



**TÜRKİYE'DE KULLANILAN FARKLI TİPTEKİ
GELENEKSEL AHŞAP TAŞIYICI SİSTEMLERİN
YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ**

Merve SAATCİ

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Şenol GÜRSOY**

**TÜRKİYE’DE KULLANILAN FARKLI TİPTEKİ GELENEKSEL AHŞAP
TAŞIYICI SİSTEMLERİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİNİN
KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ**

Merve SAATCİ

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Şenol GÜRSOY**

**KARABÜK
Şubat 2020**

Merve SAATCİ tarafından hazırlanan “TÜRKİYE’DE KULLANILAN FARKLI TİPTEKİ GELENEKSEL AHŞAP TAŞIYICI SİSTEMLERİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Şenol GÜRSOY

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28.02.2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Doç. Dr. Ali URAL (ASÜ)

Üye : Doç. Dr. Şenol GÜRSOY (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Zehra Şule GARİP (KBÜ)

İmzası



KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tez çalışmasındaki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Merve SAATCİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE’DE KULLANILAN FARKLI TİPTEKİ GELENEKSEL AHŞAP TAŞIYICI SİSTEMLERİN YAPI DAVRANIŞINA ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

Merve SAATCİ

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Şenol GÜRSOY

Şubat 2020, 138 sayfa

Son zamanlarda Türkiye’de tarihi ahşap yapılara maalesef hak ettikleri değerin verilmediği görülmektedir. Ahşap yapılar kültürel mirasımızın eşsiz sembolleri olması rağmen doğal ve beşerî nedenlerden dolayı unutulmaya yüz tutmaktadır. Diğer taraftan onarımlar ve/veya güçlendirmeler ve restorasyonlar ile günümüzde ayakta duran geleneksel ahşap yapılar incelendiğinde, ustanın bilgi ve becerisine göre ahşap elemanların farklı tipte taşıyıcı sistemlerle kurgulandığı görülmektedir. Bu husus doğru ahşap taşıyıcı sistem seçiminin oldukça önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye’de ahşap yapıların inşasında yaygın olarak kullanılan farklı tipteki geleneksel ahşap taşıyıcı sistemlerin yapı davranışına etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemektir.

Bu amaçla yapılan tez çalışması toplam yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde ahşap yapıların tasarımı ile ilgili daha önce yapılmış bazı çalışmalar özetlenmektedir. İkinci bölümde, ahşap malzemelerle ilgili bazı genel bilgiler verilmektedir. Üçüncü bölümde, Türkiye’de yaygın olarak kullanılan ahşap taşıyıcı sistemlerden bahsedilmektedir. Dördüncü bölümde ahşap yapıların tasarımında kullanılan bazı yönetmeliklere ilişkin bilgiler özetlenmektedir. Beşinci bölümde bu çalışmanın sayısal uygulamalarında kullanılan Safran Konağa ilişkin bilgiler ve tasarım parametreleri verilmekte ve Safran Konağın farklı tipteki geleneksel ahşap taşıyıcı sistemlerle yapı modelleri oluşturulmaktadır. Altıncı bölümde Safran Konak modellerinin Sta-Steel programı yardımıyla yapısal çözümlenmeleri gerçekleştirilmekte ve yapısal çözümlenmelerden elde edilen bulgular ve irdelemeler de bu bölümde yapılmaktadır. Yedinci bölümde ise bu tez çalışmasının bütününden çıkartılan başlıca sonuç ve öneriler verilmekte ve bu son bölümü kaynaklar dizini izlemektedir.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, payandalara sahip olan yapı modellerinin daha emniyetli olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, ahşap yapılarda yanal rijitliği artıran payandaların bulunmasının, özellikle deprem yükleri etkisinde, yapı performansını arttırdığını göstermektedir. Bu husus Türkiye’de deprem bölgelerinde inşa edilecek ahşap yapılarda, güvenliği bakımından payandalı ahşap taşıyıcı sistemlerin tercih edilmesinin daha uygun olacağını ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler : Ahşap yapılar, ahşap taşıyıcı sistemler, ahşap yapı tasarımı, eğik elemanlar, Sta-Steel.

Bilim Kodu : 91109

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

COMPARATIVE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF STRUCTURE BEHAVIOR OF TRADITIONAL TIMBER STRUCTURAL SYSTEMS IN DIFFERENT TYPE USED IN TURKEY

Merve SAATCI

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Şenol GÜRSOY

February 2020, 138 pages

Recently historic timber structures in Turkey are unfortunately not given the value they deserve. Although timber structures are unique symbols of our cultural heritage, they are forgotten for natural and human reasons. On the other hand, when traditional timber structures standing today to repairs and / or reinforcements and restorations are examined, it is seen that timber elements according to the knowledge and skill of construction foreman are constructed with different types of structural systems. This matter reveals that choosing the right timber load-bearing system is very important.

The main objective of this study the effects of their behaviour of traditional timber structural systems of different types widely used in the construction of timber structures in Turkey were comparatively examined.

With this purpose, this thesis work consists of total seven chapters. In the first chapter, some previous studies on the design of timber structures are summarized. In the second part, some general information about wood materials is given. In the third chapter, it is mentioned timber structural systems widely used in Turkey. In the fourth section, summarizes the information on some regulations used in the design of timber structures. In the fifth chapter, information and design parameters related to Safran Mansion, which will be used in the numerical applications of this study, are given and structure models are created with different types of traditional timber structural systems of Safran Mansion. In the sixth chapter, structural analyses of Safran Mansion models are carried out with the help of the Sta-Steel program, and the findings and discussions obtained from the structural analyses are also made in this chapter. In the seventh chapter, the main conclusions and suggestions drawn from the whole of this thesis study are given and this last chapter is followed by the list of references.

The results obtained from this thesis study reveal that the structure models that have buttress are safer. In addition, it shows that there are buttresses that increase the lateral stiffness of timber structures increase the performance of the building, especially under the effect of earthquake loads. This matter reveals that in timber structures be built in earthquake zones in Turkey would be more appropriate to prefer of the timber systems with buttresses in terms of safety.

Key Word : Timber structures, timber structural systems, timber structure design, angular elements (buttress), Sta-Steel.

Science Code : 91109

TEŞEKKÜR

Türkiye’de kullanılan farklı tipteki geleneksel ahşap taşıyıcı sistemlerin yapı davranışına etkilerinin karşılaştırmalı incelenmesi konusundaki bu tez konusunu bana önererek; yoğun çalışma programına rağmen tez çalışmamı başlangıcından yazım sürecine kadar sürekli takip edip, bana çalışma-araştırma zevki ve bilimsel düşünce disiplini aşılamaaya çalışan, tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesinden yararlandığım yönetici hocam Sayın Doç. Dr. Şenol GÜRSOY’a sonsuz şükran ve saygılarımı sunmayı zevkli bir görev sayarım. Ayrıca tez çalışmam için gerekli restorasyon projelerini elde etmemi sağlayan mimar Elif HACIALİOĞLU’na, Sta-Steel programıyla ilgili bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve aynı zamanda Sta-Steel programının öğrenci lisansını kullanmamı sağlayan uzman İnşaat Mühendisi GÜRAY KÖSE’ye teşekkür ederim

Çalışmamızın tez jüri üyeliğini kabul eden Sayın Doç. Dr. Ali URAL ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Zehra Şule GARİP’e katkılarından dolayı minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Burada, eğitim-öğrenim hayatı boyunca bana emeği geçen değerli hocalarımı saygı ile anarken, çalışmam süresince beni sabır ve şefkatle destekleyen ailemin tüm fertlerine, özellikle abim Öğr. Gör. Serhat SAATCİ’ye, müteşekkir olduğumu belirtir, çalışmamın ülkemize yararlı olmasını gönülden dilerim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
1.1. AHŞAP YAPILARIN TASARIMI İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ BAZI ÇALIŞMALAR.....	2
1.2. BU TEZ ÇALIŞMASININ AMAÇ VE KAPSAMI	5
BÖLÜM 2.	7
AHŞAP MALZEMENİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ	7
2.1. AHŞAP MALZEMENİN FİZİKSEL YAPISI.....	7
2.2. AHŞABIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ.....	8
2.2.1. Dayanım (Mukavemet) Özellikleri.....	9
2.2.1.1. Basınç Dayanımı	9
2.2.1.2. Çekme Dayanımı	10
2.2.1.3. Eğilme Dayanımı	11
2.2.1.4. Kayma (Makaslama) Dayanımı	12
2.2.1.5. Yarıлма Dayanımı.....	13
2.2.1.6. Burulma Dayanımı.....	14
2.2.2. Elastiklik Özelliği	14
BÖLÜM 3.	16

AHŞAP YAPI TAŞIYICI SİSTEMLERİ	16
3.1. TÜRKİYE’DE KULLANILAN AHŞAP YAPI TAŞIYICI SİSTEMLERİ ..	20
3.1.1. Taşıyıcı Sistemi Kütüklerden Oluşturulan Ahşap Yapılar	20
3.1.1.1. Geçmeli Kütük Yapım Yöntemi (Ahşap Yığma Duvar “Çanti”)...	20
3.1.1.2. Dikme Kütük Yapım Yöntemi (Ahşap Dolma Duvar “Taraba”)...	22
3.1.2. Taşıyıcı Sistemi Panellerden Oluşturulan Ahşap Yapılar	23
3.1.3. Taşıyıcı Sistemi Çerçevelerden Oluşturulan Ahşap Yapılar	25
3.1.3.1. Geleneksel Çerçeve Sistemler.....	26
BÖLÜM 4.	42
YÖNETMELİKLERE GÖRE AHŞAP YAPILARIN TASARIMI.....	42
4.1. TÜRKİYE’DE AHŞAP YAPILARIN TASARIMINDA KULLANILAN YÖNETMELİKLER	42
4.1.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe Göre (ABYYHY) Ahşap Yapıların Tasarımı	42
4.1.2. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) Ahşap Yapıların Tasarımı	44
4.1.3. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) Ahşap Yapıların Tasarımı	44
4.1.3.1. Yapısal Modelleme ve Hesap	46
4.1.3.2. Panellerin Tasarım Esasları.....	48
4.1.3.3. Ahşap Döşemelerin Tasarım Esasları	53
4.2. TÜRKİYE’DE AHŞAP YAPILARIN TASARIMINDA KULLANILAN STANDARTLAR.....	55
4.2.1. TS 647’e Göre Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları	55
4.3. AHŞAP YAPILARIN TASARIMINDA YAYGIN OLARAK KULLANILAN BAZI YÖNETMELİKLER.....	55
4.3.1. Eurocode 5 (EN 1995 1-1: 2004+A1) Yönetmeliği	55
4.3.1.1. Eurocode 5’in Tasarım Esasları	56
4.3.1.2. Eurocode 5’e Göre Ahşap Malzeme Özellikleri	60
4.3.1.3. Eurocode 5’e Göre Yapısal Çözümleme Esasları	62
4.3.1.4. Taşıma Gücü Sınır Durumları.....	67
4.3.1.5. Kullanılabilirlik Sınır Durumları	82
4.3.2. FEMA 368 (Federal Emergency Management Agency) Yönetmeliği ...	85

	<u>Sayfa</u>
4.3.3. UBC (The Uniform Building Code) Yönetmeliği	86
BÖLÜM 5.	88
SAYISAL UYGULAMALAR.....	88
5.1. ÖRNEK YAPININ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	88
5.1.1. Örnek Yapının Tarihçesi ve Özellikleri.....	88
5.2. STA-STEEL YAPISAL ANALİZ PROGRAMIYLA KONAĞIN MODELLENMESİ	90
5.2.1. Safran Konaktaki Ahşap Çatki Düzeni.....	96
5.2.2. Safran Konağın Sta-Steel Programıyla Farklı Modellerinin Oluşturulması.....	96
5.2.2.1. Safran Konağın Mevcut Durumunun (Model 1'in) Oluşturulması	96
5.2.2.2. Model 2'nin Oluşturulması	99
5.2.2.3. Model 3'ün Oluşturulması	101
5.2.2.4. Model 4'ün Oluşturulması	103
5.2.2.5. Model 5'in Oluşturulması	105
5.2.2.6. Model 6'nın Oluşturulması	107
5.2.2.7. Model 7'nin Oluşturulması	109
5.2.2.8. Model 8'in Oluşturulması	111
5.2.2.9. Model 9'un Oluşturulması	113
5.2.2.10. Model 10'un Oluşturulması	115
5.2.3. Safran Konak Modellerinin Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması İçin Düğüm Noktasının Belirlenmesi.....	117
BÖLÜM 6.	119
MODELLERİN YAPISAL ÇÖZÜMLEMELERİNDEN ELDE EDİLEN BULGULAR VE İRDELEMELER.....	119
BÖLÜM 7.	132
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	132
KAYNAKLAR	135
ÖZGEÇMİŞ	138

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Ahşabın boyuna ve enine kesitinden bir görünüm.....	7
Şekil 2.2. Ahşap malzemenin liflere paralel doğrultudaki basınç dayanımı deneyi ..	9
Şekil 2.3. Ahşap malzemenin liflere dik doğrultudaki basınç dayanımı deneyi	10
Şekil 2.4. Ahşap malzemenin liflerine paralel ve dik doğrultularındaki çekme dayanımı deneyi	11
Şekil 2.5. Ahşap malzemenin eğilme dayanımı deneyi.....	11
Şekil 2.6. Ahşap malzemenin liflerine paralel doğrultuda makaslama dayanımı deneyi	12
Şekil 2.7. Ahşap malzemenin yarıлма dayanımı deneyi	13
Şekil 2.8. Bir kayın ağacının eğilme deneyi sonucunda gerilme-şekil değiştirme ilişkisi	14
Şekil 3.1. Bir ahşap yapıya ilişkin taşıyıcı sistem elemanları bölümleri ve yerleri .	17
Şekil 3.2. Ahşap yapıların taşıyıcı sistemleri ve duvar biçimleri.....	19
Şekil 3.3. Türkiye’deki geleneksel yapıların dağılımları	20
Şekil 3.4. Ahşap yığma duvar tekniği “Çantı”	21
Şekil 3.5. Boğaz geçme yönteminden bir görünüm	21
Şekil 3.6. Ahşap Serender yapısından çeşitli görünümler.....	22
Şekil 3.7. Dikmelerde oluk açılması	22
Şekil 3.8. Ahşap dolma duvar (Taraba) örneği	23
Şekil 3.9. Ahşap panel duvar örnekleri	23
Şekil 3.10. Panel ebatları.....	24
Şekil 3.11. Ahşap panel duvar uygulaması	24
Şekil 3.12. Scottwood Yöntemiyle ahşap panel duvar uygulaması	25
Şekil 3.13. Ahşap çerçeve sistem düzenlemesi	26
Şekil 3.14. Bilecik Osmaneli’nde Ahşap çatkı örneği.....	26
Şekil 3.15. Çatkı sistemdeki yatay, düşey ve eğik elemanlar.....	27
Şekil 3.16. Bağdadi tekniğiyle yapılmış ahşap yapı örnekleri	28
Şekil 3.17. Bağdadi sıva üzerine çakılan Rabitz telinden bir görünüm	29
Şekil 3.18. Yalı baskı tekniğiyle yapılmış ahşap yapı örneği	29

Sayfa

Şekil 3.19. Bağdadi ve yalı baskı tekniğiyle yapılmış ahşap yapı kesiti ve örnekleri	30
Şekil 3.20. Çöten duvar ve bu teknikle yapılmış ahşap yapı örneği	31
Şekil 3.21. Çöten duvar dalların aralarının sıvanması örneği	31
Şekil 3.22. Dizeme tekniğiyle yapılmış ahşap yapı örneği	32
Şekil 3.23. Dizemelerin sıva tutamaması örneği	33
Şekil 3.24. Hımış duvarlı ahşap yapı örneği	34
Şekil 3.25. Balıksırtı tuğla dolgulu duvar örneği	34
Şekil 3.26. Farklı şehirlerdeki ahşap hımış yapı örnekleri	35
Şekil 3.27. 1999 Düzce depremde hasar görmüş hımış ahşap yapı	35
Şekil 3.28. Ahşap yapılarda muska dolma duvar örneği	36
Şekil 3.29. Muska dolma duvar dolgusu örnekleri	37
Şekil 3.30. Sıvalı muska dolma duvar örneği	37
Şekil 3.31. Köşe dikmeleri payandalarla desteklenmiş bir ahşap yapıdan görünüm .	38
Şekil 3.32. Gözlü ahşap sistemde köşelere yerleştirilen payandalardan bir görünüm	39
Şekil 3.33. Göz dolma duvar sistemli ahşap yapı örneği	40
Şekil 3.34. Göz dolma duvar sistemlerinde yatay ve düşey elemanların bağlantı detayı	40
Şekil 3.35. Göz dolma duvar dolgu tipleri	41
Şekil 3.36. Sıvalı göz dolma duvar örneği	41
Şekil 4.1. Tipik kaplamalı bir panel sistem iskeleti görünümü	48
Şekil 4.2. Tipik çaprazlı bir panel sistem iskeleti görünümü	49
Şekil 4.3. Panel dikmelerinin çekme kuvveti aktarma ankrajları	50
Şekil 4.4. Panel dikmelerinde oluşan aksenal kuvvetler	52
Şekil 4.5. Ahşap döşeme iskeletinden bir görünüm	53
Şekil 4.6. Ahşap döşeme kirişleri birleşim detayından bir görünüm	54
Şekil 4.7. Eurocode 5'e göre çerçeve sistemlerin yapısal çözümleme modeli örneği	64
Şekil 4.8. Eurocode 5'e göre mesnetin geometri örneği	65
Şekil 4.9. Eurocode 5'e göre bir çerçevenin başlangıç, simetrik yükleme ve asimetrik yükleme durumları için varsayılan sapma örnekleri	66
Şekil 4.10. Farklı birleşim türleri için birleşim kayma modülü	69
Şekil 4.11. Yapısal eleman aksları (lifler doğrultusunda)	72
Şekil 4.12. Yapısal elemanın liflerine açılı basınç etkisi	73

Şekil 4.13. Yapısal eleman liflerine paralel ve dik kayma gerilmesi etkisi	75
Şekil 4.14. Kesme kuvvetinin hesaplanmasında tekil yükün (F) dikkate alınmadığı mesnet koşulları	76
Şekil 4.15. Yapısal elemana burulma momenti etkisi	76
Şekil 4.16. Eğilme momenti ve basınç kuvveti etkisi	82
Şekil 4.17. Kiriş sehiminin bileşenleri	83
Şekil 4.18. Eurocode 5'e göre mesafe (a) ve genişlik (b) arasındaki önerilen ilişki ve aralıklar.....	84
Şekil 4.19. FEMA yönetmeliğine göre iki katlı ahşap yapının konstrüktif kuralları .	86
Şekil 5.1. Bağlar Köşkü bahçesinden bir görünüm	89
Şekil 5.2. Bağlar Köşkü ön cephesinden bir görünüm	89
Şekil 5.3. Safran Konağın sağ ve arka cephesinden bir görünüm	90
Şekil 5.4. Safran Konağın farklı cephelerinden görünümler.....	91
Şekil 5.5. Safran Konağın mevcut durumunun zemin kat mimari planı	92
Şekil 5.6. Safran Konağın mevcut durumunun 1. kat mimari planı.....	93
Şekil 5.7. Safran Konağın mevcut durumunun 2. kat mimari planı.....	94
Şekil 5.8. Ahşap yapının bir katına ilişkin çatki duvar düzeni.....	96
Şekil 5.9. Safran Konağın oluşturulan modelinin (model 1) farklı cephelerinden kesitler	97
Şekil 5.10. Safran Konağın taşıyıcı sisteminin (model 1'in) 3 boyutlu görünümü....	99
Şekil 5.11. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 2'nin) farklı cephelerinden kesitler.....	100
Şekil 5.12. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 2'nin) 3 boyutlu görünümü	101
Şekil 5.13. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 3'ün) farklı cephelerinden kesitler	102
Şekil 5.14. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 3'ün) 3 boyutlu görünümü	103
Şekil 5.15. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 4'ün) farklı cephelerinden kesitler	104
Şekil 5.16. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 4'ün) 3 boyutlu görünümü	105
Şekil 5.17. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 5'in) farklı cephelerinden kesitler.....	106

Şekil 5.18. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 5'in) 3 boyutlu görünümü	107
Şekil 5.19. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 6'nın) farklı cephelerinden kesitler	108
Şekil 5.20. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 6'nın) 3 boyutlu görünümü	109
Şekil 5.21. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 7'nin) farklı cephelerinden kesitler	110
Şekil 5.22. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 7'nin) 3 boyutlu görünümü	111
Şekil 5.23. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 8'in) farklı cephelerinden kesitler	112
Şekil 5.24. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 8'in) 3 boyutlu görünümü	113
Şekil 5.25. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 9'un) farklı cephelerinden kesitler	114
Şekil 5.26. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 9'un) 3 boyutlu görünümü	115
Şekil 5.27. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 10'un) farklı cephelerinden kesitler	116
Şekil 5.28. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 10'un) 3 boyutlu görünümü	117
Şekil 5.29. Elde edilen bulguların karşılaştırılması için seçilen düğüm noktası.....	118
Şekil 6.1. Model 1-model 6'nın düşey yükler için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünümeler	120
Şekil 6.2. Model 7-model 10'un düşey yükler için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünümeler	121
Şekil 6.3. Safran Konağın oluşturulan model 1-model 4 için deprem etkisinde x doğrultusundaki yapısal elemanlarının yer değiştirme görünümeleri...	123
Şekil 6.4. Safran Konağın oluşturulan model 5-model 10 için deprem etkisinde x doğrultusundaki yapısal elemanlarının yer değiştirme görünümeleri...	124
Şekil 6.5. Farklı ahşap çatkı sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin x ve y doğrultularında elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerlerinin değişimleri	126
Şekil 6.6. Seçilen yapısal elemanların (dikmelerin) doğrultuları	130

- Şekil 6.7. Farklı ahşap çatki sistemleriyle oluşturulan Safran Konak modellerinin deprem etkisinde seçilen yapısal elemanlarının (dikmelerin) kat seviyelerindeki maksimum yerdeğiştirme değerleri ... 131
- Şekil 6.7. Farklı ahşap çatki sistemleriyle oluşturulan Safran Konak modellerinin deprem etkisinde seçilen yapısal elemanlarının (dikmelerin) kat seviyelerindeki etkin göreli kat ötelemeleri değerleri . 131

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlarda bulunan hücreler ve görevleri	8
Çizelge 2.2. Farklı ağaç türlerine ilişkin basınç dayanımı değerleri	10
Çizelge 2.3. Farklı ağaç türlerinin çekme dayanımı değerleri	11
Çizelge 2.4. Farklı ağaç türlerinin eğilme dayanımı değerleri.....	12
Çizelge 2.5. Farklı ağaç türlerine ait makaslama dayanımı değerleri	13
Çizelge 2.6. Farklı ağaç türlerine ait yarıma kabiliyetleri.....	13
Çizelge 2.7. Farklı ağaç türlerine göre elastisite modülü ve kayma modülü değerleri	15
Çizelge 3.1. Farklı taşıyıcı sistem tiplerinin görünüş, kesit ve perspektif görünüşleri.....	18
Çizelge 4.1. Ahşap binaların süneklik düzeylerine göre tasarımında kullanılan taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı katsayıları ile izin verilen bina yükseklik sınıfları.....	46
Çizelge 4.2. Eurocode göre yük etki süresi sınıfları ve örnekleri	56
Çizelge 4.3. Eurocode göre ahşap malzemeler için kullanım sınıfları.....	57
Çizelge 4.4. Eurocode göre farklı yük sınıfları için k_{mod} ifadesinin değerleri.....	58
Çizelge 4.5. Eurocode göre ahşap malzeme özellikleri ve dayanımı için önerilen Kısmi faktörleri, γ_M	59
Çizelge 4.6. Sert ahşap (Meşe, kayın, akçaağaç vb.) malzeme özellikleri	61
Çizelge 4.7. Yumuşak ahşap (Laçın, çam, köknar, karaçam vb.) malzeme özellikleri	62
Çizelge 4.8. Farklı binalar tipleri için etki faktörleri	70
Çizelge 4.9. Ahşap ve ahşap esaslı malzemeler için k_{def} değerleri	71
Çizelge 4.10. Açıklığın oranı olarak etkili uzunluk	80
Çizelge 4.11. Kiriş sehimleri için sınır değerleri	83
Çizelge 4.12. FEMA yönetmeliğine göre sismik tasarım sınıfları ve izin verilen yapısal çözümlene yöntemleri	85
Çizelge 4.13. FEMA yönetmeliğine göre maksimum duvar genişliği ve kat sayısı ..	86

Sayfa

Çizelge 5.1. Safran Konağın ahşap malzemesinin mekanik özellikleri	94
Çizelge 5.2. Safran Konağın TBDY'e göre diğer tasarım parametreleri	95
Çizelge 5.3. Safran Konak'ta kullanılan ahşap elemanların boyutları	98
Çizelge 6.1. Farklı ahşap çatkı sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin ilk üç moduna göre 1. doğal titreşim periyodu değerleri	122
Çizelge 6.2. X ve Y doğrultularındaki deprem etkisi için seçilen düğüm noktasının maksimum yer değiştirme değerleri	125
Çizelge 6.3. Farklı ahşap çatkı sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin maksimum taban kesme kuvveti değerleri	126
Çizelge 6.4. Farklı ahşap çatkı sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin devrilme momenti, devrilmeye karşı moment ve güvenlik katsayısı değerleri.....	127
Çizelge 6.5. Farklı ahşap çatkı sistemleriyle oluşturulan yapı modellerinin seçilen yapısal elemanlarının (dikmelerin) kesit etkileri.....	128

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- a_o : Ahşap döşeme kirişi aralığı (m)
- b : Kesit genişliği
- b_o : Dikme aralığı
- C_i : Panellerin kenar dikmelerinde oluşan basınç kuvveti (kN)
- c_i : Boyut etkisi katsayısı
- D : Dayanım fazlalığı katsayısı
- e : Maksimum dış merkezlik
- $E_{0,05}$: Liflere paralel elastisite modülünün %5'lik değeri
- E_{mean} : Elastisite modülü ortalama değeri
- $f_{c,0,d}$: Lifler boyunca tasarım basınç dayanımı
- f_i : Çivinin kesme kapasitesi
- $f_{m,d}$: Tasarım eğilme dayanımı
- $f_{m,k}$: Karakteristik eğilme dayanımı
- $f_{t,0,d}$: Lifler boyunca tasarım çekme dayanımı
- $f_{v,d}$: Gerçek durum için tasarım kayma dayanımı
- $G_{0,05}$: Liflere paralel kayma modülünün %5'lik değeri
- G_{mean} : Kayma modülü ortalama değeri
- h : Panel yüksekliği (m)
- h_b : Ahşap kiriş yüksekliği (m)
- I : Bina önem katsayısı
- I_{tor} : Burulma atalet momenti
- I_z : Zayıf z eksenindeki atalet momenti

- K_{ser} : Birleşim kayma modülü
- $k_{c,90}$: Yük durumu (konfigürasyonu)
- k_{crit} : Yanal burkulma nedeniyle azalan eğilme dayanımını dikkate alan bir faktör
- $k_{c,z}$: Kararsızlık faktörü
- k_{def} : Şekildeğiştirme faktörü
- k_m : Malzemenin homojen olmayan etki ve gerilmelerin yeniden dağılımına izin veren faktör
- k_{mod} : Yük etki süresi ve nem içeriği etkileri için modifikasyon (değişiklik) faktörü
- k_{shape} : En kesit şekline bağlı bir faktör
- l_{ef} : Mesnet koşulları ve yük konfigürasyonuna bağlı kirişin etkili uzunluğu
- l_i : Kat yüksekliğine sahip panel kısımlarının genişliği (m)
- M_{tor} : Burulma momenti
- n : Hareketli yük katılım katsayısı
- R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (süneklik katsayısı)
- R_d : Malzeme tasarım dayanımı değeri
- R_k : Malzeme karakteristik dayanım değeri
- S_1 : 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
- S : Statik alan momenti
- S_{ds1} : 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
- S_{ds} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
- S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
- s : Ana dikmelerdeki çivi aralığı (m)
- t : Ahşap panel kaplama kalınlığı (mm)
- t_b : Ahşap kiriş genişliği (mm)
- T_i : Panellerin kenar dikmelerinde oluşan çekme kuvveti (kN)
- V_d : Tasarım kesme kuvveti
- V_p : Ahşap panellere etkiyen toplam kesme kuvveti (kN)
- v_p : Birim boya ilişkin kesme kuvveti değeri (kN/m)

- W : Mukavemet momenti
- W_y : Kuvvetli y eksenini etrafındaki mukavemet momenti
- w_c : Kirişin ilk eğriliği
- w_{creep} : Kirişin sünme sehimi
- w_{fin} : Kirişin nihai sehimi
- w_{inst} : Kirişin ani sehimi
- $w_{net,fin}$: Mesnetler arasındaki kiriş ekseninin altındaki net nihai sehim
- X_k : Malzeme dayanım özelliği karakteristik değeri
- α : Isıl genleşme katsayısı
- γ_M : Kısmi güvenlik katsayısı
- ζ : Modal sönüm oranı
- λ_y : y eksenini etrafında eğilmeye karşılık gelen narinlik oranı
- ρ : Malzeme birim ağırlığı
- ρ_m : Ortalama birim hacim ağırlık
- $\sigma_{c,0,d}$: Lifler boyunca tasarım basınç gerilmesi
- $\sigma_{m,d}$: Tasarım eğilme gerilmesi
- $\sigma_{t,0,d}$: Lifler boyunca tasarım çekme gerilmesi
- ψ_0 : Değişken etkinin kombinasyon değeri için faktör
- ψ_1 : Değişken etkinin tekrar faktörü
- ψ_2 : Değişken etkinin yarı sabit (kalıcı) faktörü

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
BYS	: İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DD	: Yer Hareketi Düzeyi
DES	: Düzce Earthquake Summary (Düzce Depremi Özeti)
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
FEMA	: Federal Emergency Management Agency (Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı)
IBC	: The International Building Code (Uluslararası Bina Kodu)
ICC	: International Code Council (Uluslararası Kod Konseyi)
Sta-Steel	: Structural Analysis for Steel Structure (Çelik Yapıların Yapısal Analizi)
T1	: Yapının birinci doğal titreşim periyodu (s)
T _A , T _B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları (s)
T _L	: Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumunda Sabit Yerdeğiştirme Bölgesine Geçiş Periyodu (s)
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TDY	: Türkiye Deprem Yönetmeliği
UBC	: Uniform Building Code (Düzenli Bina Kodu)
TS	: Türk Standardı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Kültürel mirasımızın önemli bir yansıması olan tarihi yapılar, geçmiş medeniyetler ile günümüz arasında bağ oluşturmaktadır. Bu yapılar sayesinde medeniyeti anlamak ve yorumlama yapmak mümkün olmaktadır. Söz konusu tarihi yapıların içinde ahşap yapılar da yer almaktadır. Sosyal, kültürel ve ekonomik pek çok nedenden dolayı unutulmaya yüz tutan bu yapılar bazen devlet bazen de özel sektör ve/veya şahıslar tarafından sahip çıkılarak korunmaktadırlar.

Ahşap yapılar, Türkiye'deki somut kültürel mirasın en önemli yansımalarındandır. Bu nedenle bu yapılarında diğer tarihi yapılar gibi korunması ve gelecek nesillere aktarılması büyük önem arz etmektedir. Ancak Türkiye'deki pek çok tarihi ahşap yapı hak ettiği değeri görmemektedir. Kültürel mirasın benzersiz sembolleri olan ahşap yapılar, doğal ve beşerî nedenlerden dolayı maalesef çok fazla hasarlara maruz kalmışlardır. Bu nedenle ahşap yapıların korunması, devamlılıkları açısından oldukça önemlidir. Diğer bir ifadeyle bu eşsiz kültürel değerlerin periyodik olarak onarımlarının yapılması ve uygun kurtarma projeleri geliştirilerek korunmalarının sağlanması gerekli olmaktadır.

Ahşap malzemenin dolayısıyla ahşap yapıların zaman içerisinde hasar görmesine neden olan birçok etmen bulunmaktadır. Bunlar ahşabın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapılarından kaynaklanan etmenler olabileceği gibi insanların neden olduğu beşerî etmenler ve doğal afetler gibi etmenler de olabilmektedir. Bu etmenler, ahşap yapıların geleceğe miras kalması noktasında mevcut durumlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle ahşap yapıların sorunlarını bilmek ve bu sorunlara karşı gerekli tedbirleri almak oldukça önemlidir. Başta taşıyıcı sistem düzenlenmesi olmak üzere yapıya etkiyecek yük etkilerine göre, rüzgâr ve deprem etkilerini de dikkate alarak, birleşim hesaplamalarını yaparak ahşap yapıların dayanıklılığını arttırmak

mümkündür. Diğer taraftan mimari estetiğin yanında mühendislik bilgisinin de dahil olacağı statik hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca ahşap yapıların korunmasında güncel standart ve yönetmelik hükümlerine uyulması ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak ahşap yapılara ilişkin söz konusu standart ve/veya yönetmeliklerin de güncelliğinin sağlanması ve yapısal analiz programlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Ahşap yapıların korunmasına yönelik çalışmalarda; tasarımla birlikte boyutlandırma ve birleşim detayları hesaplarının da dikkate alınması gerekmektedir. Tarihi ahşap yapılarda oluşan ya da oluşabilecek doğal ve beşerî hasar etmenlerinin söz konusu yapının taşıyıcı sistemdeki olumsuz etkilerini, gerçekleştirilecek restorasyon çalışmalarında statik açıdan dikkate almak gerekmektedir. Böylece ahşap yapının korunması yönünde yalnızca eskinin biçimsel restorasyonu sağlanmış olmayacak aynı zamanda sağlam, kullanışlı ve geliştirilebilir yapılar meydana getirilerek bu yapılarında daha uzun süre ayakta kalması sağlanmış olacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında örnek olarak seçilen Safranbolu Bağlar-Köyiçi Meydanında bulunan Safran Konak mimarisine sadık kalınarak, Türkiye’de uygulanan farklı ahşap taşıyıcı sistem modelleri oluşturularak söz konusu yapıya deprem dahil etkiyecek tüm yük etkilerine karşı davranışları karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Ayrıca ahşap yapılarda yaygın olarak kullanılan payandaların yapının dinamik davranışlarına etkileri araştırılmaktadır.

1.1. AHŞAP YAPILARIN TASARIMI İLE İLGİLİ DAHA ÖNCE YAPILMIŞ BAZI ÇALIŞMALAR

Ahşap yapıların zaman içerisinde varlığını koruyabilmesi kültürel mirasımız açısından oldukça önemlidir. Ancak bu yapılarda zamanla bozulmalar ve hasarlar görülmektedir. Özellikle rüzgâr ve depremlere karşı ahşap yapıların performansını değerlendirmede statik kurallara uyulması gerekmektedir. Ancak yapılan teknik literatür araştırmasında ahşap yapıları statik yönüyle değerlendiren çok az tez çalışmasına rastlanmıştır (Hıraoğlu, 2007; Kafesçioğlu, 1954; Tunçkol, 2012). Ahşap

yapılarla ilgili gerçekleştirilmiş çalışmaların bazılarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

Bayülke (2001) çalışmasında ahşap yapıların deprem davranışlarını incelemiştir. Sonuç olarak ahşap yapıların hafifliğinin deprem bakımından bir üstünlük olduğunu ve malzemenin niteliklerini dikkate alarak depreme dayanıklı hem ahşap yapı ve hem de betonarme yapı yapılabileceğini vurgulamıştır.

Demirhan (2001) yaptığı çalışmada kerpiç, taş ya da tuğla kullanılarak duvarları oluşturan ahşap yapıların statik etkilere karşı mukavemeti ve söz konusu malzemelerin sağladığı fiziksel koşulları incelemiştir. Böylece Düzce’de bulunan ahşap iskeletli yapının hesapları yapılarak gerekli onarım ve takviye projeleri ile ilgili görüşler sunulmuştur. Çalışmasının sonunda ahşap iskeletli yapıya etkileyen deprem yüklerinin, bina ağırlığı ile orantılı olduğundan, diğer yapı malzemeleri ile inşa edilen yapılara oranla daha az etki ettiğini ifade etmiştir.

Aksoy (2003) yaptığı çalışmada, geleneksel ahşap iskeletli yapıların deprem davranışlarını araştırarak, söz konusu yapıların deprem açısından zayıf ve iyi yönlerinin belirlenmesi gerektiğini vurgulamış ve 1999 depreminin ahşap yapılar üzerindeki hasarlarını ve etkilerini incelemiştir. Bu amaçla Marmara Bölgesindeki ahşap yapıları incelemiş ve depremlere dayanımın sadece yapı malzemesi ve yapım tekniğiyle ilgili olmadığını, en önemli nedenlerden birinin yapının doğru uygulanması ve sonrasında da bakımlarının yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca ahşap yapıların geçmişle bağlantının sürdürülmesi ve köylerimizin kaybettiği özelliklerinin geri kazandırılması bakımından yapımlarının desteklenmeleri gerektiğini de ifade etmiştir.

Çobancaoğlu (2003) yaptığı çalışmasında, ülkemizin çeşitli bölgelerinde bulunan ahşap yapıların yapım sistemleri, kullanılan malzemeler ve korunmasıyla ilgili bilgiler vermiştir. Çalışmasının sonunda dikmeler, kuşaklar ve payandalar gibi yapısal elemanların taşıyıcı sistemin ana unsurları olduğunu vurgulamıştır.

Dışkaya (2004) çalışmasında, Kuzey Marmara bölgesindeki ahşap karkas yapıların deprem karşısında güçlendirmeye gereksinim duyup duymadıklarına ilişkin bir yaklaşım geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu amaçla bölgede bir yapı seçerek yapının plan, cephe ve yapısal özelliklerine değinmiş, yapının geçmişteki onarımlarına bağlı olarak restorasyon kararını anlatmış ve yapının diğer yüklerle birlikte deprem hesabını yapılmıştır. Çalışmasının sonunda geleneksel ahşap yapılarda deprem konusunda şartnamelerin yeterli olup olmadığına ve deprem hesabına gereksinimlerinin olup olmadığına yönelik bir çalışma olduğunu ifade etmiştir.

Ahunbay ve Aksoy (2005) makalelerinde, 1999 Marmara depreminden etkilenen illerdeki ahşap yapılarda, deprem sonrasında oluşan hasarları yapı sistemine bağlı olarak açıklamışlardır. Ayrıca bu çalışmada taşıyıcı sistem, duvar dolgusu ve temellerdeki hasarları araştırmışlardır. Çalışmanın sonunda incelenen sistemlerde çivili birleşimle birlikte geçme yöntemlerinin kullanılmasının ve payandaların yerleşiminin ahşap yapıların deprem dayanımlarını arttırdığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan ahşap yapıların deprem dayanımlarını sadece malzeme ve yapım tekniğinin belirlemediğini, uygulamanın doğru yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Yaman (2007) çalışmasında, Giresun ili Zeytinlik mahallesinde örnek bir ahşap yapıyı inceleyerek yapıya ilişkin hasar haritasını çıkartmıştır. Ayrıca ahşap malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini tanımlayarak yapı elemanlarının uzun süreli dayanım performansını incelemiştir.

Kaplan (2013) çalışmasında, Sait Halim Paşa Yalısı ele alarak dinamik davranışını ve güçlendirme tekniklerini incelemiştir. Bu amaçla TDY-2007 ve UBC-97 yönetmeliklerindeki göre Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmasının sonunda ahşap yapıların eşdeğer deprem yüğü yöntemi, UBC yönetmeliği ve iki boyutlu deprem analizinin Mod birleştirme yöntemiyle yapılan analizlerinin üç boyutlu deprem analizinden daha verimsiz olduğunu ifade etmiştir.

Güneş (2014) yaptığı çalışmada, geleneksel ahşap taşıyıcı sistem kurgusu, çatki elemanları ve ahşap yapı hasarlarından incelemiştir. Çalışmasının sonucunda geleneksel ahşap yapıların geçirdikleri depremlere rağmen ayakta kalmasının nedeninin payandaların kullanılması olduğunu ifade etmiştir.

Gürel (2018) yaptığı çalışmada, çok katlı ahşap yapıların deprem davranışlarını araştırmıştır. Bu amaçla zaman tanım alanında hesap yöntemini kullanarak merkezi çekirdekli çerçeve sistem, perdeli ve merkezi çekirdekli çerçeve sistem, dıştan destekli ve merkezi çekirdekli çerçeve sistem ve kısmi kafesli merkezi çekirdekli çerçeve sistem ile tasarlanmış ahşap yapıların deprem performansları incelemiştir. Çalışmasının sonucunda perdeli ve merkezi çekirdekli çerçeveli sistemin diğer sistemlere göre daha iyi performans gösterdiğini ifade etmiştir. Ayrıca ülkemizde diğer taşıyıcı sistemlerin de kullanabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Uzun (2018) çalışmasında, Amcazade Hüseyin Paşa Yalısı örneğini ele alarak ahşap yapıyı oluşturan elemanların çözümlemesini emniyet gerilmesi yöntemine göre yapmış ve koruma amacına yönelik onarım ve güçlendirme önerileri sunmuştur.

1.2. BU TEZ ÇALIŞMASININ AMAÇ VE KAPSAMI

Bu tez çalışmasının temel amacı Türkiye’de yaygın olarak kullanılan farklı tipteki geleneksel ahşap taşıyıcı sistemli yapıların eğik elemanlarla (payandalarla) desteklenmesinin yapı davranışına etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu amaçla yapılan bu tez çalışmasında önce Türkiye’de ahşap yapılarda kullanılan taşıyıcı sistemler üzerinde durulmaktadır. Daha sonra bu tez çalışmasında dikkate alınan Safran Konağın farklı ahşap taşıyıcı sistemlerle modelleri oluşturulmakta ve söz konusu yapı modelleri Sta-Steel programı yardımıyla birbirleriyle karşılaştırılmaktadır.

Bu tez çalışması yedi ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birinci bölüm “*Giriş*” olup bu bölümde ahşap yapılarla ilgili teknik literatürde daha önceden yapılan bazı çalışmalar özetlenmektedir. İkinci ve üçüncü bölümde sırasıyla ahşap malzemelerle ve Türkiye’de yaygın olarak kullanılan ahşap taşıyıcı sistemlerle ilgili bazı bilgiler

verilmektedir. Dördüncü bölümde ahşap yapıların tasarımında yaygın olarak kullanılan bazı yönetmeliklere ilişkin bilgiler özetlenmektedir. Beşinci bölümde bu çalışmanın sayısal uygulamalarında kullanılan Safran Konağına ilişkin bazı bilgiler ve tasarım parametreleri verilmekte ve Safran Konağın farklı tipteki geleneksel ahşap taşıyıcı sistemler ile modelleri oluşturulmaktadır. Bu tez çalışmasının altıncı bölümde ise oluşturulan Safran Konak modellerinin Sta-Steel programıyla gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden elde edilen bulgular birbirleriyle karşılaştırmalı olarak irdelenmektedir.

Bu çalışmanın bütününden elde edilebilen bazı sonuçlar ve öneriler yedinci bölümde özetlenmekte ve bu bölümü kaynaklar dizini izlemektedir.

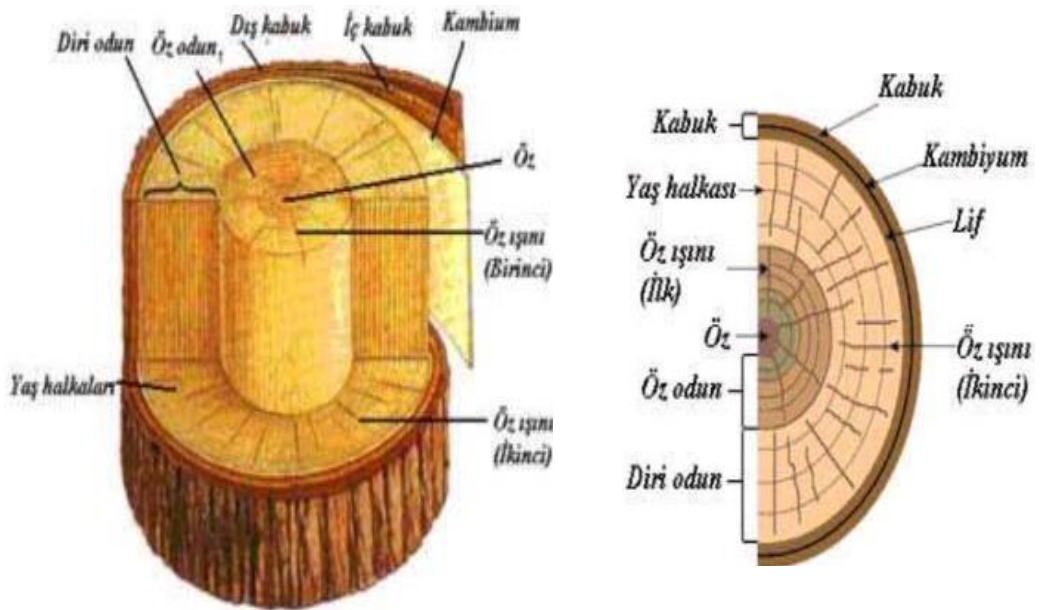
BÖLÜM 2

AHŞAP MALZEMENİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Tasarımda kullanılacak ahşap malzeme türünün seçimi oldukça önemlidir. Bu nedenle tasarımcının ahşabın dayanım özelliklerini ve etkiyen yükler altındaki davranışını iyi bilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan ahşap malzemenin dayanımı ve davranışı; kimyasal, fiziksel, mekanik ve hatta ekolojik özelliklere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bunlar aşağıda kısaca özetlenmektedir.

2.1. AHŞAP MALZEMENİN FİZİKSEL YAPISI

Ahşap malzemenin kaynağı olan ağaçlar, fiziki yapı olarak gövde, dallar ve kökten oluşmaktadır. Gövde kısmındaki kanallar madde alışverişini, kambiyum dokusu ise enine büyümeyi sağlamaktadır. Kökler ise topraktaki minerallerin, tuzların ve suyun alınmasını sağlamaktadır. Bir ahşap malzemenin boyuna ve enine kesiti Şekil 2.1'de verilmektedir.



Şekil 2.1. Ahşabın boyuna ve enine kesitinden bir görünüm (Tüccar, 2017).

Şekil 2.1'den görüldüğü gibi ağaç; öz odun ve diri odun olmak üzere iki yapıya sahiptir. Bu şekilde görülen diri odun yapısının değişime uğraması sonucunda öz odun yapısı oluşmaktadır. Bu kısımda ağaçları mantar ve böceklerden koruyan, dayanım ve renk değişimini sağlayan paranzim hücrelerinden oluşan yabancı maddeler bulunmaktadır.

Ahşap uzun, içi boş, birbirine bağlı ve çevresi kapalı hücrelerden oluşan mikroskobik yapıya sahiptir (Günay, 2007). Geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlarda bulunan hücreler ve görevleri Çizelge 2.1'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlarda bulunan hücreler ve görevleri.

İletim		Destek			Depolama			
Geniş yapraklı		İğne yapraklı	Geniş yapraklı	İğne yapraklı	Geniş yapraklı		İğne yapraklı	
Trahe	Traheid	Traheidler	Lifler	Traheidler	Paranzimler	Epitel Hücreleri	Paranzim Hücreleri	Epitel hücreleri
	• Vaskular • Vasientrik	• İlkbahar odunu • Öz ışını	• Lif traheidleri • Libriform lifleri	• Yaz odunu • Basınç odunu	• Öz ışını paranzimleri • Boyuna paranzimler		• Boyuna paranzimler • Öz ışını paranzimler	• Boyuna kanallar çevresinde • Enine kanallar çevresinde

2.2. AHŞABIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Ortotropik ve heterojen yapıya sahip olan ahşap malzeme, farklı noktalarında değişik özellikler göstermektedir. Bu nedenle ahşap malzemenin mekanik özelliklerini liflere paralel ve liflere dik doğrultuda dikkate almak gerekmektedir. Liflere paralel doğrultudaki tüm özellikleri liflere dik doğrultudaki özelliklerinden daha yüksek olmaktadır (Hırağlı, 2007).

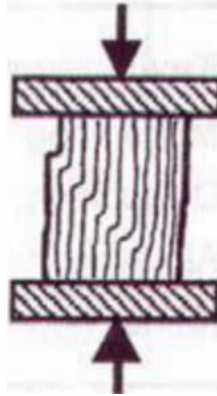
Ahşap malzemeyi mekanik özellikleri bakımından, dayanım ve elastiklik özelliği olarak iki başlık altında sınıflandırılmaktadır. Bunlardan dayanım özelliklerini de basınç, çekme, eğilme, makaslama, yarıma ve burulma dayanımı olarak altı alt başlık altında toplamak mümkündür.

2.2.1. Dayanım (Mukavemet) Özellikleri

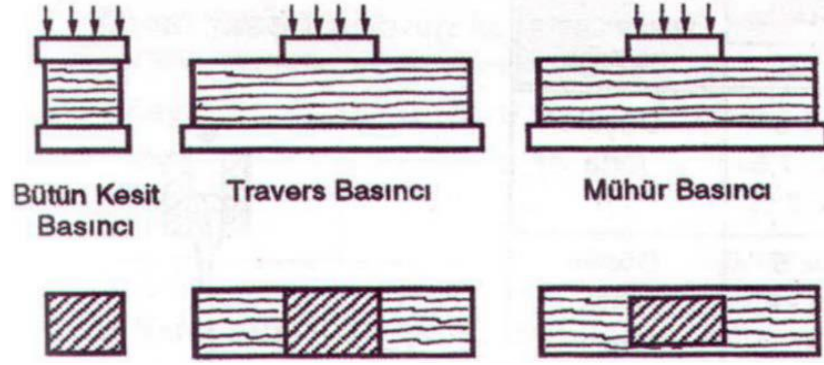
Ahşap malzemenin dayanım özellikleri yük etkileri altında gösterdiği sınır dayanımı değerleriyle ifade edilmektedir. Bunları aşağıdaki başlıklar altında özetlemek mümkündür.

2.2.1.1. Basınç Dayanımı

Ahşap malzemenin sıkıştırma ya da ezme şeklinde uygulanan yük altında liflerinin her iki doğrultusunda gösterdiği dirence malzemenin basınç dayanımı adı verilmektedir. Basınç kuvveti liflere paralel doğrultuda uygulandığında boru şeklindeki hücreler boyuna eksen boyunca sıkışmakta ve kısalmaktadır (bkz. Şekil 2.2). Basınç kuvveti liflere dik doğrultuda uygulandığında, hücrelerin duvarlarını kırılacağından, bu doğrultuda büyük dayanım değerleri elde edilememektedir (bkz. Şekil 2.3). Farklı ağaç türlerine ilişkin lifleri doğrultusundaki ve liflerine dik doğrultudaki basınç dayanımı değerleri Çizelge 2.2’de verilmektedir.



Şekil 2.2. Ahşap malzemenin liflere paralel doğrultudaki basınç dayanımı deneyi (Kaplan, 2013).



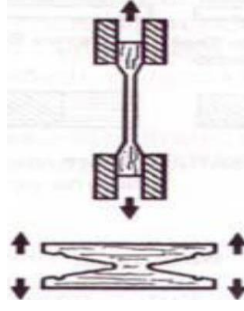
Şekil 2.3. Ahşap malzemenin liflere dik doğrultudaki basınç dayanımı deneyi (Kaplan, 2013)

Çizelge 2.2. Farklı ağaç türlerine ilişkin basınç dayanımı değerleri (Uzun, 2018).

Ahşap malzemenin cins ve sınıfları		Liflere paralel basınç değerleri // (MPa)	Liflere dik basınç değerleri \perp (MPa)
İğne yapraklılar	I. Sınıf	11	2
	II. Sınıf	8,5	
	III. Sınıf	6	
Geniş yapraklılar (Meşe ve kayın)		10	3

2.2.1.2. Çekme Dayanımı

Ahşap malzemenin birbirine zıt doğrultularda etkiyen kuvvetlere karşı gösterdiği tepkiye çekme dayanımı adı verilmektedir. Ahşap malzemenin çekme dayanımı da basınç dayanımında olduğu gibi liflerinin doğrultularına göre farklılık göstermektedir. Ahşap malzemenin liflerine paralel olarak etkiyen çekme kuvveti etkisinde hücre duvarlarının uzaması sonucunda kopma oluşmaktadır. Çekme kuvveti liflere dik doğrultuda uygulandığında ise hücre duvarlarının bozulması sonucunda kopma meydana gelmekte ve daha az dayanım değeri elde edilmektedir (bkz. Şekil 2.4). Diğer bir ifadeyle liflere dik doğrultuda etkiyen çekme kuvveti nedeniyle malzeme düzlem boyunca kopma oluşturmaktadır. Farklı ağaç türlerinin lifleri doğrultusundaki çekme dayanımı değerleri Çizelge 2.3'te verilmektedir.



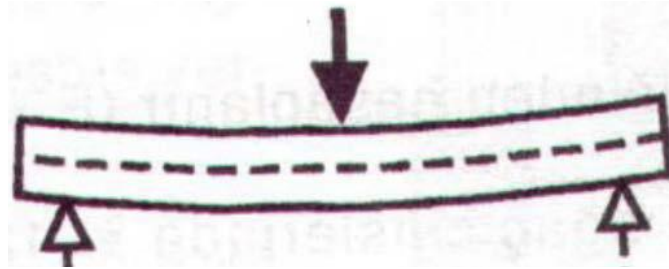
Şekil 2.4. Ahşap malzemenin liflerine paralel ve dik doğrultularındaki çekme dayanımı deneyi (Kaplan, 2013).

Çizelge 2.3. Farklı ağaç türlerinin çekme dayanımı değerleri (Uzun, 2018).

Ahşap malzemenin cins ve sınıfları		Liflere paralel çekme değerleri // (MPa)
İğne yapraklılar	I.Sınıf	10,5
	II.Sınıf	8,5
	III.Sınıf	0
Geniş yapraklılar (Meşe ve kayın)		10

2.2.1.3. Eğilme Dayanımı

Eğilme etkisine karşı ahşap elemanın gösterdiği tepkiye eğilme dayanımı denilmektedir (bkz. Şekil 2.5). Şekil 2.5'ten de görüldüğü gibi liflere dik olarak etkiyen yük hem basınç hem de çekme gerilmeleri oluşturmaktadır. Ayrıca bu durum ahşap elemanın liflerine paralel doğrultuda da makaslama gerilmeleri oluşturmaktadır. Farklı ağaç türlerinin eğilme dayanımı değerleri Çizelge 2.4'te verilmektedir.



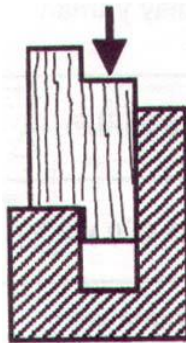
Şekil 2.5. Ahşap malzemenin eğilme dayanımı deneyi (Kaplan, 2013).

Çizelge 2.4. Farklı ağaç türlerinin eğilme dayanımı değerleri (Uzun, 2018).

Ahşap malzemenin cins ve sınıfları		Eğilme dayanımı değerleri (MPa)
İğne yapraklılar	I.Sınıf	13
	II.Sınıf	10
	III.Sınıf	7
Geniş yapraklılar (Meşe ve kayın)		11

2.2.1.4. Kayma (Makaslama) Dayanımı

Ahşap malzemenin bitişik iki kesitini bir düzlem boyunca birbirinden ayırmaya çalışan zıt yönlü kuvvet etkisine karşı malzemenin gösterdiği tepkiye makaslama dayanımı adı verilmektedir (bkz. Şekil 2.6). Ahşap malzemeye dikey, yatay ve eğik olmak üzerine üç makaslama türü bulunmaktadır. Bunlardan dikey makaslama kuvveti liflere dik doğrultuda uygulandığından bu kuvvet basınç şeklinde etki etmektedir. Yatay makaslama kuvveti liflere paralel doğrultuda etkidiğinde, bitişik iki kesite etkiyen yük nedeniyle hücre bağları kopmaya başlayarak boşluklu yapı şekil değişimine uğramaktadır. Eğik makaslama kuvveti ise çok nadir rastlanılan bir makaslama türüdür. Ahşap yapıların tasarımında makaslama dayanımı için genellikle yatay makaslama değeri kullanılmaktadır. Farklı ağaç türlerine ait yatay makaslama (kesme) dayanımı değerleri Çizelge 2.5'te verilmektedir.



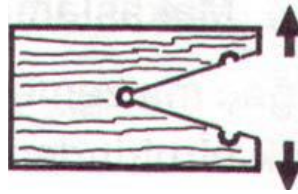
Şekil 2.6. Ahşap malzemenin liflerine paralel doğrultuda makaslama dayanımı deneyi (Kaplan, 2013).

Çizelge 2.5. Farklı ağaç türlerine ait makaslama dayanımı değerleri (Uzun, 2018).

Ahşap malzemenin cins ve sınıfları		Makaslama dayanımı (kesme) değerleri (MPa)
İğne yapraklılar	I. Sınıf	0,9
	II. Sınıf	0,9
	III. Sınıf	0,9
Geniş yapraklılar (Meşe ve kayın)		1

2.2.1.5. Yarılma Dayanımı

Ahşap malzemenin liflerini yarmaya çalışan kama şeklindeki cisimlere karşı gösterdiği tepkiye yarılma dayanımı adı verilmektedir (bkz. Şekil 2.7). Birleşim araçlarının (vida, çivi, kama vb. gibi) ahşap malzemeye çakılması esnasında malzemenin yarılmaması bakımından yarılma dayanımı oldukça önemlidir. Farklı ağaç türlerine ilişkin yarılma kabiliyetleri sınıflandırılarak Çizelge 2.6'da verilmektedir.



Şekil 2.7. Ahşap malzemenin yarılma dayanımı deneyi (Kaplan, 2013).

Çizelge 2.6. Farklı ağaç türlerine ait yarılma kabiliyetleri (Hıraoğlu, 2007).

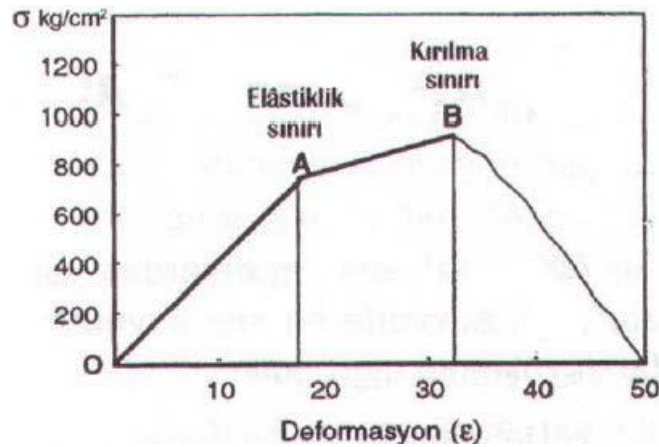
YARILMA ÖZELLİĞİ	AĞAÇ TÜRÜ
Çok kolay yarılan	Lâdin, göknar, douglasie, Veymut çamı
Kolay yarılan	Kestane, kızılağaç, ceviz, meşe (saplı, sapsız, kırmızı), söğüt, ıhlamur, at kestanesi, çam, melez
Güç yarılan	Elma, armut, erik, akçaağaç, dişbudak, çınar, beyaz meşe.
Çok güç yarılan	Karaağaç, şimşir, gürgen, akasya, karaçam, huş
Yarılmayan	Üvez, kızılıçık, abanoz, pelesenk

2.2.1.6. Burulma Dayanımı

Ahşap yapı elemanının uzun eksenini boyunca burmaya çalışan moment etkisine karşı verdiği tepki burulma dayanımı olarak adlandırılmaktadır. Ahşap malzemenin tasarımında burulma dayanımı gerektiğinde, liflere paralel doğrultudaki makaslama dayanımından yararlanılmaktadır. Bu şekilde kullanılan burulma dayanımı değeri yatay makaslama dayanımının üçte ikisi olarak dikkate alınmaktadır.

2.2.2. Elastiklik Özelliği

Elastiklik özelliği, bir yapı malzemesinin dış yük etkisinde ya da uygulanan kuvvet altında gösterdiği tepki, kısılma, uzama ve eğilme vb., şekil değişiklikleri oluştuktan sonra yük ya da uygulanan kuvvet kaldırıldığında ilk boyutuna dönme yeteneğiyle ilişkilidir. Söz konusu malzemede hiçbir şekil değişikliği olmadan orijinal haline dönme yeteneğindeki sınır ise elastiklik sınırı olarak adlandırılmaktadır. Ahşap ideal olarak elastik bir malzeme değildir. Ahşap malzeme elastik bir malzeme olmamasına rağmen mühendislik uygulamalarında elastik bir malzeme olarak kabul edilmektedir (Uzun, 2018). Şekil 2.8'de bir kayın ağacının eğilme deneyi sonucu ile elde edilen elastik sınır değeri verilmektedir (TS 2478, 1976). Ahşap malzemenin farklı ağaç türlerine göre Elastisite ve Kayma Modülü değerleri Çizelge 2.7'de verilmektedir. Bu çizelgedeki Elastisite Modülü değerinin özkütle ile doğru orantılı, sıcaklık ve nem miktarı ile ters orantılı olduğunu belirtmek yararlı olacaktır.



Şekil 2.8. Bir kayın ağacının eğilme deneyi sonucunda gerilme-şekil değiştirme ilişkisi (TS 2478, 1976).

Çizelge 2.7. Farklı ağaç türlerine göre elastisite modülü ve kayma modülü değerleri (TS-647, 1979).

Ahşap malzeme türü	Elastisite Modülü (N/mm ²)		Kayma Modülü (N/mm ²)
	Liflere paralel doğrultuda E _{//}	Liflere dik doğrultuda E _⊥	
İğne yapraklılar	10000	300	500
Geniş yapraklılar (meşe ve kayın)	12500	600	1000

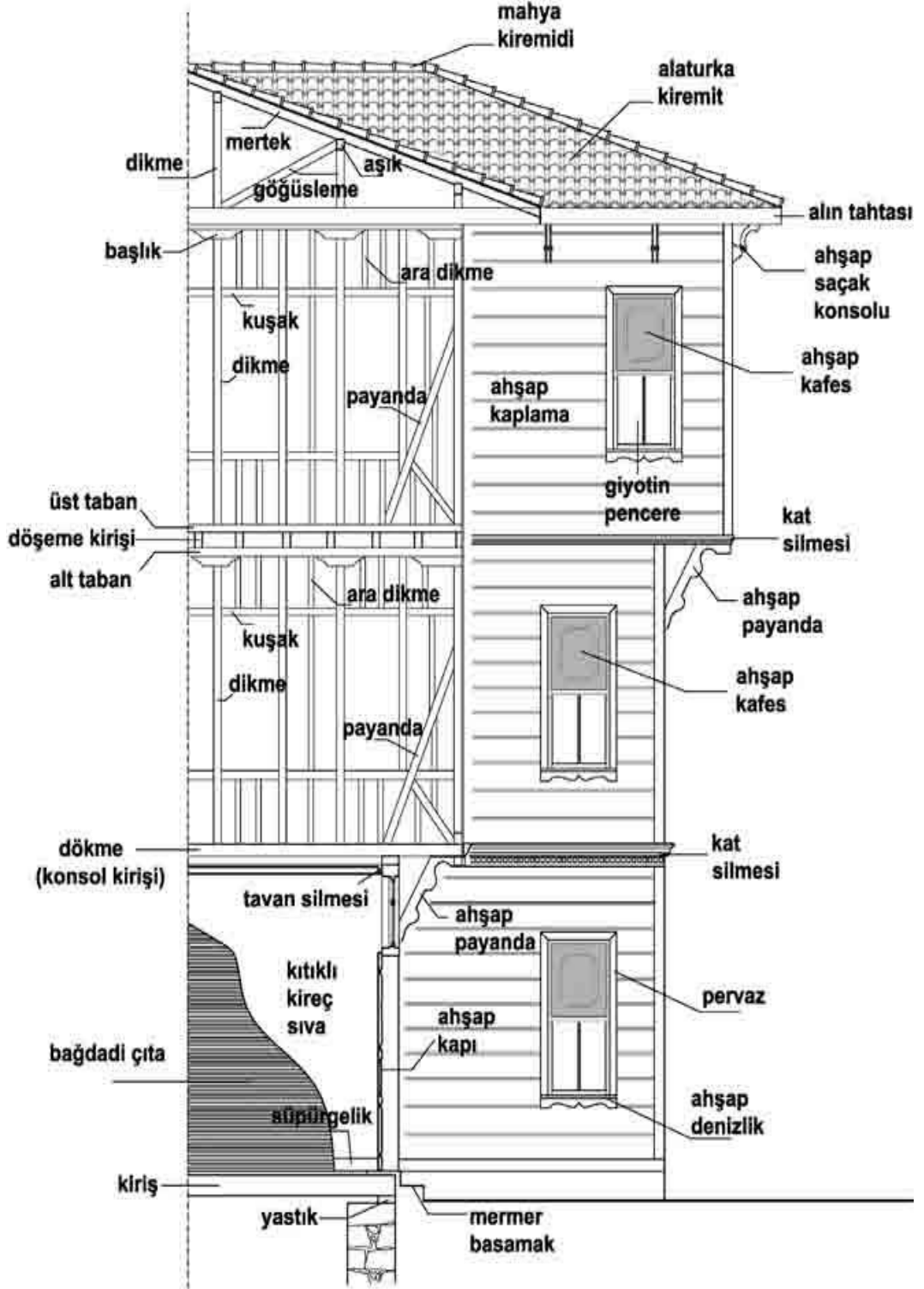
Burada ahşap malzemenin kayma modülünün, kayma gerilmesi-şekil değiştirme grafiğindeki elastik bölgedeki doğrunun eğimi olduğunu belirtmek yararlı olacaktır.

BÖLÜM 3

AHŞAP YAPI TAŞIYICI SİSTEMLERİ

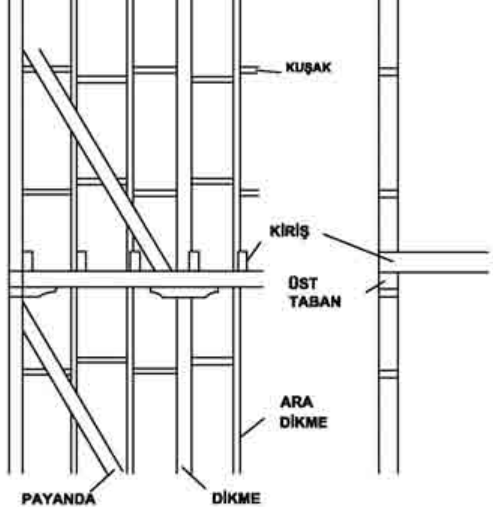
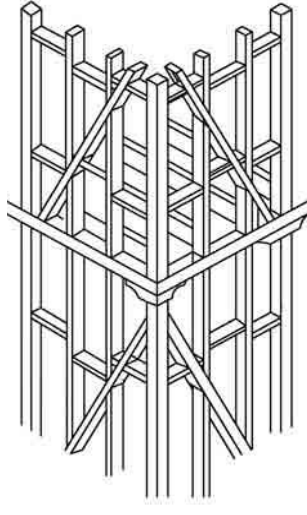
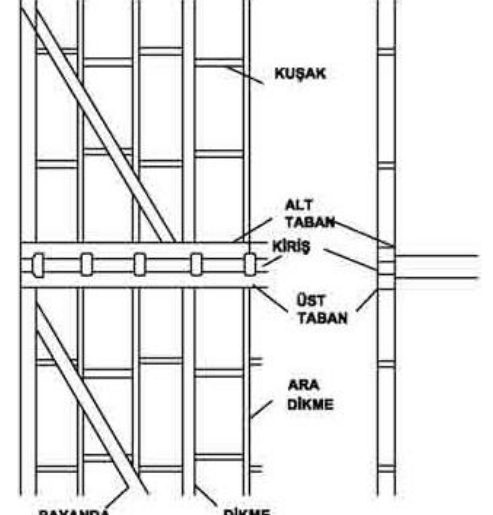
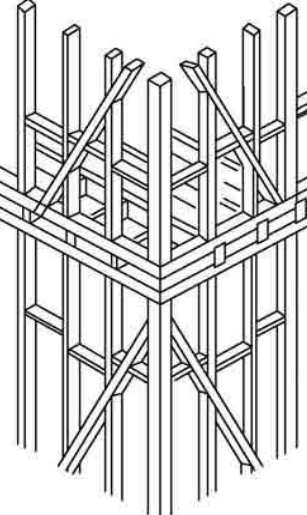
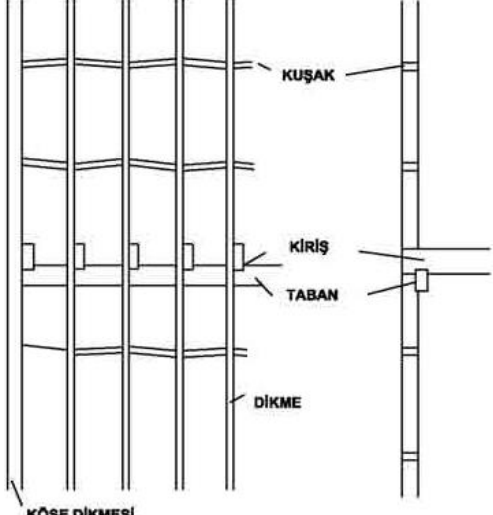
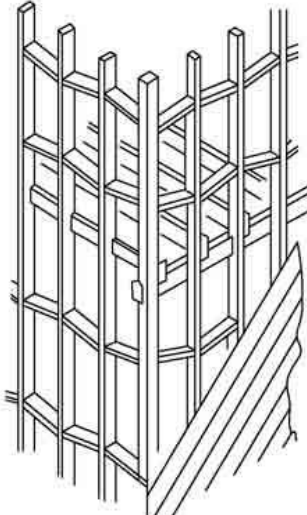
Geçmişte en fazla kullanılan yapı malzemeleri taş, kerpiç ve ahşaptır (Sözen, 1992). Ahşap yapılar arazinin topoğrafik yapısına göre yapının bodrum katı ve/veya su basman kotuna kadar genellikle taş (kargir) malzemeyle yapılmaktadır. Taş malzeme kullanılarak yapılan yapının bu kısmı çoğunlukla ardiye, kömürlük olarak kullanılmakta ve giriş de dışarıdan sağlanmaktadır. Taş malzeme ile inşa edilen duvar üzerine ahşap malzemedен oluşan taşıyıcı sistem kurulmaktadır. Ahşap taşıyıcı sistem elemanları dikme, kiriş, payanda ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Ahşap alt taban kirişleri konulduktan sonra üzerlerine köşe dikmeleri bunların da arasına ara dikmeler ile payandalar yerleştirilmektedir. Ayrıca mimari projeye uygun olarak kapı ve pencere boşlukları bırakılmakta ve ihtiyaç duyulan noktalarda kapı ve pencerelerin alt ve üst kısımlarına yapıyı sağlamlaştırmak amacıyla “*kuşak*” adı verilen kısa kirişler de konulmaktadır. Dikme boyları genellikle kat yüksekliği kadar olmakta ve üst kat döşemesinin yükünü taşımaları için dikme başlıklarına üst katın taban kirişleri konulmaktadır. Bir ahşap yapının taşıyıcı sistem elemanları ve kurgusu Şekil 3.1’de verilmektedir. Ayrıca ahşap yapılara ilişkin farklı taşıyıcı sistem tiplerinin görünüş, kesit ve perspektifleri de Çizelge 3.1’de gösterilmektedir (KUDEB, 2009).

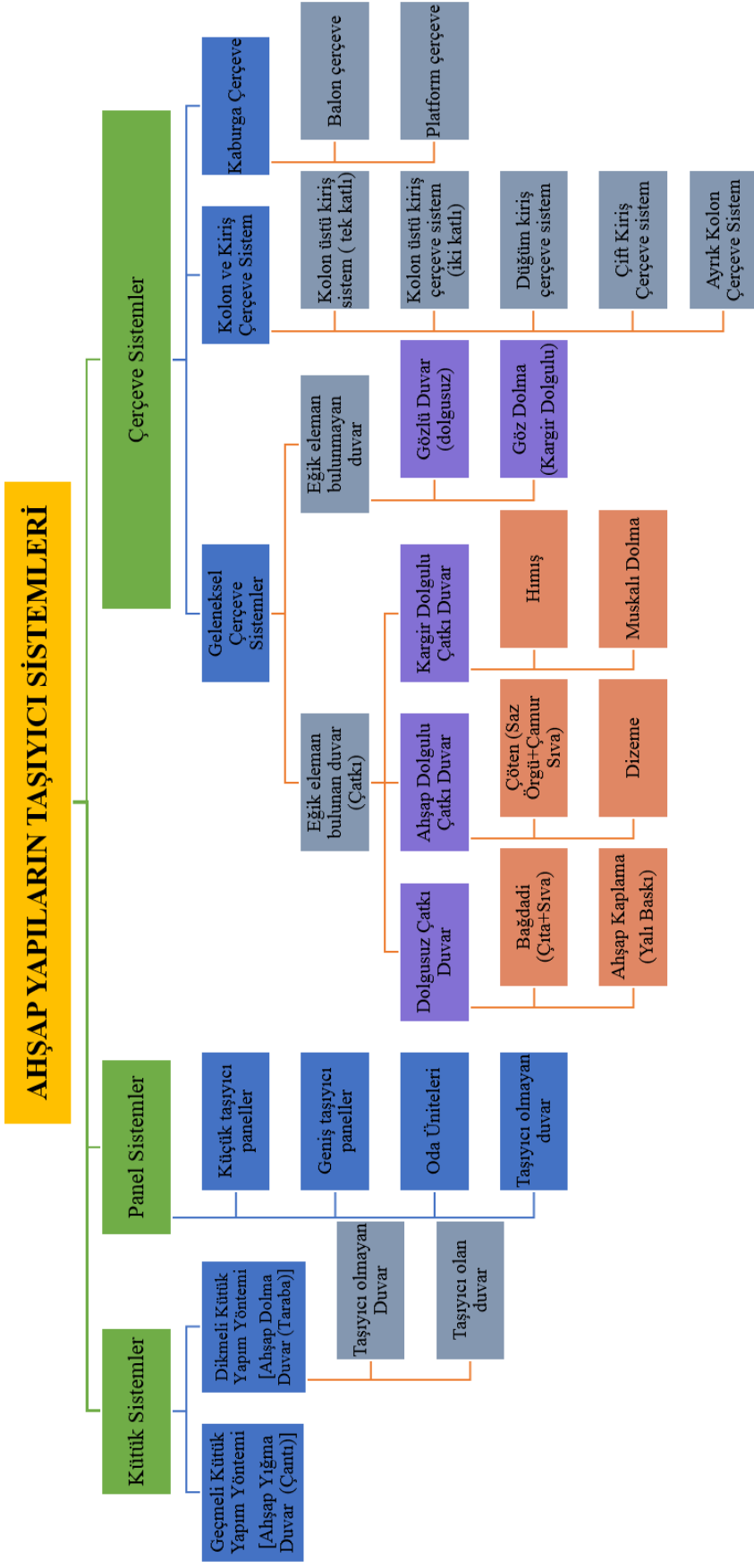
Ahşap yapılar mimari ve taşıyıcılık bakımından farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Çünkü ahşap yapılarda var olan malzemeye, ustanın bilgi ve becerisine, bölgenin iklim koşullarına, mal sahibinin ekonomik gücüne bağlı olarak farklı taşıyıcı sistemler uygulanmıştır. Bir ahşap yapının duvarlarında uygulanan taşıyıcı sistem elemanları ve bu elemanların yük etkileri altındaki çalışma biçimlerine bağlı olarak ahşap yapıları aşağıdaki gibi sınıflandırılmak mümkündür (bkz. Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Bir ahşap yapıya ilişkin taşıyıcı sistem elemanları bölümleri ve yerleri (KUDEB, 2009).

Çizelge 3.1. Farklı taşıyıcı sistem tiplerinin görünüş, kesit ve perspektif görünüşleri (KUDEB, 2009).

Taşıyıcı Sistem	Görünüş ve Kesit	Perspektif
Tek Tabanlı		
Çift Tabanlı		
Devamlı Dikmeli		



Şekil 3.2. Ahşap yapıların taşıyıcı sistemleri ve duvar biçimleri.

3.1. TÜRKİYE’DE KULLANILAN AHŞAP YAPI TAŞIYICI SİSTEMLERİ

Türkiye’de kütüklerden, panellerden ve çerçevelerden oluşturulan ahşap yapılar bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle Türkiye’de farklı tipte ahşap yapı taşıyıcı sistemleri mevcuttur (bkz. Şekil 3.3). Bunlardan en yaygın uygulananları bağdadi ve hımış tipleridir.



Şekil 3.3. Türkiye’deki geleneksel yapıların dağılımları (Coşgun vd., 2019).

3.1.1. Taşıyıcı Sistemi Kütüklerden Oluşturulan Ahşap Yapılar

Bu tür taşıyıcı sistemlere Batı Karadeniz, Bolu, Gerede bölgelerinde genellikle dağlık ve ormanlık alanların bol olduğu yerlerde rastlanılmaktadır. Bu sistemler blok (yığma) ahşap yapı olarak da ifade edilmektedir. Bunların inşasında geçmeli ve dikmeli olmak üzere iki farklı yapım yöntemi uygulanmaktadır.

3.1.1.1. Geçmeli Kütük Yapım Yöntemi (Ahşap Yığma Duvar “Çantı”)

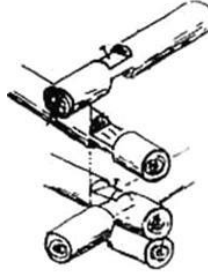
Bu sistem ahşap yığma yapılarda en çok uygulanan yapım yöntemidir. Bunlar kütük ya da kalasların önceden hazırlanarak numara sırasına göre üst üste boğaz geçme tekniğiyle yapıldığı sistemlerdir (bkz. Şekil 3.4). Ayrıca boğaz geçme tekniğinde

kütük ve kalaslar 10-15 cm civarında uzatılarak kendine özgü bir görüntü de sağlanmaktadır (bkz. Şekil 3.5).



a) Kütüklerden oluşturulan sistemler (Başkan, 2008) b) Kalaslardan oluşturulan sistemler (Arun, 2009)

Şekil 3.4. Ahşap yığma duvar tekniği “Çantı”.

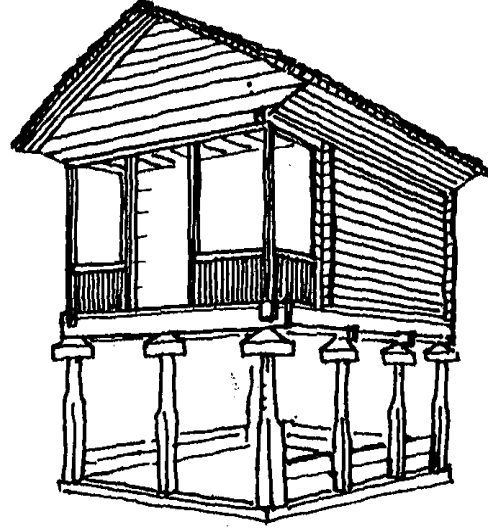


Şekil 3.5. Boğaz geçme yönteminden bir görünüm (Arun, 2009).

Bu sistemlerde yapı ağırlığının fazla olmasından dolayı kat adedinin artırılması mümkün olmamaktadır. Bunlarda üst kütükten alt kütüğe doğru düşey yük aktarılmaktadır. Genellikle depo, kiler amacıyla kullanılan kare ve dikdörtgen planlı serender, nayla ve paska olarak adlandırılan bu yapılar geçmeli kütük sistemi ile yapılmaktadır. Düz iri taşlar üzerine yerleştirilen ahşap dikmeler yükü noktasal olarak zemine aktarmaktadırlar (bkz. Şekil 3.6).



a) Serender yapı örneği (Başkan, 2008)

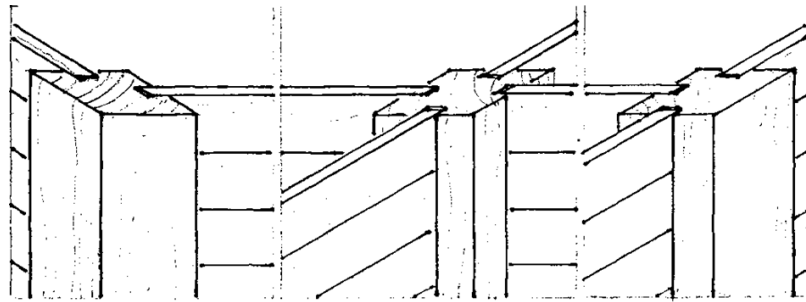


b) Bir Serender yapısının şematik gösterimi (Güneş, 2014)

Şekil 3.6. Ahşap Serender yapısından çeşitli görünümeler.

3.1.1.2. Dikme Kütük Yapım Yöntemi (Ahşap Dolma Duvar “*Taraba*”)

Yapının köşelerine ve aralarına yerleştirilen dikmelerde açılan oluklara geçirilerek oluşturulan duvar sistemidir (bkz. Şekil 3.7). Bu sistemlerde 2,5~6 cm kalınlığında ve 30~40 cm genişliğindeki kalas ve kütükler yatay ve/veya dikey olarak birbirine geçirilmektedir. Duvar yüzeyinde boşluk bırakmak için ara dikmeler kullanılmaktadır (bkz. Şekil 3.8).



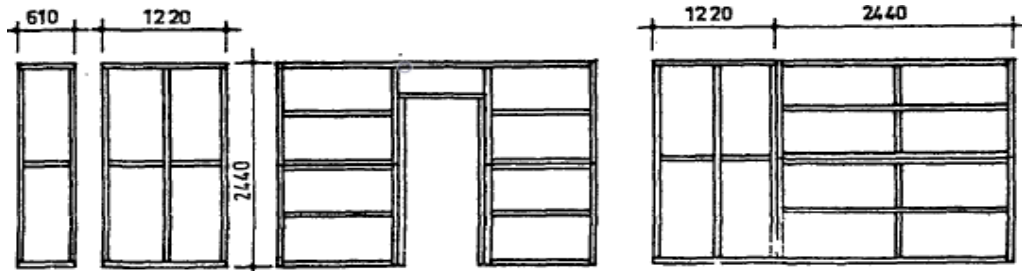
Şekil 3.7. Dikmelerde oluk açılması (Güneş, 2014).



Şekil 3.8. Ahşap dolma duvar (Taraba) örneği (Arun, 2012).

3.1.2. Taşıyıcı Sistemi Panellerden Oluşturulan Ahşap Yapılar

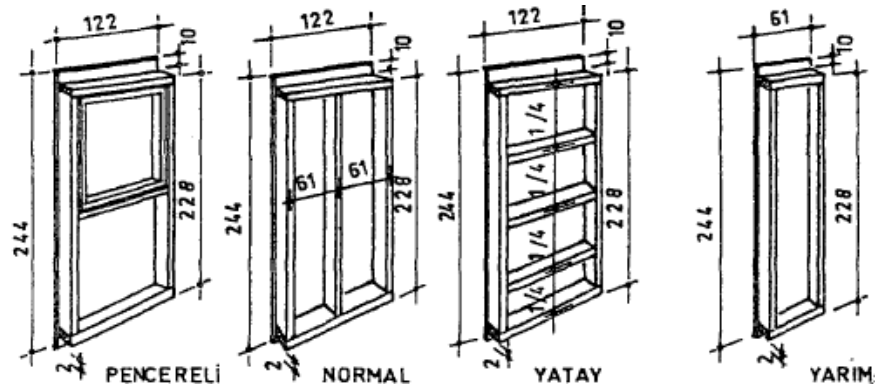
Bu sistemler genellikle bürolar ve tek katlı okul türü yapıların yapımı için tercih edilmektedir. Ahşap panel elemanları, tek ya da iki duvarlı yapay ahşap plakalı panellerden oluşmaktadır (bkz. Şekil 3.9).



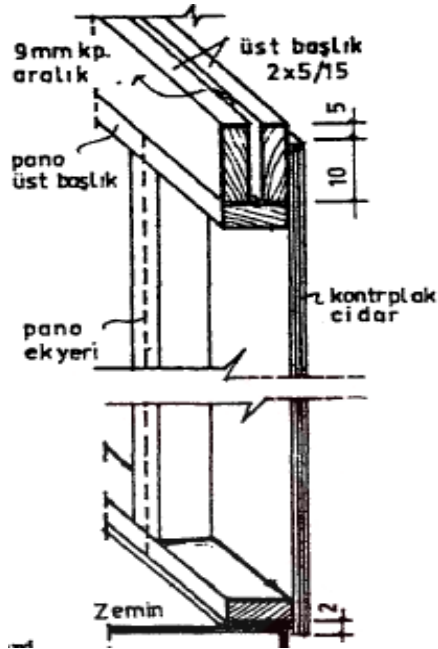
Şekil 3.9. Ahşap panel duvar örnekleri (Avlar, 1995).

Dış cephe duvar panellerinin inşası ile döşeme panellerinin inşası benzerdir. Dış cephe duvar panellerinin boyutları ahşap plaka ebatlarına göre seçilmektedir. Bunlardan yarım ahşap plaka 61/244 cm ve tam plaka 122/244 cm ebatlarında üretilmektedir (bkz. Şekil 3.10). Üretilen ahşap panellerin yüksekliği kat yüksekliği kadar olmakta ve uzunluğu ise 3~4 m civarındadır. Ayrıca panellerin montajı da genellikle tabandan tavana ve tavanın da üst kenarında 2 adet 5/10 cm ebatlarındaki üst başlık kirişlerine bindirilerek yapılmaktadır (bkz. Şekil 3.11). Ahşap paneller birbirlerine vida, bulon ya da geçmeli olarak da birleştirilebilmektedir. Diğer taraftan

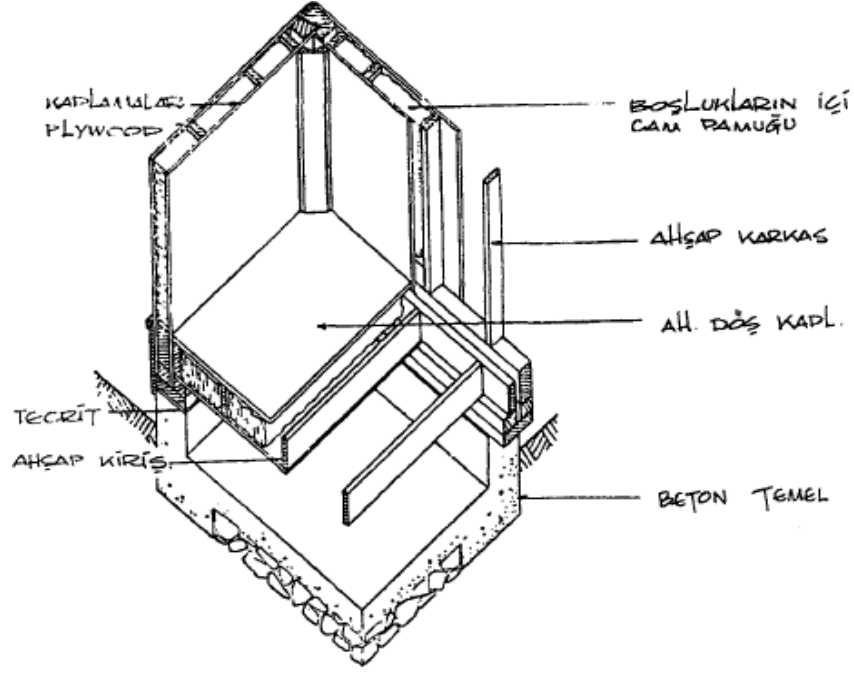
ahşap panel sistemler “perde duvarlı ahşap yapı” olarak da tanımlanabilmektedir. Bunlarda duvarların bütün olarak yapıldığı Scottwood yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntem için kalınlığı 9 cm, uzunluğu 7,30 m ve yüksekliği 2,80 m ahşap paneller fabrikada üretilmektedir. İç ve dış duvar kaplamaları ahşap plakalarla yapılmakta ve 2/7 cm boyutundaki ahşap dikmelere tutkalla birleştirilmektedir (bkz. Şekil 3.12).



Şekil 3.10 Panel ebatları (Avlar, 1995).



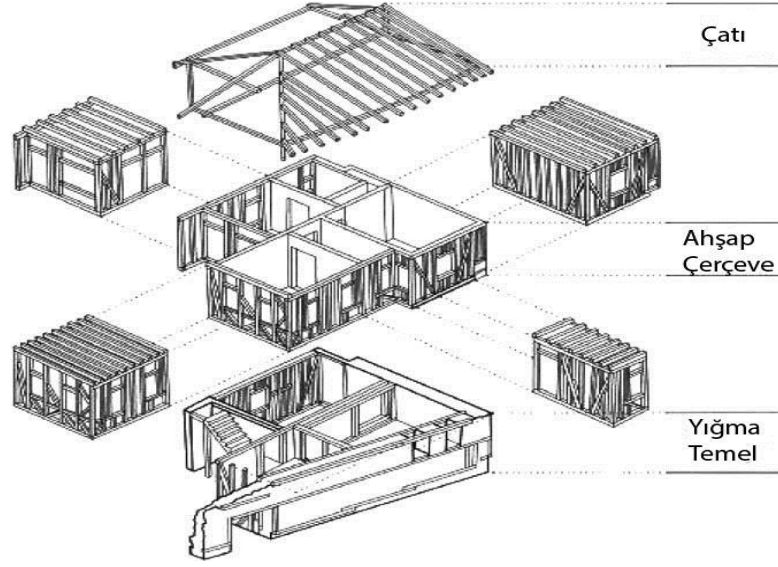
Şekil 3.11. Ahşap panel duvar uygulaması (Avlar, 1995).



Şekil 3.12. Scottwood Yöntemiyle ahşap panel duvar uygulaması (Avlar, 1995).

3.1.3. Taşıyıcı Sistemi Çerçevelerden Oluşturulan Ahşap Yapılar

Ahşap taşıyıcı sistemler; yapıya etkiyen yüklerin dikmeler, kirişler, aşıklar, taban ve diyagonal elemanlar tarafından karşılandığı ve bu yüklerin yapı temeline aktarılmasını sağlayan sistemlerdir (bkz. Şekil 3.13). Ayrıca bu taşıyıcı sistemlerde döşeme, kaplama elemanları gibi taşıyıcı özelliği olmayan yapı elemanları da bulunmaktadır. Bu taşıyıcı sistemler uygulanabilirlik açısından dikkate alındığında, Türkiye’de en çok tercih edilen ahşap yapı türü olarak değerlendirilebilirler. Diğer taraftan bu sistemler de ahşap malzeme az kullanıldığından ağaçların az olduğu bölgelerde de uygun olmaktadır. Bu sistemlerde ahşap malzemeler arasına yerleştirilen dolgu malzemeleri yörede kolaylıkla bulunan malzemelere kullanılmaktadır.



Şekil 3.13. Ahşap çerçeve sistem düzenlemesi (Güneş, 2014).

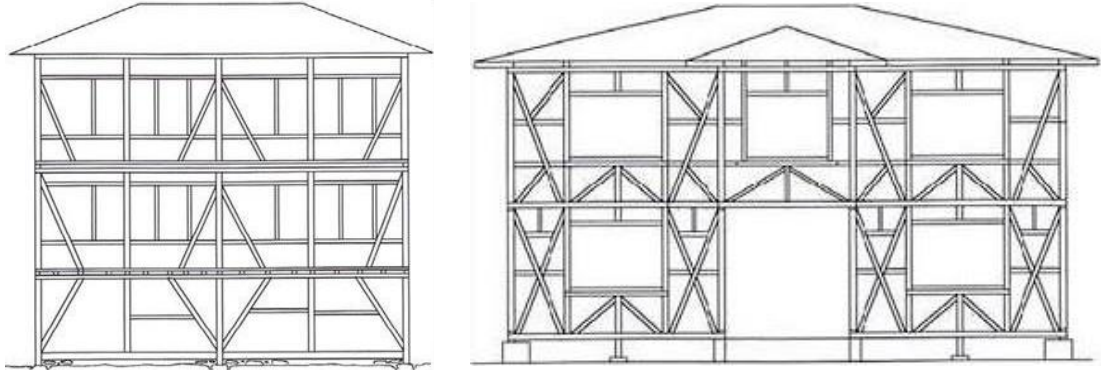
3.1.3.1. Geleneksel Çerçeve Sistemler

Türkiye’de ahşabın kolay sökülebilir bir malzeme olması, kolay temin edilebilmesi, maliyetinin ve depremlerde hem can hem de mal kaybının az olması gibi sebeplerden dolayı ahşabın konut yapımında kullanılmasına neden olmuştur. Ancak Türk toplumunun değişen yaşam biçimiyle birlikte konut yapımı da değişikliğe uğramıştır. Geleneksel ahşap çerçeveli sistemlerde taşıyıcı iskeleti oluşturan dikmeler, eğik ve yatay elemanlardan oluşan ana taşıyıcı sisteme “*çatki*” adı verilmektedir (bkz. Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Bilecik Osmaneli’nde Ahşap çatki örneği (Güneş, 2014).

Bu taşıyıcı sistemlerde dayanımın artırılması için köşe ve orta dikmeler eğik elemanlarla (diyagonal elemanlarla) desteklenmektedir. Bu diyagonaller değişik biçimlerde “X”, “V”, “ters V” şeklinde yerleştirilmektedir. Diyagonallerin boyut ve konumlarında herhangi bir kural bulunmamaktadır. Ancak kısa diyagonal elemanların yerleştirilmesi durumunda büyük kesme kuvvetleri oluşturabilmektedir. Türkiye’de en çok uygulanan ahşap çatki sistemlerinin şematik olarak gösterilim Şekil 3.15’te verilmektedir.



Şekil 3.15. Çatki sistemdeki yatay, düşey ve eğik elemanlar (Güneş, 2014).

Eğik Eleman Bulunan Duvarlar (Çatkılar)

Çatki sistemini oluşturan elemanların arasındaki boşluklar bazen boş bırakılmış bazen de ahşap, kerpiç, tuğla ya da taş malzemeleriyle doldurulmuştur. Bu sistemlerde dış duvarların iç ve dış kısımlarında bazen tuğla ya da taş gibi dolgu malzemeleriyle desen oluşturulduğu dolayısıyla da bu sisteme sahip sıvanmayan ahşap yapılara da rastlamak mümkündür. Çatki uygulanan ahşap yapıların dış duvarlarında kullanılan eğik (diyagonal) elemanlar, söz konusu yapıda çaprazlı perde görevi görmektedir. Böylece ahşap yapının iç kısmında, dış kısmındaki kalın duvarlara göre, daha ince kesitli duvarlar yeterli olmaktadır.

Çatki uygulanan duvarlar “dolgu” ve “taşıyıcı iskelet” olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Dikmeler arasındaki boşlukların doldurulma biçimlerine ve sistemin oluşturulmasında kullanılan tekniğe göre farklı çatki teknikleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin bölgesel olarak farklı adlandırılmasından dolayı Şekil 3.2’de gibi sınıflandırılması mümkündür.

1) Dolgusuz Çatki Duvar

Taşıyıcı sistemi oluşturan yatay, düşey ve eğik elemanlar arasındaki boşlukların herhangi bir dolgu malzemesiyle doldurulmamasıyla oluşturulan duvarlardır. Bunlar da “Bağdadi” ve “Ahşap kaplama” olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.

a) Bağdadi (Çıta + Sıva)

Çerçevelerin üzerine sık aralıklarla çakılan çıtaların üzerine yapılan sıvaya bağdadi sıva adı verilmektedir. Duvarların ön ve arka kısımlarının sıvanması sırasında arada kalan boşluklar giriş-çıkış delikleriyle havalandırılmaktadır. Bu şekilde sıcak-soğuk hava yalıtımı sağlanmaktadır. Bağdadi sıva kalın ya da ince çıtalarla yapılmaktadır. Bunlardan genişliği 2~3 cm ve kalınlığı 1 cm olan ince çıtalar sık olarak ve genişliği 5~8 cm ve kalınlığı 1 cm olan kalın çıtalar ise seyrek olarak çakılmaktadır (bkz. Şekil 3.16). Yerleştirilen çıtalar arası tel ızgara (Rabitz teli) ile kaplandıktan sonra üzerleri sıvanmaktadır (bkz. Şekil 3.17). 1970 Gediz depreminde bağdadi ahşap yapıların hımış ahşap yapılara göre daha iyi davrandıkları ve hasarların daha az olduğunu vurgulamıştır (Doğangün vd., 2005).



Şekil 3.16. Bağdadi tekniğiyle yapılmış ahşap yapı örnekleri (Güney, 2016).



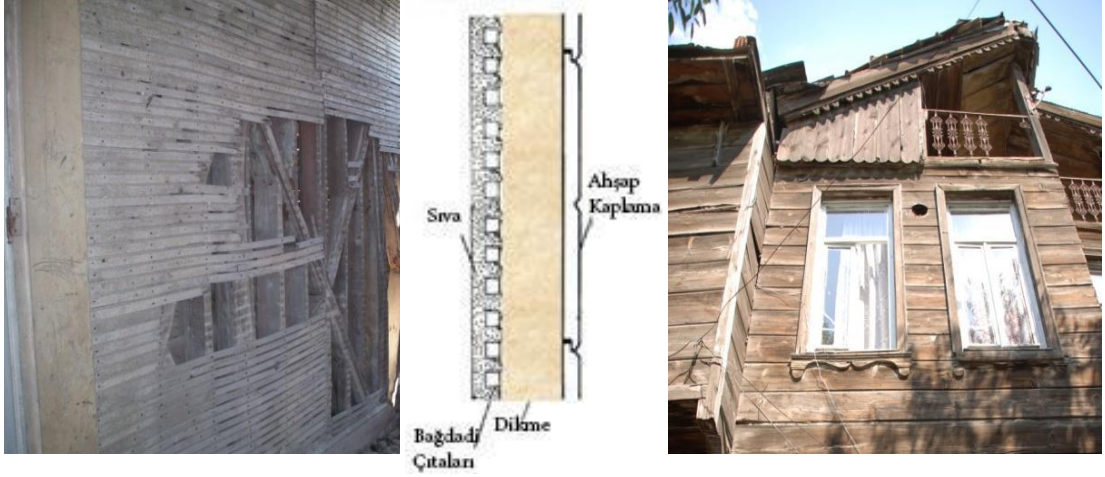
Şekil 3.17. Bağdadi sıva üzerine çakılan Rabitz telinden bir görünüm.

b) Ahşap kaplama (Yalı Baskı)

Taşıyıcı sistemi elemanlarının üzerine ahşap kaplama tahtalarının çakılmasıyla oluşturulan bir duvar türüdür. Bu kaplama tahtaları bindirmeli ya da düz bir şekilde çakılmaktadır. Üst üste bindirilen ve yüzeye vuran yağmur sularının tahliyesi amacıyla yapılan bu sisteme yalı baskı adı verilmektedir (bkz. Şekil 3.18). Bağdadi ve yalı baskı tekniğiyle yapılmış ahşap yapı kesiti ve örnekleri (bkz. Şekil 3.19).



Şekil 3.18. Yalı baskı tekniğiyle yapılmış ahşap yapı örneği (Güneş, 2014).



Şekil 3.19. Bağdadi ve yalı baskı tekniğiyle yapılmış ahşap yapı kesiti ve örnekleri (Güneş, 2014).

2) Ahşap Dolgulu Çatki Duvar

Taşıyıcı sistemi oluşturan yatay, düşey ve eğik elemanlar arasındaki boşlukların ahşap dolgu malzemesiyle doldurulmasıyla oluşturulan duvarlardır. Bunlar kullanılan malzemenin çeşidine ve uygulama biçimine göre “*çöten*” ve “*dizeme*” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

a) Çöten (Saz Örgü + Çamur Sıva)

Çatki elemanları arasındaki boşlukların 2~3 cm kalınlığında ince dallarla yatay olarak örülmesiyle oluşturulan duvarlara çöten adı verilmektedir (bkz. Şekil 3.20). Bunlar genellikle Batı ve Orta Karadeniz Bölgesinde uygulanmaktadır. Çöten arasındaki boşluklar dıştan ve içten sıvanarak doldurulmaktadır (bkz. Şekil 3.21).



Şekil 3.20. Çöten duvar ve bu teknikle yapılmış ahşap yapı örneği (Güneş, 2014).



Şekil 3.21. Çöten duvar dalların aralarının sıvanması örneği (Güneş, 2014).

b) Dizeme

Çatki elemanları arasındaki boşluklara az işlenmiş ağaç parçalarının yatay ve dikey olarak yerleştirilmesiyle oluşturulan duvarlara dizeme adı verilmektedir (bkz. Şekil 3.22). Ağaç parçalarının aralarına sıva yapılabileceği gibi sıva yapılmayan örnekleri de bulunmaktadır. Ancak ağaç parçalarının kalın olması durumunda sıva tutması zor

olmaktadır (bkz. Şekil 3.23). Uygulanacak sıvayı daha iyi tutabilmesi için bağdadi tekniğine benzer olarak çıtalar çakılan örnekler de bulunmaktadır (Doğangün vd., 2005). Bu durum yapıların rijitliğine ve deprem sırasında dayanımına önemli katkı sağlamaktadır (Köylü, 2008). Bu ahşap elemanlar (dizeme) çatki elemanlarına çivi ile birleştiğinden depremlerde çekme ve basınca çalışmaktadır. Bu nedenle ağaç parçalarının düzlem dışı devrilmesini engellemektedir.



Şekil 3.22. Dizeme tekniğiyle yapılmış ahşap yapı örneği (Güneş, 2014).



Şekil 3.23. Dizemelerin sıva tutamaması örneği (Güneş, 2014).

3) Kargir Dolgulu Çatki Duvar

Taşıyıcı sistemi oluşturan yatay, düşey ve eğik elemanlar arasındaki boşlukların kargir dolgu malzemesiyle doldurulması sonucu oluşturulan duvarlardır. Bunlar, düşey elemanların duvar yüzeylerindeki kullanım sıklığına göre “*hımış*” ve “*muskalı dolma*” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

a) Hımış

Çatki elemanları arasındaki boşlukların kargir (tuğla, kerpiç, briket vb. gibi) dolgu malzemelerin yerleştirilmesiyle oluşturulan duvarlara hımış adı verilmektedir (bkz. Şekil 3.24). Bu sistem Anadolu’da en çok uygulanan ahşap yapım sistemidir. Boşluklara yerleştirilen kargir dolgu malzemeleri yapının bulunduğu bölgenin iklimine ve özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Uygulanan bu dolgu malzemeleri düşey, yatay, çapraz ve balıksırtı şeklinde birbirlerine geçirilmektedir. Balıksırtı şeklinde birbirlerine geçirilen dolgu malzemeleri derzlerden akan yağış suları ahşap elemanlara diğerlerine göre az zarar vermektedir (bkz. Şekil 3.25). Dolgu malzemelerinde bağlayıcı olarak çamur harcı, kireç harcı ve çimento harcı kullanılmaktadır. Ayrıca çatlamayı önlemek için sıva içerisine saman parçacıkları da katılmaktadır (Doğangün vd., 2005).

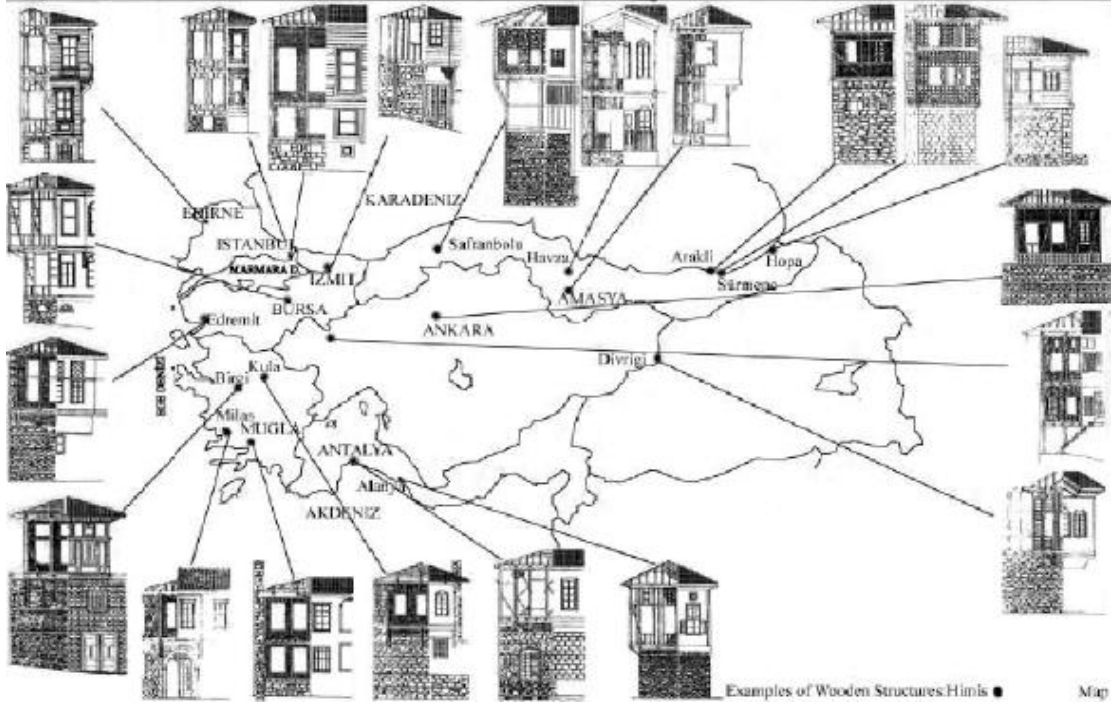


Şekil 3.24. Hımiş duvarlı ahşap yapı örneği (Güneş, 2014).



Şekil 3.25. Balıksırtı tuğla dolgulu duvar örneği (Güneş, 2014).

Türkiye'deki ahşap yapılar, bölgelerin özelliklerine göre taşıyıcı sistemde kullanılan dolgu malzemeleri, ahşap türü, temel tipi vb. gibi bazı farklılıklar göstermektedir. Farklı şehirlerdeki hımiş yapı örnekleri Şekil 3.26'da verilmektedir.



Şekil 3.26. Farklı şehirlerdeki ahşap hımış yapı örnekleri (Örmecioğlu vd., 2013).

Taş malzeme olarak ağır bir malzemedir. Bu nedenle yapının ağırlığını dolayısıyla yapıya etkileyen deprem kuvvetlerini artırmaktadır. Ayrıca taş ve ahşap elemanın bağlantısı zayıf olduğundan deprem sırasında ayrılmalar, kopmalar ve yıkılmalar meydana gelebilmektedir (bkz. Şekil 3.27).



Şekil 3.27. 1999 Düzce depreminde hasar görmüş hımış ahşap yapı (DES, 1999).

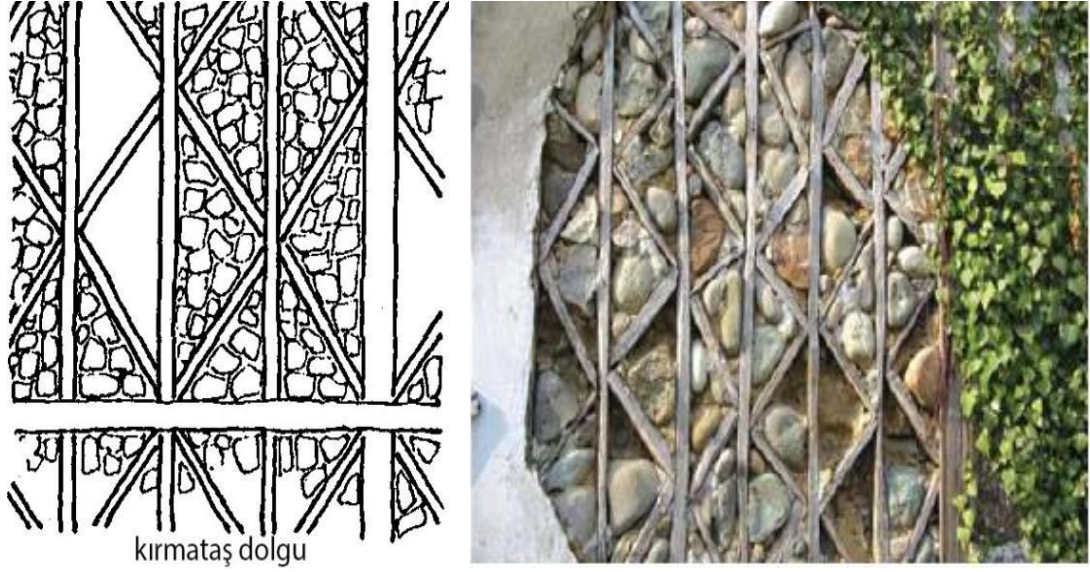
b) Muskalı Dolma

Ahşap yapı dikmeler (40~60 cm aralıklı) arası yaklaşık 45° eğimli eğik ahşap elemanlarla kısımlara ayrılmakta ve bu şekilde meydana gelen boşluklar arası kagir dolgu malzemesinin yerleştirilmesiyle oluşturulan duvarlardır (bkz. Şekil 3.28). Şekilden de görüldüğü gibi dikmeler arasındaki bağlantılar eğik olduğundan cephede üçgen şeklinde boşluklar oluşmaktadır. Oluşan bu üçgenlerin muska şekline benzemesinden dolayı bunlara “*muska dolma*” denilmektedir. Üçgen şeklinde oluşan boşlukların arasının blok taşlarla doldurulmasının zorluğundan dolayı genellikle derelerde bulunan küçük taşlarla doldurulmaktadır (bkz. Şekil 3.29). Ayrıca bu taşlar sıvanıp kireç ile boyanarak kendine özgü bir görüntü de sağlanabilmektedir (bkz. Şekil 3.30).

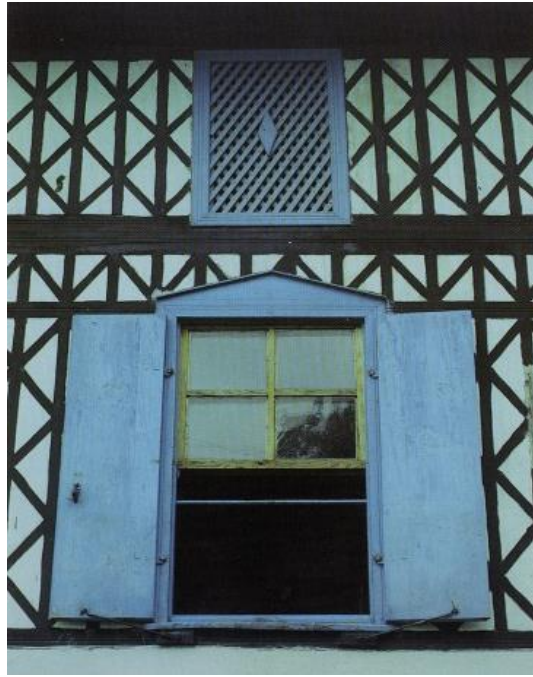
Muska dolma sisteminde payandalara ihtiyaç duyulmamasına rağmen bazı ahşap yapılarda köşe bağlantılarının payandalarla desteklendiği görülmektedir (bkz. Şekil 3.31). Ayrıca payandalarla desteklenen bu yapılarda eğik ahşap elemanlar ikincil payandalar da bulunabilmekte ve cephelerde bütünlük sağlanmaktadır.



Şekil 3.28. Ahşap yapılarda muska dolma duvar örneği (Güneş, 2014).



Şekil 3.29. Muska dolma duvar dolgusu örnekleri (Başkan, 2008).



Şekil 3.30. Sıvalı muska dolma duvar örneği (Güneş, 2014).



Şekil 3.31 Köşe dikmeleri payandalarla desteklenmiş bir ahşap yapıdan görünüm (Güneş, 2014).

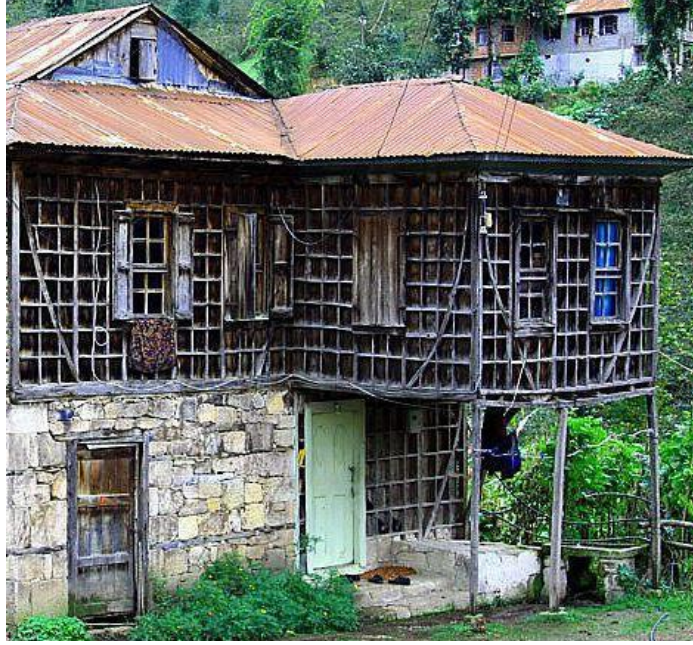
Eğik Eleman Bulunmayan Duvarlar

Eğik elemanları bulunmayan duvar sistemleri çoğunlukla deprem tehlikesinin az olduğu bölgelerde uygulanmaktadır. Bu sistemlerde, ahşap taşıyıcılar yatay ve düşey yerleştirilerek oluşturulmaktadır. Bu şekilde oluşturulan çerçevedeki boşluklar boş bırakılacağı gibi doldurularak sıvandığı da görülmektedir. Diğer taraftan eğik elemanları bulunmayan ahşap yapılar deprem ve rüzgâr gibi yatay yüklerin etkisinde iyi performans sergileyememektedirler. Çünkü bu tür yük etkileri dikmelerin köşelerindeki birleşim bölgeleri tarafından karşılanacağından kritik olan bu birleşim noktalarında kopmalar görülmektedir.

1) Gözlü Duvar Sistemleri (Dolgunsuz)

Bu duvar sistemleri sık yerleştirilen dikmelerin aralarının yatay ahşap kuşaklarla bağlanmasıyla oluşturulmaktadır. Dikmelerin araları yatay kuşaklarla düz olarak desteklendiği için yapı cephesinde göz göz bölmeler oluşmaktadır. Bu nedenle bu duvar sistemleri “gözlü” sistem olarak isimlendirilmektedir (Başkan, 2008). Düşey ahşap eleman (dikme) aralıklarının 15~30 cm olması nedeniyle köşelerde bulunan dikmelerde 12x12 cm ve/veya 15x15 cm’lik kare kesitli ahşap elemanlar ve aralarda bulunan dikmelerde ise 7x14cm, 8x14cm veya 5x10 cm’lik dikdörtgen kesitli elemanlar kullanılmaktadır. Bu sistemlerde yalnızca düşey ve yatay elemanlar

kullanıldığı için rüzgâr ve deprem gibi yatay yük etkilerine karşı dayanımı zayıf olduğundan köşelerde bulunan dikmelerin payandalarla desteklendiği örnekler bulunmaktadır (bkz. Şekil 3.32).



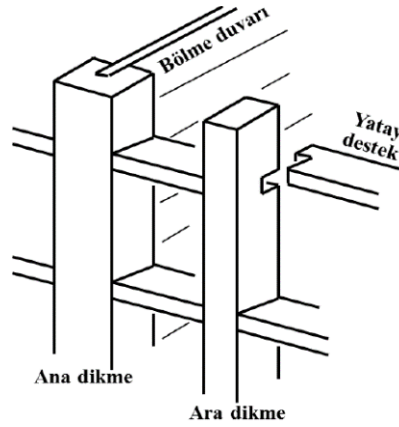
Şekil 3.32. Gözlü ahşap sistemde köşelere yerleştirilen payandalardan bir görünüm (Güneş, 2014).

2) Göz Dolma Duvar Sistemleri (Kârgir Dolgulu)

Bu duvar sistemleri sık yerleştirilen dikmelerin yatay kuşaklarla bağlanmasıyla oluşan boşlukların kargir dolgu malzemeleriyle doldurulmasıyla oluşturulmaktadır (bkz. Şekil 3.33). Bunlarda da gözlü duvar sistemlerinde olduğu gibi dikme aralıkları azaltılarak daha küçük kesitler kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise dışarıdan gelebilecek etkilere karşı kargir malzemelerin yerinde kalmasını sağlamaktır. Bu duvar sistemlerinde dikme ve kuşaklar yaklaşık 20 cm aralıklarla ilk olarak düşey daha sonra ise yatay parçalara ayrılarak kare ya da dikdörtgen gözler oluşturulmaktadır. Diğer taraftan oluşturulan gözlerin boyutları bölgelere göre farklılık göstermektedir. Bu duvar sistemleri ile daha çok Doğu Karadeniz bölgesinde karşılaşılmakta ve bunlar çoğu zaman çivi kullanılmadan yapılmaktadırlar (bkz. Şekil 3.34).

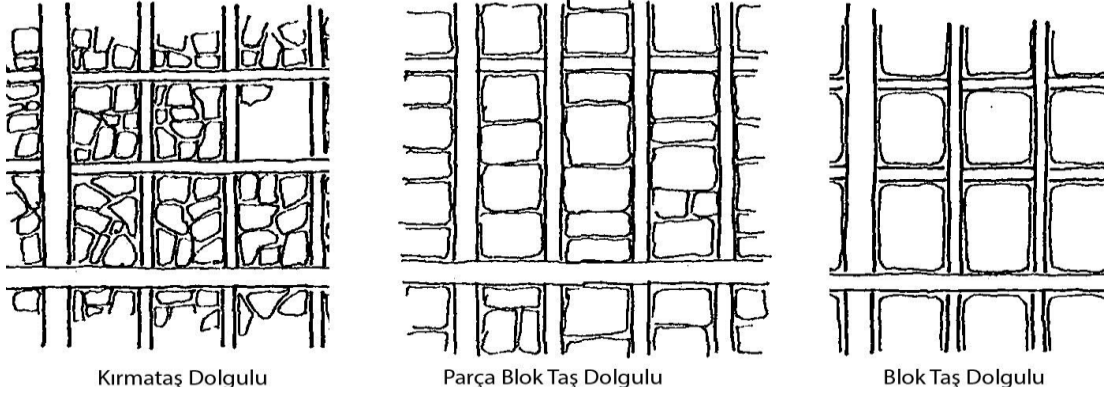


Şekil 3.33. Göz dolma duvar sistemli ahşap yapı örneği (Tunçkol, 2018).



Şekil 3.34. Göz dolma duvar sistemlerinde yatay ve düşey elemanların bağlantı detayı (Güney, 2016).

Boşlukların arasına blok taş doldurulacağı gibi bazen kırma taş bazen de parça blok taşla da doldurulmaktadır (bkz. Şekil 3.35). Bu taşlar çoğunlukla kil ile bağlanmaktadır. Diğer taraftan nadir de olsa göz dolgu malzemesinin kil olduğu ahşap yapılarda bulunmaktadır. Ayrıca bu kargir malzemeleri sıvanıp badana yapılmasıyla kendine özgü bir görüntü de sağlanmaktadır (bkz. Şekil 3.36).



Şekil 3.35. Göz dolma duvar dolgu tipleri (Güneş, 2014).



Şekil 3.36. Sıvalı göz dolma duvar örneği (Güneş, 2014).

BÖLÜM 4

YÖNETMELİKLERE GÖRE AHŞAP YAPILARIN TASARIMI

Bu bölümde ahşap yapıların tasarımında kullanılan bazı yönetmeliklerin hüküm ve önerileri üzerinde durulacaktır.

4.1. TÜRKİYE'DE AHŞAP YAPILARIN TASARIMINDA KULLANILAN YÖNETMELİKLER

Ahşap yapıların daha dayanıklı, nitelikli ve sağlıklı olması için tasarımlarında belli kuralların, yönetmeliklerin veya standartların dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle özellikle dünyadaki gelişmiş ülkelerde ahşap yapıların tasarımları, imalatları ve denetimleri ilgili yönetmeliklerin ve standartların hüküm ve önerileri doğrultusunda yapılmaktadır. Diğer taraftan söz konusu yönetmelikler ve standartlar, teknolojinin gelişimine ve günün şartlarına bağlı olarak zaman zaman güncellenmektedir.

4.1.1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğe Göre (ABYYHY) Ahşap Yapıların Tasarımı

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin 9. bölümünde “*Ahşap Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları*” başlığı altında ahşap yapıların tasarım ilkeleri belirtilmektedir (ABYYHY, 1998). Bu yönetmelikte deprem bölgelerinde inşa edilecek taşıyıcı duvarları ve döşemeleri ahşap iskeletli olarak yapılan ahşap binaların ve/veya bina türü yapıların tasarım ilkeleri verilmektedir. Bu yönetmeliğe göre ahşap yapıları tasarımında uyulması gereken tasarım ilkelerini aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür. Buna göre;

- 1) Bütün deprem bölgelerinde inşa edilecek ahşap binaların, bodrum kat hariç, en fazla iki kat olarak inşa edilebileceği,
- 2) Ahşap yapıda, bodrum katı varsa yığma kagir binalar için verilen depreme dayanıklı tasarım kurallarına göre yapılması gerektiği ve bu durumun zemin katları için de geçerli olduğu,
- 3) Ahşap yapılarda, bodrum kat dışındaki her bir katın yüksekliğinin döşeme üstünden döşeme üstüne en fazla 3 m olacağı, bodrum kat yapılması durumunda ise bodrum katın yüksekliğinin 2.40m'den fazla olamayacağı,
- 4) Ahşap binaların taşıyıcı duvarlarının planda olabildiğince simetrik biçimde yerleştirilmesi gerektiği, tüm katlardaki taşıyıcı duvarların üst üste gelecek şekilde yerleştirilmesi ve kısmi bodrum yapılmasından da olabildiğince kaçınılması gerektiği,
- 5) Taşıyıcı duvarların ahşap iskeletinin en fazla 1,5 m ara ile konulacak dikmelerden sağlanması, dikmelerin altına taban kirişlerinin ve üstüne ise başlık kirişlerinin konulması, bu dikmeleri de yükseklik boyunca birbirine bağlayarak taban ve başlık kirişleriyle beraber duvarda dikdörtgen gözler oluşturulması, yatay ara kirişler ve oluşturulan dikdörtgen gözleri de üçgen gözlerle bölen çaprazların konulması gerektiği,
- 6) Tek katı ahşap olan yapılarda; dikmelerin taban-başlık kirişleri ve çaprazların en kesit boyutlarının en az 10x10 cm, ara kirişlerin en kesit boyutlarının ise en az 5x10 cm olması gerektiği,
- 7) Her iki katı da ahşap olan binalarda; dikmeler, taban-başlık kirişleri ve çaprazların en kesit boyutlarının da en az 12x12 cm, ara kirişlerin en kesit boyutlarının ise en az 6x12 cm olması gerektiği,
- 8) Planda birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan ahşap taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları hariç toplam uzunluğunun brüt kat alanına (konsol döşemeler hariç) oranı $(0.20I) m/m^2$ 'den az olmayacağı,
- 9) Herhangi taşıyıcı bir duvarın planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan mesnetlenmemiş uzunluğunun 4,50 m'yi geçemeyeceği, aksi durumda dikmelerin en fazla 4,5 m ara ile döşeme kirişlerine ve/veya çatı makaslarında çapraz elemanlarla bağlanması gerektiği,
- 10) Bina köşelerine en yakın pencere ve kapı boşluğu ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğunun 1,50 m'den az

olmayacağı ve bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolgu duvar parçalarının plandaki uzunluğunun ise 0,75 m'den az olamayacağı,

- 11) Ahşap taşıyıcı duvarlarda oluşturulan üçgen gözlerin; hafif tuğla, kerpiç, ahşap yonga veya uygun yalıtım maddeleri ile doldurulacağı ve duvar yüzeylerinin tahta veya kaplama malzemeleri ile kaplanacağı ya da rabbitz teli ahşap çita ve/veya kamış ile kaplanarak sıvanabileceği,

belirtilmektedir. Burada yukarıda verilen I değerinin ilgili yönetmelikte verilen bina önem katsayısı olduğunu belirtmek yararlı olacaktır.

4.1.2. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) Ahşap Yapıların Tasarımı

2007 tarihinde yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte ahşap yapıların tasarım ilkeleri ile ilgili herhangi bir hüküm ve öneri bulunmamaktadır. Ancak söz konusu yönetmelikte ahşap yapılarla ilgili koşul ve ilkeleri yürürlüğe konuluncaya kadar Bayındırlık ve İskân Bakanlığının belirleyeceği kurallara göre projelerin düzenleneceği ifade edilmiştir. Bu hususta ahşap yapıların tasarım ve inşasının kurallı bir biçimde yapılacağını göstermektedir. Ancak Bayındırlık ve İskân Bakanlığının ahşap yapılarla ilgili yayınlamış olduğu teknik şartnamede sadece ahşap karkas yapılarla ilgili birkaç önerinin bulunduğu ve günümüzde uygulanan ahşap yapılara ilişkin herhangi bir önerinin olmadığı belirtilmelidir.

4.1.3. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) Ahşap Yapıların Tasarımı

1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin 12. bölümünde “*Deprem Etkisi Altında Ahşap Bina Taşıyıcı Sistemlerin Tasarımı İçin Özel Kurallar*” başlığı altında ahşap yapıların tasarım ilkeleri verilmiştir (TBDY, 2019). Buna göre deprem etkilerine maruz tüm ahşap binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ve birleşimlerinin düzenlenmesinin bu bölümde verilen kurallara göre yapılacağı ve ahşap yapıların yatay yük taşıyıcı sistemlerinin

sadece kaplamalı panellerden veya sadece ahşap çaprazlı panellerden oluşabileceği belirtilmektedir. Ayrıca bu yönetmelikte ahşap yapılar süneklik düzeyine göre sınıflara ayrılmıştır. Buna göre kaplamalı panel sistemler “*Süneklik Düzeyi Yüksek*” ve “*Süneklik Düzeyi Sınırlı Sistemler*” olmak üzere sınıflandırılmıştır. Bunlardan süneklik düzeyi yüksek ahşap yapıların;

- 1) Deprem etkisinin tamamının, çivili veya vidalı OSB, kontrplak (plywood) panellerle karşılandığı ahşap yapılar,
- 2) Çelik pim, bulon ve çivili birleşimli, ahşap-ahşap ve ahşap-çelik birleşimlerde birleşen ahşap elemanların kalınlığı en az 10d olması ve birleşim elemanı çapının ise 12 mm’yi aşmayan elemanlar olması,
- 3) Döşeme ve perde panel elemanlarında ahşap esaslı kaplama kalınlığı en az 4d olması ve çivi çapının 3,1 mm’yi aşmayan elemanlar olması,
- 4) Yonga levha panellerde yoğunluğun 650 kg/m^3 olması,
- 5) Kontrplak, OSB ahşap kaplamaların kalınlığının en az 9 mm olması,
- 6) Yonga levha ve lifli levha kalınlığının en az 13 mm olması,

koşullarını sağlaması gerekmektedir.

Deprem etkisinin tamamının çivi, vida ve bulon ile birleştirilen tutkallı, perde ve döşeme panel elemanları ile karşılandığı ahşap binaların ise *Süneklik Düzeyi Sınırlı* olarak dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca çaprazlı panel sistemlerde deprem etkisinin tamamının çapraz elemanlarla karşılandığı ahşap binalar *Süneklik Düzeyi Sınırlı Sistemler* olarak dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir.

Her iki süneklik düzeyine sınıfına giren sistemlerin deprem etkileri altında tasarımlarında kullanılacak *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R)* ve *Dayanım Fazlalığı Katsayıları (D)* ile izin verilen *Bina Yükseklik Sınıfları (BYS)* Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Ahşap binalarda da taşıyıcı perde paneller, planda olabildiğince düzenli ve simetrik veya simetriğe yakın biçimde yerleştirilmelidir. Ayrıca tüm katlarda taşıyıcı perde paneller üst üste gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Çevrimsel özellikleri tanımlanmış

elemanların süneklik düzeyi yer değiştirme sünekliğine bağlı olarak aşağıdaki gibi belirlenmektedir.

- 1) Yerdeğiştirme sünekliği 4'ten büyük ve 6'dan küçük olan elemanlar süneklik düzeyi sınırlı,
- 2) Yerdeğiştirme sünekliği 6'dan büyük veya eşit olan elemanlar süneklik düzeyi yüksek,

kabul edilecektir.

Çizelge 4.1. Ahşap binaların süneklik düzeylerine göre tasarımında kullanılan taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı katsayıları ile izin verilen bina yükseklik sınıfları (TBDY, 2019).

Ahşap Bina Taşıyıcı Sistemleri	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	Bina Yükseklik Sınıfları BYS
Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
Deprem etkilerinin tamamının çivili ya da vidalı OSB veya kontrplak (plywood) duvar panelleri ile karşılandığı süneklik düzeyi yüksek ahşap binalar	4	2	≥ 7
Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler			
Deprem etkilerinin tamamının çivi, vida ve bulon ile birleştirilen tutkallı duvar panelleri ile ya da ahşap çaprazlarla karşılandığı süneklik düzeyi sınırlı ahşap binalar	3	2	$= 8$

4.1.3.1. Yapısal Modelleme ve Hesap

Bu yönetmelikte ahşap yapıların modellenmesi ve hesap adımları aşağıdaki gibi önerilmektedir.

- 1) Ahşap panellerin iskeletini oluşturan dikmelerin, taban ve başlık kirişlerinin, ara kuşak kirişlerinin ve çapraz elemanların *iki boyutlu çubuk sonlu elemanlarla*, ahşap kaplama elemanlarının ise *iki boyutlu kabuk sonlu elemanlar* ile modellenmesi önerilmektedir. Ayrıca basit sistemlerde ahşap

kaplamalara eşdeğer çapraz elemanlarla da modellenebileceği tavsiye edilmektedir.

- 2) Ahşap döşemelerin ana iskeletini oluşturan ahşap kirişlerin ve ara kuşak kirişlerinin *çubuk sonlu elemanlarla*, ahşap kaplamaların ise *iki boyutlu sonlu elemanlarla* modellenmesi ve basit sistemlerde ahşap döşemelerin kendi düzlemlerinde rijit diyafram olarak modellenmesi önerilmektedir.
- 3) Bütün ahşap elemanların düğüm noktalarındaki bağlantı elemanlarında sıyrılmadan oluşacak rijitlik kaybı, TS EN 1995-2.3.2'ye göre belirlenmesi ve oluşturulan hesap modellerine yansıtılması tavsiye edilmektedir.
- 4) Modellemelerde ahşap elemanların *elastisite modülü* olarak ani yükleme durumuna karşılık gelen değerin alınması tavsiye edilmektedir.

(1), (2), (3) ve (4) maddelerinde açıklaması yapılan süneklik düzeyi yüksek elemanlar sınıfına giren birleşim elemanları, ahşap kaplama elemanları, yatay yük taşıyan çapraz elemanlar yukarıda belirtilen modelleme prensipleri çerçevesinde söz konusu elemanların tasarımı Çizelge 4.1'de verilen R taşıyıcı sistem davranış katsayılarıyla azaltılmış deprem yüklerinden elde edilen iç kuvvetlere göre yapılması önerilmektedir. Diğer taraftan (1), (2), (3) ve (4) maddelerinde tanımlanan ve aşağıda verilen ilkeler çerçevesinde elemanların tasarımı Çizelge 4.1'deki R taşıyıcı sistem davranış katsayılarıyla azaltılmış deprem yüklerinden elde edilen iç kuvvetlerin, D dayanım fazlalığı katsayılarıyla büyütülmüş değerlerine göre yapılması belirtilmektedir.

- 1) Süneklik düzeyi yüksek yapısal sistemler için verilen malzeme koşullarını sağlamayan elemanlar ve süneklik düzeyi sınırlı olarak tanımlanan bütün birleşim elemanları ile ahşap elemanlar,
- 2) Bütün tutkallı birleşimler,
- 3) Panel kenar dikmeleri, alt ve üst başlık elemanları ve varsa kuşak kirişleri,
- 4) Kenar dikmelerinin olduğu bölgelerde oluşan çekme kuvvetlerini alttaki sisteme aktaran ankrajlar ve taban kesme kuvvetini temele aktaran ankrajlar,

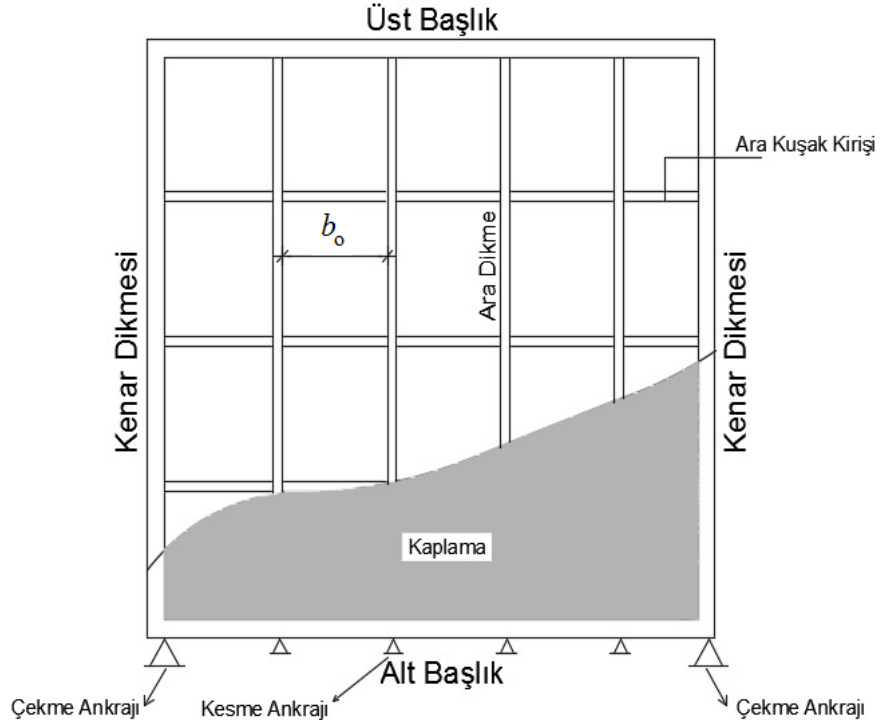
- 5) Düzlem içi rijitliği arttırmak için kullanılan köşegen çelik çekme elemanları,
- 6) Ahşap diyafram başlıkları ve kuşak kirişleri,

olarak ifade edilmektedir.

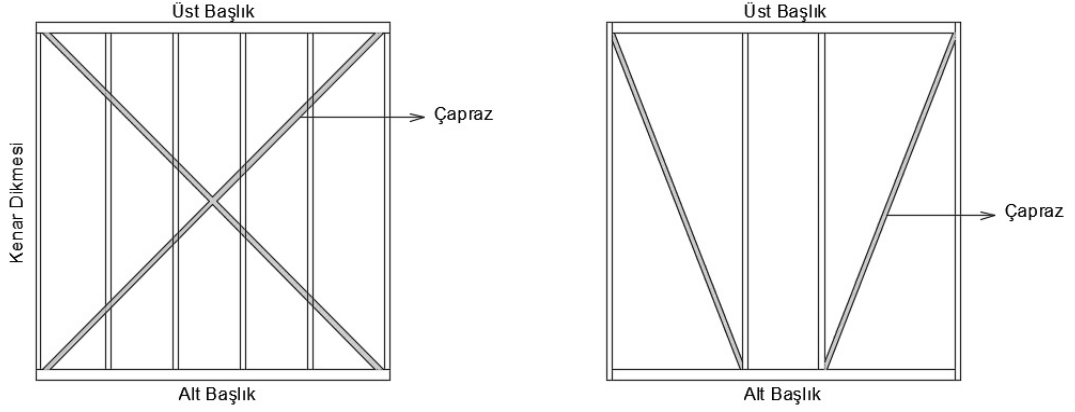
4.1.3.2. Panellerin Tasarım Esasları

Panelleri Oluşturan Elemanlar

Panellerin ahşap iskeleti; ana ve ara dikmelerden, dikmelerin altına konulacak taban kirişlerinden, dikmelerin üstüne konulacak başlık kirişlerinden, taban ve başlık kirişleri arasında duvarda dikdörtgen gözler oluşturan ve dikmeleri duvar boyunca birbirine bağlayan yatay kuşak kirişlerinden, oluşturulan dikdörtgen gözleri üçgen gözlere bölen çaprazlar ve/veya yatay yük taşıyan kaplama panellerinden oluşmaktadır. Tipik kaplamalı bir panel iskeleti ve çaprazlı bir panel iskeleti görünüşleri sırasıyla Şekil 4.1. ve Şekil 4.2’de verilmektedir.



Şekil 4.1. Tipik kaplamalı bir panel sistem iskeleti görünümü (TBDY, 2019).



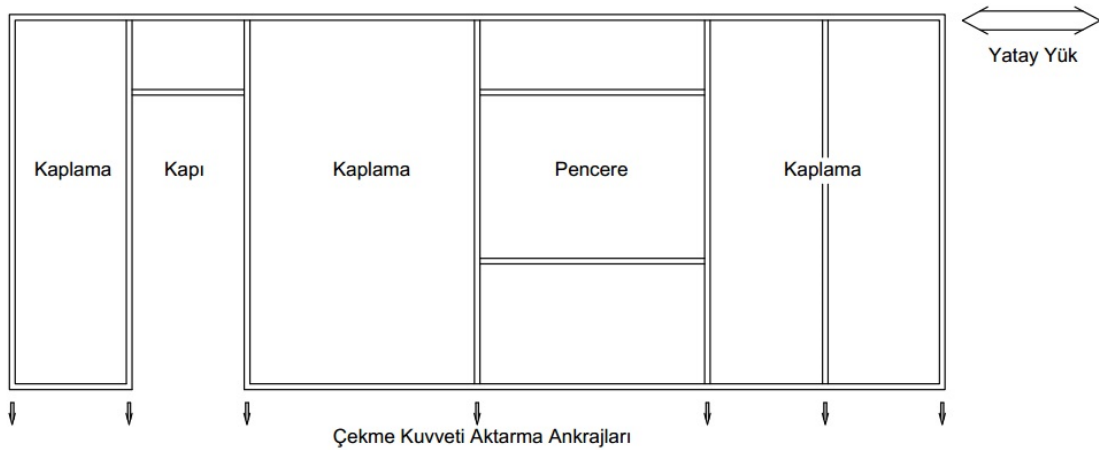
Şekil 4.2. Tipik çaprazlı bir panel sistem iskeleti görünümü (TBDY, 2019).

Panellerin Oluşturulmasına İlişkin Kurallar

- 1) Şekil 4.1’de verilen kaplamalı panel sisteminde “ h ” panel yüksekliğini ve “ l_i ” panel genişliğini göstermek üzere, $h/l_i \leq 4$ koşulunu sağlayan panel elemanlar yatay yük taşıyan panel elemanlar olarak alınmaktadır. Bu koşulu sağlamayan panel elemanların yatay yük taşımadığı kabul edilecektir.
- 2) Kaplamalı panel sistemde “ t ” ahşap kaplama kalınlığını ve “ b_o ” dikme aralığını göstermek üzere, bütün ahşap kaplama elemanları $b_o/t \leq 100$ koşulunu sağlaması gerekmektedir.
- 3) Kapı ve pencere boşluklarının olduğu bölgelerdeki paneller yatay yük taşıyan paneller olarak kabul edilmeyecektir.
- 4) Ahşap kaplamanın taşıyıcı kabul edilebilmesi için, b_o dikme aralığının en fazla 62,5 cm olması gerekmektedir.
- 5) Alçı panel kaplamaların yatay yük taşıyıcı olarak kabul edilmeyeceği belirtilmektedir.
- 6) Tek katlı ahşap binalarda dikmeler, taban ve başlık kirişleri ve çapraz elemanların en kesit boyutları en az 10 x 10 cm, ara kuşak kirişlerinin en kesit boyutları ise en az 5 x 10 cm olacağı belirtilmektedir.
- 7) Ana dikmeler ve çaprazların kat boyunca tek parçalı ve sürekli olması gerektiği, çaprazların X şeklinde olması durumunda köşegen elemanlardan birinin sürekli olması ve kesintiye uğrayan diğer köşegen elemanın ise çelik levhalar yardımıyla birbirlerine bağlanması gerektiği belirtilmektedir.

Panellerin Tasarımına İlişkin Kurallar

- 1) Ahşap panellerin tasarımında;
 - a) Panelin kesme kapasitesinin, bu panele gelen kesme kuvvetinden daha büyük olacağı,
 - b) Dikmelerin aksenal kuvvet taşıma kapasitesinin dikmelere etkiyen aksenal kuvvetlerden daha büyük olacağı,
 - c) Kesme kuvveti aktaran ankrajlar ile temel ve kat bağlantı ankrajlarının tasarımının, taban kesme kuvvetini, kat kesme kuvvetini ve devrilme momentini karşılayacak şekilde yapılacağı belirtilmektedir.
- 2) Sadece kat yüksekliğindeki taşıyıcı panellerin kesme kuvveti taşıma kapasitesine sahip olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca her taşıyıcı panel kısmı için, kenar dikmelerde çekme kuvvetini aktarmak amacıyla ankrajların kullanılması gerekmektedir (bkz. Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Panel dikmelerinin çekme kuvveti aktarma ankrajları (TBDY, 2019).

- 3) Kaplamalı panellerdeki kesme kuvveti değerinin (4.1) bağıntısıyla hesaplanan tasarım kesme dayanımından küçük olması gerekmektedir.

$$V_p \leq \frac{v_p \cdot \sum l_i}{\gamma_M} \quad (4.1)$$

(4.1) bağıntısındaki v_p birim boya ilişkin karakteristik kesme dayanımı olup (4.2) bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

$$v_p = \frac{f_i \cdot c_i}{s} \quad (4.2)$$

Bu bağıntıdaki s ana dikmelerdeki çivi aralığını göstermektedir. (4.1) bağıntısındaki f_i ifadesi çivinin kesme kapasitesi olup, bu değer TS EN-1995'de verilen dayanım sınıflarında göre belirlenmektedir. c_i ifadesi ise boyut etkisi katsayısını ifade etmekte ve (4.3) bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

$$c_i = \frac{2 \cdot l_i}{h} \leq 1 \quad (4.3)$$

Bu bağıntıda l_i kat yüksekliğindeki panellerin genişliğine ve h ise panellerin yüksekliğini göstermektedir.

4) Panellerin birim boya ilişkin kesme dayanımları, panelin tek yüzüne kaplama yapılmasına karşılık gelen değerleridir. Aksi takdirde aşağıdaki verilen kurallara uyulması gerektiği belirtilmektedir.

- a) Panelin aynı yüzüne birden fazla kaplama malzemesi uygulanması durumunda, sadece panel yüzü ile temas eden malzemenin dayanım değeri kullanılacaktır.
- b) Panelin her iki yüzünde aynı kaplama malzemesinin, aynı çivi ya da vida birleşiminin sağlanması durumunda, (4.2) bağıntısına göre hesaplanan birim boya ilişkin kesme dayanımı değerleri, panelin her iki yüz için toplanarak kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Ancak bu durumda, panel kenar dikmelerinin, alt ve üst başlık kirişlerinin oluşan kesme kuvvetini güvenle karşıladığı hesapla ortaya konulması gerekmektedir.
- c) Panelin iki yüzünde farklı kaplama malzemesi kullanılması durumunda, birim boy için kesme dayanımı; (4.1) bağıntısındakinden küçük kesme

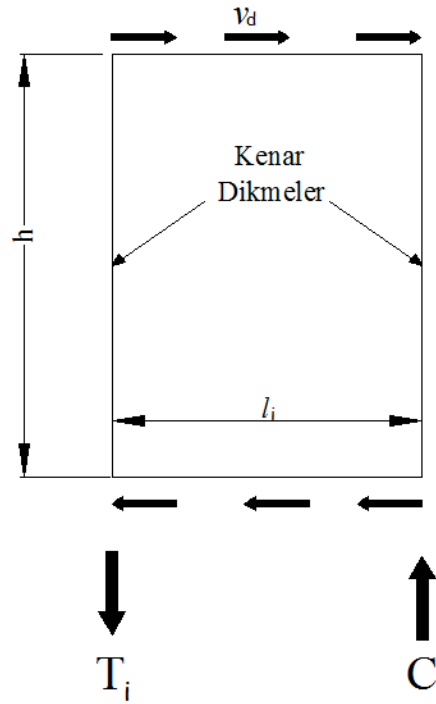
dayanımına sahip kaplama malzemesi dayanımının iki katı ya da büyük kesme dayanımına sahip kaplama malzemesi dayanımı ile karşılaştırılarak büyük olan hesaplarda dikkate alınacaktır.

- 5) Yatay yük taşıyan panellerde, en fazla 5 m’de bir ankraj ve/veya çekme kuvveti aktaran birleşimin kullanılması gerekmektedir.

Panel Dikmelerinin Tasarımı

Kaplamalı panel sistemlerde, yatay yükler nedeniyle kenar dikmelerde oluşan aksenal kuvvetlerin (4.4) bağıntısıyla hesaplanması gerektiği belirtilmektedir (bkz. Şekil 4.4). Bu şekilde elde edilen aksenal kuvvetler ve düşey yüklerden oluşan aksenal kuvvetlerin toplamı, söz konusu dikmenin aksenal basınç dayanımını aşmadığı TS EN 1995 Bölüm 6’ya göre denetlenmelidir.

$$C_i = T_i = v_d \cdot h \quad (4.4)$$

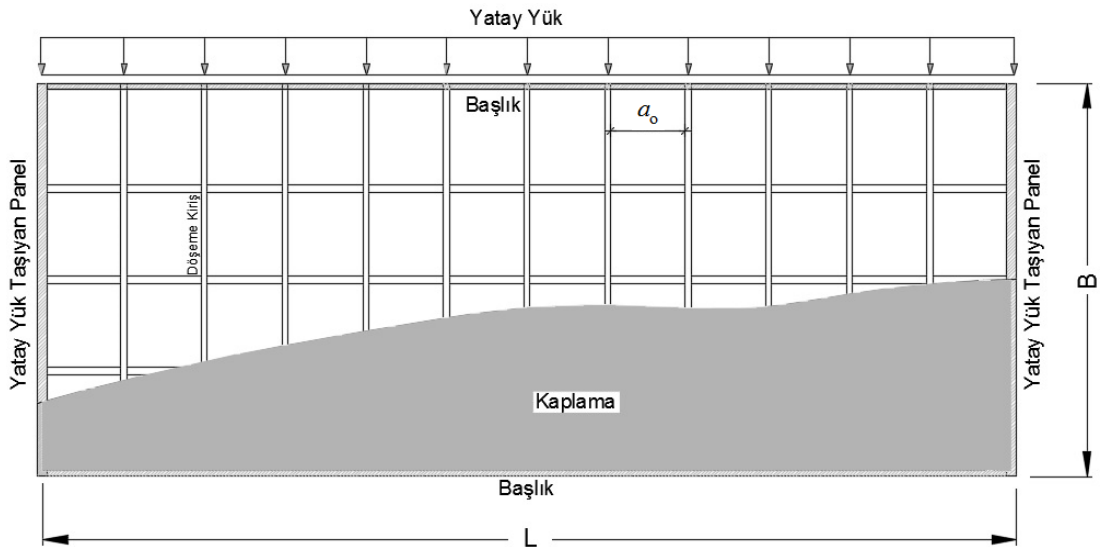


Şekil 4.4. Panel dikmelerinde oluşan aksenal kuvvetler (TBDY, 2019).

4.1.3.3. Ahşap Döşemelerin Tasarım Esasları

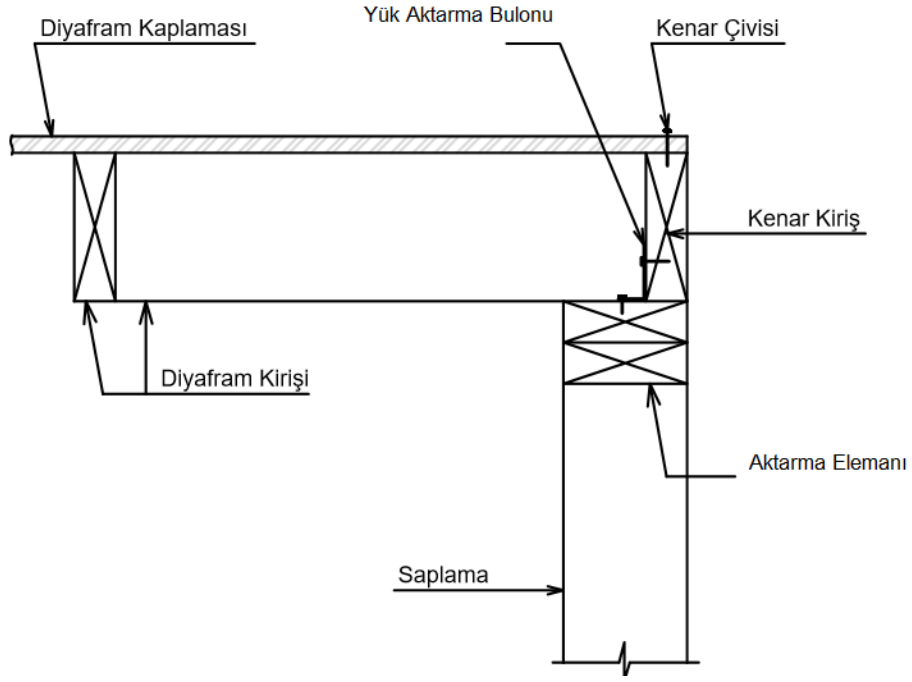
Ahşap Döşemeleri Oluşturan Elemanlar

- 1) Ahşap döşemelerin iskeleti; ahşap döşeme kirişlerinden, ahşap döşeme kirişlerini birbirlerine bağlayan ara kuşak kirişlerinden ve ahşap döşeme kaplamasından oluşmaktadır. Tipik bir ahşap döşeme iskeletinin görünümü Şekil 4.5'te verilmektedir.



Şekil 4.5. Ahşap döşeme iskeletinden bir görünüm (TBDY, 2019).

- 2) Zemin kattaki döşeme kirişlerinin taban kirişlerine, diğer katlardaki döşeme kirişlerinin ve çatı makaslarının da başlık kirişlerine oturtulması ve bunların çivili, vidalı, bulonlu ve/veya özel tasarlanmış çelik birleşim elemanlarıyla birleştirilmesi gerekmektedir. Tipik bir ahşap döşeme kirişlerinin birleşim detayının görünümü Şekil 4.6'da verilmektedir.



Şekil 4.6. Ahşap döşeme kirişleri birleşim detayından bir görünüm (TBDY, 2019).

Ahşap Döşemelerin Tasarımına İlişkin Kurallar

- 1) Çerçeve elemanlarına bağlanmayan tüm döşeme panel elemanları, ahşap döşeme kirişleri arasında oluşturulacak enine bağlantı (takoz) elemanlarına bağlanması gerekmektedir. Ayrıca bu elemanların, yatay yük taşıyan duvarların üst kotunda da düzenlenmesi önerilmektedir.
- 2) Döşemede boşluk olması durumunda, boşluğu çevreleyen kirişlerde süreklilik sağlanmalıdır.
- 3) Kirişlerde enine bağlantı elemanları kullanılmadığı durumda, kiriş yüksekliğinin genişliğine oranı ($h_b / t_b < 4$) 4'ten küçük olmalıdır.
- 4) t , panel kaplama kalınlığını ve a_o kiriş aralığını göstermek üzere, bütün ahşap kaplama elemanları $a_o / t \leq 100$ koşulunu sağlamalıdır.

4.2. TÜRKİYE’DE AHŞAP YAPILARIN TASARIMINDA KULLANILAN STANDARTLAR

4.2.1. TS 647’e Göre Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları

Türkiye’de ahşap yapıların hesap ve yapım kuralları TS 647’de verilmiştir (TS 647, 1979). Bu standartta ahşap yapıların projelendirilmesinde uyulması gereken temel ilkeler verilmektedir. Diğer bir ifadeyle bu standartta masif ahşap ya da kontrplakların tek başlarına veya beraber kullanılmasıyla inşa edilecek ahşap yapıların hesap ve yapım kurallarından bahsedilmektedir.

TS 647’de ağaç türlerine bağlı olarak ahşap malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinden, dayanım esas bağıntılardan, boyutlandırılmada dikkat edilmesi gereken hususlardan, farklı yük etkilerine (eğilme, çekme ve basınca) çalışan ahşap yapı elemanlarından, diyagonal (eğik) elemanlardan, ahşap kuşaklardan, emniyet gerilmelerinden, izin verilen sehim değerlerinden ve ahşap birleşim detaylarından bahsedilmektedir. Ancak bu standartta; teknolojik yapı ürünleri ve uygulama yöntemleri, gelişmiş ahşap yapı sistemlerinde kullanılan birleşim araçları ve birleştirme yöntemleri bulunmamaktadır. Diğer taraftan TS 647 emniyet gerilmeleri yöntemine göre hazırlanmıştır.

4.3. AHŞAP YAPILARIN TASARIMINDA YAYGIN OLARAK KULLANILAN BAZI YÖNETMELİKLER

4.3.1. Eurocode 5 (EN 1995 1-1: 2004+A1) Yönetmeliği

Ahşap çatkı ve/veya ahşap paneller kullanılarak inşa edilecek yapıların tasarımı için Avrupa Birliği ülkelerinde bu yönetmelik kullanılmaktadır.

4.3.1.1. Eurocode 5'in Tasarım Esasları

Tasarım Değişkenleri

Bu yönetmeliğin tasarım esasları taşıma gücü yöntemine göre hazırlanmıştır.

1) Yük Etki Süresi Sınıfları

Yük etki süresi arttıkça ahşap ve ahşap esaslı elemanlarda dayanımda azalma oluşmaktadır. Eurocode bu etkiyi tasarımda dikkate alabilmek için yük etki sınıfları tanımlanmaktadır (bkz. Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Eurocode göre yük etki süresi sınıfları ve örnekleri.

Yük Etki süresi sınıfı	Süre	Yük etkisi örneği
Sürekli	10 yıldan fazla	Öz ağırlık
Uzun	6 ay ~ 10yıl	Depolama
Orta	1 hafta ~ 6 ay	Hareketli yük ve kar yükü
Kısa	1 haftadan az	Kar ve rüzgâr yükü
Çok kısa		Rüzgâr yükü ve kazara etkiyen yükler

2) Kullanım Sınıfları

Nem içeriği arttıkça ahşap ve ahşap esaslı malzemeden oluşan yapısal elemanların dayanımlarında azalma meydana gelmektedir. Eurocode göre bu etkiyi tasarımlarda dikkate alabilmek amacıyla malzemeler için kullanım sınıfı tanımlanmaktadır (bkz. Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Eurocode göre ahşap malzemeler için kullanım sınıfları.

Kullanım sınıfları	Kullanım sınıfı tanımı	Ortalama nem içeriği	İklim koşulları
KS1	Bu kullanım sınıfı 20 °C sıcaklık ve sadece yılda birkaç hafta içinde %65'i aşan çevredeki havanın rölatif nemine karşılık gelen malzeme nem içeriği ile karakterize edilmektedir. Ayrıca bu kullanım sınıfında ortalama nem içeriği yumuşak ahşapta %12'yi aşmaması gerekmektedir.	$u \leq \%12$	20 °C ve %65 rölatif nem
KS2	Bu kullanım sınıfı 20 °C sıcaklık ve sadece yılda birkaç hafta içinde %85'i aşan çevredeki havanın rölatif nemine karşılık gelen malzeme nem içeriği ile karakterize edilmektedir. Ayrıca bu kullanım sınıfında ortalama nem içeriği yumuşak ahşapta %20'yi aşmaması gerekmektedir.	$u \leq \%20$	20 °C ve %85 rölatif nem
KS3	Bu kullanım sınıfı ise 2'den daha fazla nem içeriğine neden olan iklim koşulları ile karakterize edilmektedir.	$u > \%20$	Kullanım sınıfı 2'den fazla

Ahşap Malzeme Özelliğinin Tasarım Değeri

X_k , malzeme dayanım özelliği karakteristik değerini, γ_M , malzeme özelliği kısmi faktörünü ve k_{mod} , taşıma gücü sınır durumu için yük etki süresi ve nem içeriği etkilerini dikkate alan modifikasyon (değişiklik) faktörünü göstermek üzere, malzeme özelliği tasarım değeri;

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (4.5)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bu bağıntıdaki farklı yük sınıfları için k_{mod} ifadesinin değerleri Çizelge 4.4'te verilmektedir.

Çizelge 4.4. Eurocode göre farklı yük sınıfları için k_{mod} ifadesinin 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, EN 14279	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
Kontrplak	EN 636 Bölüm 1, 2, 3 Bölüm 2, 3 Bölüm 3	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
OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Yonga Levhalar	EN 312 Bölüm 4, 5 Bölüm 5 Bölüm 6, 7 Bölüm 7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	1,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Lif Levhalar, sert	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 ya da 2 HB.HLA 1 ya da 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Lif Levhalar, orta	EN 622-3 MBH.LA1 ya da 2 MBH.HLS1 ya da 2 MBH.HLS1 ya da 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80
Lif Levhalar, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80

E_{mean} , elastisite modülü ortalama değerini ve G_{mean} , kayma modülü ortalama değerini göstermek üzere, tasarım elemanı rijitlik özellikleri E_d ve G_d ;

$$E_d = \frac{E_{mean}}{\gamma_M} \quad (4.6a)$$

ve

$$G_d = \frac{G_{mean}}{\gamma_M} \quad (4.6b)$$

bağıntılarıyla hesaplanır.

Çizelge 4.5. Eurocode göre ahşap malzeme özellikleri ve dayanımı için önerilen kısmi faktörleri, γ_M .

Temel Kombinasyon	γ_M
Masif Ahşap	1,3
Yapıştırılmış Lamine Ahşap	1,25
LVL, kontrplak, 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

Ahşap Malzemenin Tasarım Dayanımı

R_k , malzeme karakteristik dayanım değerini, γ_M , malzeme özelliği kısmi faktörünü ve k_{mod} ise yük etki süresi ve nem içeriği etkileri için modifikasyon (değişiklik) faktörünü göstermek üzere, malzeme tasarım dayanımı değeri;

$$R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (4.7)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

4.3.1.2. Eurocode 5'e Göre Ahşap Malzeme Özellikleri

Eurocode 5'te farklı ahşap malzemeler için hacim etkilerini dikkate alan boyut faktörleri verilmektedir. Bunları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

Masif Ahşap

h , eğilme elemanları için yüksekliği, çekme elemanları için genişliği göstermek üzere, derinlik faktörü;

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right. \\ \left. 1,3 \right\} \quad (4.8)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Burada h 'in değerinin hesaplarda mm cinsinden alınacağını belirtmek uygun olacaktır.

Yapıştırılmış Lamine Ahşap

h , eğilme elemanları için yüksekliği, çekme elemanları için genişliği göstermek üzere, derinlik faktörü;

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \right. \\ \left. 1,1 \right\} \quad \left\{ \begin{array}{l} f_{m,k} \\ f_{t,0,k} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k_h \cdot f_{m,k} \\ k_h \cdot f_{t,0,k} \end{array} \right\} \quad (4.9)$$

bağıntısıyla hesaplanacaktır.

Lamine Kaplama Kereste (LVL)

h , eğilme elemanları için yüksekliği, çekme elemanları için genişliği ve l uzunluğu göstermek üzere, derinlik faktörü;

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{300}{h} \right)^s, 1,2 \right\} \quad \text{ve} \quad k_l = \min \left\{ \left(\frac{3000}{l} \right)^{s/2}, 1,1 \right\} \quad \left\{ \begin{matrix} f_{m,k} \\ f_{t,0,k} \end{matrix} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{matrix} k_h \cdot f_{m,k} \\ k_l \cdot f_{t,0,k} \end{matrix} \right\} \quad (4.10)$$

bağıntılarıyla hesaplanacaktır. Bu bağıntılardaki $f_{m,k}$ ve $f_{t,0,k}$ dayanım özellikleri sert ahşap ve yumuşak ahşap malzemeler için sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'den alınacaktır.

Çizelge 4.6. Sert ahşap (Meşe, kayın, akçaağaç vb.) malzeme özellikleri (Üstündağ, 2014).

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

Çizelge 4.7. Yumuşak ahşap (Laçın, çam, köknar, karaçam vb.) malzeme özellikleri (Üstündağ, 2014).

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

4.3.1.3. Eurocode 5'e Göre Yapısal Çözümleme Esasları

Genel

Bu yönetmeliğe göre yapısal çözümlenelerde aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekmektedir.

- 1) Yapısal çözümlenelerin, ilgili tüm değişkenleri içeren uygun tasarım modelleri kullanılarak yapılması gerekmektedir.

- 2) Tüm yapısal davranış, yük etkilerini doğrusal malzeme modeli (elastik davranış) hesaplanarak değerlendirilmelidir.
- 3) Uygun sünekliğe sahip birleşimlerle iç kuvvetleri dağıtabilen yapılar için yapısal elemanlardaki iç kuvvetlerin hesabında elasto-plastik yöntemler kullanılabilir.
- 4) Yapının bütününde veya bir kısmındaki iç kuvvetlerin hesaplanması için model, birleşimlerdeki şekildeğiştirmelerin etkilerini dikkate alınması gerekmektedir.
- 5) Genel olarak, birleşimlerdeki şekildeğiştirmelerin etkisi, rijitlik (örneğin dönme veya öteleme gibi) veya birleşimdeki yük seviyesinin bir fonksiyonu olarak belirlenmiş kayma değerleri aracılığıyla dikkate alınması gerekmektedir.

Bileşenler ve Birleşimler

Eurocode 5'e göre bileşenler ve birleşimlerde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- 1) Yapısal çözümlenmelerde aksenal kaçıklık ve homojen olmayan malzeme durumu (geometrik ve yapısal kusurlar) dikkate alınmalıdır. Bu durum söz konusu yönetmelikte verilen tasarım yöntemleriyle dolaylı olarak sağlanmaktadır.
- 2) Bileşenlerin dayanım tahkiklerinde en kesit alanındaki kayıplar (azalmalar) dikkate alınmalıdır. Ancak bu husus net en kesit alanı 6 mm'den küçük çivi ve vidalarda gözardı edilebileceği belirtilmektedir.
- 3) Birleşimlerin yük taşıma kapasitesi, 3 boyutlu yapısal çözümlenmelerde hesaplanan elemanlar arasındaki iç kuvvetler ve momentler dikkate alınarak tahkik edilmelidir.
- 4) Birleşimin şekildeğiştirmesi 3 boyutlu çözümlemedeki yapılan kabullere uygun olmalıdır.
- 5) Birleşimin çözümlenmesinde, birleşimi oluşturan bütün elemanların davranışını dikkate alması gerekmektedir.

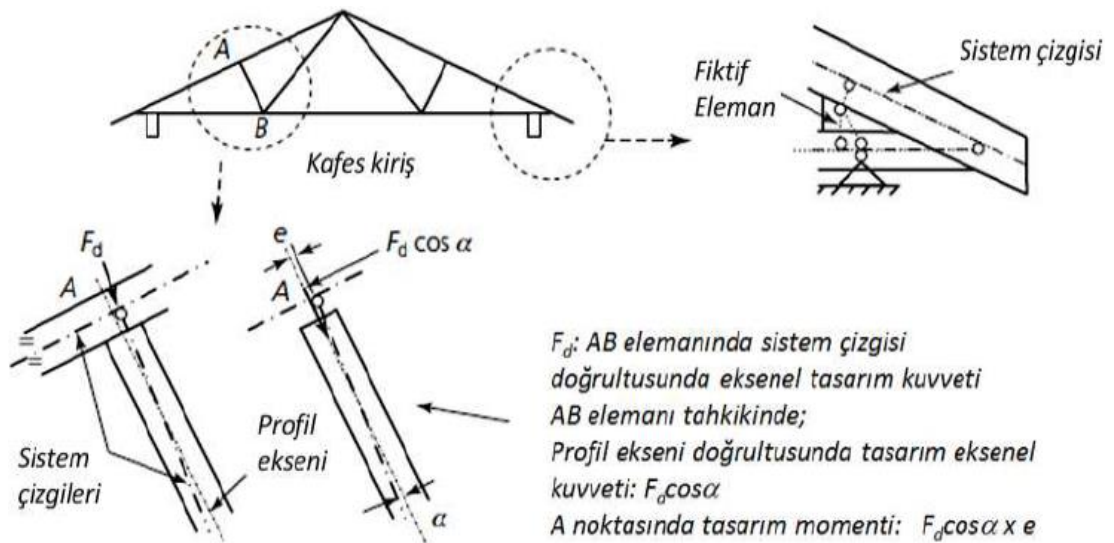
Taşıyıcı Sistemler

1) Genel

- a) Taşıyıcı sistemin yapısal çözümlemesi, yapının ve mesnetlerinin davranışlarını dikkate alan uygun statik modellerle gerçekleştirilmesi gerekmektedir.
- b) Çerçeve modellerin yapısal çözümlemesi aşağıdaki (madde 2'deki) gibi ve çivili metal plaka bağlantılı kafes kirişlerin basitleştirilmiş yapısal çözümlemesi ise (madde 3'teki) gibi gerçekleştirilmelidir.
- c) Düzlem çerçeve ve kemer sistemlerde ikinci mertbe etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir (bkz. madde 4).

2) Çerçeve sistemler

- a) Çerçeve sistemlerde iç kuvvetler ve momentlerin hesabında, elemanlar ve düğüm noktalarının şekildeğiştirmeleri, mesnet dış merkezlikleri ve mesnetin rijitliğinin etkisi dikkate alınmalıdır (bkz. Şekil 4.7).
- b) Bütün yapısal elemanlar için sistem çizgilerinin (aks çizgilerinin) eleman içerisinde kalması gerekmektedir. Ancak sistem çizgileri ile eleman çizgilerinin çakışmadığı durumda dayanım tahkiklerinde dış merkezlik etkileri dikkate alınması gerekmektedir.



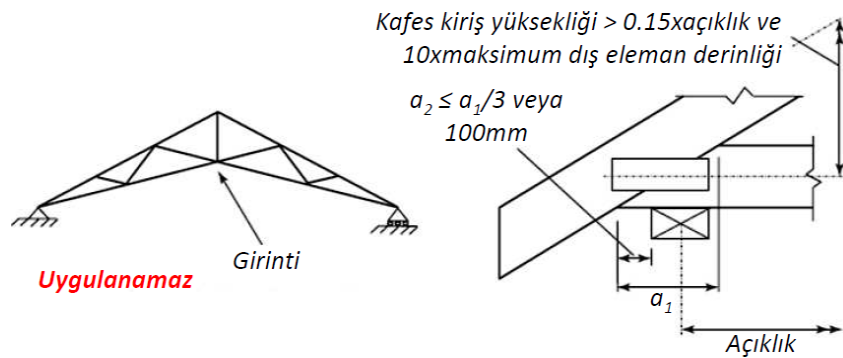
Şekil 4.7. Eurocode 5'e göre çerçeve sistemlerin yapısal çözümleme modeli örneği (Üstündağ, 2014).

- c) Eksantrik birleşimler olması durumunda (bkz. Şekil 4.7) fiktif elemanlar dikkate alınabilmektedir.
- d) Birinci merteye doğrusal yapısal çözümlerle düşeyden kaçıklık gibi geometrik ve yapısal kusurların dikkate alınması gerekmemektedir. Çünkü bu etkiler yapısal elemanların dayanım tahkiklerinde dikkate alınmaktadır.
- e) Birleşimler genellikle mafsallı kabul edilmektedir. Ancak birleşim şekildeğişirmesinin elemanların iç kuvvet ve moment dağılımına önemli bir etkisi yoksa birleşimler dönmeye karşı rijit olarak da kabul edilebilmektedir.
- f) Birleşimlerde kayma etkisinin, iç kuvvetler ve momentlerin dağılımına önemli bir etkisi yoksa ihmal edilebileceği belirtilmektedir.

3) Basitleştirilmiş Yapısal Çözümleme

Bu yapısal çözümleme yönteminde, kafes sistemin düğüm noktaları mafsallı olarak kabul edilmekte ve düğüm noktalarına etkiyen tasarım yükleri birinci-merteye doğrusal elastik yapısal çözümlemeyle yapılmaktadır. Tamamen üçgenlere ayrılmış kafes kirişlerin basitleştirilmiş yapısal çözümlemesinde aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

- a) Dış elemanlarda yeniden hesaba giren açılar bulunmamaktadır.
- b) Yastık kiriş genişliği a_1 uzunluğu içinde bulunmalı ve a_2 mesafesi ise 10cm ya da $a_1/3$ ifadelerinden hangisi daha büyükse o değerden küçük olmalıdır (bkz. Şekil 4.8).



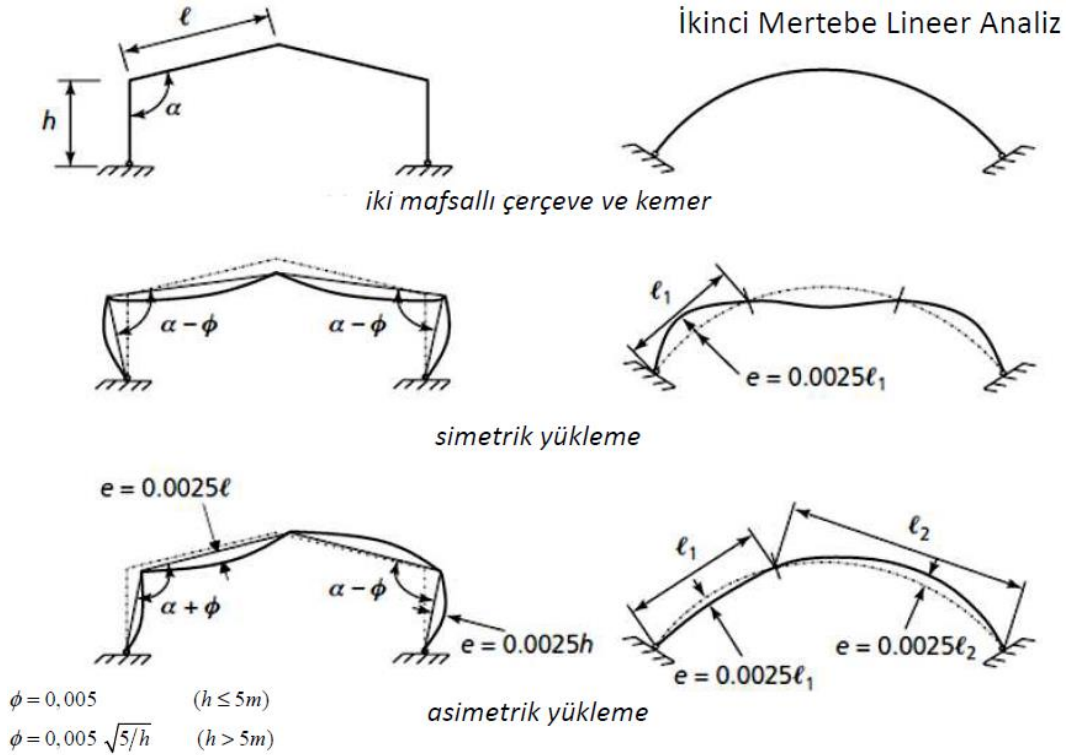
Şekil 4.8. Eurocode 5'e göre mesnetin geometri örneği (Üstündağ, 2014).

- c) Makas yüksekliği açıklığın 0,15 katından ve maksimum dış eleman derinliğinin 10 katından büyük olması gerekmektedir.

4) Düzlem Çerçeve ve Kemerler

İç kuvvetler ve momentlerden kaynaklı sapma etkileri aşağıdaki varsayımlarla ikinci mertebe lineer yapısal çözümlere gerçekleştirilerek dikkate alınabilmektedir.

- a) Yapının hatalı şeklinin, maksimum dış merkezliliğe (e) karşılık gelen yapı düğümleri arasındaki başlangıç sinüzoidal eğrilikle birlikte yapıya veya ilgili parçalarına bir ϕ eğim açısı uygulanarak bulunan başlangıç şekil değiştirmesine karşılık geldiği kabul edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.9. Eurocode 5'e göre bir çerçevenin başlangıç, simetrik yükleme ve asimetrik yükleme durumları için varsayılan sapma örnekleri (Üstündağ, 2014).

4.3.1.4. Taşıma Gücü Sınır Durumları

Direnç tahkiki (Doğrulama)

Bir kısım eleman ya da bağlantıda, kopma ya da aşırı şekil değiştirme sınır durumunda, R_k , malzeme karakteristik dayanım değerini, $\gamma_M (=1,3)$, malzeme özelliği kısmi faktörünü, k_{mod} ise yük etki süresi ve nem içeriği etkileri için modifikasyon (değişiklik) faktörünü ve R_d malzeme tasarım dayanımı değerini göstermek üzere, E_d iç kuvvetler veya momentlerin etkilerin ya da farklı iç kuvvetler veya momentleri temsil eden vektörlerin tasarım değerleri;

$$E_d \leq R_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (4.11)$$

olmalıdır.

Liflere Paralel Çekme Dayanımı

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} \quad (4.12)$$

ifadesini sağlamalıdır.

Eğilme Dayanımı

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} \quad (4.13)$$

bağıntısını sağlamalıdır.

Taşıma Gücü Sınır Durumları Esaslar

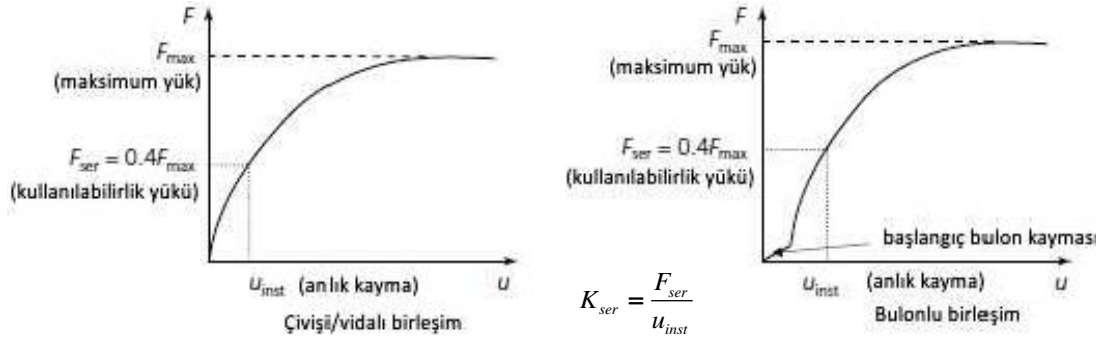
- 1) Yapının doğrusal elastik yapısal çözümlemesinde, iç kuvvetlerin dağılımının rijitlik dağılımından etkilenmediği durumlarda ortalama rijitlik değerleri kullanılır.
- 2) Yapının doğrusal elastik yapısal çözümlemesinde, iç kuvvetlerin dağılımının rijitlik dağılımından etkilendiği durumlarda nihai ortalama rijitlik değerleri kullanılır. Örneğin farklı özelliklere sahip kompozit elemanlar olması durumu.
- 3) Yapının ikinci mertebe doğrusal elastik yapısal çözümlemede yük etki sınıflarına göre düzeltilmiş rijitlik değerleri kullanılır.
- 4) Taşıma gücü sınır durumunda birleşim kayma modülü $K_u, 2/3K_{ser}$ olarak dikkate alınır.

$$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{def})} \quad (4.14)$$

$$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{def})} \quad (4.15)$$

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{(1 + \psi_2 \cdot k_{def})} \quad (4.16)$$

Bu bağıntılardaki ψ_2 , değişken etkinin yarı sabit (kalıcı) faktörü, k_{def} , şekildeğiştirme faktörü olup farklı bina tipleri ve malzemeler için değerleri sırasıyla Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'dan alınabilir. Ayrıca ifadelerdeki birleşim kayma modülü (K_{ser}) değeri Şekil 4.10'da verilen durumlar için;



Şekil 4.10. Farklı birleşim türleri için birleşim kayma modülü (Üstündağ, 2014).

Dübel, bulon, vida, çivi (önceden delik açılmış) için;

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1.5} \cdot d}{23} \quad (4.17)$$

Çivi (önceden delik açılmamış) için;

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1.5} \cdot d^{0.8}}{30} \quad (4.18)$$

Zımba için;

$$K_{ser} = \frac{\rho_m^{1.5} \cdot d^{0.8}}{80} \quad (4.19)$$

bağıntılarıyla hesaplanacaktır. Bu bağıntılardaki ρ_m , malzemenin birim hacim ağırlığını (yoğunluğunu) göstermektedir. Ancak birleşimdeki iki ahşap esaslı elemanın yoğunlukları farklı olması durumunda;

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \cdot \rho_{m,2}} \quad (4.20)$$

bağıntısıyla, çelik-ahşap birleşimlerde ahşabı yoğunluğu esas alınarak K_{ser} 2 ile çarpılarak kullanılmaktadır.

Çizelge 4.8. Farklı binalar tipleri için etki faktörleri (Üstündağ, 2014).

Etki	ψ_0	ψ_1	ψ_2
B) 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	0,9	0,8
Kategori F: Trafîğe açık alanlar (Araç ağırlığı ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Kategori G: Trafîğe açık alanlar (30 kN < Araç ağırlığı ≤ 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Kategori H: Çatılar	0	0	0
C) Binalara 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 $H \leq 1000$ m olan yerler	0,5	0,2	0
D) Binalara etkiyen rüzgâr yükü	0,6	0,2	0
E) Binalardaki sıcaklık (yangın hariç)	0,6	0,5	0

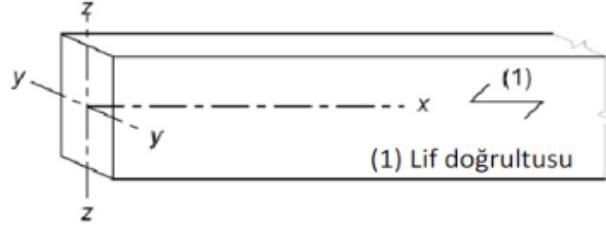
Çizelge 4.9. Ahşap ve ahşap esaslı malzemeler için k_{def} değerleri.

Malzeme	Standart	Kullanım Sınıfı		
		1	2	3
Masif Ahşap	EN 14081-1	0,6	0,8	2
Yapıştırılmış Lamine Ahşap	EN 14080	0,6	0,8	2
Lamine Kaplama Kereste (LVL)	EN 14374, EN 14279	0,6	0,8	2
Kontrplak	EN 636			
	Bölüm 1	0,80	-	-
	Bölüm 2	0,8	1	-
	Bölüm 3	0,8	1	2,5
OSB	EN 300			
	OSB/2	2,25	-	-
	OSB/3, OSB/4	1,5	2,25	-
Yonga Levhalar	EN 312			
	Bölüm 4	2,25	-	-
	Bölüm 5	2,25	3	-
	Bölüm 6	1,5	-	-
	Bölüm 7	1,5	2,25	-
Lif Levhalar, sert	EN 622-2			
	HB.LA	2,25	-	-
	HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3	-
Lif Levhalar, orta	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3	-	-
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3	4	-
Lif Levhalar, MDF	EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	-	-
	MDF.HLS	2,25	3	-

Bir Asal Eksen Doğrultusunda Gerilmeye Maruz Kesitlerin Tasarımı

1) Normal Kuvvete Maruz En kesit Tahkiki

Yapısal elemanın sadece asal eksenlerinden biri doğrultusunda gerilmelere maruz kaldığı kabul edilmektedir (bkz. Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Yapısal eleman aksları (lifler doğrultusunda)

a) Liflere Paralel Çekme Etkisinde

$\sigma_{t,0,d}$, lifler boyunca tasarım çekme gerilmesini ve $f_{t,0,d}$, lifler boyunca tasarım çekme dayanımını göstermek üzere,

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,0,d}}{A_{net}} \quad (4.21)$$

olmak üzere,

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad (4.22)$$

bağıntısı sağlanmalıdır.

b) Liflere Dik Çekme Etkisinde

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d} \quad (4.23)$$

ifadesi sağlanmalıdır.

c) Liflere Paralel Basınç Etkisinde

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (4.24)$$

olmalıdır.

d) Liflere Dik Basınç Etkisinde

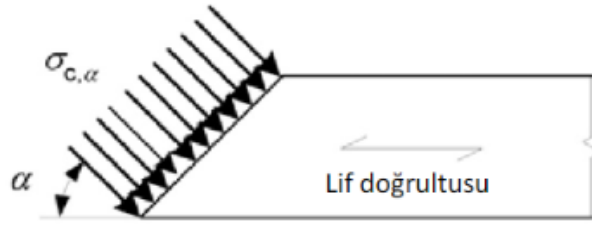
$k_{c,90}$, yük durumunu (konfigürasyonunu), yarıma (ayrılma) olasılığını ve basınç şekildeğiştirme derecesini dikkate alan bir katsayı (1~4) olmak üzere,

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad (4.25)$$

ifadesi sağlanmalıdır.

e) Liflere Açılı (α) Basınç Etkisinde

$k_{c,90}$, yük durumunu, yarıma olasılığını ve basınç şekildeğiştirme derecesini dikkate alan bir katsayıyı, $f_{c,0,d}$, lifler boyunca tasarım basınç dayanımını ve $f_{c,90,d}$, liflere dik tasarım basınç dayanımını göstermek üzere (bkz. Şekil 4.12);



Şekil 4.12. Yapısal elemanın liflerine açılı basınç etkisi

$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (4.26)$$

bağıntısı sağlanmalıdır.

2) Eğilme Etkisine Maruz En kesit Tahkiki

$\sigma_{m,y,d}$ ve $\sigma_{m,z,d}$, asal eksenler etrafındaki tasarım eğilme gerilmelerini (bkz. Şekil 4.11) göstermek üzere, tasarım eğilme dayanımları;

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \quad (4.27)$$

olmak üzere,

Bir (Tek) Eksenli Eğilme Etkisinde;

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \\ \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \end{array} \right\} \quad (4.28)$$

İki Eksenli Eğilme Etkisinde;

k_m , bir en kesitte malzemenin homojen olmayan etki ve gerilmelerin yeniden dağılımına izin veren faktörü göstermek üzere,

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \\ k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \end{array} \right\} \quad (4.29)$$

ifadelerini sağlanmalıdır.

Burada masif ahşap, yapıştırılmış lamine ahşap ve lamine kaplama ahşap için dikdörtgen en kesitlerde 0,7 diğer en kesitlerde 1,0 alınması gerektiğini belirtmek uygun olacaktır.

3) Kesme Kuvvetine Maruz En kesit Tahkiki

V_d , tasarım kesme kuvvetini, S statik alan momentini, I , atalet momentini ve b , kesit genişliğini (bkz. Şekil 4.13) göstermek üzere, tasarım kesme (kayma) gerilmesi;



(a) Liflere paralel kayma gerilmesi bileşeni (b) Liflere dik her iki gerilme bileşeni

Şekil 4.13. Yapısal eleman liflerine paralel ve dik kayma gerilmesi etkisi

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot S}{I \cdot b} \quad (4.30)$$

olmak üzere,

Bir (Tek) Eksenli Kesme Kuvveti Etkisinde;

$f_{v,d}$, gerçek durum için tasarım kayma dayanımını göstermek üzere,

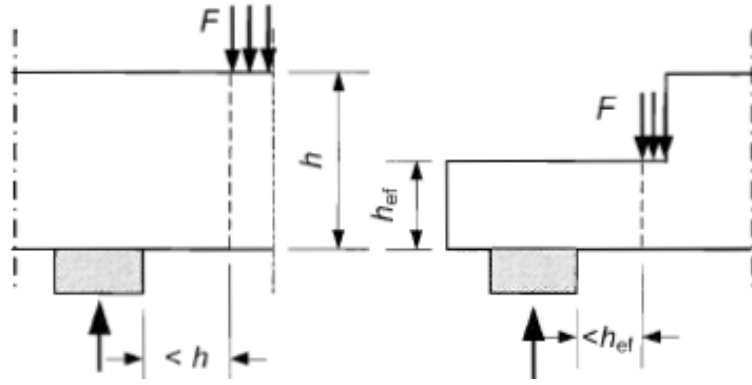
$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (4.31)$$

İki Eksenli Kesme Kuvveti Etkisinde;

$$\left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1 \quad (4.32)$$

koşulları sağlanmalıdır. Kayma gerilme bileşenlerinin her ikisinin de liflere dik olduğu durumda (bkz. Şekil 4.13(b)), kayma dayanımının liflere dik çekme dayanımının yaklaşık iki katı alınabileceği belirtilmektedir.

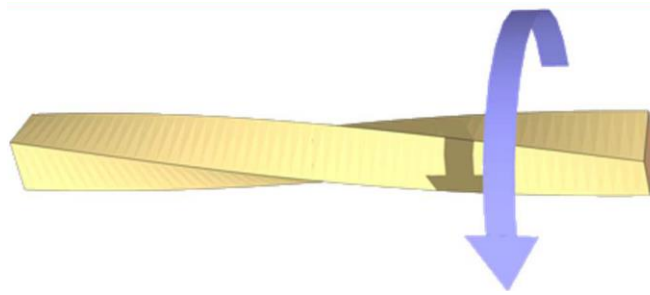
Mesnetlerde, kirişin üst tarafına etkiyen tekil bir yükün (F) toplam kayma kuvvetine katkısı ve mesnetin kenarından h ya da h_{ef} bir mesafede olması dikkate alınmayabilir (bkz. Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Kesme kuvvetinin hesaplanmasında tekil yükün (F) dikkate alınmadığı mesnet koşulları.

4) Burulma Momenti Etkisine Maruz En kesit Tahkiki

M_{tor} , burulma momentini (bkz. Şekil 4.15), W mukavemet momentini ve $f_{v,d}$, gerçek durum için tasarım kayma dayanımını göstermek üzere, tasarım burulma gerilmesi;



Şekil 4.15. Yapısal elemana burulma momenti etkisi.

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{tor}}{W_{tor}} \quad (4.33)$$

olmak üzere,

$$\tau_{tor,d} \leq k_{shape} \cdot f_{v,d} \quad (4.34)$$

koşulu sağlanmalıdır. Burada k_{shape} , en kesit şekline bağlı bir faktör olup (4.35) bağıntısıyla hesaplanabilir.

$$k_{shape} = \begin{cases} 1,2 & \text{dairesel enkesit} \\ \min \begin{cases} 1+0,15 \cdot \frac{h}{b} \\ 2 \end{cases} & \text{dikdörtgen enkesit} \end{cases} \quad (4.35)$$

Bu bağıntıdaki b ve h sırasıyla en kesit boyutunun kısa ve uzun kenarını göstermektedir.

Birleşik Gerilmeye Maruz Kesitlerin Tasarımı

1) Eğilme ve Çekme Kuvveti Etkisinde En kesit Tahkiki

$\sigma_{m,y,d}$ ve $\sigma_{m,z,d}$, asal eksenler etrafındaki tasarım eğilme gerilmelerini (bkz. Şekil 4.11), $\sigma_{t,0,d}$, lifler boyunca tasarım çekme gerilmesini, $f_{t,0,d}$, lifler boyunca tasarım çekme dayanımını ve k_m , bir en kesitte malzemenin homojen olmayan etki ve gerilmelerin yeniden dağılımına izin veren faktörü göstermek üzere,

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (4.36)$$

ifadelerini sağlanmalıdır.

2) Eğilme ve Basınç Kuvveti Etkisinde En kesit Tahkiki

$\sigma_{m,y,d}$ ve $\sigma_{m,z,d}$, asal eksenler etrafındaki tasarım eğilme gerilmelerini (bkz. Şekil 4.11), $\sigma_{c,0,d}$, lifler boyunca tasarım çekme gerilmesini, $f_{c,0,d}$, lifler boyunca

tasarım çekme dayanımını ve k_m , bir en kesitte malzemenin homojen olmayan etki ve gerilmelerin yeniden dağılımına izin veren faktörü göstermek üzere,

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (4.37)$$

bağıntıları sağlanmalıdır.

Eleman Stabilitesi

1) Basınç veya Birleşik Basınç ve Eğilme Etkisindeki Kolonlar

λ_y ve $\lambda_{rel,y}$, y eksenini etrafında eğilmeye karşılık gelen narinlik oranlarını (z-yönündeki dönme), λ_z ve $\lambda_{rel,z}$, z eksenini etrafında eğilmeye karşılık gelen narinlik oranlarını (y-yönündeki dönme) ve $E_{0,05}$, liflere paralel elastisite modülünün %5'lik değerini göstermek üzere,

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (4.38)$$

ve

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (4.39)$$

Burada hem $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$ hem de $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$ gerilmelerinin (4.37) bağıntısını sağlaması gerektiğini belirtmek uygun olacaktır. Diğer tüm durumlarda gerilmelerin,

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \\ \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (4.40)$$

ifadelerini sağlaması gerekmektedir. Bu bağıntılardaki $k_{c,y}$ ve $k_{c,z}$ sırasıyla,

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad (4.41)$$

ve

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \quad (4.42)$$

ifadeleriyle belirlenmektedir. (4.41) ve (4.42) bağıntılarındaki k_y ve k_z ;

$$k_y = 0,50 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) \quad (4.43)$$

ve

$$k_z = 0,50 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad (4.44)$$

bağıntılarıyla hesaplanmaktadır. Bu bağıntılarda β_c tanımlanan doğruluk sınırları içindeki elemanlar için bir faktörü göstermekte ve değeri,

$$\beta_c = \begin{cases} 0,2 & \text{masif ahşap için} \\ 0,1 & \text{yapıştırılmış lamine ahşap ve LVL için} \end{cases} \quad (4.45)$$

olarak alınacaktır.

2) Eğilme veya Birleşik Eğilme ve Basınç Etkisindeki Kirişler

$E_{0,05}$, liflere paralel elastisite modülünün %5'lik değerini, $G_{0,05}$, liflere paralel kayma modülünün %5'lik değerini, I_z , zayıf z eksenini etrafındaki atalet momentini, I_{tor} , burulma atalet momentini, l_{ef} , mesnet koşullarına ve yük konfigürasyonuna (durumuna) bağlı kirişin etkili uzunluğunu (bkz. Çizelge 4.10) ve W_y , kuvvetli y eksenini etrafındaki mukavemet momentini göstermek üzere, kritik eğilme gerilmesi;

Çizelge 4.10. Açıklığın oranı olarak etkili uzunluk.

Kiriş Tipi	Yükleme Şekli	l_{ef} / l^a
Basit mesnetli	Sabit moment	1,0
	Düzensiz yayılı yük	0,9
	Açıklık ortasındaki tekil yük	0,8
Konsol kiriş	Düzensiz yayılı yük	0,5
	Serbest uçta tekil yük	0,8

^a l_{ef} , etkili uzunluk ile l , açıklık arasındaki oran; ağırlık merkezinden yüklü ve burulmaya karşı sınırlandırılmış mesnetli bir kiriş için geçerlidir. Yükün kirişin basınç kısmına uygulanması durumunda, l_{ef} değeri 2h kadar artırılmalı ve kirişin çekme kısmındaki bir yük için l_{ef} değeri 0,5h azaltılabilir.

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{ef} \cdot W_y} \quad (4.46)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Burada h , ahşap kirişin yüksekliğini ve b , genişliğini göstermek üzere, masif dikdörtgen kesitli yumuşak ağaçlar için;

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} \quad (4.47)$$

bağıntısıyla hesaplanabileceği belirtilmelidir. $f_{m,k}$, karakteristik eğilme dayanımını göstermek üzere, eğilmede göreceli narinlik;

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (4.47)$$

ifadesiyle hesaplanmaktadır. Kuvvetli y eksenini etrafında sadece bir M_y momenti olduğu durumda, gerilmelerin,

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} \quad (4.48)$$

ifadesini sağlamalıdır. Bu bağıntıda k_{crit} , yanal burkulma nedeniyle azalan eğilme dayanımını dikkate alan bir faktörü, $f_{m,d}$, tasarım eğilme dayanımını ve $\sigma_{m,d}$, tasarım eğilme gerilmesini göstermektedir. Yukarıda verilen bağıntılardaki k_{crit} ifadesi,

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \text{ için} \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \text{ için} \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & 1,4 < \lambda_{rel,m} \text{ için} \end{cases} \quad (4.49)$$

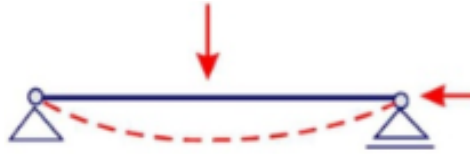
(4.49) bağıntısında verilen koşullar için alınmaktadır. Burada basınç kısmının yanal yer değiştirmesinin ve mesnetlerinde burulma dönmesinin önlenmesi için bu faktörün 1,0 olarak alınabileceğini belirtmek yararlı olacaktır.

Kuvvetli y eksenini etrafında M_y momenti ve N_e basınç kuvveti kombinasyonunun mevcut olduğu durumda (bkz. Şekil 4.16); $\sigma_{m,d}$, tasarım eğilme gerilmesini, k_{crit} , yanal burkulma nedeniyle azalan eğilme dayanımını dikkate alan bir faktörünü, $f_{m,d}$, tasarım eğilme dayanımını, $f_{c,0,d}$, lifler boyunca tasarım çekme dayanımını,

$k_{c,z}$, kararsızlık faktörünü ve $\sigma_{c,0,d}$, lifler boyunca tasarım çekme gerilmesini göstermek üzere;

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (4.50)$$

ifade sağlanması gerekmektedir.



Şekil 4.16. Eğilme momenti ve basınç kuvveti etkisi (Üstündağ, 2014).

4.3.1.5. Kullanılabilirlik Sınır Durumları

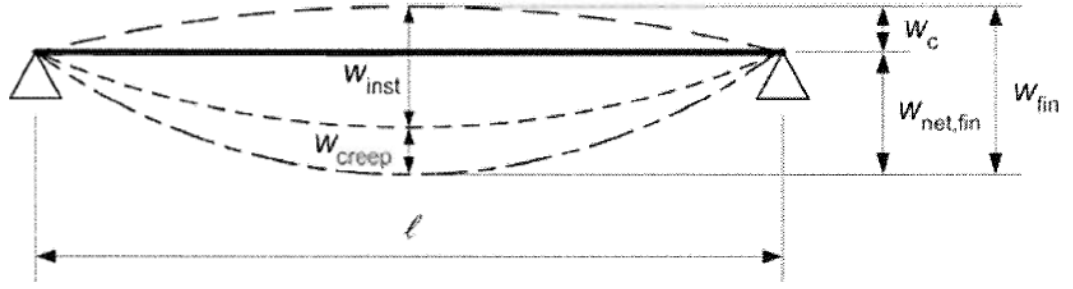
Bu yönetmeliğe göre kullanılabilirlik sınır durumları aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

- 1) Yapı veya yapı elemanlarının normal kullanım koşullarındaki işlevleri,
- 2) Kullanıcıların konforu (memnuniyeti),
- 3) Yapının görünüşüdür.

Burada yapının görünüşündeki maksattın, aşırı sehim ve çatlak oluşumu ifade ettiğini belirtmek uygun olacaktır.

Kirişlerin Sehimleri (Çökmeleri) İçin Sınır Değerler

Bir yük kombinasyonundan kaynaklanan kiriş sehiminin bileşenleri Şekil 4.17'de gösterilmektedir. w_c , kirişin ilk eğriliğini, w_{inst} , kirişin ani sehimini, w_{creep} , kirişin sünme sehimini, w_{fin} ve kirişin nihai sehimini göstermek üzere, $w_{net,fin}$, mesnetler arasındaki kiriş ekseninin altındaki net nihai sehim;



Şekil 4.17. Kiriş sehiminin bileşenleri.

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c \quad (4.51)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. l açıklıklı kirişler için önerilen sapma sınır değerleri aralığı Çizelge 4.11’de verilmektedir.

Çizelge 4.11. Kiriş sehimleri için sınır değerleri.

	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
İki mesnetli kiriş	1/300~1/500	1/250~1/350	1/150~1/300
Konsol kiriş	1/150~1/250	1/125~1/175	1/75~1/150

Konut Döşemelerinin Titreşimi

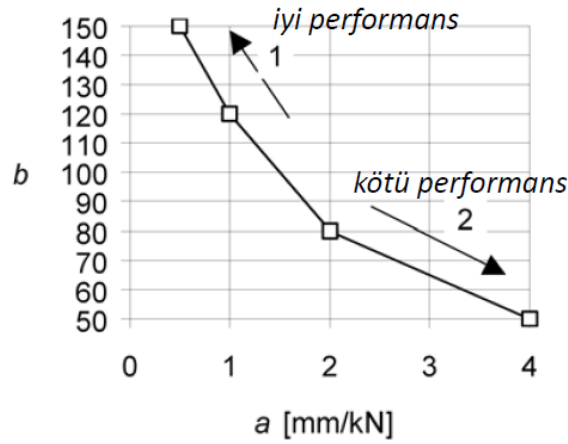
Temel frekansı 8 Hz’den ($f_1 \leq 8Hz$) az olan konut döşemeleri için özel bir araştırma yapılması gerekmektedir. Diğer taraftan temel frekansı 8 Hz’den ($f_1 > 8Hz$) yüksek olan konut döşemeleri için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

$$\frac{w}{F} \leq a \quad \text{mm/kN} \quad (4.52)$$

ve

$$v \leq b^{(f_1 \cdot \zeta - 1)} \quad \text{m/(Ns}^2) \quad (4.53)$$

Bu bağıntılardaki w , yük dağılımı dikkate alınarak döşemenin herhangi bir noktasına etkiyen düşey statik tekil kuvvetten (F) oluşan maksimum anlık düşey sehimi, v birim darbe hızı tepkisini diğer bir ifadeyle maksimum tepkiyi veren döşeme noktasına uygulanan ideal bir birim darbenin (1 Ns) neden olduğu döşeme düşey titreşim hızının (m/s cinsinden) maksimum başlangıç değerini (40 Hz'in üzerindeki bileşenler göz ardı edilebilmektedir) ve ζ modal sönüm oranını (%1 alınabilir) göstermektedir. Ayrıca bu bağıntılardaki a ve b'nin önerilen sınır değerleri ve a ve b arasındaki önerilen ilişki Şekil 4.18'de verilmektedir.



Şekil 4.18. Eurocode 5'e göre mesafe (a) ve genişlik (b) arasındaki önerilen ilişki ve aralıklar.

l açıklıklı ahşap kirişlere dört kenarı boyunca basit mesnetli ve tüm boyutları $l \times b$ olan dikdörtgen bir döşeme için temel frekans (f_1) yaklaşık olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} \quad (4.54)$$

Bu bağıntıdaki m , birim alana düşen kütleyi (kg/m^2), l , döşeme açıklığını (m) ve $(EI)_l$, kiriş yönüne dik eksen etrafındaki döşemenin eşdeğer eğilme rijitliğini (Nm^2/m) göstermektedir.

4.3.2. FEMA 368 (Federal Emergency Management Agency) Yönetmeliği

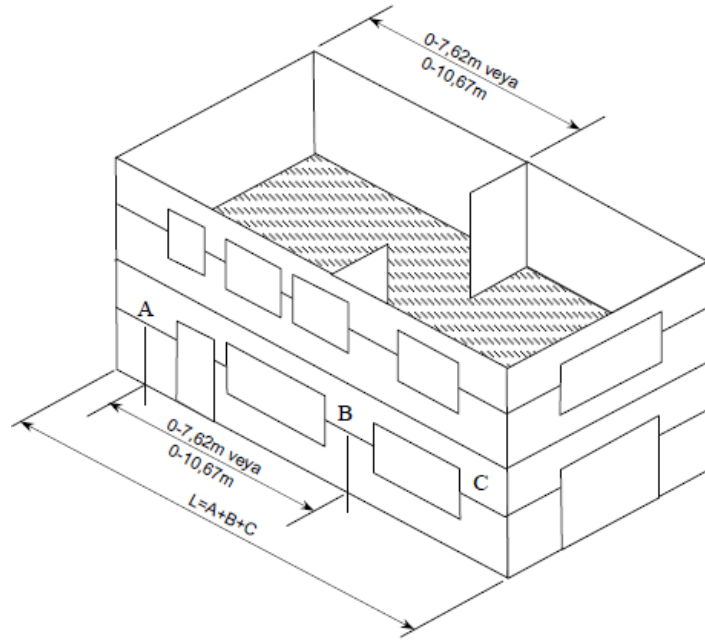
Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (FEMA), Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Güvenlik Departmanına bağlı bir ajanstır. ABD’de inşa edilecek yapılara ilişkin esaslar FEMA (FEMA 368, 2001) yönetmeliğinde verilmektedir. FEMA yönetmeliğinin 12. bölümü, **Ahşap Yapıların Tasarım Kuralları** başlığı altında ahşap yapıların tasarım ilkelerini kapsamaktadır. Bu yönetmeliğe göre, yapılar altı sismik sınıfta tanımlanmaktadır. Söz konusu sismik sınıflara göre ahşapların depreme göre tasarımına ilişkin bazı kurallar Çizelge 4.12’de verilmektedir. Bu çizelgeden görüldüğü gibi yapı sınıfına göre hangi yapısal çözümleme yöntemlerinin kullanılabilceği de belirtilmektedir.

Çizelge 4.12. FEMA yönetmeliğine göre sismik tasarım sınıfları ve izin verilen yapısal çözümleme yöntemleri (Gürsoy vd., 2009).

Sismik tasarım sınıfı	Yapısal özellikler	Eşdeğer deprem yükü yöntemi	Mod birleştirme yöntemi	Zaman tanım alanında lineer yapısal çözümleme	Zaman tanım alanında nonlineer yapısal çözümleme
A	Düzenli veya düzensiz	Uygulanıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor
B,C	Düzenli veya düzensiz	Uygulanıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor
D,E,F	$T < 3,5T_s$ ’li düzenli yapılar ve bütün hafif ahşap iskeletli yapılar	Uygulanıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor
	$T < 3,5T_s$ ’li düzensiz yapılar ve sadece planda düzensizliğe sahip tip 2, 3, 4 ve 5 yapılar veya tip 4 ve 5 düşey düzensizliklere sahip yapılar	Uygulanıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor
	$T < 3,5T_s$ ’li düzensiz yapılar ve ya planda düzensizliğe sahip tip 1a ve 1b yada düşey düzensizliğe sahip tip 1a-1b, 2 ve 3 türü yapılar	Uygulanmıyor	Uygulanmıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor
	Diğer bütün yapılar	Uygulanmıyor	Uygulanmıyor	Uygulanıyor	Uygulanıyor

Not: S_{D1} : 1s’lik periyottaki spektral tasarım ivmesini, S_{D5} : kısa periyottaki spektral tasarım ivmesini

FEMA yönetmeliğine göre iki katlı ahşap bir yapının konstrüktif kurallarına ilişkin öneriler Şekil 4.19’da verilmektedir. Bu şekildeki maksimum kat sayısı, duvar genişliği ve maksimum taşıyıcı duvar yüksekliklerine ilişkin bilgiler de Çizelge 4.13’te özetlenmektedir. Bu tablo ve şekilden görüldüğü gibi, FEMA yönetmeliğinde de ahşap yapıların depreme göre tasarımı için bazı hüküm ve öneriler bulunmaktadır.



Şekil 4.19. FEMA yönetmeliğine göre iki katlı ahşap yapının konstrüktif kuralları (Gürsoy vd., 2009).

Çizelge 4.13. FEMA yönetmeliğine göre maksimum duvar genişliği ve kat sayısı.

Sismik tasarım sınıfı	Maksimum duvar yüzeyi (m)	İzin verilen maksimum kat sayısı
A	10,675	3 ^a
B	10,675	3 ^a
C	7,625	2 ^a
D	7,625	1 ^{a,b}

Not: ^aMaksimum taşıyıcı duvar yüksekliği 3,05m'yi geçmeyecek.
^bBir ve iki ailelik ayrı konutlar iki katlı olarak yapılabilirler.

4.3.3. UBC (The Uniform Building Code) Yönetmeliği

Uniform Building Code (UBC), Amerika Birleşik Devletleri'nde Batı bölgelerinde kullanılan bir yapı yönetmeliğidir. Kamu güvenliğini arttırmayı amaçlayan bu yönetmelik emniyetli inşaat için standartlaştırılmış koşulları içermektedir. UBC yönetmeliği, 2000 yılında Uluslararası Kod Konseyi (ICC) tarafından Uluslararası Bina Kodu (IBC) yönetmeliği ile değiştirilmiştir. ICC yönetmeliğinin güvenli inşaat için standartlar sağlamakta ve yönetmelikler arasındaki farkları ortadan kaldırması amaçlanmaktadır. Söz konusu yönetmelik öncelikle Kuzey Amerika'da

kullanılmıştır. UBC yönetmeliğinin 23. bölümü, *Ahşap* “*Wood*” başlığı altında ahşap yapıların tasarım ilkelerini kapsamaktadır. Ayrıca bu yönetmelik;

UBC 23-1: Tüm kereste türleri için sınıflandırma, tanım, sınıflandırma yöntemleri ve tasarım değerlerinin geliştirilmesi,

UBC 23-2: İnşaat ve endüstriyel plywood,

UBC 23-3: Ahşap esaslı yapısal kullanım panelleri için performans standardı,

UBC 23-4: Dayanıklılık ve higroskopik özelliklerde yangın geciktirici uygulanmış ahşap testleri,

UBC 23-5: Yangın geciktirici-işlenmiş ahşap,

eklerinden oluşmaktadır.

BÖLÜM 5

SAYISAL UYGULAMALAR

5.1. ÖRNEK YAPININ GENEL ÖZELLİKLERİ

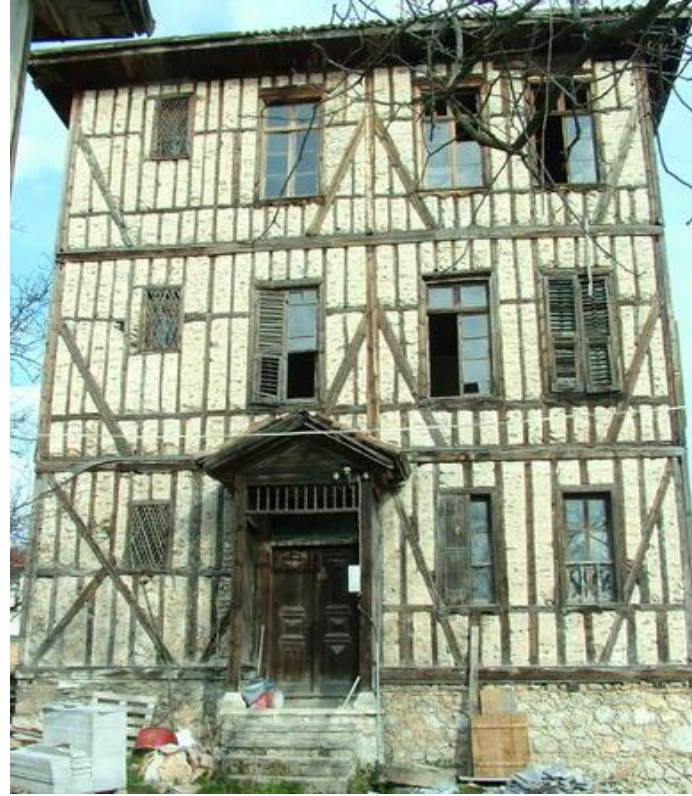
5.1.1. Örnek Yapının Tarihçesi ve Özellikleri

Bu tez çalışmasının sayısal uygulamaları için 150 yıl öncesinde ahşap çatkı tekniğiyle inşa edilen Karabük'ün Safranbolu ilçesinde Köyiçi Meydanında bulunan Safran Konak (eski adı **Bağlar Köşkü**) seçilmiştir. Bağlar Köşkü'nün bahçesine çift kanatlı büyük tahtadan yapılmış ahşap kapıdan girilmektedir (bkz. Şekil 5.1). Sol tarafta erkek misafirler için selamlık binası ve altında misafirlerin atları için ahır bulunmaktadır. Köşkün çift kanatlı ahşap kapısından büyük bir salona girilmektedir. Sağ tarafında; ara kapı ile birbirine geçebilen iki büyük odası bulunmaktadır. Bunlardan birinde yemek odası diğerinde ise mutfak yer almaktadır. Çift kanatlı ahşap kapının karşısında büyük bir kiler odası ve bahçeye açılan ahşap kapı bulunmaktadır. Ayrıca bodruma salondan inilmektedir. Köşkün üst katlarına, rahat dönüşlü ahşap trabzanlı döner bir merdiven ile çıkılmaktadır. Köşkün üst iki katı aynı planlıdır. Sofaya (*tarihi evlerde oda kapılarının açıldığı ve ev halkının birlikte yemek yediği, oturduğu büyükçe hol'e*) ve ona açılan büyük bir müstakil (bağımsız) odaya camlı çift kanatlı ahşap kapıyla girilmektedir. Ayrıca köşkün dış cephesi sıvasızdır (bkz. Şekil 5.2).

Safran Konak Safranbolu'nun ikinci sit alanı olan Bağlar-Köyiçi Meydanında bulunmaktadır. Bu bölge genellikle yazlık olarak kullanıldığı için binalar kışlık bölgeye göre daha yüksek tavanlı ve odaları daha geniş olarak tasarlanmıştır (bkz. Şekil 5.3).



Şekil 5.1. Bağlar Köşkü bahçesinden bir görünüm.



Şekil 5.2. Bağlar Köşkü ön cephesinden bir görünüm.

Bağlar Köşkünün 2010 yılında restorasyonuna başlanarak 2012 yılında Safran Konak olarak otel konseptinde (anlayışında, tarzında) hizmete açılmıştır. Son dönem Osmanlı Konağı tarzında inşa edilmiş olan Safran Konak 2015 yılında “*En İyi Restore Edilen Konak Ödülünü*” almıştır.



Şekil 5.3. Safran Konağın sağ ve arka cephesinden bir görünüm.

5.2. STA-STEEL YAPISAL ANALİZ PROGRAMIYLA KONAĞIN MODELLENMESİ

Bu tez çalışmasında 150 yıldır ayakta kalan bir ahşap yapı örnek olarak seçilmiştir. Bu çalışmada ilk olarak seçilen bu rnek Konağın taşıyıcı sistemi Sta-Steel programı yardımıyla modellenmiştir (model-1). Daha sonra Türkiye’de yaygın olarak kullanılan ahşap atkılarla (taşıyıcı sistemlerle) aynı konağın on farklı taşıyıcı sistem modelleri oluşturulmuş ve yapısal çözümlenmeleri gerçekleştirilerek elde edilen bulguları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Böylelikle tez çalışması kapsamında farklı çatkı sistem modellerinden elde edilen sonuçların kıyaslanmasıyla çatkı sistemlerinin yapının deprem performansını ne ölçüde etkilediği araştırılmıştır. Bu çalışmanın sayısal uygulamalarına konu olan Safran Konağın farklı cephesinden görünümleri Şekil 5.4’te verilmektedir.



a) ön cephe



b) arka cephe



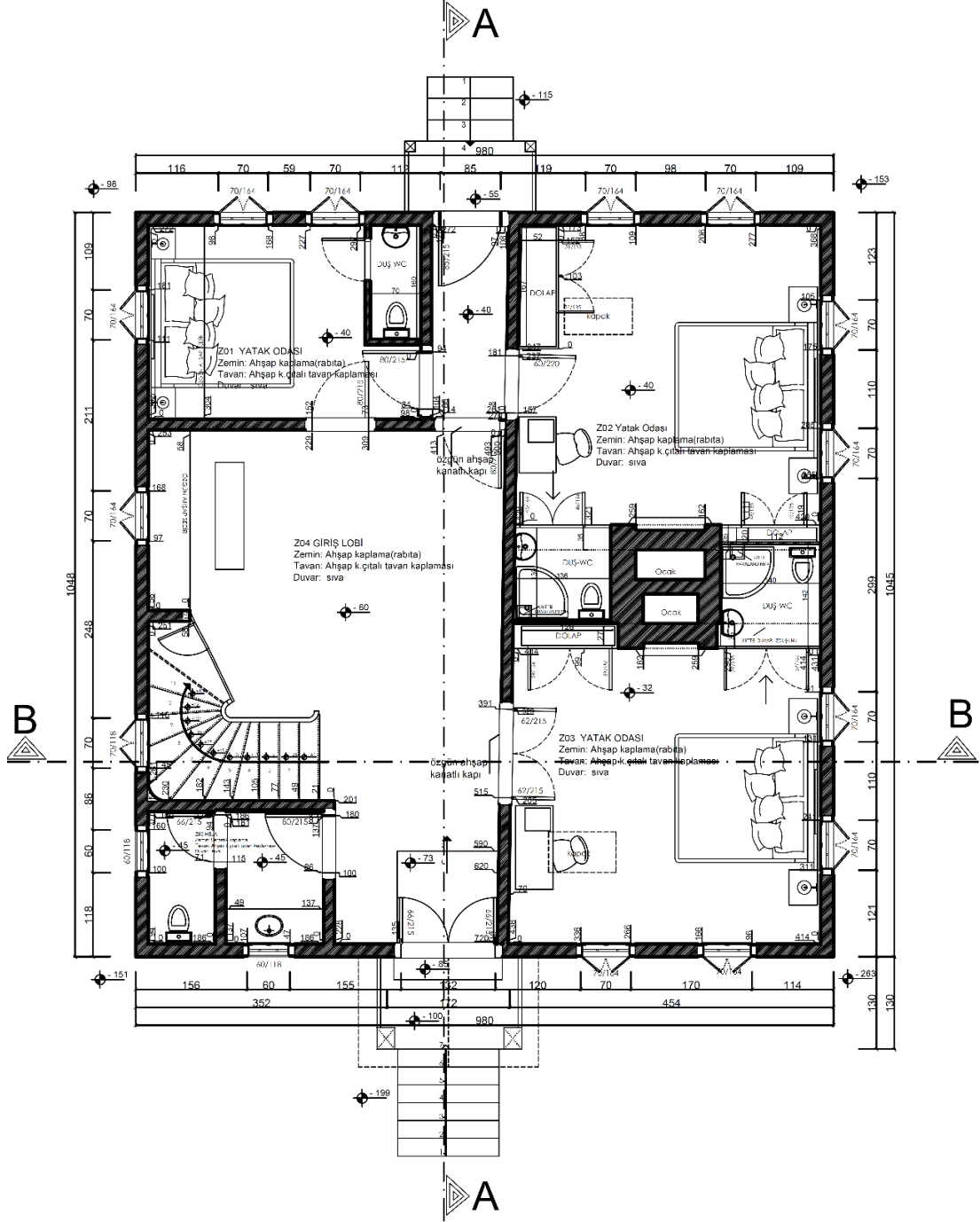
c) sol cephe



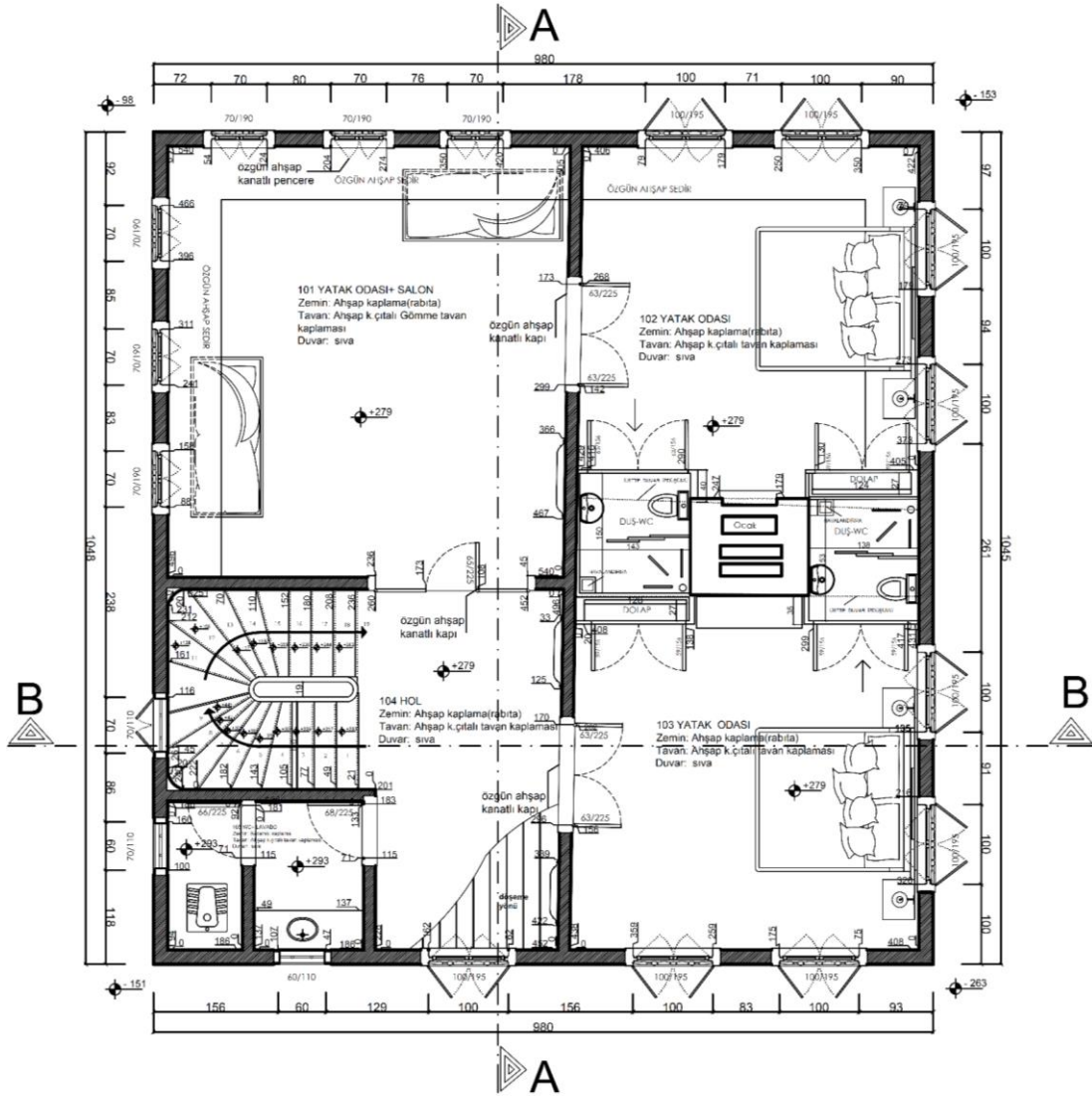
d) sağ cephe

Şekil 5.4. Safran Konağı'nın farklı cephelerinden görünümü.

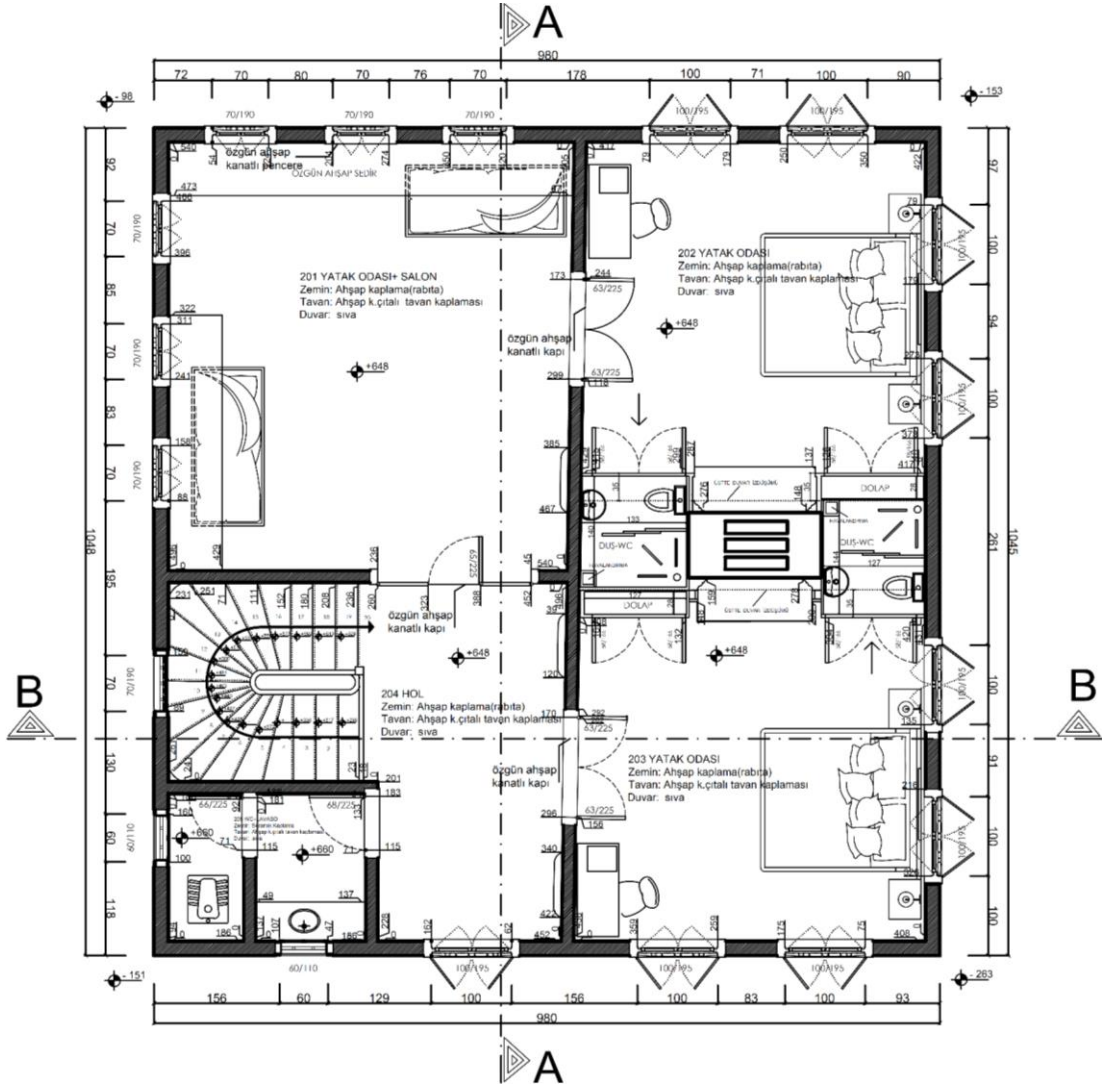
Sayısal uygulamalar için dikkate alınan Safran Konağın mimari kat planları sırasıyla Şekil 5.5-5.7’de verilmektedir. Bu şekillerden Safran konağın zemin dahil toplam 3 kattan oluştuğu görülmektedir. Ayrıca Safran Konağın ahşap malzemesinin mekanik özellikleri Çizelge 5.1’de verilmektedir.



Şekil 5.5. Safran Konağın mevcut durumunun zemin kat mimari planı.



Şekil 5.6. Safran Konağın mevcut durumunun 1. kat mimari planı.



Şekil 5.7. Safran Konağın mevcut durumunun 2. kat mimari planı.

Çizelge 5.1. Safran Konağın ahşap malzemesinin mekanik özellikleri.

Elastisite Modülü, E (kN/m ²)	1×10^7
Kayma Modülü, G (kN/m ²)	500000
Isıl Genleşme Katsayısı, α	5×10^{-6}
Birim ağırlık, ρ (kN/m ³)	4

Bugün yürürlükte bulunan “*Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine*” göre (TBDY, 2019) Safran Konağın sosyal konut olması nedeniyle kullanım amacının dolayısıyla bina kullanım sınıfının (BKS) 3, yer hareketi düzeyinin DD3, bina önem katsayısı (I)

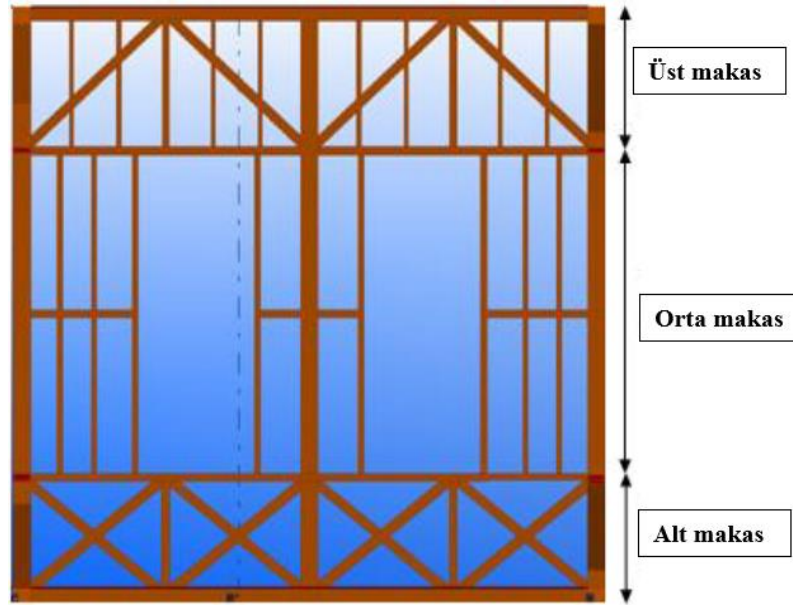
1,0 ve hareketli yük kütle katılım katsayısının (n) 0,30 olduğu kabul edilmektedir. TBDY’ye göre yapı koordinatı için yatay tasarım spektrumu köşe periyotları, $T_A=0,078$ s, $T_B=0,39$ s ve $T_L=6,0$ s olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bina kullanım sınıfı ve yapı tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak, deprem tasarım sınıfı (DTS) 4 olarak alınmıştır. Diğer taraftan söz konusu yapının bulunduğu konum için yerel zemin sınıfının “ ZC ” ve rüzgâr yükünün bina cephelerine $0,96$ kN/m² olarak etkideği kabul edilmiştir. Safran Konağın yapısal çözümlerinde dikkate alınan diğer tasarım parametreleri Çizelge 5.2’de özetlenmektedir.

Çizelge 5.2. Safran Konağın TBDY’ye göre diğer tasarım parametreleri.

Yer Hareketi Düzeyi (DD)	DD3
Süneklik katsayıları (R_x ve R_y)	4
Dayanım fazlalığı katsayıları (D_x ve D_y)	2
Modal analiz min yük oranı (β)	0,90
Hareketli yük katılım katsayısı (n)	0,30
Deprem yükü ek dışmerkezliliği (e)	0,05
Yapı konumu boylamı	32,669
Yapı konumu enlemi	41,264
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s)	0,237
1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1)	0,08
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{ds})	0,308
1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{ds1})	0,12
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, T_A (s)	0,07792
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu, T_B (s)	0,38961
Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu, T_L (s)	6
Zemin taşıma gücü (kN/m ²)	210
Zemin yatak katsayısı (kN/m ³)	10000
Kar yükü (kN/m ²)	0,75
Rüzgar yükü (kN/m ²)	0,96
Yapı yüksekliği (m)	10 m

5.2.1. Safran Konaktaki Ahşap Çatki Düzeni

Ahşap yapıların duvar detayları çubuk elemanların dizilişlerindeki farklılıklardan meydana gelmektedir. Ahşap yapının bir katına ilişkin çatki duvar düzeni Şekil 5.8’de gösterildiği gibi üç kısımdan oluşmaktadır. Alt makas; orta makas ile kat döşemesi arasındaki kısmı oluşturmakta ve bu kısımda çaprazlar, ana ve ara dikmeler bulunmaktadır. Orta makas; alt makasla üst makas arasında kalan kısmı oluşturmakta, bu kısımda ara dikmeler ile kuşaklar bulunmakta ve kapı ve/veya pencere boşlukları da genellikle bu kısımda bırakılmaktadır. Üst makas ise orta makas ile kat duvarının tepe noktası arasında kalan kısımdır. Bunlarda da alt makasta olduğu gibi çaprazlar, ana ve ara dikmeler bulunmaktadır.



Şekil 5.8. Ahşap yapının bir katına ilişkin çatki duvar düzeni (Kaplan, 2013).

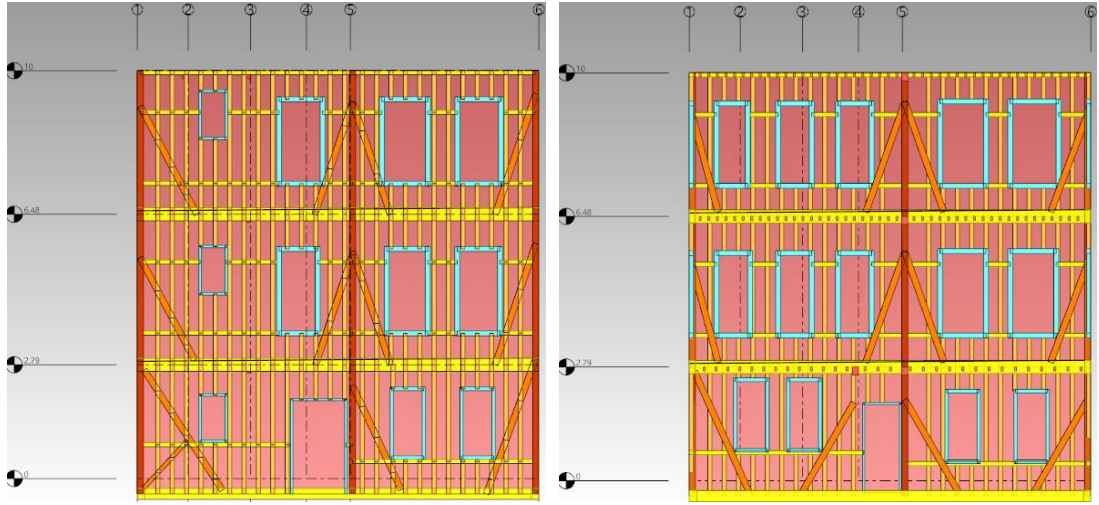
5.2.2. Safran Konağın Sta-Steel Programıyla Farklı Modellerinin Oluşturulması

5.2.2.1. Safran Konağın Mevcut Durumunun (Model 1’in) Oluşturulması

Safran Konağın mevcut durumunun (model 1) Sta-Steel programıyla yapısal çözümlemesi için oluşturulan modelinin farklı cephelerinden kesit görünüşleri Şekil

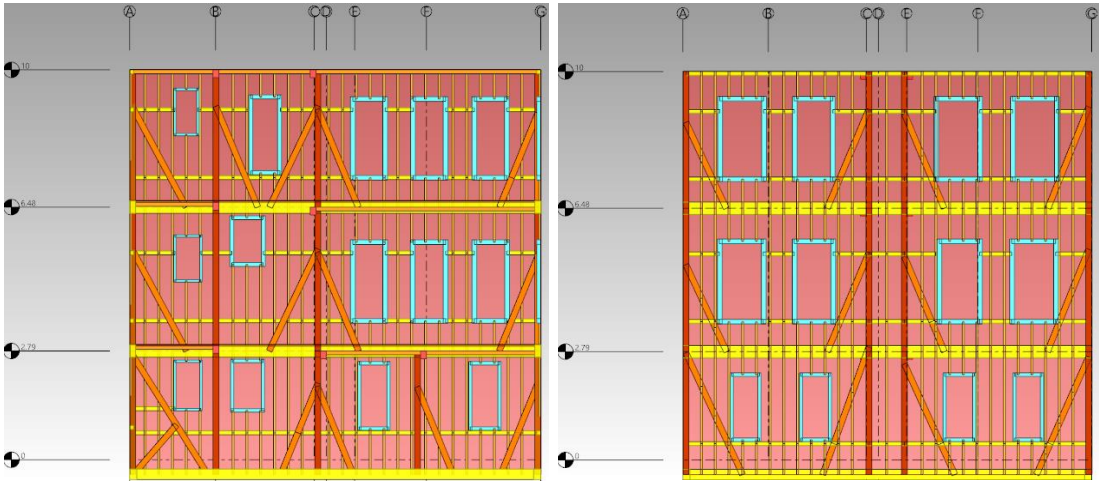
5.9’da ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.10’da verilmektedir. Şekil 5.9’dan görüldüğü gibi Safran konağın zemin kat yüksekliği 2,79 m’dir. Söz konusu yapı modellerinin oluşturulmasında kullanılan ahşap elemanların boyutları Çizelge 5.3’te verilmektedir.

Burada dikmelerin, payandaların, ara kirişlerin ve kuşakların söz konusu konağın mimari projelerine uygun olarak modellendiğini belirtmek yararlı olacaktır.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



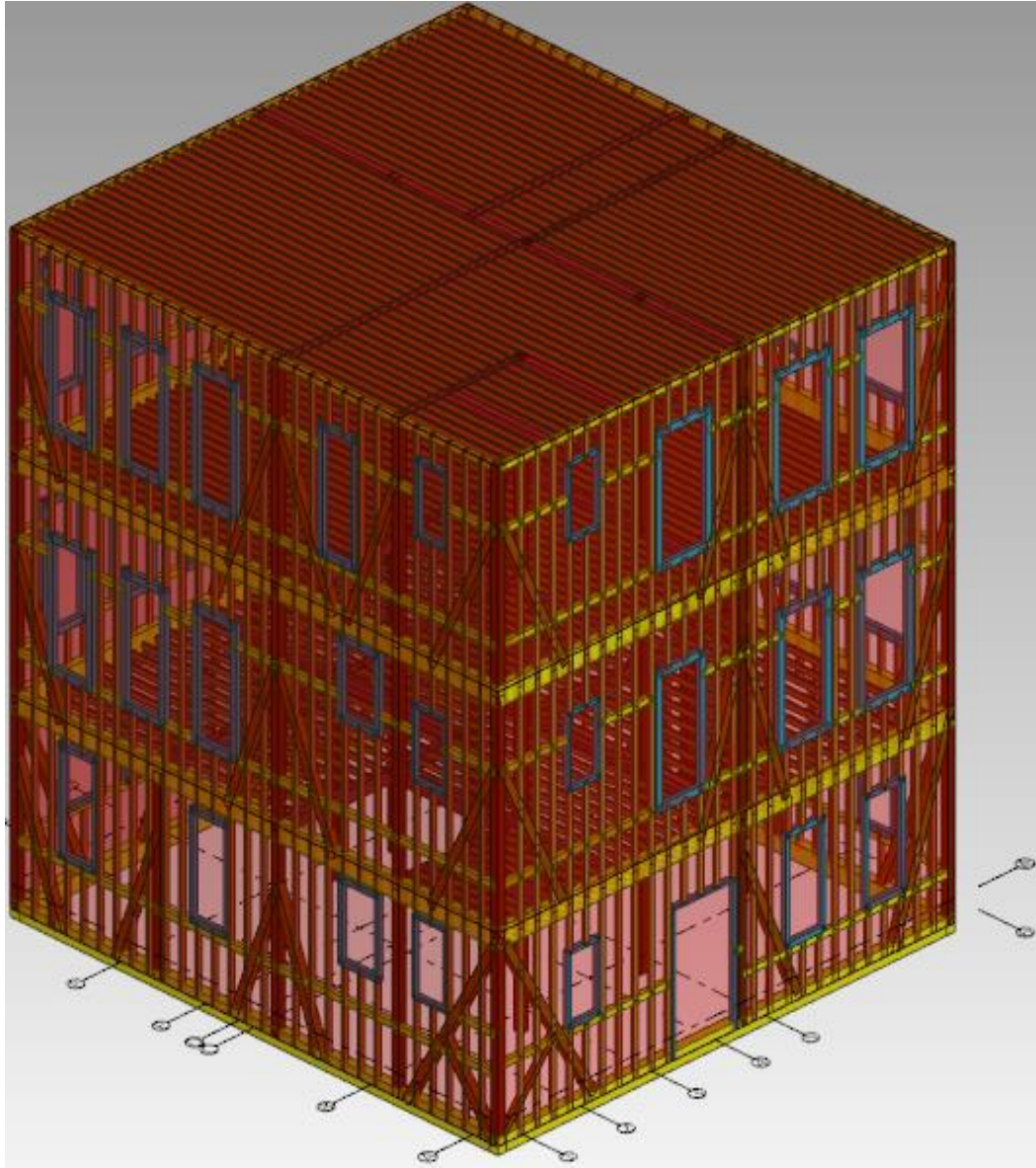
(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

Şekil 5.9. Safran Konağın oluşturulan modelinin (model 1) farklı cephelerinden kesitler.

Çizelge 5.3. Safran Konak'ta kullanılan ahşap elemanların boyutları.

Ahşap eleman	cm	model 1	model 2	model 3	model 4	model 5	model 6	model 7	model 8	model 9	model 10
		Üst makas									
Üst başlık	h	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	b	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Alt başlık	h	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
	b	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ara dikmeler	h	50	50	50	50	50	50	50	50	100	50
	b	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	n	300	303	303	303	103	350	303	303	114	303
Orta dikmeler	h	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	b	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	n	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Çapraz elemanlar	h	150	-	150	150	150	150	150	-	50	150
	b	150	-	150	150	150	150	150	-	100	150
	n	49	-	98	98	49	318	49	-	840	98
Orta makas											
Kuşaklar	h	100	-	100	100	-	100	100	30	-	-
	b	100	-	100	100	-	100	100	100	-	-
	n	156	-	27	57	-	77	115	1272	-	-
Alt başlık	h	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
	b	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ara dikmeler	h	50	50	50	50	50	50	50	50	100	50
	b	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	n	300	303	303	303	103	103	303	303	114	303
Orta dikmeler	h	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	b	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	n	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Çapraz elemanlar	h	150	-	150	150	150	150	150	-	50	150
	b	150	-	150	150	150	150	150	-	100	150
	n	15	-	98	98	49	318	49	-	840	98
Alt makas											
Üst başlık	h	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
	b	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Alt başlık	h	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
	b	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
	n	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Ara dikmeler	h	50	50	50	50	50	50	50	50	100	50
	b	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	n	300	303	303	303	103	103	303	303	114	303
Orta dikmeler	h	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	b	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	n	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Çapraz elemanlar	h	150	-	150	150	150	150	150	-	50	150
	b	150	-	150	150	150	150	150	-	100	150
	n	15	-	98	98	49	318	49	-	840	98

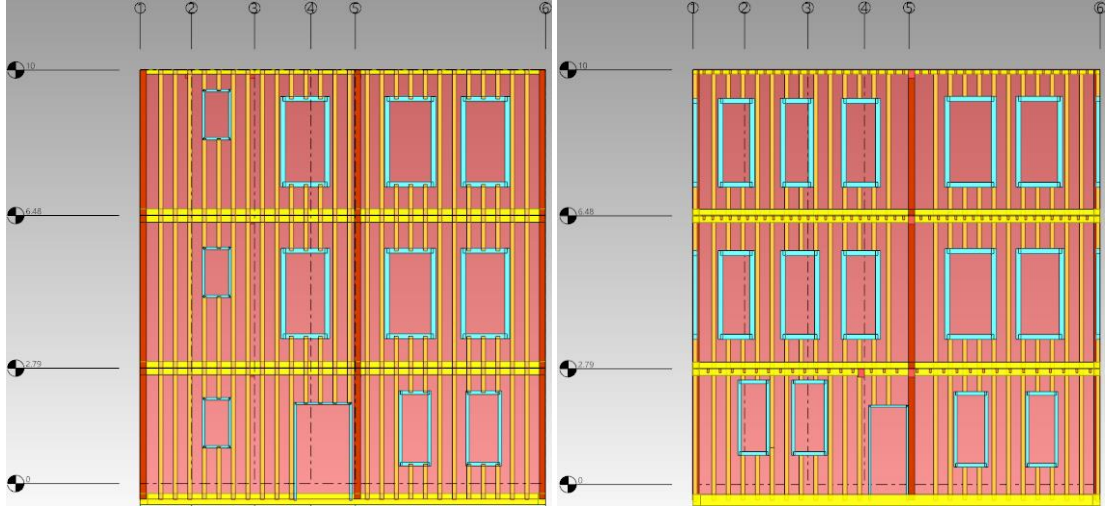


Şekil 5.10. Safran Konağın taşıyıcı sisteminin (model 1'in) 3 boyutlu görünümü.

Burada dikmeleri destekleyen eğik elemanların payanda, desteklemeyen eğik elemanların ise çapraz eleman olarak adlandırıldığını belirtmek uygun olacaktır.

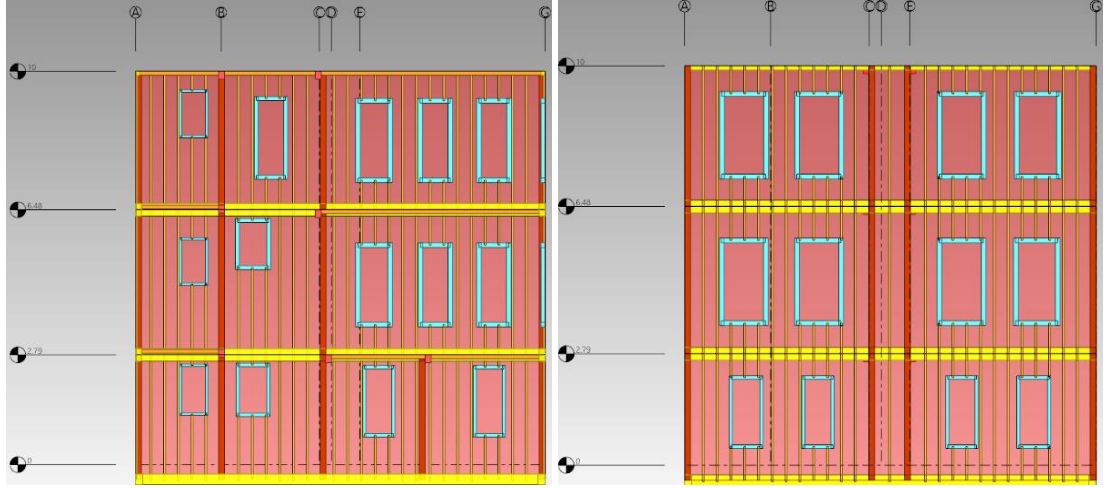
5.2.2.2. Model 2'nin Oluşturulması

Safran Konağın payandasız, ara dikmeli ve kuşaksız modeline (model 2'ye) ilişkin farklı cephelerinden kesit görünüşleri Şekil 5.11'de ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.12'de verilmektedir. Bu şekillerde görülen ara dikmeler 30 cm aralıklı 5x10 cm ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

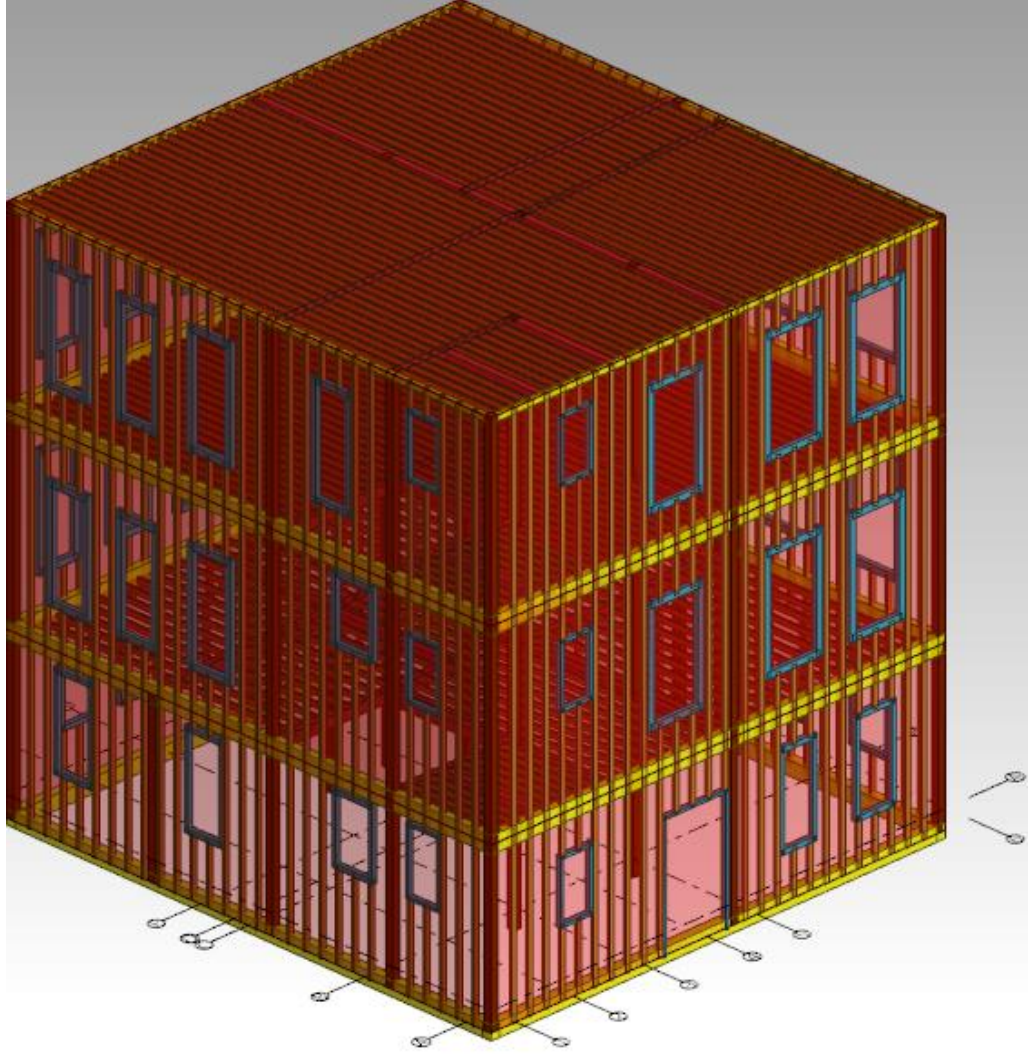
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

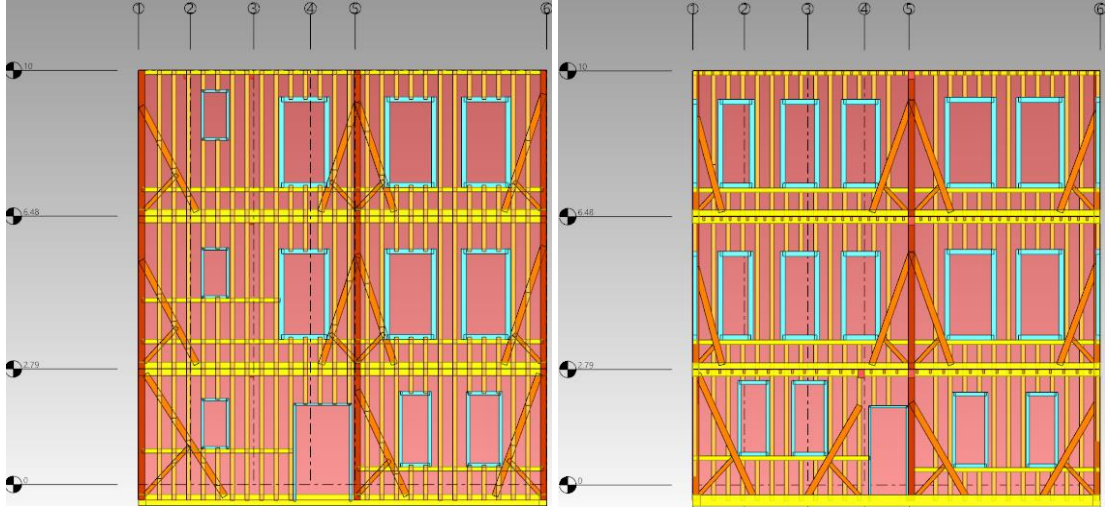
Şekil 5.11. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 2'nin) farklı cephelerinden kesitler.



Şekil 5.12. Safran Konağın farklı çatkđ sistemiyle oluşturulan modelinin (model 2'nin) 3 boyutlu görünümü.

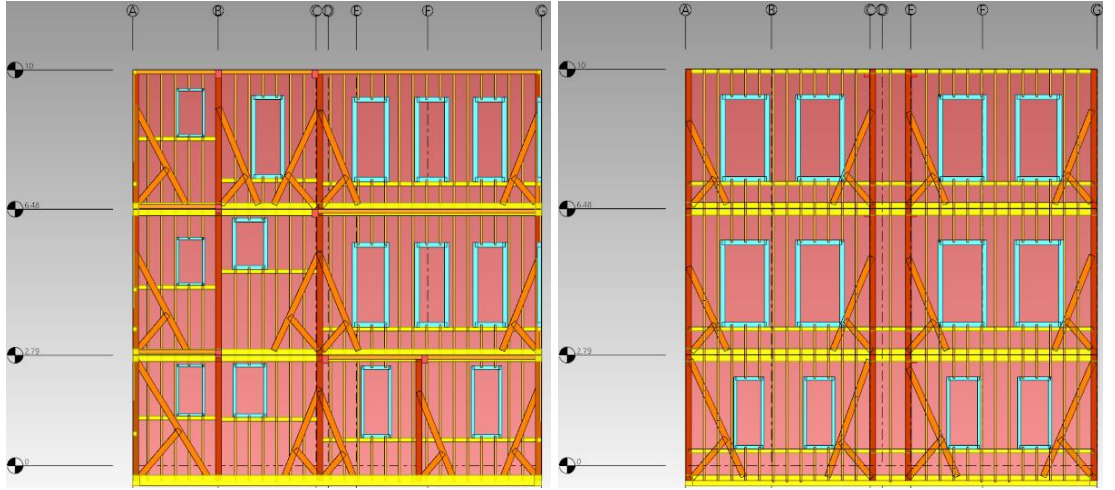
5.2.2.3. Model 3'ün Oluşturulması

Safran Konağın, kullanılan payandaların çapraz elemanlarla desteklendiği ara dikmeli ve kuşaklar kullanılarak oluşturulan modeline (model 3'e) ilişkin farklı cephelerinden kesit görünüşleri Şekil 5.13'te ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.14'te verilmektedir. Bu şekillerde görülen ara dikmeler 30 cm aralıklı 5x10 cm ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. Ayrıca bu modelde kuşaklar pencerelerin alt kısımlarından geçmektedir.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

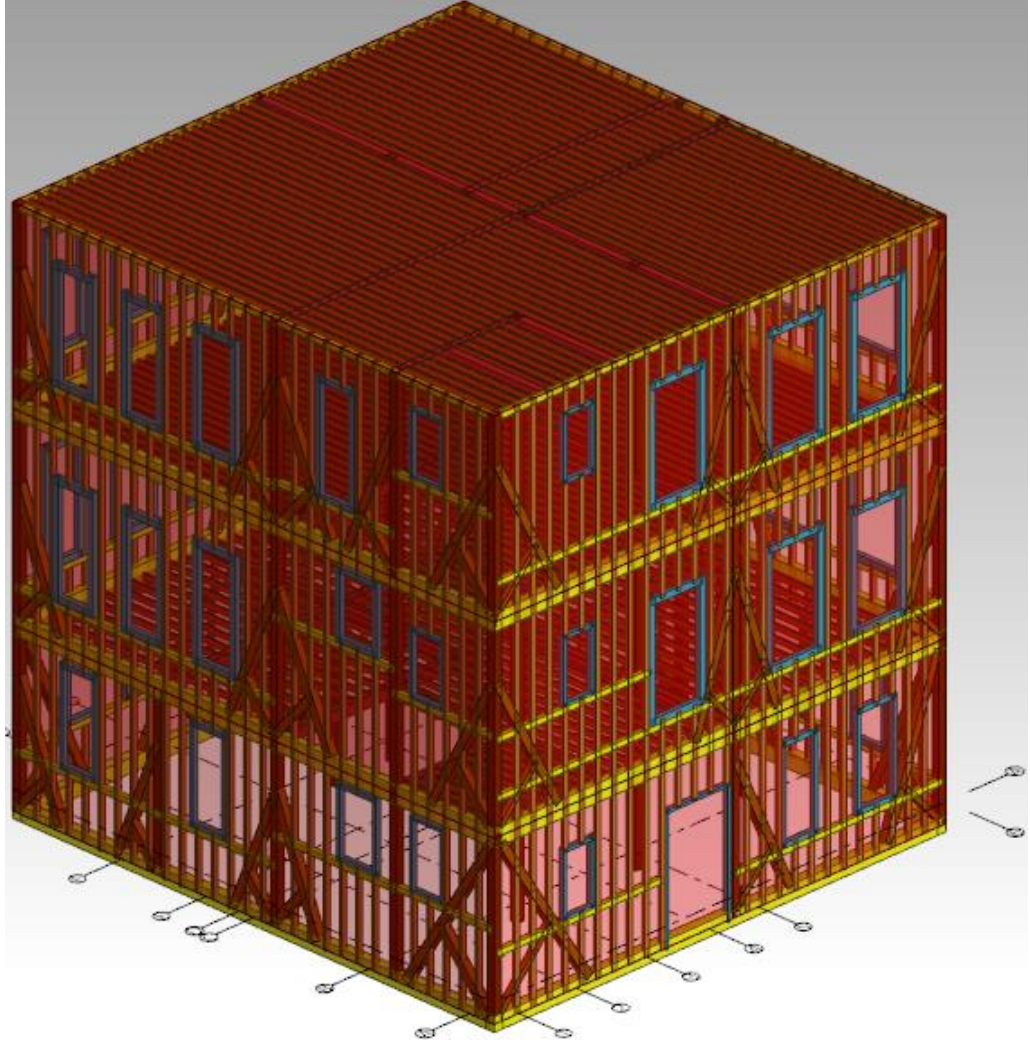
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

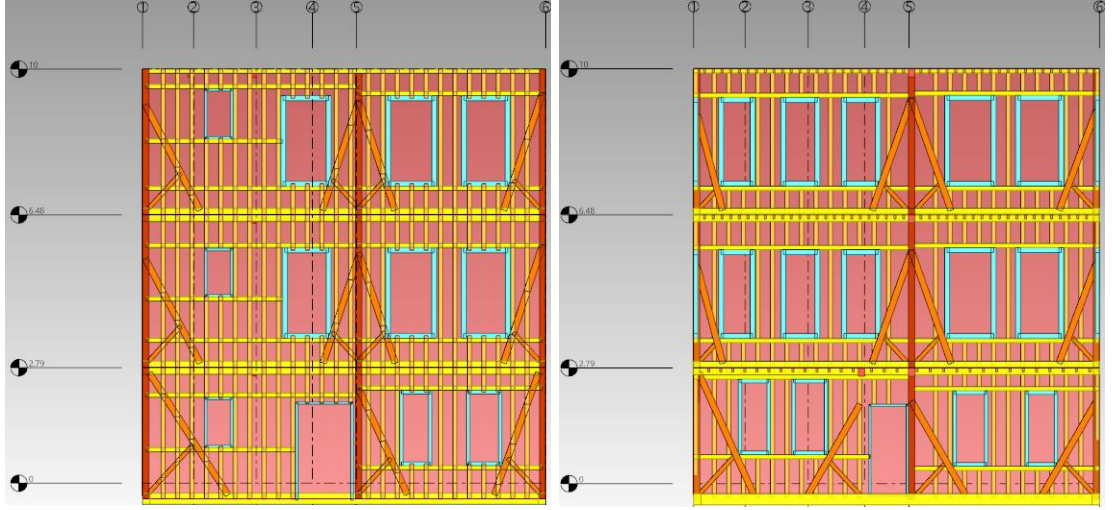
Şekil 5.13. Safran Konağın farklı çatıkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 3'ün) farklı cephelerinden kesitler.



Şekil 5.14. Safran Konağın farklı çatıkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 3'ün) 3 boyutlu görünümü.

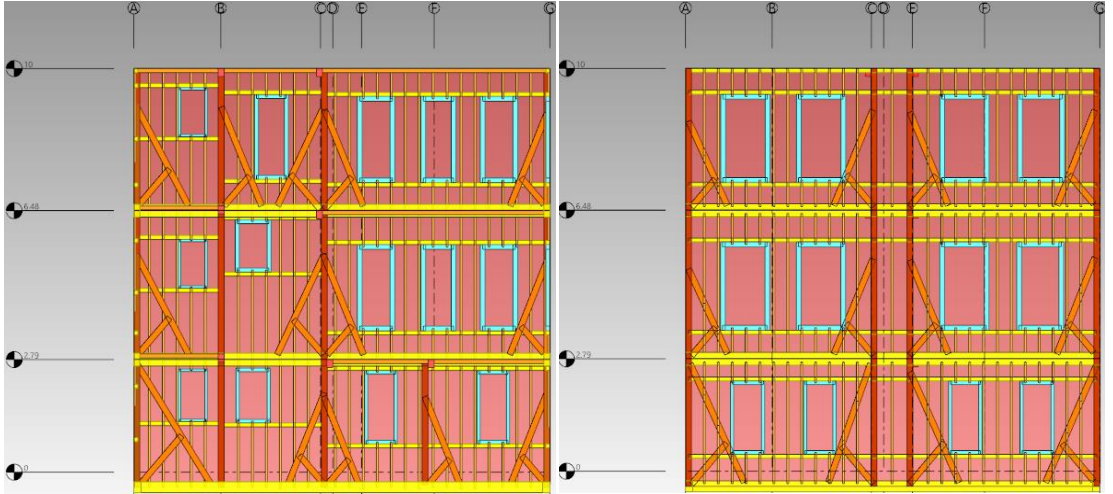
5.2.2.4. Model 4'ün Oluşturulması

Safran Konağın, payandaların çapraz elemanlarla desteklendiğı, ara dikmeler, ara kirişler ve kuşaklar kullanılarak oluşturulan modeline (model 4'e) ilişkin farklı cephelerinden kesit görünüşleri Şekil 5.15'te ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.16'da verilmektedir. Bu şekillerde görülen ara dikmeler de 30 cm aralıklı 5x10 cm ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

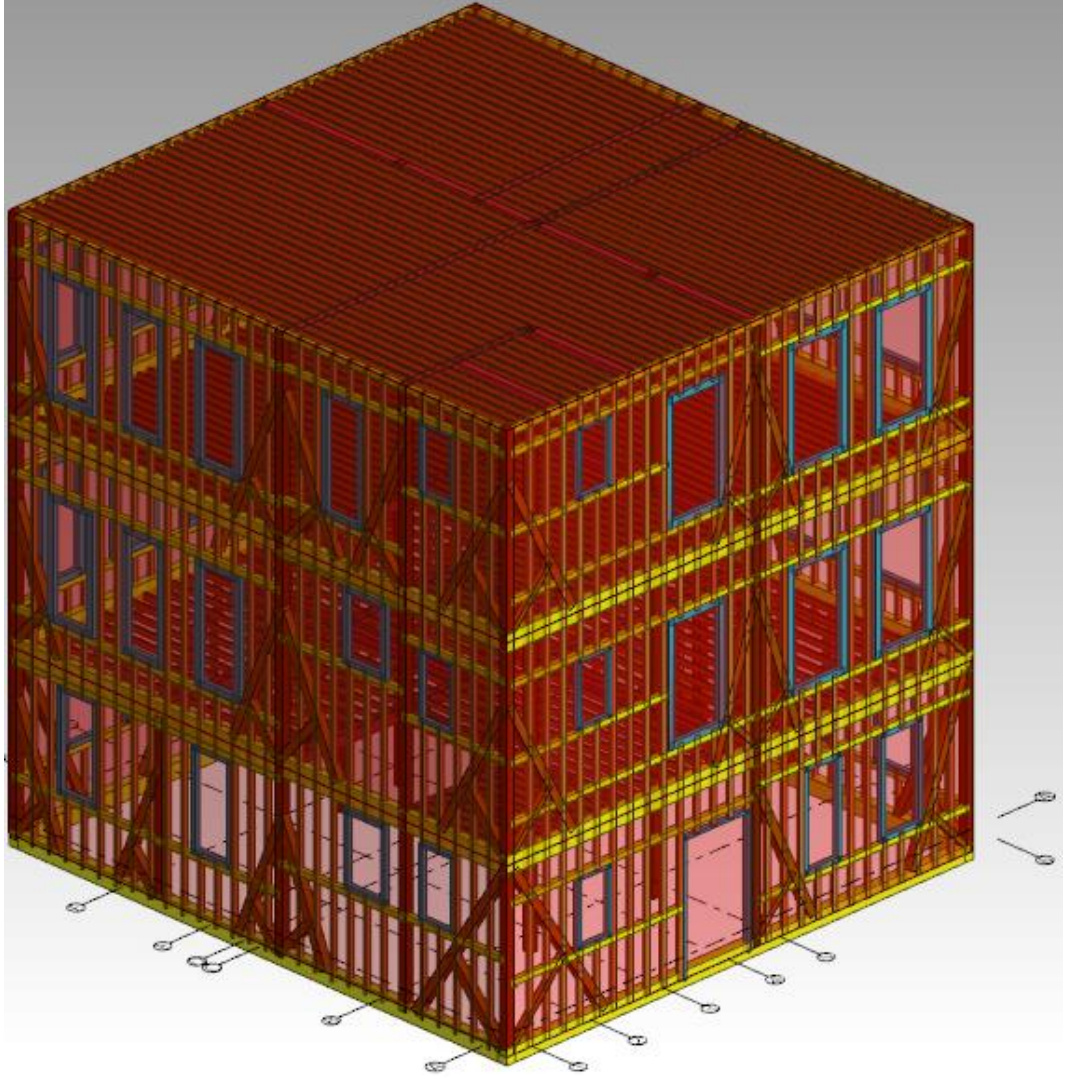
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

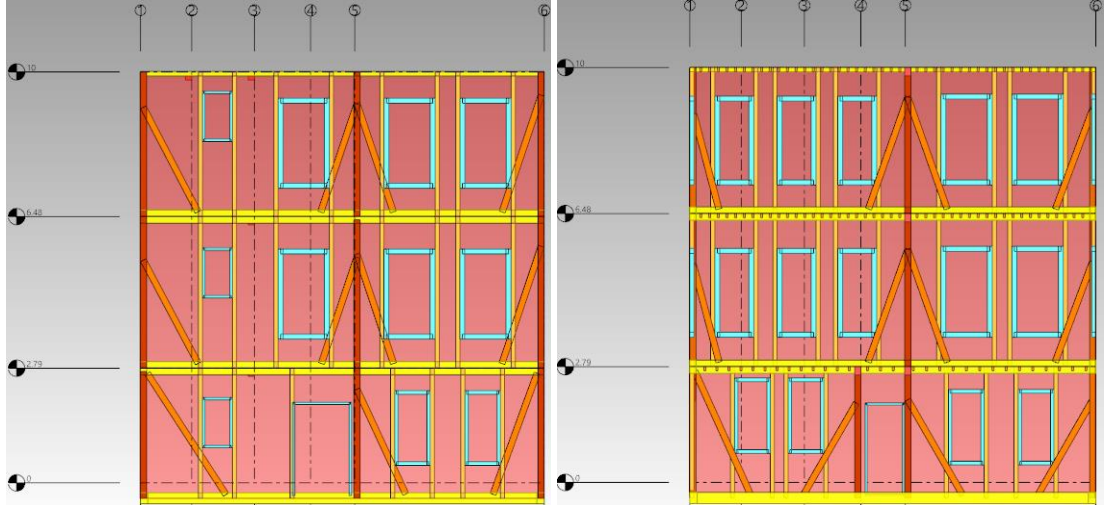
Şekil 5.15. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 4'ün) farklı cephelerinden kesitler.



Şekil 5.16. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 4'ün) 3 boyutlu görünümü.

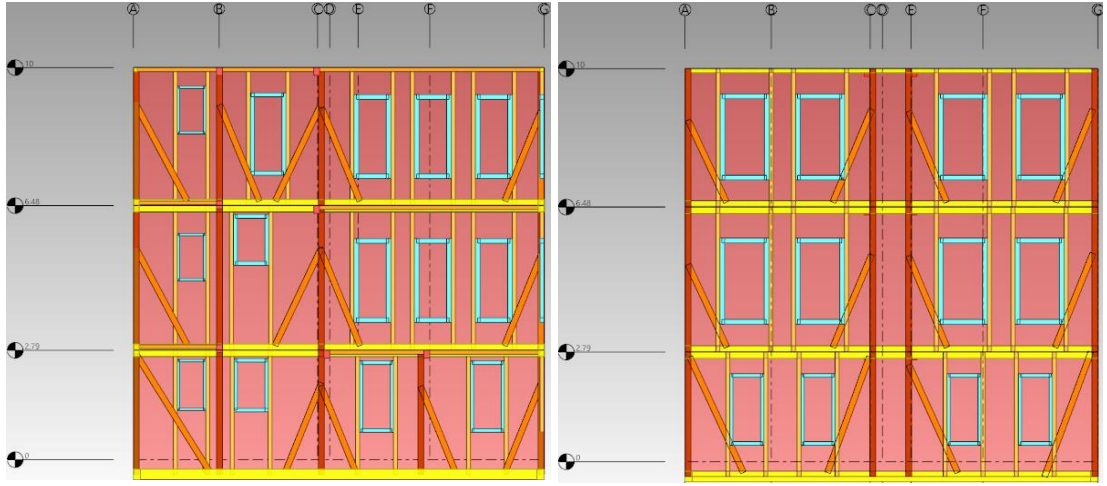
5.2.2.5. Model 5'in Oluşturulması

Safran Konağın payandalar ve ara dikmelerin kullanıldığı modeline (model 5'e) ilişkin farklı cephelerinden kesit görünüşleri Şekil 5.17'de ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.18'de verilmektedir.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

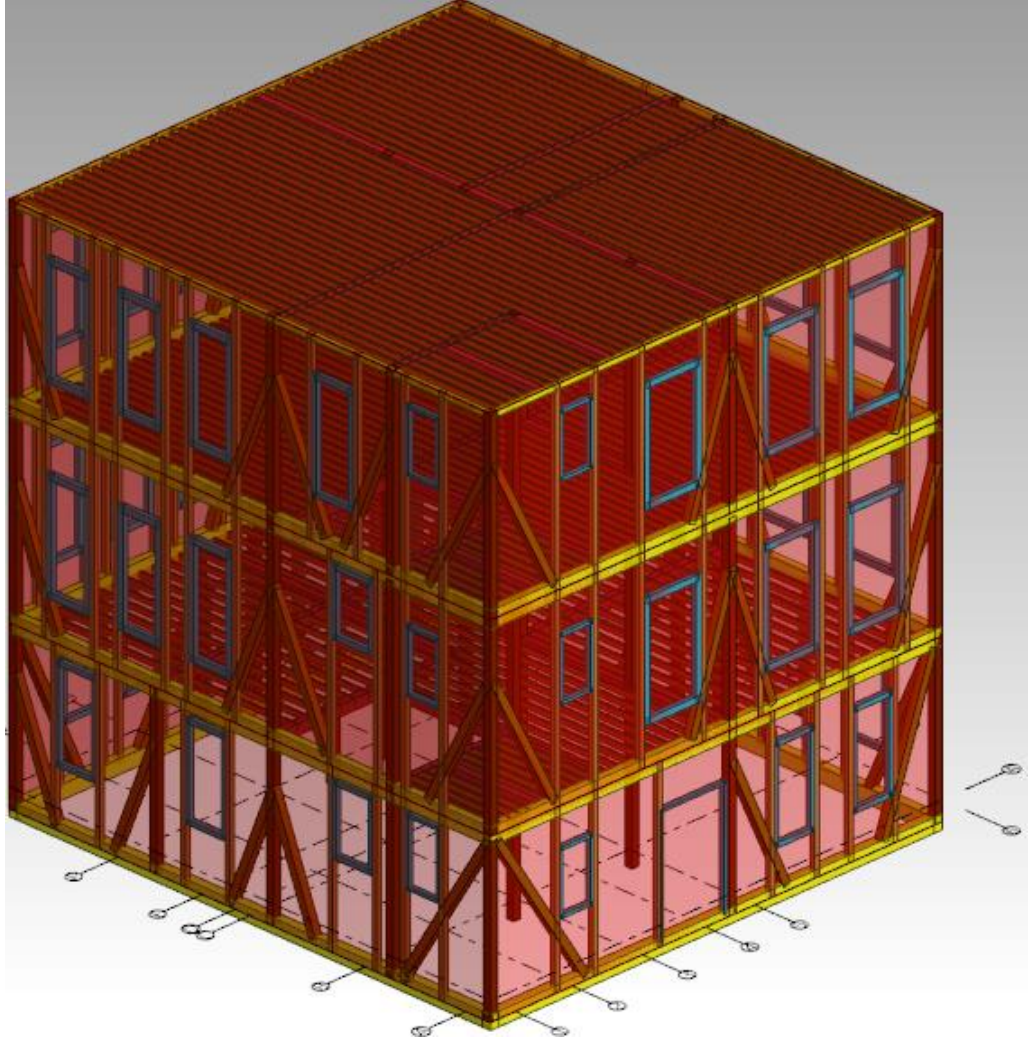
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

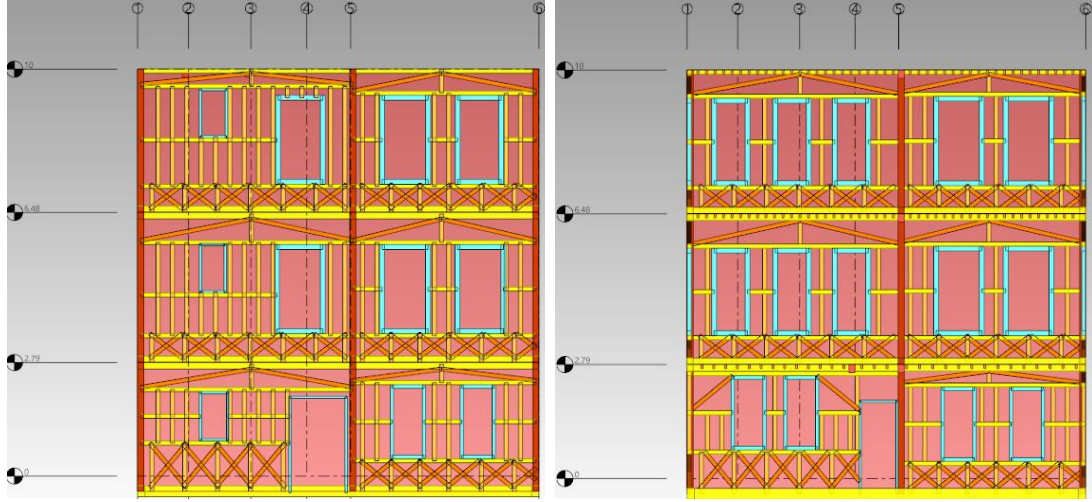
Şekil 5.17. Safran Konağın farklı çatık sistemiyle oluşturulan modelinin (model 5'in) farklı cephelerinden kesitler.



Şekil 5.18. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 5'in) 3 boyutlu görünümü.

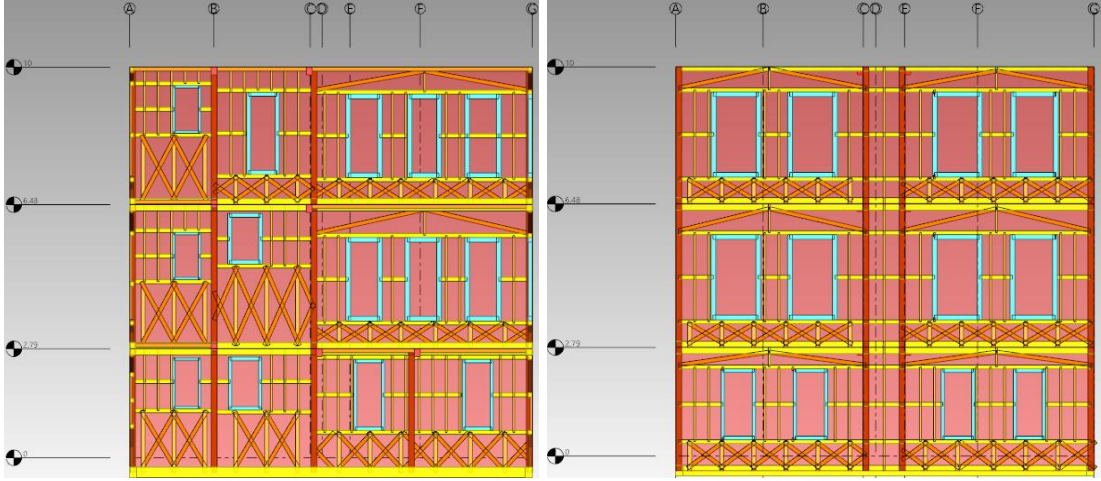
5.2.2.6. Model 6'nın Oluşturulması

Safran Konağın çapraz elemanlar, ara dikmeler, ara kirişler ve kuşakların kullanıldığı modeline (model 6'ya) ilişkin farklı cephelerinden kesit görünüşleri Şekil 5.19'da ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.20'de verilmektedir.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

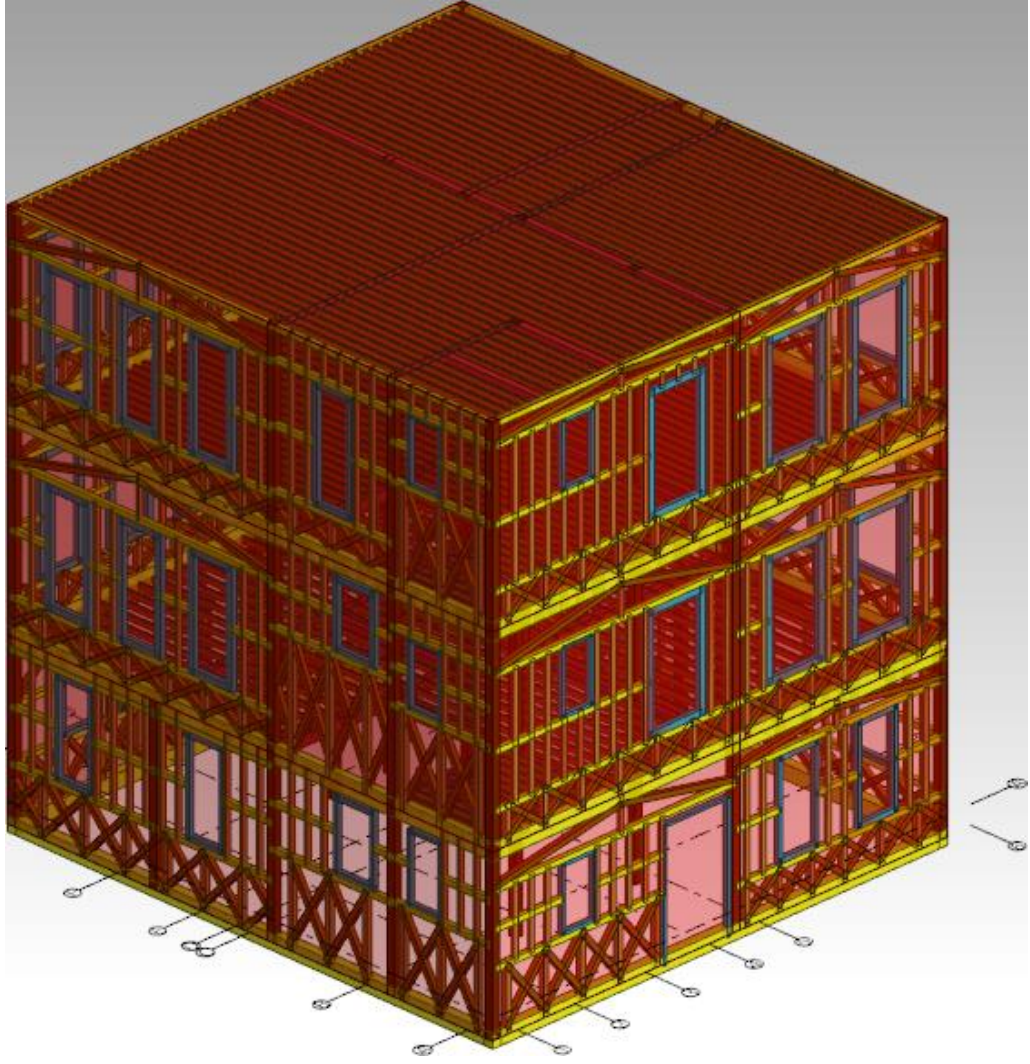
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

Şekil 5.19. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 6'nın) farklı cephelerinden kesitler.

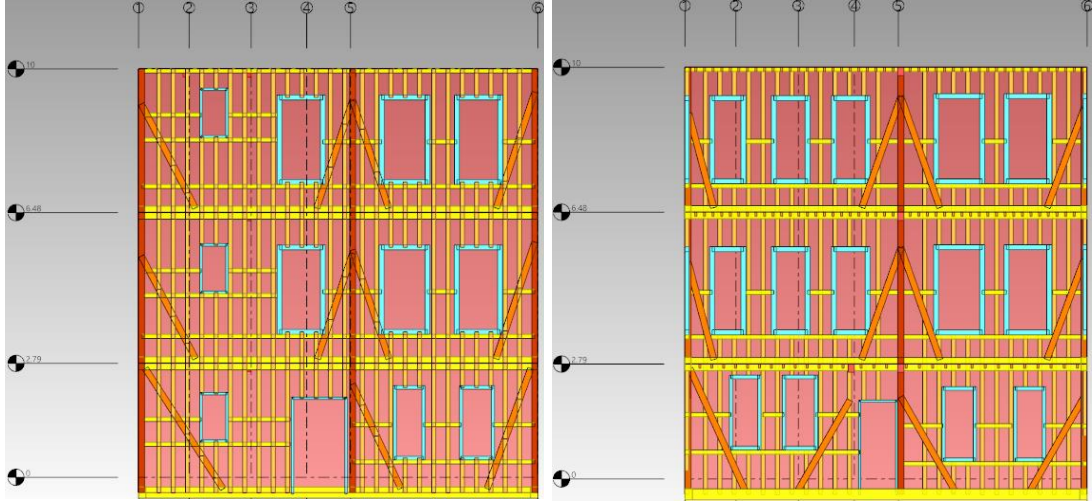


Şekil 5.20. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 6'nın) 3 boyutlu görünümü.

5.2.2.7. Model 7'nin Oluşturulması

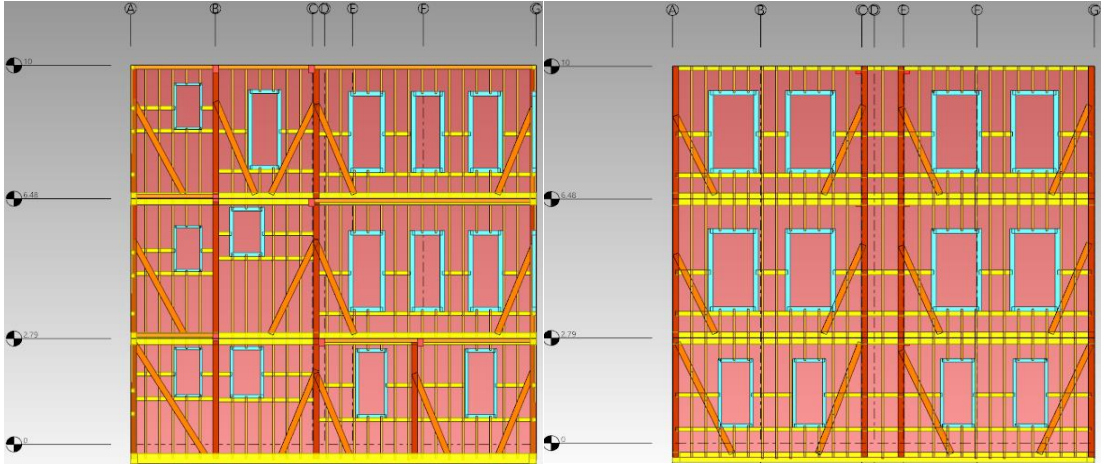
Safran Konağın payandalar, ara dikmeler, ara kirişler ve kuşakların kullanıldığı modeline (model 7'ye) ilişkin farklı cephelerinden kesit görüşleri Şekil 5.21'de ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.22'de verilmektedir.

Burada şekillerde görülen ara dikmelerin 30 cm aralıklar ile 5x10 cm ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulduğunu belirtmek uygun olacaktır.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

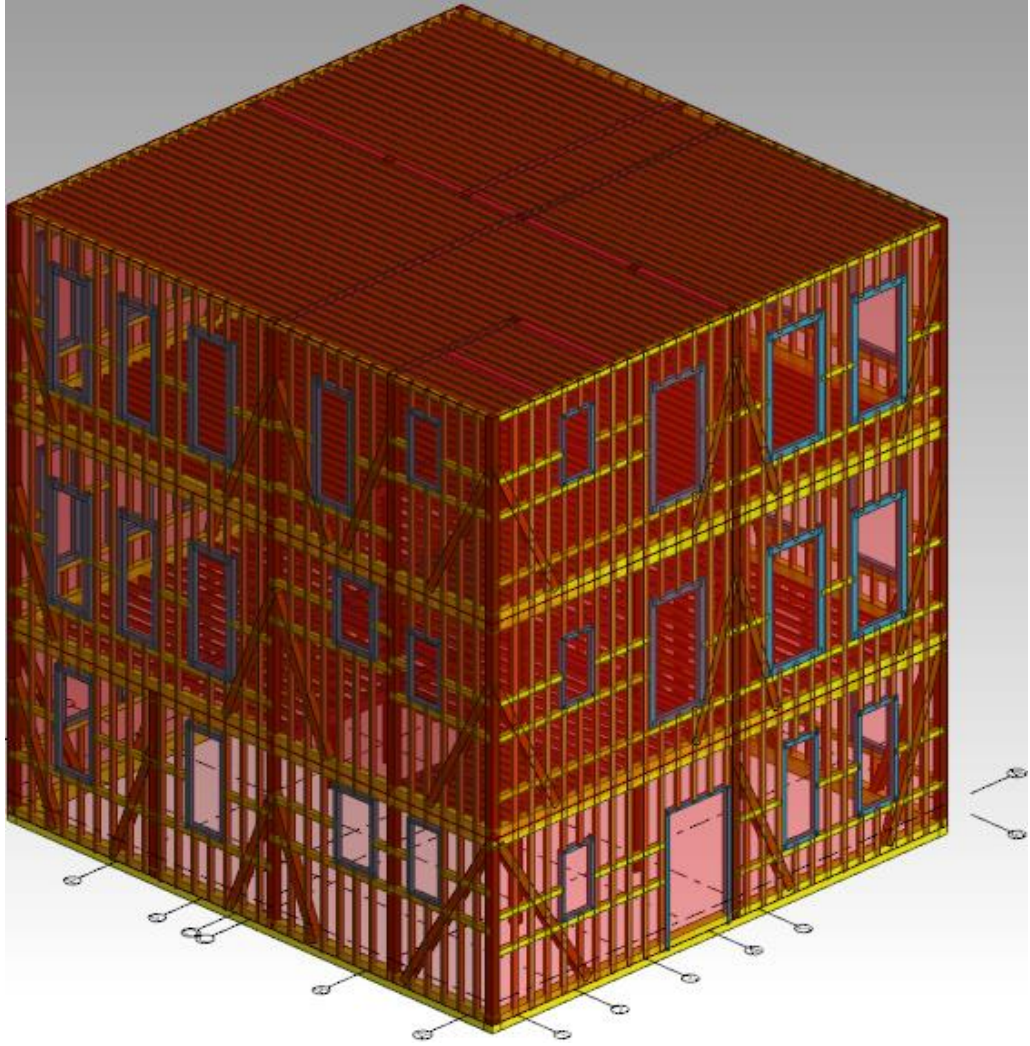
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

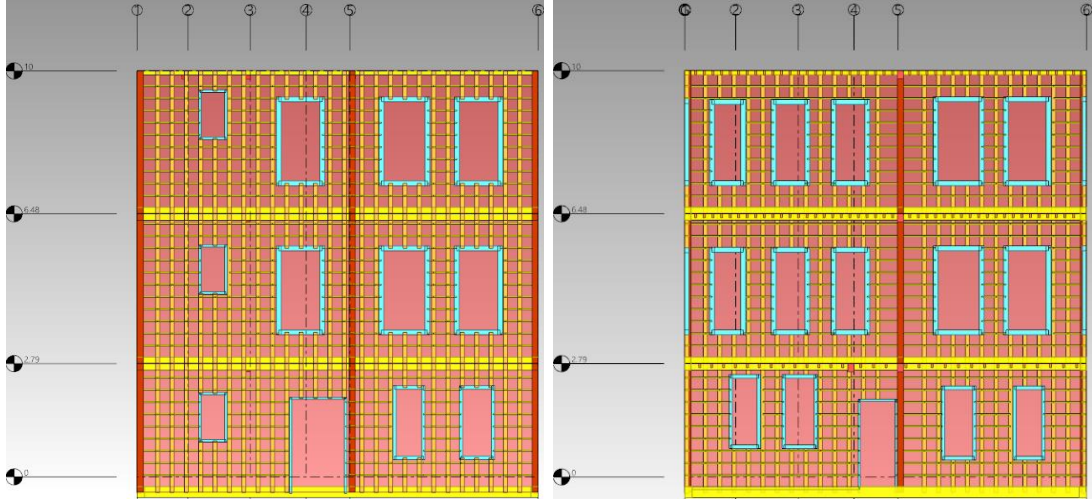
Şekil 5.21. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 7'nin) farklı cephelerinden kesitler.



Şekil 5.22. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 7'nin) 3 boyutlu görünümü.

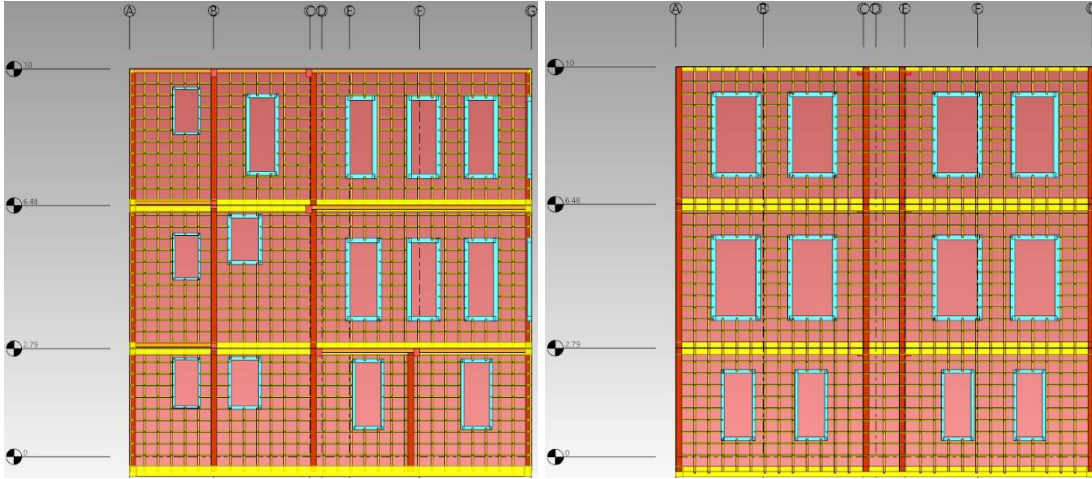
5.2.2.8. Model 8'in Oluşturulması

Safran Konağın ara dikmeler ve ara kirişlerin kullanıldığı modeline (model 8'e) ilişkin farklı cephelerinden kesit görünüşleri Şekil 5.23'te ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.24'te verilmektedir. Bu şekillerde görülen ara dikmeler 30 cm aralıklı 5x10 cm ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

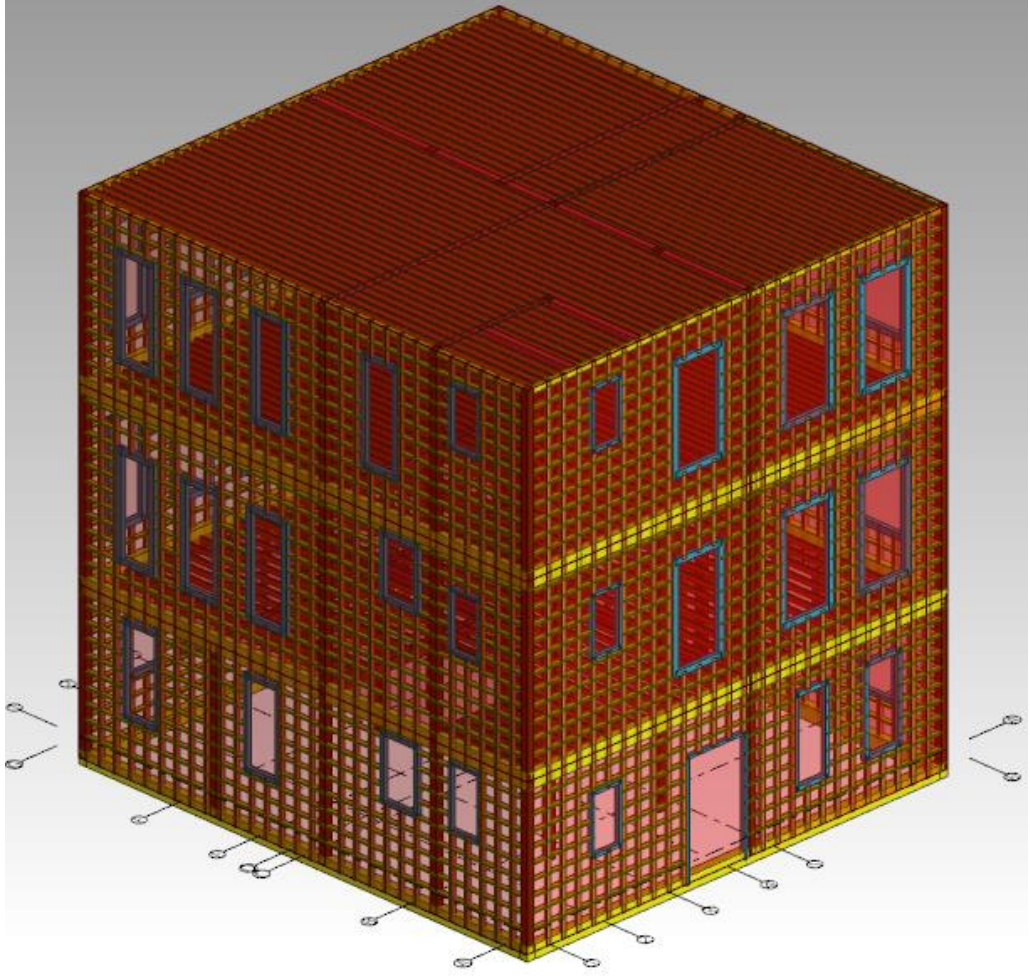
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

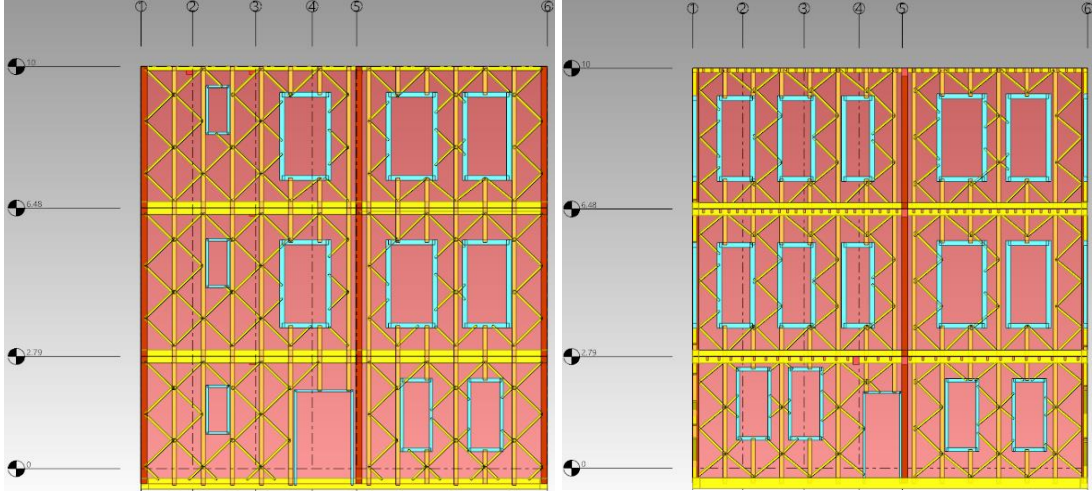
Şekil 5.23. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 8'in) farklı cephelerinden kesitler.



Şekil 5.24. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 8'in) 3 boyutlu görünümü.

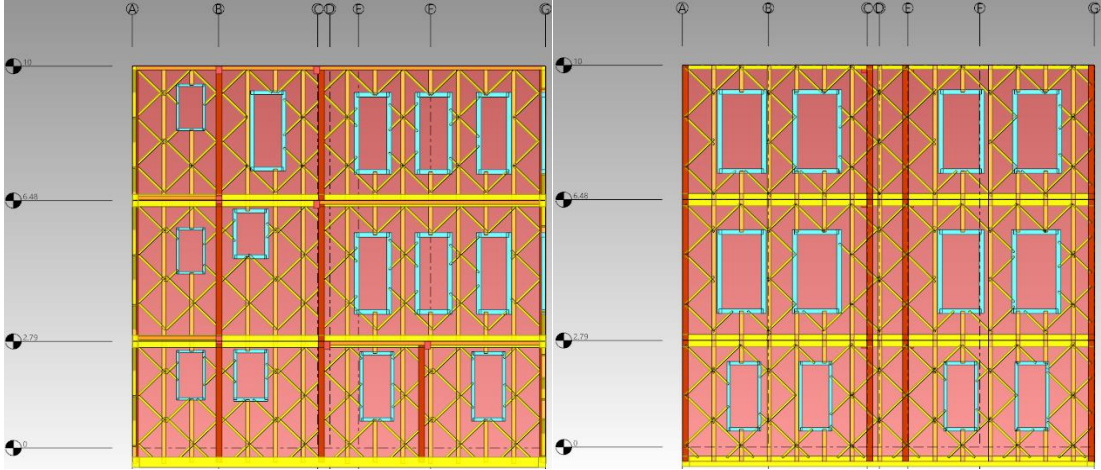
5.2.2.9. Model 9'un Oluşturulması

Safran Konağın çapraz elemanlar ve ara dikmeler kullanılarak oluşturulan modeline (model 9'a) ilişkin farklı cephelerinden kesit görünüşleri Şekil 5.25'te ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.26'da verilmektedir. Bu şekillerde görülen ara dikmeler 70 cm aralıklı 10x10 cm ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

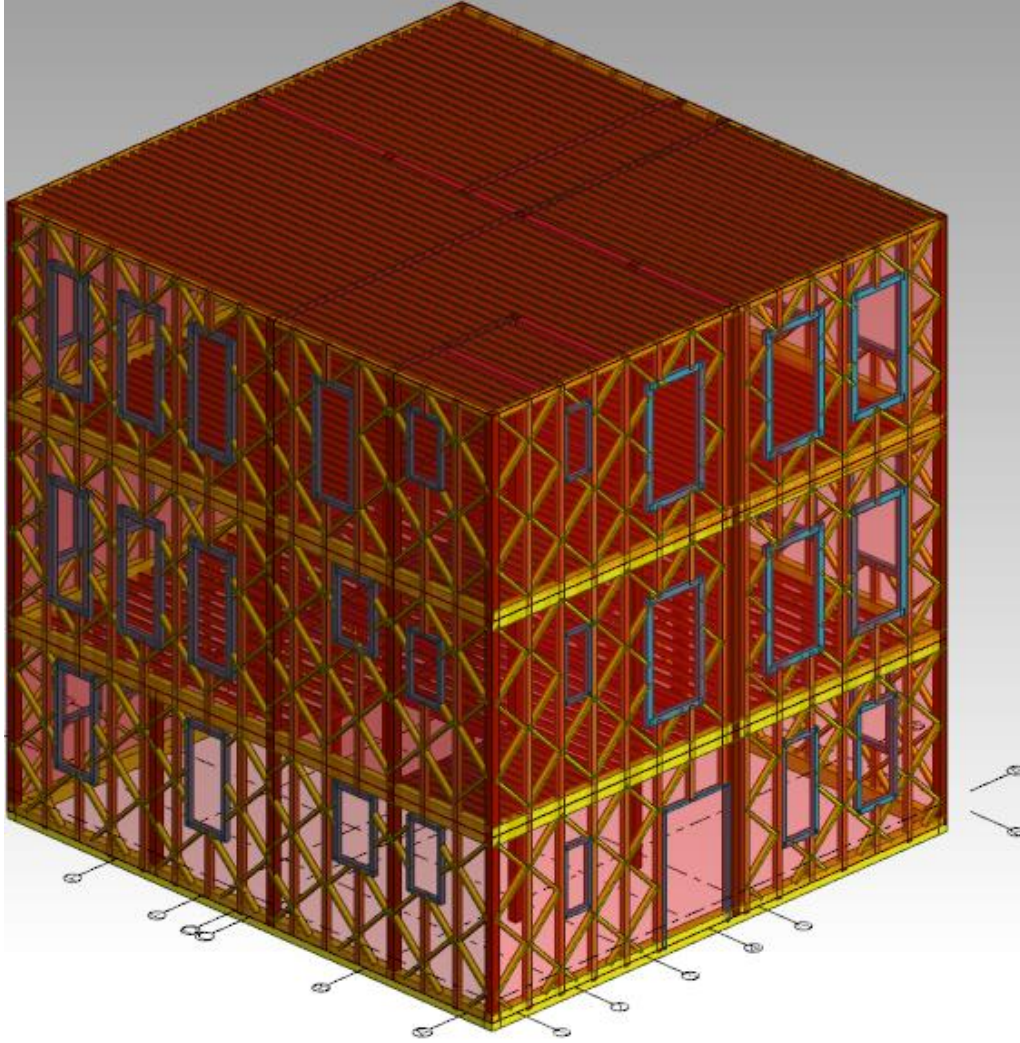
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

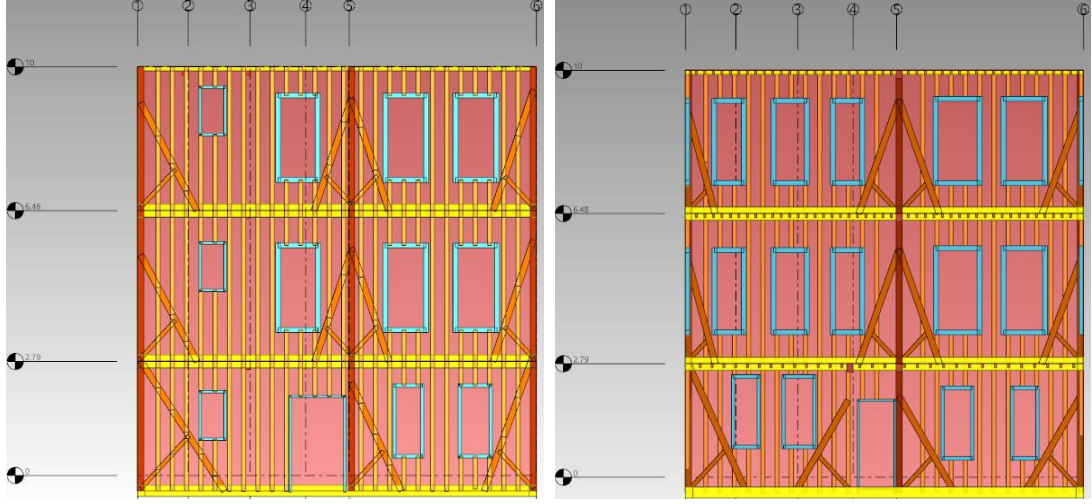
Şekil 5.25. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 9'un) farklı cephelerinden kesitler.



Şekil 5.26. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 9'un) 3 boyutlu görünümü.

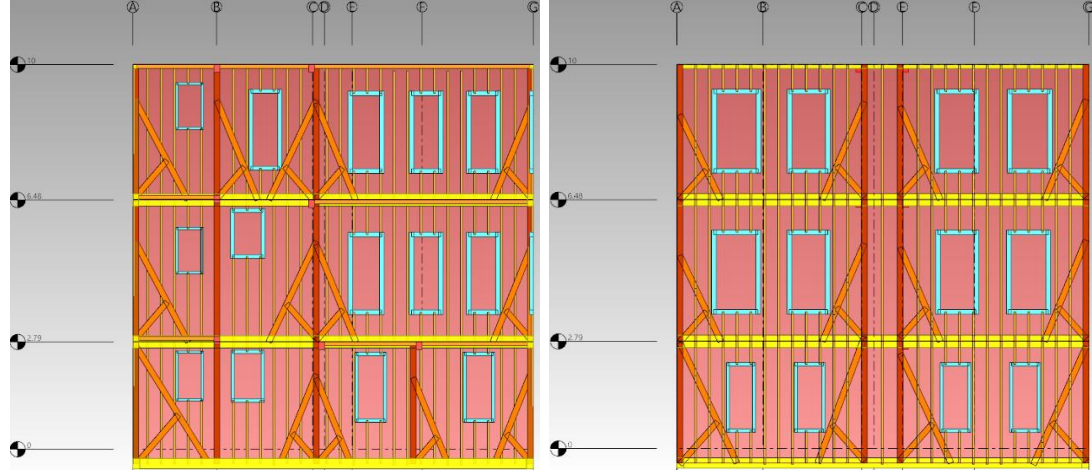
5.2.2.10. Model 10'un Oluşturulması

Safran Konağın, payandaların çapraz elemanlarla desteklendiği ve ara dikmeler kullanılarak oluşturulan modeline (model 10'a) ilişkin farklı cephelerinden kesit görüşleri Şekil 5.27'de ve taşıyıcı sisteminin 3 boyutlu görünümü ise Şekil 5.28'de verilmektedir. Bu şekillerde görülen ara dikmeler 30 cm aralıklı 5x10 cm ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur.



a) ön cephe (A-A aksı kesiti)

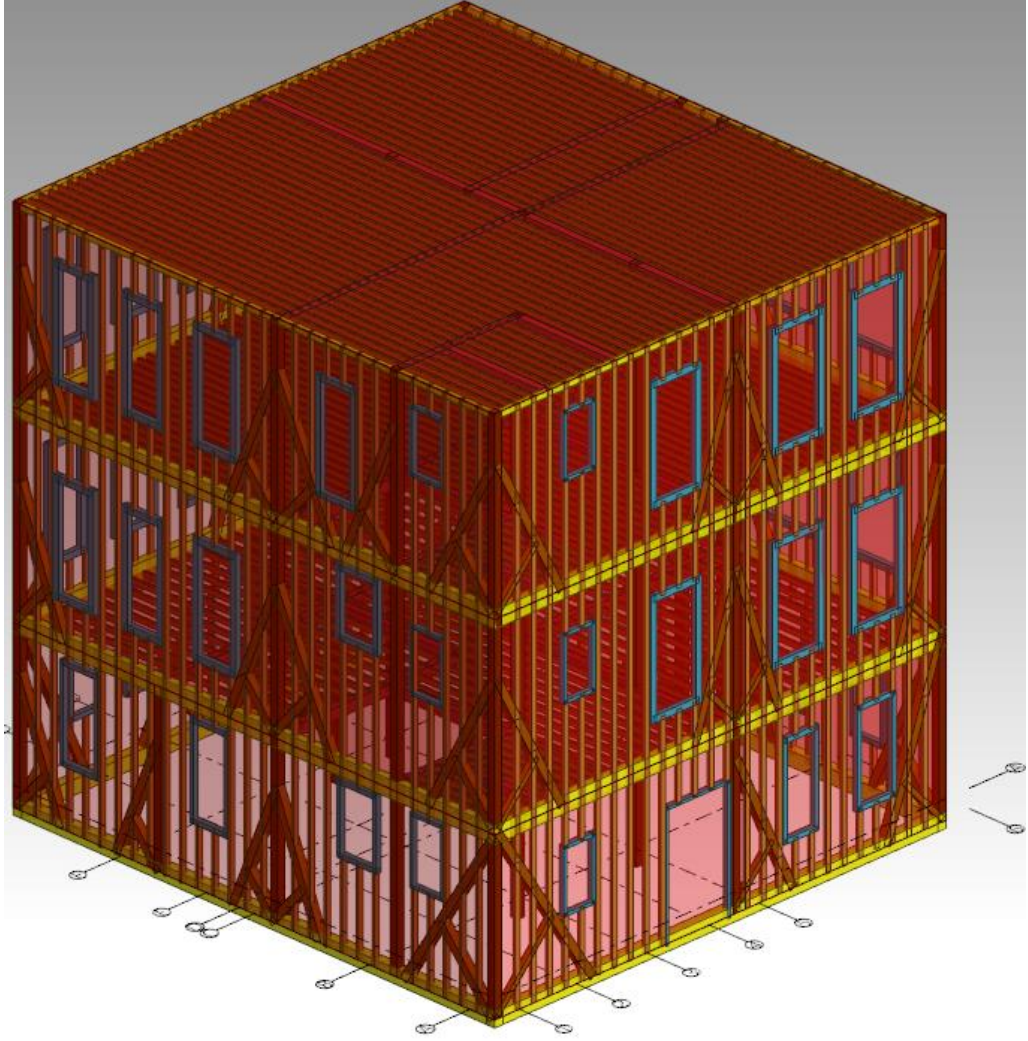
b) arka cephe (G-G aksı kesiti)



(c) sol cephe (1-1 aksı kesiti)

(d) sağ cephe (6-6 aksı kesiti)

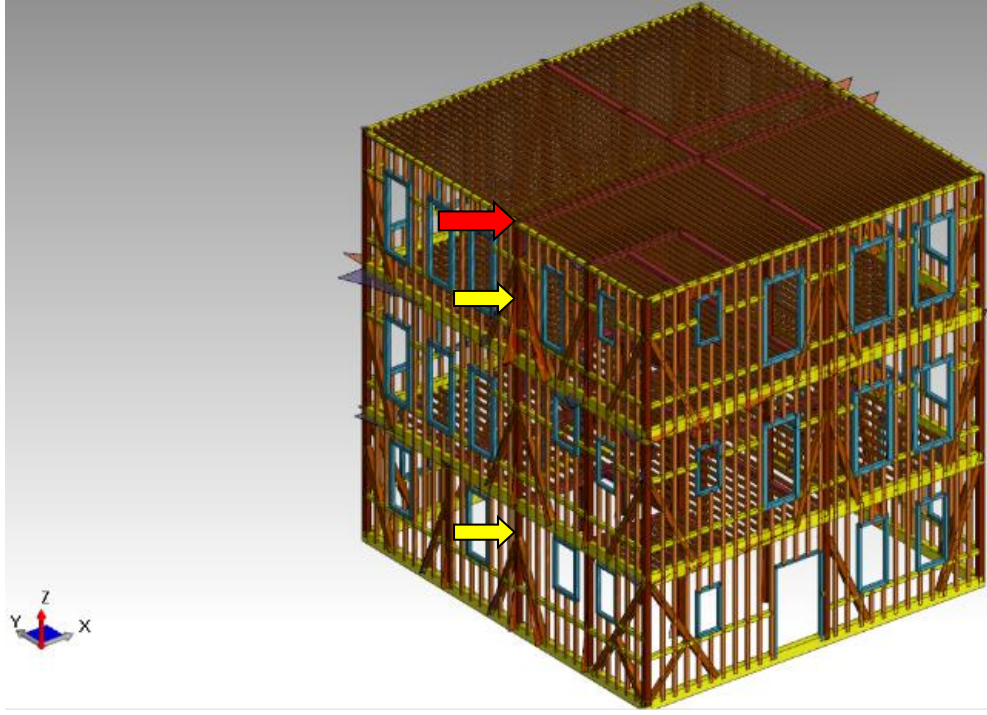
Şekil 5.27. Safran Konağın farklı çatki sistemiyle oluşturulan modelinin (model 10'un) farklı cephelerinden kesitler.



Şekil 5.28. Safran Konağın farklı çatkı sistemiyle oluşturulan modelinin (model 10'un) 3 boyutlu görünümü.

5.2.3. Safran Konak Modellerinin Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması İçin Düğüm Noktasının Belirlenmesi

Bu tez çalışmasında Türkiye'de halen kullanılmakta olan farklı çatkı sistemlerinin performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmanın sayısal uygulamaları için seçilen Safran Konak modellerinin maksimum yer değıştirme değerlerini, 2. kat ve zemin kat ortasındaki dikmelerdeki kesit etkilerini elde etmek dolayısıyla birbirleriyle karşılaştırmak için tüm yapı modellerinde Şekil 5.29'da gösterilen düğüm noktası ve ahşap yapısal eleman seçilmektedir.



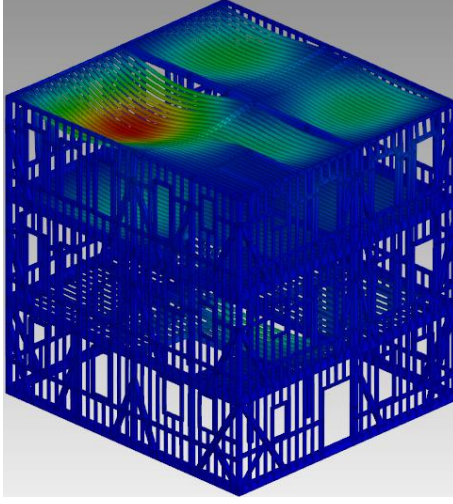
Şekil 5.29. Elde edilen bulguların karşılaştırılması için seçilen düğüm noktası.

BÖLÜM 6

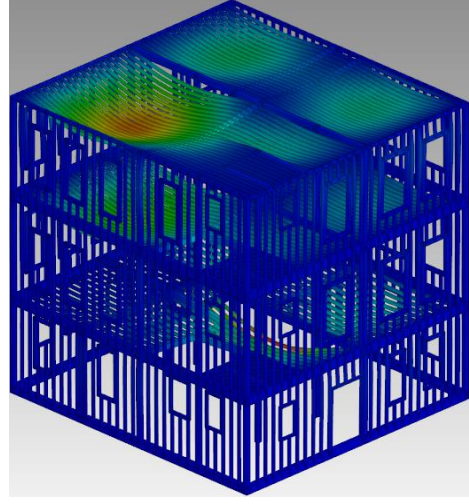
MODELLERİN YAPISAL ÇÖZÜMLEMELERİNDEN ELDE EDİLEN BULGULAR VE İRDELEMELER

Bu tez çalışması kapsamında dikkate alınan Safran Konağın Türkiye’de uygulanan ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan farklı modelleri için gerçekleştirilen yapısal çözümleri sonucu yetersiz olan yapısal elemanlarının görünüşleri sırasıyla Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de verilmektedir. Bu şekillerden dikkate alınan tüm yapı modellerinde, yapı mimarisine göre, özellikle 2. kat tavan döşemesi kirişlerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Ayrıca model 1 hariç dikkate alınan diğer yapı modellerinin zemin kat tavan kirişlerinde de yetersiz elemanların olduğu görülmektedir. Buna göre 2. kat tavan döşemesi yetersiz olan kiriş çökmeleri dikkate alındığında en iyi davranışı model 5 ve model 9 buna karşı en kötü davranışı ise model 1 ve model 6 göstermektedir. Ancak zemin kat tavan kirişleri dikkate alındığında en iyi davranışı model 1 göstermektedir. Bu husus kullanılan ahşap çatki sistemlerinin yapının davranışını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır.

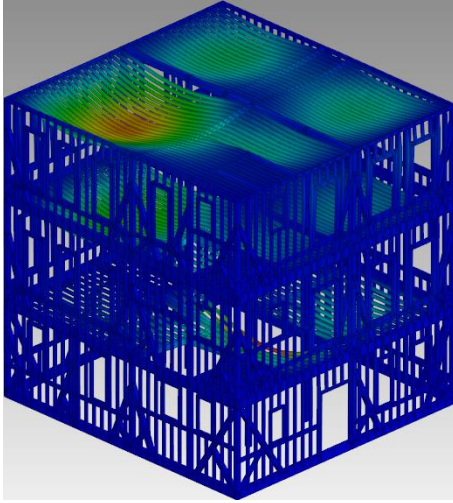
Burada Türkiye’de ahşap yapıların inşasında yaygın olarak kullanılan ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan modellerinin yapısal çözümlerinden elde edilen yetersiz yapısal elemanlarının sadece düşey doğrultuda oluştuğunu dolayısıyla da modellerin yatay doğrultudaki davranışlarının da incelenmesinin yararlı olacağı belirtilmelidir.



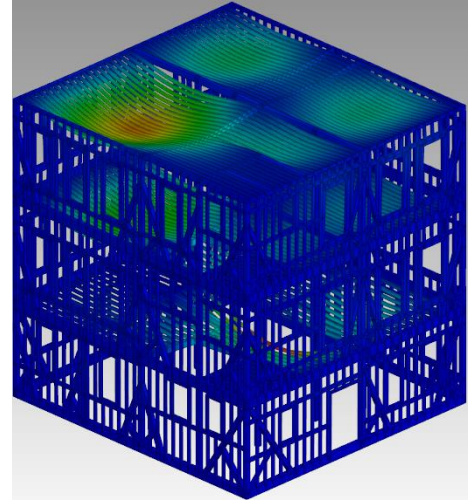
a) model 1



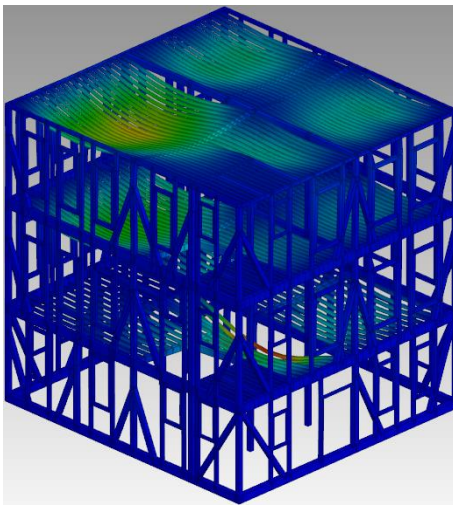
b) model 2



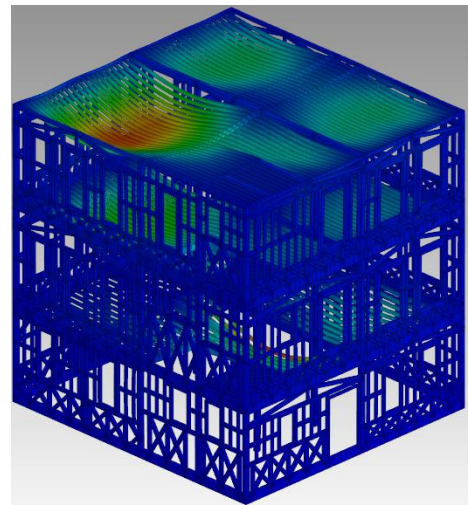
c) model 3



d) model 4

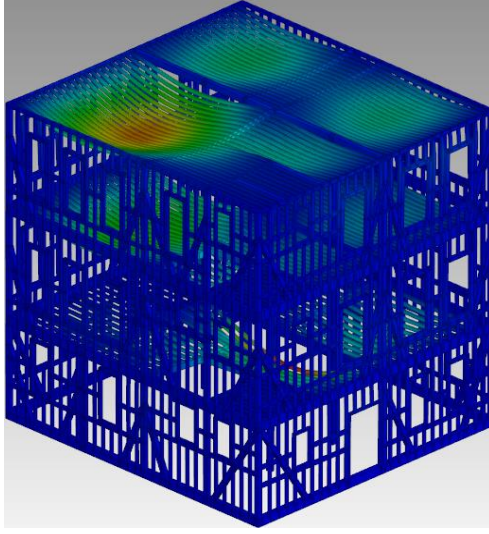


e) model 5

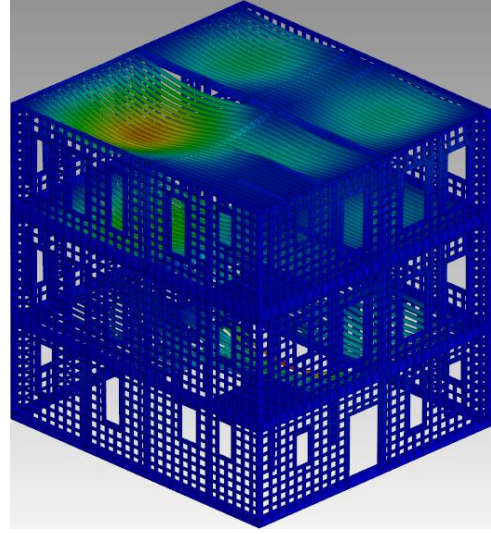


f) model 6

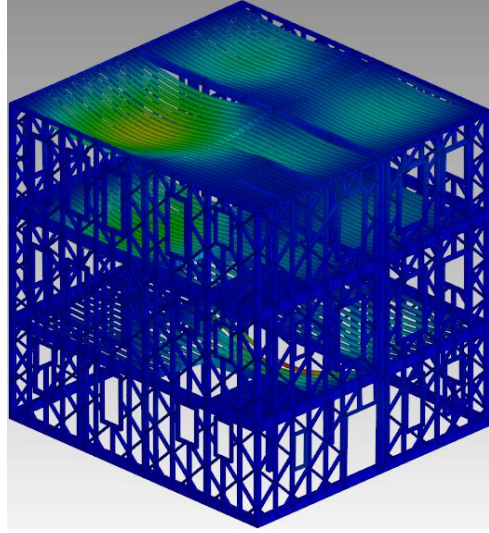
Şekil 6.1. Model 1-model 6'nın düşey yükler için yetersiz olan yapısal elemanlarından görüntümler.



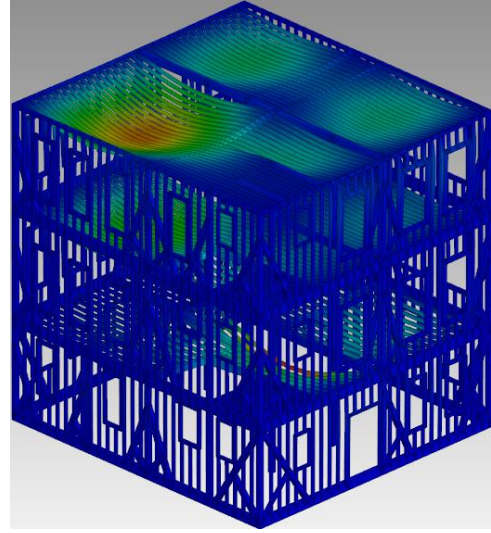
a) model 7



b) model 8



e) model 9



f) model 10

Şekil 6.2. Model 7-model 10'un düşey yükler için yetersiz olan yapısal elemanlarından görüntümler.

Bu tez çalışması kapsamında dikkate alınan farklı ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin Mod birleştirme yöntemine göre gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden elde edilen 1. doğal titreşim periyotları Çizelge 6.1'de verilmektedir. Bu çizelgeden ilk 3 mod için model 5'ten elde edilen periyot değerleri dikkate alınan modellerden elde edilen periyot değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Buna karşı ilk 3 mod için model 8'den elde edilen periyot değerleri en küçük değer almaktadır. Bu durum ara kirişlerin katkısını ortaya koymaktadır.

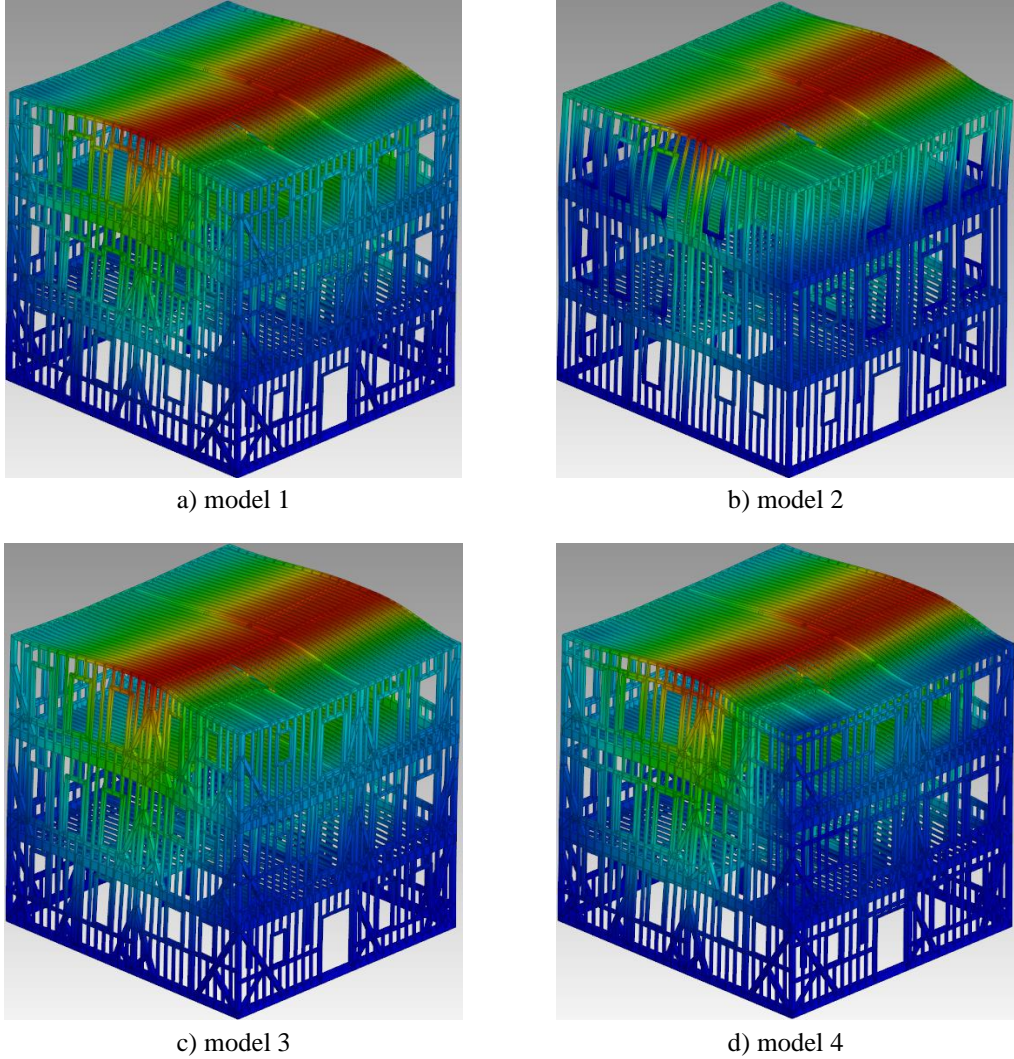
Elde edilen bu bulgu Safran Konağın farklı ahşap çatkı sistemine göre oluşturulan modellerinin periyot değerlerinin taşıyıcı sisteme bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 6.1. Farklı ahşap çatkı sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin ilk üç moduna göre 1. doğal titreşim periyodu değerleri.

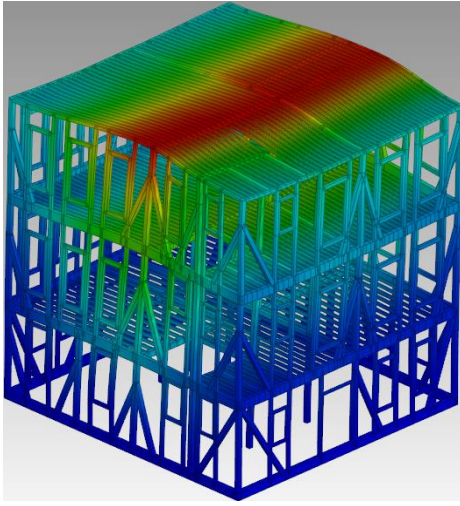
Modeller		Doğal titreşim periyotları (s)
model 1	1.mod	0,6310
	2.mod	0,4882
	3.mod	0,2918
model 2	1.mod	0,5331
	2.mod	0,4667
	3.mod	0,3183
model 3	1.mod	0,6611
	2.mod	0,5173
	3.mod	0,3177
model 4	1.mod	0,6145
	2.mod	0,4718
	3.mod	0,3078
model 5	1.mod	0,6785
	2.mod	0,5268
	3.mod	0,3206
model 6	1.mod	0,6616
	2.mod	0,5494
	3.mod	0,3372
model 7	1.mod	0,6554
	2.mod	0,5022
	3.mod	0,3138
model 8	1.mod	0,4432
	2.mod	0,3795
	3.mod	0,2329
model 9	1 mod	0,4594
	2 mod	0,4046
	3 mod	0,3542
model 10	1.mod	0,5169
	2.mod	0,4050
	3.mod	0,2754

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan Safran Konağın Türkiye’de uygulanan ahşap çatkı sistemlerine göre oluşturulan farklı yapı modellerinin yapısal çözümlenmeleri sonucu X doğrultusundaki deprem etkisi için yapısal elemanlarının yer değiştirme

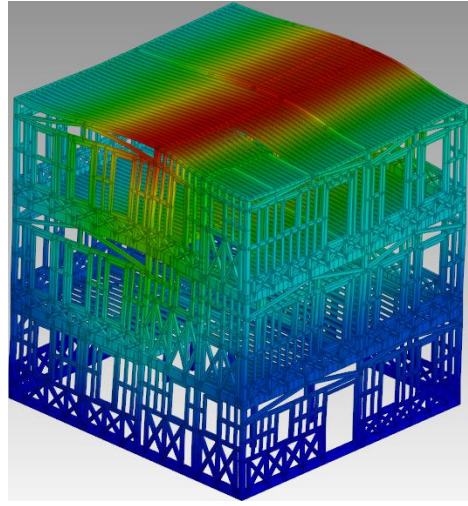
görünümleri sırasıyla Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te ve seçilen düğüm noktasının x ve y doğrultularındaki deprem etkisi için yer değiştirme değerleri ise Çizelge 6.2'de verilmektedir. Bu çizelge ve şekillerden dikkate alınan tüm yapı modellerinde aynı noktalarda maksimum yerdeğiştirmelerin olduğu görölmektedir. Ayrıca Çizelge 6.2'den X doğrultusundaki deprem etkisi için x yönündeki en büyük yerdeğiştirme değerinin model 6'dan ve y yönündeki en büyük yerdeğiştirme değerinin model 5'ten, Y doğrultusundaki deprem etkisi için x yönündeki en büyük yerdeğiştirme değerinin model 7'den ve y yönündeki en büyük yerdeğiştirme değerinin model 2'den olduğu görölmektedir. Elde edilen bu bulgular paydaların ve ara kirişlerin yapı davranışına olumlu şekilde sağladığını ve ahşap çatkı sistemleri söz konusu yapının davranışını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.



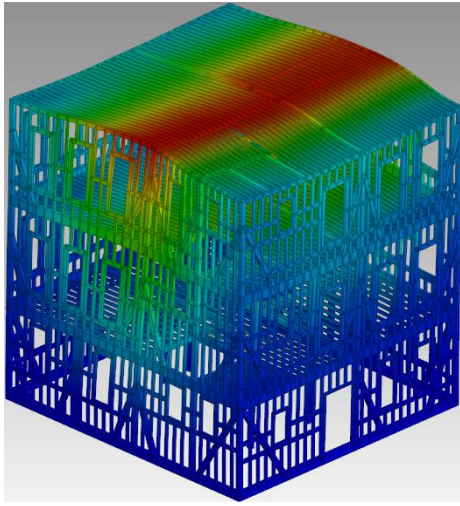
Şekil 6.3. Safran Konağın oluşturulan model 1-model 4 için deprem etkisinde x doğrultusundaki yapısal elemanlarının yer değiştirme görünümleri.



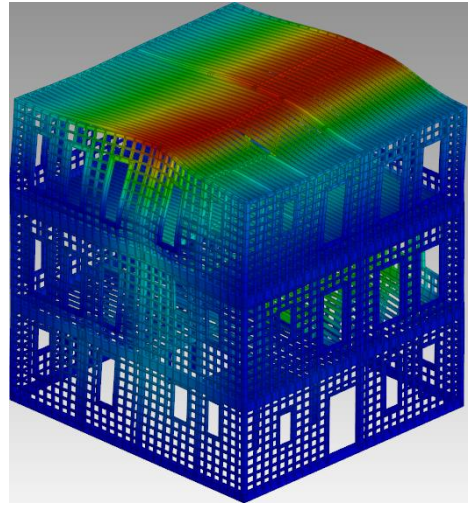
a) model 5



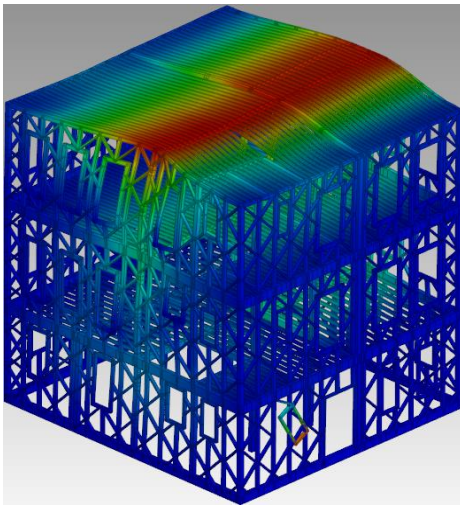
b) model 6



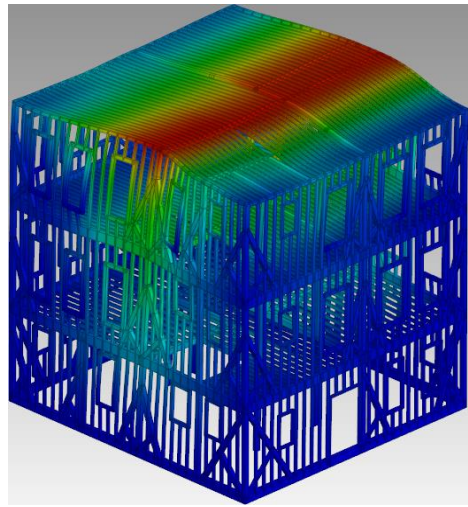
c) model 7



d) model 8



e) model 9



f) model 10

Şekil 6.4. Safran Konağın oluşturulan model 5-model 10 için deprem etkisinde x doğrultusundaki yapısal elemanlarının yer değiştirme görünümüleri.

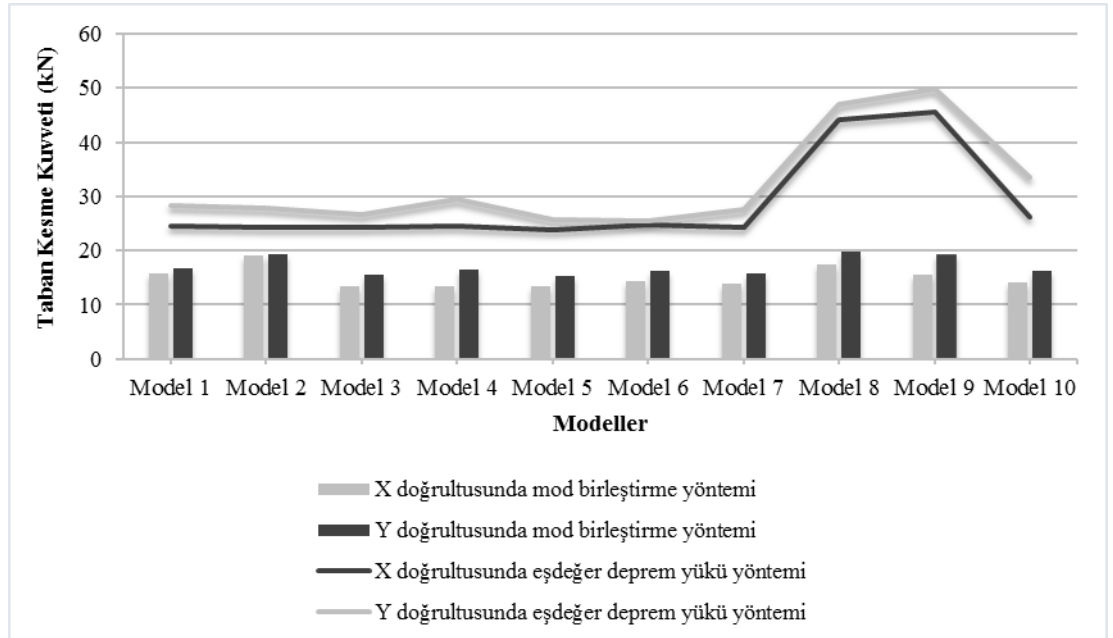
Çizelge 6.2. X ve Y doğrultularındaki deprem etkisi için seçilen düğüm noktasının maksimum yer değiştirme değerleri.

Modeller	Yer değiştirme değerleri (cm)			
	X doğrultusundaki deprem etkisi		Y doğrultusundaki deprem etkisi	
	δ_x	δ_y	δ_x	δ_y
model-1	0,8701	0,03654	0,2572	0,2107
model-2	0,5809	0,02954	0,1062	0,2624
model-3	1,0549	0,04869	0,2647	0,2216
model-4	0,9331	0,04193	0,2620	0,1594
model-5	1,0792	0,04876	0,2611	0,2424
model-6	1,0795	0,03985	0,2160	0,2476
model-7	0,9708	0,03886	0,2751	0,1838
model-8	0,8069	0,01832	0,1336	0,1192
model-9	1,0341	0	0,1675	0,0266
model-10	0,7904	0,01127	0,1956	0,0771

Bu tez çalışması kapsamında farklı ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin Sta-Steel programı yardımıyla mod birleştirme ve eşdeğer deprem yükü yöntemleriyle gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden x ve y doğrultularında elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerleri Çizelge 6.3'te ve Şekil 6.5'te verilmektedir. Bu şekil ve çizelgeden hem x doğrultusunda hem de y doğrultusunda eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen taban kesme kuvveti değerleri mod birleştirme yöntemiyle elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinden büyük olmaktadır. Ayrıca Şekil 6.5 ve Çizelge 6.3'ten eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hem x doğrultusunda hem de y doğrultusunda model 9'dan elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerinin büyük olduğu buna karşın mod birleştirme yöntemine göre x doğrultusunda model 2'den y doğrultusunda ise model 8'den elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerinin büyük olduğu görülmektedir. Yapısal çözümlerden elde edilen bu bulgular payandalara sahip olmayan ahşap çatki sistemlerinin daha büyük kesme kuvvetlerine maruz kaldığını dolayısıyla da söz konusu modellerin daha büyük deprem yüklerine maruz kalacağını göstermektedir. Bu durum payandaların ahşap çatki sistemlerinin deprem performansı bakımından önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Çizelge 6.3. Farklı ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin maksimum taban kesme kuvveti değerleri.

Modeller	Maksimum taban kesme kuvveti değerleri (kN)			
	X doğrultusundaki deprem etkisi		Y doğrultusundaki deprem etkisi	
	Mod birleştirme yöntemi	Eşdeğer deprem yükü yöntemi	Mod birleştirme yöntemi	Eşdeğer deprem yükü yöntemi
model-1	15,761	24,435	16,606	28,354
model-2	19,166	24,39	19,412	27,859
model-3	13,434	24,359	15,424	26,752
model-4	13,349	24,554	16,53	29,56
model-5	13,393	23,913	15,369	25,714
model-6	14,431	24,72	16,198	25,556
model-7	13,972	24,34	15,766	27,527
model-8	17,342	44,222	19,712	46,938
model-9	15,506	45,442	19,303	49,747
model-10	14,221	26,283	16,196	33,544



Şekil 6.5. Farklı ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin x ve y doğrultularında elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerlerinin değişimleri.

Bu tez çalışmasında dikkate alınan farklı ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden deprem etkisinin x ve y doğrultularında elde edilen devrilme momenti, devrilmeye karşı moment, güvenlik katsayısı ve sönüm oranı değerleri Çizelge 6.4'te verilmektedir. Bu çizelgeden hem x doğrultusunda hem de y doğrultusunda devrilme momenti ve devrilmeye karşı momente göre en düşük güvenlik katsayısı değeri model 1'den elde edilmektedir. Ayrıca bu çizelgeden en düşük sönüm oranı değerinin model 1'den elde edildiği görülmektedir. Diğer taraftan Çizelge 6.4'e göre bu tez çalışmasında dikkate alınan bütün yapı modellerinin yeterli güvenlikte olduğu görülmektedir. Bu durum bu bakımdan model 1'in diğer modellere göre daha emniyetsiz olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 6.4. Farklı ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan yapı modellerinin devrilme momenti, devrilmeye karşı moment ve güvenlik katsayısı değerleri.

	Deprem doğrultusu	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10
Devrilme momenti (kN.m)	X	289,3	29,141	271,77	96,536	275,23	268,37	292,94	63,544	89,62	52,708
	Y	322,33	37,077	253,87	94,45	249,02	227	287,58	61,85	75,49	60,982
Devrilmeye karşı moment (kN.m)	X	5209,5	5107	5318,4	5331,2	5263,3	5403,3	5319,7	5328,9	5327	5237,1
	Y	5668,5	5469,1	5701	5728,2	5631,3	5825,4	5707,7	5700,7	5703,3	5614,6
Güvenlik katsayısı	X	18,01	175,25	19,569	55,225	19,123	20,134	18,16	83,862	59,44	99,359
	Y	17,586	147,51	22,456	60,647	22,614	25,663	19,847	92,169	75,55	92,069
Sönüm oranı (ζ)		13,618	120,07	17,112	55,225	16,204	15,233	16	83,862	59,44	92,069

Bu tez çalışmasında dikkate alınan farklı ahşap çatki sistemine sahip yapı modellerinin x ve y doğrultularındaki deprem etkilerine göre gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden seçilen yapısal elemanın (2. kat ortasındaki ve zemin kat ortasındaki dikmelerin) elde edilen kesit etkileri (normal kuvvet, kesme kuvveti, burulma momenti ve eğilme momenti) değerleri Çizelge 6.5'te verilmektedir.

Çizelge 6.5. Farklı ahşap çatki sistemleriyle oluşturulan yapı modellerinin seçilen yapısal elemanlarının (dikmelerin) kesit etkileri.

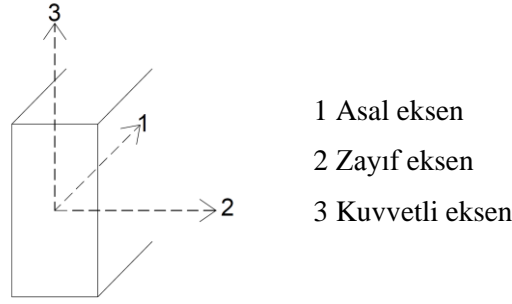
Modeller	Deprem yönü	N (kN)		V ₂ (kN)		V ₃ (kN)		T (kNm)		M ₂ (kNm)		M ₃ (kNm)		
		i	j	i	j	i	j	i	j	i	j	i	j	
Model 1	2. kat dikmesi	X	-1,085	0	-0,343	-5x10 ⁻⁴	0,067	0	-0,048	0	-0,032	0	-0,548	0
		Y	-0,439	0	0,052	0	0,284	-4x10 ⁻⁴	0,021	0	-0,141	0	0,071	0
	Zemin kat dikmesi	X	-0,530	-0,569	-0,184	0,582	0,020	-0,206	0,0038	-0,054	-0,010	-0,025	-0,335	-0,124
		Y	-0,851	-1,618	0,042	0,575	-0,06	-0,290	-6x10 ⁻⁴	-0,074	0,038	-0,068	0,080	0,055
Model 2	2. kat dikmesi	X	0,115	0	-0,40	-4x10 ⁻⁴	-0,020	0	-0,036	0	0,040	0	-0,741	0
		Y	-0,130	0	0,065	0	-0,231	-4x10 ⁻⁴	0,090	0	0,411	0	0,129	0
	Zemin kat dikmesi	X	0,148	0,084	-0,193	1,010	-0,009	-0,093	0,013	-0,130	0,014	-0,010	-0,297	-0,118
		Y	-0,033	-0,196	0,022	0,517	-0,158	-0,208	-0,0024	-0,062	0,244	-0,022	0,036	0,019
Model 3	2. kat dikmesi	X	-0,748	0	-0,095	-5x10 ⁻⁴	0,159	0	-0,036	0	-0,045	0	-0,395	0
		Y	-0,795	0	0,024	0	0,100	-4x10 ⁻⁴	0,022	0	-0,081	0	0,045	0
	Zemin kat dikmesi	X	-0,149	-0,964	-0,04	1,187	0,002	-0,10	-0,0017	-0,067	-0,0014	-0,014	-0,031	-0,160
		Y	-0,261	-1,539	0,005	0,772	0,011	-0,048	4x10 ⁻⁴	-0,051	-8x10 ⁻⁴	-0,023	0,0064	0,048
Model 4	2. kat dikmesi	X	-0,657	0	-0,100	-5x10 ⁻⁴	0,145	0	-0,045	0	-0,040	0	-0,355	0
		Y	-0,754	0	0,024	0	0,068	-4x10 ⁻⁴	-0,015	0	-0,054	0	0,050	0
	Zemin kat dikmesi	X	-0,129	-0,767	-0,037	1,206	7x10 ⁻⁴	-0,061	-0,002	-0,069	-0,001	-0,010	-0,029	-0,142
		Y	-0,232	-1,066	0,005	0,825	0,006	-0,027	4x10 ⁻⁴	-0,053	-6x10 ⁻⁴	-0,013	0,006	0,045
Model 5	2. kat dikmesi	X	-0,538	0	-0,258	-7x10 ⁻⁴	0,021	0	-0,042	0	-0,022	0	-0,549	0
		Y	-0,516	0	0,032	0	0,118	-5x10 ⁻⁴	0,045	0	-0,115	0	0,053	0
	Zemin kat dikmesi	X	-0,141	-0,551	-0,185	1,118	0,035	-0,308	0,0032	-0,149	-0,022	-0,035	-0,382	-0,173
		Y	0,138	-0,492	0,025	0,540	0,134	-0,106	0,0032	-0,069	-0,085	-0,034	0,063	0,053
Model 6	2. kat dikmesi	X	0,695	0	-2,520	-5x10 ⁻⁴	0,110	0	-0,217	0	-0,015	0	-0,304	0
		Y	0,208	0	-1,064	0	-0,271	-3x10 ⁻⁴	-0,019	0	0,030	0	-0,068	0
	Zemin kat dikmesi	X	-1,095	-0,415	-0,195	1,161	-0,046	-0,118	0,0078	-0,145	0,0186	-0,017	-0,448	-0,212
		Y	-2,379	-2,406	0,018	0,502	0,157	-0,527	0,0034	-0,058	-0,048	-0,073	0,064	0,042
Model 7	2. kat dikmesi	X	-1,079	0	-0,325	-5x10 ⁻⁴	0,166	0	-0,056	0	-0,054	0	-0,525	0
		Y	-0,493	0	0,051	0	0,219	-4x10 ⁻⁴	-0,027	0	-0,109	0	0,064	0
	Zemin kat dikmesi	X	-0,440	-0,727	-0,091	0,889	0,028	-0,248	0,031	-0,114	-0,006	-0,032	-0,256	-0,157
		Y	-0,515	-1,231	0,010	0,617	0,082	-0,088	-0,008	-0,082	-0,023	-0,038	0,051	0,057
Model 8	2. kat dikmesi	X	-0,456	0	1,071	-6x10 ⁻⁴	0,052	0	-0,023	0	-0,030	0	-0,762	0
		Y	0,242	0	-0,121	0	0,832	-5x10 ⁻⁴	0,026	0	-0,354	0	0,108	0
	Zemin kat dikmesi	X	0,183	0,184	-0,268	0,865	-0,018	-0,076	0,054	0,125	0,010	-0,008	-0,402	-0,131
		Y	-0,088	-0,141	0,035	1,171	0,025	-0,082	-0,009	-0,143	0,012	-0,029	0,057	0,034

Çizelge 6.5. (devam ediyor).

Modeller		Deprem yönü	N (kN)		V ₂ (kN)		V ₃ (kN)		T (kNm)		M ₂ (kNm)		M ₃ (kNm)	
			<i>i</i>	<i>j</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>i</i>	<i>j</i>
Model 9	2. kat dikmesi	X	-3,564	0	-0,691	-8x10 ⁻⁴	0,166	0	-0,134	0	-0,045	0	-1,161	0
		Y	-0,437	0	-0,058	0	0,416	-7x10 ⁻⁴	0,091	0	-0,086	0	0,144	0
	Zemin kat dikmesi	X	-0,378	-1,048	-0,464	1,486	0,031	0,127	0,007	-0,191	-0,005	0,028	-0,140	-0,157
		Y	-0,104	-0,104	0,039	1,040	-0,015	-0,054	-8x10 ⁻⁴	-0,125	8x10 ⁻⁴	0,0028	0,012	0,038
Model 10	2. kat dikmesi	X	-0,916	0	-0,170	-6x10 ⁻⁴	0,0201	0	-0,050	0	-0,018	0	-0,476	0
		Y	-2,217	0	0,028	0	0,118	-6x10 ⁻⁴	0,071	0	-0,099	0	0,081	0
	Zemin kat dikmesi	X	0,075	-0,339	-0,141	1,079	-0,012	-0,056	-0,004	-0,068	-7x10 ⁻⁴	-0,005	-0,054	-0,114
		Y	-0,110	-0,286	0,022	0,830	0,011	-0,030	8x10 ⁻⁴	-0,049	-0,0013	-0,008	0,009	0,042

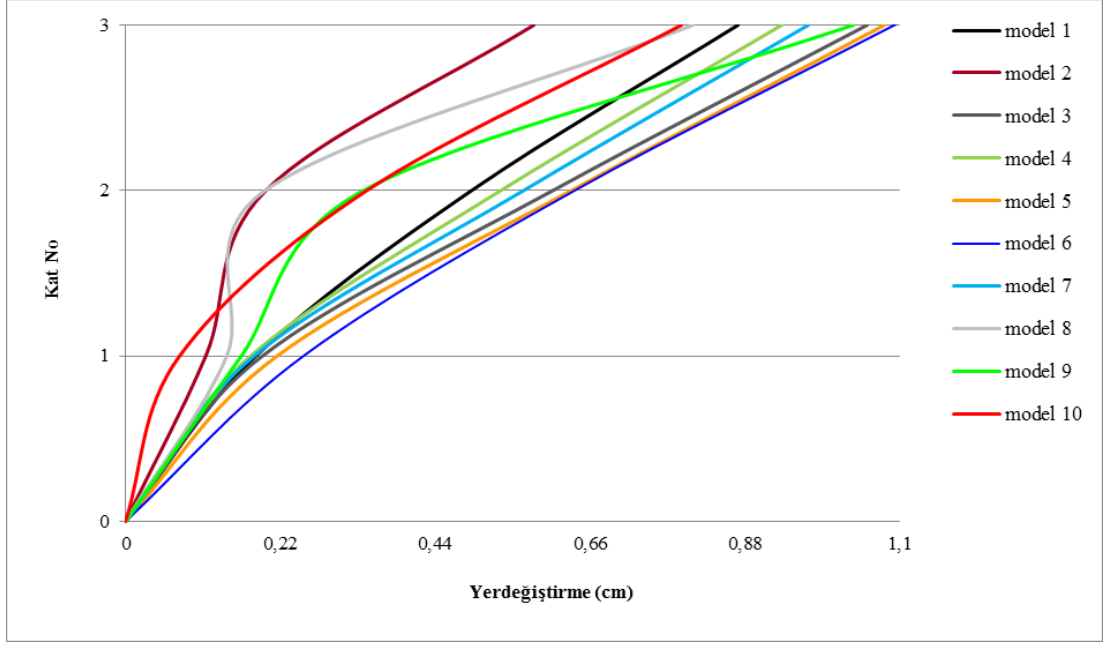
Bu çizelgeden görüldüğü gibi normal kuvvetler dikkate alındığında 2. kat dikmesi için model 9 ve zemin kat dikmesi için model 6'da en büyük değerler elde edilmektedir. Kesme kuvvetleri dikkate alındığında 2-2 doğrultusunda 2. kat dikmesi için model 6'dan, zemin kat dikmesi için model 9'dan ve 3-3 doğrultusunda ise 2. kat dikmesi için model 8'den ve zemin kat dikmesi için model 6'dan en büyük değerler hesaplanmaktadır. Burulma momenti dikkate alındığında 2. kat dikmesi için model 6'dan ve zemin kat dikmesi için model 9'dan en büyük değerler elde edilmektedir. Eğilme momentleri dikkate alındığında 2-2 doğrultusunda 2. kat ve zemin kat dikmesi için model 2'den ve 3-3 doğrultusunda ise 2. kat dikmesi için model 9'dan ve zemin kat dikmesi için model 6'dan en büyük değerler hesaplanmıştır. Elde edilen bu bulgular payandalara ve çapraz elemanlara sahip yapı modellerinde yapısal elemanlarındaki iç kuvvet değerlerinin daha az olduğunu dolayısıyla da bu yapı modellerinin performanslarının daha iyi olduğunu göstermektedir. Bu sonuç payandaların taşıyıcı sisteme etkileyen yüklerin, özellikle deprem yüklerinin karşılanmasında, dağıtılmasında ve temele aktarılmasında önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Burada dikkate alınan yapı modellerinin yerdeğiştirmelerine göre en fazla zorlanan dikmelerin seçildiğini ve bu çizelgede hesaplanan söz konusu dikmelerin kesit etkileri doğrultularının Şekil 6.6'daki gibi alındığını belirtmek yararlı olacaktır.

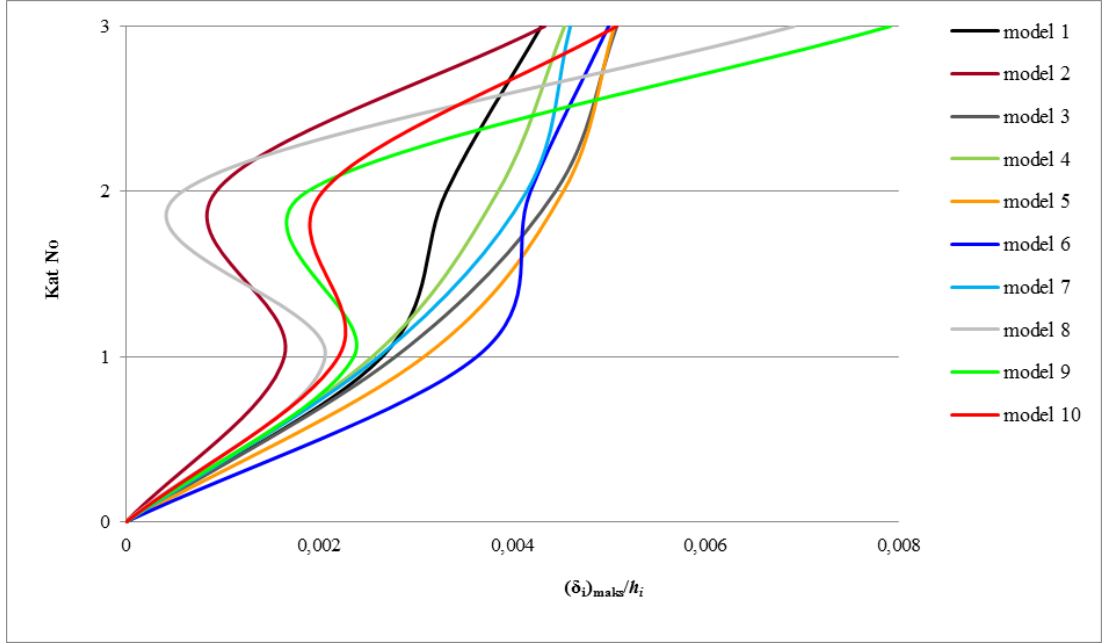


Şekil 6.6. Seçilen yapısal elemanların (dikmelerin) doğrultuları.

Bu tez çalışmasında dikkate alınan farklı ahşap çatki sistemlerine göre oluşturulan Safran Konak modellerinin gerçekleştirilen yapısal çözümlerinden deprem etkisinde seçilen yapısal elemanlarda (dikmelerde) yapı yüksekliği boyunca (kat seviyelerinde) elde edilen maksimum yer değiştirme dağılımları ve etkin görelî kat ötelemeleri değerleri sırasıyla Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’de verilmektedir. Bu şekillerden payandalara ve çapraz elemanlara sahip yapı modellerinin kat seviyelerindeki maksimum yerdeğiştirme ve etkin görelî kat ötelemeleri dağılımlarının payandasız modellerden farklı olduğu görülmektedir. Şekil 6.7’den görüldüğü gibi model 6’dan elde edilen kat seviyelerindeki yer değiştirme değerleri dikkate alınan diğer yapı modellerinden daha büyük olmaktadır. Şekil 6.8’den payandasız modellerden elde edilen kat seviyelerindeki etkin görelî kat ötelemeleri dağılımları değerlerinin payandalara sahip modellerle kıyaslandığında oldukça farklılık gösterdiği görülmektedir. Ayrıca payandasız modellerde kat seviyelerindeki (özellikle 2. ve 3. kat seviyesinde) etkin görelî kat ötelemeleri değerleri arasındaki farkın büyük olduğu görülmektedir. Elde edilen bu bulgular payandalı yapı modellerinin daha iyi davrandığını diğer bir ifadeyle özellikle deprem etkisinde daha iyi performans göstereceğini ortaya koymaktadır.



Şekil 6.7. Farklı ahşap çatki sistemleriyle oluşturulan Safran Konak modellerinin deprem etkisinde seçilen yapısal elemanlarının (dikmelerin) kat seviyelerindeki maksimum yerdeğiştirme değerleri.



Şekil 6.8. Farklı ahşap çatki sistemleriyle oluşturulan Safran Konak modellerinin deprem etkisinde seçilen yapısal elemanlarının (dikmelerin) kat seviyelerindeki etkin görel kat ötelemeleri değerleri.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Türkiye’de ahşap yapıların inşasında yaygın olarak kullanılan farklı ahşap çatkı sistemlerinin yapı davranışlarına etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen yapısal çözümlerden elde edilen başlıca sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmektedir.

1. Deprem etkisinin X doğrultusu için seçilen düğüm noktasının x ve y doğrultularında en büyük yer değiştirme değerleri sırasıyla model 6 ve model 5’ten, deprem etkisinin Y doğrultusu için seçilen düğüm noktasının x ve y doğrultularında en büyük yer değiştirme değerleri sırasıyla model 7 ve model 2’den elde edilmektedir.
2. Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle elde edilen taban kesme kuvveti değerleri hem x doğrultusunda hem de y doğrultusunda mod birleştirme yöntemiyle elde edilenlerden büyük olmaktadır. Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle x doğrultusunda hem de y doğrultusunda maksimum taban kesme kuvveti değeri model 9’dan elde edilmektedir. Buna karşın mod birleştirme yöntemiyle maksimum taban kesme kuvveti değerinin x doğrultusunda model 2’den y doğrultusunda ise model 8’den elde edildiği görülmektedir. Elde edilen bu sonuç payandalara sahip ahşap çatkı sistemlerinin daha küçük kesme kuvvetlerine maruz kaldığını dolayısıyla da söz konusu modellerin daha özellikle deprem performanslarının daha iyi olacağını göstermektedir.
3. Devrilme momenti ve devrilmeye karşı momente göre model 1’den elde edilen güvenlik katsayısı değeri bu çalışmada dikkate alınan diğer yapı modellerinden daha küçük olmaktadır. Elde edilen bu sonuç model 1’in bu

yönüyle dikkate alınan diğer yapı modellerine göre daha emniyetsiz olduğunu ortaya koymaktadır.

4. Gerçekleştirilen yapısal çözümlerden model 1'den elde edilen sönüm oranı değerinin dikkate alınan diğer yapı modellerinden daha küçük olmaktadır. Elde edilen bu sonuç model 1'in yatay rijitliğinin dikkate alınan diğer modellerine göre daha az olduğunu göstermektedir.
5. Yapısal çözümler sonucu 2. kat dikmesi için model 9'dan ve zemin kat dikmesi içinse model 6'dan elde edilen normal kuvvet değerleri daha büyük olmaktadır. Burulma momentleri dikkate alındığında ise 2. kat dikmesi için model 6'dan ve zemin kat dikmesi için ise model 9'dan elde edilenler en büyük değerleri almaktadır.
6. Yapısal çözümler sonucu 2-2 doğrultusunda 2. kat dikmesi için model 6'dan, zemin kat dikmesi için model 9'dan ve 3-3 doğrultusunda ise 2. kat dikmesi için model 8'den ve zemin kat dikmesi için model 6'dan elde edilen kesme kuvveti değerleri daha büyük hesaplanmaktadır.
7. Yapısal çözümler sonucu 2-2 doğrultusunda 2. kat ve zemin kat dikmesi için model 2'den ve 3-3 doğrultusunda ise 2. kat dikmesi için model 9'dan, zemin kat dikmesi için ise model 6'dan hesaplanan eğilme momentleri en büyük değerleri almaktadır.
8. Elde edilen bulgular payandalara ve çapraz elemanlara sahip yapı modellerinin yapısal elemanlarındaki iç kuvvet değerlerinin daha az olduğunu göstermektedir. Bu sonuç taşıyıcı sisteme etkiyen yüklerin, özellikle deprem yüklerinin, karşılanmasında, dağıtılmasında ve temele aktarılmasında payandaların önemli rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.
9. Payandalara sahip olmayan yapı modellerinin kat seviyelerindeki yerdeğiştirme dağılımları payandalı yapı modellerine göre daha karmaşık olmaktadır. Ayrıca kat seviyelerindeki maksimum yer değiştirme değerleri

model 6'dan elde edilmektedir. Bu durum yapı yanal rijitliğini artıran payandaların yapı performansı bakımından oldukça önemli olduğunu göstermektedir.

10. Seçilen tepe düğüm noktasında (2. kat) x doğrultusunda model 6'dan elde edilen maksimum yer değiştirme değerinin model 1'e göre %24,07 ve y doğrultusunda ise model 2'den elde edilen maksimum yer değiştirme değerinin model 1'e göre %24,54 daha büyük olmaktadır.
11. Payandasız modellerde özellikle 2. ve 3. kat seviyesindeki etkin görelî kat ötelemeleri değerleri arasındaki fark büyük olmaktadır. Elde edilen bu sonuç payandalı yapı modellerinin daha iyi davranacağını diğêr bir ifadeyle daha iyi performans göstereceğini ortaya koymaktadır.
12. Bu çalışmanın bulguları dikkate alındığında Türkiye'de deprem bölgelerinde inşa edilecek ahşap yapılarda yapı güvenliğı ve performansı açısından payandaların kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

ABYYHY, “Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik”, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, (1998).

Ahunbay, Z. ve Aksoy, D., “Geleneksel ahşap iskeletli Türk Konutu’nun deprem davranışları”, *İTÜ Dergisi/A Mimarlık, Planlama, Tasarım*, 4 (1): 47-58 (2005).

Aksoy, D., “Geleneksel ahşap karkas yapıların deprem davranışları”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2003).

Arun, G. “Traditional timber constructions in Turkey”, *Proceedings of the International Symposium on Timber Structures from Antiquity to Present*, 25-27 June, İstanbul (2009).

Arun, G. “Evolution of timber constructions in Turkey”, *iaSU2012-2nd International Conference on Archi-Cultural Translations Through the Silk Road*, Nishinomiya, Japan (2012).

Avlar, E., “Türkiye’deki konut açığının giderilmesinde ön yapımlı ahşap konut üretiminin uygulanabilirliği yönünde bir model araştırması (Bursa örneği)”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1995).

Başkan, S., “Geleneksel Doğu Karadeniz evleri”, *Erdem Dergisi*, 52:41-56 (2008).

Bayülke, N.,” Ahşap yapılar ve deprem” *THM-Türkiye Mühendislik Haberleri*, sayı: 414(4); 14-20 (2001).

Çobancaoğlu, T., “Türkiye’de geleneksel ahşap ev yapı sistemlerinin irdelenerek gruplandırılmasına yönelik bir değerlendirme”, *Tasarım+Kuram Dergisi*, 2(3); 27-42 (2003).

Coşgun, N., Aydın İpekçi, C., Serter, N., Yüksel, E., Güzelçoban Mayuk, S., Tuğrul, F. ve Öztürk, S., “MIM 142 Yapı Bilgisi-I ders notları”, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, <https://docplayer.biz.tr/6732822-Gebze-yuksekteknoloji-enstitusu.html> (2019).

DBYBHY, “Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik”, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara, (2007).

Demirhan, E., “Ahşap iskeletli kagir yapıların deprem etkileri karşısındaki davranışı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2001).

DES, “Duzce earthquake summary”, www.cires1.colorado.edu/~bilham/Duzce.html, (1999).

Dışkaya, H., “Kuzey Marmara bölgesindeki 19. yüzyıl ahşap yapıların depreme karşı güçlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2004).

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

EN 1995-1-1:2004+A1, “Eurocode 5: Design of Timber Structures-Part 1-1: General-Common Rules and Rules for Buildings”, *European Committee for Standardization*, Brussels, 2004.

FEMA 368. “NEHPR-Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings”, *Buildings Seismic Safety Council*, Washington, 2001.

Günay, R., “Ahşap Yapılar”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, (2007).

Güneş, M. E., “Geleneksel ahşap yapılarda taşıyıcı sistem kurgusunun incelenmesi: Safranbolu örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2014).

Güney, D., “Taşıyıcı Sistem Tasarımı I Dersi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, <https://docplayer.biz.tr/15954013-Tasiyici-sistem-tasarimi-1-dersi.html> (2016).

Gürel, Y., “Çok katlı ahşap yapıların deprem yükü altında performanslarının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2018).

Gürsoy, Ş., Turcan, Y. ve Şık, K., “Ahşap yapıların deprem yükleri altında farklı yönetmeliklere göre tasarımlarının karşılaştırılması”, *Uluslararası Sakarya Sempozyumu “İlk on yılında Marmara Depreminin Öğrettikleri”*, Sakarya, 1-10 (2009).

Hıraoğlu, E. E., “Ahşap ve çelik makas sistemlerin malzeme ve sistem özelliklerinin incelenmesi, bir örnek yapı üzerinde değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).

Kafesçioğlu, R., “Kuzey-Batı Anadolu’da ahşap ev yapıları” Doçentlik Çalışması, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1954).

Kaplan, B., “Geleneksel Osmanlı mimarisine sahip ahşap yapıların deprem kuvvetleri altında incelenmesi ve güçlendirme teknikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2013).

Köylü, A., “Geleneksel yapıları yatay yükler etkisinde incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, (2008).

KUDEB, “KUDEB Ahşap Eğitim Atölyesi Geleneksel Ahşap Yapı Uygulamaları”, *İstanbul İBB KUDEB*, İstanbul, (2009).

Örmecioglu, H.T., Er Akan, A., Uçar, A., “Çevresel faktörlerin geleneksel yapım sistemleri üzerindeki etkisi: Anadolu örneği”, *Akdeniz Sanat Dergisi*, 6 (11): 269-279 (2013).

Sözen, M., “Anadolu’da Ev ve İnsan”, *Creative Yayıncılık*, İstanbul, (1992).

Sta-Steel, “Structural analysis for steel structure”, ver.1.3.0.3. www.sta4.net/steeldefault.aspx (2019).

Şirin, G. ve Aydemir, D., “Sonlu elemanlar metodunun ahşap malzemelerde kullanımına ilişkin bir araştırma”, *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18 (2): 205-212 (2016).

TBDY, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*, Ankara, (2019).

TS 647, “Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1979).

TS 2478, “Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).

TS EN 1995-1-1, “Eurocode 5: Ahşap Yapıların Projelendirilmesi Bölüm 1-1: Genel Kurallar ve Bina Kuralları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2005).

Tunçkol, P., “Ahşap yığma sistem kuruluşu ve gelişmiş üretim yönetiminin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2012).

Tüccar, M. C., “Ahşap malzemedeki kusurların ultrasonik tomografi ve ultrases deney yöntemiyle irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2017).

Uzun, S., “Tarihi ahşap yapı taşıyıcı sistemlerinin incelenmesi ve Boğaziçi örneği: Amcazade Hüseyin Paşa yalısı”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2018).

Üstündağ, C., “TS EN 1995-1-1 Ahşap Yapıların Tasarımı”, *İnşaat Mühendisleri Odası 23 Ekim Etkinlik*, Ankara, (2014).

Yaman, F. Z., “Geleneksel ahşap yapılarda kullanılan ahşap yapı elemanlarının uzun-dönem performansı-Giresun zeytinlik mahallesinde örnek yapı incelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).

ÖZGEÇMİŞ

Merve SAATCİ 1995 yılında Sinop'ta doğdu; ilk, orta ve lise öğrenimini Sinop'un Gerze ilçesinde tamamladı. 2013 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek öğrenime başlayıp 2017 yılında mezun oldu. Şubat 2018 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans programında eğitimine başlamıştır. Orta derecede İngilizce bilen Merve SAATCİ İlkdost Yapı Denetim Limited Şirketinde İnşaat Mühendisi olarak Kontrol elemanı görevi yapmıştır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK
Tel : (541) 531 7862
E-posta : saatcimerve@windowslive.com