AHŞAP ÇERÇEVE SİSTEMLERDE ÇAPRAZ ELEMAN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖMER KOÇAR

OCAK 2023

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AHŞAP ÇERÇEVE SİSTEMLERDE ÇAPRAZ ELEMAN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖMER KOÇAR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2023

DİYARBAKIR

AHŞAP ÇERÇEVE SİSTEMLERDE ÇAPRAZ ELEMAN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Ömer KOÇAR tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan Dalkılıç
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Doç. Dr. Burak YÖN **(*)**
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Munzur Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ **(**)**
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gülay YALÇİN BAYAR
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 09/01/2023

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Ömer KOÇAR

İmza: …….……

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın fikri aşamasından teslim aşamasına kadar benden desteğini hiç esirgemeyen, beni her daim sabırla dinleyen ve yönlendiren, değerli zamanını hoşgörüyle bana ayıran, bana olan inancını hiç kaybetmeyen, teknik bilgisiyle yoluma ışık tutan danışman, kıymetli hocam Doç. Dr. Mehmet Emin Öncü'ye sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Öğrenim hayatım boyunca bana hep destek olan, başaracağıma her daim inanan, tez çalışmam süresince bazı anlarda umutsuzluğa kapılacak olsam da bana umut aşılamaktan hiç vazgeçmeyen, desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, varlıklarıyla bana güç katan başta annem ve babam olmak üzere abime ve kız kardeşime şükranlarımı sunuyor, çok teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ x
TABLOLAR LİSTESİ xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xiv
ÖZET xvii
ABSTRACT xviii
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. AHŞABIN TANIMLANMASI VE ÖZELLİKLERİ 8
3.1 Ahşap Malzemesi 8
3.2 Ahşap Malzemesinin Avantajları ve Dezavantajları 8
3.2.3 Ahşabın avantajları 9
3.2.4 Ahşabın dezavantajları 10
3.3 Yapı Malzemesi Olarak Ahşabın Özellikleri 10
3.3.1 Ahşabın fiziksel özellikleri 10
3.3.2 Ahşabın mekanik özellikleri 11
3.3.2.1 Basınç dayanımı 12
3.3.2.2 Çekme dayanımı 13
3.3.2.3 Eğilme dayanımı 14
3.3.2.4 Makaslama dayanımı 14
3.3.2.5 Yarılma dayanımı 15
3.3.2.6 Elastisite Modülü 16
3.4 Ahşap ve Yangın 17
4. AHŞAP YAPILARIN TAŞIYICI SİSTEMLERİ VE TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARI 19

4.1 Ahşap Taşıyıcı Sistem Elemanları 20
4.2 Ahşap Yapıların Taşıyıcı Sistem Türleri ve Duvar Oluşum Tipleri 24
4.2.1 Ahşap karkas sistemler (Çerçeve sistemler) 24
4.2.1.1 Geleneksel çerçeve sistemler 25
4.2.1.2 Kolon ve kiriş çerçeve sistemler 32
4.2.1.3 Kaburga çerçeve sistemler 34
4.2.2 Ahşap panel sistemler 36
4.2.3 Ahşap yığma sistemler 38
5. AHŞAP YAPI TASARIMI İLE İLGİLİ YÖNETMELİKLER VE STANDARTLAR 40
5.1 TBDY 2018 Bölüm 12: Deprem Etkisi Altında Ahşap Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar 40
5.1.1 Kaplamalı panel sistemler 40
5.1.2 Çaprazlı panel sistemler 41
5.1.3 Bölüm 12 ile ilgili standartlar ve tasarım esasları 41
5.1.4 Malzeme koşulları 41
5.1.5 Deprem etkisi altında yapısal modelleme ve hesap 42
5.1.6 Panellerin tasarım esasları 45
5.1.6.1 Panelleri oluşturan elemanlar 45
5.1.6.2 Panellerin oluşturulmasına ilişkin kurallar 46
5.1.6.3 Panellerin tasarımına ilişkin kurallar 46
5.1.6.4 Dikmelerin tasarımı 48
5.1.6.5 Birleşimlerin tasarımı 49
5.1.7 Döşemelerin tasarım esasları 49
5.1.7.1 Ahşap döşemeleri oluşturan elemanlar 49
5.1.7.2 Döşemelerin tasarımına ilişkin kurallar 50
5.1.8 Birleşimlerin Tasarımı 51

5.2 Eurocode 5- TS EN 1995-1-1: Ahşap Yapıların Tasarımı- Bölüm 1-1: Genel- Genel Kurallar ve Binalar İçin Kurallar (Eurocode 5) 51
5.2.1 Genel 51
5.2.2 Tasarım esasları 51
5.2.3 Malzeme Özellikleri 52
5.2.4 Dayanıklılık 53
5.2.5 Yapısal analiz esasları 53
5.2.6 Taşıma gücü sınır durumları 54
5.2.7 Kullanılabilirlik sınır durumları 56
5.2.8 Metal bağlantı elemanlı birleşimler 57
5.2.9 Bileşenler ve sistemler 59
5.2.10 Yapı elemanlarının detaylandırılması ve kontrol 59
5.3 TS 647: Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları 59
6. MODELLERİN OLUŞTURULMASI VE YAPISAL ANALİZ 61
6.1 Modellerin Oluşturulması 61
6.2 Malzemenin Programa Tanımlanması 65
6.3 Kesit Tanımlanması 66
6.4 Döşeme Tanımlanması 66
6.5 Mesnet Tanımlanması 67
6.6 Yüklerin Tanımlanması ve Atanması 67
6.7 Spektral Analiz 68
6.8 Yük Kombinasyonları 74
7. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME 76
7.1 Tepe Deplasman Değerlerinin Karşılaştırılması 76
7.2 Modellerin Katlar Arası Deplasman Değerleri 78
7.2.1 Model 1 kat deplasman değerleri 78
7.2.2 Model 2 kat deplasman değerleri 79

7.2.3 Model 3 kat deplasman değerleri 79
7.2.4 Model 4 kat deplasman değerleri 80
7.2.5 Model 5 kat deplasman değerleri 81
7.2.6 Model 6 kat deplasman değerleri 82
7.3 Modellerin Kat Deplasman Değerlerinin Yüzdelik Oranla Karşılaştırılması .. 83
7.4 Çapraz Eleman Kullanılan Modellerin Çapraz Eleman Kullanılmayan Model 1 ile Karşılaştırılması 84
7.5 Modellerdeki Kolon ve Kiriş Eleman İçin Kesme Kuvvetinin Karşılaştırılması 86
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 89
KAYNAKLAR 91
ÖZGEÇMİŞ 94

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Yanıkoğlu Camisi'nin ahşap taşıyıcı sistemi 9
Şekil 3.2 Dayanım ile kütlesel nem oranı arasındaki ilişkiye bağlı olarak çekme, eğilme ve basınç dayanımı eğrileri (TS EN 1995)..... 11
Şekil 3.3 Liflere paralel yönde basınç dayanımı deneyi 13
Şekil 3.4 Liflere dik yönde basınç dayanımı deneyi için farklı yükleme şekilleri..... 13
Şekil 3.5 Liflere paralel ve dik yönde uygulanan çekme dayanımı deneyi 14
Şekil 3.6 Ahşap kirişte liflere dik yönde uygulanan eğilme dayanımı deneyi..... 14
Şekil 3.7 Masif ve kompozit ahşap için liflere paralel makaslama (kesme) dayanımı deneyleri..... 15
Şekil 3.8 Ahşap kolonun kömürleşmemiş kısmındaki sıcaklığın kesit alanına göre değişimi..... 18
Şekil 4.1 Bir ahşap yapı kesiti ve taşıyıcı sistem elemanları 19
Şekil 4.2 Ahşap yapıdaki ahşap dikme ve döşeme örneği 20
Şekil 4.3 Ahşap yapıdaki dikme, ara dikme ve kiriş örneği..... 21
Şekil 4.4 Tipik bir ahşap yapı kesiti..... 21
Şekil 4.5 Bir ahşap yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem elemanları..... 22
Şekil 4.6 Dört dikmeli oturtma çatı elemanları..... 23
Şekil 4.7 Üç askılı asma makaslı çatı elemanları..... 23
Şekil 4.8 Kerpiç dolgulu (soldaki) ve sıvalı (sağdaki) ahşap karkas sistem örnekleri 24
Şekil 4.9 Bir çatkı sistemde bulunan dikme, kiriş ve diyagonal elemanlar 25
Şekil 4.10 Farklı tipte çatkı duvarlar (hımış-bağdadi-ahşap kaplama) 26
Şekil 4.11 Artvin'de bağdadi duvarlı bir ev..... 26
Şekil 4.12 Yalı baskısı duvar türü örneği..... 27
Şekil 4.13 Giresun'da yer alan çöten duvar örneği 28
Şekil 4.14 Karabük Safranbolu'da yer alan dizeme tekniğiyle yapılmış duvar örneği 28
Şekil 4.15 Bursa Cumalıkızık'ta hımış yapı örneği 29
Şekil 4.16 Karabük Safranbolu hımış yapı örneği 30
Şekil 4.17 Giresun-Tirebolu muska dolma duvar örneği 30
Şekil 4.18 Artvin Arhavi'de göz dolma sistemi..... 31

Şekil 4.19 Blok taş dolgulu göz dolma duvar sistemi 32
Şekil 4.20 Kolon ve kiriş çerçeve sistem 33
Şekil 4.21 Düğüm kiriş çerçeve sistem 34
Şekil 4.22 Balon çerçeve sistem 35
Şekil 4.23 Platform çerçeve sistem kuruluş aşamaları 36
Şekil 4.24 Afyon'da yer alan bir ahşap yapı kooperatifi 37
Şekil 4.25 Ahşap panel sistem örneği 38
Şekil 4.26 Geçmeli kütük sistemi ile yapılmış ahşap yığma yapı örneği 39
Şekil 4.27 Blok ahşap dolma duvar (taraba) örneği 39
Şekil 5.1 Kaplamalı tipik bir panel iskeleti 45
Şekil 5.2 Çaprazların farklı yerleştirilmesiyle elde edilen iki farklı çaprazlı panel iskeleti 46
Şekil 5.3 Kenar dikmelerde bulunan çekme kuvveti aktarma ankrajları 47
Şekil 5.4 Kenar dikmelerde oluşan eksenel kuvvetler 49
Şekil 5.5 Tipik bir ahşap döşeme iskeleti 50
Şekil 5.6 Tipik bir birleşim detayı 50
Şekil 5.7 TS EN 1995-1-1'e göre bir çerçeve sistemin yapısal analizi (Üstündağ, 2014) 54
Şekil 5.8 Eleman liflerine paralel ve dik kayma gerilmesi etkisi 55
Şekil 5.9 Burulma momenti etkisine maruz kalmış enkesit 56
Şekil 5.10 Bir birleşimde yer alan bağlantı elemanı örneği 57
Şekil 5.11 Birleşimlerde kullanılan çeşitli metal bağlantı elemanları 57
Şekil 5.12 Dübelli birleşim örneği 57
Şekil 5.13 Çivili metal plaka kullanılmış birleşim örneği 58
Şekil 5.14 Dişli plak bağlantı elemanı 58
Şekil 5.15 Ayırma halkası ve kayma plakası 58
Şekil 5.16 Bulonlu birleşim örneği 58
Şekil 6.1 Modellerin plan görünümü 61
Şekil 6.2 Model 1'in 3 boyutlu görünümü 62
Şekil 6.3 Model 2'nin 3 boyutlu görünümü 62
Şekil 6.4 Model 3'ün 3 boyutlu görünümü 63
Şekil 6.5 Model 4'ün 3 boyutlu görünümü 63
Şekil 6.6 Model 5'in 3 boyutlu görünümü 64

Şekil 6.7 Model 6'nın 3 boyutlu görünümü 64
Şekil 6.8 Malzeme özelliklerinin girilmesi 65
Şekil 6.9 Döşeme tanımlanması 66
Şekil 6.10 Ahşap yapı modelleri için ETABS programına tanımlanan yükler 67
Şekil 6.11 Yatay elastik tasarım spektrumu (Diyarbakır) 69
Şekil 6.12 Yatay elastik tasarım spektrumu (Erzincan) 69
Şekil 6.13 -x doğrultusundaki deprem yükü yatay yük düzenlemesi (Diyarbakır) ... 71
Şekil 6.14 -x doğrultusundaki deprem yükü yatay yük düzenlemesi (Erzincan)..... 72
Şekil 6.15 Azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu (Diyarbakır) 73
Şekil 6.16 Azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu (Erzincan) 73
Şekil 6.17 Azaltılmış yatay elastik tasarımı spektrumunun sisteme tanımlanması (Erzincan) 74
Şekil 6.18 ETABS programına girilen yük kombinasyonları 75
Şekil 7.1 Modellerin tepe deplasman değerleri grafiği (Diyarbakır) 78
Şekil 7.2 Modellerin tepe deplasman değerleri grafiği (Erzincan) 78
Şekil 7.3 Lokasyonlara göre model 1 kat deplasman değerleri 79
Şekil 7.4 Lokasyonlara göre model 2 kat deplasman değerleri 80
Şekil 7.5 Lokasyonlara göre model 3 kat deplasman değerleri 80
Şekil 7.6 Lokasyonlara göre model 4 kat deplasman değerleri 81
Şekil 7.7 Lokasyonlara göre model 5 kat deplasman değerleri 82
Şekil 7.8 Lokasyonlara göre model 6 kat deplasman değerleri 82
Şekil 7.9 Katlar arası deplasman artış farkı açısından çapraz kullanılan modellerle model 1'in oransal karşılaştırılması (Diyarbakır) 85
Şekil 7.10 Katlar arası deplasman artış farkı açısından çapraz kullanılan modellerle model 1'in oransal karşılaştırılması (Erzincan) 86
Şekil 7.11 C21 kolonunun ve B8 kirişinin model üzerinde görüntülenmesi 87

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 TS 647'ye göre masif ahşap malzemenin emniyet gerilmeleri..... 16
Tablo 3.2 Farklı Türk Standardları'na göre farklı yapı malzemelerinin elastisite modülü değerleri 16
Tablo 5.1 TS EN 1995'e göre yumuşak ahşap malzeme özellikleri (ladin, çam, köknar, karaçam vb.)..... 43
Tablo 5.2 TS EN 1995'e göre sert ahşap malzeme özellikleri (meşe, kayın, akçaağaç vb.) 43
Tablo 5.3 Yük etki süresi sınıfları..... 52
Tablo 6.1 Yapısal elemanlar için kesit boyutları 66
Tablo 6.2 Yapı elemanlarına atanan yükler 68
Tablo 6.3 TBDY 2018'e göre tasarım parametreleri 71
Tablo 6.4 Kullanılan yük birleşimleri 74
Tablo 7.1 Modellere göre -y yönü deplasman değerleri (Diyarbakır) 76
Tablo 7.2 Modellere göre -y yönü deplasman değerleri (Erzincan) 76
Tablo 7.3 Modellerin çaprazsız modele göre tepe deplasman değerlerinin yüzdelik azalışı (Diyarbakır)..... 77
Tablo 7.4 Modellerin çaprazsız modele göre tepe deplasman değerlerinin yüzdelik azalışı (Erzincan)..... 77
Tablo 7.5 Modellerin katlar arası öteleme artış yüzde değerleri (Diyarbakır)..... 83
Tablo 7.6 Modellerin katlar arası öteleme artış yüzde değerleri (Erzincan)..... 83
Tablo 7.7 Modellerin katlar arası deplasman fark (göreli kat ötelemesi) değerleri (Diyarbakır)..... 84
Tablo 7.8 Modellerin katlar arası deplasman fark (göreli kat ötelemesi) değerleri (Erzincan)..... 84
Tablo 7.9 Katlar arası deplasman artış farkının model 1'e göre kıyaslanması (Diyarbakır)..... 84
Tablo 7.10 Katlar arası deplasman artış farkının model 1'e göre kıyaslanması (Erzincan)..... 85
Tablo 7.11 C21 kolonunda oluşan kesme kuvveti değerleri (Newton)..... 87
Tablo 7.12 B8 kirişinde oluşan kesme kuvveti değerleri (Newton)..... 87

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
a_0	Ahşap Döşeme İçin Ara Kiriş Aralığı
b	Kesit Genişliği
b_0	Dikme Aralığı
c_i	Boyut Etkisi Katsayısı
C_i	Basınç Kuvveti
D	Dayanım Fazlalığı Katsayısı
E⊥	Liflere Dik Elastisite Modülü
E//	Liflere Paralel Elastisite Modülü
$E_d^{(H)}$	Doğrultu Birleştirmesi Uygulanmış Tasarıma Esas Yatay Deprem Etkisi
$E_d^{(X)}$	(X) Doğrultusundaki Depremin Etkisi Altında Tasarıma Esas Deprem Etkisi
$E_d^{(Y)}$	(Y) Doğrultusundaki Depremin Etkisi Altında Tasarıma Esas Deprem Etkisi
$E_d^{(Z)}$	(Z) Doğrultusundaki Depremin Etkisi Altında Tasarıma Esas Deprem Etkisi
Ex	(X) Yönünde Deprem Yükü
Ey	(Y) Yönünde Deprem Yükü
F_1	1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısı
F_s	Kısa Periyot Bölgesi Için Yerel Zemin Etki Katsayısı
f_i	Bir Çivinin Kesme Kapasitesi
$f_{v,d}$	Gerçek Durum İçin Tasarım Kayma Dayanımı
G	Kayma Modülü
G	Sabit Yük Etkisi
H	Yatay Zemin İtkisi Etkisi

h	Panel/Dikme Yüksekliği
h_b	Kiriş Yüksekliği
H_N	Bina Toplam Yüksekliği
I	Atalet Momenti
I	Bina Önem Katsayısı
Kgf	Kilogram Kuvvet
kN	Kilonewton
k_{shape}	Enkesit Şekline Bağlı Değişen Bir Faktör
l_i	Panel Genişliği
M_{tor}	Burulma Momenti
Q	Hareketli Yük Etkisi
R	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R_a (T)	Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
S	Kar Yükü Etkisi
S	Statik Alan Momenti
s	Ana Dikmelerde Çivi Aralığı
S_1	1.0 Saniye Periyot Için Harita Spektral İvme Katsayısı
S_{ae} (T)	Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmesi (g)
S_{D1}	1.0 Saniye Periyot Için Tasarım Spektral İvme Katsayısı
S_{DS}	Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı
S_s	Kısa Periyot Harita Spektral Ivme Katsayısı
t	Ahşap/Panel Kaplama Kalınlığı
T	Doğal Titreşim Periyodu
T_A-T_B	Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyodu
t_b	Kiriş Genişliği
T_i	Çekme Kuvveti
T_L	Yatay Elastik Tasarım Spektrumunda Sabit Yer Değiştirme Bölgesine Geçiş Periyodu

v_d	Dikmeler İçin Birim Boya Ait Kesme Kuvveti Talebi
V_d	Tasarım Kesme Kuvveti
V_p	Panele Etkiyen Toplam Yatay Yük
v_p	Birim Boya Ait Kesme Kuvveti Talebi
w	Burkulma Katsayısı
W_{tor}	Mukavemet Momenti
γ_M	Kısmi Güvenlik Katsayısı
$\sigma_{bem//}$	Liflere Paralel Basınç Gerilmesi
$\sigma_{bem\perp}$	Liflere Dik Basınç Gerilmesi
$\sigma_{çem//}$	Liflere Paralel Çekme Gerilmesi
σ_{eem}	Eğilme Gerilmesi
τ_d	Tasarım Kesme (Kayma) Gerilmesi
τ_{em}	Makaslama Gerilmesi
$\tau_{tor,d}$	Tasarım Burulma Gerilmesi

Kısaltma	**Açıklama**
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
CLT	Cross Laminated Timber
DBHYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DGT	Dayanıma Göre Tasarım
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
EDYY	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
KH	Kontrollü Hasar
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
UBC	Uniform Building Code

ÖZET

AHŞAP ÇERÇEVE SİSTEMLERDE ÇAPRAZ ELEMAN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Koçar, Ömer
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Danışman: Doç. Dr. Mehmet Emin Öncü
Ocak 2023, 113 sayfa

Ahşap, kendini yenileyebilen doğal bir yapı malzemesidir. Doğadan temin edilir, montajı kolaydır ve fazla uzun sürmemektedir. Yıkılması gereken ahşap yapıdaki elemanlar sökülüp başka bir yapıda kullanılabilmektedir. Ahşap yapılar hafif yapılardır, deprem performansı açısından diğer yapılara nazaran daha iyidir ve uygun enkesit kullanıldığında ve birtakım kimyasal işlemler uygulandığında yangın performansı da daha iyi hale gelmektedir. Ahşap yapılar birçok açıdan avantajlı olduğu için tez çalışması kapsamında ahşap yapıların ve ahşap taşıyıcı sistemlerin özellikleri detaylıca açıklanmış olup geleneksel ahşap taşıyıcı sistemler ve modern yapım sistemleri çalışma kapsamında detaylıca ele alınmıştır. Tez çalışmasının yapısal analiz bölümünde yapıda kullanılan parametrelerin aynı olduğu, sadece çapraz kullanımının farklı olduğu 6 model tasarlanmış olup, modeller TBDY 2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) kapsamında spektral analiz yöntemi ile ETABS programıyla analiz edilmiştir. Amaç ahşap yapıda tek yönlü çapraz eleman kullanımının yapı stabilitesine ve deprem dayanımına etkisini araştırmak olmuştur. İki farklı lokasyon için spektral analiz yapılmıştır ve analiz sonucunda bir kolon ve bir kiriş elemanda oluşan kesme kuvveti değerleri karşılaştırılmıştır. Modellerin spektral analizden elde edilen kat öteleme, tepe deplasman ve göreli kat öteleme değerleri karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre en elverişli modelin çapraz elemanın kenar orta açıklıklarda kullanıldığı model olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda çapraz eleman kullanımının kat ötelemesi değerini ve kolonlarda oluşan kesme kuvveti değerini ciddi oranda azalttığına da ulaşılmıştır. İlerleyen çalışmalarda, çift yönlü çapraz kullanımının ve payanda kullanımının deprem dayanımına etkisi incelenebilir ve çapraz elemanların farklı açıklıklarda kullanımı ile modeller çoğaltılabilir ve her modele spektral analiz uygulanarak en elverişli modelin yani çapraz kullanımının en etkin olduğu açıklığın tespiti yapılabilir. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve statik itme analizi yöntemi gibi analizler de uygulanarak bu analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

Anahtar Kelimeler: TBDY 2018, Spektral analiz, Çapraz eleman, Kat ötelemesi

ABSTRACT

EVALUATION OF USAGE OF CROSS-BRACING MEMBERS IN TIMBER FRAME SYSTEMS

Koçar, Ömer
Master of Science in Department of Civil Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Emin Öncü
January 2023, 113 pages

Wood is a natural building material that can renew itself. It is supplied from nature, is easy to assemble, and does not last very long. Elements of a timber structure can be removed and reused in another timber structure. Timber structures are lightweight and better than other structures in terms of seismic performance. Fire performance becomes better when appropriate cross-sections are used and some chemical processes are applied. Since timber structures are advantageous in many respects, the features of timber structures and structural elements are explained in detail within the scope of the thesis study, and traditional timber systems and modern construction systems are discussed in detail in the study. In the structural analysis section of the thesis study, 6 models were designed in which the parameters used in the structure were the same, only usage of the cross-bracing members was different, and the models were analyzed with the ETABS program with the spectral analysis method by TSC 2018 (Turkish Seismic Code). The aim was to investigate the effect of the use of single cross-bracing members in timber buildings on stability and earthquake resistance. Spectral analyses were performed for two different locations and compared the roof displacement and interstory displacement values. Also were compared shear force values of one column and one beam element of the models. According to the results of the analysis, it was determined that the most suitable model was the one in which the cross-bracing members were used in the edge middle openings. As a result of the analysis, it was also found that the use of cross-bracing members significantly reduced the value of the interstory displacement and the value of the shear force of the columns. In the following studies, the effect of the usage of the x cross-bracing members on earthquake resistance can be examined and models can be multiplied with the use of cross-bracing members in different openings and spectral analysis can be applied to each model to determine the most suitable model. Also, the Equivalent seismic load method and the pushover analysis can be used.

Keywords: TSC 2018, Spectral analysis, Cross-bracing member, Interstory drift

1. GİRİŞ

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanımı çok eski bir tarihe dayanmaktadır. Nitekim eski uygarlıklardan günümüze kadar ayakta kalmayı başarabilmiş birçok ahşap yapı mevcuttur. Tarihi yalılar (Sait Halim Paşa Yalısı) ve camiler (Beyşehir Eşrefoğlu Cami) geleneksel ahşap yapılara örnek teşkil etmektedir. Henüz beton ve çelik üretilmemişken ahşap yapı malzemesi olarak kullanılıyordu. Ahşap kendini yenileyebilen ve doğal bir yapı malzemesidir. Ahşap yapıların diğer yapılara nazaran deprem performansı daha iyidir. Hafif olduğu için deprem durumunda göçme olsa dahi can kaybı çok nadir olmaktadır. Ahşap, anizotropik bir malzeme olduğundan dolayı ahşabın mekanik özellikleri liflere göre olan doğrultuya bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ahşap doğal bir malzeme olduğundan dolayı zamanla mikroorganizma saldırıları gibi biyolojik ve kimyasal olarak zarara uğrayabilmektedir veya çürüyebilmektedir. Ancak ahşaba bazı işlemler uygulanarak olumsuz özellikleri minimize edilebilmektedir. Ahşabın su muhtevası da yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini belirlemektedir ve dayanımını etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

Ahşap yapı uygulaması ülkemizde çok yaygın değildir. Sebepleri arasında hammadde azlığı ve kalifiye eleman eksikliği gösterilebilmektedir. Daha çok Karadeniz ve Marmara bölgesinde diğer bölgelere kıyasla yoğunluk göstermektedir. Dünyada ise Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Kanada'da bol ormanlık alanlar ve ormanlık alanlar içerisinde yer alan kaliteli ağaçlar sebebiyle konutların çoğunu (yaklaşık olarak % 90) ahşap yapılar oluşturmaktadır.

Ahşap yapılarda farklı taşıyıcı sistem türleri mevcuttur. Bu taşıyıcı sistemler, yapının inşa edileceği bölgenin malzeme durumuna, kullanım amacına, duvar dolgu malzemesine, taşıyıcı sistem elemanlarının durumuna vb. değişiklik göstermektedir. Ülkemizde en sık tercih edilen taşıyıcı sistem türü ahşap karkas sistemlerdir. Nedeni ise ahşap karkas sistemlerin daha az ahşap kullanımına gerek duymasıdır. Ülkemizdeki orman alanları istenilen düzeyde olmadığı ve ahşap yapı teknolojisinde yeterli seviyede olunmadığı için haliyle karkas sistemler tercih edilmektedir. Birleşim elemanları olarak metal (çivi, vida, bulon vb.) veya ahşap elemanlar kullanılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında; ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği, ahşap malzemenin yapısal özellikleri, ahşap taşıyıcı sistem elemanları ve türleri, ahşap yapı tasarımı ile ilgili ülkemizde kullanılan standartlar ve yönetmelikler, ETABS programıyla 3 katlı bir ahşap yapının iki farklı lokasyon için spektral analizi ve analiz sonucunda kat öteleme değerlerinin ve bir kolon ve kiriş elemanda oluşan kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması detaylıca anlatılmıştır. 3 katlı ahşap yapı 6 farklı model oluşturularak analiz edilmiş olup tepe deplasman, kat deplasman ve kesme kuvveti değerleri karşılaştırılarak en elverişli model tespit edilmiştir. Modeller spektral analiz yöntemiyle Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'e göre analiz edilmiştir. Analizde TBDY 2018'de yer alan tasarım parametreleri kullanılmıştır. Analiz sonucunda ahşap yapıda çapraz eleman kullanımının önemi daha iyi vurgulanmıştır. Ahşap yapılarla ilgili daha önce yapılan çalışmalar detaylıca araştırılmış ve tez çalışması kapsamında değerlendirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bayülke (2001) tarafından yapılan çalışmada, depremlerde betonarme yapılar gibi ahşap yapıların da zarar gördüğü, geçmiş depremlerde zarar gören ahşap yapılar, yapı malzemesi ne olursa olsun depreme dayanıklı yapılar için temel ilkelerin aynı olduğu, ahşap yapıların tasarımı konusunda inşaat mühendisliğinde verilen eğitimin yetersiz olduğu, ahşap karkas yapı biçimleri, gelişmiş ülkelerdeki ahşap karkas yapılar, ahşap malzemesinin dezavantajları, ülkemizde ahşap yapıların yaklaşık son 50 yıldır yapılamamasının nedenleri vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada yüksek katlı ahşap yapıların yapılamadığından da söz edilmekte, ancak günümüz teknolojisiyle çok katlı ahşap yapı modellemeleri artık yapılabilmektedir.

Erdoğmuş (2003) çalışmasında ahşabın mükemmel bir mühendislik malzemesi olduğundan, kaynağı yenilenebilen tek yapı malzemesi olduğundan, birçok olumlu özelliğinden, ahşap ile ilgili halk arasında yanlış bilinen şeylerden, ahşabın doğru uygulama ile olumlu özelliklerinden tam bir şekilde istifade edilebildiğinden bahsetmiştir. Çağımızın getirdiği teknolojilerle beraber ahşabın daha iyi tanıyıp kullanarak ahşaba hayatımızda daha çok yer vermemiz gerektiğini vurgulamıştır.

Bostancıoğlu ve Düzgün Birer (2004) çalışmalarında; ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmasının avantajlarını, ahşap malzemesinin diğer yapı malzemelerine olan üstünlüğünü, ahşabın yangın ve çürüme gibi dezavantajlarının bazı kimyasallar vasıtasıyla minimize edilebileceğini, örnekleriyle beraber ahşap yapım sistemlerini (yığma, karkas, panel sistem ve tutkallı tabakalı ahşap elemanlarla oluşan sistemler) anlatmışlardır.

Ahunbay ve Aksoy (2005) çalışmalarında ülkemizdeki geleneksel ahşap iskeletli konutların deprem davranışlarını incelemişlerdir. 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra o bölgedeki ahşap konutların hasarları, hasarların sebepleri, depreme dayanıklı ahşap konut yapmak yapılması gerekenleri, yakın tarihli ahşap iskeletli yapıların deprem davranışlarını, farklı tiplerde yapılmış ahşap iskeleti konutları araştırmışlardır. Araştırma sonucunda depreme dayanıklı yapı inşa etmek için malzeme ve yapım tekniğinden ziyade uygulamanın doğru yapılması gerektiği kanısına varmışlardır.

Doğangün vd. (2005) çalışmalarında; ahşap yapıların ülkemizde diğer gelişmiş ülkelere nazaran çok daha az yer aldığından, ahşap yapılar ile ilgili yapılan çalışmalardan, ahşap ve diğer yapıların deprem performanslarının karşılaştırılmasından ve ahşap yapıların inşasının artırılması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Akan (2010) tarafından yapılan çalışmada Ankara'da yer alan tarihi ahşap sütunlu bir caminin yapısal analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda yapının gerilme ve ötelenme değerleri Türk Deprem Yönetmeliği 2007'deki sınır değerlerle karşılaştırılmış, bu değerlerin sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir. Caminin dört tarafı da rijit taş duvar olduğu için çatıyı oluşturan kirişlerin sürekli kiriş gibi davrandığı, ahşap dikmelerin boylarından dolayı burkulma problemi olmadığı sürece önemli bir eğilme momentine maruz kalmadığı tespit edilmiştir.

Kaplan (2013) yüksek lisans tezinde, ahşap malzemesini tanımlayıp mekanik özellikleri hakkında bilgi vermiştir. Çalışmada amaç geleneksel konstrüksiyonun tipik olarak araştırılmasıdır. Sait Halim Paşa Yalısı'nın deprem yükleri altında analizi yapılmıştır. Taşıyıcı sistem hem iki boyutlu olarak duvar bazında hem üç boyutlu olarak SAP 2000 programında analiz edilmiştir. TDY 2007 ve UBC 97 (Uniform Building Code) esas alınarak üç yöntemle analiz edilmiştir. TDY 2007 kapsamında Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak, UBC 97 kapsamında da EDYY (Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi) kullanılarak deprem analizi yapılmıştır. Gerilme hesabında TS 647 esas alınmıştır. Elle ve bilgisayar ortamında hesap yapılmıştır. UBC 97 kapsamında yapılan iki boyutlu analizin gerilme değerleri NDS (National Design Specification) kapsamında kontrol edildi. Analiz sonucu en elverişsiz yüklemenin iki boyutlu EDYY olduğu kanaatine varılmıştır. Eleman bazlı bir güçlendirmeye ihtiyaç duyulmadığı, fakat çekme kuvveti etkisindeki bağlantı elemanları sökülmeye karşı koyamadıklarından birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Birleşim bölgeleri iki farklı şekilde güçlendirilmiştir. Çelik kayma kamalı birleşimin bulonlu birleşime nazaran daha etkili olduğu anlaşılmıştır.

Güneş (2014) yüksek lisans tez çalışması kapsamında yapı malzemesi olarak ahşabı, ahşabın mekanik ve fiziksel özelliklerini, ahşap malzemede oluşan hasar türlerini, ahşap taşıyıcı sistemlerde kullanılan ağaç türlerini, geleneksel ahşap taşıyıcı sistemlerini, ahşap taşıyıcı eleman birleşim türlerini, ahşap yapılarda dolgu duvar tiplerini, dolgusuz duvarları ve temel çeşitlerini irdelemiş olup Karabük Safranbolu'dan örnek yapı belirleyerek örnek yapının analizini gerçekleştirmiştir. Taşıyıcı sisteminde çapraz eleman barındıran ahşap yapıların deprem sonucu oluşan yatay kuvvetlere karşı yapıyı güçlendirdiği, geleneksel ahşap yapıların bakım, onarım ve restorasyonunda çeşitli meslek gruplarının disiplinler arası çalışma yapmaları gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Dündar vd. (2016) yaptıkları çalışmada ahşabın olumsuz ve olumsuz özelliklerini, olumsuz özelliklerinin iyileştirilebileceği ve iyileştirme yöntemlerini, ahşabın anatomik yapısından kaynaklanan sorunları, ahşapta rutubet sorununu ve kontrolünü ve ahşabın yapısal amaçlı kullanımından kaynaklanan sorunlara çözüm olarak modifikasyon yöntemlerini, ahşabın yerinde test edilmesi için kullanılan tahribatsız değerlendirme yöntemlerini açıklamıştır. Ahşabın, ahşap konusunda bilgili kişilerce kullanılması gerektiği, böylelikle ahşabın olumlu özelliklerinin daha çok ön planda tutulabileceği vurgulanmıştır.

Çelik ve Birdal (2017) çalışmalarında; ahşap taşıyıcı sistemli tarihi camilerin özgünlüğünün bozulmadan güçlendirilerek gelecek nesillere aktarılması gerektiğinden, bu tip camilerin statik ve mimari modellemesinin ve analizinin yapılması gerektiğinden söz etmişlerdir. Bu çalışmada Kayseri'de bulunan ahşap taşıyıcı sisteme sahip Yanıkoğlu Camisinin genel özellikleri, mimari ve statik detayları ve modellemesi, düşey yüklere bağlı analizi ve analiz sonuçlarının yorumlanması, analiz sonuçlarına göre yapının özgünlüğünün korunarak güçlendirme yöntemleri üzerinde detaylı incelemeler yapılmıştır.

Çalışkan vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada ahşap malzemesinin önemli bazı fiziksel ve mekanik özellikleri anlatılmış, ahşap yapıların Türkiye'deki ve dünyadaki durumu ele alınmıştır. Ahşap yapıların avantajları ve dezavantajlarından, ahşap yapılar

ile ilgili ülkemizde ve dünyada kullanılmakta olan standartlardan ve yönetmeliklerden bahsedilmiştir.

Meriç (2019) yüksek lisans tez çalışmasında ahşap malzemesi hakkında genel bilgiler vermiş olup ahşabın mekanik ve fiziksel özelliklerini detaylıca irdelemiştir. Ahşabın olumlu ve olumsuz özellikleri, ahşap yapılar ile ilgili dünyada ve ülkemizde yer alan standartlar ve yönetmelikler, ahşap yapı elemanları hakkında bilgiler verilmiştir. Bursa ili Mudanya ilçesinde yer alan ahşap bir yapının sonlu elemanlar yöntemi ile SAP 2000 programında yapısal analizi yapılmıştır. Analiz öncesinde gerekli bilgiler TS 647, TS 498 ve DBYBHY 2007 'den alınmıştır. Ahşap malzemesi programda yer almadığından ahşabı tanımlamak için ahşabın özelliklerini içeren yeni malzeme eklenmiştir. Yapı DBYBHY 2007 'ye göre analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ahşap yapının taşıyıcı elemanları Eurocode 5 ve TS 647'ye göre tahkik edilmiştir. Tahkiklere göre Eurocode 5'in daha güvenilir olduğu, bazı kirişlerin yetersiz olduğu ve yeniden tasarlandığı, kirişlerin TS 647'ye göre koşulları sağladığı, ancak Eurocode 5'e göre koşulları sağlamadığı için güçlendirilmesi gerektiği, dikmelerde ise her iki standarda göre de koşulların sağlandığı sonuçlarına varılmıştır.

Yüncüler (2019) yüksek lisans tezinde, ahşabın yapı malzemesi olarak kullanımını, ahşap yapılar ile ilgili ülkemizdeki ve dünyadaki standart ve yönetmelikleri, yapısal ahşap ürünlerini, Ahşap Yapıların Hesap ve Tasarım Kuralları (TS 647) ve Avrupa Ahşap Yapı Standardı Eurocode 5'e göre ahşap yapıların boyutlandırılmasını, sınıflandırılmasını, tasarımını, ahşap yapılarda birleşim elemanlarını irdelemiştir. Tez çalışması kapsamında, TS 647 ve Eurocode 5 esas alınarak ahşap yapı elemanlarını tahkiki (sehim kontrolü, kayma tahkiki, eğilme tahkiki vb.) ve birleşim araçları ile ilgili karşılaştırmalı problemler çözülmüştür. Bu karşılaştırmalı problemler neticesinde Eurocode 5'e göre tasarım yapmanın daha güvenilir sonuçlar verdiği kanaatine varılmıştır. Araştırmada hala yürürlükte olan TS 647'nin çağın gereksinimlerinin gerisinde kaldığına, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 ile ilk defa resmi olarak kabul edilen Eurocode 5'in TS 647'ye nazaran daha detaylı ve çağın gereksinimlerine daha uygun olduğuna, ancak ahşap yapıların hesap ve tasarımının daha detaylı ve güvenilir bir şekilde yapılması için TS 647'nin güncellenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Saatci (2020) hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde ahşap malzemenin yapısal özelliklerine, ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğine, ahşap yapı taşıyıcı sistemlerine ve taşıyıcı sistem türlerine, ahşap yapı tasarımı için Türkiye'de ve Avrupa'da kullanılan standartlara ve yönetmeliklere değinmiş olup ahşap çatkı tekniğiyle inşa edilmiş örnek yapıyı ilgili standart ve yönetmeliklerden gerekli sayısal verilere elde ederek yapısal analiz programıyla 10 farklı model belirleyerek örnek yapının analizini sağlamış ve payandalı yapı modellerinin yapı güvenliği ve performansı açısından daha uygun olduğu kanaatine varmıştır.

3. AHŞABIN TANIMLANMASI VE ÖZELLİKLERİ

Tezin bu bölümünde yapı malzemesi olan ahşabın tanımı yapılıp ahşabın mekanik ve fiziksel özellikleri detaylarıyla açıklanacaktır. Ahşabın mekanik özellikleri şekillerle ifade edilip gerilme değerleri verilerek açıklanacaktır. Ahşap malzemesi diğer yapı malzemeleriyle karşılaştırılıp ahşabın avantajları ve dezavantajları anlatılacaktır. Ahşabın dezavantaj gösteren özelliklerini minimize etmek için uygulanabilen bazı işlemlere değinilecektir. Ahşap yapılarda yangın sorununa, bu sorunun nasıl üstesinden gelinebileceği üzerinde durulacaktır. Ülkemizden ve dünyadan ahşap yapılarda meydana gelen deprem ve yangın olaylarına değinilecektir.

3.1 Ahşap Malzemesi

Ahşap, canlı bir yapının meydana getirdiği, lifli, homojen ve anizotropik yapıya sahip, organik esaslı bir malzemedir (Kaplan, 2013). Yapı malzemesi olarak ahşabın kullanımı diğer yapı malzemelerine (beton, çelik vb.) nazaran çok daha eskiye dayanmaktadır. Ahşap doğal bir malzeme olduğu için doğadan temin edilmesi kolaydır. Farklı işlevli yapılarda (konut, cami, köprü, iskele, temel inşaatları, vb.) ahşabın taşıyıcı eleman olarak kullanılması, ahşabın en eski geleneksel yapım tekniklerinden biri olduğunu kanıtlar niteliktedir (Akça vd., 2014). Ahşap taşıyıcı sistemli yapılara geleneksel Türk mimarisinde de sıkça rastlanmaktadır. Gerek Anadolu Selçuklu Devleti'nde gerekse Osmanlı Devleti'nde taşıyıcı sistemi ahşap olan yapılar bilhassa camiler yer almaktadır. Kayseri Melikgazi'de bulunan Osmanlı Devleti zamanında yaptırılmış olan Yanıkoğlu Camisi bu yapılara örnek teşkil etmektedir (Şekil 3.1).

3.2 Ahşap Malzemesinin Avantajları ve Dezavantajları

Yapı malzemesi olarak kullanılan ahşabın avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Özellikle beton ve çeliğe nazaran güçlü ve zayıf yanları bulunmaktadır. Ahşabın olumlu özellikleri olumsuz özelliklerinden daha fazladır. Nitekim olumsuz özellikleri de emprenye, ısıl işlem gibi yöntemler ile azaltılabilmektedir. Emprenye, çeşitli yöntemlerle değişik kimyasal maddelerin ahşabın bünyesine emdirilmesi işlemidir.



Şekil 3.1 Yanıkoğlu Camisi'nin ahşap taşıyıcı sistemi (Çelik ve Birdal, 2017)

3.2.3 Ahşabın avantajları

Ahşap, doğal kaynaklı, yenilenebilir, sürdürülebilir, yeniden kullanılabilir, atık oluşturmayan, çevre dostu ve tüm bunlarla birlikte tam bir mühendislik malzemesidir (Akça vd., 2014). Ahşap malzemesini diğer yapı malzemelerinden üstün kılan en önemli özelliklerinden biri ise, ahşap bina hasar görse bile tamamen yıkılmadan önce gerekli bakımı yapılarak kullanılmaya devam edilebilir olmasıdır. Ahşabın liflere paralel basınç dayanımı yüksektir. Montajı kolay bir malzemedir. Sökülüp takılabilmesi çok uzun zaman almaz. Bu yüzden diğer malzemelere oranla daha az enerji harcanır. Hafif ve esnek bir malzeme olduğundan depreme karşı daha avantajlı bir malzemedir. Yangın esnasında, boşluklu yapısından ve dış kısımdaki kömürleşmenin yangının iç kısımlara ulaşmasını geciktirdiğinden dolayı içinde yaşayanların dışarı kaçabilmesine veya yapı yıkılmadan yangının söndürülebilmesine olanak sağlamaktadır (Dündar vd., 2016). Ahşabın boşluklu yapısından dolayı ses ve ısı yalıtım özellikleri daha iyidir. Ahşap taşıyıcı elemanlar zamanla yıpranır ama taşıma gücünü yitirmeden ayakta kalabilir. Deprem sırasında uzun lifli kırılmalar gerçekleştiğinden, "yaşam üçgeni" oluşturma olasılığı çok daha yüksektir (Dündar vd., 2016). Yaşam üçgeni, deprem esnasında hayatta kalınabilen minimum hareket alanıdır. Ahşabın avantaj gösteren bu özellikleri aktif deprem kuşağında bulunan ülkemiz için aslında yapı malzemesi olarak ahşabın kullanılmasını elzem kılmaktadır.

3.2.4 Ahşabın dezavantajları

Ahşabın elastisite modülü diğer yapı malzemelerine nazaran daha düşük olduğundan yapacağı sehim de daha büyüktür (Bayülke, 2001). Rutubet, ahşap malzemenin dayanımını olumsuz etkiler. Bu yüzden ahşap çeşitli yöntemlerle kurutularak rutubetin %20'den daha az seviyeye indirilmesi gerekir. Bu da fazladan işlem ve maliyete sebep olmaktadır. Ahşap çürüyebilen ve birtakım biyolojik saldırılara maruz kalabilen bir malzemedir. Bu durum ahşabın mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Ahşap yanabilen ve düşük sıcaklıklarda tutuşabilen bir malzemedir. Anizotrop yani liflerin doğrultusuna bağlı olarak dayanımı değişen ve heterojen bir malzemedir. Ahşabın liflere dik basınç dayanımı düşüktür. Ahşabın temini son yıllarda çeşitli sebeplerle ormanların azalması sebebiyle güçleşmiştir ve orman oranı her bölgede aynı değildir. Bu sebeple, malzeme temininin güçleşmesi veya malzeme temin edilmek istendiğinde nakliye masrafı maliyeti artırdığından ahşap yapılar çok tercih edilmemektedir.

Ahşabın bazı olumsuz özellikleri çeşitli yöntemlerle minimize edilebilmektedir. Ama bu işlemler de maliyeti artırabilmektedir. Örneğin ahşabın ortotropik ya da anizotropik yapısından kaynaklanan zayıf özelliği, endüstriyel ahşap malzemesi olan ve genellikle üç veya daha fazla tabakadan oluşan çapraz lamine ahşap kullanımı ile liflere dik doğrultudaki dayanımı artırılarak giderilmektedir (Atik, 2022).

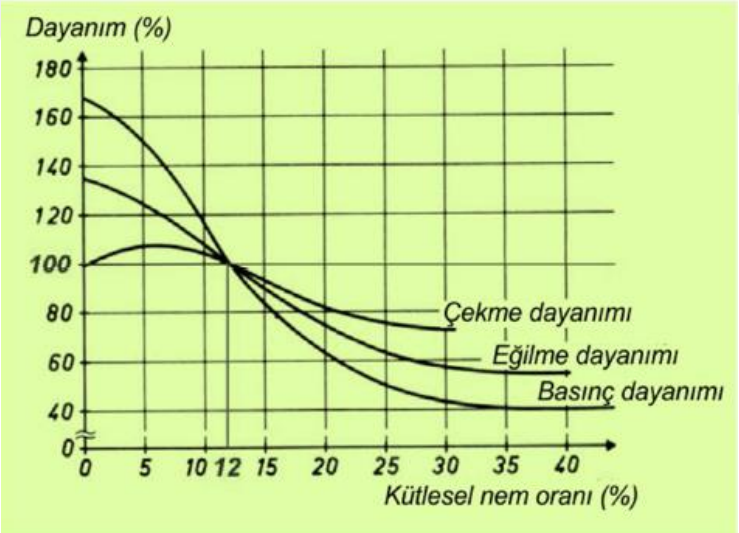
3.3 Yapı Malzemesi Olarak Ahşabın Özellikleri

Yapı malzemesi olarak kullanılan ahşap lifli yapıya sahip olup heterojendir ve anizotroptur. Ahşap taşıyıcı sistemlerin yapı malzemesi olan ahşabı yapılarda kullanmadan önce, dayanımları ve davranışları hakkında bilgi sahibi olmak için birtakım özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri irdelenecektir.

3.3.1 Ahşabın fiziksel özellikleri

Ahşabın bazı fiziksel özellikleri mukavemeti, işlenebilirliği, dayanıklılığı gibi özellikleri hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Ağacın sertliği, işlenmesi ve dayanımı ile doğrudan ilgilidir. Sertlik faktörü ise bir başka fiziksel özellik olan nem oranı ile ilgilidir (Dışkaya, 2011). Ahşap, higroskopik bir malzeme olmasından dolayı her zaman yapısında su bulundurmaktadır. Ahşaptaki rutubet oranı dayanımını

etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Ahşabın nem oranı yapay yollarla belli bir seviyeye (%20) indirilmeden taşıyıcı eleman olarak kullanılamaz. Özel fırınlarda kurutularak ahşabın nem oranı belli bir seviyeye kadar indirilebiliyor. Ahşabın özgül ağırlığı, ağacın cinsine ve gövdeden alınan kısma göre değişiklik gösterir (Dışkaya, 2011). Ağaçtaki su oranı, ağacın yaşı, ahşabın yıllık halka genişliği, ahşapta bulunan ilkbahar ve yaz odunu oranı özgül ağırlığı etkileyen unsurlardır (Kara, 2017). Ahşap malzemenin nem oranı arttıkça dayanımında azalma olur. Bununla ilgili TS EN 1995'ten alınan bir grafik Şekil 3.2'de verilmiştir. Bu grafikte kütlesel nem oranı ile dayanım yüzdelik değerler ile verilmiştir. Aralarındaki ilişkiye bağlı olarak çekme dayanımı, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı üç eğri ile gösterilmiştir ve nem oranı artışına bağlı olarak dayanımların azaldığı görülmektedir. Özgül ağırlık arttıkça ahşabın mukavemeti de artar. Ahşapta ısıdan kaynaklanan genleşme ve büzülme olayları çok fazla görülmemektedir. Ahşabın ısı iletkenliği zayıftır, fakat ısı izolasyonu boşluklu yapısından dolayı yüksektir (Kara, 2017).



Şekil 3.2 Dayanım ile kütlesel nem oranı arasındaki ilişkiye bağlı olarak çekme, eğilme ve basınç dayanımı eğrileri (TS EN 1995)

3.3.2 Ahşabın mekanik özellikleri

Ahşap malzemesinin mekanik özellikleri, yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği ve dayanımı hakkında bilgi verir. Ahşap viskoelastik bir malzeme olarak tanımlanır, ancak uygulamalarda elastik olduğu kabul edilir (Gürel, 2018). Ahşap heterojen ve anizotrop bir malzeme olduğundan liflerin yönüne bağlı olarak mekanik özellikleri değişkenlik gösterir. Mekanik özelliklerinden liflere paralel yönde olan değerler liflere

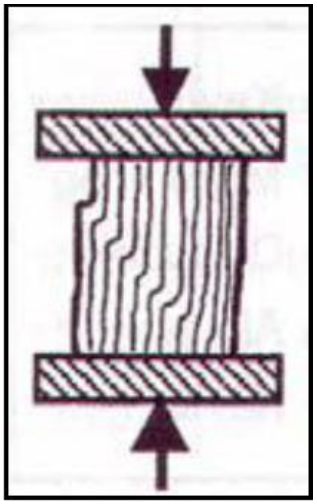
dik yönde olan değerlerden çok daha yüksektir. Ahşabın mekanik özellikleri özgül ağırlığına, cinsine, nem oranına, yetiştiği coğrafi bölgeye vb. birçok etkene göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle ahşabın mekanik özelliklerini tespit etmek karmaşık bir hal almaktadır (Dışkaya, 2011). Ahşabın mekanik özellikleri aynı yapı elemanının farklı kesitlerinde farklılık gösterebilmektedir. (Uzun, 2018).

Ahşap yapı elemanları iğne yapraklı ağaçlar ve geniş yapraklı ağaçlar olmak üzere iki tür ağaçtan elde edilir. İğne yapraklı ağaçlara örnek olarak çam, göknar, sedir; geniş ağaçlı yapraklara örnek olarak ise meşe, kayın, kestane verilebilir. Genellikle geniş ağaçlı yapraklardan elde edilen ahşap iğne yapraklı ağaçtan elde edilen ahşaptan daha dayanıklı ve sağlamdır (Uzun, 2018).

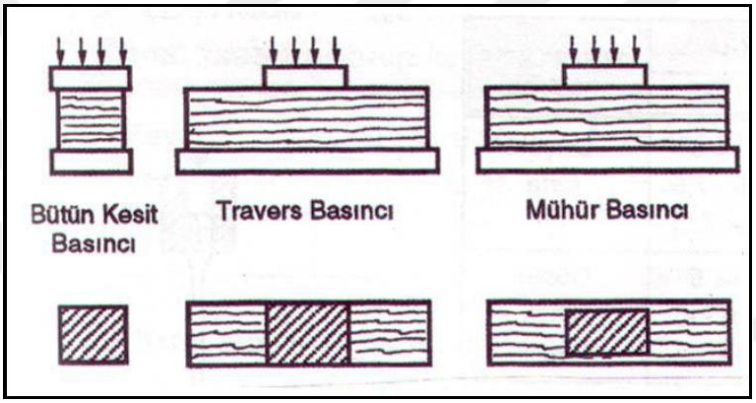
Ahşap malzemesinin mekanik özellikleri; basınç, çekme, eğme, makaslama gibi yükleme deneyleri sonucunda belirlenir (Dışkaya, 2011). Basınç dayanımı, çekme dayanımı, eğilme dayanımı, makaslama dayanımı, yarılma dayanımı, elastisite modülü ahşap malzemesinin önemli bazı mekanik özellikleridir (Kaplan, 2013). Bu özellikler bu bölümde detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

3.3.2.1 Basınç dayanımı

Ahşapta bulunan liflere paralel, dik veya açılı bir şekilde baskı yapmaya, sıkıştırmaya çalışan kuvvete karşı gösterdiği dirence basınç dayanımı denir. Liflere paralel yani düzleme dik yönde bir basınç uygulandığında ağaç hücreleri boylamasına deformasyona uğrar ve kısalma ve sıkışma meydana gelir. Liflere dik yani düzleme paralel yönde bir basınç uygulandığında ise enlemesine deformasyona uğrar. Şekil 3.3'te ahşap malzemede liflere paralel yönde, Şekil 3.4'te ise liflere dik yönde basınç dayanım testleri gösterilmektedir. Ahşabın liflere paralel basınç dayanımı liflere dik basınç dayanımından yüksektir. Liflere paralel basınç direnci en çok kısa direk ve sütunlarda önem arz etmekteyken, liflere dik basınç direnci ise taşıyıcı kirişlerde bağlantıda olan çeşitli ağaç kısımlarda önem arz etmektedir (Dışkaya, 2011). Higroskopik sınırlar çerçevesinde ahşapta rutubet arttıkça basınç dayanımında azalma görülmektedir (Kaplan, 2013).



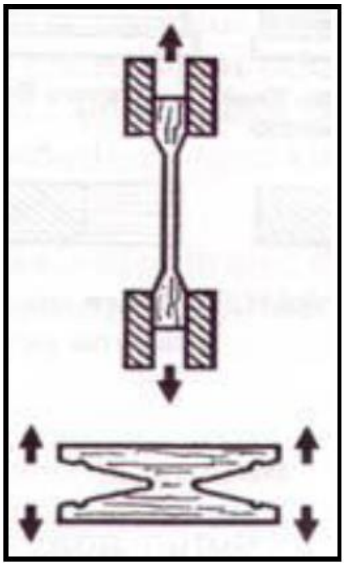
Şekil 3.3 Liflere paralel yönde basınç dayanımı deneyi (Kaplan, 2013)



Şekil 3.4 Liflere dik yönde basınç dayanımı deneyi için farklı yükleme şekilleri (Kaplan, 2013)

3.3.2.2 Çekme dayanımı

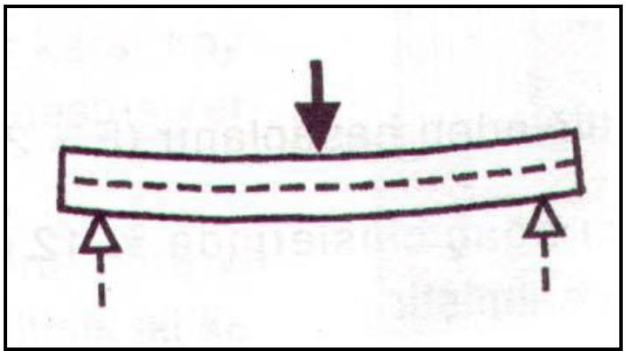
Ahşap malzemeye zıt iki yönde etki ederek onu çekmeye ve liflerini koparmaya çalışan kuvvetlere karşı ahşabın gösterdiği dirence çekme dayanımı denir. Ahşap malzemenin liflerine paralel ve liflerine dik yönde uygulanan kuvvetler neticesinde çekme dayanımı elde edilir. Liflere paralel yöndeki çekme dayanımı değeri liflere dik yöndeki çekme dayanımı değerinden çok daha yüksektir. Şekil 3.5'te liflere paralel ve liflere dik yönde uygulanan çekme dayanımı deneyleri ve yükleme şekilleri gösterilmektedir. Yoğunluk arttıkça dayanımı en çok artan değer çekme dayanımı, ağaçtaki budaklar arttıkça dayanımı en çok azalan değer yine çekme dayanımıdır (Kaplan, 2013). Liflere paralel çekme direnci en çok bir kirişle bağlantıdaki yapısal elemanların alt kısımlarında önem arz etmekteyken, liflere dik çekme direnci ise binalardaki yapısal kısımlar arasındaki bağlantılarda önem arz etmektedir (Dışkaya, 2011).



Şekil 3.5 Liflere paralel ve dik yönde uygulanan çekme dayanımı deneyi (Kaplan, 2013)

3.3.2.3 Eğilme dayanımı

Ahşap bir kirişin liflerine dik yönde etki edip onu eğmeye çalışan kuvvetlere karşı gösterdiği dirence eğilme dayanımı denir (Kaplan, 2013). Kirişi eğmeye çalışan kuvvet liflere paralel yönde makaslama kuvveti ve mesnetlerde düzleme dik yönde basınç kuvveti oluşturur (Uzun, 2018). Şekil 3.6'da liflere dik yönde uygulanan eğilme dayanımı deneyi görülmektedir. Ahşabın yoğunluğunun artması eğilme dayanımını da artırır (Kaplan, 2013).



Şekil 3.6 Ahşap kirişte liflere dik yönde uygulanan eğilme dayanımı deneyi (Kaplan, 2013)

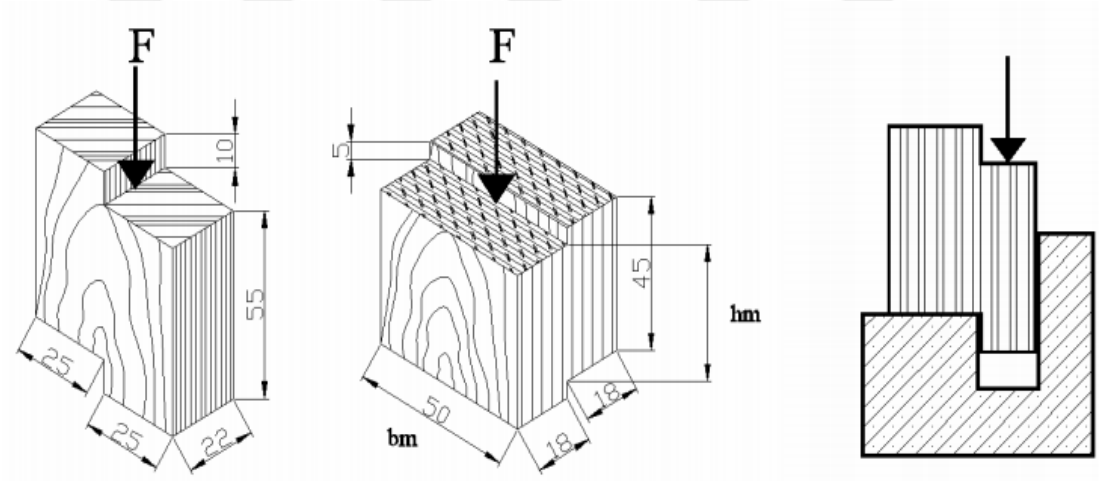
3.3.2.4 Makaslama dayanımı

Birbirine bitişik iki ahşap kesiti birbirinden ayırmak için ters yönde uygulanan kuvvetlere karşı ahşabın gösterdiği dirence makaslama dayanımı denir. Malzemelerin birleşim yerlerinde, birbirine bitişik iki ahşap malzemede, çentik açılmış bölümlerde bu dayanım değeri daha önemlidir (Kaplan, 2013). Ahşabın liflerine paralel, dik ve

eğik yönde etki eden üç tip makaslama kuvveti bulunur. Liflere dik yönde etki eden kuvvetten dolayı hücre duvarlarında kalıcı deformasyon oluşacağı için bu değer göz ardı edilir. Makaslama dayanımı için yatay makaslama yani liflere paralel yönde etki eden kuvvete karşı gösterilen direnç tasarım için göz önünde bulundurulması gereken bir değerdir. Eğik makaslama ahşap malzemelerde pek rastlanılmayan bir makaslama türüdür (Uzun, 2018). Liflere paralel makaslama dayanımı liflere dik makaslama dayanımından yüksektir. Masif ahşap ve kompozit ahşap için liflere paralel makaslama direnci deneyleri Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

3.3.2.5 Yarılma dayanımı

Ahşapta birleştirme görevi gören birleşim elemanlarının (kama, çivi, vida vb.) ahşaba etki ettirilmesiyle ahşabın bu elemanların etkisine karşı gösterdiği dirence yarılma dayanımı denir. Ahşap-ahşap veya ahşap-çelik birleşimlerinde çivi veya vida ahşaba çakılırken ahşabın yarılmamasına dikkat edilir. Bu hususta yarılma dayanımı kesit kaybının olmaması açısından önem arz etmektedir.



Şekil 3.7 Masif ve kompozit ahşap için liflere paralel makaslama (kesme) dayanımı deneyleri (Efe ve Kasal, 2007)

Tablo 3.1'de TS 647'ye göre masif ahşabın basınç, çekme, eğilme ve makaslama dayanımları notasyonlarıyla beraber verilmiştir. Liflere paralel basınç dayanımı liflere dik basınç dayanımından yüksek, iğne yapraklı ağaçlardaki her üç sınıfın ortalama gerilmesinin geniş yapraklı ağaçlardan (meşe ve kayın) daha düşük olduğu tablodan okunmaktadır.

Tablo 3.1 TS 647'ye göre masif ahşap malzemenin emniyet gerilmeleri

Gerilme Türü	Notasyon	Ahşap Malzemenin Gerilme Değerleri (kgf/cm^2)			
		İğne Yapraklı Ağaç Sınıfları			Meşe ve Kayın
		I	II	III	
Eğilme	σ_{eem}	130	100	70	110
Liflere paralel çekme	$\sigma_{çem//}$	105	85	0	110
Liflere paralel basınç	$\sigma_{bem//}$	110	85	60	100
Liflere dik basınç	$\sigma_{bem\perp}$	20	20	20	30
Makaslama	τ_{em}	9	9	9	10

3.3.2.6 Elastisite Modülü

Elastisite ya da elastikiyet modülü dış kuvvet etkisi altında şekil değişikliğine uğrayan cismin, kuvvet ortadan kalktığında ilk haline dönebilmesinin bir ölçüsüdür (Kaplan, 2013). Gerilme-şekil değiştirme diyagramlarındaki eğim de elastisite modülünü verir. Cismin bu ilk haline dönebilmesinin de bir sınırı vardır. Bu sınıra elastik sınır denir. Ahşap malzemesinin elastisite modülü Tablo 3.2'de görüldüğü gibi genel olarak diğer yapı malzemelerine nazaran çok daha düşüktür. Elastisite modülünün düşük olması yapılarda sehime sebep olmaktadır (Ohanesyan, 2012). Bu değer doğrudan sertlikle alakalıdır ve kiriş ve uzun sütunlar öneminin arttığı yerlerdir (Dışkaya, 2011). Elastisite modülünün artması dayanımı da artırmaktadır. Yoğunluk ile doğru orantılıdır, sıcaklık ve nem oranı ile de ters orantılıdır. Ahşap malzemelerin liflere paralel elastisite modülü değeri liflere dik elastisite modülü değerinden çok daha yüksektir ve iğne yapraklı ağaçlar geniş yapraklı ağaçlardan daha düşük elastisite modülü ve kayma modülü değerlerine sahiptir. TS 647'deki verilerle desteklenecek olursa; iğne yapraklı ağaçlardan elde edilen ahşabın liflere paralel elastisite modülü değeri 100.000 kgf/cm^2 iken liflere dik elastisite modülü değeri 3.000 kgf/cm^2 olmaktadır ve geniş yapraklı ağaçlardan elde edilen ahşabın liflere paralel elastisite modülü değeri 125.000 kgf/cm^2 iken liflere dik elastisite modülü değeri 6.000 kgf/cm^2 olmaktadır.

Tablo 3.2 Farklı Türk Standardları'na göre farklı yapı malzemelerinin elastisite modülü değerleri

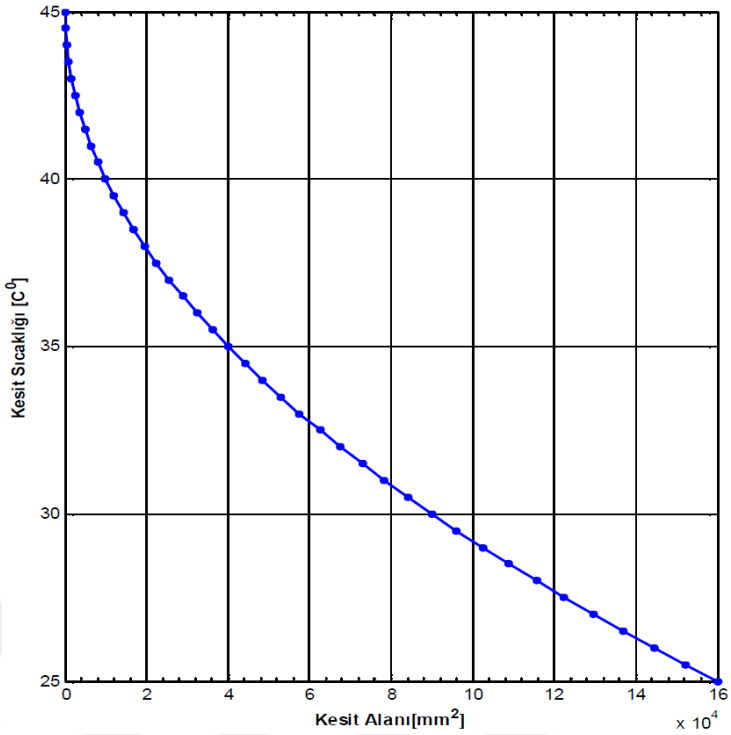
Malzeme	**Elastisite Modülü (MPa)**
Beton (C25)	30 000
Çelik (S235)	200 000
Ahşap (meşe)	12 500

3.4 Ahşap ve Yangın

Ahşap taşıyıcı sistemlerde, taşıyıcı elemanlar uygun kesitlerde imal edilmediği taktirde ve gerekli önlemler alınmadığında yangın esnasında kolayca tutuşabilir ve yapı kısa bir sürede göçmeyle karşı karşıya kalabilir. Taşıyıcı ahşap elemanların kesitleri kalın olmalı (2,5 cm'den az olmamalı) ve yapı bu şekilde tasarlanmalıdır, yeni yapılacak olan ahşap bir binanın inşa edileceği konumdaki ahşap binalara olan mesafesi 4 m'den az olmamalı, ahşap duvar ve döşeme içinde yanmayacak bir dolgu maddesi seçilmeli, çatı arasında hava akımı yaratarak yangını körükleyebilecek büyük boşluklar bulunmamalı ve büyük boşluklar bulunduğu taktirde çatı arası bölünerek olası yangın durumunda alev ve duman sınırlanmalı, dış cephede kolay yanmayan bir malzeme tercih edilmeli ve yapı tasarımı yapılırken bu hususlar göz ardı edilmeden sıvalı dış cepheler tercih edilmelidir (Saydamer, 2014).

Geçmişte ahşap evler yaygın olduğundan yangın durumu göz önünde bulundurulup bitişik ahşap evlerin arasına 1-1,5 tuğla genişliğinde duvar yapılarak meydana gelebilecek bir yangının bitişik yapıya sıçraması engellenmeye çalışılmıştır. Bu uygulamaya yangın duvarı adı verilmiştir.

Ahşap bir yapının yangına karşı dayanımı; yük dayanımı, güvenilirlik ve ısı yalıtımı gibi parametrelere bağlı olarak yapılır (Yaman, 2007). Ahşap yapılar belli bir ısıya kadar dayanıklılık gösterir ve ahşap kömürleşme özelliğinden dolayı iç yapısını belli bir süre korur ve hemen göçmeden belli bir süre yük taşıyabilmektedir (Yaman, 2007). Şekil 3.8'de ahşap bir kolonun kömürleşmemiş kısmının sıcaklığının kesit alanına göre değişimi grafik ile gösterilmektedir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere kesit alanı arttıkça kolonun kömürleşmemiş kısmının sıcaklığı oda sıcaklığına yaklaşmakta, yani kesit alanı arttıkça ahşap kolon, iç yapısını daha uzun süre muhafaza edebilmektedir (Özüm, 2008).

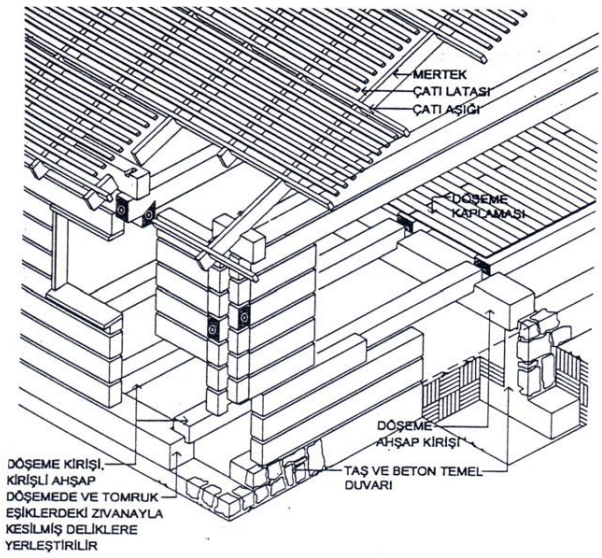


Şekil 3.8 Ahşap kolonun kömürleşmemiş kısmındaki sıcaklığın kesit alanına göre değişimi (Özüm, 2008)

Ülkemizde ve dünyada ahşap yapılarda meydana gelen yangın sonucu ölümler gerçekleşmiştir. 1923'te Japonya'da yaşanan Kanto depremi sonrası meydana gelen yangın sonucu yaklaşık 110 bin can kaybı yaşanmış olup bu olay deprem sonrası ahşap yapıların yıkılıp rüzgârın da etki etmesiyle yangının geniş alanına yayılması sonucu gerçekleşmiştir (Bayülke, 2001). Japonya'da 1995'te yaşanan Kobe depremi sonucu meydana gelen yangın sonucu da birçok can kaybı yaşanmıştır. Japonya'da deprem sonrası yangın felaketinin ABD ve Kanada'ya göre fazla olmasının sebebi ise Japonya'daki yerleşmelerin çok sık olması ve bu sebeple yangının hızlı bir şekilde etraftaki yapılara sıçramasıdır. Ülkemizde de deprem sonrası ahşap yapı yangını olayı mevcuttur. 1970 Gediz depreminde Gediz'in bir mahallesi komple yanmış ve bunun sonucunda can kayıpları yaşanmıştır (Bayülke, 2001). Geçmişte karşılaşılan deprem sonrası yangın felaketleri de göz önünde bulundurulduğunda ahşap yapıların tasarımı yapılırken depreme karşı dayanıklı bir tasarımın yanında yangına karşı da dayanıklı bir tasarım yapılmasının elzem bir durum olduğu aşikardır.

4. AHŞAP YAPILARIN TAŞIYICI SİSTEMLERİ VE TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARI

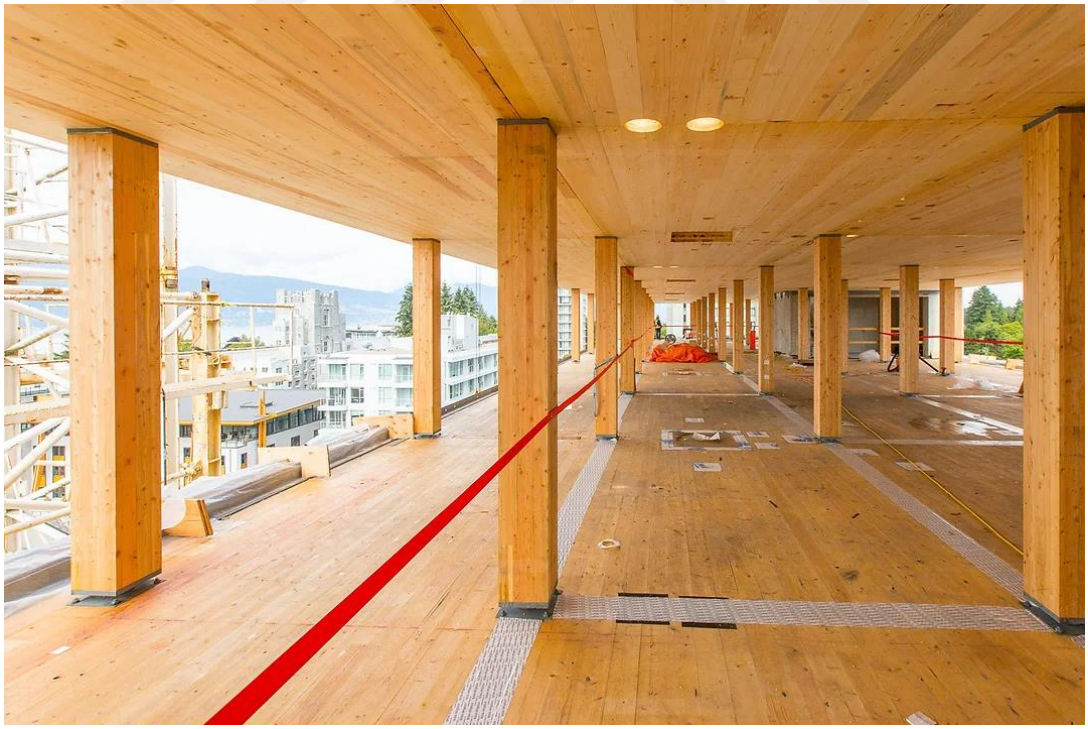
Ahşap, yenilenebilir, doğal ve doğadan sürekli temin edilebilen bir yapı malzemesidir. Ahşap bir yapının temelini genellikle kagir (taş) bir zemin kat oluşturur. Ancak temeli ahşap elemanlardan oluşan ahşap yapılar da vardır. Kestane ağacı bu duruma örnektir. Kestane ağacının su altında kaldığında sertliğinin artması ve uzun bir süre sonra taşlaşma özelliği göstermesi temellerde kullanılabilirliğinin göstergesidir (Çobancaoğlu, 1998). Ahşap yapılarda genellikle bodrum bulunmamaktadır ancak arazi eğiminden ötürü yarı bodrum, ardiye veya kömürlük olarak kullanılabilen mekanlar ortaya çıkmış olup bu mekanlara giriş genelde dışarıdan yapılmaktadır (Kaplan, 2013). Bu mekanların olmadığı yapılarda ise bodrum kat yapılmadan yapı su basman kotuna kadar kagir malzeme ile yükseltilmiş olup kagir duvar üzerine ahşap taşıyıcı sistem inşa edilmiştir. Kagir duvar üzerine alt taban kirişleri yerleştirildikten sonra kapı ve pencere boşlukları bırakılarak köşe dikmeleri, köşe dikmeleri arasına ara dikmeler ve dikmeleri destekleyen payandalar yerleştirilir. İki dikme arasına, pencerenin ve kapının alt ve üst kısmına ihtiyaç halinde kuşak kirişleri atılır (Saatci, 2020). Yapıda kullanılan ahşap dikmelerin boyu kat yüksekliği kadar olup tek parça halindedir. İnşası tamamlanan katın ardından üst kat inşa edilirken dikmelere başlık konulur ve üst kat döşemesinin yükünü taşıyan taban kirişleri yerleştirilir ve bu aynı şekilde üst katlar inşa edilir. Şekil 4.1'de bir ahşap yığma yapının kesiti ve taşıyıcı sistem elemanları gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Bir ahşap yapı kesiti ve taşıyıcı sistem elemanları (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2014)

4.1 Ahşap Taşıyıcı Sistem Elemanları

Bir ahşap binayı oluşturan temel taşıyıcı sistem elemanları şunlardır: Dikme, kiriş, payanda, bağlantı elemanları. Binayı oluşturan sütun eleman olan dikmelerin yüksekliği kat yüksekliği kadardır. Binanın proje detaylarına göre daha küçük boyutta olan ara dikmeler de kullanılabilmektedir. Dikmeler temelden itibaren çıkılır. Kirişler ise yatay elemanlar olup kullanım alanına göre birçok çeşidi bulunmaktadır. Kapı ve pencerelerin alt ve süt kısımlarına konulan kısa kirişlere kuşak denir. Alt taban, üst taban, bağ, yastık kirişleri de diğer kiriş türlerine örnektir. Şekil 4.2'de ahşap bir yapıdaki dikme elemanları, Şekil 4.3'te ise dikmeler, ara dikmeler ve kiriş türleri, Şekil 4.4'te tipik bir ahşap yapı görülmektedir. Eğik elemanlar yapıda iki türde bulunabilmektedir. Bunlardan biri payanda diğeri de çapraz eleman olup dikmeleri destekleyen eğik elemanlara payanda, dikmeleri desteklemeyen eğik elemanlara ise çapraz denir. Şekil 4.5'te de görüldüğü gibi payanda dikmenin uç noktasına kadar uzanmaz, dolayısıyla dikmeyi destekler, çapraz ise bir uçtan öteki uça doğru uzanır. Her iki eleman da yapının stabilitesi, dayanımı açısından önem arz etmektedir.



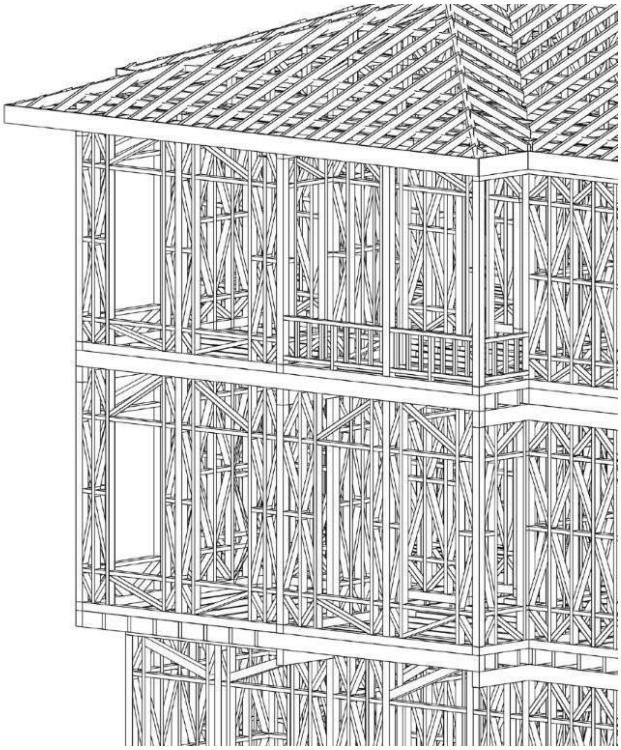
Şekil 4.2 Ahşap yapıdaki ahşap dikme ve döşeme örneği (Ulusal Ahşap Birliği, n.d.)

Bağlantı elemanları diğer bir deyişle birleşim elemanları iki ahşap elemanı beraber çalışacak şekilde birleştiren elemanlardır. Çivi, vida, bulon, dübel, zımba, çivili metal

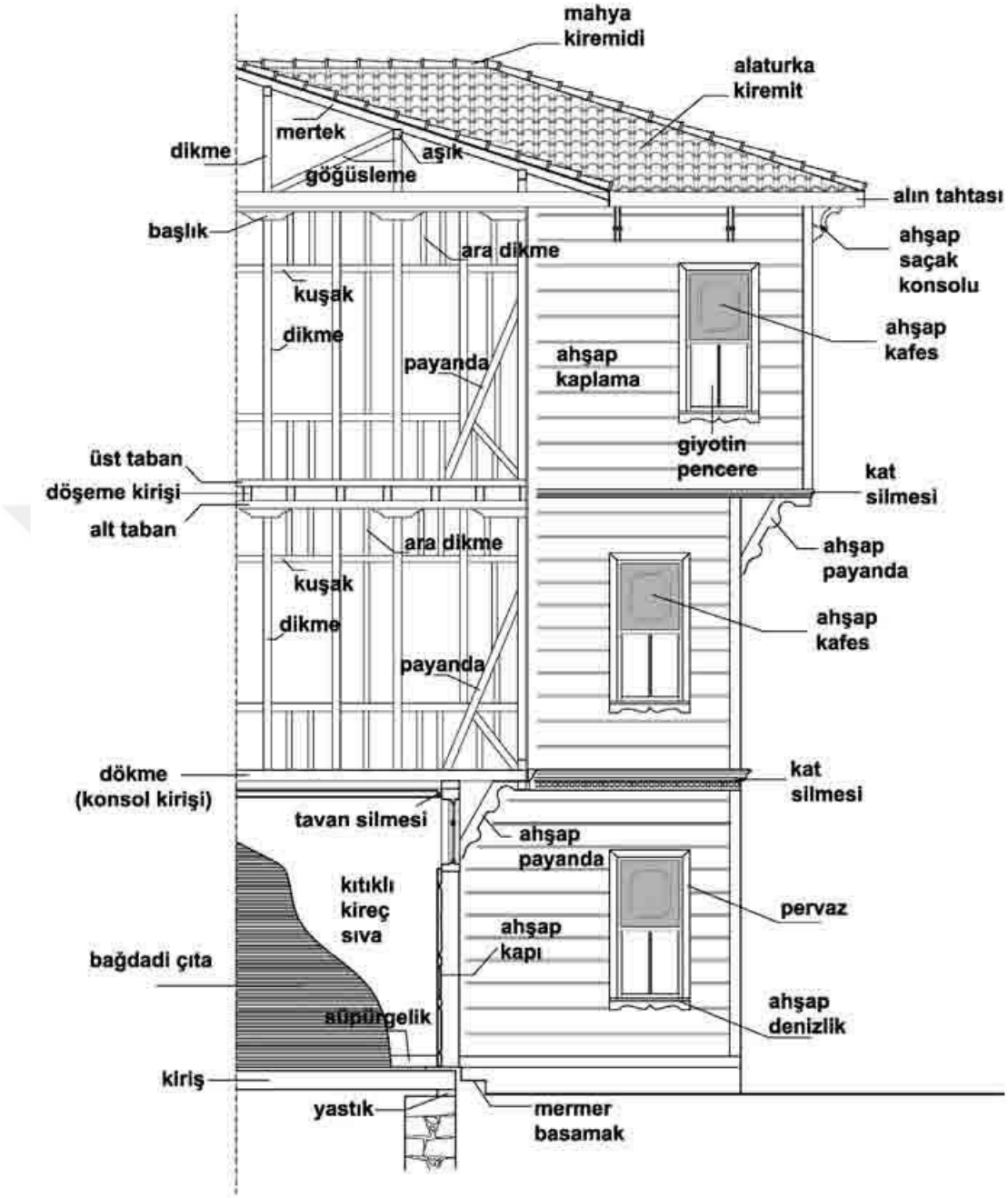
plaka, dişli plak gibi çeşitleri bulunmaktadır. Analiz hesabı yapılırken birleşim elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasitesi ve dayanım hesabı da yapılmaktadır. TS EN 1995-1-1'de bu hesaplara değinilmektedir.



Şekil 4.3 Ahşap yapıdaki dikme, ara dikme ve kiriş örneği (Ulusal Ahşap Birliği, n.d.)



Şekil 4.4 Tipik bir ahşap yapı kesiti (Kaplan, 2013)

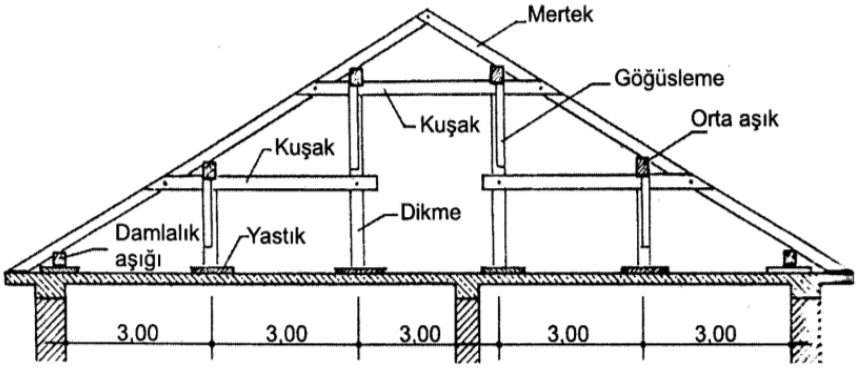


Şekil 4.5 Bir ahşap yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem elemanları (KUDEB, 2009)

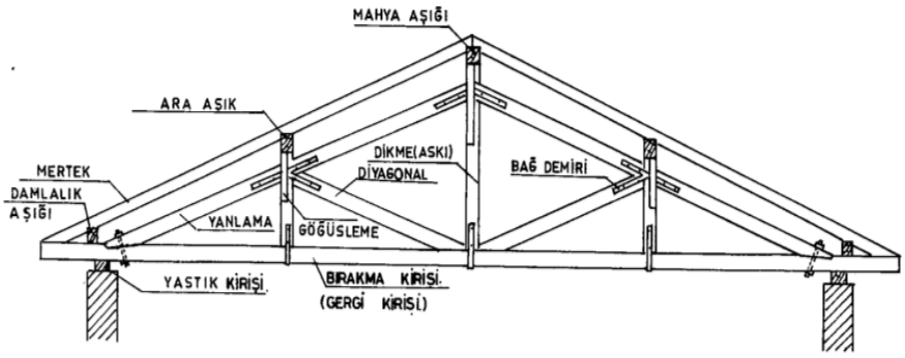
Ahşap yapıların döşemeleri de ahşap malzemeden meydana gelmektedir. Ahşap döşeme kaplamaları tali kirişlere, tali kirişler de ana kirişlere mesnetlenmektedir (Sarızeybek, 2019). Şekil 4.2'de ahşap yapıdaki ahşap döşeme görülmektedir. Ahşap duvarlarda ise ana taşıyıcı sistem ahşap karkas (çerçeve) sistem olup ana dikme, ara dikme ve dikmeleri destekleyen eleman olan payandalardan meydana gelmektedir. Temel olarak bağdadi ve hımış diye ikiye ayrılır. Bu duvar tiplerini birbirinden farklı kılan özellikleri kaplama ve ara dolgu malzemesi bakımından farklılık göstermeleridir.

Geleneksel ahşap yapılarda iki tip çatı görülmektedir. Bunlar ahşap tavanlı oturtma çatı ve ahşap makaslı çatıdır. Merteklerden aşıklara gelen yükleri, çatı arasındaki dikmeler aracılığı ile çatı taşıyıcı elemanlarına ileten çatılara *oturtma çatı* denir. Şekil 4.6'da oturtma çatı elemanları gösterilmektedir. Çatı yüklerinin, ahşap bir makas tarafından kenarlardaki taşıyıcı elemanlara aktarıldığı çatılara *asma makaslı çatı* denir. Asma makaslı çatılarda düşey taşıyıcıya gerek duyulmamasından ötürü daha geniş açıklıkların geçilebilmesi için bu tip çatı kullanılabilir (Sarızeybek, 2019). Şekil 4.7'de asma makaslı çatı elemanları gösterilmektedir.

Oturtma çatılardaki "dikme" asma çatılardaki "baba" olarak adlandırılır ve baba elemanlarının sayısına göre asma makaslı çatı sayı sıfatı alır. Çatı kaplama malzemeleri kurşun ve kiremit kaplama olmak üzere iki türdür. Kurşunlu çatı kaplamalarında, ahşap malzeme türü olan meşenin kurşuna zarar verebileceği örneği göz önünde bulundurulduğunda; ahşap ile kurşunun direk temas etmemesi, araya malzeme konulması gerekmektedir.



Şekil 4.6 Dört dikmeli oturtma çatı elemanları (İnşaat Teknolojisi, 2011)



Şekil 4.7 Üç askılı asma makaslı çatı elemanları (İnşaat Teknolojisi, 2011)

4.2 Ahşap Yapıların Taşıyıcı Sistem Türleri ve Duvar Oluşum Tipleri

Gelişen teknolojiyle beraber günümüzde ahşap yapı üretim teknikleri artmakta ve dolayısıyla taşıyıcı sistem türleri de çeşitlenmektedir. Ahşap bir yapının taşıyıcı sistemi yapının inşa edildiği yörenin imkanlarına, maliyete, yapının kullanım amacına, yöredeki malzeme durumuna, teknolojik gelişmelere vb. değişiklik göstermektedir. Temel olarak ahşap yapılarda 3 tip taşıyıcı sistem bulunmaktadır. Bunlar; ahşap karkas sitemler (çerçeve sistemler), ahşap yığma sistemler ve ahşap panel sistemlerdir.

4.2.1 Ahşap karkas sistemler (Çerçeve sistemler)

Yüklerin belirli noktalarda toplanarak dikmeler aracılığıyla temele aktarılması ilkesine dayanan sistemlerdir. Ahşap karkas sitemlerde iskelet de denilen "karkas" yapı taşıyıcılık görevini üstlenir. Karkas, dikme ve kiriş gibi çubuk elemanlardan oluşan çerçevedir (Kurul, 2019). Karkas sistemde elemanlar arasındaki boşluğa dolgu ve kaplama malzemeleri gelmektedir. Çerçeve sistemi oluşturan ana elemanlar; dikme, kiriş (taban-başlık), diyagonal (payanda, çapraz) elemanlar olup yardımcı elemanlar ise, duvar ve çatı kaplamaları gibi ana elemanları destekleyen elemanlardır (Ohanesyan, 2012). Ahşap taşıyıcı sistemler arasında ülkemizde ve dünyada en kullanışlı, en çok kabul gören sistem ahşap karkas sistemlerdir. Diğer taşıyıcı sistemlere nazaran daha az ahşaba ihtiyaç duyulur. Dolgu malzemesi olarak da çok özel bir malzeme gerekmeksizin yörede kolayca bulunabilen ve uygun malzemeler kullanılabilmektedir. Dikmeler arasında kalan boşluklar gazbeton, kerpiç, tuğla vb. malzemelerle doldurulabilmekte ve üzerine sıva yapılabilmektedir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004). Şekil 4.8'de kerpiç dolgulu ve sıvalı ahşap karkas sistemler görülmektedir.

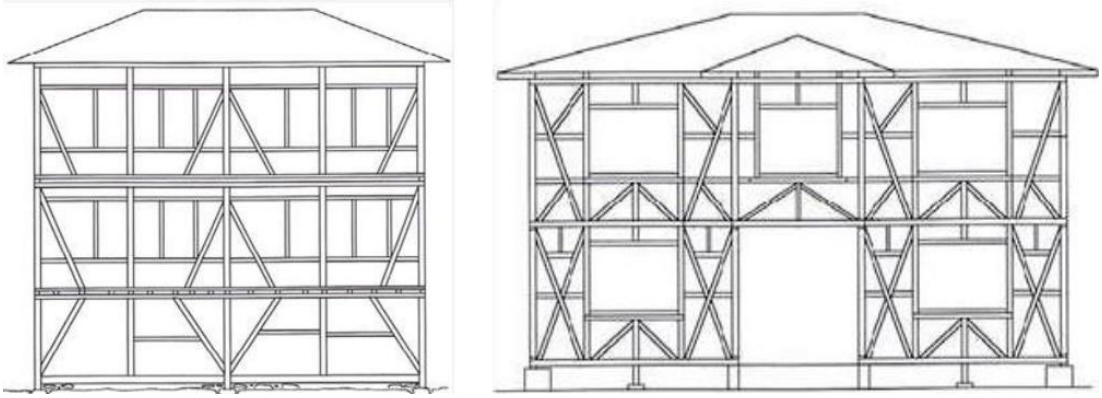


Şekil 4.8 Kerpiç dolgulu (soldaki) ve sıvalı (sağdaki) ahşap karkas sistem örnekleri (Tunca, 2019)

Ahşap karkas sistemler, yük taşıyan elemanların ve bağlantıların düzenlenmesine göre değişiklik göstermektedir ve 3 farklı yöntemle üretilmektedir. Bunlar; geleneksel çerçeve sistemler, kolon ve kiriş çerçeve sistemler ve kaburga çerçeve sistemlerdir.

4.2.1.1 Geleneksel çerçeve sistemler

Çerçeve sistemi oluşturan ana elemanlar olan dikme, kiriş ve diyagonal elemanlardan oluşan ana taşıyıcı sisteme "çatkı" adı verilir. Çatkı ile oluşturulan duvarlarda yapının deprem ve rüzgar gibi yatay yüklere karşı daha yüksek performans göstermesini sağlamak amacıyla dikmeler diyagonal elemanlarla desteklenmiş olup üçgenleme yapılmıştır. Köşe dikmelerden ve orta dikmelerden gelen diyagonaller bazı noktalarda mesnetlenebilmektedir. Şekil 4.9'da bir çatkı sistemdeki elemanlar ve diyagonal elemanların farklı yerleşim şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 4.9 Bir çatkı sistemde bulunan dikme, kiriş ve diyagonal elemanlar (Güneş, 2014)

Geleneksel ahşap çerçeve yapıların duvarları, dikme yüzeylerinin sıvanması-kaplanması ya da dikme elemanların arasındaki boşlukların farklı dolgu malzemeleriyle doldurulmasıyla tamamlanmaktadır. Çatkı ile meydana getirilen duvar sisteminin oluşturulmasında kullanılan teknik ve elemanlar arasındaki boşluğun doldurulma şekline göre farklı tipte çatkı duvarlar meydana gelmiştir. Bunlar; dolgusuz çatkı duvar (sıva veya kaplama), ahşap dolgulu çatkı duvar, kagir dolgulu çatkı duvardır. Şekil 4.10'da farklı tipte çatkı duvarlar yer almaktadır.

Dolgusuz çatkı duvar, taşıyıcı sistem elemanlarının arasındaki boşlukların herhangi bir dolgu malzemesiyle doldurulmaması ve dikme yüzeylerinin sıvanması ya da kaplanması sonucu oluşan duvardır. İki farklı şekilde yapılmaktadır: Bağdadi (çıta ve

sıva) ve ahşap kaplama (yalı baskı). Ahşap çerçeve sistem üzerine sık aralıklarla çakılan kalın ya da ince çıtaların (kalınlığı 1 cm, genişliği 2-8 cm arası) üzerinin balçık-saman karışımı veya kireçli harç ile sıvanması sonucu oluşan duvar tipi bağdadidir. Bağdadi sistemlerin deprem performansları diğer sistemlere nazaran daha yüksektir. Şekil 4.11'de Artvin'de bağdadi duvarlı bir ev görülmektedir.

Çatkı sistemde bulunan taşıyıcı elemanların üzerine düz bir şekilde veya üst üste bindirmeli olarak ahşap kaplama tahtalarının çakıldığı duvar türüne ahşap kaplama denir. Yağmur suyunun sızmasını engelleyecek şekilde ahşap kaplamaların üst üste bindirmeli olarak çakıldığı sisteme de yalı baskısı denir. Şekil 4.12'de yalı baskısı sisteminin bir örneği verilmiştir.



Şekil 4.10 Farklı tipte çatkı duvarlar (hımış-bağdadi-ahşap kaplama) (Avlar ve Yıldırım, 2021)



Şekil 4.11 Artvin'de bağdadi duvarlı bir ev (Başkan, 2008)



Şekil 4.12 Yalı baskısı duvar türü örneği (Güneş, 2014)

Ahşap dolgulu çatkı duvar, taşıyıcı sistem elemanlarının arasında kalan boşluğun ahşap malzemeyle doldurulduğu duvar tipidir. Kullanılan ahşap dolgu malzemesinin türüne ve kullanım tekniğine göre iki çeşit sistem söz konusudur: Çöten ve dizeme. Ahşap çatkı sistem arasındaki boşlukların 2-3 cm kalınlığındaki ince dallarla örülmesi yatay bir şekilde örülmesi sonucu doldurulmasıyla ve kullanılan ince dallar arasındaki boşlukların içten ve dıştan sıvanmasıyla oluşturulan sisteme "çöten" denir. Şekil 4.13'te Giresun'dan çöten örneği gösterilmektedir.

Dikmelerin ve diyagonal elemanların arasındaki boşlukların ahşap parçalarla doldurulduğu sisteme "dizeme" denir. Dizeme sisteminde duvar sıvanabilir, sıvanmadan da bırakılabilir. Dolgu malzemesi olarak kalın ahşap parçası kullanıldığında sıva tutması zor olabildiği için bazı yapılarda bağdadi çıtalar kullanılabilir (Güneş, 2014). Dizeme duvarlar kagir dolgulu duvarlara göre daha hafiftir ve hafif olması deprem performansını olumlu etkileyen bir özelliktir. Dizeme duvarlarda dolgu malzemesi olan ahşap malzeme taşıyıcı sisteme çivi ile çakıldığından olası bir deprem durumunda dışa devrilmez ve çekmeye veya basınca çalışır. Dizeme tekniğiyle yapılmış duvar örneği Şekil 4.14'te gösterilmektedir.



Şekil 4.13 Giresun'da yer alan çöten duvar örneği (Yaman, 2007)



Şekil 4.14 Karabük Safranbolu'da yer alan dizeme tekniğiyle yapılmış duvar örneği (Güneş, 2014)

Kagir dolgulu çatkı duvar, taşıyıcı sistem elemanları arasındaki boşluğun taş, tuğla, kerpiç gibi malzemelerle doldurulduğu duvar tipidir ve iki farklı teknikle inşa edilir:

Hımış ve muska dolma. İki tekniği birbirinden ayıran özellik dikmelerin duvar düzlemindeki kullanım sıklığıdır. Hımış, Anadolu'da geleneksel çerçeve sistemler arasında en yaygın kullanılan yapım tekniğidir. Yaygın olmasını sebepleri arasında çoğu yöreye uyarlanabilmesi, dolgu malzemesi olarak yöredeki çeşitli malzemelerin kullanılması yer almaktadır. Kerpiç, tuğla, çamur kullanılan dolgu malzemelerindendir. Tuğla kullanılması durumunda yatay, düşey, çapraz ve balık sırtı şeklinde örülmeler yapılabilmektedir ve çamur harcı kullanılmaktadır (Güneş, 2014). Hımış yapılarda dolgu malzemesi ağır bir malzeme olan kagir kullanılması deprem performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 4.15'te Bursa Cumalıkızık'tan, Şekil 4.16'da Karabük Safranbolu'dan hımış yapı örneği verilmiştir.



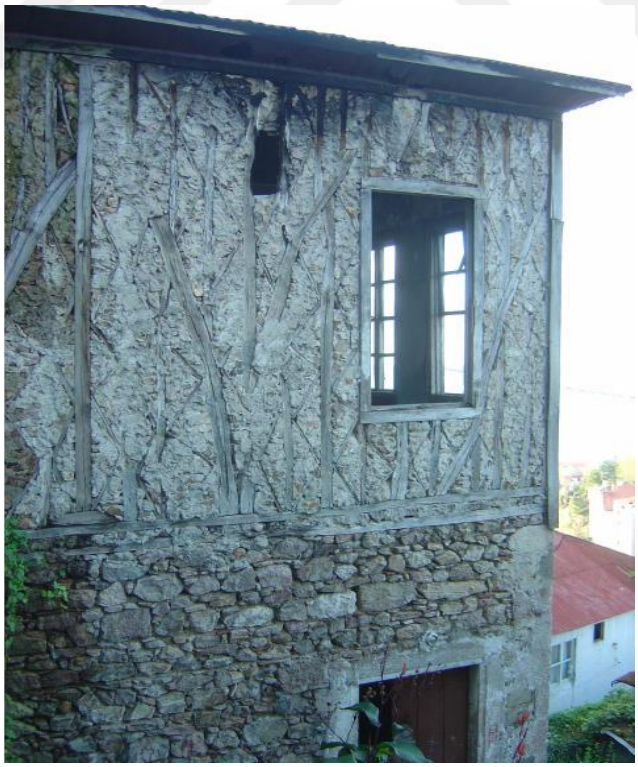
Şekil 4.15 Bursa Cumalıkızık'ta hımış yapı örneği (Işık, 2007)

Dikmelerde çapraz kullanımı sonucu oluşan üçgen bölgenin kagir dolgu malzemesiyle doldurulması sonucu oluşan duvar sistemine muskaya benzediği için "muska dolma" adı verilir. Muska dolma yapılar çapraz eleman kullanıldığı için depreme karşı yüksek performans sergiler ve dolgu malzemesi olarak blok taş yerine daha küçük boyutlu taşlar kullanılır. Payanda kullanılan muska dolgu sistemler de bulunmaktadır. Muska dolgu sistemde dikmeler yaklaşık 40-60 cm aralıklarla kullanılmaktadır ve çapraz elemanlar 45° eğimle atılmaktadır (Güneş, 2014). Çapraz elemanlar dikmelere metal

bağlantı elemanlarıyla bağlanır. Şekil 4.17'de muska dolgu duvar örneği bulunmaktadır.



Şekil 4.16 Karabük Safranbolu hımış yapı örneği (Güneş, 2014)



Şekil 4.17 Giresun-Tirebolu muska dolma duvar örneği (Yaman, 2007)

Eğik eleman bulunmayan sistemlerde diyagonal elemanlar bulunmamakta, düşey ve yatay elemanlar kullanılmaktadır. Bu sistemler deprem ve rüzgâr yükü altında etkili performans gösteremeyip deprem riskinin az olduğu bölgelerde tercih edilebilmektedir. Eğik eleman bulunan sistemler (çatkı), geleneksel çerçeve sistemler içerisinde eğik eleman bulunmayan sistemlere göre daha çok tercih edilmektedir. Eğik eleman bulunmayan duvarlar ikiye ayrılır: Gözlü duvar ve göz dolma. Gözlü duvarda sık yerleştirilen dikmeler yatay elemanlarla desteklenmiş olup küçük bölmeler şeklinde gözler oluşmuş ve herhangi bir dolgu malzemesi kullanılmamıştır. Bazı yapı sistemlerinde köşe dikmeden taban kirişine payanda atılabilmektedir.

Gözlü sistemdeki gözlerin kagir dolgu malzemesiyle doldurulması sonucu oluşan sisteme "göz dolma" denir. Göz dolma duvar sisteminde dikmelerin kesitleri küçük tutulmuş olup dikme sayıları artırılmış ve dikme aralıkları düşürülmüştür. Böylelikle gözlerde kullanılacak dolgu malzemesi kopmadan daha stabil halde kalabilecektir. Dolgu malzemesi olarak taş kırıkları kullanılır ve bağlayıcı olarak da kil kullanılır. Kilin dolgu malzemesi olarak kullanıldığı sistemler de mevcuttur. Şekil 4.18'de Artvin'de göz dolma duvar örneği, şekil 4.19'da blok taş dolgulu göz dolma duvar örneği görülmektedir.



Şekil 4.18 Artvin Arhavi'de göz dolma sistemi (Başkan, 2008)

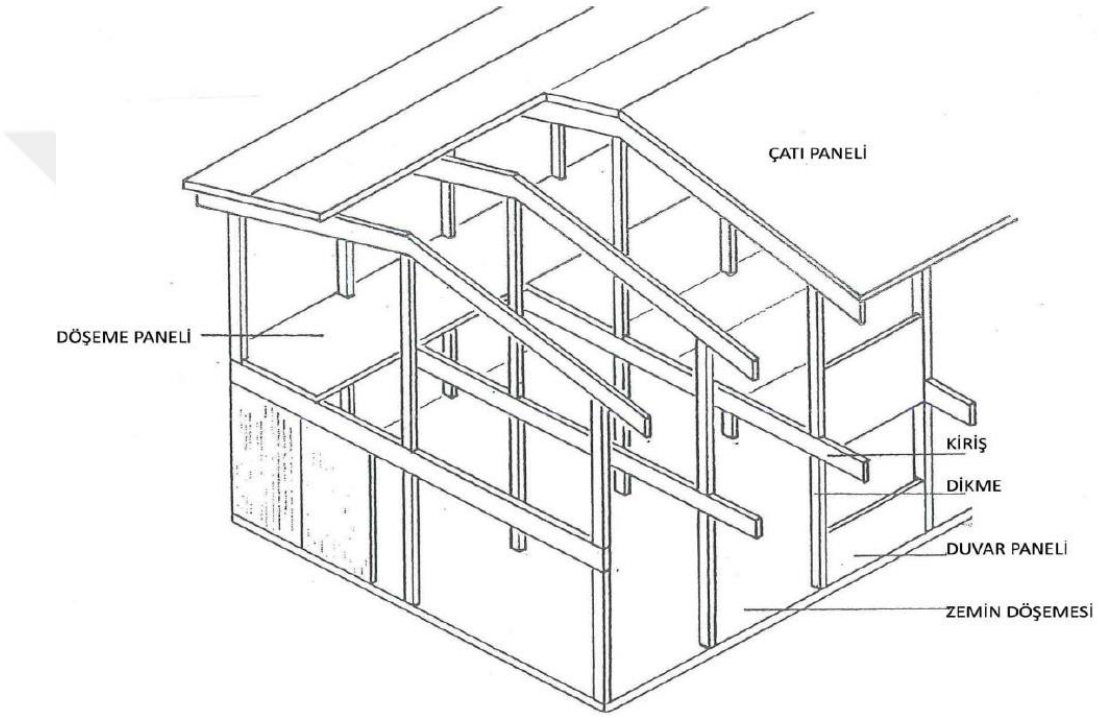


Şekil 4.19 Blok taş dolgulu göz dolma duvar sistemi (Güneş, 2014)

4.2.1.2 Kolon ve kiriş çerçeve sistemler

Ağır ahşap sistemler olarak da değerlendirilebilen bu sistemler; ahşap kolonların ve kolonlar üzerinde yer alan taşıyıcı kirişlerin belirli açıklığa göre düzenlenmesi ilkesine dayanmaktadır (Ohanesyan, 2012). Açıklık mesafeleri modüler olarak düzenlenir. Çerçeve aralıkları kirişlerin türüne, yöre koşullarına, yapının ne olarak kullanılacağına göre değişiklik göstermektedir. Kolon ve kiriş çerçeve sistemlerde deprem performansı açısından yapının yük aktarımının doğru sağlanması için elemanların bağlantı noktalarının sağlam olması ve çelik birleşim elemanı kullanılması gerekmektedir. Kolon ve kiriş çerçeve sistemlerde taşıyıcı sistem elemanları daha büyük kesitli olup daya güçlüdür. Dolayısıyla yangın dayanımı da daha yüksektir. Tasarıma kısıtlamalar getirmiş olsa da yapının kısa sürede tamamlanabilir olması ve gerektiğinde sistem elemanlarının kolayca değiştirilebilmesi bu sistemin sunduğu avantajlar arasında yer alır. Temel, taşıyıcı kolonlar, döşeme ve duvar sisteminden oluşan bu sistemlerde sürekli veya tekil temel uygulaması görülmektedir (Ohanesyan, 2012). Kolonlar sistemde taşıyıcı elemanları oluşturur ve masif, birleşik parçalı veya

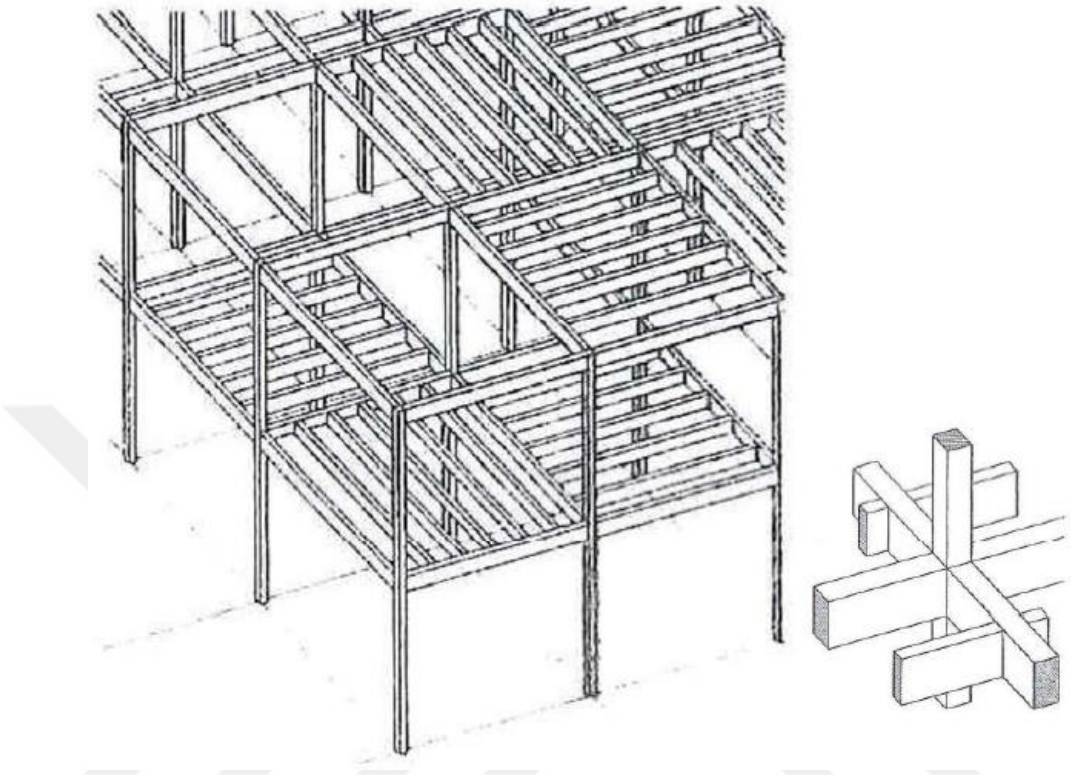
boşluklu olarak üretilmektedir. Döşeme sistemini kirişler (ana kiriş-tali kiriş) ve yük taşımayan, yapıyı stabil hale getiren ahşap panellerden oluşturur. Döşeme tabliyesi tek, çift veya sürekli açıklıklı olarak inşa edilebilmektedir. Taşıyıcı elemanların arasında kalan duvar sisteminin taşıyıcı özelliği bulunmaz. Duvarlar mekanları ayırır, dolgu görevi görür ve yapıda yalıtım sağlar. Taşıyıcı sistem içerisindeki yatay, düşey ve diyagonal elemanların birleştirilme şekillerine göre taşıyıcı sistem özelliği belli olur. Şekil 4.20'de kolon ve kiriş çerçeve sistem yer almaktadır.



Şekil 4.20 Kolon ve kiriş çerçeve sistem (Ohanesyan, 2012)

Kolon ve kiriş çerçeve sistemler sürekli veya ayrık olabilen kolonların ve kirişlerin düzenlenmesine göre; kolon üstü kiriş çerçeve sistem (tek katlı), kolon üstü kiriş çerçeve sistem (iki katlı), düğüm kiriş çerçeve sistem, çift kiriş çerçeve sistem, ayrık kolon çerçeve sistem olmak üzere beş şekilde oluşur. Bu sistemler; kolonların sürekli ve ayrık olma durumuna, kirişlerin kolonlara bağlanma şekline, kat sayısına, kolonlara arası aks mesafesine göre farklılaşmaktadır. İnşa edilecek yapı türüne ve açıklık mesafesine göre kullanılacak sistem belirlenmektedir. Örneğin endüstriyel yapılar için düğüm kiriş çerçeve sistem, daha ekonomik olduğu için tercih edilmektedir. Endüstriyel yapılarda çok sayıda birim olmakta ve bu sistem ile düzgün bir tavan

oluşturulabildiği için endüstriyel yapılarda düğüm kiriş çerçeve sistem tercih edilmektedir (Şekil 4.21).



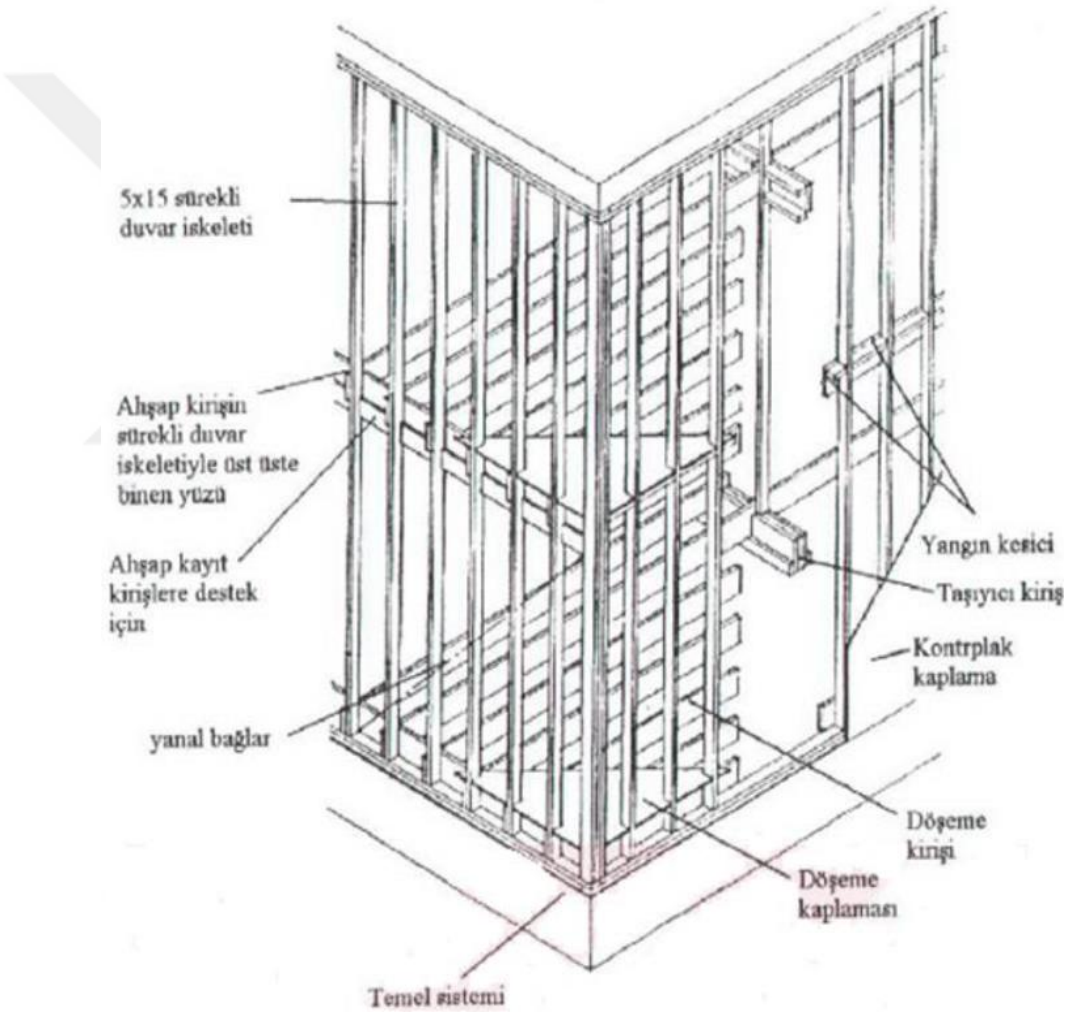
Şekil 4.21 Düğüm kiriş çerçeve sistem (Ohanesyan, 2012)

4.2.1.3 Kaburga çerçeve sistemler

Hafif çerçeve olarak da bilinen kaburga çerçeveler karkas sistem ile panel sistem arasında bir geçiş sistemi olarak tanımlanmaktadır ve temel, dikme, döşeme ve duvar elemanları bu sistemi meydana getirir (Ohanesyan, 2012). Temel olarak sürekli veya tekil temel yapılmaktadır. Düşey eleman olan dikmeler ise 40-60 cm aralıklarla yapıda kullanılmıştır. Genellikle kirişli döşeme sistemi uygulanmakta olup kiriş aralıkları da 40-60 cm arasındadır. Çerçeve sistemde çeşitli ahşap kiriş türleri (I kiriş, masif kiriş, lamine kiriş, kutu kiriş, boşluklu kiriş, makas kirişler vb.) kullanılmaktadır. Büyük açıklığın geçilmesi gereken yerlerde hafif olan makas kirişler tercih edilmektedir. Döşemede kullanılan kirişlerin üstüne döşeme alt kaplaması döşenmekte olup döşeme alt kaplaması için OSB veya kontrplak kullanılmaktadır. Kaburga çerçeve sistemde duvarlarda genellikle 5*10 cm – 5*15 cm boyutlarında dikmeler kullanılmaktadır. Duvar dikmelerinin içinden tesisat kabloları geçirildiği durumda dikmeler dikkatli şekilde delinmelidir. Bu sistemlerde stabilite diyagonal elemanlar ile sağlanmaktadır.

Kaburga çerçeve sistemler balon çerçeve (ballon frame) ve platform çerçeve (platform frame) olmak üzere iki farklı yöntemle yapılmaktadır.

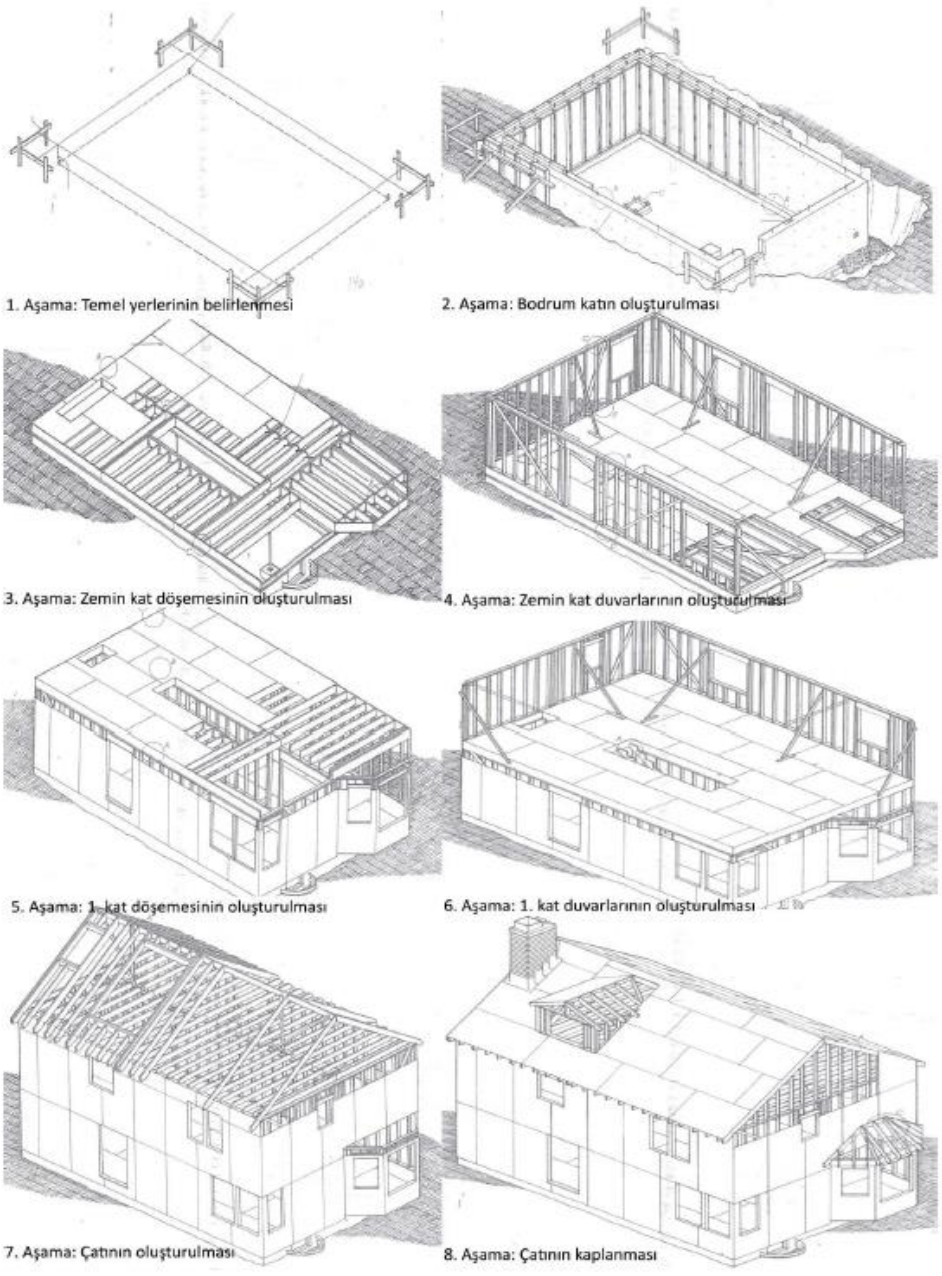
İnce kesitli ahşap elemanların sık aralıklarla kullanılmasıyla ortaya çıkan "balon kadar hafif" olan sisteme "balon çerçeve" denir. Geleneksel ahşap karkas yapılara nazaran daha az malzeme kullanılmış olup daha hafiftir. Balon çerçeve sistem, montaj zorluğu, tasarımda kısıtlama gibi zayıf yönlerinden dolayı günümüzde fazla tercih edilmemektedir. Şekil 4.22'de balon çerçeve sistem gösterilmektedir.



Şekil 4.22 Balon çerçeve sistem (Kurul, 2019)

Platform sistem balon sisteme nazaran daha çok tercih edilmektedir. Döşeme tabliyeleri ve duvar çerçeveleri prefabrike olarak platform şeklinde inşa edildiği için sistem bu ismi almıştır. Döşeme ve duvar için çerçeve üretimi fabrikalarda üretilmekle beraber bazen şantiye sahasında da yapılmaktadır. Platform çerçeve sistemi temel,

döşeme ve duvarlardan oluşur. Platform sistem inşa edilirken bazı aşamalardan geçmektedir. Bu aşamalar, açıklamalarıyla beraber Şekil 4.23'te gösterilmektedir. Son kat haricindeki bütün katlarda döşeme ve duvar montajı aynı şekildedir. Son katta duvar çerçevelerin üstüne çatı makasları gelmektedir (Ohanesyan, 2012).



Şekil 4.23 Platform çerçeve sistem kuruluş aşamaları (Ohanesyan, 2012)

4.2.2 Ahşap panel sistemler

Fabrikada ya da atölyede panel olarak üretilmiş elemanların şantiyede montajının yapılması sonucu oluşturulan, hafif prefabrik teknoloji olarak da tanımlanabilen

sisteme “ahşap panel sistem” denir. Bu sistemler için “perde duvarlı ahşap yapı” tabiri de kullanılmaktadır. Tek katlı yapılar, bürolar için uygun bir sistemdir. Bu sistemin montajı ve tamamlanması diğer sistemlere göre daha kısa sürer. Deprem durumunda depremzedelerin barınma ihtiyacını karşılaması açısından ve kalıcı konut inşa etmek için ahşap panel sistemin tercih edilmesi uygun olmaktadır. Mühendislik hesapları önceden yapılmış yapı bileşenleri olan ısı yalıtımlı duvar panelleri, döşeme ve çatı kirişleri ve çatı makasları tesislerde üretilip şantiyede kısa sürede montajı yapılmaktadır (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004). Duvarlar taşıyıcı özellik gösterir. Panel sistemlerde kullanılan panel kilit sistemi sayesinde yapı değişik hava koşullarında konforu sağlamaktadır. Yapı bileşenlerinde EPS levha, kontrplak, OSB, fiber levha gibi levhalar kullanılmıştır ve bu levhalar hem yapının deprem gibi yatay yüklere karşı rijitliğini artırmış hem de ısıtma giderlerinde tasarruf sağlamıştır. Çatı imalatı çatı kirişi ve çatı makası sistemi olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Ahşap panellerin birleştirilmesinde çivi, vida, bulon gibi metal birleşim elemanları kullanılabildiği gibi tutkal da kullanılabilmektedir. Şekil 4.24’te Afyon’da yer alan bir ahşap yapı kooperatifi, Şekil 4.25’te ahşap panel sistem örneği yer almaktadır.



Şekil 4.24 Afyon’da yer alan bir ahşap yapı kooperatifi (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004)

Ahşap panel sistemde panel elemanlar taşıyıcı ve havalandırmalı olup olmaması durumuna ve işlevlerine göre; küçük taşıyıcı paneller, geniş taşıyıcı paneller, oda üniteleri ve taşıyıcı olmayan küçük ve geniş paneller olmak üzere dört şekilde üretilir:



Şekil 4.25 Ahşap panel sistem örneği (Ediz, 2018)

4.2.3 Ahşap yığma sistemler

Taşıyıcı sistemi yatay olarak üst üste getirilen kütüklerden oluşan sistemlerdir. Blok ahşap yapı da denilmektedir. Temel prensip bina ağırlığının duvarlar aracılığıyla temele aktarılmasıdır (Kurul, 2019). Duvar yüzeylerinde kaplama yapılmamaktadır. Ahşap yığma sistemler iki teknikle yapılmaktadır: Geçmeli kütük yapım yöntemi (çantı) ve dikme kütük yapım yöntemi (taraba).

Geçmeli kütük yapım yöntemi yani ahşap çantı, ahşap yığma yapılar arasında üretimi en yaygın ve en sade olanıdır. Yüzeyi temizlenmiş kütüklerin boğaz geçme tekniği kullanılarak birbirlerinin üzerine oturtulmasıyla ortaya çıkan sistemdir. Çok katlı kullanıma elverişli değildir. Depo, kiler vb. amacıyla kullanılan serender yapılar da ahşap çantı sistem ile yapılmaktadır. Serender yapılarda düz iri taşlar üzerine ahşap dikmeler yerleştirilir ve yerleştirilen ahşap dikmeler yükü noktasal bir şekilde zemine iletir (Saatci, 2020). Şekil 4.26'da geçmeli kütük sistemi ile yapılmış ahşap yığma yapı örneği verilmektedir.

Dikme kütük yapım yöntemi (taraba), dikmelerde açılan oluklardan ahşap kütüğün ya da kalasın geçirilmesiyle oluşan sistemlerdir. Blok ahşap dolma duvar da denir. Kalınlığı 2,5-6 cm, genişliği 30-40 cm olan kalaslar ve ahşap kütükler birbirine geçmeli olarak düşey ya da yatay yerleştirilmektedir (Güneş, 2014). Ara dikmeler pencere ve kapı boşluklarının her iki yanında kullanılır. Şekil 4.27'de blok ahşap dolma duvar örneği görülmektedir.



Şekil 4.26 Geçmeli kütük sistemi ile yapılmış ahşap yığma yapı örneği (Başkan, 2008)



Şekil 4.27 Blok ahşap dolma duvar (taraba) örneği (Saatci, 2020)

5. AHŞAP YAPI TASARIMI İLE İLGİLİ YÖNETMELİKLER VE STANDARTLAR

5.1 TBDY 2018 Bölüm 12: Deprem Etkisi Altında Ahşap Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'e göre ahşap bina tasarımı 12.bölümde yer almaktadır. Bu bölüm, ahşap binaların depreme karşı tasarımında taşıyıcı sistem elemanlarının (dikme, kiriş vb.) boyutlandırılmasını ve bu taşıyıcı sistem elemanlarının birleşimlerinin (çivili, bulonlu birleşim vb.) düzenlenmesini kapsamaktadır. Bu tasarımlar, konuyla ilgili standart ve yönetmeliklerle (TS 647, TS EN 1995 vb.) beraber bu bölümde belirtilen kurallara göre yapılacaktır. Bu bölüm kapsamında ahşap binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri depreme karşı davranışları açısından iki şekilde oluşabilir: Sadece kaplamalı panel ve sadece ahşap çaprazlı panel.

5.1.1 Kaplamalı panel sistemler

Bu tür sistemler iki şekildedir:

a. Bu tür ahşap bina sistemlerinde deprem etkisi kaplamalı panellerle karşılanır. Bunlar çivili veya vidalı kontrplak (plywood) ve OSB gibi panellerdir. Süneklik düzeyi yüksek olarak ele alınan bu tür binaların bazı şartları sağlaması gerekmektedir. Bu koşullar aşağıda verilmiştir:

- Birleşim aracı pim, çelik, bulon ve çivi olan ahşap-çelik, ahşap-ahşap bileşimlerde ahşap elemanların kalınlığı en az 10d olan ve birleşim elemanı çapı 12 milimetreyi aşmayan elemanlar; döşeme ve perde panellerde ahşap kaplamanın kalınlığı en az 4d olan ve çivi çapı en çok 3.1 mm olan elemanlar sünek kabul edilecektir. (d: birleşim elemanı çapı)

- Duvar ve döşeme ahşap kaplamalarında; yonga levha panellerde yoğunluğun 650 kg/m^3, kontrplak, OSB ahşap kaplamaların kalınlığının en az 9 mm olması ve yonga levha ve lifli levha kalınlığının 13 mm veya daha fazla olması koşulları yerine getirildiği takdirde sünek davranışa izin verilebilir.

b. Deprem etkisinin bulon, çivi ve vida ile birleştirilen tutkallı perde ve döşeme panel elemanları ile karşılandığı ahşap binalardır ve bu tür binalar süneklik düzeyi sınırlı sistemler olarak ele alınacaktır.

5.1.2 Çaprazlı panel sistemler

Bu tür sistemler ile ilgili açıklamalar kaplamalı panel sistemler kadar detaylı değildir. Çaprazlı panel sistemlerde deprem etkisi çaprazlar tarafından karşılanır ve bu tür ahşap binalar "Süneklik Düzeyi Sınırlı Sistemler" olarak kabul edilecektir.

Süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemlerde; taşıyıcı sistem davranış katsayısı 4, dayanım fazlalığı katsayısı 2, izin verilen bina yükseklik sınıfı 7 veya 7'den büyük olarak alınacaktır. Süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemlerde; taşıyıcı sistem davranış katsayısı 3, dayanım fazlalığı katsayısı 2, izin verilen bina yükseklik sınıfı 8 olarak ele alınacaktır.

Taşıyıcı perde panelleri olabildiğince düzenli ve simetrik veya simetriğe yakın yerleştirilmeli, katlar boyunca taşıyıcı perde panelleri üst üste gelecek şekilde düzenlenmelidir.

5.1.3 Bölüm 12 ile ilgili standartlar ve tasarım esasları

Ahşap taşıyıcı sistemlerin tasarımı bu bölümde ve ilk 4 bölümde yer alan kurallarla birlikte TS EN 1995'te verilen kurallar kullanılarak yapılacaktır. Ahşap binalarda doğrusal olmayan davranışa yalnızca sünek davranış gösteren malzeme ve birleşimlerde izin verilecektir ve bunların tasarımı da R katsayısı ile azaltılmış deprem yüklerine göre yapılacaktır.

Birleşim elemanlarının sünek kabul edilmesi için gerekli koşullar 'Kaplamalı Panel Sistemler' başlığı altındaki "a" maddesinde verilmiştir. TS EN 12512'ye göre çevrimsel özellikleri tanımlanmış elemanların süneklik düzeyi, bu elemanların yer değiştirme sünekliğine bağlı olarak iki şekilde belirlenecektir: Yer değiştirme sünekliği 4 ile 6 arasında olan elemanlar süneklik düzeyi sınırlı, 6 veya 6'dan büyük olan elemanlar ise süneklik düzeyi yüksek olarak kabul edilecektir.

5.1.4 Malzeme koşulları

Taşıyıcı sistemlerde yer alan ahşap elemanların malzeme özellikleri TS EN 1995 standardından elde edilecektir. Bu standart ahşap malzemenin dayanım, rijitlik ve yoğunluk özelliklerini kapsamaktadır. Bu özellikler TS EN 338 (Yapı ahşabı-

mukavemet sınıfları) standardından elde edilmiştir ve TS EN 338 yürürlükten kalkmıştır. Ahşap sınıflandırılırken baştaki harf yumuşak ahşap ise C, sert ahşap ise D olur, yanındaki sayı ise karakteristik eğilme dayanımını ifade eder. Tablo 5.1 ve Tablo 5.2, TS EN 1995'e göre yumuşak ahşabın ve sert ahşabın malzeme özelliklerini içermektedir.

Birleşim elemanı olarak kullanılacak çelik elemanların (çivi, bulon vb.) malzeme özelliklerinin TBDY 2018 Bölüm 9'da 9.2.3'teki koşullara uyması gerekmektedir.

Kaplamalı panel sistemler başlığının "a" maddesinde duvar ve döşeme ahşap kaplamalarının sünek davranışa izin verilebilmesi için gerekli malzeme koşulları verilmiştir.

Taşıma gücü yaklaşımı ile yapılacak tasarımda, ahşap elemanların malzeme özellikleri ve dayanımları için malzeme türüne göre malzeme güvenlik katsayıları kullanılacaktır. Örnek olarak masif ahşap için 1,3; kontrplak ve OSB için 1,2; yapıştırma lamine ahşap için 1,25 olarak belirlenmiştir.

5.1.5 Deprem etkisi altında yapısal modelleme ve hesap

Ahşap yapıların deprem etkisi altında modellenmesini ve hesabını yapmak için üç koşulun sağlanması gerekmektedir:

1. Ahşap panellerin ana iskeletini oluşturan elemanlar, ahşap döşeme kirişleri ve ahşap ara kuşak kirişleri çubuk sonlu elemanlar, ahşap kaplama iki boyutlu sonlu elemanlar ile modellenecektir. Basit sistemlerde ahşap kaplama eşdeğer çapraz elemanlarla, ahşap döşemeler rijit diyafram olarak kabul edilip modellenebilir.

2. Ahşap elemanların düğüm noktalarındaki birleşim elemanlarında sıyrılmadan ötürü oluşacak rijitlik kaybı TS EN 1995 standardına göre hesap edilecektir.

3. Modellemede ahşap elemanların ani yükleme durumuna karşılık gelen elastisite modülü değeri kullanılacaktır.

Tablo 5.1 TS EN 1995'e göre yumuşak ahşap malzeme özellikleri (ladin, çam, köknar, karaçam vb.) (Üstündağ, 2014)

Ahşap Sınıfı	Dayanım Özellikleri (N/mm^2)						Rijitlik Özellikleri (kN/mm^2)				Karakteristik Yoğunluk (kg/m^3)	Ortalama Yoğunluk (kg/m^3)
	Eğilme	Çekme (liflere paralel)	Çekme (liflere dik)	Basınç (liflere paralel)	Basınç (liflere dik)	Kayma	Ortalama Elastisite Modülü (liflere paralel)	%5 Elastisite Modülü (liflere paralel)	Ortalama Elastisite Modülü (liflere dik)	Ortalama Kayma Modülü		
	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,mean}$	$E_{0,05}$	$E_{90,mean}$	G_{mean}	ρ_k	ρ_{mean}
C14	14	8	0,4	16	2	3	7	4,7	0,23	0,44	290	350
C16	16	10	0,4	17	2,2	3,2	8	5,4	0,27	0,5	310	370
C18	18	11	0,4	18	2,2	3,4	9	6	0,3	0,56	320	380
C20	20	12	0,4	19	2,3	3,6	9,5	6,4	0,32	0,59	330	390
C22	22	13	0,4	20	2,4	3,8	10	6,7	0,33	0,63	340	410
C24	24	14	0,4	21	2,5	4	11	7,4	0,37	0,69	350	420
C27	27	16	0,4	22	2,6	4	11,5	7,7	0,38	0,72	370	450
C30	30	18	0,4	23	2,7	4	12	8	0,4	0,75	380	460
C35	35	21	0,4	25	2,8	4	13	8,7	0,43	0,81	400	480
C40	40	24	0,4	26	2,9	4	14	9,4	0,47	0,88	420	500
C45	45	27	0,4	27	3,1	4	15	10	0,5	0,94	440	520
C50	50	30	0,4	29	3,2	4	16	10,7	0,53	1	460	550

Tablo 5.2 TS EN 1995'e göre sert ahşap malzeme özellikleri (meşe, kayın, akçaağaç vb.) (Üstündağ, 2014)

Ahşap Sınıfı	Dayanım Özellikleri (N/mm^2)						Rijitlik Özellikleri (kN/mm^2)				Karakteristik Yoğunluk (kg/m^3)	Ortalama Yoğunluk (kg/m^3)
	Eğilme	Çekme (liflere paralel)	Çekme (liflere dik)	Basınç (liflere paralel)	Basınç (liflere dik)	Kayma	Ortalama Elastisite Modülü (liflere paralel)	%5 Elastisite Modülü (liflere paralel)	Ortalama Elastisite Modülü (liflere dik)	Ortalama Kayma Modülü		
	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,mean}$	$E_{0,05}$	$E_{90,mean}$	G_{mean}	ρ_k	ρ_{mean}
D18	18	11	0,6	18	7,5	3,4	9,5	8	0,63	0,59	475	570
D24	24	14	0,6	21	7,8	4	10	8,5	0,67	0,62	485	580
D30	30	18	0,6	23	8	4	11	9,2	0,73	0,69	530	640
D35	35	21	0,6	25	8,1	4	12	10,1	0,8	0,75	540	650
D40	40	24	0,6	26	8,3	4	13	10,9	0,86	0,81	550	660
D50	50	30	0,6	29	9,3	4	14	11,8	0,93	0,88	620	750
D60	60	36	0,6	32	10,5	4,5	17	14,3	1,13	1,06	700	840
D70	70	42	0,6	34	13,5	5	20	16,8	1,33	1,25	900	1080

Bu modelleme kuralları çerçevesinde; “Kaplamalı Panel Sistemler” başlığının a maddesinde belirtilen birleşim elemanlarının ve ahşap kaplamaların, TS EN 12512’ye göre süneklik düzeyi yüksek birleşimlerin ve ahşap elemanların, ahşap çapraz elemanların tasarımı azaltılmış deprem yüklerinden elde edilen iç kuvvetlere göre yapılacaktır.

Aşağıdaki elemanların tasarımı taşıyıcı sistem davranış katsayıları ile azaltılmış deprem yüklerinden elde edilen iç kuvvetlerin dayanım fazlalığı katsayıları ile büyütülmüş değerlerine göre yapılacaktır:

- “Kaplamalı Panel Sistemler” başlığının a maddesi altında birleşim elemanları ve ahşap kaplamalar için belirtilen şartları sağlamayan ve TS EN 12512’ye göre süneklik düzeyi sınırlı olarak tanımlanan bütün birleşim elemanları ile ahşap elemanlar

- Tutkallı birleşimlerin tümü

- Üst başlık ve alt başlık elemanları, panel kenar dikmeleri (varsa kuşak kirişleri)

- Çekme ve kesme ankrajları

- Köşegen çelik çekme elemanları (Düzlem içi rijitliği artırır.)

- Kuşak kirişleri ve ahşap diyafram başlıkları

Deprem etkileri ve düşey yükler altında uygulanacak yük birleşimleri detaylarıyla beraber önceki bölümlerde açıklanmış olup kombinasyonlar aşağıda 5.1, 5.2, 5.3 ve 5.4 numaralı denklemlerle verilmiştir:

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \quad (5.1)$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0.3\ E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (5.2)$$

$$G+Q+0.2S+ E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (5.3)$$

$$0.9G+H+ E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (5.4)$$

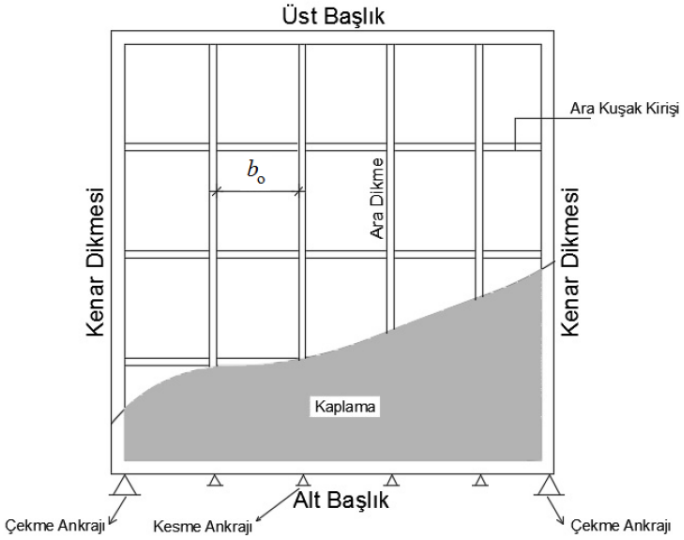
Burada;

"G" sabit yük etkisi; *"Q"* hareketli yük etkisi; *"S"* kar yükü etkisi; *"H"* yatay zemin itkisi etkisi; "$E_d^{(H)}$" doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi; *"*$E_d^{(X)}$*"* (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi; *"*$E_d^{(Y)}$*"* (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi; *"*$E_d^{(Z)}$*"* (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisidir.

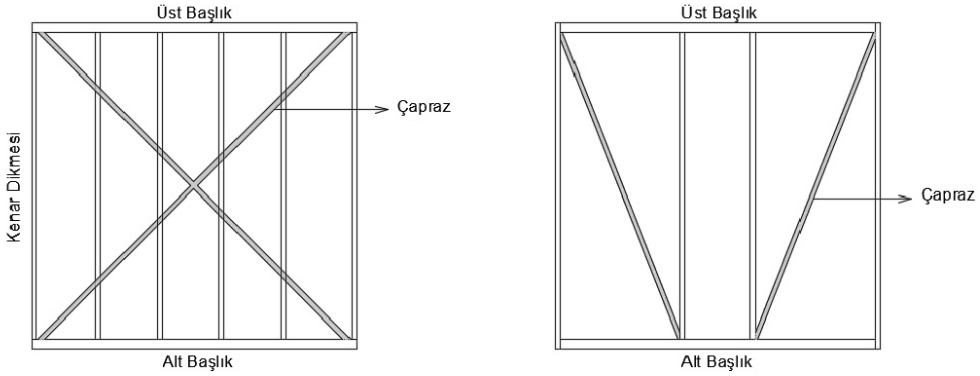
5.1.6 Panellerin tasarım esasları

5.1.6.1 Panelleri oluşturan elemanlar

Panellerin ahşap iskeletini oluşturan elemanlar şunlardır: Ana dikmeler, ara dikmeler, taban kirişleri, başlık kirişleri, yatay kuşak kirişleri (ara kuşak kirişleri), çaprazlar veya kaplama panelleri. Taban kirişleri dikmelerin altına, başlık kirişleri ise dikmelerin üstüne konulur. Yatay kuşak kirişleri taban ve başlık kirişleri arasında duvarda dikdörtgen gözler oluşturur ve dikmeleri duvar boyunca birbirine bağlar. Çaprazlar oluşturulan dikdörtgen gözleri üçgen gözlere böler. Kaplama panelleri ve çaprazlar yatay yük taşır. TBDY 2018'de yer alan kaplamalı tipik bir panel iskeleti ve bu iskeletin elemanları Şekil 5.1'de, çaprazlı tipik bir panel iskeleti ve bu iskeletin elemanları Şekil 5.2'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1 Kaplamalı tipik bir panel iskeleti



Şekil 5.2 Çaprazların farklı yerleştirilmesiyle elde edilen iki farklı çaprazlı panel iskeleti

5.1.6.2 Panellerin oluşturulmasına ilişkin kurallar

Bir panel elemanının yatay yük taşıyan panel eleman olarak kabul edilmesi için $h/l_i \leq 4$ koşulunu sağlaması gerekmektedir. Burada h panel yüksekliğini, l_i panel genişliğini simgelemektedir.

Ahşap kaplama elemanlarının $b_o / t \leq 100$ koşulunu sağlaması gerekmektedir. Burada b_0 dikme aralığı, t ahşap kaplama kalınlığıdır.

Tek katlı ahşap binalarda dikmeler, kirişler (ara kuşak kirişleri hariç) ve çaprazlar en az 100*100 mm, ara kuşak kirişleri en az 50*100 mm boyutlarında olmalıdır. Çaprazlar ve ana dikmeler kat boyunca eksiz olmalıdır.

Çaprazlar yalnızca basınca çalışan elemanlar olarak alınacak, ancak bazı durumlarda özel önlem alınarak çekmeye çalıştırılabilir.

5.1.6.3 Panellerin tasarımına ilişkin kurallar

Ahşap perde panellerin tasarımında aşağıdaki kurallara dikkat edilir:

- Panele gelen kesme kuvveti talebi panelin kesme kapasitesinden daha küçük olacaktır.

- Dikmelere etkiyen eksenel kuvvetler dikmelerin eksenel kuvvet taşıma kapasitesinden daha küçük olacaktır.

- Kesme ankrajları ile temel ve kat bağlantı ankrajlarının tasarımı, kat ve taban kesme kuvvetini ve devrilme momentini karşılayacak şekilde yapılacaktır.

Taşıyıcı panel bölümlerinin kesme kuvveti taşıma kapasitesine sahip olduğunun kabul edilmesi için taşıyıcı panellerin tam kat yüksekliğinde olması gerekmektedir. Şekil 5.3'te de görüldüğü gibi kenar dikmelerde her taşıyıcı panel bölümü için çekme kuvveti aktarma ankrajları kullanılacaktır.

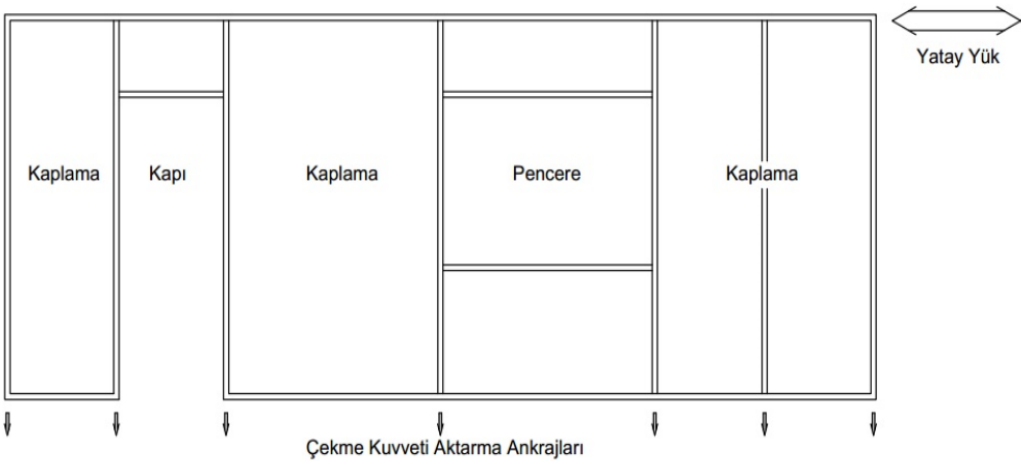
Kaplamalı paneller için kesme kuvveti talebi kesmek tasarım dayanımından küçük olacaktır. Kesme tasarım dayanımı (V_p) Denklem 5.5'te, birim boya ait karakteristik kesme dayanımı (v_p) Denklem 5.6'da ve boyut etkisi katsayısı (c_i) Denklem 5.7'de hesaplanmıştır. Çivinin kesme kapasitesi TS EN 1995'e göre belirlenecektir.

$$V_p \leq v_p \Sigma l_i/\gamma_M \quad (5.5)$$

$$v_p = f_i c_i/s \quad (5.6)$$

$$c_i = 2l_i/h \leq 1.0 \quad (5.7)$$

Burada;
"V_p" panele etkiyen toplam yatay yük (kN); *"v_p"* birim boya ait kesme kuvveti talebi (kN/m); *"l_i"* tam kat yüksekliğindeki panel bölmelerin genişliği (m); *"f_i"* bir çivinin kesme kapasitesi (kN); *"c_i"* boyut etkisi katsayısı; *"s"* ana dikmelerde çivi aralığı (m); *"γ_M"* kısmi güvenlik katsayısı; *"h"* panel yüksekliğidir.



Şekil 5.3 Kenar dikmelerde bulunan çekme kuvveti aktarma ankrajları

Birim boya ait kesme dayanımı değeri panelin tek yüzüne kaplama yapılmasına karşı gelen değerdir. Bu durum dışındaki durumlar aşağıda verilmiştir:

- Panelin aynı yüzüne birden fazla kaplama yapılırsa panel yüzüyle temas eden malzemenin dayanım değeri esas alınacaktır.

- Panelin her iki yüzüne aynı kaplama aynı çivi veya vida ile uygulanırsa, Denklem 5.6'ya göre hesaplanan değer her iki yüz için toplanarak kullanılacaktır. Bu durumda oluşacak kesme kuvvetini panel kenar dikmeleri, alt ve üst başlık kirişlerinin güvenli şekilde karşıladığı hesapla gösterilecektir.

- Her iki yüzde farklı kaplama malzemesi kullanılması durumunda her iki kaplama malzemesi için Denklem 5.6'ya göre birim boya ait kesme dayanımı değeri hesaplanacaktır. Hesap sonucunda küçük kesme dayanım değerine sahip kaplama malzemesinin dayanımının iki katı ile büyük kesme dayanım değerine sahip kaplama malzemesinin dayanımı karşılaştırılıp büyük olan değer alınacaktır.

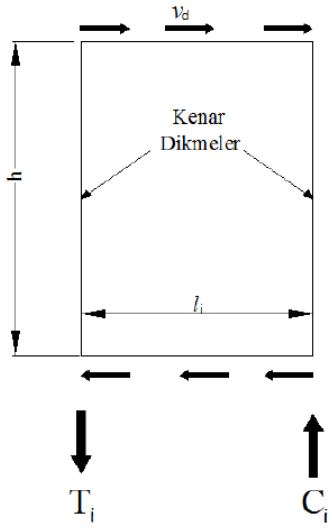
5.1.6.4 Dikmelerin tasarımı

Denklem 5.8'de kaplamalı panel sistemlerde, yatay yük etkisinden dolayı kenar dikmelerde meydana gelen eksenel kuvvetin hesabı yer almaktadır. Şekil 5.4'te bir dikme verilmiştir ve formüldeki simgeler gösterilmektedir.

$$C_i = T_i = \nu_d \, h \tag{5.8}$$

Burada;
"C_i" basınç kuvveti (kN), *"T_i"* çekme kuvveti (kN), *"ν_d"* dikmeler için birim boya ait kesme kuvveti talebi (kN/m), *"h"* dikmenin yüksekliğidir.

Dikmenin eksenel basınç dayanımı, Denklem 5.8'de hesaplanan ve düşey yüklerden oluşan eksenel kuvvetlerin toplamı altında TS EN 1995 Bölüm 6'ya göre hesaplanacaktır.



Şekil 5.4 Kenar dikmelerde oluşan eksenel kuvvetler

5.1.6.5 Birleşimlerin tasarımı

Ahşap yapı elemanlarının birleşimi; bulon, çivi veya vidalarla yapılacak olup bunların taşıyacağı kuvvetler TS EN 1995'e göre hesaplanacaktır.

İki tip panel sistem (kaplamalı ve çaprazlı) için de birleşimlerde uyulması gereken kurallar vardır. Bu kurallardan ilki deprem yüklerinden oluşan çekme kuvvetlerine karşı çivilerin ve vidaların çekip-çıkarma dayanımlarının kullanılamaması olup ikinci kural ise panellerin birleşiminin kenar dikmelerin olduğu bölgelerde oluşan çekme kuvvetlerini ankrajlarla alttaki sisteme güvenle aktaracak şekilde sağlanması gerektiğidir.

Temellerin boyutlandırılması *D* dayanım fazlalığı katsayısı ile büyütülmüş kuvvetler altında yapılacaktır.

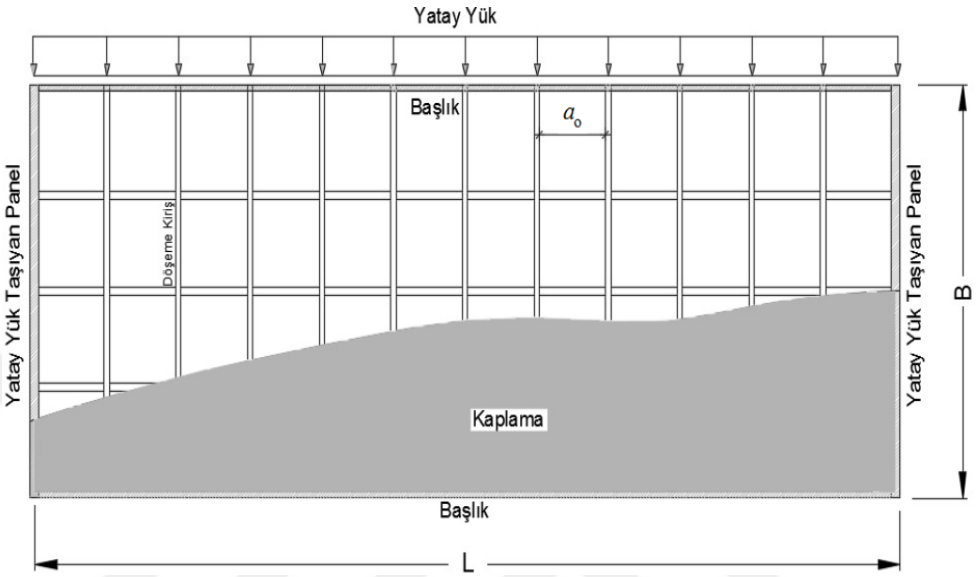
5.1.7 Döşemelerin tasarım esasları

5.1.7.1 Ahşap döşemeleri oluşturan elemanlar

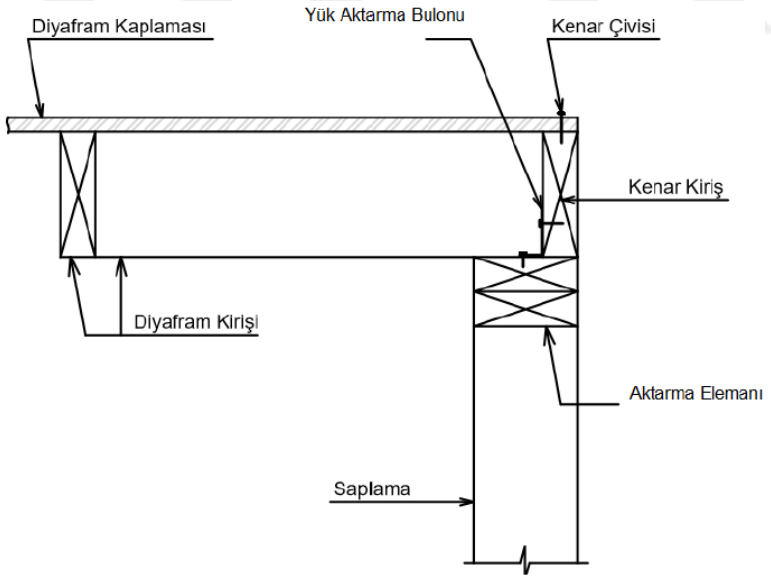
Ahşap döşeme kirişleri, yatay ara kuşak kirişleri ve ahşap döşeme kaplaması ahşap döşemelerin iskeletini oluşturan elemanlardır. Ahşap döşeme iskeleti örneği Şekil 5.5'te gösterilmektedir. Zemin kattaki döşeme kirişleri taban kirişleri, ara katlardaki döşeme kirişleri ve çatı makasları ise başlık kirişleri üzerine oturtulacak olup bir birleşim elemanı (çivi, vida, bulon vb.) ile birleştirilecektir. Şekil 5.6'da birleşim detayı görülmektedir.

5.1.7.2 Döşemelerin tasarımına ilişkin kurallar

Döşeme panel elemanlarından çerçeve elemanlara bağlanmayanlar takoz (enine bağlantı) elemanlarına bağlanacak olup bu elemanlar yatay yük taşıyan duvarların üst kotunda da düzenlenecektir.



Şekil 5.5 Tipik bir ahşap döşeme iskeleti



Şekil 5.6 Tipik bir birleşim detayı

Kirişlerde takoz kullanılmaması durumunda h_b/t_b <4 olmalıdır. h_b kiriş yüksekliği, t_b kiriş genişliğidir. Ahşap kaplama elemanlarının tümü $a_0/t \leq 100$ koşulunu sağlamalıdır. t panel kaplama kalınlığı, a_0 ahşap döşeme için ara kiriş aralığıdır.

5.1.8 Birleşimlerin Tasarımı

Basınç elemanlarında ve basınç elemanlarının birleşimlerinde elemanlar birbirlerinden kopmayacak ve konumlarını koruyacak şekilde tasarlanacaktır. Ahşap-ahşap ve çelik-ahşap birleşimlerinde çapı 16 mm'den büyük bulon ve kamalar kullanılmayacaktır. Çivi veya vida ile ahşap-çelik levha veya ahşap-ahşap birleşimi yapıldığında, çivinin veya vidanın dayanımın yeterli olduğu hesapla desteklenmelidir.

5.2 Eurocode 5- TS EN 1995-1-1: Ahşap Yapıların Tasarımı- Bölüm 1-1: Genel-Genel Kurallar ve Binalar İçin Kurallar (Eurocode 5)

Eurocode 5 (Design of Timber Structures), yapıştırılmış ya da metal birleşim elemanlarıyla (bulon, çivi vb.) birleştirilmiş ahşaplar kullanılarak inşa edilen ahşap taşıyıcı sistemli binaların tasarımında uyulması gereken esasların bulunduğu bir Avrupa Birliği standardıdır. Eurocode 5 iki bölümden oluşmaktadır (Üstündağ, 2014): EN 1995-1-Genel ve EN 1995-2-Köprüler. EN 1995-1 ise EN 1995-1-1(Genel kurallar ve binalar için kurallar) ve EN 1995-1-2 (Yapısal yangın tasarımı) olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Bu bölümde 2004 yılında Avrupa Standardizasyon Komitesi tarafından onaylanıp yürürlüğe giren EN 1995-1-1 standardının Türk Standardları Enstitüsü (TSE) tarafından Türkçeye çevrilerek **TS EN 1995-1-1** adıyla 27.12.2005'te yayımlanan standardın içeriği anlatılacaktır.

TS EN 1995-1-1 10 bölümden oluşmaktadır. Ahşap bir binanın tasarımıyla ilgili bütün detaylar bu bölümlerde yer almaktadır. Bu bölümler sırasıyla anlatılacaktır.

5.2.1 Genel

Bu bölümde standardın kapsamı, referans alınan Avrupa standartları, genel varsayımlar, prensipler ve uygulama kuralları arasındaki farklılıklar, standartta kullanılan simgeler ve simgelerin karşılıkları yer almaktadır.

5.2.2 Tasarım esasları

Bir yapı kullanım ömrü boyunca yeterli ve uygun güvenilirlik derecesini sağlayacak şekilde, yeterli yapısal dirence, kullanılabilirliğe ve dayanıklılığa sahip olacak biçimde tasarlanmalıdır. Güvenilirlik açısından güvenlik tahkiki önem arz etmekte olup

oluşabilecek hasarın sabit bir değerin altında kalmasını sağlamak güvenlik tahkiki yapmanın amaçlarındandır.

TS EN 1995-1-1 standardına göre taşıma gücü ve kullanılabilirlik sınır durumu olmak üzere iki tip sınır durumu vardır. Taşıma gücü sınır durumu aşıldığında yapıda göçme meydana gelirken kullanılabilirlik sınır durumu aşıldığında ise projenin ihtiyaçları açısından yapı elverişsiz hale gelir (Üstündağ, 2014). Standart, taşıma gücü sınır durumlarına göre yapılan tahkikleri içermektedir.

Tasarımda dikkate alınan bir diğer husus ise yük etki süresi sınıflarıdır. Bu hususun dikkate alınma sebebi ise yük etki süresinin arttıkça ahşap elemanların dayanımında azalma meydana gelmesidir. Tablo 5.3'te TS EN 1995'e göre yük etki süresi sınıfları örnekleriyle beraber verilmiştir.

Tablo 5.3 Yük etki süresi sınıfları

Yük etki süresi sınıfı	**Yük etkisi örneği**	**Süre**
Sürekli	öz ağırlık	10 yıldan fazla
Uzun	depolama	6 ay-10 yıl
Orta	hareketli yük, kar	1 hafta-6 ay
Kısa	kar, rüzgar	1 haftadan az
Çok kısa	rüzgar, kazara etkiyen yükler	

5.2.3 Malzeme Özellikleri

TS EN 1995-1-1 nem etkisini göz önünde bulundurarak ahşap malzemeler için 3 tip kullanım sınıfı belirlememiştir: Kullanım sınıfı 1, kullanım sınıfı 2 ve kullanım sınıfı 3. Kullanım sınıfı 1 için, havadaki rölatif nem değerinin %65'i aşmaması ve 20 °C sıcaklıkta olması gerekmekte olup yumuşak ahşabın nem değeri %12'yi aşmayacaktır. Kullanım sınıfı 2 için, havadaki rölatif nem değerinin %85'i aşmaması ve aynı şekilde 20 °C sıcaklıkta olması gerekmektedir. Bu kullanım sınıfı için yumuşak ahşabın nem değeri %20'yi aşmayacaktır. Kullanım sınıfı 3 ise kullanım sınıfı 2'den daha fazla nem içeriğine neden olan iklim koşulları ile karakterize edilmektedir.

Yumuşak ahşap ve sert ahşap malzeme özellikleri bölüm 5.1'de TS EN 1995-1-1 standardından alıntı yapılarak verilmişti. Standart, çeşitli ahşap malzemelerin özelliklerine dikkat edilerek ve bu malzemelerin yük etkisi altındaki davranışları sonucundaki değerler verilerek tasarım yapıldığında gerçekleştirilen tahkikler neticesinde sağlıklı sonuçlar elde edilebilmektedir.

5.2.4 Dayanıklılık

Standart biyolojik organizmalara karşı dayanım ve korozyona karşı dayanım olmak üzere iki tip dayanımı irdelemektedir. Korozyona dayanımda metal birleşim elemanları (çivi, bulon vb.) için birtakım düzenlemeler mevcuttur. Metal bağlantı elemanları ya korozyona karşı korunmuş ya da kendiliğinden korozyona dayanıklı olmalıdır (Üstündağ, 2014).

5.2.5 Yapısal analiz esasları

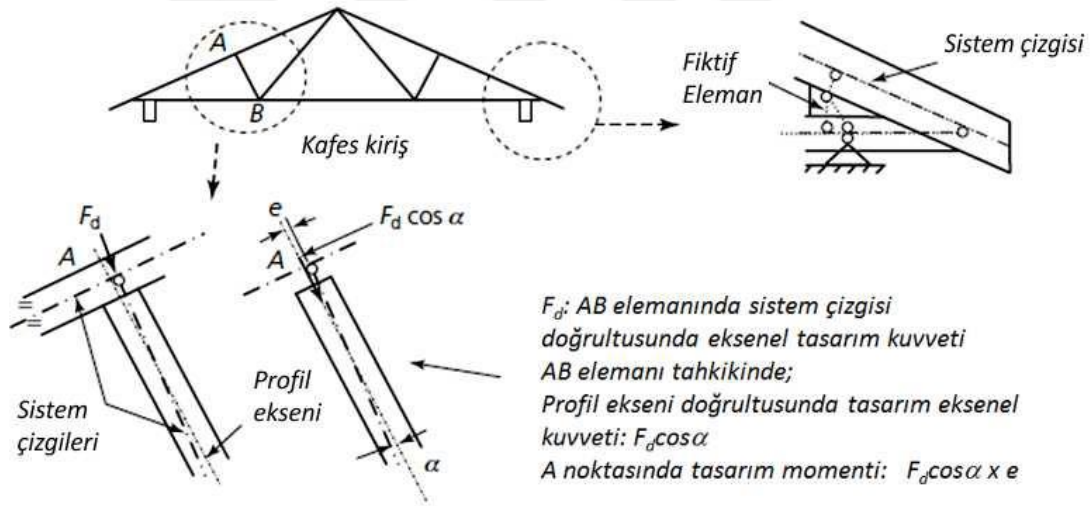
Bu bölümde ahşap bir binanın yapısal çözümlemesinde dikkat edilmesi gereken hususlar, bileşenler ve birleşimler, taşıyıcı sistemler, çerçeve sistemler ve bu sistemlerin analizinden bahsedilmektedir. Bir ahşap binanın yapısal analizindeki hesaplamalar ilgili tüm değişkenleri kapsayan tasarım modelleri kullanılarak yapılmalıdır. Yapının bütününde veya bir kısmında birleşimlerdeki deformasyonlardan kaynaklanan etkiler dikkate alınmalıdır.

Bileşenler ve birleşimlerin yapısal analizinde tasarım yöntemleriyle dolaylı olarak da uygunluğu sağlanabilen eksenel kaçıklık ve malzemedeki geometrik ve yapısal kusurlar dikkat alınmalıdır. Bileşenlerin dayanım tahkikleri yapılırken net enkesit alanı 6 mm'den küçük çivi ve vidalar hariç enkesit alanındaki kayıp ve azalmalar dikkate alınmalıdır. Ayrıca birleşimlerin yük taşıma kapasitesi için gerekli tahkikler yapılırken analize dahil edilen elemanlar arasındaki iç kuvvet ve momentler hesapta göz ardı edilmemelidir. Birleşimlerin analizleri yapılırken birleşimi meydana getiren tüm elemanların davranışı dikkat alınmalı ve birleşimde meydana gelebilecek deformasyon global analizdeki varsayılan durumla uyumlu olmalıdır.

Yapısal analizin en önemli ve en detaylı kısımlarından biri taşıyıcı sistemlerin analizidir. Taşıyıcı sistemlerin analizi, ahşap yapının ve mesnetlerinin davranışları

dikkate alınarak uygun bir statik modellemeyle yapılır. Bu kısımda çerçeve sistemlerin analizi ve çivili metal plaka bağlantılı kafes kirişler için basitleştirilmiş analiz yer almaktadır.

Çerçeve sistemlerin analizinde; iç kuvvet ve momentlerin hesabında, eleman ve düğüm noktalarının şekildeğiştirmeleri, mesnet dış merkezlikleri, mesnedin rijitliği dikkate alınmakla beraber eleman profili içinde kalması gereken sistem çizgileri, profil çizgileri ile çakışmadığı taktirde dayanım için yapılan tahkikte dışmerkezlik etkileri dikkate alınmalıdır. Kafes kiriş mesnedinde olabildiği gibi modelde eksantrik birleşim olması durumunda Şekil 5.7'de de görüldüğü gibi fiktif elemanlar dikkate alınabilir. Birleşimler genel olarak mafsallı ve eleman iç kuvvetinin ve momentin önemli bir etkisi yoksa dönmeye karşı da rijit kabul edilmekle beraber kayma iç kuvvet ve momentin dağılımında önemli bir paya sahip değilse ihmal edilebilir.



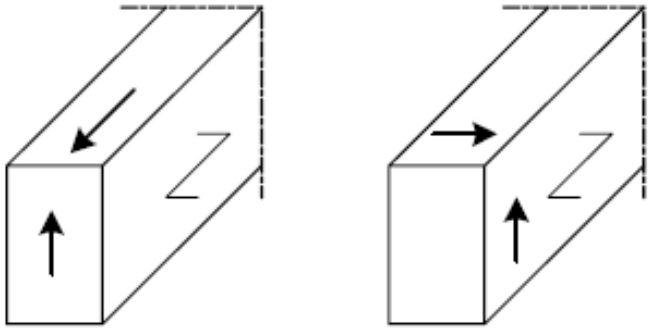
Şekil 5.7 TS EN 1995-1-1'e göre bir çerçeve sistemin yapısal analizi (Üstündağ, 2014)

5.2.6 Taşıma gücü sınır durumları

Ahşap bir binanın lineer elastik analizinde, iç kuvvetlerin rijitlikten etkilenmediği durumlarda ortalama rijitlik değerleri, iç kuvvetlerin rijitlikten etkilendiği durumlarda son ortalama rijitlik değerleri kullanılır. İkinci mertebe lineer elastik analizi yapıldığı durumda yük etki sınıflarına göre düzeltilmemiş rijitlik değerlerinin kullanılması gerekmektedir. Normal kuvvet, eğilme, bileşik eğilme (eğilme ve çekme kuvveti, eğilme ve basınç kuvveti), kesme kuvveti, burulma momenti etkilerine maruz kalan elemanlar için ayrı ayrı enkesit tahkiki yapılmaktadır. Elemanların stabilitesi

açısından, basınç veya basınç ve eğilme etkisindeki kolonlar ve eğilme veya eğilme ve basınç etkisindeki kirişler için de tahkikler yapılmaktadır.

Şekil 5.8'de eleman liflerine paralel ve dik kayma gerilmesi etkisi gösterilmektedir. Bileşeni oluşturan kayma gerilmelerinin her ikisinin de liflere dik olduğu durumda (Şekil 5.8'de sağdaki enkesit) kayma dayanımı, liflere dik çekme dayanımının yaklaşık olarak iki katıdır.



Şekil 5.8 Eleman liflerine paralel ve dik kayma gerilmesi etkisi

Kesme kuvvetine maruz enkesit tahkikinde tek eksenli kesme kuvveti etkisi ve iki eksenli kesme kuvveti etkisindeki durumlar için iki farklı tahkik yapılmaktadır. Denklem 5.9'da tasarım kesme gerilmesi, denklem 5.10'da tek eksenli kesme kuvveti etkisi durumundaki enkesit tahkiki, denklem 5.11'de iki eksenli kesme kuvveti etkisindeki enkesit tahkiki verilmektedir.

$$\tau_d = \frac{V_d.S}{I.b} \tag{5.9}$$

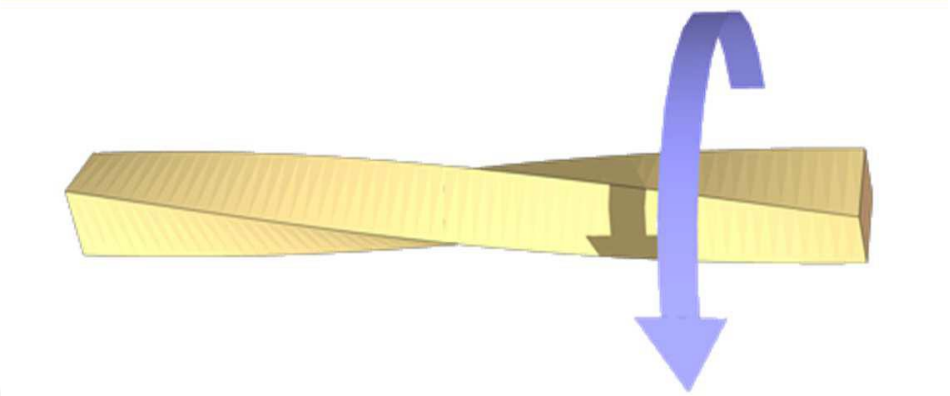
$$\tau_d \leq f_{v,d} \tag{5.10}$$

$$\left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \tag{5.11}$$

Burada;

"V_d" tasarım kesme kuvveti, "*S"*statik alan momenti, "*I"* atalet momenti, "*b"* kesit genişliği, "τ_d" tasarım kesme (kayma) gerilmesi "$f_{v,d}$*"* gerçek durum için tasarım kayma dayanımıdır.

Burulma momenti etkisine maruz kalmış eleman Şekil 5.9'da gösterilmiş olup tasarım burulma gerilmesinin formülü denklem 5.12'de, burulma momenti etkisine maruz enkesit tahkiki denklem 5.13'te gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Burulma momenti etkisine maruz kalmış enkesit (Üstündağ,2014)

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor}}{W_{tor}} \quad (5.12)$$

$$\tau_{tor,d} \leq k_{shape} \cdot f_{v,d} \quad (5.13)$$

Burada;

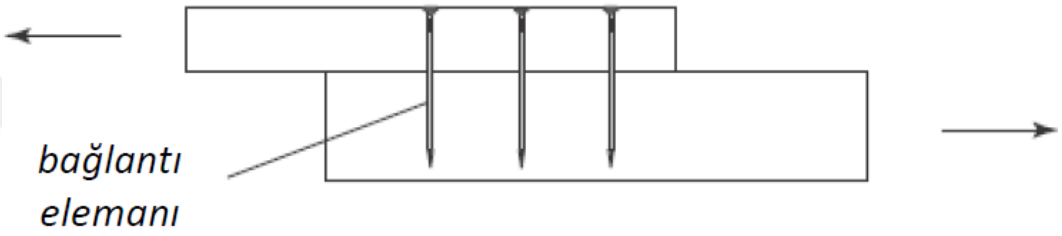
"$\tau_{tor,d}$" tasarım burulma gerilmesi, *"M_{tor}"* burulma momenti, *"W_{tor}"* mukavemet momenti, "$f_{v,d}$" gerçek durum için tasarım kayma dayanımı, *"k_{shape}"* enkesit şekline bağlı değişen bir faktördür. k_{shape} faktörü, dairesel enkesit ise 1,2 değerini alırken dikdörtgen kesit durumunda (2,0) ve (1+0,15(h/b)) değerlerinden minimum çıkan değeri almaktadır.

5.2.7 Kullanılabilirlik sınır durumları

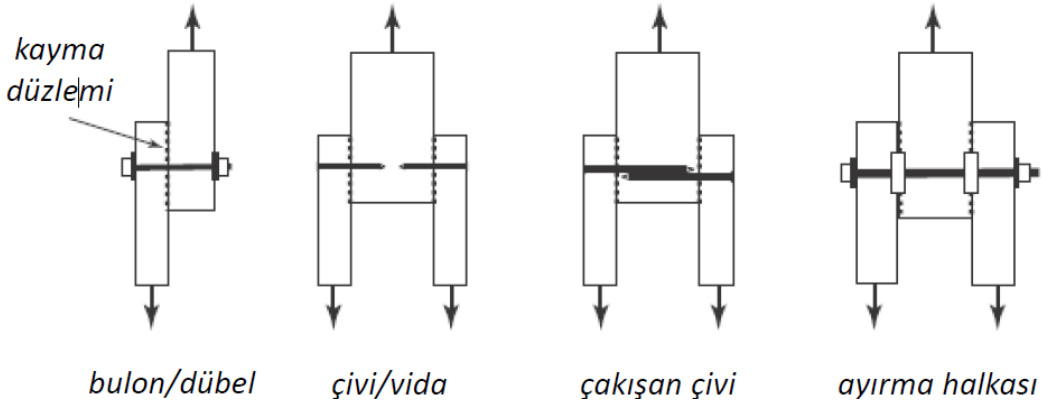
Kullanılabilirlik sınır durumları 3 farklı şekilde sınıflandırılır: Normal kullanım koşullarındaki yapı işlevi, yapıyı kullananın konforu ve yapının görünüşü (sehim ve çatlak oluşumu). Kullanılabilirlik sınır durumlarında; kirişlerdeki sehim, birleşimlerin (çivili-vidalı birleşim, bulonlu birleşim) kayma modülü, döşemelerde meydana gelen titreşim için sınır değerler ve tahkikler yer almaktadır.

5.2.8 Metal bağlantı elemanlı birleşimler

Ahşap birleşimlerde; çivi, vida, dübel, zımba, bulon gibi metal bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Bağlantı elemanları ile ilgili tahkikler, kesme kuvveti taşıma kapasitesi standartta ayrıntılarıyla beraber açıklanmıştır. Şekil 5.10'da bir birleşimde yer alan bağlantı elemanı, Şekil 5.11'de çeşitli metal bağlantı elemanları, Şekil 5.12'de dübelli bir birleşim, Şekil 5.13'te çivili metal plakalar, Şekil 5.14'te dişli plak bağlantı elemanı, Şekil 5.15'te ayırma halkası ve kayma plakası, Şekil 5.16'da bulonlu bir birleşim gösterilmektedir.



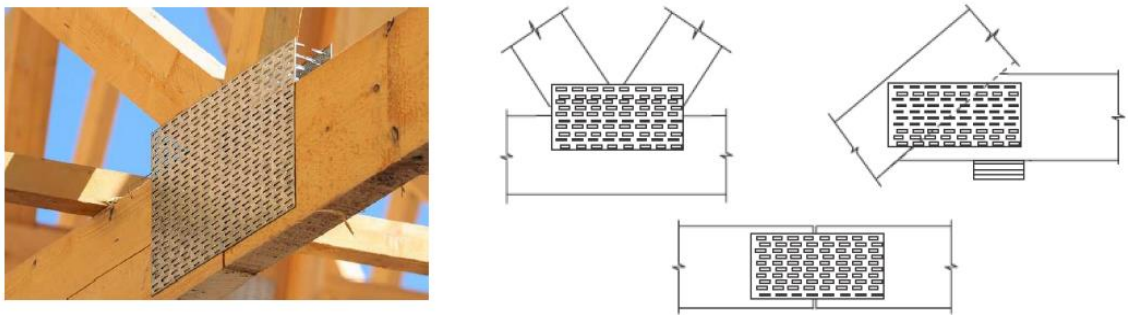
Şekil 5.10 Bir birleşimde yer alan bağlantı elemanı örneği (Üstündağ, 2014)



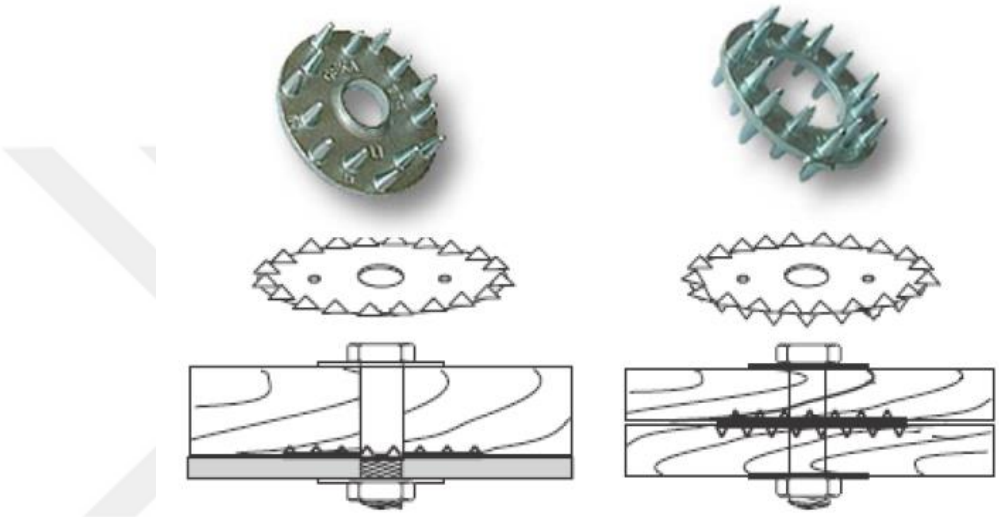
Şekil 5.11 Birleşimlerde kullanılan çeşitli metal bağlantı elemanları (Üstündağ, 2014)



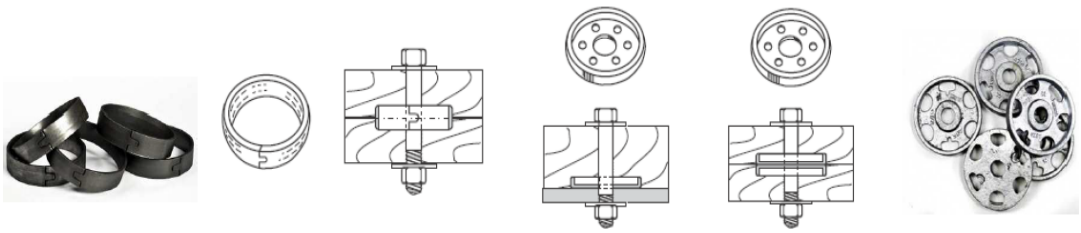
Şekil 5.12 Dübelli birleşim örneği (Üstündağ, 2014)



Şekil 5.13 Çivili metal plaka kullanılmış birleşim örneği (Üstündağ, 2014)



Şekil 5.14 Dişli plak bağlantı elemanı (Üstündağ, 2014)



Şekil 5.15 Ayırma halkası ve kayma plakası (Üstündağ, 2014)



Şekil 5.16 Bulonlu birleşim örneği (Üstündağ, 2014)

5.2.9 Bileşenler ve sistemler

TS EN 1995-1-1'e göre bileşenler; yapıştırılmış ince başlıklı kirişler, mekanik olarak birleştirilmiş kirişler, yapıştırılmış ince gövdeli kirişler ve mekanik olarak birleştirilmiş ve yapıştırılmış kolonlar olmak üzere dörde ayrılmaktadır.

TS EN 1995-1-1'e göre sistemler ise; duvar diyaframları, çatı ve döşeme diyaframları, kafes kirişler, çivili metal plaka bağlantılı kafes kirişler ve iksa olmak üzere beşe grupta değerlendirilmektedir.

5.2.10 Yapı elemanlarının detaylandırılması ve kontrol

Bu bölümde yapıda kullanılan malzemeler, birleşim elemanları, metal bağlantı elemanları, yapı sistemi ile ilgili detaylandırmalar ve yapının kontrol planının içermesi gereken bilgiler yer almaktadır. Standardın son bölümüdür. Ayrıca zemin ve çatı diyaframları, duvar diyaframları, zımbalı metal plakalı kafes sistemler için tasarımda uygulanması gereken birtakım özel kurallar da bulunmaktadır.

5.3 TS 647: Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları

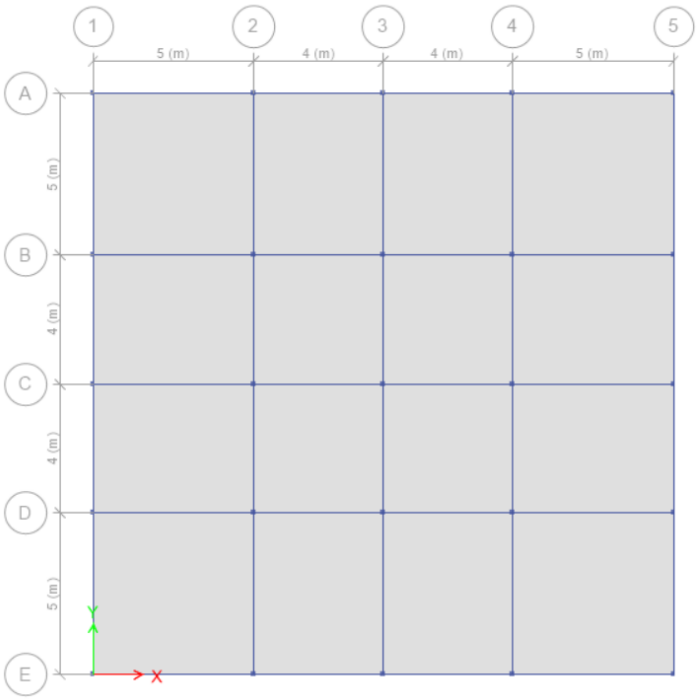
TS 647 (Ahşap yapıların hesap ve yapım kuralları) 30.11.1979 tarihinde yürürlüğe girmiş olup hala yürürlüktedir. TS 647, ahşap türlerinin beraber veya birbirinden bağımsız kullanımları ile inşa edilen ahşap yapıların yapım ve hesap kurallarını içerir. Bahsedilen ahşap türleri masif ahşap ve kontrplaktır. Karayolu ve demiryolu köprülerini ve elektrik direklerinin hesap ve yapım kurallarını kapsamaz. Emniyet gerilmeleri yöntemine göre hazırlanmış bir standarttır. TS 647'de iki tür ahşap malzeme bulunur: Masif ahşap ve kontrplak. Rutubet miktarlarına göre masif ahşap malzemeler ayrılmaktadır. Standartta masif ahşap malzemenin, iğne ve geniş yapraklı ağaçlar için ayrı ayrı olmak üzere, kontrplak malzemenin emniyet gerilmeleri yer almaktadır. Ayrıca iğne ve geniş (meşe ve kayın) yapraklı ağaçlardan elde edilen ahşap malzeme için elastisite ve kayma modülü değerleri de bulunmaktadır. Bu değerler ile ilgili tablolar tezin 3. bölümünde sunulmuştur. Boyutlandırma yapılırken hesaplarda; sabit yükler, hareketli yükler, makinelerin kütle yükleri, rüzgâr yükleri, fren yükleri ve yatay cephe yükler (örn. deprem yükü) göz önüne alınacaktır. Boyutlandırmada hesaba katılacak yükler TS 498'e (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri) uygun olmalıdır.

Yapı kısımlarının birleşiminde ve birlikte davranmasında kullanılan birleşim elemanları; bulon (cıvata), çivi, ağaç vidası, kama, özel biçimli çelik kama, ahşap kama ve pim kamadır. Ahşap birleşimlerin oluşturulmasında dikkat edilecek hususlar standartta yer almaktadır. Metal birleşim aracı korozyona dayanıklı olmalıdır. Birleşimde kullanılan birleşim elemanına göre tasarım ve analiz yapılmaktadır. Her birleşim elemanının sınır değerleri, hesap ve tasarımı farklılık göstermektedir.

Özetle; ahşap malzemenin cinsine göre yapısal özellikleri, malzeme türlerine ve sınıflarına göre emniyet gerilmeleri, standardın esas aldığı ahşap malzeme türleri, standardın kapsadığı ve kapsamadığı yapı türleri, ahşap yapının boyutlandırmasında kullanılacak yükler, çekmeye-basınca-eğilmeye çalışan ahşap yapı elemanlarının boyutlandırmasındaki temel ilkeler, eksenel basınç kuvveti etkisindeki çubuk elemanın burkulma hesabı, burkulma katsayıları (w), kirişlerde izin verilebilecek sehim değerleri ve sehim hesabı, ahşap birleşimleri meydana getiren birleşim elemanları, birleşim tasarımı ve hesabı TS 647'nin içeriğinde bulunmaktadır. Standart 1979 yılında yürürlüğe girdiği için yeni teknolojik ahşap ürünleri (CLT gibi) ve çeşitli ahşap malzeme türlerini (yonga levha, lifli levha vb.) içermemektedir. TBDY 2018 ile birlikte ülkemizde ilk defa Eurocode 5 (TS EN 1995-1-1) kabul edilmiş olup yönetmeliğin ilgili yerlerinde TS EN 1995-1-1'e atıfta bulunulmuştur. Böylelikle TS 647 hala yürürlükte olmasına rağmen hesap ve tasarım açısından dolaylı olarak TS EN 1995-1-1 kullanılmaktadır.

6. MODELLERİN OLUŞTURULMASI VE YAPISAL ANALİZ

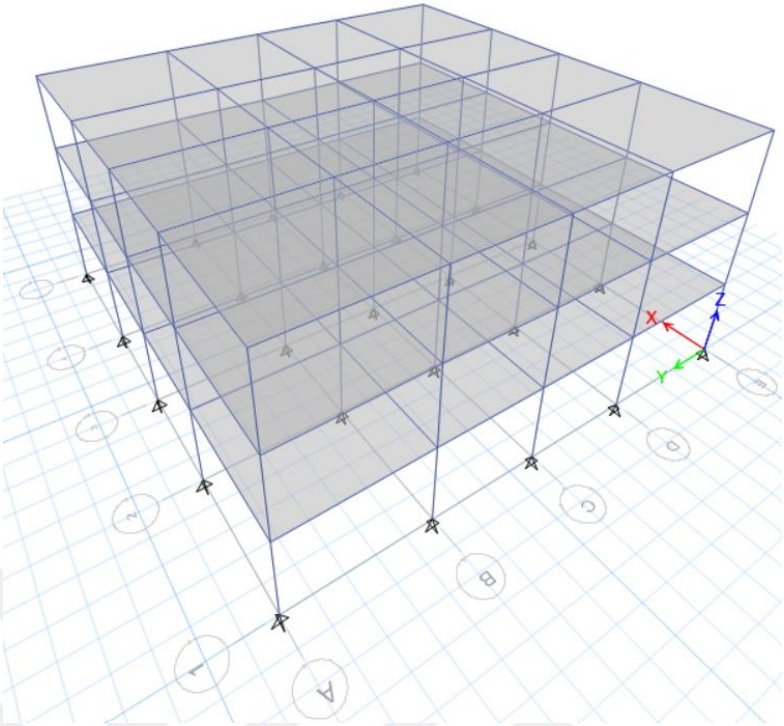
Bu bölümde ETABS 20.0 yapısal analiz programıyla, kat yükseklikleri 3 metre olan 3 katlı bir ahşap yapı çizilmiş, farklı açıklıklara çaprazlar konarak 6 farklı ahşap yapı modeli oluşturulmuş, spektral analiz yöntemiyle iki lokasyona göre modellerin analizi gerçekleştirilmiş olup deprem analizleri yapılmıştır. Model 1'de çapraz kullanılmamıştır, diğer modellerde ise farklı sayılarda ve farklı akslarda çapraz elemanlar kullanılmıştır. Modellerin bu şekilde tasarlanmasındaki amaç, çapraz elemanların sayılarının ve konumlarının, lokasyonun yapı stabilitesine etkisinin ve deprem kuvvetlerine karşı ne derece etkili olabileceğinin tespit edilmesidir. Modellerin plan görünümü Şekil 6.1'de görülmektedir.



Şekil 6.1 Modellerin plan görünümü

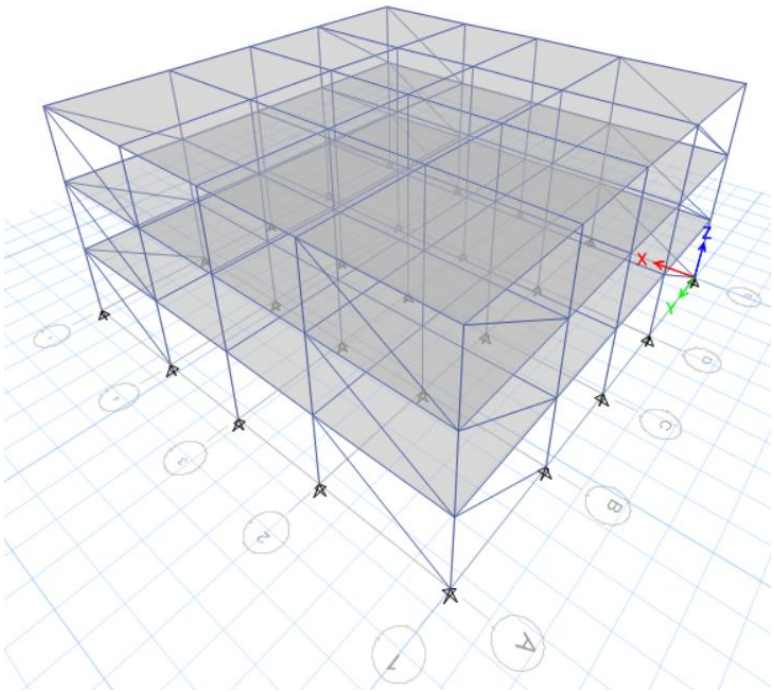
6.1 Modellerin Oluşturulması

Bütün modellerdeki analiz parametreleri ve malzeme ve kesit değerleri aynıdır. Modelleri birbirinden farklı kılan tek özellik kullanılan çaprazların sayıları ve konumlarıdır. Çapraz eleman kullanılan modellerde çaprazlar farklı aks aralıklarına atılarak en elverişli model bulunmak istenmiştir. Model 1, Şekil 6.2'de de görüldüğü gibi çapraz elemanın kullanılmadığı modeldir.



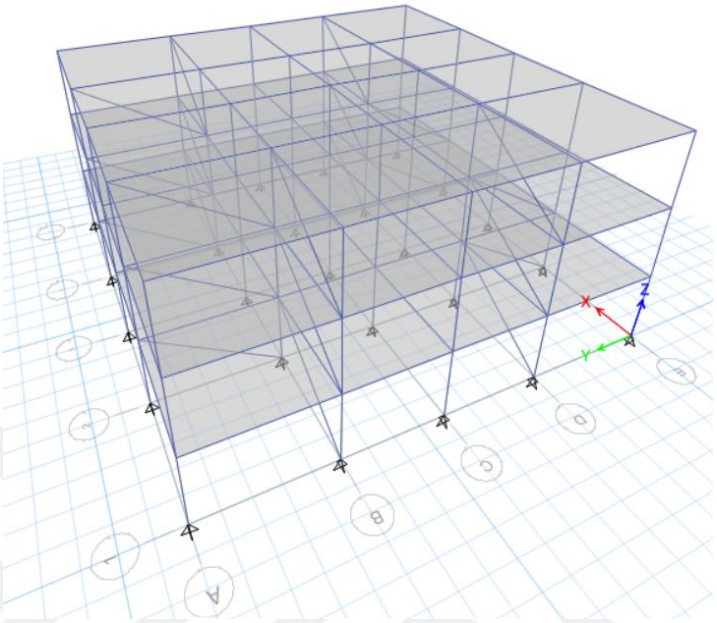
Şekil 6.2 Model 1'in 3 boyutlu görünümü

Model 2'de, Şekil 6.3'te de görüldüğü gibi, A, E, 1 ve 5 akslarının ilk ve son açıklıklarında tek yönlü çapraz eleman kullanılmıştır.



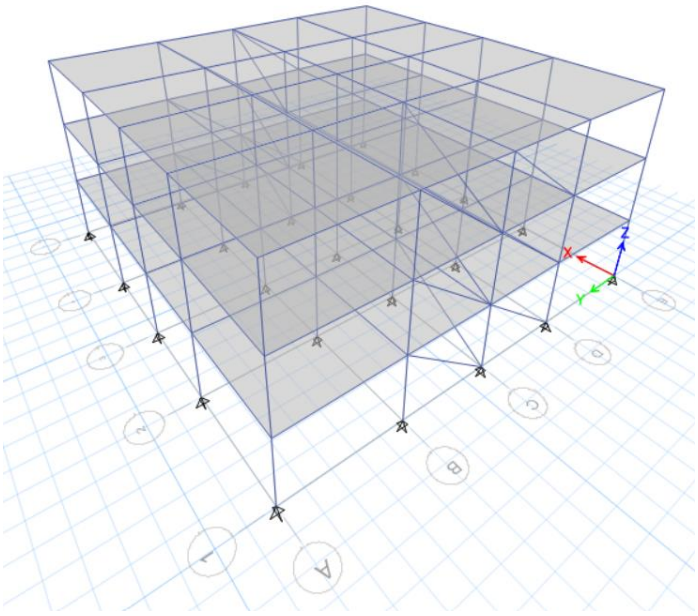
Şekil 6.3 Model 2'nin 3 boyutlu görünümü

Model 3’te B, D, 2 ve 4 akslarının ilk ve son açıklıklarında tek yönlü çapraz eleman kullanılmıştır (Şekil 6.4).



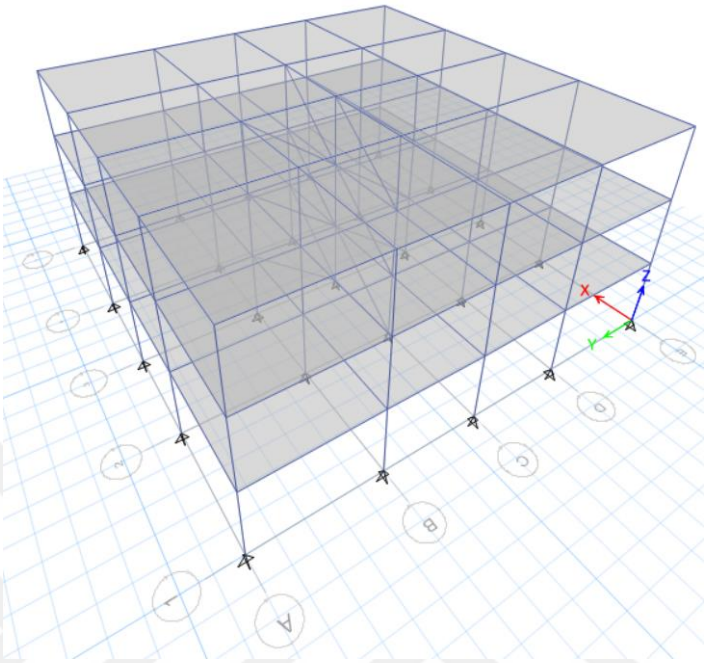
Şekil 6.4 Model 3’ün 3 boyutlu görünümü

Model 4’te C aksının ilk ve son açıklıklarında, 1 ve 5 akslarının orta açıklıklarında tek yönlü çapraz eleman kullanılmıştır (Şekil 6.5).



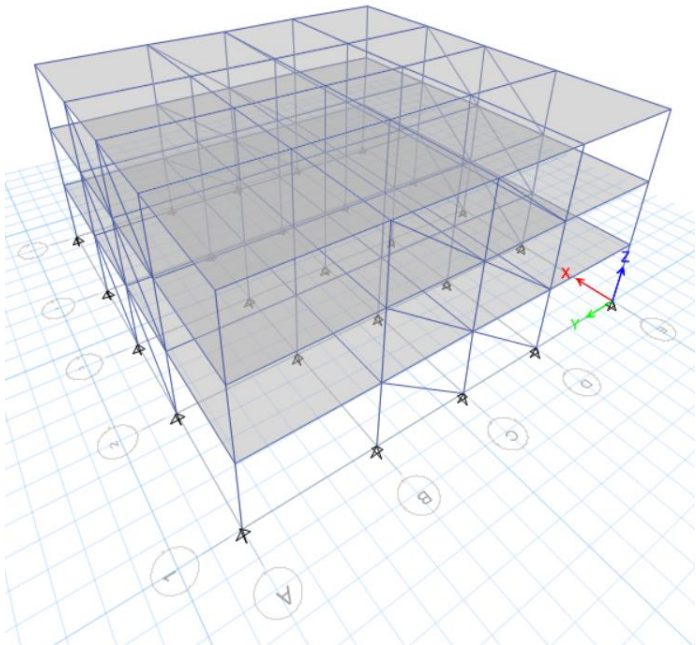
Şekil 6.5 Model 4’ün 3 boyutlu görünümü

Model 5 ‘te C ve 3 akslarının orta açıklıklarında tek yönlü çapraz eleman kullanılmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Model 5’in 3 boyutlu görünümü

Model 6’da A, E, 1 ve 5 akslarının orta açıklıklarında tek yönlü çapraz elemanlar kullanılmıştır (Şekil 6.7).

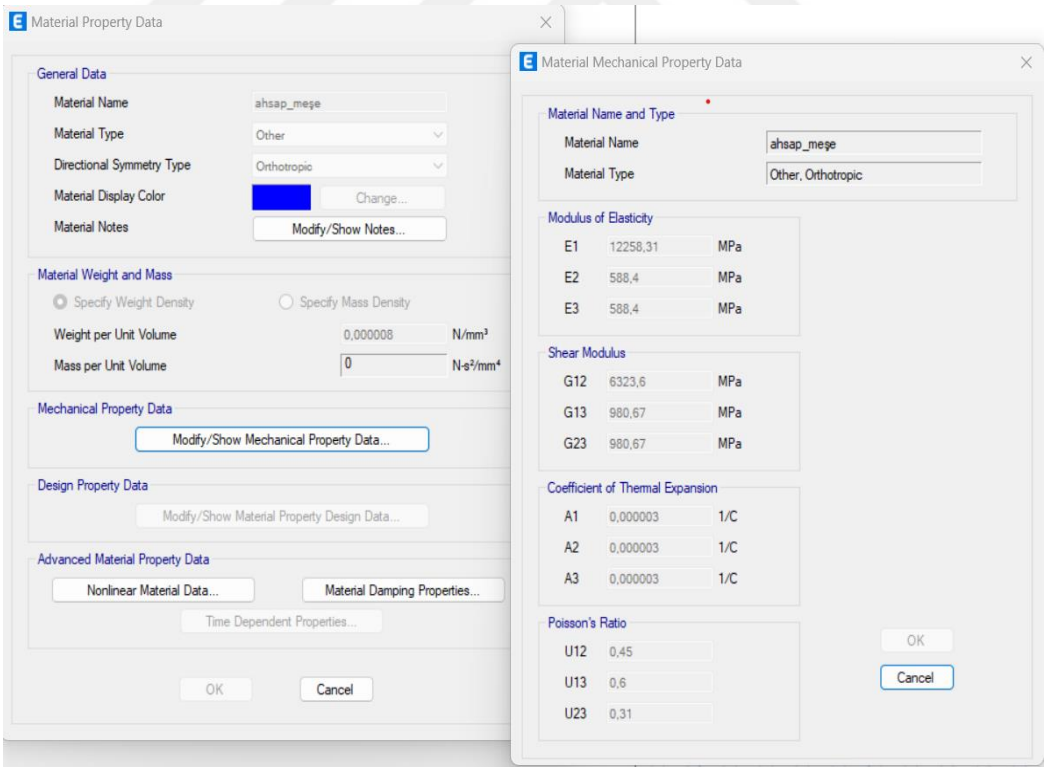


Şekil 6.7 Model 6’nın 3 boyutlu görünümü

Yukarıdaki şekillerde de görüldüğü gibi çapraz eleman kullanılan modellerde tek tip yani hepsinde tek yönlü çapraz eleman kullanılmıştır. Modellerdeki aks açıklık değerleri Şekil 6.1'de model plan görünümünde görülmektedir.

6.2 Malzemenin Programa Tanımlanması

Ahşap malzeme ETABS programına tanımlı bir malzeme türü değildir. Ancak ahşap tanımlanırken Şekil 6.8'de de görüldüğü gibi malzeme türü kısmı diğer-ortotropik olarak seçilir. Çünkü ahşap ortotropik ya da başka bir tabirle anizotropik bir malzemedir. Bu çalışmada tasarlanan modeller için kullanılacak ahşap malzeme türü meşedir ve meşenin mekanik özellikleri programa tanımlanmıştır. Meşenin elastisite ve kayma modülü değerleri TS 647'den ve diğer parametreler ise literatür araştırılarak Kaplan (2013) yüksek lisans tezinden alınmıştır. Tüm kesitler için tek tip malzeme (meşe) kullanılmıştır. Şekil 6.8'de tanımlanan meşe ahşabının malzeme değerleri gösterilmektedir.



Şekil 6.8 Malzeme özelliklerinin girilmesi

6.3 Kesit Tanımlanması

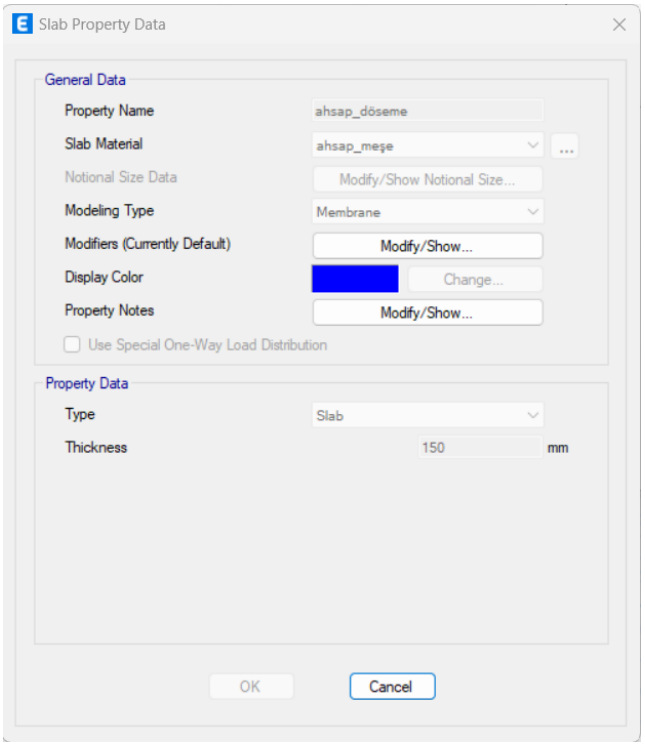
Tasarlanan ahşap yapının taşıyıcı sistemi çerçeve sistemdir ve 3 tür kesit tanımlanmıştır: Kiriş, kolon ve çapraz eleman. Literatürde gerçek ahşap yapının analizinin yapıldığı kaynakların taranması neticesinde, ahşap yapı elemanlarının kesit boyutları Tablo 6.1'de verilmiştir. Kesitlerin malzeme özellikleri de seçilip tanımlandıktan sonra Tablo 6.1'de adlarına uygun elemanlara atamalar yapılmıştır.

Tablo 6.1 Yapısal elemanlar için kesit boyutları

Kesit Adları/Boyut	h (cm)	b (cm)
Ahşap dikme	15	15
Ahşap kiriş	30	15
Ahşap çapraz	15	15

6.4 Döşeme Tanımlanması

Döşeme tanımlanırken döşeme kaplaması değerinin girilmesi gerekir. Bu değer ahşap döşemeler için kontrplaklar, yalıtım malzemesi ve parke kaplaması katmanları hesaplandığında ortalama bir değer olan 150 mm seçilmiştir. Tanımlanan döşemenin diğer özellikleri Şekil 6.9'da verilmiştir.



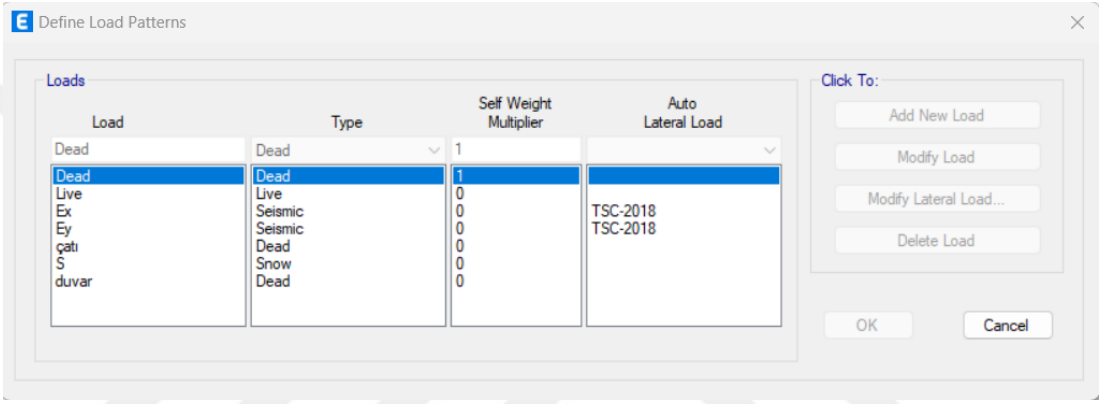
Şekil 6.9 Döşeme tanımlanması

6.5 Mesnet Tanımlanması

Programda en alt kota (temel) gelinerek sabit mesnet tanımlaması yapılmıştır.

6.6 Yüklerin Tanımlanması ve Atanması

Programa tanımlanan yükler şu şekildedir: Dead (ölü yük), live (hareketli yük), snow (kar yükü), çatı yükü, duvar yükü, Ex ve Ey (x ve y yönlerinde deprem yükleri). Programa tanımlanan yükler Şekil 6.10'da gösterildiği gibidir. Deprem yüklerinin tanımlanmasında kullanılan parametreler bir sonraki bölümde spektral analiz kısmında açıklanacaktır.



Şekil 6.10 Ahşap yapı modelleri için ETABS programına tanımlanan yükler

Yapıya etki ettirilecek yük atamaları tanımlanan yükler seçilerek yapılacaktır. Yük atamaları, literatür (Kaplan 2013 ve Meriç 2019) incelenip karşılaştırılarak ve yorumlanarak yapılmıştır. Ahşap yapı modellerinde yapı elemanlarına atanan yükler Tablo 6.2'de gösterilmiştir.

Parke kaplama, kontrplak, yalıtım malzemeleri, asma tavan ve tesisat yükleri toplamı bütün döşemeler için yük değeri yaklaşık olarak hesaplanmış olup 1,961 kN/m^2 olarak etki ettirilmiştir. Ahşap modelin çatısı ahşap oturtma çatı olarak kabul edilmiş olup yük değeri 3. kat döşemesine 0,95 kN/m^2 olarak atanmıştır. Analiz yapılan birinci lokasyon Diyarbakır merkez olarak belirlendiği, Diyarbakır 2. bölgede kaldığı ve denizden yüksekliği 675 m olduğu için kar yükü; TS 498'e göre 0,75 kN/m^2 olarak; analizi yapılacak ikinci lokasyon Erzincan Kemah olarak belirlendiği, Kemah 3. bölgede kaldığı ve denizden yüksekliği 1.130 metre olduğu için kar yükü; TS 498'e göre 1,485 kN/m^2 (1,35 %10 artırılır) olarak ve 3. kat döşemesine uygulanmıştır. Yapı konut tipinde tasarlandığı için bütün kat döşemelerine uygulanacak hareketli yük

değeri TS 498'e göre 2 kN/m^2 olarak belirlenmiştir. Dikmeler arasına tuğla duvar dolgu yapıldığı kabul edilmiş ve kirişlere 1,2 kN/m duvar yükü etki ettirilmiştir.

Tablo 6.2 Yapı elemanlarına atanan yükler

Yük Atanan Eleman	Yük Türü	Atanan Yük Değeri
Döşeme (Tüm katlar)	Dead	1,961 kN/m^2
Döşeme (3. kat)	Çatı yükü	0,95 kN/m^2
Döşeme (3. kat)	Snow	0,75/1,485 kN/m^2
Döşeme (Tüm katlar)	Live	2 kN/m^2
Kiriş	Duvar yükü	1,2 kN/m

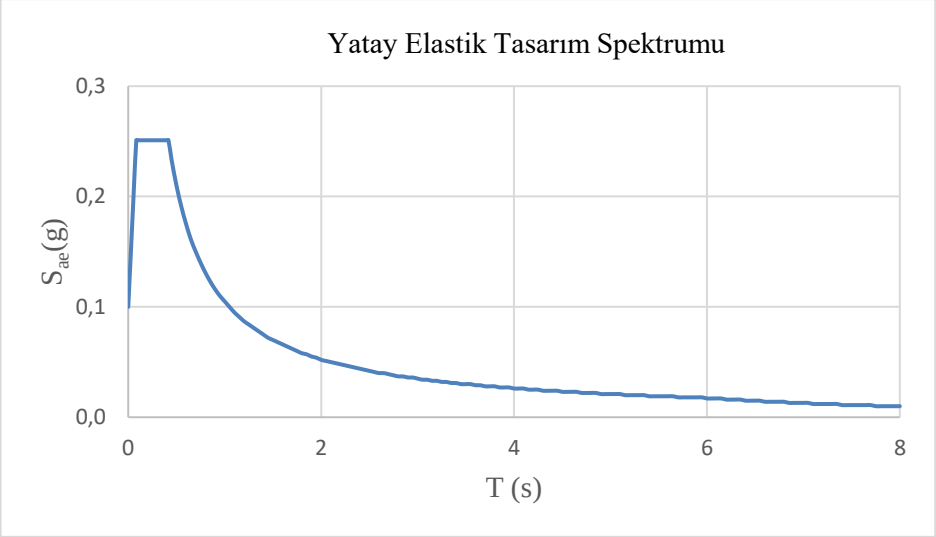
6.7 Spektral Analiz

Yapının TBDY 2018'e göre iki lokasyon için spektral analizi yapılmıştır. Öncelikle analizi yapılacak yapı için harita üzerinde bir koordinat belirlenmiştir. AFAD Türkiye Deprem Tehlikeleri Haritaları İnteraktif Web Uygulaması üzerinden birinci lokasyon olarak Diyarbakır'da 37,93° enlemindeki ve 40,21° boylamındaki nokta seçilir. Deprem Yer Hareketi Düzeyi DD-2, Yerel Zemin Sınıfı da ZA seçilerek rapor alınır. Alınan rapor sonucuna göre deprem parametreleri ve değerleri şunlardır:

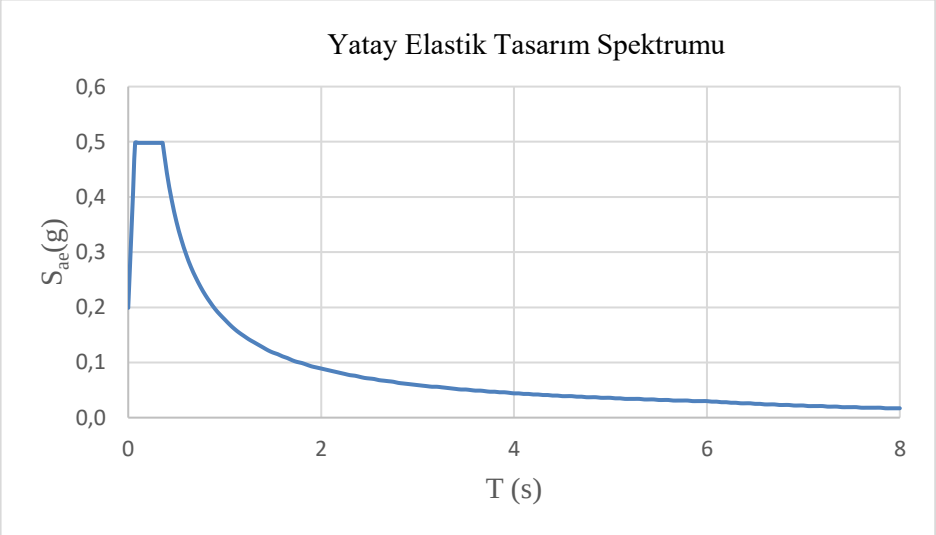
S_s (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]) = 0,314; S_1 (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]) = 0,131; F_S (Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı) = 0,800; F_1 (1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı) = 0,800; S_{DS} (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]) = S_S * F_S = 0,251; S_{D1} (1 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]) = S_1 * F_1 = 0,105.

İkinci lokasyon olarak Erzincan Kemah'da 39,60° enlemindeki ve 38,99° boylamındaki nokta seçilir. Deprem Yer Hareketi Düzeyi DD-2, Yerel Zemin Sınıfı da ZA seçilerek rapor alınır. Alınan rapor sonucuna göre deprem parametreleri ve değerleri şunlardır: S_s = 0,622; S_1= 0,222; F_S = 0,800; F_1 = 0,800; S_{DS} = S_S * F_S = 0,498; S_{D1} = S_1 * F_1 = 0,178.

Tasarım parametre değerleri kullanılarak birinci lokasyon Diyarbakır için oluşturulan yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 6.11'de, ikinci lokasyon Erzincan için oluşturulan yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 6.12'de verilmiştir. 6.1-6.6 arası denklemlerde TBDY 2018'e göre yatay elastik tasarım parametreleri ve açıklamaları verilmektedir.



Şekil 6.11 Yatay elastik tasarım spektrumu (Diyarbakır)



Şekil 6.12 Yatay elastik tasarım spektrumu (Erzincan)

$$S_{ae}(T) = (0.4+0.6(T/T_A)).S_{DS} \qquad (0 \leq T \leq T_A) \qquad (6.1)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \qquad (T_A \leq T \leq T_B) \qquad (6.2)$$

$$S_{ae}(T) = (S_{D1}/T) \qquad (T_B \leq T \leq T_L) \qquad (6.3)$$

$$S_{ae}(T) = (S_{D1}.T_L)/(T^2) \qquad (T_L \leq T) \qquad (6.4)$$

$T_A = 0{,}2.(S_{D1}/S_{DS})$ (6.5)

$T_B = (S_{D1}/S_{DS})$ (6.6)

Burada;

"S_{ae} (T)" yatay elastik tasarım spektral ivmesi (g); *"S_{DS}"* kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]; *"S_{D1}"* 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz); *"T"* doğal titreşim periyodu (s); *"T_A"* ve *"T_B"* yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s); *"T_L"* yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu (s) olmaktadır.

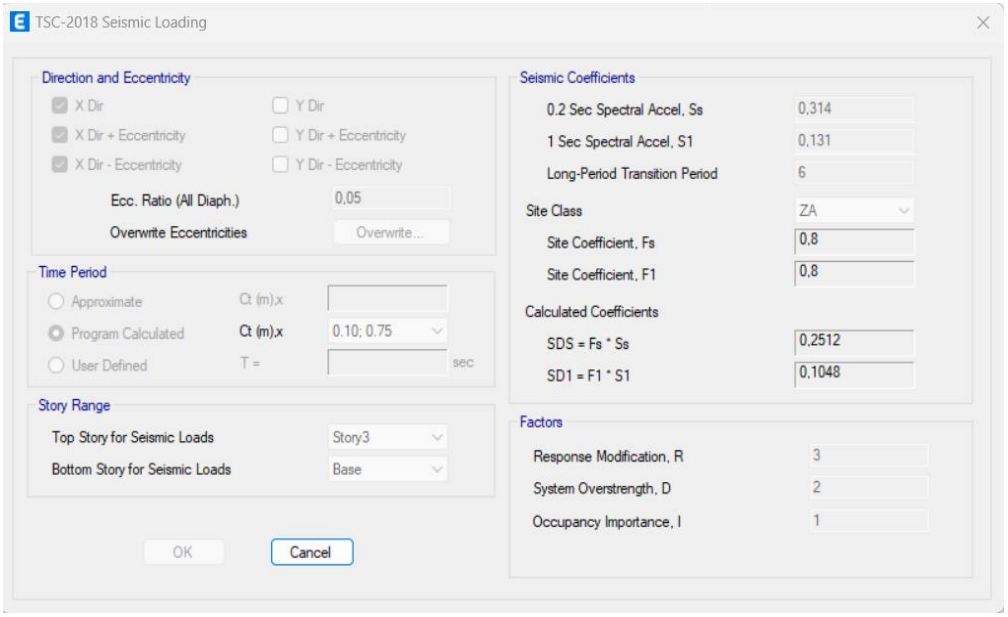
Yukarıdaki denklemlere göre; birinci lokasyon Diyarbakır için T_A değeri 0,083 s, T_B değeri ise 0,417 s, ikinci lokasyon Erzincan için T_A değeri 0,071 s, T_B değeri ise 0,357 s çıkmaktadır. T_L değeri TBDY 2018'de verilmekte olup 6 s'dir. Bu değerler AFAD Web Uygulamasından alınan raporlarda da yer almaktadır.

TBDY 2018'e göre, tez çalışması kapsamında tasarlanan ahşap karkas yapı için tasarım parametreleri Tablo 6.3'te verilmektedir. Yapı *konut* amaçlı tasarlandığı için Bina Kullanım Sınıfı (BKS) 3, Bina Önem Katsayısı (I) 1,0 olmaktadır. TBDY 2018'de geçen *"Tablo 3.4'te belirtilmeyen yığma, ahşap ve hafif çelik binalar, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlayacaktır."* maddesine istinaden deprem yer hareketi *DD-2*, performans hedefi *Kontrollü Hasar (KH)* olarak belirlenmiştir. Birinci lokasyon için $S_{DS} = 0{,}251$ (<0,330) ve BKS = 3 olduğu için Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) = 4, ikinci lokasyon için $S_{DS} = 0{,}498$ ($0{,}33 \leq S_{DS} < 0{,}50$) ve BKS = 3 olduğu için DTS= 3 olmaktadır. Her iki lokasyon için de bina toplam yüksekliği 10,5 m'den daha az (9 m) olduğu için ($H_N \leq 10{,}5$ m) Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) = 8'dir (DTS= 3 ve 4). TBDY 2018'e göre ahşap bina tasarımı yapıldığı için yapı için tasarım yaklaşımında Dayanıma Göre Tasarım (DGT) ilkesi benimsenecektir. Tasarlanan ahşap karkas yapıda deprem etkileri çaprazlarla karşılandığı için; süneklik düzeyi *"sınırlı"*, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı 3, Dayanım Fazlalığı Katsayısı 2 olarak belirlenmiştir. Yapı konut türünde tasarlandığı için Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı (n) 0,3 olarak alınacaktır.

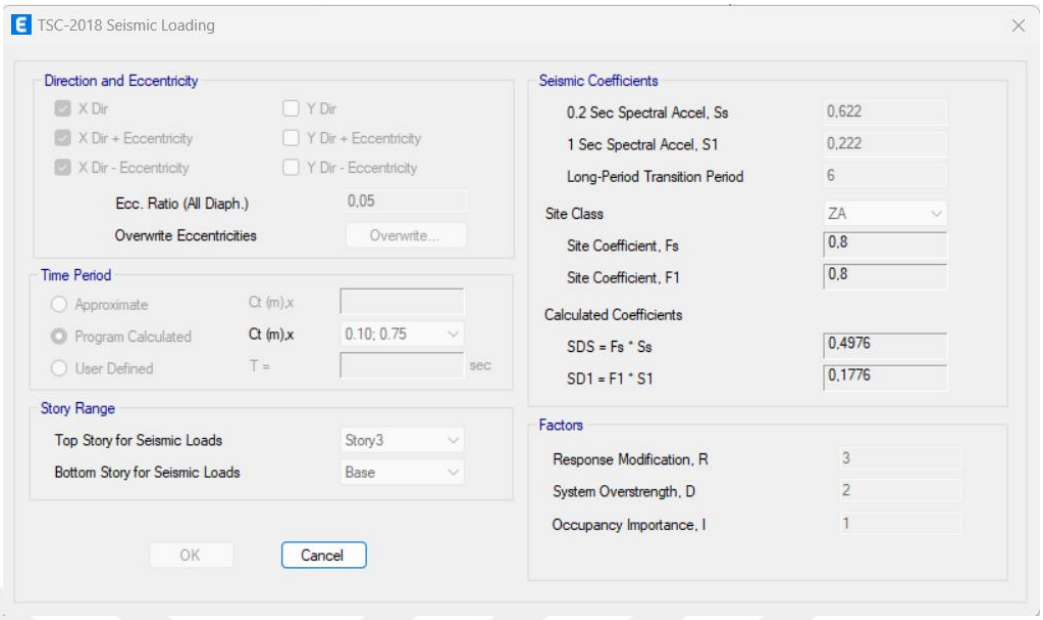
Tasarım parametreleri deprem yüklerinin düzenlenmesinde ve spektral analiz aşamasında programa girilecektir. Ex ve Ey deprem yükleri sisteme tanımlandıktan sonra yatay yük TBDY 2018'e göre düzenlenmiştir. TBDY 2018'e göre yapı için hesaplanan ve belirlenen tasarım parametreleri sisteme girilmiştir. Ex ve Ey, x ve y doğrultusundaki deprem yükleri olduğundan deprem tasarım parametreleri aynı, sadece doğrultusu farklıdır. Şekil 6.13'te birinci lokasyon için, Şekil 6.14'te ikinci lokasyon için x doğrultusundaki deprem yükü ve sisteme girilen parametreler gösterilmektedir.

Tablo 6.3 TBDY 2018'e göre tasarım parametreleri

Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3
Bina Önem Katsayısı (I)	1,0
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	4/3
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	8
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Performans Hedefi	Kontrollü Hasar
Tasarım Yaklaşımı	Dayanıma Göre Tasarım
Süneklik Düzeyi	Sınırlı
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	3
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	2
Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı	0,3



Şekil 6.13 -x doğrultusundaki deprem yükü yatay yük düzenlemesi (Diyarbakır)



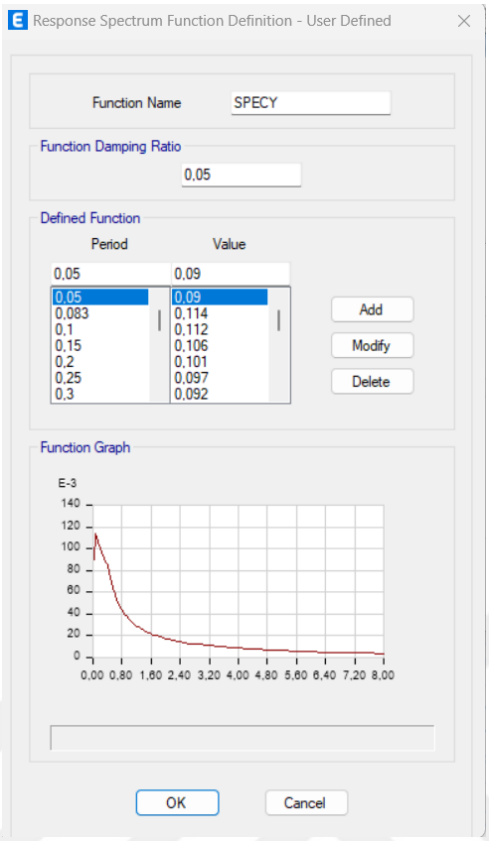
Şekil 6.14 -x doğrultusundaki deprem yükü yatay yük düzenlemesi (Erzincan)

Spektral analizde yatay elastik tasarım spektrumunun ETABS programına tanımlanıp yüke dönüştürülmesi gerekmektedir. Denklem 6.7 ve 6.8 kullanılarak azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu için değerler elde edilmiştir. Azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu ivme değerleri, yatay elastik tasarım spektrumu ivme değerlerinin deprem yükü azaltma katsayısına bölünmesiyle elde edilir. Bu değerler dosya şeklinde programa girilmiş olup spektrum grafiği program tarafından oluşturulmuştur (Şekil 6.15 ve Şekil 6.16). Azaltılmış yatay elastik spektrum grafiği y yönünde g yerçekimi ivmesi değeri girilerek kaydedilip yüke dönüştürülmüştür. TBDY 2018'e göre %5 ekstantrisite ve %5 sönüm oranı değeri modellere bu aşamada analizde uygulanmak üzere yansıtılmıştır ve her iki lokasyon için de aynı işlemler uygulandığından Şekil 6.17'de sadece Erzincan lokasyonu için programda ilgili işlemlerin uygulandığı pencere verilmiştir. Spektrum grafiğindeki ivme değerleri g cinsinden verildiği için g yerçekimi ivmesi değeriyle çarpılmıştır.

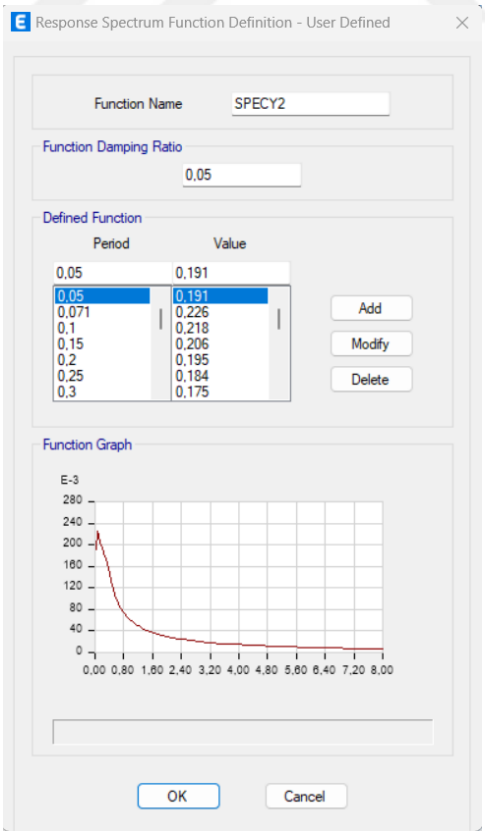
$$R_a(T) = R/I \qquad T > T_B \qquad (6.7)$$

$$Ra(T) = D + ((R/I)-D).T/T_B \qquad T \leq T_B \qquad (6.8)$$

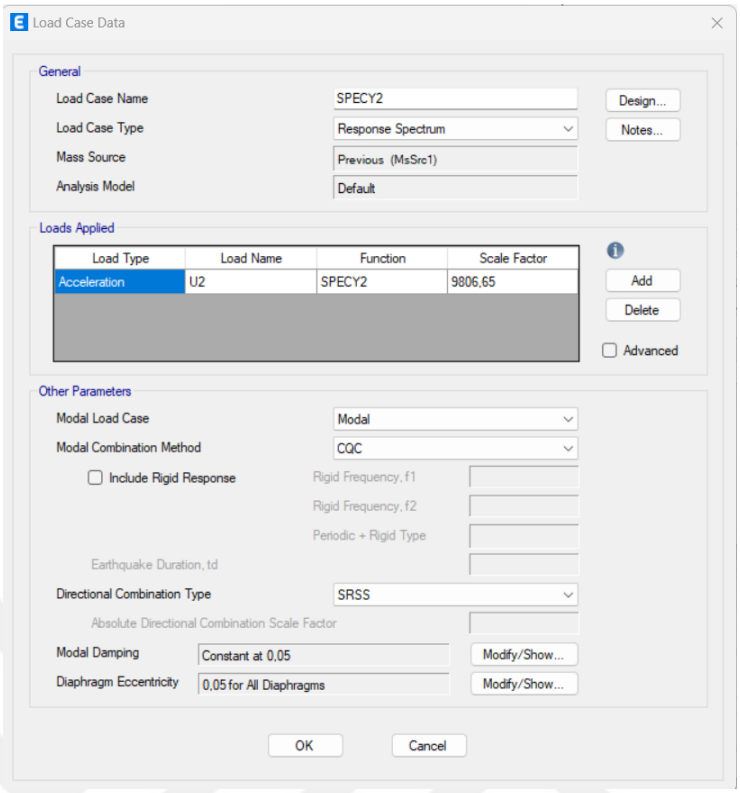
Burada; *"R_a (T)"* deprem yükü azaltma katsayısıdır.



Şekil 6.15 Azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu (Diyarbakır)



Şekil 6.16 Azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu (Erzincan)



Şekil 6.17 Azaltılmış yatay elastik tasarımı spektrumunun sisteme tanımlanması (Erzincan)

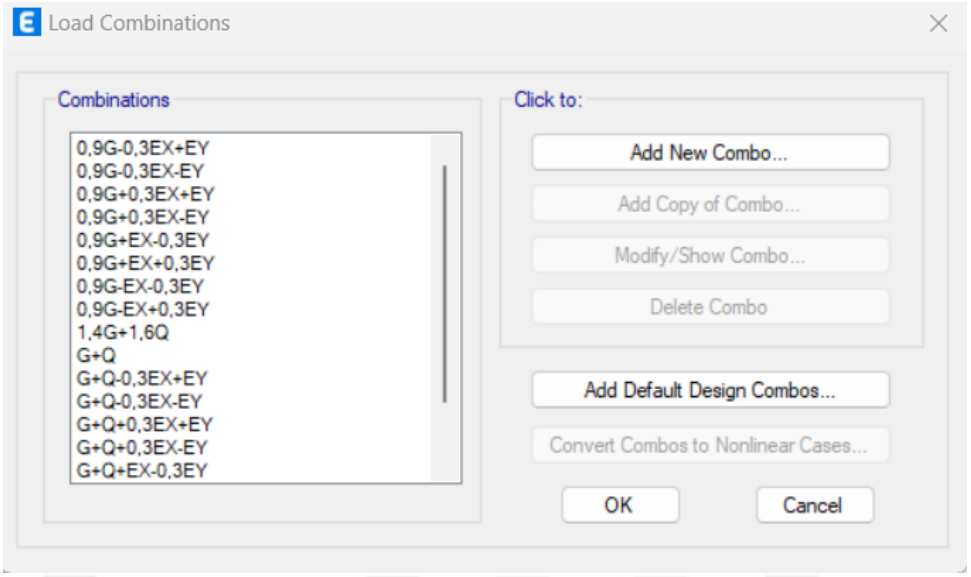
Hareketli yük kütle katılım katsayısı 0.3 olduğu için hareketli yüklerin çarpanı 0.3 olarak sisteme (Mass Source) etki ettirilmiştir.

6.8 Yük Kombinasyonları

Yapı analizi için her iki lokasyon için de 18 yük birleşimi kullanılmış olup kullanılan yük birleşimleri Tablo 6.4'te verilmiştir. Şekil 6.18'de programa tanımlanan yük birleşimleri görülmektedir.

Tablo 6.4 Kullanılan yük birleşimleri

G+Q
1.4G+1.6Q
G+Q ± 0.3Ex ± Ey (4)
G+Q ± Ex ± 0.3Ey (4)
0.9G ± 0.3Ex ± Ey (4)
0.9G ± Ex ± 0.3Ey (4)



Şekil 6.18 ETABS programına girilen yük kombinasyonları

Yük kombinasyonlarının girilmesinin ardından analiz çalıştırılmıştır. Sonuçların çıktısı alınmış olup spektral analiz yüklemesine göre oluşan kat deplasman değerlerinin ve kesme kuvveti değerlerinin tüm modeller için karşılaştırmasının yapılması ve sonuçların yorumlanması bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

7. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

3 katlı, kat yükseklikleri 3 metre olan ahşap bina TBDY 2018'e göre tasarlanmış, yapı için spektral analiz yapılmış olup spektral analize göre elde edilen birinci lokasyon -y yönü kat deplasman değerleri Tablo 7.1'de ikinci lokasyon -y yönü kat deplasman değerleri Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.1 Modellere göre -y yönü deplasman değerleri (Diyarbakır)

Katlar/Modeller	Kot Değerleri (mm)	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Kat 3	9000	40,046	7,475	7,204	6,201	8,795	5,247
Kat 2	6000	36,340	5,188	5,240	4,540	6,282	3,893
Kat 1	3000	29,482	2,887	2,820	3,245	3,327	2,671

Tablo 7.2 Modellere göre -y yönü deplasman değerleri (Erzincan)

Katlar/Modeller	Kot Değerleri (mm)	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Kat 3	9000	71,305	12,731	12,338	10,589	15,089	8,967
Kat 2	6000	64,590	8,814	8,951	7,746	10,748	6,637
Kat 1	3000	52,342	4,939	4,826	5,535	5,718	4,558

Her iki lokasyon için kat deplasman değerleri karşılaştırıldığında; ikinci lokasyon olan Erzincan-Kemah için bütün modellerde kat deplasman değerlerinin daha yüksek çıktığı görülmektedir. Bu durum, ikinci lokasyon için azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu ivme değerlerinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

7.1 Tepe Deplasman Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 7.1'de birinci lokasyon için modellerin -y yönü tepe deplasman değerleri, Şekil 7.2'de ikinci lokasyon için modellerin -y yönü tepe deplasman değerleri grafik şeklinde gösterilmiştir.

Her iki grafikten de anlaşılacağı üzere çapraz eleman kullanılmayan model olan model 1'deki tepe deplasman değerleri diğer modellerdeki tepe deplasman değerlerinden çok daha fazla çıkmıştır. Tepe deplasman değeri en az çıkan ise model 6 olup çapraz

kullanılmayan modelden sonra tepe deplasman değeri en yüksek çıkan tasarım model 5'tir.

Tablo 7.3'te birinci lokasyon için, Tablo 7.4'te ise ikinci lokasyon için çapraz eleman kullanılan modellerin çapraz eleman kullanılmayan model 1'e göre tepe deplasman değerlerindeki azalma yüzdelik oran olarak verilmiştir.

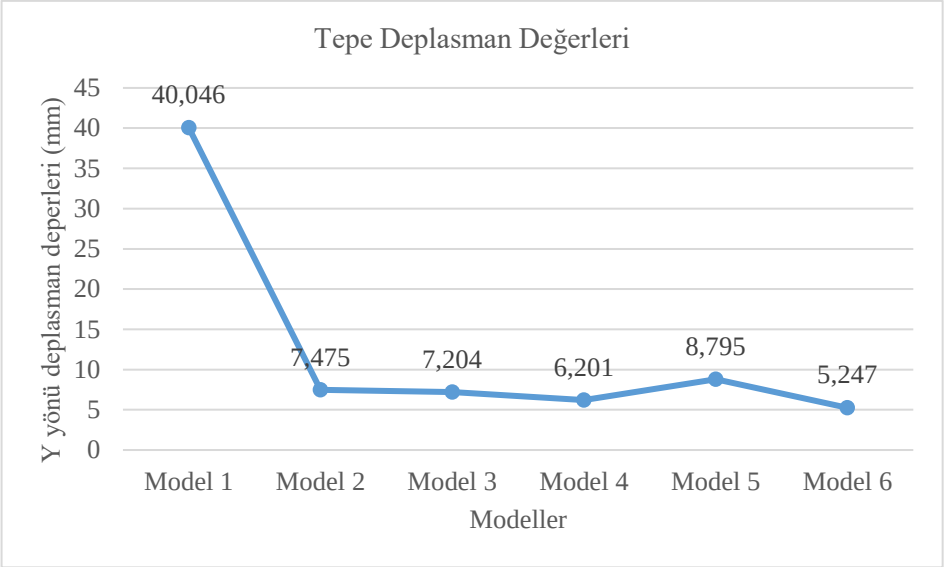
Buna göre grafiklerdeki verilere dayanarak çapraz eleman kullanımının tepe deplasman değerini yaklaşık olarak en az % 80 düşüreceği, model 5 ve model 2-3-4-6 göz önünde bulundurulduğunda çapraz eleman kullanımının artmasının tepe deplasman değerindeki düşüşü artıracağı, model 2 ve model 6 göz önünde bulundurulduğunda çapraz elemanların aksların orta açıklıklarında sürekli bir şekilde kullanılmasının ilk ve son açıklıklarındaki kullanımına göre kat ötelemesini yani deplasmanı daha fazla düşüreceği, yapı stabilitesi açısından daha olumlu sonuç doğuracağı sonuçlarına varılmıştır.

Tablo 7.3 Modellerin çaprazsız modele göre tepe deplasman değerlerinin yüzdelik azalışı (Diyarbakır)

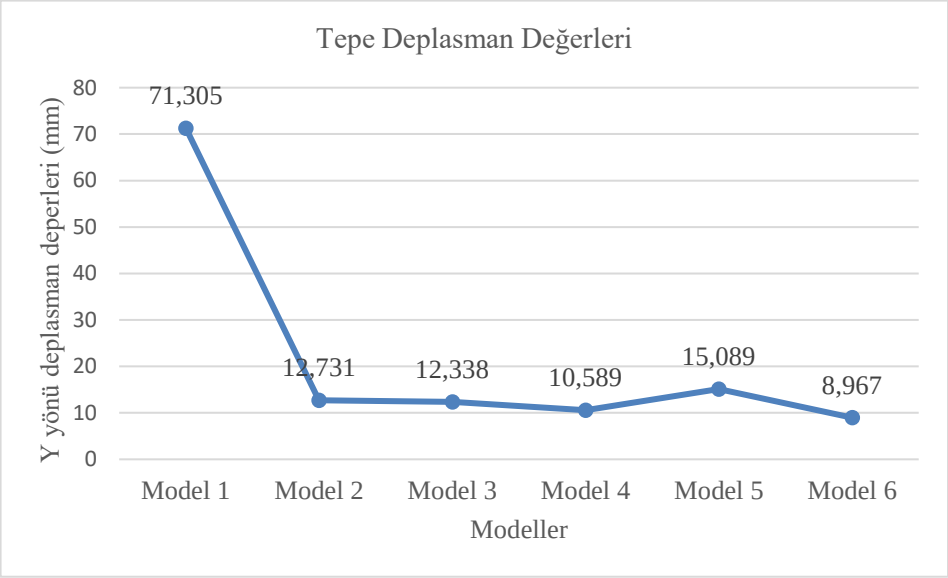
Modeller	**Tepe Deplasman Değerleri(mm)**	**Model 1'e göre azalış (%)**
1	40,046	
2	7,475	81,33
3	7,204	82,01
4	6,201	84,52
5	8,795	78,04
6	5,247	86,90

Tablo 7.4 Modellerin çaprazsız modele göre tepe deplasman değerlerinin yüzdelik azalışı (Erzincan)

Modeller	**Tepe Deplasman Değerleri(mm)**	**Model 1'e göre azalış (%)**
1	71,305	
2	12,731	82,15
3	12,338	82,70
4	10,589	85,15
5	15,089	78,84
6	8,967	87,42



Şekil 7.1 Modellerin tepe deplasman değerleri grafiği (Diyarbakır)



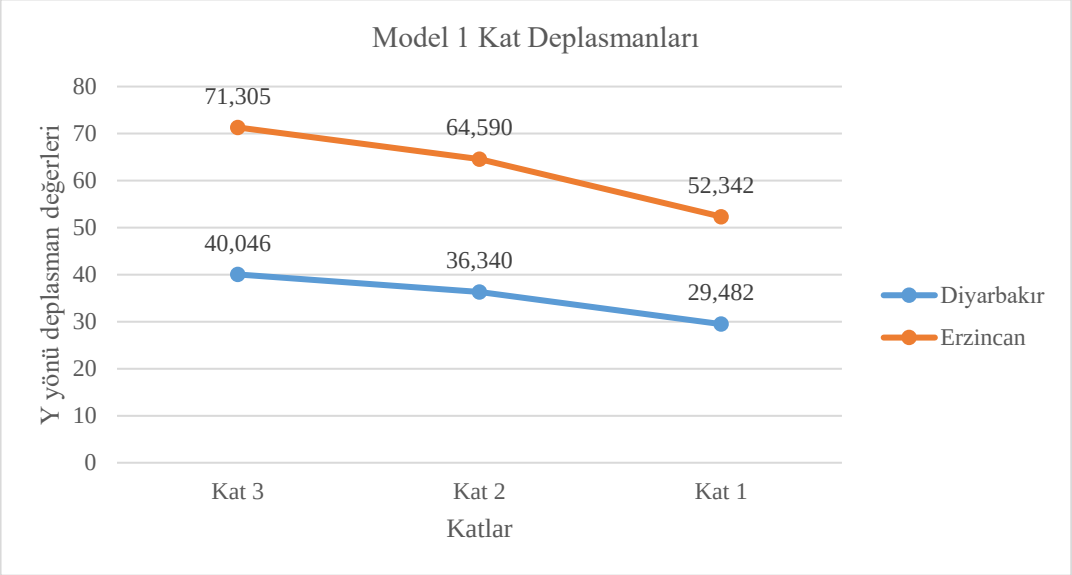
Şekil 7.2 Modellerin tepe deplasman değerleri grafiği (Erzincan)

7.2 Modellerin Katlar Arası Deplasman Değerleri

7.2.1 Model 1 kat deplasman değerleri

Şekil 7.3'te görüldüğü üzere; birinci lokasyon Diyarbakır için; kat 2 deplasman değeri (36,340) kat 1 deplasman değerine (29,482) göre ***%23,26*** artmış, kat 3 deplasman değeri (40,046) kat 2 deplasman değerine (36,340) göre ***%10,20*** artmıştır. İkinci lokasyon Erzincan için kat 2 deplasman değeri (64,590) kat 1 deplasman değerine (52,342) göre ***%23,40*** artmış, kat 3 deplasman değeri (71,305) kat 2 deplasman değerine (64,590) göre ***%10,40*** artmıştır. Bu artış oranlarına bakıldığında kat çıkıldıkça yapı deplasmanındaki artış yüzdesinin azaldığı, yapı stabilitesinin

korunabilirliğinin arttığı gözlemlenmektedir. Her iki lokasyon için de artış oranları benzer çıkmaktadır.



Şekil 7.3 Lokasyonlara göre model 1 kat deplasman değerleri

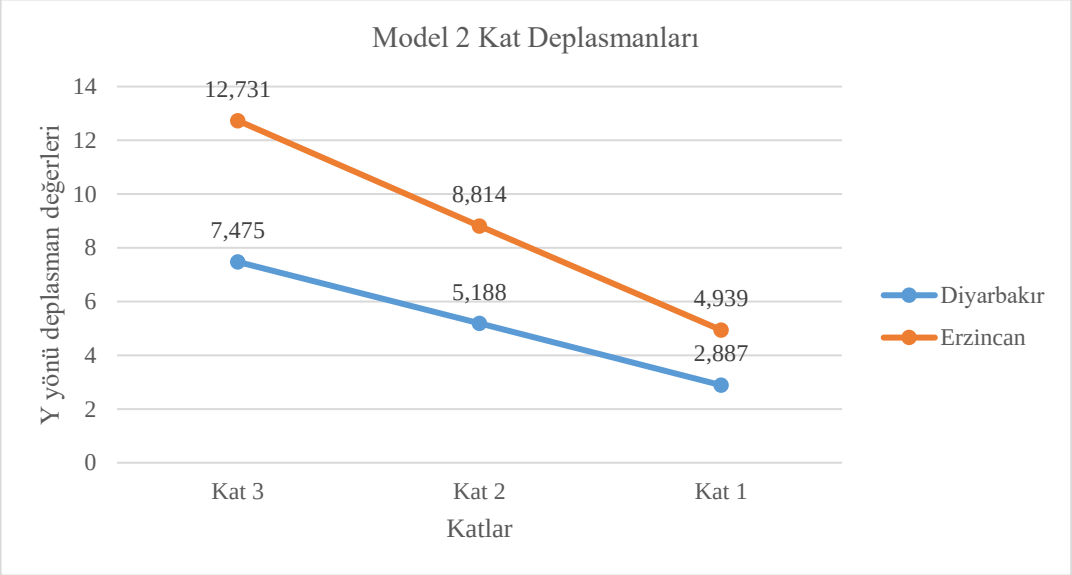
7.2.2 Model 2 kat deplasman değerleri

Şekil 7.4'teki grafiğe göre; birinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (5,188) kat 1 deplasman değerine (2,887) göre ***% 79,70*** artmış, kat 3 deplasman değeri (7,475) kat 2 deplasman değerine (5,188) göre ***%44,08*** artmıştır. İkinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (8,814) kat 1 deplasman değerine (4,939) göre ***% 78,46*** artmış, kat 3 deplasman değeri (12,731) kat 2 deplasman değerine (8,814) göre ***%44,44*** artmıştır. Kat 2- kat 1 ve kat 3- kat 2 arasındaki deplasman artış yüzdelerine bakılacak olduğunda model 1'deki gibi sonuca ulaşılır. Modeller arasında kat 3 deplasman değerinin kat 2 deplasman değerine göre artış oranı en yüksek olan modeldir.

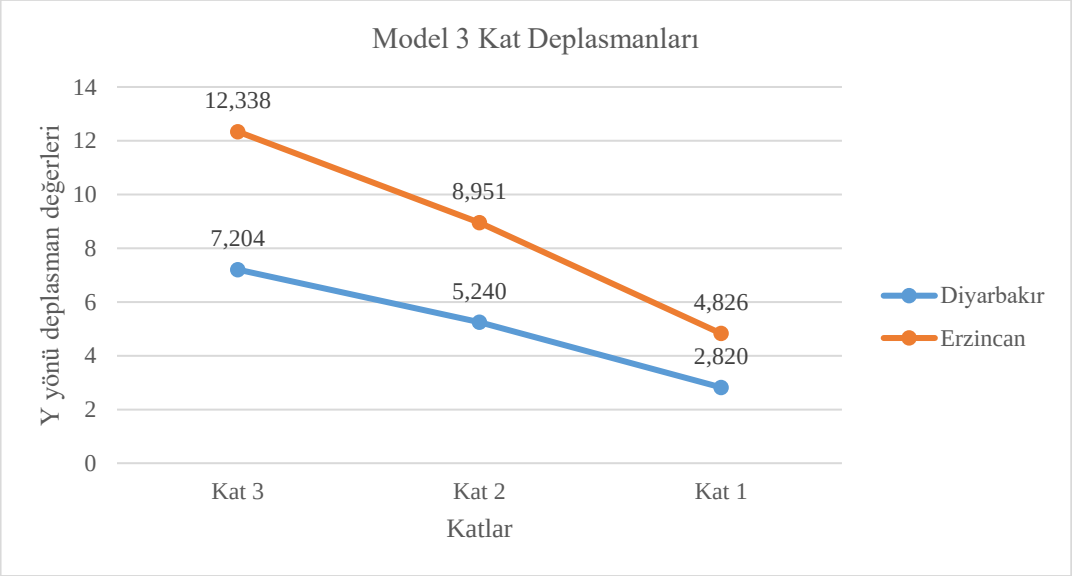
7.2.3 Model 3 kat deplasman değerleri

Şekil 7.5'teki kat-deplasman değerleri grafiğine göre; birinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (8,951) kat 1 deplasman değerine (4,826) göre ***% 85,82*** artmış, kat 3 deplasman değeri (12,338) kat 2 deplasman değerine (8,951) göre ***%37,48*** artmıştır. İkinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (5,240) kat 1 deplasman değerine (2,820) göre ***% 85,47*** artmış, kat 3 deplasman değeri (7,204) kat 2 deplasman değerine (5,240) göre ***%37,84*** artmıştır. Kat 2- kat 1 ve kat 3- kat 2 arasındaki deplasman artış

yüzdelerine bakılacak olduğunda model 1 ve model 2'deki sonuçlara benzer bir sonuç çıkarılabilir.



Şekil 7.4 Lokasyonlara göre model 2 kat deplasman değerleri

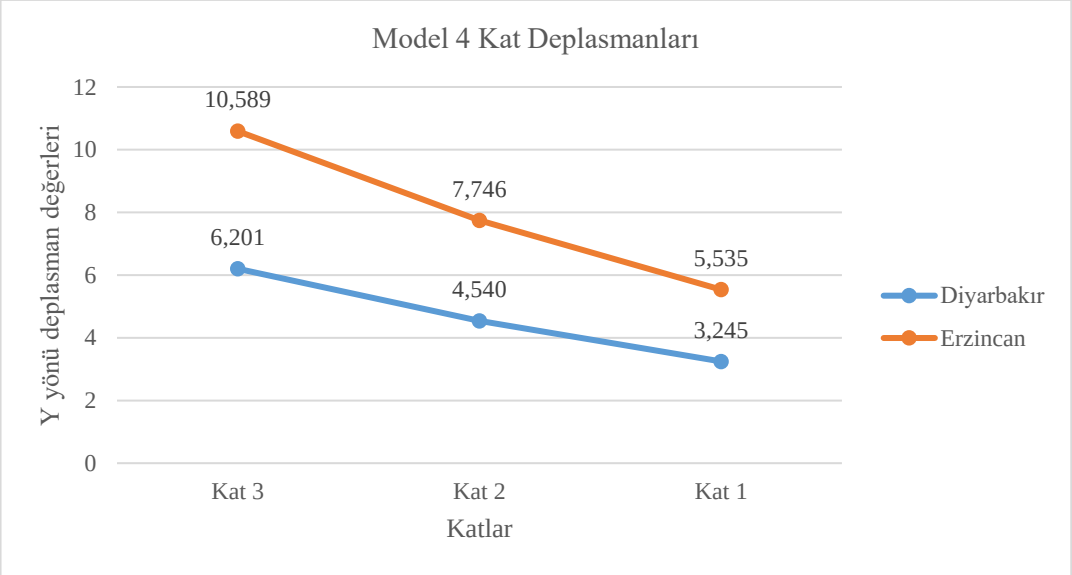


Şekil 7.5 Lokasyonlara göre model 3 kat deplasman değerleri

7.2.4 Model 4 kat deplasman değerleri

Şekil 7.6'da verilen grafiğe göre; birinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (4,540) kat 1 deplasman değerine (3,245) göre ***% 39,91*** artmış, kat 3 deplasman değeri (6,201) kat 2 deplasman değerine (4,540) göre ***%36,59*** artmıştır. İkinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (7,746) kat 1 deplasman değerine (5,535) göre ***% 39,95*** artmış, kat

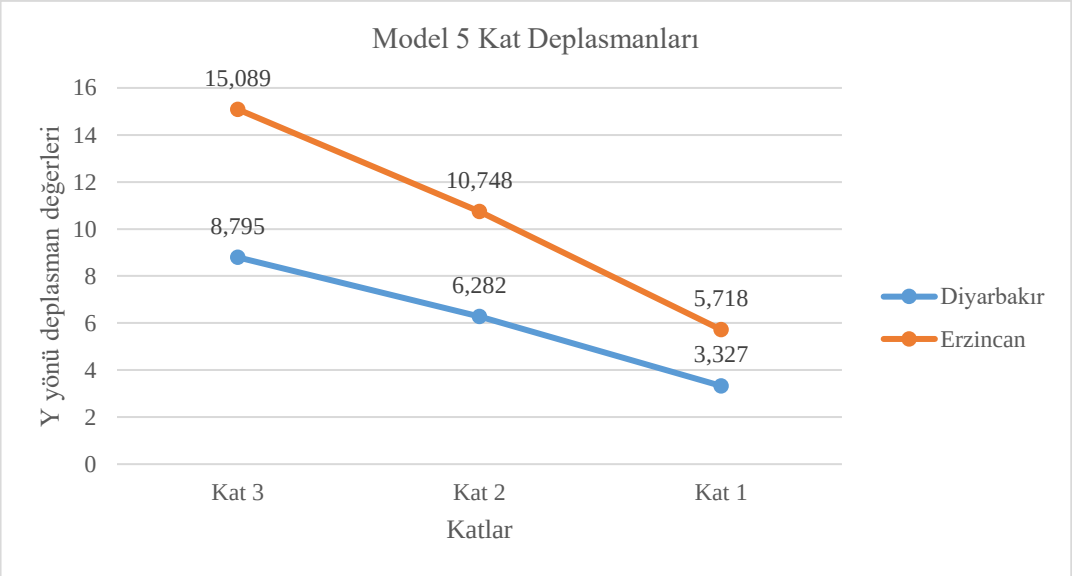
3 deplasman değeri (10,589) kat 2 deplasman değerine (7,746) göre ***%36,70*** artmıştır. Kat 2- kat 1 ve kat 3- kat 2 arasındaki deplasman artış yüzde değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Yani kat çıkıldıkça kat ötelemesi değerleri yaklaşık olarak aynı artış oranı ile artmaktadır.



Şekil 7.6 Lokasyonlara göre model 4 kat deplasman değerleri

7.2.5 Model 5 kat deplasman değerleri

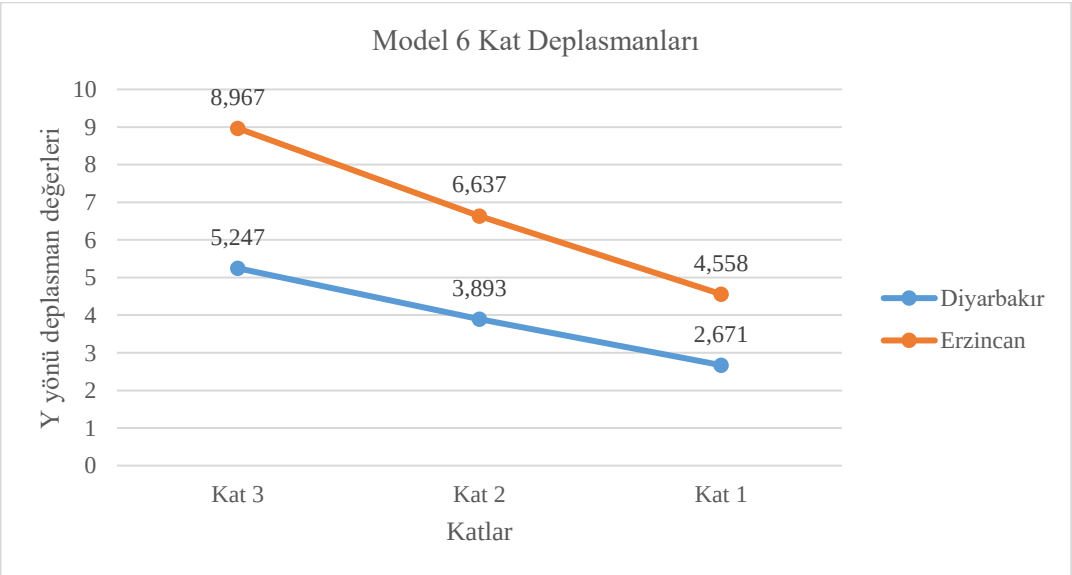
Şekil 7.7'deki grafikte; birinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (6,282) kat 1 deplasman değerine (3,327) göre ***% 88,81*** artmış, kat 3 deplasman değeri (8,795) kat 2 deplasman değerine (6,282) göre ***%40,00*** artmıştır. İkinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (10,748) kat 1 deplasman değerine (5,718) göre ***% 87,97*** artmış, kat 3 deplasman değeri (15,089) kat 2 deplasman değerine (10,748) göre ***%40,39*** artmıştır. Modeller arasında kat 2 deplasman değerinin kat 1 deplasman değerine göre artış oranı en yüksek olan modeldir. Model 5, en az çapraz eleman kullanılan model olduğu için, çapraz eleman kullanılan modeller arasında kat ötelemesi değerlerinin en yüksek çıktığı model olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 7.7 Lokasyonlara göre model 5 kat deplasman değerleri

7.2.6 Model 6 kat deplasman değerleri

Şekil 7.8'deki grafikte de görüldüğü gibi; birinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (3,893) kat 1 deplasman değerine (2,671) göre ***% 45,75*** artmış, kat 3 deplasman değeri (5,247) kat 2 deplasman değerine (1,642) göre ***%34,78*** artmıştır. İkinci lokasyon için kat 2 deplasman değeri (6,637) kat 1 deplasman değerine (4,558) göre ***% 45,61*** artmış, kat 3 deplasman değeri (8,967) kat 2 deplasman değerine (6,637) göre ***%35,11*** artmıştır.



Şekil 7.8 Lokasyonlara göre model 6 kat deplasman değerleri

7.3 Modellerin Kat Deplasman Değerlerinin Yüzdelik Oranla Karşılaştırılması

Bütün modellerin kat 1-kat 2 ve kat 2-kat 3 arası kat öteleme artış yüzdeleri birinci lokasyon için Tablo 7.5'te, ikinci lokasyon için Tablo 7.6'da verilmiştir. Bu tablolara göre çapraz kullanılan modeller karşılaştırıldığında kat 1- kat 2 arası deplasman artış yüzdesi en düşük olan tasarım model 4, kat 2- kat 3 arası deplasman artış yüzdesi en düşük olan tasarım ise model 6'dır. Bu durum model 4'ün ve model 6'nın diğer çaprazlı modellere nazaran stabilitesini daha iyi koruduğunun göstergesi olarak yorumlanabilir. Bir diğer husus ise çapraz eleman kullanılmayan model 1'de, kat 1-kat 2 ve kat 2-kat 3 arası deplasman artış yüzdesinin en düşük olduğudur. Çapraz eleman kullanılmayan model olan model 1 kat deplasman değerleri diğer modellerinkine nazaran çok yüksek olduğu için ve deplasman değerleri her katta yüksek olduğu için artış yüzdesi diğer modeller kadar yüksek değildir.

Kat deplasman değerleri de göz önünde bulundurulduğunda her iki lokasyonda yapılan analiz için en elverişli olan tasarım model 6'dır. Model 6'da; A, E, 1, 5 akslarının orta açıklıklarında çapraz eleman kullanılmış ve model 4'te C aksı ilk ve son açıklıklar, 1 ve 5 aksı orta açıklıklara çapraz eleman atılmış olduğundan, çapraz elemanların orta açıklıklarda kullanılmasının yapı stabilitesi açısından daha uygun olacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Model 2'de, model 6 ile aynı aksların ilk ve son açıklıklarında çapraz eleman kullanıldığı göz önüne alındığında ulaşılan sonuç desteklenmektedir.

Tablo 7.5 Modellerin katlar arası öteleme artış yüzde değerleri (Diyarbakır)

Katlar/Modeller	**Model 1**	**Model 2**	**Model 3**	**Model 4**	**Model 5**	**Model 6**
Kat 1 - Kat 2	%23,26	%79,70	%85,82	%39,91	%88,81	%45,75
Kat 2- Kat 3	%10,20	%44,08	%37,48	%36,59	%40,00	%34,78

Tablo 7.6 Modellerin katlar arası öteleme artış yüzde değerleri (Erzincan)

Katlar/Modeller	**Model 1**	**Model 2**	**Model 3**	**Model 4**	**Model 5**	**Model 6**
Kat 1 - Kat 2	%23,40	%78,46	%85,47	%39,95	%87,97	%45,61
Kat 2- Kat 3	%10,40	%44,44	%37,84	%36,70	%40,39	%35,11

7.4 Çapraz Eleman Kullanılan Modellerin Çapraz Eleman Kullanılmayan Model 1 ile Karşılaştırılması

Tablo 7.7'de ve Tablo 7.8'de her iki lokasyona göre modellerin kat 2- kat 1 ve kat 3-kat 2 -y yönü deplasman fark değerleri verilmekte, Tablo 7.9'da ve Tablo 7.10'da her iki lokasyon için çapraz eleman kullanılmayan model 1'in katlar arası deplasman artışının çapraz eleman kullanılan modellerin katlar arası deplasman artışından yüzde oran olarak ne kadar fazla olduğu yer almaktadır. Bu kıyaslama; modellerde kullanılan çapraz elemanların modelden kaldırıldığında katlar arası deplasman farkında oran olarak ne kadarlık bir artış gerçekleşeceği, dolayısıyla bu artıştan kaynaklanan yapı stabilitesindeki bozulmanın ne kadar artacağını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Tablolardaki verilere göre model 4 ve model 6 birbirine en yakın tasarımlardır ve en elverişli ilk iki tasarımdır. Tepe deplasman değerleri karşılaştırılarak da bu sonuç teyit edilebilmektedir.

Tablo 7.7 Modellerin katlar arası deplasman fark (göreli kat ötelemesi) değerleri (Diyarbakır)

Katlar/Modeller	**Model 1**	**Model 2**	**Model 3**	**Model 4**	**Model 5**	**Model 6**
Kat 2- Kat 1	6,858	2,301	2,420	1,295	2,955	1,222
Kat 3- Kat 2	3,706	2,287	1,964	1,661	2,513	1,354

Tablo 7.8 Modellerin katlar arası deplasman fark (göreli kat ötelemesi) değerleri (Erzincan)

Katlar/Modeller	**Model 1**	**Model 2**	**Model 3**	**Model 4**	**Model 5**	**Model 6**
Kat 2- Kat 1	12,248	3,875	4,125	2,211	5,030	2,079
Kat 3- Kat 2	6,715	3,917	3,387	2,843	4,341	2,330

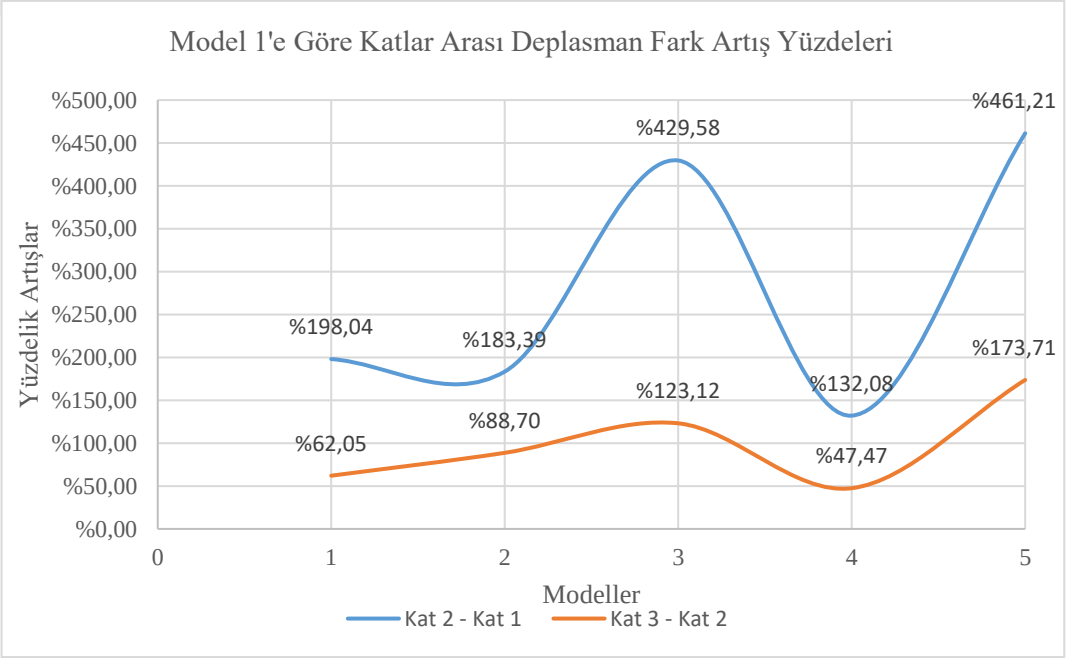
Tablo 7.9 Katlar arası deplasman artış farkının model 1'e göre kıyaslanması (Diyarbakır)

Katlar/Modeller	**Model 2**	**Model 3**	**Model 4**	**Model 5**	**Model 6**
Kat 2 - Kat 1	%198,04	%183,39	%429,58	%132,08	%461,21
Kat 3 - Kat 2	%62,05	%88,70	%123,12	%47,47	%173,71

Tablo 7.10 Katlar arası deplasman artış farkının model 1'e göre kıyaslanması (Erzincan)

Katlar/Modeller	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Kat 2 - Kat 1	%216,08	%196,92	%453,96	%143,50	%489,13
Kat 3 - Kat 2	%71,43	%98,26	%136,19	%54,69	%188,20

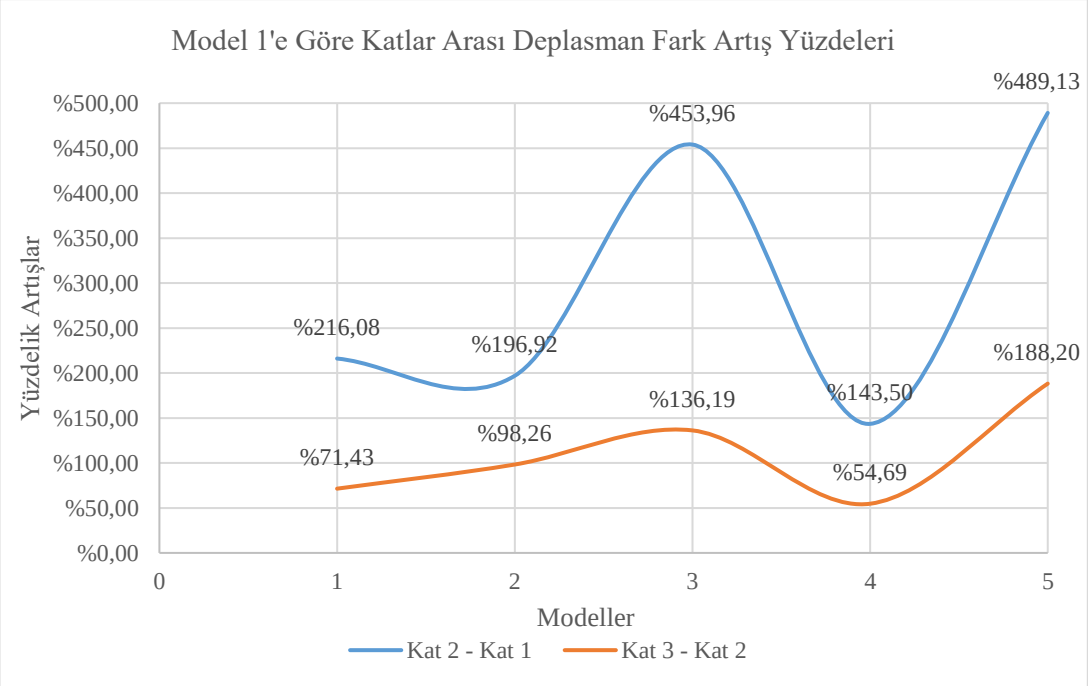
Modeller arasındaki farklılığın daha net bir şekilde görülebilmesi ve ifade edilebilmesi için Tablo 7.9 verileri esas alınarak oluşturulan grafik Şekil 7.9'da, Tablo 7.10 verileri esas alınarak oluşturulan grafik Şekil 7.10'da yer almaktadır.



Şekil 7.9 Katlar arası deplasman artış farkı açısından çapraz kullanılan modellerle model 1'in oransal karşılaştırılması (Diyarbakır)

Şekil 7.9'da ve Şekil 7.10'da yatay eksende grafikte karışıklığa mahal verilmemesi adına modeller numaralandırılarak gösterilmiştir. Buna göre etiketlerdeki 1-5 arası numaralandırmalar sırasıyla model 2-model 6 arası verilerdir. Şekil 7.9'daki ve Şekil 7.10'daki grafiklere göre modellerin katlar arası deplasman fark değerlerinin model 1'deki katlar arası deplasman fark değerlerine göre artış yüzdeleri değerlendirildiğinde; her iki lokasyon için de hem kat 2 – kat 1 hem kat 3 – kat 2 arası en fazla artış oranı model 6'da en az artış oranı ise model 5'te çıkmıştır. Artış oranının fazla olması yapı açısından olumlu bir durumdur, çünkü yapıda kullanılan çaprazların

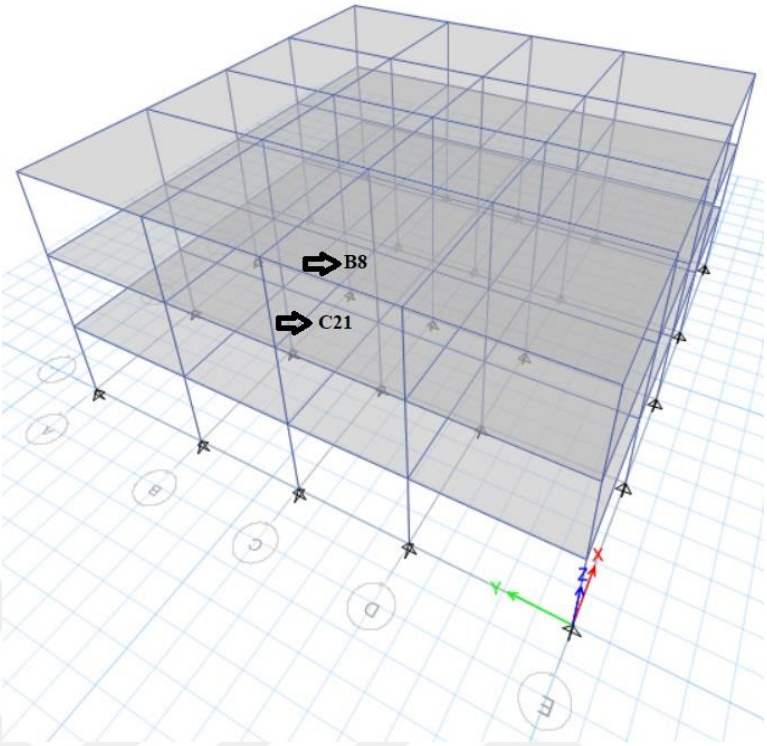
yapıdan kaldırıldığında oluşan deplasman farkı oran olarak fazla olduğunda bu durum yapıda kullanılan çaprazların yapı kat ötelemesi açısından ne kadar uygun konumlandırıldığını ortaya koyar. Dolayısıyla kat öteleme değerleri, yapı stabilitesi açısından en uygun model; çaprazların A, E, 1, 5 akslarının orta açıklıklarında tek yönlü kullanıldığı tasarım olan ***model 6***, en elverişsiz model ise çaprazların C ve 3 akslarının orta açıklıklarında tek yönlü ve sayıca en az kullanıldığı tasarım olan ***model 5*** olduğu sonucuna varılmıştır. İki lokasyon için de oransal bir benzerlik söz konusu olduğundan, yapılan değerlendirme de paralel yönde olmaktadır. Tablo 7.9 ve Tablo 7.10 değerlendirildiğinde; Erzincan lokasyonu için göreli kat ötelemesi değerleri Diyarbakır lokasyonuna göre daha büyük çıktığı için oran da daha büyük çıkmaktadır.



Şekil 7.10 Katlar arası deplasman artış farkı açısından çapraz kullanılan modellerle model 1'in oransal karşılaştırılması (Erzincan)

7.5 Modellerdeki Kolon ve Kiriş Eleman İçin Kesme Kuvvetinin Karşılaştırılması

Her iki lokasyona göre bütün modellerin; 3. kat C21 kolonunda ve 3. kat B8 kirişinde oluşan kesme kuvveti değerleri Tablo 7.11'de ve Tablo 7.12'de verilmektedir. Kesme kuvveti değerleri karşılaştırılacak kolon ve kiriş elemanları Şekil 7.11'de çaprazsız model üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 7.11 C21 kolonunun ve B8 kirişinin model üzerinde görüntülenmesi

Tablo 7.11 C21 kolonunda oluşan kesme kuvveti değerleri (Newton)

Lokasyonlar/Modeller	**Model 1**	**Model 2**	**Model 3**	**Model 4**	**Model 5**	**Model 6**
Diyarbakır	792,02	689,56	531,99	118,93	549,64	94,27
Erzincan	1425,26	1190,42	925,44	214,39	965,38	173,63

Tablo 7.12 B8 kirişinde oluşan kesme kuvveti değerleri (Newton)

Lokasyonlar/Modeller	**Model 1**	**Model 2**	**Model 3**	**Model 4**	**Model 5**	**Model 6**
Diyarbakır	293,38	614,46	263,47	312,36	203,09	275,19
Erzincan	527,79	1065,56	453,54	535,67	356,38	471,49

Tablo 7.11'deki veriler değerlendirildiğinde; her iki lokasyonda da C21 kolonunda meydana gelen en büyük kesme kuvveti değeri çapraz kullanılmayan tasarım olan model 1'de, en küçük kesme kuvveti değeri ise çaprazların orta açıklıkta kullanıldığı tasarım olan model 6'da oluşmaktadır. En elverişli tasarımın model 6 olduğu daha önceki bulgularda da görüldüğü gibi bu sonuçla da desteklenmiştir. Lokasyonlar karşılaştırıldığında ise; Erzincan lokasyonundaki analiz sonucu C21 kolonunda oluşan

kesme kuvveti değerleri Diyarbakır lokasyonuna göre daha büyük çıkmıştır. Daha önceki bulgularda da değinildiği üzere bu farkın sebebi Erzincan lokasyonunun azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu ivme değerlerinin Diyarbakır lokasyonuna göre daha büyük olmasıdır.

Tablo 7.12'deki veriler değerlendirildiğinde; her iki lokasyon için de B8 kirişinde meydana gelen en büyük kesme kuvveti değeri model 2'de, en küçük kesme kuvveti değeri ise model 5'te oluşmaktadır. Çapraz eleman kullanımı yatay kuvvetleri karşılaması açısından kolonlarda doğrudan etkili olurken kirişlerde o etkiyi gösteremediği için C21 kolonuna göre daha farklı bir sonuç elde edilmiştir. Model 2'de çapraz elemanlar A, E, 1 ve 5 akslarının ilk ve son açıklıklarında kullanılmış olup model 5'te C ve 3 akslarının orta açıklıklarında kullanılmıştır. Çapraz elemanların B8 kirişiyle temaslı olarak kullanıldığı modellerde, B8 kirişiyle temaslı olmayan çapraz elemanların kullanıldığı modellere göre kesme kuvveti daha yüksek çıkmaktadır. Erzincan lokasyonundaki kiriş kesme kuvveti değerleri Diyarbakır lokasyonundaki kiriş kesme kuvveti değerlerinden daha yüksek çıkmıştır.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında 3 katlı ahşap yapı 6 farklı model belirlenerek tasarlanmış TBDY 2018'e göre iki farklı lokasyon için iki ayrı spektral analiz yapılmış ve spektral analiz sonucu kat ötelemeleri, tepe deplasman değerleri ve bir kolon ve bir kiriş elemanda oluşan kesme kuvveti değerleri karşılaştırılmış, göreli kat ötelemeleri bütün modeller için karşılaştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Farklı modeller ile farklı kullanım amaçları olan çalışmaların genişletilmesi hedeflenmektedir. Analiz yapılan birinci lokasyon Diyarbakır olmakla beraber ikinci lokasyon ise Erzincan-Kemah'tır. Her iki lokasyon için de AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından konum, deprem düzeyi (DD-2) ve zemin sınıfı (ZA) girilerek tasarım parametreleri rapor halinde alınmıştır. Çapraz eleman kullanımının kat öteleme değerini azalttığı, kolonlarda oluşan kesme kuvveti değerlerini azalttığı analiz sonuçlarına yansımıştır. Çapraz elemanların sayısının ve konumunun da yapı stabilitesini etkilediği görülmüştür. Çapraz eleman kullanılmayan modelde deplasman değerleri diğer modellere göre çok daha büyük çıkmıştır. Modeller için göreli kat öteleme değerleri tespit edilmiş ve çapraz kullanılmayan tasarım olan model 1'e göre göreli kat ötelemesi değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, tasarımdan çapraz eleman çıkarıldığında göreli kat ötelemesinde oran olarak meydana gelecek artışın tespiti ve bunun sonucunda en elverişli modeli belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Model 6 söz konusu artış oranının en yüksek olduğu, dolayısıyla tasarım açısından en elverişli model olarak belirlenmiştir. En elverişsiz model ise artış oranının en az olduğu tasarım olan model 5'tir. Model 6 ve model 2 karşılaştırıldığında; çapraz elemanların sayıları, yönleri ve kullanıldıkları akslar aynı, sadece açıklıkların farklı olduğu, kenar orta açıklıklarda kullanılan çapraz elemanların yapıya etkisinin daha belirgin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tepe deplasman değerleri göz önünde bulundurulduğunda da en elverişli tasarım model 6 olmaktadır.

Ahşap yapı teknolojisinde ülkemiz çok ileri gidememiştir. Bu konuda yetkin kişiler yetiştirilememekte ve ahşap yapılara gereken önem verilmemektedir. 1979 yılında yayınlanan TS 647: Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları halen yürürlüktedir ve ahşap yapı tasarımı açısından günümüz koşullarını karşılayamamaktadır. TBDY 2018'de 12. bölümün ahşap yapılara ayrılmasıyla ilk kez ahşap yapılar ayrıntılı şekilde

bir yönetmelikte yer almıştır. TBDY 2018, bazı elemanların tasarımında TS EN 1995'e atıfta bulunmuştur. Ahşap yapıların hesap ve tasarımı için TS 647 günümüz teknolojisine uyarlanmalı ve genişletilmelidir.

Ahşap yapıda diyagonal (çapraz, payanda) eleman kullanımı deprem kuvveti gibi yatay kuvvetlere karşı yapının dayanımını artıran elemanlardır. Bu tez çalışması kapsamında tek yönlü çapraz eleman kullanımının göreli kat öteleme değerlerine etkisi incelenmiştir. Ahşap yapı tasarımı ile ilgili bundan sonraki çalışmalarda; modeller çoğaltılabilir, çapraz elemanlar iki yönlü olarak farklı sayılarda, farklı aks açıklıklarında kullanılabilir ve analiz sonucu diğer parametreler de göz önünde bulundurulup sonuçlar farklı bulgularla desteklenebilir. Sadece ahşap yapı tasarımının kullanıldığı bir yazılım programıyla ahşap yapı daha özel bir şekilde tasarlanıp yapının analizi yapılabilir.

Ahşap yapı tasarımıyla ilgili çalışmaların artması, ahşap konutların yaygınlaşması, bu konuda bilinçlendirme çalışmalarının yapılması ve orman alanlarının korunup genişletilmesi (hammadde sağlayacağı için) ahşap yapı sektörünü olumlu düzeyde etkiler. Ahşap yapılar depreme karşı daha güvenli ve nefes alabilen yapılar olduğundan ahşap konutların yaygınlaştırılması ve bu konuda gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Ahunbay, Z. ve Aksoy, D. (2005). Geleneksel Ahşap İskeletli Türk Konutu'nun Deprem Davranışları. İTÜ Dergisi/A, Mimarlık,Planlama,Tasarım, 4(1), 47-58.

Akça, C., Akarca H., Erdoğmuş E., Demirel A. (2014). Yapı Ahşabı ve Ahşap Yapı Sektörü. Ulusal Ahşap Birliği, http://www.ahsap.org/assets/pdfDocs/etkinlik-2/Ahsap-Yapi-Sektor-Raporu-2.pdf.

Avlar, E. ve Yıldırım, H. S. (2021). Deprem Mevzuatı Bağlamında Türkiye'deki Geleneksel Ahşap Karkas Yapı Kurallarının Analizi. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 20(78), 1117-1137.

Başkan, S. (2008). Geleneksel Doğu Karadeniz Evleri. Erdem, (52), 41-90.

Bayülke, N. (2001). Ahşap Yapılar ve Deprem. TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri, 414(4), 14-20.

Bostancıoğlu, E. ve Düzgün Birer, E. (2004). Ekoloji ve Ahşap-Türkiye'de Ahşap Malzemenin Geleceği. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 9(2), 38-44.

Çalışkan, Ö., Meriç, E., Yüncüler, M. (2019). Ahşap ve Ahşap Yapıların Dünü, Bugünü ve Yarını. BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 6(1), 109-118.

Çelik, A. ve Birdal, F. (2017). Ahşap Taşıyıcı Sistemli Tarihi Camilerin Güçlendirilmesine Yönelik Bir Durum Çalışması. Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, 2-3-4 Kasım 2017 (289-298). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Çobancaoğlu, T. (1998). Türkiye'de Ahşap Evin Bölgelere Göre Yapısal Olarak İncelenmesi ve Retorasyonlarında Yöntem Önerileri (Doktora Tezi). Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Dışkaya, H. (2011). 19. Yüzyıl İstanbul Geleneksel Ahşap Karkas Yapılarında Deprem Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Değerlendirilmesi (Doktora Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Doğangün, A., Livaoğlu, R., Tuluk, Ö. İ., Acar, R. (2005). Geleneksel Ahşap Yapıların Deprem Performansları. Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005 (797-799), Kocaeli.

Ediz, İ. (2018). Prefabrik Ahşap Yapı Paneli Tasarımına Yönelik Mühendislik Yazılımı Geliştirilmesi (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Ankara.

Efe, H. ve Kasal, A. (2007). Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Politeknik Dergisi, 10(3), 303-311.

Er Akan, A. (2010). Tarihi Ahşap Sütunlu Camilerin Sonlu Elemanlar Analizi ile Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi. SDU International Technologic Science, 2(1), 41-54.

Erdoğmuş, E. (2003). Ahşap: Mükemmel Bir Yapı Malzemesi. TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri, 427(5), 89-92.

Görgün, H. V., Ünsal, Ö., Dündar, T. (2016). Yapısal Amaçlı Ağaç Malzemede Mühendislik Sorunları ve Çözüm Önerileri. 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 2-3 Haziran 2016 (165-174). Fındıklı, İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.

Güneş, M. E. (2014). Geleneksel Ahşap Yapılarda Taşıyıcı Sistem Kurgusunun İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ensitüsü: İstanbul.

Gürel, Y. (2018). Çok Katlı Ahşap Yapıların Deprem Yükü Altında Performanslarının İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Işık, B. (2007). Cumalıkızık'ta Yeniden Hımış Yapı. 3. Bin Yılda Osmanlı Köyü: Cumalıkızık Sempozyumu, 8 Aralık 2007 (87-98), Barış Manço Kültür Merkezi, Bursa.

Kaplan, B. (2013). Geleneksel Osmanlı Mimarisine Sahip Ahşap Yalıların Deprem Kuvvetleri Altında İncelenmesi ve Güçlendirme Teknikleri (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ensitüsü: İstanbul.

Kara, M. A. (2017). Ahşap Yapı Elemanlarının Tahribatsız Hasar Tespit Yöntemleriyle İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

KUDEB (2009). KUDEB Ahşap Eğitim Atölyesi Geleneksel Ahşap Yapı Uygulamaları. İstanbul: İstanbul İ.B.B. KUDEB.

Kurul, F. (2019). Türkiye'de Ahşap Yapı Endüstrisi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü: İstanbul.

MEGEP İnşaat Teknolojisi (2011). Çatı Plan ve Detayı Çizme. Ankara: MEB.

Meriç, E. (2019). Ahşap Bir Yapının TS 647 ve Eurocode 5'e Göre Analizi ve Karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Bilecik.

Ohanesyan, D. S. (2012). Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Yatay Kuvvetler Karşısındaki Davranışları ve Alınması Gereken Önlemler (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Özüm, E. (2008). Standart Yangına Maruz Farklı Kesitlerdeki Ahşap Kolonların Yangın Dayanımının Deneysel ve Teorik-Nümerik Saptanması (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Tekirdağ.

Saatci, M. (2020). Türkiye'de Kullanılan Farklı Tipteki Geleneksel Ahşap Taşıyıcı Sistemlerin Yapı Davranışına Etkilerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü: Karabük.

Sarızeybek, N. (2019). Kagir ve Ahşap Yapılarda Restorasyon Maliyeti: Kırşehir Çarşı Camii ve Göztepe'de Ahşap Konut Örneği (Yüksek Lisans Tezi). Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Saydamer, A. (2014). Türkiye'deki Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemlerin İrdelenmesi ve Bursa Örneği (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Bursa.

Tunca, M. (2019). Geleneksel Ahşap Evlerde Su ve Nem Kaynaklı Bozulmalar Üzerine Bir Araştırma: Taraklı Örneği (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Teknik Üniversitesi Fen Blimleri Enstitüsü: Gebze.

Ulusal Ahşap Birliği. (n.d.). Ahşap Yapı Sistemleri. https://www.ahsap.org.tr/ahsap-yapi-sistemleri.

Uzun, S. (2018). Tarihi Ahşap Yapı Taşıyıcı Sistemlerinin İncelenmesi ve Boğaziçi Örneği: Amcazade Hüseyin Paşa Yalısı (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Üstündağ, C. (2014). TS EN 1995-1-1 Ahşap Yapıların Tasarımı Bölüm 1-1: Genel Kurallar ve Bina Kuralları. https://l24.im/ctaI7B.

Yaman, F. Z. (2007). Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Ahşap Yapı Elemanlarının Uzun-Dönem Performansı-Giresun Zeytinlik Mahallesinde Örnek Yapı İncelemesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Yüncüler, M. (2019). TS 647 ve Avrupa Ahşap Yapı Standardı Eurocode 5'in Örneklerle Karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Bilecik.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad	Koçar, Ömer
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)	

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2023
Lisans	Harran Üniversitesi	2017
Lise	Ercan Demirkol Anadolu Lisesi	2013

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2015	Erensan İnşaat	Staj (İnşaat Müh.)
2016	Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü	Staj (İnşaat Müh.)
2020-	Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı	Memur

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. IESKO 2019 (VI. International Earthquake Symposium Kocaeli 2019) : Comparison of Design Acceleration Spectra of TSC 2007 and TSC 2018 (Poster)
2.
3.
4.

Özel İlgiler

Fotoğrafçılık

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Ömer KOÇAR		
Öğrenci No	17806201		
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Ahşap Çerçeve Sistemlerde Çapraz Eleman Kullanımının Değerlendirilmesi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	113		
Raporlama Tarihi	21/01/2023		
Benzerlik Oranı (%)	%21		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 113 sayfalık kısmına ilişkin, 21/01/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 21 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☐Alıntılar hariç/dâhil

☒Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir,
gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Ömer KOÇAR
Tarih: 27/01/2023
İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ Tarih: 27/01/2023	İmza:
Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK Tarih: 27/01/2023	İmza: