. Kasırga sonucunda toplam 95 milyar dolarlık maddi hasar meydana gelmiş, 1.835 kişide hayatını kaybetmiştir. Kasırgadan, çoğu ahşap yapı olmak üzere 300.000 kadar yapı hasar görmüştür (Şekil 4.37). Bunun sonucunda da, 1 milyondan fazla kişi evsiz kalmış, 770.000 kadar kişide yaşadıkları yeri terk etmek zorunda kalmıştır [57].



Şekil 4.37 Katrina kasırgası'nın ahşap yapılara etkisi [46]

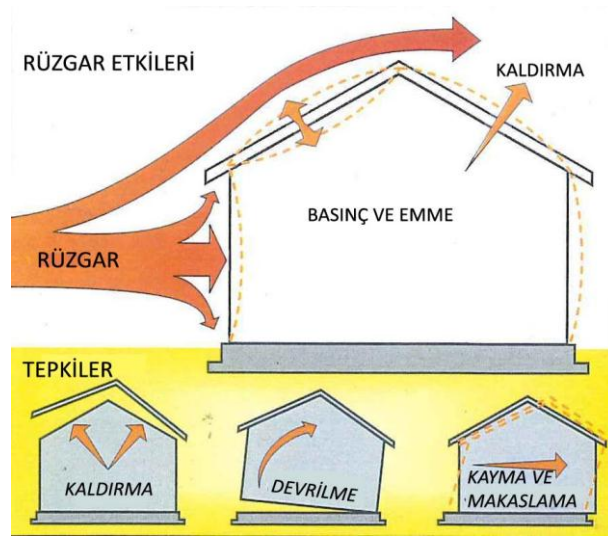
#### 4.2.1 Ahşap Yapıların Rüzgâr Kuvvetleri Karşısındaki Davranışları

Daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi<sup>1</sup>, yapı üzerinde etkili olan deprem kuvvetlerinin oluşturduğu yük etkisi, yük aktarım yolunu oluşturan sistem elemanlarından geçerek temellere iletilmektedir. Rüzgâr kuvvetlerinin yapılar üzerinde oluşturduğu yük etkileri de, aynı şekilde zemine iletilmektedir.

---

<sup>1</sup> Bkz. Bölüm 3.2.4 ve 4.1.1

Ahşap yapılar üzerinde etkili olan yatay yüklerden biri olan deprem kuvvetleri, yapıyı hem yatay doğrultu hem de düşey doğrultu boyunca hareket ettirmeye çalışırken, rüzgâr kuvvetleri sadece yatay doğrultu boyunca hareket ettirmektedir. Yatay yönde (esme yönü) etki eden rüzgâr kuvvetleri, yapının düşey yüzeyinde basınç kuvvetlerinin diğer cephesinde ise çekme (emme) kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır[50]. Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılar üzerinde yaratmış olduğu basınç ve çekme kuvvetleri yapıların çatılarında kalkmaya; yapı kitlesinde ise, makaslama, kayma ve devrilme gibi tepkilerin oluşmasına (Şekil 4.38) ve bu tepkiler doğrultusunda, ahşap yapılarda hasarların oluşmasına neden olmaktadır [50], [51].

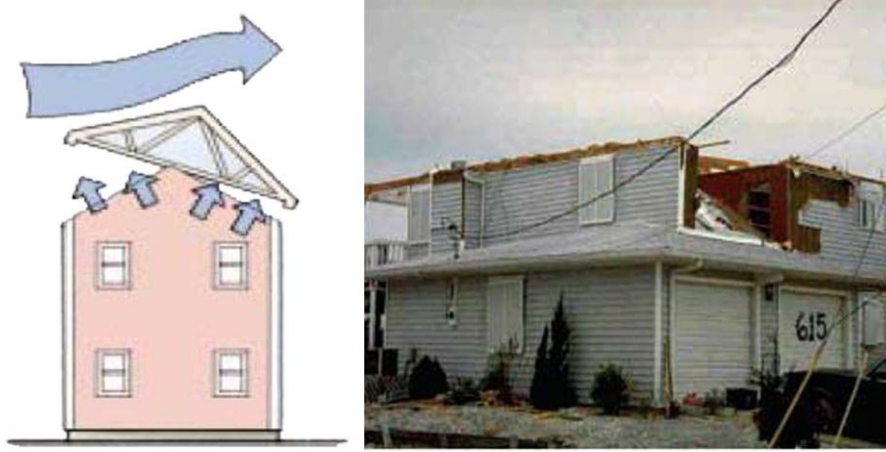


Şekil 4.38 Ahşap yapılarda oluşan rüzgâr kuvvet tepkileri [51]

Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılar üzerinde yaratmış olduğu en önemli etki, çatılar da oluşan kaldırma kuvveti (uplift) etkisidir. Özellikle çatılar üzerinde etkili olan bu rüzgâr kuvvetleri, çatıyı yukarıya doğru kaldırmaya çalışarak çatıyı uçurmaktadır [58].

Bir yapıya etki eden rüzgâr kuvvetleri, düşey yüzeylere oranla eğimli olan çatı yüzeylerinin üzerinden geçerken daha güçlü hava akımlarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu hava akımı, bir uçak kanadının üzerinden geçen hava gibi güçlü bir kaldırma etkisi yaratmaktadır. Eğimli yüzeylerin üzerinde oluşan güçlü hava akımları, daha kuvvetli basınç ve çekme kuvvetlerinin oluşmasına neden olmaktadır [50]. Direkt olarak çatılara etki eden rüzgâr kuvvetleri, oluşturduğu basınç ve emme kuvvetlerinin etkisi ile çatıyı yukarıya doğru kaldırmaya çalışmaktadır. Ahşap çatıyı oluşturan kurgunun, son katı oluşturan duvarlara doğru bağlantı elemanları ile standartlarda

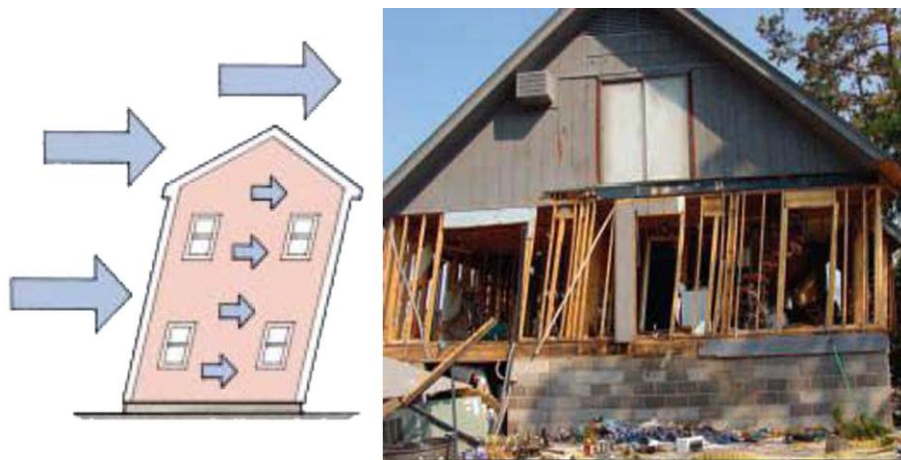
belirtildiği gibi sabitlenmediği durumlarda çatı, basınç kuvvetlerinin etkisi ile birleşme noktalarında ayrılarak, yukarıya doğru harekete geçerek, kısmen veya tamamen uçmaktadır(Şekil 4.39) [59].



Şekil 4.39 Ahşap yapılarda oluşan kaldırma etkisi [51]

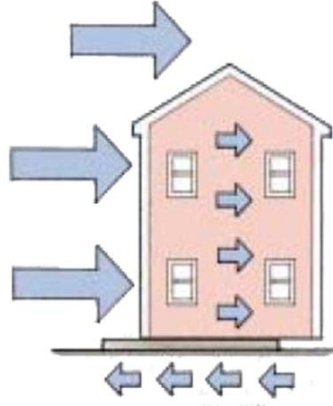
Deprem kuvvetleri ile rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılar üzerinde oluşturduğu etkiler birbirine benzerlik göstermektedir. Rüzgâr kuvvetleri de ahşap yapı kitlelerinde; makaslama (racking), kayma (sliding) ve devrilme (overturning) gibi etkilerin oluşmasına neden olmaktadır.

Rüzgâr kuvvetleri de ahşap yapıları itmeye, ötelemeye veya kaydırmaya çalışmaktadır. Yapıya etki eden itme kuvveti, yapının duvarlarının kare veya dikdörtgen şekilden, paralel kenar şekle dönüşmesine ve ahşap yapılarda makaslama (racking) etkisinin oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.40).



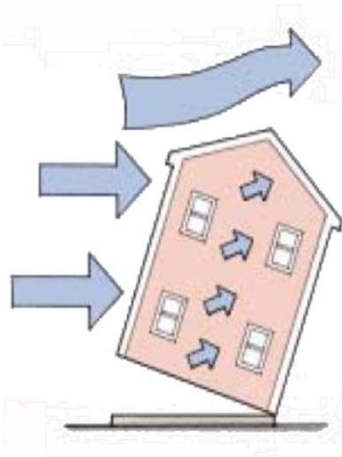
Şekil 4.40 Ahşap yapılarda oluşan makaslama etkisi [51]

Diğer bir yatay kuvvet etkisi ise kayma (sliding) etkisidir. Ahşap yapıların cephelerine etki eden rüzgâr kuvvetleri, yapıya yatay yönde itme kuvveti uygulayarak, yapının bir bütün halinde zemin üzerinde kaymasına da neden olmaktadır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41 Ahşap yapılarda oluşan kayma etkisi [51]

Ahşap yapıya yatay olarak etki eden rüzgâr kuvvetlerinin, yapıyı zemin seviyesinden kaldırarak devirmesi veya zayıf olan bağlantı noktası etrafında döndürmeye çalışması da devrilme (overturning) etkisi olarak bilinmektedir (Şekil 4.69). Katlar, döşeme seviyelerinde birbirlerinden ayrılabilceği gibi, Yapı bir bütün halinde zemin seviyesinden ayrılabilceği gibi, katlar döşeme seviyelerinde de birbirinden ayrılabilir (Şekil 4.42).



Şekil 4.42 Ahşap yapıların bir bütün halinde devrilmesi [51]

Rüzgâr kuvvetleri, yukarıdaki paragraflarda değinildiği gibi ahşap yapılara etki ederek yapılarda farklı tepkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Rüzgâr kuvvetleri, sistem



elemanlarını birbirinden ayırmaya çalışmakta veya bağlantı noktalarına zarar vermektedir. Tasarım veya yapım aşamasında göz ardı edilen hatalar bulunduğu veya sistem elemanları arasındaki bağlantılar doğru yapılmadığında; ahşap yapılarda dönüşü olmayan hasarlar oluşabilmekte ve hatta yapı tamamen yıkılabilmektedir (Şekil 4.43, Şekil 4.44).



Şekil 4.43 Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılara etkisi [57]



Şekil 4.44 Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılara etkisi [57]

#### 4.2.2 Ahşap Yapılarda Meydana Gelen Rüzgâr Hasarları

Rüzgâr kuvvetleri, ahşap yapılar üzerinde doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki tür rüzgâr hasarlarının oluşmasına neden olmaktadır. Ahşap yapılarda meydana gelen doğrudan rüzgâr hasarları, rüzgâr kuvvetlerinin doğrudan neden olduğu hasarlardır. Daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi, kaldırma (uplift), kayma (sliding), makaslama (racking) ve devrilme (overturning) etkisi altında kalan ahşap yapılarda oluşan hasarlar, rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılar üzerinde oluşturduğu doğrudan rüzgâr hasarları olarak değerlendirilmektedir.

Ahşap yapılar, etkisi altında kaldığı rüzgâr kuvvet etkilerine karşı yeterli dayanımı gösteremediğinde, yapısal veya yapısal olmayan sistem elemanlarında hasarlar oluşabilmektedir.

Fırtına sırasında, genel olarak ahşap yapıların;

- temellerinde,
- duvarlarında ve kaplama malzemelerinde,
- kapı ve pencere boşluklarında,
- garaj kısımlarında,
- çatı ve kaplama malzemelerinde,
- kalkan duvarlarında

hasarlar oluşmaktadır.

Ahşap yapıların rüzgâr kuvvetlerine karşı dayanım gösterebilmesi için, yapıyı oluşturan sistem elemanları ile temelin beraber hareket etmesi gerekmektedir. Ahşap iskelet, temellere, standartlarda belirtilen aralıklara göre belli bağlantı elemanları ile bağlanmadığında, yapıda makaslama veya kayma etkisi oluşmakta ve yapı kitlesi temel üzerinde kaymaktadır (Şekil 4.45, Şekil 4.46). Şekil 4.45'deki ahşap yapı, temel üzerinde yaklaşık 1.8m (6') kadar, Şekil 4.46'daki yapı ise 30.5m (100') kadar kaymıştır.



Şekil 4.45 Ahşap yapının temel üzerinde kayması [60]



Şekil 4.46 Ahşap yapının temelden ayrılması [61]

Ahşap yapı, makaslama ve kayma etkisi sonucunda devrilebilmekte veya tamamen parçalanabilmektedir. Şekil 4.47'deki örnekte; ahşap yapı temelden ayrılmış ve tamamen parçalanmıştır. Geriye sadece temel ile yapı arasındaki taban yastığından bir parça kalmıştır. Bazı durumlarda ahşap yapının, bir bütün halinde temelden ayrılarak uçtuğu da görülmektedir (Şekil 4.48).



Şekil 4.47 Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapıyı parçalaması [60]



Şekil 4.48 Rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapıyı uçurması [61]

Ahşap yapı sistemini oluşturan sistem elemanlarından biri duvar çerçeveleridir. Duvar çerçevelerini oluşturan yapı elemanlarını birbirlerine ve de temele doğru sabitlemesi gerekmektedir. Aksi takdirde rüzgâr kuvvetleri, duvarları temelden ayırarak duvarların yıkılmasına neden olmaktadır (Şekil 4.49, Şekil 4.50).



Şekil 4.49 Duvar – zemin bağlantısı ve yıkımı [60]



Şekil 4.50 Duvar – zemin bağlantısı ve yıkımı [60]

Duvarların yıkılmasına bağlı olarak, taşıyıcı sistemi zarar gören ahşap yapıların diğer kısımlarında da yıkılmalar (Şekil 4.51) görülebilmekte, hatta yapı tamamen yıkılabilmektedir (Şekil 4.52) [57].



Şekil 4.51 Duvar yıkımının yapıda oluşturduğu hasar [60]



Şekil 4.52 Ahşap yapıda oluşan yıkım [60]

Şekil 4.53'de, rüzgâr kuvvetlerinin zemin katta oluşturduğu makaslama etkisi, yapının zemin katındaki duvarlarının yıkılmasına neden olmuş, üst kat olduğu gibi temel üstüne oturmuştur.



Şekil 4.53 Ahşap yapının zemin katında oluşan yıkım [60]

Rüzgâr kuvvetleri, duvar katmanlarında ve cephe kaplama malzemelerinde de hasarların oluşmasına neden olmaktadır. Cephelerde basınç etkisi yaratan rüzgâr kuvvetleri, katmanların birbirlerinden ayrılmasına neden olmaktadır (Şekil 4.54).



Şekil 4.54 Duvar katmanlarında oluşan hasar [60]

Rüzgâr kuvveti etkisindeki dış cephe kaplamalarında, yalıtım ürünlerinde ve OSB alt kaplamalarında malzeme kayıpları oluşmaktadır (Şekil 4.55, Şekil 4.56, Şekil 4.57). Rüzgârın etkisini arttırdığı köşelerde, malzeme kayıpları daha fazla olmaktadır (Şekil 4.58).



Şekil 4.55 Cephelerde oluşan malzeme kayıpları [60]



Şekil 4.56 Cephelerde oluşan malzeme kayıpları [60]



Şekil 4.57 Cephelerde oluşan malzeme kayıpları [61]



Şekil 4.58 Köşelerde oluşan malzeme kayıpları [60]

Duvarlardaki su yalıtımı da, yapıların dayanımını etkilemektedir. Dış cephe kaplamaları uçtuğunda, dış etkenlere karşı açık hale gelen yapı duvarlarında su yalıtımı uygulanmamış ise, yağmur sularını emen duvar kaplamaları, dayanımlarını kaybederek yapının yıkılmasına veya hasar görmesine neden olmaktadır (Şekil 4.59)[61].



Şekil 4.59 Islanan cephe kaplamaları [61]

Yapılarda bulunan pencere ve kapı boşlukları rüzgâr kuvvetlerine karşı en dayanıksız olan noktalardır. Çift kanatlı camlı kayar kapılar veya pencereler, ahşap kapılar ve saç kaplı kapılar daha kolay hasar görmektedir. Pencere veya kapıların kasaları basınç etkisiyle deformasyona uğramakta (Şekil 4.60) veya menteşelerinden çıkarak uçmakta veya camları kırılmaktadır (Şekil 4.61) [54]. Kapı ve pencere kayıpları sonucunda oluşan boşluklardan içeriye giren rüzgâr, yapı içerisindeki basınç ve çekme kuvvetlerinin artmasına neden olurken, yapı içerisine giren yağmur ve taşkın suları da, yapıyı oluşturan sistem elemanlarına ve eşyalara zarar vermektedir [57]. Pencere ve kapı kayıplarının, çatıların uçmasına bile neden olduğu raporlarda belirtilmiştir [54].



Şekil 4.60 Pencere kasalarında deformasyon [57]



Şekil 4.61 Camları kırılan yapı [61]

Ahşap yapılarda bulunan garajlar, yapının dayanımını azaltmakta ve sistemde hasaların oluşmasına neden olmaktadır. Ahşap yapıların garaj boşlukları rüzgâr kuvvetlerinden olumsuz olarak etkilenmektedir. Yapıya etki eden rüzgâr kuvvetlerinin garaj boşluğu içerisinde oluşturduğu basınç etkisi, yapı duvarlarına ve çatılarına zarar vererek yapıda yıkımların oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.62, Şekil 4.63, Şekil 4.64). Kapalı garajlara etki eden rüzgâr kuvvetleri, garaj kapılarının eğilmesine, dönmesine ve buna bağlı olarak bağlantı parçalarının kopmasına neden olmaktadır. Yapıya etki yapıyı daha fazla hareket ettirerek yapıyı kaydırmaya, zayıf noktadan yırtmaya veya yapıyı devirmeye çalışmaktadır [60]. Tek araçlık garajların, çift araçlık garajlara oranla daha dayanıklı olduğu da belirtilmiştir [54].





Şekil 4.62 Garajda oluşan basınç etkisinin neden olduğu yıkımlar [60]



Şekil 4.63 Garajda oluşan basınç etkisinin duvarları yıkması [60]



Şekil 4.64 Garaj kapısında görülen eğilme [61]

Bugüne kadar gerçekleşen fırtınalar incelendiğinde, rüzgâr kuvvetleri en fazla hasarı ahşap yapıların çatılarına vermektedir. Daha önceki bölümde de değinildiği gibi, rüzgâr kuvvetlerinin oluşturduğu kaldırma (uplift) etkisi, çatılarda ciddi hasarların oluşmasına neden olmaktadır. Rüzgâr kuvvetleri, çatıların bir bütün halinde veya kısmen uçmasına neden olmaktadır (Şekil 4.65, Şekil 4.66).



Şekil 4.65 Çatının bir kısmının uçması [57]



Şekil 4.66 Çatıda oluşan hasarlar [61]

Ahşap yapıların çatılarına etki eden rüzgâr kuvvetleri, çatıların bir bütün halinde uçmasına neden olabileceği gibi, çatı sistemini oluşturan her bir katmanı farklı şekilde etkileyerek kısmi hasarların oluşmasına da neden olmaktadır. Çatılar üzerinde etkili olan rüzgâr kuvvetleri, çatı kirişlerinde veya çatı makaslarında da kısmi hasarların oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.67, Şekil 4.68).



Şekil 4.67 Çatı makaslarının uçması [57]



Şekil 4.68Çatı makaslarındaki bağlantı [61]

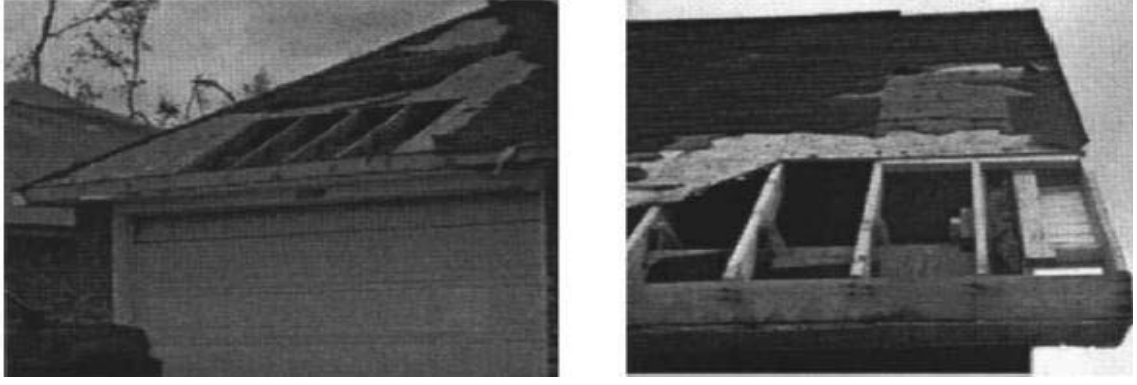
Çatı çerçevesinin haricinde, stabiliteyi sağlayan ve kaplama malzemeleri için alt yüzey oluşturan taban kaplamasında, su yalıtımı sağlayan örtülerin ve en dış katman olan kiremit veya kaplama malzemelerinde hasarlar oluşmaktadır (Şekil 4.69, Şekil 4.70) [54], [57]. En çok hasar, rüzgârın kuvvetini arttırdığı köşelerde görülmektedir. Çoğu çatının köşesindeki kaplama malzemeleri, rüzgâr etkisi ile uçmaktadır (Şekil 4.71) [59].



Şekil 4.69 Çatı kaplamalarında oluşan hasarlar [60]



Şekil 4.70 Çatı kaplamalarında oluşan hasarlar [57]



Şekil 4.71 Köşelerde oluşan kayıplar [59]

Rüzgâr etkisindeki ahşap yapılarda, çatıdaki kalkan duvarlarında (gable-end) da hasarlar oluşmaktadır. Kalkan duvarlarının cephe kaplamalarında veya alt taban kaplamalarında malzeme kayıpları oluşmaktadır (Şekil 4.72, Şekil 4.73). Kalkan duvarlarında oluşan hasarlar, kimi durumlarda yapıya da zarar vermekte ve diğer duvarların da yıkılmasına neden olmaktadır (Şekil 4.74) .



Şekil 4.72 Kalkan duvarlarında görülen hasarlar [60]



Şekil 4.73 Kalkan duvarlarında görülen hasarlar [60]



Şekil 4.74 Kalkan duvarının yıkılmasının yapıya olan etkisi [60]

Şekil 4.75'deki yapının kalkan duvarının bir bütün halinde devrildiği görülmektedir.



Şekil 4.75 Kalkan duvarının yıkılması [61]

Şekil 4.76'da bulunan yapının ön cephesindeki geniş yüzey oluşturan kalkan duvarının yıkılmasına bağlı olarak ön cephedeki duvar da yıkılmıştır. Ayrıca yapıda yanıl ötelenmenin de olduğu görülmektedir. Yapının arka cephesinde ise sadece kalkan duvar yıkılmış, yapının arka cephesindeki duvarlarında herhangi bir hasar oluşmamıştır.



Şekil 4.76 Kalkan duvarlarının yüzey alanı [61]

Ahşap çatıların sahip olduğu eğim ve şekil, rüzgâr kuvvet etkilerini değiştirmektedir. Eğim ne kadar fazla olursa, çatılara etki eden basınç kuvvetleri de o derece artmaktadır. Dolayısıyla, bir çatının eğimi ne kadar az olursa, yapı o derece az rüzgâr kuvvet etkilerine maruz kalmaktadır [37]. Ayrıca çatının sahip olduğu şekilde, rüzgâr kuvvet etkilerini değiştirmektedir. Daha önce gerçekleşen kasırgaların etkileri incelendiğinde dik çatıların, beşik çatılara göre daha az hasar aldığı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.77, Şekil 4.78)[59].



Şekil 4.77 Dik çatı uygulaması [61]



Şekil 4.78 Dik çatı uygulaması [60]

Ayrıca yapıda bulunan saçak ve sundurmalar da, rüzgâr etkisi ile yıkılarak hem yapıya hem de çevreye zarar vermektedir (Şekil 4.79, Şekil 4.80).



Şekil 4.79 Sundurmalarda görülen hasarlar [57]



Şekil 4.80 Sundurmalarda görülen hasarlar [59]

Yukarı anlatılan hasarların meydana gelme nedenleri;

- ahşap malzemenin nitelik kaybına uğraması,
- sistem elemanları ve taşıyıcı sistem arasındaki zayıf, yetersiz ve eksik bağlantılar

olarak sıralanabilmektedir.

Ahşap malzeme, rutubete, çürümelere, böceklenmeye ve biyolojik bozulmalara karşı gerekli önlem alınmadığında zaman içerisinde dayanımını kaybetmeye başlayarak, kırılabilir bir yapı malzemesi haline gelmektedir [5]. Ahşap iskeletli yapılarda ahşap malzemenin niteliklerini kaybetmesi, bağlantıların zayıflamasına veya çivilerin işlevlerini kaybetmesine neden olmaktadır. Bu durumda yapının taşıyıcı sistemi zayıflamakta ve hafif rüzgâr kuvvet etkilerine bile dayanım gösteremeyerek hasar görmektedir.

Taşıyıcı sistemi oluşturan sistem elemanlarının, birbirlerine ve temele doğru bağlantı elemanları sabitlenmesi gerekmektedir (Şekil 4.81). Sistem elemanları arasındaki bağlantılar zayıf, yetersiz veya doğru yapılmadığında, çatıya etki eden yük temele doğru olarak iletilmemektedir (Şekil 4.82). Yapı, zayıf olduğu noktalarda birbirlerinden ayrılarak farklı çalışmaya başlamakta, bu durumun sonucu olarak da kısmi veya tamamen çökmeler gerçekleşmektedir [57], [59].



Şekil 4.81 Doğru bağlantı uygulaması [60]



Şekil 4.82 Yanlış bağlantı uygulaması [60]

Bütün bu nedenlerin dışında, iyi işçiliğe sahip olmayan ve kaliteli malzeme kullanılmadan ahşap yapılar daha çok zarar görmektedir. 1970 öncesi ABD’de yapılan ahşap yapılar, eski standartlara göre yapıldığından rüzgâr kuvvetlerine karşı daha dayanıksız oldukları kabul edilmektedir [59]. Standartlara uygun olarak yapılan ahşap yapıların, daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiş ve çok hafif hasarların olduğu belirtilmiştir (Şekil 4.83).





Şekil 4.83 Dayanımlı ahşap yapı [60]

Yapının koruyucu kılıfını oluşturan çatı kaplamalarındaki malzeme kayıplarına bağlı olarak yapıya giren yağmur suları, yapı içerisinde bulunan diğer sistem elemanlarının ve eşyaların zarar görmesine, maddi hasarların oluşmasına neden olmaktadır[55].

Yapı, rüzgâr kuvvetlerinden direkt olarak etkilenecek hasar almamış olsa da, diğer yapılardan kopan yapı elemanlarının, ağaçlardan kopan parçaların veya çevrede bulunan cisimlerin yapılara çarpması sonucunda da hasar görebilmektedir [54].

Ayrıca sahil kesimlerinde bulunan birçok yapı, taşkınlar sonucunda sürüklenerek parçalanmakta veya kullanılamaz hale gelmektedir [55]. Ahşap yapı ile temel arasındaki bağlantılar, fırtınalar sonucunda oluşan su baskınlarından zarar görerek dayanımını kaybetmektedir. Bu durumda işlevlerini kaybeden bağlantı elemanları, ahşap yapı kitlesinin temelden ayrılmasına veya yıkılmalarına neden olabilmektedir (Şekil 4.84) [54].



Şekil 4.84 Su baskınlarının ahşap yapılara etkisi [61]

### AHŞAP PLATFORM ÇERÇEVE YAPILARDA YATAY KUVVET ETKİLERİNE KARŞI ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

#### 5.1 Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Kullanılan Ağaç Ürünler ve Birleştirme Elemanları

Ahşap platform çerçeve yapıların üretiminde, kereste ve ahşap levhalar gibi ağaç ürünleri; sistemi oluşturan elemanları bir arada tutmak ve ahşap yapıyı yatay kuvvet etkilerine karşı daha dayanıklı hale getirmek içinse, çeşitli birleştirme elemanları kullanılmaktadır<sup>1</sup>.

##### 5.1.1 Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Kullanılan Ağaç Ürünler

Ahşap platform çerçeve yapıların üretiminde, doğal olarak elde edilen keresteler ve farklı özelliklere sahip olan ahşap levhalar kullanılmaktadır.

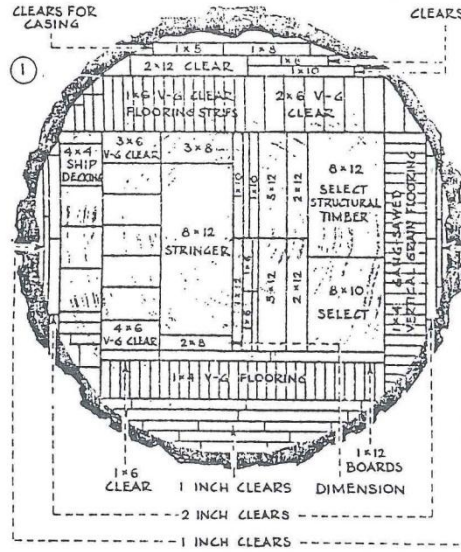
###### 5.1.1.1 Keresteler

Ahşap platform çerçeve yapılarda kullanılan keresteler, kesilen ağaçların dallarının ve kabuğunun soyulmasıyla elde edilen tomrukların, kereste fabrikalarında biçilerek yapı kerestesi haline getirilmesi ile üretilmektedir [29]. Keresteler, belirli standartlara bağlı olarak dikdörtgen, kare ve özel kesitlerle üretilebilmektedir (Şekil 5.1). İşlenen

---

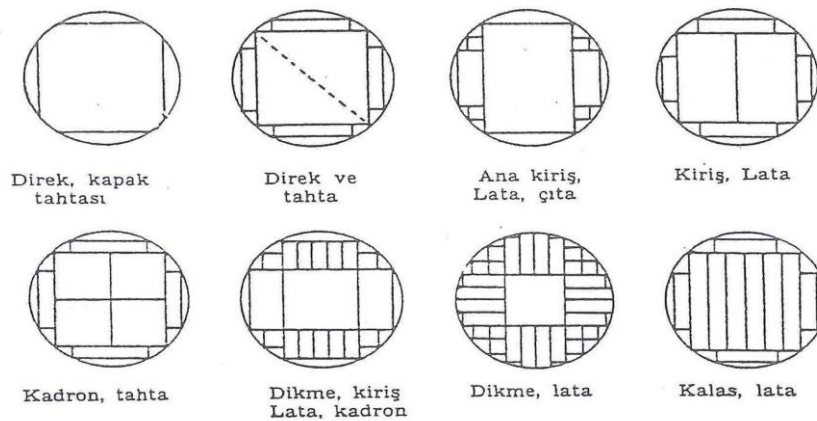
<sup>1</sup> Türkiye, Romanya, Finlandiya ve Avusturya'da boyutlandırmada ve ahşap yapı üretiminde metre sistemi (metrik sistem), İngiltere, Rusya ve Amerika'da ise inç sistemi kullanılmaktadır. 1"(inch/inç)=2.54 cm, 1'(foot/ft)=30.48cm

keresteler yapının; strüktüründe, kaba yapısında, ince yapısında ve ön yapımında kullanılmaktadır.



Şekil 5.1 Tomruktan kereste üretimi [15]

Keresteler, yapı içerisindeki kullanım yerlerine göre boyutsal ve biçimsel olarak değişiklikler göstermekte; direk, kiriş, kadron, lata, kalas, tahta, çita ve kapak tahtası olmak üzere farklı şekillerde adlandırılmaktadırlar (Şekil 5.2) [5]. Standart kereste boyutları Çizelge 5.1’de belirtilmektedir. İhtiyaç halinde, keresteler farklı boyutlarda da üretilebilmektedir.



Şekil 5.2 Kereste biçme şekilleri [15]

Çizelge 5.1 Standart kereste boyutları [10]

KALINLIK VE/VEYA GENİŞLİK	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	TİP						
10							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA				
15							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
20							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
25							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
30							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
35							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
40							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
50							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
60							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
70							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
80							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
90							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
100							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TAHTA			
30		X																																				KALAS			
40			X																																				KALAS		
50				X																																			KALAS		
60					X																																		KALAS		
70						X																																	KALAS		
80							X																																KALAS		
90							X																																KALAS		
100							X																																KALAS		
30																																							KADRON		
40																																								KADRON	
50																																								KADRON	
60																																									KADRON
70																																									KADRON
20																																									LATA
25																																									LATA
30																																									LATA
40																																									LATA
10		X																																						ÇİTA	
15		X																																						ÇİTA	
20		X																																						ÇİTA	

### 5.1.1.2 Ahşap Levha Ürünleri

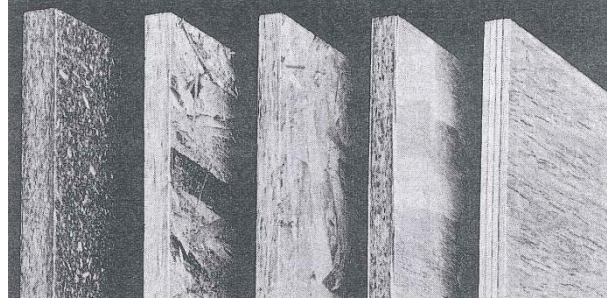
Homojen ve izotrop olan ahşap levha ürünleri, odunun; talaş, lif, yonga veya kaplama biçimine getirilip, budak ve çürük kusurları ayrıldıktan sonra, tutkal ve dolgu maddesiyle veya bunlar katılmaksızın ısıyla preslenmesi sonucu elde edilmektedir. Ahşap yapılarda ahşap kaplamalar ve ahşap panel levha ürünleri kullanılmaktadır.

- **Ahşap Kaplamalar**

Kaplamalar, tomruklardan çeşitli soyma ve kesme yöntemleriyle elde edilen, ince ahşap levhalardır. Diğer bir ahşap levhaya , kaplamalık olarak veya birbirine (kontrplak) basınç altında yapıştırılarak kullanılmaktadırlar. Kaplamalar, ağacın gövde bölümünden çıkartılan düzgün, budaksız, lif kıvrığı olmayan, renk ve dokusu güzel, 40cm'nin üzerindeki çaplarda, önceden buharlandırılmış prizmaların düz, çeyrek ve yarım daire kesme yöntemleri ile veya daha yaygın olan soyma yöntemi kullanılarak kabuğun 0.1-10mm kalınlığında soyulması, kurutulması ve sonra kesilerek ölçülendirilmesi biçiminde elde edilmektedirler. Kaplamaların eni 20-85cm, boyları 40-295cm arasında değişmektedir [15]. Kalınlığın uzunluğa olan oranına bağlı olarak ahşap kaplamaların; Laminated Veneer Lumber (LVL), Parallel Strand Lumber (PSL), Laminated Strand Lumber (LSL) ve Oriented Strand Lumber (OSL) olmak üzere farklı çeşitleri bulunmaktadır [62].

- **Ahşap Panel Levha Ürünler**

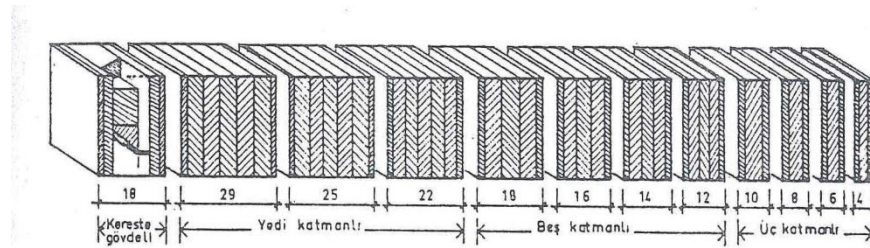
Ahşap platform çerçeve yapılar da, birbirinden farklı özelliklere sahip, farklı genişlik, uzunluk ve kalınlıkta ahşap panel levha ürünleri kullanılmaktadır. Ahşap paneller; kontrplak, kompozit panel ve kaplamasız paneller (aglomera levhalar) olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır (Şekil 5.3).



Soldan sağa; Particleboard, OSB, Waferboard, Kompozit levha, Kontrplak

Şekil 5.3 Ahşap panel ürünler [29]

*Kontrplaklar (Plywood)*; ince ahşap kaplamaların, lif doğrultuları birbirlerine dik olacak şekilde yapıştırılması ile oluşturulmaktadır. Dışta kalan katmanların (yüz ve sırt) aynı doğrultuda olması, orta katmanların ise birbirlerine dik gelecek şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu koşulun sağlanabilmesi için, tek sayıda katman uygulaması yapılmalıdır. Orta katmanlarda, niteliği daha düşük ve ucuz olan ağaç türleri veya yonga levhalar kullanılabilir [29]. Kontrplak levhaların genişlikleri 122cm olup, uzunlukları 122-244-270-300cm arasında değişiklik göstermektedir. Kalınlıkları ise katman sayılarına göre değişmektedir. Üç katmanlı levhalar en çok 10mm, beş katmanlılar en çok 18mm ve yedi katmanlılarda en çok 50mm kalınlığında üretilmektedir (Şekil 5.4) [15]. Ahşap yapıların duvarlarında, döşemelerinde ve çatılarında kontrplak uygulandığında, depremin ve rüzgârın oluşturduğu yatay kuvvet etkilerine karşı dayanım sağlanmaktadır.



Şekil 5.4 Kontrplak levha kalınlıkları [15]

*Kompozit paneller;* sulandırılmış olan ağaç liflerinin iki kaplama arasına doldurulup sıkıştırılması ile oluşturulan panellerdir.

Ahşap platform çerçeve yapılar da, *kaplamasız olan paneller* de kullanılmaktadır. Kaplamasız olan paneller “aglomera levhalar” olarak da bilinmektedir. Aglomera levhalar, ahşabı küçük parçalara veya liflere ayırmak sureti ile hazırlanan hamurun, bir bağlayıcıyla basınç altında levha haline getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Bu ürünler talaş levha, yonga levha ve lif levha olmak üzere kendi arasında da üçe ayrılmaktadır.

- Talaş levha<sup>1</sup>; ölçü ve nitelik açısından yapıda kullanılmayan ağaçların, talaş haline getirilmesi ve magnezit, magnezyum klorür çözeltisi, alçı, portland çimentosu gibi bağlayıcılarla, su buharı altında preslenmesi ile elde edilen ürünlerdir. Türkiye’de “sunta” olarak bilinmektedir. Ahşap yapıda düşey ve yatay kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır.
- Yonga levha<sup>2</sup>; kurutulmuş odun yongalarının, sentetik reçine tutkallarıyla, sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonucunda oluşturulan levhalardır. Bu levhaların yoğunluğu her zaman 1000kg/m<sup>3</sup>’ten fazladır. Genişliği 125cm, boyu 250-320cm ve kalınlığı 8-40mm arasında değişmektedir [15]. Yonga levhalar, kullanılan tutkal oranlarına, lif boyutlarına ve basınç değerlerine bağlı olarak, farklı adlandırılmaktadır. Yapılarda sıklıkla kullanılan yonga levha ise OSB (Oriented Strand Board) dir. Ahşap yapıların dış ve bölme duvarlarında, döşemelerinde ve çatılarında kaplama ve pano elemanı olarak kullanılmakta ve ahşap yapıyı yatay kuvvet etkilerine karşı dayanıklı hale getirmektedir. Ses ve ısı tutucu olarak da kullanılmaktadır. Hava koşullarına, canlı organizmalara ve yangına karşı oldukça dayanıklı, üretimi ve işlenmesi de kolaydır. Ayrıca, kaplanabilmekte ve boyanabilmektedir. Çivi, vida ve tutkalla birleştirilebilmektedir.
- Lif levha<sup>3</sup>; odun lifi levhalar olarak da bilinmektedir. Liflerin, katkı maddeli veya katkı maddesiz, yapıştırıcı maddeli veya yapıştırıcı maddesiz olarak biçimlendirilmesinden oluşturulmaktadır [15]. Lif levhalar, diğer ahşap levha

---

<sup>1</sup> İng: Chipboard, Hardboard

<sup>2</sup> İng: Waferboard, Particleboard

<sup>3</sup> İng: Fiberboard

ürünlerine göre daha incedir ve dayanımları daha azdır. Ahşap yapılarda, strüktürel olmayan yerlerde kullanılmaktadır [29]. Lif levhaların; yumuşak, sert ve bitümlü türleri bulunmaktadır. MDF ve Duralit lif levhalara verilebilecek örneklerdir.

### 5.1.2 Ahşap Platform Çerçeve Yapılara Kullanılan Birleştirme Elemanları

Ahşap platform çerçeve yapılarda kullanılan birleştirme elemanları;

- boyları sınırlı olan yapı kerestelerini uç uca ekleyerek gereği kadar uzunlukta taşıyıcı sistem elemanları elde etmek,
- kesit ölçüleri sınırlı yapı kerestelerini, büyük ölçüde bir kesite gereksinim duyulduğunda, birkaç tanesini belirli bir düzende birleştirerek bir araya getirmek,
- kafes gövdeli sistemlerde düğüm noktalarını oluşturmak,
- aynı veya farklı düzlemlerdeki ve aynı veya farklı boyutlardaki elemanların birleşimlerini sağlamak

için kullanılmaktadır[26].

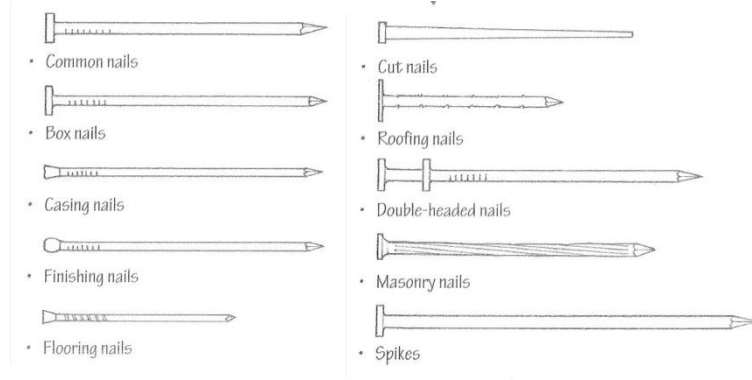
Ahşap platform çerçeve yapılarda birleşim elemanı olarak; çiviler, vidalar, bulonlar, kamalar, metal plakalar ve tutkallar kullanılmaktadır.

#### 5.1.2.1 Çiviler

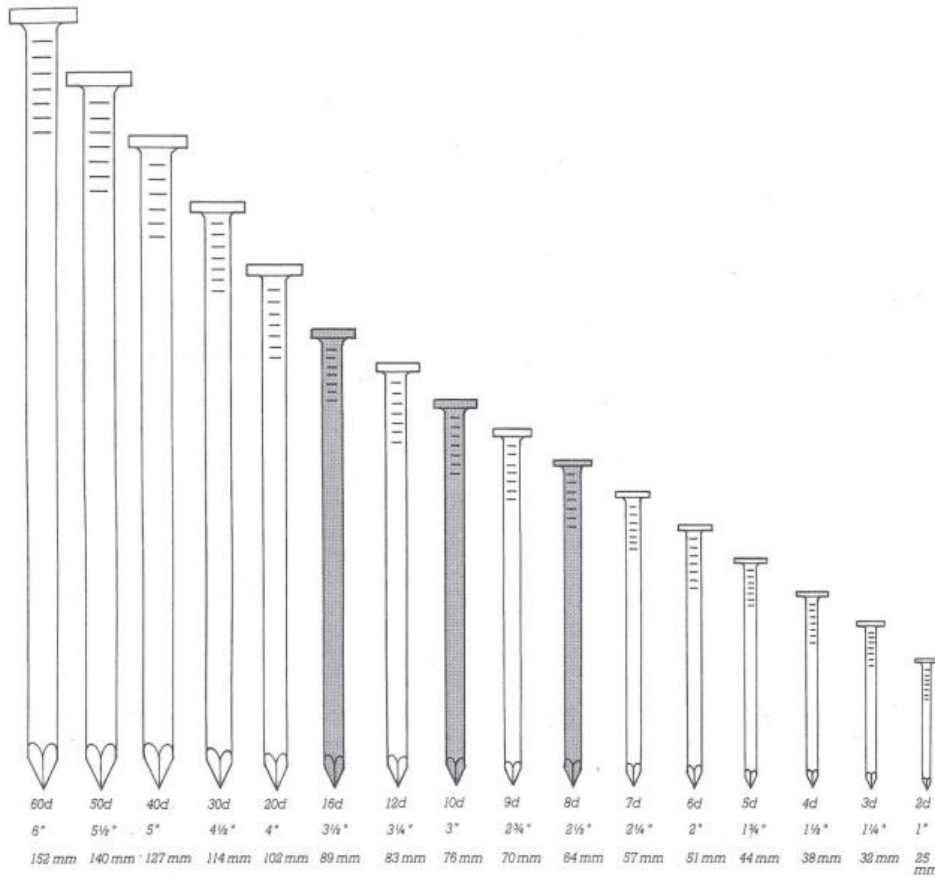
Çivi, ahşap yapı elemanlarının oluşturulmasında kullanılan ve TS 155’de belirtilen özelliklere uygun, birleştirme elemanlarından<sup>1</sup> [10]. Çivilerin birçok çeşidi bulunmaktadır (Şekil 5.5). Çiviler, daha değişik kaliteye sahip çeliklerden yapılarak, boylarının bir bölümü nervürlü, çentikli veya yivli hale getirilerek taşıma güçleri arttırılabilmektedir [26]. Ahşap yapılardaki çivili birleşimlerde, TS 155 standartlarına uygun karfiçe çivileri (cam çivisi) kullanılmaktadır (Şekil 5.6) [10]. Çivili birleşimlerde, çivilerin korozyona uğramaları engellenmelidir. Bunun için, çivilerin galvanize edilmesi veya başka bir yöntemle korunması gerekmektedir.

---

<sup>1</sup> Çivileme kıstasları için Bkz. Ek-2



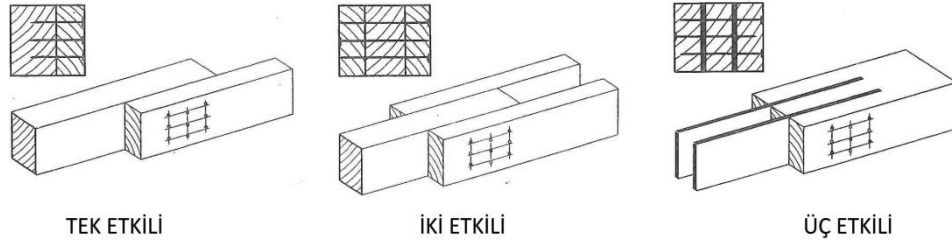
Şekil 5.5 Ahşap platform çerçeve yapılarda kullanılan çiviler [31]



Şekil 5.6 Ahşap platform çerçeve yapılarda kullanılan çivi boyutları [63]

Çivili birleşimlerin taşıma gücünü ( $N_c$ ); çivinin çap ( $d_c$ ), ahşabın kalınlığı ( $a$ ), ahşabın basınç mukavemeti ( $\sigma_{emn II}$ ), çivinin çakma boyu ( $s$ ) ve birleşimdeki çivi sayısı ( $n$ ) belirlemektedir. Ayrıca, çivilerin tek veya çift etkili çalışması (Şekil 5.7), çivilenme şekilleri (Şekil 5.8), çiviler arasındaki mesafeler ve kenarlardan olan uzaklıklar, taşıma gücünü etkilemektedir. Ahşap kalınlığı, çakma derinliği ve çivi güvenli taşıma kapasiteleri Çizelge 5.2'de gösterilmektedir.





Şekil 5.7 Çivili birleşimler [19]

Çizelge 5.2 Ahşap kalınlığı, çakma derinliği ve çivi güvenli taşıma kapasite değerleri [10]

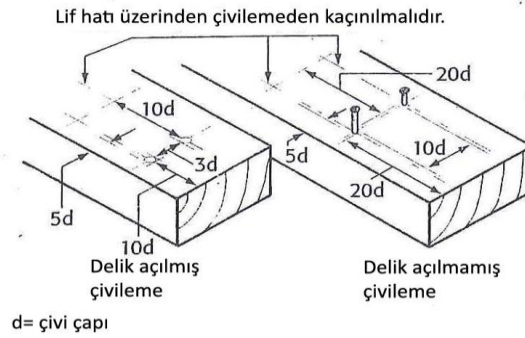
ÇİVİ NO	EN KÜÇÜK AHŞAP KALINLIĞI (mm)		EN KÜÇÜK ÇAKMA KALINLIĞI (mm)		TEK ETKİ İÇİN GÜVENLİ TAŞIMA KAPASİTESİ (kgf)		
	DELİK AÇILMAMIŞ	DELİK AÇILMIŞ	TEK TESİRLİ	ÇOK TESİRLİ	İĞNE YAPRAKLILARDA		MEŞE VE KAYINDA (Delik Açılmış Olması Koşulu İle)
					DELİK AÇILMAMIŞ	DELİK AÇILMIŞ	
22 x 45	24	24	27	118	20	25	30
22 x 50	20*	20*					
25 x 55	24	24	30	20	25	31	37,5
25 x 60	20*	20*					
23 x 65	24	24	34	23	30	37,5	45
	20*	20*					
31 x 65	24	24	38	25	36	45	56
31 x 70	20*	20*					
31 x 80							
34 x 90	24	24	41	27	43	54	65
	22*	22*					
38 x 100	24	24	46	30	52	65	78
42 x 110	26	26	51	34	62	77,5	93
46 x 130	30	28	56	37	72	90	109
55 x 140	40	33	66	44	97,5	122	146
55 x 160							
60 x 180	46	36	72	48	112	140	168
70 x 210	60	42	84	56	144	180	217
75 x 230	68	45	90	60	160	200	240
80 x 260	75	48	96	64	178	222	267
90 x 310	90	54	108	72	213	266	320

\* Sadece beton kalıpları için geçerlidir.

Ahşap platform çerçeve yapıda kullanılan masif ahşabın, meşe veya kayın olması halinde, çivili birleşimlerdeki çiviler, önceden açılmış deliklere yerleştirilerek kullanılmalıdır. İğne yapraklılar içinse, hesaplanan değer 1.5 katı dikkate alınmalıdır.

Çelik levhaların kullanıldığı birleşimlerde, ahşapta ve çelik levhada çivi deliklerinin önceden açılması gerekmektedir. Çelik levhanın kalınlığı en az 2mm olmalıdır. Kalınlığı 5mm'den az ise korozyona karşı önlem alınması gerekmektedir. Ahşabın çatlamaması için, en küçük ahşap kalınlığının (a) 24mm olması gerekmektedir. Önceden çivilerin gireceği delik açılacak ise, en küçük parça kalınlığı;  $a = d_c (3 + 8d_c)$  formülüyle bulunmaktadır.

Kuvvet doğrultusuna dik yöndeki çivi aralıkları (Şekil 5.8, Çizelge 5.3) birbirlerinden ve kenardan uzaklıkları, delikleri önceden açılanlarda en az  $3d_c$ , açılmayanlarda ise en az  $5d_c$  olmalıdır. Aralıklar ve kenara uzaklıkların liflere paralel doğrultuda  $40d_c$ , liflere dik doğrultuda  $20d_c$ 'yi geçmemesine dikkat edilmelidir.



Şekil 5.8 Çivilerin yerleştirilmesi [64]

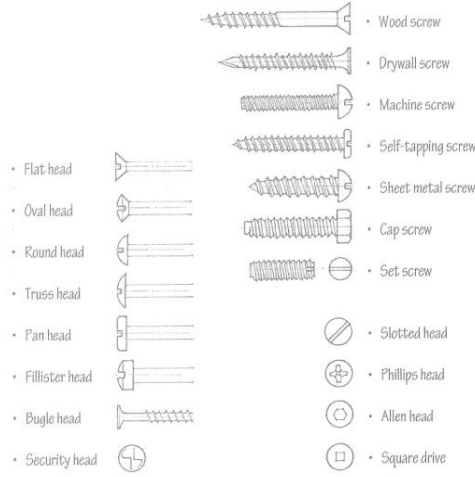
Çizelge 5.3 Çivi aralıkları [10]

ÇİVİLERİN KONUMU		KUVVET DOĞRULTUSUNDA MİNİMUM ÇİVİ ARALIKLARI	
		DELİK AÇILMAMIŞ	DELİĞİ ÖNCEDEN AÇILMIŞ
AYNI SIRADAKİ ÇİVİLERİN ARALIKLARI	Lif Doğrultusuna Paralel	10 d <sub>ç</sub> 12 d <sub>ç</sub> *	5 d <sub>ç</sub>
	Lif Doğrultusunda Dik	5 d <sub>ç</sub>	5 d <sub>ç</sub>
ETKİLENEN AHŞAP KENARINDAN UZAKLIK	Lif Doğrultusuna Paralel	15 d <sub>ç</sub>	10 d <sub>ç</sub>
	Lif Doğrultusunda Dik	7 d <sub>ç</sub> 10 d <sub>ç</sub> *	5 d <sub>ç</sub>
ETKİLENMEYEN AHŞAP KENARINDAN UZAKLIK	Lif Doğrultusuna Paralel	7 d <sub>ç</sub> 10 d <sub>ç</sub> *	5 d <sub>ç</sub>
	Lif Doğrultusunda Dik	5 d <sub>ç</sub>	3 d <sub>ç</sub>

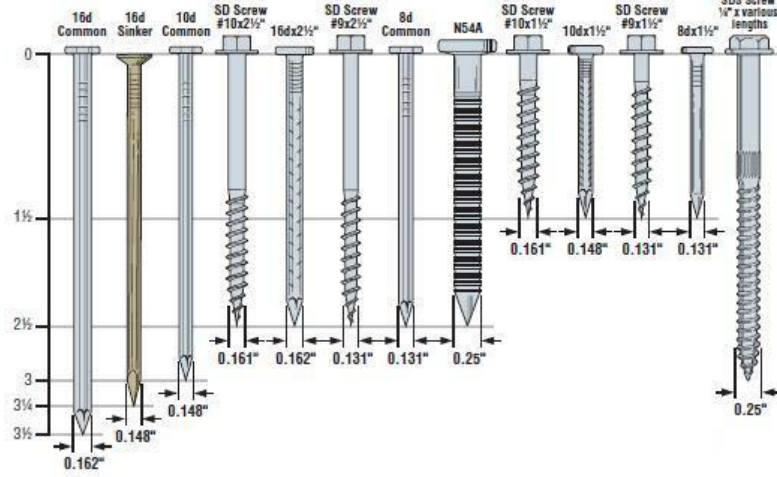
\* d<sub>ç</sub> > 4,2mm halinde

### 5.1.2.2 Vidalar

Vida, ahşap yapı elemanlarının birleştirilmesinde kullanılan ve TS 431'de belirtilen özelliklere uygun birleştirme elemanlarından [10]. Vidaların; ahşap vidası, kuru duvar vidası ve tirfon vidası gibi türleri bulunmaktadır (Şekil 5. 9, Şekil 5.10). Ağaç vidası, ahşap elemanlar arasında; kuru duvar vidası, alçıpan duvarlarda; tirfon vidası ise ağır bağlantı noktalarında kullanılmaktadır [29]. Lif doğrultusuna paralel durumdaki vidalar, taşıyıcı olarak hesaba katılmamalıdır. Vidalar genellikle tek etkilidir. Yükleme durumunda masif ahşap ve kontrplak için, geçerli olan emniyet gerilmeleri değerleri dikkate alınmalıdır.



Şekil 5.9 Vida çeşitleri [31]



Şekil 5.10 Ahşap platform çerçeve yapılarında sıklıkla kullanılan çivi, vida ve boyutları [65]

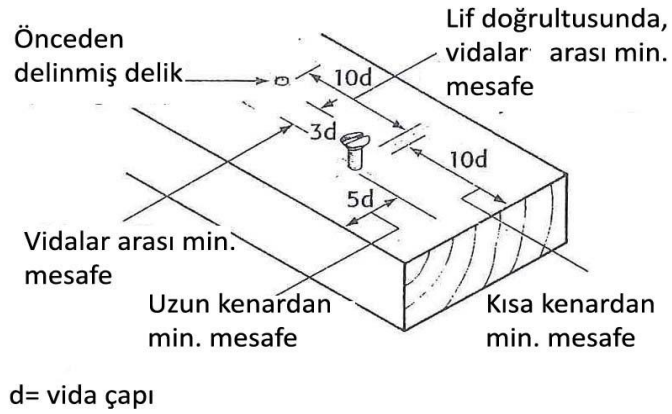
Tipleri ve ölçüleri Çizelge 5.4 'de verilen vidalarının malzemesi çelik, çapları da en az 4mm olmalıdır. Taşıyıcı ahşap birleşimlerde vida çapı ( $d_v$ ) 10mm'den küçükse, en az 4 adet; 10mm'den büyükse, en az 2 adet vida kullanılması gerekmektedir.

Çizelge 5.4 Ağaç vidası boyutları [26]

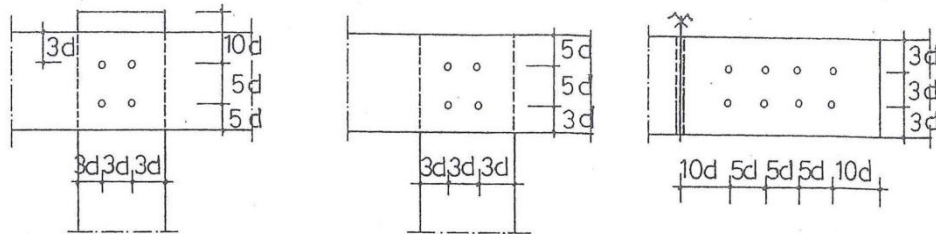
TÜRÜ	ÇAP (mm)	4	5	6	8	10	12	16	20
 YUVARLAK BAŞLI, DÜZ YARIKLI AĞAÇ VIDASI	1 (mm) TS 431 / 3	12-60	16-80	18-130	25-130	30-150	-	-	
	1 (mm) DIN 96	10-80	13-100	20-130	30-130	40-150	-	-	
 ALTI KÖŞE BAŞLI AĞAÇ VIDASI	1 (mm) TS 431 / 8	20-60	20-60	20-60	30-150	30-150	40-200	60-200	80-200
	1 (mm) DIN 571	-	-	20-60	25-100	30-140	40-200	60-200	80-200

1 ≤ 60 mm için boylar 5'er mm, 1 > 60mm için 10'ar mm olarak basamaklandırılırlar.  
1 > 60mm için 10'ar mm olarak basamaklandırılırlar.

Taşıyıcı vidalar arasındaki uzaklıklar, lif doğrultusunda  $40 d_v$  den, liflere dik doğrultuda ise  $20 d_v$  den çok olmamalıdır (Şekil 5.11). Vidalı birleşimlerde, vidanın dişsiz kısmı için  $d_v$  çapında, dişli kısmı içinse  $0.7d_v$  çapında delikler önceden delinmekte ve vidalar bu deliklere yerleştirilmektedir (Çizelge 5.5). Ağaç vidalarının, aralık ve kenar mesafelerine ait alt sınır değerleri, önceden açılmış deliklere çakılan çivilerinki ile aynıdır (Şekil 5.12) [10].



Şekil 5.11 Vidaların yerleştirilmesi [64]



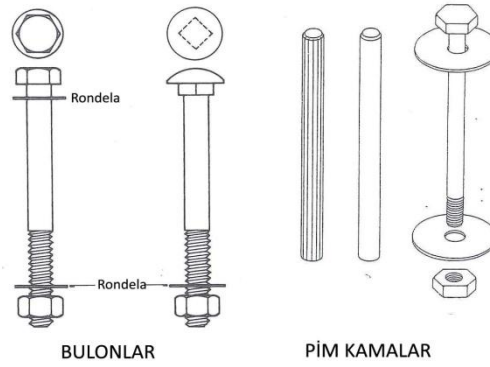
Şekil 5.12 Ağaç vidaları aralıkları ve alt sınır değerleri [26]

Çizelge 5.5 Vidaların yerleştirilmesi [64]

	ÖNCEDEN DELİNMEMİŞ DELİK	ÖNCEDEN DELİNMIŞ DELİK
KISA KENARLARDAN MİN. MESAFE	20 D	10 D
UZUN KENARLARDAN MİN. MESAFE	5 D	5 D
VİDALAR ARASI MİN. MESAFE	10 D	3 D
LİF DOĞRULTUSUNDA VİDALAR ARASI MİN. MESAFE	20 D	10 D
D= vida çapı		

### 5.1.2.3 Bulonlar ve Pim Kamalar

Bulonlar, ahşap yapı elemanlarının birleştirilmesinde kullanılan, TS 1021’de belirten özelliklere uygun birleştirme elemanlarıdır. Bulonlara, civata da denmektedir. Bulon, kayma yüzeyine dik durumda olan ve eğilmeye çalışan bir elemandır. Bulonların gövdesi silindirik şekilde, içleri boş veya dolu, uçlarında da dış açılmış ve yerleştirildikleri yerlerde sıkılabilen metal elemanlardır (Şekil 5.13). Bulonların, ahşapta oluşturduğu ezme etkisi göz önünde bulundurulmalıdır[10]. Bu nedenle, bulonların ahşapla birleştiği yüzeylere conta veya rondela konmalıdır (Çizelge 5.6) [19].

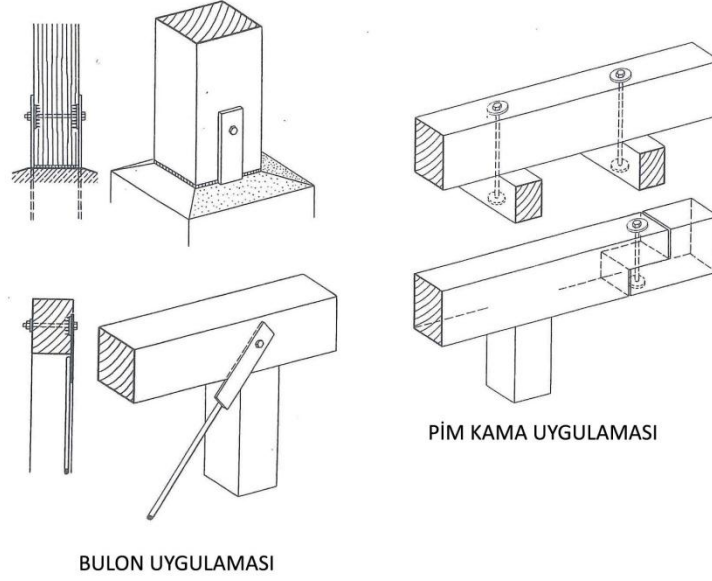


Şekil 5.13 Ahşap platform çerçeve yapılarında kullanılan bulonlar ve pim kamalar [29]

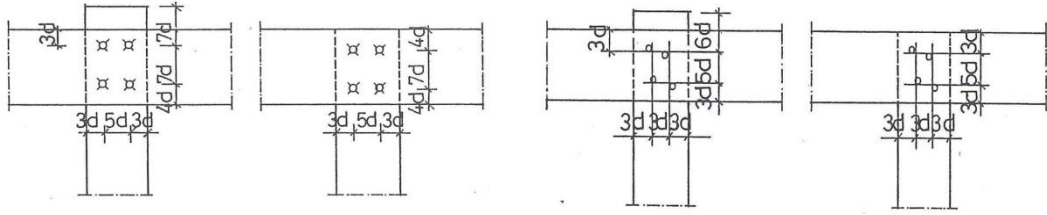
Çizelge 5.6 Rondela boyutları [10]

BULON ÇAPI	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24
RONDELA KALINLIĞI (mm)	6	6	8	8	8
YUVARLAK RONDELADA DIŞ ÇAP (mm)	58	68	80	92	105
KARE BİÇİMLİ RONDELADA KENAR BOYU (mm)	50	60	70	80	95

Bulonlar, ahşapta önceden açılmış, çaplarına uygun veya en çok 1mm kadar büyük boyutlu deliklere yerleştirilmektedirler. Pim kamaların yerleştirildiği delikler ise kama çapından 0.2-0.5mm kadar küçük olmalı ve kamanın deliğe sıkıca yerleşmesi sağlanmalıdır (Şekil 5.14). Bulonların çapı en az 12mm, pim kamaların çapıysa en az 8mm olmalıdır. Üretimde Fe 37 çeliği kullanılmalıdır. Bulonlu birleşimlerde en az 2, pim kamalı birleşimlerde ise en az 4 pim kama kullanılması ve bunların simetrik olarak yerleştirilmesi gerekmektedir (Şekil 5.15) [10]. Bulon ve pim kamalar arasındaki minimum aralık değerleri ise Çizelge 5.7’de belirtilmektedir.



Şekil 5.14 Ahşap platform çerçeve yapılarında bulonlu ve pim kamalı birleşim uygulamaları [19]



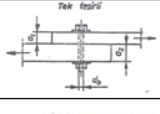
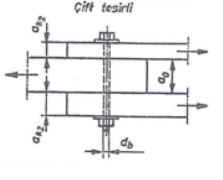
Şekil 5.15 Bulon ve pim kamalı birleşimlerde minimum aralıklar [26]

Çizelge 5.7 Bulon ve pim kamalı birleşimlerde minimum aralıklar [10]

	PİM KAMALARDA	BULONLARDA
AYNI SIRADAKİLER ARASINDA	5 dç	10 cm den az olmamak üzere 7 dç
ETKİLENE KENARDAN	6 dç	

Bulonlu veya pim kamalı birleşimler; tek, çift veya daha çok etkili olarak yapılabilmektedir. Zorunlu olmadıkça, tek etkili olarak kullanılmamalıdır. Birleşimlerde kullanılan bir bulonun veya pim kamanın, güvenli çalışma kapasitesi ile ilgili değerler Çizelge 5.8’de verilmektedir.

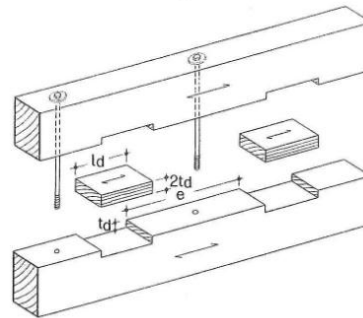
Çizelge 5.8Bulonlu ve pim kamalı birleşimlerde güvenli taşıma kapasitesii [10]

	AĞŞAP CİNSİ	BULON		PİM KAMA	
		$\sigma_{lem}$	A	$\sigma_{lem}$	A
	İĞNE YAPRAKLI	40	170	40	230
	MEŞE VE KAYIN	50	200	50	270
	İĞNE YAPRAKLI	ORTA AĞŞAP			
		85	380	85	510
	MEŞE VE KAYIN	100	450	100	600
	İĞNE YAPRAKLI	KENAR AĞŞAP			
	55	260	55	330	
	MEŞE VE KAYIN	65	300	65	390

#### 5.1.2.4 Kamalar

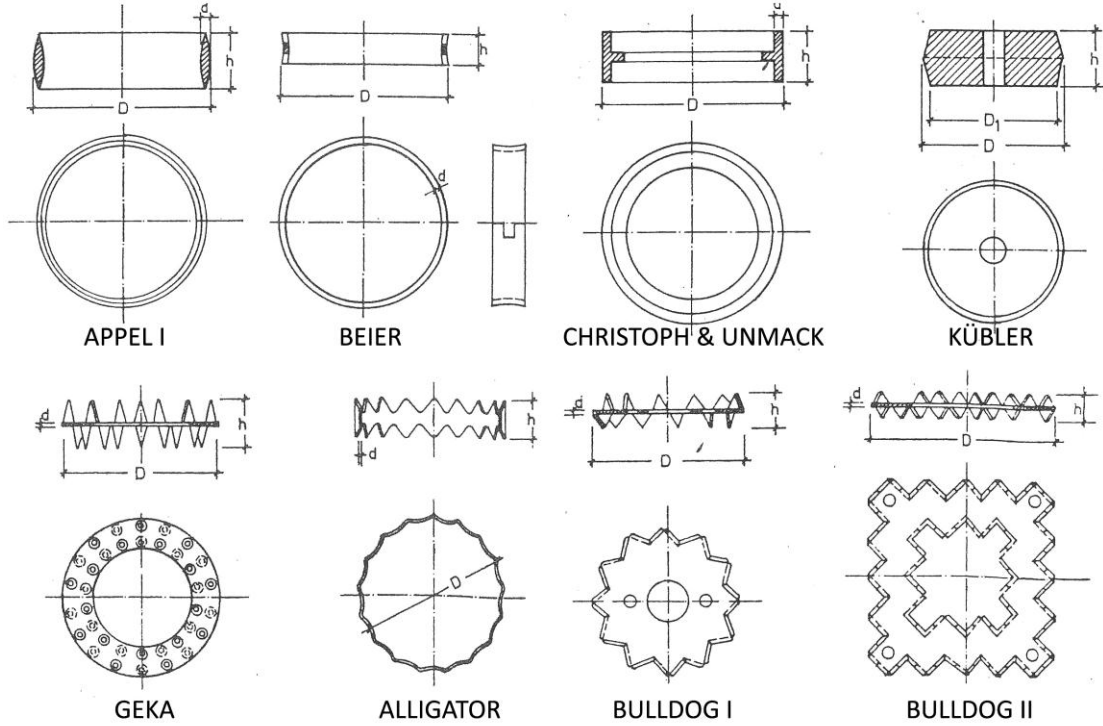
Kama, yük taşıyan yapı elemanlarının oluşturulmasında ve bunların birleştirilmesinde kullanılan, çelikten veya masif ahşaptan yapılmış birleştirme elemanlarıdır. Çelikten yapılmış olanların, korozyona karşı korunmaları gerekmektedir. Kamalar, kendileri için ahşapta açılmış olan özel yuvalara yerleştirilerek, ahşaba gömülerek veya bu iki yöntemin birlikte kullanılmasıyla yerlerine yerleştirilmektedirler [10]. Kamalı birleşimlerde kural olarak, daima sonradan sıkılabilir bulonlar kullanılmalı ve her kama bulonla güven altına alınmalıdır. Kenar uzunluğu veya genişliği 120mm'den fazla olan kamalar kullanıldığında yan parçaların uçlarına da ek sıkıştırma bulonları konulmalıdır. Kamalı birleşimler, dikdörtgenler prizması şeklindeki kamalar veya özel biçimli kamalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [10].

*Dikdörtgen prizması şeklindeki kamalar*, kuru ve sert ahşaptan veya çelikten yapılabilmektedir. Ahşap kamaların lif doğrultularının, birleştikleri ahşabın lif doğrultusuna paralel olması gerekmektedir. Bir birleşim yerinde, aynı sırada ardi ardına en çok dört kama düzenlenebilmektedir(Şekil 5.16).



Şekil 5.16 Dikdörtgen prizma kama uygulaması [19]

Özel biçimli kamalar, büyük kuvvetlerin aktarılması gereken ve daha az alana ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılan özel biçimli çelik kamalardır. Dilim, halka, tırnaklı halka veya levha şeklinde olabilmektedir (Şekil 5.17).



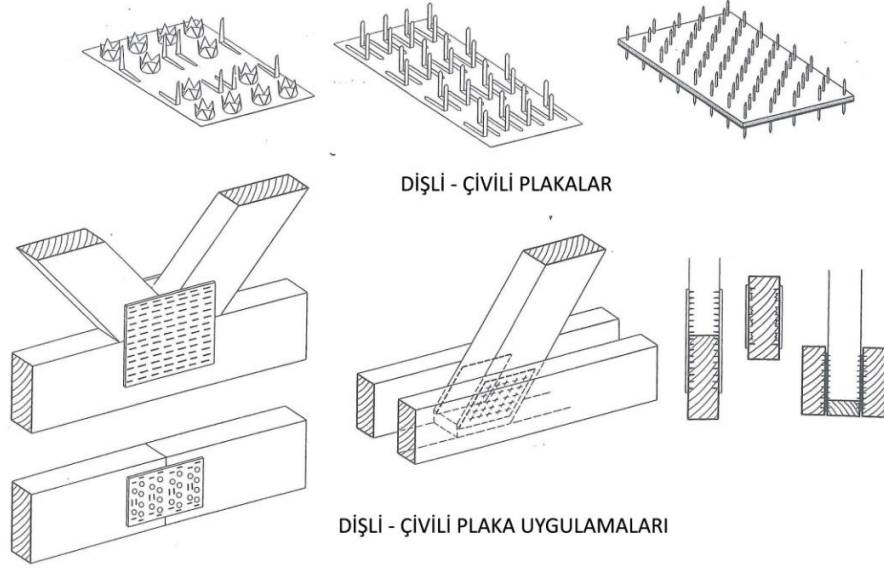
Şekil 5.17 Özel biçimli kama uygulamaları [10]

### 5.1.2.5 Metal Plakalar

Ahşap platform çerçeve yapılarıdaki sistem elemanlarının birleştirilmesinde; Dişli (çivili) plakalar, Delikli plakalar ve Plaka kamalar olmak üzere üç çeşit metal plakalar kullanılmaktadır.

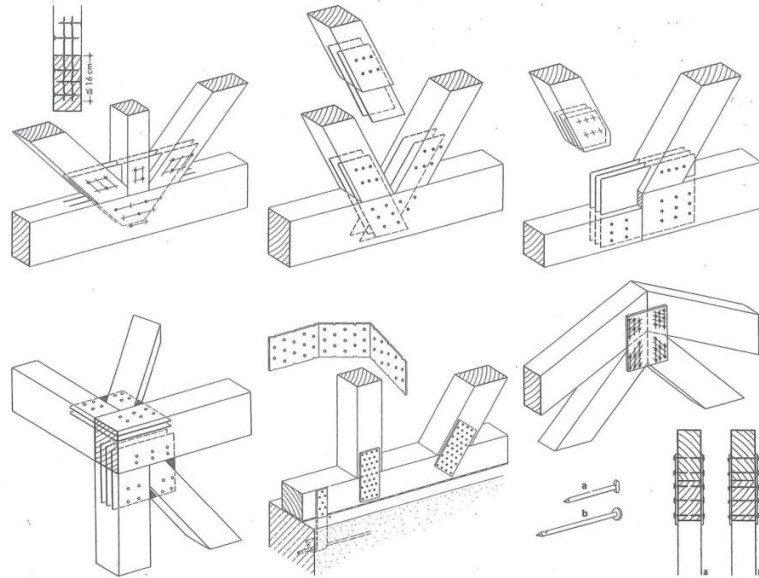
*Dişli (çivili) plakalar*, çoğunlukla fabrika ortamında üretilen çatı ve döşeme makaslarının kurgusunda kullanılmaktadır. Bu plakalar sayesinde bağlantılar daha dayanıklı olmaktadır. Plakalar ahşaba, üzerinde bulunan çivilerin hidrolik pres, havalı pres, mekanik rulo vb. gibi baskı uygulayan makineler yardımıyla tespit edilmektedir. Kullanılacak olan yere göre, plakaların bir yüzü veya her iki yüzü dişli olabilmektedir (Şekil 5.18). Plakalar üzerinde bulunan dişler değişik şekillerde düzenlenebilmektedir. Plakalar, yanmaz galvanize çelik kullanılarak üretilmektedir [50].





Şekil 5.18 Dişli (çivili) plakalar [19]

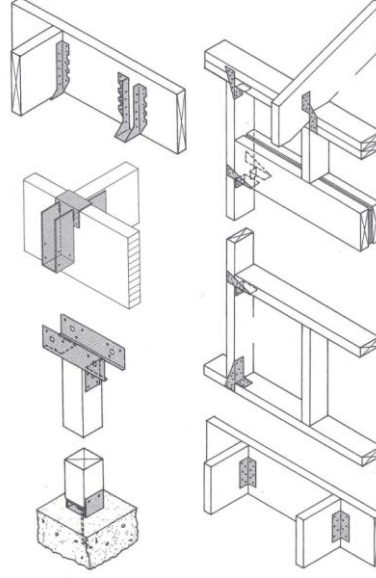
*Delikli plakalar*, ahşap elemanların birleştirilmesinde kullanılan diğer bir plaka çeşididir. Paslanmaz çelikten üretilmiş veya galvanize edilmiş 2mm kalınlığındaki ürünlerdir. Daha önceden delinmiş yüzeylere, çivilerle çakılmaktadırlar. Bu plakaların uygulanması, atölyede veya şantiye ortamında tüm birleşimlerle beraber bitecek şekilde yapılmalıdır (Şekil 5.19).



Şekil 5.19 Delikli plakalar [19]

*Plaka kamalar*, ahşap yapıların sistem kurgusunda sıklıkla kullanılmaktadır. Kaburga çerçevelerde, sac plakalar kullanılmakta ve bağlantıları çiviler ile yapılmaktadır.

Dikmeli ve kirişli çerçevelerde ise çelik plakalar kullanılmakta ve bağlantıları bulon veya tirfon vidalar ile yapılmaktadır. Bağlantı noktalarında, özellikle plaka kamaların kullanılması, deprem ve rüzgâr kuvvetlerine karşı güçlendirme sağlamaktadır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20 Plaka Kamalar [29]

Bu plaklar; döşeme kirişlerinin dik açılı bağlantılarında (döşeme kirişi üzengisi), ana kiriş-döşeme kirişi bağlantısında (ana kiriş üzengisi), dikme-ana kiriş bağlantısında (dikme başlığı), dikme-temel bağlantısında (dikme kaidesi) vb. biçimde kullanılmaktadır [50].

#### 5.1.2.6 Tutkallar

Ahşap yapılarıdaki sistem elemanlarını bir arada tutmak için, tutkallarda kullanılmaktadır. Tutkallar, iki ayrı ahşabı kuvvet aktarabilecek şekilde birbirine yapıştıran birleştiricilerdir. Ahşap ürünlerin birleştirilmesinde kullanılan tutkallar, bünyelerine giren esas maddelerin kaynağına göre; hayvansal kökenli tutkallar, bitkisel kökenli tutkallar ve sentetik kökenli tutkallar olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

*Hayvansal kökenli tutkalların*, Glutin tutkalları, Kan Albumini tutkalı ve Kazein tutkalları olmak üzere üç türü; *Bitkisel kökenli tutkalların*, Nişasta tutkalları ve Soya tutkalları olmak üzere iki türü; *Sentetik kökenli tutkalların*, Termoplastik yapay reçine tutkalları ve Sıcağa dayanıklı yapay reçine tutkalları olmak üzere iki türü bulunmaktadır [15].

## 5.2 Yatay Kuvvetler Etkisindeki Ahşap Platform Çerçeve Yapı

3. ve 4. bölümlerde de anlatıldığı gibi, ahşap yapıların deprem ve rüzgâr kuvvetleri karşındaki dayanımları, genel olarak aynı olmakla birlikte farklılıklar göstermektedir.

### 5.2.1 Deprem Kuvveti Etkisindeki Ahşap Platform Çerçeve Yapı

Yapılar hangi yapı malzemesi ve yapı tekniği ile yapılırsa yapılsın, deprem anında yıkılmamaları ve can ve mal kayıplarına neden olmamaları için, buldukları zemine uygun, hafif, sönümü yüksek, esnek ve sünek olmaları gerekmektedir<sup>1</sup>. Depreme karşı daha iyi dayanım gösteren ve daha güvenli olarak kabul edilen ahşap yapıların depreme dayanıklılığı, ahşabın malzeme özelliklerinden ve ahşap yapıların sahip olduğu sistem özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Ahşap malzemenin;

- hafif,
- sünek,
- ve dayanımının (rijitlik) yüksek olması

deprem sırasında avantaj sağlamaktadır.

Bir yapının depreme dayanıklı olabilmesi için, mümkün oldukça hafif olması gerekmektedir. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, yapıya etki eden deprem kuvveti ve yapının deprem kuvvetine tepkisi olan atalet kuvveti, yapının ağırlığı ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla yapı ne kadar hafif ise yapı o derece depremden az etkilenmektedir. Diğer yapı malzemelerine oranla birim ağırlığı<sup>2</sup> daha az olan ahşap yapılar, daha az deprem kuvvetine maruz kalmakta, deprem sırasında daha az zorlanmakta ve daha fazla dayanım göstermektedirler. Ahşap yapıların yıkılması halinde, yapı içerisinde bulunan insanlar, ağırlığı altında sıkışmadıklarından ve ezilmediklerinden dolayı, enkaz altından sağ olarak kurtulma şansları daha yüksektir. Ayrıca malzemenin hafifliği, deprem sonrasında oluşan yapı enkazlarının daha kolay kaldırılmasına olanak sağlamaktadır.

---

<sup>1</sup> Bkz. Bölüm 3.2.2.2

<sup>2</sup> Ahşap yapıların birim ağırlığı, betonun 1/5'si, yığmanın 1/7'si ve çeliğin 1/15'i olarak kabul edilmektedir [54].

Bir yapının depreme dayanıklı olabilmesi için, sünek olması da gerekmektedir. Yapıların düşey yükler altındaki dayanımında çok önemli olmayan süneklik kavramı, depreme karşı olan davranışlarında oldukça önemlidir<sup>1</sup>. Ahşap yapılar, doğal özelliklerinden dolayı diğer yapı malzemeleri ile yapılan yapılara oranla daha sünektir. Ahşap yapılar, deprem anında yapıya etki eden deprem enerjisini, yatay deplasmanlar yaparak tüketen ancak kırılmayan ve yıkılmayan yapılardır [47]. Yapıda oluşan deplasmanlar, yapının ciddi hasar almasını engellemektedir<sup>2</sup>. Ahşap yapılar, deprem anında hızlıca salınım yaparak enerjisi sönümlenmektedirler.

Bir yapının depreme dayanıklı olabilmesi için, belirli bir dayanıma da sahip olması gerekmektedir<sup>3</sup>. Bir yapı malzemesinin, dayanım(mukavemet)/ağırlık oranı ne kadar yüksekse, yapının deprem kuvvetlerine karşı dayanımı da o derece yüksek olmaktadır. Ahşabın dayanımı, yaygın olarak kullanılan beton cinslerinin dayanımı kadar yüksek, ağırlığı ise betona göre çok daha azdır. Bu nedenle, mukavemet/ağırlık oranı yüksek olan ahşap ile yapılan ahşap yapılar, deprem kuvvetlerine karşı oldukça yüksek dayanımlar göstermektedir [11], [66].

Ahşap platform çerçeve yapılarda;

- bağlantı noktalarının çok olması,
- birleşim noktalarında kullanılan bağlantı elemanları,
- kullanılan yapısal panolar

deprem sırasında avantaj sağlamaktadır.

---

<sup>1</sup> Süneklik, yapının çökmeden akabilme veya şekil değiştirebilme kabiliyetidir [54]. Bir başka deyişle, yapıların veya yapı elemanlarının taşıma kapasitelerinde herhangi bir azalma olmadan büyük deformasyonlar yapabilme özelliğidir [38]. Sünek olmayan yapılar, gevrek yapılar olarak ifade edilmektedir. Yapıların süneklik birimi "düktilite" olarak tanımlanmaktadır. Düktilite, yapının çökme anında yaptığı maksimum öteleme (şekil değiştirme-deformasyon) ( $\Delta K$ ) ile elastik olarak yaptığı öteleme ( $\Delta Y$ ) arasındaki orandır [11]. Düktilite oranının büyük olması, yapının çok şiddetli depremlerde hasar görebileceğini göstermektedir.

<sup>2</sup> Ahşap yapıların davranış katsayıları (R), sünek davranış göstermelerinden dolayı daha büyüktür ve bu nedenle yapıya etki eden deprem kuvvetleri, betonarme ve yığma yapılara oranla 10 kat daha azdır [11].

<sup>3</sup> Dayanım, yapı elemanlarının çeşitli yük etkileri karşısında oluşan iç kuvvetlere karşı koyabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Dayanımın en güvenilir ölçüsü, taşıma gücüdür. Taşıma gücü, bir yapı elemanının yük taşıma sınır durumunu, başka bir deyişle güç tüketme sınırını belirtmektedir [38].

Yapının taşıyıcı elemanları arasındaki bağlantı noktaları, kuvvetlerin bir elemandan diğerine aktarılmasına yardımcı olmaktadır. Bir yapıda ne kadar çok bağlantı noktası bulunursa, yapıya etki eden yük daha fazla yoldan zemine iletilebilmektedir<sup>1</sup>. Ahşap yapılarda daha fazla yapısal eleman ve bağlantı noktası bulunmaktadır. Dolayısıyla ahşap yapılara etki eden deprem kuvvetleri, daha fazla yük iletim yolundan zemine iletilmektedir. Az sayıda büyük birleşme noktalarından ziyade, çok sayıda küçük birleşme noktası bulunduğu, herhangi bir birleşme noktası aşırı yüklendiğinde komşu birleşme noktaları, fazla yükleri paylaşmaktadır.

Bağlantı noktalarında kullanılan metal lama, çivi ve vida gibi bağlantı elemanları, deprem anında oluşan enerjiyi sönümleyerek etkiyi azaltmaktadır [34].

Ahşap yapılarda bulunan plywood ve OSB gibi yapısal panolar, dikme ve kirişlerle beraber hareket ederek perde duvar ve diyafram görevi görmektedir. Bu elemanlar, deprem anında fazladan dayanım sağlamaktadır [34].

### **5.2.2 Rüzgâr Kuvveti Etkisindeki Ahşap Platform Çerçeve Yapı**

Son yıllarda meydana gelen kasırgaların etkileri incelendiğinde, çoğu ahşap yapının tasarım hızından daha fazla rüzgâr hızıyla karşı karşıya kalmalarına rağmen iyi performans gösterdikleri ve çok az hasarla, kasırgaları atlattıkları sonucuna varılmaktadır.

Ahşap yapıların hafif olması, deprem kuvvet etkilerine karşı avantaj sağlamakta iken rüzgâr kuvvet etkilerine karşı dezavantaj sağlamaktadır. Hafif olan ahşap yapı, rüzgâr kuvvetlerine karşı yeterli dayanımı gösteremediğinde, bütün halinde veya kısmi olarak uçmaktadır. Sistem elemanları arasındaki bağlantılar yetersiz olduğunda, ahşap yapı belirtilen standartlara göre yapılmadığında, kaplama malzemeleri yeteri kadar sabitlenmediğinde veya rüzgâr kuvvetlerine karşı alınması gereken önlemler alınmadığında, duvarlarda ve çatılarda hasarlar oluşmaktadır. Ahşap yapının çatısının kısmen veya tamamen uçması sonucunda yapı, kullanılamayacak hatta onarılamayacak hale gelebilmektedir [54]. Bu durumdaki bir yapının onarımı için yapılacak harcama ile yeniden bir yapının yapılabileceği dile getirilmektedir [60].

---

<sup>1</sup> Çok sayıda yük yolu bulunan yapılar, artık yapılar olarak kabul edilmektedir. Artık yapılar, depremde fazladan güvenlik sağlamaktadır.

Ahşap yapı, rüzgâr kuvvetlerine karşı yeterli dayanımı gösterebiliyor olsa da, kasırgalar sırasında oluşan taşkınlara karşı dayanım gösterememektedir. Taşkınların etkisinde kalan ahşap yapı, sürüklenerek parçalanmaktadır. Ayrıca, yapı elemanlarının ıslanması sonucunda dayanımlarını, bağlantı elemanlarının da işlevlerini kaybetmeleri, ahşap yapıların parçalanmasına veya yıkılmasına neden olmaktadır [55].

### **5.3 Yatay Kuvvet Etkilerine Karşı Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Alınacak Önlemler**

Ahşap yapıların yatay kuvvet etkilerine karşı dayanıklı olabilmeleri için bazı unsurlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu unsurlara dikkat edildiğinde, deprem ve rüzgâr kuvvetlerine bağlı olarak ahşap yapılarda oluşan hasarlar engellenebilmektedir.

Deprem esnasında ahşap yapının üzerinde oturduğu zemin ile rezonansa girip hasar almaması için, yapının zemine uygun olarak yapılması gerekmektedir<sup>1</sup>. Bu durumun engellenebilmesi için, sert zeminler üzerinde yapılacak olan yapıların daha esnek olmasına, yumuşak zeminler üzerinde yapılacak yapıların ise daha rijit olmasına dikkat edilmesi veya her iki zeminde de bütünlüğünü bozmadan şekil değiştirmeye elverişli düktil yapıların yapılması gerekmektedir<sup>2</sup>.

Ahşap platform çerçeve yapıların yatay kuvvet etkilerine karşı dayanıklı olabilmesi için;

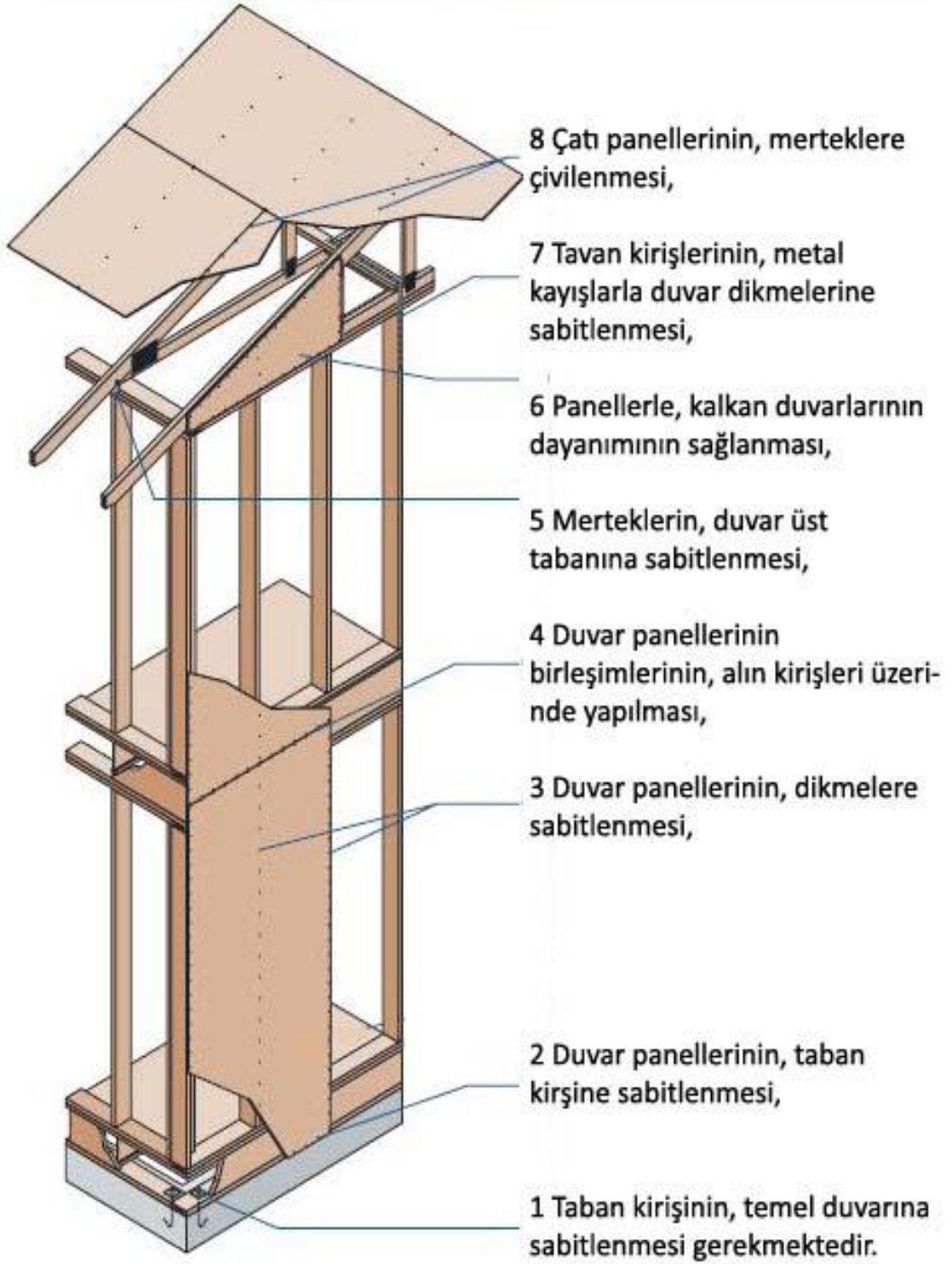
- yapının, zemin şartlarına uygun olarak yapılması,
- taşıyıcı sistemi oluşturan duvarların, döşemelerin ve çatıların yatay yüklere karşı dayanımının sağlanması,
- taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların birbirlerine doğru bağlanarak yük iletim yolunun sağlanması

gerekmektedir (Şekil 5.21).

---

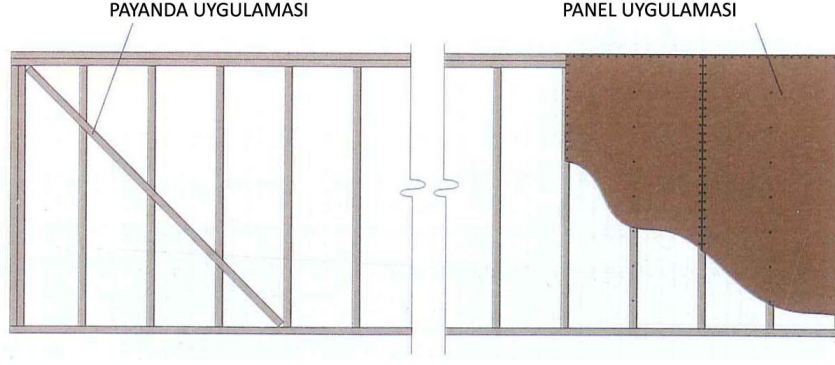
<sup>1</sup> Bkz. Bölüm 3.2.3.4

<sup>2</sup> Bkz. Bölüm 3.2.3.2



Şekil 5.21 Yatay kuvvetlere dayanıklı ahşap yapıda dikkat edilmesi gerekenler [67]

Ahşap platform çerçeve yapıların, yatay yük etkilerine karşı olan dayanımı, duvar çerçevelerine sabitlenen eğik elemanlarla veya duvarlarda, döşemelerde ve çatılarda uygulanan panellerle sağlanmaktadır (Şekil 5.22).



Şekil 5.22 Ahşap yapılarda yatay kuvvet etkilerine karşı dayanımın sağlanması [34]

Taşıyıcı sistem içerisinde bulunan düşey dikmeler, yatay yüklere karşı yeterli dayanımı gösterememektedir. Yatay yüklerin yarattığı kesme ve eğilme etkileri yapıda, fazla ötelenmelerin, bükülmelerin ve dikmelerde kırılmaların oluşmasına neden olmaktadır. Yatay kuvvet etkilerine dayanıklı bir ahşap yapıda, deprem ve kasırga anında oluşan yatay yükleri karşılayabilecek, “payanda” olarak adlandırılan diyagonal elemanların bulunması gerekmektedir.

Ahşap platform çerçeve yapıların duvarlarında ve döşemelerinde kullanılan paneller, perde duvar veya diyafram görevi görerek, ahşap yapının kutu gibi bir bütün halinde çalışmasının sağlamaktadır [11]. Sistem içerisindeki çatıların ve döşemelerin diyafram, duvarlarında perde duvarı görevi görecektir şekilde tasarlanması gerekmektedir.

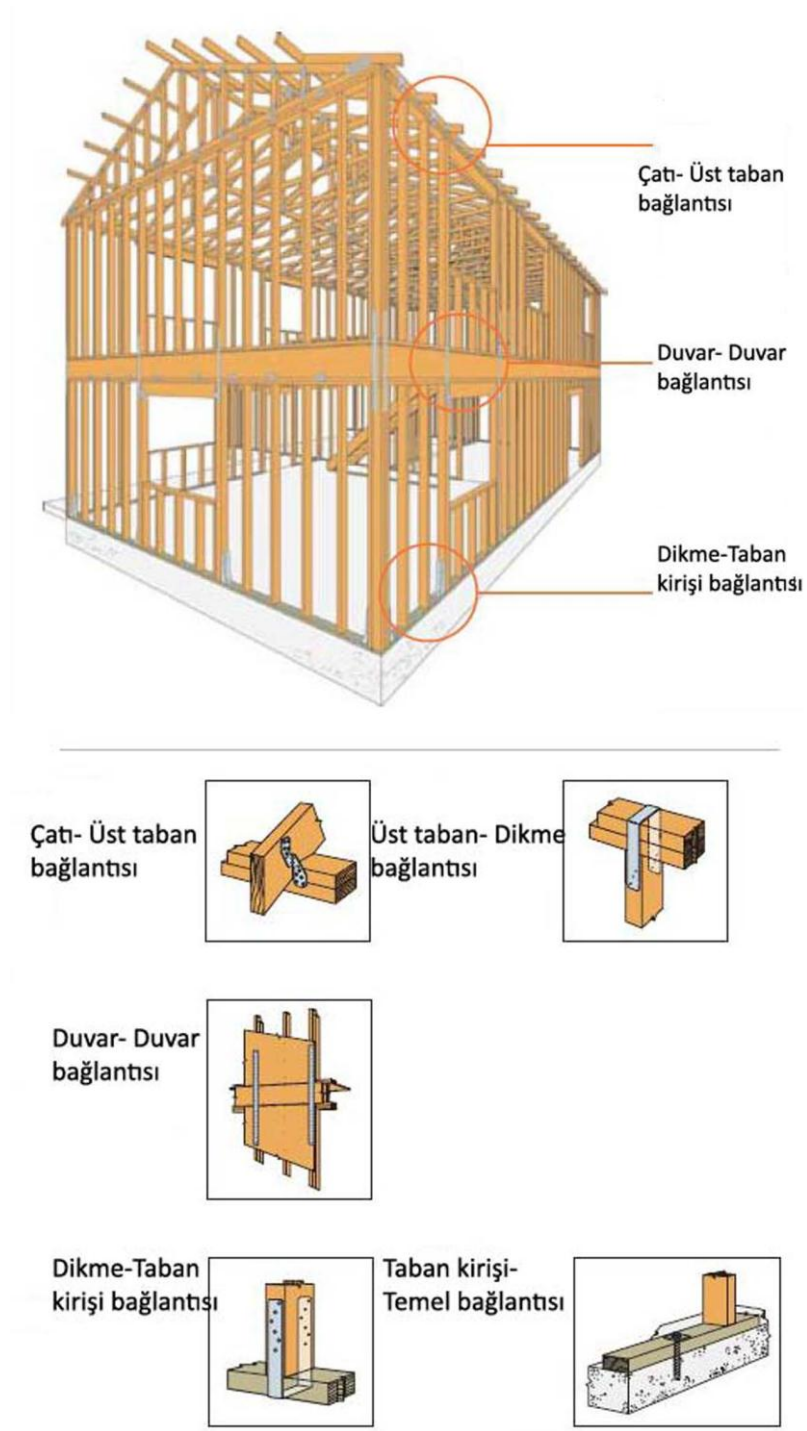
Perde duvar ve diyaframlar tasarlanırken;

- yapısal ahşap panoların (OSB ve Plywood) hesap edilmiş kuvvetlere dayanabilecek kalınlıkta olmasına,
- panolardaki kesme kuvvetlerini çatı, döşeme ve duvarlara iletebilecek yeterlikte çivileme olmasına,
- diyafram ve perde duvar panolarının kenarlarında gerekliyse destek parçalarının kullanılmasına,
- diyafram ve perde duvarların çevresindeki çerçeve elemanlarının hesap edilmiş çekme ve basında yeterli dayanıma sahip olmasına

dikkat edilmesi oldukça önemlidir.



Ahşap yapıya etki eden yatay yüklerin, yapıya zarar vermeden zemine aktarılabilmesi için, güvenli ve yeterli yük aktarımının<sup>1</sup> sağlanması gerekmektedir (Şekil 5.23). Yük aktarımının sağlanabilmesi için, sistemi oluşturan temel duvarı, döşeme çerçevesi, duvar çerçevesi ve çatı kurgusu arasındaki bağlantıların doğru yapılması gerekmektedir.



Şekil 5.23 Yük aktarımının sağlanması [53]

<sup>1</sup> "Continuous Load Path"

### 5.3.1 Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Temellerinde Alınacak Önlemler

Temel yapımında, tekil temel uygulamalarından kaçınılmalıdır. Üst yapı ne kadar sağlam olursa olsun, temel yetersizliği nedeniyle üst yapıda oluşabilecek hasarların engellenebilmesi için, en az 20cm genişliğinde betonarme sürekli temel veya radye temel uygulanmalıdır [66]. Ahşap yapıların temel duvarları genellikle betonarme duvar olarak uygulanmaktadır. Temel duvarları, genellikle toprak seviyesinden 15-30cm kadar yüksekte yapılarak, zeminden gelen rutubetin ahşap konstrüksiyona zarar vermesi engellenmektedir [52].

Ahşap yapıya etki eden yatay kuvvetler, yatay ötelenmelerin oluşmasına ve ahşap iskeletin temel üzerinden kaymasına(sliding) neden olmaktadır. Yapıda, kayma etkisine bağlı olarak oluşan hasarların engellenebilmesi için, taban yastığı deneni kirişin temel duvarı üzerine sabitlenmesi gerekmektedir<sup>1</sup>. Basınç etkisine karşı, taban yastıklarının ölçüleri, 5x15cm veya 5x20cm olarak alınmaktadır<sup>2</sup>. Daha sağlam bir yapı için, yastıklar iki kat kullanılabilir. Çift kat taban yastığı uygulamasında, köşelerde kirişlerin birbiri üzerine bindirilmesi gerekmektedir. Taban yastıkları arasındaki bağlantı, 10d'lik çivilerin 60cm(24") aralıklarla şaşırtmalı olarak çakılması ile sağlanmaktadır. Tek kat taban yastığı uygulamalarında ise, köşelerde 10d-eğik çivileme yapılmalıdır [31].

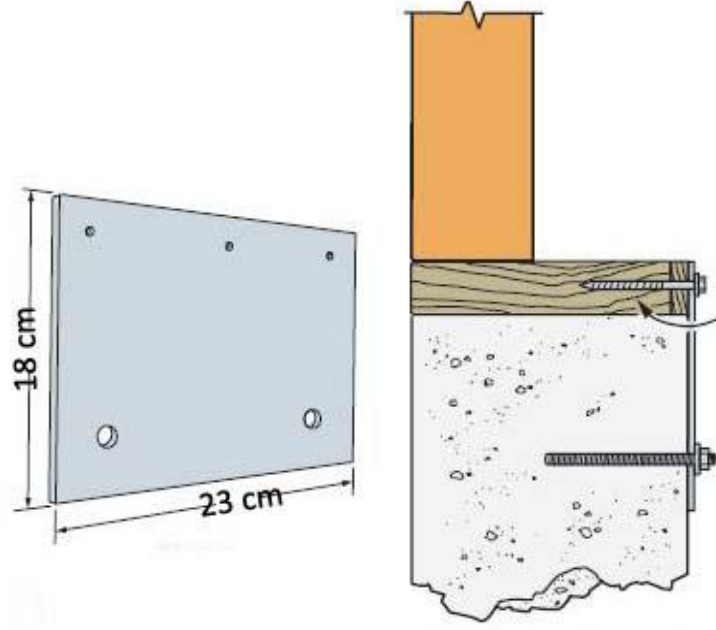
Ahşap çalışan bir malzeme olduğu için, taban yastığının temel duvarı ile olan bağlantısı, bulonlarla (ankrajlama) yapılmaktadır. Kullanılan ankraj bulonları, yatay ve düşey yüklere karşı dayanım sağlayarak, deprem ve fırtına anında ahşap yapının yerinden oynamasına engel olmaktadır. İki şekilde ankrajlama yapılabilir.

*Yatay ankrajlama*, çelik bir levha veya metal bağlantı elemanları (temel plakaları) kullanılarak yapılmaktadır. Taban yastığına olan bağlantılar, vida ile temel duvarına olan bağlantılar ise, bulon ile yapılmaktadır (Şekil 5.24, Şekil 5.25). Fakat yatay ankrajlama, düşey ankrajlama kadar rijit olmadığı ve çelik levhaya ihtiyaç duyulduğu için çok fazla tercih edilmemektedir [52].

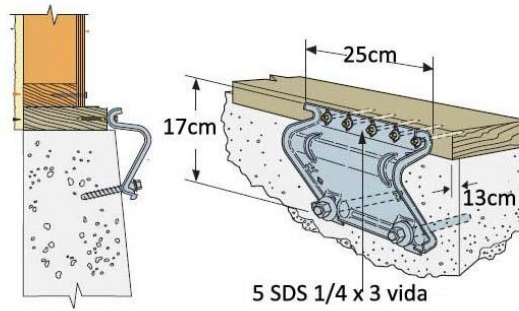
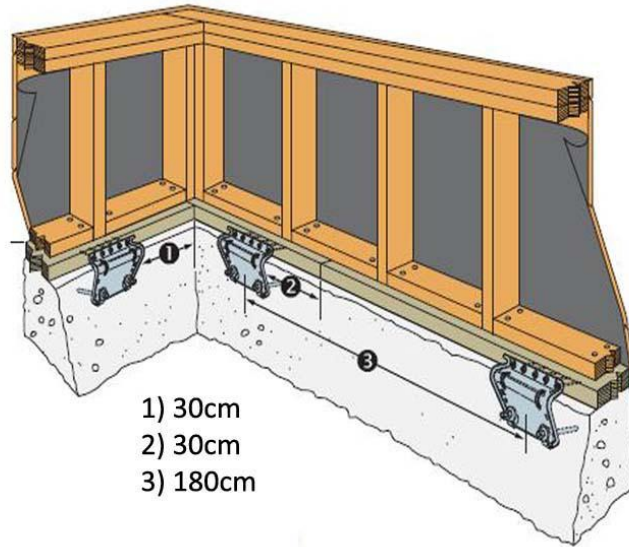
---

<sup>1</sup> Taban yastığı; döşeme, duvar ve çatıdan gelen bütün yükleri temele aktarmaktadır. Taban yastığı ile temel duvarı arasında böceklenmeye ve hava sızıntısına karşı metal koruyucu plakaların konması gerekmektedir.

<sup>2</sup> Afet yönetmeliğine göre taban kirişlerinin en küçük boyutu tek katlı yapılarda 10/10cm, iki katlı yapılarda 12/12cm olarak belirtilmektedir.

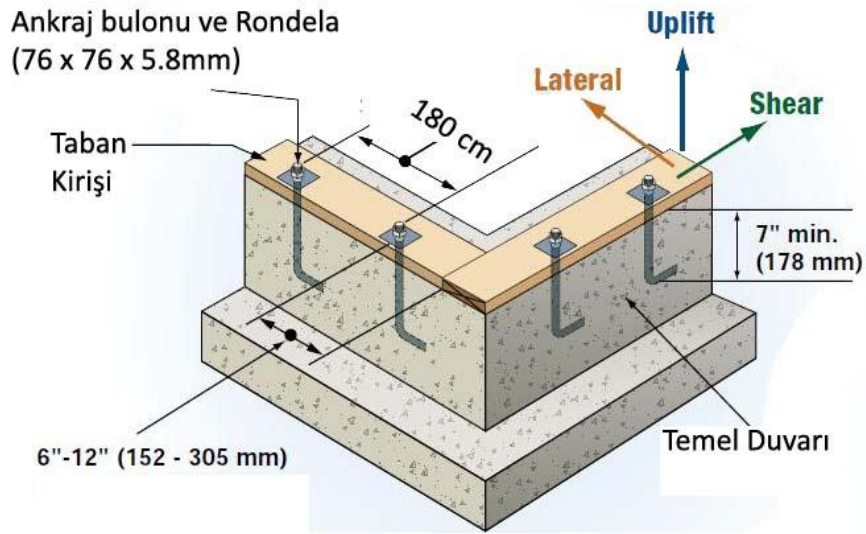


Şekil 5.24 Çelik levha ile yatay ankrajlama [65]



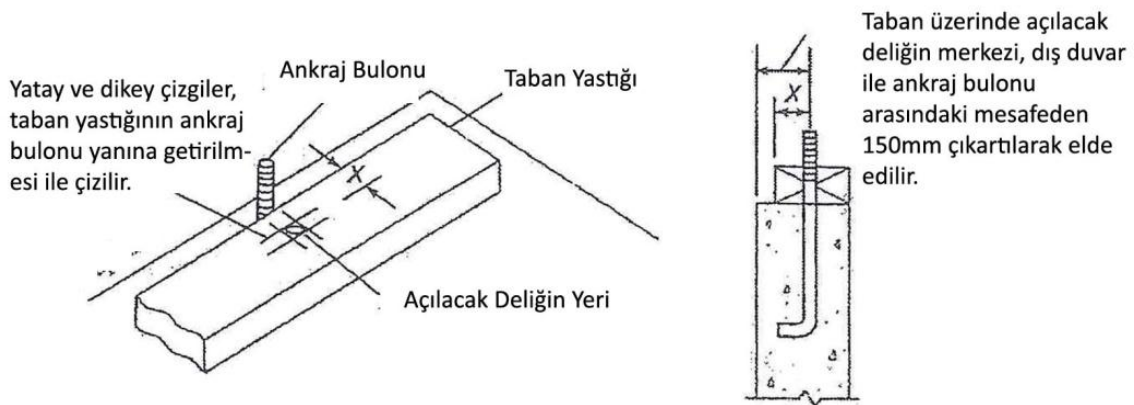
Şekil 5.25 Temel plakaları ile yatay ankrajlama [53]

*Düsey ankrajlamada*, taban kirişi temel duvarına, çapı 13mm (½”), uzunluğu 18cm ile 30cm (7”-12”) arasında değişen, “L” veya “J” şeklindeki ankraj bulonları ile sabitlenmektedir. Köşelerden 30cm (12”), iki bulon arasında 180cm (6’) mesafe bırakılması gerekmektedir (Şekil 5.26) [31], [52]. Bulonlar, beton dökülürken temel duvarının içine yerleştirilebildikleri gibi sonradan delinerek de yerleştirilebilmektedir. Bu durumda, “L” veya “J” şeklindeki bulonlar yerine düz bulonlar kullanılmaktadır. Her taban kirişinde en az iki adet ankraj bulonunun bulunması gerekmektedir.



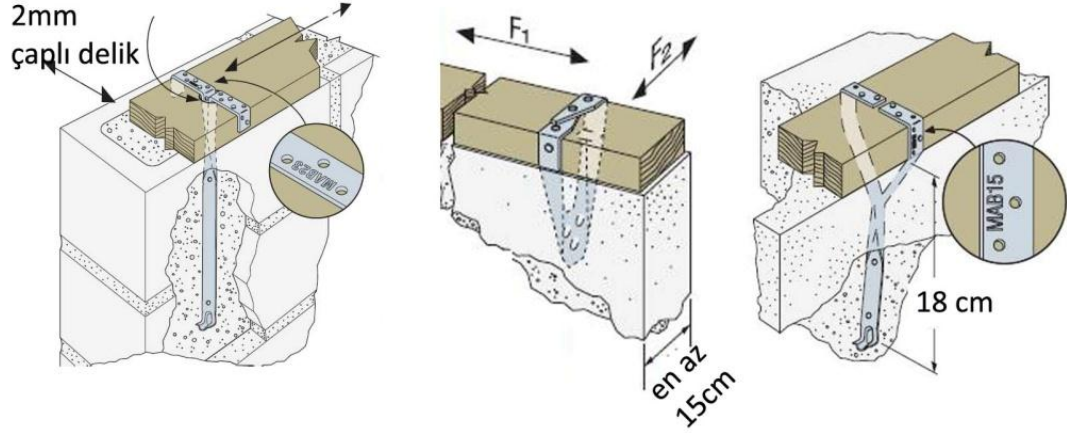
Şekil 5.26 Taban kirişi ve temel duvarı arasındaki düşey ankrajlama [68]

Taban kirişinde açılacak deliğin merkezi için, dış duvar ile bağlantı ürünü arasındaki mesafeden 15cm çıkartılmaktadır. Taban kirişinin yerine daha kolay yerleşmesi için, deliğin bulon çapından 5mm daha geniş olması gerekmektedir (Şekil 5.27)[32].

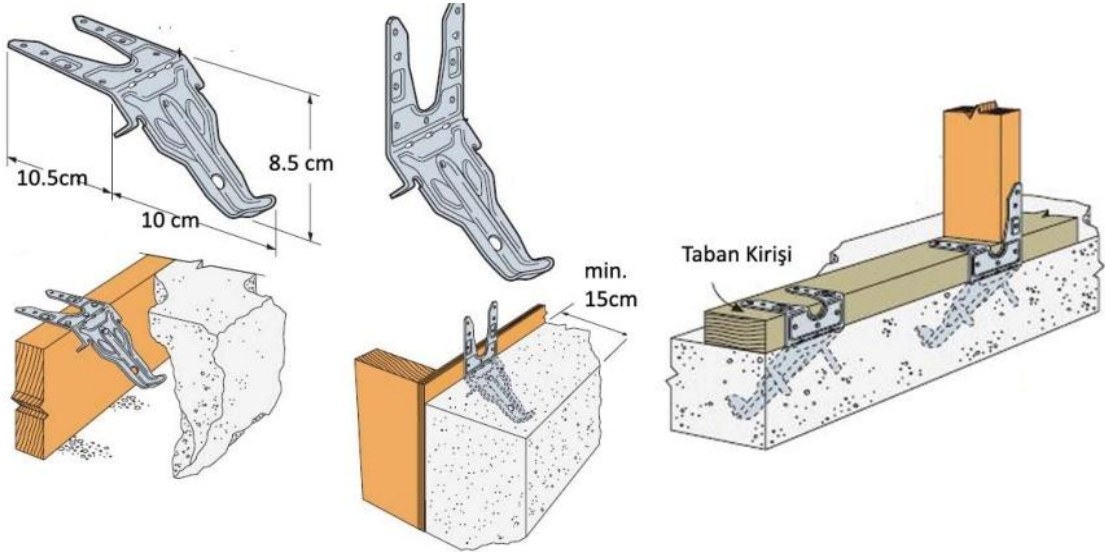


Şekil 5.27 Taban kirişinde bulon yerinin belirlenmesi [30]

Taban kirişleri, temel duvarlarına metal kayışlar veya metal kancalar kullanılarak da sabitlenebilmektedir. Metal kayışlar, 1.2mm kalınlığındaki delikli metal plakalardır. Temel duvarı içine yerleştirilen kayışlar taban kirişini sararak, taban kirişinin hareket etmesini engellemektedir (Şekil 5.28, Şekil 5.29).

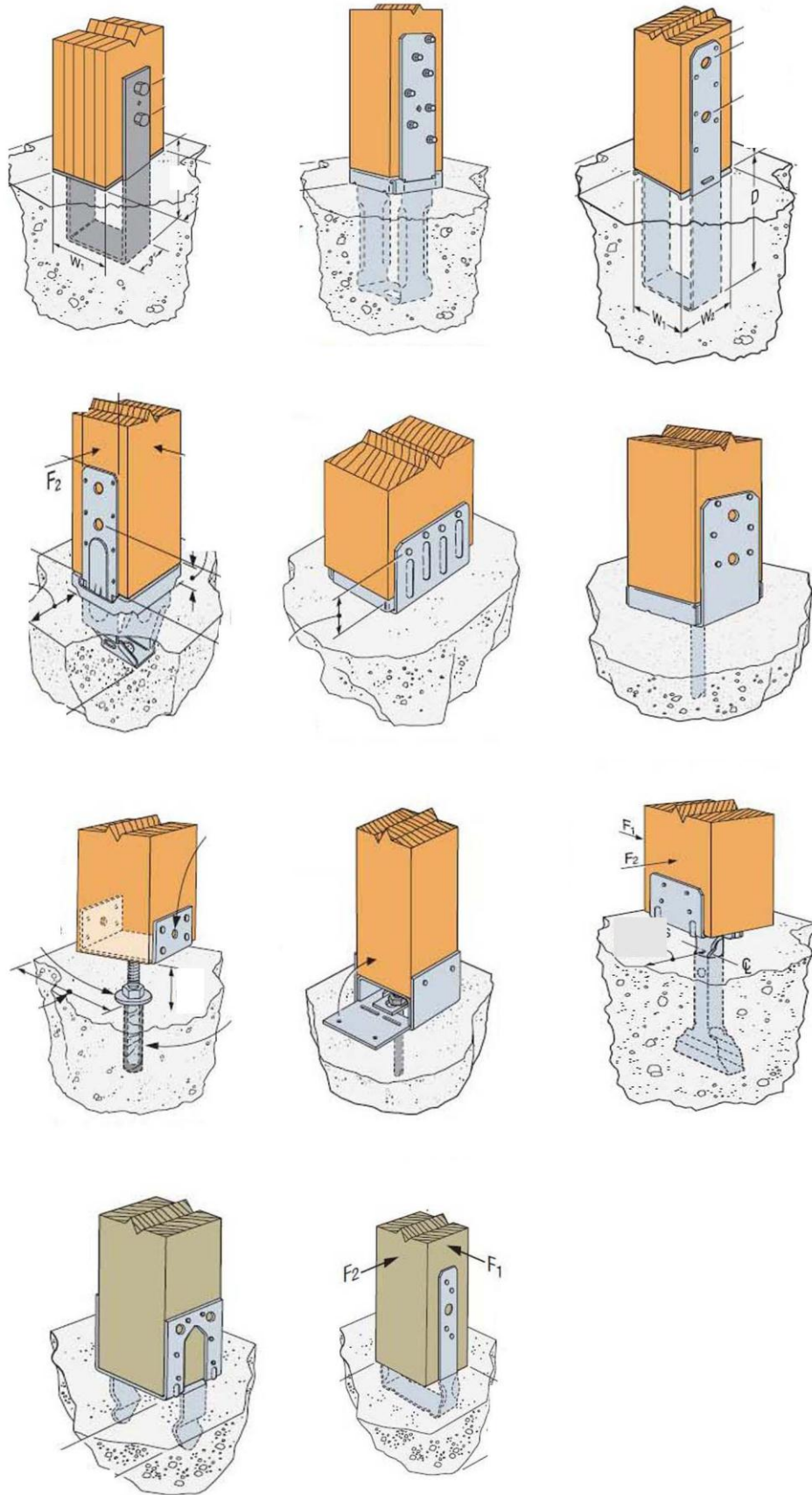


Şekil 5.28 Taban kirişinde kullanılan metal kayışlar [65]



Şekil 5.29 Taban kirişinde metal kancaların kullanılması [65]

Ahşap platform çerçeve yapının içerisinde bulunan bağımsız dikmelerin de, taban kirişine veya beton zemine bağlantısının yapılması gerekmektedir. Bunun için yardımcı bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Beton zemine olan bağlantılar, bağlantı elemanlarının beton içine sabitlenmesi ile yapılmaktadır (Şekil 5.30).



Şekil 5.30 Beton zemin-dikme bağlantıları [65], [69]

### 5.3.2 Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Döşemelerinde Alınacak Önlemler

Ahşap platform çerçeve yapıların yatay kuvvet etkilerine karşı dayanıklı olabilmesi için, döşeme çerçevesini oluşturan elemanların birbiriyle olan bağlantılarının, belirtilen kurallara göre yapılması gerekmektedir. Deprem ve rüzgâr kuvvetlerin neden olduğu yüklerin, ahşap yapıya zarar vermeden zemine iletilebilmesi için, doğru yük aktarımının sağlanması bunun içinde, döşeme çerçevesinin taban kirişi veya alt kat duvar çerçevesi ile olan bağlantılarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, döşeme kirişleri üzerine yatay düzlemde stabiliteyi sağlayan ve yatay kuvvet etkilerine karşı diyafram görevi gören döşeme alt kaplama uygulamaları yapılmalıdır.

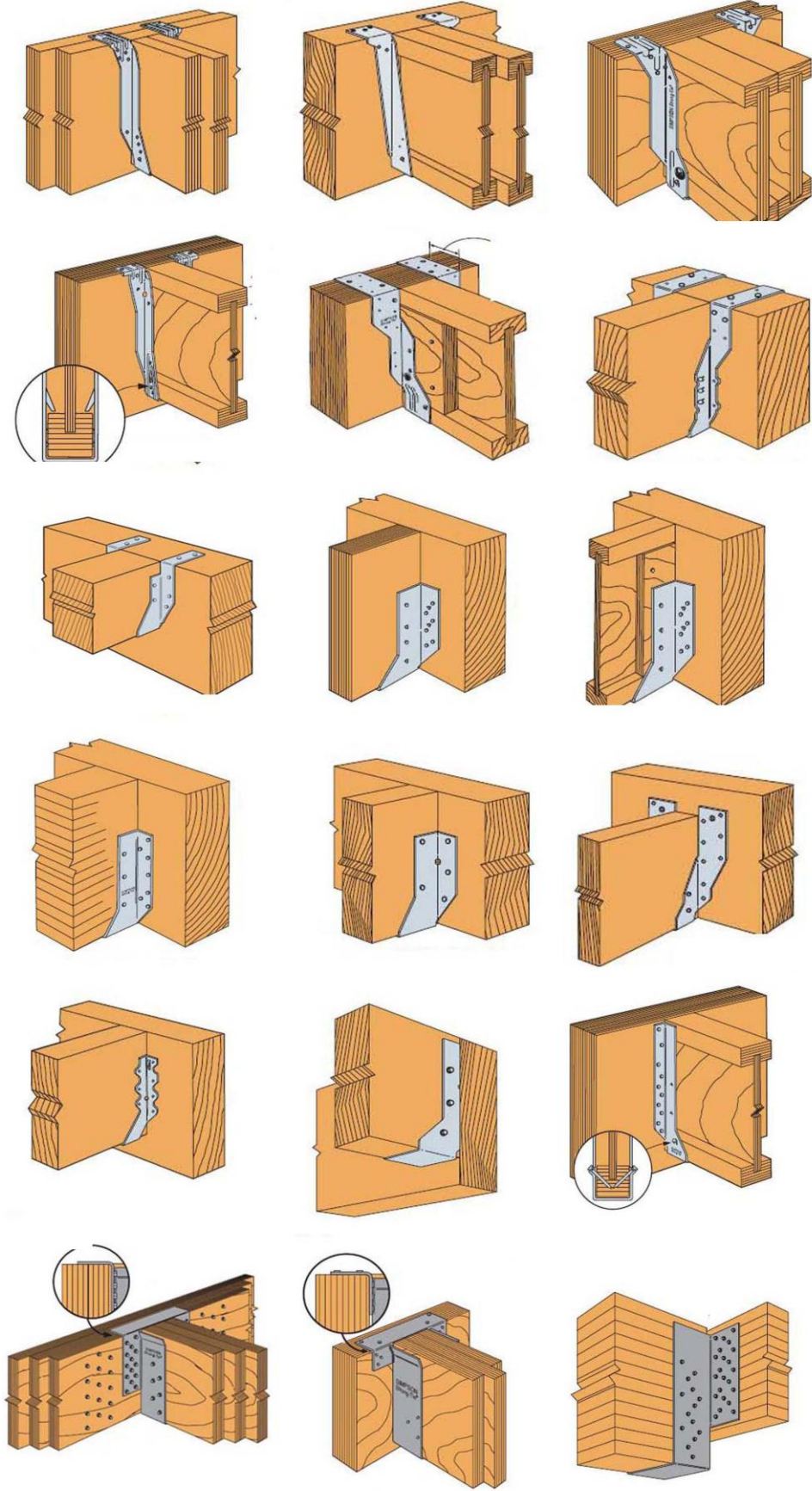
Öncelikle ahşap döşeme çerçevesinin doğru kurgulanması gerekmektedir. Çerçeve sisteminde açıklıkların geçilmesi, belirli kurallar ve etmenler dikkate alınarak boyutlandırılmış olan ahşap kirişlerin, belirli aralıklar bırakılarak sıralandırılması ile elde edilmektedir<sup>1</sup>. Döşeme çerçevesinin daha stabil olabilmesi ve döşeme kirişlerinin üzerinin alt kaplama levhaları ile kaplanması sırasında malzeme kayıplarının oluşmaması için, çoğunlukla kiriş araları 40cm olarak düzenlenmektedir. Kirişlerin içerisinden tesisat geçirilecek ise belirtilen ölçüler doğrultusunda deliklerin açılması gerekmektedir<sup>2</sup>. Aksi takdirde kiriş taşıyıcılığını kaybetmekte veya kırılabilmektedir.

Döşeme çerçevesi, açıklığı geçen kirişlerden, bu kirişlere dik yönde kurgulanan ve çerçeveyi stabil hale getiren alın(kasnak) kirişlerinden oluşmaktadır. Daha sağlam bir çerçeve için, açıklık yönünde uygulanan son kirişler çift uygulanabilmektedir. Her döşeme kirişinin alın kirişi ile olan bağlantısında 3 adet 16d'lik çivi kullanılmaktadır. Ayrıca, Şekil 5.31'de gösterilen ve bunlara benzer hazır bağlantı elemanları da kullanılarak, döşeme kirişleri ile alın kirişleri arasındaki bağlantı sağlanabilmektedir.

---

<sup>1</sup> Döşemelerde kullanılan ahşap kiriş çeşitleri, boyutları ve geçilebilecek açıklıklar için Bkz. Bölüm 2.5.3.2.

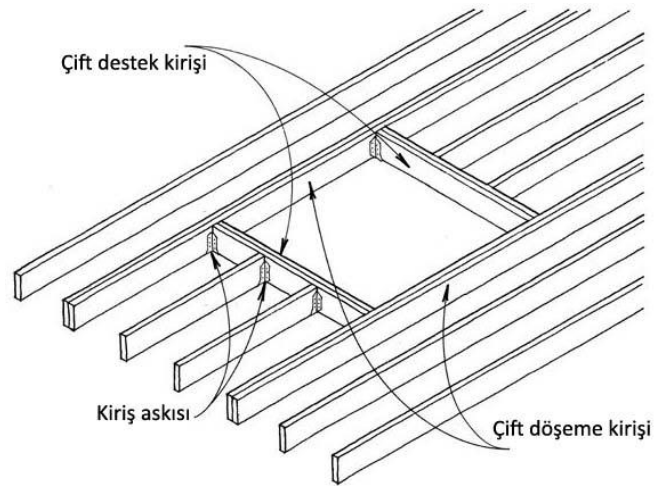
<sup>2</sup> Kirişlerde açılacak tesisat boşlukları için Bkz. Bölüm 2.5.3.2



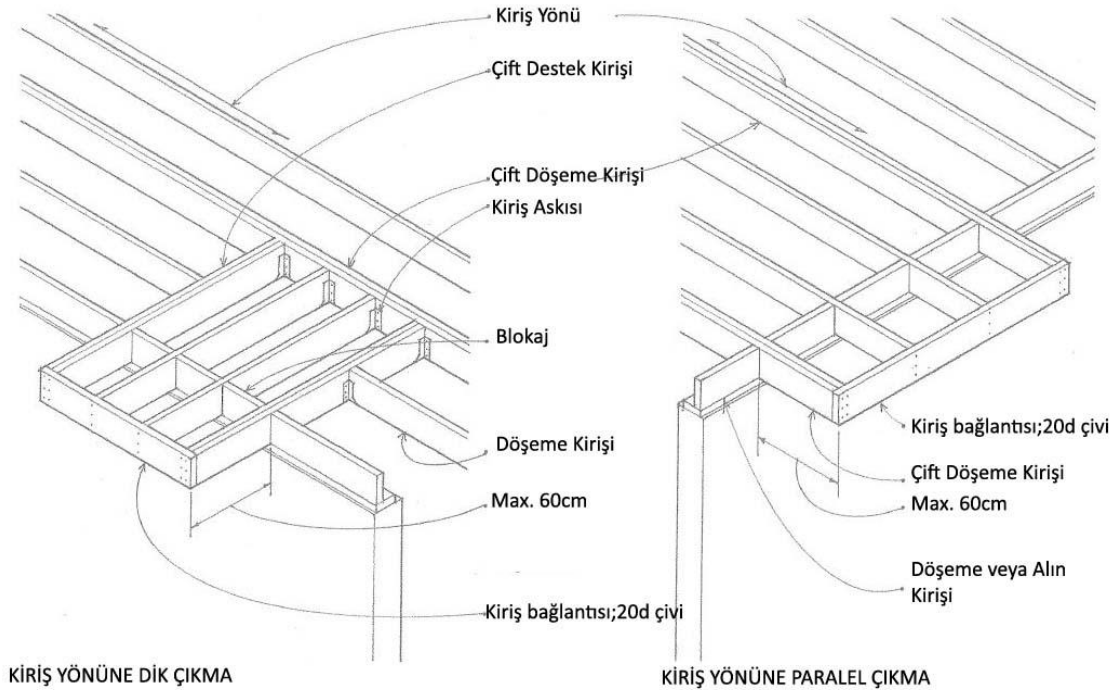
Şekil 5.31 Döşeme kirişi-alın kirişi bağlantısı (kiriş askısı) [65]



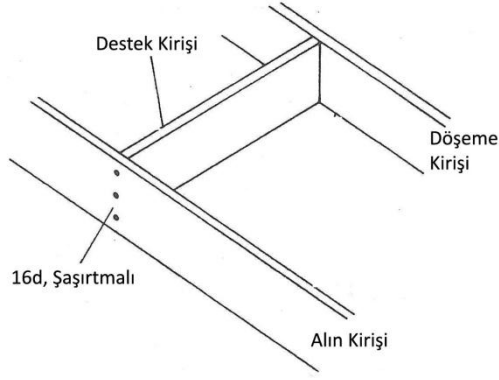
Döşeme içerisinde boşluk uygulanacak ise boşluk çevrelerinde (Şekil 5.32), yapı cephesinde çıkma yapılacak ise çıkma kenarlarında, çift kiriş kullanılmalıdır (Şekil 5.33). Cephelelerde 60cm'e kadar olan çıkmalar, kirişlerle desteklenebilmektedir. Döşeme boşluğu çevresindeki kirişlerin, diğer kirişlerle olan bağlantısı, 3 adet 16d'lik çivinin yüz yüze çivilenmesi ile yapılmaktadır (Şekil 5.34). Boşluk çevrelerindeki ve konsol çalışan yerlerdeki çift kirişlerin birbiriyle olan bağlantıları, 16d'lik çivilerin 15cm'de bir şaşırtmalı olarak çakılması ile sağlanmaktadır (Şekil 5.35) [29], [32].



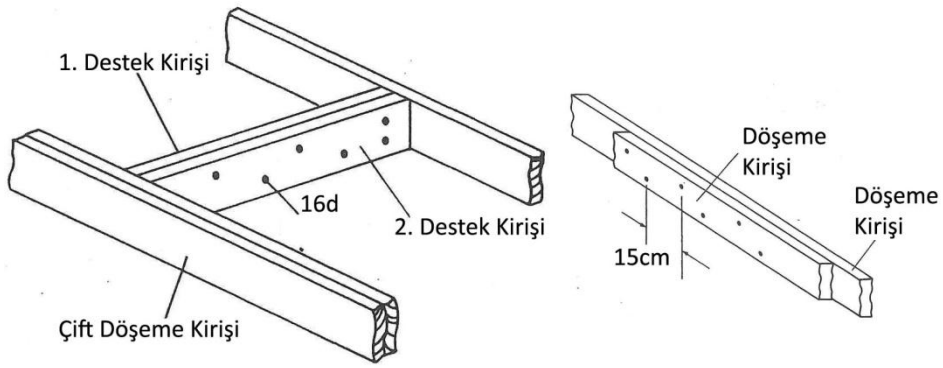
Şekil 5.32 Döşemede boşluk oluşturulması [33]



Şekil 5.33 Döşemede çıkma uygulamaları [31]

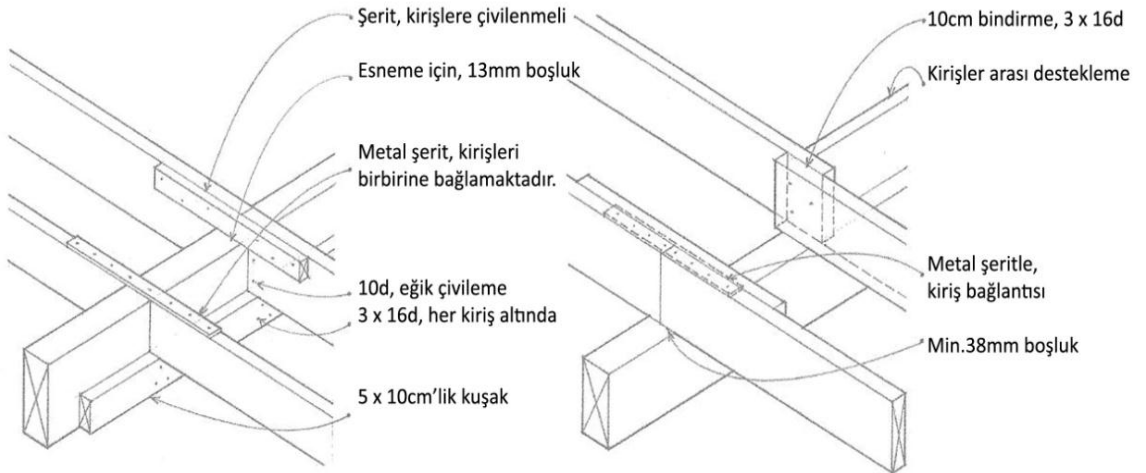


Şekil 5.34 Destek kirişinin döşeme kirişine sabitlenmesi [32]

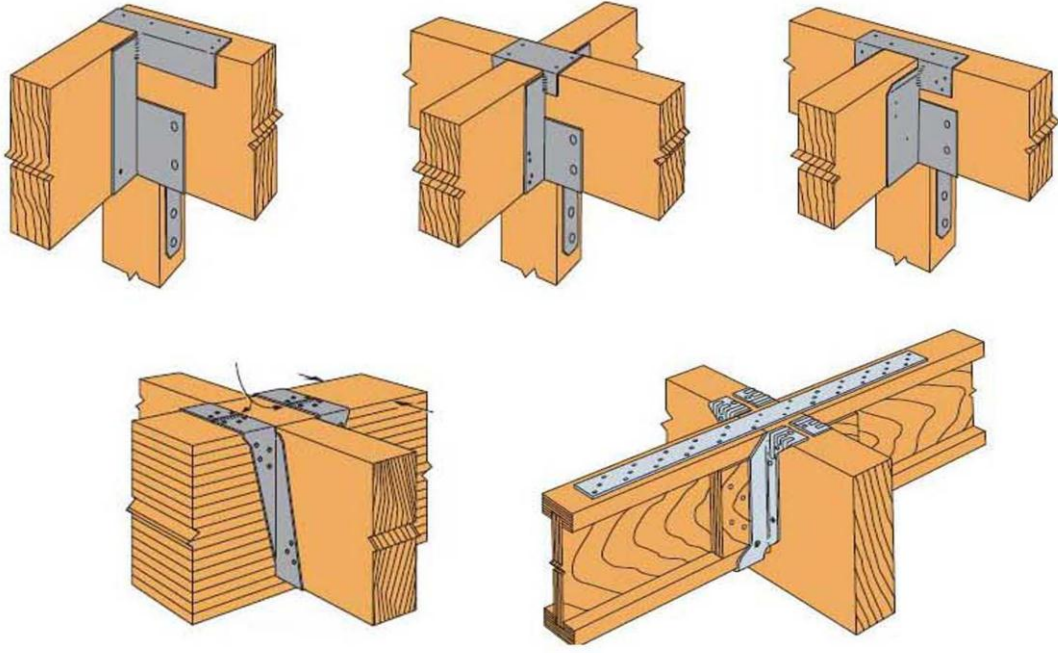


Şekil 5.35 Çift kirişin birbirine sabitlenmesi [32]

Döşemede geçilmesi gereken açıklığın, devamlı bir kirişle geçilmediği durumlarda olabilmektedir. Bu durumda ortadan geçen kirişten destek alınmaktadır. Döşeme kirişleri, orta kirişten destek alınarak veya orta kirişe asılarak düzenlenebilmektedir (Şekil 5.36, Şekil 5.37).



Şekil 5.36 Döşeme kirişlerinin orta kirişle desteklenmesi [31]



Şekil 5.37 Döşeme kirişlerinin orta kirişe asılması [65]

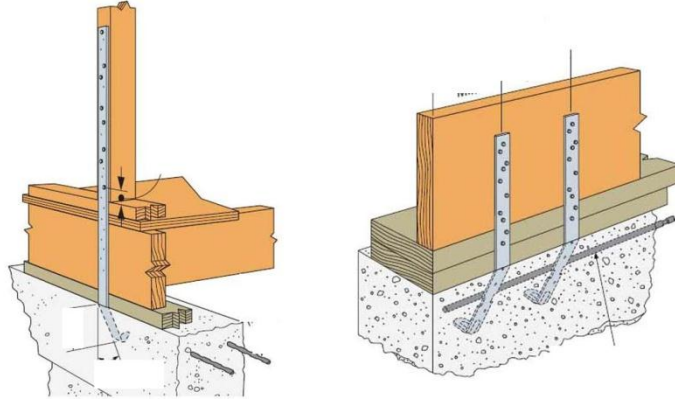
Zemin kat için kurgulanmış olan döşeme çerçevesindeki orta kirişin, yük aktarımının sağlanabilmesi ve oluşabilecek sehimlerin engellenebilmesi için dikmeler üzerine oturtulması, dikmelerin de zemine sabitlenmesi gerekmektedir<sup>1</sup>.

Döşeme çerçevesinin stabilitesini sağlamak ve döşeme kirişlerinin dönmesini, burulmasını engellemek için kirişler arasında kuşaklamaların yapılması gerekmektedir<sup>2</sup>. Kuşaklamaların, döşeme kirişleri ile olan bağlantısında, 8d'lik çiviler kullanılmaktadır [32].

Sistemin stabil kalabilmesi için, döşeme çerçevelerinin temele bağlanması gerekmektedir. Daha fazla dayanım sağlamak içinse, küçük metal bağlantı elemanları kullanılarak alın kirişi, temel yastığına veya duvar çerçevesindeki üst tabana sabitlenebilmektedir (Şekil 5.38).

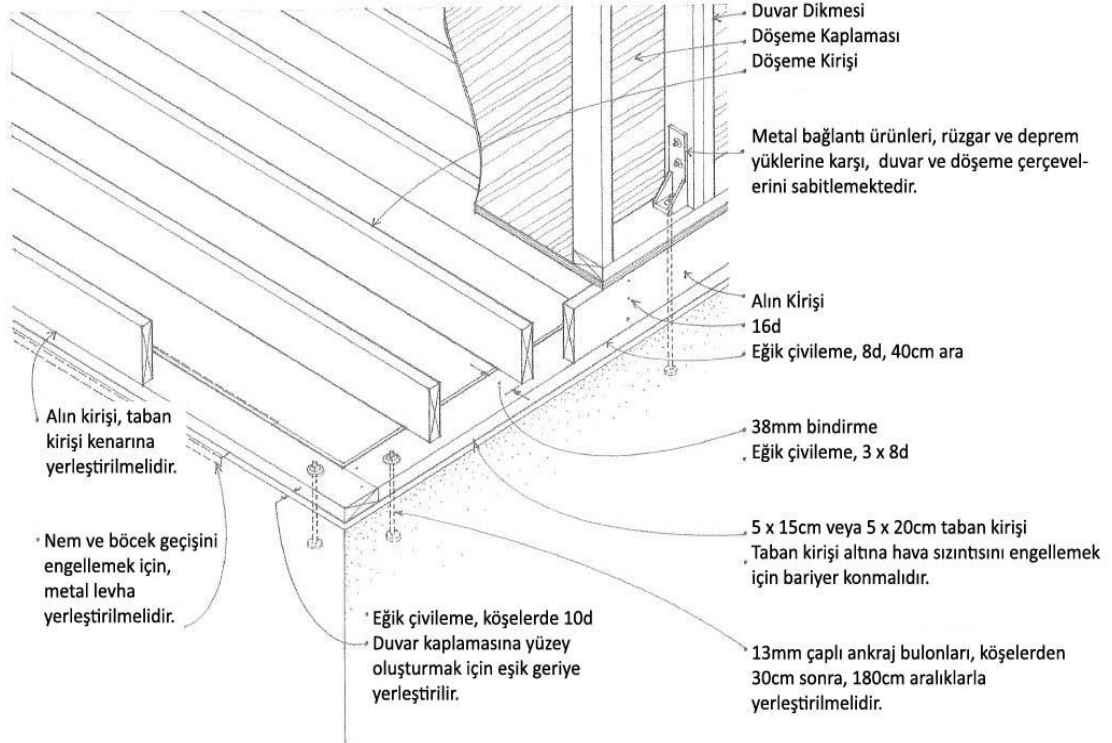
<sup>1</sup> Dikmelerin zemin ile olan bağlantısı için Bkz. Şekil 5.37

<sup>2</sup> Kuşaklama çeşitleri için Bkz. Bölüm 2.5.3.2



Şekil 5.38 Döşeme çerçevesinin sabitlenmesi [65], [69]

Kurgusu tamamlanmış olan döşeme çerçevesi, zemin kat döşemesi ise temel kirişi üzerine; kat döşemesi ise zemin kat duvar çerçevesinin üzerine sabitlenmektedir. Döşeme çerçevesinin, temel kirişine ve duvar çerçevesi üzerindeki üst tabana montajı aynı şekilde yapılmaktadır. Döşeme çerçevesi yerleştirilirken, alın kirişlerinin en az 4cm (1½”) kadar, taban kirişi veya üst taban üzerine binmesine dikkat edilmelidir. Döşeme kirişlerinin taban kirişine veya üst tabana montajı, 3 adet 8d’lik çivinin eğik olarak çivilenmesi ile sağlanmaktadır. Alın kirişleri, temel kirişine veya üst tabana, 16d’lik çiviler, 40cm aralıklarla eğik olarak çivilenmektedir (Şekil 5.39).



Şekil 5.39 Döşeme çerçevesinin taban kirişine sabitlenmesi [31]

Bir döşeme çerçevesi; kirişler arasındaki açıklığı geçen ve döşeme kaplamaları için bir yüzey oluşturan, levha biçimindeki döşeme alt kaplamalarının konulması ve sabitlenmesi ile tamamlanmaktadır. Döşeme çerçeveleri levhalar ile kaplandığında, yatay kuvvet etkilerine karşı diyafram görevi görmekte ve ahşap yapıyı deprem ve rüzgâr kuvvetlerine karşı daha stabil ve rijit hale getirmektedir. Döşemelerin maruz kaldığı yüklere göre, kullanılan levha kalınlıkları ve uygulama kıstasları değişiklik göstermektedir (Çizelge 5.9).

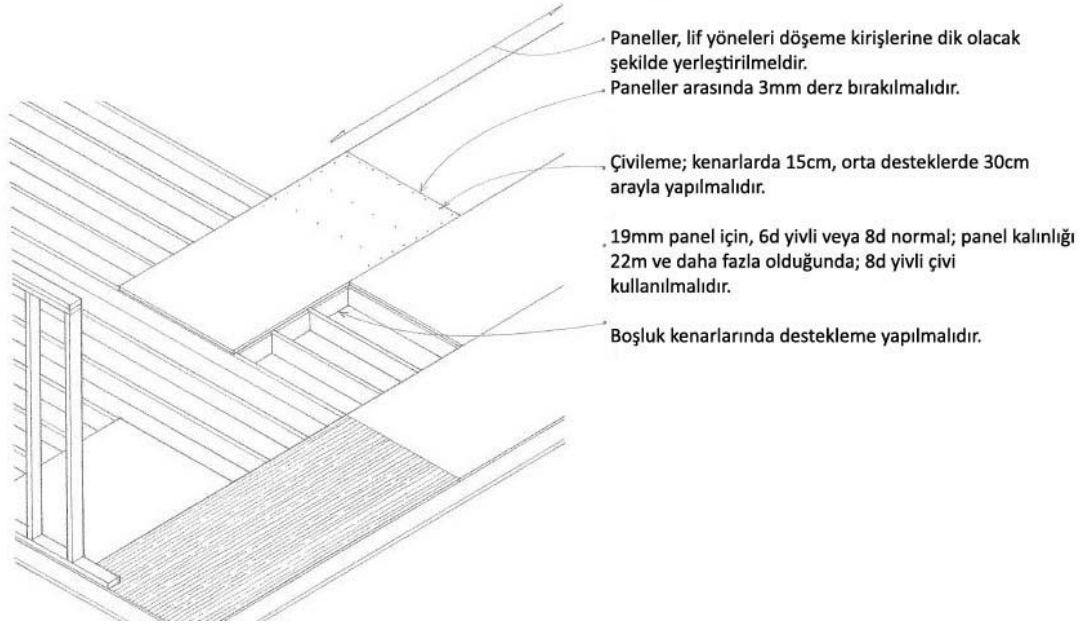
Çizelge 5.9 Öngörülen yük değerleri, kiriş açıklıkları ve panel değerleri [62]

Sturd-I-Floor için Kiriş Aralığı (cm)	Kaplama için Kiriş Aralığı (çatı/döşeme) (cm)	Panel Kalınlığı (mm)	Tolere Edilen Canlı Yük Miktarları (kg/m <sup>2</sup> )							
			Kiriş Aralığı (cm)							
			30	40	50	60	80	100	120	
40	60/40, 80/40	11 (a)	900	490						
50	100/50	15, 16	1320	730	490					
60	120/60	18, 19	2100	1170	780	490				
80	150/80	22		1975	1440	900	490			
120		28, 28.5			2075	1415	780	490	270	

(a) Rated Sturd-I-Floor kullanıldığında, panel kalınlığının min. 15mm olması gerekmektedir.

Döşeme alt kaplamaları için, ahşap bazlı birçok malzeme kullanılabilir. Ancak, diğer malzemelere göre daha dayanıklı olduklarından kontrplak ve OSB, alt kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Alt kaplamanın üzerine, mekâna ve kullanıcıya bağlı olarak, parke, halı, seramik veya taş döşenebilir.

Bütün paneller, aynı şekilde döşenmektedir. Panellerin döşenmesine en dış köşeden başlanmaktadır. Döşeme plakalarının üzerindeki liflerin veya uzun kenarlarının, kirişlere dik yönde yerleştirilmesi ve en az iki paralel kiriş üzerinden geçmesi gerekmektedir. Döşeme plakalarının her sırada şaşırtmalı olarak yerleştirilmesi, sistemi daha stabil hale getirmektedir. Plakalar döşenirken, ahşap levhalarda oluşabilecek genişleme ve büzüşmeler dikkate alınmalı, bunun için her plaka arasında 3mm derz bırakılmalıdır. Aksi takdirde, panellerin kirişlerle bağlandığı noktalarda veya panellerde hasarlar oluşabilmektedir (Şekil 5.40). Isı kaçışlarını engellemek için, paneller birbirlerine lamba-zıvana yöntemi ile bağlanmakta ve sonrasında panel aralarına silikon sıkılmaktadır [32]. Paneller, kirişler üzerine yapıştırılarak, çivilenerek veya yapıştırılıp, çivilenerek sabitlenebilir.



Şekil 5.40 Döşeme panellerinin yerleştirilmesi ve sabitlenmesi [31]

Panellerin kirişlere sabitlenmesi için kullanılan çivilerin cinsleri ve çivileme aralıkları, kullanılan panellerin sınıfına ve kalınlığına bağlı olarak değişiyor olsa da, genel bir değerlendirme yapılabilmektedir. Panellerin sabitleneceği kirişlerin, en az 50mm (2") kalınlığında olması gerekmektedir. Panel kenarından, en az 9.5mm ( $\frac{3}{8}$ ") bırakıldıktan sonra çiviler çakılabilmektedir [70]. Panel kenarındaki çivileme aralığının 15cm (6"), panel ortasındaki çivileme aralığının 30cm (12") olması gerekmektedir [70]. Kontrplak kullanıldığında; kenarlarda ve orta kısımlardaki çivileme aralığı 15cm (6")dir. Panel kalınlıkları 19mm ( $\frac{3}{4}$ ") ve daha az olduğunda, 6d'lik yivli çivi veya 8d'lik normal çivi; panel kalınlıkları 22mm ( $\frac{7}{8}$ ") ve daha fazla olduğunda, 8d'lik yivli çivi veya 8d'lik normal çivi kullanılmaktadır [31]. Çivi aralıkları; yük taşıyan plakalar için bağlantı ürününü 8 katına, yük taşımayan plakalar için 6 katına eşit olmalıdır. Çivi yerine vida kullanılacak ise, plaka köşeleri boyunca uygulanan aralığın 20cm, ortalarda kullanılacak aralığın 30cm olması gerekmektedir [71].

Döşemede kullanılacak olan kaplamaların sınıfı, kalınlıkları, panel açıklıkları, kullanılacak çiviler, çivileme aralıkları ve döşeme kirişleri arasındaki mesafeler, ahşap yapının yatay kuvvetler karşısındaki dayanımı açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle bütün bu kıstaslar, standartlarda belirtilmektedir. Döşeme çerçeveleri, belirtilen standartlara uygun olarak yapıldığında, yatay kuvvet etkilerine karşı gelebilmektedir.

APA<sup>1</sup> tarafından üretilen ve döşeme kaplaması olarak kullanılabilir ürünlerin boyut, kalınlık ve geçilebilecek açıklık değerleri Çizelge 5.10'de verilmektedir.

Çizelge 5.10 Alt döşeme kaplama boyut, kalınlık ve açıklık değerleri [70]

Kaplama için Kiriş Aralığı (çatı/döşeme) (cm)	Panel Kalınlığı (mm)	Max. Kiriş Aralığı (cm)
60/40	11,13	40
80/40	12,13,16	40
100/50	15,16,19,22	50
120/60	18,19,22	60
135/80	22,25	80
150/80	22,29	80
40	13,15,16	40
50	15,16,19	50
60	18,19	60
80	22,25	80
120	28,29	120

Döşeme kaplamaları, panellerin özelliklerine bağlı olarak farklı şekillerde yapılabilmektedir<sup>2</sup>. Bazı alt döşeme kaplama panellerinin (subfloor) yüzeyleri pütürlü olarak üretilmiştir<sup>3</sup> (Şekil 5.41). Bu panellerin üzerinin, üst döşeme kaplama panelleri (underlayment) ile kaplanması gerekmektedir<sup>4</sup> (Şekil 5.42). Ancak bu şekilde parke, halı, seramik vb. ürünler döşenebilmektedir. Bazı döşeme kaplama panelleri (combined subfloor-underlayment) ise, yüzeyleri pürüzsüz hale getirilerek üretilmiştir<sup>5</sup> (Şekil 5.43). Bu tür panellerin üzerine parke, halı, seramik vb. ürünler direkt olarak döşenebilmektedir. Çizelge 5.11'de alt döşeme, çizelge 5.12'de üst döşeme ve çizelge 5.13'de birleştirilmiş (alt+üst) kaplama uygulamalarındaki, panel çeşitleri ve uygulama kuralları belirtilmektedir.

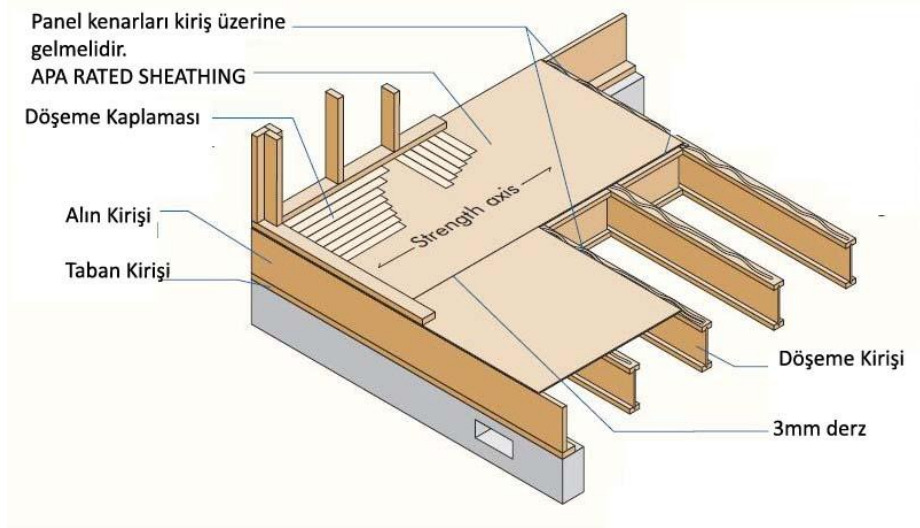
<sup>1</sup> APA-American Plywood Association, ahşap ve diğer yapılarda kullanılmak üzere ahşap kirişler, paneller ve ahşaba dayalı ürünler üretmektedir. APA, bütün ürünlerini standart hale getirmiştir. Bu nedenle, dünyada üretilen bütün ahşap yapı ve elemanları, APA standartlarına göre üretilmektedir.

<sup>2</sup> APA tarafından üretilmiş olan ahşap panel ürünleri ve uygulamaları için Bkz. EK-3

<sup>3</sup> APA – Rated Sheathing, Structural I&II grades

<sup>4</sup> APA – Underlayment, C-C plugged

<sup>5</sup> APA – Sturd I Floors

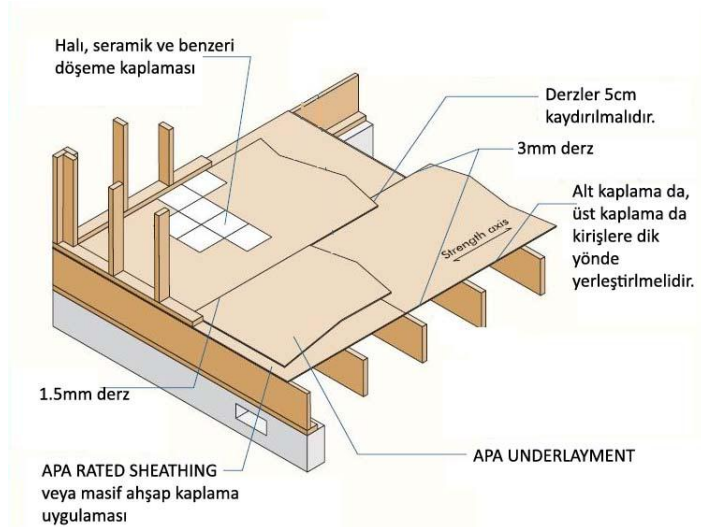


Şekil 5.41 Alt döşeme kaplama uygulaması [62]

Çizelge 5.11 Alt döşeme kaplama uygulama kıstasları [62]

APA PANEL SUBFLOORING ( APA RATED SHEATHING)						
Panel için Kiriş Aralığı (çatı/döşeme) (cm)	Panel Kalınlığı (mm)	Max. Kiriş Aralığı (cm)	Çivi Boyutu	Çivi Çeşidi	Max. Aralık (cm)	
					Panel Kenarlarında Çivileme (a)	Orta Desteklerde çivileme
60/40	11	40	6d	normal	15	30
80/40	12,13	40	8d (b)	normal	15	30
100/50	15,16	50 (c)	8d	normal	15	30
120/60	18,19	60	8d	normal	15	30
150/80	22	80	8d	normal	15	30

(a) Panel kenarlarından 1cm sonra çivileme yapılmalıdır.  
(b) Panel kalınlığı 13mm ve daha az olduğunda 6d normal çivi kullanılabilir.  
(c) 4cm kalınlığında beton döküldüğünde, kiriş aralığı 60cm olabilir.



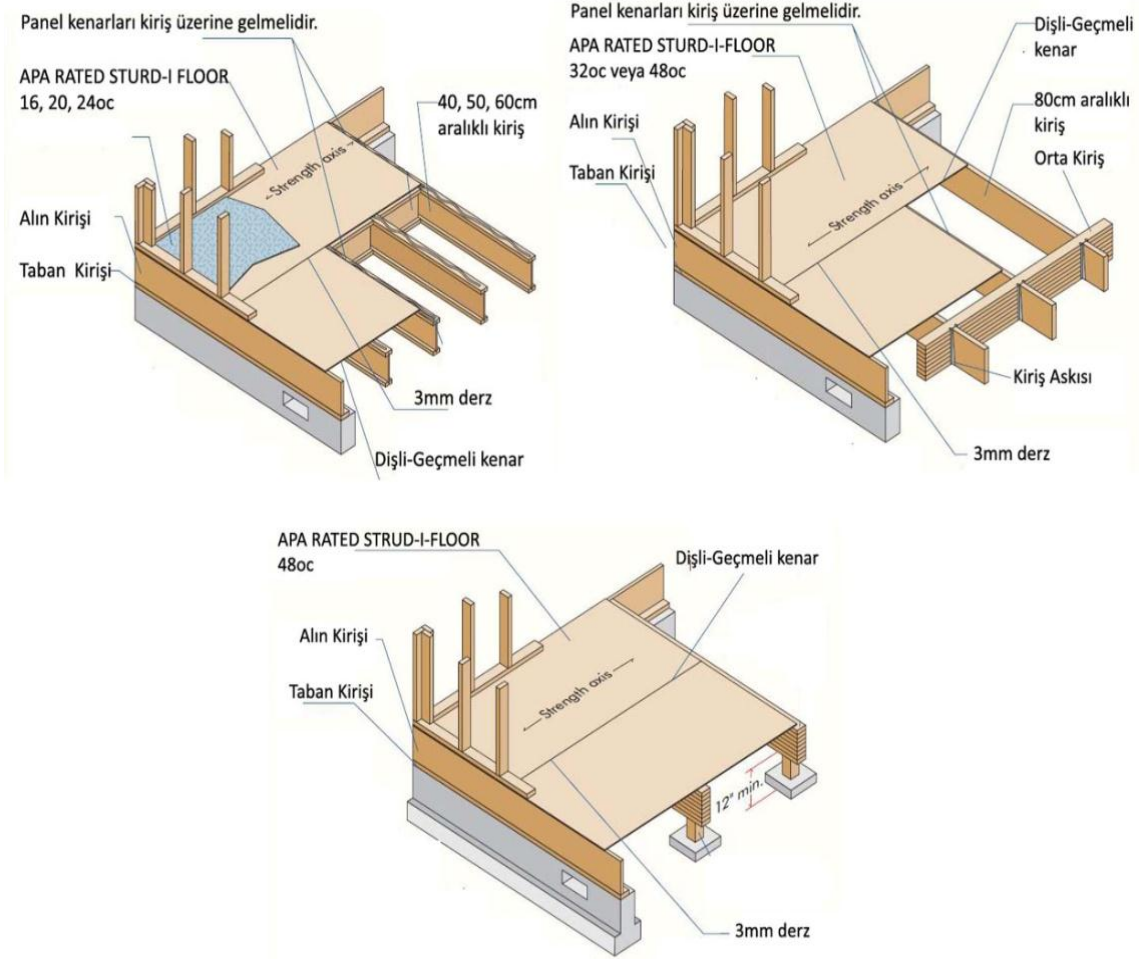
Şekil 5.42 Üst döşeme kaplama uygulaması [62]



Çizelge 5.12 Üst döşeme kaplama uygulama kısıtları [62]

APA PLYWOOD UNDERLAYMENT						
Kontırplak Çeşidi	Uygulama Yeri	Kontırplak Kalınlığı (mm)	Çivi Boyutu	Çivi Çeşidi	Max. Aralık (cm) (b)	
					Panel Kenarlarında Çivileme (c)	Orta Desteklerde çivileme
APA C-C Plugged	Yumuşak kaplama üzerine	6.5	3d x 3cm	Yivli veya	7.5	15
STURD-I-FLOOR (a)	Ağaç kaplama üzerine	9	(d)	Burgulu	15	20

(a) Min. Kalınlık 15mm olmalıdır.  
(b) 5 katmanlı kontırplak ve 13mm'den kalın kontırplaklar için, kenarlarda 15cm, orta desteklerde 30cm arayla çivileme yapılabilmektedir.  
(c) Panel kenarlarından 1cm sonra çivileme yapılmalıdır.  
(d) Panel kalınlığı 15-19mm arasında 4d x 4cm'lik yivli veya burgulu çivi kullanılabilir.



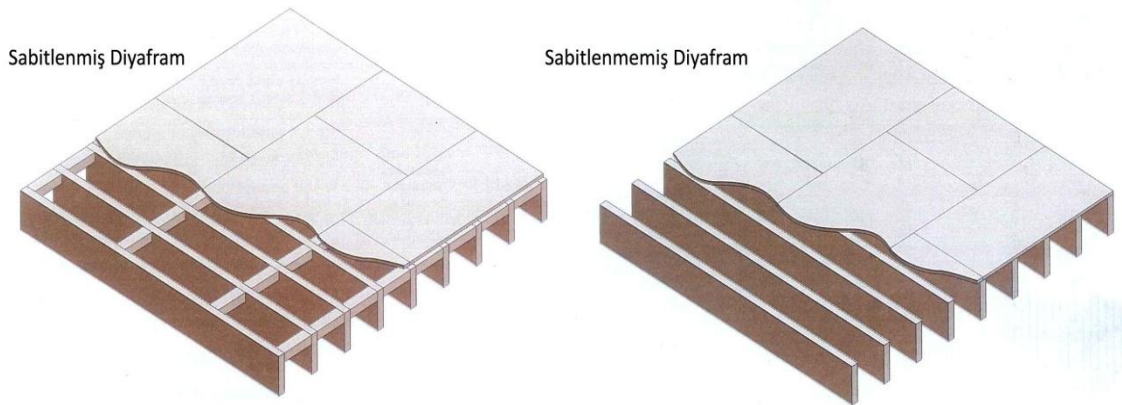
Şekil 5.43 Birleştirilmiş döşeme kaplama uygulaması [62]

Çizelge 5.13 Birleştirilmiş döşeme kaplama uygulama kıstasları [62]

APA RATED STURD-I-FLOOR									
Max. Kiriş Aralığı (cm)	Panel Kalınlığı (mm)	Yapıştırma ve Çivileme				Sadece Çivileme			
		Çivi Boyutu	Çivi Çeşidi	Max. Aralık (cm)		Çivi Boyutu	Çivi Çeşidi	Max. Aralık (cm)	
				Panel Kenarlarında Çivileme (a)	Orta Desteklerde Çivileme			Panel Kenarlarında Çivileme (a)	Orta Desteklerde Çivileme
40	15,16	6d (b)	Yivli veya Burgulu	15	30	6d	Yivli veya Burgulu	15	30
50	15,16	6d (b)	Yivli veya Burgulu	15	30	6d	Yivli veya Burgulu	15	30
60	18,19	6d (b)	Yivli veya Burgulu	15	30	6d	Yivli veya Burgulu	15	30
	22	8d (b)	Yivli veya Burgulu	15	30	8d	Yivli veya Burgulu	15	30
80	22	8d (b)	Yivli veya Burgulu	15	30	8d	Yivli veya Burgulu	15	30
120	28,28.5	8d (c)	Yivli veya Burgulu	15	15	8d (c)	Yivli veya Burgulu	15	(c)

(a) Panel kenarlarından 1cm sonra çivileme yapılmalıdır.  
(b) Yivli veya Burgulu çivi olmadığı durumlarda, 8d normal çivi de kullanılabilir.  
(c) Performans sınıfı 1-1/8 panel kullanıldığında, 10d normal çivi kullanılmalıdır.

Döşeme çerçevesi üzerindeki panellerin kirişlerle olan bağlantıları, farklı diyaframların oluşmasına neden olmaktadır. Eğer, panellerin dörtkenarı da, döşeme kirişlerine ve ara kayıtlara sabitleniyor ise “sabitlenmiş diyafram (blocked diaphragms)”, panellerin sadece iki kenarı döşeme kirişlerine sabitleniyor ise “sabitlenmemiş diyafram (blocked diaphragms) oluşmaktadır (Şekil 5.44) [34]. Döşeme çerçevelerinin sabitlenmiş diyafram şekilde oluşturulması, yatay kuvvet etkilerine karşı daha iyi dayanım sağlamaktadır. Döşeme çerçevelerinin, yatay kuvvet etkilerine karşı dayanım gösterebilmesi ve ahşap yapıda kayma ve kesme kuvvetine bağlı olarak hasarların oluşmaması için, panellerin diyafram oluşturacak şekilde yatay olarak ve belirtilen uygulama kıstaslarına göre döşenmesi gerekmektedir (Çizelge 5.14).

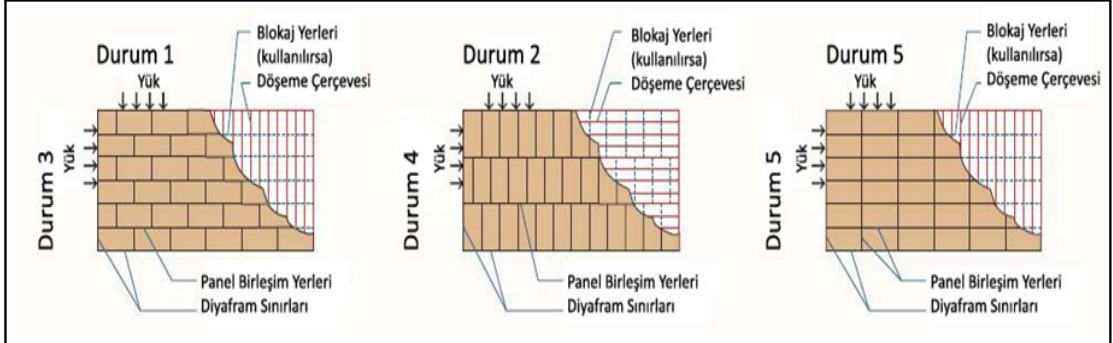


Şekil 5.44 Sabitlenmiş ve sabitlenmemiş diyafram [34]

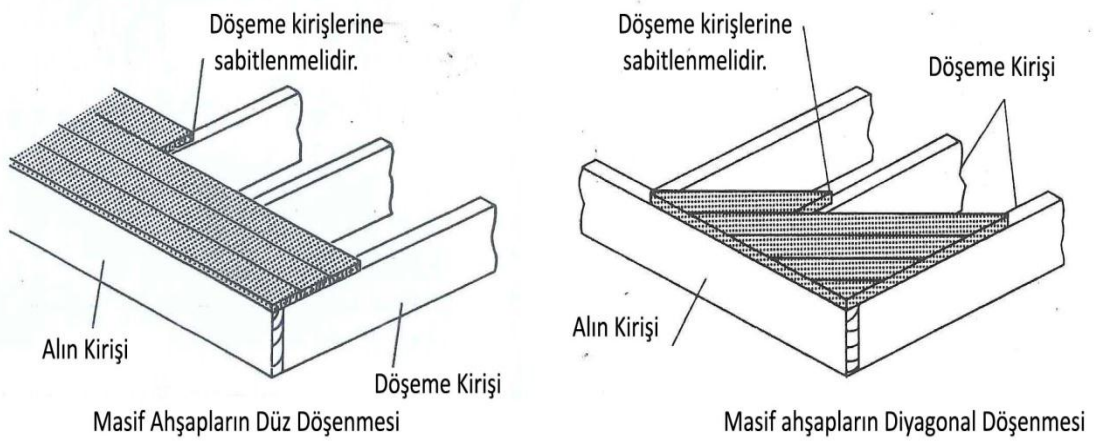
Çizelge 5.14 Döşeme diyaframlarının oluşturulma kısıtları [62]

Panel Sınıfları	Çivi Boyutu	Çivinin Kirişe min. Gömülme Derinliği (cm)	Panel Kalınlığı (mm)	Min. Kiriş Genişliği (cm)	SABİTLENMİŞ DİYAFRAM				SABİTLENMEMİŞ DİYAFRAM		
					Diyafram sınırlarında (bütün durumlar), yük yönüne paralel panel kenarlarında (Durum 3 ve 4) ve bütün panel kenarlarında (durum 5 ve 6) çivileme aralığı (cm)(a)				Çivileme için max. 15cm aralık (a)		Diğer bütün durumlar Durum 2,3,4, 5 ve 6
					15	10	6 (b)	5 (b)	Sabitlenmemiş kenarlar veya yük yönüne paralel yöndeki kirişler (Durum 1)		
					Durum 1,2,3 ve 4 için panel kenarlarında çivileme aralığı (cm) (a)						
15	15	10	7,5								
APA STRUCTURAL I	6d (c)	3	8	5	900	1220	1830	2050	805	610	
				7.5	1025	1365	2050	2320	900	685	
	8d	3.5	9.5	5	1320	1755	2585	2930	1170	880	
				7.5	1465	1950	2930	3295	1290	975	
10d (d)	4	12	5	1560	2075	3125	3560	1390	1050		
			7.5	1755	2340	3515	4000	1560	1170		
APA RATED SHEATHING, APA RATED STURD-I- FLOOR ve Diğer APA panelleri (5.grup hariç)	6d (c)	3	8	5	830	1100	1635	2100	730	535	
				7.5	925	1220	1855	1830	830	610	
			9.5	5	900	1220	1830	2320	805	610	
				7.5	1025	1365	2050	2660	900	685	
	8d	3,5	9.5	5	1170	1560	2340	2975	1050	780	
				7.5	1320	1755	2635	2805	1170	880	
			11	5	1245	1660	2465	3150	1120	830	
				7.5	1390	1855	2780	3150	1245	925	
			12	5	1320	1755	2585	2930	1170	880	
				7.5	1465	1950	2930	3295	1290	975	
	10d (d)	4	12	5	1415	1880	2805	3195	1245	925	
				7.5	1585	2100	3170	3585	1415	1050	
			15	5	1560	2075	3120	3560	1390	1050	
				7.5	1755	2340	3510	4000	1560	1170	

- (a) Panel kenarlarından 1cm sonra çivileme yapılmalıdır. Orta desteklerde çivileme max. 30cm aralıklarla yapılmalıdır. Kiriş aralığı 120cm veya daha fazla olduğunda ise 15cm olmalıdır.
- (b) Çerçeve elemanlarının genişliğinin min. 7.5cm olması gerekmektedir. Çivileme aralığı 5 veya 6cm olduğunda, çivileme şaşırtmalı yapılmalıdır.
- (c) Çatılarda negatif basıç etkisinin engellenebilmesi için, çatı panellerinde 8d çivi kullanılmalıdır.
- (d) Çerçeve elemanlarının genişliğinin min. 7.5cm olması gerekmektedir. 10d çivi, 7.5cm aralıkla ve 4cm gömülerek, şaşırtmalı uygulama yapılmalıdır.



Ahşap tahtaların, kirişler üzerine, düz veya diyagonal ( $45^{\circ}$ ) olarak döşenmesiyle de döşeme diyaframları oluşturulabilmektedir (Şekil 5.45, Çizelge 5.15, Çizelge 5.16). Tahtalar kullanılarak oluşturulan döşeme kaplamaları, paneller kullanılarak oluşturulan döşeme diyaframları kadar iyi sonuç vermediğinden ve döşenmesi uzun ve zor olduğundan, çok fazla tercih edilmemektedir. Bu şekilde oluşturulan kaba döşeme, temiz döşeme olarak da kullanılabilir.



Şekil 5.45 Döşeme tahtalarıyla geçilebilecek açıklıklar [32]

Çizelge 5.15 Ahşap tahta kaplama kıstasları [70]

TÜR	MAX. EN-BOY ORANI
Ahşap panel kaplama (bütün kenarlardan çivilenmiş)	4:1
Ahşap panel kaplama (orta desteklerden çivilenmiş)	3:1
Diyagonal kaplama (tek kat uygulama)	3:1
Diyagonal kaplama (çift kat uygulama)	4:1

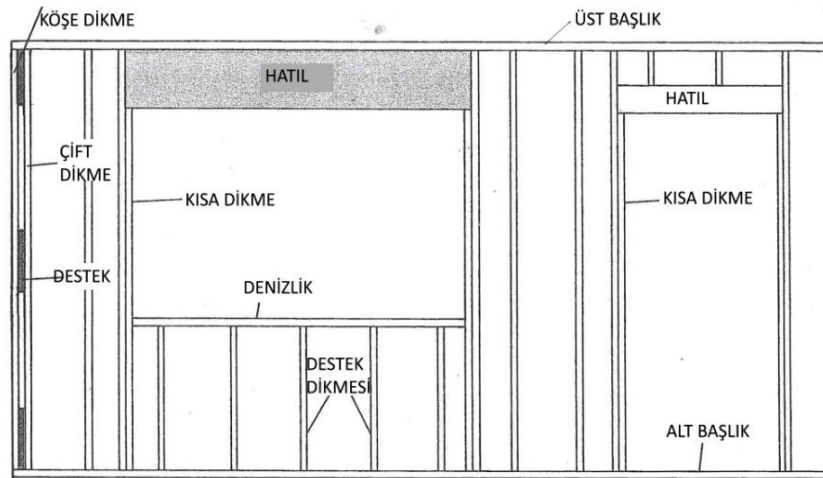
Çizelge 5.16 Ahşap tahta kaplama kıstasları [70]

Kiriş Aralığı (cm)	Ahşap Kaplama için min. Kalınlık Değerleri (mm)	
	Kirişlere Dik Uygulama	Kirişlere Diyagonal Uygulama
40	16	16
60	19	19

### 5.3.3 Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Duvarlarında Alınacak Önlemler

Ahşap yapıların yatay kuvvet etkilerine karşı dayanıklı olabilmesi için, duvar çerçevesini oluşturan elemanların birbiriyle olan bağlantılarının belirtilen kurallara göre yapılması gerekmektedir. Deprem ve rüzgâr kuvvetlerin neden olduğu yüklerin, ahşap yapıya zarar vermeden zemine iletilebilmesi için, doğru yük aktarımının sağlanması bunun içinde duvar çerçevesinin, alt kat döşeme sistemi ile olan bağlantılarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, duvar çerçevesini oluşturan dikmelerin üzerine uygulanan panel kaplamaları veya diyagonal elemanlar ile duvarların perde duvar gibi çalışması sağlanmalıdır.

Döşemelerden ve çatıdan gelen yükler, dış duvarlar ve bazı iç duvarlar tarafından taşınmakta ve zemine iletilmektedir. Dış duvarlar ve iç duvarlar, aynı şekilde kurgulanmaktadır. Duvar çerçeveleri; üst başlık ve alt başlık arasında konan tam boy dikmelerden, alt başlık ile hatıl arası boyunca boşluk kenarlarına konan kısa dikmelerden, pencere ve kapı boşluklarının üzerine konan hatıllardan, pencere boşluğu altına konan denizlik başlığından ve destek dikmelerinden oluşmaktadır (Şekil 5.46).



Şekil 5.46 Duvar çerçevesini oluşturan elemanlar [32]

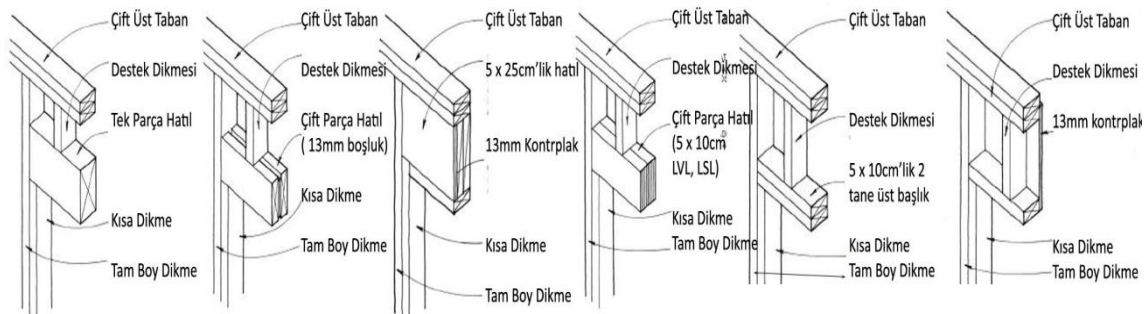
Duvar dikmeleri arasındaki boşluk standarttır ve bu boşluğun ölçüsünü kaplama malzemesi olarak kullanılan paneller belirlemektedir. Dikmeler, 5x10/15cm'lik alt ve üst taban arasında, 40cm aralıklarla düzenlenmektedir [32]. Çerçevelerde kullanılan dikmeler genellikle 5x10cm'dir (Çizelge 5.17). Ancak, duvarlarda daha fazla ısı yalıtımı sağlamak, duvar içine tesisat döşemek için veya kat yüksekliği 425cm'yi geçtiğinde,

dikme boyutları 5x15cm olarak alınmaktadır [28]. Dikmelerin içerisinde tesisat geçirilecek ise belirtilen ölçüler doğrultusunda dışların veya deliklerin açılması gerekmektedir<sup>1</sup>. Aksi takdirde dikme taşıyıcılığını kaybetmekte veya kırılabilir.

Çizelge 5.17 Dikme boyutları [70]

Dikme Boyutu (cm)	Taşıyıcı Duvar				Taşıyıcı Olmayan Duvar	
	Yanal Desteklenmeyen Dikme Boyu (cm)	Çatı ve Tavanı Destekleyen	Bir Katı, Çatı ve Tavanı Destekleyen	İki Katı, Çatı ve Tavanı Destekleyen	Yanal Desteklenmeyen Dikme Boyu (cm)	Dikme Aralığı (cm)
	Dikme Aralığı (cm)					
5 x 7.5	-	-	-	-	300	40
5 x 10	300	60	40	-	425	60
7.5 x 10	300	60	60	40	425	60
5 x 12.5	300	60	60	-	485	60
5 x 15	300	60	60	40	600	60

Köşelerden en az 60cm sonra duvar boşluğu oluşturulmalıdır. Duvar çerçevesinde kapı ve pencere boşlukları oluşturulurken, yük dağılımının sağlanabilmesi ve duvar çerçevesinin daha stabil olabilmesi için, boşluklar üzerlerine kiriş gibi çalışan hatılların konması gerekmektedir. Pencere üzerine konulacak olan hatılların ölçüleri, açıklığa ve yapının kat sayısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Çizelge 5.18). Hatıl; iki tane geniş hatılın aralarında 13mm aralık bırakılarak, üst tabana 16d'lik çiviler kullanılarak sabitlenmesi ile veya dar hatılın, destek dikmeleri yardımıyla üst tabana bağlanması ile oluşturulmaktadır (Şekil 5.47) [32]. Hatıl üzerindeki destek kirişlerinin ve kısa dikmelerin, bağlantı elemanları kullanılarak üst tabanla bağlantısının sağlanması gerekmektedir (Şekil 5.48). Hatıl ve denizlik altına konulacak küçük dirseklerde yük aktarımına yardımcı olmaktadır (Şekil 5.49).

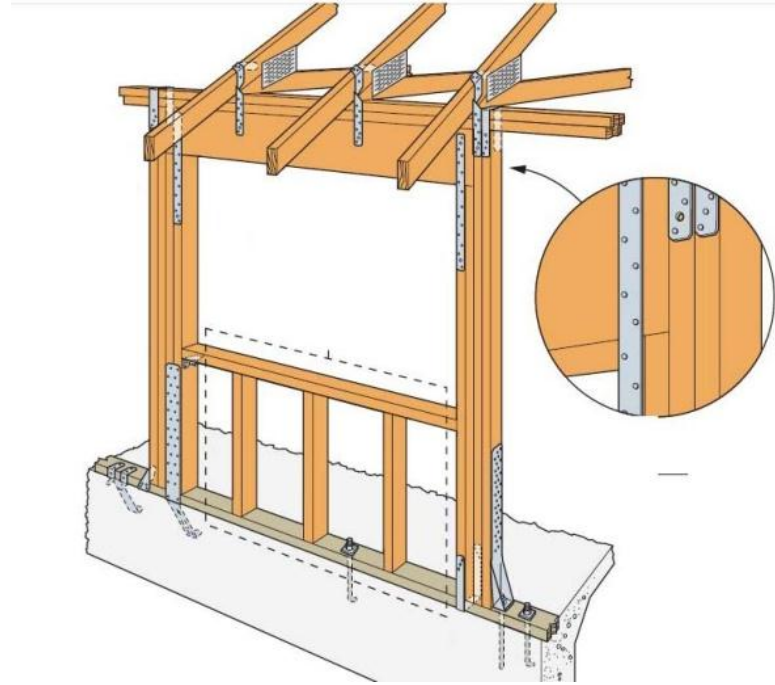


Şekil 5.47 Farklı hatıl uygulamaları [33]

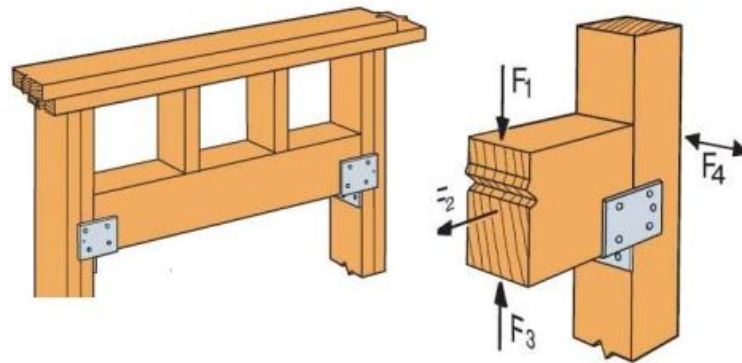
<sup>1</sup> Bkz. Bölüm 2.5.3.2

Çizelge 5.18 Hatıl boyutları [32]

Boşluk Genişliği (cm)	Min. Ahşap Boyutu	
	Tek Kat (cm)	İki ve Üstü Kat (cm)
90	5 x 10	5 x 10
105	5 x 10	5 x 15
120	5 x 15	5 x 15
135	5 x 15	5 x 15
150	5 x 15	5 x 15
180	5 x 15	5 x 20
245	5 x 20	5 x 25
305	5 x 25	5 x 30
365	5 x 30	5 x 30

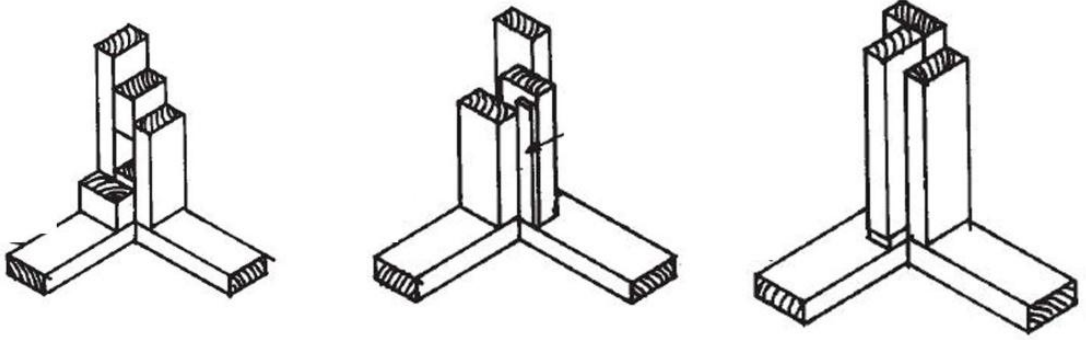


Şekil 5.48 Hatıl-üst taban bağlantısı [69]

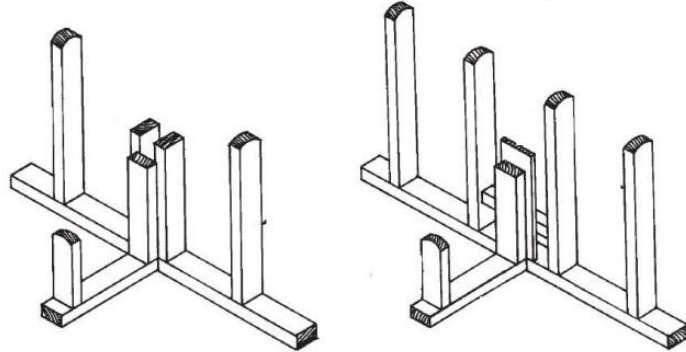


Şekil 5.49 Hatıl ve denizlik kirişlerinin desteklenmesi [65], [68]

Dış duvarların ve iç duvarların birbirlerine çivilenebilmesi için, duvarların birleştiği yerlerde çivileme yüzeylerinin oluşturulması gerekmektedir. Dış duvarların köşelerinde ve iç duvarlarla dış duvarların kesiştiği yerlerde, çivileme yüzeyleri oluşturulmalıdır. Dış duvar köşelerinde çivileme yüzeyi oluşturmak için, iki ana dikme arasına konan takozların, her iki yüzeyden 2şer tane 16d'lik çivi ile çapraz olarak çakılmalıdır [32]. İç duvarlarda ise çivileme yüzeylerinin oluşturulması gerekmemektedir. Çivileme yüzeyleri farklı şekillerde oluşturulabilmektedir (Şekil 5.50, Şekil 5.51).



Şekil 5.50 Dış duvar köşe detayları [68]

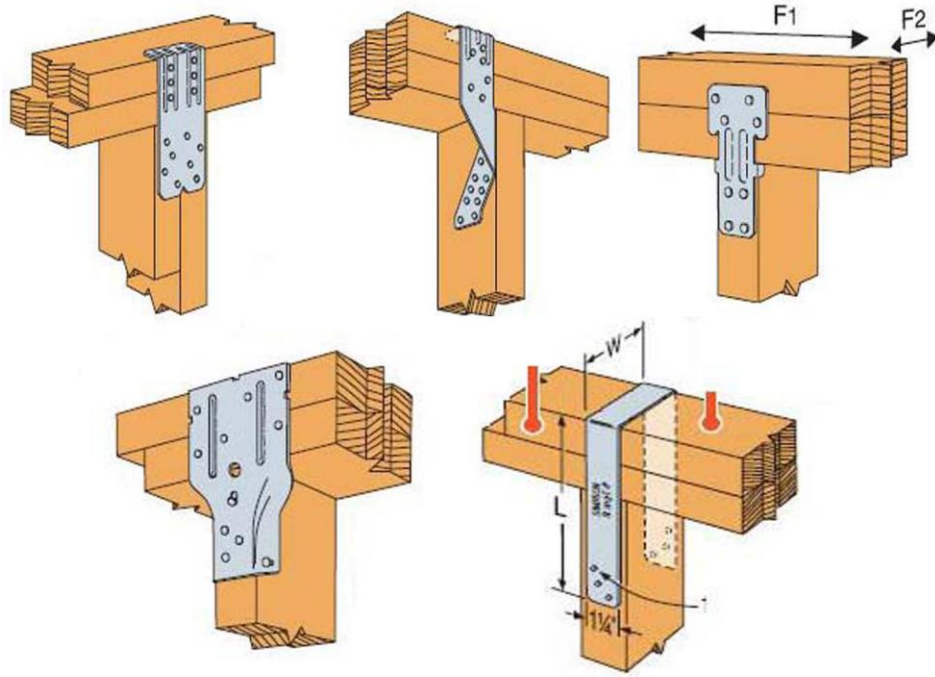


Şekil 5.51 Dış duvar iç duvar kesişme noktaları detayları [68]

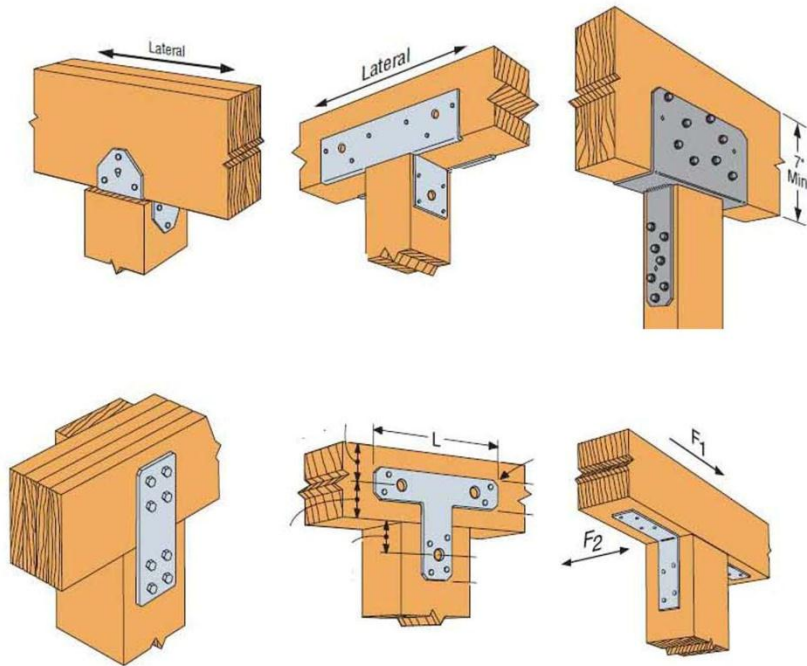
Duvar çerçeveleri oluşturulurken; her tam boy dikmesi alt ve üst tabana 2şer tane 16d'lik çivi ile sabitlenmektedir. Boşluk kenarlarına konan kısa dikmelerin, alt tabanla olan bağlantısı, 16d'lik iki tane çivi ile tam boy dikmeleri ile olan bağlantısı ise, 10d'lik çivilerin 40cm aralıklarla şaşırtmalı olarak çakılması ile sağlanmaktadır. Hatıllar ve denizlikler, ana dikmelere yan yüzeylerinden 16d'lik çiviler ile sabitlenmektedir. Destek dikmelerinin denizlik ve alt taban ile olan bağlantıları ise ikişer tane 16d'lik çivi ile yapılmaktadır [32].



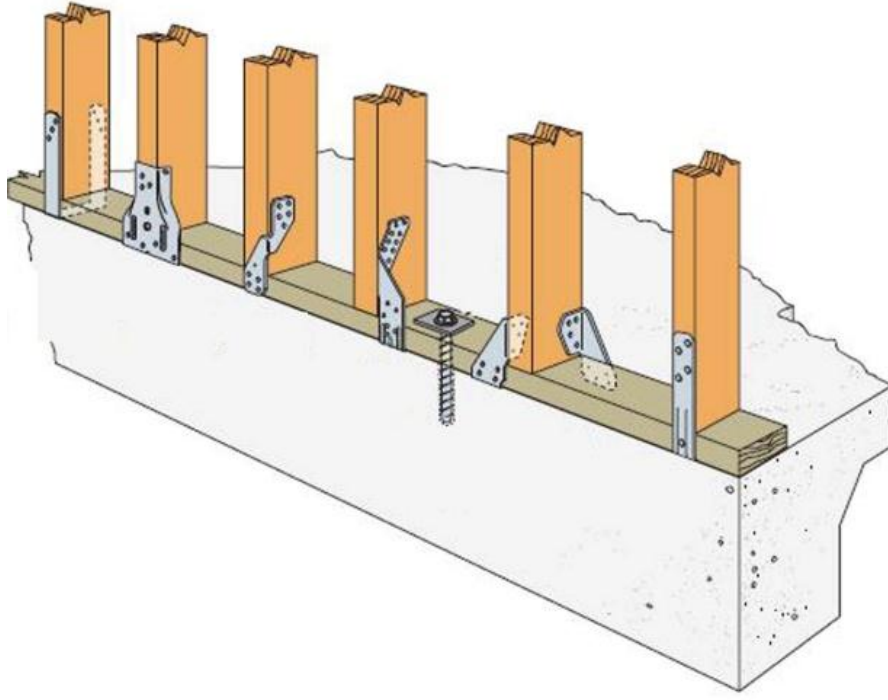
Duvar elemanlarının birbiriyle olan bağlantılarında çivilerle birlikte, metal bağlantı elemanlarının kullanılması, sistemin yatay kuvvetlere karşı olan dayanımını arttırmakta, yapıya etki eden yük, daha fazla yoldan zemine iletilmektedir (Şekil 5.52, Şekil 5.53, Şekil 5.54).



Şekil 5.52 Dikmelerin, üst tabana bağlantısında kullanılan bağlantı ürünleri [65], [69]

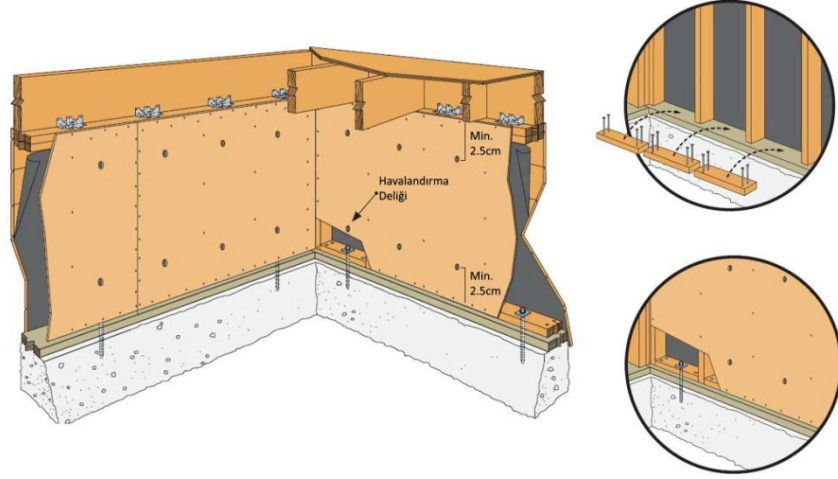


Şekil 5.53 Dikmelerin, kirişe bağlantısında kullanılan bağlantı ürünleri [65], [69]



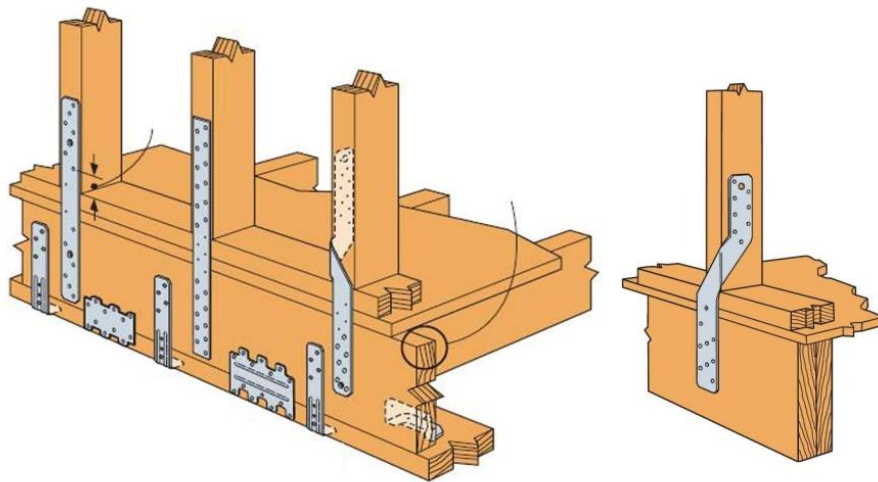
Şekil 5.54 Dikmelerin, alt tabana bağlantısında kullanılan bağlantı ürünleri [65], [69]

Bazı ahşap yapılarda zemin kat döşemesi, temel duvarı ile zemin kat döşemesi arasında bulunan, kısa duvarlar üzerine yerleştirilmektedir. Yükseklikleri 30cm ile 75cm arasında değişen kısa duvarlar, deprem kuvvetlerine karşı oldukça dayanıksızdır. Deprem kuvvetlerinin yaratmış olduğu kesme kuvvetleri, dikmelerde deformasyonların hatta kırılmaların oluşmasına neden olmaktadır. Kısa duvar uygulamalarında, duvarların taban yastığına sabitlenmesi gerekmektedir. Dikmelerin tek bir parça halinde çalışmasının sağlamak için, 13mm ( $\frac{1}{2}$ " ) kontrplak veya OSB panellerin çerçeve ve dikmelere sabitlenmesi gerekmektedir. Panellerin bağlantısı, 8d'lik çivilerin kenarlarda 10cm'de bir, dikme üzerlerinde 30cm'de bir çakılması ile sağlanmaktadır. Duvar içerisinde rutubet oluşumunun engellenmesi için, kenarlardan en az 2.5cm sonra, 2mm çapında delikler açılmalıdır. Duvar boyu 45cm'den az ise, bir tane delik yeterli olmaktadır (Şekil 5.55) [52], [53].

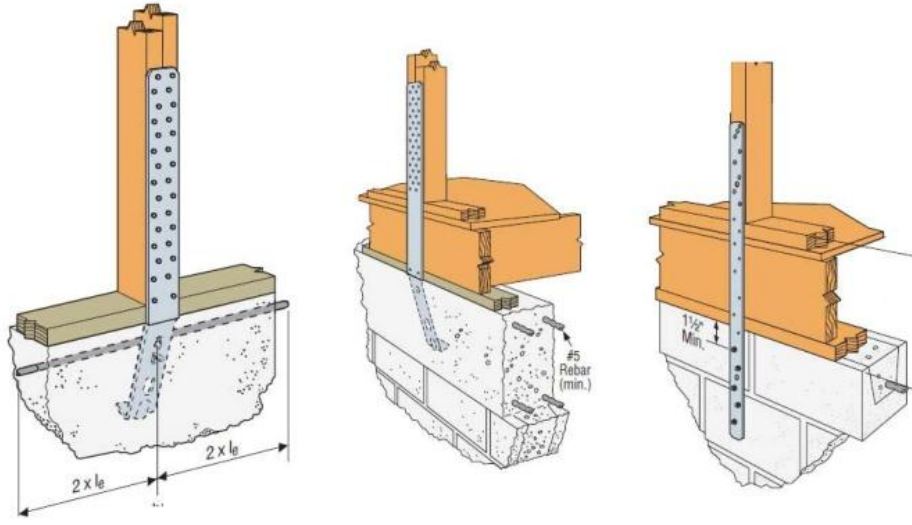


Şekil 5.55 Kısa duvarların oluşturulması [53]

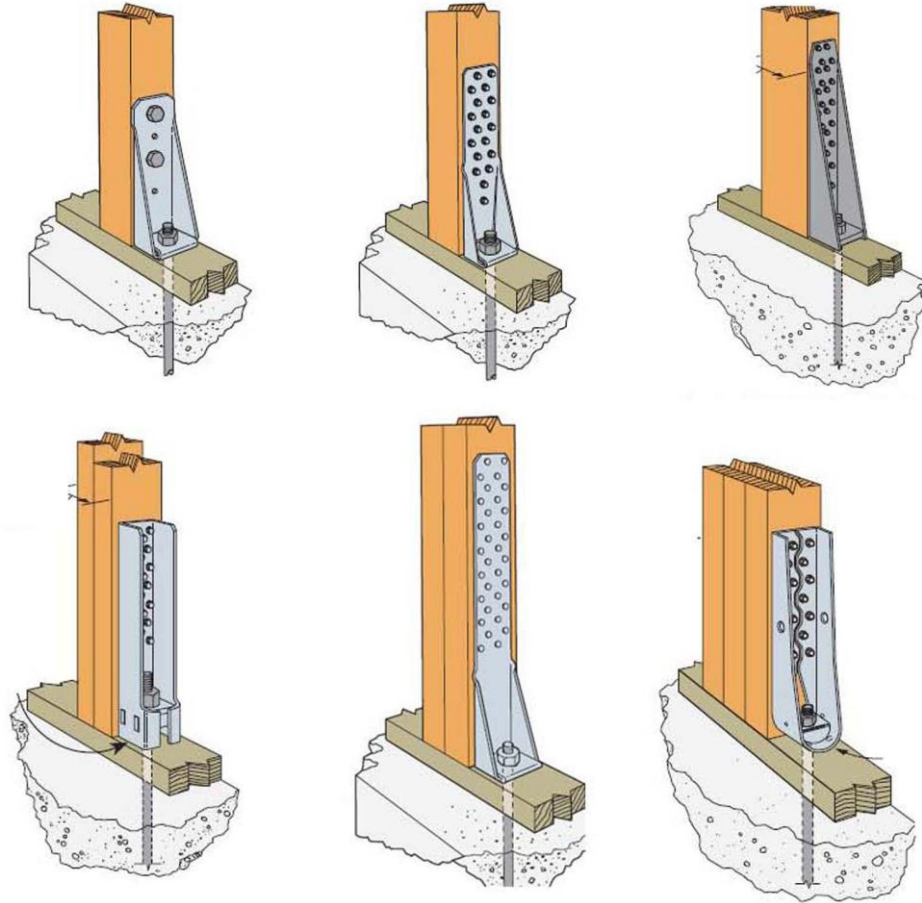
Kurgusu tamamlanan dış ve iç duvarların, zemin kat veya birinci kat döşeme platformu ile olan bağlantılarının doğru yapılması, sistemin dayanımı açısından oldukça önemlidir. Duvar çerçeveleri, zemin veya birinci kat döşeme platformlarının üzerine, 16d'lik çivilerin 40cm'de bir şaşırtmalı olarak çakılması ile sabitlenmektedir. Fakat bu çivileme, bağlantı için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, ek bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Zemin kat duvar çerçevesinin, temel ve döşeme platformu ile olan bağlantısı, farklı şekillerde yapılabilmektedir (Şekil 5.56, Şekil 5.57). Ahşap yapının, deprem anında iki yönden gelecek yatay kuvvet etkilerine bağlı olarak devrilmemesi için, çelik destek elemanları ile duvar çerçevelerinin köşe dikmelerden, temel duvarına sabitlenmesi gerekmektedir (Şekil 5.58) [52].



Şekil 5.56 Duvar dikmelerinin alın kirişine bağlanması [65], [69]

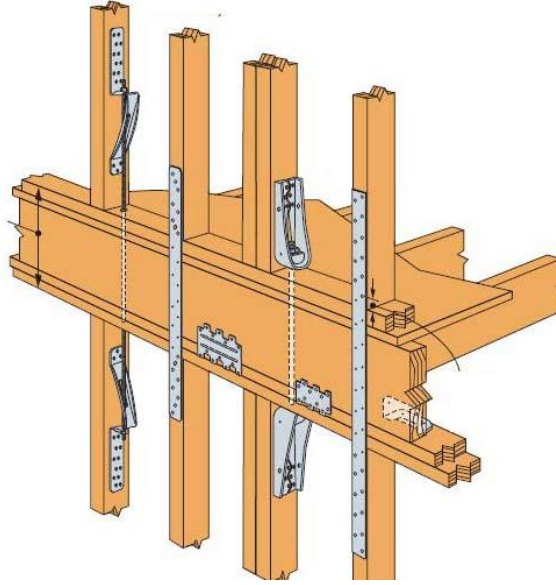


Şekil 5.57 Duvar dikmelerinin temele bağlanması [65], [69]



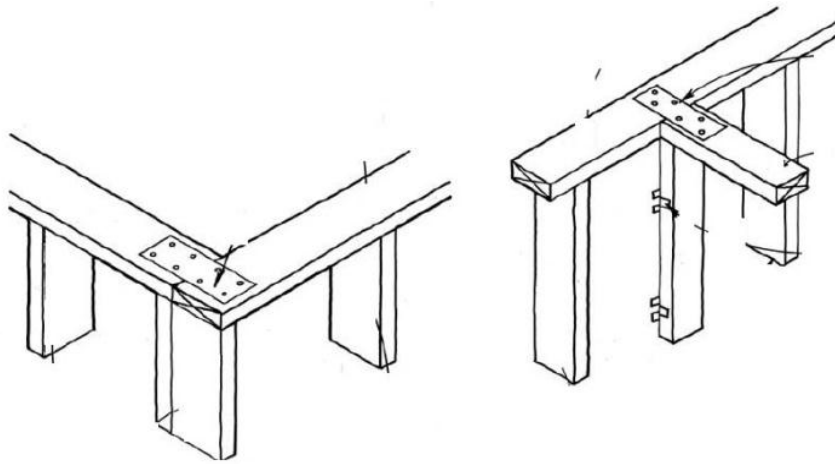
Şekil 5.58 Köşe duvar bağlantıları [65], [69]

Birinci kat duvar çerçevesinin, birinci kat döşeme platformu ile olan bağlantısı yapıldıktan sonra, birinci kat duvar çerçevesi ile zemin kat duvar çerçevesinin, birbirine bağlanması gerekmektedir (Şekil 5.59).

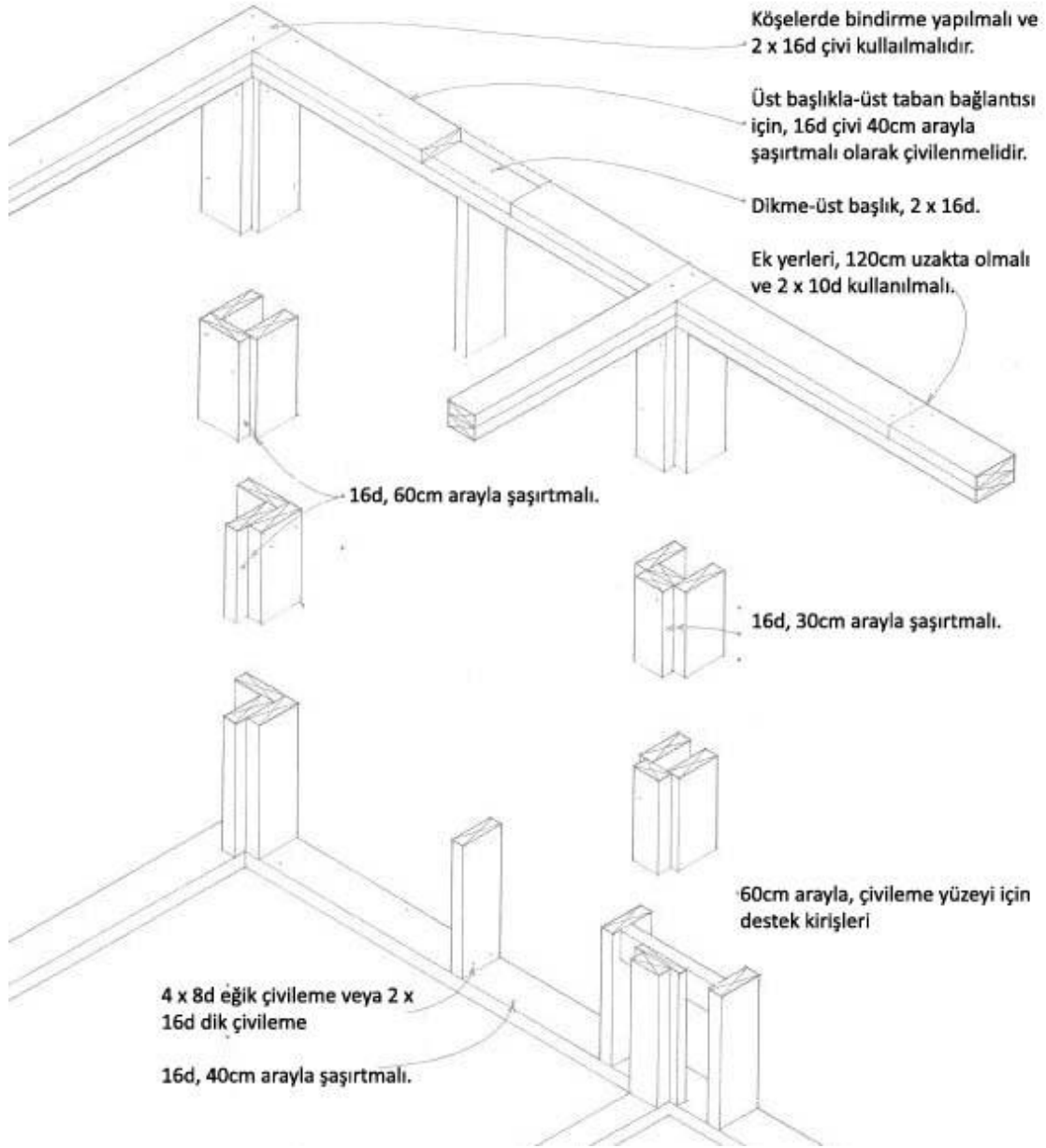


Şekil 5.59 Duvar çerçevelerinin birbirine bağlanması [69]

Ayağa kaldırılıp yerlerine yerleştirilen dış ve iç duvarların, birbirleriyle olan bağlantılarının yapılması da oldukça önemlidir. Duvarların beraber çalışmasını ve bağlantıyı sağlamak için, üst tabanların üzerine ek bir taban daha konmaktadır. Üst tabanların birbirleriyle olan birleşimlerinde, dişli metal plakalarda kullanılabilmektedir (Şekil 5.60, Şekil 5.61) [33].



Şekil 5.60 Dış ve iç duvarların birbirine bağlanmasında kullanılan metal plaka [33]

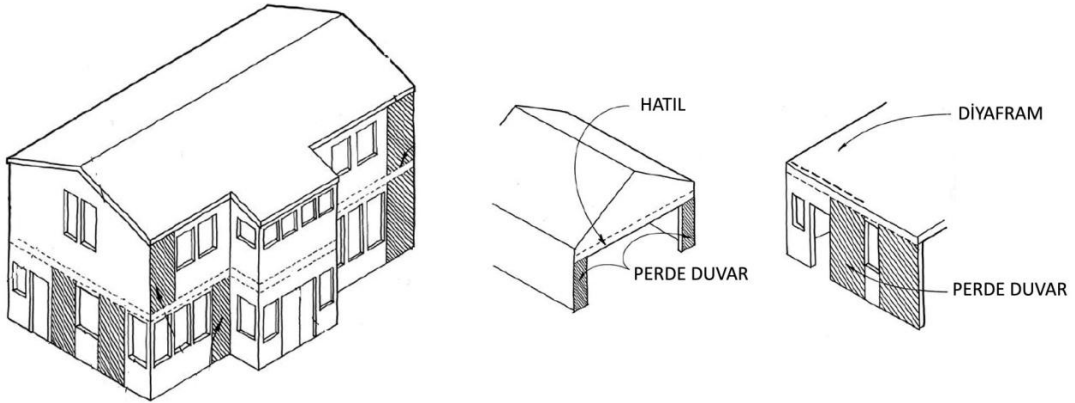


Şekil 5.61 Dış ve iç duvarların birbirine bağlanması [31]

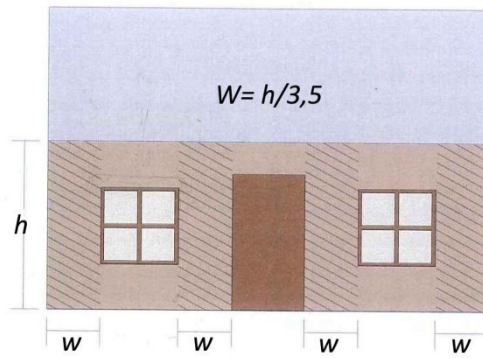
Ahşap yapıların, deprem ve fırtına sırasında oluşan kesme kuvvet etkilerine karşı gelebilmeleri ve ayakta kalabilmeleri için, duvarların perde duvar gibi çalışması sağlanmalıdır. Duvarların stabilitesi, perde duvarların oluşturulması ile diyagonal elemanlar ile rijit alt kaplama panelleri ile veya masif ahşap elemanların diyagonal olarak kaplanması ile sağlanmaktadır.

Duvarların stabilitesi; yapı köşelerinde, boşluk kenarlarında veya garaj kenarlarındaki duvarlarda, perde duvarların oluşturulması ile sağlanabilmektedir. Eşit dağılımın sağlanabilmesi için, perde duvarların katlar arasında şaşırtmalı olarak oluşturulması

gerekmektedir (Şekil 5.62) [33]. Perde duvarlar oluşturulurken, boy-en oranına dikkat edilmesi gerekmektedir. Perde duvarın genişliği, “kat yüksekliği /3.5” olarak hesaplanmaktadır [34]. Dolayısıyla, kat yüksekliği 425 olan bir yapı için perde duvarların genişliği en az 120cm olmak zorundadır (Şekil 5.63). Çizelge 5.19’de farklı malzemeler için, perde duvar en-boy oranı verilmektedir. Perde duvar oluşturulurken, genellikle ahşap paneller kullanılmaktadır.



Şekil 5.62 Perde duvarların konumları [33]

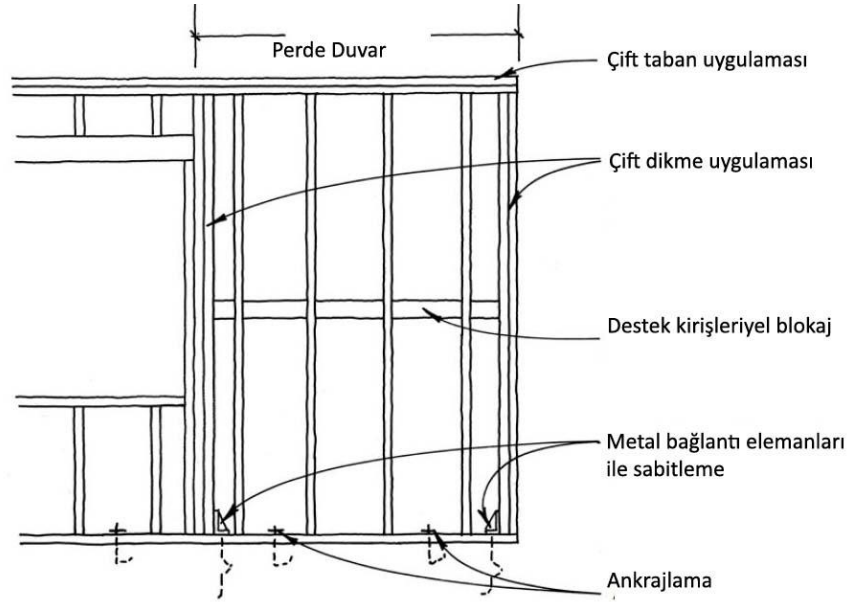


Şekil 5.63 Perde duvar en-boy oranı [34]

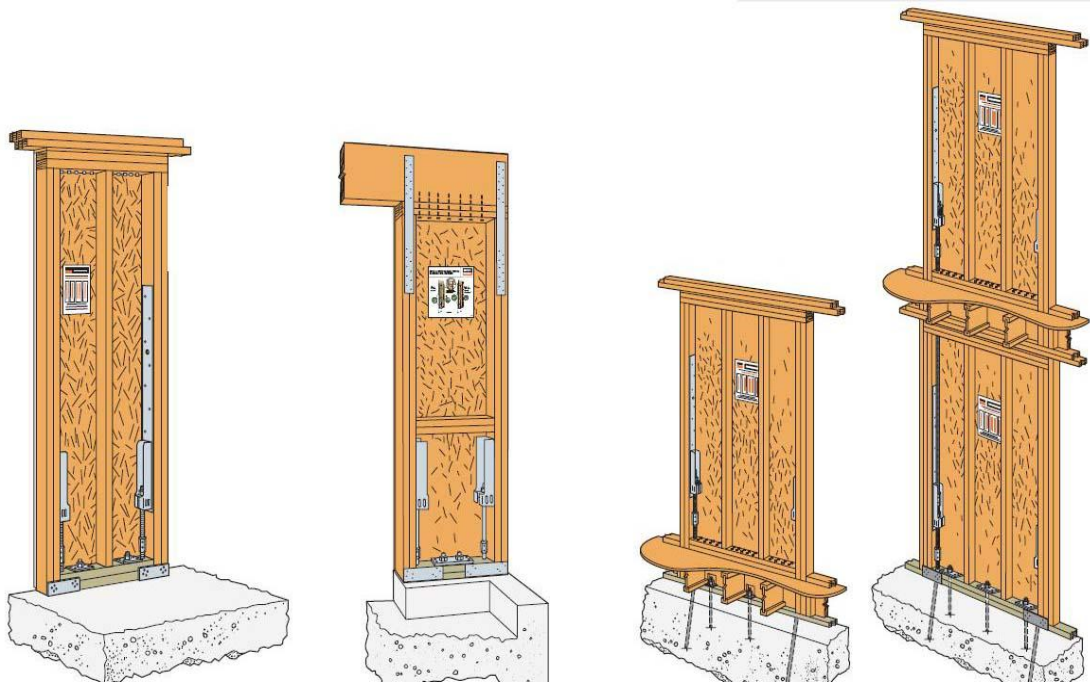
Çizelge 5.19 Perde duvar en- boy oranı [70]

TÜR	MAX. EN-BOY ORANI
Ahşap panel kaplama ve OSB (bütün kenarlardan çivilenmiş)	3 <sup>1/2</sup> :1
Diagonal kaplama (tek kat uygulama)	2:1
Lif Levha (çift kat uygulama)	1 <sup>1/2</sup> :1

Perde duvarlar, dikme, kiriş ve kontrplak panel kullanılarak oluşturulabilmektedir (Şekil 5.64). Perde duvarlar, hazır çelik veya ahşap duvarların, duvar çerçevesi içine yerleştirilmesi ile de oluşturulabilmektedir (Şekil 5.65). Her iki durumda da duvarların, bulonlar ile yerlerine sabitlenmesi gerekmektedir.



Şekil 5.64 Perde duvarların oluşturulması [33]

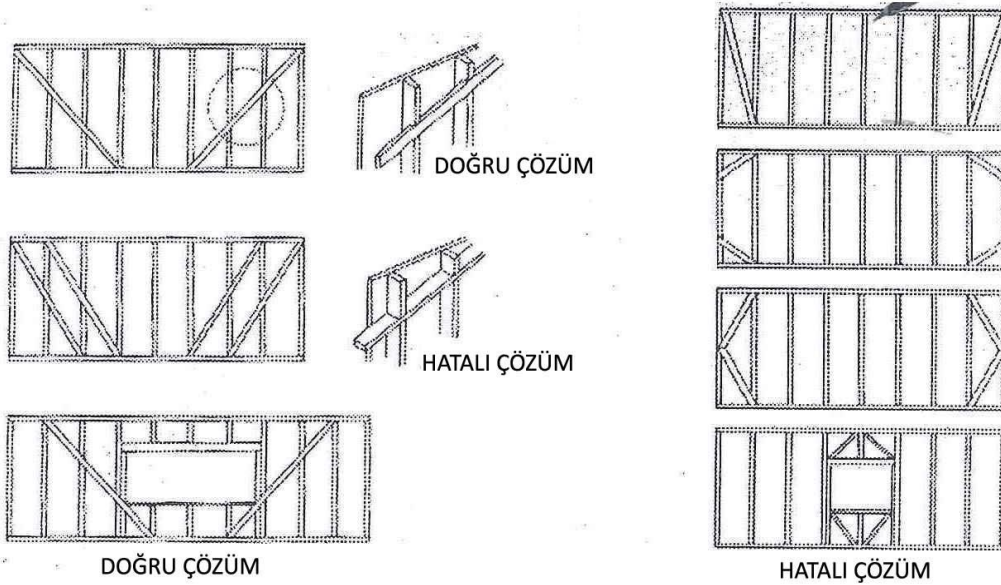


Şekil 5.65 Hazır ahşap perde duvarlar [69]

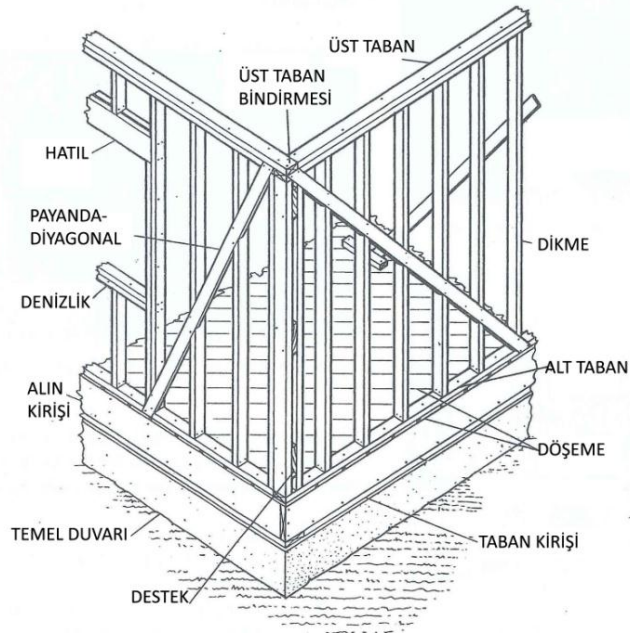


Ahşap yapılarda bulunan garajlar, deprem ve rüzgâr kuvvetlerine karşı en dayanıksız olan alanlardır. Garaj kapısı etrafında bulunan dar duvarlar, yatay kuvvet etkilerine karşı yeterli dayanımı gösteremediği zaman yıkılmakta, dolayısıyla üst yapıya da zarar vermektedir. Bu durumun engellenebilmesi için, garaj kapısının bulunduğu duvarlarda, özellikle hazır perde duvarların kullanılması önerilmektedir.

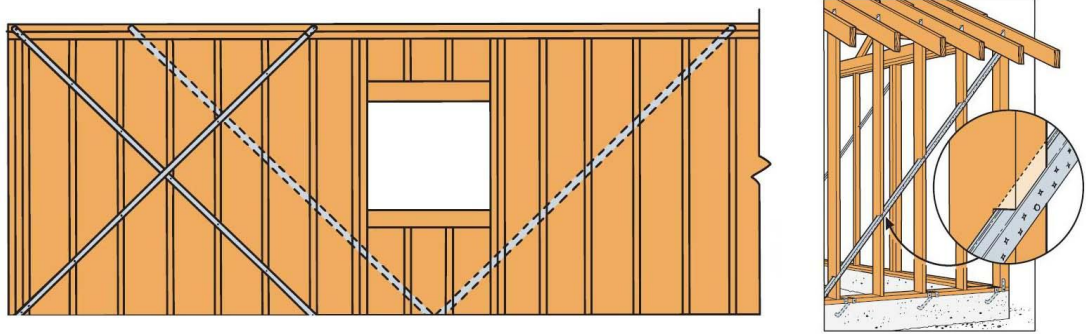
Duvarların stabilitesi, 2.5 x 10cm (1"x4") boyutlarındaki tahtaların, dikmelere diyagonal olarak yerleştirilmesi ile de sağlanabilmektedir [32]. Diyagonal elemanlar (payanda), duvar köşelerinde ve boşluk kenarlarında, dayanımı arttırmak için uygulanmaktadır. Payandaların, aynı anda birçok dikme ile bağlantısının sağlanabilmesi ve hem düşey hem de yatay yüklere karşı eşit dayanım gösterebilmeleri için, 45°'lik açıyla yerleştirilmeleri, uzun ve tek parça olmaları gerekmektedir (Şekil 5.66). Payandaların hem dikmelere, hem de alt ve üst tabana sabitlenmesi gerekmektedir. Payandaların yerleştirilmesinde, dikme içine bindirme yönteminin kullanılması, daha sağlıklı sonuçlar vermektedir [11]. Dikmelerde, payandanın girebileceği kadar yuva açılmakta ve payanda bu yuvalara yerleştirilerek sabitlenmektedir. Payanda ile dikme arasındaki her bağlantı için, 2 adet 8'd'lik çivi kullanılmaktadır (Şekil 5.67) [32]. Çelik şerit çubuklarda, diyagonal eleman olarak kullanılabilir (Şekil 5.68).



Şekil 5.66 Payanda uygulaması [50]



Şekil 5.67 Payanda uygulaması [32]



Şekil 5.68 Çelik diyagonal elemanlar [65]

Duvar çerçevesinin üzerine, öncelikle alt cephe kaplamalarının uygulanması gerekmektedir. Duvar çerçevesinin üzerine yapılan kaplamalar, hem dış cephe kaplamaları için bir yüzey oluşturmakta, hem de yapıyı yatay kuvvet etkilerine karşı daha stabil hale getirmektedir. Cephe kaplamaları, uygulama kıstasları dikkate alınarak uygulandığında, ahşap yapının yatay kuvvetler karşısındaki dayanımı oldukça artmaktadır. Duvar çerçevelerinin alt kaplanmasında, kontrplak panel levha, alçı levha, lif levha, köpük veya tahta kullanılmaktadır. APA, duvarlarda kullanılmak üzere de, alt kaplama panelleri üretmektedir (Çizelge 5.20). Bu paneller, direk dikmeler üzerine uygulanmaktadır.

Çizelge 5.20 APA- Alt kaplama panelleri [62]

Panel için Kiriş Aralığı (çatı/döşeme) (cm)	Panel Kalınlığı (mm)	Max. Dikme Aralığı (cm)	Çivileme Şekli		Çivileme Aralığı		Max. Rüzgar Hızı (km/h)		
			Çivi Çeşidi	Gömülme Mesafesi (cm)	Panel Kenarlarında (cm)	Orta Desteklerde (cm)	Hız Kategorileri		
							B	C	D
40, 60	9.5	40	6d normal	4	15	30	175	145	135
40/60 Duvar 60	11	40	veya 8d kutu		15	30	175	160	145
40/60 Duvar 60	11	40	8d normal veya	4.5	15	30	210	175	170
						15	240	200	175
		60 ve az	burgulu	15	30	175	145	135	

Kontrplak panel levha, alçı levha ve lif levha; hem dikey, hem de yatay olarak döşenebilmektedir. Cephe kaplamaları dikey olarak döşendiğinde, kenarlarda dar bantların kullanılmaması ve kaplamaların kat yüksekliği boyunca kesintiye uğramadan devam etmesi gerekmektedir. Yatay olarak döşendiğinde, duvar iskeleti içinde yatay kayıtların eklenmesi ve kaplama malzemelerinin hem dikmelere, hem de yatay kayıtlara sabitlenmesi gerekmektedir. Yatay döşemelerde, derzlerin üst üste denk gelmemesine dikkat edilmelidir. Alçı levha, lif levha ve köpük uygulamalarında, köşelerde desteklemelerin yapılması gerekmektedir. Bu destekleme, payandalarla veya kontrplak levhalarla sağlanabilmektedir. Fakat levhalarla yapılan desteklemeler daha iyi sonuçlar vermektedir.

Duvar kaplamalarında, çoğunlukla kontrplak levhalar<sup>1</sup> kullanılmaktadır. Kontrplak levha, rijit ve yangın dayanımına sahip bir malzemedir. Fakat uygulama sırasında mutlaka nem bariyerlerinin konması gerekmektedir. Dikmeler arasındaki mesafe, 40cm (16") ise panel kalınlığı 10mm ( $\frac{3}{8}$ "); 60cm (24") ise 13mm ( $\frac{1}{2}$ ") alınmaktadır. Eğer üzerine dış cephe kaplama malzemeleri çivilenecek ise, 13mm kalınlığındaki levhaların kullanılması tavsiye edilmektedir. Paneller arasında 3mm ( $\frac{1}{8}$ ") derz bırakılması gerekmektedir. Hem dikey hem yatay uygulamalarda, 6d veya 8d'lik çiviler kullanılmaktadır. Panel kenarlarında 15cm (6"), orta dikmelerde ise 30cm (12") aralıklarla çivileme yapılması yeterli olmaktadır [31], [32], [70].

<sup>1</sup> Kontrplak levha boyutları: 120cm x 245, 275, 300cm(4'x 8', 9', 10')

Kontrplak levha uygulamalarında, köşelerde ayrıca çaprazlamaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Dikey olarak konan kontrplak levhalar, köşelerde destek amaçlı olarak kullanılmaktadır. Destekleme amaçlı kullanılacak kontrplak levhanın kalınlığı dikmeler arasındaki mesafeye göre değişiklik göstermektedir. Dikme aralıkları, 40cm (16") ise panelin kalınlığı 8mm; 60cm (24") ise 10mm ( $\frac{3}{8}$ ") alınmaktadır. Paneller, 6d veya 8d'lik çivilerle, kenarlarda 10cm (4"), orta dikmelerde 20cm (8") aralıklarla sabitlenmektedir [31], [70].

Duvar kaplamaları için alçıpan levhalar<sup>1</sup> da kullanılmaktadır. Dış duvarlarda kullanılan alçı levhalar, iç duvarlarda kullanılanlardan farklıdır. Dış duvarlarda kullanılanlar, hava şartlarına karşı dayanıklı hale getirilmiştir. Alçı levha, çivilenebilir bir taban olmadığı için, üzerine uygulanacak olan dış cephe kaplamalarının, dikmelere sabitlenmesi gerekmektedir. Alçı levhaların kalınlığının en az 13mm ( $\frac{1}{2}$ ") olması gerekmektedir. Hem dikey hem yatay uygulamada, 4.5cm ( $1\frac{3}{4}$ ") uzunluğundaki dam çivisi<sup>2</sup> kullanılmaktadır. Alçı levhaların kenarlarında 10cm (4"), orta dikmelerde ise 20cm (8") aralıklarla çivileme yapılması yeterli olmaktadır. Alçı levha uygulamalarında, köşelerde kontrplak levhalarla desteklemelerin yapılması gerekmektedir [31], [32], [70].

Duvar kaplamaları için lif levhalarda<sup>3</sup> kullanılmaktadır. Eğer üzerine dış cephe kaplama malzemeleri çivilenecek ise, yüksek yoğunluğa sahip lif levhaların kullanılması tavsiye edilmektedir. Lif levhaların kalınlığının en az 13mm ( $\frac{1}{2}$ ") olması, panellerin taşıyıcılığının 650kg/m<sup>3</sup> olmalıdır. Yatay döşemelerde, levhaların kenarlarının "V" şeklinde olması ve birbirlerine geçmesi gerekmektedir. Hem dikey, hem de yatay uygulamada, 3cm ( $1\frac{1}{2}$ ") uzunluğundaki dam çivisi kullanılmaktadır. Lif levhaların kenarlarında 10cm (4"), orta dikmelerde ise 20cm (8") aralıklarla çivileme yapılması yeterli olmaktadır. Alçı levha uygulamalarında, köşelerde kontrplak levhalarla desteklemelerin yapılması gerekmektedir. Kontrplak levha yerine, yüksek yoğunluklu lif levhalarla da destekleme yapılabilmektedir. Bu durumda, yüksek yoğunluklu levhaların dikey olarak konması, kenarlarda 7.5cm (3"), orta dikmelerde ise 15cm (6") aralıklarla çivileme yapılması gerekmektedir [31], [32], [70].

---

<sup>1</sup> Alçıpan levha boyutları: 120cm x 245, 300, 365, 425cm(4'x 8', 10', 12', 14')

<sup>2</sup> İng: Roofing nail

<sup>3</sup> Lif levha (Fiberboard) boyutları: 120 x 245, 275, 300, 365cm(4'x 8', 9', 10', 12')

Sert plastik köpükler<sup>1</sup>, daha çok ısı yalıtımı sağlamak için uygulanmaktadır. Üzerine uygulanacak olan dış cephe kaplamalarının, dikmelere sabitlenmesi gerekmektedir. Köpük plakalar, sadece yatay olarak döşenebilmektedir. 3cm (1¼”) uzunluğundaki çivilerin, kenarlarda 20cm (9”), orta dikmelerde 30cm (12”) aralıklarla çakılması gerekmektedir. Köşelerdeki destekleme, kontrplak levhalarla sağlanmayacağı için, metal şeritler veya 2.5x10cm (1”x4”)’lik tahtalarla çaprazlama sağlanmalıdır [31], [32].

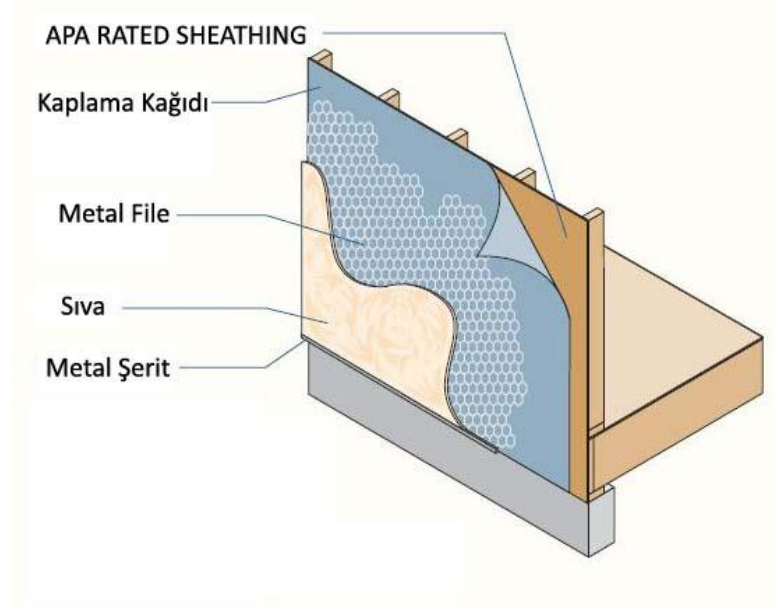
Duvar çerçevelerinin kaplanmasında, masif ahşap alt kaplamalarda kullanılabilir. 16mm (5/8”) kalınlığındaki masif ahşaplar, 45<sup>0</sup>’lik açıyla duvar iskeletine sabitlendiklerinde, yapıya dayanım kazandırmaktadır. Ek yerlerinin dikme üzerine gelmesine dikkat edilmelidir. 15cm’den fazla genişliğe sahip olan kaplamalarda, bağlantıların en az iki adet çivi ile yapılması gerekmektedir [28]. Kullanılan ahşabın boyutuna göre, çiviler ve çivileme sayısı değişiklik göstermektedir (Çizelge 5.21).

Çizelge 5.21 Diagonal ahşap kaplama kıstasları

Ahşap Kaplama Boyutları (cm)	Kenar ve Orta Dikmelerde		Panel Kenarlarında	
	Çivi Çeşidi, Boyutu ve Sayısı			
	Normal Çivi	Kutu Çivi	Normal Çivi	Kutu Çivi
2.5 x 15	2 x 8d	3 x 8d	3 x 8d	5 x 8d
2.5 x 20	3 x 8d	4 x 8d	4 x 8d	6 x 8d
5 x 15	2 x 16d	3 x 16d	3 x 16d	5 x 16d
5 x 20	3 x 16d	4 x 16d	4 x 16d	6 x 16d

Alt cephe kaplaması yapıldıktan sonra üzerine, isteğe bağlı olarak sıva (Şekil 5.69, Çizelge 5.22) veya diğer cephe kaplama malzemeleri uygulanmaktadır. APA, cephe kaplama özelliği taşıyan panellerde üretmektedir. APA, farklı dış cephe kaplama panelleri üretmekte ve her panelin uygulaması farklılık göstermektedir. Bütün panellerin taşıyıcılık özelliği bulunmaktadır (Şekil 5.70, Şekil 5.71, Şekil 5.72, Şekil 5.73, Çizelge 5.23, Çizelge 5.24).

<sup>1</sup> Sert plastik köpük boyutları: 60 x 120, 245cm ve 120 x 245, 275cm ( 2’x 4’, 8’ ve 4’x 8’, 9’)

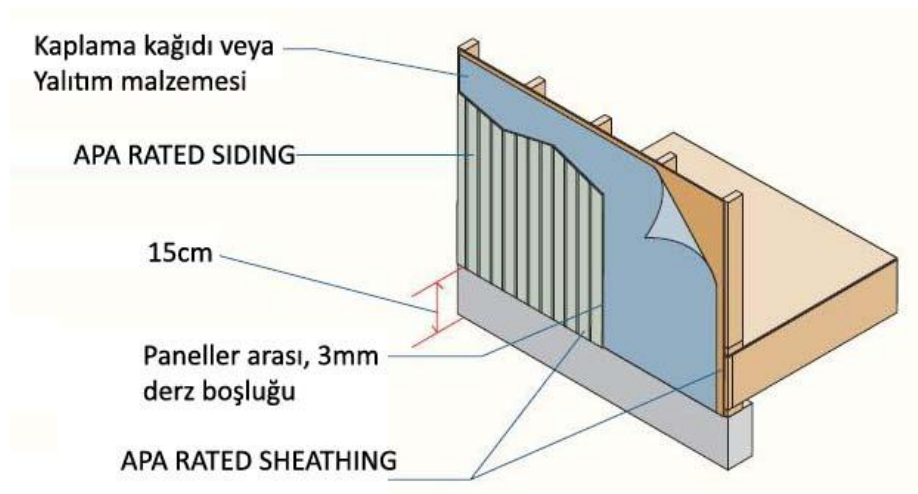


Şekil 5.69 Alt kaplama üzerine sıva uygulaması [62]

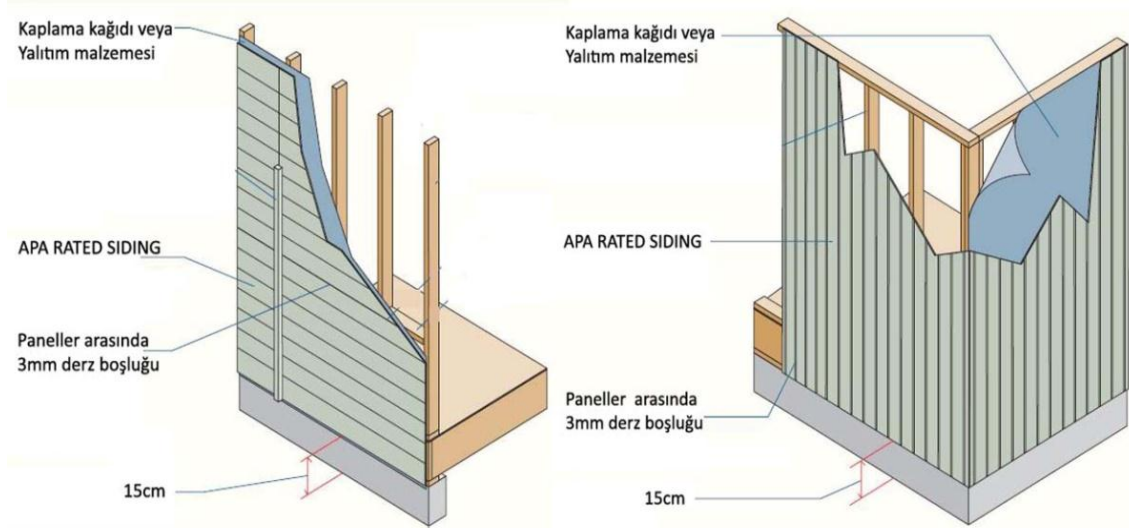
Çizelge 5.22 Alt kaplama üzerine sıva uygulama kıstasları [62]

Panel için Kiriş Aralığı (çatı/döşeme) (cm)	Panel Kalınlığı (mm)	Panel Uygulama Yönü	Max. Dikme Aralığı (cm)
60/0	9.5	Yatay	40
60/40	11 (a)	Dikey	
80/40	12,13 (b)		
60/40	11	Yatay	60
100/50	(b)	Dikey	

(a) OSB  
(b) OSB veya 5 katmanlı kontrplak



Şekil 5.70 Yapısal kaplama üzerine panel uygulaması [62]



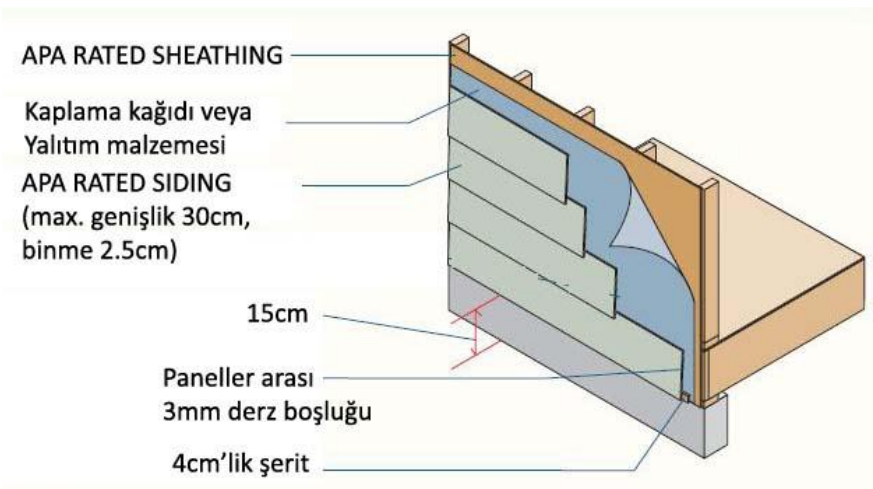
Şekil 5.71 Dikmeler üzerine dikey veya yatay panel uygulaması [62]

Çizelge 5.23 Yapısal olan ve olmayan kaplama üzerine veya dikmeler üzerine panel uygulama kıstasları [62]

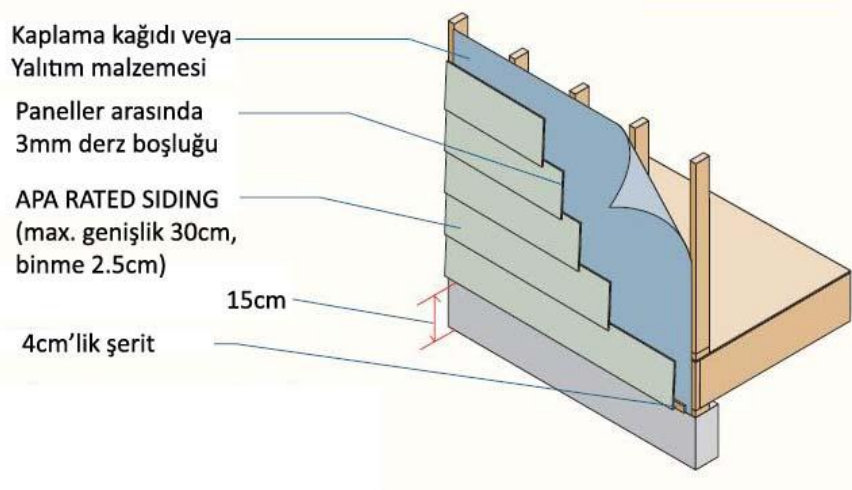
APA RATED Düşey Panel Kaplama	Panel Kalınlığı (mm)	Max. Dikme Aralığı (cm)		Çivileme Şekli		Çivileme Aralığı		Max. Rüzgar Hızı (km/h)		
		Dikmelere Paralel	Dikmelere Dik	Çivi Çeşidi (b)	Gömülme Mesafesi (cm)	Panel Kenarlarında (cm) (a)	Orta Desteklerde (cm)	Hız Kategorileri		
	B							C	D	
APA MDO GENEL	9.5	40	60	6d normal veya 8d kutu	4	15	30	175	145	145
	12	60	60			15	15	225	195	175
15					30	145	-	-		
APA RATED SIDING	40	40	40		5	15	30	200	170	145
	60	60	60	15		15	225	195	175	
						15	30	160	135	-
							15	225	195	175

(a) Panel kenarlarından 1cm sonra çivileme yapılmalıdır.

(b) Yapısal kaplama üzerine uygulandığında, 6d veya 8d burgulu çivi kullanılmalıdır.



Şekil 5.72 Yapısal kaplama üzerine tahta kaplama uygulaması [62]



Şekil 5.73 Dikmeler üzerine yatay tahta kaplama uygulaması (f.10) [62]

Çizelge 5.24 Yapısal olan ve olmayan kaplama üzerine veya dikmeler üzerine tahta kaplama uygulama kıstasları [62]

Çivileme Şekli		Panel Kalınlığı (mm)	Dikme Aralığı (cm)	Yatay Panel Kalınlığı (cm)	Max. Rüzgar Hızı (km/h)		
Çivi Çeşidi	Gömülme Mesafesi (cm)				Çivileme Aralığı (cm)	Hız Kategorileri	
		B	C	D			
6d normal veya 8d kutu	4	9.5	40	15	225	195	175
				20	225	195	175
				30	195	160	145
		11	40	15	225	195	175
				20	225	195	175
				30	195	160	145
		11	60	15	225	195	175
				20	195	160	145
				30	145	-	-

Duvar çerçevelerinin diyafram şekilde oluşturulması, yatay kuvvet etkilerine karşı daha iyi dayanım sağlamaktadır. Duvar çerçevelerinin, yatay kuvvet etkilerine karşı dayanım gösterebilmesi ve ahşap yapıda yatay ötelenmelere bağlı olarak hasarların oluşmaması için, panellerin diyafram oluşturacak şekilde yatay olarak ve belirtilen uygulama kıstaslarına göre döşenmesi gerekmektedir (Çizelge 5.25).



Çizelge 5.25 Duvar diyaframlarının oluşturulma ölçütleri [62]

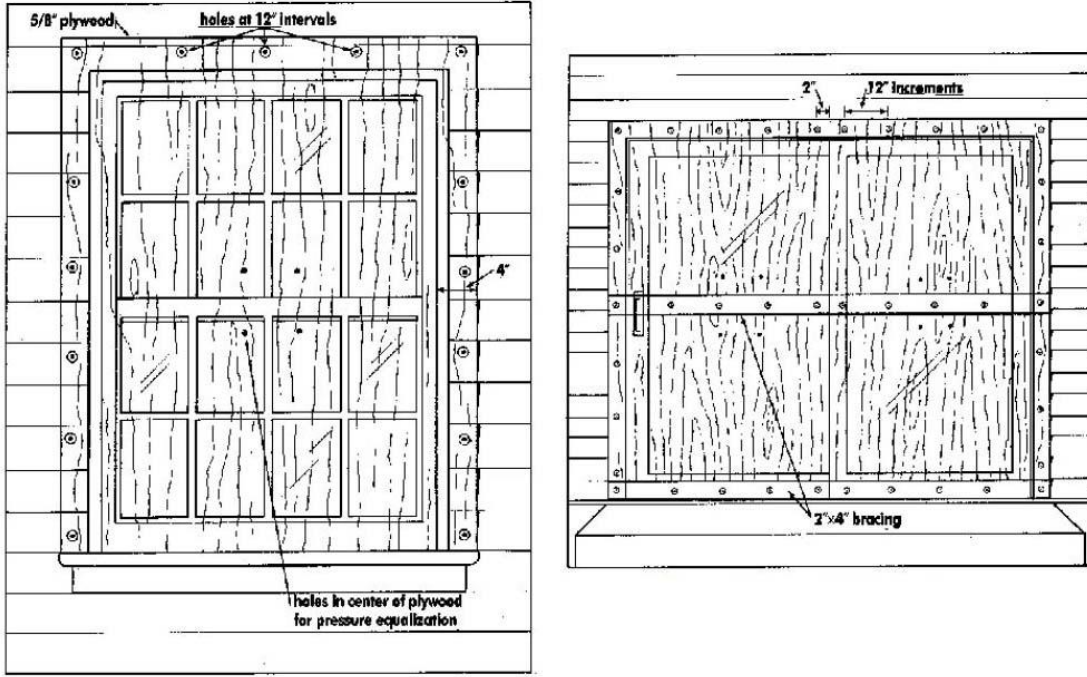
Panel Sınıfları	Panel Kalınlığı (mm)	Çivinin Kirişe Gömülme Derinliği (cm)	Duvar Dikmeleri Üzerine Direk Uygulanan Paneller					13 veya 16mm Alçı Kaplama Üzerine Uygulanan Paneller				
			Çivi Boyutu	Panel Kenarlarında Çivileme Aralığı (cm)				Çivi Boyutu	Panel Kenarlarında Çivileme Aralığı (cm)			
				15	10	7.5	5 (d)		15	10	7.5	5 (d)
APA STRUCTURAL I PANEL	9.5	3.5	8d	1120	1760	2245	2975	10d	1365	2100	2685	3560
	11			1245	1930	2465	3270					
	12			1365	2100	2685	3560					
	12	4	10d	1660	2500	3245 (b)	4245	-	-	-	-	
APA RATED SHEATHING APA RATED SIDING (c) ve Diğer APA panelleri (5.grup hariç)	8, 6.5 (a)	3	6d	890	1320	1710	2195	8d	890	1320	1710	2195
	9.5			975	1465	1900	2490		975	1465	1900	2490
	9.5	3.5	8d	1075	1560	2000	2585	10d	1270	1855	2390 (b)	3120
	11			1170	1710	2195	2855					
	12			1270	1855	2390	3125					
	12	4	10d	1510	2245	2930 (b)	3760	-	-	-	-	-
	15			1660	2490	3245	4245	-	-	-	-	-
APA RATED SIDING (c) ve Diğer APA panelleri (5.grup hariç)	8 (a)	3	6d	680	1025	1342	1755	8d	680	1025	1342	1755
APA RATED SIDING (c) ve Diğer APA panelleri (5.grup hariç)	9.5	3.5	8d	780	1170	1515	2000	10d	780	1170	1515	2000

(a) Paneller, dış cephede, dikme üzerine uygulanacak ise 9.5mm'lik veya APA RATED SIDING-(duvar) 40 kullanılmaktadır.  
(d) Çerçeve elemanlarının genişliğinin min. 7.5cm olması gerekmektedir. 10d çivi, 7.5cm aralıkla ve 4cm gömülerek, şaşırtmalı uygulama yapılmalıdır.  
(c) APA RATED SIDING-(duvar) 40'ın kalınlığı, 9-9.5mm veya daha kalın olabilmektedir.

Taşıyıcı sistemde alınacak önlemlerin dışında, duvarlarda bulunan kapı, pencere ve garaj kapılarında da rüzgâr etkilerine karşı önlemlerin alınması gerekmektedir. Çünkü kapılar ve pencereler kırıldığında yapı içerisine giren kuvvetli rüzgâr, basınç ve çekme etkisi yaratarak, duvarların ve çatıların yıkılmasına neden olmaktadır. Bu durumun engellenebilmesi için, kırılma tehlikesi olan bütün pencere ve kapıların, kasırga alarmı verildiğinde ahşap panellerle kapatılması gerekmektedir. Kapıların ve pencerelerin korunmaya alınması için 16mm (5/8") kontrplak ve civata kullanılmaktadır. İçerisinde cam olan her pencere ve kapı için, panel hazırlanması gerekmektedir. Ölçüsü alınan pencere ve kapılara, enden ve boydan 20cm (8") eklenerek panellerin boyutları belirlenmekte ve kesilmektedir. Eğer pencerelerin boyutları 90x120cm (3'-4') veya daha az ise, Ø6mm (1/4")'lik civatanın boşluk kenarındaki dikmelere en az 4.5cm (1 3/4") girmesi, pencere boyutları 90x120cm (3'-4')den daha fazla ise, Ø9.5mm (3/8")'lik civatanın boşluk kenarındaki dikmelere en az 6cm(2 1/2") girmesi gerekmektedir. Civataların, panel kenarlarından en az 6cm(2 1/2") sonra ve 30cm(12") aralıklarla yerleştirilmesi gerekmektedir. Eğer pencerenin kaplanması için tek bir panel<sup>1</sup> yetmiyorsa, panelin ortasına ve alt kenardan 5cm (2") yukarıya, 5x10cm (2"x4")'lik tahtaların, Ø5mm (2")'lik vidalarla sabitlenerek, kuşaklama yapılmalıdır (Şekil 5.74).

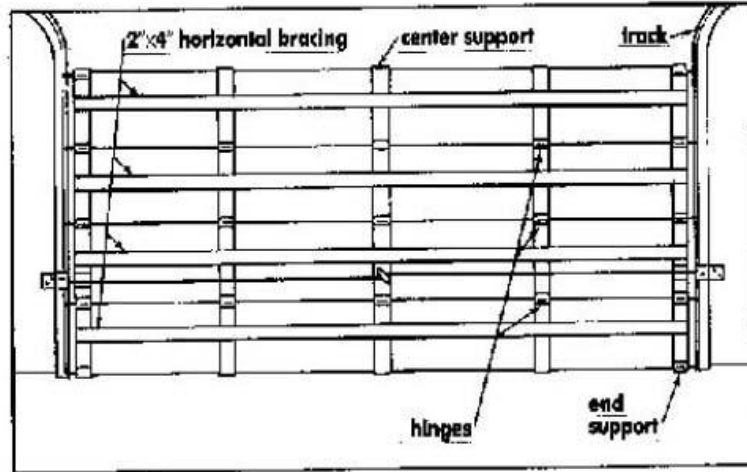
<sup>1</sup> Standart panel boyutu, 120x245cm (4'x8')

Ayrıca, panel ile pencere arasında oluşacak basıncın giderilmesi için, panel ortasına dört tane delik açılmalıdır [72].



Şekil 5.74 Kontrplak fırtına kepenkleri [72]

Giriş kapılarının rüzgar kuvvetlerine dayanabilmesi için, kapı altlarına ve üstlerine civata kilitlerinin konması gerekmektedir. Ayrıca, rüzgâr kuvvetlerinin garaj kapılarını eğmemesi için kuşaklama yapılmalıdır (Şekil 5.75) [72].

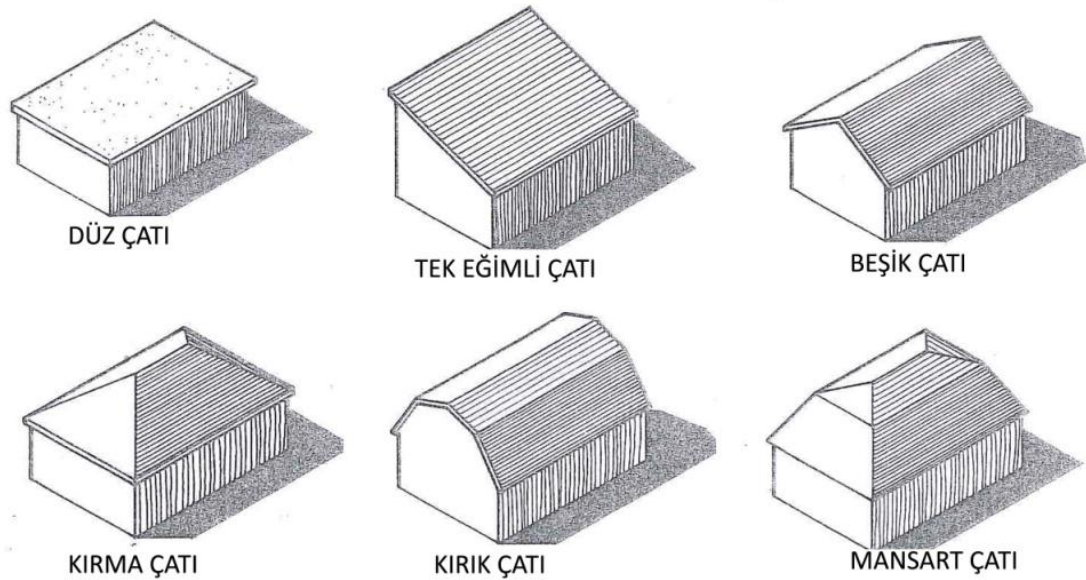


Şekil 5.75 Garaj kapılarında kuşaklama [72]

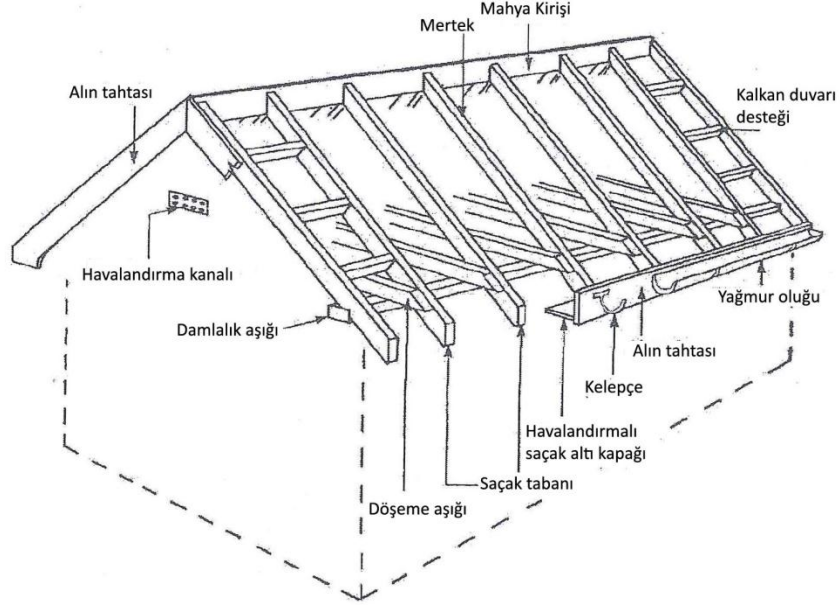
### 5.3.4 Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Çatılarında Alınacak Önlemler

Ahşap yapıların deprem kuvvetlerine karşı daha iyi dayanım gösterebilmesi için, mümkün oldukça hafif olması ve yük aktarımının sağlanabilmesi için, taşıyıcı sisteme doğru bir şekilde bağlanması gerekmektedir. Deprem anında yapıya etki eden deprem kuvvetinin büyüklüğü, yapının ağırlığı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, yapının çatısı ne kadar hafif ise yapıya etki eden deprem kuvveti de o derece az olmaktadır. Ahşap yapıların çatılarının oturtma çatı yerine, çatı makaslarından oluşan ve daha hafif olan asma çatı olarak tasarlanması gerekmektedir. Çatı kaplamalarında da, ağır çatı kaplama malzemeleri yerine metal veya sandviç pano gibi hafif kaplama malzemelerinin kullanılması önerilmektedir [66]. Çatının, sistemden ayrı hareket ederek ek yüklerin oluşmasına veya devrilmesine engel olabilmek için, çatı sisteminin yapının taşıyıcı sistemine doğru olarak bağlanması gerekmektedir.

Çatı, bir yapı için oldukça önemlidir. Hem yapıyı hem de içerisinde yaşayanları dış hava şartlarına karşı koruma görevini üstlenmektedir. Çatılar, farklı şekillerde kurgulanabilmektedir (Şekil 5.76). Ahşap yapıların çatılarında çoğunlukla beşik çatı uygulamaları yapılmaktadır. Şekil 5.77’de beşik çatıyı oluşturan yapı elemanları gösterilmektedir.



Şekil 5.76 Çatı şekilleri [29]



Şekil 5.77 Beşik çatı yapı elemanları [64]

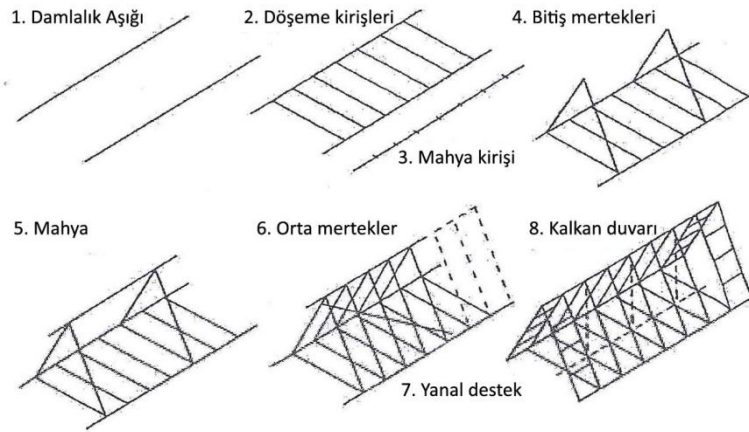
Çatı çerçevesinin oluşturulmasında kullanılan mertek ve tavan kirişlerinde çoğunlukla tek parça kereste veya I kirişler kullanılmaktadır. Mertekler ve tavan kirişleri, çoğunlukla 60cm (24") aralıklarla yerleştirilmektedir. Mertek açıklıklarını, merteklerin boyutları belirlemektedir (Çizelge 5.26). Genellikle 5 x 15cm'lik (2"x6") mertek kirişleri, 5 x 20cm'lik (2"x8") mahya kirişleri kullanılmaktadır [32].

Çizelge 5.26 Mertek boyutları ve açıklıkları [31]

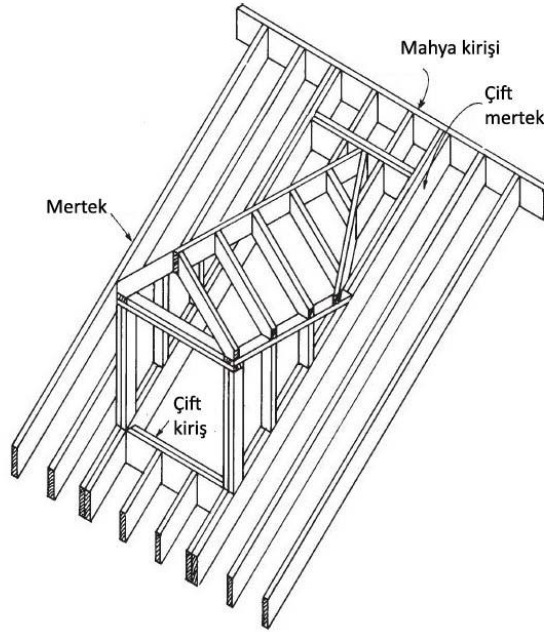
Mertek Boyutları (cm)	Geçilebilecek Max. Açıklık (cm)
5 x 15	300
5 x 20	425
5 x 25	485
5 x 30	670

Eğer çatı yerinde oluşturulacaksa, çatının uygulama süreci şu şekilde açıklanabilmektedir (Şekil 5.78). Öncelikle damlalık aşığı çift kiriş üzerine konmakta ve bağlantı elemanları ile bağlanmaktadır. Uygulanacak çatı tavana sahip ise döşeme kirişleri, değil ise mertekler damlalık aşığının üzerine sabitlenmektedir. Daha sonra, mahya kirişi üzerine merteklerin veya tavan kirişlerinin yerleri belirlenmektedir. Mahyanın yüksekliği dikkate alınarak, iki çift mertek yerlerine sabitlenmektedir.

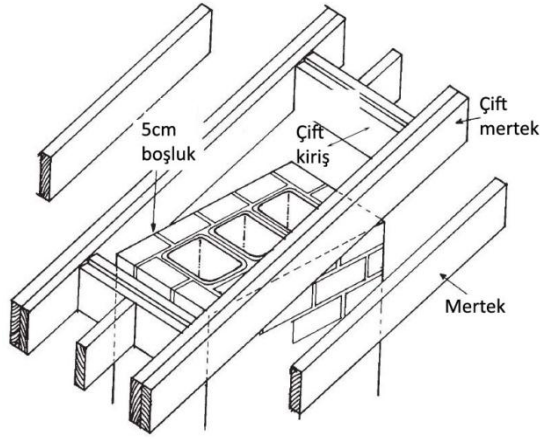
Hizalanan mahya kirişi, merteklerin üzerine yerleştirilmekte ve gerekli bağlantıları yapılmaktadır. Mahya kirişi yerine yerleştirildikten sonra, diğer merteklerde mahya kirişi ile damlalık aşığı arasındaki yerlerine sabitlenmektedir. Bütün mertekler yerlerine yerleştirildikten sonra, çatının stabilitesini sağlamak için diyagonal elemanlarla çatı desteklenmektedir. En son olarak da, mertek ile kalkan duvarı arasındaki bağlantıyı sağlayan destekler yerlerine yerleştirilmektedir [64]. Eğer mertekler arasında çatı penceresi oluşturulacak (Şekil 5.79) veya baca için yer açılacak ise, boşluk çevrelerinde çift kiriş uygulamasının yapılması gerekmektedir (Şekil 5.80) [32].



Şekil 5.78 Beşik çatının kuruluş aşamaları [64]



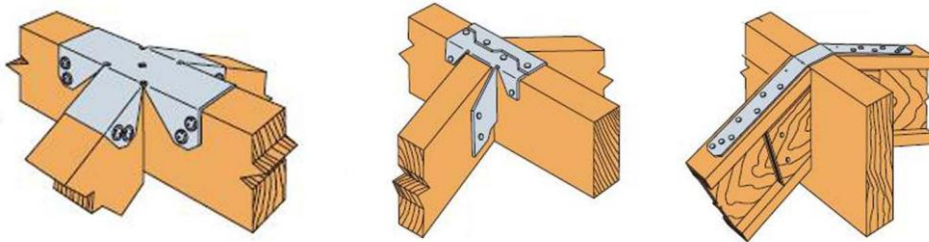
Şekil 5.79 Çatı penceresinin oluşturulması [63]



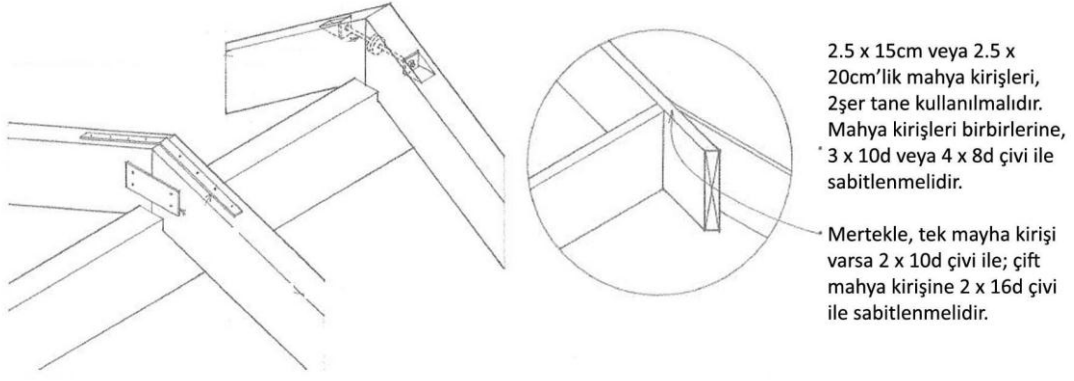
Şekil 5.80 Baca boşluğunun oluşturulması [63]

Yapıdan bağımsız olarak çalışan bacalar da, deprem anında yıkılıp çatılara ve çevreye zarar vermektedir. Bacalardan dolayı oluşabilecek hasarların minimum düzeyde tutulabilmesi için, bacaların çevresinin içten alçı, dıştan ise ahşap taşıyıcı paneller ile sabitlenmesi gerekmektedir. Paneller, yapının ahşap konstrüksiyonuna sabitlendiği takdirde bacanın tek başına hareket etmesi ve devrilmesi engellenebilmektedir [47].

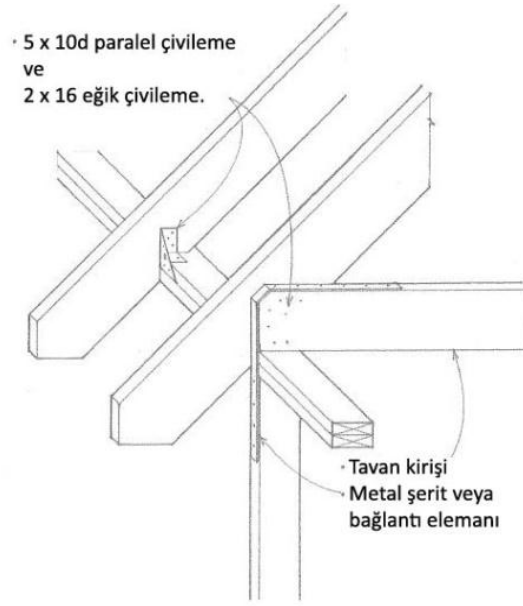
Çatıyı oluşturan mertekler mahya kirişine, tek sıra ise 2 tane 10d'lik, çift sıra ise 2 tane 16d'lik çivinin düz veya eğimli çivilenmesi ile sabitlenmektedir. Mertek ile mahya kirişi arasındaki bağlantı metal elemanlar ile de sağlanabilmektedir (Şekil 5.81, Şekil 5.82). Merteklerin damlalık kirişi ile olan bağlantıları, 2 tane 10d'lik çivinin her iki taraftan eğimli olarak çakılması ile sağlanmaktadır. Merteklerin tavan kirişi ile olan bağlantıları ise, 5 tane 10d'lik çivinin düz ve 2 tane 16d'lik çivinin her iki taraftan da eğimli olarak çakılması ile veya metal kayışlarla sağlanmaktadır (Şekil 5.83). Ayrıca, mertekler arasındaki 2.5 x 15cm'lik (1"x6") destek kirişlerinin bağlantısı, 4 tane 8d'lik çivi ile sağlanmaktadır [31],[32]. Destek kirişleri yerine metal destekler de kullanılabilir (Şekil 5.84).



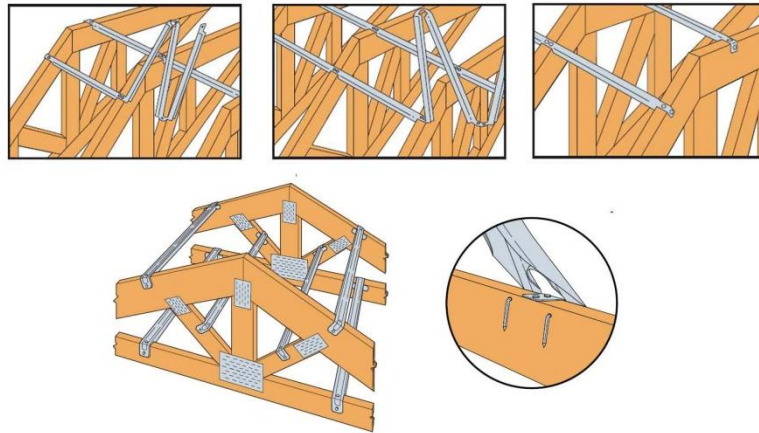
Şekil 5.81 Mertek – mahya kirişi bağlantısı [65]



Şekil 5.82 Mertek – mahya kirişi bağlantısı [31]

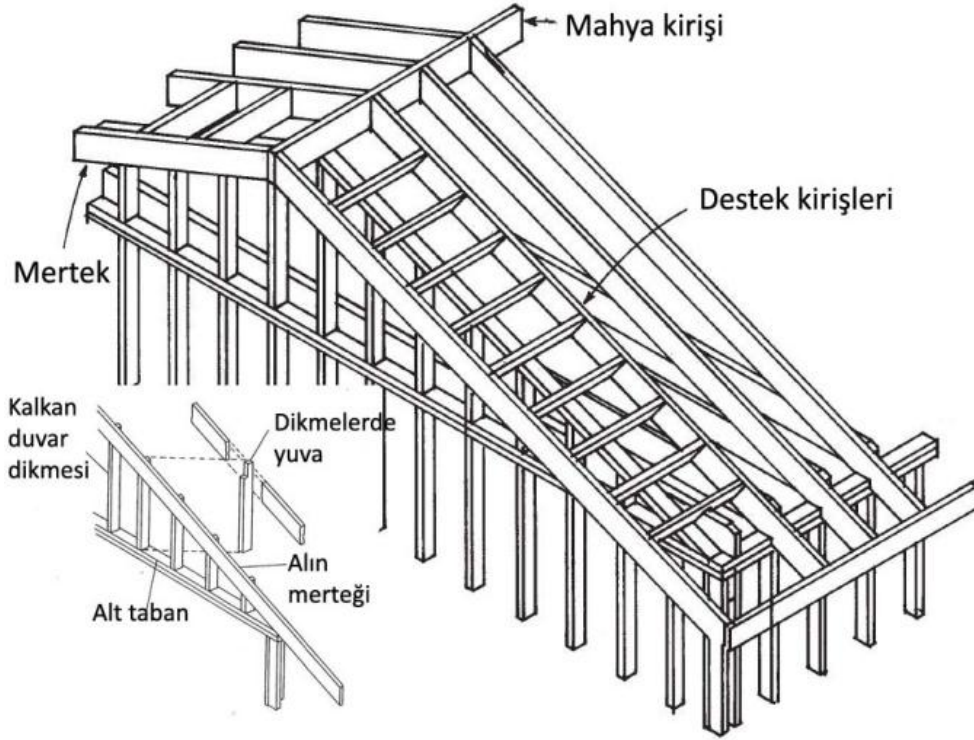


Şekil 5.83 Merteklerin sabitlenmesi [31]



Şekil 5.84 Metal destek uygulamaları [65]

Duvar ile çatı arasındaki bağlantı niteliğindeki kalkan duvarlarının oluşturulması ve kaplanması, yatay kuvvet dayanımları açısından oldukça önemlidir (Şekil 5.85). Kalkan duvarını oluşturan 5 x 10cm'lik her dikmenin, merteklere girecek şekilde oyulması gerekmektedir [32]. Kalkan duvarları, duvar çerçevelerinin kaplandığı şekilde kaplanmaktadır.

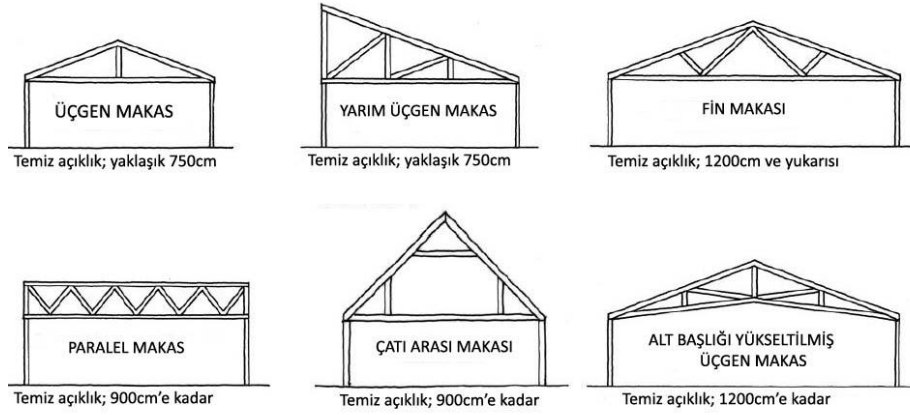


Şekil 5.85 Kalkan duvarının oluşturulması [31], [63]

Çatılar, hazır çatı makaslarının kullanılması ile de oluşturulabilmektedir. Bu şekilde oluşturulan çatılar, kısa sürede tamamlanmakta, fabrika ortamında üretildikleri için her makas aynı şekilde üretilebilmekte, iç duvarlara gerek duyulmadan sadece dış duvarlarla çatı taşıtılabilmekte, konsol ve saçak detayları beraber çözümlenebilmektedir. Makaslarda genellikle 5x10cm'lik veya 5x15cm'lik ahşap elemanlar kullanılmaktadır. Makasları oluşturan elemanların birbirleri ile olan bağlantılarında genellikle dişli plakalar kullanılmaktadır<sup>1</sup>. Farklı çatı makasları bulunmaktadır (Şekil 5.86).

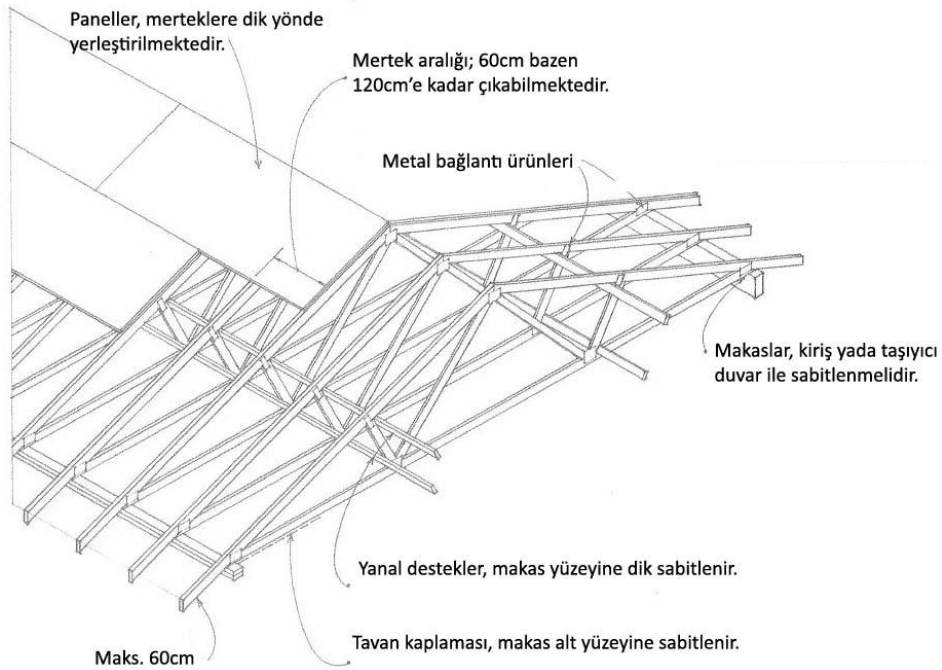
<sup>1</sup> Bkz. Bölüm 5.1.2.5



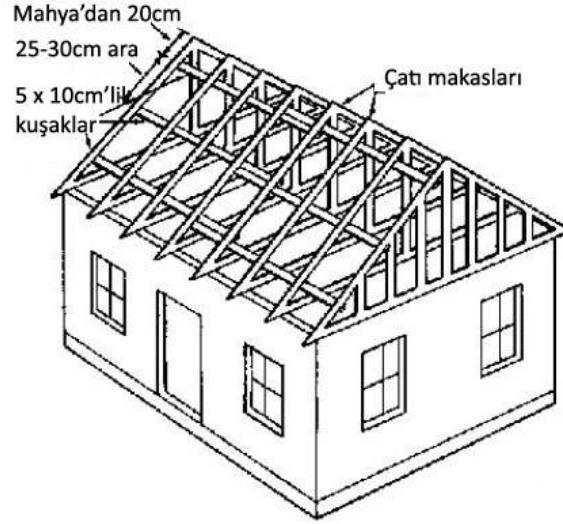


Şekil 5.86 Hazır ahşap makas tipleri ve açıklıkları [33]

Hazır çatı makasları da 60cm aralıklarla yerleştirilmektedir (Şekil 5.87). Çatıyı oluşturan makasların, birbirlerine yardımcı elemanlarla bağlanarak, çatının bir bütün halinde çalışmasının sağlanması gerekmektedir. Böylece, makasların ayrı ayrı yıkılarak hasarların oluşması engellenebilmektedir. Makaslar birbirlerine, 5x10cm'lik (2"x4") kuşaklar ile bağlanmaktadır. Kuşaklamalar, makas içerisindeki destek çubuklarına sabitlenmektedir. Eğer destek çubukları yok ise, mahya kirişinden 45cm (18") aşağı inildikten sonra ilk kuşaklama yapılmaktadır. Diğer kuşaklamalar ise 20-25cm aralıklarla, makaslara dik olacak şekilde yerleştirilmektedir. Kuşaklamanın her makas ile olan bağlantısı, 2 tane 16d'lik çivi ile sağlanmaktadır (Şekil 5.88) [72].

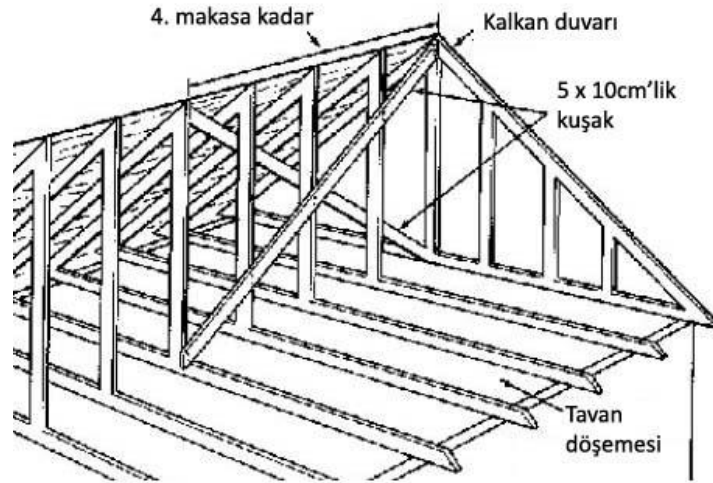


Şekil 5.87 Hazır çatı makaslarının uygulanması [31]



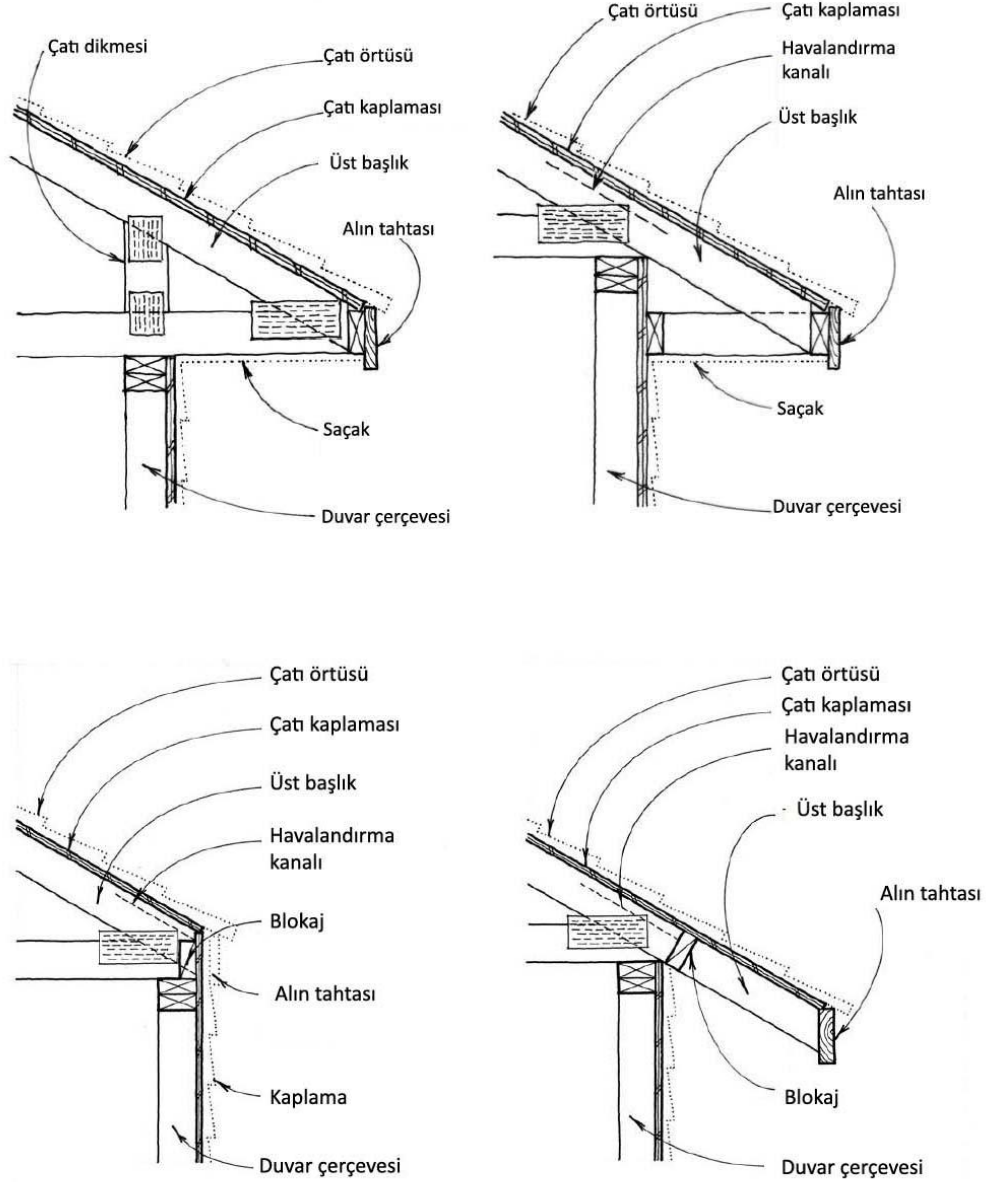
Şekil 5.88 Hazır çatı makaslarında kuşaklama [72]

Kalkan duvarını da oluşturacak olan son makasların, diyagonal elemanlar ile desteklenmesi gerekmektedir. Böylece, son makasların devrilmesi ve rüzgâr kuvvetlerinin çoğunlukla neden olduğu ve yapıda hasarların oluşmasına neden olduğu kalkan duvarlarının devrilmesi engellenebilmektedir. Destekleme için, 5x10cm'lik (2"x4") elemanlar kullanılmaktadır. Diyagonal elemanın, her dikmeye 2 adet 16d'lik çivi ile sabitlenmesi gerekmektedir (Şekil 5.89) [72].



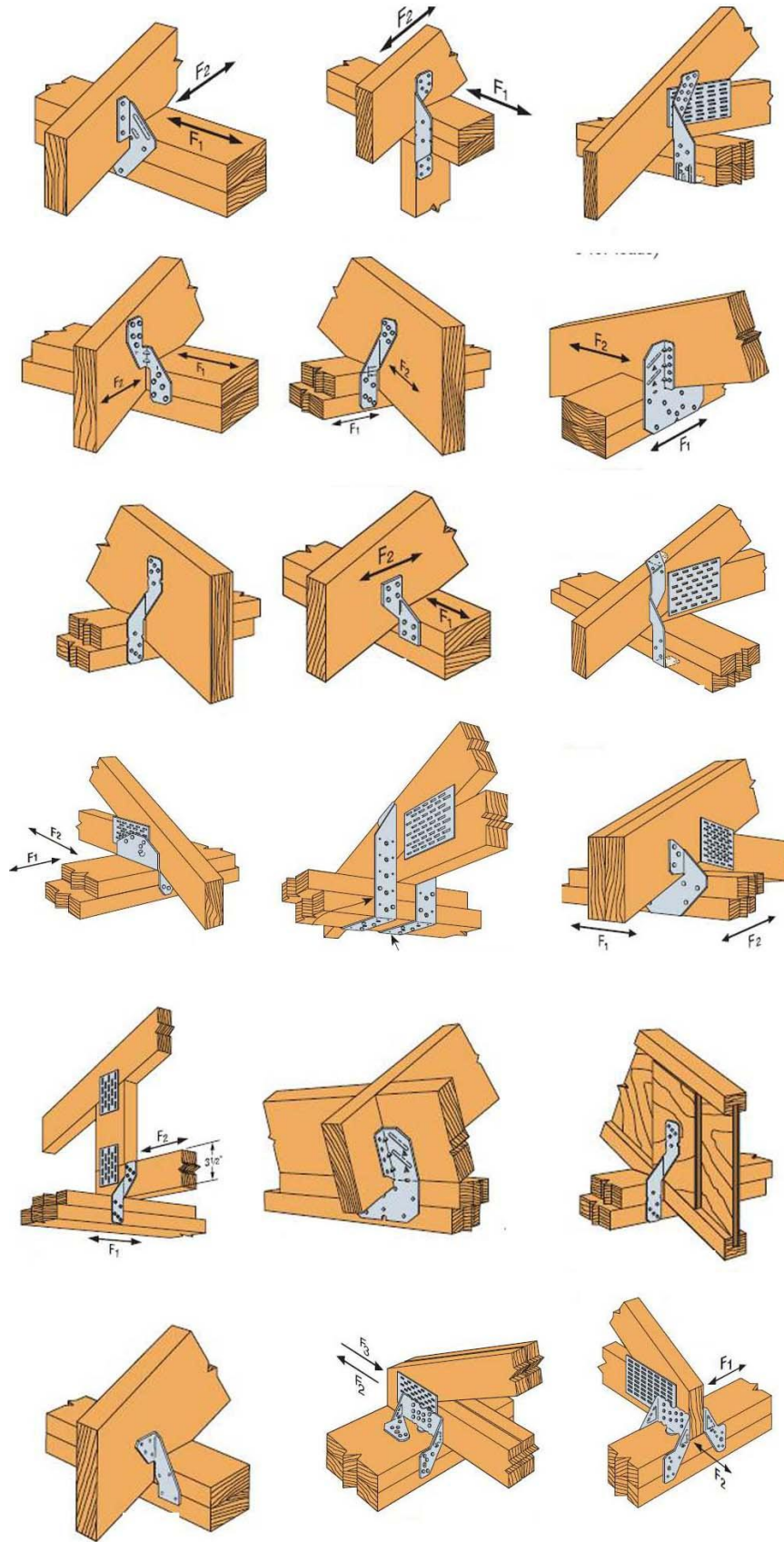
Şekil 5.89 Kalkan duvarlarının desteklenmesi [72]

Ahşap yapılarda saçaklar, farklı şekillerde oluşturulabilmektedir. Saçaklar, çoğunlukla merteklerin veya çatı makaslarının uzantısı olacak şekilde tasarlanmaktadır (Şekil 5.90). Saçakların altları, panellerle kaplanabileceği gibi kaplanmadan da kullanılabilir.

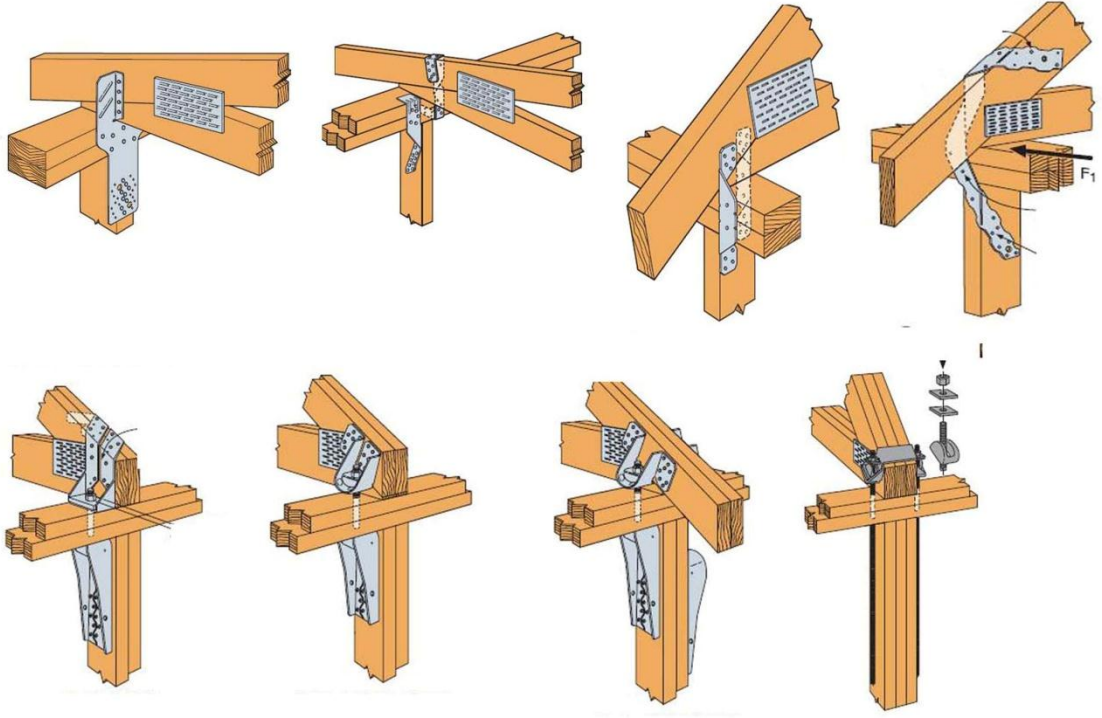


Şekil 5.90 Saçakların tasarlanması [33]

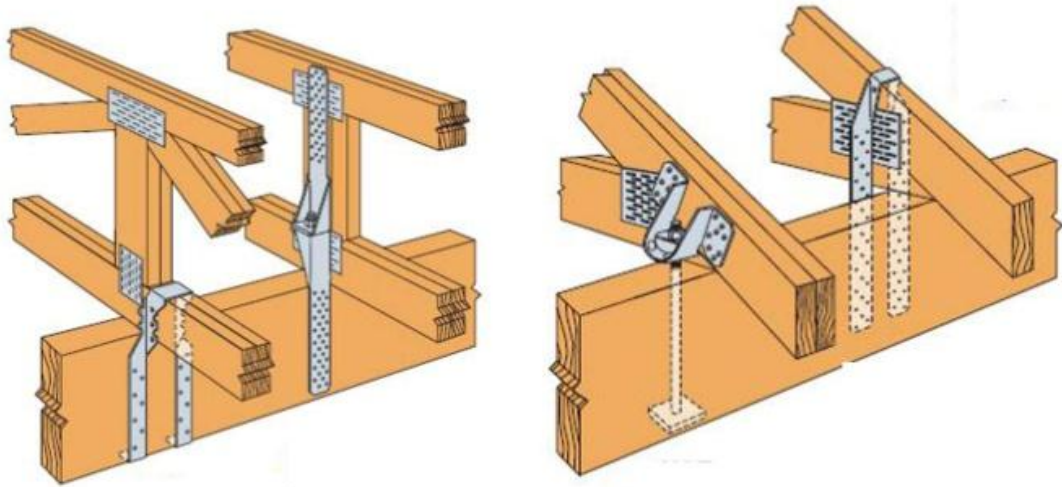
Çatı sistemi kurulduktan sonra, bütün merteklerin veya hazır çatı makaslarının, birbirlerine ve yapının taşıyıcı sistemine doğru bağlanması, rüzgârların neden olduğu kaldırma kuvveti etkisinin oluşmasını ve çatının uçmasını engellemektedir (Şekil 5.91, Şekil 5.92, Şekil 5.93).



Şekil 5.91 Çatı merteklerinin üst tabana bağlantısı [65], [69]



Şekil 5.92 Çatı merteklerinin dikmelere bağlantısı [65], [69]



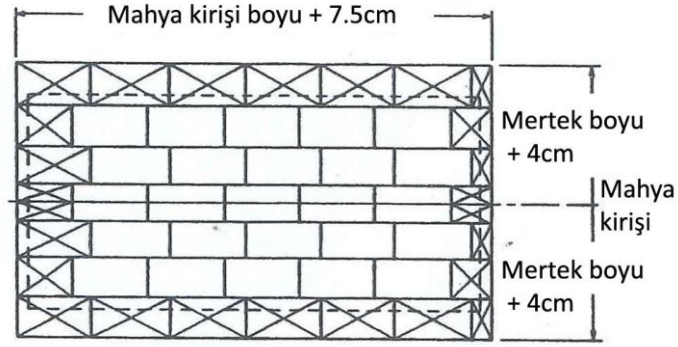
Şekil 5.93 Çatı merteklerinin alın tahtasına bağlantısı [69]

Çatı merteklerinin veya makasların üzerinin panellerle kaplanarak, hem stabilitenin sağlanması, hem de çatı kaplaması için alt yüzey oluşturulması gerekmektedir. Çatıların kaplanmasında çoğunlukla kontrplak levhalar kullanılmaktadır. Çatıların, maruz kaldığı yüklere göre, kontrplak kalınlıkları ve uygulama kıstasları değişiklik göstermektedir (Çizelge 5.27).

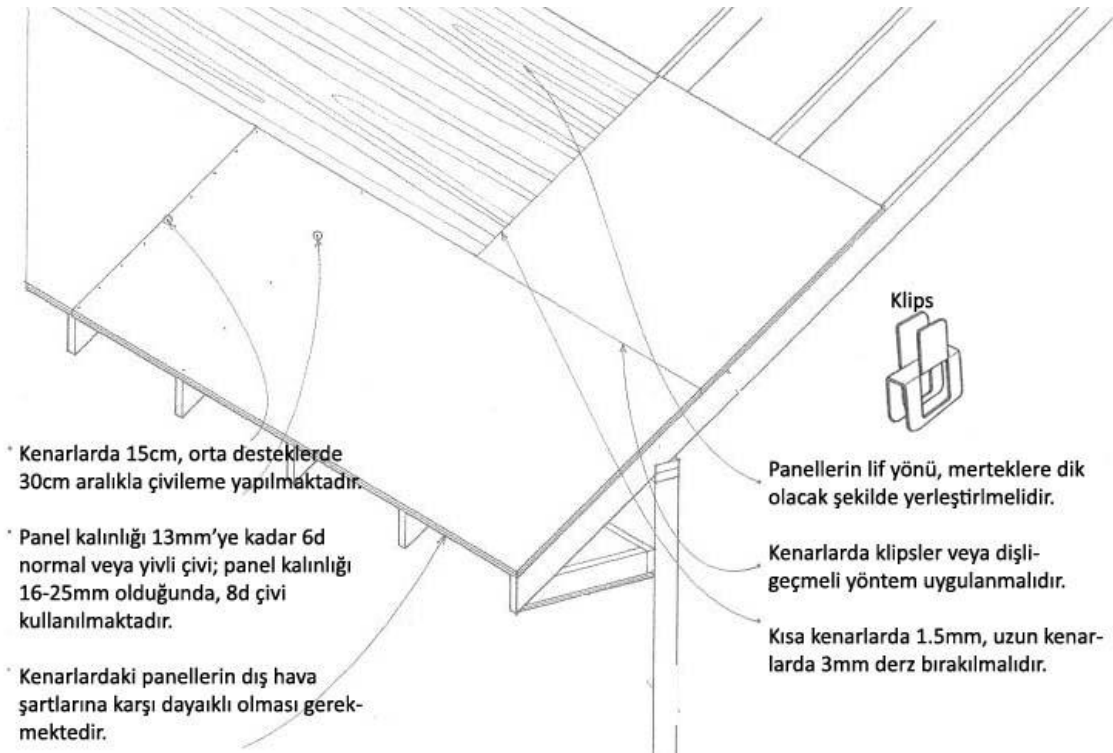
Çizelge 5.27 Kontrplak kaplama için önerilen yük değerleri [62]

Panel Sınıfları	Panel için Kiriş Aralığı (çatı/döşeme) (cm)	Panel Kalınlığı (mm)	Max. Mertek Aralığı (cm)		Tolere Edilen Canlı Yük Miktarları (kg/m <sup>2</sup> )								
			Kenar Destekli	Kenar Desteksiz	Mertek Aralığı (cm)								
					30	40	50	60	80	100	120	150	
APA RATED SHEATHING	30/0	9.5	30	30	145								
	40/0	9.5	40	40	340	145							
	50/0	9.5	50	50	585	245	145						
	60/0	9.5	60	50	925	490	290	145					
	60/40	11	60	60	925	490	315	195					
	80/40	12	80	70	1465	805	535	315	145				
	100/50	15	100	80		1340	950	585	290	145			
	120/60	18	120	90			1315	855	465	220	145		
	150/80	22	150	100				1490	805	490	340	170	
150/120	29	150	120				1490	805	490	340	170		
APA RATED STURD-I-FLOOR	40	15	60	60	900	490	315	195					
	50	15	80	80	1315	730	490	290	145				
	60	18	120	90		1170	780	490	245	145	100		
	80	22	120	100			1440	900	490	270	170		
	120	28	150	120				1415	780	490	315	195	

Kontrplakların lif yönleri, merteklere dik olacak şekilde yerleştirilmektedir. Kaplanmaya, saçakların uç noktasından başlanmakta ve mahyaya doğru, paneller şaşırtmalı olarak yerleştirilmektedir (Şekil 5.94, Şekil 5.95). Çatının her iki tarafı içinde aynı şekilde uygulama yapılmaktadır. Kenar kısımlarında kullanılacak olan kontrplakların, sudan veya nemden etkilenip dayanımını kaybetmemesi için, hava şartlarına karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Kontrplaklar, eğimli yüzeyler üzerine yerleştirildikleri için kayabilmektedirler. Bunun engellenebilmesi için, kontrplak kenarlarının dişli ve geçmeli sistemde olması veya panel aralarında klipslerin kullanılmalıdır. 120cm (48")'den büyük paneller için iki adet klips kullanılması gerekmektedir. Paneller döşenirken, uzun kenarlar arasında 3mm (1/8"), kısa kenarlar arasında 1.5mm (1/16") derz bırakılmalıdır. Nemin yoğun olduğu yerlerde, derz boşlukları iki katına çıkarılabilmektedir. Panellerin sabitlenmesi için kullanılacak çiviler, kontrplak kalınlığına göre değişiklik göstermektedir (Çizelge 5.28). 13mm (1/2") kontrplak için, 6d genel, yivli veya burgulu çivi; 16-25mm (5/8"-1") arasındaki kontrplaklar için 8d genel çivi; 28.5-31mm (1 1/8"-1 1/4") kontrplaklar için de, 8d yivli, burgulu veya 10d genel çivi kullanılmaktadır. Panel kenarlarında 15cm (6"), orta desteklerde ise 30cm (12") aralıklarla çivileme yapılmaktadır [31], [32].



Şekil 5.94 Çatı kaplamalarının yerleştirilmesi [32]



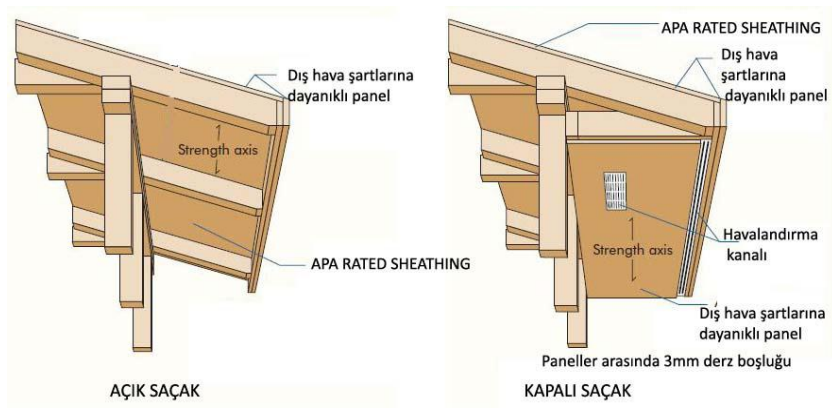
Şekil 5.95 Çatı kaplamalarının uygulanması [31], [32]

Çizelge 5.28 Çatıda kontrplak uygulama ölçütleri [62]

Panel Sınıfı	Panel Kalınlığı (mm)	Çivi Boyutu	Çivi Çeşidi	Max. Aralık (cm)	
				Panel Kenarlarında Çivileme (a)	Orta Desteklerde çivileme
APA A-C EXT APA B-C EXT APA C-CPLUGGED EXT	9	8d	Normal, Yivli veya Burgulu	15	30
	12,13	8d	Normal, Yivli veya Burgulu	15	30
	15,16	8d	Yivli veya Burgulu	15	30
	18,19	8d	Yivli veya Burgulu	15	30
	22	8d	Yivli veya Burgulu	15	30

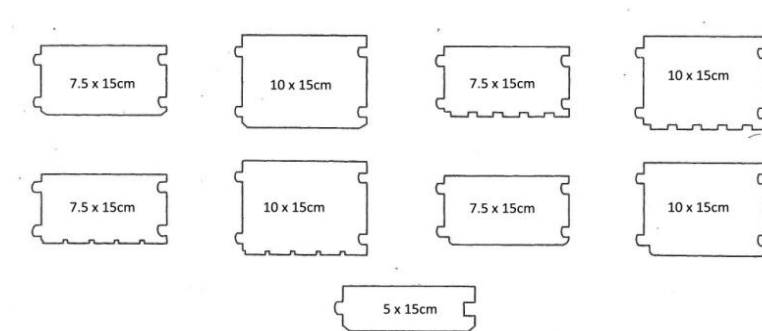
Çatıların diyafram şekilde oluşturulması, yatay kuvvet etkilerine karşı daha iyi dayanım sağlamaktadır. Çatıların, yatay kuvvet etkilerine karşı dayanım gösterebilmesi ve ahşap yapıda yatay kuvvet etkilerine bağlı olarak hasarların oluşmaması için, panellerin diyafram oluşturacak şekilde yatay olarak ve belirtilen uygulama kıstaslarına göre döşenmesi gerekmektedir. Çatılarda oluşturulacak diyaframlar, döşemelerdeki gibi kurgulanmaktadır. Bu nedenle Çizelge 5.14'deki kıstaslar, çatılar içinde geçerlidir.

Çatılarda oluşturulan saçaklarının altları, kullanıcının isteğine bağlı olarak kapatılabilmekte veya açık bırakılabilmektedir. Kaplanacak ise, kaplama için kullanılacak olan panelin hava şartlarına dayanıklı olması gerekmektedir (Şekil 5.96) [32].



Şekil 5.96 Açık ve kapalı saçak uygulaması [62]

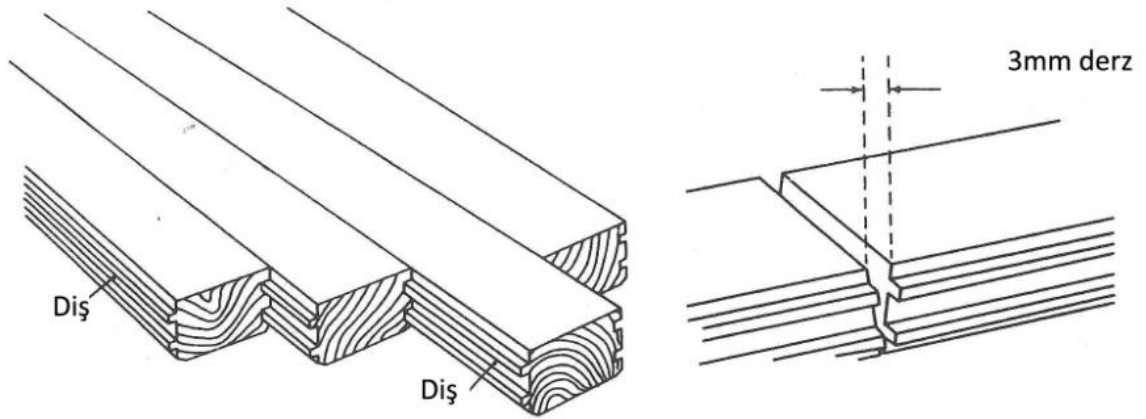
Çatıların kaplanmasında, masif ahşap elemanlarda kullanılabilir. Çatının alt kısmı, yapının içerisinden görünecek ise daha çok bu tür uygulamalar yapılmaktadır. Bu tür çatı kaplama uygulaması, oldukça uzun sürmekte ve kontrplak uygulamasındaki kadar yapıya dayanım sağlamamaktadır. Kaplama için, 2.5x15cm (1"x6")'lik veya 2.5 x 20cm (1"x8")'lik farklı kesitlere sahip ahşaplar kullanılabilir (Şekil 5.97).



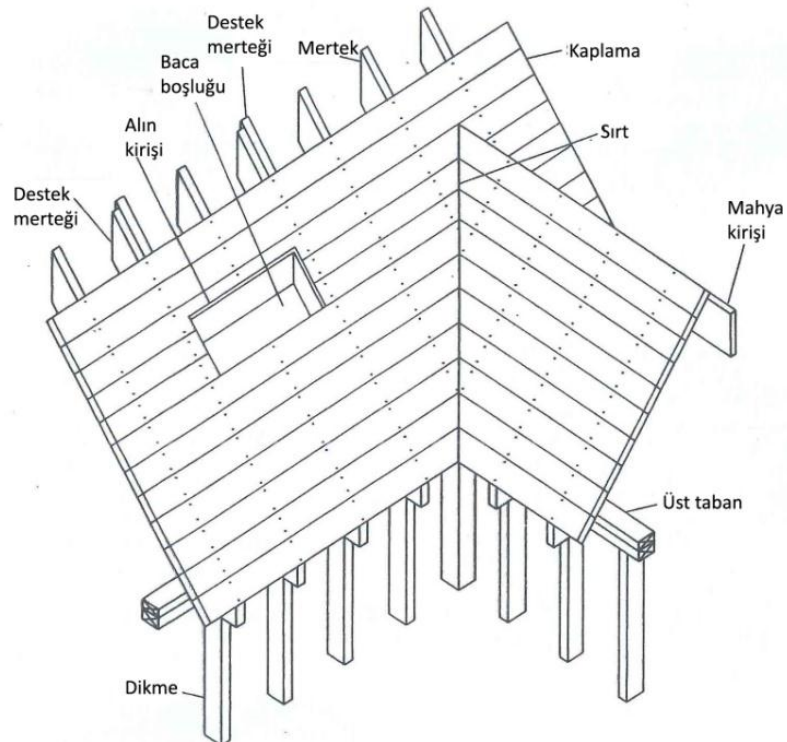
Şekil 5.97 Çatı kaplamasında kullanılan ahşap kesitleri [32]



Ahşapların birbirleri ile olan bağlantılarında, dişli-geçme sistemi kullanılmaktadır. Bu, kaplama malzemelerinin kaymasını engellemektedir. Bütün ahşapların kenarlarının 2<sup>0</sup>'lik açıyla kesilmesi ve aralarında 3mm (1/8") derz bırakılarak döşenmesi gerekmektedir (Şekil 5.98). Ahşapların merteklerle olan bağlantısında, 2 adet 20-25cm'lik çivi kullanılması gerekmektedir (Şekil 5.99).

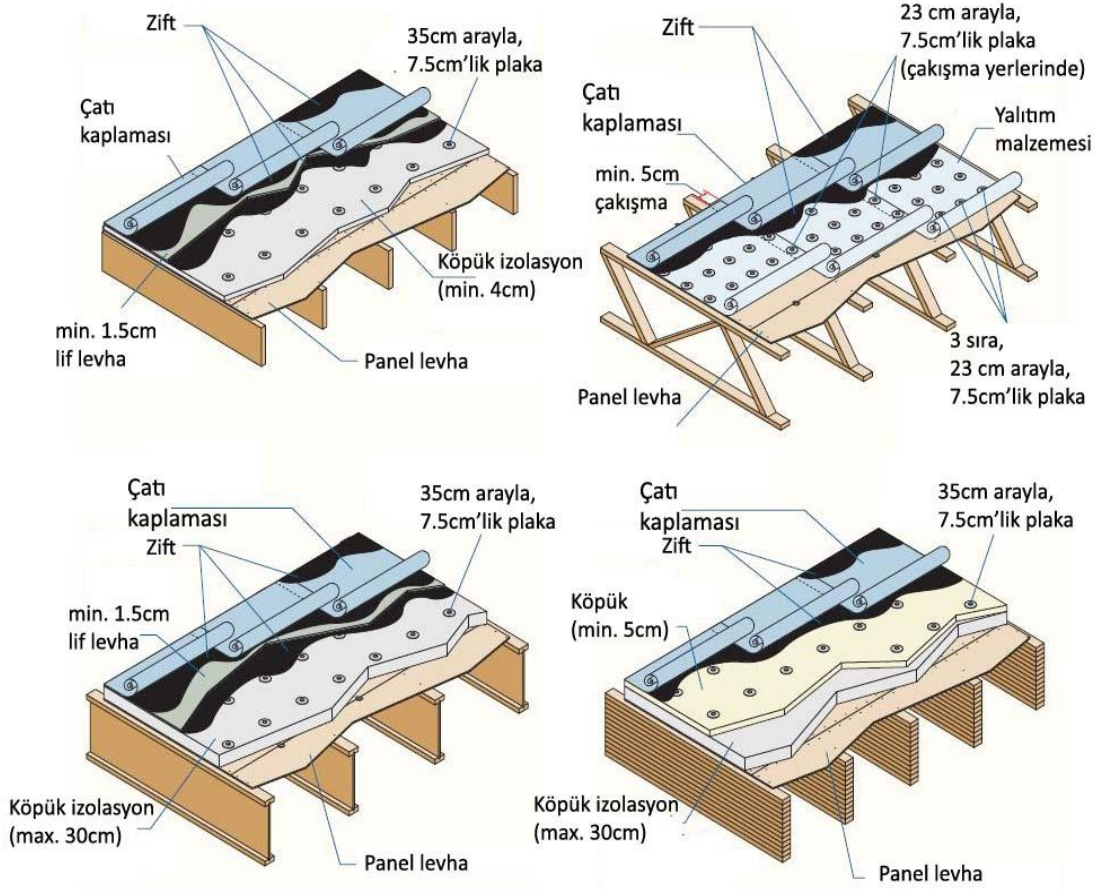


Şekil 5.98 Çatı kaplamalarında kullanılan ahşaplar [32]

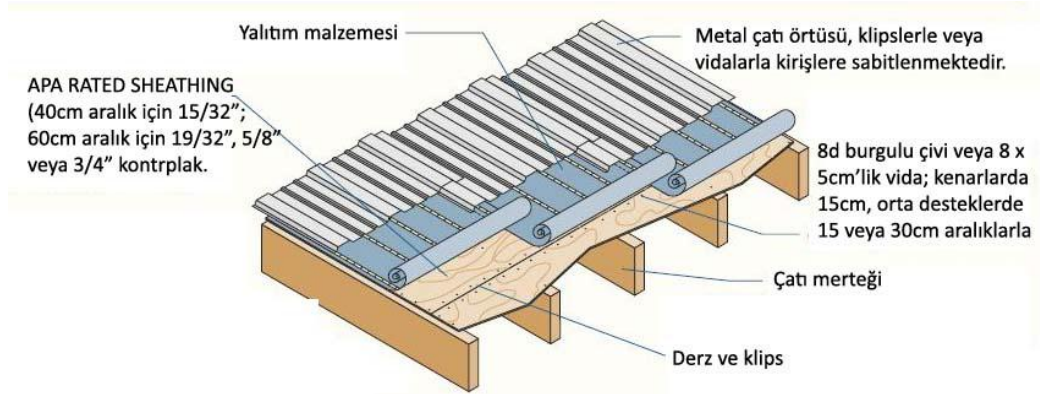


Şekil 5.99 Çatıda ahşap kaplama uygulaması [32]

Alt kaplaması tamamlanan çatıların, dış hava şartlarından etkilenmemesi için yalıtımın ve kaplamasının yapılması gerekmektedir. Bu kaplama uygulamaları, çatının rüzgâr kuvvet etkileri karşısındaki dayanımını arttırmaktadır. Böylece, çatılarda oluşabilecek alt kaplama kayıpları engellenebilmektedir. Aşağıdaki şekillerde, farklı uygulamalar gösterilmektedir (Şekil 5.100, Şekil 5.101).



Şekil 5.100 Çatı kaplama uygulamaları [62]



Şekil 5.101 Metal çatı kaplama uygulaması [62]

#### 5.4 Yatay Kuvvetlerin Ahşap Platform Çerçeve Yapılar Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Deprem ve rüzgâr kuvvetleri, ahşap yapılarda;

- Makaslama (Racking),
- Kayma (Sliding),
- Devrilme (Overturning),
- ve Kaldırma (uplift)

gibi tepkilerin oluşmasına neden olmaktadır.

Oluşan tepkiler sonucunda ahşap yapıların;

- temellerinde,
- zemin katlarında,
- taşıyıcı iskeletinde,
- duvarlarında ve duvar kaplama malzemelerinde,
- kapı ve pencere boşluklarında,
- garaj boşluklarında,
- çatılarında ve çatı kaplama malzemelerinde,
- kalkan duvarlarında
- ve bacalarında

hasarlar oluşmaktadır.

Yatay kuvvet etkisi altındaki ahşap platform çerçeve yapılarda, görülen davranışlar, oluşan hasarlar ve alınması gereken önlemlere, Çizelge 5.29'da değinilmektedir.

Çizelge 5.29 Yatay kuvvetlerin ahşap platform çerçeve yapılar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi

Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Yatay Kuvvetler Kapanmalı Davranışları	Yatay Kuvvet Etkilerinde Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Oluşan Hasarlar	Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Yatay Kuvvet Etkilerine Karşı Dayanıklı Olabilmeleri İçin:	Ahşap Platform Çerçeve Yapılarda Yatay Kuvvet Etkilerine Karşı Dayanıklı Olabilmeleri İçin:
MAKSÜM		<p>Zemin kat duvarlarında, geri döngü olmayan yanal desteklemeler olmayabilir. Yatay yüklemelere bağlı olarak, zemin kat duvarları pencere ve kapılarda, deformasyonlar veya kırılmalar oluşmaktadır.</p> <p>Zemin kat duvarlarında, kesme çukurlukları oluşmaktadır.</p> <p>Düvarlarda, malzeme eksenlikleri (kaplı bina, savaç) oluşmaktadır. Bağlı döşemeler (çatılar, balkonlar, teraslar) veya sınırlı kolon veya ağırlık korumaları bağlı olarak, zemin katlarda çökme etkilere uğrayabilir.</p> <p>Zemin kat çökmesine bağlı olarak, birinci katda çökme veya sınırlı hasarlar oluşmaktadır.</p> <p>Konut alanlarında deformasyonlar oluşmaktadır.</p>	<p>8 Çatı panellerinin, merdivenlere yerleştirilmesi.</p> <p>7 Tavan kirişlerinin, metal kapıya/döşer altına sabitlenmesi.</p> <p>6 Panellerin, kulhan döşerlerinin dayanımını sağlanması.</p> <p>5 Merdivenler, döşer üst tabanına sabitlenmesi.</p> <p>4 Döşer panellerinin birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi.</p> <p>3 Döşer panellerinin, altmalere sabitlenmesi.</p> <p>2 Döşer panellerinin, taban kırığına sabitlenmesi.</p> <p>1 Taban kirişinin, temel duvarına sabitlenmesi gerekmektedir.</p>
DEPİME + RİZGAR		<p>Ahşap yapı, bütün halinde temelden ayrılmakta veya kaymaktadır. Çökme etkilere uğrayabilmektedir.</p> <p>Vikâletimsiz bölümler kat duvarlarında, deformasyonlar oluşmaktadır.</p> <p>Yatay yüklemelere bağlı olarak zemin katlarda hasarlar ve ya çökme etkilere uğrayabilmektedir.</p> <p>Zemin katlarında çökme etkilere uğrayabilmektedir. Birinci katlarda hasarlar veya çökme etkilere uğrayabilmektedir.</p> <p>Temelden ayrılma ahşap yapı, bir bütün halinde veya kısmen olarak devrilmekte, yerinde çökme etkilere uğrayabilmektedir.</p>	<p>Çatı, hafif ve doğru kullanılması.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı kirişlerinin, metal kapıya/döşer altına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı panellerinin, kulhan döşerlerinin dayanımını sağlanması.</p> <p>Merdivenler, döşer üst tabanına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, altmalere sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, taban kırığına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Taban kirişinin, temel duvarına sabitlenmesi gerekmektedir.</p>
DEYİME		<p>Geri, kapa ve pencere gibi boşluk olan sayı duvarlarda, deformasyonlar, çökme etkilere veya kırılmalar oluşmaktadır.</p> <p>Zemin kat duvarlarında, çökme etkilere veya kırılmalar oluşmaktadır. Birinci katlarda deformasyonlar veya kırılmalar oluşmaktadır.</p> <p>Ahşap yapıları (sırt kaplı bina) duvarları, geri döngü olmayan yanal desteklemeler olmayabilir.</p> <p>Malzeme kırılmaları veya etkilere uğrayabilmektedir.</p>	<p>Döşer panellerinin, doğru kullanılması gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, altmalere sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, taban kırığına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Taban kirişinin, temel duvarına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı, hafif ve doğru kullanılması.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı kirişlerinin, metal kapıya/döşer altına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı panellerinin, kulhan döşerlerinin dayanımını sağlanması.</p> <p>Merdivenler, döşer üst tabanına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, altmalere sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, taban kırığına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Taban kirişinin, temel duvarına sabitlenmesi gerekmektedir.</p>
RİZGAR		<p>Çatı, hafif ve doğru kullanılması.</p> <p>Çatı kirişlerinin, metal kapıya/döşer altına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı panellerinin, kulhan döşerlerinin dayanımını sağlanması.</p> <p>Merdivenler, döşer üst tabanına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, altmalere sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, taban kırığına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Taban kirişinin, temel duvarına sabitlenmesi gerekmektedir.</p>	<p>Döşer panellerinin, doğru kullanılması gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, altmalere sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, taban kırığına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Taban kirişinin, temel duvarına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı, hafif ve doğru kullanılması.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı kirişlerinin, metal kapıya/döşer altına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Çatı panellerinin, kulhan döşerlerinin dayanımını sağlanması.</p> <p>Merdivenler, döşer üst tabanına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, birleşimlerinin, aynı kırılma (uzunluk) yönünde sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, altmalere sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Döşer panellerinin, taban kırığına sabitlenmesi gerekmektedir.</p> <p>Taban kirişinin, temel duvarına sabitlenmesi gerekmektedir.</p>

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya üzerinde kullanılan en eski yapı malzemelerinden biri olan ahşap, Türkiye'deki yapı üretiminde de belirli bir süreçte yer almış ve geleneksel konut kültüründe birçok ahşap yapı üretilmiştir. Gelişmiş ülkelerde, ahşap yapı sektörü günden güne geliştirilerek yeni ahşap yapılar üretilmekteyken, birçok nedenden dolayı Türkiye'de ahşap yapı sektöründen uzaklaşmaya başlanmıştır. Türkiye'deki ahşap yapı üretimi, ormanların azalması, nitelikli ağaçların bulunamaması, yer sıkıntısı, çok katlı konut ihtiyacı, yapı sektörüne daha ucuz ve kolay temin edilebilen yapı malzemelerinin girmesi ile yerini, betonarme ve çelik yapılara bırakmıştır. Bu süreç 1999 yılında meydana gelen Marmara depremlerine kadar devam etmiştir.

1999 yılında meydana gelen depremler, betonarme yapıların yıkılmasına bu yüzden de birçok kişinin hayatını kaybetmesine, ekonomik kayıpların oluşmasına neden olmuş ve alternatif yapı sistemleri arayışına gidilmiştir. Bölgede bulunan ahşap yapıların yatay kuvvet etkilerinden daha az hasar görmeleri, yıkılmaları durumunda da can kaybına neden olmamaları, ahşap yapıları inceleme konusu haline getirmiştir. Bölgede yapılan gözlemler sonucunda, ahşap yapıların hafif olması, yapıya etki eden yatay yük etkilerini sönmüleyebilmesi, esnek olmaları, ayrıca bağlantı noktalarının ve bu noktalarda kullanılan çivilerin çok olması, yapıya etki eden yatay yüklerin daha çok yoldan zemine iletilmesini sağlamaktadır. Elde edilen bu veriler sonucunda, ahşap yapıların yatay kuvvet etkilerine karşı daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmış, benzer kayıpların tekrar yaşanmaması için, ahşap yapı üretimi tekrar gündeme gelmiştir.

Dünyada, ahşap yapım sistemlerinin tasarımında ve sonrasında, uyulacak kuralları belirleyen birçok standart ve yönetmelik bulunmasına rağmen, kolay anlaşılabilir ve açıklayıcı Türkçe bir kaynak bulunmamaktadır. Yürürlükte olan birkaç yönetmelik ise oldukça yetersizdir. Bunun nedeni; yürürlükte olan yönetmeliklerin sadece iskelet yapım sistemlerini kapsamaması, diğer ahşap üretim sistemlerinden hiç bahsetmemesi, iki katla sınırlandırması, bitişik düzene izin vermemesi ve teknolojik gelişmelerin çok gerisinde kalmasıdır. Bu durum, ahşap yapı üretimini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, deprem ve rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapıları ne şekilde etkilediği, bu etkilerin sonucunda yapılarda oluşan tepki ve davranışlar, oluşabilecek hasarlar ve hasar nedenleri, bu hasarların oluşmaması ve dayanımın artırılması için, tasarım ve uygulama aşamalarında alınabilecek önlemler detaylı olarak bilinmemektedir. Bütün bu nedenlerden dolayı, deprem sonrasında ahşap yapı üretimi tekrar gündeme gelmiştir. Ancak, tasarımcının ve uygulayıcının hangi kıstasları dikkate alarak üretim yapacağı belli olmadığı için, ahşap yapı üretimi hayata geçirilememiştir.

Yukarıda belirtilen nedenler dikkate alınarak hazırlanan bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, Türkiye’de yürürlükte olan yönetmelik ve standartlardan, uygulanabilecek bütün ahşap yapım sistemlerinden ve ahşap yapılara etki eden deprem ve rüzgâr kuvvetlerinden ayrıntılı olarak bahsedilmiştir<sup>1</sup>. Çalışmanın ikinci aşamasında ise, ahşap yapıların deprem ve rüzgâr kuvvetleri karşısındaki davranışlarından, oluşan hasarlardan, hasar nedenlerinden ve alınabilecek önlemlerden bahsedilmiştir<sup>2</sup>.

Çalışma sırasında yapılan araştırmalar ve elde edilen bilgiler doğrultusunda çıkarılan sonuçlara, aşağıda değinilmektedir.

Ahşap yapılarda oluşan hasarlar,

- temel zemine ve yapıya uygun olarak yapılmamasından,
- zemin katların diğer katlara daha boşluklu olmasından,
- taşıyıcı iskeleti oluşturan ahşap elemanların boyutlarının uygun ve düzgün kesitli olmamasından,

---

<sup>1</sup> Bkz. Bölüm 2 ve Bölüm 3

<sup>2</sup> Bkz. Bölüm 4 ve Bölüm 5

- dayanımı sağlayacak payandaların veya yapısal panoların kullanılmamasından,
- kapı ve pencere boşluklarının çok fazla olmasından,
- çatıların ve kalkan duvarlarının, yapının taşıyıcı sistemine sabitlenmemesinden,
- bacaların yapıdan ayrı çalışmasından,
- elemanlar arasındaki zayıf, yetersiz ve eksik bağlantılar yüzünden doğru yük aktarımının sağlanamamasından,
- duvar, döşeme ve çatıdaki panoların ve kaplama malzemelerinin doğru sabitlenmemesinden,
- tasarımın deprem ve rüzgar kuvvetleri dikkate alınmadan yapılmasından,
- malzemede zamana bağlı nitelik kaybını oluşmasından,
- ve yangın, tsunami ve su baskınlarından

kaynaklanmaktadır.

Ahşap yapıların yatay kuvvet etkilerine karşı dayanıklı olabilmesi için;

- düşey ve yatay yük etkilerini taşıyabilecek şekilde tasarım yapılması,
- yapısal panolarla perde duvar ve diyaframların oluşturulması,
- yapısal panoların, döşemelere, duvarlara ve çatılara, standartlarda belirtildiği gibi sabitlenmesi,
- payandalarla yatay yüklerine karşı destekleme sağlanması,
- temel, duvar, döşeme ve çatının birbirine sabitlenerek, düşey yük aktarımının sağlanması,
- çerçeveleri oluşturan elemanlar arasında bağlantıların, standartlarda belirtildiği gibi yapılması ve bağlantı elemanlarının kullanılması,
- ahşap elemanların boyutlarının uygun ve düzgün kesitli olması,
- malzemede zamana bağlı bozulmaların engellenmesi

gerekmektedir.

Unutulmamalıdır ki deprem ve fırtına kaçınılmaz doğa olaylarıdır. Depremleri ve fırtınaları en az kayıpla atlatacak için, deprem ve rüzgâr kuvvetlerinin ahşap yapılara etkilerini anlamak ve önlem almak gerekmektedir. Mevcut bilgi birikimi ve teknoloji kullanılarak, tasarımlar bu doğrultuda yapılmalıdır. Hazırlanan bu tezin, akademik çalışma olmasının yanı sıra, tasarımcının ve uygulayıcının kullanabileceği, bir Türkçe

başvuru kaynağı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, Türkiye’de halen yürürlükte ancak yetersiz olan ahşap yapı yönetmeliklerin, günün koşullarına uygun olarak değiştirilmesi için, bir ön çalışma niteliği taşıdığı da düşünülmektedir. Yönetmeliklerin yenilenmesi, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen, ayrıca geleneksel kültürümüz olan ahşap yapı üretiminin hız kazanmasına neden olması beklenmektedir.



## KAYNAKLAR

---

- [1] Çokcan, B. ve Brell, S., (2003). Deprem ile Yaşamak, Dünya Yayıncılık, İstanbul.
- [2] Bilici, S., (2006). Ahşap Konut Üretim Sistemleri; Almanya Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [3] Çakır, S., (2000). Geleneksel Karadeniz Ahşap Konut yapım Yönteminin Çağdaş Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Erşen, N., (1976). Ahşap Yapılar Problem ve Çözümleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [5] Duman, N. ve Ökten, S., (1988). Ahşap Yapı Dersleri 1, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- [6] Toğay, A., (2002). Ahşap Yapılar, Türkiye’de Ahşap Yapı Endüstrisinin Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [7] Erkoç, E., (2004). Günümüz Teknolojisiyle Üretilen Ahşap Konutların Tasarım-Uygulama- Kullanım Üçgeninde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Türkçü, Ç., (2004). Yapım, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [9] DIN 1052, (1988). Structural Use of Timber, International Organization for Standardization, Almanya.
- [10] TSE 647, (1979). Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TSE, Birinci Baskı, Ankara.
- [11] Bayülke, N., (1977). “Türkiye’deki konut Yapılarının Depremlerde Davranışları”, Mimarlık Dergisi, 153: 40-48.
- [12] Avlar, E., (2008), “Türkiye’de Ahşap Yapı Üretimine Yönelik Durum Tespiti”, Mimarlıkta Malzeme Dergisi, 8: 71-76.
- [13] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (1998). TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.
- [14] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.

- [15] Avlar, E., (1995). Türkiye'deki Konut Açığının Giderilmesinde Ön Yapımlı Ahşap Konut Üretiminin Uygulanabilirliği Yönünde Bir Model Araştırması (Bursa Örneği), Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] Yiğma Sistem Konut Örneği, <http://www.thetimbersmiths.com>, Mart 2011.
- [17] Avlar, E. ve Limoncu, S., (2001). "Yapı Malzemesi Olarak Ahşap ve Ahşap Yapı Sistemleri", Yapı Dergisi, 241: 87-90.
- [18] Dikmeli Yiğma Sistem Konut Örneği, <http://www.firmasec.com>, Mart 2011.
- [19] Götz, K., Hoor, D., Möhler, K. ve Natterer, J., (1989). Timber Design and Construction Sourcebook, McGraw-Hill Publishing Company, USA.
- [20] Milne, D.F., (1984), The Handbook of Canadian Log Building, [http://www.ebookee.net/The-handbook-of-Canadian-log-building\\_195935.html](http://www.ebookee.net/The-handbook-of-Canadian-log-building_195935.html), Mart 2011.
- [21] Güray, A., (2000). "Yiğma Ahşap Kütük Evler", Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, 172:70-73.
- [22] Kütük Yiğma Konut Örneği, <http://www.swedishlogcabins.info>, Nisan 2011.
- [23] Blok Yiğma Duvar Detayları, [www.ahsapcev.com.tr](http://www.ahsapcev.com.tr), Nisan 2011.
- [24] Yiğma Çatı Sistem Örneği, <http://www.sitkaloghomes.com>, Nisan 2011.
- [25] Yiğma Makas Çatı Örneği, <http://api.ning.com>, Mayıs 2011.
- [26] Bardavit, D., (1992). Ahşap İskelet Yapıda Taşıyıcılık ve Koruyuculuk Sorunları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [27] Burchell, J. ve Sunter, F.W., (1987). Design and Build in Timber Frame, Longman Scientific & Technical, England.
- [28] Avlar, E., (2003). "Ahşap Çerçeve Yapıların Strüktürel Tasarımı", Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, 15-16 Şubat 2002, İstanbul.
- [29] Allen, E., (1999). Fundamentals of Building Construction Materials and Methods, Third Edition, John Wiley & Sons, USA.
- [30] Yıldırım, A., (2009). Ahşap Platform Çerçeve Sistem, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] Ching, F.D.K., (2008). Building Construction Illustrated, Fourth Edition, John Wiley & Sons, New Jersey.
- [32] Miller, M.R., Miller R. ve Baker, G., (2004). Carpentry & Construction, Fourth Edition, McGraw-Hill Publishing Company, USA.
- [33] Thallon, R., (2008). Graphic Guide to Frame Construction, Third Edition, The Tauton Press, Newtown.
- [34] APA-The Engineered Wood Association (1999). Introduction to Lateral Design, <http://www.apawood.org/>, Ocak 2012.
- [35] Merritt, F. ve Ricketts, J., (2000). Building Design and Construction Handbook, Sixth Edition, McGraw-Hill Publishing Company, USA.

- [36] Özşen, G. ve Yamantürk, E., (1991). Taşıyıcı Sistem Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [37] Place, W., (2007). Architectural Structures, John Wiley & Sons, New Jersey, USA.
- [38] Eyidoğan, H. ve Barka, A., (1996). Deprem ve Deprem Kaynakları, Türkiye Deprem Vakfı (TDV).
- [39] Tüysüz, O., (2003). “Deprem ve Türkiye”, Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, 15-16 Şubat 2002, İstanbul.
- [40] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Depremle İlgili Teknik Bilgiler, [www.deprem.gov.tr](http://www.deprem.gov.tr), Ağustos 2011.
- [41] Aksoy, D., (2003). Geleneksel Ahşap Karkas Yapıların Deprem Davranışları, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [42] Çamlıbel, N., (1994). Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarım İlkeleri, Y.T.Ü., Üniversitesi Yayınları, 288, İstanbul.
- [43] Ambrose, V. ve Vergun, D., (1995). Simplified Building Design for Wind and Earthquake Forces, Third Edition, John Wiley & Sons, New York.
- [44] Timur, T., (2003). “Yer Sarsıntılarının Yapılar Üzerindeki Etkileri”, Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu 15-16 Şubat 2002, Mimarlar Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.
- [45] Aydınoğlu, N. ve Erdik, M., (1995). 17 Ocak 1995 Hyogo-Ken Nanbu (Kobe) Depremi Gözlem ve Değerlendirme Raporu, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 563, İstanbul.
- [46] Northridge Depremi, Kanto Depremi Sonrasında Çıkan Yangınlar, Gediz Depremi Sonrası Çıkan Yangınlar, Hugo Kasırgası, Katrina Kasırgası, <http://en.wikipedia.org>, Ekim 2011, Şubat 2012.
- [47] Sayıl, B., (2002). “Depreme Dayanıklı Ahşap Yapılar”, Yapı Malzemeleri ve Deprem Semineri Bildirileri, 14–16 Mart 2001, İstanbul.
- [48] Loma Pritea Depremi, <http://www.celebratingeqsafety.com>, Ekim 2011.
- [49] Loma Pritea Depremi, <http://calemanews.wordpress.com>, Aralık 2011.
- [50] Avlar, E. ve Ekşi, D., (2003). “Yatay Kuvvetlerin Ahşap Çerçeve Yapılar Üzerindeki Etkisi ve Alınması Gereken Önlemler”, I.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 9-13 Ekim 2002, 1.Cilt, İstanbul.
- [51] Prepare Your Home for Earthquakes and High Winds, <http://www.safestronghome.com/>, Şubat 2012.
- [52] APA-The Engineered Wood Association (1997). Earthquake Safeguards, <http://www.apawood.org/>, Ocak 2012.
- [53] Prepare Your Home for Earthquake, Seismic Retrofit Guide, <http://www.safestronghome.com/earthquake/>, Şubat 2012.
- [54] Ayscue, J., Hurricane Damage to Residential Structures: Risk and Mitigation, <http://www.colorado.edu/IBS/hazards/publications/wp/wp94/wp94.html>, Aralık 2011.

- [55] Tibbetts, J., Racing to Catch Up: South Florida's Battle Over Building Codes, <http://www.scseagrant.org/Content/?cid=111#andrew>, Aralık 2011.
- [56] Andrew Kasırgası, <http://www.fema.gov/>, Nisan 2012.
- [57] Gopu, V. ve Levitan, M., Impact of Hurricane Katrina on Wood Frame Construction Standarts in the U.S. Gulf Coast Region, [http://www.ewpa.com/Archive/2010/june/Paper\\_022.pdf](http://www.ewpa.com/Archive/2010/june/Paper_022.pdf), Kasım 2011.
- [58] Cushman, T., (2007), Solving the Uplift Puzzle, <http://www.coastalcontractor.net/pdf/2007/0707/0707solv.pdf>, Kasım 2011.
- [59] Lindt, J., Graettinger, A., Gupta, R., Skaggs T., Pryor, S. Ve Fridley, K., Performance of Wood Frame Structures During Hurricane Katrina, <http://www.cof.orst.edu/cof/wse/faculty/gupta/PDF/Performance%20of%20Wood-Frame%20Structures%20During%20Hurricane%20Katrina.pdf>, Ekim 2011.
- [60] APA-The Engineered Wood Association (2011), Tornados of the South Structural Performance of Newly Constructed Homes in North Carolina, Alabama and Georgia, <http://www.apawood.org/>, Ekim 2011.
- [61] APA-The Engineered Wood Association (2006). Hurricane Katrina Structural Performance of Wood-Frame Buildings in the Aftermath, <http://www.apawood.org/>, Ekim 2011.
- [62] APA-The Engineered Wood Association (2011). Engineered Wood Construction Guide, <http://www.apawood.org/>, Şubat 2012.
- [63] AWC- American Wood Council (2001). Details for Conventional Wood Frame Construction, American Forest & Paper Association, <http://www.awc.org/pdf/wcd1-300.pdf>, Eylül 2011.
- [64] Porter, B. ve Christoper, T., (2002), Carpentry and Joinery, Third Edition, Elsevier Butterworth Heinmann, Amsterdam.
- [65] Simpson Strong-Tie Company, Wood Construction Connectors 2011–2012, <http://www.strongtie.com/literature/c-2011.html?source=linklist>, Mayıs 2011.
- [66] Erman, E., (2002), Deprem Bilgisi ve Deprem Güvenli Mimari Tasarım, ÖDTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, 2002/1, Ankara.
- [67] APA-The Engineered Wood Association (2011). Building High Wind Resistance in Light-Frame Constructions,
- [68] Marshall, T., Bunting, W. ve Weithorn, J., Procedure for Assesing Wind Damage to Wood- Framed Residences, <https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/52226.pdf>
- [69] Simpson Strong-Tie Company, High Wind Resistance Construction, <http://www.strongtie.com/literature/c-hw09.html>, Mayıs 2011.
- [70] ICC, (2000). International Building Code, International Code Council, Washington DC.
- [71] TS EN 1995-1-2, (2005). Eurocode 5- Ahşap Yapıların Projelendirilmesi- Bölüm 1-2: Genel Kurallar- Yapısal Yangın Projelendirilmesi, Ankara.

- [72] FEMA, Protecting Against Wind Damage, <http://training.fema.gov/EMIWeb/IS/IS394A/03wind-0306.pdf>, Nisan 2012.
- [73] Hasol, D., ( 2005). Mimarlık ve Yapı Sözlüğü, Üçüncü Baskı, Yapı Yayın, İstanbul.

## DEPREM- ŞİDDET ETKİ TABLOLARI

Çizelge EK-1.1: Şiddet cetveli [38]

ŞİDDET	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8	8,4

Çizelge EK-1.2: Magnitüd- şiddet Karşılaştırması [38]

MAGNİTÜD	ŞİDDET	AÇIKLAMA
1,0-3,0	I	Hemen hemen hiç hissedilmez
3,0-3,9	II	Özellikle üst katlardaki bazı insanlar tarafından hissedilebilir. Binalarda bulunanlar, özellikle üst katlarda yaşayanlar açıkça hissederler. Birçok insan sarsıntının deprem olduğunu fark edemez.
	III	Duran araçlar hafifçe sallanır. Sarsıntı, büyükçe bir kamyonun geçişi sırasındaki sarsıntıyı andırır. Başlama ve bitişi insanlar tarafından hissedilebilir.
4,0-4,9	IV	Gündüz vakti binalarda bulunan hemen herkes tarafından hissedilir, dışarıda bulunanların çok azı sarsıntıyı hisseder. Gece vakti bazılarını uykudan uyandırır. Tabaklar, pencereler ve kapılar sarsıntının etkisi ile titreşime geçer; duvarlardan çatlıyormuşçasına sesler gelir. Büyük bir tırın binaya çarpmasına benzer bir etki uyandırır. Duran araçlar görünür bir şekilde sallanır.
	V	Hemen hemen herkes tarafından hissedilir ve gece vakti çoğu insanı uykusundan uyandırır. Bazı pencereler ve tabaklar kırılır. Dengesiz nesnelere devrilir. Sarkaçlı saatler durabilir
	VI	Herkes tarafından hissedilir ve korku verir. Bazı ağır mobilyalar hareket eder; sıvalarda dökülmeler gözlenir. Genel olarak hafif hasarla sonuçlanır.
5,0-5,9	VII	Dizaynı ve inşaatı çok iyi olan yapılarda göz ardı edilebilecek bir hasara yol açarken; iyi inşa edilmiş sıradan binalarda hafif ya da orta ölçüde hasar gözlenir; kötü malzeme kullanılmış ya da kötü dizayn edilmiş binalarda önemli ölçüde hasara neden olur. Bazı bacalar yıkılır.
6,0-6,9	VIII	Özel olarak dizayn edilmiş binalarda hafif hasar; normal yapılarda orta hasar zayıf binalarda ise oldukça büyük hasara yol açar. Bacalar devrilir, üst üste yerleştirilmiş malzemeler devrilir, duvar ve kolonlar yıkılır. Ağır mobilyalar devrilir.
	IX	Özel olarak dizayn edilmiş binalarda orta ölçekte hasar oluşurken; iyi dizayn edilmiş kafes yapılar ekseninden kayar. Normal binalarda büyük hasar oluşur ve yer yer yıkılmalar gözlenir. Binalar temellerinden kayarlar
7,0 ve üzeri	X	İyi inşa edilmiş ahşap yapılardan bazıları yıkılırken; taş ve kafes yapıların büyük bir çoğunluğu temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolları eğilir.
	XI	Birkaç yapı (özellikle taş) dışında tüm binalar ve köprüler yıkılır. Demiryolları büyük oranda eğilir ve bükülür.
	XII	Bütün binalar yerle bir olur. Ufuk çizgisi oynak bir yüzeye dönüşür. Nesnelere havada uçar.

Çizelge EK- 1.3: Yapı Türleri [38]

YAPI TÜRÜ	AÇIKLAMA
A	Kırsal konutlar, kerpiç yapılar, kireç yada çamur harçlı moloz taş yapılar.
B	Tuğla yapılar, yarım kagir yapılar, kesme taş yapılar, beton biriket ve hafif prefabrike yapılar.
C	Betonarme yapılar, iyi yapılmış ahşap yapılar.

Çizelge EK–1.4: Mercalli şiddet Cetveli [38]

Şiddet çizelgelerinin açıklanmasında her şiddet derecesi üç bölüme ayrılmıştır. Bunlardan;

- (a) bölümünde depremin kişi ve çevre,
- (b) bölümünde depremin her tipteki yapılar,
- (c) bölümünde de depremin arazi üzerindeki etkileri belirtilmiştir.

ŞİDDET	ŞİDDET ETKİSİ	ŞİDDET DERESESİ	AÇIKLAMA
I	Duyulmayan	a	Titreşimler insanlar tarafından hissedilmeyip, yalnız sismograflar tarafından kaydedilirler.
II	Çok Hafif	a	Sarsıntılar yapıların en üst katlarında, dinlenme bulunan az kişi tarafından hissedilir.
III	Hafif	a	Deprem ev içerisinde az kişi, dışarıda ise sadece uygun şartlar altındaki kişiler tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen hafif bir kamyonetin meydana getirdiği sallantı gibidir. Dikkatli kişiler, üst katlarda daha belirli olan asılmış eşyalardaki hafif sallantıyı izleyebilirler.
IV	Orta şiddetli	a	Deprem ev içerisinde çok, dışarıda ise az kişi tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen ağır yüklü bir kamyonun oluşturduğu sallantı gibidir. Kapı, pencere ve mutfak eşyaları v.s. titrer, asılı eşyalar biraz sallanır. Ağzı açık kaplarda olan sıvılar biraz dökülür. Araç içerisindeki kişiler sallantıyı hissetmezler.
V	Şiddetli	a	Deprem, yapı içerisinde herkes, dışarıda ise çok kişi tarafından hissedilir. Uyumakta olan çok kişi uyanır, az sayıda dışarı kaçan olur. Hayvanlar huysuzlanmaya başlar. Yapılar baştan aşağıya titrerler, asılmış eşyalar ve duvarlara asılmış resimler önemli derecede sarsılır. Sarkaçlı saatler durur. Az miktarda sabit olmayan eşyalar yerlerini değiştirebilirler ya da devrilebilirler. Açık kapı ve pencereler şiddetle itilip kapanırlar, iyi kilitlenmemiş kapalı kapılar açılabilir. İyice dolu, ağzı açık kaplardaki sıvılar dökülür. Sarsıntı yapı içerisine ağır bir eşyanın düşmesi gibi hissedilir.
		b	A tipi yapılarda hafif hasar olabilir.
		c	Bazen kaynak sularının debisi değişebilir.
VI	Çok Şiddetli	a	Deprem ev içerisinde ve dışarıda hemen herkes tarafından hissedilir. Ev içerisinde birçok kişi korkar ve dışarı kaçarlar, bazı kişiler dengelerini kaybederler. Evcil hayvanlar ağıllandıktan dışarı kaçarlar. Bazı hallerde tabak, bardak, v.s. Gibi cam eşyalar kırılabilir, kitaplar raflardan aşağıya düşerler. Ağır mobilyalar yerlerini değiştirirler.
		b	A tipi çok ve B tipi az yapılarda hafif hasar ve A tipi az yapıda orta hasar görülür.
		c	Bazı durumlarda nemli zeminlerde 1 cm.genişliğinde çatlaklar olabilir. Dağlarda rastgele yer kaymaları, pınar sularında ve yeraltı su düzeylerinde değişiklikler görülebilir.

VII	Hasar Yapıcı	a	Herkes korkar ve dışarı kaçar, pek çok kişi oturdukları yerden kalkmakta güçlük çekerler. Sarsıntı, araç kullanan kişiler tarafından önemli olarak hissedilir.
		b	C tipi çok binada hafif hasar, B tipi çok binada orta hasar, A tipi çok binada ağır hasar, A tipi az binada yıkıntı görülür.
		c	Sular çalkalanır ve bulanır. Kaynak suyu debisi ve yeraltı su düzeyi değişebilir. Bazı durumlarda kaynak suları kesilir ya da kuru kaynaklar yeniden akmaya başlar. Bir kısım kum çakıl birikintilerinde kaymalar olur. Yollarda heyelan ve çatlama olabilir. Yeraltı boruları ek yerlerinden hasara uğrayabilir. Taş duvarlarda çatlak ve yarıklar oluşur.
VIII	Yıkıcı	a	Korku ve panik meydana gelir. Araç kullanan kişiler rahatsız olur. Ağaç dalları kırılıp, düşer. En ağır mobilyalar bile hareket eder ya da yer değiştirerek devrilir. Asılı lambalar zarar görür.
		b	C tipi çok yapıda orta hasar, C tipi az yapıda ağır hasar, B tipi çok yapıda ağır hasar, A tipi çok yapıda yıkıntı görülür. Boruların ek yerleri kırılır. Abide ve heykeller hareket eder ya da burkular. Mezar taşları devrilir. Taş duvarlar yıkılır.
		c	Dik şevli yol kenarlarında ve vadi içlerinde küçük yer kaymaları olabilir. Zeminde farklı genişliklerde cm.ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Göl suları bulanır, yeni kaynaklar meydana çıkabilir. Kuru kaynak sularının akıntıları ve yeraltı su düzeyleri değişir.
IX	Çok Yıkıcı	a	Genel panik. Mobilyalarda önemli hasar olur. Hayvanlar rastgele öte beriye kaçar ve bağırır.
		b	C tipi çok yapıda ağır hasar, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda yıkıntı, B tipi az yapıda fazla yıkıntı ve A tipi çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Heykel ve sütunlar düşer. Bentlerde önemli hasarlar olur. Toprak altındaki borular kırılır. Demiryolu rayları eğrilip, bükülür yollar bozulur
		c	Düzlük yerlerde çokça su, kum ve çamur tasmaları görülür. Zeminde 10 cm. genişliğine dek çatlaklar oluşur. Eğimli yerlerde ve nehir teraslarında bu çatlaklar 10 cm.den daha büyüktür. Bunların dışında, çok sayıda hafif çatlaklar görülür. Kaya düşmeleri, birçok yer kaymaları ve dağ kaymaları, sulara büyük dalgalanmalar meydana gelebilir. Kuru kayalar yeniden sularla, sulu olanlar kurur.
X	Ağır Yıkıcı	b	C tipi çok yapıda yıkıntı, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda fazla yıkıntı, A tipi pek çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Baraj, bent ve köprülerde önemli hasarlar olur. Tren yolu rayları eğrilir. Yeraltındaki borular kırılır ya da eğrilir. Asfalt ve parke yollarda kasisler oluşur.
		c	Zeminde birkaç desimetre ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Bazen 1 m. genişliğinde çatlaklar da olabilir. Nehir teraslarında ve dik meyilli yerlerde büyük heyelanlar olur. Büyük kaya düşmeleri meydana gelir. Yeraltı su seviyesi değişir. Kanal, göl ve nehir suları karalar üzerine taşar. Yeni iyi yapılmış yapılarda, köprülerde, su bentleri, barajlar ve tren yolu raylarında tehlikeli hasarlar olur. Yol ve caddeler kullanılmaz hale gelir. Yeraltındaki borular kırılır.
XI	Çok Ağır Yıkıcı	b	İyi yapılmış yapılarda, köprülerde, su bentleri, barajlar ve tren yolu raylarında tehlikeli hasarlar olur. Yol ve caddeler kullanılmaz hale gelir. Yeraltındaki borular kırılır.
		c	Yer, yatay ve düşey doğrultudaki hareketler nedeniyle geniş yarıklar ve çatlaklar tarafından önemli biçimde bozulur. Çok sayıda yer kayması ve kaya düşmesi meydana gelir. Kum ve çamur fıskırmaları görülür.
XII	Yok Edici	b	Pratik olarak toprağın altında ve üstündeki tüm yapılar baştanbaşa yıkıntıya uğrar.
		c	Yer yüzeyi büsbütün değişir. Geniş ölçüde çatlak ve yarıklarda, yatay ve düşey hareketlerin yön miktarları izlenebilir. Kaya düşmeleri ve nehir versanlarındaki göçmeler çok geniş bir bölgeyi kaplarlar. Yeni göller ve çağlayanlar oluşur.




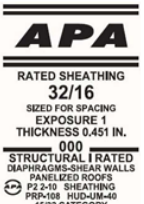







## ÇİVİLEME KISTASLARI

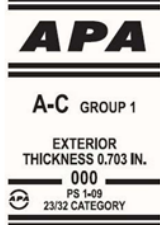
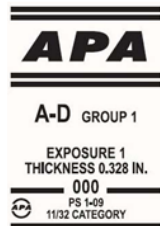

BAĞLANTI YAPILACAK ELEMANLAR	ÇİVİ ÖZELLİĞİ	ÇİVİLEME ŞEKLİ
Döşeme kirişi- taban yastığı veya kiriş	3 x 8d	Eğik
Döşeme kirişi destekleme	2 x 8d	Eğik
2.5x15cm'lik döşeme kaplaması- döşeme kirişi	2 x 8d	Paralel
2.5x15cm'den daha geniş döşeme kaplaması- döşeme kirişi	3 x 8d	Paralel
5cm'lik döşeme kaplaması-döşeme kirişi veya kiriş	2 x 16d	Paralel
Alt başlık-döşeme kirişi veya kiriş	16d - 40cm ara	Paralel
Üst başlık- Paralelme	2 x 16d	Dik
Paralelme- alt başlık	4 x 8d	Eğik
	2 x 16d	Dik
Çift Paralelme	16d- 60cm ara	Paralel
Çift üst taban	16d- 40cm ara	Paralel
Döşeme kirişi destekleme veya mertek- üst taban	3 x 8d	Eğik
Kenar kiriş- üst başlık	8d- 15cm ara	Eğik
Üst başlık bindirmesi	2 x 16d	Paralel
İki parça hatıl	16d-40cm ara	Paralel
Tavan kirişi-üst başlık	3 x 8d	Eğik
Hatıl-Paralelme	4 x 8d	Eğik
Bölme üzeri tavan kirişi bindirmesi	min. 3 x 16d	Paralel
Merteklere paralel tavan kirişi	min. 3 x 16d	Paralel
Mertek-üst başlık	3 x 8d	Eğik
2.5cm'lik diyagonal- Paralelme ve başlık	2 x 8d	Paralel
2.5x20cm'lik kaplama- taşıyıcı duvar	2 x 8d	Paralel
2.5x20cm'den daha geniş kaplama- taşıyıcı duvar	3 x 8d	Paralel
Birleştirilmiş köşe Paralelmeleri	16d - 40 ve 60cm ara	Dik
	20d- 80cm ara	Paralel
Birleştirilmiş ara ve ana kiriş	2 x 20d	Paralel
	16d	Paralel
5cm'lik destekleme	16d	Paralel
Çatı kuşağı- mertek	3 x 10d	Paralel
Kısa mertek- mahya kirişi	3 x 10d	Eğik
	2 x 16d	Paralel
Mertek- x2 mahya kirişi	2 x 16d	Eğik
	2 x 16d	Paralel
Döşeme kirişi- alın kirişi	3 x 16d	Paralel
Kiriş altı destek şerit	3 x 16d	Paralel

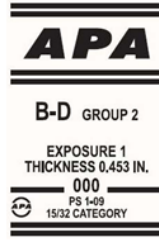
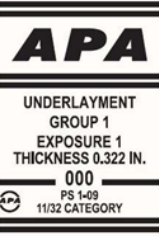

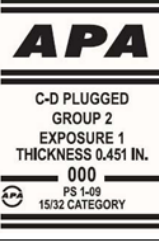
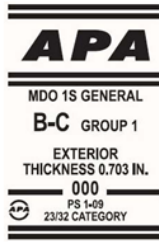
## APA PANELLERİ

Çizelge EK-3:1 APA-performans panelleri [62]







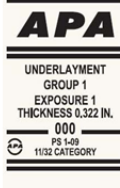
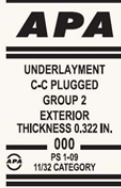






APA RATED SHEATHING	 	<p>Döşeme alt kaplaması, duvar ve çatı kaplaması için kullanılmaktadır. OSB, kontrplak veya ahşap bazlı panel olarak üretilmektedir. Kullanım sınıflandırması: Dış, Etki 1</p> <p>Performans kategorileri (inch): 3/8, 7/16, 15/32, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.</p>
APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING	 	<p>Kesme ve makaslama etkilerine karşı dayanım kazandırarak ve diyafram oluşturmak için kullanılmaktadır. OSB, kontrplak veya ahşap bazlı panel olarak üretilmektedir. Kullanım sınıflandırması: Dış, Etki 1</p> <p>Performans kategorileri (inch): 3/8, 7/16, 15/32, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.</p>
APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING	 	<p>Döşeme alt kaplaması ve alt zemin kaplamasının kombinasyonu olarak üretilmektedir. Halı veya benzeri döşemeler için, yumuşak bir zemin oluşturmaktadır. OSB, kontrplak veya ahşap bazlı panel olarak üretilmektedir. Kenarları düz veya dişli-geçmeli olarak üretilmektedir. Kullanım sınıflandırması: Dış, Etki 1</p> <p>Performans kategorileri (inch): 19/32, 5/8, 23/32, 3/4, 1, 1-1/8.</p>
APA RATED SIDING	 	<p>Dış cephe kaplaması ve benzeri şekilde kullanılmaktadır. Panel veya tahta kaplama şeklinde üretilmektedir. Özel yüzey efektleri ( V oyma, kanal oyma, derin oyma, v.s.) verilebilmektedir. OSB, kontrplak veya ahşap bazlı panel olarak üretilmektedir. Kullanım sınıflandırması: Dış</p> <p>Performans kategorileri (inch): 11/32, 3/8, 7/16, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8.</p>
APA RATED SHEATHING-WALL		<p>Sadece duvar kaplamasında kullanılmaktadır. Döşeme ve çatı kaplaması için uygun değildir. OSB, kontrplak veya ahşap bazlı panel olarak üretilmektedir. Kullanım sınıflandırması: Etki 1</p> <p>Performans kategorileri (inch): 3/8, 7/16, 15/32.</p>

Çizelge EK-3:2 APA-Zımparalanmış kontrplak paneller [62]

APA A-A	A-A • G-1 • EXT • 0.734 IN. • APA • 000 • PS 1-09 • 3/4 CAT	bölme duvar gibi her iki tarafta görülen yerlerde ve çit gibi dış mekan uygulamalarında kullanılmaktadır. Yüzeyleri boyama için uygundur. Kullanım sınıflandırması: Dış, Etki 1 Performans kategorileri (inch): 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA A-B	A-B • G-1 • EXT • 0.234 IN. • APA • 000 • PS 1-09 • 1/4 CAT	Bir tarafı görünen, bir tarafı görünmeyen ama iki yüzey oluşturulması gereken yerlerde kullanılmaktadır. Kullanım sınıflandırması: Dış, Etki 1 Performans kategorileri (inch): 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA A-C		Saçak altı, çit gibi sadece bir yüzü önemli olan, iç veya dış mekan uygulamalarında kullanılmaktadır. Kullanım sınıflandırması: Dış Performans kategorileri (inch): 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA A-D		Bölme duvar gibi sadece bir yüzü önemli olan, iç mekan uygulamalarında da kullanılmaktadır. Kullanım sınıflandırması: Etki 1 Performans kategorileri (inch): 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA B-B	B-B • G-2 • EXT • 0.578 IN. • APA • 000 • PS 1-09 • 19/32 CAT	İki yüzüde kullanılan panel uygulamalarında kullanılmaktadır. Kullanım sınıflandırması: Dış, Etki 1 Performans kategorileri (inch): 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.
APA B-C		Dış mekanda ve yüksek neme maruz kalan yerlerdeki panel uygulamalarında kullanılmaktadır. Kullanım sınıflandırması: Dış Performans kategorileri (inch): 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.

APA B-D		<p>İç mekandaki panel uygulamalarında kullanılmaktadır.</p> <p>Kullanım sınıflandırması: Etki 1</p> <p>Performans kategorileri (inch): 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.</p>
APA UNDERLAYMENT		<p>Döşeme kaplaması olarak halı ve benzeri ürünler kullanılacağı zaman, kaba döşeme üzerinde, yumuşak zemin oluşturmak için kullanılmaktadır.</p> <p>Kullanım sınıflandırması: Etki 1</p> <p>Performans kategorileri (inch): 1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.</p>
APA C-C PLUGGED		<p>Buzdalabı, soğuk oda gibi nemli olan mekanlar üzerinde, kaba döşeme üzerine, yalıtımı sağlamak için döşenmektedir.</p> <p>Kullanım sınıflandırması: Dış</p> <p>Performans kategorileri (inch): 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.</p>
APA C-D PLUGGED		<p>Açık saçak, bölücü pano veya ayırıcı olarak kullanılmaktadır. Ek zemin kaplaması olarak kullanılmak için uygun değildir.</p> <p>Kullanım sınıflandırması: Etki 1</p> <p>Performans kategorileri (inch): 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.</p>
APA High Density Overlay (HDO)	<p>HDO • INDUSTRIAL • A-A • G2 • EXT • 0.734 IN. • APA • 000 • PS 1-09 • 3/4 CAT</p>	<p>Bir yüzünde veya her iki yüzünde, sert ve opak reçine-elyaf kaplama bulunmaktadır.</p> <p>Aşınmaya karşı dayanıklıdır.</p> <p>Kullanım sınıflandırması: Dış</p> <p>Performans kategorileri (inch): 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.</p>
APA Medium Density Overlay (MDO)		<p>Bir yüzünde veya her iki yüzünde, yumuşak ve opak reçine-elyaf kaplama bulunmaktadır.</p> <p>Boyama yapmak için ideal yüzeye sahiptir.</p> <p>Aşınmaya karşı dayanıklıdır.</p> <p>Kullanım sınıflandırması: Dış</p> <p>Performans kategorileri (inch): 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4.</p>

Çizelge EK-3:3 APA panellerini uygulanma kıstasları [62]

DÖŞEME KAPLAMASI	ÇATI KAPLAMASI	APA RATED SHEATHING EXP I APA RATED SHEATHING EXT I APA RATED SHEATHING/CEILING DECK EXP I APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING EXP I APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING EXT			- Bütün paneller arasında 3mm derz bırakılması gerekmektedir. - Çivileme, kenarlarda 15cm; orta desteklerde 30cm aralıkla yapılmalıdır. - Destek araları 120cm ve daha fazla olduğunda, çivileme kenarlarda da orta desteklerde de 15cm aralıkla yapılmalıdır. - 8d-normal çivi kullanılmıdır. - Performans kategorisi 1-1/8 olan panellerde, 8d- yivli çivi veya 10d-normal çivi kullanılmıdır.
	ALT DÖŞEME KAPLAMASI	APA RATED SHEATHING EXP I APA RATED SHEATHING EXT I APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING EXP I APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING EXT			- Bütün paneller arasında 3mm derz bırakılması gerekmektedir. - Çivileme, kenarlarda 15cm; orta desteklerde 30cm aralıkla yapılmalıdır. - Performans kategorisi 1/2 ve daha küçük olan panellerde, 6d çivi, 1/2'den daha büyük olanlarda 8d çivi kullanılmıdır. - Performans kategorisi 1-1/8 ve destek araları 120cm olduğunda, 8d-yivli çivi veya 10d-normal çivi, kenarlarda da orta desteklerde de 15cm aralıklarla çivilenmelidir.
	ALT DÖŞEME + ÜST DÖŞEME	APA RATED STURD-I- FLOOR EXP I APA RATED STURD-I- FLOOR EXT			- Bütün paneller arasında 3mm derz bırakılması gerekmektedir. - Çivileme, kenarlarda 15cm; orta desteklerde 30cm aralıkla yapılmalıdır. - Destek araları 120cm ve daha fazla olduğunda, çivileme kenarlarda da orta desteklerde de 15cm aralıkla yapılmalıdır. - Performans kategorileri 3/4 ve daha küçük olan panellerde, 6d-yivli veya burgulu çivi, daha büyük olan panellerde 8d çivi kullanılmıdır. - Performans kategorileri 1-1/8 olan panellerde 10d-normal çivi kullanılabilmektedir.
	ÜST DÖŞEME	APA RATED SIDING			- Bütün paneller arasında 1mm derz bırakılması gerekmektedir. - Performans kategorileri 11/32 ile 1/2 arasında olan panellerde, 3d-yivli çivi , kenarlarda 15cm, orta desteklerde 20cm aralıklarda çivilenmelidir. - Performans kategorileri 3/4 olan panellerde 4d-normal çivi, kenarlarda 15cm, orta desteklerde 30cm aralıklarla çivilenmelidir. kullanılabilmektedir.
DUVAR KAPLAMASI	DÜVAR KAPLAMASI	APA RATED SHEATHING EXP I APA RATED SHEATHING EXT APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING EXP I APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING EXT APA RATED WALL BRACING EXP I			- Bütün paneller arasında 3mm derz bırakılması gerekmektedir. - Çivileme, kenarlarda 15cm; orta desteklerde 30cm aralıkla yapılmalıdır. - Performans kategorileri 1/2 ve daha küçük olan panellerde, 6d-normal çivi, daha büyük olanlarda ise 8d çivi kullanılmıdır.
		APA RATED SIDING EXT APA MEDIUM DENSITY OVERLAY (MDO) GENERAL EXT			- Bütün paneller arasında 3mm derz bırakılması gerekmektedir. - Çivileme, kenarlarda 15cm; orta desteklerde 30cm aralıkla yapılmalıdır. - Performans kategorileri 1/2 ve daha küçük olan panellerde, 6d-kaplama çivisi, daha büyük olanlarda ise 8d- kaplama çivisi kullanılmıdır.
		APA A-C EXT APA B-C EXT APA C-C P&TS EXT APA RATED SIDING 303 EXT APA MEDIUM DENSITY OVERLAY (MDO) GENERAL EXT			- Çivileme, kenarlarda 15cm; orta desteklerde 30cm aralıkla yapılmalıdır. - Performans kategorileri 1/2 ve daha küçük olan panellerde, 6d-kaplama çivisi, 3/4'e kadar 8d- kaplama çivisi kullanılmıdır.

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Diana Serli OHANESYAN  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 28.09.1983 / İSTANBUL  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : dianaohanesyan@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	Yeditepe Üniversitesi	2008
Lisans	Peyzaj Mimarlığı	Yeditepe Üniversitesi	2006
Lise	Fen- Matematik	İstek Atanur Oğuz Lisesi	2001

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011 (6 ay)	Atlas Mühendislik-Mimarlık	Mimar
2008 (1 yıl)	Umo Mimarlık	Mimar
2007 (3 ay)	Avrasya İnşaat	Mimar