



**ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ
BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**AHŞAP BİR YAPININ TS 647 VE EUROCODE 5'E GÖRE
ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI**

**Erdem MERİÇ
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇALIŞKAN**

**BİLECİK, 2019
Ref.No: 10292197**



ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ
BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

AHŞAP BİR YAPININ TS 647 VE EUROCODE 5'E GÖRE
ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Erdem MERİÇ
Yüksek Lisans

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇALIŞKAN

BİLECİK, 2019



**ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**BİLECİK
SEYH EDEBALI ÜNİVERSİTİ**

**Graduate School of Sciences
Department of Civil Engineering**

**ANALYSIS AND COMPARISON OF A TIMBER
STRUCTURE ACCORDING TO
TS 647 AND EUROCODE 5**

**Erdem MERİÇ
Master Thesis**

**Thesis Advisor
Assist. Prof. Dr. Özlem ÇALIŞKAN**

BİLECİK, 2019



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 24/07/2019 tarih ve 40-05 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21/08/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Erdem MERİÇ'in "Ahşap Bir Yapının TS 647 ve Eurocode 5'e Göre Analizi ve Karşılaştırılması" başlıklı tez çalışması İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/ oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇALIŞKAN

ÜYE :
(JÜRİ BAŞKANI) : Prof. Dr. Özgür ANIL

ÜYE : Dr. Öğr. Üyesi Kıvanç TAŞKIN

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun
...../...../..... tarih ve/...../..... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca ilgisini ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, bu çalıőmayı hazırlama sürecinde her türlü problemi özmemeye yardımcı olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇALIŞKAN'a teőekkürlerimi borç bilirim.

Çalıőmalarımda büyük yardımları bulunan İnşaat Yüksek Mühendisi Abdulkadir MERAL'e, iş hayatımda ve tez yazımında bana yardımcı olan İnşaat Mühendisi Murat YÜNCÜLER'e ve Makine Yüksek Mühendisi Selcan KAYIKÇI'ya teşekkür ederim.

Ayrıca öğrenim hayatım boyunca her zaman bana sonsuz destekleri olan ve her zaman yanımda olan baőta eőim Gamze GÜNDÜZ MERİÇ'e, sevgili annem Ayten MERİÇ'E babam Sabri MERİÇ'e ve ablam Dilek MERİÇ TOR'a teőekkürlerimi sunarım.

BEYANNAME

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmada kullanılmadığını beyan ederim.

....../....../2019

Erdem MERİÇ

AHŞAP BİR YAPININ TS 647 VE EUROCODE 5'E GÖRE ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılması çok eski zamanlara dayanmaktadır. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle ahşap yapılar yerini çelik ve betonarme yapılara bırakmıştır. Geçmişten günümüze ayakta kalabilmiş, tarihe ışık tutan eski yapıların restore edilerek yaşanılabilir hale getirilmesi ve gelecek nesillere aktarılabilmesi için yapının mimari özellikleri bozulmadan yenilenmesi gerekmektedir. Geleneksel ahşap yapıları anlamak ve ayakta tutabilmek, tadilatını yapabilmek yapı taşıyıcı sistemlerinin yeterli olup olmadığını anlamakla mümkündür.

Bu çalışmada Bursa ilinde bulunan ve konut amaçlı kullanılan ahşap bir yapı incelenmiştir. Ahşabın tanımı yapılarak, ahşap ile ilgili genel bilgiler verilmiş, ahşabın yapısı şekil yardımıyla gösterilmiştir. Ahşap yapı malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri irdelenmiş, fiziksel ve mekanik özelliklerinin ahşap malzemeye olan etkileri göz önünde bulundurularak taşıyıcı sistemlere olan etkisi de ortaya konulmuştur. Ahşap yapıların günümüzde kullanımı ve önemine değinilmiş, yürürlükte olan standart ve yönetmeliklerden örnekler verilmiştir. Mudanya'daki ahşap yapı ile ilgili kat planları ve röleve çizimleri gösterilmiş olup, yapıya ait ön inceleme raporu hazırlanmıştır. TS 647 Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları ile Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ve TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri'ne göre SAP 2000 programı kullanılarak analizi yapılmıştır. Yapıya ait giriş ve taşıyıcı sistemlerin TS 647 ile Eurocode 5 standartlarına göre hesap tahkikleri yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda Eurocode 5 standartının çok daha detaylı olması özellikle ahşap malzeme seçiminde bize çok daha geniş yelpaze sunması ve katsayılar ile tahkikler yapılırken çok daha güvenli bir hesap yöntemi ortaya koyması Eurocode 5 standartının daha güvenli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ahşap Yapılar, SAP 2000, TS 647, TS 498, DBYBHY (2007), TBDY (2018), Eurocode 5.

ANALYSIS AND COMPARASION OF A TIMBER STRUCTURE ACCORDING TO TS 647 AND EUROCODE 5

ABSTRACT

As a building material of wood goes back to ancient times. In recent years, with the development of technology, timber structures have been replaced by steel and reinforced concrete structures. People need shelter and protection during their lifetime. The construction material that formed the beginning of these needs was wood. The old buildings, which have survived from the past to the present, shed light on the history, have to be restored and made livable and transferred to the next generations. It is possible to understand and maintain the traditional timber structures and to make the modification of the structures by understanding whether the structural system is sufficient or not.

In this study, a timber structure used for residential purposes in Bursa was investigated. In the first part of the study, there is an introduction. In the second part, similar studies were examined and necessary information was collected. In the third section, the definition of the general information about wood is given. The structure of the wood is shown with the help of the figure. The physical and mechanical properties of the timber building materials were examined, and the effects of the physical and mechanical properties on the structural materials were also considered. In the fourth part, the usage and importance of timber structures are mentioned. In the fifth section, folded and plan drawings related to the timber structure in Mudanya mütareke Quarter are shown and a preliminary report of the building is prepared. In the sixth chapter, the analysis and calculation of TS 647 timber structures were performed by using SAP2000 program according to the Regulation on Construction and Earthquake Zones. In the seventh section, the calculation of the girder and bearing systems of the structure according to TS 647 and Eurocode 5 standards has been made and compared. In the last part, opinions, suggestions and interpretations about the researched topics are made.

Keywords: Timber Structures, SAP 2000, TS 647, TS 498, DBYBHY (2007), TBDY (2018), Eurocode 5.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR.....	
BEYANNAME	
ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. AHŞAP VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ	10
3.1. Ahşap ve Tarihçesi	10
3.2. Ahşap Yapı Malzemelerinin Tarihi Gelişimi	10
3.3. Ahşabın Yapısı	11
3.4.1. İğne yapraklı ağaçlar	12
3.4.2. Yapraklı ağaçlar	12
3.5. Ağacın Kimyasal Yapısı	12
3.6. Ahşabın Özellikleri.....	12
3.6.1. Ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri	12
3.6.2. Ahşabın ekolojik bakımdan özellikleri	21
3.7. Ahşap Bir Yapıya Etki Edebilecek Yük Türleri.....	22
3.7.1. Kalıcı yükler	23
3.7.2. Statik yükler	23
3.7.3. Hareketli yükler	23
3.7.4. Yatay yükler.....	23
3.8. Ahşap Yapıların Yararları ve Sakıncaları.....	24
3.8.1. Ahşabın yararları.....	24
3.8.2. Ahşap malzemesinin sakıncaları.....	24
4. AHŞAP YAPININ GÜNÜMÜZDE KULLANIMI VE YERİ	26
4.1. Ahşap Yapılar için Yürürlükte Olan Standart ve Yönetmelikler	26

4.2. DBYBHY (2007) ile TBDY (2018) Karşılaştırması.....	27
4.2.1. Deprem yer hareketleriyle ilgili değişiklikler.....	27
4.2.2. Bina Önem Katsayısı ile İlgili Düzenleme ve Değişiklikler.....	28
4.2.3. Yerel Zemin Sınıfı Tanımında Yapılan Değişiklikler.....	29
4.3. Geleneksel Mimarisinde Ahşap Yapı Elemanları.....	29
5. ANALİZİ YAPILACAK YAPININ İNCELENMESİ VE TEKNİK RAPORU	31
5.1. Geleneksel Ahşap Yapıların Analizinin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Değerlendirilmesi.....	31
5.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi.....	31
5.3. Analizi Yapılacak Binaya Ait Ön İnceleme Raporu.....	31
5.4. Binaya Ait Röleve Çizimleri ve Yapısal Geometri.....	37
6. YAPISAL ANALİZ.....	39
6.1. Analizde Kullanılacak Şartname ve Yazılımlar ile Birimleri.....	39
6.2. Yapısal Malzeme.....	39
6.2.1 Malzeme ve birim ağırlıklar.....	39
6.2.2. Emniyet gerilmeleri.....	40
6.3. Yükler ve Yük Kombinasyonları.....	41
6.3.1. Düşey yükler.....	41
6.3.2. Hareketli yükler.....	41
6.3.3. Yatay yükler.....	44
6.3.4. Isı yükleri.....	46
6.4. SAP 2000 Programı İle Analiz Yöntemi.....	46
6.4.1. Ahşap malzeme tanımlanması.....	46
6.4.2. Yapısal modelinin oluşturulması.....	49
6.4.3. Yapıya ait mesnet koşullarının oluşturulması.....	51
6.4.4. Tasarım yük kombinasyonları.....	52
6.4.5. Deprem yükleri.....	53
6.4.6. Deprem kuvvetlerinin yapıya etkisi.....	56
6.4.7. Deprem yüklerinin yapıya X-X ve Y-Y yönlerinde etki ettiği deplasmanlar.....	59
6.4.8. Bina yük kombinasyon sonuçları.....	61
6.5. Yapı ile İlgili SAP 2000 Yükleme Durumları.....	63

7. EUROCODE 5 VE TS 647'YE GÖRE AHŞAP TAŞIYICI ELEMANLARIN HESAP YÖNTEMLERİ.....	68
7.1. Eurocode 5 ve TS 647'ye göre Ana Kiriş Hesabı (16 x 16)	72
7.1.1. TS 647'ye göre tahkiki	72
7.1.2. Eurocode 5'e göre tahkiki	73
7.2. TS 647' ye göre Çatı Mertek Aşık Hesapları.....	75
7.2.1. TS 647'ye göre mertekler (5/10) tahkiklerinin yapılması	76
7.2.2. Aşık (10/10) tahkiklerinin TS 647'ye göre yapılması.....	76
7.3. TS 647'ye göre Salon Döşeme Tali Kiriş Hesabı (10×16)	77
7.4. TS 647'ye göre Döşeme Tali Kiriş Hesabı (10×16 cm)	78
7.5. TS 647'ye Göre Ahşap Kolon Tahkiki	79
7.6. Eurocode 5'e göre Ahşap Kolon Tahkiki	80
8. SONUÇLAR.....	82
KAYNAKLAR.....	84
EKLER	87
ÖZ GEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Ahşabın anatomik yapısı.....	11
Şekil 3.2. Ahşabın farklı yönlerde gösterdiği davranışlar	13
Şekil 3.3. Ahşabın eğilme-zorlama ilişkisi.....	14
Şekil 3.4. Liflere paralel yönde basınç	15
Şekil 3.5. Liflere dik yönde basınç dayanımı	16
Şekil 3.6. Bir kirişe uygulanan kuvvet ve eğilme dayanımı.....	16
Şekil 3.7. Çekme deneyi ve yükleme şekli.....	18
Şekil 3.8. Mukavemet ile nemlilik ilişkisi.....	21
Şekil 4.1. Ahşap yapının taşıyıcı elemanları	29
Şekil 4.2. Ahşap yapı örneği.....	30
Şekil 5.1. Yapının önden görünüşü.....	32
Şekil 5.2. Deforme olmuş çatı taşıyıcıları	33
Şekil 5.3. Dikmeler ve çatı taşıyıcıları	33
Şekil 5.4. Döşeme kirişi bağlantı noktası deformasyonu	34
Şekil 5.5. Düşey taşıyıcı duvar ayrışması	34
Şekil 5.6. Köşe duvarlarında oluşan ayrışmalar	35
Şekil 5.7. Düşey taşıyıcı kolon düğüm noktası deformasyonu	35
Şekil 5.8. Tahta diyafram ve döşeme kirişleri deformasyonu	36
Şekil 5.9. Dış duvar düzlem dışı deformasyonu	36
Şekil 5.10. Yapı dış görünüş risk durumu	37
Şekil 5.11. Bina kat planı	38
Şekil 5.12. Bina kesit görünüşü	38
Şekil 6.1. Ahşabın SAP 2000 programına tanıtılması	47
Şekil 6.2. Malzemenin özellik seçenekleri.....	48
Şekil 6.3. Çam ağacı özellikleri.....	48
Şekil 6.4. SAP 2000 programına ahşap elemanların tanıtılması	49
Şekil 6.5. Dikme ve çaprazların SAP 2000 programına tanıtılması	50
Şekil 6.6. Ana kiriş ve tali kirişlerin programa tanımlanması.....	50
Şekil 6.7. SAP 2000 programında mesnet koşullarının oluşturulması	51
Şekil 6.8. Sağ yan görünüşe göre SAP 2000 programına mesnetlerin tanıtılması	51

Şekil 6.9.	Ön görünüşe göre SAP 2000 programına mesnetlerin tanıtılması	52
Şekil 6.10.	SAP 2000 programında yük kombinasyonlarının tanıtılması	53
Şekil 6.11.	TDY 2007'ye göre spektrum eğrisi	54
Şekil 6.12.	Spectrum eğrisinin DBYBHY 2007'ye göre tanımlanması	55
Şekil 6.13.	SAP 2000 programına göre binanın spectrum eğrisi	55
Şekil 6.14.	Kütle katılım oranları	56
Şekil 6.15.	X yönünde binaya etkileyen deprem yükü örneği	59
Şekil 6.16.	Yapı Periyot Değerleri	60
Şekil 6.17.	Yapının x-x yönünde yaptığı deplasman	60
Şekil 6.18.	Yapının y-y yönünde yaptığı deplasman	61
Şekil 6.19.	SAP 2000 programında binaya ait yük kombinasyonları	62
Şekil 6.20.	Bina Taşıyıcı elemanları	63
Şekil 6.21.	Bina modeli	64
Şekil 6.22.	Duvar yüklemeleri	64
Şekil 6.23.	Hareketli yükler	65
Şekil 6.24.	Yapının moment diyagramı	65
Şekil 6.25.	En zorlanan kirişin gösterilmesi	66
Şekil 6.26.	Kirişteki moment ve kesme kuvveti değerleri	66
Şekil 6.27.	Yapının aksenal kuvvet diyagramı	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. TS 647'ye göre ahşap elastisite ve kayma modülleri.....	14
Çizelge 3.2. TS 647'ye göre ağaç türlerine göre liflere dik ve paralel basınç dayanım değerleri.	16
Çizelge 3.3. TS 647'ye göre ağaç türlerinin eğilme dayanım değerleri.	17
Çizelge 3.4. TS 647'ye göre bazı ağaç türlerine göre çekme dayanım değerleri.	17
Çizelge 3.5. TS 647'ye göre bazı ağaç cinslerine göre makaslama gerilmesi dayanım değerleri.	18
Çizelge 3.6. Ağaç türlerinin özgül ağırlıklarının sınıflandırılması	20
Çizelge 3.7. Ahşabın nemlilik derecesine göre sınıflandırılması.....	21
Çizelge 3.8. Malzemenin üretilmesi sırasında açığa çıkan enerjiler	22
Çizelge 3.9. Yapıya etki eden kuvvetler	23
Çizelge 6.1. Analizi yapılacak binada TS 647'ye göre kullanılacak değerler	40
Çizelge 6.2. Yapı malzemesinin birim hacim ağırlığı	40
Çizelge 6.3. TS 647'ye göre ahşap malzemelerin mekanik özellikleri	40
Çizelge 6.4. TS 498'e göre hareketli yük değerleri.....	41
Çizelge 6.5. TS 498'e göre kar yükü değerleri	44
Çizelge 6.6. 2007 deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri	45
Çizelge 6.7. TS 498'e göre rüzgar yükü değerleri	45
Çizelge 6.8. TDY 2007'ye göre zemin sınıflarına göre titreşim periyodları	53
Çizelge 6.9. DBYBHY 2007'ye göre bina önem katsayıları.....	56
Çizelge 6.10. DBYBHY 2007'ye göre etkin yer ivme katsayısı	57
Çizelge 6.11. DBYBHY 2007'ye göre bina önem katsayısı	58
Çizelge 6.12. Yapı ile ilgili tepe deplasman değerleri.....	61
Çizelge 7.1. Çatı örtüsü yük tablosu.....	68
Çizelge 7.2. Ahşap malzemenin kesit özellikleri	68
Çizelge 7.3. (ω) Burkulma sayıları tablosu.....	79

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler:

A_0 :	Etkin Yer İvme Katsayısı
E :	Elastisite Modülü
E_d :	Toplam Yük (Eurocode 5)
$E_{//}$:	Liflere Paralel Elastisite Modülü
E_{\perp} :	Liflere Dik Elastisite Modülü
$E_{0.05}$:	%5 Elastisite Modülü (Eurocode 5)
$E_{0,mean}$:	Ortalama Elastisite Modülü (Eurocode 5)
E_X, E_Y :	X ve Y Yönlerindeki Deprem Kuvvetleri
F :	Çubuk Kesiti
F_n :	Faydalı Enkesit Alanı
f_{mk} :	Karakteristik Eğilme Dayanımı (Eurocode 5)
F_{vk} :	Karakteristik Kayma Dayanımı (Eurocode 5)
$F_{c,o,d}$:	Lif boyunca basınç dayanımı
G :	Kayma Modülü
I :	Atalet Momenti
I :	Bina Önem Katsayısı
i :	En Küçük Atalet Yarıçapı
k_{mod} :	Yük Süresi ve Rutubet İçin Düzeltme Faktörü (Eurocode 5)
k_{def} :	Şekil Değiştirme Faktörü
M_{max} :	Maksimum Moment
$M_{y,d}$:	Eğilme Momenti (Eurocode 5)
N :	Bina Kullanım Amacı
N_{max} :	Eksenel Maksimum Kuvvet
R :	Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
R :	Nem Yüzdesi
S_k :	Burkulma Boyu
$S(T)$:	Spektrum Katsayısı
S_s :	Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı (TBDY 2018)
S_1 :	1.0 Saniye Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı (TBDY 2018)
T_A, T_B :	Karakteristik Zemin Hakim Titreşim Periyodu

Q_{max} :	Maksimum Yük
V :	Narinlik Değerine Bağlı Katsayı
W_{inst} :	Haraketli ve Ölü Yüklerin Oluşturduğu Toplam Sehim (Eurocode 5)
W_{fin} :	Nihai Sehim (Eurocode 5)
W_x :	Enkesit Atalet Momenti
Z :	Zemin Grubu
λ :	Narinlik Katsayısı
$\sigma_{bem//}$:	Liflere Paralel Basınç Dayanımı
$\sigma_{bem\perp}$:	Liflere Dik Basınç Dayanımı
σ_{eem} :	Eğilme Gerilmesi Dayanımı
$\sigma_{\text{çem}}$:	Çekme Gerilmesi Dayanımı
$\sigma_{m,y,d}$:	Eğilme Gerilmesi (Eurocode 5)
σ :	Emniyet Gerilmesi
$\sigma_{c,o,d}$:	Lif boyunca basınç gerilmesi
τ :	Kesme Kuvveti
τ_{em} :	Makaslama Gerilmesi Dayanımı
f :	Sehim Değeri
ω :	Burkulma Katsayısı
ϵ :	Deformasyon
λ_m :	Malzeme Kısmi Faktörü (Eurocode 5)
ψ :	Kombinasyon Faktörleri (Eurocode 5)
γ_m :	Malzeme Özelliği için Kısmi Faktör (Eurocode 5)

Kısaltmalar:

AITC:	American Institute of Timber Construction (Amerikan Ahşap Yapı Enstitüsü)
AWC:	American Wood Council (Amerikan Ahşap Konseyi)
Btu:	British Thermal Unit (Isı birimi)
DD-1:	50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi (TBDY 2018)
DD-2 :	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi (TBDY 2018)

DD-3 :	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer (hareketi düzeyi (TBDY 2018))
DD-4 :	50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer (hareketi düzeyi (TBDY 2018))
DBYBHY:	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
Eurocode :	European Committee For Standardization
ISO:	Uluslararası Standartlar Örgütü
lb:	Libre (Kütle birimi)
SAP 2000:	Structural Software for Analysis and Design (Analiz ve Tasarım için Yapısal Yazılım Programı)
TBDY:	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS :	Türk Standardı

1.GİRİŞ

Ahşap malzemesinin tarihi çok eski tarihlere dayanmaktadır. Ahşap yapı malzemeleri zamanla yerini kolayca üretilen modern yapı malzemelerine bıraksa da bu yeni malzemeler beraberinde birçok problemler getirmiştir.

Özellikle betonarme ve çelik yapı malzemelerinin üretilmesi ve kolayca elde edilerek uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi ahşap malzemesini geri plana itmiştir. Fakat günümüzde endüstriyel üretime geçilmesi ahşap malzemesinin gittikçe yaygınlaşmasına olanak sağlamış ve insanoğlu da yapı malzemesi olarak ahşabı tekrar kullanmaya başlamıştır. Ahşap, doğayla tamamen uyumlu ve geri dönüşümü kolay olan, diğer yapı elemanlarına nazaran yoğunluğuna oranla mukavemeti oldukça iyi, diğer yapı malzemeleriyle uyumlu ve doğru kullanıldığında çok uzun ömürlü olabilen sürdürülebilir bir malzemedir.

Türkiye’de son yıllara kadar ahşap ve kâgir yapılar yaygın olarak kullanılmaktayken özellikle teknolojinin gelişerek betonarme ve çelik yapı tekniklerinin yaygınlaşması sonucunda ahşap yapılar yerini gitgide kaybetmiştir. Avrupa ve Amerika’da barınma ihtiyaçlarının büyük bir kısmı hala ahşap yapı malzemesinden oluşmaktadır.

Türkiye’de ahşap yapılar fazla rağbet görmemektedir. Dayanımının yüksek oluşu ve insan sağlığı açısından faydalı bir yapı malzemesi olması başlıca özelliklerindedir. Betonarme ve çelik yapılara nazaran yangın esnasında taşıyıcıların deforme olarak kırılması daha uzun sürelidir. Ayrıca yatay yüklere karşı dayanımının iyi olması avantajlarındandır. Ayrıca hafif bir yapı malzemesi olduğundan ciddi hasarlarda insana verdiği zararlarda fazla olmamaktadır. Önemli artılarından bir diğeri de diğer yapı malzemelerine kıyasla kolay restore edilebilmesi ve yapı elemanlarının yenilenebilmesi olması hatta güçlendirilebilmesidir.

Bu tez kapsamında Bursa ilinden bulunan ahşap bir yapı incelenmiş ve taşıyıcı sistemi SAP 2000 programında modellenerek analizi tekrar yapılmıştır. Eurocode 5 (Design of Timber Structures) ve TS 647 (Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, 1979) yönetmeliklerine göre taşıyıcı tahkikleri elle hesaplanmış ve farklılıklar ortaya konulmuştur. Bina analizi yapılırken 2007 deprem yönetmeliğinin yürürlükte olmasından dolayı seçilen yapının deprem analizi DBYBHY 2007 (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik)'ye göre yapılmıştır. Ayrıca yeni yürürlüğe giren TBDY 2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) incelenmiş ve DBYBHY 2007 ile arasındaki farklılara değinilmiştir.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Tez kapsamında yapılan literatür araştırması aşağıda özetlenmiştir.

Hanoğlu (1993), yaptığı çalışmada Tarihi Hüseyin Avni Paşa Konağını incelemiş ve tarihi yapısından bahsetmiştir. Yapının planını incelemiş, bölümleri ve ahşap taşıyıcı elemanları ile ilgili bilgiler vermiştir. Ayrıca restorasyon öncesi yapıdaki ahşap malzemelerindeki kullanım amaçlı ve strüktürel bozulmaları incelemiştir. Restorasyon yapımı için bilgiler ve öneriler sunmuştur.

Çakır (2000), Karadeniz Bölgesindeki ahşap yapıların genel özelliklerini ve bölgenin doğal ve sosyal yapısına ek olarak iklimi ve bitki örtüsünü incelemiştir. Bölgedeki yerleşim oluşumlarını inceleyerek sürekli ve geçici yerleşimler bölgelerinde kullanılan yapılar hakkında resimlerle örneklendirmeler yaparak bilgiler vermiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi ile Batı Karadeniz Bölgesindeki arazi ve iklim koşullarının farklılığından kaynaklı ahşap yapı planlarında oluşan farklılıklardan bahsetmiştir. Ayrıca ahşap malzemesinin bölgesel açıdan işlenebilirliğini incelemiştir. Bölgedeki ahşap yapı çeşitliliği ile günümüz gelişmiş ahşap yapı teknikleri ile ilgili bilgiler vererek karşılaştırmıştır. Türkiye'deki kereste üretiminde Karadeniz Bölgesinin öneminden bahsetmiş ve üretilen kereste türlerinden bahsederek ahşap yapılarda kullanım amacını incelemiştir. Günümüz koşullarında yapılan ahşap yapılardaki tasarım kriterlerini de dikkate alarak yurtdışındaki ahşap yapıları incelemiş ve taşıyıcı sistemler çerçeve sistemleri, kolon ve kiriş sistemleri ve her ülkenin kendine has taşıyıcı sistemleri arasındaki farklılıkları irdelemiştir. Ülkemizde gelişmiş yapı elemanları kullanılarak tasarlanan ahşap yapıların azlığından bahsederek karşılaştırma açısından zorluk çektiğinden bahsetmiştir. Geleneksel ahşap yapılar ile modern tarzda yapılan ahşap yapılar arasındaki farklılıklara değinerek yangın, dayanım ve ısı yalıtımı açısından karşılaştırıldığında geleneksel yöntemin yetersizliğinden bahsetmiştir.

Parisi ve Piazza (2002) yaptıkları bu çalışmada eski ahşap yapılardaki çatı sistemlerinin deprem kuvvetlerindeki hasarlarını açıklayarak deneysel olarak dayanımını incelemişlerdir. Çatı elemanlarındaki bağlantı elemanlarını güçlendirerek deneysel teste tabi tutmuşlardır. Bağlantıların mekanik davranışını etkileyen ana parametreleri ve etkilerini deneysel ve sayısal analiz ile ölçmüşlerdir. Örnek bir çatı makasında tam ölçekli deneyler ile doğrularak, deneysel gözlem ve hesapları karşılaştırmışlardır.

Premrov vd. (2004) yaptıkları çalışmada prefabrik yapıların inşasında ana taşıyıcı elemanları olarak kullanılan çapraz çerçeveli ahşap panel duvarlar için analitik çözümler yapmışlardır. Bu çerçeve duvar sisteminde dayanımını arttırmak için çelik köşegenlerle takviye etmişler ve güçlendirilmiş panellerin analitik modellemesini incelemişlerdir.

Ekinci ve Arpacıoğlu (2004), Marmara Bölgesinde kullanılan ahşap malzemelerin özelliklerinden bahsetmişlerdir. Ayrıca tablolar aracılığı ile ahşap malzemelerin bazıları hakkında standartlarda belirtilen teknik özellikleri göstermişlerdir. Ahşap malzemelerin ısı ve nem durumunda göstereceği davranış hakkında bilgi vererek sıcaklık gibi etkilerde ahşabın tepkisel davranışlarından bahsetmişlerdir. Dış etkilere maruz kalan ahşap yapı elemanlarının tahribatı hakkında bilgiler vermişlerdir. Ayrıca sorunun çözümü ile ilgili öneriler sunmuşlardır.

Dışkaya (2004), yaptığı çalışmada ahşap malzemesinin yapısal özelliklerinden bahsederek fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısı, ahşabın üretimi, kesilmesi ve inşaat sektöründe kullanımıyla ilgili (kiriş, kolon vs.) bilgiler vermiştir. Ahşap yapı elemanlarının mekanik özelliklerini diğer yapı malzemelerinden yapılmış yapı elemanlarıyla karşılaştırarak değerlendirmiştir. Ahşap malzemenin yapıda kullanımının avantajları ve dezavantajlarından bahsetmiştir. Ayrıca ahşap yapı elemanlarının deprem üzerindeki etkilerinden detaylıca bahsetmiş olup yangın dayanımı hakkında da bilgiler vermiştir. Çalışmasında ahşap yapıların genel tanımını yaparak karkas ve yığma yapılar ile yapıdaki elemanlar hakkında bilgi vermiştir. Ahşap yapı elemanlarının duvar bağlantıları ve birleşimlerini incelemiştir. Ahşap yapı elemanlarının depreme karşı güçlendirme yöntemleri ile ilgili detaylar vermiştir.

Batur (2004), yaptığı çalışmada ülkemizdeki ahşap yapıların kullanımının azlığı ile alakalı sorunlardan bahsederek avantajlarından ve kullanım kolaylıklarından bahsetmiştir. Ahşap malzemesinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden bahsederek kullanılan kereste türlerini sınıflandırmıştır. Ahşap yapı türlerini açıklayarak plan ve kesitler ile örneklendirmeler yapmıştır. Ahşap çerçeve yapılarıdaki yapı elemanlarını detaylı bir şekilde incelemiştir. Ayrıca çerçeve yapılarda sıhhi tesisat, elektrik tesisatı, ısıtma gibi uygulamalardan bahsetmiştir. Çerçeve yapıların yangın ve deprem karşısındaki durumu ile ilgili bilgiler vermiştir. Ahşap çerçeve yapıları ülkemiz koşullarını göz önüne alarak incelemiş olup, ısı, ses, su ve nem yalıtımları bakımından önemine vurgu yaparak yapılacak yöntemlerden bahsetmiştir. Ahşap yapıları

ekonomiklik, çevreyle ilgili ve sürdürülebilirlik yönünden değerlendirerek pazarlanması ve satışı hakkında bilgi vermiştir.

Yaman (2007), yaptığı tez çalışmasında standartlar ve yönetmelikler doğrultusunda yapı elemanlarının durumunu incelemiştir. Ülkemizdeki ahşap yapıların taşıyıcılığı hakkında bilgi vermiş, taşıyıcı sistemleri bölgelere göre sınıflandırmıştır. Ahşap malzemesinin mekanik özelliklerini ve yangın performanslarını değerlendirmiş, ISO 15686-1 (Binalar ve Yapılı Varlıklar-Hizmet Ömrü Planlama-Bölüm 1: Genel İlkeler ve Çerçeve, 2011) standardı açısından hizmet faktöründe olan etkisini malzeme ve yapı elemanlarınca incelemiştir. Ayrıca ISO 6241 (Binada Performans Standartları-Hazırlama İlkeleri ve Göz önünde Bulundurulması Gereken Faktörler, 1984) standardı doğrultusunda çevresel etkilerin ahşap yapı ile olan etkileşimini araştırmıştır. Çalışmada mekanik dayanım ve malzemenin durumu, yangın dayanımına ek olarak enerji ve ısı tasarrufu ile ilgili inceleme yapmıştır. Ahşap yapılarda yapı elemanlarının görevlerinden bahsederek çatı, kapı, döşeme gibi yapı elemanları hakkında bilgiler vermiştir.

Can ve Tokgöz (2008), yaptıkları çalışmada ikinci sınıf sarıçam malzemedен hazırlanan tek dişli birleşimde ön ahşap uzunluğunun makaslama gerilmesine etkisini araştırmışlardır. Ahşap malzemeyi makaslama deneyine tabii tutmuşlardır. Yaptıkları deneylerde ahşabın mekanik özellikleri, basınç ve çekme sonuçlarını irdemişlerdir. Deneysel yöntemle elde ettikleri sonuçları TS 647'deki sonuçlar ile karşılaştırmışlardır.

Santos vd. (2009), yaptıkları araştırmada yarı statik yükleme altında test edilen tek dübelli ahşap bağlantı elemanlarının, süneklik değerleri, kayma modülü ve mukavemet değerlerini incelemişlerdir. Bu değerleri Avrupa standartları olan Eurocode 5'de yer alan değerler ile karşılaştırmışlardır. Ahşap bağlantı elemanını üç boyutlu olarak sonlu elemanlar yöntemiyle modellemişler ve deney sonuçlarına göre yeniden düzenlemişlerdir.

Karaman ve Zeren (2010), yaptıkları çalışmada ahşap yapı elemanlarının kagir yapılarda üstlendiği görevlerden ve deprem etkisi altındaki mukavemetinden bahsetmişlerdir. Çalışmada kagir yapıların tanımından ve kullanım amacından bahsetmişler ve ahşap elemanların tanımları ile kullanım alanlarını incelemişlerdir. Ahşap yapılardaki bozulmaların nedenlerini fiziksel, biyolojik ve kimyasal açıdan ele almışlardır.

Erakan (2010), yaptığı çalışmada Ahi Evran Camisinin yapısal durumunu ve deprem etkilerine maruz kaldığında dayanımının tespiti için yapısal analiz gerçekleştirmiştir. Üç boyutlu analiz yaparak yapı hakkında bilgiler vermiştir. Yapının

analizini sonlu elamanlar ile modellemiştir. Yapıdaki kullanılan malzemeleri sınıflandırmış, yapıya X ve Y yönünde deprem kuvvetleri uygulayarak yapının dayanımını test etmiştir. Deprem yüklemesi sonucundaki yer değiştirmeler hakkında bilgiler vermiş, hesap sonuçlarını deprem davranışı açısından değerlendirerek yapı hakkında yorumlar ve öneriler yapmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre taşıyıcı elemanların tasarımını yapmıştır.

Bozkurt (2011), yaptığı çalışmada ahşap malzemeye kimyasal yöntemler uygulayarak koruma öncesi ve koruma sonrası değerleri mekanik özellikleri bakımından incelemiştir. Tekirdağ'daki ahşap evlerden numuneler alarak deneyler yapmıştır. Numunelerin deney öncesi ve deney sonrası değerlerini karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda genel olarak koruma amaçlı kimyasalların mekanik özelliklerde olumsuz bir sonuca yol açmadığını gözlemlemiştir.

Ohanesyan (2012) yaptığı çalışmada, yatay kuvvet etkisi karşısında mukavemeti yüksek olan ahşap yapıların, deprem ve diğer yükler altındaki davranışlarını incelemiş ve yapıda oluşan tahribatlar ve bu tahribatların önlenmesi için alınabilecek tedbirler hakkında bilgiler vermiştir. Ahşap yapılar ile ilgili yönetmelikleri incelemiş, yapısal ahşap sistemlerini açıklamıştır. Ahşap yapı elemanlarında kullanılan malzemeleri açıklamış ve ahşap yapıların deprem ve rüzgâr yüküne verdiği tepkilerden ve ahşap birleştirme elemanlarından bahsetmiştir.

Kaplan (2013), yaptığı çalışmada ahşabın özelliklerinden bahsetmiş ve ahşabın basınç ve eğilme etkisi altındaki durumlarını açıklamıştır. Bu tez çalışmasında SAP 2000 programına göre ahşap yapının analizi için modellemesini yapmış ve bu duruma göre binada kullanılan ahşap malzemenin cinsi, binanın kat sayısı ve taşıyıcı sistemlerin SAP 2000 programına tanımlanması anlatmıştır. Hareketli ve ölü yüklerin ahşap yapıya etkisini dikkate alarak yapıyı modellemiş, kiriş ve taşıyıcı kolonların yeterliliğini belirlemiştir. Bunun sonucunda alınacak ek tedbirleri ve yapıya standartlar doğrultusundaki etki edecek gerilmelere ve kuvvetlere karşı dayanımın ne olacağını belirlemiştir.

Dabanlı (2016), yaptığı çalışmada Nur-i Osmaniye Camii'sinin tarihçesi hakkında bilgi vererek yapıda kullanılan malzemeleri açıklamıştır. Yapının taşıyıcı sistem kurgusu, taşıyıcı yapı elemanları ve yapım tekniği ile birlikte barok sanatının taşıyıcı sisteme olan etkilerini irdlemiştir. Yapının yapımından itibaren geçirdiği onarımlar ve depremlerin açtığı hasarlar ile ilgili bilgiler vermiştir. Yapıdan alınan numuneler ile laboratuvar ortamında deneyler yapılarak yapının fiziki ve dinamik

özellikleri hakkında bilgi elde etmiştir. Ayrıca çalışmada sonlu elamanlar yöntemi uygulanarak dinamik ve statik analizleri düşey ve yatay yükler altında incelemiştir. Yapılan işlemler sonucunda elde edilen sonuçları yorumlayarak deprem durumundaki davranışı hakkında yorumlar yapmıştır.

Casagrande vd. (2016) çalışmalarında aynı anda ahşap bir duvara etkiyen yatay ve dikey yükler etkisi altındaki duvarların elastik analizini incelemiştir. Yatay bir kuvvete maruz bırakılan ahşap çerçeve duvarın elastik yer değiştirmesi ile çeşitli deformasyon katkıları hakkında bilgiler vermişlerdir.

Anıl vd. (2016), ahşap çerçevesiz perde duvarların histeretik tepkilerini deneysel olarak incelemiştir. Araştırmada farklı açıklık boyları, yatay güçlendirme elemanlarının varlığı ve ahşap çerçevesiz duvarların boyutlarını ele almışlardır. Ahşap çerçevesiz elemanlarda yaptıkları testlerde bu çerçevelerin yük-deplasman ilişkilerini, mukavemetlerini, yer değiştirme ve süneklik davranışları hakkında veriler elde etmişlerdir. Ahşap çerçeve elemanların karşıladıkları yükleri Eurocode 5'e göre hesaplamışlardır.

Çelik ve Birdal (2017), ahşap sütunlu Yanıkoğlu Cami'sinin statik olarak analizini yapmışlardır. Yapının güçlendirmesini yapmadan önce gerekli değerleri SAP 2000 programına girmişlerdir. Ahşap malzeme özelliklerini ve boyutlarını tanımlayarak incelemede bulunmuşlardır. Yapının özgünlüğünü bozmadan güçlendirme teknikleri hakkında öneriler sunarak yapılması gerekenleri anlatmışlardır.

Çalık (2017), yaptığı çalışmada taşıyıcı sistemleri farklı olan ahşap yapıların davranışlarının çevresel titreşim testi yöntemi ile sonuçları göz önünde bulundurmuş ve yapıların dinamik davranışlarını incelemiştir. Tarihi yapının restorasyonu yapılmadan önce yapılması gerekenler ile ilgili ve yenileme teknikleri hakkında bilgi vermiştir. Daha sonra 31 adet tarihi cami ve 32 adet minarenin analitik modal analiz yöntemi ve yapı dinamik karakteristiğini sorunsuz vermesiyle deneysel modal analiz yöntemini kullanmıştır. Deney sonuçlarına göre ahşap ve yığma tarzındaki tarihi camiler ile ilgili sonuçları değerlendirmiş olup restorasyon durumuna etkilerini irdelemiştir.

Thi vd. (2017), yaptıkları çalışmada yanıcı olan ahşap malzemesinin yangına maruz kaldığı durumların ısı analizini deneysel olarak araştırmışlardır. Çıkan deney sonuçlarını Eurocode 5 standartlarındaki grafikler ile karşılaştırmışlardır. Analiz uygulamasında sayısal açıdan sonlu elemanlar yöntemini tercih etmişler ve yüksek ısıya maruz kalan ahşabın fiziksel yapısını incelemiştir. Yoğun ateşe maruz kalmış

kerestenin fiziksel özelliklerinde değişimler meydana geldiğini ve ısı farklılıklarına maruz kalan kereste için Eurocode 5 standartına göre değişikliklere dikkat çekmişlerdir.

Çetin ve Gündüz (2017), Türkiye’de bulunan bazı ağaçların mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçları tablolar haline getirerek ağaç türlerinden elde ettikleri sonuçları tablolar halinde listelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada ahşabın yalın halini kullanmışlardır. Farklı coğrafi konumlarda bulunan aynı ağaç türlerinin mekanik parametrelerinde farklılıklar olduğunu irdelemişlerdir.

Maxineasa vd. (2018), yaptıkları çalışmada inşaat sektöründe kullanılan ahşap malzemelerin çevresel sebeplerle oluşabilecek olumsuz etkilerin en aza indirebilmesi amacıyla sektörde kullanılan yapı elemanlarının çeşitlerini incelemişlerdir. Çalışmada üç çeşit ahşap çatı tipini incelemişler ve sonuçlarına göre karşılaştırmışlardır. Deneylerdeki çatı tipleri olarak, sehpa iskeletli çatı sistemi, kafes çatı sistemi ve yaka tipi çatı sistemlerini kullanmışlardır.

Gattesco ve Boem (2018) yaptıkları çalışmada, yapının sismik hasarın azaltılmasına yönelik eğimli ahşap çatılar ile değerlendirmesine yönelik bir çalışmanın sonuçlarını incelemişlerdir. Üç farklı güçlendirme stratejisini analiz etmişlerdir. Bunlardan birincisi çatının ahşap esaslı çivilenmiş paneller ile desteklenmesi ikincisi çelik çerçevelerin eklenmesi üçüncüsü ise kompozit kafesler ile harç kaplama uygulanmasıyla duvar güçlendirme yöntemlerinin analiz edilmesi olup bu yöntemleri araştırmalarında detaylı bir şekilde açıklamışlardır.

Vogrinc ve Premrov (2018), yaptıkları çalışmalarında farklı tasarım durumlarını kullanarak üç katlı ahşap çerçeveli panel binanın yatay kuvvetler etkisindeki davranışlarını sayısal olarak analiz etmişlerdir. Farklı tasarım yaklaşımları kullanarak paneller arasındaki kuvvet etkileşimleri, titreşim periyotları ve yapının yatay deformasyonlarının karşılaştırılmasını yapmışlardır.

Klasson vd. (2018) yaptıkları çalışmada ahşap elemanların bağlantılarındaki potansiyel kaymanın önemini araştırmışlardır. Üç çeşit durum altında çalışma yapmışlardır. İlk çalışma köşebente tutturulmuş ahşap kirişi tek noktada, ikinci durumda iki noktadan, üçüncüsünde ise üç noktadan desteklemişlerdir. Üç farklı giriş incelenerek farklı kayma değerleri ve elastik burkulma ile deplasman ilişkisinden bahsetmişlerdir. Söz konusu sistemlerde oluşacak giriş gerilmeleri, destek kuvvetleri ve yanal sapmalar açısından destek elemanlarındaki kayma sonuçlarını incelemişlerdir.

Uzun (2018), yaptığı tez çalışmasında yapı malzemesi olarak ahşap, geleneksel ahşap yapılar ve ahşap yapı elemanları hakkında genel bilgi vermiştir. Koruma ilkeleri kapsamında tarihi ahşap bir yapıda yapılabilir muhtemel müdahale yöntemleri ve güçlendirme tekniklerini anlatmıştır. Ahşap binalarda zamanla oluşan tahribatlar hakkında bilgi vermiştir.

Porcu vd. (2018), yaptıkları çalışmada Eurocode 5 standartlarına göre örnek bir binanın sismik performansını değerlendirmek amacıyla dinamik analizini yapmışlar ve SAP 2000 programında modellemişlerdir. Çalışmada modern ahşap yapıların özellikle önemli noktalarına odaklanmasını gerektiğini belirtmişlerdir. Ahşap panellerin Eurocode standartlarınca tasarımı yapılabildiği durum çalışması yapmışlardır. Deprem kuvvetleri altında ahşap duvarlarda gerilmeleri incelemişlerdir.

Badur (2018), yaptığı çalışmada Ahmet Ratıp Paşa Köşkünün tarihi öneminden ve yapılan restorasyondan bahsetmiştir. Ayrıca plan çizimlerini vererek yapıda kullanılan malzemelere değinmiştir. Köşkte zamanla oluşan yapıdaki bozulmalar genel olarak anlatılarak taşıyıcı sisteme ve yapı elemanlarına yapılan müdahalelerden bahsetmiştir. Yapı elemanlarına yapılan iyileştirme çalışmalarına değinerek yapıda ki taşıyıcı sistemler ve yapı elemanlarını tanıtarak yenileme çalışmalarını incelemiştir.

3. AHŞAP ve YAPISAL ÖZELLİKLERİ

3.1. Ahşap ve Tarihçesi

Ahşap yapı malzemesinin kullanılmaya başlanması beton ve çeliğe göre çok daha eski dönemlere kadar uzanmaktadır. İnsanlar, yapı malzemesi olarak ağaçtan, çok eski çağlardan günümüze kadar çeşitli yöntemlerle faydalanmışlardır. Ahşap ilkçağ insanların barınma ihtiyaçlarını sürdürdüğü bir yapı malzemesi olmuştur. Ağaç kavuklarında başlayan barınma macerası daha sonra ahşap yığma ve karkas yöntemine geçmiştir (Duman ve Ökten, 1988).

Ahşap, zaman içinde kullanım yöntemlerinde ve yapımında çok önemli ölçüde değişim göstermemesiyle de farklı bir yapı malzemesi olarak diğer yapı malzemelerinden ayrılmaktadır. Örnek olarak ahşap çatı yapımında ilk defa antik dönemde kullanılan yapı ile günümüz teknikleri birbirine çok benzemektedir.

3.2. Ahşap Yapı Malzemelerinin Tarihi Gelişimi

Geçtiğimiz yüzyılın başlarında I. Dünya Savaşı sırasında çelik malzemesinin yapı alanından çekilmesi ile ahşap malzemesinin taşıyıcı iskelet malzemesi olarak kullanılmasının önemini arttırmıştır. Bu da ahşap malzemenin farklı fonksiyonlardaki yapılarda daha sık olarak kullanılması zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir (Duman ve Ökten, 1988).

Malzeme teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte mimari yapılardaki gelişmelerde paralel olarak değişmiştir. Teknik imkânların olanağının çoğalması beraberinde ahşap malzeme yeniden yorumlanarak ahşaptan yeni kompozit ürünler üretilmeye başlanmıştır. Endüstri ve sanayinin gelişimiyle yenilenen ahşap malzemesinin kullanım alanı genişlemiş ve ahşap malzemede estetik kazanmıştır. Teknolojinin gelişimi beraberinde doğal ahşap malzemenin korunmasında da kendini göstermiş, ahşap malzemesinin yanmaya ve neme karşı direnç gösterebilmesi ile ilgili yöntemler geliştirilmiştir.

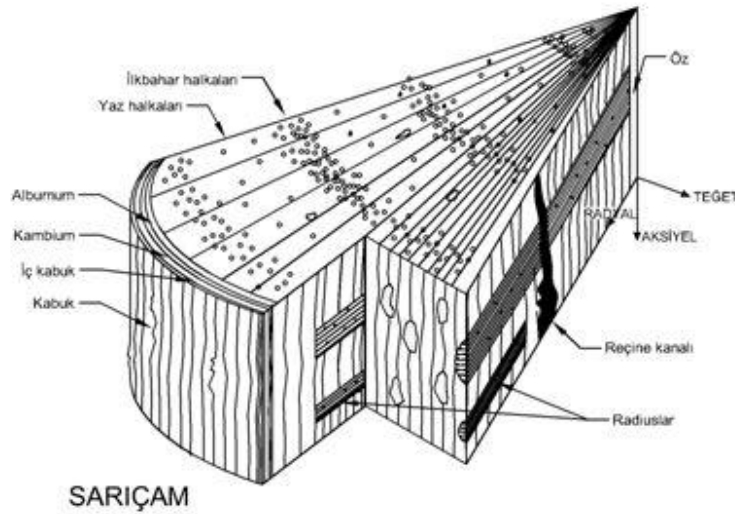
Ahşap malzemesinin yeniden yapılanması ile ilgili, geliştirilen ilk ahşap levhalar 1900 yılların başında Avusturya'da; ilk lif levhalar 1915'te Amerika Birleşik Devletleri'nde; ilk yonga levhalar ise 1940'lı yıllarda Almanya'da üretilmiştir. Geliştirilen ahşap malzemeler beraberinde mimari yönden ahşap yapıların gelişmesinde önemli rol oynamıştır.

Ahşap yapı malzemesi gelişimindeki diğer değişim ise, II. Dünya Savaşı ve sonrası yıllarda olmuştur. Savaş sırasında sanayi kollarında geliştirilmiş olan ısıya ve neme dayanıklı reçine tutkalları ahşap yapılarda da uygulanmaya başlanmıştır. Ahşap malzemelerde tutkalların kullanılması tutkallı ahşap lamine konstrüksiyonları yapılarak mimari boyutta çok daha ileri boyutlarda eserler ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bugün hala ahşap malzemelerin geliştirilmesi amacıyla pek çok ülkede çeşitli araştırma ve çalışmalar yapılmaktadır. (Ohanesyan, 2012).

3.3. Ahşabın Yapısı

Ağacın anatomik yapısı Şekil 3.1’de görüldüğü gibi dıştan içe doğru bölümleri olan kabuk ve iç kabuk, yaz ve ilkbahar halkaları ile merkezindeki öz kısmıdır.

Ağaç, bir öz etrafında meydana gelen halkalardan oluşur. Liflerden oluşan bu halkalar yaz ve ilkbahar aylarında meydana gelir. Halkaları oluşturan lifler kanallardan oluşur. Bu kanalların kaynağı ise selülozdur. Ayrıca ağaçlarda oluşan reçine ve yağlar ağacı dış etkenlerden korumaktadır (Dışkaya, 2004).



Şekil 3.1. Ahşabın Anatomik Yapısı (Eriç, 1994).

3.4. Ahşap Yapılarda Kullanılan Ağaçların Sınıflandırılması

Ahşap malzeme doğada birçok ağaç türünden elde edilmektedir. Tüm ağaç türleri de botanik yönden iki sınıfa ayrılmaktadır. Ahşap malzemesinin kimyasal bileşimi selüloz, lignin ve az miktarda diğer maddelerden oluşur. Bileşimin %60’ı selüloz, %28’i lignin ve %12’si diğer maddelerdir. Selüloz ahşabın liflerini meydana getirir. Lifler, içi boş borular şeklinde olup boyları 1-6 mm çapları ise boylarının

1/100'ü mertebesindedir. Lignin bu borucukların dış civarını teşkil eder. Lifleri birbirine bağlayan madde ise petkin adını alır. Herhangi bir ağaç kesitinden ahşap malzemesinin iç bünyesi incelenirse çok heterojen bir görüntü ortaya çıkar.

3.4.1. İğne yapraklı ağaçlar

Genellikle inşaatlarda kullanılmaktadırlar. Kereste yapımının yanı sıra kalas, kiriş, çatı, kalıp, iskele dikmesi olarak sıkça kullanılmaktadırlar. İğne yapraklı ağaçlar sınıfında çam, sedir, göknar ve ladin gibi ağaç türleri bulunmaktadır.

3.4.2. Yapraklı ağaçlar

Sık dokulu, işlenmesi zor, sert ve dayanıklı malzemedir. Ağırlıklı olarak mobilyacılıkta kullanılmaktadır. Örnek olarak meşe, kayın, gürgen, kestane ağaçlarıdır.

3.5. Ağacın Kimyasal Yapısı

Ağaç üç ana temel maddeden meydana gelmektedir. Bunlar selüloz, lignin ve hemüselülozdur. Genel itibari ile yakacak odun, kâğıt, mobilya, inşaat malzemeleri gibi alanlarda kullanılır. Selülozun ağaç içerisindeki oranı yaklaşık %60 kadardır. Kâğıt üretiminin temel gereçidir. Ağaca esneklik ve eğilme kabiliyeti verir. Lignin selülozun aksine esnek olmayan gevrek bir yapıdadır. Ağaca sertliğini kazandırır, ligninin ağaçtaki oranı yaklaşık olarak %20 civarındadır. Hemüselüloz ağaç içerisinde yaklaşık olarak %20 civarında bulunan polisakkariddir.

3.6. Ahşabın Özellikleri

Ahşap malzemeyi bir yapıda, yapı elemanı olarak kullanabilmek için ahşap malzemesinin özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Ahşap malzemesini fiziksel, mekanik, kimyasal ve ekolojik özellikleri bakımından incelemek gerekmektedir.

3.6.1. Ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri

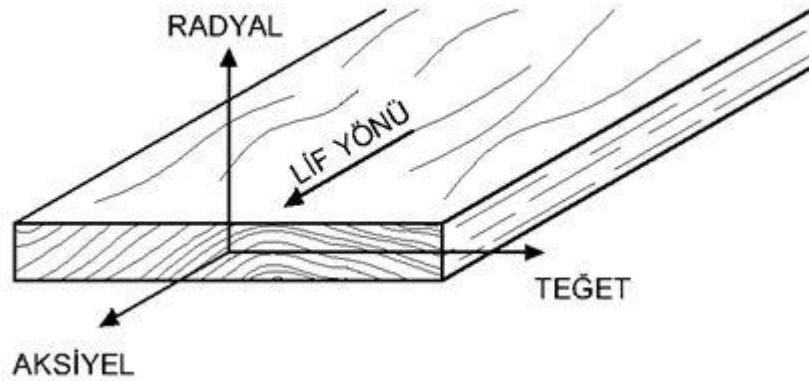
Her ağacın fiziksel özellikleri ve görünüşü farklıdır. Bir ağacın rengindeki ton farklılıkları ağaç ile ilgili birçok bilgi vermektedir. Ağacın yeterli şekilde gelişip gelişmediği, yaş veya kuru olup olmadığı gibi bilgiler edinilebilmektedir. Ağaçtaki liflerin düzgün büyümesi çok önemlidir. Sağlıklı lif gelişimini tamamlayan bir ağaçta lifler doğrutusunda ses iletimi çok daha iyidir. Çürük bir ağaçta ise bozuk bir ses çıkar, buda sağlıklı bir yapıya sahip olmadığını göstermektedir. Ayrıca mantar gibi bitkilerde

ağaç köklerine zarar verdiği için, köklerde bozukluklar görülebilmektedir (Dışkaya, 2004).

Diğer yapı elemanları ile karşılaştırıldığında ahşabın daha fazla dayanıklı bir taşıyıcı sistem olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte ahşap malzeme hava koşulları, dış etkenler ve kimyasal etkilere karşı oldukça dayanıklı bir malzeme çeşididir (Hıraoğlu, 2007).

Ahşap malzemeler anizotropik (özellikleri yöne bağlı olan) malzemelerdir. Değişik yönlerde birbirinden farklı ve bağımsız özelliklere sahip ortotropik yapıdadır. Ahşap malzemenin Şekil 3.2’de görüleceği üzere davranışları bakımından uzunlamasına (longitudinal), radyel (radial) ve teğetsel (tangential) yönlerde farklı davranışlar göstermektedir. Fakat radyal ve teğetsel yönlerdeki davranışları uzunlamasına yöndeki değerlere nazaran birbirine yakın değerlerdir. Bu sebepten dolayı ahşap malzeme uygulamalarında iki eksen dikkate alınmaktadır. Yönetmeliklerde liflere paralel ve liflere dik doğrultular ile ilgili değerler verilmiştir.

Ahşap malzemeye liflere paralel yönde bir aksiyel basınç gerilmesi altında kaldıysa belli miktarda plastisite görülür. Aynı şekilde liflere dik yönde basınç gerilmesine maruz kaldığında ise benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Gürel, 2018).

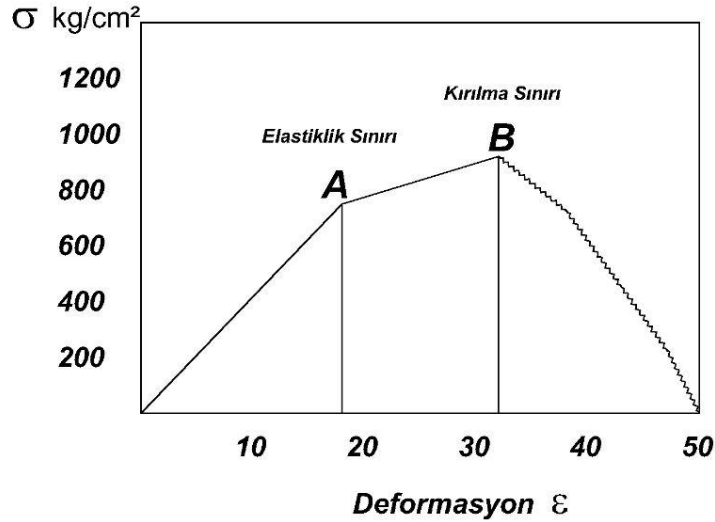


Şekil 3.2. Ahşabın farklı yönlerde gösterdiği davranışlar (David, 2010).

3.6.1.1. Ahşap malzemeye etki eden kuvvetler sonucu meydana gelen gerilme

Elastik davranış, bir yapı elemanının herhangi bir dış yük altında veya uğradığı kuvvete karşı şekli değişen bir cismin, uygulanan kuvvet kalktığında cismin ilk şeklini alabilmesi kabiliyetine denir. Belirli bir kuvvet uygulanırken cismin şeklini değiştirmeden orijinal haline dönme kabiliyetine ise elastik sınır adı verilmektedir.

Ahşap malzeme tam anlamıyla elastik değildir. Şekil 3.3’de görüleceği gibi belli bir kuvvet etki edildiğinde kırılma sınırına ulaşmaktadır. Bu noktadan sonra ahşap elastisitesini kaybetmektedir. Fakat mühendislik alanında ahşap malzemesi elastikmiş gibi davrandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.3. Ahşabın eğilme-zorlama ilişkisi (Hiraoğlu, 2007).

Çizelge 3.1’de ahşap malzeme türlerine göre elastisite ve kayma modülü değerleri verilmiştir. Ahşap malzemede elastisite modülü, kayma modülü ve poisson oranı değerleri malzemenin türü ve kalitesine göre değişmektedir.

Çizelge 3.1. TS 647’ye göre ahşap elastisite ve kayma modülleri.

Ahşap Malzeme Türü	Elastisite Modülü (kg/cm ²)		Kayma Modülü (kg/cm ²)
	Liflere paralel E _{//}	Liflere dik E _⊥	
İğne Yapraklı	100000	3000	5000
Meşe, Kayın	125000	6000	10000

Tüm ahşap malzemelerinde elastisite modülü aynı değildir dolayısıyla elastisite modülünü etkileyen etmenler vardır. Ağacın türü, sıcaklığı, nem miktarı, sağlıklı olup olmaması gibi durumlar bakımından farklı değerler göstermektedir:

- Bir malzemenin yoğunluğu ne kadar artarsa elastisite modülü de doğru orantılı olarak artmaktadır.
- Ahşap malzeme için rutubet zararlıdır. Bu nedenle rutubet miktarı fazla olan bir ahşapta elastisite modülü de düşük olacaktır.

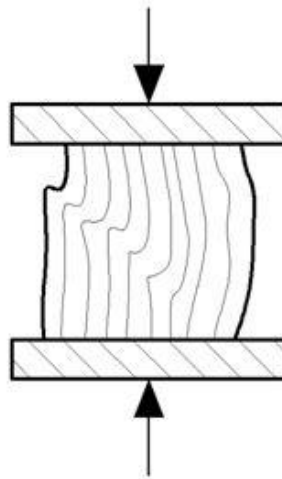
- Ahşap malzeme de elastisite modülü ile sıcaklık ters orantılıdır. Sıcaklığın yüksek olması elastisite modülünü azaltacaktır.
- Liflerin sağlıklı olması ve birbirleri ile paralel yönde olması elastisite modülünü arttıracaktır.

3.6.1.2. Ahşabın basınca karşı direnci

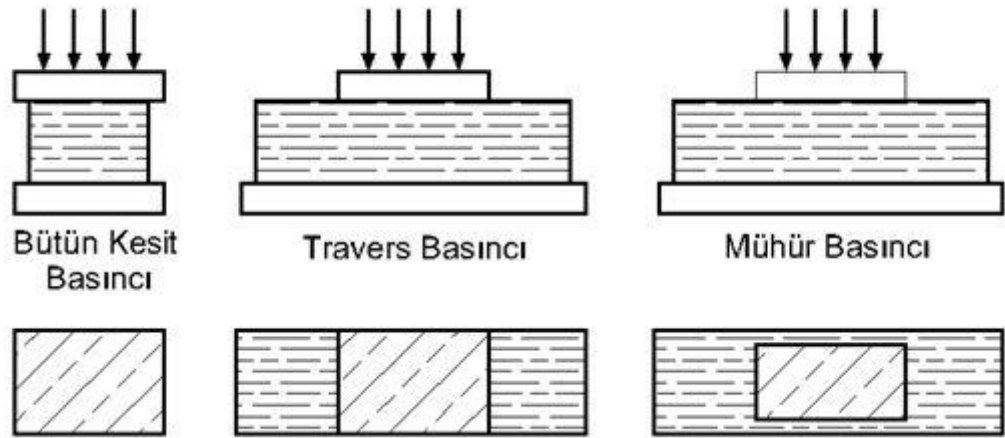
Ahşabın basınç direnci, ahşaba birbirine zıt doğrultuda etki eden liflere dik ve paralel doğrultuda iki yönde de baskı yaparak, ahşap malzemeyi sıkıştırmaya çalışan her iki kuvvete karşı koyduğu dirence denir. Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’de kuvvetin liflere paralel ve liflere dik yönde etkileri görülmektedir. Ağaç türlerinin basınca karşı dayanım değerleri TS 647’de açıkça belirtilmiştir. Çizelge 3.2’deki değerler yapı analizi ve tasarımında kullanılmalıdır.

Ahşabın basınç direncini etkileyen en önemli faktörlerden birisi ahşabın fiziksel özellikleridir. Rutubet almış bir ağaçta dayanım azalacaktır. Aynı şekilde çatlak veya çürük olan bir ağacın sağlıklı bir ağaca göre basınç dayanımı oldukça azdır. Sıcaklığın artması da basıncı olumsuz etkilediği gibi ağaçtaki liflerin yaptığı açığı ve durumu da basınç direnci bakımından oldukça önemlidir.

Liflere paralel yönde basınç direnci genelde yapının kolonları, sütunları ve dikmeleridir. Bu taşıyıcı elemanlarda basınç direnci yüksek iken liflere dik yöndeki basınç direncide oldukça düşüktür. Taşıyıcı elemanlarda kirişler ve lentolar örnek verilebilir (Erkoç, 2004).



Şekil 3.4. Liflere paralel yönde basınç (Kaplan, 2013).



Şekil 3.5. Liflere dik yönde basınç dayanımı (Kaplan, 2013).

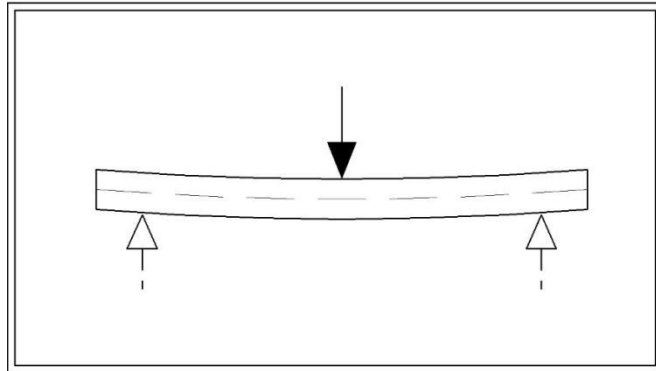
Çizelge 3.2. TS 647'ye göre ağaç türlerine göre liflere dik ve paralel basınç dayanım değerleri.

Çalışma Şekli	Ahşap Malzemenin Cinsi ve Sınıflarına Göre Basınç Gerilmesi Değerleri (MPa)			
	İğne Yapraklı Ağaç Sınıfları			Meşe- Kayın
	I	II	III	
$\sigma_{em//}$	11.0	8.5	6.0	10.0
$\sigma_{bem \perp}$	2.0	2.0	2.0	3.0
$\sigma_{bem \perp} (*)$	2.5	2.5	2.5	4.0

(*) Hafifçe ezilmelere izin verildiği takdirde kullanılır.

3.6.1.3. Ahşabın eğilmeye karşı dayanımı

Ahşap bir malzemenin liflerine dik olarak etkiyen bir kuvvetin, malzemeyi eğmeye çalışması sonucu ahşabın bu kuvvete verdiği dirence denir. Şekil 3.6'da örnekle gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Bir kirişe uygulanan kuvvet ve eğilme dayanımı (Kaplan, 2013).

Ahşabın fiziksel özelliklerinin eğilme direnci üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri vardır. Malzemedeki nem oranı ve sıcaklığı ile eğilme direnci ters orantılıyken özgül ağırlığı ile doğru orantılı şekilde değişmektedir. Ayrıca ahşapta oluşan çatlaklar ve budakların da dirence olumsuz etkileri vardır. Ülkemizde hesaplama değerleri olarak Çizelge 3.3'deki değerler dikkate alınmaktadır.

Çizelge 3.3. TS 647'ye göre ağaç türlerinin eğilme dayanım değerleri.

Çalışma Şekli	Eğilme Gerilmesi Değerleri (MPa)			
	İğne Yapraklı Ağaç Sınıfları			Meşe
	I	II	III	
σ_{em}	13.0	10.0	7.0	11.0

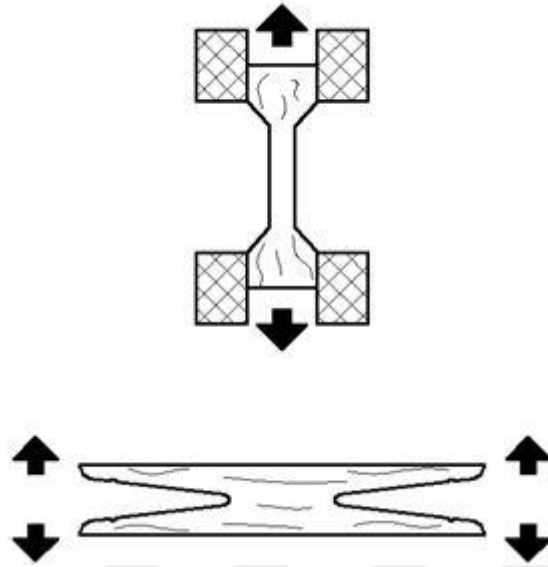
3.6.1.4. Ahşabın çekmeye karşı dayanımı

Çekmeye karşı direnç; liflere dik ve paralel olmak üzere iki türdedir. Birbirine zıt yönde etki eden iki kuvvetin ahşap liflerini zorlaması buna karşı ahşap malzemesinin bu kuvvete karşı gösterdiği dirence denir. Malzemenin özgül ağırlığı çekmeye karşı dirençte en önemli faktörlerdendir (Şenkal, 1997).

Odundaki budakların çok olması ve nem oranı da çekme dayanım değerlerini etkilemektedir. Şekil 3.7'de çekme deneyinde kuvvetin yükleme şekli görülebilmektedir. Çizelge 3.4'te bazı ağaç cinslerinin (σ_{em}) değerleri yer almaktadır.

Çizelge 3.4. Bazı ağaç türlerine göre çekme dayanım değerleri (TS 647).

Çalışma Şekli	Çekme Gerilmesi Değerleri (MPa)			
	İğne Yapraklı Ağaç			Meşe
	I	II	III	
(σ_{cem})	10.5	8.5	0	10.0



Şekil 3.7. Çekme deneyi ve yükleme şekli (Kaplan, 2013).

3.6.1.5. Ahşabın makaslama direnci

Ahşap malzemesinin iki bitişik kesitini ayırmak için farklı yönlerde ve lifleri zorlayan kuvvete karşı ahşabın gösterdiği dirence denir. Ahşap malzemenin kalitesi makaslama direnci açısından oldukça önemlidir. Ahşaptaki her %1'lik nem artışında %3'lük bir makaslama direnci azalışı görülmektedir (Kaplan, 2013).

Makaslama direnci liflere etkileyen dik yöndeki kuvvete karşı en düşük iken paralel yönde ise en yüksektir. Çizelge 3.5'de ağaç türlerinin makaslama dirençleri TS 647'ye göre gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Bazı ağaç cinslerine göre makaslama gerilmesi dayanım değerleri (TS 647).

Çalışma Şekli	Ahşap Malzemenin Cinsi ve Sınıfına Göre Gerilmesi Değerleri (MPa)			
	İğne Yapraklı Ağaç Sınıfları			Meşe
	I	II	III	
τ_{em}	0.9	0.9	0.9	1.0

3.6.1.6. Ahşabın yarıлма direnci

Ahşap malzemesinin birleşim için kullanılan çivi, kama gibi malzemelere karşı gösterdiği dayanıma denmektedir. Yarıлма dayanımı yıllık halkalarda teğet yöndeki

radyal yöndekinden daha büyüktür. Sağlıklı ve mukavemeti yüksek bir ahşap birleşimi için yarıma direnci için ahşabın özgül ağırlığının yüksek olması beklenmektedir.

3.6.1.7. Ahşabın sertliği

Bir ağacın dayanımı açısından sertlik net bir bilgi vermemekle birlikte ağacın dayanımı ve yapı elemanı olarak hazırlanması açısından önemli bir yere sahiptir.

3.6.1.8. Özgül ağırlık

Ahşabın özgül ağırlığının belirlenmesinde birkaç etken vardır. Ahşabın cinsi, içindeki su miktarı ve ağacın hangi kısmından alındığına göre farklılık görülebilmektedir. Yeni kesilen bir ağacın su miktarı fazla olacağından kurutulmuş bir ağaca nazaran özgül ağırlıkları farklı olacaktır. Çizelge 3.6'daki tabloda ahşap malzemelerin özgül ağırlıkları sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.6. Ağaç türlerinin özgül ağırlıklarının sınıflandırılması (Erkoç, 2004).

Sınıfı	Özgül Ağırlığı gr/cm ³	Ağaç Türleri
Çok Hafif Ahşap	0.43 gr /cm ³ kadar olanlar	Ihlamur, Ladin, Köknar, Ardiç Çamı, Kavak
Hafif Ahşap	0.44-0.72 gr /cm ³ kadar olanlar	Atkestanesi, Kırmızı Çam, Kırmızı Gürgen, Akçaağaç, Huş, Kestane, Kızılağaç, Söğüt Sedir, Melez Çamı, Çınar, Ceviz, Karaağaç, Dişbudak
Ağır Ahşap	0.73-0.99 gr /cm ³ kadar olanlar	Ak Gürgen, Zeytin, Meşe, Akasya, Elma, Armut, Karaçam, Maun, Pelesenk, Kiraz, Erik, Porsuk Ağacı
Çok Ağır Ahşap	1 gr /cm ³ kadar olanlar	Abanoz, Şimşir, Gül Ağacı

3.6.1.9. Ahşaptaki nem oranı

Ahşap malzemedeki nemin önemi çok büyüktür. Yeni kesilen bir ağaç kurumaya bırakıldığında %30 nem kaybına kadar asıl boyutlarını korurken bu değerden itibaren kuruma arttıkça ağaçta büzölmeler meydana gelir. Lif doygunluk noktası olarak adlandırılan değer en fazla %30 olabilmektedir. Ahşabın gösterdiği mukavemet açısından da bu değer oldukça önem arz etmektedir. Ahşaptaki nem olayı beraberinde çatlama, eğilme, burkulma gibi durumlara yol açabilmektedir. Bu durum ahşap malzemelerin dayanımını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Şekil 3.7’de ahşap malzemesinin mukavemet - nem ilişki grafiği verilmiştir. (Duman ve Ökten, 1988)

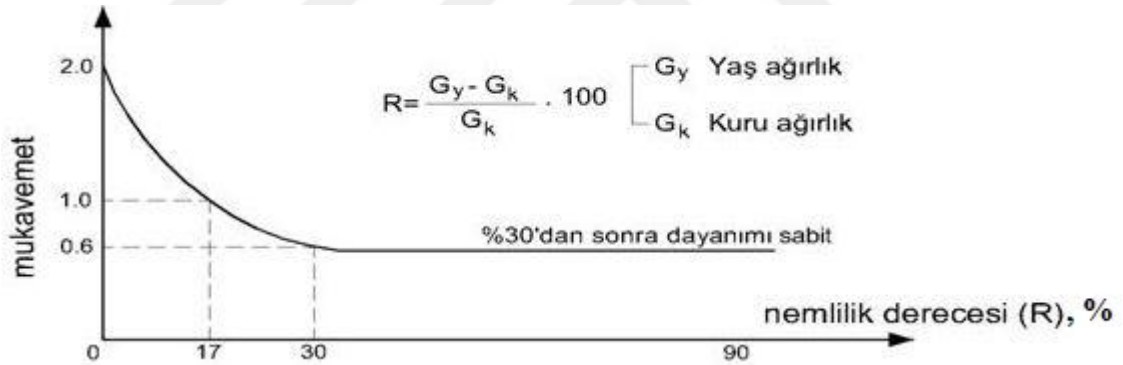
Ahşap yapı elemanlarının kendi içerisindeki nem hareketleri boyutsal anlamda ahşabı etkilemektedir. Özellikle dış cephe elemanı olarak kullanılan ahşap malzemeye dikkat edilmesi gerekmektedir. Su emme özelliği çok yüksek olan ahşap yapı elemanı ortamdaki yağmur suları ve olumsuz dış etkenlerden etkilenecek su ile temas eden ahşap malzemedeki nem oranı artacak ve buda çürümelere neden olacaktır. Su aldıktan sonra ne kadar dikkatli kurutulsa bile rutubetin yol açtığı zararlar önlenemeyecektir. Bu sebeple eğer ahşap malzeme dış cephede kullanılacak ise mutlaka kimyasal bir işlemle geçirilerek önlem alınmalıdır. Ahşap malzemeyi yapıda kullanırken nemlilik

derecesinin bilinmesi gereklidir. Çizelge 3.8'de ahşabın nemlilik derecesine göre sınıflandırılması görülebilmektedir.

Çizelge 3.7. Ahşabın nemlilik derecesine göre sınıflandırılması (Duman ve Ökten, 1988).

Ahşap	Nemlilik Derecesi (R)
Kuru	$R \leq 20$
Yarı kuru	$20 < R \leq 30$ (*)
Yaş	$R > 30$ (*)
(*) Kesit alanı $F > 200 \text{ cm}^2$ ise yerine 35	

Ahşap malzemede nem oranı hesabı için $\frac{G_y - G_k}{G_k} \times 100$ formülü kullanılmaktadır burada G_y =Ahşabın yaş ağırlığı (gr), G_k =Ahşabın kuru ağırlığı (gr) (Dışkaya, 2004).



Şekil 3.8. Mukavemet ile nemlilik ilişkisi (Duman ve Ökten, 1988).

3.6.2. Ahşabın ekolojik bakımdan özellikleri

Ahşap üretimi ve ahşabın kullanılabilir hale getirilmesi için harcanan enerji, diğer yapı malzemelerine nazaran çok daha az enerji gerektirmektedir. Ahşap üretimi ormanlar açısından da bilinçli ve planlı bir şekilde yapıldığında ormanların gelişimine katkılar sağlamaktadır.

Ahşap malzemesinin yapı malzemesi olarak kullanımı düşünüldüğünde hem enerji konusunda hem de planlı şekilde uygulaması yapıldığında çevre sorunlarına yanıt veren doğal bir malzemedir (Hıraoğlu, 2007).

Çizelge 3.8'de ahşap malzeme ile diğer malzemeler arasındaki enerji miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Malzemenin üretilmesi sırasında açığa çıkan enerjiler (Hiraoğlu, 2007).

Malzeme	Enerji Miktarı Btu/lb*
Kum ve Çakıl	18
Ahşap	185
Hafif Beton	940
Alçı Levha	1830
Tuğla	2200
Çimento	4100
Cam	11100
Plastik	18500
Çelik	19200
Kurşun	25900
Bakır	29600
Alüminyum	130500

1 Btu/lb=2.326 kj/kg

3.7. Ahşap Bir Yapıya Etki Edebilecek Yük Türleri

Bir yapının taşıyıcı sistemine ve yapı elemanlarınca etki eden tüm kuvvetlerine yük adı verilmektedir. Çizelge 3.9'da yapıya etki eden yük türleri görülmektedir. Yapıya etki eden tüm kuvvetlerin, yapının çatısından temeline kadar tüm elemanların iç birleşimlerinde kesintiye uğramadan iletilmesi gerekmektedir. Bu kuvvetler yapının iskeletini oluşturan taşıyıcı elemanlardan geçerek zemine kadar aktarılmaktadır. Kuvvetlerin yapı elemanlarınca direk olarak aktarıldığı bu yola yük aktarım yolu adı verilmektedir. Amacına uygun olarak tasarlanıp, projelendirilen bir yapının, kullanıldığı süre zarfında etkisi altında kaldığı yüklerin yapıda oluşturduğu deformasyonların ve yük etkilerinin bilinmesi gereklidir.

Bir yapıya etki eden yükler, eğilme momenti (M), kesme kuvveti (V), burulma momenti (T) ve normal kuvvet (N) olmak kaydıyla yapıda deformasyon oluşturmaya çalışmaktadırlar.

Çizelge 3.9. Yapıya etki eden kuvvetler.

Kalıcı Yükler (G)	Dikme Ağırlığı, Duvar Ağırlığı, Kaplama Ağırlığı vb.
Hareketli Yükler (Q)	Eşya Yükleri, İnsan Yükleri, Kar Yükleri vb.
Yatay Yükler (E)	Deprem Yükleri, Rüzgâr Yükleri

3.7.1. Kalıcı yükler

Ölü veya zati yük diye adlandırılan yük yapının kendi ağırlığıdır. Yapı içerisindeki hareketli yükler, kar yükleri yapıdaki düşey yükleri oluşturan diğer yüklerdir. Bir yapının analizi yapılırken bu yüklerin önemi de oldukça fazladır. Hangi bölgede bulunduğu, kar yükü için önemli iken, tasarlanırken hangi amaca hizmet edeceği de ölü ve hareketli yük açısından önemlidir. Bu yükler statik ve dinamik yükler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.

3.7.2. Statik yükler

Yapının kendi ağırlığı olan yüklerdir. Temel, kolon, kiriş, dikme, çapraz taşıyıcılar gibi taşıyıcı sistemler ve yapıda kullanılan sıvalar, döşeme kaplamaları, kapılar, pencereler vb. yüklerde statik yükler olarak adlandırılmaktadır. Yapı ağırlığı hesaplanırken doğruluk payı en yüksek hesaplanabilen yüklerdir.

3.7.3. Hareketli yükler

Hareketli yükler kalıcı bir yük olmadığından dönemsel değişiklikler gösterebilmektedirler. Taşıyıcı sistemin bir parçası olmayan hareketli yükler, araç gereçler, insanlar gibi yüklerde oldukça önem arz etmektedir. Hareketli yüklerin hesapları yapılırken en önemli noktalardan biri de bu durumları iyi çözümlenerek hesaplar yapılmaya çalışılmalıdır. Bu yüklerin kesin hesabını yapmak değişkenlik arz ettiğinden statik yüklere nazaran oldukça zor olabilmektedir.

3.7.4. Yatay yükler

Rüzgâr ve deprem yüklerine yatay yükler denmektedir. Bu yükler yapıya yatay yönde etki etmektedir. Deprem kuvvetleri yapıya yatay yönde kuvvet etki edeceğinden oldukça yıkıcı durumlar ile karşı karşıya kalınabilmektedir. Binanın süneklilik durumu

ve deprem bölgeleri için belirlenen katsayılar proje ve tasarım aşamasında iyi değerlendirilmelidir.

3.8. Ahşap Yapıların Yararları ve Sakıncaları

Kullanım amacı ve türü ne olursa olsun bir yapı mimari olarak projelendirilirken yapının kullanımına bağlı olarak en uygun taşıyıcı iskelet malzemesinin seçilmiş olması gerekmektedir. Yapı için ayrılan bütçenin yanı sıra binanın yapılması için gereken süre ve ülke piyasasındaki yeri dikkate alınarak taşıyıcı ahşap malzemesinin yararları ve zararlarının da bilinmesi gerekmektedir.

3.8.1. Ahşabın yararları

Ahşabın yararlarından en önemlisi çok hafif bir yapı malzemesi olmasına karşın yüksek mukavemete sahip olmasıdır. Örneğin ahşap 600 kg/m^3 birim ağırlığı ile betonarmenin dörtte bir ağırlığa sahip olduğu halde basınç ve eğilmeye karşı mukavemeti betonarmeye çok yakındır. Aynı zamanda kendi ağırlığı çok hafif olduğu için temele aktaracağı yükte az olacaktır. Dolayısıyla zemin durumu betonarme ve çelik yapılar için sakıncalı dahi olsa ahşap yapılar için projelendirmesi uygun olabilmektedir.

Ahşap malzemesi çok hafif bir yapıda olması diğer yapı elemanlarına nazaran montajında herhangi bir düzeneğe yada kapsamlı bir iskeleye gerek olmadan basit bir düzenele çok kısa sürede yapılabilmektedir. Ahşap yapı elemanlarının bir diğer özelliği de ulaşımının diğer yapı elemanlarına göre kolay olmasıdır. İşçiliği için çok detaylı makinelere ihtiyaç duyulmaz. Çelik veya betonarme yapıda bina geri dönüşümü çok az iken ahşap bir yapı düzenli bir şekilde demontajı yapıldığında geri kazanımı olabilmekte ve çok az kayıpla montajının tekrar yapılmasına imkân sağlayabilmektedir.

Ahşap yapıların bir diğer yararlı yönü ise yıpranan kısımlarının diğer yapı elemanlarına göre restorasyonunun kolay olmasıdır. Nemlenmiş, çürümüş, yıpranmış taşıyıcı sistemler bile çok zorlanılmadan onarılabilir. Ahşap malzemeler kimyasal maddelere karşı oldukça dayanıklı bir yapı elemanıdır.

3.8.2. Ahşap malzemesinin sakıncaları

Ahşap malzeme su aldığı anda şişer ve kuruyunca da büzülür. Ayrıca çatlak oluşması, çok fazla güneşe direk maruz kalması, rutubet olması gibi durumlar ahşap malzemeyi oldukça olumsuz yönde etkilemektedir.

Ahşap anizotrop bir malzemedir. Heterojen bir dağılımı olduğundan mekanik özellikleri her doğrultuda farklılık gösterebilmektedir. Yani dayanımı lif doğrultularına bağlı olarak değişmektedir. Ahşap bir yapı tasarlanırken doğrultuları bilinmeden tasarım yapılmamalıdır.

Yangın esnasında ahşap malzeme kolay tutuşabilen bir yapıya sahip olduğundan yapı tasarlanırken kesit ölçüleri uygun seçilmeli ve çeşitli kimyasal yöntemlerle önlem alınması gerekmektedir. Kesit ölçüleri yangın esnasında ahşap malzemenin yıkılmasında önemli derecede bir yere sahiptir. Kesit ölçüleri küçük olan bir taşıyıcı sistem yangın esnasında kolayca yıkılabilir.



4. AHŞAP YAPININ GÜNÜMÜZDE KULLANIMI VE YERİ

Dünyadaki gelişmiş ülkelere baktığımızda betonarme ve çelik yapıların genel anlamda barınma ihtiyacını karşılamak için kullanılmadığı daha çok iş merkezleri ve alışveriş merkezleri olarak kullanıldığı görülürken, ahşap yapılar ise daha çok barınma ihtiyacını karşılamıştır.

Anadolu geleneği olan ahşap yapılar bir asır öncesine kadar hemen her yerde kullanılırken özellikle bakımının düzgün yapılamaması ve gün geçtikçe ülkemizdeki kereste ihtiyacının ormanlardan karşılanmasından kaynaklı orman azlığı ve genç nüfus artışının fazla olması sebebiyle yüksek katlı bina yapımına eğilimin olması gibi sebepler ahşap yapıya olan ilgiyi azaltmıştır.

Teknolojinin gün geçtikçe gelişmesiyle yeni detay ve teknikler geliştirilerek, ahşap yapıların üretimi sürekli yenilenerek devam etmektedir. Avrupa'da barınma ihtiyaçlı yapıların %90'nı, Amerika'da %80-90'nı ahşap yapılardan oluşturmaktadır. Hatta Amerika'daki bazı eyaletlerdeki ahşap konutların kullanım oranı son yıllarda %99 oranına ulaşmıştır. Avrupa'da ve Amerika'da ahşap konut sayısı her yeni gün artarken Türkiye'de bakıldığında ise bu durum tamamen farklılık göstermekte ve gelişmiş ülkelere nazaran ahşap konut oranı %5'i geçememektedir. Özellikle 1999 depremi sonrasında betonarme yapılardaki oluşan hasarlar ve yıkılmalar göz önüne alındığında, ahşap malzemenin önemi artmaya başlamış ve ülkemizde de birincil barınma ihtiyacı olmasa da gün geçtikçe kullanımını artmaya başlamıştır. (Ohanesyan, 2012). Ahşap yapım teknikleri teknolojiye bağlı olarak sürekli gelişmekte olup; sürekli güncellenen yönetmelik ve standartlar ile kullanım ömrü ve kalitesi arttırılmaktadır.

4.1. Ahşap Yapılar için Yürürlükte Olan Standart ve Yönetmelikler

Geçerli, sağlam ve dayanıklı bir yapı yapılabilmesi için, yapılacak imalatın ve üretiminin belli kurallar ve standartlar dahilinde yapılması gerekmektedir. Yapılacak bir yapının nasıl yapılacağı, hangi işlemlerden geçirildiği, kullanılan malzemenin kalitesi ile uyumunun olup olmadığı denetleyiciler tarafından belli şartlar ve kurallara göre denetlenmesi gerekmektedir. Dünyada ve ülkemizde ahşap yapıların tasarımını belirleyen belli başlı standart ve yönetmelikler vardır.

Bu standart ve yönetmelikler;

- Eurocode 5 - European Committee for Standardization,
- American Institute of Timber Construction (AITC)
- American Wood Council (AWC)

- TS 647 - Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (1979)

şeklinde sıralanabilir.

Dünyanın önde gelen ülkelerinde ahşap yapılara olan önem ve ilgi ne yazık ki ülkemizde henüz yeterli düzeyde değildir. Bu nedenle ülkemiz yönetmelik ve standartlarında çok büyük eksiklikler vardır. Betonarme ve çelik yapıların standartları çok daha ileri seviyelerdeyken ahşap yapılar ile ilgili detaylı bir standardımız mevcut değildir.

Kullanmakta olduğumuz TS 647 ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) 2019 yılı itibariyle yerini Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018 TBDY)'ne bırakmıştır. Ayrıca ülkemizde de geçerli olan ve düzenli olarak güncellenen Avrupa Birliği standardı olan Eurocode 5 de kullanılmaktadır.

1979 tarihinde yürürlüğe giren ve masif ahşap ve kontrplakların ayrı ayrı veya birlikte kullanımlarıyla oluşturulan ahşap yapıların hesap kurallarını belirleyen TS 647 ahşap yapıların genel kurallarından bahsederek emniyet gerilmeleri, çekmeye ve basınca karşı çalışan yapı elemanlarından, ahşap birleşim detaylarıyla sehim değerlerine değinmektedir. Ayrıca hesap kuralları ile masif ahşap ile ilgili bilgiler verilerek ahşap taşıyıcıların tahkikleri ile ilgili formüller açıklanmıştır.

4.2. DBYBHY (2007) ile TBDY (2018) Karşılaştırması

Bina analizi yapılırken 2007 deprem yönetmeliğinin yürürlükte olmasından dolayı seçilen yapının deprem analizi DBYBHY 2007'ye göre yapılmıştır. Fakat 2018 deprem yönetmeliği incelenerek arasındaki farklara değinilmiştir.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) yerini 18 Mart 2018 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne bırakmıştır. Bu iki yönetmelik arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

4.2.1. Deprem yer hareketleriyle ilgili değişiklikler

Yeni deprem yönetmeliği TBDY 2018'de deprem yüklerinin hesabı için bina tasarımlarında DBYBHY 2007'ye göre bazı değişiklikler yapılmıştır. Depremle ilgili başlıca ilk değişiklik TBDY 2018 ile birlikte kullanılmaya başlayacak olan güncellenmiş Türkiye Deprem Tehlikesi Haritalarıdır. Deprem haritası kavramıyla birlikte Türkiye'deki deprem bölgeleri ortadan kalkmıştır. Bunun yerine Türkiye'deki

her nokta için haritadan S_s ve S_1 değerleri okunabilmektedir. Bunlar sırasıyla $T = 0.2$ saniye kısa periyod ve $T = 1.0$ saniye uzun periyod bölgelerine karşılık gelen harita spektral ivme katsayılarıdır. Bu değerler zemin özelliklerini yansıtan katsayılarla çarpılarak tasarım spektral ivme katsayılarına (SDS ve SD_1) dönüştürülmekte ve tasarım ivme spektrumu bu değerlere bağlı olarak oluşturulmaktadır. Böylelikle daha önce binanın bulunduğu deprem bölgesine bağlı olarak tek bir değer alan spektral ivme katsayısı kısa ve uzun periyod bölgeleri için ayrı ayrı belirlenecektir. Tasarım spektrumu üzerinde kısa periyod bölgesi spektral katsayının periyodundan bağımsız olarak en yüksek değerleri aldığı ve ivmenin etkin olduğu bölge, uzun periyod bölgesi ise değerlerin periyoda bağlı olarak azaldığı ve hızın etkin olduğu bölgedir. Deprem yer hareketinin tanımlanmasıyla ilgili bir diğer yenilik ise fay hattına yakın bölgeler için uygulanacak olan bir katsayı ile ilgilidir.

Yeni deprem yönetmeliği TBDY (2018)'e göre standart tasarım deprem yer hareketi için baz alınan istatistiksel parametrelerde değişiklik yapılmamış, DBYBHY (2007)'de olduğu gibi 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem hareketi kullanılmıştır. Ancak yüksek katlı bina gibi özel konutların tasarımı için farklı deprem düzeylerinin kullanımı zorunlu tutulmuştur. Buna göre deprem düzeyleri DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere 4 ayrı kategoriye ayrılmıştır. En yüksek düzey olan DD-1, 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl, en düşük düzey olan DD-4 ise 50 yılda aşılma olasılığı %68 ve tekrarlanma periyodu 43 yıl olan deprem düzeyini ifade etmektedir. Standart tasarım deprem yer hareketi ise DD-2 deprem düzeyine tekabül etmektedir.

4.2.2. Bina önem katsayısı ile ilgili düzenleme ve değişiklikler

DBYBHY (2007)'de "binanın kullanım amacı veya türü" başlığı altında sınıflandırılmakta olan binalar yeni TBDY (2018)'de üç adet bina kullanım sınıfına ayrılmıştır. Daha önce ikinci önemli düzeyde bulunan okul, yurt, cezaevi ve müze gibi yapılar birinci önem düzeyine yükseltilerek önem katsayıları 1.4'ten 1.5'e çıkarılmıştır. Böylece bu yapılara etkiyecek deprem kuvvetinde önem katsayısı ile doğru orantılı olarak yaklaşık %7 mertebesinde artış gerçekleşecektir. Bina önem katsayısı olarak kullanılmakta olan 1.4 değeri ise yeni yönetmelikte iptal edilmiştir. EK-1'de 2018 TBDY'ne göre bina önem katsayıları gösterilmiştir.

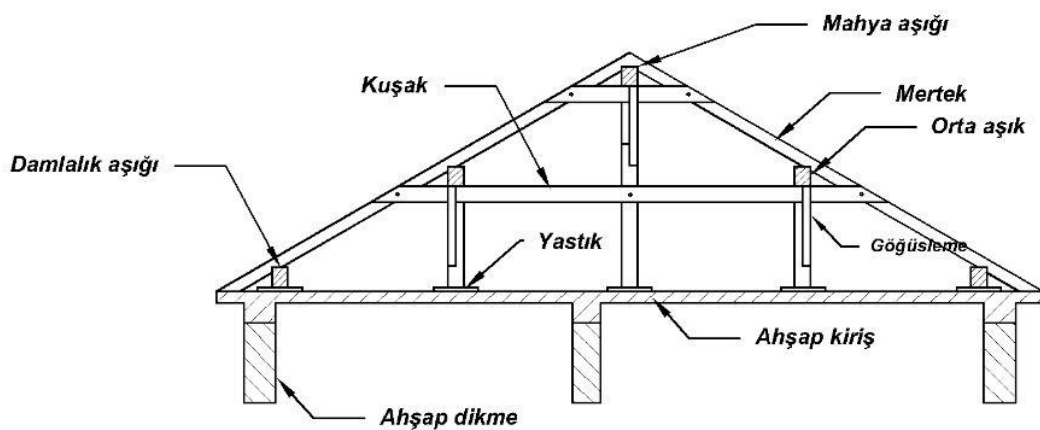
4.2.3. Yerel zemin sınıfı tanımında yapılan değişiklikler

DBYBHY (2007)'te zeminler Z1 en iyi ve Z4 en kötü olmak üzere 4 zemin sınıfına ayrılmıştır. Zemin sınıfının tayini ise yine sırasıyla en iyiden en kötüye doğru zemin özelliklerini ifade eden A, B, C ve D zemin gruplandırmasına ve binanın yerleştiği zemin katmanının yüksekliğine bağlı olarak yapılmıştır. TBDY (2018)'te zemin sınıfları ile zemin grupları tek bir tabloda birleştirilerek iyi zeminden kötü zemine doğru ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olarak ayrılmıştır. En kötü zeminleri ifade eden ZF sınıfı sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler olarak adlandırılmaktadır. Bu tür zeminler için sahaya özel davranış analizlerinin yapılması ve özel deprem yer hareketi spektrumunun kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Bu çalışma gözetim kontrolüne tabi olup konunun uzmanlarından tasarım, gözetim ve kontrol hizmeti alınmasını gerektirmektedir. EK-2'de TBDY (2018)'ne göre yerel zemin sınıfları değerleri gösterilmiştir.

4.3. Geleneksel Mimarisinde Ahşap Yapı Elemanları

Ahşap taşıyıcı sistemleri genellikle dikme, kiriş, bağlantı elemanları şeklinde taşıyıcı sistemler olacak şekilde yapılır. Ahşap yapı temeli genellikle ahşaptan yapılmaz, moloz taş ya da tuğla duvar örgüsüyle yapılarak, dikmeler ve kirişler ile yapı inşasına devam ettirilir. Ahşap çatılar genellikle geleneksel Türk mimarisine özgü alaturka kiremitlerden yapılmıştır. Fakat son yıllarda yapılan ahşap yapılarda ise bu durum Marsilya kiremit yapımına dönmüştür. Duvarlar tuğla ve sıva ile yapılmıştır.

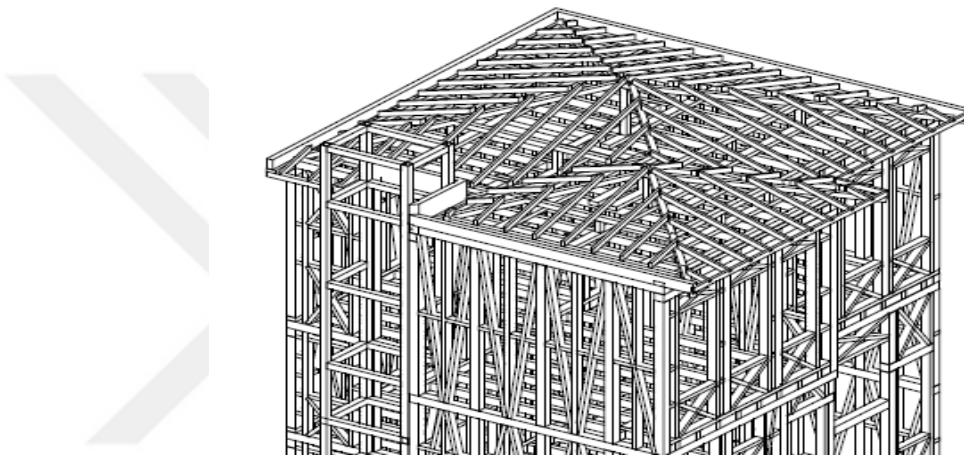
Şekil 4.1'de geleneksel mimaride ahşap yapının taşıyıcı elemanları ve nerede nasıl kullanıldığı ile ilgili görsel verilmiştir.



Şekil 4.1. Ahşap yapının taşıyıcı elemanları (URL,1).

Analizini yapacağımız binada ahşap çam malzemeden dikmeler, kirişler ve payandalar kullanılmıştır. Bağlantı elemanları içinse çivi ve vida gibi malzemeler kullanılmıştır.

Ahşap yapıların taşıyıcı sistemleri hakkında genel bilgiler verilerek mevcut analizi yapılacak binanın taşıyıcı sistemleriyle arasındaki benzerliklerden bahsedilecektir. Bilindiği gibi ahşap malzeme geleneksel konut yapılmasında yaygın olarak kullanılan bir yapı elemanıdır. Şekil 4.2’de incelenen ahşap yapının SAP 2000 programında çizilmiş hali görülmektedir.



Şekil 4.2. Ahşap yapı örneği.

Yapıda zemin kat giriş kısmının olduğu bir bölüm ile mutfak ve oda şeklinde tasarlanmıştır. Döşeme kaplaması olarak ahşap malzeme, tavan kaplaması olarak çıtalı ahşap kullanılmıştır. Duvarlar ise sıva ve boya şeklindedir. Üst katlarda ise odalar ve sofa bulunmakta ayrıca banyo bölümü vardır. Kullanılan malzeme zemin kat ile aynı olmakla beraber banyo kısmında seramik kaplama kullanılmıştır. Yapı zemin kattan itibaren dikmeler ve kirişler ile desteklenmiş gerekli görülen yerlerdeyse çaprazlar atılarak binaya etki eden yüklerin dağıtılması sağlanarak binaya kısmen süneklilik kazandırılmıştır.

5. ANALİZİ YAPILACAK YAPININ İNCELENMESİ VE TEKNİK RAPORU

5.1. Geleneksel Ahşap Yapıların Analizinin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Değerlendirilmesi

Bu bölümde Bursa ili Mudanya ilçesinde bulunan yapının analizi değerlendirilmiştir. Yapının mimari ve taşıyıcı sistem röleveleri gerçek haline uygun olarak yapılmış olup gerekli görüldüğü durumlarda sonlu elemanlar yöntemi ile boyutlandırılabilen bir programa (SAP 2000) tanıtılmıştır. Yapının taşıyıcı sistemlerinin boyutları ve kullanılan ahşap malzemenin türleri, deprem bölgesi durumu, elastisite değerleri, poisson oranı SAP 2000 programına girilerek, programa yeni bir malzeme tanıtımı yapılmıştır. Ahşap malzeme orthotropic bir malzeme olduğundan ve davranışı çelik veya betonarme yapılar gibi homojen olmadığından davranışları tamamen farklı yapıdadır. Bu sebeplerden kaynaklı SAP 2000 programında ayrıca ahşap malzeme diye bir malzeme tanıtımı yoktur.

5.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi yapının taşıyıcı elemanlarının sayısal olarak ifade edilerek, analitik ve matematiksel yöntemlerle boyutlandırılabilmesi için bilgisayar teknolojisiyle analiz yöntemine denmektedir (Dışkaya, 2004). Bu yöntem son derece karmaşık olan mühendislik problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem ile bilgisayar programı yardımıyla çözülemeyecek yapı sistemlerini çubuk elemanlara dönüştürülmesiyle analizleri yapılabilmektedir. Yapılara etki eden gerilmeler ve kuvvetler hesaplanarak yapıdaki taşıyıcı sistemler doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir.

5.3. Analizi Yapılacak Binaya Ait Ön İnceleme Raporu

Bursa İli, Mudanya İlçesi sınırları içinde bulunan, ahşap yapıya ait taşıyıcı sistem yapı gözlemsel raporunu kapsamaktadır. Şekil 5.1'de yapının önden görünüşü ve durumu görülebilmektedir.

Yapı Bilgileri:

- Yapı sahil şeridinde olup kıyıya çok yakın konumda, nem oranı oldukça yüksek iklim şartlarına sahip bir yerde bulunmaktadır.
- Taşıyıcı sistem ahşap dikmeler ve bunların arasına dolgu olarak yerleştirilmiş harman tuğlasından oluşmaktadır. Tuğlaların arasında ise harç malzemesi olarak çamur kullanılmıştır.

- Döşeme sistemi ise yine yatayda dizilmiş ahşap taşıyıcı üzerinde tahta kaplama ile teşkil edilmiştir.
- Yapı çatı sistemi son kat döşeme taşıyıcıları üzerine oturan kırma çatı şeklinde yapılmıştır. Çatı kaplaması olarak kiremit kullanılmıştır.
- Yapıda taşıyıcı yükleri dağıtmak için çaprazlar kullanılmıştır.



Şekil 5.1. Yapının önden görünüşü.

Yapı Gözlem Sonuçları:

Yapı bütününde yapılan gözlemsel incelemeler sonucunda aşağıdaki durumlar tespit edilmiştir.

1. Yapı çatı elemanlarının önemli bir bölümü dış ortam şartları nedeniyle iç oda üzerine çökmüş ve yapı buradan ciddi manada su ve nem almıştır. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te yapının deforme olmuş taşıyıcı kısımları görülmektedir.



Şekil 5.2. Deforme olmuş çatı taşıyıcıları.



Şekil 5.3. Dikmeler ve çatı taşıyıcıları.

2. Yapı döşeme taşıyıcı yatay kirişlerinin düşey taşıyıcılara bağlantı noktaları nem ve organik deformasyonlardan dolayı dönme ve çökme hareketleri oluşturmuştur. Şekil 5.4'te taşıyıcı kirişler görülebilmektedir.



Şekil 5.4. Döşeme kirişi bağlantı noktası deformasyonu.

3. Düşey taşıyıcı duvar blokları birbirinden bağımsız düzlem dışı hareketler yapmış olup bağlantı noktalarından önemli ölçüde ayrışmalar gözlenmiştir. Bina karkas bütüncül taşıyıcı olma özelliğini büyük oranda yitirmiştir. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da taşıyıcı duvardaki çatlaklar görülebilmektedir.



Şekil 5.5. Düşey taşıyıcı duvar ayrışması.



Şekil 5.6. Köşe duvarlarında oluşan ayrışmalar.

4. Düşey taşıyıcı ahşap kolonların kat seviyesindeki bağlantı noktalarında büyük oranda küflenme ve organik bozulma gözlemlenmiştir. Şekil 5.7’de kolon bağlantı noktalarında tahribatlar görülebilmektedir.



Şekil 5.7. Düşey taşıyıcı kolon düğüm noktası deformasyonu.

5. Döşeme diyaframında büyük yırtılma ve deformasyonlara rastlanmıştır. Izgara sistem ile tahta diyafram düzleminin beraber çalışma özelliği büyük oranda gitmiştir. Şekil 5.8’de zarar gören kısımlar görülebilmektedir.



Şekil 5.8. Tahta diyafram ve döşeme kirişleri deformasyonu.

6. Bina dış duvarları ile komşu parselde bulunan yapı duvarı arasında bitişik nizam düzenden olması gerekenden daha büyük ayrışma düşey düzlemde eksen dışı kaymalar gözlenmiştir. Bu durumun yan parsellerdeki yapı güvenliğini de risk altına aldığı görülmüştür. Şekil 5.9’da dış duvar deformasyonu görülebilmektedir.



Şekil 5.9. Dış duvar düzlem dışı deformasyonu.

Yapı çevresi ve yoldaki yaşam faaliyetleri gözlemlendiğinde can ve mal güvenliğinin ciddi ölçüde risk altında olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.10'da yapının durumuna bakıldığında tehlikeli olduğu görülebilmektedir.



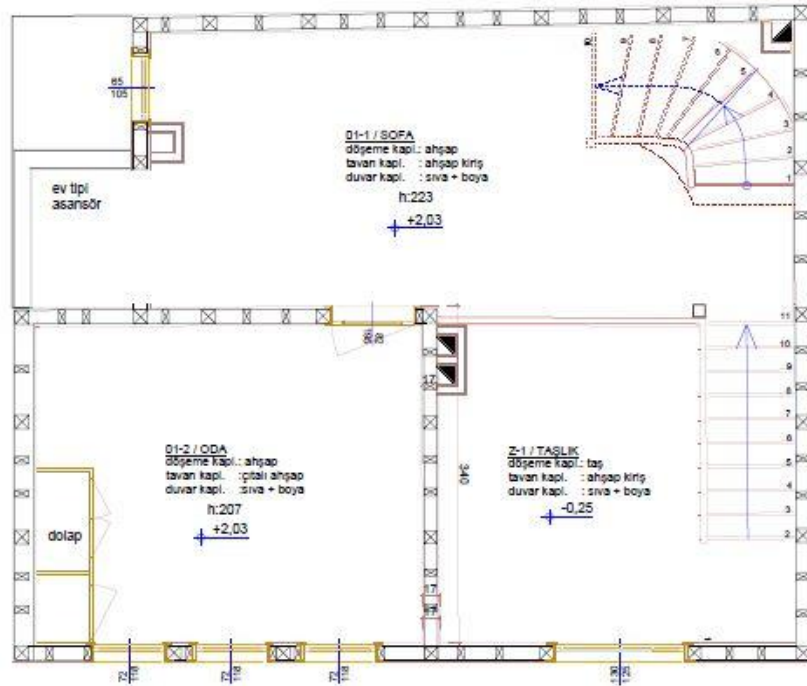
Şekil 5.10. Yapı dış görünüş risk durumu.

Sonuç ve değerlendirme olarak:

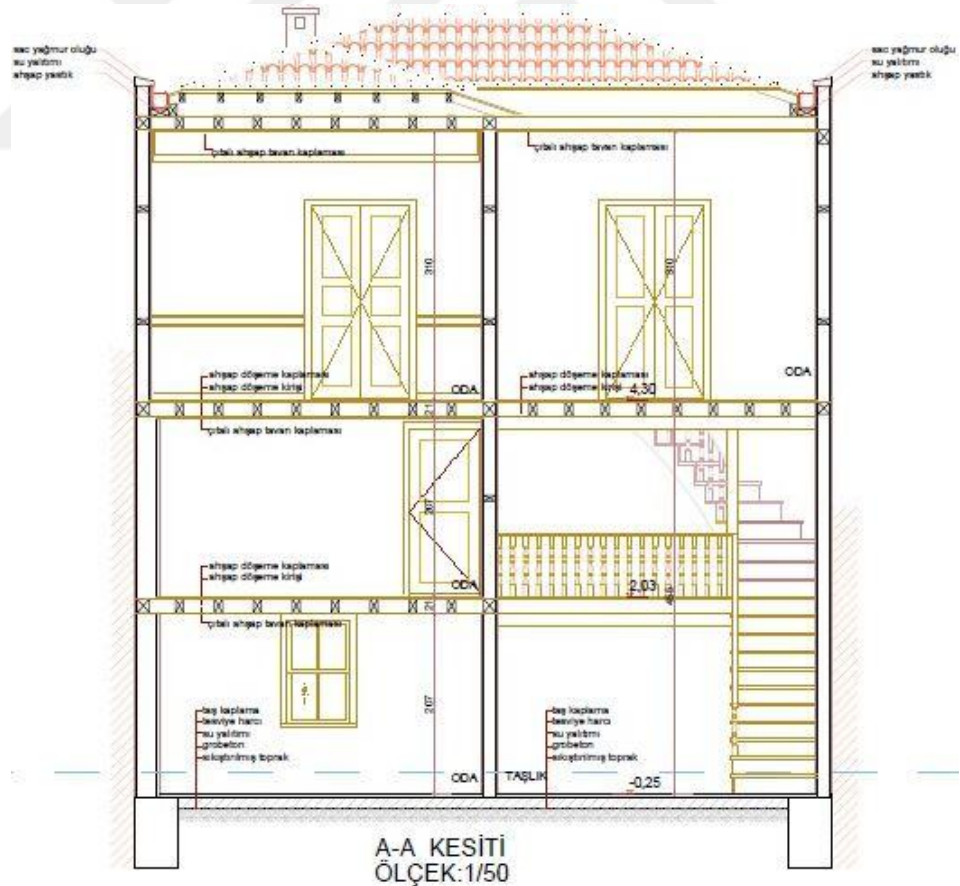
Yukarıda yapılan gözlemsel incelemeler sonucunda yapı taşıyıcı sisteminin büyük oranda özelliğini yitirdiği, yapı çevresinde can ve mal güvenliğini riske attığı, yapının yeniden aslına uygun şekilde imal edilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

5.4. Binaya Ait Röleve Çizimleri ve Yapısal Geometri

Yapı planda 8.07 m x 7.40 m boyutlarına sahiptir. Yapı Z+1+2 olmak üzere toplam üç kattan oluşmaktadır. Yapı kat yükseklikleri sırasıyla, 2.28; 2.28 ve 3.28 m dir. Tüm taşıyıcı sistem ahşap malzemeden oluşmaktadır. Yapı zemin kat planı Şekil 5.11'de verilmiş olup, Şekil 5.12'de görülmekte olan kesitten alınmıştır.



Şekil 5.11. Bina kat planı.



Şekil 5.12. Bina kesit görünüşü.

6. YAPISAL ANALİZ

Tüm taşıyıcı sistem SAP 2000 programı kullanılarak çubuk sistem, gerekli görüldüğü yerlerde de sonlu elemanlar metodu kullanılarak shell elemanlar vasıtası ile modellenmiş ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yapı sisteminin elemanları ve düğüm noktaları ile modellendikten sonra bazı çubuk elemanlar mesnetlenmiştir. Programlarda yapı analiz kodu olarak TS 498, DBYBHY (2007) yük ve kombinasyon değerleri kullanılmıştır. Teknik açıdan hem iki hemde üç boyutlu şekilde modelleme olanağı sunması ve deprem analizlerinin yapılabilmesi açısından yapının çözümlenmesinde SAP 2000 programı tercih edilmiştir.

6.1. Analizde Kullanılacak Şartname ve Yazılımlar ile Birimleri

Bu çalışmada belirtilen tüm hususlarda bu bölümde atıfta bulunulan standart ve şartnameler geçerlidir.

- TS 498; Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler, TSE 1997.
- DBYBHY 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.
- SAP 2000, Üç Boyutlu Yapısal Analiz Programı.

Hesaplama da kullanılacak olan birimler:

- Uzunluk: mm, m
- Kuvvet : N , kN
- Gerilme : MPa, kPa
- Moment : kN.m
- Birim Ağırlıklar : kN/m³
- Kütle : ton

6.2. Yapısal Malzeme

6.2.1 Malzeme ve birim ağırlıklar

Taşıyıcı sistemde kullanılacak tüm ahşap malzemelerin mekanik özellikleri Çizelge 6.1'de sunulmuştur.

Çizelge 6.1. Analizi yapılacak binada TS 647'ye göre kullanılacak değerler.

Malzeme	Elastisite modulu (liflere paralel) E// (mpA)	Elastisite modulu (liflere dik) E⊥ (mpA)	Kayma Modulu(G) (mpA)
I. SINIF CAM	10.000	300	500

Taşıyıcı sistemin kendi ağırlığı, analiz sırasında yazılım tarafından otomatik olarak Çizelge 6.2'de ki birim ağırlıklara göre hesaplanmaktadır.

Çizelge 6.2. Yapı malzemesinin birim hacim ağırlığı (URL,2).

Malzeme	Birim ağırlık (kg/m³)
AHŞAP	600

6.2.2. Emniyet gerilmeleri

Taşıyıcı sistemde kullanılacak tüm ahşap malzemelerin mekanik özellikleri Çizelge 6.3'de sunulmuştur.

Çizelge 6.3. TS 647'ye göre ahşap malzemelerin mekanik özellikleri.

Malzeme	Basınc emniyet gerilmesi (liflere paralel) σ// (kg/cm²)	Çekme emniyet gerilmesi (liflere paralel) σ// (kg/cm²)	Eğilme emniyet gerilmesi σ (kg/cm²)	Makaslama emniyet gerilmesi (liflere paralel) σ// (kg/cm)
I. SINIF CAM	110	105	130	9
II. SINIF CAM	85	85	100	9

6.3. Yükler ve Yük Kombinasyonları

6.3.1. Düşey yükler

Zati Ağırlık: Taşıyıcı sistem elemanlarının kendi ağırlığı olup, analiz modelinde tanımlanan eleman boyutları ve birim ağırlıklar kullanılarak program tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır.

Kaplama Yükleri: Taşıyıcı sistem üzerinde yer alan ahşap zemin kaplamaları, çatı örtüsü vb. tüm yük analizleri aşağıda sunulmuştur.

Oda Zemin kaplama: (3 cm tahta): $0.03 \times 600 = 18 \text{ kg/m}^2$

Parke Tali ızgara Çıta = 32 kg/m^2

TOPLAM = 50 kg/m^2

Kaplama yükleri SAP 2000 programında düzgün yayılı yük olarak etki edilerek 50 m^2 olarak girilmiştir. Burada ahşap malzemenin birim ağırlığı 600 m^3 olarak kullanılmıştır. Parke tali ızgara çıta ağırlığı ise özelliklerine bakılarak güvenli ortamda kalmak kaydıyla girilmiştir.

Çatı Kaplaması: Kaplama Tahtası: $0.03 \times 600 = 18 \text{ kg/m}^2$

Kiremit Urborit Isı Yalıtım vs. = 47 kg/m^2

Toplam = 65 kg/m^2

Duvar Yükü: 20 cm TUĞLA DOLGU = $0.19 \times 1300 = 247 \text{ kg/m}^2$

Sıva İç + Dış = $0.05 \times 2000 = 100 \text{ kg/m}^2$

Yalıtım = 3 kg/m^2

Toplam = 350 kg/m^2

6.3.2. Hareketli yükler

Yapı içerisinde bulunan hacimlerin kullanım fonksiyonlarına göre döşemelerde göz önüne alınacak hareketli yükler aşağıda sunulmuştur. Hareketli yük değerleri Çizelge 6.4'teki değerlere göre yapının analizi yapılırken binaya uygun olarak değerler alınmış ve programa girilerek tali kirişlere düzgün yayılı yük olarak aktarılmıştır.

Çizelge 6.4. TS 498'e göre hareketli yük değerleri.

Kullanım Şekli		Hesap Değerleri
ÇATILAR	yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	kN/m^2

1		Çatı arası odalar		1.5
2	Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50m ² 'ye kadar olan dükkanlar, Hastane odaları		2



Çizelge 6.4. (Devam Ediyor) TS 498'e göre hareketli yük değerleri.

	ÇATILAR yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	Merdivenler (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	Hesap Değeri KN/m ²
3	Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik(bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, Muayene odaları, Sınıflar, Yatakhaneler, Amfiler	Konut merdivenleri	3.5
		Camiler, Tiyatro ve Sinemalar, Spor dans ve sergi salonları, Tribünler (oturma yeri sabit olanlar), Toplantı ve bekleme salonları, Mağazalar, Lokanta, Kütüphane Arşivler, Hafif Ağırlıklı atölyeler, Büyük mutfaklar, Kantinler, Mezbahalar Fırınlara, Büyükbaş hayvan ahırları, Balkonlar 10m ² 'ye kadar, Genel yapı koridorları	Umuma açık yapılarda büro, hastane, okul, tiyatro, kütüphane, kitaplık vb.	5
5		Tribünler (oturma yeri sabit olmayan)		7.5
6		Garajlar (Toplam Ağırlığı 2,5 tona kadar olan araçlar için)		5

Oda : 200 kg/m²

Çatı döşemesi: 150 kg/m²

Sofa : 350 kg/m²

Kar Yüğü: Yapı bulunduğu bölgeye göre hesapta göz önüne alınacak kar yükü değerleri için Çizelge 6.5'teki değerler dikkate alınır. Standartta verilen değerler en

düşük değerlerdir. Mühendis yapının yerine, çatı tipine veya yapının önemine göre yönetmelikte belirtilen yükü arttırabilir. Değerler dikkate alınırken yapının bulunduğu yerinden denizden yüksekliği de kar yükü şiddetini etkilediği için, yapılara etki edecek olan kar yükleri belirlenirken gerek kaçınıcı derece kar bölgesi olduğu, gerekse yapı yerinin denizden yüksekliğinin belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada Mudanya deniz seviyesinde olduğundan kar yükü 75 kg/m^2 alınmıştır.

Çizelge 6.5. TS 498'e göre kar yükü değerleri.

Rakım, (m)	BÖLGELER			
	I	II	III	IV
≤ 200	0.75	0.75	0.75	0.75
300	0.75	0.75	0.75	0.80
400	0.75	0.75	0.75	0.80
500	0.75	0.75	0.75	0.85
600	0.75	0.75	0.80	0.90
700	0.75	0.75	0.85	0.95
800	0.80	0.85	1.25	1.40
900	0.80	0.95	1.30	1.50
1000	0.80	1.05	1.35	1.60
> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 arttırılır.			

6.3.3. Yatay yükler

6.3.3.1. Deprem yükleri

Yapının deprem hesaplarında DBYBHY-2007 şartnamesine uygun katsayılar kullanılmıştır. Taşıyıcı sisteme ait deprem parametreleri Çizelge 6.6'da sunulmuştur. Taşıyıcı sisteme ait deprem yükü azaltma katsayısı R:2 seçilmiştir (Yapısal çıkıntılara, Mimari Elemanlara Etkiyen Deprem yükleri). SAP 2000 programındaki bina ağırlığı ile eşdeğer deprem yükü hesabındaki duruma bakılarak binadaki rijitlik sağlanmıştır.

R:2 seçilme nedeni ahşap yapının yatay yüklere karşı sünekliğinin oldukça az olmasından kaynaklı olarak güvenli yerde kalabilmek amacıyla düşük tutulmuştur.

Diğer kullanılan yapı malzemelerinde deprem azaltma katsayısı ahşap malzemeye göre daha yüksektir. Çizelge 6.6'da hesaplamada kullanılacak değerler belirtilmiştir.

Çizelge 6.6. DBYBHY 2007'ye göre deprem yükleri.

Zemin Sınıfı	Z3	Ta	0.15sn
		Tb	0.60sn
Deprem Bölgesi	1	Ao	0.40g
Bina Önem Katsayısı		I	1.0
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı		R	2
Hareketli Yük Katılım Katsayısı		n	0.3

Yapının zemin sınıfı: Z3

Deprem bölgesi: Yapının bulunduğu bölge 1. deprem bölgesidir.

6.3.3.2. Rüzgar yükleri

Rüzgâr yükü ilgili yönetmelik çerçevesinde yapı yüksekliğine bağlı olarak TS 498'de değerler Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Çizelge 6.7. TS 498'e göre rüzgar yükü değerleri.

Yapı Yüksekliğince Gerilmenin Sabit Alındığı Yükseklik Bölgesi, m	V rüzgâr hızı m/s (km/saat)	q (Basınç Emme) kN/m²
0-8	28 (100)	0.5
8-20	36 (130)	0.8
20-100	42 (150)	1.1
100 ve yukarısı	46 (165)	1.3

Rüzgar yükü; çok yüksek olmayan, normal yapılar için statik olduğu kabul edilen ve yapıya yatay etkiyen yükür. TS 498-1997 standardında bulunan madde 11.2.3 ve 11.3'e göre hesaplanır. Çizelge 6.7'de rüzgâr yükü ile ilgili değerler belirtilmiştir. Rüzgârın esiş yönünde çarptığı yapı yüzeylerinde basınç, terk ettiği arka yüzeylerde ve

yalayıp geçtiği yüzeylerde emme kuvveti oluşur. Basınç veya emme kuvveti rüzgârın hızına ve yapının geometrisine bağlıdır. Rüzgâr hızı belli bir yüksekliğe kadar artar sonra sabit kalır. Bu nedenle cepheye etkiyen basınç veya emme kuvveti de yapı yüksekliğince artar.

6.3.4. Isı yükleri

Yapı ömrü boyunca maruz kalacağı ısı değişkenliği aralığı olarak 25 °C olacak şekilde alınmıştır.

6.4. SAP 2000 Programı İle Analiz Yöntemi

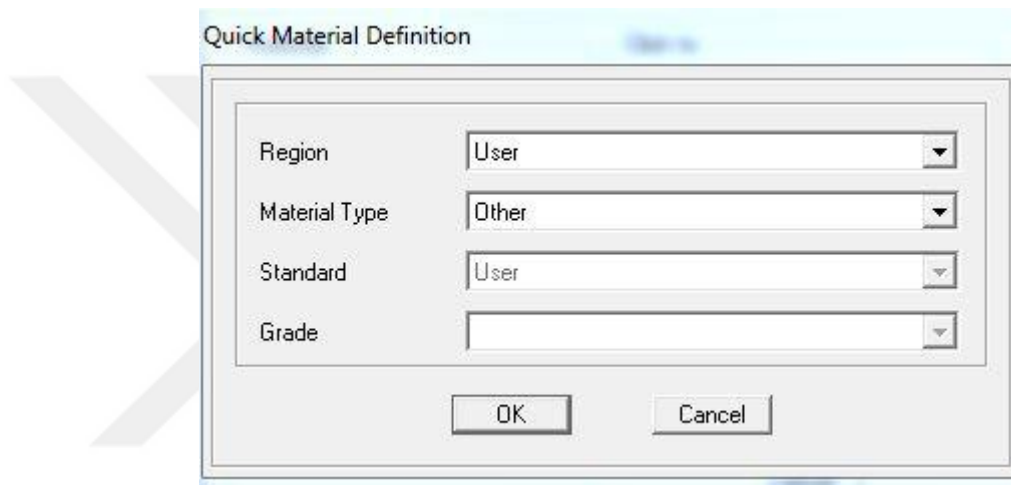
SAP 2000 programı boyutlandırma ve analiz programıdır. Ahşap bir yapıyı analiz edebilmek, çelik ya da betonarme bir yapıyı analiz etmekten farklıdır. Bu yapı sistemleri programda özellikleri tanımlı olmasından dolayı program boyutlandırmayı otomatik olarak yapabilmektedir. Fakat ahşap malzemenin boyutlandırılmasını yapabilmek için öncelikle kullanıcı programa malzeme tanıtımını yapması gerekmektedir. SAP 2000 kullanıcının mühendislik anlamında kendince şartnamelere sadık kalmak şartıyla yorum yapabilmesine imkân sağlamaktadır. Programda ahşap yapı modelinin oluşturulabilmesi öncelikle çubuk elemanları ifade eden sonlu elemanlar tanımlanarak sistem şekillendirilmelidir. Bu durum için yapılması gereken bazı koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir.

- Ahşap malzemenin türüne göre (Çam, kayın, vb.) elastisite modüllerinin sisteme girilmesi gerekmektedir.
- Yapıya etki eden düşey ve yatay yüklerin yönetmelik ve kurallarca belirlenen sınırlarda kalınarak girilmesi gerekmektedir.
- Analiz sonucunda boyutlandırmanın yeterli olup olmayacağına mesnet ve diyagramlara bakılarak yeniden belirlenmelidir.

6.4.1. Ahşap malzeme tanımlanması

Ahşap bir malzeme özellikleri SAP 2000 programında bulunmamaktadır. Kullanıcı öncelikle malzeme özelliklerini bilmeli ve sisteme tanıtmalıdır. SAP 2000 programında tanıtılırken, Define sekmesinden Materials tıklanarak Add new Materials kutucuğu tıklanmalıdır. Buradan user ve other seçilerek Orthotropic malzeme tanımlanmalı ve elastisite modülleri, poisson oranı gibi malzemeye özgü değerler

girilerek sisteme ahşap malzemeyi manuel olarak tanıtmamız gerekmektedir. Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de nasıl tanımlandığı gösterilmiştir. Malzeme tanıtılması çok önemli bir husustur, elastisite modülü özellikle malzemenin deplasman değerlerine etki etmektedir. Ahşabın elastisite modülü genel itibariyle düşük olan bir malzemedir. Eksenine dik yönde taşıyan kiriş gibi, bir taşıyıcı yapı elemanının en önemli özelliklerinin biride yapacağı sehmdir. Betonarmeye göre düşük elastisitesi olan ahşap yapılarda her zaman taşıyıcılarda çok daha büyük sehimler oluşmaktadır. Bu nedenle ahşap taşıyıcılı bir yapının davranışında ana kiriş ve tali kirişlerde biraz daha yüksek sehim beklenir.



Şekil 6.1. Ahşap malzemesinin SAP 2000 programına tanıtılması.

Şekil 6.3’te ahşap malzemenin poisson oranı, elastisite modülü programa tanıtılması gösterilmiştir.

Material Property Options

Material Name Ahşap_çam

Material Notes

Options

Material Type

Directional Symmetry Type

Display Color

Material Properties are Temperature Dependent

Şekil 6.2. Malzemenin özellik seçenekleri.

Material Property Data

Material Name Material Type Symmetry Type

Modulus of Elasticity

E1	<input type="text" value="2038"/>
E2	<input type="text" value="2038901,9"/>
E3	<input type="text" value="2038901,9"/>

Weight and Mass

Weight per Unit Volume	<input type="text" value="7,849E-03"/>
Mass per Unit Volume	<input type="text" value="8,004E-06"/>

Units

Poisson's Ratio

U12	<input type="text" value="0,3"/>
U13	<input type="text" value="0,3"/>
U23	<input type="text" value="0,3"/>

Coeff of Thermal Expansion

A1	<input type="text" value="1,170E-05"/>
A2	<input type="text" value="1,170E-05"/>
A3	<input type="text" value="1,170E-05"/>

Shear Modulus

G12	<input type="text" value="784193,"/>
G13	<input type="text" value="784193,"/>
G23	<input type="text" value="784193,"/>

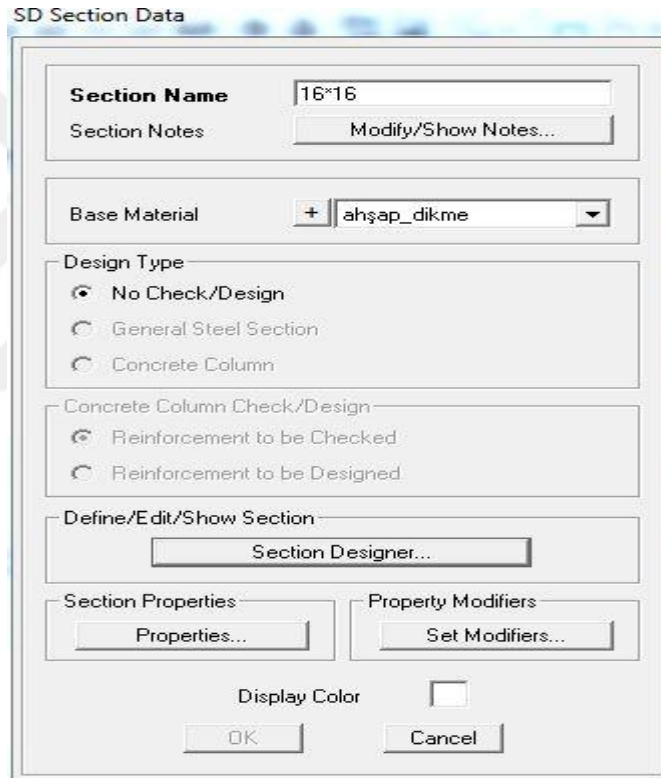
Advanced Material Property Data

Şekil 6.3. Çam ağacı özellikleri.

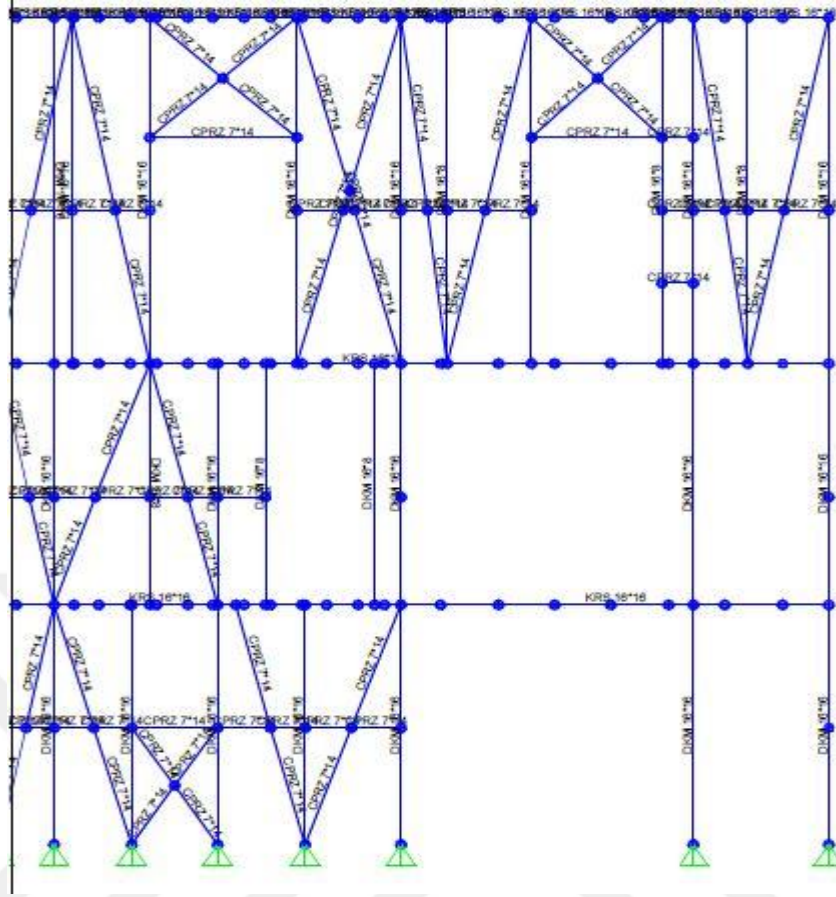
Böylelikle SAP 2000'de manuel olarak girilerek ahşap bir yapı analizi yapılabilmektedir.

6.4.2. Yapısal modelinin oluşturulması

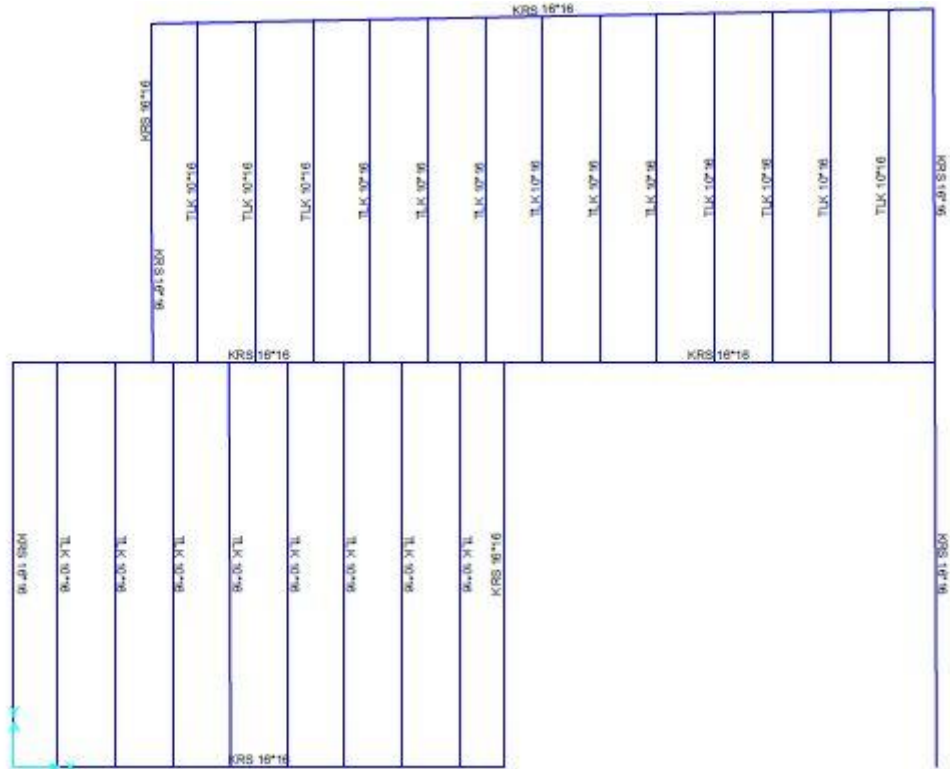
Ahşap modelleme için öncelikle programa model ile ilgili akslar tanımlanmıştır. x, y, z doğrultularında değerler binanın kalıp planı ve kat yükseklikleri dikkate alınarak yapılmıştır. Burada x ve y kalıp planında yapının en ve boyu ile ilgiliyken z ise kat yüksekliği ile alakalı değer olacaktır. Sisteme daha sonra malzeme ve kesit özellikleri tanımlanacaktır. Modelii oluşturduktan sonra kirişler dikmeler gibi taşıyıcı sistemler programa çizilerek tanıtılmıştır. Programda define menüsünden sections properties kısmından bu işlemler yapılmıştır. Şekil 6.4'teki alıntıda ise örnekle gösterilmiştir. Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da SAP 2000 programına taşıyıcı elemanlar tanıtılmıştır.



Şekil 6.4. SAP 2000 programına ahşap elemanların tanıtılması.



Şekil 6.5. Dikme ve çaprazların SAP 2000 programına tanıtılması.



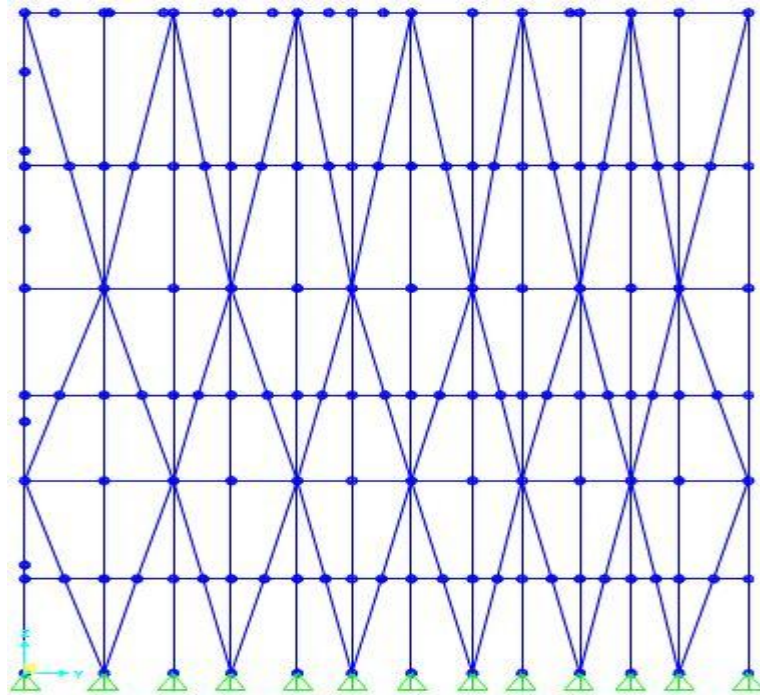
Şekil 6.6. Ana kiriş ve tali kirişlerin programa tanımlanması.

6.4.3. Yapıya ait mesnet koşullarının oluşturulması

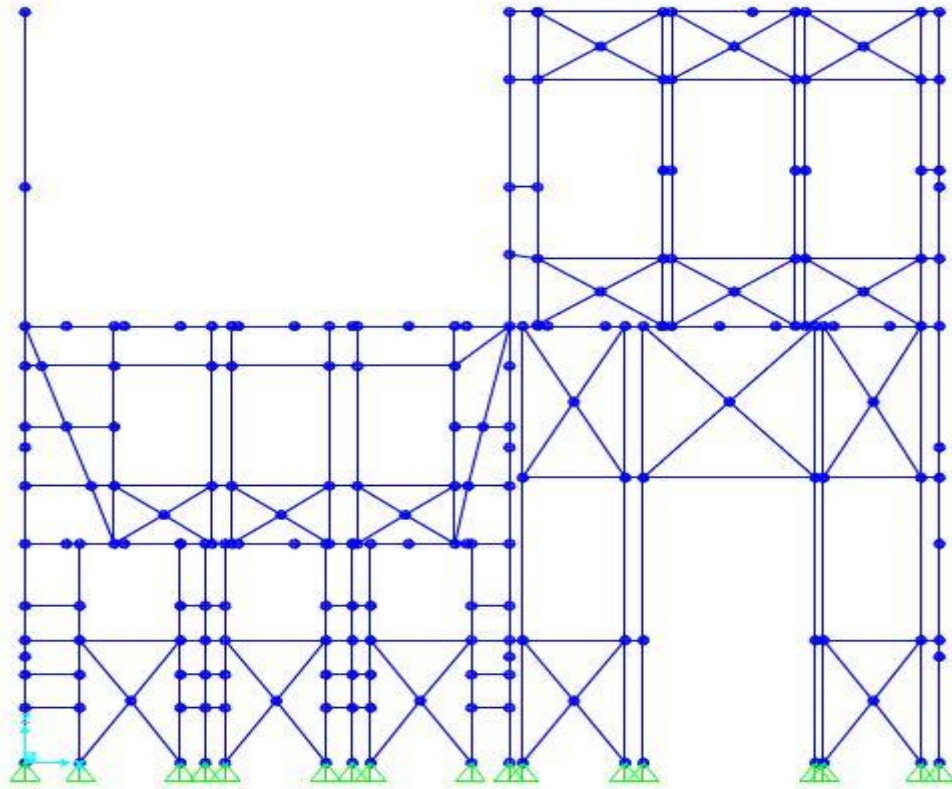
Model oluşturulurken dikmeleri programda seçerek uygun mesnetleri yerleştirmek gerekmektedir. Ahşap yapılarda temel ile bağlantının diğer yapı elemanlarınca daha farklı olması bu durumu yapı açısından biraz daha riskli duruma getirmektedir. Assign menüsünden frame sections tıklanarak dikmeler sisteme tanıtılarak ve assign menüsü joint kısmından mesnetler dikmelere atanmıştır. Şekil 6.7'de örnekte görsel olarak gösterilmiştir. Şekil 6.8 ve Şekil 6.9'da binaya ait mesnet yüklemeleri programa tanıtılmıştır. Bağlantı noktaları TS 647'deki hesap ve kurallar çerçevesinde, yapının bağlantı noktaları yerinde yapılırken tam uygunluğu kabul edilerek SAP 2000 programında modellenmiştir.



Şekil 6.7. SAP 2000 programında mesnet koşullarının oluşturulması.



Şekil 6.8. Sağ yan görünüşe göre SAP 2000 programına mesnetlerin tanıtılması.



Şekil 6.9. Ön görünüşe göre SAP 2000 programına mesnetlerin tanıtılması.

6.4.4. Tasarım yük kombinasyonları

Tüm taşıyıcı sistemler analiz edilmiş ve ilgili yönetmelikler çerçevesinde farklı yük kombinasyonları kullanılarak sistem tasarım ve deplasman kontrolleri en elverişsiz durum için irdelenmiştir.

Dead : Zati ağırlık

Kpl : Kaplama yükleri

S : Kar yükü

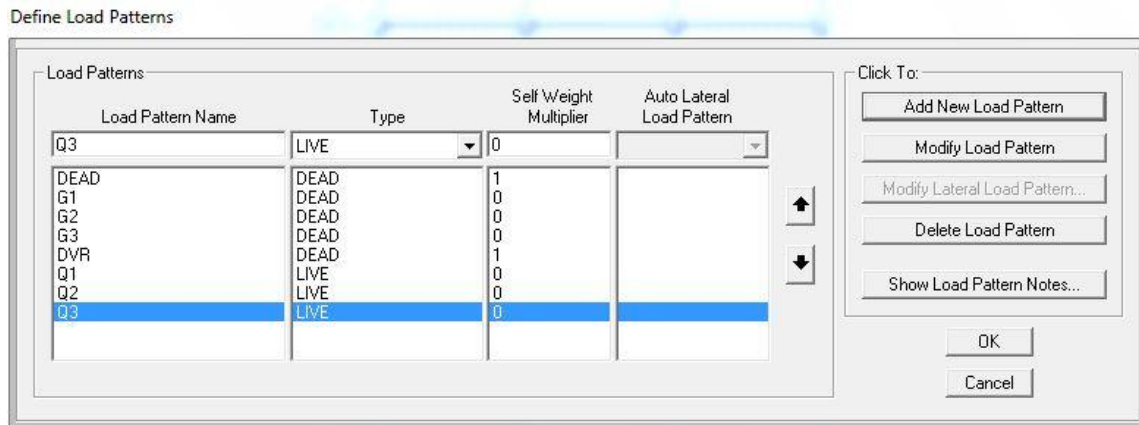
Q : Hareketli yükler

Dvr : Duvar yükü

Çatı katı : Çatı zati yükü

Ex ve Ey : x ve y yönlerindeki deprem kuvvetleri

Duvar ağırlığı, kaplama ağırlığı, kiriş, dikme ağırlığı gibi ayrı ayrı yükler tanımlanarak bu tür yüklerle G altında ölü yük tanımlanmıştır. Define, Load Patterns kısmından hem hareketli yük (Q) hem de ölü yükler tanımlanmıştır. Şekil 6.10'da SAP 2000 programında örneği görsel olarak verilmiştir.



Şekil 6.10. SAP 2000 programında yük kombinasyonlarının tanıtılması.

Daha sonra bina katları modellenerek select properties menüsünden döşemeler tanımlarak yükler girilmelidir. Bu arada üniform yükleride tanıtarak tüm katlarda aynı işlemler yapılmalı ve çatı modellemesi de binaya oturtulmalıdır.

6.4.5. Deprem yükleri

Deprem yükleri hesaplanırken öncelikle yapının hangi deprem bölgesinde olduğu bilinmelidir. Çizelge 6.8’de zemin sınıflarına göre titreşim periyodları gösterilmiştir. Yapı 1.derece deprem bölgesi, Z3 sınıfındadır. Buna duruma bağlı olarak titreşim periyod aralıkları T_A (sn) için 0.15 sn T_B (sn) içinse 0.60 saniye aralıklarında olması dikkate alınacaktır. Bu değerler deprem spektrum grafiğinin belirlenmesi için önemlidir. Denklem 6.1 ve 6.2’den yararlanılarak spektrum eğrisi Denklem 6.3’e göre çizilmektedir.

Çizelge 6.8. DBYBHY 2007’ye göre zemin sınıflarına göre titreşim periyodları.

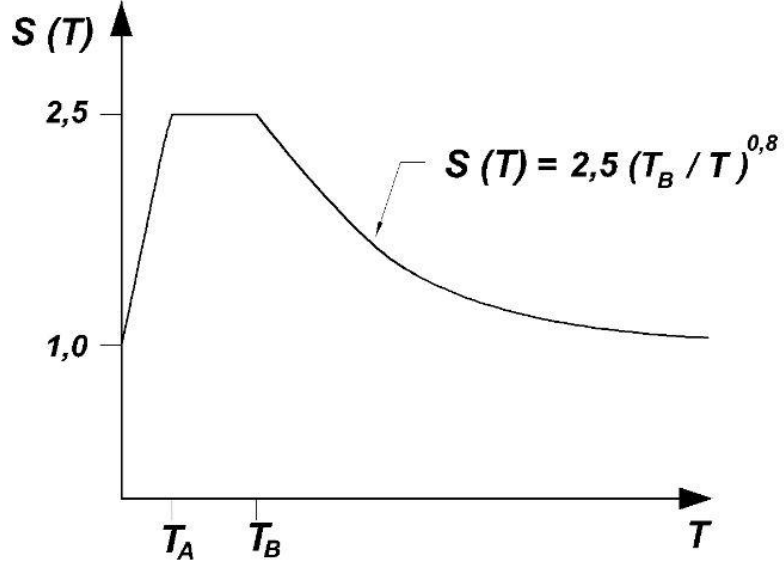
Yerel Zemin Sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

$$S(T) = 1 + 1.5T/T_A \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (6.1)$$

$$S(T) = 2.5T_A \leq T \leq T_B \quad (6.2)$$

$$S(T) = 2.5 (T_B/T)^{0.8} \quad T_B \leq T \quad (6.3)$$

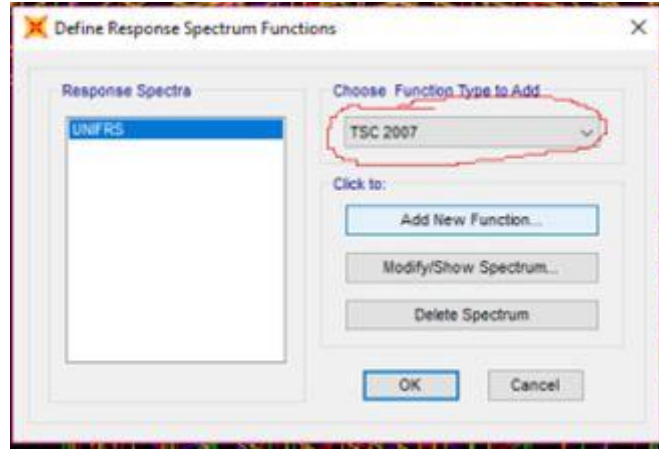
Denklem 6.1, 6.2 ve 6.3' göre ile T_A , T_B değerleri belirlenecektir. Bu da zemin hakim yönü karakteristik titreşim değerleridir. Şekil 6.11'de gösterildiği şekilde çizilir.



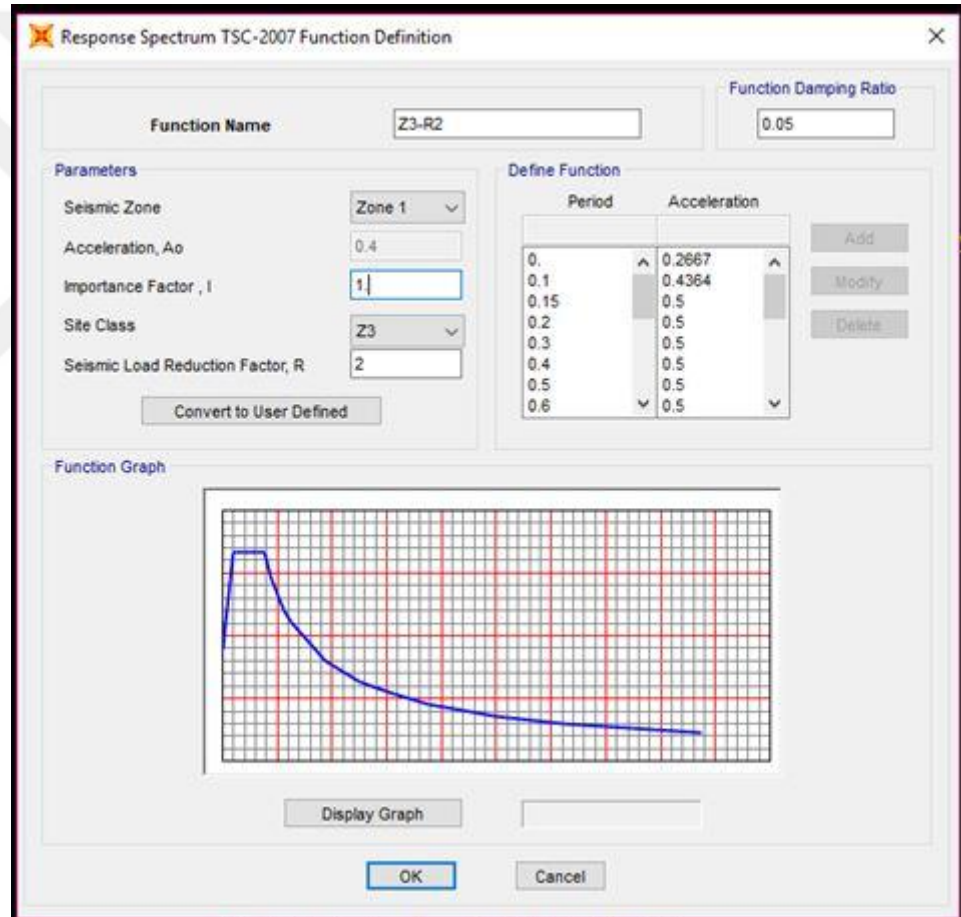
Şekil 6.11. DBYBHY 2007'ye göre spektrum eğrisi.

Çizilen spektrum eğrisinin programa girilmesi Responce Spectrum menüsünden olacaktır. Bulunan değerler text dosyası aracılığıyla programa aktarılır. Program grafiği otomatik olarak çizecektir. SAP 2000 programında define menüsünden functions, response spectrum tıklanarak programa tanıtılmış hali görülebilmektedir. Şekil 6.12'de görüldüğü gibi SAP 2000 programına DBYBHY 2007'ye göre spektrum eğrisi tanıtılmıştır. Şekil 6.13'de yapının spectrum eğrisi görülmektedir.

Deprem yüklerinin hesaba katmak için bazı şartlar bulunmaktadır. Ölü yükler hesaba katılırken tamamı varmış gibi düşünülürken hareketli yükler açısından bu durumda farklılıklar vardır. Çizelge 6.9'a göre çarpan değerleri yapının kullanım amacına göre belirlenir.



Şekil 6.12. Spektrum eğrisinin DBYBHY 2007'ye göre tanımlanması.

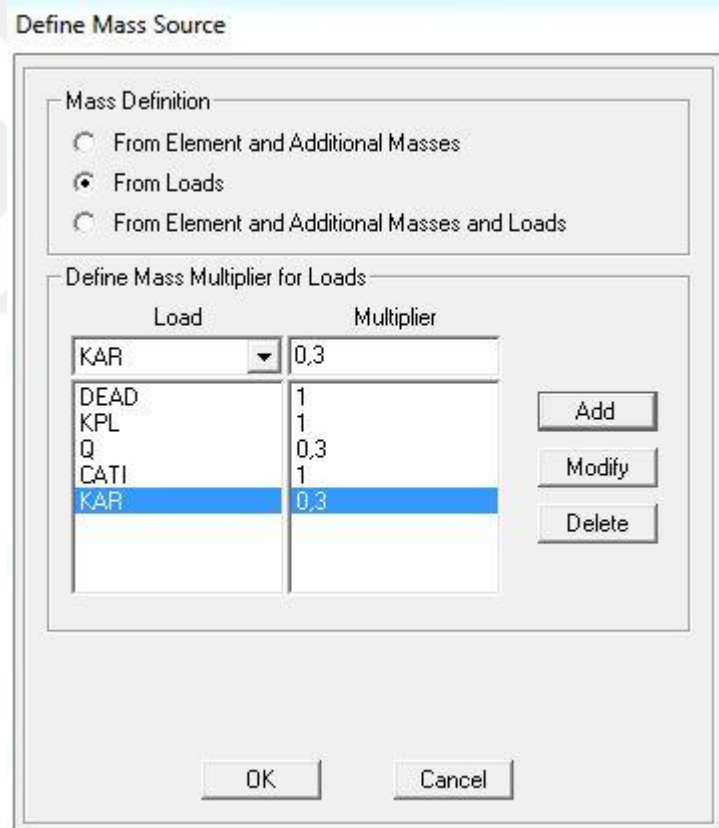


Şekil 6.13. SAP 2000 programına göre binanın spektrum eğrisi.

Çizelge 6.9. DBYBHY 2007'ye göre hareketli yük katılım katsayısı

Bina Kullanım Amacı	n
Depo, antre, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

Analizini yaptığımız bina konut olarak kullanılacağı için $n = 0.30$ kullanılmıştır. Bu işlemler programda yapılırken Define, Mass source menüsünden yapılmıştır. Şekil 6.14'de programda nasıl yapıldığına dair bir örneği bulunmaktadır.

**Şekil 6.14.** Kütle katılım oranları.

6.4.6. Deprem kuvvetlerinin yapıya etkisi

Deprem kuvvetleri binaya X ve Y yönlerinde etkiyen yatay kuvvetlerdendir. SAP 2000 programında Define, load case menüsünden yükler yönlerine göre etki ettirilmiştir. Şekil 6.15'te SAP 2000 programında deprem yükünün girileceği alan örnekle gösterilmiştir. Load case menüsünde dikkat edilmesi gereken kısımlardan biride

load case kutusunda response spectrum seçeneğinin aktif olmasıdır. Ayrıca programa girilirken scale faktör katsayısını hesaplamak gereklidir. $S_c = A_0 \cdot g \cdot I / R$ formülünden hesaplanmıştır. Çizelge 6.10 ve Çizelge 6.11’de etkin yer ivme katsayısı (A_0) ile bina önem katsayısı değerleri (I) görülmektedir.

A_0 = Etkin yer ivme katsayısı olup, yapımızın bulunduğu deprem bölgesine göre seçilmiştir.

G = Yerçekimi ivmesidir. 9.81 m/sn^2 olarak alınmıştır.

I = Bina önem katsayısı olup binanın kullanım amacına göre seçilmiştir.

R = Taşıyıcı sistem davranış katsayısıdır. $R = 2$ seçilmiştir. 2 seçilmesinin nedeni ahşap yapının sünekliliğinin çok düşük olduğu fikrinden kaynaklı olarak ahşap bir yapının şekil değiştirerek çok fazla deprem kuvvetini karşılayamayacağıdır.

Çizelge 6.10. DBYBHY 2007’ye göre etkin yer ivme katsayısı.

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1

Çizelge 6.11. DBYBHY 2007'ye göre bina önem katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
<p>1-Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</p> <p>a)Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilkyardım ve afet planlanma istasyonları)</p> <p>b)Toksik, patlayıcı, parlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu depoladığı binalar)</p>	1.5
<p>2-İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar.</p> <p>a)Okullar, diğer eğitim ve bina tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.</p> <p>b)Müzeler</p>	1.4
<p>3)İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.</p>	1.2
<p>4)Diğer binalar</p> <p>Yukarıdaki tanımlara girmeyen binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</p>	1.0

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: EX Notes: Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:

CQC SRSS Absolute GMC NRC 10 Percent Double Sum

GMC f1: 1.
GMC f2: 0.
Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

SRSS CQC3 Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Z3+R2	1.962
Accel	U1	Z3+R2	1.962

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05

Şekil 6.15. X yönünde binaya etkileyen deprem yükü örneği.

6.4.7. Deprem yüklerinin yapıya X-X ve Y-Y yönlerinde etki ettiği deplasmanlar

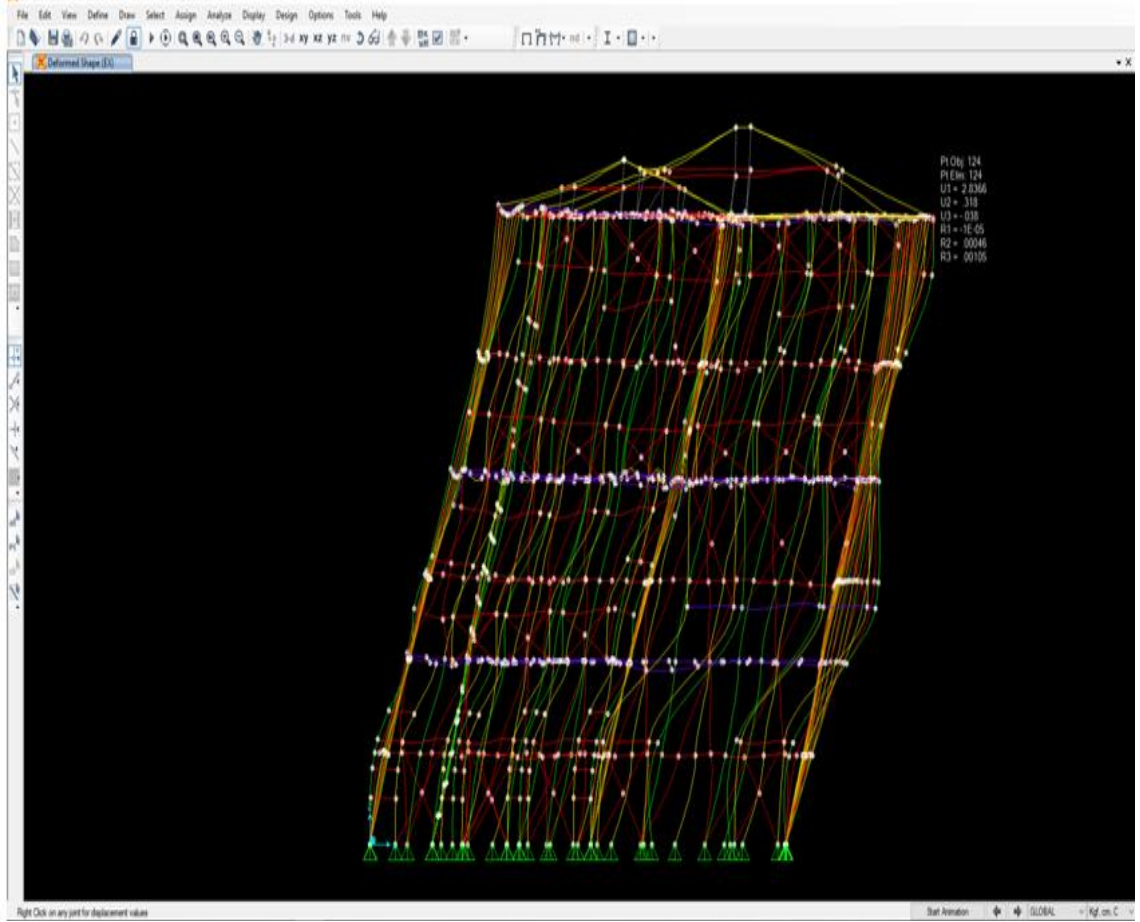
Yapımıza etkileyen deprem kuvvetleri hareketli ve sabit yükler altında yapıya etki ettirilmiştir. SAP 2000 analizine göre üç boyutlu olarak gösterilmiştir. Ayrıca bina için x ve yönlerindeki hakim periyotlara bakılmıştır. Yapı periyodu titreşimin tamamlanması için geçen süreye denmektedir. Rijitlik açısından önemlidir. Ayrıca zemin sınıfı değerleri içerisinde bir değer olması beklenmektedir. Şekil 6.16'da yapı periyod değerleri görülebilmektedir. Şekil 6.17 ve 6.18'de yapının x-y yönlerindeki deplasman hareketleri görülebilmektedir.

Analizi yapılan binanın X-X Yönü hakim periyot değeri = 0.3807 sn, Y-Y Yönü hakim periyot değeri ise = 0.4222 sn olarak çıkmıştır.

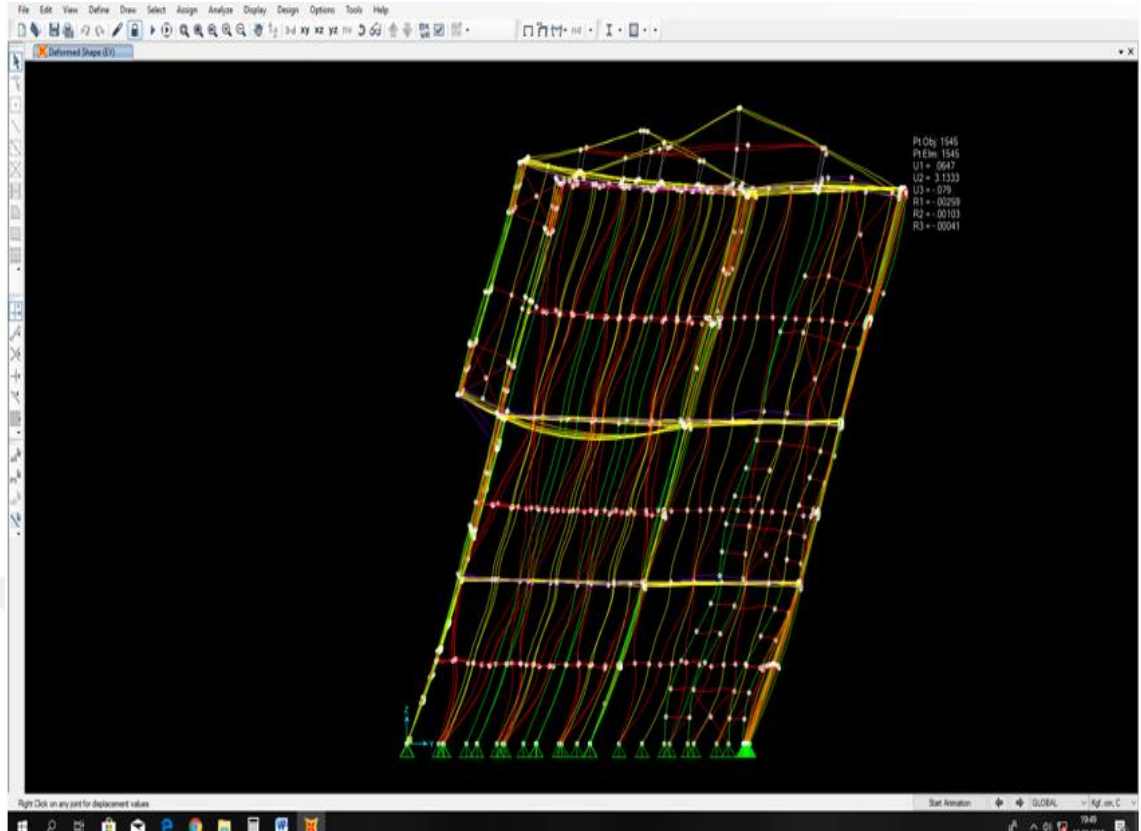
Table: Auto Seismic - TSC 2007, Part 2 of 3

LoadPat	SeismicZone	SiteClass	A0	I	R	TUsed Sec	CoeffUsed
EX	Zone 1	Z3	0.4	1.	2.	0.3807	0.5
EY	Zone 1	Z3	0.4	1.	2.	0.4222	0.5

Şekil 6.16. Yapı periyot değerleri.



Şekil 6.17. Yapının x-x yönünde yaptığı deplasman.



Şekil 6.18. Yapının y-y yönünde yaptığı deplasman.

Ahşap binamız için x ve y yönlerindeki deplasman değerleri program aracılığıyla çözülmüştür. Değerler çizelgede görüldüğü gibidir. Yük kombinasyonları ve deplasman değerleri Çizelge 6.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12. Yapı ile ilgili tepe deplasman değerleri.

Deprem Yükleri	Yük Kombinasyonları	Deplasman Değerleri (cm)
X	$G + Q + EX + 0.3EY$	2.83
Y	$G + Q + 0.3EX + EY$	3.13

6.4.8. Bina yük kombinasyon sonuçları

Yapı modellenirken kombinasyonlar deprem kuvveti altında incelenmiştir. Deprem yükleri ve bina kendi ağırlığı ile kar yükü gibi hareketli yükler hesaba katılarak analizi yapılmıştır.

Deprem yükleri x ve y yönlerinde etki ettirilmiştir. Etki edilen deprem kuvvetlerinde, hakim yönde deprem yükünün tamamı verilirken diğer yönde ise deprem yükünün %30'u katılmıştır.

Bazı kombinasyon sonuçları Şekil 6.19'da gösterildiği gibidir.

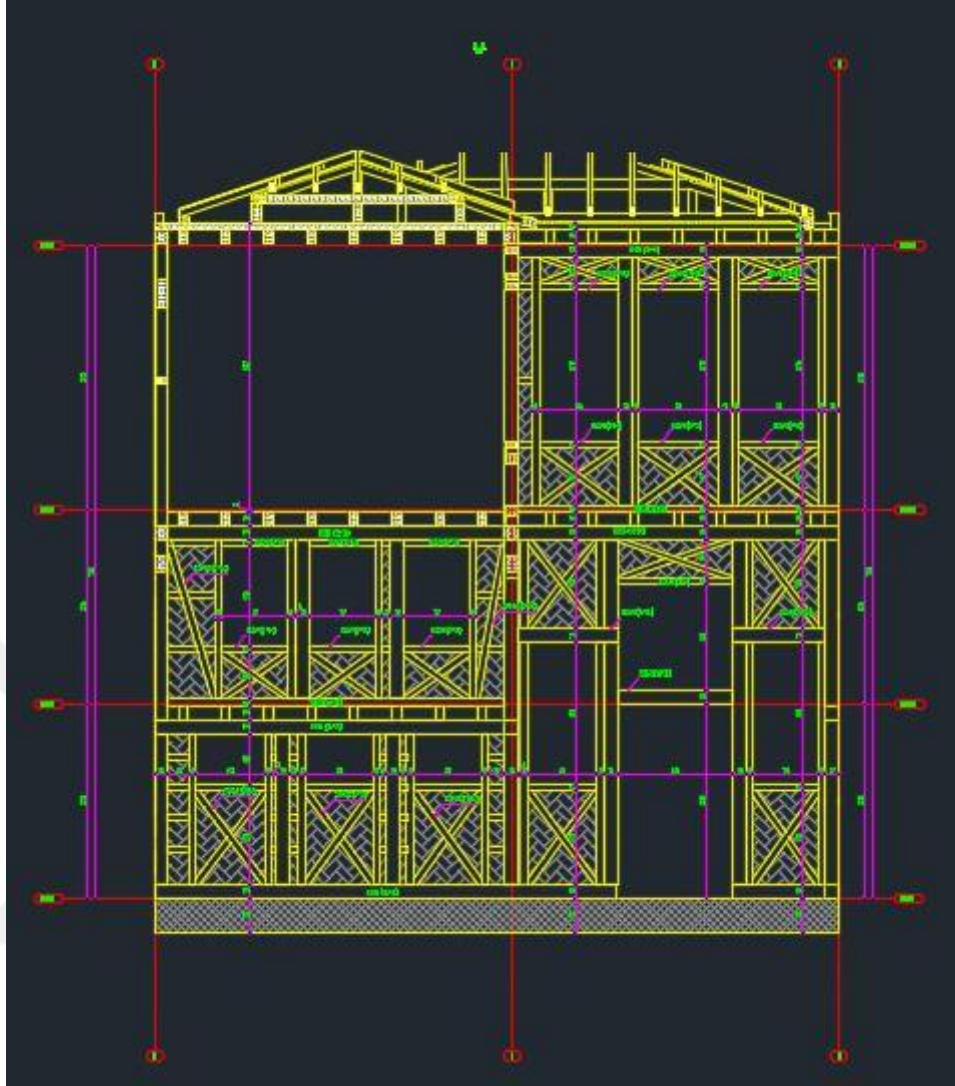
MUDANYA 119 ENV SON CKT OUTPUT.sdb

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
COMB3			Linear Static	KAR	1.	
COMB3			Linear Static	LIVE	1.	
COMB3			Linear Static	RX+	1.	
COMB4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.	Strength
COMB4			Linear Static	KPL	1.	
COMB4			Linear Static	DVR	1.	
COMB4			Linear Static	CATI	1.	
COMB4			Linear Static	KAR	1.	
COMB4			Linear Static	LIVE	1.	
COMB4			Linear Static	RY+	1.	
COMB5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.	Strength
COMB5			Linear Static	KPL	1.	
COMB5			Linear Static	DVR	1.	
COMB5			Linear Static	CATI	1.	
COMB5			Linear Static	KAR	1.	
COMB5			Linear Static	LIVE	1.	
COMB5			Linear Static	ISI	1.	
COMB6	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.	Strength
COMB6			Linear Static	KPL	1.	
COMB6			Linear Static	DVR	1.	
COMB6			Linear Static	CATI	1.	
COMB6			Linear Static	KAR	1.	
COMB6			Linear Static	LIVE	1.	
COMB6			Linear Static	EX	1.	
COMB6			Linear Static	EY	0.3	
COMB7	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.	Strength
COMB7			Linear Static	KPL	1.	
COMB7			Linear Static	DVR	1.	
COMB7			Linear Static	CATI	1.	
COMB7			Linear Static	KAR	1.	
COMB7			Linear Static	LIVE	1.	
COMB7			Linear Static	EX	1.	
COMB7			Linear Static	EY	-0.3	
COMB8	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.	Strength
COMB8			Linear Static	KPL	1.	
COMB8			Linear Static	DVR	1.	
COMB8			Linear Static	CATI	1.	
COMB8			Linear Static	KAR	1.	
COMB8			Linear Static	LIVE	1.	
COMB8			Linear Static	EX	-1.	
COMB8			Linear Static	EY	0.3	
COMB9	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.	Strength
COMB9			Linear Static	KPL	1.	
COMB9			Linear Static	DVR	1.	
COMB9			Linear Static	CATI	1.	
COMB9			Linear Static	KAR	1.	

Şekil 6.19. SAP 2000 programında binaya ait yük kombinasyonları.

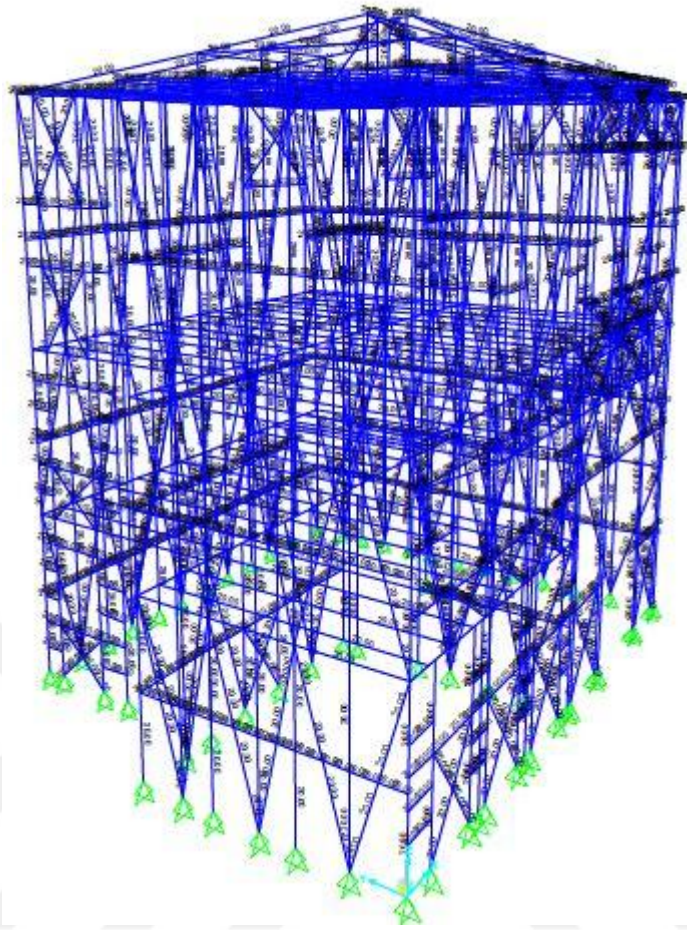
Şekil 6.20'de binaadaki çaprazlar, dikmeler ve kiriş taşıyıcı elemanları görülebilmektedir.



Şekil 6.20. Bina taşıyıcı elemanları.

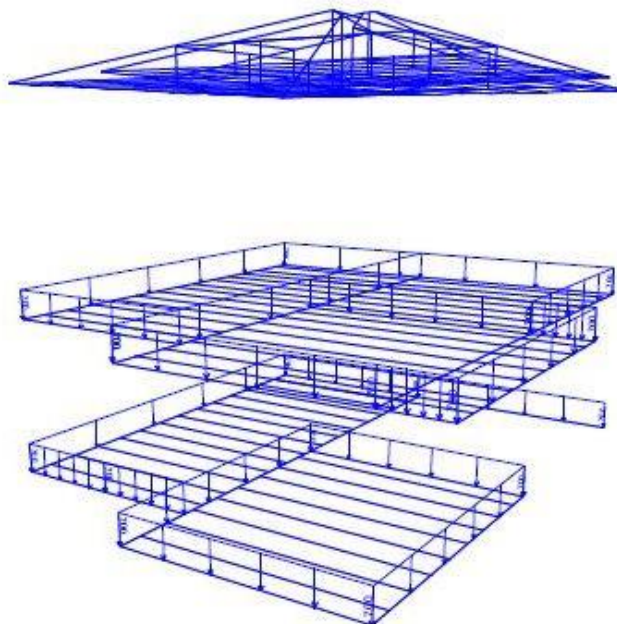
6.5. Yapı ile İlgili SAP 2000 Yükleme Durumları

Binanın kirişleri, çaprazları, dikmeleri ve çatısı SAP 2000’de tanımlanmış ve kat yükseklikleri girilmiştir. Bina modeline malzeme özellikleri, taşıyıcı kesitler, yapıya etkileyen kuvvetler yapı modeline SAP 2000 programında tanımlanmıştır. Şekil.6.21’de binaya ait SAP 2000 modeli görülmektedir.



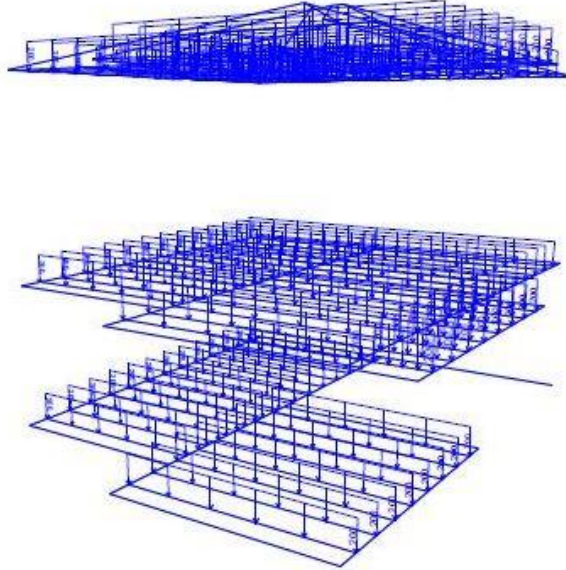
Şekil 6.21. Bina modeli.

Binanın duvar yüklemeleri Şekil 6.22’de görüldüğü üzere duvarların geldiği bölgelere düzgün yayılı yük olarak tanımlanmış ve SAP 2000 programına tanıtılmıştır.



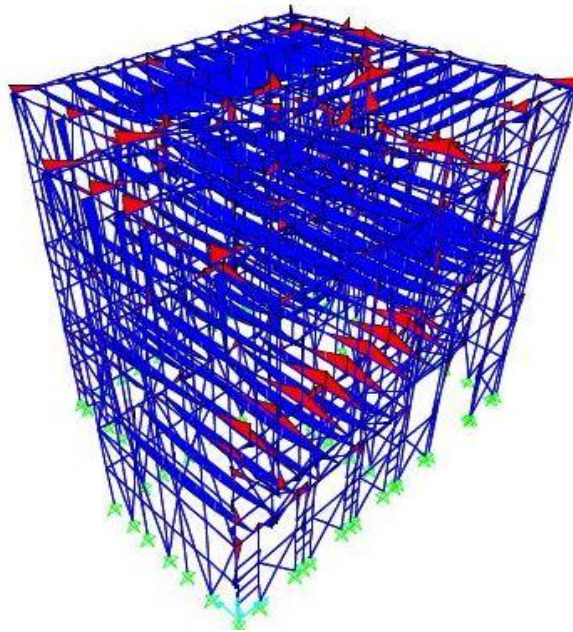
Şekil 6.22. Duvar yüklemeleri.

Hareketli yükler yapı döşeme ve taşıyıcı elemanlarına düzgün yayılı yük olarak aktarılmış ve SAP 2000 programına tanıtılmıştır. Şekil 6.23’de düzgün yayılı yük olarak hareketli yüklerin binaya etkisi görülmektedir.



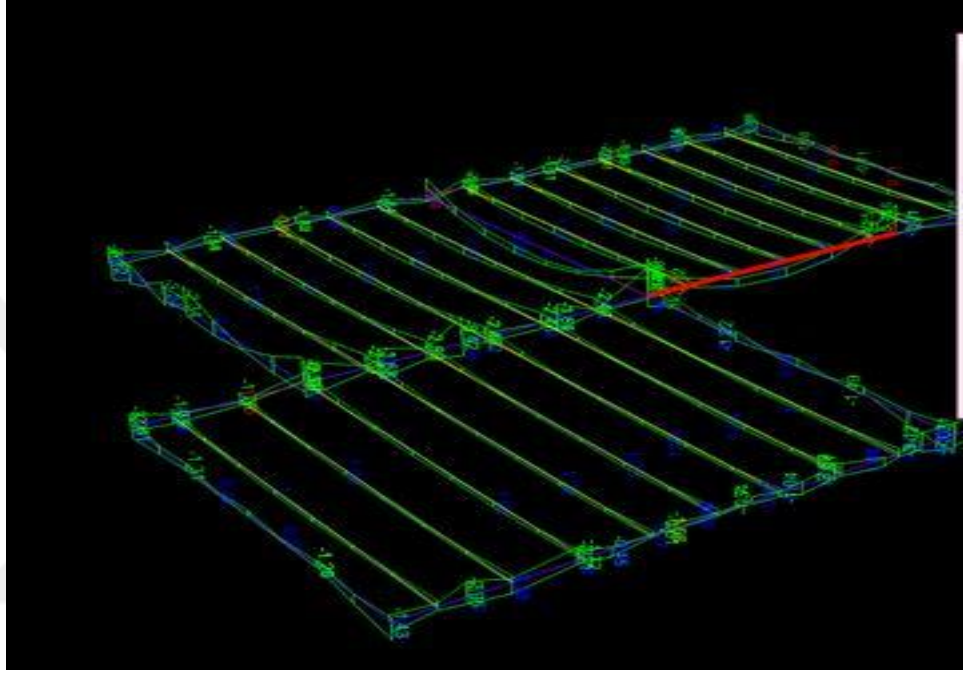
Şekil 6.23. Hareketli yükler.

Şekil 6.24’te yapının taşıyıcı elemanlarında oluşan moment değerleri gösterilmiştir.

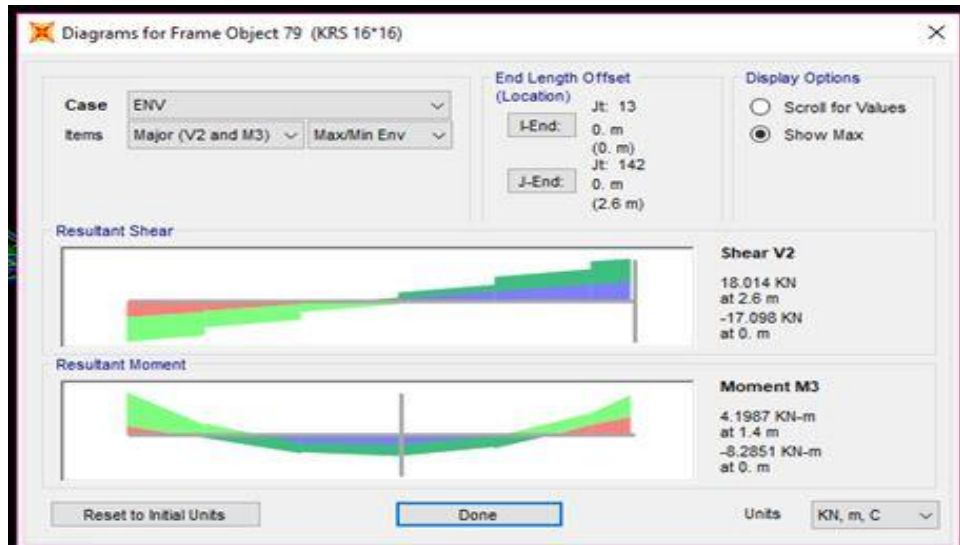


Şekil 6.24. Yapının moment diyagramı.

Yapıda en kritik kirişin yeri Şekil 6.25'te moment ve kesme kuvvetleri ise Şekil 6.26'da belirtilmiştir. En kritik kiriş genelde kiriş altında duvar olmayıp, üstündede duvar olan taşıyıcı elemanlardır. Tüm yük kirişe basar ve maksimum moment oluşur. Yapıdaki maksimum moment $h= 2.28$ m kotundaki kirişte çıkmaktadır. Fakat bu durum yapının stabilite sınırını aşmamaktadır.

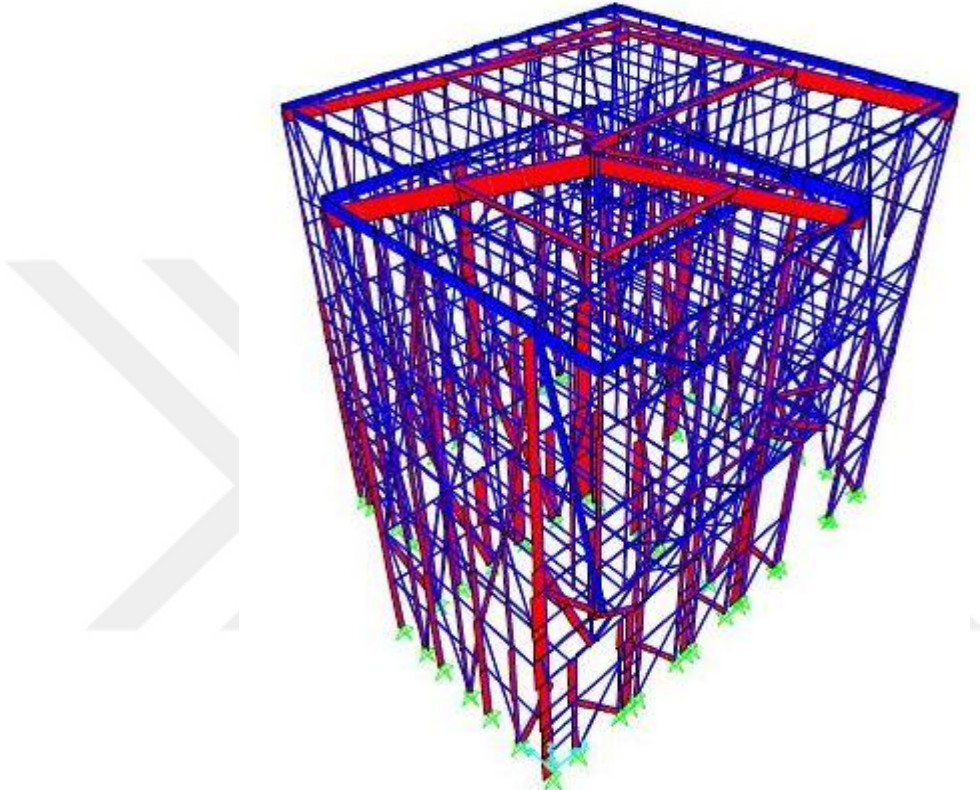


Şekil 6.25. En çok zorlanan kirişin gösterilmesi.



Şekil 6.26. Kirişteki moment ve kesme kuvveti değerleri.

Dikmelere etkiyen aksenal kuvvetin SAP 2000 programındaki görüntüsü Şekil 6.27'de görülmektedir. Aksenal kuvvet değerleri dikmeler için önem arz etmektedir. En sık rastlanan aksenal yük taşıyan elemanlar kolonlardır. Dikmelerin temel işlevi, katlara gelen yükleri taşımak ve bunları temele aktarmaktır. Kat yükü dikmeye kirişler vasıtasıyla ya da kirişsiz döşemelerde olduğu gibi doğrudan döşemelere aktarılır.



Şekil 6.27. Yapının aksenal kuvvet diyagramı.

7. EUROCODE 5 VE TS 647'YE GÖRE AHŞAP TAŞIYICI ELEMANLARIN HESAP YÖNTEMLERİ

Bina çatısına gelen yükler hesaplanırken Çizelge 7.1'de verilen değerler kullanılmıştır. Çizelge 7.2'de kesit boyutları gösterilen ahşap malzemelerin özellikleri verilmiştir.

Çizelge 7.1. Çatı örtüsü yük tablosu (Odabaşı, 1997).

Çatı Örtüsü Türü	Çatı Eğimi (%)	Öz Ağırlık (kg/m ²)
Alaturka Kiremit	20-30	120
Marsilya Kiremit	25-65	50
Düz Eternit	33	16
Oluklu Eternit	15	20
Çinko	10	30
Oluklu Saç	15	25
Bitümlü Karton	5	15

Çizelge 7.2. Ahşap malzemenin kesit özellikleri (Odabaşı, 1997).

b/h (cm)	F (cm ²)	I _x (cm ⁴)	W _x (cm ³)	f _x (cm)	I _y (cm ⁴)	W _y (cm ³)
5x10	50	417	83	2.89	104	42
10x10	100	833	167	2.89	833	167
10x16	160	3413	427	4.62	1333	267
16x16	256	5461	683	4.62	5461	682.67

TS 647'ye göre tahkiklerin yapılmasında izlenecek yollar:

Ana kiriş veya tali kirişin eğilme tahkiklerinin yapılabilmesi için, emniyet gerilmesi, makaslama gerilmesi ve sehim kontrolleri yapılmalıdır. TS 647'ye göre tahkiklerin yapılabilmesi için kullanılacak formüller Denklem 7.1 – 7.5'te verilmiştir.

$$M_x = \frac{q \times a \times l^2}{8} \quad (7.1)$$

$$Q_{\max} = \frac{q \times a \times L}{2} \quad (7.2)$$

$$\sigma_e = \frac{M_{max}}{W_x} \leq \sigma_{\text{cem}} \quad (7.3)$$

$$\tau = \frac{3 \times Q_{max}}{2F} \leq \tau_{em} \quad (7.4)$$

$$f = \frac{5 \times M_{max} \times l^2}{E \times I} \leq \frac{L}{K} \quad (7.5)$$

Burada σ_e ; emniyet gerilmesi, M_{Max} ; maksimum momenti, W_x ; enkesit atalet momenti, σ_{cem} ; maksimum emniyet gerilmesi, Q_{max} ; maksimum yük, f ; sehimi ifade etmektedir.

Dikme tahkiki yapabilmek için burkulma katsayısını bilmek gerekmektedir. Çizelge 7.3'te burkulma sayı tablosu değerleri gösterilmiştir. Dikme tahkiki yapabilmek için narinlik katsayısı atalet yarıçapı bulunarak gerilme tahkiki yapılmalıdır. Denklem 7.6'da narinlik hesabı Denklem 7.7'de atalet yarı çapı hesabı Denklem 7.8'de ise emniyet gerilme tahkiki formülleri verilmiştir.

$$\lambda = \frac{s_k}{l} \quad (7.6)$$

$$l = \sqrt{\frac{I_x}{F}} \quad (7.7)$$

$$\sigma = \frac{w \times N_{max}}{F} < \sigma_{em} \quad (7.8)$$

λ ; narinlik katsayısı, s_k ; burkulma boyu ya da dikme yüksekliğidir. N_{max} ; aksenal kuvvettir.

Eurocode 5 'e göre tahkiklerin yapılmasında izlenecek yollar:

Eurocode 5'e göre tahkikleri yaparken dikkat edilmesi en önemli hususlardan birisi katsayılar dikkat edilmelidir. Eurocode 5 hesaplamalarında binanın bulunduğu bölgedeki nem oranı, kullanım amacı ve süresi gibi parametreler oldukça önemlidir. Tahkikleri yaparken bu gibi özelliklere dikkat edilmiştir. Aşağıda Eurocode 5 tahkik hesaplarında izlenecek yollar gösterilmiştir. Denklem 7.9 ve 7.10'da eğilme gerilmesi hesabı Denklem 7.11'de atalet momenti hesabı Denklem 7.12'de eğilme momenti hesabı Denklem 7.13'de ise toplam yük hesap formülleri aşağıda verilmiştir.

Ana kiriş veya tali kirişin eğilme tahkiklerinin yapılabilmesi için,

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d} \text{ şartı sağlanmalıdır.} \quad (7.9)$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} \leq f_{m,y,d} = k_{mod} \frac{f_{mk}}{\gamma_m} \quad (7.10)$$

$$W_y = \frac{bh^2}{6} \quad (7.11)$$

$$M_{y,d} = \frac{Ed \times l^2}{8} \quad (7.12)$$

$$E_d = \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k \quad (7.13)$$

Burada $\sigma_{m,y,d}$; eğilme gerilmesi, $M_{y,d}$; eğilme momenti, k_{mod} ; yük süresini ve nem içeriğinin tesirini dikkate alan düzeltme faktörü, f_{mk} ; karakteristik eğilme dayanımı, γ_m ; malzeme özelliği için kısmi faktörü, w_y ; atalet momentini, E_d ; toplam yükü ifade etmektedir. Toplam yük hesabını yapabilmek için $\gamma_G = 1.35$ ve $\gamma_Q = 1.5$ alınmıştır.

Ana kiriş veya tali kirişin kayma tahkiklerinin yapılabilmesi için, Denklem 7.14 ve Denklem 7.15'deki formüller aşağıda verilmiştir.

$$\tau_d = \frac{3V_d}{2bh} \leq f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{vk}}{\gamma_m} \quad (7.14)$$

$$V_d = \frac{Ed \times l}{2} \quad (7.15)$$

Burada τ_d kayma değerini, f_{vk} karakteristik kayma dayanımını ifade etmektedir.

Ana kiriş veya tali kirişin sehim kontrollerinin yapılabilmesi için,

Eurocode 5 sehim kontrolünde TS 647'nin aksine iki çeşit kontrol bulunmaktadır. Bunlardan ilki anlık sehim kontrolü, ikincisi ise nihai sehim kontrolüdür. Bu iki sehim şartı sağlanmalıdır.

Anlık sehim kontrolü yaparken izlenecek yol aşağıda gösterilmiştir. Denklem 7.16'da toplam yükün oluşturduğu sehim kontrolü, Denklem 7.17'de hareketli yükün oluşturduğu sehim hesabı, Denklem 7.18'de ise ölü yüklerin oluşturduğu sehim hesabı formülleri verilmiştir.

$$W_{inst} = W_{inst,g} + W_{inst,q} \leq \frac{l}{300} \quad (7.16)$$

$$W_{inst,g} = \frac{5 \times G \times l^4}{384 \times E_o,mean \times I} \quad (7.17)$$

$$W_{inst,q} = \frac{5 \times Q \times l^4}{384 \times E_o,mean \times I} \quad (7.18)$$

W_{inst} ; hareketli ve ölü yüklerin oluşturduğu toplam sehim, $E_{0,mean}$; ortalama elastisite modülünü ifade etmektedir.

Nihai sehim kontrolü Denklem 7.19'da verilen eşitlik ile yapılabilir.

$$W_{fin} = W_{inst,g}(1+k_{def}) + W_{inst,q}(1+\psi_{2,1} \times k_{def}) \leq \frac{l}{150} \quad (7.19)$$

Bu denklemde $\psi_{2,1}$; binalar için kombinasyon faktörü, k_{def} ; şekil değiştirme faktörünü ifade etmektedir.

Eurocode 5'e göre basınca ve eğilmeye maruz kalan ahşap kolonun tahkikleri yapılır iken izlenecek yollar aşağıda verilmiştir.

Basınç kontrol tahkiki;

$\lambda_{rel,y}$ ve $\lambda_{rel,z} \leq 0.3$ olduğunda, Denklem 7.20'ye göre tahkiki yapılır.

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{Nd}{A} < f_{c,o,d} = \frac{K_{mod} \times K_{sys} \times F_{c,o,d}}{\gamma_m} \quad (7.20)$$

$\lambda_{rel,y}$ ve $\lambda_{rel,z} > 0,3$ olduğunda, Denklem 7.21'e göre tahkiki yapılmalıdır.

$$\sigma_{c,o,d} \leq k_{c,y} \times f_{c,o,d} \quad \text{veya} \quad \sigma_{c,o,d} \leq k_{c,z} \times f_{c,o,d} \quad (7.21)$$

Basınç dayanımı ile basınç gerilmesi hesapları Denklem 7.22 ve Denklem 7.23'e göre yapılmalıdır.

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{Nd}{A} \quad (7.22)$$

$$f_{c,o,d} = \frac{K_{mod} \times K_{sys} \times F_{c,o,d}}{\gamma_m} \quad (7.23)$$

Göreceli narinlik oranları Denklem 7.24 ve Denklem 7.25'e göre hesaplanmalıdır. Narinlik oranları ise Denklem 7.26 ve Denklem 7.27'ye göre hesaplanmalıdır.

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{n} \sqrt{\frac{F_{c,o,k}}{E_{0,05}}} \quad (7.24)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{n} \sqrt{\frac{F_{c,o,k}}{E_{0,05}}} \quad (7.25)$$

$$\lambda_y = \frac{L_{e,y}}{i_y} \quad (7.26)$$

$$\lambda_z = \frac{L_{e,z}}{i_z} \quad (7.27)$$

Burada, $\lambda_{rel,y}$ y; eksenine göre eğilmeye karşılık gelen göreceli narinlik oranları (sehim z doğrultusunda $\lambda_{rel,z}$ z; eksenine göre eğilmeye karşılık gelen göreceli narinlik oranları (sehim y doğrultusunda), $E_{0,05}$; liflere paralel olan elastisite modülünün yüzde beşlik değeridir. Sehim nedeniyle artırılabacak olan gerilmeler Denklem 7.28-7.31'de verilen şartları sağlamalıdır.

$$K_{c,y} = \frac{1}{ky + \sqrt{ky^2 + \lambda^2_{rel,y}}} \quad (7.28)$$

$$K_{c,z} = \frac{1}{kz + \sqrt{kz^2 + \lambda^2_{rel,z}}} \quad (7.29)$$

$$K_y = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda^2_{rel,y}) \quad (7.30)$$

$$K_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda^2_{rel,z}) \quad (7.31)$$

Burada, β_c ; düzgünlük sınırları içerisindeki elemanlar için bir faktör ve masif ahşap için $\beta_c = 0.2$ alınacaktır.

7.1. Eurocode 5 ve TS 647'ye göre Ana Kiriş Hesabı (16 x 16)

7.1.1. TS 647'ye göre tahkiki

TS 647'ye göre tahkik yaparken öncelikle toplam yükü hesaplanması gerekmektedir.

Döşeme Yükleri;

Hareketli Yük : 350 kg/m²

Döşeme Tali Kirişi : 20 kg/m²

Ahşap Kaplama : 50 kg /m²

Buradan toplam yük q: 420 kg/ m² bulunmuştur. Kullandığımız ahşap malzeme kirişlerde 1.Sınıf çam malzeme olup özellikleri aşağıda belirtilmiştir. Hareketli yük hesabı Çizelge 6.4'e göre hesaplanmıştır.

Çizelge 2.1'e göre liflere paralel elastisite modülü $E_{//}$: 100.000 kg/cm²

Çizelge 2.1'e göre liflere dik elastisite modülü E_{\perp} : 3.000 kg/cm²

Çizelge 2.1'e göre kayma modülü G : 5.000 kg/cm²

Çizelge 2.3'e göre eğilme direnci sınır değeri σ_{cem} : 130 kg/cm²

Çizelge 2.4'e göre liflere paralel çekme sınır değeri $\sigma_{\text{çem}}$: 105 kg/cm²

Çizelge 2.2'ye göre liflere paralel basınç sınır değeri $\sigma_{bem//}$: 110 kg/cm²

Çizelge 2.2'ye göre liflere dik basınç sınır değeri $\sigma_{bemL}: 20 \text{ kg/cm}^2$

Çizelge 2.5'e göre makaslama direnci sınır değeri $\tau_{em} : 9 \text{ kg/cm}^2$

Kiriş aralığı: 430 cm, kiriş açıklığımız ise max 160 cm'dir. Eğilme direnci tahkiki yapabilmek için öncelikle kirişe etkiyen toplam moment Denklem 7.1'e göre bulunmuştur.

$$Mx = \frac{420 \times 4.30 \times 1.6^2}{8} = 577.9 \text{ kgm} = 57792 \text{ kgcm}$$

Eğilme kontrolü Denklem 7.3'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\sigma = \frac{57792,00}{682,67} < \sigma_{cem} = 130 \text{ kg/cm}^2 \text{ olduğundan kesit stabiliteyi karşılamaktadır.}$$

Kirişin kaymaya karşı direncininin belirlenmesinde Q_{max} değeri Denklem 7.2' ye göre hesaplanmıştır.

$$Q_{max} = \frac{4.3 \times 420 \times 1.6}{2} = 1444.8 \text{ kg}$$

Kirişteki kayma kontrolü için Denklem 7.4'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\tau = \frac{3 \times 1444,8}{2 \times 16 \times 16} = 8.47 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{em} = 9 \text{ kg/cm}^2 \text{ olduğundan kesit kesmeye karşı yeterlidir.}$$

Kirişteki sehim kontrolü için Denklem 7.5'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{57792 \times 160^2}{100000 \times 5461.33} = 0.28 < 1/300 = 0.5 \text{ cm sehim limiti aşılmıyor.}$$

TS 647'ye göre tahkiki yapılan özellikleri yukarıda belirtilen taşıyıcı ana kirişin eğilmeye, kaymaya ve sehime karşı stabilitesi uygundur.

7.1.2. Eurocode 5'e göre tahkiki

Kirişin tahkiki için ahşap sınıfı, Eurocode 5'e göre katsayılar ve ahşabın kalite değerleri EKLER kısmındaki tablolardan alınmıştır.

EK-3'e göre binalar için kombinasyon faktörü $\psi_{2,1} = 0.3$

Yapıya etkiyen yükler için faktörler $\gamma_g = 1.35$, $\gamma_q = 1.5$

EK-4'e göre yük ve süre sınıfı = Orta dönemli

EK-5'e göre kullanım sınıfı KS2 olarak seçilmiştir.

EK-6'e göre Malzeme kısmı faktörü $\gamma_m = 1.3$ (Masif ahşap kullanılmıştır).

EK-7'e göre yük süresinin ve nem içeriğinin dikkate alan düzeltme faktörü $k_{mod} = 0.80$ alınmıştır.

EK-8'ye göre şekil değiştirme faktörü $k_{def} = 0.80$

EK-9'ye göre ahşap kalitesi olarak C 35 seçilmiştir.

EK-9'ye göre karakteristik eğilme dayanımı $f_{m,k} = 35 \text{ N/mm}^2$ kullanılmıştır.

EK-9'ye göre karakteristik kayma dayanımı değeri $f_{v,k} = 4 \text{ N/mm}^2$

EK-9'ye göre Ortalama elastisite ödülü = 13000 N/mm^2

Kiriş uzunluğu = 4.3 m

Kiriş boyutları = $16 \times 16 \text{ cm}$

Hareketli yük (q) = $350 \text{ kg/m}^2 = 3.43 \text{ kN/m}$, Ölü yük (g) = $70 \text{ kg/m}^2 = 0.69 \text{ kN/m}$

Eğilme hesabını yapabilmek için Denklem 7.13'e göre toplam yük;

$$E_d = (1.35 \times 0.69) + (3.43 \times 1.5) = 5.39 \text{ kN/m.}$$

Denklem 7.12'ye göre moment hesabı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$M_{y,d} = \frac{5,39 \times 4,3^2}{8} = 12,46 \text{ kNm}$. w_y atalet momenti de $16 \times 16 \text{ cm}$ olduğundan Çizelge 7.2'ye göre 682.67 'dir.

Denklem 7.10'a göre eğilme tahkiki aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{12,46 \times 10^6}{682,67 \times 10^3} \leq 0,80 \times \frac{35}{1,3} = 18,25 \leq 21,53 \text{ olduğundan kesit stabiliteyi sağlamaktadır.}$$

Kayma tahkikini yapabilmemiz için, tek eksenli kuvvet etkisi hesabı yapılır.

Denklem 7.15'e göre;

$$V_d = \frac{5,39 \times 4,3}{2} = 11,59 \text{ kN.}$$

Eleman üzerinde oluşan kayma gerilmesi Denklem 7.14'e göre aşağıdaki gibidir.

$$\tau_d = \frac{3 \times 11590}{2 \times 160 \times 160} \leq \frac{0,80 \times 4}{1,3} = 0,68 \leq 2,46 \text{ kesit kesmeye karşı güvenlidir.}$$

Sehim hesabı Eurocode 5'e göre iki çeşittir. W_{inst} : anlık şekil değiştirme ve W_{fin} : nihai şekil değiştirmedir. Tahkikler yapılırken seçilen kiriş boyutlarının bu iki şartı da sağlaması gerekmektedir.

Denklem 7.17'ye göre ölü yükün neden olduğu sehim aşağıdaki gibidir.

$$W_{inst,g} = \frac{5 \times 0,69 \times 10^{-2} \times 430^4}{384 \times 1300 \times 5461,33} = 0,43 \text{ cm}$$

Denklem 7.18'e göre hareketli yükün neden olduğu sehim aşağıdaki gibidir.

$$W_{inst,q} = \frac{5 \times 3,43 \times 10^{-2} \times 430^4}{384 \times 1300 \times 5461,33} = 2,15 \text{ cm}$$

Anlık sehim kontrolü yapmak için Denklem 7.16'ya göre izlenecek yol aşağıdaki gibidir.

$$W_{inst} = 2,58 > \frac{430}{300} = 1,43 \text{ olduğundan anlık sehim limiti aşılmaktadır.}$$

Nihai sehim kontrolü yapmak için izlenecek yol Denklem 7.19'a göre aşağıdaki gibidir.

$W_{fin} = 0.43 \times (1+0.80) + 2,15 \times (1+0.3 \times 0,8) \leq \frac{430}{150}$ buradan $3.44 > 2.86$ olduğundan nihai sehım şartı da sağlanamamaktadır.

Tekrar boyutlandırma yapılmalıdır. TS 647'ye göre 16×16 cm boyutlarında $L = 4.3$ m uzunluğundaki kiriş eğilmeye, kaymaya ve sehime karşı stabiliteyi sağlamaktayken Eurocode 5'e göre eğilme ve kaymaya göre stabiliteyi sağlarken, anlık ve nihai sehime karşı yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle kiriş kesitini büyütmemiz gerekecektir. Boyutlandırmayı 20×20 cm boyutlarında C 35 sınıfı olarak seçip tahkiki yeniden yapılmalıdır.

Denklem 7.17'ye göre ölü yükün neden olduğu sehım aşağıdaki gibidir.

$$W_{inst,g} = \frac{5 \times 0,69 \times 10^{-2} \times 430^4}{384 \times 1300 \times 13333,33} = 0.18 \text{ cm}$$

Eşitlik 7.18'a göre hareketli yükün neden olduğu sehım aşağıdaki gibidir.

$$W_{inst,q} = \frac{5 \times 3,43 \times 10^{-2} \times 430^4}{384 \times 1300 \times 13333,33} = 0.88 \text{ cm}$$

Anlık sehım kontrolü yapmak için Denklem 7.16'ya göre izlenecek yol aşağıdaki gibidir.

$$W_{inst} = 1,06 \leq \frac{430}{300} = 1.43 \text{ olduğundan anlık sehım limiti sağlamaktadır.}$$

Nihai sehım kontrolü yapmak için izlenecek yol Denklem 7.19'a göre aşağıdaki gibidir.

$W_{fin} = 0.18 \times (1+0.80) + 0.88 \times (1+0.3 \times 0.8) \leq \frac{430}{150}$ buradan $1.41 \leq 2.86$ olduğundan nihai sehım şartı sağlamaktadır.

Eurocode 5'e göre eğilme ve kaymaya göre stabiliteyi 16×16 cm kesit sağladığı için 20×20 cm boyutlarındaki kesit için tekrar hesaplanmasına gerek duyulmamıştır.

7.2. TS 647'ye göre Çatı Mertek Aşık Hesapları

Toplam çatıya gelen yük hesabı yapılmalıdır. Kar yükü değerleri Çizelge 6.5'e göre çatı örtüsü yük hesapları da Çizelge 7.1 dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Çatı Yüğü;

Kiremit	: 50 kg/m ²
Rüberoit	: 20 kg/m ²
Isı Yalıtım	: 6 kg /m ²
Mertek+ Aşık ağırlığı	: 10 kg /m ²
Ahşap Tavan	: 15 kg /m ²

Kar Yüğü : 75 kg /m²

Buradan toplam yük q: 158 kg/m² bulunmuştur. Kullanılan ahşap malzeme kırışlerde 2. Sınıf am malzeme olup özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.1'e göre liflere paralel elastisite modülü	$E_{//}$: 100.000 kg/cm ²
Çizelge 2.1'e göre liflere dik elastisite modülü	E_{\perp} : 3.000 kg/cm ²
Çizelge 2.1'e göre kayma modülü	G : 5.000 kg/cm ²
Çizelge 2.2'ye göre liflere paralel basınç sınır değeri	$\sigma_{bem//}$: 85 kg/cm ²
Çizelge 2.2'ye göre liflere dik basınç sınır değeri	$\sigma_{bem\perp}$: 20 kg/cm ²
Çizelge 2.3'e göre eğilme direnci sınır değeri	σ_{cem} : 100 kg/cm ²
Çizelge 2.4'e göre liflere paralel çekme sınır değeri	$\sigma_{em}$: 85 kg/cm ²
Çizelge 2.5'e göre makaslama direnci sınır değeri	τ_{em} : 9 kg/cm ²

7.2.1. TS 647'ye göre mertekler (5/10) tahkiklerinin yapılması

Mertek aralığı 50 cm, mertek açıklığı ise max 180 cm'dir. Eğilme direnci tahkiki yapabilmek için merteklere etkiyen moment hesabını Denklem 7.1'e göre toplam moment bulunmuştur.

$$M_x = \frac{0,5 \times 158 \times 1,8^2}{8} = 32 \text{ kgm} = 3199,50 \text{ kgcm.}$$

Eğilme kontrolü Denklem 7.3'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{3199,50}{83,33} = 38,40 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{cem} = 100 \text{ kg/cm}^2 \text{ kesit stabiliteyi karşılamaktadır.}$$

Merteklerin kaymaya karşı direncinin belirlenmesinde Q_{max} değeri Denklem 7.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$Q_{max} = \frac{0,5 \times 158 \times 1,8}{2} = 71,10 \text{ kg}$$

Mertekteki kayma kontrolü için Denklem 7.4'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\tau = \frac{3 \times 71,10}{2 \times 5 \times 10} = 2,13 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{em} = 9 \text{ kg/cm}^2 \text{ olduğundan kesit kesmeye karşı yeterlidir.}$$

Mertekteki sehim kontrolü için Denklem 7.5'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{3199,50 \times 180^2}{100000 \times 416,667} = 0,26 < 1/200 = 0,9 \text{ cm Sehim limiti aşılmıyor.}$$

7.2.2. Aşık (10/10) tahkiklerinin TS 647'ye göre yapılması

Aşık aralığı 200 cm, aşık açıklığımız ise maksimum 180 cm'dir. Eğilme direnci tahkiki yapabilmek için aşıklara etkiyen moment hesabını Denklem 7.1'e göre toplam moment bulunmuştur.

$$M_x = \frac{2 \times 158 \times 1.8^2}{8} = 128 \text{ kgm} = 12798,00 \text{ kgcm.}$$

Eğilme kontrolü Denklem 7.3'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{12798,00}{166,67} = 76.80 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{cem} = 100 \text{ kg/cm}^2 \text{ kesit stabiliteyi karşılamaktadır.}$$

Aşığın kaymaya karşı direncinin belirlenmesinde Q_{max} değeri Denklem 7.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$Q_{max} = \frac{2 \times 158 \times 1.8}{2} = 284.40 \text{ kg}$$

Aşıktaki kayma kontrolü için Denklem 7.4'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\tau = \frac{3 \times 284,40}{2 \times 10 \times 10} = 4.266 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{em} = 9 \text{ kg/cm}^2 \text{ olduğundan kesit kesmeye karşı yeterlidir.}$$

Aşıktaki sehim kontrolü için Denklem 7.5'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{12798 \times 180^2}{100000 \times 833,333} = 0.52 < 180/200 = 0.9 \text{ cm sehim limiti aşılmıyor.}$$

7.3. TS 647'ye göre Salon Döşeme Tali Kiriş Hesabı (10×16)

Hesabını yaparken öncelikle toplam yükü hesaplamamız gerekmektedir. Hareketli yük değerleri Çizelge 6.4'e göre hesaplanmıştır.

Döşeme Yükleri;

Hareketli Yük : 200 kg/m²

Ahşap Kiriş : 10 kg/m²

Ahşap Kaplama : 50 kg /m²

Buradan toplam yük q: 260 kg/m² bulunmuştur. Kullandığımız ahşap malzeme kirişlerde 1.Sınıf çam malzeme olup özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.1'e göre liflere paralel elastisite modülü $E_{//}$: 100.000 kg/cm²

Çizelge 2.1'e göre liflere dik elastisite modülü E_{\perp} : 3.000 kg/cm²

Çizelge 2.1'e göre kayma modülü G : 5.000 kg/cm²

Çizelge 2.2'ye göre liflere paralel basınç sınır değeri $\sigma_{bem//}$: 110 kg/cm²

Çizelge 2.2'ye göre liflere dik basınç sınır değeri $\sigma_{bem\perp}$: 20 kg/cm²

Çizelge 2.3'e göre eğilme direnci sınır değeri σ_{cem} : 130 kg/cm²

Çizelge 2.4'e göre liflere paralel çekme sınır değeri $\sigma_{\text{çem}}$: 105 kg/cm²

Çizelge 2.5'e göre makaslama direnci sınır değeri τ_{em} : 9 kg/cm²

Döşeme tali kirişi 10*16 boyutlandırılmıştır. Buna göre tahkiki yapılacaktır.

Kiriş aralığı 50 cm kiriş açıklığımız ise maksimum 430 cm'dir. Eğilme direnci tahkiki yapabilmek için kirişe etkiyen moment hesabını Denklem 7.1'e göre toplam moment bulunmuştur.

$$M_x = \frac{0,5 \times 260 \times 4,3^2}{8} = 300.5 \text{ kgm} = 30046,00 \text{ kgcm}$$

Eğilme kontrolü Denklem 7.3'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\sigma = \frac{30046,00}{426,67} = 70.40 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{cem} = 130 \text{ kg/cm}^2 \text{ olduğundan kesit stabiliteyi karşılamaktadır.}$$

Kirişin kaymaya karşı direncinin belirlenmesinde Q_{max} değeri Denklem 7.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$Q_{max} = \frac{0,5 \times 260 \times 4,3}{2} = 279.5 \text{ kg}$$

Kirişteki kayma kontrolü için Denklem 7.4'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\tau = \frac{3 \times 279,50}{2 \times 10 \times 16} = 2.62 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{cem} = 9 \text{ kg/cm}^2 \text{ olduğundan kesit kesmeye karşı yeterlidir.}$$

Kirişteki sehim kontrolü için Denklem 7.5'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{30046 \times 430^2}{100000 \times 3413,333} = 1.70 < 1/300 = 2.2 \text{ cm sehim limiti aşılmıyor.}$$

7.4. TS 647'ye göre Döşeme Tali Kiriş Hesabı (10×16 cm)

Hesabını yaparken öncelikle toplam yükü hesaplamamız gerekmektedir. Hareketli yük değerleri Çizelge 6.4'e göre hesaplanmıştır.

Döşeme Yükleri;

Hareketli Yük : 350 kg/m²

Ahşap Kiriş : 10 kg/m²

Ahşap Kaplama : 50 kg /m²

Buradan toplam yük q: 410 kg/m² bulunmuştur. Kullandığımız ahşap malzeme kirişlerde 1.Sınıf çam malzeme olup özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.1'e göre liflere paralel elastisite modülü $E_{//}$: 100.000 kg/cm²

Çizelge 2.1'e göre liflere dik elastisite modülü E_{\perp} : 3.000 kg/cm²

Çizelge 2.1'e göre kayma modülü G : 5.000 kg/cm²

Çizelge 2.2'ye göre liflere paralel basınç sınır değeri $\sigma_{bem//}$: 110 kg/cm²

Çizelge 2.2'ye göre liflere dik basınç sınır değeri $\sigma_{bem\perp}$: 20 kg/cm²

Çizelge 2.3'e göre eğilme direnci sınır değeri σ_{cem} : 130 kg/cm²

Çizelge 2.4'e göre liflere paralel çekme sınır değeri $\sigma_{\text{çem}}$: 105 kg/cm²

Çizelge 2.5'e göre makaslama direnci sınır değeri $\tau_{em} : 9 \text{ kg/cm}^2$

Döşeme tali kirişi $10 \times 16 \text{ cm}$ boyutlandırılmıştır. Buna göre tahkiki yapılacaktır.

Kiriş aralığı 50 cm , kiriş açıklığımız ise $\max 330 \text{ cm}$ 'dir. Eğilme direnci tahkiki yapabilmek için kirişe etkiyen moment hesabını Denklem 7.1'e göre toplam moment bulunmuştur.

$$M_x = \frac{0,5 \times 410 \times 3,3^2}{8} = 279.1 \text{ kgm} = 27905,63 \text{ kgcm.}$$

Eğilme kontrolü Eşitlik 7.3'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{27905,63}{426,67} = 65.40 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 130 \text{ kg/cm}^2 \text{ olduğundan kesit stabiliteyi karşılamaktadır.}$$

Kirişin kaymaya karşı direncininin belirlenmesinde Q_{\max} değeri Denklem 7.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$Q_{\max} = \frac{0,5 \times 410 \times 3,3}{2} = 338.3 \text{ kg}$$

Kirişteki kayma kontrolü için Denklem 7.4'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$\tau = \frac{3 \times 338,3}{2 \times 10 \times 16} = 3.17 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{em} = 9 \text{ kg/cm}^2 \text{ olduğundan kesit kesmeye karşı yeterlidir.}$$

Kirişteki sehim kontrolü için Denklem 7.5'e göre aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{27905,63 \times 330^2}{100000 \times 3413,333} = 0,93 < 1/200 = 1.7 \text{ cm sehim limiti aşılmıyor.}$$

7.5. TS 647'ye Göre Ahşap Kolon Tahkiki

(ω) narinliğe bağlı olarak tablodan alınmaktadır. Denklem 7.6'daki S_k basınç çubuğunun burkulma boyudur. Çubuğun gerçek boyuna ve çubuğun boylarının bağlantı uçlarına göre belirlenen bir sayıdır. İki ucu mafsallı bir çubukta $k = 1$ olarak alınır. İki ucu ankastre çubukta ise 0.5 olarak alınmaktadır. Bir ucu ankastre bir ucu boştaki çubuk içinse $k = 2$ alınır. Hesaplanan (λ) değerlerine bağlı olarak burkulma sayısı Çizelge 6.3'den alınır.

Çizelge 7.3. (ω) Burkulma sayıları tablosu (Odabaşı, 1997).

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04
10	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08
20	1.08	1.09	1.09	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.13	1.14
30	1.15	1.16	1.7	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24
40	1.26	1.27	1.29	1.30	1.32	1.33	1.35	1.36	1.38	1.40

50	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Dikme (16×10 cm);

Kolon yüksekliği: 230,0 cm

Kolona gelen eksenel yük: 6500,0 kg

$$\text{Basınç çubuğunun hesabını yapabilmek için, Denklem 7.7'ye göre } t = \sqrt{\frac{3413,333}{160}}$$

= 4.62 cm çıkmıştır.

Denklem 7.6'ya göre narinlik hesabı $\lambda = \frac{230}{4,62} = 49.78$ çıkmaktadır. Çizelge 7.3'deki

Burkulma sayıları tablosundan $\omega = 1.40$ bulunmaktadır. Gerilme hesabı yapmak için

Denklem 7.8'e göre

$$\sigma = \frac{1,40 \times 6500}{160} = 56,875 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 110 \text{ kg/cm}^2$$

Dikme (16*16) h = 230 cm

Kolon yüksekliği: 230,0 cm = 2.3 m

Kolona gelen eksenel yük: 20000,0 kg

$$\text{Basınç çubuğunun hesabını yapabilmek için, Denklem 7.7'ye göre } t = \sqrt{\frac{5461,333}{256}}$$

= 4.62 cm.

Denklem 7.6'ya göre narinlik hesabı $\lambda = \frac{230}{4,62} = 49.78$ çıkmaktadır. Çizelge

7.3'deki burkulma sayıları tablosundan $\omega = 1.40$ bulunmaktadır. Gerilme hesabı yapmak

için Denklem 7.8'e göre

$$\sigma = \frac{1,40 \times 20000}{256} = 109.38 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 110 \text{ kg/cm}^2$$

7.6. Eurocode 5'e göre Ahşap Kolon Tahkiki

EK-5'e göre kullanım sınıfı KS2 olarak seçilmiştir.

EK-4'e göre yük ve süre sınıfı = Orta dönemli

EK-6'ya göre Malzeme kısmı faktörü $\gamma_m = 1.3$ (Masif ahşap kullanılmıştır).

EK-7'ye göre yük süresinin ve nem içeriğinin dikkate alan düzeltme faktörü k_{mod} 0.80 alınmıştır.

Yapıya etkiyen yükler için faktörler $\gamma_g = 1.35$, $\gamma_q = 1.5$

EK-9'a göre ahşap kalitesi olarak C 35 seçilmiştir.

EK-9'a göre karakteristik basınç dayanımı $f_{c,o,k} = 25 \text{ N/mm}^2$ kullanılmıştır.

EK-9 'a göre %5 liflere paralel elastisite öodülü = 8.7 kN/ mm²

Basınç kontrol tahkiki yaparken öncelikle y ve z doğrultularındaki eğilmeye karşılık gelen narinlik oranları hesabı yapılmalıdır. Denklem 7.26 ve 7.27'ye göre λ_y ve λ_z hesabı aşağıda yapılmıştır.

$$\lambda_y = \frac{230}{\frac{16}{\sqrt{12}}} = 49.78$$

$$\lambda_z = \frac{230}{\frac{16}{\sqrt{12}}} = 49.78$$

Denklem 7.24 ve 7.25'e göre y ve z doğrultusunda narinlik hesaplanmıştır.

$$\lambda_{rel,y} = \frac{49,78}{3,14} \sqrt{\frac{25}{8700}} = 0.79$$

$$\lambda_{rel,z} = 0.79$$

$\lambda_{rel,y}$ ve $\lambda_{rel,y} > 0.3$ olduğundan Denklem 7.21'e göre takiki yapılmıştır.

$$Nd = 6192 \times 1.35 + 1.5 \times 13808 = 29071 \text{ N} = 0.29 \times 10^5 \text{ kN}$$

Basınç gerilme hesapları Denklem 7.22 ve 7.23'e göre yapılmıştır.

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{0,29 \times 10^5}{160 \times 160} = 1.13 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,o,d} = \frac{0,8 \times 25}{1,3} = 15.38 \text{ N/mm}^2$$

Kolonun z ve y yönlerindeki sehim hesapları Denklem 7.28 ve 7.29'a göre aşağıda yapılmıştır.

k_z ve k_y değerleri Denklem 7.30 ve 7.31'e göre hesaplanmıştır.

$$k_z = 0.5 \times (1 + 0.2 \times (0.79 - 0.3) + 0.79^2) = 0.86$$

$$k_y = 0.86$$

$$k_{cz} = \frac{1}{0,86 + \sqrt{0,86^2 + 0,79^2}} = 0.45$$

$$k_{cy} = 0.45$$

Denklem 7.21'e göre kolondaki basınç tahkiki aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$\sigma_{c,o,d} = 1.13 \text{ N/mm}^2 \leq 0.45 \times 15.38 = 6.92 \text{ N/mm}^2$ olduğundan Eurocode 5'e göre ahşap kolon boyutlandırması uygundur.

TS 647 ve Eurocode 5'e göre yapılan kolon basınç tahkikleri iki yönetmeliğe görede basınca karşı stabilitesi uygun çıkmıştır. Fakat Eurocode 5'deki azaltma katsayıları kolon tahkikinde daha güvende kalmayı sağlamaktadır.

8. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında ahşabın genel yapısı hakkında bilgiler verilerek, mekanik ve fiziksel özelliklerin taşıyıcı elemana olan etkileri incelenmiştir. Mudanya'daki konut kullanım amaçlı ahşap yapı olup, SAP 2000 programı ile mühendislik açısından ele alınarak analizi yapılmıştır. Ayrıca yapının Eurocode 5 (Design of Timber Structures) standartı ve TS 647 (Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları) yönetmeliğine göre tahkikleri yapılmıştır. Yapının analizi yapılırken TS498 (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri) ve DBYBHY 2007 (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik) standart ve yönetmeliklerinden yararlanılmıştır. Binanın yenilenmesinden önceki haline bakılarak durumu ve taşıyıcı elemanlar incelenerek kesit boyutlandırmaları yapılmıştır. Yapı modellenirken dikmeler temele sabit mesnetli olarak modellenmiştir. Tali kirişler döşemelerde belli aralıklar ile boyutlandırılmıştır. Analiz ve tahkik sonuçları birlikte dikkate alınarak aralıkları ve boyutlandırmaları yapılmıştır. Ana kirişler SAP 2000 program sonuçları ve tahkiklerde çıkan sonuçlar karşılaştırılarak boyutlandırmaları yapılmıştır. Yapının bütün çubuk elemanları mafsal tanımlanmıştır. Dolayısıyla yapı performans rijitliği düşey konulan çaprazlarla sağlanmıştır.

Taşıyıcı elemanlar ile ilgili bilgiler:

Yapılan tahkiklerde mevcut durumdaki yapının ana kiriş ve tali kirişlerin bazılarının yetersiz olduğu görülmüştür. Kirişlerin boyutlandırmaları yeniden tasarlanmıştır. Ayrıca tali kirişlerin aralıkları kısaltılarak kirişlere etkiyen yükler azaltılmıştır. Mevcut dikmelerin kesitleri arttırılarak yük taşıma kapasiteleri arttırılmıştır.

DBYBHY 2007'e göre yapılan deprem analizinde ise TS 498'den yararlanılmıştır. Binanın bulunduğu bölgeye göre değerler SAP 2000 programında girilmiştir. Eksenel kuvvetlere bakılarak en kritik taşıyıcıların tahkikleri yapılmış ve tüm koşulların sağladığı görülmüştür.

Eurocode 5'e göre yapılan tahkiklerde ise özellikle kirişlerde farlılıklar göze çarpmıştır. TS 647'ye göre tüm koşullar sağlanırken, Eurocode 5'e göre ise sehim koşulları yapının kirişlerindeki stabilitiyi karşılayamayarak, kiriş boyutlarının arttırılması yada güçlendirme yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Dikmelerde ise TS 647 ve Eurocode 5 yönetmeliklerinin her ikisi içinde stabilite sağlanmıştır. Fakat

Eurocode 5'e göre tahkik yapılırken daha güvenli koşulların sağlanması gerekliliği görölmüştür.

Yapının SAP 2000 programında analizi yapılmış, deprem kuvvetleri altında deplasman değerleri incelenmiş ve tahkikleri TS 647'ye göre yapılmıştır. Ayrıca Eurocode 5'e göre tahkiki anlamında da çalışmalar yapılarak her iki standart arasındaki farklılıklara bakılmıştır. Eurocode 5 standartının çok daha detaylı olması özellikle ahşap malzeme seçiminde bize çok daha geniş yelpaze sunması ve katsayılar ile tahkikler yapılırken çok daha güvenli bir hesap yöntemi ortaya koyması Eurocode 5 standartının daha güvenli olduğunu ortaya koymuştur.



KAYNAKLAR

- Anıl, Ö., Togay, A., İşleyen, K.Ü., Söğütlü, C., & Döngel, N., (2016). Hysteretic behavior of timber framed shear wall with openings. *Construction and Building Materials*. 116:203-115.
- Badur, A., (2018). Çamlıca Kız Lisesi/Ahmet Ratıp Paşa Köşkü yapı detaylarının koruma ve restorasyonu üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Batur, A., (2004). Gelişmiş ahşap yapım sistemleri ve Türkiye koşulları yönünden değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Bozkurt, Ö., (2011). Geleneksel Tekirdağ evlerinde kullanılmış meşe ahşabının mekanik özellikleri ve kimyasalla koruma uygulamalarının mekanik özellikler üzerine etkisi. *Politeknik Dergisi*. 115-119.
- Can, Ö., & Tokgöz, H., (2008). Ahşap çatı makaslarının düğüm noktalarında ön ahşap uzunluğunun deneysel yöntemle tayini. *New World Science Academy*. 1306:3111, 3, 4.
- Cassagrande, D., Rossi, S., Sartori, S., & Tomasi, R., (2018). Proposal of an analytical procedure and a simplified numerical model for elastic response of single-storey timber shear-walls. *Construction and Building Materials*. 102:1101-1112.
- Çakır, S., (2000). Geleneksel karadeniz ahşap konut yapım yönteminin çağdaş teknoloji açısından değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çalık, İ., (2017). Tarihi camii ve minarelerin deneysel dinamik karakteristik lerinin belirlenmesi ve restorasyon etkilerinin değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çelik, A., & Birdal, F., (2017). Ahşap taşıyıcı sistemli tarihi camiilerin güçlendirilmesine yönelik bir durum çalışması. 6.Ulusal tarihi yapıların korunması ve güçlendirilmesi sempozyumu. 2-4 Kasım, Trabzon, 10.
- Çetin, F., & Gündüz, G., (2017). Türkiye'deki bazı ağaç türü odunların mekanik özellikleri üzerine yapılan araştırmaların değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. 19(1):161-181.
- Dabanlı, Ö., (2016). Nur-u osmaniye camii'nin deprem perdormansının belirlenmesi ve koruma önerileri. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- David, E.K., (2010). Mechanical properties of wood. *Forest Products Laboratory*. Medison, 46.
- D.B.Y.B.H.Y, (2007). Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Dışkaya, H., (2004). Kuzey marmara bölgesindeki 19.yüzyıl ahşap yapıların depreme karşı güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Duman, N., & Ökten, S., (1988). Ahşap yapı dersleri 1. Y.E.M Yayınları, İstanbul, 272.
- Ekinci, S., & Arpacıoğlu, Ü., (2004). Geleneksel ahşap yapılarda yapı fiziği ve malzeme sorunlarının taşıyıcı sisteme etkileri. 2.Ulusal yapı malzemesi kongresi ve sergisi. 6-8 Ekim, İstanbul.
- Erakan. A., (2010). Tarihi ahşap sütunlu camiilerin sonlu elemanlar analizi ile taşıyıcı sistem performansının belirlenmesi. SDU İnternational Technologic Science, 14-54.
- Erkoç, E., (2004). Günümüz teknolojiyle üretilen ahşap konutların tasarım-uygulama-kullanım üçgeninde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eriç, M., (1994). Yapı Fiziği ve Malzemesi. Literatür Yayıncılık, İstanbul, 272.
- Gattesco, N., & Ingrid, B., (2018). Numerical study on the reduction of the seismic vulnerability of historical buildings with wide timber roofs. Structural Integrity Procedia, 11:298-305.
- Gürel, Y., (2018). Çok katlı ahşap yapıların deprem yükü altında performanslarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hanoğlu, M., (1993). Erenköy-Kozyatağında Hüseyin Avni Paşa Köşkü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hiraoğlu, E., (2007). Ahşap ve çelik makas sistemlerinin malzeme ve sistem özelliklerinin incelenmesi, bir örnek yapı üzerinde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaplan, B., (2013). Geleneksel osmanlı mimarisine sahip ahşap yapıların deprem kuvvetleri altında incelenmesi ve güçlendirme teknikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karaman, Ö., & Zeren, M., (2010). Geleneksel türk konutunda kullanılan ve kagir sistemi destekleyen ahşap yapısal elemanların önemi ve bozulma nedenleri. DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 78-87.
- Klasson, A., Crocetti, R., Bjömsson, I., & Hansson, E.F., (2018). Design for lateral stability of slender timber beams considering slip in the lateral bracing system. Structures, 16:157-163.
- Maxineasa, S.G., Etuc, I.S., Taranu, N., & Florenta, I., (2018). Environmental Performances of Different Timber Structures for Pitched Roofs. Journal of Cleaner Production, 175:164-175.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Ohanesyan, D., (2012). Ahşap çerçeve yapıların yatay kuvvetler karşısındaki davranışları ve alınması gereken önlemler. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Parisi, M.A., & Piazza, M., (2002). Seismic behavior and retrofitting of joints in traditional timber roof structures. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22:1183-1191.
- Porcu, M.C., Bosu, C.B., & Gavric, I., (2018). Non linear dynamic analysis to assess the seismic performance of cross-laminated timber structures. *Journal of Building Engineering*, 19:480-493.
- Premrov, M., Dobrila, P., & Bedenik, B.S., (2004). Approximate analytical solutions for diagonal reinforced timber-framed walls with fibre-plaster coating material. *Construction and Building Materials*, 18:727-735.
- Santos, C.L., De Jesus, A.M.P., Morais, J.J.L., & Lousada, J.L.P.C., (2009). Quasi-Static Mechanical Behaviour of a Double-Shear Single Dowel Wood Connection. *Construction and Building Materials*. 18:727-735.
- Şenkal, F., (1996). Konutlarda dünden bugüne ahşap kullanımı üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- TBDY 2018, (2018). Türkiye bina deprem yönetmeliği. Türk Standartları Enstitüsü.
- Thi, V.D., Khelifa, M., Oudjene, M., Ganaoui, M.E., & Rogauame, Y., (2017). Finite Element Analysis of Heat Transfer Through Timber Elements Exposed to Fire. *Engineering Structures*, 143:11-21.
- TS 498, (1987). Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 647, (1979). Ahşap yapıların hesap ve yapım kuralları, Türk standartları enstitüsü.
- Uzun, S., (2018). Tarihi ahşap taşıyıcı sistemlerin incelenmesi ve Boğaziçi örneği: Amcazade Hüseyin Paşa Yalısı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Vogrinec, K., & Premrov, M., (2018). Influence of the Design Approach on the Behaviour of Timber-Frame panel Buildings Under Horizontal Forces. *Engineering Structures*, 175:1-12.
- Yaman, F., (2007). Geleneksel ahşap yapılarda kullanılan ahşap yapı elemanlarının uzun dönem performansı- Giresun zeytinlik mahallesinde örnek yapı incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- URL,1: <http://sakarya.edu.tr/Uploads/pdf>, (Erişim Tarihi: 11.06.2019).
- URL,2 : <http://imo.org.tr>, (Erişim Tarihi: 12.05.2019)
- URL,3: <https://insapedia.com/tdy-2007-ile-tbdy-2018-arasindaki-farklar/>

EKLER

EK-1: TBDY 2018'e göre bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayısı.

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	<p>Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar.</p> <p>a)Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık, ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)</p> <p>b)Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb.</p> <p>c)Müzeler</p> <p>d)Toksik, patlayıcı parlayıcı vb. maddelerin bulunduğu bina veya depolar</p>	1.5
BKS = 2	<p>İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</p> <p>Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, ibadethaneler vb.</p>	1.2
BKS = 3	<p>Diğer Binalar</p> <p>BKS = 1 ve BKS = 2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)</p>	1.0

EK-2: TBDY 2018'e göre yerel zemin sınıfları.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 -1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	>50	> 250
ZD	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak- katı kil tabakaları veya $PI>20$ $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler, 1)Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler.(Sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.) 2)Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer 3)Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli killer.($PI > 50$) 4)Çok kalın (> 35m) yumuşak veya orta katı killer			

EK-3: Eurocede 5'e göre Ψ -Kombinasyon faktörleri (Binalar için).

Etki	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Binalara etkiyen yükler			
Kategori A: Ev, konut alanları	0.7	0.5	0.3
Kategori B: Ofis alanları	0.7	0.5	0.3
Kategori C: Kongre alanları	0.7	0.7	0.6
Kategori D: Alışveriş alanları	0.7	0.7	0.6
Kategori E: Depolama alanları	1.0	0.9	0.8
Kategori F :Trafığe açık alanlar (Araç ağırlığı ≤ 30 kN)	0.7	0.7	0.6
Kategori G: Trafığe açık alanlar (30 kN<Araç ağırlığı ≤ 30 kN)	0.7	0.5	0.3
Kategori H :Çatılar	0	0	0
Binaya etkiyen kar yükü			
Finlandiya, İzlanda, Norveç, İsveç	0.7	0.5	0.2
Diğer CEN üyesi ülkelerdeki, ortalama kotu $H >1000$ m olan yerler	0.7	0.5	0.2
Diğer CEN üyesi ülkelerdeki, ortalama kotu $H <1000$ m olan yerler	0.5	0.2	0
Binalara etkiyen rüzgar yükü			
Binalardaki sıcaklık (yangın haricindeki)	0.6	0.5	0

EK-4: Eurocode 5'e göre yük etki süresi sınıfları.

Yük Etki Süresi Sınıfı	Süre	Yük etkisi örneği
Sürekli	10 yıldan fazla	Öz ağırlık
Uzun	6 ay-10 yıl	Depolama
Orta	1 hafta-6ay	Hareketli yük, kar
Kısa	1 haftadan az	Kar, rüzgar
Çok kısa		Rüzgar, kazara etkiyen yükler



EK-5: Eurocode 5'e göre kullanım sınıfları.

Kullanım Sınıfı	Ortalama Nem İçeriği	İklim Koşulları
KS1	$U \leq \%12$	20°C ve %65 rölatif nem
KS2	$U \leq \%20$	20°C ve %85 rölatif nem
KS3	$U > \%20$	Kullanım sınıfı 2'den fazla



EK-6: Eurocode 5'e göre malzeme kısmı faktörleri λ_M .

Temel Kombinasyon	
Masif Ahşap	1.3
Yapıştırılmış Lamine Ahşap	1.25
LVL, kontraplak, OSB	1.2
Yonga Levhalar	1.3
Lif Levhalar, sert	1.3
Lif Levhalar, orta	1.3
Lif Levhalar, MDF	1.3
Lif Levhalar, yumuşak	1.3
Birleşimler	1.3
Çivili metal plaka bağlantı elemanları	1.25
Kazara oluşan Tasarım Durumu Kombinasyonu	1.0

EK-7: Eurocode 5'e göre K_{mod} değerleri.

Malzeme	Standart	Kullanım Sınıfı	Yük etkisi sınıfı				
			Sürekli	Uzun	Orta	Kısa	Çok kısa
Masif Ahşap	EN 14081-1	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
Yapıştırılmış Lamine Ahşap	EN 14080	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
Lamine Kaplama Kereste (LVL)	EN 14374	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	EN 14279	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
		3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
Kontrplak	EN 636		0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	Bölüm 1, 2, 3	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	Bölüm 2, 3	2	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
	Bölüm 2	3					
OSB	EN 300		0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
	OSB/2	1	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10
	OSB/3,OSB/4	1	0.30	0.40	0.55	0.70	0.90
	OSB/3,OSB/4	2					

EK-8: Eurocode 5'e göre K_{def} değerleri.

Malzeme	Standart	Kullanım Sınıfları		
		1	2	3
Masif Ahşap	EN 14081-1	0.60	0.80	2.00
Yapıştırılmış Lamine Ahşap	EN 14080	0.60	0.80	2.00
Lamine Kaplama Kereste (LVL)	EN 14374, EN 14279	0.60	0.80	2.00
Kontrplak	EN636	0.80	-	-
	Part1	0.80	1.00	-
	Part2	0.80	1.00	2.50
	Part3			
	EN300	2.25	-	-
	OSB/2	1.50	2.25	-
	OSB/3, OSB/4			

EK-9: Eurocode 5'e göre Yumuşak ahşap malzeme özellikleri.

Ahşap Sınıfı	Dayanım Özellikleri (N/mm ²)					Rijitlik Özellikleri (kN/mm ²)					Karak. 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}	P _k	P _{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

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Erdem MERİÇ
Doğum Yeri ve Tarihi : Kargı – 28.06.1984



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Mustafa Kemal Üniversitesi, 2009

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

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

İş Deneyimi

2011-2011 : Kontrol Mühendisi / Pozitif Yapı Denetim, Çorum.

2012-2012 :Saha Mühendisi / Cet İnşaat, Çorum

2012- :Mühendis / Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik

İletişim

Adres :Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Gülümbe Kampüsü, Bilecik

E-posta :erdem.meric@bilecik.edu.tr

Tarih: 21/08/2019