



**DÜZLEM ÇERÇEVE AHŞAP YAPI SİSTEMLERİNİN BAZI MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Doğan Emrah KÜTÜKCÜ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2019

Doğan Emrah KÜTÜKCÜ tarafından hazırlanan “DÜZLEM ÇERÇEVE AHŞAP YAPI SİSTEMLERİNİN BAZI MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi YAPI EĞİTİMİ Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

İkinci Danışman: Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan: Prof. Dr. İlhami DEMİR

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DAYI

İnşaat Mühendisliği Bölümü Ana Bilim Dalı, Düzce Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 06/11/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Doğan Emrah KÜTÜKCÜ

06/11/2019

DÜZLEM ÇERÇEVE AHŞAP YAPI SİSTEMLERİNİN BAZI MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Doğan Emrah KÜTÜKCÜ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2019

ÖZET

Günümüzde yapı endüstrisinde ve mobilya sektöründe ahşap malzeme kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Artan bu ilgi sebebiyle ahşap malzemeye olan talep artmış, bu talebin karşılanması için de yeni arayışlara girilmiştir. Böylece üreticiler yeni ve farklı malzemeler üretmeye ve kaynakları optimum düzeyde kullanmaya başlamışlardır. Ar-ge çalışmalarının sonucunda lamine ahşap malzeme elde edilmiştir. Lamine ahşap, kolay işlenebilmesi, dayanımının yüksek olması, hafif olması, küçük ebatlar ile geniş açıklıkları geçebilmesi, depreme ve yangına dayanıklı olması, yenilenebilir ve çevre dostu olması vb. gibi avantajlara sahip bir malzemedir. Sayılan bu özellikler son yıllarda lamine ahşabın bina yapımında tercih edilmesini sağlamıştır. Bu deneysel çalışmada, meşe ve çam olmak üzere iki farklı türde ahşap kullanılmıştır. İlk olarak masif ve lamine ahşap numuneler laboratuvarında hazırlanmıştır. Masif ve lamine ahşap numuneleri kullanılarak 1/5 ölçekli olarak ahşap çerçeve sistemli iki katlı ev modeli tasarlanmış ve dört grup ahşap çerçeveli ev numunesi üretilmiştir. Her grup çerçeve ahşap ev numuneye önden ve yandan olmak üzere yanal yükleme deneyi yapılmıştır. Deneyler sonucunda masif ve lamine ahşap çerçevelerin davranışı analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 91127

Anahtar Kelimeler : Yapı, sarıçam, sapsız meşe, lamine ahşap çapraz çerçeve, düzlemsel çerçeve sistemler, yanal ve diyagonal yük davranışları

Sayfa Adedi : 77

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ

İkinci Danışman : Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK

INVESTIGATION OF SOME MECHANICAL PROPERTIES OF PLANE TIMBER
FRAME BUILDING SYSTEMS

(M. Sc. Thesis)

Doğ an Emrah KÜTÜKCÜ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2019

ABSTRACT

Today, the use of wood materials in the building industry and furniture sector has become widespread. Due to this increasing interest, the demand for wooden materials has increased and new searches have been started to meet this demand. In this way, manufacturers have started to produce new and different materials and use the resources at the optimum level. As a result of R & D the studies, laminated wood material was obtained. Laminated wood is a material that has advantages such as easy processing, high strength, light weight, being able to cross large openings with small dimensions, being resistant to earthquake and fire, being renewable and environment friendly. It has advantages as such. These properties of laminated wood have provided preferred in building construction in recent years. In this experimental study, two different types of wood, oak and pine, were used. Firstly, solid and laminated wood samples were prepared in the laboratory. Two-storey house model with 1/5 scale wooden frame system was designed by using solid and laminated wood samples and four groups of wooden frame house samples were produced. Lateral loading test was performed for each group of wooden frame house samples, front and side. As a result of the experiments, the behaviour of solid and laminated wooden frames were analyzed and the results were evaluated.

Science Code : 91127

Key Words : Construction, yellow pine, oak without stem, cross laminated timber, plane frame systems, lateral and diagonal load behaviours

Page Number : 77

Supervisor : Prof. Dr. Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ

Co-Supervisor : Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, deneylerime yardımcı olan danışman hocalarım Prof. Dr. H. Yılmaz ARUNTAŞ ve Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK’a, desteklerini esirgemeyen tüm laboratuvar çalışanlarına, çalışmalarına yardımcı olan arkadaşlarım Fatuma Mashaka KHAMSINI, İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, araştırma görevlileri ve personeline, beni bu çalışmada yalnız bırakmayan ve desteğini hep yanımda hissettiğim Anneme, Babama, ablalarım, canım eşim Atiye Zeynep ve canım oğullarım Yusuf Ali ve İbrahim’e çok teşekkür ederim. Deneylerin yapılması sırasında deney cihazlarının kullanımına maddi ve manevi destekleri ile birçok imkân sağlayan İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU ile Ağaç işleri Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Musa ATAR’a, yükleme deneylerinin yapılmasında yardımcı olan Arş.Gör. Anıl ÖZDEMİR’e teşekkür ederim. Bu çalışma, 07/2018-27 proje kodu ile Bilimsel Araştırma Projesi olarak “Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi” tarafından desteklenmiştir. Bu bağlamda, Gazi Üniversitesi yetkililerine ve çalışanlarına teşekkürü borç bilirim..

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Ahşap Evler	3
2.1.1. Ahşap evin tanımı	3
2.1.2. Ahşap evin tarihçesi	3
2.1.3. Geleneksel türk evlerinde kullanılan taşıyıcı sistemler.....	4
2.1.4. Ahşap ev yapımında kullanılan taşıyıcı sistemler	8
2.1.4. Ahşap ev yapımında kullanılan malzemeler	11
2.1.5. Farklı ülkelere ait ahşap ev örnekleri	12
2.2. Yapılara Etki Eden Yatay Kuvvetler.....	15
2.2.1. Yapılara etki eden rüzgar yüklerinin hesabı.....	15
2.2.2. Yapılara etki eden deprem yükünün hesabı	18
2.3. Konu ile İlgili Önceki Çalışmalar	24
3. MATERYAL VE METOT	31
3.1. Materyal	31

	Sayfa
3.1.1. Ahşap malzeme	31
3.1.2. Tutkal	31
3.2. Metot	31
3.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması	32
3.3. Deney Düzenegi ve Test Tekniğı	35
3.3.1. Deney çerçevesi	35
3.3.2. Ölçüm düzenegi	37
3.4. Teorik Hesaplama	38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	45
4.1. Sarıçam Ahşabı Masif Numunelerinin Önden Yükleme Deneyleri.....	45
4.2. Sarıçam Ahşabı Lamine Numunelerin Önden Yükleme Deneyleri	47
4.3. Meşe Ahşabı Masif Numunelerinin Önden Yükleme Deneyleri	50
4.4. Meşe Ahşabı Lamine Numunelerin Önden Yükleme Deneyleri	52
4.5. Sarıçam Ahşabı Masif Numunelerin Yandan Yükleme Deneyleri	55
4.6. Sarıçam Ahşabı Lamine Numunelerin Yandan Yükleme Deneyleri	57
4.7. Meşe Ahşabı Masif Numunelerin Yandan Yükleme Deneyleri	60
4.8. Meşe Ahşabı Lamine Numunelerin Yandan Yükleme Deneyleri.....	63
4.9. Masif Ahşap Çerçeve Ev Numunesi Önden yükleme deney sonuçları.....	66
4.10. Lamine önden yükleme deney sonuçları	67
4.11. Masif yandan yükleme deney sonuçları	68
4.12. Lamine yandan yükleme deney sonuçları	68
4.13. Teorik hesaplanan kuvvet ile deneysel bulunan kuvvetlerin karşılaştırılması..	69
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	71
5.1. Sonuçlar.....	71

	Sayfa
5.2. Öneriler	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	77

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R.....	22
Çizelge 3.1. Sarıçamda 1/5 ölçekli numuneler için teorik hesaplama	41
Çizelge 3.2. Meşede 1/5 ölçekli numuneler için teorik hesaplama.....	42
Çizelge 4.1. Ahşap çerçeve ev numunelerinden elde edilen genel deney sonuçları.....	69

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Karakteristik İsviçre evi, darstetten	15
Şekil 2.2. Kare kesitli ve eğik çatılı kapalı yapılarda ana taşıyıcı sistem yönünde rüzgar yükünün dağıtımı	18
Şekil 2.3. Deprem yükü hesaplama yönteminin belirlenmesi.....	19
Şekil 2.4. Normalize edilmiş elastik tasarım spektrumu.....	21
Şekil 2.5. a)Toplam eşdeğer yükün bina katlarına dağıtılması b)Kat kesme kuvvetleri	23
Şekil 3.1. Ahşap çerçeve ev deney numunesi	34
Şekil 3.2. Deney numunelerinin deney düzeneğinde şematik görünümü	36
Şekil 3.3. Autocad programında çizilen deney ev numunesinin perspektif görünüşü....	38
Şekil 3.4. A düğüm noktasına ait alan momenti yüzeyleri	39
Şekil 3.5. C düğüm noktasına ait alan momenti yüzeyleri	39
Şekil 3.6. Ana taşıyıcı düzlem çerçeve	40
Şekil 4.1. Sarıçam ahşabı 1. masif numunenin önden yükleme deneyi.....	45
Şekil 4.2. Sarıçam ahşabı 2. masif numunenin önden yükleme deneyi.....	46
Şekil 4.3. Sarıçam ahşabı 1. lamine numunelerin önden yükleme deneyleri	48
Şekil 4.4. Sarıçam ahşabı 2. lamine numunelerin önden yükleme deneyleri	49
Şekil 4.5. Meşe ahşabı 1. masif numunelerinin önden yükleme deneyi	50
Şekil 4.6. Meşe ahşabı 2. masif numunelerinin önden yükleme deneyi	51
Şekil 4.7. Meşe ahşabı 1. lamine numunelerin önden yükleme deneyleri.....	53
Şekil 4.8. Meşe ahşabı 2. lamine numunelerin önden yükleme deneyleri.....	54
Şekil 4.9. Sarıçam ahşabı 1. masif numunelerin yandan yükleme deneyleri.....	55
Şekil 4.10. Sarıçam ahşabı 2. masif numunelerin yandan yükleme deneyleri.....	56
Şekil 4.11. Sarıçam ahşabı 1. lamine numunelerin yandan yükleme deneyleri.....	58

Şekil	Sayfa
Şekil 4.12. Sarıçam ahşabı 2. lamine numunelerin yandan yükleme deneyleri.....	59
Şekil 4.13. Meşe ahşabı 1. masif numunelerin yandan yükleme deneyleri	60
Şekil 4.14. Meşe ahşabı 2. masif numunelerin yandan yükleme deneyleri	62
Şekil 4.15. Meşe ahşabı 1. lamine numunelerin yandan yükleme deneyleri	63
Şekil 4.16. Meşe ahşabı 2. lamine numunelerin yandan yükleme deneyleri	65
Şekil 4.17. Masif ahşap çerçeve ev numunesi önden yüklenen elemanlar	66
Şekil 4.18. Lamine ahşap çerçeve ev numunesi önden yüklenen elemanlar	67
Şekil 4.19. Masif ahşap çerçeve ev numunesi yandan yüklenen elemanlar	68
Şekil 4.20. Lamine ahşap çerçeve ev numunesi yandan yüklenen elemanlar	68

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Bölgelere göre Türk evi ve kullanılan malzemeler.....	5
Resim 2.2. Darende balaban nahiyesinin evleri	6
Resim 2.3. Akdeniz mimarisine ait bir örnek	7
Resim 2.4. Diyarbakır mimarisine ait bir örnek	7
Resim 2.5. Amasya bölgesine ait ev örnekleri.....	8
Resim 2.6. Ahşap yığma sistem örneği.....	9
Resim 2.7. Ahşap karkas sistem ev örneği	10
Resim 2.8. Geleneksel hımış yapı örneği.....	11
Resim 2.9. Sakson evlerinde büyük ahşaplarda kurulmuş ilk sistem	13
Resim 3.1. Şerit testere yardımı ile parçalara ayrılan malzemenin planyada yüzey cumba temizleme işlemi	32
Resim 3.2. Masif malzemenin kalınlığının ayarlanması için kalınlık makinesinden geçmesi işlemi.....	33
Resim 3.3. Yüzeyleri temizlenmiş masif malzemelerin 10 mm kalınlığında dilimlere ayrılması.....	33
Resim 3.4. 8 mm kalınlığındaki malzemelerin tutkallama işlemi	34
Resim 3.5. Deney cihazına yerleştirilen ahşap çerçeve ev deney numunesi	36
Resim 3.6. 8 Kanallı veri toplama cihazı	37
Resim 4.1. 1.Masif sarıçam numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	46
Resim 4.2. 2.Masif sarıçam numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	47
Resim 4.3. 1. Lamine sarıçam numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	48
Resim 4.4. 2. Lamine sarıçam numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	49

Resim	Sayfa
Resim 4.5. 1. Masif meşe numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	51
Resim 4.6. 2. Masif meşe numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	52
Resim 4.7. 1. Lamine meşe numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	54
Resim 4.8. 2. Lamine meşe numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	55
Resim 4.9. 1. Masif sarıçam numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	56
Resim 4.10. 2. Masif sarıçam numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	57
Resim 4.11. 1. Lamine sarıçam numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	58
Resim 4.12. 2. Lamine sarıçam numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	60
Resim 4.13. 1. Masif meşe numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	61
Resim 4.14. 2. Masif meşe numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	63
Resim 4.15. 1. Lamine meşe numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	64
Resim 4.16. 2. Lamine meşe numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

cm	Santimetre
cm²	Santimetrekare
cm³	Santimetreküp
dB	Desibel
g	Gram
K	Kelvin
kg	Kilogram
kN	Kilonewton
m	Metre
m²	Metrekare
m³	Metreküp
mm	Milimetre
MPa	Megapascal
N	Newton
W	Watt

Kısaltmalar

Açıklamalar

LÇÖ1	Lamine sarıçam önden yükleme 1
LÇÖ2	Lamine sarıçam önden yükleme 2
LÇY1	Lamine sarıçam yandan yükleme 1
LÇY2	Lamine sarıçam yandan yükleme 2
LMÖ1	Lamine meşe önden yükleme 1
LMÖ2	Lamine meşe önden yükleme 2
LMY1	Lamine meşe yandan yükleme 1
LMY2	Lamine meşe yandan yükleme 2

Kısaltmalar**Açıklamalar****MÇÖ1**

Masif sarıçam önden yükleme 1

MÇÖ2

Masif sarıçam önden yükleme 2

MÇY1

Masif sarıçam yandan yükleme 1

MÇY2

Masif sarıçam yandan yükleme 2

MMÖ1

Masif meşe önden yükleme 1

MMÖ2

Masif meşe önden yükleme 2

MMY1

Masif meşe yandan yükleme 1

MMY2

Masif meşe yandan yükleme 2

TS

Türk Standardı

TSE

Türk Standardları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Ahşap, taş gibi bina inşaatında kullanılan en eski yapı malzemelerinden birisidir. Özellikle orman varlığının çok olduğu ilk çağlarda inşa edilen binaların büyük çoğunluğunun ahşap olduğu bilinmektedir. Bu binalar başlangıçta herhangi bir kurala dayanmaksızın derme çatma olarak yapılırken, zamanla belirli inşaat tekniklerinin geliştirilmesi ve kullanılması ile tek, iki ve üç katlı evler şeklinde inşa edilmeye başlamıştır. İlk evler birbirinden epey uzakta inşa edilirken insanların toplu yaşamaya başlamasıyla birlikte köy ve kasaba şeklinde yerleşim söz konusu olmuştur. Bu evlerin suya ve ulaşım olan ihtiyaç sebebiyle genellikle dere, ırmak, göl ve deniz gibi su kenarlarında yapıldığı bilinmektedir. Ahşap malzeme ile evlerin yanı sıra okul, hastane, köprü, cami ve kilise gibi ibadet yapıları, atölye, imalathane, tersane gibi sanayi yapıları inşa edildiği görülmektedir.

Ahşap malzemenin kullanımı insanoğlunun yaşamını olumlu yönde etkilemiştir. Bütün dünyada ahşap malzeme; doğal ve hafif olması, zaman içinde yenilenebilir olması, mukavemetinin iyi olması, kolay işlenebilmesi, ses ve ısı geçirgenliğinin az olması, görselliği, organik olduğundan insan vücut ısısına uyumlu olması vb. gibi sebeplerden dolayı tercih sebebi olmakta ve kullanımı sürekli olarak artmaktadır. Son zamanlarda insan sağlığını olumlu yönde etkilemesi nedeniyle ahşap evlerin özellikle tercih edildiği görülmektedir.

Günümüzde inşaat ve mobilya sektöründe ahşap malzeme kullanımının oldukça yaygın olduğu söylenebilir. Ahşap malzemeye olan talep artarken masif ahşap malzemenin özellikle inşaat sektöründe her ihtiyaca cevap veremediği görüldüğünden, ahşap malzeme üzerinde bilimsel çalışmalar yapılmakta ve özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Yapılan Ar-Ge çalışmalarının sonucu olarak “lamine ahşap” malzeme elde edilmiştir. Lamine ahşap malzeme; hafif olması, kolay işlenebilmesi, dayanımının yüksek olması, küçük boyut kullanılarak geniş açıklıkların geçilebilmesi, depreme ve yangına dayanıklı olması, zamanla yenilenebilir ve çevre dostu olması vb. gibi avantajlara sahiptir. Belirtilen bu özellikler son yıllarda dünyada lamine ahşabın bina, spor salonu, yaya üst geçidi ve köprü gibi farklı yapıların inşasında tercih edilmesini sağlamıştır.

Lamine ahşap; iki veya daha fazla ahşabın üst üste konularak paralel veya dik bir konumda güçlü tutkallarla yapıştırılmasıyla elde edilir. Üreformatdehit, melamin formatdehit, fenol formatdehit gibi güçlü tutkallarla ahşap malzeme yapıştırılarak daha büyük boyutta malzemeler yapılmakta ve masif ahşap malzemenin doğasında bulunan bazı yapısal kusurların da önüne geçilmektedir.

Geçmişte genellikle yapı sektöründe kullanılan lamine ahşap malzeme şimdilerde mobilya endüstrisinde de kullanılmaktadır. Lamine ahşap, masif ahşaba göre daha kullanışlı, mukavemeti daha yüksek ve daha uzun boyutlarda kullanılabildiği için tercih edilirliliği her geçen gün artmaktadır. Hem yapı sektöründe hem de mobilya endüstrisinde lamine ahşabın kullanılması, araştırmacıları bu malzemenin ve bu malzemeyle oluşturulan sistemlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemeye yönlendirmiştir.

Bu tez çalışmasında, masif ve lamine ahşap taşıyıcı düzlemsel çerçeveler ile belirli ölçekte modüler ahşap çerçeve ev numuneleri elde edilmiş ve bu numunelerin yanal yükler altındaki davranışları deneysel olarak araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ahşap Evler

Geleneksel ev mimarisinde toprak, taş, tuğla, ahşap olmak üzere dört çeşit malzeme kullanılmıştır. Topraktan yapılan binalara kerpiç, taştan ve tuğladan yapılanlara kargir, ahşaptan yapılanlara ahşap veya yarısı kargir, yarısı ahşap olanlara yarım kargir bina denilmektedir [1].

2.1.1. Ahşap evin tanımı

Yukarıda belirtilen bu yapı malzemeleri, ülkemizde her bölgenin kendine has özellikler barındırması nedeniyle Türk ev mimarisinin oluşumunda etkili olmuş ve ev mimarisi o malzeme ile adlandırılmıştır. Ahşap, Türk ev yapımında oldukça yaygın kullanılan malzemelerden biri olmuştur. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ahşap iskeletli ev mimarisi, esas yayılma alanı Anadolu'nun kıyıları ile orta yayla arasında bir ikinci çember gibi dolanan, Sivas dolaylarından batıya ve iç Ege'den Torosların kuzey yamaçlarına kadar uzanan ve Balkanlarda görülen hımış yapı tekniğinde, yani taşıyıcı sistemi ahşap, kerpiç dolgulu, zemin katı çoğunlukla taş olan bir yapı tekniği ile inşa edilmiş ev mimarisi kullanılmıştır [2].

2.1.2. Ahşap evin tarihçesi

İnsanoğlu geçmişten günümüze değişen istek ve ihtiyaçlarını karşılamak üzere, bulunduğu ortamda değişiklikler meydana getirmiştir. İçinde bulunulan şartlar ve elde bulunan malzemelere bağlı olarak hep daha iyisini ve güzelini yapmaya çabalamıştır. Böylece insan kendisini doğa koşullarından korumak amacıyla barınaklara ihtiyaç duymuştur. Tarihte arkeolojik olarak saptanabilmiş ilk soyut önlem olan rüzgâr çiti, ilk barınak örneğini oluşturmaktadır. Yine iri hayvan kemiklerinden yapılmış bir çatının üstüne postların gerilmesiyle yapılan çadırlar, kutup bölgelerindeki buz evleri (igloo), toprağın biraz kazılması ve üstünün çalı çırpı ile örtülmesi şeklindeki oluşumlar, halâ karşılaşılan kerpiç yapılar, saz-dal örgü evler ve ormanlık yerlerdeki ahşap kulübeler insanın tarih boyunca farklı ortamlarda geliştirdiği barınaklara örnek olarak verilebilir.

Eski taş devri insanların dal ve çalılar kullanarak, aynı zamanda üzerine hayvan derisi örterek yaptıkları ilk barınaklar yapı malzemesi olarak ahşap kullanımının ilk örnekleridir. Paleolitik çağın sonlarında insanların ağaç ve direkler üzerine barınak yapmalarıyla beraber ilk taşıyıcı döşeme ve tavan ortaya çıkmıştır. Neolitik devirde değişen iklim şartları ile kalıcı barınaklar yapılmış ve ahşap yapı gereci olarak ormanlık bölgelerde yoğun olarak kullanılmıştır. Arkeolojik kazı sonuçlarına göre malzemeler doğal halleriyle bir arada kullanılmıştır. Taştan sonra ahşap en doğal haliyle kullanılan bir malzeme olduğu için kullanım ve biçimlendirme kolaylığı ile yoğun olarak kullanılmıştır. Konstrüktif sistemlerin gelişmesiyle beraber 19. yüzyıl başlarına kadar erişmiştir. Ahşap yapım sistemlerinin gelişmesi endüstri devrimiyle duraksama dönemine girmiştir. Bu dönemde yeni yapım sistemleri ortaya çıkmış ve 20. yüzyıla gelindiğinde ahşap kullanımı hız ve önem kazanmıştır [3].

2.1.3. Geleneksel Türk evlerinde kullanılan taşıyıcı sistemler

Geleneksel türk evi

Geleneksel Türk evi geçmiş kuşakların sosyal, ekonomik, etnik ve doğal öğelerle yoğrulması ile biçimlenmiştir. Anadolu'da kerpiç, taş ve ahşap esas olmak üzere üç malzeme kullanılmış, bunlar tek başına veya değişik şekillerde bir araya gelerek farklı bölgelerde, yapı tiplerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Anadolu'nun tarih ve kültür dokusu ve bölgesel yapı geleneklerinin farklılıkları sonucunda Anadolu'da homojen bir yapı üslubu olmadığı söylenebilmektedir. Kuban konut mimarisi açısından Anadolu'yu aşağıdaki gibi bölgelere ayırmıştır [4]:

- Güney Doğu Anadolu'nun Kuzey Suriye ile ortak kültür etkileşiminin neticesinde ortaya çıkmış taş konut mimarisi,
- Erzurum'dan öteye Kuzey Doğu Anadolu'nun Güney Kafkasya ve Dağıstan ile benzeyen ahşap hatıllı taş mimarisi,
- Doğu Karadeniz bölgesinin ahşap iskeletli ev mimarisi,
- Ege ve Akdeniz bölgesinin düz damlı kübik taş mimarisi,
- Orta Anadolu'nun özellikle Niğde ve Kayseri (eski Kapadokya) bölgesinin özünde Kuzey Suriye ile benzeşen taş mimarisi,
- Orta Anadolu'nun genellikle köy ve küçük kent ortamında kalan ve temelleri Yeni Taş Çağı'na kadar giden kerpiç mimarisi,

Esas yayılma alanı Anadolu'nun kıyıları ile orta yayla arasında bir ikinci çember gibi dolanan Sivas dolaylarından batıya ve İç Ege'den Torosların kuzey yamaçlarıdır. Diğer bölgelerde ve Balkanlarda hımsı tekniği görülmektedir [4]. Resim 2.1'de bölgelere göre Türk Evi ve kullanılan malzemeler görülmektedir.



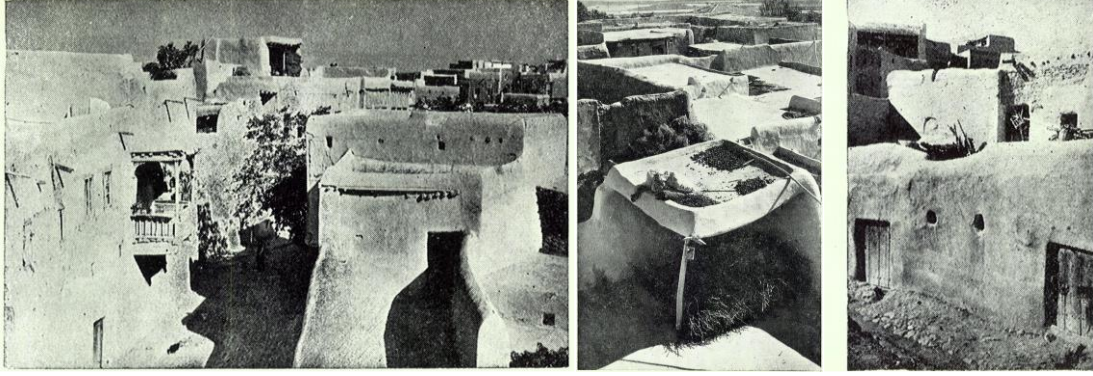
Resim 2.1. Bölgelere göre Türk evi ve kullanılan malzemeler [5]

Geleneksel Türk evi, sürekli gelişme ve yayılım göstermiştir. Bulunduğu bölgenin iklim, malzeme, topografya ve kültürel etkileşimiyle beraber farklı yapılar ortaya çıkmıştır. Ancak ana hatlarında bir değişiklik olmamıştır. Geleneksel Türk evi; oda, eyvan (odalar arasındaki hacim) ve avlu ya da bahçeye açılan galeri ya da sofa olmak üzere üç bölümden oluşmuştur [4].

Toprak (kerpiç) taşıyıcı sistemi

Toprak, her yerde bolca bulunan bir malzeme olduğundan kullanım sınırı kesin olarak belirlenemez. Yapı bünyesine bir noktada muhakkak dahil olur. Toprağın esas taşıyıcı sistemi oluşturduğu yapı sistemi, Anadolu coğrafyasında İç Anadolu Bölgesi'ni temsil eder. Orta Anadolu ile çevresi arasındaki geçit bölgelerinde Çankırı, Amasya, Tokat, Sivas, Afyon vb. illerde de kısmen, ya da benzer coğrafi koşulları olan Van gibi bazı Doğu Anadolu illerinde, yapının kimliği kerpiç olarak isimlendirilmiştir. Kerpiç duvar ve ahşap kirişleme üzerinde düz dam bu bölgelerin yerli yapı tekniğidir. Bu sistem küçük açıklık, az delik ve düz yüzey şeklinde özetlenebilecek bazı özellikleri bünyesinde taşır. Yatay örtünün kalitesi

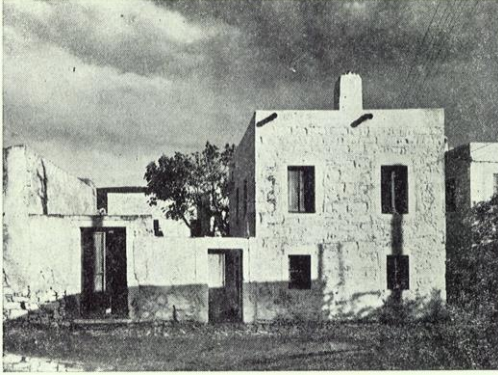
de dahil olduğunda, ilkel bir geometrik yapı tasarımına ulaşılmaktadır [6]. Resim 2.2’de Darende Balaban nahiyesine ait ev örnekleri görülmektedir.



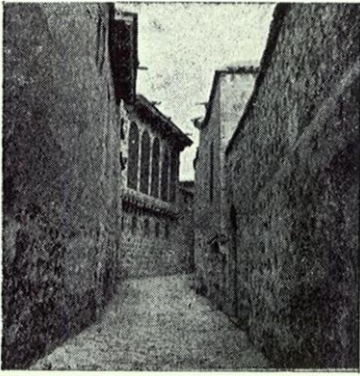
Resim 2.2. Darende balaban nahiyesinin evleri [6]

Taş taşıyıcı sistemi

Taş duvarın taşıyıcı eleman olarak kullanıldığı yapılara Anadolu’nun genelinde rastlanmaktadır. Taşın esas yapı malzemesi olduğu bölgeler, Ege ve Akdeniz sahili, Güneydoğunun Kuzey Suriye ile geleneksel ilişkisi olan kısımları, Orta Anadolu’da Erciyes çevresindeki volkanik topraklar üzerine kurulmuş Niğde, Kayseri, Nevşehir illeri ve Doğu Anadolu’dur. Bodrum’dan doğuya doğru uzanan kıyılarda, güzel örneklerine Bodrum civarında, Marmaris, Fethiye ve doğuda Silifke’de rastlanan ve Akdeniz adalarıyla aynı karakterde, kübik, az pencereli, beyaz badanalı konutlar Akdeniz Bölgesi’nin kendine has yapılarıdır. Resim 2.3’te Akdeniz Bölgesi’ne ait ev örneği görülmektedir. Çukurova dolaylarından öteye, Gaziantep, Maraş, Urfa, Mardin ve Diyarbakır gibi illerde, daha anıtsal, düz çatılı, dışa kapalı bir konut şekli hakimdir. Urfa, Diyarbakır sokaklarında bulunan bu ev tipinin, yüksek sağır bir alt yapı, alt kat üzerine hafif taşan bir üst kat, içerde kapalı avluya açılan bir plan düzeni ile taş işçiliğinin güzel örneklerini görmek mümkündür. Resim 2.4’te Diyarbakır mimarisine ait evler görülmektedir [6].



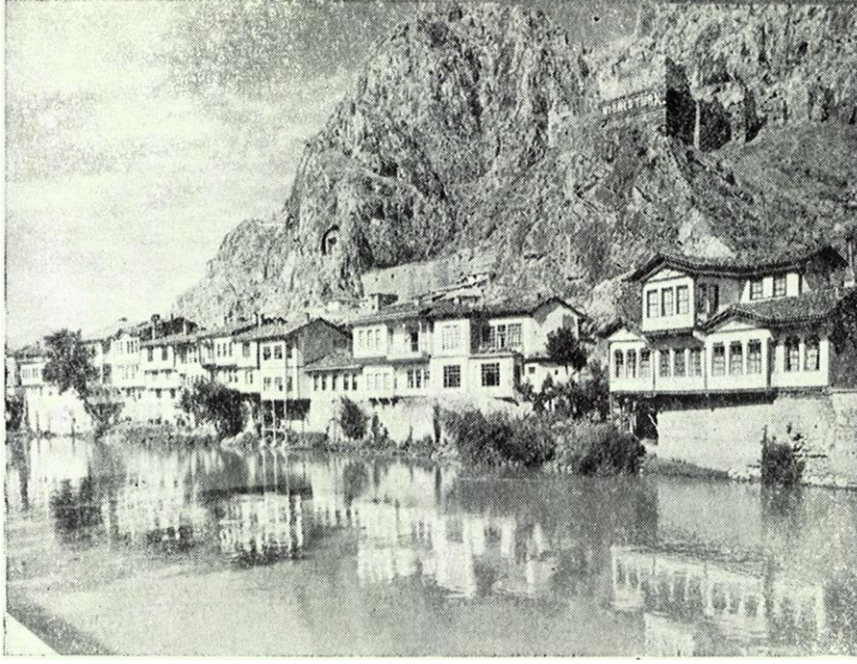
Resim 2.3. Akdeniz mimarisine ait bir örnek [6]



Resim 2.4. Diyarbakır mimarisine ait bir örnek [6]

Ahşap taşıyıcı sistemi

Ahşap kullanılarak oluşturulan yapı sistemi Türkiye’de yaygın olarak kullanılmıştır. Kuzey Anadolu’nun en doğu ucundan Marmara bölgesine, Batı Anadolu’da Bursa ve Kütahya illerinden Manisa ve kısmen Muğla’ya geçerek, bütün Batı ve Orta Toroslarda ve bu büyük çevre şeridi ile sınır olan bölgelerde ahşap yapı sistemleri bolca kullanılmıştır. Resim 2.5’te Amasya Bölgesine ait ev örnekleri görülmektedir [6].

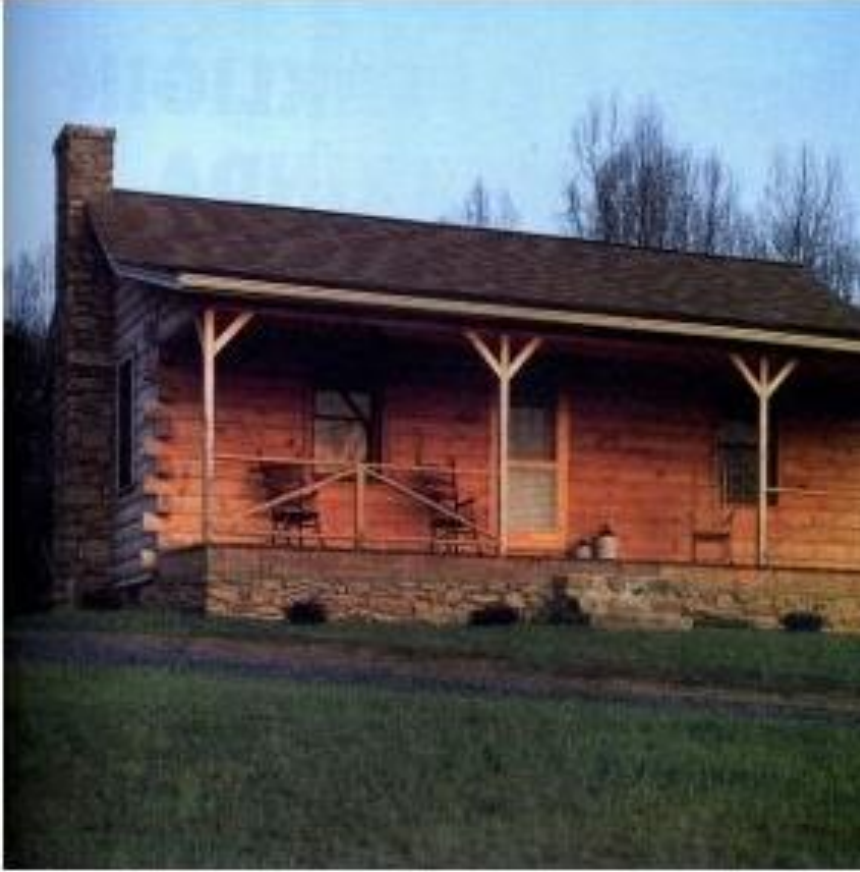


Resim 2.5. Amasya bölgesine ait ev örnekleri [6]

2.1.4 Ahşap ev yapımında kullanılan taşıyıcı sistemler

Kuzey Anadolu Bölgesi ahşap evleri genel olarak incelendiğinde Yığma - Ahşap, Karkas - Ahşap ve Karma Sistem olmak üzere 3 tür yapı sistemi kullanıldığı görülmektedir [7].

Ahşap yığma sistem: Ormanlık alan bakımından zengin olan yerlerde kullanılan bir taşıyıcı sistemdir. Bu sistem, düşey taşıyıcılar olmadan ahşap malzemelerin birbirleri üzerine çeşitli geçme teknikleri ile bindirilmesi şeklinde oluşturulmuştur. Bu sistemde ahşap, hem taşıyıcı hem de yalıtım malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu bölgede yığma sistemle inşa edilmiş yapılar, fiziksel bir işleme tabi tutulmadan basit bir taş temel üzerine zıt yönlerde üst üste dizilmiş veya kütüklerin düzgün bir şekilde kesilerek geçme tekniği ile üst üste oturtulması şeklinde yapılmıştır. Trabzon ve doğusunda “taraba” adı verilen tahta yığma olarak yapılan evlere rastlanmaktadır. Ahşap yığma sistemle yapılan yapılar sınırlı kullanıma olanak vermektedir. Resim 2.6’da Ahşap Yığma Sistem örneği verilmiştir [8].



Resim 2.6. Ahşap yığma sistem örneği [9]

Ahşap karkas sistem: Ahşap karkas sistem, kuruluşunun hafif olması, çok katlı yapılar inşa edilebilmesi, mimari çözümler bağlamında kolaylıklar getirmesi nedeniyle çok kullanılmıştır. Bu sistem, ahşap iskelet çatma ve ahşap iskelet dolma (hımış) olmak üzere iki şekilde kullanılmıştır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ahşap iskelet çatma yöntemi kullanılmış, 17. ve 18.yy'da yapılan evlerle 19. yy'da yapılan evler yapısal olarak benzer özelliklerdedir. Ahşap yapılarda yükü, temel duvarlarına ileten taşıyıcı elemanların düşey olarak kullanılması temel prensip olmuştur. Temel duvarları belli bir düzeyde olduktan sonra çatma yapı kullanılmıştır. Dolgu tekniğine göre üç şekilde kurulmuş olan cephe; blok ahşap dolgulu, göz dolma ve muskah dolma olarak düzenlenmiştir [7]. Resim 2.7'de Ahşap Karkas Sistem ev örneği görülmektedir.



Resim 2.7. Ahşap karkas sistem ev örneği [10]

Blok ahşap dolgu; ahşabın yatay olarak üst üste dizilerek dolgu malzemesi olarak kullanılmasıyla elde edilmiştir. Bina yüzeyinin oluşturulabilmesi için, dolguların ana taşıyıcılarla birlikte yapılmaları gerekmiştir. Bu sebeple, dolgu elemanları taşıyıcı sistemde açılan oluklara geçirilerek sorun çözülmüştür. Ahşabın bol olduğu iç kesimlerde görülmüştür [7].

Göz dolma; bu yöntemde taşıyıcı sistemim yatay ve düşey bağlantıları düz bir biçimde yapılarak, araları küçük parçalarla bölünmüştür. Yapı, yandan gelebilecek darbelere karşı dayanabilmesi için köşelerden yan çalmalarla desteklenir. Göz dolma tipi evlere Sürmene-Hopa arasındaki kıyıya yakın kesimlerde rastlanmaktadır [7].

Muska dolma; taşıyıcı sistemin çapraz parçalarla bağlanması ile küçük üçgenler oluşur. Bu yöntemi göz dolma yönteminden ayıran özelliği, geçme tekniği yerine metal tespit elemanları kullanılmasıdır. Bu tip evlerin bazılarında, dış yüzey ana taşıyıcılar dışında tamamen sıvanmış; bazılarında ise üçgen boşlukların içindeki taşların üzeri sıvanmıştır. Trabzon-Rize arasında bu tip ev örneklerine rastlanmaktadır [7].

Ahşap iskelet dolma (hımış); kereste gibi geniş çapta direk ve kiriş malzemesinin bulunması, evlerin masif bir çatki sisteminde yapılmasına imkan vermiştir. Çoğu zaman çatkının temelini oluşturan ahşaplar, az yontulmuş tomruk şeklinde bırakılmıştır. Evler genellikle

masif ve yüksek bir zemin kat üzerine oturtulmuştur. Üst kat duvarları dolma şeklindedir. Tuğla dolgu ile beraber kerpiç dolgu da kullanılmıştır [7]. Resim 2.8’de Geleneksel hımış yapı örneği görülmektedir.



Resim 2.8. Geleneksel hımış yapı örneği [11]

Karma yapı sistemi: Bu sistem, farklı yapı sistemlerini bir arada bulundurduğu için bu adı almıştır. Karma yapı sistemi, Karadeniz’de sıkça kullanılmaktadır. Ahşap evlerin temelleri veya bodrum katlarının duvarları kargir yığma şeklinde olup, üst katta ahşap yığma ve ahşap karkas sistem kullanılmıştır. Doğu Karadeniz Bölgesi’nde bu tip ev yapımında; temin edilmesinin kolaylığı, yağmura ve rutubete dayanıklı olması, kolay alev almaması ve kurt işlemeyecek kadar sert olmasından dolayı kestane ağacı tercih edilmiştir. Ancak kestane ağacının zamanla kararması ve pahalı olması sebebiyle bunun yerine kızılâğaç, pelit, çam ve köknar da kullanıldığı görülmektedir [7].

2.1.4. Ahşap ev yapımında kullanılan malzemeler

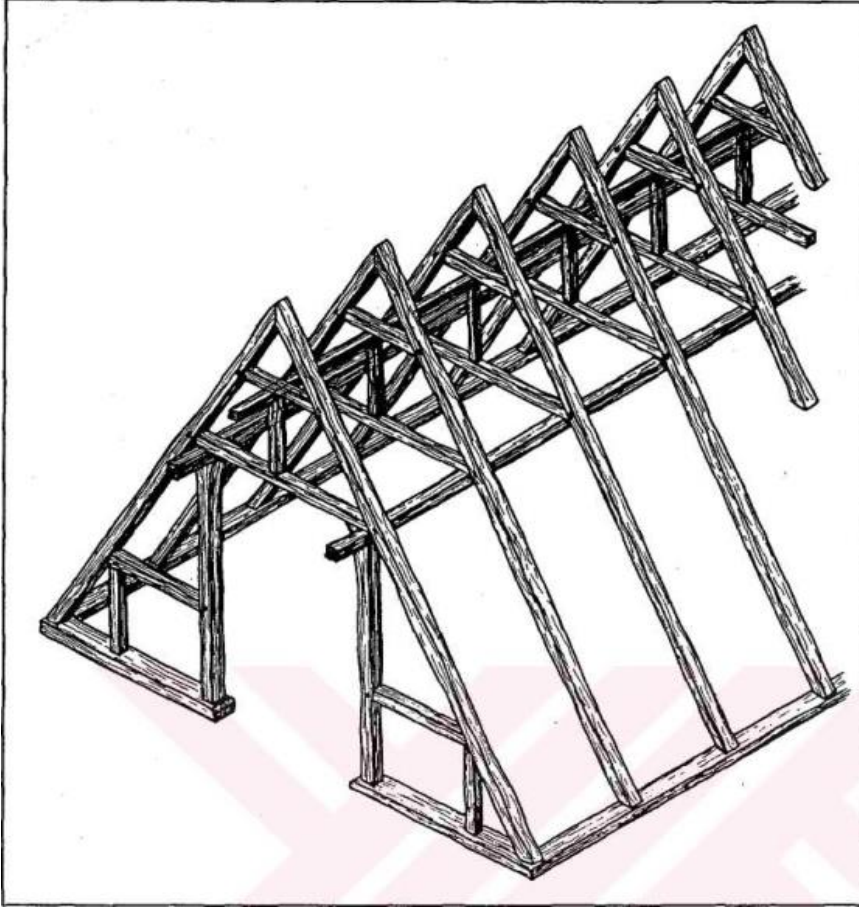
Ahşap ev yapımında doğal olarak ahşap malzeme kullanılmaktadır. Ancak ahşap doğal bir malzeme olduğundan çevreden kaynaklanan veya büyümeye dayalı budak, yarık, peşlenme, eğik lifler gibi bazı kusurlar bulunmaktadır. Ahşaptaki bu kusurları gidermek ya da minimum düzeye indirmek için ve daha da önemlisi büyük ve geniş boyutlu elemanlar elde etmek için laminasyon tekniği geliştirilmiştir. Ahşap parçaların uç uca, yan yana ve üst üste tutkal sürülerek eklenmesiyle oluşan malzemeye “lamine ahşap” malzeme denir. Kolon,

kiriş, kemer, döşeme, duvar panelleri vb. gibi yapı elemanları bu teknik ile üretilebilmektedir [12].

2.1.5 Farklı ölkelere ait ahşap ev örnekleri

İngiltere

İngiltere’de kışlar yumuşak, yazlar serin ve yağışlıdır. Tipik olarak okyanus ikliminin özelliklerini gösterir. Dairesel ve dikdörtgen planların kullanıldığı Sakson evleri ahşap çerçevesi sistemlerin ilk ilkel yapı örnekleridir. Taşıyıcı sistem, hepsi merkezde birleşecek şekilde her köşeye oturtulmuş iki kutuplu çerçeveden oluşmaktadır. Taşıyıcı elemanlar (mertekler, dikmeler, bırakma kirişi) kolay kaldırılabilmesi için, kutu şeklinde birbirlerine bağlanmıştır. Genellikle duvar iskelet sistemi yumuşak ahşaplarla ve geçmelerle birleştirilmiştir. Britonlar bu metodun ilkel halini dairesele kulübelere alternatif olarak kullanmıştır. Birleştirmeler, ip veya ağaç şeritlerle çatı üstüne kabaca tutturulmuştur. Basit bir teknik olması ve kolay genişletilebilmesi bu sistemin kullanımını kolaylaştırmıştır. Bu metot, kutu çerçeve sistemler yaygınlaşana kadar devam etmiştir. İngiliz ahşap sistemine en büyük katkılardan bir tanesi de Saksonlar’ın büyük kesitli ahşap çalışması olmuştur. Avrupa’da ilk dönemlerde aks ölçüsüne sahip ve “Bay” denilen bir yapı sistemi kullanılmaktaydı. O dönemde birçok açıklıkla yapılmış olan Sakson evleri 3, 4 veya 5 yatak odasına sahipti [13];



Resim 2.9. Sakson evlerinde büyük ahşaplarda kurulmuş ilk sistem [14]

“Açıklık” ve “aks” terimleri günümüzde de planların anlaşılması noktasında kolaylık sağlamaktadır. Aks sistemi modern, çelik ve betonarme yapılarda ne ise katedral ve kiliselerde de odur. Bu sistemde strüktürün yükünü taşıyacak kolonların yerleri tespit edilirken, ahşap yapılarda da bağlantıların yapılacağı açıklıklar belirlenir. Cross çerçeveler İngiliz ahşap yapı sisteminin önemli bir parçasıdır. Zaman içerisinde gelişme gösteren cross çerçeve sistemler bir yapının hangi dönemde yapıldığı hakkında bilgi verir. Cross çerçeveleri önemli yapan bir başka unsur da çatı bağlantı ve örtülerinin de yapının yapıldığı döneme ait bilgiler vermesidir [15]. Resim 2.9’da Sakson evlerinde büyük ahşaplarda kurulmuş bir örnek görülmektedir.

Japonya

Japonya bulunduğu konum itibarıyla iklimin kuzeyden güneye büyük değişiklik gösterdiği bir ülkedir. Ülkenin %75’i ormanla kaplıdır ve orman çeşitliliği oldukça fazladır. Bundan

dolayı; tapınak, sunak ve kalıcı binalar gibi tüm yapılarda ahşap kullanılmıştır. Japonlar “KEN” adı verilen, dünyada hiçbir modüle ve standart ölçüye uymayan bir modül kullanmaktadır. Bu modül estetik, oransal ve ekonomik değer olarak kullanımda başarılı olmuştur. "Ken" modülü zamanla gelişmiş ve 6,5 shaku (1.970 mm =6,5 ft.) olarak değer almıştır. Ayrıca inaka-ma ölçüsünde Ken (kasabadaki kolon aralığı) = 6 shaku'dur. 6 shaku ölçü birimi pratikte 6,5 shaku'dan daha kullanılır olması sebebiyle, Japonya'nın tamamında kullanılmıştır. Mimari olarak da “Jö” denilen ve 10 shaku'ya eşit olan ölçü kullanılmaktadır. “Tatami” modülü, geleneksel Japon evlerinde tavan ve döşeme ile yükseklik ve bölmeleri belirler. Böylece bu modülün sayısı ve düzeniyle evin büyüklüğü belirlenir [15]

Orta Avrupa – Kuzey Avrupa

Avrupa'da ahşap evlerin geçmişten günümüze yaşamsal sürecini etkileyen unsurlardan birincisi çevresel koşullar yani doğal çevredir. Buna bağlı olarak Orta ve Kuzey Avrupa'da inşa edilen birçok yapı bulunmaktadır. İkincisi, bir yapının yük taşıyıcı bölümünü ifade eden "Strüktürel Sistem"dir. Konut yapımında temel olan kavramlardan biridir. Üçüncüsü ise , "Volümetrik Kompozisyon" adı verilen ve yapının hacimsel olarak tek veya birçok çatı altında toplanmasının belirlenmesidir. Bu kompozisyon belirlenirken çatının binalar düzeni içinde aldığı yer oldukça önemlidir. Beşik çatı kullanımı, kalkan duvar varlığı, saçak ve balkonlardaki simgecilik belirtisi öğeler yapıların sınıflandırılmasında önemli özelliklerdir [15].

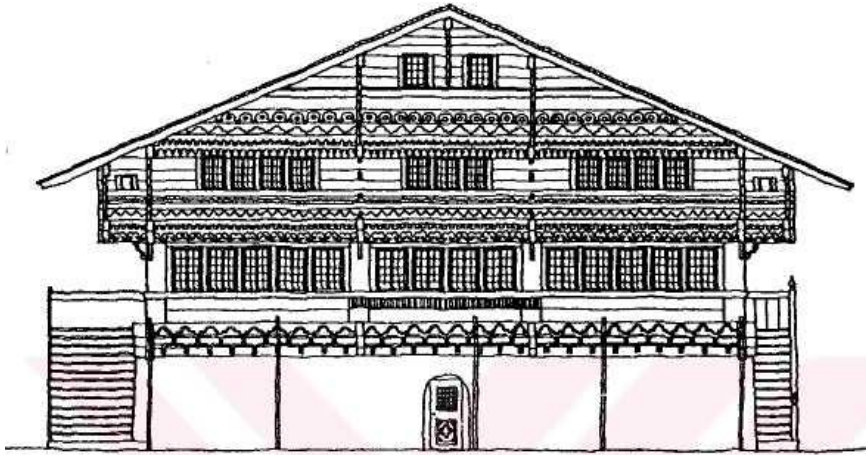
Avrupa'da ahşaba dayalı duvar inşaatında üç ana tip bulunmaktadır:

- Yığma Ahşap: Birbiri üzerine yatırılan ve köşelerden birleştirilen masif ahşaplardan oluşmaktadır.
- Dikme Kalas: Ahşap dikmelerin arasına yerleştirilen tahta kalaslardan oluşmaktadır.
- Ahşap Çerçeve Sistemler: Duvarların yapıyı dış ortam şartlarından ayırdığı hem de kendi kendini taşıyabildiği sistemlerdir.
- Ahşap çerçeve sistemlerin oluşumunda da yapının boyutları, iskeletin stabilitesi, mekansal uyum, yatay ifade gibi etkenler önemli rol oynamaktadır [16].

Bir ahşap yapının içinde bulunduğu doğal çevre, yapının bu çevreye uyumu, kullanılan ahşabın özellikleri, kullanılan yapı sistemi ve karma yapı sistemlerinin kullanıldığı tekniklerin üretilmesi önemlidir [15]

İsviçre

İsviçre, coğrafi konum itibariyle Jüra, Mittelland (orta ülke) veya Yayla ve Alpler olmak üzere üç bölgeye ayrılmaktadır. Alpler ülkenin % 58,5'ini kaplamaktadır. Alp bölgesinde iklim serttir, ancak Alp'lerin kenarına dizilen göl ve vadilerde iklim koşulları daha yumuşak ve elverişlidir. Mittelland, ülkenin %31,5'ini kaplayan bölgedir ve karasal okyanus iklimine sahiptir. Jüra ise ülkenin %10'unu kapsar. Bol yağış alan bölge yaylalardan, bitki örtüsü de çayır ve iğne yapraklı ormanlardan oluşur. İsviçre Alplerinde Bern Alplerinin kuzeyi ve güneyi olarak iki özel bölgeyi ele alacak olursak her iki bölge de masif ahşap (yığma) yapılar açısından çok zengindir. Ancak, yapısal karakteri bölgeler arasındaki biçimsel farklılıkları ön plana çıkarmaktadır. Bu bölgelerden Simmental, Bern Alp'lerinin kuzeyinde, Valais ise güneyindeki iki bölgedir [13]. Şekil 2.1'de karakteristik İsviçre evi örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Karakteristik İsviçre evi, darstetten [15]

2.2. Yapılara Etki Eden Yatay Kuvvetler

2.2.1. Yapılara etki eden rüzgar yüklerinin hesabı

Ülkemizdeki yapıların büyük bir kısmının, ağır yapılar olarak nitelendirilen betonarme yapılar olmasından dolayı, rüzgar yükleri diğer yüklere göre daha az önemsenmiştir. Betonarme yapılarda da çatıların uçması ve kalkan duvarlarının yıkılması gibi birtakım olaylar görülmektedir. Bu durum beraberinde mal ve can kaybını getirmektedir. Bursa'da 30 Ocak 2015'te başlayıp 3 gün aralıksız devam eden Lodos çöken veya uçan çatıları, savrulan tabelaları, cephe kaplamalarını, kırılan camları, devrilen tırları, göçen kule vinçlerini ülke

gündemine getirmiş ve rüzgar yüklerine gerekli ehemmiyetin verilmesi gerektiğini ortaya koymuştur [17].

Hareket halindeki havanın hızından ve kütesinden dolayı; hareket enerjili barındıran hava durağan bir cisimle karşılaşır ya hava akışı durur veya yönü değişir . Bir cismin herhangi bir yüzeyindeki rüzgar basıncının şiddeti; cismin geometrisine, rüzgarın geliş yönüne, rüzgarın hızına ve havanın yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Zemin yüzeyinde bulunan pürüzler ve engeller rüzgâr hızını azaltmakta, yükseklik arttıkça hız artmakta ve gradyan yüksekliği olarak adlandırılan yükseklikte rüzgâr hızı maksimum değerine ulaşmaktadır [17].

Yapıların hesap ve tasarımı yapılırken Kasım 1997’de yürürlüğe giren ve halen yürürlükte olan “TS 498-Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri” standardı kullanılmaktadır. Bazı özel durumlarda ise ASCE 7-10 gibi yabancı yönetmeliklerden yararlanılır. TS 498 standardı; betonarme, çelik, yığma, ahşap gibi bütün yapı taşıyıcı sistemlerinde kullanılabilir. Köprü, vinç, yüksek baca, yayın-iletişim kuleleri ve yüksek gerilim hatları gibi yapılar için özel şartname ve standartlar kullanılmaktadır. Rüzgâr yükü, her yönde en büyük değerinde tesir ettiği düşünülerek hesaplamalar yapılmalıdır. Rüzgâr doğrultusu genellikle yatay kabul edilir [17].

Yapıları etkileyen rüzgar yükünün hesaplanması (W)

Bir yapının geometrisi ile rüzgâr yükünün hesap şeklini etkiler. Hesap yapılırken basınç, emme ve sürtünme kuvvetleri beraber düşünülür. Bir yapının tümüne etki eden rüzgâr yükü (2.1) denklemi ile hesaplanır [18].

$$W = C_f \cdot q \cdot A \quad kN \quad (2.1)$$

Bu hesapta kullanılan,

C_f =Aerodinamik yük katsayısı

q = Emme (hız basıncı) kN/m^2

A = Etkilenen yüzey alanı, m^2

Aerodinamik yük katsayısı (C_f)

TSE 498' e göre C_f yani yük katsayısı bir yapının şekline ve rüzgâr yönüne göre değişir. Bu değer rüzgar kanalı deneyinden bulunur.

Rüzgar basıncı (w)

TSE 498' e göre Projeler yapılırken rüzgâr basıncının değişimi yapılara etki eden rüzgâr yüklerini doğrudan değiştireceği için buna hassasiyet göstermek gerekir. Rüzgâr basıncı (2.2) denklemi ile bulunur:

$$w = C_p \cdot q \quad kN/m^2 \quad (2.2)$$

q = Rüzgar basıncı kN/m^2

C_p = Emme katsayısı

C_p , hangi yüzey için kullanılacaksa rüzgârın esme yönüne göre alınır. Rüzgar basıncının dik olarak etki ettiği kabul edilir.

Duruma göre değişken olabilen emme ve/veya yapı genişliği b , için rüzgar basıncı hesabı

$$W = C_f \cdot \sum_{i=1}^n (q_i \cdot A_i) \quad (2.3)$$

denklemi ile yapılır.

q_i = Emme, kısım (i)'de

A_i = Alan, kısım (i)'de

Mertek, aşık, cephe elemanı gibi tek olan yapı elemanlarında rüzgar basıncı değeri $\frac{1}{4}$ oranında artırılır.

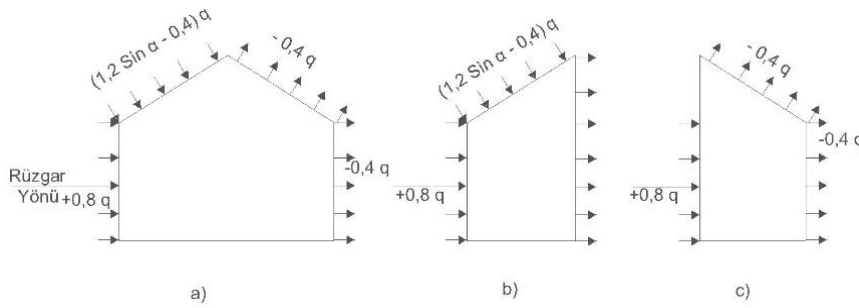
Emme (hız basıncı)(q)

$$q = \frac{\rho v^2}{2g} \quad kN/m^2 \quad (2.4)$$

denklemini ile (2.4) hesaplanır. Hava birim hacim ağırlığı $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ olarak alınır hız (v) da m/s cinsinden yerine konursa (2.5) denklemindeki gibi olur.

$$q = \frac{v^2}{1600} \quad \text{kN/m}^2 \quad (2.5)$$

TS 498 bakıldığında yapıların zeminden yüksekliği 0-8 olduğunda rüzgar hızı (V) 28 m/s, emme (Q) ise $0,5 \text{ kN/m}^2$ olmaktadır [18].



Şekil 2.2. Kare Kesitli ve Eğik Çatılı Kapalı Yapılarda Ana Taşıyıcı Sistem Yönünde Rüzgar Yükünün Dağıtımını

TS 498 standardı çizelge 6'ya bakıldığında bu çalışmadaki çerçeve sistemin duvarlarla kaplı bir yapı olduğu ve rüzgarın yapıya dik açı ile geldiği düşünüldüğünde, C_f katsayısının 1,2 ve birim alana etki eden rüzgar yükünün $W = 0,6 \text{ kN/m}^2$ olduğu okunmuştur. Bu şekilde bakıldığında tablodan 1.1.1 satırının uygun olduğu görülmüştür. C katsayısı 1,2 ve rüzgar yükü de $W = 0,6 \text{ kN/m}^2$ olarak tablodan okunmuştur. Şekil 2.2'de ana taşıyıcı sistem yönünde rüzgar yük dağılımı gösterilmiştir.

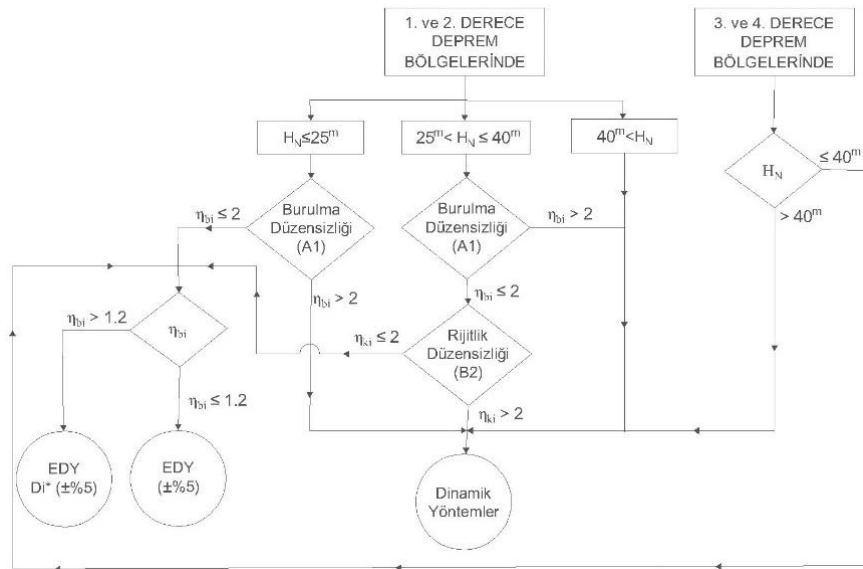
2.2.2. Yapılara etki eden deprem yükünün hesabı

Depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkat edilmesi gereken birkaç husus vardır. Bunlar; hafif şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan parçaların zarar görmemesi, orta şiddetli depremlerde zararın kısıtlı ve düzeltilebilir durumda olması ve şiddetli depremlerde de can kaybı oluşmasına engel olmak için kalıcı zararların azaltılmasıdır [19].

Deprem yükünü hesaplamak için iki ana yöntem vardır:

- a) Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (EDY)
- b) Dinamik Yöntemler (DY)
 - 1. Mod Birleştirme Yöntemi
 - 2. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Dinamik yöntemler basit ve karmaşık bütün yapıların deprem yük hesabında kullanılabilir. Fakat deprem bölgelerindeki binaların yapı yüksekliği ve proje safhasındaki düzensizliklere bağlı olarak farklı hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu durum Şekil 2.3'te verilen akış şemasında gösterilmiştir [19].



Şekil 2.3. Deprem yükü hesaplama yönteminin belirlenmesi [19].

H_N : yapı yüksekliği

η_{bi} : burulma düzensizliği katsayısı

η_{ki} : rijitlik düzensizliği katsayısı

D_i : ek dış merkezlik büyültme katsayısı

Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Projelerin uygulanmasında büyük yapılarda genellikle “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi” kullanılabilir.

Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi (V_t)

Yapının tümüne etki eden Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) V_t (2.6) denklemi ile hesaplanır.

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10 A_0 I W \quad (2.6)$$

Binanın deprem hesabına katılan toplam ağırlığının (W) belirlenmesi esnasında (2.7) nolu denklem kullanılır.

$$W = \sum_{i=1}^N W_i \quad , W_i = g_i + n q_i \quad (2.7)$$

(7) nolu denklemde,

N: kat sayısı

w_i : binanın i.katının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

g_i : i. kat sabit yükleri toplamı

q_i : i.kat hareketli yükleri toplamı

n: hareketli yük katılım katsayısıdır. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmeliğin [19] Çizelge 3 'inde n katsayısı konut, işyeri, otel, hastane vb. yerler için 0,30 alınmaktadır.

Spektral ivme katsayısı ($A(T)$)

Yapılara etki eden deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak olan spektral ivme katsayısı, $A(T_1)$, aşağıdaki (2.8) nolu denklem ile hesaplanır. Burada;

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) \quad (2.4)$$

A_0 : etkin yer ivmesi katsayısı

I: bina önem katsayısı

$S(T)$: spektrum katsayısıdır.

Deprem bölgelerine göre etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) 0,1 ile 0,4 arasında değişmektedir.

Bina önem katsayısı (I)

Yapılara etki eden deprem yükünün hesabında kullanılan bina önem katsayısı; I, konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları vb. için 1,0 olarak tanımlanmıştır.

Spektrum katsayısı S(T)

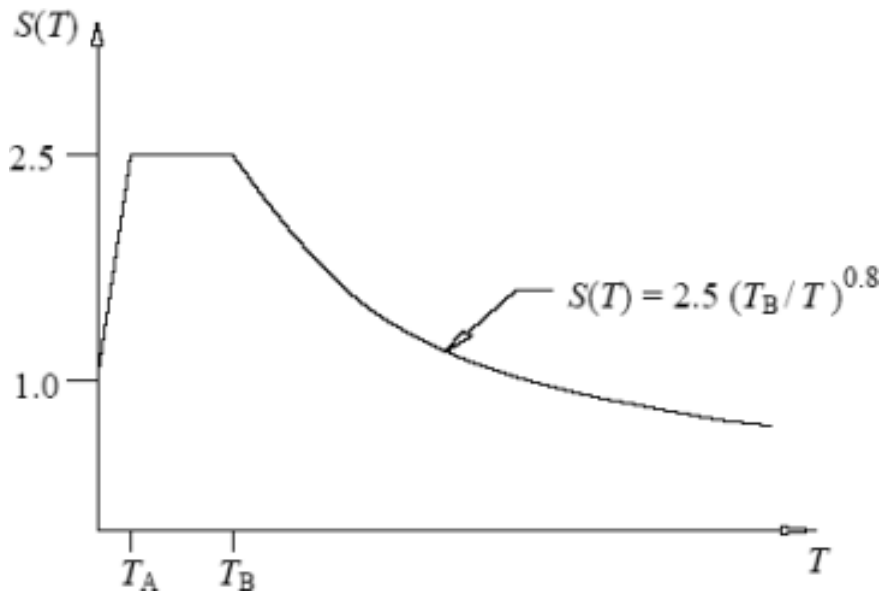
Spektrum katsayısı S(T), (2.9) nolu denklem yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$S(T) = 1 + 1,5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (2.9a)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (2.9b)$$

$$S(T) = 2,5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad (T \geq T_B) \quad (2.9c)$$

Yerel zemin sınıflarına göre spektrum karakteristik periyotlarından T_A ; 0,10 - 0,20 , T_B ise 0,30 – 0,90 olmaktadır. Şekil 2.4’de normalize edilmiş elastik tasarım spektrum gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Normalize edilmiş elastik tasarım spektrumu

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$

Spektral ivme katsayısına göre hesaplanan elastik deprem yükleri, $R_a(T)$ deprem yükü azaltma katsayısına bölünür.

R : yapı davranış katsayısı

T : doğal titreşim periyodudur. Burada $R_a(T)$ değeri (2.10) nolu denklem kullanılarak belirlenir.

$$R_a(T) = 1,5 + (R - 1,5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (2.5a)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T) \quad (2.10b)$$

(2.10) nolu denklemdeki taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , Çizelge 1'te tanımlanmaktadır.

Çizelge 2.1. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı nalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı nalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

Katlara etkiye eşdeğer deprem yüklerinin hesaplanması (F_i)

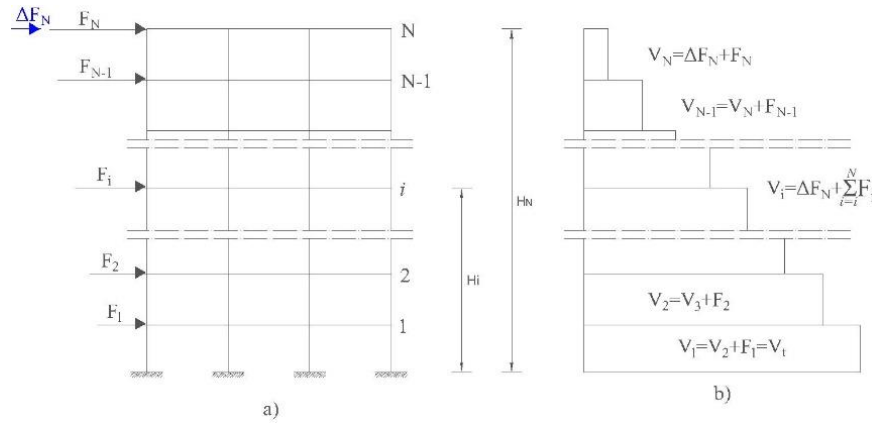
Bina katlarına etki eden toplam eşdeğer deprem yükü (2.11) nolu denklem ile paylaştırılabilir.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (2.11)$$

V_t : toplam eşdeğer deprem yükü

ΔF_N : binanın N.katına etkiyen ek eşdeğer deprem yüküdür. Bu yük, (2.12) nolu denklem ile hesaplanır.

$$\Delta F_N = 0,0075 N V_t \quad (2.12)$$



Şekil 2.5. a) Toplam eşdeğer yükün bina katlarına dağıtılması b) Kat kesme kuvvetleri

Binaların birinci doğal titreşim periyodunun hesaplanması (T_1)

Birinci doğal titreşim periyodu T_1 , (2.13) nolu denklem yardımıyla hesaplanır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (2.13)$$

m_i : binanın i.katının kütlelerini ($m_i = w_i/g$),

F_{fi} : birinci doğal titreşim periyodu hesabında i. kata etkiyen fiktif (hayali) yükü

d_{fi} : binanın i. katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yer değiştirmeyi göstermektedir.

2.3. Konu ile İlgili Önceki Çalışmalar

Lukacs, Björnfor, & Tomasi (2019) yaptıkları çalışmada, ilgili bilimsel makalelerin gözden geçirilmesi yoluyla çapraz lamine ahşap perde duvarlarının tasarımının birçok temel yönünün özetini sunmaktadırlar. Bu makale, tipik olarak dönme veya kayma esnasındaki yanal direnç ile sınırlanan CLT perde duvarlarının yanal kuvvetini değerlendirmek için 10 farklı yöntem ve yer değiştirmesini (sertliğini) değerlendirmek için beş yöntem sunmaktadır.

Metot I, CLT panelinin bükülme deformasyonunu ihmal etmekte iken, diğer yöntemler, toplam perde duvar deformasyonuna katkısı tipik olarak düşük olsa bile, bükülmeyi düşünmektedir. Beklendiği gibi, CLT perde duvarının sertliğinin büyük kısmı, bağlayıcıların sertliğine bağlıdır. Yöntemler benzer sonuçlar verdiğinden karşılaştırılabilir olduğu belirlenmiştir. Mukavemet değerlendirmesi için önerilen yöntemler, gerçek bir yapının fazlalığını tam olarak tanımlamamış tek bir perde duvar konfigürasyonu kullanılarak örneklenmiştir. Birçok pratik uygulamada, doğru sonuçlar elde etmek yerine, bileşenlerin göreceli sertliğini değerlendirmenin daha anlamlı olduğunu söylemek mümkündür [20].

Guíñez, Santa María, & Almazán (2019) yaptıkları çalışmada, sağlam uç saplamaları ve güçlü bağlantı noktaları olan on yedi ahşap çerçeve perde duvarı monotonik ve döngüsel yükler altında test etmişlerdir. Çalışmada, sağlam uç saplamaları ve sağlam bağlantı noktalı duvarların sismik tepkisi araştırılmış ve mevcut tasarım hükümleri incelenmiştir. Yüklemeler altında duvarlarda parçalanmalar meydana geldiğinde çivilerin zorlanması durumunda bağlantı noktalarının önemi üzerine durulmuştur. Duvarların karakteristik eşdeğer viskoz sönümlemesi testlerde benzerlik göstermiştir. Döngüsel yükleme, nihai ve verim yer değiştirmelerinde bir azalma sağlamıştır. Dayanım duvar özelliklerine bağlıdır ve duvarın veya yükleme geçmişinin onları etkileyen yönleri vardır. Döngüsel yükler, monotonik yüklemeye göre kayma dayanımının % 8 ila 16'sı arasında bir artış üretmiştir. 50 mm çivili duvarlar, beklediği gibi, 100 mm çivili duvarlardan daha büyük bir dayanıma sahiptir. Sertlik esas olarak duvar uzunluğuna bağlıdır. Döngüsel veya monotonik yüklemeye maruz kalan duvarların başlangıç sertliği bakımından hiçbir fark yoktur. Şili'deki Sismik Tasarım Kodunun geçerli sınırından daha büyük bir sapma sınırı ahşap binaların tasarımında kullanılabilir. Ahşap çerçeve duvarlarının hasarsız tepkisine karşılık gelen % 0,4'lük bir sapma limiti önerilmiştir [21].

Hristovski, Mircevska, Dujic, & Garevski (2018) yaptıkları çalışmada, farklı sertlikte ve özdeş kütleye sahip iki farklı XLam panel sistemi örneğinin, sismik eylemler altındaki davranışlarını enerji dağıtım yeteneklerinin tahmin edilmesi amacıyla deneysel ve analitik olarak incelemişlerdir. Karşılaştırmalı tam ölçekli çalkalama masası ve analitik incelemelerden, şu sonuçlara varılmıştır. Yapı için eşdeğer viskoz sönümleme, sinüs harmonik çalkalama masası testleri kullanılarak çevrim başına rezonans enerji kaybına göre hesaplanmıştır. Hesaplamanın kendisi, testlerden elde edilen ve IZIIS şirket içi bilgisayar

yazılımı FELISA / 3M (2017) kullanılarak analitik olarak yapılan kuvvet-yer değiştirme diyagramına (histeretik döngü) dayanmaktadır. Bu şekilde, hem deney hem de analitik yaklaşımları kullanan bütünlük bir yöntem sunulmuştur. Sismik uyarılmaya maruz kalan iki üniteli duvar örneğinin biraz daha yüksek enerji dağıtımını nedeniyle, tek cidarlı numuneye kıyasla ortalama olarak biraz daha az yer değiştirmeye neden olduğunu göstermiştir [22].

Jelušić & Kravanja (2018) yaptıkları çalışmada, lamine ahşap kirişlerin farklı kompozit hareketlere sahip eğilme davranışlarını deneysel, analitik ve sayısal yaklaşımlarla incelemişlerdir. Çalışmada, kompozit etkinin sertliğe ve lamine ahşap kirişlerin bozulma yüklerine etkisini değerlendirmek için dört noktalı bükme testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, lamine kirişlerin sert yapışkan bağlanma ile sağlamlığı ahşabın bükülme mukavemeti ile sınırlıdır, elastomerik yapıştırıcının genişlikleri uzundur, bu nedenle yapıştırıcının yapışma hatası oluşmamıştır. Vidalar kirişlerin hiçbirinde arızaya neden olmamış ve dikey vidalı kirişlerdeki vidaların yoğunluğunun iki katına çıkarılması, ortalama arıza yükünü yaklaşık % 20 ve başlangıç sertliğini % 12 artırmıştır. Bununla birlikte, çeşitli yapıştırıcılar için gama faktörlerinin uygun değerlerinin belirlenmesi gerekmiştir, karşılaştırmalar analitik modellerin, sert yapışkan yapıştırırmalı lamine kirişler için vida lamine kirişlerden daha iyi bir tahmin verdiğini göstermektedir. Lamine ahşap kirişlerin doğrusal olmayan eğilme tepkisini karakterize etmek için sonlu eleman modelleri geliştirilmiştir. Her iki sertlik dikey vidalı lamine ahşap kirişlerde olduğundan % 50 ila % 100 daha yüksektir. Bununla birlikte, lamine kirişlerin sert yapışkanla sertliği yukarıda belirtilen iki benzer sertlikten % 50 daha yüksektir [23].

Lu, Zhou, Liao, & Hu (2018) yaptıkları çalışmada, hızlı büyütülmüş küçük çaplı Okaliptüs kereste kullanarak çapraz lamine kereste (CLT) üretiminin uygulanabilirliği üzerinde durmuşlardır. Çalışmada, yapıştırıcı ve astarların, bağlanma performansı ve Okaliptüs CLT'lerin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. EP, EPI, PRF ve PUR yapıştırıcılar, hem ahşap arızası yüzdesi hem de kuru ve ıslak koşullarda kesme ve bloklama mukavemeti ile delaminasyon performansı nedeniyle Okaliptüs CLT'yi üretmek için kullanılabilir. PUR yapıştırıcı, Eucalyptus CLT'nin daha iyi yapışma performansı ve mekanik özellikleri nedeniyle Okaliptüs CLT'yi imal etmek için en iyisidir. HMR ve DMF prime etme işlemi, EP, EPI, PRF ve PUR yapıştırıcıları ile bağlanmış Okaliptüs CLT'lerin bağlanma performansını ve mekanik özelliklerini etkilemiştir. Bununla birlikte, HMR ve

DMF astarlama işleminin, yukarıdaki dört yapıştırıcı ile bağlanan Eucalyptus CLT'nin bağlanma performansı ve mekanik özellikleri üzerindeki arttırıcı etkileri, yapışkan ve astarın bağlanma etkilerine bağlı oldukları için net bir eğilim göstermemiştir. Genel olarak, HMR hazırlama işlemi, özellikle Okuriptüs CLT'nin bağlanma performansını ve mekanik özelliklerini arttırmada, özellikle PRF ve PUR yapıştırıcılarıyla bağlanan Okalıptüs CLT'nin interlaminar kayma mukavemetini önemli ölçüde geliştirmek için etkili olmuştur [24].

Al Sabouni-Zawadzka, Gilewski, & Pełczyński (2018) yaptıkları çalışmada, standart olmayan kirişleri tasarlamak ve değerlendirmek için uygun bir yöntem bulmayı ve Eurocode 5'de açıklanan prosedürlerin bu tür yapılar için geçerli olup olmadığını kontrol etmeyi amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlar, sonlu elemanlar yönteminin, tasarım standardına dahil olmayan kirişler durumunda uygulanması gerektiğine dair net bir sonuç vermektedir. Sunulan parametrik analiz, güçlü ortotropik malzeme özelliklerinin, tepe noktası bakımından, düzleştirilmiş tepe noktası olan ve konsantre yüke göre dağıtılmış yük altındaki kireçlerde daha iyi fark edilebilen, tepe yüksekliğine göre daha küçük stres değişikliklerine neden olduğunu göstermiştir [25].

Pozza, Ferracuti, Massari, & Savoia (2018) yaptıkları çalışmada, yanal deformasyonun tipik tutunma bağlantılarının eksenel davranışı üzerindeki etkisi üzerine deneyler yapmışlardır. Çalışmada, farklı seviyelerde empoze edilmiş yanal deformasyona maruz kalan 15 numunede gerçekleştirilen testlerin sonuçları, sertliğin, yer değiştirmenin ve yük taşıma kapasitesinin, tutmalarda birleşme eksenel kayma etkisinden etkilendiğini doğrulamaktadır. Deneysel veriler, elde edilen F_{max} 'a bağlı olarak deneysel eğrinin doğrusallaştırma noktalarını tanımlayan ve enerji denkliği hususlarına dayanan Eşdeğer Enerji yöntemi olan iki yöntem kullanılarak işlenmiştir. Kullanılan doğrusallaştırma yaklaşımından bağımsız olarak, sonuçlar eksenel-kayma etkileşiminin 7.5 mm yanal deplasman değerine kadar oldukça küçük olduğunu göstermektedir. Maksimum kuvveti elde etmede eksenel yer değiştirmenin uygulanan yanal yer değiştirmeden etkilenmediğini belirtmek mümkündür [26].

Xiao, Doudak, & Mohareb (2017) yaptıkları çalışmada, ahşap kirişlerin elastik yanal burulma kapasitesini araştırmak için deneysel bir program uygulamışlardır. On sekiz tam ölçekli örnek için, ilk önce kayma ve boyuna elastik modülleri belirlemek için tahribatsız

malzeme testleri, ardından bir yanal bükülme testi yapılmıştır. Her örnek için elastik yanal burulma direncini tahmin etmek için bir 3D sonlu eleman modeli geliştirilmiştir. FEA modelinin ahşap kirişlerin elastik yanal burulma kapasitesini güvenilir bir şekilde tahmin ettiği gözlenmiştir. Eurocode, üst kenardan yüklemeli basit destekli kirişler için AFPA yönergeleriyle karşılaştırılmış ve sonuçlar, iki kod tarafından benimsenen yaklaşımın görünüşte farklı olmasına rağmen, her iki kodun çözümlerinin de benzer olduğunu ve FEA'dan tutarlı olarak daha küçük bir bükülme kapasitesini öngördüğünü göstermiştir. Gerginlik ve sıkıştırma kullanmak yerine, üst ve alt kenar yükleme için etkin uzunluk ayarlaması ile ilgili daha doğru ifadeler önerilmiştir [27].

Ogrizovic, Wanninger, & Frangi (2017) yaptıkları çalışmada, yüksek binaların yapımında karşılaşılan problemler olan ağır yük ve daha geniş açıklıklar gibi artan talepleri karşılayabilecek yüksek performanslı bağlantılar üzerinde durmuşlardır. Çalışmada, üç farklı ahşap ürün ve iki farklı eleman kullanılmıştır. Kolonlar, yanal yükler altındaki bir çerçevede bir sütunun yükleme koşullarını simüle etmek için kesme kuvvetine ve bükülmeye maruz bırakılmıştır. Testler, kopma noktasına kadar sütun üzerinde artan yükleme kuvvetine maruz bırakılmıştır. Bağlantılar yüksek moment kapasitesi ve dönme sertliği sağlamıştır. Test edilen numunelerin tümü sünek tepki göstermiş ve diğer yapı elemanlarıyla bağlantılar iyi sonuç vermiştir [28].

Satheeskumar, Henderson, Ginger, Humphreys, & Wang (2016) yaptıkları çalışmada, çağdaş Avustralya ahşap çerçeveli evlerin çatısı ve duvarı arasındaki yapısal tepkiyi ve yük paylaşımını belirlemek için bir dizi tam ölçekli test yapmışlardır. Çalışmada, reaksiyon kuvvetleri ve yer değiştirmeler, tam ölçekli bir test yapısında ölçülmüş ve şu sonuçlara varılmıştır. Yükleme elemanlarında yüklü kiriş desteğinde, yapısal elemanlarla (ör. Kiriş, çıta ve çatı kaplaması) dikey reaksiyon kuvveti, kaplama elemanları (yani tavan, duvar kaplaması ve tavan kornişi) sisteme eklendiğinde yaklaşık % 20 oranında azaltılmıştır. Tam ölçekli testte elde edilen yük dağılımı, ahşap çerçeveli evin içindeki RWC sertliğinin destek ve çıtaların konumlarının bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Tavan, ahşap çerçeveli evin dikey yük paylaşımına önemli ölçüde katkıda bulunmuştur ve aynı zamanda evin RWC'sinin dikey sertliğini, yapısal elemanlarla (yani, makas, çıtalar ve çatı kaplaması) iki katına çıkarmıştır. Bunun nedeni tavanın kendi ağırlığının bağlantının dikey hareketini azaltmasıdır. Astar elemanları (yani tavan, tavan kornişi ve duvar astarı), ahşap çerçeveli

yapının dikey yük paylaşımına önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Bu astar elemanları aynı zamanda evin yükleme yanal dengesini de arttırmıştır. Tavandan duvara korniş ve duvar kaplaması olmadan tavandan duvara bağlantı yapılırken yüksek yanal yük oluşmuştur. Duvar astarı ve kornişli tavan, test yapısına yanal sağlamlığın yaklaşık% 40'ını sağlamıştır [29].

Vogrinec, Premrov, & Kozem Šilih (2016) yaptıkları çalışmada, kompozit ahşap çerçeveli duvar elemanlarının raf sertliğinin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesi için kurgusal köşegenli basit bir matematiksel model geliştirmiştir. Model, ahşap çerçeveli duvardaki yanal kuvvet dağılımını belirlemek için nispeten hızlı bir modelleme işlemi sağlar, basit ve uygun fiyatlı statik ve dinamik programların kullanılmasına izin verir. Bu basit yöntem, her duvarın sunulan model aracılığıyla modellendiği ahşap çerçeveli yapıların 3B modellemesi için uygundur. Yanal kuvvet, her bir duvara, duvarın yatay sertliği temelinde dağıtılır ve tüm sistem, her bir duvar segmentindeki kuvveti hesaplamak için bölümlenmiş perde duvar yöntemine göre ayrı, bağımsız konsol kirişlerinin bir bileşimi olarak davranır. Mekansal bir model kullanılabildiğinden, düzensiz yapılar ve burulma etkisi de dikkate alınabilir. Model ayrıca, elyaf-sıva levhalardaki açıklıkların ve çatlakların etkisine ek olarak, gerilme ve basınç desteği nedeniyle ilave yer değiştirmeler de düşünülmektedir [30].

Kim, Lee, & Lee (2015) yaptıkları çalışmada, geleneksel bir Kore ahşap evin mimari tipini konu alan ancak farklı eklem tiplerine sahip yeni bir Hanok'un yanal sertliği, 1/4 ölçekli örneklerin test sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışmada, yeni Hanok'un eklemi, ahşap elemanları bağlamak için çelik plakalar kullanılmak ve bağlantı tipi, bağlı elemanların boyutuna ve tipine göre farklılık göstermektedir. “T” veya “L” şeklinde plana sahip 1/4 ölçekli numunelerdeki statik yükleme testleriyle, dikey yükün ve hedef yer değiştirmenin etkili yanal sertlik üzerindeki etkisi tespit edilmiştir. Etkin yanal sertlik, hedef yer değiştirmenin artmasıyla azalmıştır. Daha büyük yanal kuvvet nedeniyle daha büyük yer değiştirme, elemanların kaymasına neden olur ve bu kayma etkili yanal sertliği azaltır. Bir 'T' şeklindeki plan numunesi kullanılarak yapılan statik yükleme testine dayanarak, eklem tipine ve dikey yüke göre nispi dönme sertliğini belirleme denklemi önerilmiştir [31].

Cao, Yang, & Law (2015) yaptıkları çalışmada, Euler-Bernoulli ışın teorisine dayanan iki katmanlı bir ahşap ışın sisteminin doğrusal olmayan bir analitik modeli sunmuşlardır. Dört

direnç yük senaryosu, ara yüzdeki kayma ve konektörün kayması dikkate alınarak modellenenabilir. Deformasyonlar, kirişin taşıdığı muntazam dağılmış yük ile doğrudan orantılı olan iki kiriş arasındaki ara yüzdeki sürtünme direncinin azalması ile artar. Bu sistemin enine yük, eğilme momenti ve üst kirişin serbest ucunda ayrı bir eksenel yük altında enerji emme kabiliyeti de incelenmiştir. Antik Tibet yapılarında yapısal çerçevenin önemli bir bileşeni olan bu konsol kirişin enerji yayılma özelliğinin öngörülmesi için dış yüklerin bir kombinasyonu altındayken histeretik döngü de elde edilebilir. Önerilen model, iki ayrı tabaka arasındaki sürtünme kaymasının kaymasının belirli bir kayma düzlemi ile etkisini dikkate almaktadır. İki tabaka ve konektördeki kayma durumu arasındaki sürtünme durumuna bağlı olarak yük direncini sağlamak için dört deformasyon senaryosu vardır (zıvana). Zıvana sürtünme-kayma-kesme mekanizması ile davranışı, iki katmanlı kiriş sisteminin mekanik davranışı için önemlidir [32].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Ahşap malzeme

Deney numunelerinin hazırlanmasında kullanılan ahşap türleri ülkemizde doğal olarak yetişen Sarıçam (*Pinus Sylvestris Lipsky*) ve Sapsız Meşe (*Quercus Petraea*)'dir. Deney elemanları için kullanılacak malzemelerin temini sürecinde budak, ardak, büyüme gibi ağaç malzemelerin yapısında bulunan kusurların olmamasına dikkat edilmiş olup malzemeler 1. sınıf ahşap (kereste) özelliğindedir. Sarıçam ve sapsız meşe malzemeler, Ankara'daki Siteler bölgesinden rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir.

3.1.2. Tutkal

Poliüretan esaslı Desmodur VTKA (Polimarin) tutkallar, suya ve neme dayanıklı olmasından dolayı piyasa araştırmalarında deniz veya su aracı tutkalı olarak da bilinmektedir. Teknik özellikleri bakımından tek bileşenli poliüretan esaslı, içerisinde çözücü içermeyen aktif maddeli bir yapıştırıcıdır [33]. Yapılan testler sonucunda 20 °C ortam sıcaklığında yoğunluğu $1,11 \pm 0,02 \text{ g/cm}^2$ seviyelerinde soğuğa karşı dayanım sağlamaktadır. Viskozitesi 25 °C ortam sıcaklığında 3300 – 4000 cps elde edilmiştir. Ürünün teknik özelliklerine bakıldığında önerilen 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem ortamında 30 dakikada yapışma sağlanmaktadır [34].

3.2. Metot

Deney numunelerinin hazırlanmasında ve deneyin gerçekleştirilmesinde Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mekaniği Laboratuvarı ile ahşap atölyesi ve Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliğinin atölye ve laboratuvarları kullanılmıştır. Yapılan çalışmada, masif ve lamine ahşap ile üretilen 16 adet çerçeve ev sistemlerin farklı yönlerden gelen yatay yükler karşısındaki davranışları incelenmiştir.

3.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Çalışmada, masif ahşap ve lamine ahşap olmak üzere 2 adet, meşe ve sarıçam olmak üzere 2 adet ile önden ve yandan yükleme olmak üzere 2 tip yükleme şekli kullanılmıştır. Bu maksatla hem masif hem de lamine ahşap numunelerden 8'er adet olmak üzere toplamda 16 adet ahşap çerçeve ev deney numunesi üretilmiştir.

Masif ahşap deney numunelerinin hazırlanması

Deney çalışması için ilk olarak kereste malzemelerin dış temizliklerinin yapılması amacı ile çalışma yüzeyleri planya yardımıyla düzeltilmiştir. Yüzeyleri düzeltilmiş ve kalınlıkları ayarlanmış malzemeler, şerit testere yardımıyla modelin parçalarına uygun boyutlarda büyük parçalar şeklinde kesilmiştir. Ardından bu parçaların geniş yüzeyleri planyadan geçirilmiştir (Resim 3.1). Takiben kalınlık makinesiyle 64 mm ve 32 mm kalınlığında geniş ve uzun parçalar elde edilmiş ve bu malzemeler, daire testerede 32 mm genişliğinde kesilerek değişik boylarda çıtalara dönüştürülmüştür (Resim 3.2). Son olarak kesilen çıtalara (çarpılma meydana gelmemesi için) işkence yardımı ile sıkıştırılıp istiflenmiştir.



Resim 3.1. Şerit testere yardımı ile parçalara ayrılan malzemenin planyada yüzey-cumba temizleme işlemi



Resim 3.2. Masif malzemenin kalınlığının ayarlanması için kalınlık makinesinden geçmesi işlemi

Lamine ahşap deney numunelerinin hazırlanması

Lamine deney numunelerinin masif malzemeye kıyasla hazırlanmasındaki tek fark, yüzey temizleme işleminden sonra şerit testere yardımı ile 10 mm kalınlığında parçalara ayrılmasıdır (Resim 3.3).



Resim 3.3. Yüzeyleri temizlenmiş masif malzemelerin 10 mm kalınlığında dilimlere ayrılması

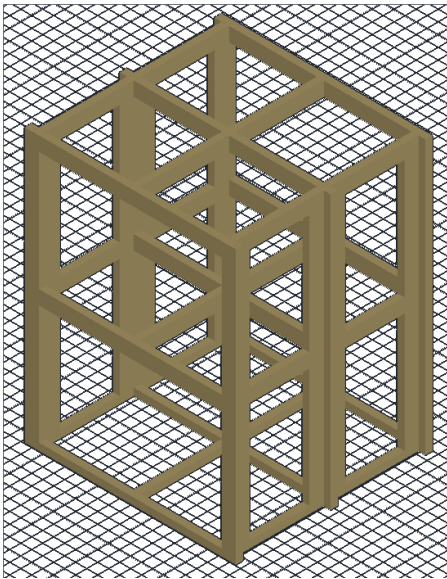
Bu ayırma işleminden sonra geriye kalan malzemelerin tekrardan planya yardımı ile yüzeyleri temizlenmiştir. Lâminasyon işlemi TS EN 386 ve TS 3891'de belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Hava kurusu halinde olan laminasyonu yapılacak malzemeler, 8 mm kalınlığında parçalara ayrıldıktan sonra parçaların arasına Desmodur-VTKA tutkal sürülmüş ve kaymasını önlemek amacı ile kenarlarından çivilenmiştir (Resim 3.4).



Resim 3.4. 8 mm kalınlığındaki malzemelerin tutkallama işlemi

Ardından am için $1,5 \text{ N/mm}^2$ ve meşe için 2 N/mm^2 basınç altında preslenerek katmanların yapışması sağlanmıştır. 64 mm kalınlıkta numune malzemesi elde etmek için 8 katmanlı numuneler, 32 mm kalınlıkta numune malzemesi elde etmek için 4 katmanlı numuneler üretilmiştir. Preslenmiş numuneler, tekrardan parçalara ayrılacağı 3 haftalık süreçte 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 65 \pm 3$ bağıl nem ortamında nemi en fazla $\%12$ oluncaya kadar bekletilmiştir. Bekletilme sürecinde numuneler herhangi bir ahşap kusuru (burkulma, eğilme v.b.) olmaması amacıyla işkence aletleri yardımı ile sıkıştırılıp istiflenmiştir.

Deney ahşap ereve ev numunesi, şekil 3.1’de görüldüğü gibi 2 katlı, 4 örtü erevesi olan 1/5 oranında küçültülerek imal edilmiştir. Ahşap ereve ev numunesi, 124 cm yükseklik, 96 cm genişlik ve 89,6 cm derinlik ölçülerine sahiptir.



şekil 3.1. Ahşap ereve ev deney numunesi

Deney ahşap çerçeve ev numunesi, 9 farklı boyuta sahip parçalardan oluşmaktadır. Her bir ahşap ve her bir yön için ikişer adet numune üretilmiştir. Bu çalışmada Meşe (*Quercus Petraea*) ve Sarıçam (*Pinus Sylvestris Lipsky*) olmak üzere iki farklı ahşap türünden masif ve lamine ahşap teknikleri kullanılarak 4 grup malzeme üretilmiştir. Üretilen toplam on altı deney numunesinin köşe noktası birleştirmelerinde Poliüretan esaslı Desmodur VTKA (Polimarin) tutkal kullanılmıştır. Şekil 3.1’de bilgisayar ortamında çizilmiş ahşap çerçeve ev deney numunesi görülmektedir.

3.3. Deney Düzenegi ve Test Tekniği

Ahşap evler üzerine literatürde birçok araştırma yapılmış olmasına rağmen, ahşap evlerin düzlem çerçeve olarak yanal yüklere maruz bırakılması üzerine pek fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, 2 katlı ve 1/5 ölçeğinde küçültülmüş çerçeve sistemler yatay zorlanma etkilerine tabi tutulmuştur. Deney numunelerine yatay kuvvet uygulayacak cihaz bulunamadığından, laboratuvarında mevcut olan cihaz kullanılarak düşey yüklerin kolona etkisini ve yatay kuvvetlerin kiriş ve döşemelere etkisini sembolize eden diyagonal deney kuvveti uygulanmıştır. Zorlamaların rahatça görülmesi amacıyla özel deney seti imal edilmiştir.

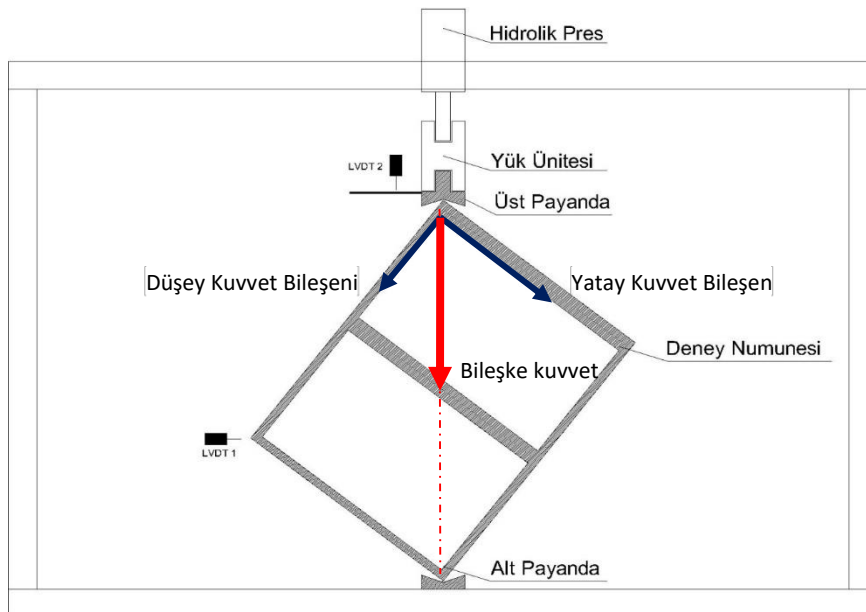
3.3.1. Deney çerçevesi

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mekaniği Laboratuvarında bulunan üstten pistonlu deney cihazına deney numunesinin diyagonal şekilde yerleştirilmesini sağlamak üzere numunelerin cihaza alt ve üstten oturtulacağı üst ve alt payanda özel olarak imal edilmiş ve deney düzenegi Resim 3.5 ile Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Resim 3.5. Deney cihazına yerleştirilen ahşap çerçeve ev deney numunesi

Yükün bu şekilde uygulanması ile ahşap çerçevelerin yanal yükler altında performans etkileri araştırılmıştır.



Şekil 3.2. Deney numunelerinin deney düzeneğinde şematik görünümü

3.3.2. Ölçüm düzeneği

Numunede oluşacak deplasman değerlerinin ölçümünde LVDT (Linear Variable Differential Transformer) cihazı kullanılmıştır. Kullanılan LVDT cihazları santimetrenin binde biri hassasiyetindedir. Deney setinde iki tane LVDT cihazı kullanılmış olup cihazların konumları Şekil 3.2’de görülmektedir.

Deney numunelerine diyagonal yüklemeler yapılırken SG (Strain Gauge) cihazı kullanılmıştır. Kullanılan gerilim ölçer cihazların deney öncesinde ortam şartlarına göre tekrar kalibresi Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mekaniği Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. Deney setinde bir adet Yük ünitesi kullanılmış olup Şekil 3.2’de konumu gösterilmiştir. Yapılan bütün ölçümleri bilgisayara aktarmak amacıyla 8 tane veri yolu bulunan veri toplama cihazı Resim 3.6’da gösterilmiştir.



Resim 3.6. 8 Kanallı veri toplama cihazı

LVDT cihazlarından elde edilen deplasman değerleri düzeltilirken kosinüs teoreminden (3.1) (3.2) faydalanılarak aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$\cos X = - \frac{a^2 - (b^2 + c^2)}{2bc} \quad (3.1)$$

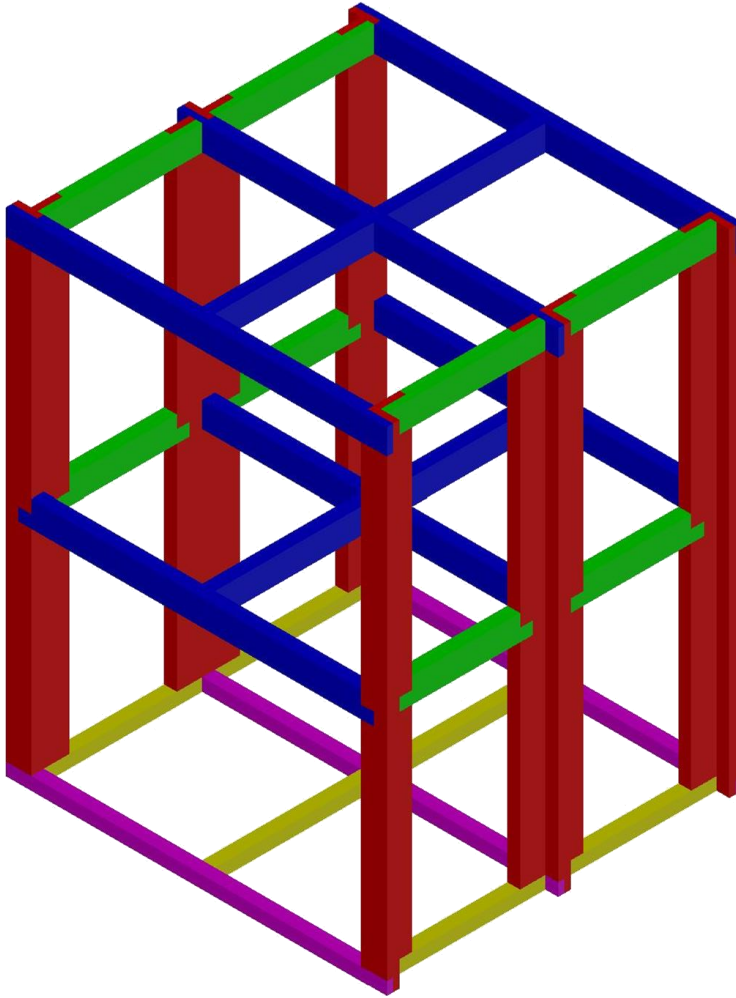
$$\Delta l = \sin (90 - X) \times a \quad (3.2)$$

Eşitliklerde;

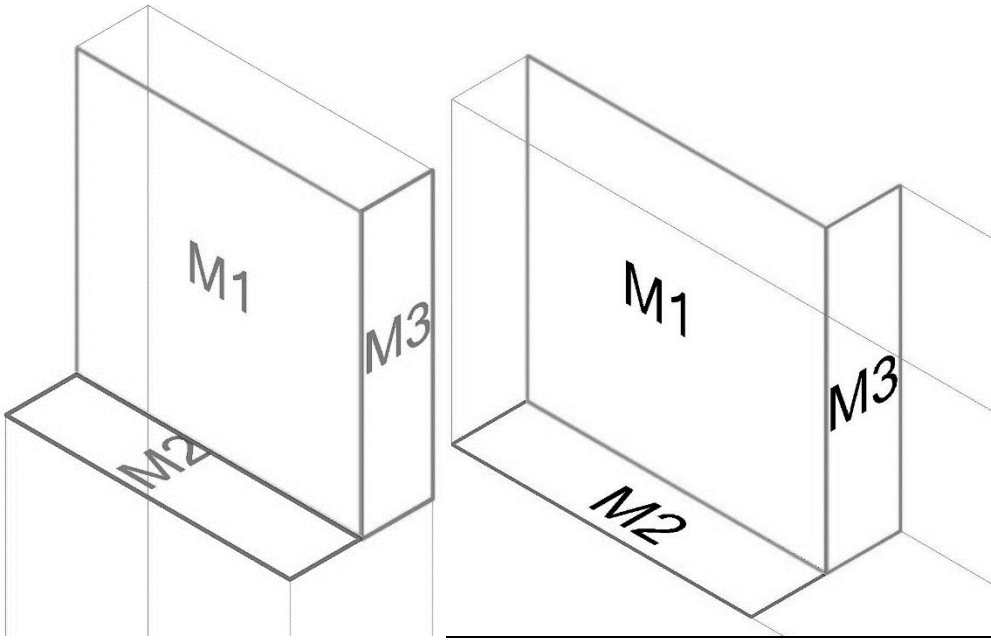
- a Deney numunesinin diyagonal uzunluğu (mm)
- b Deney numunesinin yüksekliği (mm)
- c Deney Numunesinin genişliği (mm)
- Δl Deney numunesinin yanal deplasmanı (mm)

3.4. Teorik Hesaplama

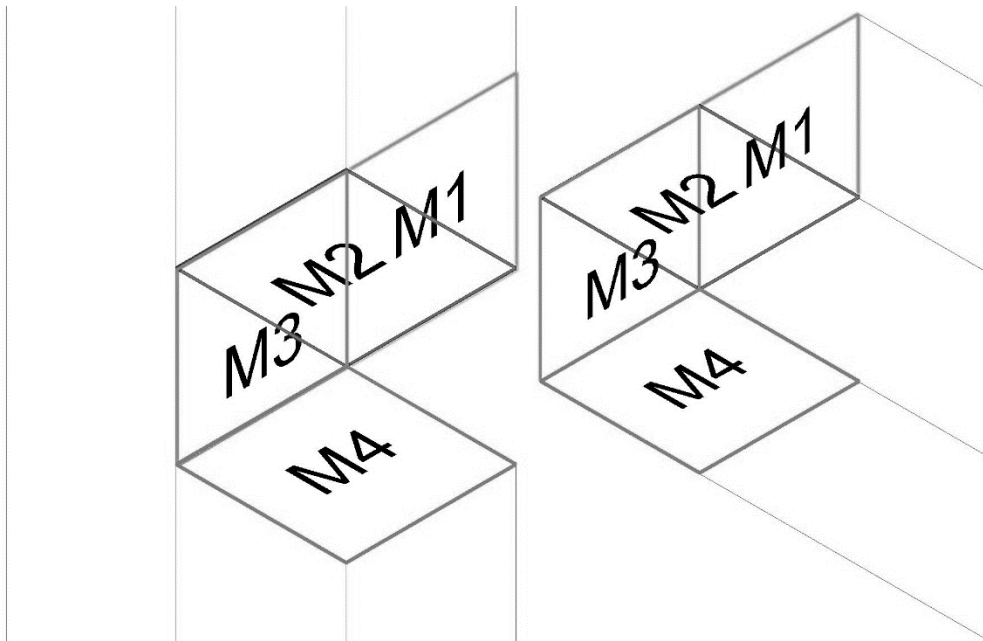
Tez çalışmasında deney numunesi olarak oluşturduğumuz iki katlı binanın boyutları; 620 cm yükseklik, 480 cm genişlik ve 448 cm derinlik olarak kabul edilmiştir. Laboratuvarında 1/5 ölçeğinde küçültülmüş ahşap çerçeve ev deney numunesini imal edebilmek amacıyla ilk olarak bu ev AutoCAD çizim programı kullanılarak çizilmiştir. Burada amaç, imal edilecek parçaların birbirine uyumunu sağlamak ve oluşabilecek olası problemleri çizim programında hemen düzeltmektir. Şekil 3.3'te Autocad programında çizilen deney ev numunesinin perspektif görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Autocad programında çizilen deney ev numunesinin perspektif görünüşü

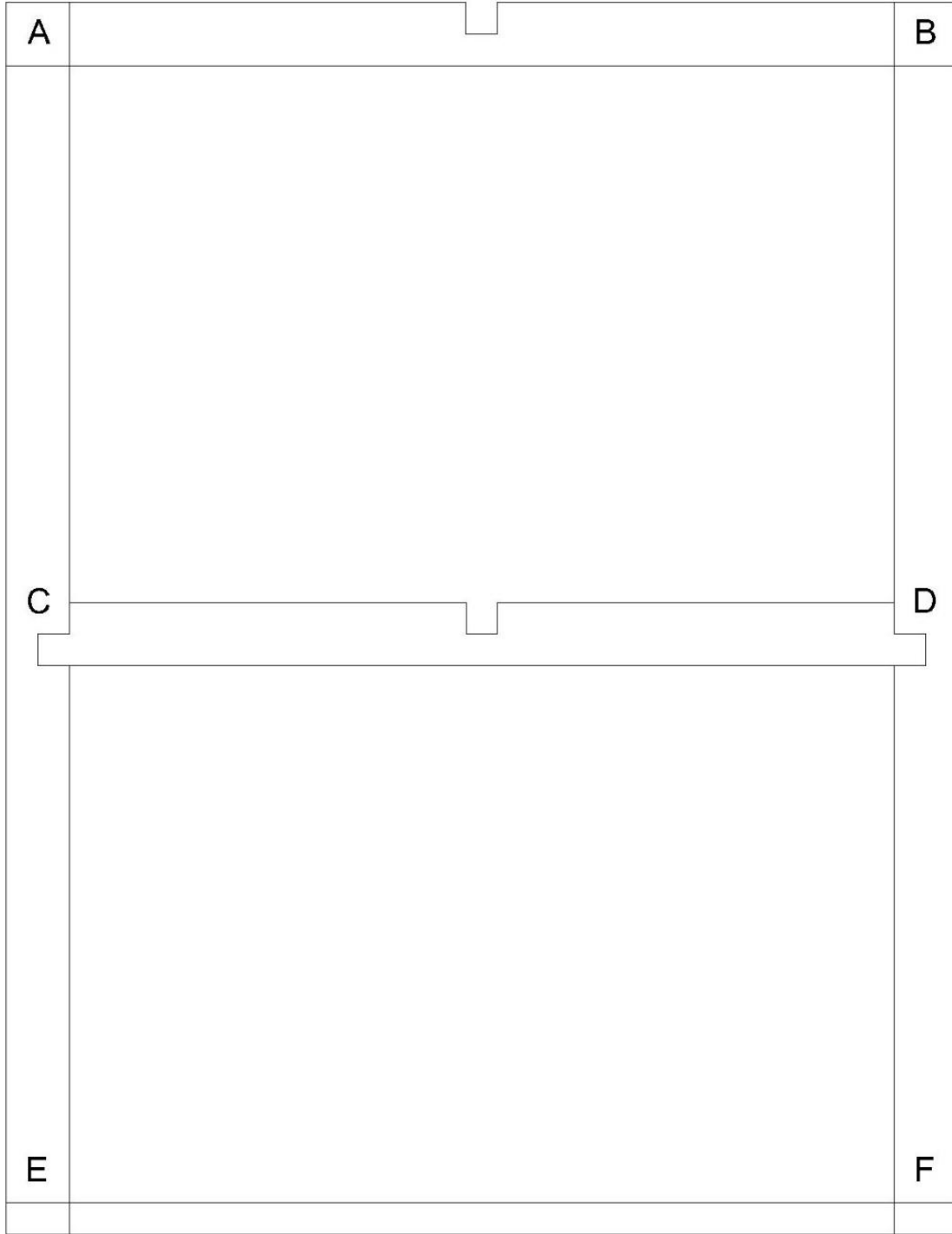


Şekil 3.4. A düğüm noktasına ait alan momenti yüzeyleri



Şekil 3.5. C düğüm noktasına ait alan momenti yüzeyleri

Şekil 3.4’de ana taşıyıcı düzlem çerçeve a düğüm noktasına ait alan momenti yüzeyleri ve şekil 3.5’de ise c düğüm noktasına ait alan momenti yüzeyleri verilmiştir.



Şekil 3.6. Ana taşıyıcı düzlem çerçeve

Şekil 3.6’de ana taşıyıcı düzlem çerçevenin şekli gösterilmiştir. Deney örneklerinin şekilde görüldüğü gibi düğüm noktalarına ait alan momentleri aşağıda gösterilen formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Dış Moment} \leq \text{İç Moment (Yapışma yüzeylerinin toplam alan momenti)}$$

Tutkal ile birleştirilen her bir yüzey alanı için temel moment taşıma denklemi:

$$\text{Dış Moment} \leq \left[\begin{array}{c} \text{Yapışma} \\ \text{Yüzey} \\ \text{alanı} \\ (mm^2) \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \text{Yap. alanın} \\ \text{ağırlık merkezinden} \\ \text{dönme noktasına} \\ (C)'ye \\ \text{dik mesafe} \\ (mm) \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \text{Yapışma} \\ \text{emniyet} \\ \text{gerilmesi} \\ (N/mm^2) \end{array} \right] \quad (3.1)$$

Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'deki her bir düğüm noktasına ait toplam alan momentleri (3.1) denklemi göre hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1. Sarıçamda 1/5 ölçekli numuneler için teorik hesaplama

Düğüm noktası adı	Alan moment adı	Yapışma yüzey alanı		Yapış. yüzey alanı ağırlık merk. dönme noktasına olan dik mesafe (mm)	Tutkalın birim yapışma direnci (N/mm ²)	Alan momenti (N)
		En (mm)	Boy (mm)			
A	M1	64	64	32	2,5	327680
	M2	32	64	32	1,25	81920
	M3	64	32	32	1,25	81920
					Toplam	491520
B	M1	64	64	32	2,5	327680
	M2	32	64	32	1,25	81920
	M3	64	32	32	1,25	81920
					Toplam	491520
C	M1	32	32	16	1,25	20480
	M2	32	32	32	1,25	40960
	M3	32	32	48	1,25	61440
	M4	32	32	64	1,25	81920
					Toplam	204800
D	M1	32	32	16	1,25	20480
	M2	32	32	16	1,25	20480
	M3	32	32	32	1,25	40960
	M4	32	32	48	1,25	61440
					Toplam	143360
E	M1	32	64	32	2,5	163840
	M2	16	64	32	1,25	40960
	M3	32	32	16	1,25	20480
					Toplam	225280
F	M1	32	64	32	2,5	163840
	M2	16	64	32	1,25	40960
	M3	32	32	16	1,25	20480
					Toplam	225280

$$\text{Toplam çerçeve momenti} = M_a + M_b + M_c + M_d + M_e + M_f$$

Toplam çerçeve momenti

$$= 491\,520 + 491\,520 + 204\,800 + 143\,360 + 225\,280 + 225\,280$$

$$= 1\,781\,760 \text{ N.mm}$$

Sarıçam 1/5 örneklerinde önden yükleme için yatay kuvvet hesabı

$$\text{Toplam test çerçevesi momenti} = 1\,781\,760 \times 3 = 5\,345\,280 \text{ N.mm}$$

$$5\,345\,280 = F \times 1240 \Rightarrow F = 4310,7 \text{ N} \cong 4,31 \text{ kN}$$

Sarıçam 1/5 örneklerinde yandan yükleme için yatay kuvvet hesabı

$$\text{Toplam test çerçevesi momenti} = 1\,781\,760 \times 4 = 7\,127\,040 \text{ N.mm}$$

$$7\,127\,040 = F \times 1240 \Rightarrow F = 5\,747,6 \text{ N} \cong 5,75 \text{ kN}$$

Çizelge 3.2. Meşede 1/5 ölçekli numuneler için teorik hesaplama

Düğüm noktası adı	Alan moment adı	Yapışma yüzey alanı		Yapış. yüzey alanı ağırlık merk. dönme noktasına olan dik mesafe(mm)	Tutkalın birim yapışma direnci (N/mm ²)	Alan momenti (N)
		En (mm)	Boy (mm)			
A	M1	64	64	32	3,0	393216
	M2	32	64	32	1,5	98304
	M3	64	32	32	1,5	98304
					Toplam	589824
B	M1	64	64	32	3,0	393216
	M2	32	64	32	1,5	98304
	M3	64	32	32	1,5	98304
					Toplam	589824
C	M1	32	32	16	1,5	24576
	M2	32	32	32	1,5	49152
	M3	32	32	48	1,5	73728
	M4	32	32	64	1,5	98304
					Toplam	245760
D	M1	32	32	16	1,5	24576
	M2	32	32	16	1,5	24576
	M3	32	32	32	1,5	49152
	M4	32	32	48	1,5	73728
					Toplam	172032
E	M1	32	64	32	3,0	196608
	M2	16	64	32	1,5	49152
	M3	32	32	16	1,5	24576
					Toplam	270336

Çizelge 3.2. (devamı) Meşede 1/5 ölçekli numuneler için teorik hesaplama

F	M1	32	64	32	3,0	196608
	M2	16	64	32	1,5	49152
	M3	32	32	16	1,5	24576
Toplam						270336

$$Toplam\ çerçeve\ momenti = M_a + M_b + M_c + M_d + M_e + M_f$$

$$Toplam\ çerçeve\ momenti$$

$$= 589\,824 + 589\,824 + 245\,760 + 172\,032 + 270\,336 + 270\,336$$

$$= 2\,138\,112\, N.mm$$

Sarıçam 1/5 örneklerinde önden yükleme için yatay kuvvet hesabı

$$Toplam\ test\ çerçevesi\ momenti = 2\,138\,112 \times 3 = 6\,414\,336\, N.mm$$

$$6\,414\,336 = F \times 1240 \Rightarrow F = 5\,172,85\, N \cong 5,17\, kN$$

Sarıçam 1/5 örneklerinde yandan yükleme için yatay kuvvet hesabı

$$Toplam\ test\ çerçevesi\ momenti = 2\,138\,112 \times 4 = 8\,552\,448\, N.mm$$

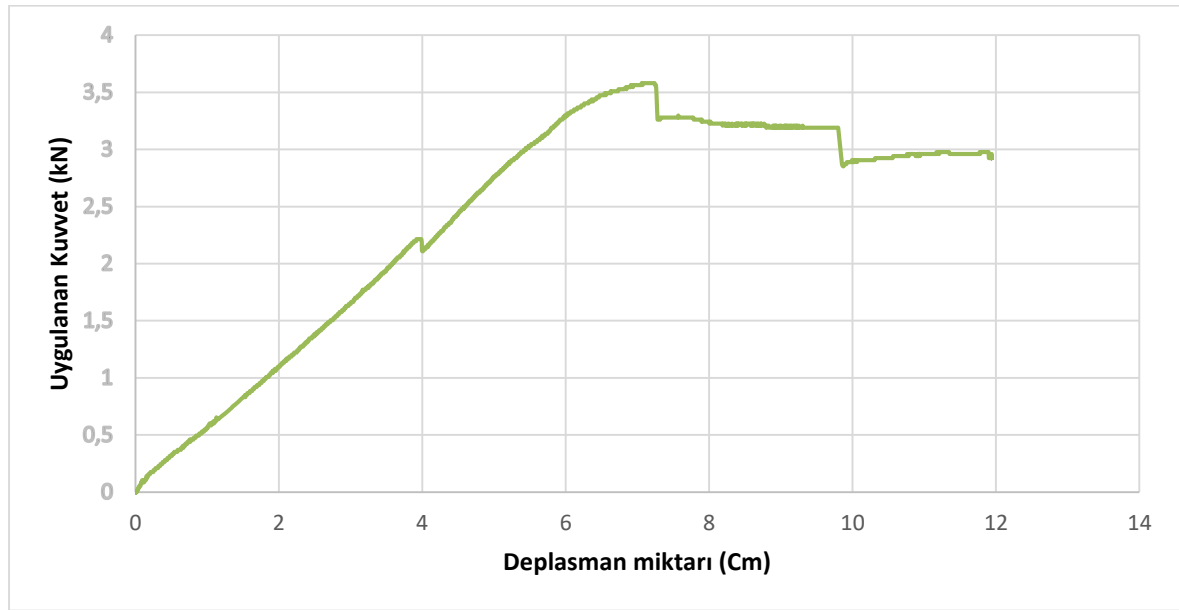
$$8\,552\,448 = F \times 1240 \Rightarrow F = 6\,897,13\, N \cong 6,90\, kN$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada 16 adet deney numunesi kullanılmıştır. Deneyler Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

4.1. Sarıçam Ahşabı Masif Numunelerinin Önden Yükleme Deneyleri

Üretilen 4 adet deney numunesinin rasgele seçilen 2 tanesine önden yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarından elde edilen grafikler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



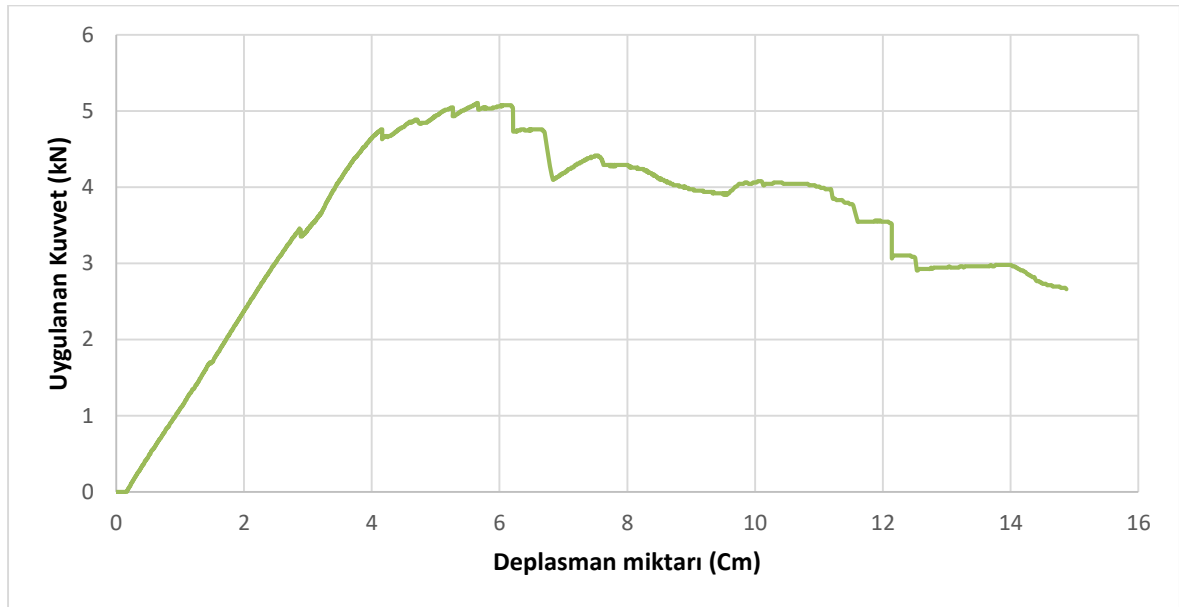
Şekil 4.1. Sarıçam ahşabı 1. masif numunenin önden yükleme deneyi

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi deney numunesi 3,5 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 3,6 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 3,2 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 70 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 120 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 2,92 kN'a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük

altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.1’de görülmektedir.



Resim 4.1. 1.Masif sarıçam numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm



Şekil 4.2. Sarıçam ahşabı 2. masif numunenin önden yükleme deneyi

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi deney numunesi 4,85 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 5,00 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 4,75 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 63 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 120

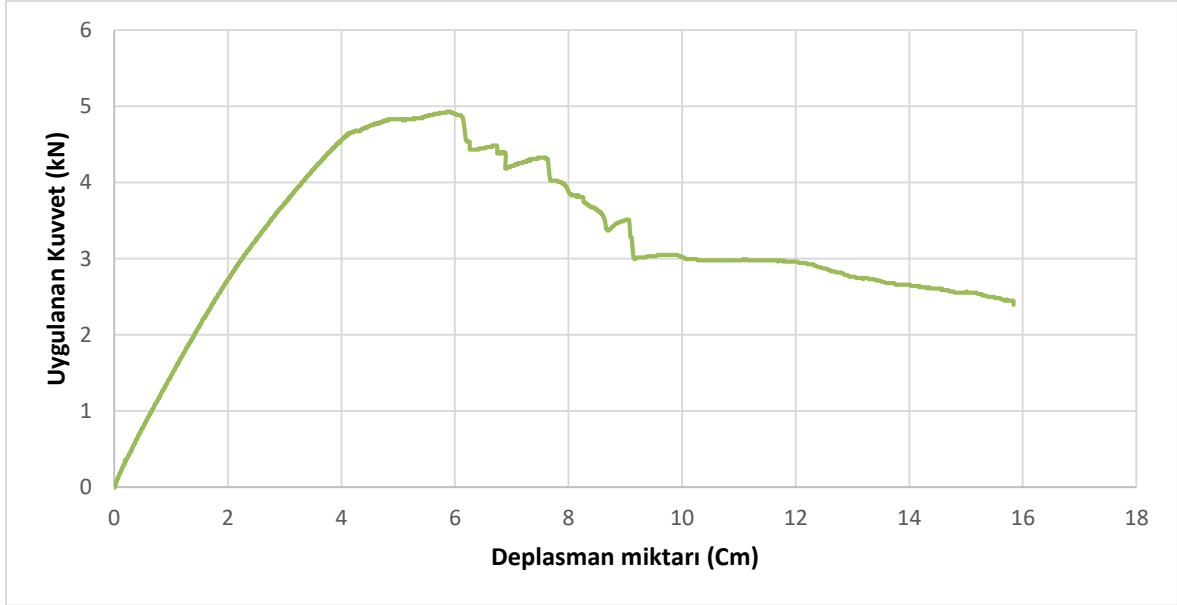
mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,5 kN'a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.2'de görülmektedir.



Resim 4.2. 2.Masif sarıçam numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm

4.2. Sarıçam Ahşabı Lamine Numunelerin Önden Yükleme Deneyleri

Üretilen 4 adet deney numunesinin rasgele seçilen 2 tanesine önden yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarından elde edilen grafikler Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

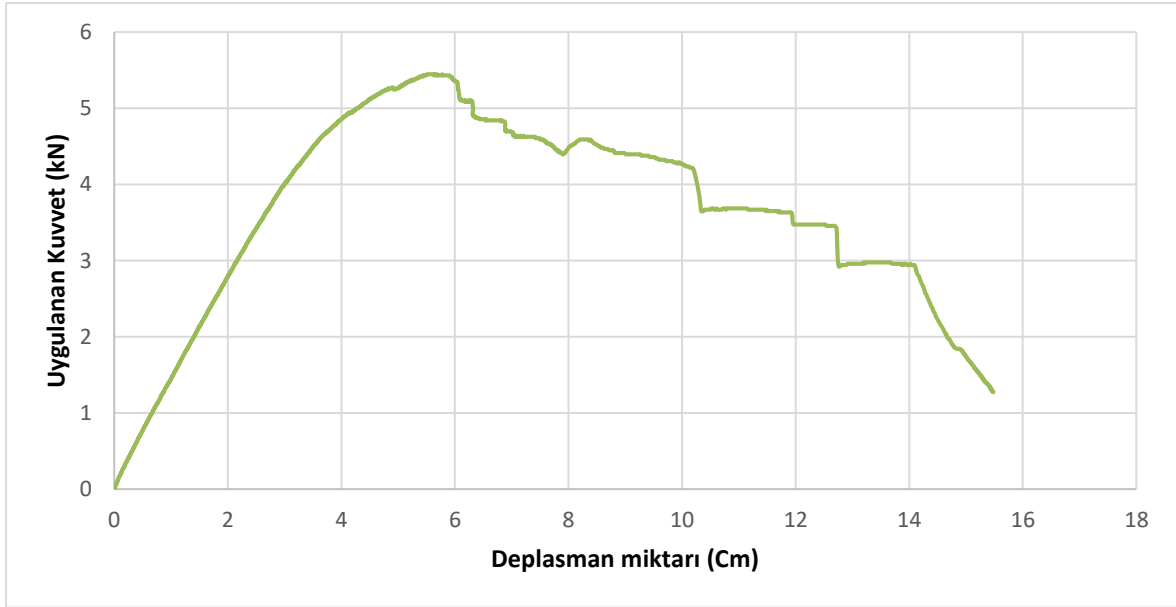


Şekil 4.3. Sarıçam ahşabı 1. lamine numunelerin önden yükleme deneyleri

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi deney numunesi 4,6 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 4,84 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 4,43 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 61 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 91 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,40 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.3’de görülmektedir.



Resim 4.3. 1. Lamine sarıçam numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm



Şekil 4.4. Sarıçam ahşabı 2. lamine numunelerin önden yükleme deneyleri

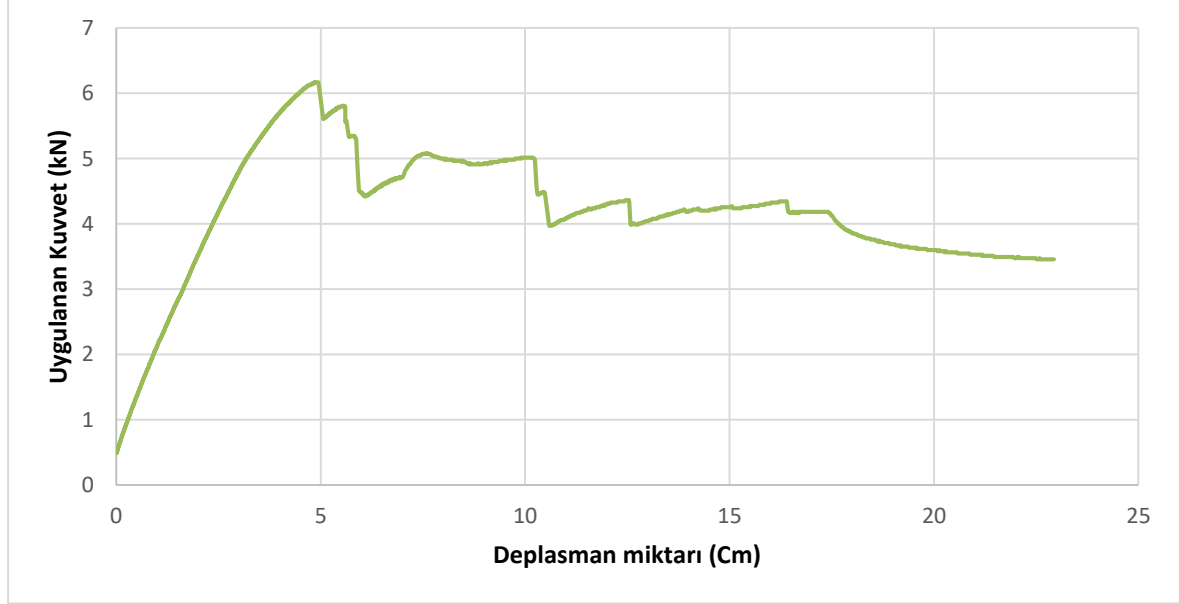
Şekil 4.4’de görüldüğü gibi deney numunesi 5,2 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 5,34 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 5,1 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 60 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 127 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,4 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.4’de görülmektedir.



Resim 4.4. 2. Lamine sarıçam numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm

4.3. Meşe Ahşabı Masif Numunelerinin Önden Yükleme Deneyleri

Üretilen 4 adet deney numunesinin rasgele seçilen 2 tanesine önden yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarından elde edilen grafikler Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Meşe ahşabı 1. masif numunelerinin önden yükleme deneyi

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi deney numunesi 5,8 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 6,1 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 5,6 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 51 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 175 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 4,09 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.5’de görülmektedir.



Resim 4.5. 1. Masif meşe numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm



Şekil 4.6. Meşe ahşabı 2. masif numunelerinin önden yükleme deneyi

Şekil 4.6'da görüldüğü gibi deney numunesi 5,15 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 5,3 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 4,77 kN seviyesine kadar

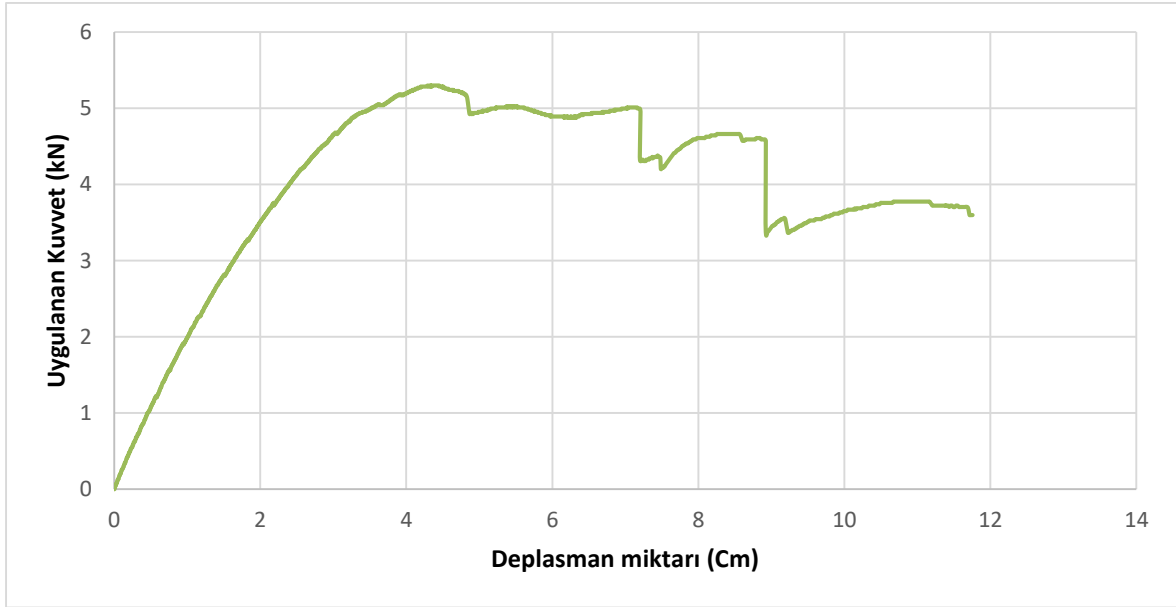
düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 51 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 130 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,2 kN'a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.6'da görülmektedir.



Resim 4.6. 2. Masif meşe numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm

4.4. Meşe Ahşabı Lamine Numunelerin Önden Yükleme Deneyleri

Üretilen 4 adet deney numunesinin rasgele seçilen 2 tanesine önden yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarından elde edilen grafikler Şekil 4.7 ve Şekil 4.8. de verilmiştir.



Şekil 4.7. Meşe ahşabı 1. lamine numunelerin önden yükleme deneyleri

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi deney numunesi 5,0 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 5,3 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 4,9 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 48 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 115 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,7 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.7’de görülmektedir.





Resim 4.7. 1. Lamine meşe numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm



Şekil 4.8. Meşe ahşabı 2. lamine numunelerin önden yükleme deneyleri

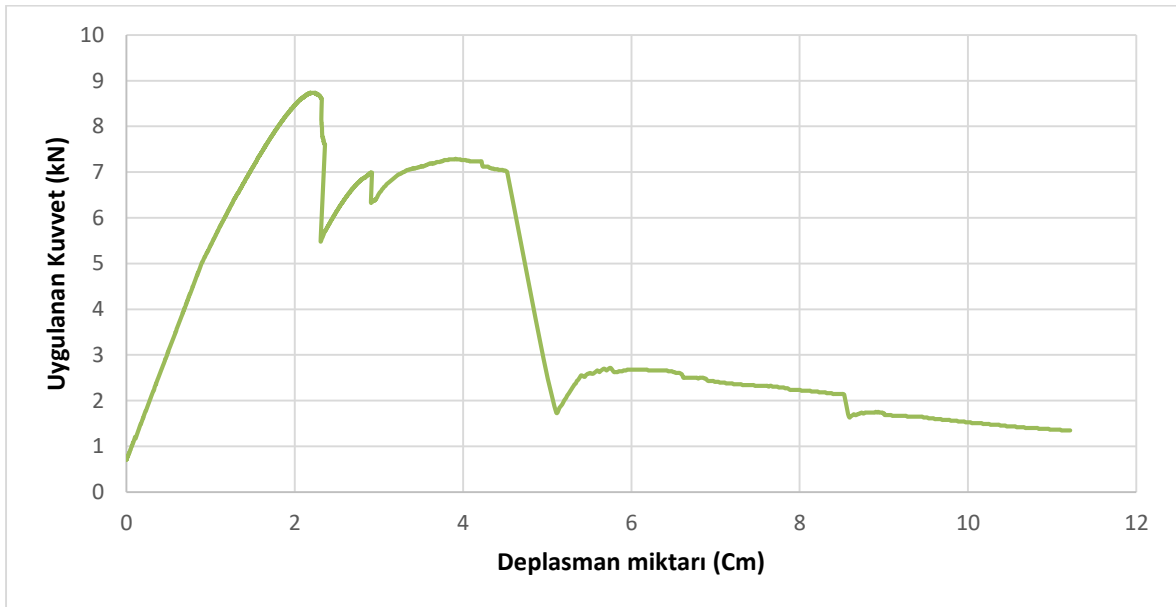
Şekil 4.8’de görüldüğü gibi deney numunesi 5,2 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 5,34 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 5,04 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 55 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 110 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 4,09 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.8’de görülmektedir.



Resim 4.8. 2. Lamine meşe numunesi önden yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm

4.5. Sarıçam Ahşabı Masif Numunelerin Yandan Yükleme Deneyleri

Üretilen 4 adet deney numunesinin rasgele seçilen 2 tanesine yandan yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarından elde edilen grafikler Şekil 4.9 ve Şekil 4.10. de verilmiştir.



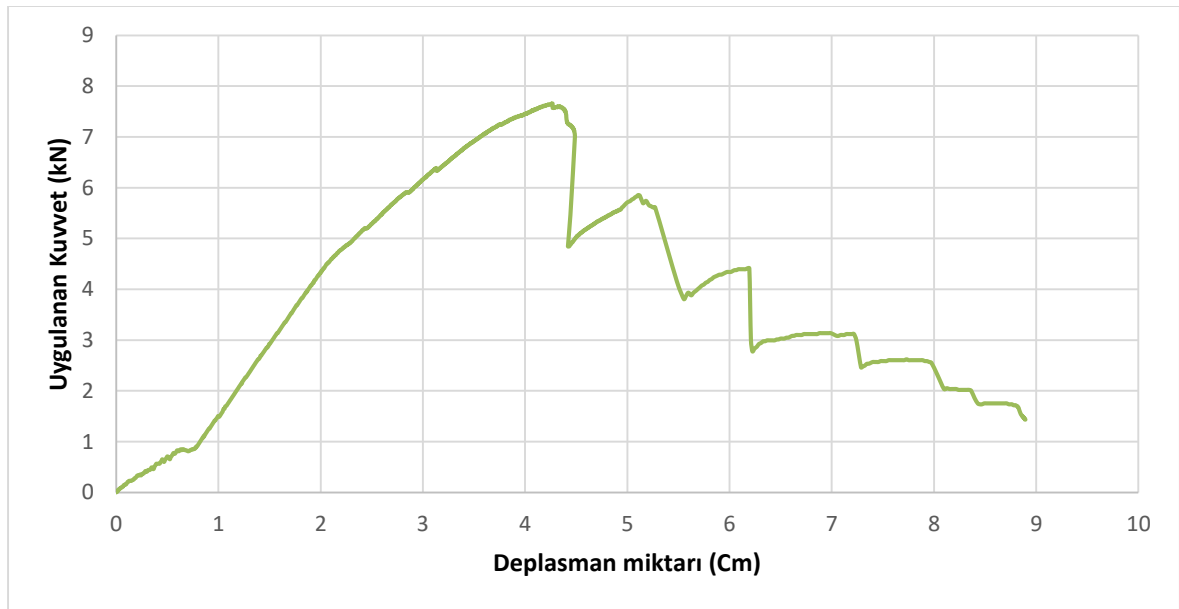
Şekil 4.9. Sarıçam ahşabı 1. masif numunelerin yandan yükleme deneyleri

Şekil 4.9'de görüldüğü gibi deney numunesi 7,8 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 8,6 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 5,4 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 23 mm seviyelerinde belirlenmiştir.

Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 62 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 2,6 kN'a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.9'de görülmektedir.



Resim 4.9. 1. Masif sarıçam numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm



Şekil 4.10. Sarıçam ahşabı 2. masif numunelerin yandan yükleme deneyleri

Şekil 4. 'da görüldüğü gibi deney numunesi 7,2 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 7,6 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 4,84 kN seviyesine kadar

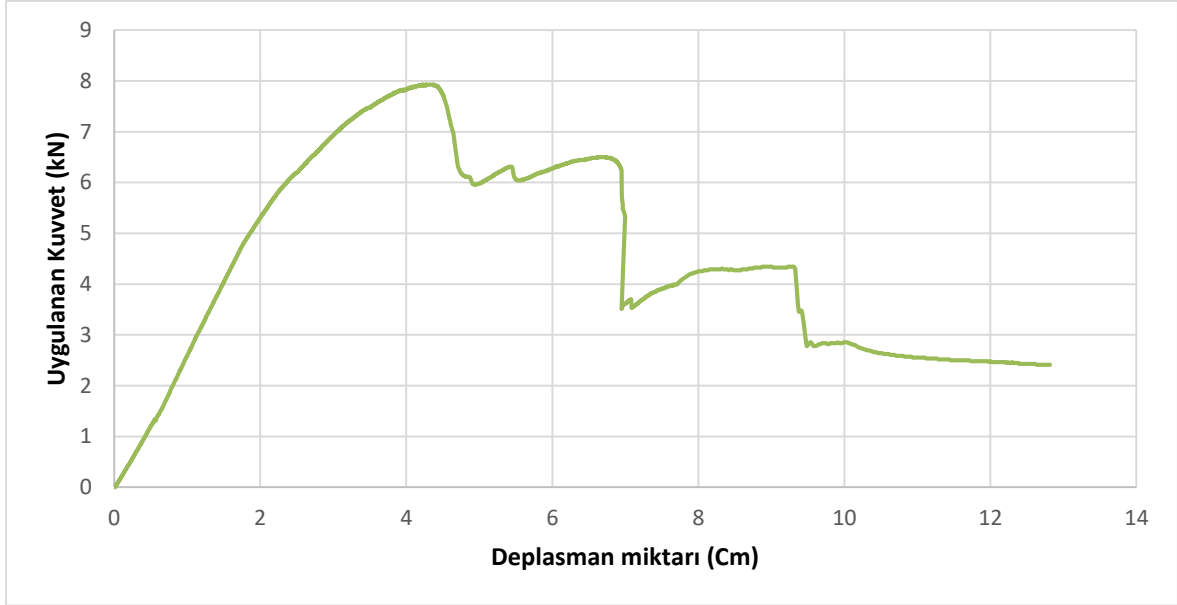
düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 44 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 72 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,1 kN'a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.10'da görülmektedir.



Resim 4.10. 2. Masif sarıçam numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm

4.6. Sarıçam Ahşabı Lamine Numunelerin Yandan Yükleme Deneyleri

Üretilen 4 adet deney numunesinin rasgele seçilen 2 tanesine yandan yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarından elde edilen grafikler Şekil 4.11 ve Şekil 4.12. de verilmiştir.

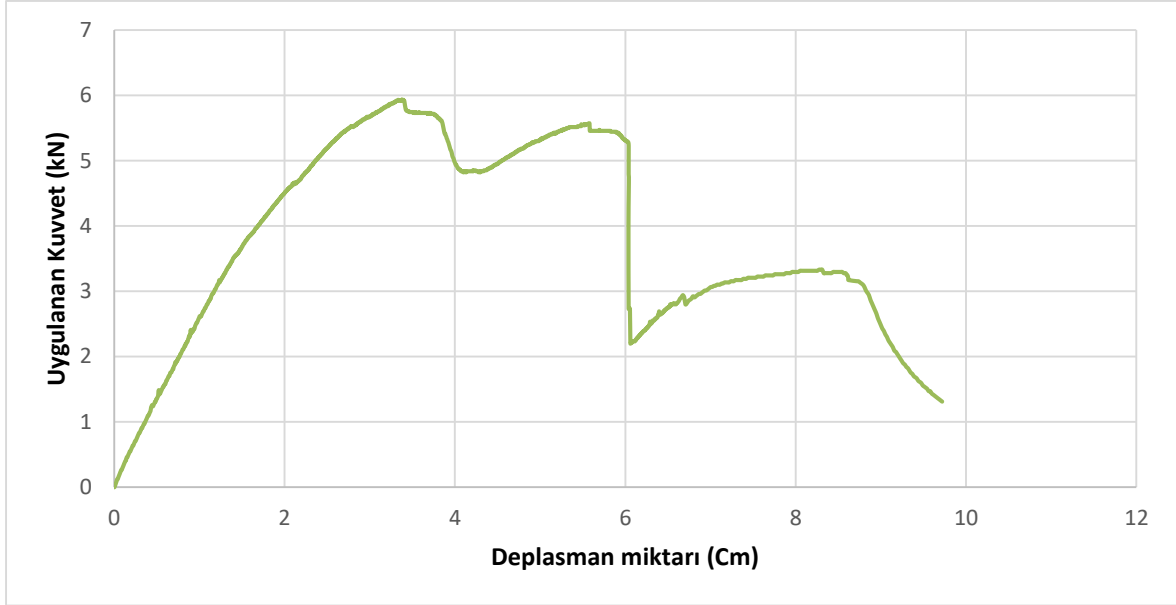


Şekil 4.11. Sarıçam ahşabı 1. lamine numunelerin yandan yükleme deneyleri

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi deney numunesi 7,2 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 7,85 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 6,2 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 48 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 120 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 2,45 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.11’de gösterilmiştir.



Resim 4.11. 1. Lamine sarıçam numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm



Şekil 4.12. Sarıçam ahşabı 2. lamine numunelerin yandan yükleme deneyleri

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi deney numunesi 5,5 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 5,92 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 4,84 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 41 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 87 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,1 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.12’de görülmektedir.

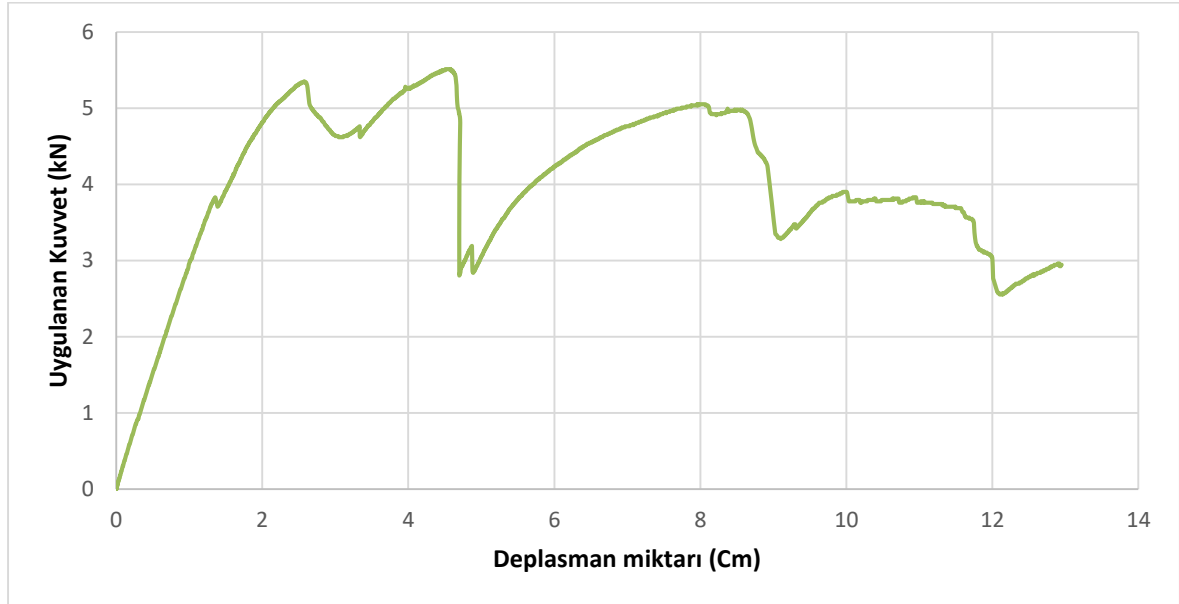




Resim 4.12. 2. Lamine sarıçam numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm

4.7. Meşe Ahşabı Masif Numunelerin Yandan Yükleme Deneyleri

Üretilen 4 adet deney numunesinin rasgele seçilen 2 tanesine yandan yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarından elde edilen grafikler Şekil 4.13 ve Şekil 4.14. de verilmiştir.



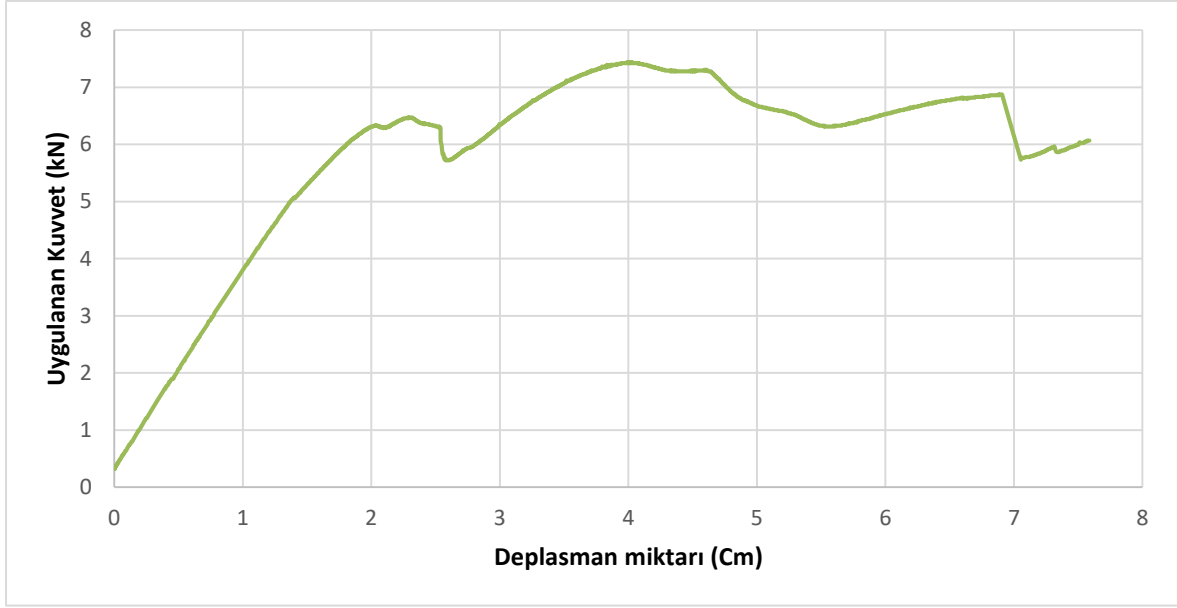
Şekil 4.13. Meşe ahşabı 1. masif numunelerin yandan yükleme deneyleri

Şekil 4.13’de görüldüğü gibi deney numunesi 4,8 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 5,3 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 4,64 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 26 mm seviyelerinde belirlenmiştir.

Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 112 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,5 kN'a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.13'de görülmektedir.

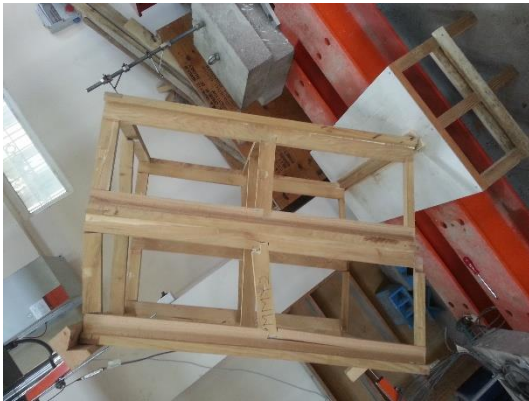


Resim 4.13. 1. Masif meşe numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm



Şekil 4.14. Meşe ahşabı 2. masif numunelerin yandan yükleme deneyleri

Şekil 4.14’de görüldüğü gibi deney numunesi 6,2 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 6,3 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 5,72 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 25 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 69 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 6,8 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.14’de görülmektedir.

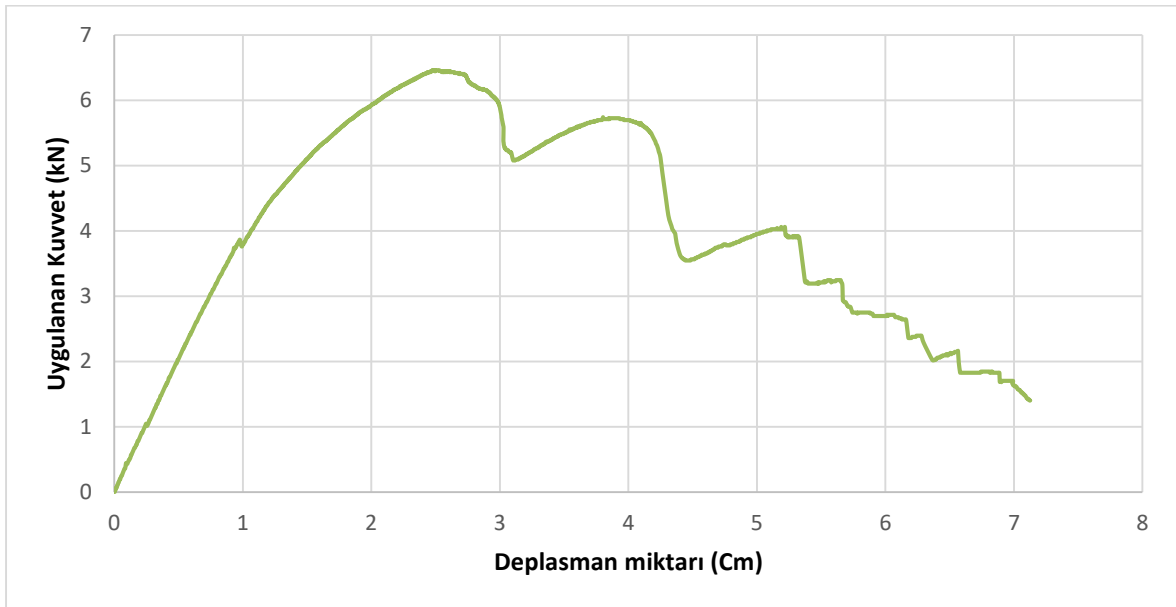




Resim 4.14. 2. Masif meşe numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm

4.8. Meşe Ahşabı Lamine Numunelerin Yandan Yükleme Deneyleri

Üretilen 4 adet deney numunesinin rasgele seçilen 2 tanesine yandan yükleme deneyi yapılmıştır. Deneylerin sonuçlarından elde edilen grafikler Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da verilmiştir.



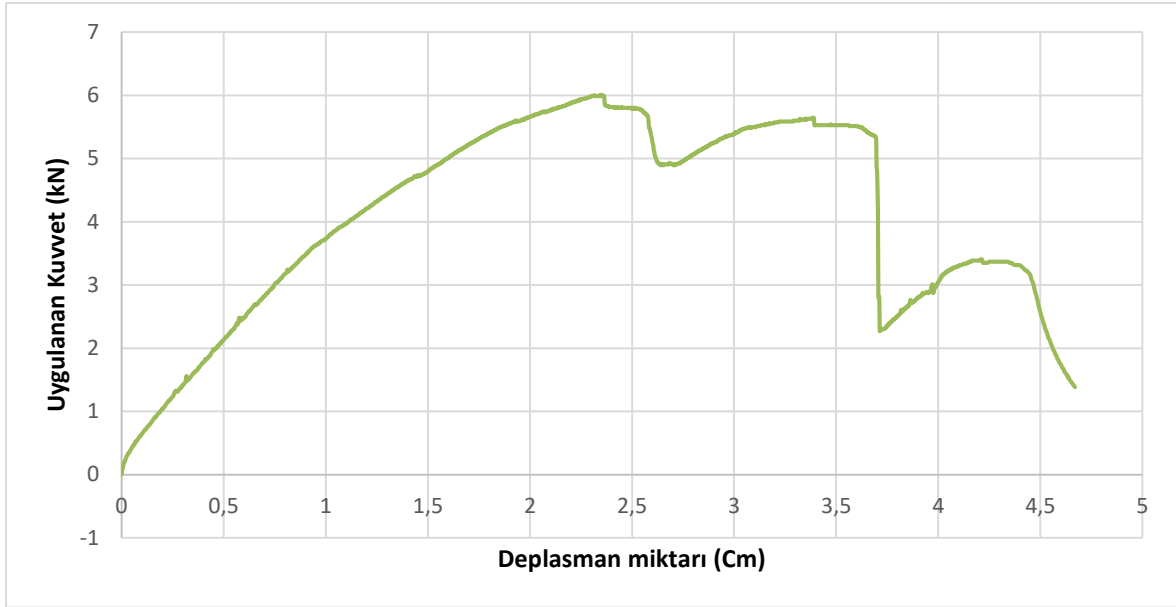
Şekil 4.15. Meşe ahşabı 1. lamine numunelerin yandan yükleme deneyleri

Şekil 4.15’de görüldüğü gibi deney numunesi 5,9 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 6,4 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 6,2 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 29 mm seviyelerinde belirlenmiştir.

Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 60 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 2,7 kN'a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.15'de görülmektedir..



Resim 4.15. 1 Lamine meşe numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm



Şekil 4.16. Meşe ahşabı 2. lamine numunelerin yandan yükleme deneyleri

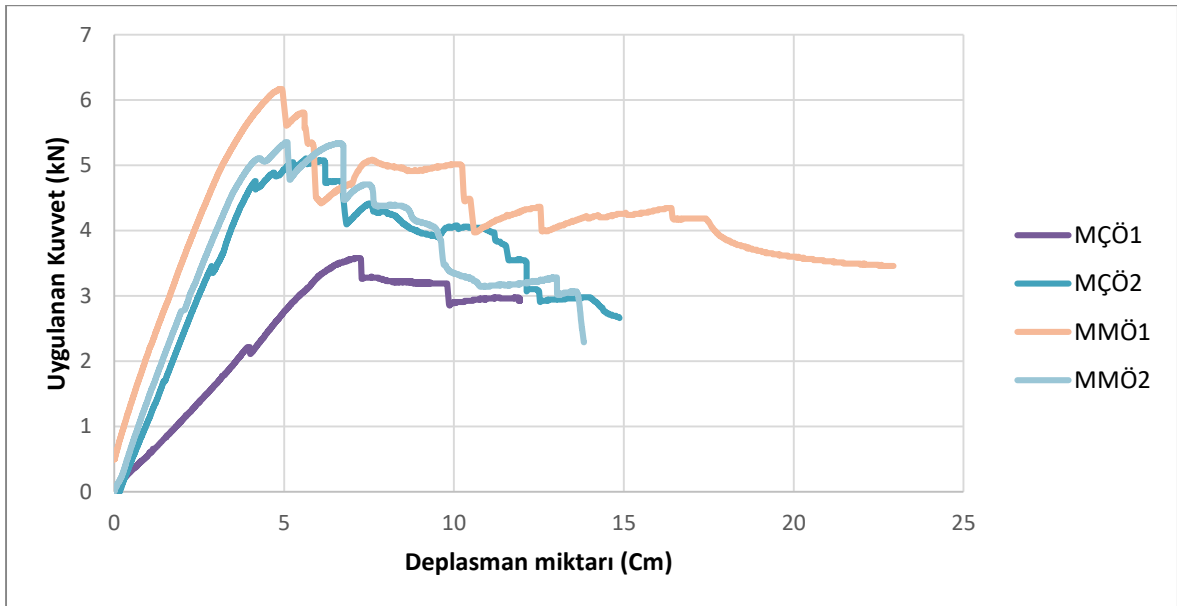
Şekil 4.16’da görüldüğü gibi deney numunesi 6,2 kN yüke kadar doğrusal yönde deplasman göstermiştir. Daha sonra yaklaşık 6,5 kN seviyelerinde deney numunesinde ilk kırılma gerçekleşmiş ve kırılmadan sonra numunenin kuvvet taşıyabilirliği 6,4 kN seviyesine kadar düşmüştür. İlk kırılmadaki deplasman miktarı yaklaşık 23 mm seviyelerinde belirlenmiştir. Kırılma işleminden sonra deney numunesinin taşıyabilirliği kademeli olarak azalmış ve 44 mm deplasmandaki yük taşıyabilirliği yaklaşık olarak 3,8 kN’a kadar düştükten sonra bu yük altında numunede kısmi göçme meydana gelmiş olup, bu noktadan itibaren numune halen yük taşıyabilir kalmıştır. Bu, ahşap yapılarda tam göçme meydana gelmediği, göçük altından kurtarmaya imkan sağlayabileceği anlamına geldiği söylenebilir. Deney sonucunda numunede oluşan deformasyonlar Resim 4.16’de görülmektedir.





Resim 4.16. 2. Lamine meşe numunesi yandan yükleme deneyinde kırılmadan sonraki görünüm

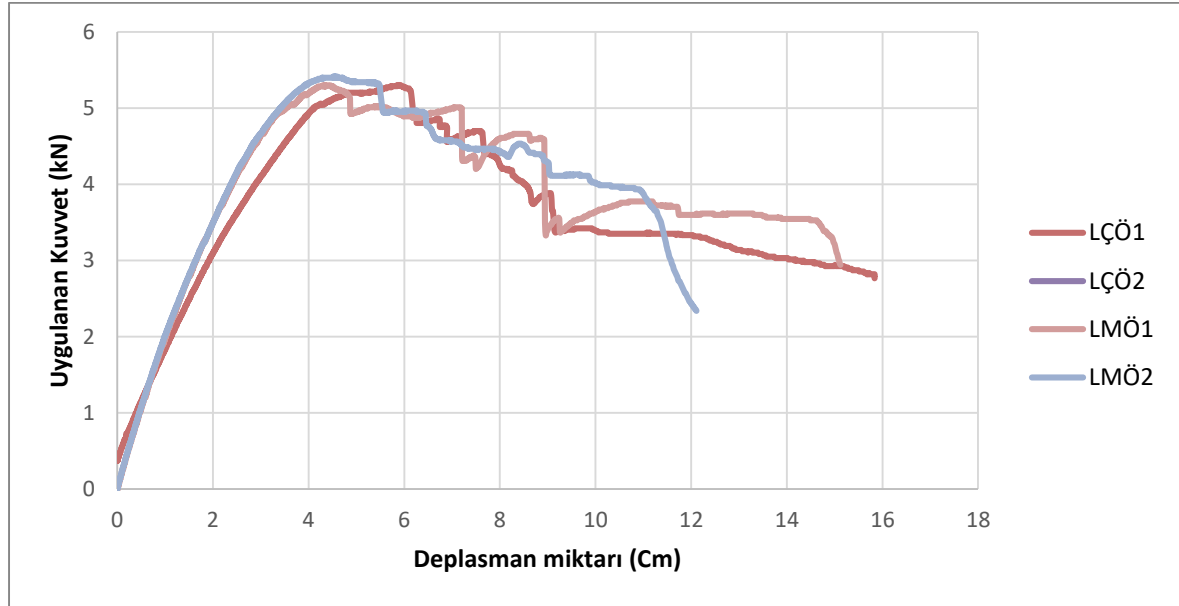
4.9. Masif Ahşap Çerçeve Ev Numunesi Önden yükleme deney sonuçları



Şekil 4.17 Masif ahşap çerçeve ev numunesi önden yüklenen elemanlar

Masif ahşap çerçeve ev numunesi önden yüklenen numunelere genel bakıldığında meşe ahşap türü Sarıçam türüne göre daha yüksek kuvvetleri taşımakta ve aynı miktar kuvvetlerde daha düşük deplasmanlar oluşmaktadır.

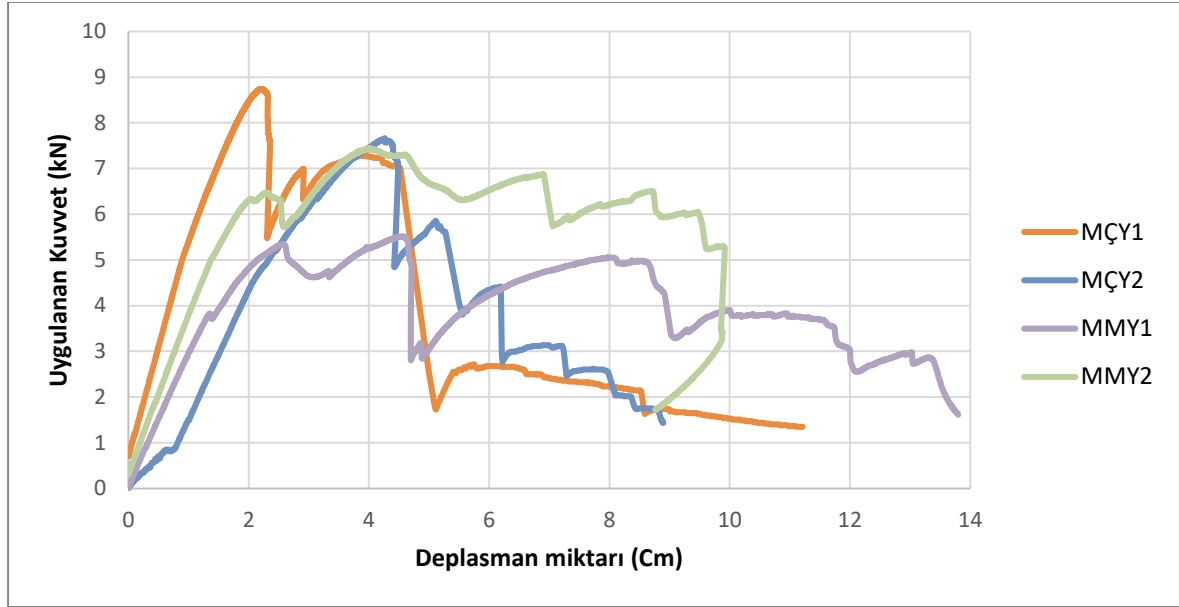
4.10. Lamine önden yükleme deney sonuçları



Şekil 4.18. Lamine ahşap çerçeve ev numunesi önden yüklenen elemanlar

Lamine ahşap çerçeve ev numunesi önden yüklenen numunelere genel bakıldığında sarıçam ahşap türü meşe türünde büyük bir kuvvet taşıma farklılık meydana getirmemiştir. Eğrilerin daha doğrusal ilerlediği görülmektedir.

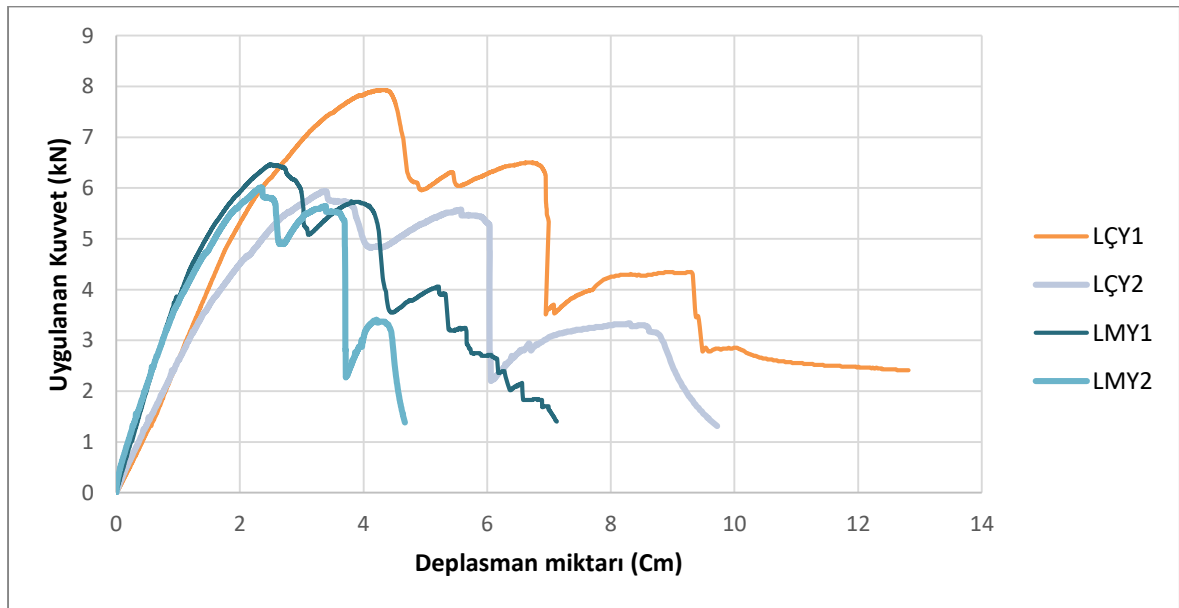
4.11. Masif yandan yükleme deney sonuçları



Şekil 4.19. Masif ahşap çerçeve ev numunesi yandan yüklenen elemanlar

Masif ahşap çerçeve ev numunesi önden yüklenen numunelere genel bakıldığında meşe ahşap türü Sarıçam türüne göre daha yüksek kuvvetleri taşımakta ve aynı miktar kuvvetlerde daha düşük deplasmanlar oluşmaktadır.

4.12. Lamine yandan yükleme deney sonuçları



Şekil 4.20. Lamine ahşap çerçeve ev numunesi yandan yüklenen elemanlar

Lamine ahşap çerçeve ev numunesi önden yüklenen numunelere genel bakıldığında sarıçam ahşap türü meşe türüne göre daha yüksek kuvvetler taşımasına rağmen meşe türünde aynı miktar kuvvetlerde daha düşük deplasmanlar oluşmuştur.

4.13. Teorik hesaplanan kuvvet ile deneysel bulunan kuvvetlerin karşılaştırılması

Ahşap çerçeve ev numunelerinden elde edilen teorik hesaplanan kuvvet ile deneysel olarak bulunan kuvvetlerin karşılaştırılması Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Ahşap çerçeve ev numunelerinden elde edilen genel deney sonuçları

Ahşap türü	Ahşap tipi	Önden Yükleme (kN)			Yandan Yükleme (kN)		
		Deneysel bulunan (D)	Teorik hesaplanan (T)	D/T Oranı (%)	Deneysel bulunan (D)	Teorik hesaplanan (T)	D/T Oranı (%)
Çam	Masif	4,40	4,31	1,02	8,30	5,75	1,44
	Lamine	5,30	4,31	1,23	7,00	5,75	1,22
Meşe	Masif	5,70	5,17	1,10	5,90	6,90	0,86
	Lamine	5,50	5,17	1,06	6,30	6,90	0,91

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, teorik hesaplamada masif çam deney numuneleri için önden yüklemede kuvvet 4,31 kN bulunmuş iken, deneysel olarak önden yüklemede ortalama 4,40 kN kuvvet bulunmuştur. Bu durumda deneysel sonuçlar teorik sonuca göre % 2 daha yüksek çıkmıştır. Önden yükleme için lamine çam numunelerde deneysel kuvvet ortalama 5,30 kN elde edilmiştir. Bu durumda teorik hesaplamaya kıyasla deneysel kuvvet değeri % 23 daha yüksek çıkmıştır. Önden yükleme deneylerine bakıldığında, lamine çam numunelerin masif çam numunelere göre yaklaşık % 21 daha fazla kuvvet taşıdığı söylenebilir.

Yine Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, teorik hesaplamada masif çam deney numuneleri için yandan yüklemede kuvvet 5.75 kN bulunmuş iken, deneysel olarak yandan yüklemede ortalama 8.30 kN kuvvet bulunmuştur. Buna göre deneysel sonuç teorik sonuca göre % 44 daha fazla çıkmıştır. Yandan yükleme için lamine çam numunelerde deneysel kuvvet ortalama 7.00 kN elde edilmiştir. Bu durumda teorik hesaplamaya kıyasla deneysel kuvvet değeri % 22 daha yüksek elde edilmiştir. Yandan yükleme deneylerine bakıldığında, masif çam numunelerin lamine çam numunelere kıyasla yaklaşık % 22 daha fazla kuvvet taşıdığı ifade edilebilir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, teorik hesaplamada masif meşe deney numuneleri için önden yüklemede kuvvet 5,17 kN bulunmuş iken, deneysel olarak önden yüklemede ortalama 5,70 kN kuvvet bulunmuştur. Bu durumda deneysel sonuçlar teorik sonuca göre %10 daha yüksek çıkmıştır. Önden yükleme için lamine meşe numunelerde deneysel kuvvet ortalama 5.50 kN elde edilmiştir. Bu durumda teorik hesaplamaya kıyasla deneysel kuvvet değeri %6 daha yüksek çıkmıştır. Önden yükleme deneylerine bakıldığında, masif meşe numunelerin lamine meşe numunelere göre yaklaşık % 4 daha fazla kuvvet taşıdığı söylenebilir.

Yine Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, teorik hesaplamada masif meşe deney numuneleri için yandan yüklemede kuvvet 6,90 kN bulunmuş iken, deneysel olarak yandan yüklemede ortalama 5,90 kN kuvvet bulunmuştur. Buna göre deneysel sonuç teorik sonuca göre %14 daha düşük çıkmıştır. Yandan yükleme için lamine meşe numunelerde deneysel kuvvet ortalama 6,30 kN elde edilmiştir. Bu durumda teorik hesaplamaya kıyasla deneysel kuvvet değeri %9 daha düşük elde edilmiştir. Yandan yükleme deneylerine bakıldığında, bulunan değerler düşük olmasına rağmen masif meşe numunelerin lamine meşe numunelere kıyasla yaklaşık % 5 daha fazla kuvvet taşıdığı ifade edilebilir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, önden yükleme deneyleri için masif numunelerde D/T oranına bakıldığında, meşe numuneleri çam numunelere göre % 8 daha yüksek kuvvet taşıdığı ifade edilebilir. Lamine numunelerde ise D/T oranına bakıldığında çam numuneleri meşe numunelere kıyasla %17 daha yüksek kuvvet taşıdığı söylenebilir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, yandan yükleme deneyleri için masif numunelerde D/T oranına bakıldığında, çam numuneleri meşe numunelere göre % 58 daha yüksek kuvvet taşıdığı ifade edilebilir. Lamine numunelerde ise D/T oranına bakıldığında çam numuneleri meşe numunelere kıyasla %31 daha yüksek kuvvet taşıdığı söylenebilir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, genel olarak yapılan önden ve yandan yükleme deneylerinde D/T oranlarında çam numunelerin meşe numunelere kıyasla daha yüksek değerler verdiği görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, masif ahşap ve lamine ahşap teknolojisi ile üretilmiş çam ve meşe ahşap çerçeve ev deney numuneleri incelenmiştir. Oluşturulan modellerin çerçeve sistemleri önden ve yandan yükleme deneylerine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Önden yükleme deneylerine bakıldığında, lamine çam numunelerin masif çam numunelere göre yaklaşık % 21 daha fazla kuvvet taşıdığı söylenebilir.
- Yandan yükleme deneylerine bakıldığında, masif çam numunelerin lamine çam numunelere kıyasla yaklaşık % 22 daha fazla kuvvet taşıdığı ifade edilebilir.
- Önden yükleme deneylerine bakıldığında, masif meşe numunelerin lamine meşe numunelere göre yaklaşık % 4 daha fazla kuvvet taşıdığı söylenebilir.
- Yandan yükleme deneylerine bakıldığında, bulunan değerler düşük olmasına rağmen masif meşe numunelerin lamine meşe numunelere kıyasla yaklaşık % 5 daha fazla kuvvet taşıdığı ifade edilebilir.

Bu çalışmada ahşap çerçeve taşıyıcı örnekleri için teorik olarak yapılan hesapların sonuçları, yanal yükleme deneylerinin sonucunda elde edilen değerlere göre daha düşük olduğu için yapışma düğüm noktalarının yükü taşıyabildiği görülmüştür. Ayrıca masif ve lamine ahşap deney sonuçları benzerlik gösterdiğinden, gerçek uygulamalarda diyagonal yük taşıyabilen duvar ve döşemelerin çerçeve sisteme ilave edilmesiyle daha fazla güçleneceğinin bilinmesiyle ahşabın her ortamda rahatlıkla kullanılabileceği görülmüştür.

5.2. Öneriler

Yapılacak çalışmalarda küçültülmüş ahşap çerçeve ev deney numunesinin gerçek boyutlarda uygulanarak yanal yükler altında denenmesi mümkündür.

Küçültülmüş ahşap çerçeve ev deney numunesinin içine döşeme ve duvar elemanlarının eklenmesi ile elde edilen sonuçların kıyaslanması başka çalışmalara da öncü olacaktır.

Küçültülmüş ahşap çerçeve ev deney numunesinin köşe birleşim noktalarının daha fazla güçleneceğini düşündüğüm L ve T profiller kullanılarak yanal deneyler uygulanabilir.

Kullanılan ahşap malzeme ve yapıştırıcı değiştirilerek farklı kombinasyonlar denenebilir.

Bu araştırma, *Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Merkezi* tarafından bir proje kapsamında desteklenerek gerçekleştirilmiştir. Söz konusu Destek Merkezine teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

1. Arseven, C. E. (1928). *Türk Sanatı Tarihi*. İstanbul: MEB Yayınları, 10.
2. Kuban, D. (1995). *Türk ve İslam Sanatı Üzerine Denemeler*. İstanbul: Arkeoloji Ve Sanat Yayınları, 227.
3. Kaba, S. (2012). *Tarihi Yapıların Test Yöntemleriyle Dayanıklılık Testlerinin Yapılması*, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
4. Baran M. ve Yıldırım, M. (2008, Eylül). Geleneksel türk evi ve renk kullanımı. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 7 (26), 223-234.
5. İnternet: Ahşap Ev, *Bölgelere göre türk evi ve kullanılan malzemeler*. URL: www.ahsapev.com.tr, Son Erişim Tarihi:03.05.2019.
6. Kuban, D. (1975). *Türk Evi Geleneği Üzerine Gözlemler, Sanat Tarihimizin Sorunları*. İstanbul: Çağdaş Yayınları, 15-20.
7. Çakır, S. (2000). *Geleneksel Karadeniz ahşap konut yapım yönteminin çağdaş teknoloji açısından değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
8. Özhan, N. (2006). *Anadolu'nun Geleneksel Konutlarında Ahşap Kullanımına Ait Bir Derleme*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
9. İnternet: Genç Ahşap. *Ahşap Yığma Sistem örneği*. URL: <https://web.archive.org/web/20190111140805/http://www.gncahsap.com/>, Son Erişim Tarihi:07.05.2019.
10. İnternet: Çatı Makası. *Ahşap Karkas Sistem ev örneği*. URL: <https://web.archive.org/web/20190504164524/http://www.catimakasi.com/>, Son Erişim Tarihi:04.05.2019.
11. İnternet: İnşapedia. *Geleneksel hımuş yapı örneği*. URL: <https://web.archive.org/web/20181109065539/http://insapedia.com/>, Son Erişim Tarihi:12.05.2019.
12. Khamsını, F. M. (2019). *Ahşap Yapı Elemanlarında Laminasyon Tekniği Uygulanmasının Deneysel Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
13. Gelişim Hachette (1993), *Alfabetik Genel Kültür Ansiklopedisi*. (Le Liure de Paris SNC. Biblio Club de France s.110-113, 355-357, 858-860, 1869-1875, 1972-1974,1976-1979, 2030-2032.) Paris.
14. Swindells, D. J. (1992). *Restoring Period Timber-framed Houses, F.Wooden- frame houses-Conservation and restoration*. West Midlands: David & Charles, 10, 25-35, 56-60,.

15. Suzuki M. and Schulz, C. N. *Timber Buildings in Europe, Switzerland, Western Austria and Upper Bavaria, Germany, Scandinavia*. Paris: Office du Livre, Fribourg, 34-35, 43-43, 54-55, 66-67, 74-75, 98-99, 110-111, 122-123, 162-163, 178- 179, 202-203, 242-243, 250-251.
16. Brunskill, R. W. (1987). *Illustrated handbook of vernacular architecture*. London: Faber and Faber Ltd, 32.
17. Timurağaoğlu, M. Ö., Doğangün, A. ve Almahdi, F. (2018, 04-06 Mayıs). *Yapılar için Rüzgar Yüklerinin ve Rüzgar Kaynaklı Hasarların Değerlendirilmesi*, 2. Uluslararası Doğal Afetler Ve Afet Yönetimi Sempozyumunda sunuldu, Sakarya.
18. TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1997).
19. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2007). *Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik (DBYBHY)*. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
20. Lukacs, I., Björnfot, A. and Tomasi, R. (2019). Strength and stiffness of cross-laminated timber (CLT) shear walls: State-of-the-art of analytical approaches. *Engineering Structures*, 178 (2019), 136-147.
21. Guíñez, F., Santa María, H. and Almazán, J. L. (2019). Monotonic and cyclic behaviour of wood frame shear walls for mid-height timber buildings. *Engineering Structures*, 189 (2019), 100-110.
22. Hristovski, V., Mircevska, V., Dujic, B. and Garevski, M. (2018). Comparative dynamic investigation of cross-laminated wooden panel systems: Shaking-table tests and analysis. *Advances in Structural Engineering*, 21 (10), 1421–1436.
23. Jelušič P. and Kravanja, S. (2018). Flexural analysis of laminated solid wood beams with different shear connections. *Construction and Building Materials*, 174 (2018), 456-465.
24. Lu, Z., Zhou, H., Liao, Y. and Hu, C. (2018). Effects of surface treatment and adhesives on bond performance and mechanical properties of cross-laminated timber (CLT) made from small diameter Eucalyptus timber. *Construction and Building Materials*, 161 (2018), 9–15.
25. Al Sabouni-Zawadzka, A., Gilewski, W. and Pełczyński, J. (2018). Perpendicular to grain stress concentrations in glulam beams of irregular shape–finite element modelling in the context of standard design. *International Wood Products Journal*, 9 (4), 157-163.
26. Pozza, L., Ferracuti, B., Massari, M. and Savoia, M. (2018). Axial – Shear interaction on CLT hold-down connections – Experimental investigation. *Engineering Structures*, 160 (2018), 95-100.
27. Xiao, Q., Doudak, G. and Mohareb, M. (2017). Numerical and experimental investigation of lateral torsional buckling of wood beams, *Engineering Structures*, 151 (2017), 85-92.

28. Ogrizovic, J., Wanninger, F. and Frangi, A. (2017). Experimental and analytical analysis of moment-resisting connections with glued-in rods. *Engineering Structures*, 145 (2017), 322-332.
29. Satheeskumar, N., Henderson, D. J., Ginger, J. D., Humphreys, M. T. and Wang, C. H. (2016). Load sharing and structural response of roof-wall system in a timber-framed house. *Engineering Structures*, 122 (2016), 310-322.
30. Vogrinec, K., Premrov, M. and Šilih E. K. (2016). Simplified modelling of timber-framed walls under lateral loads. *Engineering Structures*, 111 (2016), 275-284.
31. Kim, Y. M., Lee, S. G. and Lee, S. H. (2015). Evaluation of effective lateral stiffness of a Korean-traditional wooden house with new joint types. *Engineering Structures*, 94 (2015), 113-121.
32. Cao, P. L., Yang, Q. S. and Law, S. S. (2015). Nonlinear analytical model of a two-layer wooden beam in a heritage structure. *Engineering Structures*, 101 (2015), 494-508.
33. İnternet: Sim Aksesuar . *Polimarin tutkal teknik özellikleri*. URL: <https://web.archive.org/web/20190412230335/www.simaks.com.tr/deniz-tutkali-polimarin--urun934.html>, Son Erişim Tarihi:12.04.2019.
34. Dizel T. ve Uzun, İ. (2007). Yonga levha ile birleştirilen kenar masifinin yapışma direncine kullanılan tutkalın etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 15-25.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KÜTÜKCÜ, Doğan Emrah
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 08.10.1983, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (531) 684 80 14
 e-mail : emrah1983@gmail.com
 e-mail : emrah@kutukcu.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Yapı Eğitimi	Devam ediyor
Lisans	Osmangazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2015
Lisans	Gazi Üniversitesi / Yapı Öğretmenliği	2009
Lise	Ankara İnşaat Teknik Lisesi	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-Halen	Afet ve Acil Durum Yönetimi Bşk.	Memur
2010	EN-SU Mühendislik ve Müşavirlik	Proje Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Khamsini, F.M., Kütükcü, D.E., Aruntaş, H.Y., Altunok, M., (2019, 13-15 Haziran). *Yayılı yük ile yüklenmiş ahşap kirişlerde kalıcı sehim incelenmesi*, VI. Uluslararası Fen, Mühendislik ve Mimarlık Bilimlerinde Akademik Çalışmalar Sempozyumunda sunuldu, Ankara.

Hobiler

Yüzme, Dağcılık, Bisiklet, Fotoğrafçılık, Amatör Telsizcilik



GAZİ GELECEKTİR..