

**ÇEŞİTLİ MALZEMELER İLE DESTEKLENMİŞ  
AHŞAP LAMİNE ELEMANLARIN DİRENÇ ÖZELLİKLERİ**

**Can ŞEKER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Aralık 2011**

**ANKARA**

Can ŞEKER tarafından hazırlanan ÇEŞİTLİ MALZEMELER İLE  
DESTEKLENMİŞ AHŞAP LAMİNE ELEMANLARIN DİRENÇ ÖZELLİKLERİ  
adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL .....  
Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi  
Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Musa ATAR .....  
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Abdullah TOGAY .....  
Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL .....  
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 07/12/2011

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini  
onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Can ŞEKER

**ÇEŞİTLİ MALZEMELER İLE DESTEKLENMİŞ  
AHŞAP LAMİNE ELEMANLARIN DİRENÇ ÖZELLİKLERİ  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Can ŞEKER**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Aralık 2011**

**ÖZET**

Bu çalışmada, çeşitli malzemelerle desteklenmiş ahşap lamine elemanların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla; ülkemizde yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) odunundan hazırlanmış papel kaplamaları 9 katmanlı olarak lameller arasına destek elemanları (sıva altı filesi, fiber tel file, alüminyum tel file) yerleştirilip PVAc-D3 tutkalı ile yapıştırılmıştır. Hazırlanan örneklerin yoğunluk, eğilme, eğilmede elastikiyet modülü, basınç ve yapışma dirençleri belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre; destek malzemeleri örneklerin eğilme direncini, esnekliğini, basınç direncini artırmış, yapışma direncini ise azaltmıştır.

|                          |                                                                                       |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bilim Kodu</b>        | <b>: 500.1.013</b>                                                                    |
| <b>Anahtar Kelimeler</b> | <b>: Ahşap malzeme, laminasyon, lamine ahşap, sarıçam, desteklenmiş lamine ahşap.</b> |
| <b>Sayfa Adedi</b>       | <b>: 56</b>                                                                           |
| <b>Tez Yöneticisi</b>    | <b>: Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL</b>                                                   |

**STRENGTH PROPERTIES OF LAMINATED  
WOOD SUPPORTED WITH VARIOUS MATERIALS**

**(M.Sc. Thesis)**

**Can ŞEKER**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**December 2011**

**ABSTRACT**

**In this study, laminated wood elements supported with various materials, some physical and mechanical properties were investigated. To this end, our country is widely used in the scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) wood slats prepared as a layer between the support elements 9 bucks coverings (plaster under mesh, fiber wire mesh, aluminum wire mesh) placed PVAc-D3 affixed with glue. The prepared samples density, bending, modulus of elasticity, resistance to pressure, and adhesion was determined. According to the results of the experiment, support materials, the bending resistance of the samples the flexibility, pressure resistance increased, the reduced adhesion resistance.**

**Science Code : 500.1.013**

**Key Words : Wood material, lamination, laminated wood, yellow pine, supported laminated wood.**

**Page Number : 56**

**Adviser : Asist. Prof. Dr. Nihat DÖNGEL**

## TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL' e, desteklerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Abdullah TOGAY ve Yrd. Doç. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ' ye, çalışmalarına yardımcı olan arkadaşlarım Emre ERGİN, Erdal KATKICI, Fatih TEMEL ve Murat UZEL ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü öğretim üyeleri, araştırma görevlileri ve personeline, maddi-manevi her türlü desteğini esirgemeyen annem Şenel ŞEKER, babam Şahin ŞEKER ve nişanlım Eda KAYNARCA' ya teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| ÖZET .....                      | iv   |
| ABSTRACT .....                  | v    |
| TEŞEKKÜR .....                  | vi   |
| İÇİNDEKİLER.....                | vii  |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....      | x    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....        | xii  |
| RESİMLERİN LİSTESİ .....        | xiii |
| SİMGE VE KISALTMALAR.....       | xiv  |
| 1. GİRİŞ .....                  | 1    |
| 2. GENEL BİLGİLER .....         | 4    |
| 2.1. Lâminasyon Tekniği .....   | 4    |
| 2.2. Lâmine Ahşap Malzeme ..... | 5    |
| 2.2.1. PSL.....                 | 6    |
| 2.2.2. LSL .....                | 6    |
| 2.2.3. OSL.....                 | 6    |
| 2.2.4. LVL.....                 | 7    |
| 2.2.5. Glulam.....              | 7    |
| 2. 3. Kompozit Malzeme .....    | 7    |
| 3. LİTERATÜR ÖZETİ.....         | 10   |
| 4. MALZEME VE YÖNTEM.....       | 26   |
| 4.1. Ağaç Malzeme.....          | 26   |
| 4.2. Ara Katman Malzemesi ..... | 26   |

|                                                                | <b>Sayfa</b> |
|----------------------------------------------------------------|--------------|
| 4.2.1. Sıva altı tel file.....                                 | 26           |
| 4.2.2. Fiber glass tel file.....                               | 27           |
| 4.2.2. Alüminyum tel file.....                                 | 28           |
| 4.3. Tutkal.....                                               | 28           |
| 4.3.1. Polivinilasetat .....                                   | 28           |
| 4.4. Deney Örneklerinin Hazırlanması.....                      | 29           |
| 4.5. Deney Yöntemi.....                                        | 30           |
| 4.5.1. Yoğunluk .....                                          | 30           |
| 4.5.2. Eğilme direnci .....                                    | 31           |
| 4.5.3. Eğilmede elastikiyet modülü .....                       | 33           |
| 4.5.4. Basınç direnci .....                                    | 34           |
| 4.5.5. Yapışma direnci.....                                    | 36           |
| 4.6. Verilerin Değerlendirilmesi .....                         | 37           |
| 5. BULGULAR .....                                              | 38           |
| 5.1. Yoğunluk.....                                             | 38           |
| 5.2. Eğilme Direnci .....                                      | 38           |
| 5.2.1. Tutkal hattına dik eğilme direnci .....                 | 38           |
| 5.2.2. Tutkal hattına paralel eğilme direnci .....             | 39           |
| 5.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....                          | 41           |
| 5.3.1. Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü .....    | 41           |
| 5.3.2. Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü..... | 42           |
| 5.4. Basınç Direnci .....                                      | 43           |
| 5.5. Yapışma Direnci.....                                      | 45           |

|                            | <b>Sayfa</b> |
|----------------------------|--------------|
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... | 47           |
| KAYNAKLAR.....             | 50           |
| ÖZGEÇMİŞ.....              | 56           |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                                             | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1. Lamine eleman ıslak kullanım faktörü .....                                                                                             | 5     |
| Çizelge 2.2. Açıklığın kalınlığa oranına göre boyut etkisi düzeltme faktörü.....                                                                    | 5     |
| Çizelge 4.1. PVAc tutkalın teknik özellikleri.....                                                                                                  | 29    |
| Çizelge 5.1. Yoğunluk ortalama değerleri .....                                                                                                      | 38    |
| Çizelge 5.2. Tutkal hattına dik eğilme direnci değerleri.....                                                                                       | 38    |
| Çizelge 5.3. Tutkal hattına dik eğilme direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları .....                | 39    |
| Çizelge 5.4. Destek malzemesi türünün tutkal hattına dik eğilme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                             | 39    |
| Çizelge 5.5. Tutkal hattına paralel eğilme direnci değerleri .....                                                                                  | 40    |
| Çizelge 5.6. Tutkal hattına paralel eğilme direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları .....            | 40    |
| Çizelge 5.7. Destek malzemesi türünün tutkal hattına paralel eğilme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                         | 40    |
| Çizelge 5.8. Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü değerleri .....                                                                         | 41    |
| Çizelge 5.9. Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları.....    | 41    |
| Çizelge 5.10. Destek malzemesi türünün tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....      | 42    |
| Çizelge 5.11. Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü değerleri.....                                                                     | 42    |
| Çizelge 5.12. Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları .. | 43    |
| Çizelge 5.13. Destek malzemesi türünün tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları ..    | 43    |
| Çizelge 5.14. Basınç direnci değerleri .....                                                                                                        | 44    |

| <b>Çizelge</b>                                                                                                      | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 5.15. Basınç direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları .....  | 44           |
| Çizelge 5.16. Destek malzemesi türünün basınç direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....               | 44           |
| Çizelge 5.17. Yapışma direnci değerleri.....                                                                        | 45           |
| Çizelge 5.18. Yapışma direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları ..... | 45           |
| Çizelge 5.19. Destek malzemesi türünün yapışma direnci değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....     | 46           |
| Çizelge 6.1. Tez çalışması kapsamında yapılan tüm deneylere ait sonuçlar.....                                       | 49           |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                    | Sayfa |
|----------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 2.1. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması ..... | 9     |
| Şekil 4.1. Yoğunluk deney örneği .....                   | 31    |
| Şekil 4.2. Tutkal hattına dik deney örneği .....         | 32    |
| Şekil 4.3. Tutkal hattına paralel deney örneği.....      | 32    |
| Şekil 4.4. Basınç direnci deneyi .....                   | 35    |
| Şekil 4.5. Basınç direnci deney örneği.....              | 35    |
| Şekil 4.6. Yapışma direnci deneyi örneği .....           | 36    |
| Şekil 4.7. Yapışma direnci deney düzeneği .....          | 36    |

**RESİMLERİN LİSTESİ**

| <b>Resim</b>                                                                 | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Resim 4.1. Sıva altı tel file .....                                          | 27           |
| Resim 4.2. Fiber glass tel file .....                                        | 27           |
| Resim 4.3. Alüminyum tel file .....                                          | 28           |
| Resim 4.4. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deney düzeneği..... | 33           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

| Simgeler    | Açıklama                                                     |
|-------------|--------------------------------------------------------------|
| $a$         | Yükleme noktası ile en yakın mesnet arasındaki mesafe (mm)   |
| $b$         | Eğilme direncinde parça genişliği (mm)                       |
| $b_1$       | Elastikiyet modülü tayininde örnek genişliği cm (Teğet ölçü) |
| $b_2$       | Yapışma yüzeyinin genişliği (mm)                             |
| $E_{m,g}$   | Elastikiyet modülü N/mm <sup>2</sup>                         |
| $F$         | Yük $2F/2$ (N)                                               |
| $F_y$       | Kopma anındaki kuvvet (N)                                    |
| $F_2 - F_1$ | Yük sehim eğrisinin doğru hattındaki yük oranı artışı (N)    |
| $h$         | Eğilme direncinde parça yüksekliği (mm)                      |
| $h_1$       | Elastikiyet modülünde örnek yüksekliği cm (Radyal ölçü)      |
| $L$         | Uygulanan $F/2$ kuvvetleri arasındaki mesafe (mm)            |
| $L_s$       | Mesnetler arası mesafe (mm)                                  |
| $\ell$      | Esneklik modülünün tayini için ölçülen uzunluk (mm)          |
| $\ell_1$    | Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm)                              |
| $M$         | Hava kurusu ağırlık (g)                                      |
| $V$         | Hava kurusu hacim (cm <sup>3</sup> )                         |
| $W_2 - W_1$ | $F_2 - F_1$ 'e karşılık gelen deformasyondaki artış (mm)     |
| $\delta$    | Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )                                |
| $\sigma$    | Yapışma direnci (N/mm <sup>2</sup> )                         |
| $\sigma_E$  | Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )                          |

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>                        |
|--------------------|----------------------------------------|
| ABS                | Akrilonitril-butadin-sitrin            |
| AFRP               | Aramid liflerle güçlendirilmiş polimer |
| CF                 | Karbon fiber                           |
| CFRP               | Karbon liflerle güçlendirilmiş polimer |
| DOL                | Yükleme süresi                         |
| ED                 | Eğilme direnci                         |
| EM                 | Elastikiyet modülü                     |
| FRP                | Fiberle (lif) güçlendirilmiş polimer   |
| GF                 | Cam lifi                               |
| GFRP               | Cam lifiyle güçlendirilmiş polimer     |
| LDPE               | Düşük yoğunluk polietilen              |
| LRFD               | Yük ve mukavemet faktör tasarım        |
| LSD                | En küçük önemli fark                   |
| MAPP               | Maleik anhidrid polipropilen           |
| PP                 | Polipropilen                           |
| PSL                | Paralel yerleştirilmiş kereste         |
| SS                 | Standart sapma                         |
| THD                | Tutkal hattına dik                     |
| THP                | Tutkal hattına paralel                 |
| V                  | Varyasyon katsayısı                    |
| VANOVA             | Çoklu varyans analizi                  |
| WPC                | Ahşap plastik kompozit                 |
| WPVC               | Ahşap poli vinil klorit                |
| Xmax               | En büyük değer                         |
| Xmin               | En küçük değer                         |
| Xort               | Aritmetik ortalama                     |

## 1. GİRİŞ

Ahşap, insanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ilk kullandıkları malzemelerden biri olmuştur. Ahşap malzemenin bu kadar yoğun kullanımı sonucu dünyada ve ülkemizde orman varlık hızla azalmaktadır. Bu durum bizi ahşap malzemenin özelliklerini geliştirerek minimum malzeme miktarıyla maksimum ihtiyaç gidermeye yöneltmektedir. Ahşap malzemenin çeşitli özelliklerinin geliştirilmesi sonucu elde edilen yeni malzemeler endüstride ve mobilya sektöründe önemli kolaylıklar sağlamıştır [1].

Kolay işlenmesi, ısı ve sese karşı yalıtkan olması, doğal yapısından kaynaklanan tekstür, renk ve estetik özellikleri nedeniyle ağaç malzemeye karşı talep her geçen gün artmaktadır. Bu talebin karşılanabilmesi için ormanların bilimsel esaslara uyularak işletilmesi ve kesilen ağaçların verimli kullanılması gerekmektedir [2].

Ahşap, sürdürülebilir ve kolay temin edilebilir bir ürün olması bakımından, asırlardır kullanılan en yaygın doğal yapı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır [3]. Özellikle son dönemlerde; geçmişte en çok kullanılan yapı malzemelerinden biri olan ahşap, özellikle yüksek dayanım gerektiren büyük açıklıklı strüktürlerde de verimli bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır [4].

Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formu imalâtlarda diyagonal liflilik oluşmaması için lâminasyon tekniği kullanılmaktadır. Böylece küçük boyutlu ağaç malzemelerden yüksek kalitede ve istenilen formda lâmine masif ağaç malzeme üretilebilmektedir. Lâminasyon tekniği ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkân sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemedeki iyi olmaktadır [2].

Lamine ahşap; kesme, soyma ve biçme yöntemleriyle elde edilen ağaç malzeme levhalarının aralarına yapıştırıcılar sürülerek düz ya da kalıp içerisinde sıcak veya soğuk preslenmesi ile elde edilmektedir [5]. Ağaç işleri endüstrisinde yaygın kullanım alanı bulan lamine masif ağaç malzeme, odun laminelerinin liflere paralel

yönde birbirine yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır [6].

Ağaç işleri endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lâmine ağaç malzeme, odun lamellerin özellikle lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Lâmine elemanı oluşturan katlar arasındaki rutubet farkı % 3'ü aşmamalıdır [6]. Aksi halde, farklı çalışma şartları sonucu oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aşarak çatlamalara sebep olabilir [7]. Lâminasyon işleminin yapıldığı ortamın sıcaklığı en az 15 °C, bağıl nemi ise % 40-70 arasında olmalıdır [6].

Lâminasyon işleminde kullanılan odunun yapısı, yüzey pürüzlülüğü, pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri yapışma direnci üzerine etkili olmaktadır [8]. Ahşap malzemelerde yoğun olarak kullanılan tutkallar dayanıklılıklarına göre; D1, D2, D3 ve D4 şeklinde gruplandırılırlar [9]. Karışım ihtiyacı duymaması ve kısa presleme süresi [10] gibi avantajlarından ötürü D3 yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Önemli bir yapı ürünü olan ahşabın, güçlendirilmesi ile ilgili son dönemde yapılan çalışmalara bakıldığında, ahşap dışındaki bazı malzemelerin uygun tutkallar kullanılarak lâminasyona katıldığında lâminasyonu güçlendirmek anlamında etkileyici sonuçlar verdiği görülmektedir. Son 20 yılda yapısal elemanları güçlendirmek için fiber katkılı polimerlerin kullanımı, hem yapısal performansları açısından hem de ekonomik olarak etkili olmuştur [11]. Ahşap lâminasyon uygulamalarında ahşap dışındaki malzemelerin kullanımı her geçen gün artmakta ve lâminasyonda ahşabın teknik özelliklerini arttıran ekonomik ürünleri kullanmak daha iyi sonuçlar için önemli bir arayışı oluşturmaktadır.

#### Problemin tanımlanması

Ahşap malzeme sahip olduğu özellikler sayesinde yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Mobilya sektörü de bu alanlardan bir tanesidir. Doğal bir malzeme olan

ahşap hem çevre hem de enerji dostu olarak yapı ve mobilya sektöründe tercih edilen bir malzeme olma özelliği taşımaktadır.

Bu önemli özellikleri ile geniş bir kullanım alanına sahip olan masif ahşap malzemenin doğal yapısından kaynaklanan belli kusurları bulunmaktadır. Ahşabın kullanım alanlarının yaygınlaşmasını engelleyen bu kusurların giderilmesi gerekmektedir. Ahşabın doğal yapısından kaynaklanan bu kusurların giderilmesi için lâminasyon işlemi yapılmaktadır. Ahşabın kusurlu bölgelerinden arındırılarak yapılan lâminasyon işlemi son dönemlerde ahşap dışındaki bazı farklı malzemelerin de lâminasyona katılmasıyla daha da farklı bir boyut kazanmıştır.

Bu çalışma ile; gözenekli yapıdaki bazı endüstriyel ürünlerin ahşap lâminasyon işlemine katılması ile yeni bir kompozit lâminasyon ürününün geliştirilmesi hedeflenmiş, geliştirilen ürünün, masif ve masif ahşap lâminasyon ile karşılaştırarak bazı teknik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Lâminasyon Tekniği

Ağaç işleri endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lamine ağaç malzeme, ahşap kaplamaların lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır [6].

Laminasyon tekniği ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkan sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemeden daha iyi olmaktadır [2]. Sağlam parçalardan elde edilen lamine ağaç malzeme, kusursuz olması yanında lamine katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzemelerden oluşturulduğu için estetik değeri de yüksektir [12].

Lâmine ahşap elemanlar kullanılan kat kalınlıklarına göre farklı adlandırılmaktadırlar. İnşaat sektöründe kullanılan büyük boyutlu lâmine masif ağaç malzeme (kiriş, kolon vb.) üretiminde 25,4-50,8 mm kalınlıklarda malzeme kullanılmakta ve tutkallı kiriş (GLULAM = Glued Laminated Timber) adı verilmektedir. Mobilya endüstrisinde kullanılan küçük boyutlu masif ağaç lâmine elemanların üretiminde ise uygulanan forma göre maksimum 3,2 mm kat kalınlığında ağaç kaplama kullanılmakta ve bu tür ahşap lâmine elemanlar LVL (Laminated Veneer Lumber) ya da MİCROLAM olarak adlandırılmaktadır [13].

Lamine elemanın üretiminde kullanılacak olan ağaç malzemenin rutubet miktarı, son ürünün kullanılacağı ortama göre belirlenmektedir. Eğer lamine eleman açık ortamda kullanılacak ise ağaç malzeme rutubeti % 16-19, kuru ortamda kullanılacak ise %16' yı aşmamalıdır. Yaş ortamda kullanılacak lamine elemanın direnç değerlerinin hesaplanmasında düzeltme katsayısı devreye girmektedir. Bununla ilgili düzeltme katsayıları Çizelge 2.1 de verilmiştir [14].

Çizelge 2.1. Lamine eleman ıslak kullanım faktörü.

| <b>Direnç Tipleri</b>  | <b>Islak Kullanım Faktörü</b> |
|------------------------|-------------------------------|
| Eğilme                 | 0,80                          |
| Liflere Paralel Basınç | 0,73                          |
| Liflere Paralel Çekme  | 0,80                          |
| E-Modülü               | 0,833                         |
| Yatay Makaslama        | 0,875                         |
| Liflere Dik Basınç     | 0,667                         |
| Lifler Dik Çekme       | 0,875                         |

Eğilme kuvvetlerine maruz kalan büyük boyutlu lamine elemanlarda kalınlık 30,5 cm dayanak noktaları arasında kalan açıklığın kalınlığa oranı 21 olmalıdır. Eğer bu oran 21’den az ya da fazla ise eğilme direncinin hesaplanmasında boyut etkisi düzeltme faktörü aşağıda eşitlikten hesaplanabileceği gibi, Çizelge 2.2.’deki değerlerden yararlanarak da bulunabilir [14].

Çizelge 2.2. Açıklığın kalınlığa oranına göre boyut etkisi düzeltme faktörü

| <b>Açıklığın Kalınlığa Oranı</b> | <b>Düzeltilme Faktörü</b> |
|----------------------------------|---------------------------|
| 7                                | 1,06                      |
| 14                               | 1,02                      |
| 21                               | 1,00                      |
| 28                               | 0,98                      |
| 35                               | 0,97                      |

## 2.2. Lâmine Ahşap Malzeme

Endüstride her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan “lâmine ahşap malzeme” TS EN 386 da “odun lamellerin özellikle liflerin paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı” olarak tanımlanmaktadır [5].

Binalarda kullanılan masif ağaç malzeme yerine kaplama ve yongalardan konstrüksiyon malzemesi olarak büyük boyutlu ahşap malzemeler (PSL, LSL, OSL, LVL, GLULAM) üretilmektedir. Yapısal bileşik keresteler (Structure composite lumber) denilen bu malzemeler yüksek kaliteli inşaat malzemesi ihtiyacını karşılamak için geliştirilmiş ahşap mühendislik ürünleridir. Bunun sebebi, büyük boyutlu masif ağaç malzemelerin ihtiva ettikleri doğal büyüme karakteristikleri (budak, çatlak, lif kıvrıklığı çürük vb.) nedeniyle tek parça halinde kullanımlarının sakıncalı olmasıdır [15].

### **2.2.1. PSL (Paralel stand lumber)**

Soyma kaplama şerit-yongalar (kalınlık 3 mm, genişlik yaklaşık 20 mm, uzunluk en az 60 cm) kullanım amacına uygun sentetik reçinelerle mikrodalga enerjili fasılasız preslerde sıkıştırılarak büyük boyutlu parçalar (enine kesit 280 x 485 mm, uzunluk 20 m'ye kadar) haline getirildikten sonra istenilen ölçülerde, kusursuz kereste "PARALLAM" elde edilmektedir [15].

### **2.2.2. LSL (Laminated stand lumber)**

Görünüş olarak OSB'ye benzer ancak kavak ve söğüt gibi ağaçlardan elde edilen daha uzun şerit yongalardan (uzunluk 300 mm, kalınlık 0,7 – 1,2 mm) üretilir. Uzun şerit yongalar bitmiş ürünün uzunluk yönüne paralel olarak dizilip üzerlerine polimer – difenilmetan – diisosiyanat tutkalı püskürtülerek buhar enjeksiyonlu preste sertleştirilir. Böylece genişliği 2,5 m, kalınlığı 140 mm ve uzunluğu 14,5 m kadar bloklar halinde elde edildikten sonra istenilen boyutlarda keresteler biçilir [15].

### **2.2.3. OSL (Oriented stand lumber)**

LSL' nin farklı bir çeşidi olup düşük kaliteli sert ağaçlardan elde edilen şerit yongalardan üretilir. Şerit yongaların yönlendirilmesi OSB' ye benzer, ancak OSB levha halinde üretildiği halde OSL kalın prizmalar halinde üretilerek istenilen boyutlarda kerestelere biçilir [15].

#### **2.2.4. LVL (Laminated veneer lumber)**

Piyasada “Microlam” adıyla bilinen LVL Türkiye’de bazı kontrplak fabrikalarında bükme mobilya amacıyla kullanılmak üzere üretilmektedir. Bu maksatla, çam, ladin, okaliptüs, kavak ve söğüt gibi ağaçların kaplamalık tomruklarından elde edilen soyma kaplamalar (kalınlık 3 – 3,2 mm) genellikle lif yönleri birbirine paralel olarak dizilir. Yapıştırıcı olarak fenol-formaldehid tercih edilmekle beraber kullanım amacına göre melamin-formaldehid, melamin-üre-formaldehid ve poliüretan tutkalları kullanılabilir. Kontrplak üretimindeki yöntemle sürülen tutkal ağırlıkça LVL’ nin %6-7 kadardır. Pres sıcaklığı 125 – 150 °C olup kontrplaktan kalın olduğundan presleme süresini kısaltmak için mikrodalga ile ön ısıtma ya da yüksek frekans ile ısıtma işlemi uygulanır. LVL kalınlığı genellikle 19 – 45 mm olup isteğe göre 89 mm’ ye kadar, genişliği ise 1800 mm olabilir [15].

#### **2.2.5. Glulam (Glued Laminated Timber)**

Büyüme kusurlarından arındırılan kereste fabrikası atıkları parmak birleştirme (finger joint) yöntemi ile sentetik reçineler kullanılarak birleştirilmekte ve istenilen ölçülerde kusursuz tutkallı kirişler üretilmektedir. Ölçüleri ve birleştirme kesitleri üretim yerinde projeye göre belirlenen parçalar cami, kilise, pazaryeri, silo, kapalı spor salonu gibi yerlerde büyük açıklıkların güvenli bir şekilde aşılmasında kullanılabilir. Bunlara ilaveten böylece yapı konstrüksiyonlarında zamandan ve hammaddeyi önemli tasarruf sağlanmaktadır [15].

### **2.3. Kompozit Malzeme**

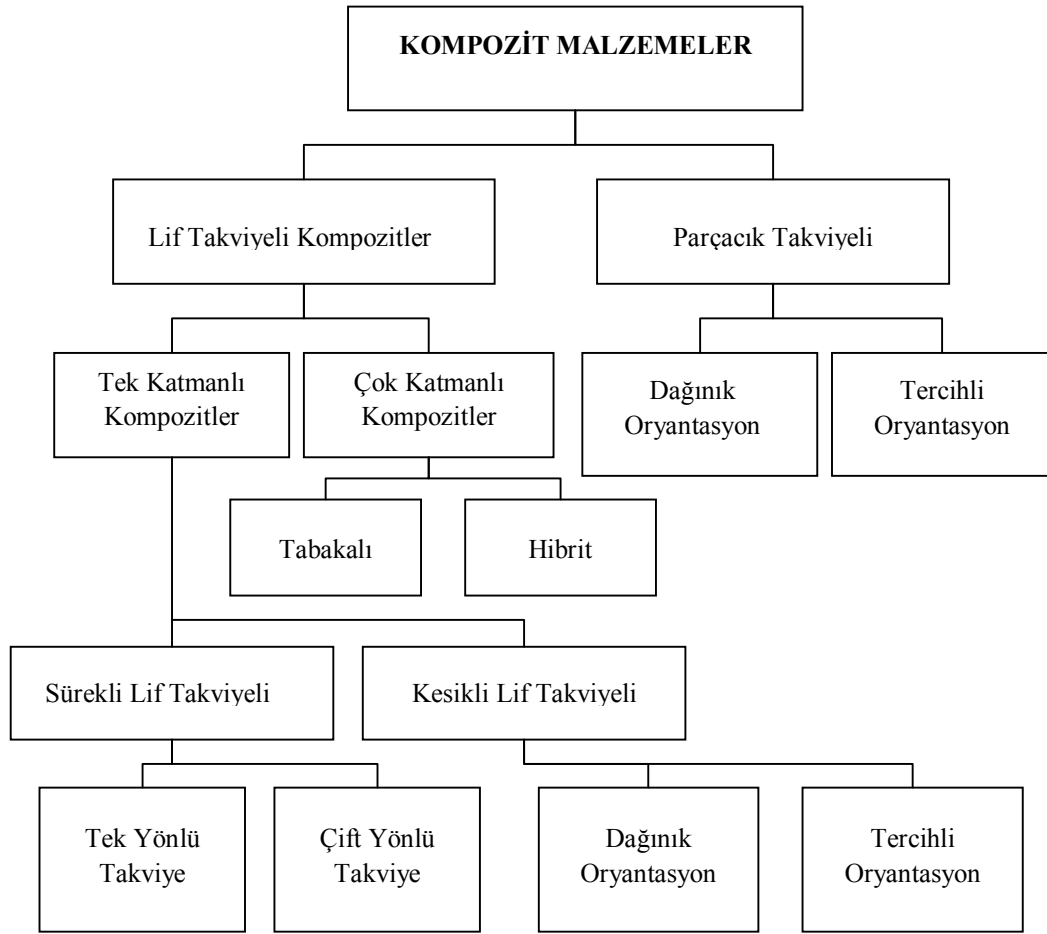
Malzemeler genellikle; metaller, seramikler ve organik malzemeler olarak 3 ana gruba ayrılırlar [16]. Bu üç grubun birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri vardır. Bu üç ana grubun yanında, aynı ya da farklı gruplardan iki ya da daha fazla malzemenin uygun olan özelliklerini tek malzemedeki toplamak ya da yeni bir özellik ortaya çıkarmak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesi ile oluşturulan malzemeler, karma (kompozit) malzemeler olarak adlandırılırlar [17]. Genel olarak, kompozit terimi

farklı iki ya da daha fazla materyalin değişik yapıştırıcılarla bir araya getirilerek oluşturulan malzemeleri ifade etmektedir [18].

Kompozit malzemelerin avantajı bileşenlerin en iyi özelliklerini bir araya getirmesidir. Kompozit malzemelerin üretimiyle aşağıdaki özelliklerden biri veya birkaçının geliştirilmesi amaçlanır. Bu özellikler şu şekilde sıralanmıştır [16].

- Dayanım
  - Yorulmaya karşı dayanım
  - Aşınmaya karşı dayanım
  - Korozyona karşı dayanım
- Kırılma Tokluğu
- Yüksek Sıcaklık Özellikleri
- Isıl İletkenlik
- Elektrik İletkenliği
- Akustik İletkenlik
- Rijitlik
- Ağırlık
- Fiyattır.

Kompozit malzemelerin yapısı incelendiğinde, ortak bir dayanım mekanizması olduğu görülür. Dayanım mekanizması, takviyenin geometrisine çok sıkı şekilde bağlıdır. Bu nedenle kompozit malzemeleri, örnek takviye biriminin geometrisi göz önüne alınarak sınıflandırmak uygundur [16]. Takviye biriminin geometrisine göre kompozit malzemeler şu şekilde sınıflandırılır.



Şekil 2.1. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması [19]

Bu çalışmanın da özünü oluşturan çok katmanlı tabakalı kompozitler, birbirlerine bağlanmış olan en az iki farklı malzeme katmanından oluşur. Tabakalaşma daha kullanışlı bir malzemeye ulaşmak için bileşiği oluşturan katmanlar ve bağlanan malzemelerin en iyi durumlarını birleştirir [20].

### 3. LİTERATÜR ÖZETİ

Yapılan literatür taramalarında ahşap lâminasyon tekniği ile kompozit malzeme üretimi alanında bir çok çalışma yapıldığı belirlenmiştir. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda ahşabın, ahşap dışında bazı malzemelerle lâmine edildiği ve bu sayede farklı kompozit ürünler elde edildiği görülmüştür. Aşağıda lâminasyon işlemi ile ilgili literatür araştırmasında rastlanan bilimsel çalışmalara yer verilmiştir.

Son yıllarda mühendis ve teknik elemanlar; beton, çelik, ahşap, taş, plastik, cam gibi malzemelerin çeşitli şekil ve oranlarda bir araya getirilmesi ile daha çok kullanışlı malzemeler elde etmek konusunda yoğun bir çaba göstermektedirler. Bunun yanında, yüksek mukavemetli cam, karbon, bor, aramit elyaf gibi yeni malzemeler geliştirilmektedir. Geliştirilen bu malzemeler ilk olarak risk seviyesi yüksek uygulamalarda kullanılmakla beraber daha sonraları yapısal uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ahşap yapı tasarımında, masif ağaç malzemenin büyük boyutlu elemanlarda tek parça olarak kullanılması, gerek ekonomik ve gerekse teknik açıdan elverişli değildir. Ayrıca taşıyıcı elemanların üretiminde, tek parça masif ağaç malzeme kullanılması imkânları sınırlıdır. Çünkü ağaç malzemedeki bulunan budak, çatlak, spiral liflilik vb. kusurların tamamen giderilmesi mümkün görülmemektedir. Bu durum ahşap yapının güvenliğini oldukça etkilemektedir. Öte yandan taşıyıcı elemanların üretiminde masif ağaç malzemenin tek parça olarak kullanılması fire oranını artırdığından ekonomikte değildir. Bu nedenle ahşap yapı tasarımında, istenen ebatlarda yapı elemanı elde etmek ancak ahşap birleştirme yapmakla mümkündür. Ancak yapılan ahşap birleştirmelerde de lif süreksizliği olduğundan yapının yük altındaki performansı olumsuz yönde etkilenmektedir. Ahşap bir yapıyı oluşturan iskelet sistemde taşıyıcı elemanlar genellikle basınç, çekme ve eğilmeye maruz kalmaktadır [21].

Glulam gibi ahşap mühendislik ürünleri ortaya çıkmadan önce, çatı ve köprü yapımında sık sık gerekli olan geniş açıklıkların üstesinden gelmek için ahşap makaslar yaygın olarak kullanılırdı. Yapı kerestesinden üretilen ahşap makaslar, küçük konutlarda çatı yapıları için hala en yaygın çözümlerdir. Makasın bu türü,

düşük maliyetle sert ve güçlü makas bağlantıları oluşturmak için bugün neredeyse sadece perçinli metal plakalı bağlantı elemanları ile tasarlanmıştır. Ahşap çatı makasları, sık sık 12 m' ye kadar olan açıklıklar için kullanılır, ama 30-40 m' ye kadar açıklıklar için tasarlanabilir [22].

Yapısal yapıştırılmış lamine kereste (glulam), yapıştırılmış ahşap mühendislik ürünlerin en eskilerinden biridir. Glulam, laminasyon olarak adlandırılan iki ya da daha fazla katlı kerestenin lif yönleri uzunluğuna paralel olarak birbirine yapıştırılması ile elde edilen tasarlanmış, gerilimi sınıflandırılmış üründür. Glulam, uygunca seçilmiş ve düz veya eğimli formlarda hazırlanmış ahşap parçalarından yapılan, tüm parçaların lif yönleri elemanların boyuna yönlerine paralel olan malzeme olarak tarif edilir. İzin verilen maksimum laminasyon kalınlığı 50 mm' dir ve laminasyon genel olarak 25 veya 50 mm kalınlıktaki keresteden yapılmaktadır. Kuzey Amerika standartları, glulamın onaylanmış üretim tesisinde üretilmesini gerektirmektedir çünkü kereste uç uca, yan yana ve yüz yüze birleştirilir, glulamın boyutu sadece üretim tesisinin ve taşıma sisteminin kapasitesi ile sınırlıdır [23].

Ahşap malzeme, insanoğlunun kullandığı en eski yapı malzemelerinden biridir. Bugün hala yerleşim, ticari ve endüstriyel binalar hem de iskeleler, köprüler, istinat duvarları ve güç iletimi kuleleri gibi çeşitli yapıların inşasında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde evlerin yaklaşık %90'ı ahşaptır [24].

2 ve 4 mm kalınlıkta kaplamalar ile PVAc ve Poliüretan tutkalları kullanılarak lamine Kızılağaç'ın fiziksel ve mekaniksel özellikleri tespit edilmiştir. Buna göre en yüksek eğilme direnci 2mm katman kalınlığı ve PVAc tutkalı ile elde edilmiştir [25].

Cam lifleri ile güçlendirilmiş değişik formlardaki ahşap lamine kirişlerde gerilmelerden dolayı ortaya çıkabilecek çatlaklara karşı kirisin dayanma noktası araştırılmıştır. Buna göre, güçlendirmenin çatlaklardaki gerilmeleri düşürerek, bir çeşit çatlama durdurucu görevi üstlendiği belirtilmiştir [26].

Eski dönemlerde Anadolu’da sıkça kullanılan ahşap yapılar, günümüze uzanan süreç içinde kullanım alanını kaybetmiş ve yerini betonarme karkas yapılara bırakmıştır. Son dönemlerde, özellikle 1999 Marmara depremi sonrasında Türkiye’de ahşap yapı uygulamalarına, depreme karşı dayanımlı olması nedeniyle geri dönüş başlamıştır. Günümüzde Türkiye’de birçok firma ahşap konut üretimi ve uygulaması yapmaktadır [27]. Ahşap başka hiçbir malzemede bulunmayan özelliklere sahip olduğundan prefabrike yapımı için en uygun malzemedir. Diğer malzemelerle kolaylıkla birleştirilebilmektedir [21].

Düz ve eğimli glulam elemanlara dayalı yapısal sistemlerin bir çeşidi, 100 m’ ye kadar açıklığı olan çatılar için geliştirilmiştir. Bugün Kaplama Tabakalı Kereste (LVL) ve Paralel Yerleştirilmiş Kereste (PSL) gibi birçok diğer ahşap esaslı ürünler, büyük ölçekli ahşap yapılar için uygundur. Bu ürünler, düz glulam elemanlar gibi benzer bir şekilde daha büyük açıklıklar için uygundur [22].

Borri, A., Corradi, M., Grazini, A., eğilme yükü altında bulunan ahşap yapı elemanlarının güçlendirilmesi amacıyla lif takviyeli polimer (FRP) malzemelerin kullanılmasını analitik olarak araştırmışlardır. Yapılan bu çalışma müdahale düzenleri ve malzemelerin değişen yapılandırmalar altında, önceden mevcut eski ahşap kirişlerin FRP güçlendirilmesi tasarımı için uygun olan ahşap özelliklerine dayalı doğrusal olmayan sayısal bir işleme yol açmıştır. Dört-nokta eğilme test düzenlemesine dayanan deneysel program, FRP-ahşap kirişlerin sertliğini, sünekliğini ve kuvvete tepkisini tanımlamayı amaçlamaktadır. Güçlendirilmiş ahşapta mekanik testler, esnek sertlik ve kapasitede artışların üretilbildiği FRP malzemelerinin eğilmesini göstermektedir. Tek yönlü güçlendirilmiş yapıları olan yüksek gerilim karbonundan yapılan FRP kompozit malzeme, bir epoxy reçine matrisine gömülmüştür. Bu güçlendirme yöntemi, önceden mevcut ahşap yapının sarkan parçasının çıkarılmasını gerektirmeden kullanılabilir. Ek olarak, bir kirişin doğrusal olmayan modeli, en yüksek yükü tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Yapılan çalışma sonunda deneysel programın sonuçları, sayısal işlem ile karşılaştırma için kullanılmıştır [28].

Issa, C. A., Kmeid, Z., yaptıkları deneysel çalışma ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş lamine kirişlerin esneklik özelliklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Güçlendirilmiş glulam kirişler daha ucuza mal olmaktadır çünkü güçlendirme kullanımı, aşırı gerilim yüzeyinde (daha az yüksek sınıf malzeme kullanılabilir) üst sınıf tabaka gereksinimini azaltacaktır; buna ek olarak odun hacmi azalmıştır. Ayrıca, güçlendirilmiş glulam kirişler, düşük ürün değişkenliğine sahiptir, doğal büyüme özelliklerinden etkilenmezler ve güçlendirmenin üretimi tutarlıdır ve kontrol edilebilir. Issa ve Kmeid, güçlendirmenin iki tipini incelemiştir: çelik plaka ve karbon liflerle güçlendirilmiş polimer (CFRP). Tüm kirişlerin ahşap kısımları 6x3,6x176 cm' lik üç ahşap kirişin laminasyonu ile yapılmıştır. Güçlendirilmemiş kirişler, net ölçüsü 6x11x176 cm 'e eşit ahşaptan yapılmıştır. Çelik takviyeli kirişler, kalınlığı 1,5 mm'e eşit çelik plaka kullanılarak bir kenarı tamamen kaplanmış glulam ahşap kirişlerdir. CFRP takviyeli kirişler, 1,2 mm kalınlığında, 5 cm genişlikte ve 176 cm uzunlukta CFRP ile kaplanmış glulam ahşap kirişlerdir. Sonuçlar, güçlendirilmiş kirişlerin davranışlarının, güçlendirilmemiş olanlardan tamamen farklı olduğunu göstermektedir. Güçlendirme, kırılmalardan sünekliğe bozulma şeklini değiştirdi ve kirişlerin yük taşıma kapasitelerini arttırmıştır [29].

Eğer yapışma yüzeylerinde tek tutkal tipi kullanılabilseydi, lif takviyeli polimerle (FRP) desteklenmiş glulam daha ekonomik uygulanabilir bir ürün olacaktır. Yapılan araştırma, ticari olarak uygulanabilir FRP malzemeleri ahşaba yapıştırıldığında beş ticari ahşap laminasyon tutkalının hidrotermal uyumluluğunu sınavan test programını açıklamıştır. Yapışma bütünlüğünün sadece tutkal türüne bağlı olmadığı, ayrıca incelenmekte olan FRP tipine de bağlı olduğu görülmüştür. FRP tiplerinden biri olan nem döngüsü FRP-ahşap yapıştırılmış örnekler için nem döngüsü olmayan FRP-ahşap örnekleri, nem döngüsü olmayan ahşap-ahşap yapıştırılmış örnekler ve aynı keresteden alınan masif kontrol örnekleri ile de karşılaştırılan yüksek odun hata yüzdeleri ve iyi kesme dayanımı sonuçları elde edilmiştir. Bu cesaret verici sonuçlar, FRP güçlendirilmiş glulamda uygun yapıştırıcı olarak kabul edilen pahalı yapısal epoksi tutkallarına alternatif önermiştir [30].

Lamine kereste elemanlarına yapıştırılan fiber takviyeli polimer kompozitlerin uygulaması, hem güçlendirme hem de yeni inşa için iyi bir potansiyel sağlamıştır. Özellikle, glulam kereste elemanları için bağlantı olarak çelik yerine FRP çubuklarının kullanım olanağı sayesinde sistemin geliştirilen sağlamlığı ile daha kolay ve daha hızlı uygulamalar, FRP malzemelerin hafif özellikleri ile garanti edilmektedir. FRP çubuklarının epoksi ile glulam elemanlarına yapışma performansı çekme testleri ile incelenmiştir. Test değişkenleri; yapışma uzunluğu, çubukların yüzey şekli ve birleştirmenin boyuna yönüne göre ağaç liflerinin yönüdür. Deneysel eğrilere dayanarak, birleştirmenin yerel ortak bağ-kayma davranışı modellenmiş ve birleştirmenin sayısal olarak çubukların gömme uzunluğunun bir fonksiyonu gibi nihai yükünü elde etmek için kullanılmıştır. Ayrıca, deneysel olarak gözlemlenen, barın liflere paralel ve dik durumları için barın eksenine dik düzlemde, ayrılan tutkal bozulmasının liflere paralel barlar için daha kritik olduğunu gösteren birleştirme davranışı modellenmiştir [31].

Ogawa, H. yaptığı araştırmada yeni fenolik reçine ile CF kompozit tabaka (CF/P) ve üretim sistemi olan orta malzemenin gelişmesi sayesinde yüksek performanslı ve yanma dayanım özellikli yeni bir karbon lifle güçlendirilmiş, lamine kereste (CFR-glulam) incelenmiştir. Yeni geliştirilen CF/P tabakası ara malzeme, reçine emdirilmiş ve düzgün kürlenmiş kağıt hamuru ile arasına sıkıştırılmış CF takviyeli kompozit levhasından oluşmuştur. Yaklaşık %0,08-1,3 hacimli CF içerikli *Cryptomeria japonica* (sugi) ve karaçamın (*karamatsu*) 2-6 m uzunluğunda yeni CFR-glulamı, ev inşası için belirlenen Japon Tarım Standardı (JAS) yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yeni CFR-glulam, iki kat esneklik modülü ve dayanım, başlangıç glulam malzemenin (CF güçlendirmesi yapılmamış) mekanik özelliklerde daha küçük değişim katsayısı ve ortalamanın üzerinde tutkal bozunma özellikleri göstermiştir. Bu CFR-glulam, ahşap mimari uygulamalarda yapı malzemesi olarak önerilmiştir ve yeni geliştirilen CF/P kompozit tabakası, plaka güçlendirilmiş malzeme olarak ve ayrıca ev ile köprü bileşenlerinin onarımı için kullanılabilir [32].

Yüksek performanslı lifler inşaat mühendisliği yapılarında onarım ve yenileme için yaygın bir şekilde araştırılmaktadır. Ahşap kirişlerin güçlendirilmesi için yüksek

performanslı liflerin kullanımına ilişkin potansiyel yararlar, yükümlülük ve mimari değerlendirmeler ele alınmıştır. Dört ve üç nokta eğilme test düzenine dayalı deneysel program, çekmeli sıkılmış GFRP (cam lifi takviyeli polimerler) elemanlar ile güçlendirilmiş ahşap kirişlerin sertliğini ve tepki gücünü nitelemek için önerilmektedir. Lif takviyeli polimerlerin kullanımı esnasında gelişen ahşabın mekaniksel özellikleri, çoğu kez tutkal genellikle epoksi reçineleri kullanımı ile ilgilidir. Bu nedenle reçine kullanımı ve yapışma etkinliği konusunda yapılan mekanik, kalorimetrik ve termo-gravimetrik analizler çalışılmıştır. Tam ölçekli ahşap kirişlerde gerçekleştirilen mekanik testler, GFRP ile güçlendirilmiş kirişlerin, esneklik sertliği ve kapasitesinde güçlü artışlar üretebildiğini göstermiştir. Ek olarak, basit doğrusal analizlere dayanan analitik araştırma, azami yükü tahmin etmek için yürütülmüştür. Bu makalenin sonunda deneysel programın sonuçları sunulmuş ve analitik prosedürle karşılaştırmak için kullanılmıştır [33].

Moayyed, M. Y., Taheri, F. 'nin yaptığı çalışma, kısa vadede deneysel ve sayısal araştırması ile tek yönlü aramid lif takviyeli polimer (AFRP) levhasıyla güçlendirilmiş güney sarıçamı ve Douglas göknarı kereste kirişlerinin sünme performansını tanımlamıştır. AFRP ve sade ahşabın sünme parametreleri, dahili sünme testleri kullanılarak belirlenmiştir. Bundan dolayı, doğrusal olmayan sonlu eleman modeli, her parçanın sünme özelliklerine dayanarak AFRP takviyeli kereste kirişlerin sünme tepkisini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Sonlu eleman analizi sonuçları, AFRP takviyeli örneklerde yürütülen deneysel sonuçlar ile uyduğunu göstermiştir. Üstelik güçlendirilmiş kirişlerin esneklik dayanımında güçlendirmenin etkisi de açıklanmıştır. Hem dayanımın hem de sertliğin gelişmesini sağlayan ve ahşap kirişlerin sünme bozulmasını etkin olarak azaltabilen AFRP takviyeli kereste kirişlerin artması sonucu çıkarılmıştır [34].

Corradi, M., ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada farklı malzemeler ve tekniklerle güçlendirilmiş ahşap kirişli döşemenin kesme özelliklerinin deneysel ve sayısal analizi yapılmıştır. Ahşap döşemeler kompozit malzemeler, takviye edilmiş düz beton levha ve ahşap kalas kullanılarak güçlendirilmiştir. Deneysel sonuçlar, güçlendirilmemişlere nazaran güçlendirilmiş zeminlerin kesme dayanımında ve

sertliğinde önemli bir artış göstermiştir [35].

Takviye eklenmesi ile glulam kirişlerin yük taşıma kapasitelerinin arttırılması, yaygın bir uygulamadır. Son zamanlarda, çekmeli sıkılmış cam lifi takviyeli plastik (GRP) kirişlerin iki malzeme ve düşük ön gerilim kayıplarının uyumluluğundan dolayı uygun alternatif sağladığı ispat edilmiştir. Guan, Z. W., ve arkadaşlarının makalesi, karşı test sonuçları onaylanan ve sonra ön-gerilmiş GRP kirişler ile bitişik kereste arasındaki yapışma gerilimini araştırmak için kullanılan sonlu elemanlara dayalı modeli açıklamaktadır. Parametrik çalışmalar, kiriş kalınlığının etkilerini, kiriş açıklığı ve kirişlerin yapısal davranışında ön-gerilim kuvvetini değerlendirmek için üstlenilmiştir [36].

Kim, Y. ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada; burulma bozulması ve eğilme altında lamine ahşap kirişlerde ince lif takviyeli plastik (FRP) katının gelişimi tahmini için analitik çözüm sunulmuştur. Malzemelerin dayanımı görüşüne dayanan, dört noktalı eğilme altında ayrılan kirişler için uzaklık fonksiyonları elde edilmiştir. Kuvvet ve uzaklık uygunluk şartları kullanarak, uygulanan enine yük ile burulma bozulması yükü ile ilişkilendirilen kesin bir form tespit edilmiştir. Zorlama enerjisi açığa çıkma oranının kesin formu, eğilme altındaki kirişlerde bozulma gelişimini çalışmak için sunulmuştur. Analitik çözüm, basınç yüzeyinde ince lif takviyeli plastik kompozit ile güçlendirilmiş lamine kereste (glulam) kirişler için deneysel veri kullanılarak değerlendirilmiştir. Eğilmede bozulma büyümesi, düzlem yükleme durumunun farklı davranmasını göstermiştir [37].

Raftery, G. M. ve arkadaşları tarafından ele alınan araştırma programı, ahşaba ticari olarak uygun FRP' lerin yapıştırılmasında kullanılan üç ticari epoksi tutkalını incelemiştir. Program, tümü aynı keresteden ahşap kullanılarak üretilen nem döngüsü olmayan FRP-ahşap örnekleri, nem döngüsü olmayan ahşap-ahşap bağlı ve masif kontrol numuneleri ile nem döngüsü FRP-ağaç örneklerinin karşılaştırmalı deneyini gerektirmiştir. Bulgular, özel yapıştırıcılar ile maliyet etkin ince tutkal hatlarının FRP-ahşap arayüzünde uygulanan birçok hidrotermal gerilimlere direnme kapasitesi olduğunu göstermiştir. Ayrıca, yapıştırıcı bütünlüğünün sadece söz konusu olan

epoksi tutkalına bağılı olmadığını FRP tipine de bağılı olduğı kaydedilmiştir [38].

Son çalışmalar, lif takviyeli polimer (FRP) kompozitler ile güçlendirilmiş ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin inşaat uygulamaları özellikle yapısal elemanlar için gelecek vadeden malzemeler olduğunu ispatlamıştır. Ancak, karbon FRP ahşap hibrid malzemelerin uzun dönem performansı, çevresel şartlara ve ahşap koruyuculara maruz kaldığında karbon lif takviyenin mukavemeti, yanı sıra karbon FRP-ahşap ara yüzü bozulmaya duyarlılığı hakkında endişeler bulunmaktadır. Pirvu, A. ve arkadaşlarının çalışmasının amacı: (a) Malzeme ve arayüz performans özelliklerine dayalı ahşap elemanların güçlendirilmesi için karbon/vinil ester kompoziti karakterize etmek; (b) Ahşap güçlendirme için VARTM/SCRIMP işlemin uygunluğunu değerlendirmek; (c) petrol kaynaklı ahşap emprenye uygulamalarına maruz kaldıktan sonra madde emilimini ölçmektir. Vinil ester reçine, ahşap hidroksimetil rezorsinol bağlayıcı madde ile işlem gördüğünde, doğru bir şekilde ölçülendirilmiş karbon lifli dayanıklı kompozit ve dayanıklı ahşap yapıştırıcı bağı üretmiştir. Karbon/vinil ester-ahşap arayüz özellikleri, E-cam/vinil ester-ahşap arayüz özelliklerinden daha üstündür. Uygulanan VARTM/SCRIMP teknolojisi, yüksek lif/reçine oranlı güçlendirmeyle, minimum boşluk içeriğı ve dayanıklı yapıştırıcı bağı-ahşap alt tabaka ile sonuçlanan üretilen karbon FRP-ahşap hibrid yapısal elemanlar için potansiyeli olan üretim işlemi olduğunu ispatlanmıştır [39].

Taheri, F. ve arkadaşlarının yazdığı makale, fiber takviyeli polimer (FRP) levhalar ile güçlendirilmiş lamine (glulam) ahşap kolonların fizibilitesini araştırmak için yapılan bir çalışmanın sonuçlarını göstermektedir. Deneysel ve bilgisayarlı araştırmalar FRP ile güçlendirilmiş eksenel yüklü glulam ahşap kolonlarda yapılmıştır. İncelik oranı, sınır durumları, FRP güçlendirme uzunluğu ve ilgili değerler gibi benzer parametreler bu çalışmada göz önünde bulundurulmuştur. Bu çalışmanın başlıca amacı mühendislik ve mimarlık alanlarında deneyim kazanmak için bilgi ve veri üretmektir. Ana amacı da uygun maliyetli glulam kereste bileşenlerinin yapısal uygulamalarda geçerli bir seçenek olarak kullanımını artırmayı doğrulamaktır [11].

Premrov, M. ve arkadaşlarının yazdığı makale, prefabrik kereste yapıların inşasında genellikle ana taşıma gücü elemanları gibi kullanılan diagonal olarak güçlendirilmiş ahşap çerçeveli panel duvarlar için benzer analitik çözümler sağlamıştır. Bu duvarlar, ahşap çerçeve kompozit elemanlardan ve kaplama malzemesi lif-bant levhalardan yapılarak matematiksel olarak uygulanabilir. Levhalar sistemin en zayıf parçası olduğu için, çelik köşegenlerle güçlendirilmiştir. Önerilen yaklaşık analitik modeller ile lif bant levhaların hayali kalınlık ve genişlikleri, eş zamanlı olarak yerleştirilmiş çelik köşegenlerin etkisini, ahşap çerçeve ile levhalar arasındaki mekanik bağlantıların esnekliğini ve lif-bant levhaların gerilim bölgesinde görülmeyen çatlakları göz önünde bulundurmaya olanak vermektedir. Elde edilen sayısal sonuçlar, ölçülen deneysel sonuçlarla uyumunu göstermektedir [40].

ABD’de mühendislik ahşap yapısı için yeni geliştirilen yük ve mukavemet faktör tasarımı (LRFD) özelliği, seçilen tasarım kuvvet gereksinimleri için teknik kaynak olarak olasılıklı yöntemleri, yük bileşimlerini ve yük faktörlerini kullanmıştır. Yapısal malzemeler olarak ahşap ve ahşap ürünlerin özellikleri dikkate alınmıştır. Ahşap yapısal ürünlerin dayanımı, yüklerin uygulama oranı ve süresine bağlıdır. Son limit durumları için LRFD kriteri, zaman etki faktörü vasıtasıyla bu bağımlılığı açıklamıştır. Birçok önemsiz aynı ve tekrar kullanılan parçalardan oluşan ahşap yapısal sistemlerin dayanımındaki gözle görünen artış, sistem faktörü ile hesaplanmıştır. Sehim ve titreşimin işe yararlılık limit durumları, bazı genel kod kılavuzları ve zorunlu olmayan açıklamalar ile adreslenmiştir [41].

Kuo ve arkadaşları kalıplı enjeksiyonla üretilen ahşap-plastik kompozitlerin (WPC) mekanik özelliklerinde malzeme bileşimlerinin etkisini incelenmiştir. 47/47/3/3’ lük odununu/plastik matriks/MAPP (maleik anhidrid polipropilen)/çinko stearik asit tuzu oranı kullanılarak LDPE (düşük yoğunluk polietilen) ve PP (polipropilen) ile üretilen ahşap-plastik kompozitlerin gerilim dayanımının ve kopma modülünün (MOR) LDPE ve PP’ nin kendilerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca, polimer matriks ABS (akrilonitril-butadin-sitrin) iken karşılaştırılan bulgular elde edilmiştir. RPP’ in (yeniden kazanılmış polipropilen) mekanik özellikleri kıyaslandığında, RPP ile üretilen ahşap-plastik kompozitler için kopma modülü artmış ve gerilim modülü

azalmıştır. %47 odun onu ( $<180$  lm) ve %3-4,5 MAPP (maleik anhidrid polipropilen) ile karıştırılan PP' (polipropilen) den yapılan ahşap-plastik kompozitlerin gerilim dayanımı, kopma modülü ve saklama modülü, bu çalışmada üretilen diğer ahşap-plastik kompozitlerinkinden daha yüksektir. Ayrıca, polimer sönümlendirme en üst sınırı, zıt sonuç göstermiştir [42].

Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın esas amacı, karbon lif takviyeli plastik (CFRP) kompozit tabakalarının kullanımı ile iyileştirilen ahşap kirişlerin esneklik performansını araştırmaktır. Önce, CFRP kompozit tabakaları ile iyileştirilen ahşap kirişlerin teorik analizi elde edilmiştir. Dört nokta eğilme testi ahşap kirişin yük-uzaklık ilişkisini belirlemek için kullanılmıştır. CFRP tabakalarının performansı, incelenen iki farklı türdeki ahşap kirişlerin gerilim kenarına bağlıdır. Deneysel yük-uzaklık ilişkilerinin gözlemleri, CFRP tabakasızlarla kıyaslandığında CFRP kompozit tabakaları ile iyileştirilen ahşap kirişler için esneklik dayanımının arttığını ve ortadaki dikey uzaklığın azaldığını göstermiştir. 1, 2 ve 3 katmanlı CFRP kompozit tabakaları ile iyileştirilen *Cunninghamia lanceolata* için esneklik dayanımının yüzdesel artışı sırasıyla %39, %44 ve %61 idi. 1, 2 ve 3 katmanlı CFRP kompozit tabakaları ile iyileştirilen *Tsuga chinensis* için esneklik dayanımının yüzdesel artışı sırasıyla %44, %55 ve %58 idi. Teorik ve deneysel azami yüklerin karşılaştırmaları, *Cunninghamia lanceolata* ve *Tsuga chinensis* için azami yükün mutlak hataları sırasıyla %5,05 ve %8,65 olduğunu göstermiştir [43].

Özel prefabrik lif takviyeli polimer (FRP) kompozit şilte veya örtü, inşaat sahasında ahşap kazıkları onarmak için geliştirilmiştir. Ahşap kazıklar ile FRP kompozit şilte arasındaki yük-transfer mekanizmasının iki tipi geliştirilmiş ve test edilmiştir: (1) çimento esaslı yapısal derz ve (2) genişleyen bir poliüretan kimyasal derzli çelik kesme bağlantıları. Anido ve arkadaşlarının yazdığı makalenin amacı, FRP kompozit şilte sistem ile onarılan önceden hasar görmüş gerçek boyutlu ahşap kazıkların yapısal tepkisini tanımlamaktır. Üç nokta eğme test prosedürü, yanal yüklere maruz kalan kazığın tepkisini simule etmek için kullanılmıştır. Yük deformasyon tepkisi, bükülmüş şekil profili, nispi uzunlamasına yer değiştirmeler (kayma), gerilme dağılımı, nihai eğilme momenti kapasitesi ve başarısızlık modu olarak

değerlendirilmiştir. Ahşap kazıklar, arakesiti yaklaşık %60 azaltılarak önceden hasar verilmiştir. Çimento esaslı derzli FRP kompozit şiltesi kullanılarak onarılan önceden hasar görmüş ahşap kazığın, referans bir ahşap kazığın eğilme kapasitesini aştığı tespit edilmiştir. Çelik kesme bağlantılı ve poliüretan derzli FRP kompozit şilte kullanılan onarım sisteminin, tamamıyla referans ahşap kazığın eğilme kapasitesini iyileştirmediği; ayrıca ahşap tahribatı kritik olmadığında deniz oyucusu koruması için kullanılabileceği tespit edilmiştir [44].

İzosiyanat reaktifli holt-met tutkalının lâmine malzeme üretiminde kullanılma imkanı araştırılmıştır. Bu amaçla hazırlanan deney örnekleri 150°C’de münavebeli kaynatma kurutma kaynatma işlemlerine tabi tutulmuştur. % 8,6 oranında aktif izosiyanat reaktif kullanıldığında, ağaç malzeme direncinde % 80 azalma olacağı belirtilmiştir [45].

Ahşap-beton kompozit kirişler, aslında basınçta beton tabakası ve gerilmeye ahşap tabakası kullanan tabakalı sistemdir. Bu tabakalı sistem, zeminlerin sertliği ve yük taşıma kapasitesi arttığında tarihi kereste yapılarda ahşap zemin inşa etmek ve onarmak için bir yol sağlamıştır. LeBorgne ve Gutkowski’nin araştırma makalesi, betonun zayıf bileşimi, betonda enine daralma çatlakları, ahşabın şişmesi, betondan rutubet kaybı ve azaltılmış kompozit verimliliğiyle sonuçlanan eski problemleri incelemiştir. Araştırma, nasıl bu problemlerin azaltılabileceğini ve böylece ahşap-beton kompozit sistemin kompozit verimliliğinin artırılabilceğini anlatmıştır. Örneklerin, ahşap ile beton arasındaki sıkı ara yüzü korumak için yardım eden su geçirmez boyayla boyanması vasıtasıyla ahşabın şişmesi azaltılabilir. Bileşimini arttırmak için 28 günlük 34,5 MPa’lık basınç dayanımı ve 279,4 mm’lik çökme ile kendiliğinden düzleşen beton tasarlanmıştır. Yeni yapılmış betona ilave olarak naylon lifler ve I tipi çelik lifler, kompozit verimliliğindeki ve çatlakların daralmasının azalmasındaki etkilerini belirlemek için kullanılmıştır. 12 adet 1/1 ölçekli örnekler, yapıldı ve hatası test edilmiştir. Ahşapta açıklık ortası eğilme ve çekme ile birleştirilmiş hatanın en yaygın modu bulunmuştur. Dört nokta eğilmeye yerleştirildiğinde 1/1 ölçekli test örneklerinde %83,4’lük ortalama kompozit verimliliği elde edilmiştir [46].

Xu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ahşap kaplama kompozitlerde takviye malzemesi olan kısa karbon lifler, lif uzunluğu ve lif yönlendirmesinin kontrplak esnekliğindeki etkisini incelemek için kullanılmıştır. Kısa karbon lif takviyeli kontrplağın teknik fizibilitesi, esnekliği ve dayanımı değerlendirilmiştir. Kısa lif takviyeli sistemde, lif uzunluğu belirli uzunluğu aştığında Cox teorisinde güçlendirmeyi doğrudan etkilememektedir. Deneyde kısa karbon lifin uzunluğu 3 mm' yi geçtiğinde, yüksek takviyeli sonuç elde edilmiştir ancak, lif uzunluğu çok uzunsa, takviyeli sonuç lifler ile deliklerin artışı arasındaki köprüden dolayı daha azdır. En uygun lif uzunluğu dikkate alınmalıdır. Liflerin yönlendirilmesi, güçlendirmede güçlü bir etkiye sahiptir. Tek yönlü, dik ve rastgele yönlendirme, esneklikte farklı etki göstermiştir. Deneysel sonuçlar, Cox metodu ile tartışılmıştır. Rastgele dağılımda kısa karbon lifler ile takviyeli kontrplak, diğer mekanik özelliklere ek olarak kontrol numunelerinden yüksek kesme modülü ve eğilme dayanımına sahiptir [47].

Çelik şerit takviyeli yüksek yoğunluklu odun yongası-beton levha eğilme elemanı davranışının daha iyi anlaşılmasını sağlamak için 3 yıllık uzun vadeli yükleme testi orta boy kirişler ve tam ölçekli oluklu çatı panellerinde gerçekleştirilmiştir. Elemanların uzun vadeli davranışları sunulmuş ve açıklanmıştır. Test sonuçları, çelik şeritin uzun vadeli sertlikte önemli etkisinin olduğunu göstermiştir. Eğilme elemanlarının uzun vadeli yük taşıma kapasitesinin, kısa vadeli yük taşıma kapasitesinin yaklaşık 0,5 katı ve uzun vadeli sehimin, kısa vadeli sehimin yaklaşık 1,6-2,5 katı olduğunu göstermiştir [48].

Katmanlı kompozit masif ahşap-beton zemin sisteminin etkinliği ile ilgili keşfedici araştırma açıklanmıştır. Biçilmiş kereste üzerinde beton katmandan oluşan dikdörtgen kirişler, yükleme testine tabi tutulmuştur. Katmanlar arası kuvvet transferi, çentikli bir kesme anahtarındaki rulman ile gerçekleştirilmiştir. Dikey bir çapa, beton küründen sonraki çentiklerin darlığını düzeltmek için kullanılmıştır. Test sonuçları, elde edilen kısmi kompozit eylemin derecesine dayanan fikrin yapısal değerini göstermiştir [49].

Sünme kopmasından kaynaklanan yükleme süresi davranışı, ahşap malzemeyi diğer yapısal malzemelerden ayırt eden çok önemli etkilerden biridir. Sünme kopmasının fenomeni, son yirmi yılda yaygın biçimde çalışılmıştır. Son deneysel programlar, gerçek boyutlu kerestede ki yükleme süresi (DOL) etkileri üzerine odaklanmış ve farklı kümülatif hasar modellerinin sayısını önermiştir. Bu modeller, tasarımda kullanmak amacıyla uygun yükleme süresi ayarlama faktörlerini değerlendirmek için yükleme işleminin tesadüfi niteliklerini hesaba katan güvenilirlik analizlerinde kullanılmıştır. Çok yakın zamanlarda, tesadüfi hasar birikim sürecinin kendisi incelenmiştir. Bu basitleştirilmiş kümülatif hasar analizleri için öneri ve ahşap yük süresi etkileri için 'öldürücü darbe' kavramını yeniden ortaya çıkmasına neden olmuştur. Diğer son çalışmalar ahşap mekanik bağlantılardaki benzer yük zaman etkilerini değerlendirmeye odaklanmıştır. Bağlantılardaki mekanizmalar, ahşap elemanlardan farklı olarak kabul edilirken, tasarımdaki zaman etkilerinin uygulaması (en azından şu anda) benzerdir. Rüzgar ve deprem yükleri gibi doğal afet yüklerine maruz kalan ahşap yapıların mühendislik tasarım eğilimi ile yük süresi etkilerinin hem ilkel karkas elemanlarında hem de yapısal bağlantılarda ayrı bir önemi olabilir. Ahşap için yeni LRFD standardının evrimi, bu önemli konuyu tekrar incelemek için iyi bir fırsat sağlar. Kısaca LRFD standardında zaman etkileri faktörleri için temel olarak kullanılan çalışmada özel vurgu ile DOL araştırması incelenecek ve (a) diğer istatistikleri kullanarak kümülatif hasar analizine basit bir yaklaşım (b) basit ahşap bağlantılarda yük-zaman etkileri konularındaki son bazı çalışmalar açıklanacaktır. DOL davranışını içeren güvenilirlik analizlerinin, sıra istatistiği yaklaşımı veya basit bir FORM analizi bile kullanılarak daha kolay gerçekleştirilebileceğini göstermiştir. Böylece, karmaşık tesadüfi kümülatif hasar analizini gerçekleştirmek zorunda kalmadan tasarım için yük süresi faktörlerini değerlendirmek mümkün olabilir [50].

Corinaldesi ve Moriconi'nin çalışmasında lokal olarak kompozit malzemelerle takviye edilen birçok ağaç türü test edilmiştir. Özellikle, iki farklı tipte bağlantının sürekliliğini iyileştirmedeki etkinliği, ya ladin ya da meşeden yapılmış olarak ikiye ayrılan türler bazında değerlendirilmiştir. Bir bağlantı, epoksi reçinesine gömülen ve ahşaba birbirinden ayrı olarak yerleştirilen CFRP' nin dört tabakası vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Bağlantının diğer türü, 150 mm ahşap içine birbirinden ayrı

olarak yerleştirilen 10 mm çaplı CFRP dört çubuk vasıtasıyla elde edilmiştir. CFRP malzemeleri ve ahşap, epoksi reçine yanı sıra birleştirilecek iki parça odun temas yüzeyi sayesinde ile yapıştırılmıştır. Bu bağlantılar, eğilme ve kesme kapasitelerini değerlendirmek için mekanik testlere sokulmuştur. Özellikle CFRP tabakası bağlantılarının esneklik davranışı ve CFRP ubuk bağlantılarının kesme davranışı bakımından cesaret verici sonuçlar elde edilmiştir [51].

Tungjitpornkull ve Sombatsompop yaptığı çalışmada, farklı lif yapıları, yüklemeler ve yönelme açıları ile E-cam lifler (GF), ahşap/poli(vinil klorit) (WPVC) kompozitlerin içine yerleştirilmiştir. GF takviyeli WPVC kompozitler ya basınçla kalıplama veya ikiz-vidalı ekstrüzyon işlemi ile imal edilmiş ve bu iki süreç kompozitlerin mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar GF takviyeli WPVC kompozitlerin üretimi için basınçlı işlemin ikiz vidalı ekstrüzyon işleminde daha verimli olduğunu önermektedir. Basınçlı teknik ile üretilen GF/WPVC kompozitin özgül ağırlığı daha büyüktür. Cam lifin yönelme açısının, GF/WPVC kompozitlerin darbe özellikleri üzerinde daha belirgin etkisi olduğu bulunmuştur. GF/WPVC kompozitlerin maksimum mekanik özellikleri, 0° lik lif yönelme açısı ile kompozit ürünler üretmek için basınçlı kalıplama tekniği kullanılması ile elde edilebilir [52].

Gana’ da hazır yenilenebilir bir kaynak olan kerestenin, bir yapı malzemesi olarak yapısal, yapısal olmayan ve dekoratif avantajları vardır, ancak son zamanlarda, eski moda olarak kabul edilir ve diğer "modern" malzemelerle değiştirilmesi ile karşı karşıyadır. Ev yapımı için kerestenin kullanımını ve potansiyelini engelleyen önemli engelleri açıklamaya yönelik olarak halka, kereste işleme fırması ve ahşap yapılar da ikamet edenlere anketler yapıldı ve açıklayıcı bir istatistiksel yöntem kullanılarak analiz edilmiştir. Ahşap tasarım ve ev yapımı için önemli engeller, mimarlar ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla tespit edilmiştir. Gana’da ahşap ev yapımı, psikolojik ve teknik engeller nedeniyle azalmıştır. Psikolojik olarak, böcek tarafından olası zarar ve yangın tahribi korkusu vardır. Mevcut teknik engeller; ahşap rezervlerinin tükenmesini, tasarım ve detaylandırma eksikliğini, etkisiz ahşap bakımını ve kalifiye eleman eksikliğini içermektedir [53].

Dobрила ve Premrov' un yazdığı makale, özellikle prefabrik ahşap yapıların inşaatında yük taşıma kapasitesi elemanları olarak kullanılan ahşap karkas duvar panellerinin nasıl güçlendirileceği konusunda farklı olanaklar sunmaktadır. Bu duvarlar, ahşap bir karkas ve fiber alçı levhalardan oluşan kompozit elemanlar olarak düşünülebilir. Sistemin en zayıf parçası olarak levhalar, özellikle sismik veya rüzgarlı alanlarda bulunan çok katlı binalarda elemanların dayanım ve sünekliğini sağlamak amacıyla bir şekilde güçlendirilmesi gerekmektedir. Araştırmanın amacı, iki farklı yöntem kullanılarak güçlendirilmiş elemanlar arasındaki dayanım ve süneklikteki farklılıkları belirlemektir. İlki, ek lif levha kullanarak direnci ve özellikle ileri sürülen doğrultuda yumuşaklığı geliştirmezken, ahşap karkasa sabitleştirilen köşegen çelik şerit eklemek, çözüm bulmak için daha uygundur [54].

Gezer ve Aydemir' in çalışmasının amacı, ahşap malzemelerin dayanım değişikliklerini gözlemlemektir. Özellikle sarılı ahşap malzemelerin basınç ve eğilme dayanımları incelenmiştir. Karbon lif takviyeli polimer (CFRP) malzeme, polimer esaslı tutkal kullanılarak ahşabın yüzeyine sarılmıştır. Sarılı ve sarılı olmayan malzemelerin dayanım oranları incelenmiştir. Numuneler, binalarda yaygın olarak kullanılan göknar ve çam odunlarından hazırlanmıştır. Aynı zamanda, ahşabın iki türü, dayanım oranları bakımından karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucu olarak, sarılı CFRP ahşap malzemeler için basınç ve üç nokta eğilme dayanımının artışı belirlenmiştir [55].

Taheri ve arkadaşları (2008), FRP ile güçlendirilmiş glulamın deneysel ve karşılaştırmalı olarak yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlar çerçevesinde FRP ile ilgili daha çok çalışma yapılması gerektiğini vurgulamışlardır [11].

Guan ve arkadaşları (2004), fiberglas ile güçlendirilmiş glulamın sunduğu uygun alternatiflerden yola çıkarak, GRP ile düzenlenen glulamın ön gerilme kuvvetini arttırdığı tespit edilmiştir [36].

Kuhta ve Premrov (2000) prefabrike ahşap yapıların inşasında ana taşıyıcı kapasite elemanları olarak kullanılan panel duvarlarının çift fiber plastik panellerle elde

edildiğinde esneklik sağlandığı ancak kırılma noktasında plastikleşme yaşandığı vurgulanmıştır [56].

Lâmine ahşap malzemedeki ağaç türü, tutkal çeşidi ve katman sayısının eğilme direncine olan etkilerinin araştırıldığı çalışma sonunda en yüksek eğilme direncinin PVAc tutkalı ile yapıştırılmış 5 katmanlı kayın odununda elde edildiği bildirilmiştir [57].

Lâmine edilmiş sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırıldığı çalışma sonunda bütün fiziksel mekanik özelliklerin masif malzemeye göre daha üstün olduğu belirlenmiştir [58].

Lâmine tutkalı kirişlerin eğilme dirençlerinin normal kirişlerden çok yüksek olduğu bildirilmiştir [59].

Lâmine tutkalı kirişlerin makaslama direnci göknar odununda  $8 \text{ N/mm}^2$  , çam odununda  $9,7 \text{ N/mm}^2$  bulunmuştur [60].

## 4. MALZEME VE YÖNTEM

### 4.1. Ağaç Malzeme

Ahşap mobilya imalatı ve yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus Sylvestris L.*) papel kaplama deney malzemesi olarak kullanılmıştır.

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan papel kaplama Ankara'daki kaplama üretici işletmelerden tesadüfi metotla temin edilmiştir.

Papel kaplamalardan muhtelif boy ve en ölçülerinde kesilen lamine elemanlar havalandırılan ve direkt güneş ışığı almayan ortamda  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında  $\% 12$  rutubete ulaşmıncaya kadar bekletilmişlerdir.

### 4.2. Ara Katman Malzemesi

Papel kaplamalar arasında sıva altı tel file, fiber glass tel file ve alüminyum tel file ara katman malzemesi olarak kullanılmıştır.

#### 4.2.1. Sıva altı tel file

Göz aralığı 22x22 (mesh), rulo uzunluğu 25 m, rulo genişliği 80 – 100 – 120 cm olan bir malzemedir. E-glass sıva filesi 1. sınıf cam ipliğinden dokunmuştur. Macun ve sıva çatlaklarını önlemek için kullanılır. Sıva filelerinin kopma uzaması  $\% 4$ 'ü geçmez. Esnetilip serbest bırakıldığında eski haline gelir. E-glass sıva fileleri alkaliye dayanıklılık gösterir. Çimento esaslı macun ve sıvanın içinde kullanılan fileler alkaliye dayanıklı olmazsa, zaman içerisinde eriyip zayıflar ve koparlar hatta kaybolurlar. Alkaliye dayanıklılık için sıva filesi ağırlığının min.  $\% 18-20$ 'si kadar kaplanmış olması gerekir. Asit ve bazlara karşı dayanıklıdır. Rutubet ve kirli ortamdan etkilenmez. Mantar ve bakteri barındırmaz, çürümez. Çimento ve alçı sıva donatısı, epoksi ve poliestere kaplama donatısı, mermer ve cam mozaik donatısı, dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde (mantolama), macun donatısı, farklı malzemelerin

birleşim yerlerinde sıva donatısı, çimento ve likit membran donatısı olarak kullanılmaktadır (Resim 4.1) [61].



Resim 4.1. Sıva altı tel file [61]

#### 4.2.2. Fiber glass tel file

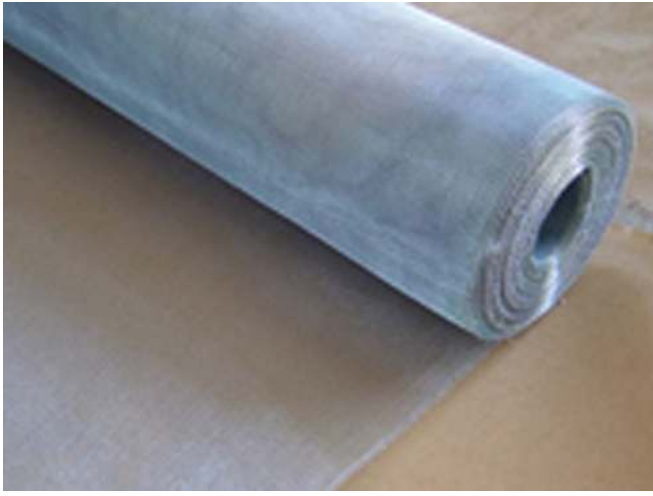
Göz aralığı 18x16 (mesh), tel kalınlığı 0,28 mm, ağırlığı 125 gr/m<sup>2</sup>, %35 fiber - % 65 plastik, siyah ve gri renkte bulunabilen, rulo genişliği 60 – 80 – 100 – 120 – 150 cm. olan bir malzemedir. Fiber sinek telleri kapı, pencereler, çadır imalatı, filtre sanayi, dekorasyon ve sinek koruyucu amaçlı kullanılmaktadır. Isıya dayanıklıdır. 90 °C'ye kadar bu özelliğini yitirmemektedir. Buruşmaz ve esnektir (Resim 4.2) [62].



Resim 4.2. Fiber glass tel file [62]

### 4.2.3. Alüminyum tel file

Göz aralığı 18x16 (mesh), tel kalınlığı 0,24 mm, rulo uzunluğu 30 m, rulo genişliği 80 – 100 – 120 – 150 cm. olan bir malzemedir. Alüminyum sinek telleri kapı, pencereler, filtre sanayi ve menfezlerde kullanılır. Ayrıca bu telin paslanmaz özelliği vardır. Suyu temas ettiğinde bu özelliğini yitirmez (Resim 4.3) [63].



Resim 4.3. Alüminyum tel file [63]

## 4.3. Tutkal

### 4.3.1. Polivinilasetat (PVAc)

Çalışmada, tek bileşenli polivinilasetat (PVAc- D<sub>3</sub>) Alman Kleiberit firmasının Klebit 303 isimli tutkalı kullanılmıştır. Klebit 303,. BS EN 204 standardına göre tek bileşenli olarak D<sub>3</sub> hizmet sınıfı için kullanıma hazır halde pazarlanmaktadır. Kullanım esnasında, tutkal çözeltisine % 5 oranında sertleştirici katılımı ile rutubete dayanıklılığı daha da artırılarak, BS EN 204'e göre D<sub>4</sub> yapışma kalitesine sahip hale getirilebilmektedir [2]. Tutkalın teknik özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. PVAc tutkalın teknik özellikleri [64]

|                                             |                                                                                                                                  |                                                                  |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Tipi                                        | PVAc dispersiyon                                                                                                                 |                                                                  |
| Sertleştirici Oranı                         | D <sub>3</sub> : Tek bileşenli (Bileşen A)                                                                                       |                                                                  |
| Yoğunluk                                    | Bileşen A = 1,10 g/cm <sup>3</sup> , Bileşen A = 1,13 g/cm <sup>3</sup>                                                          |                                                                  |
| Vizkozite (20 °C)                           | 13,000 ± 2,000 mPas                                                                                                              |                                                                  |
| RENK (Tek ya da Çift Bileşen)               | Beyaz                                                                                                                            |                                                                  |
| Tutkal Çizgisi                              | D3: Esnek, şeffaf                                                                                                                |                                                                  |
| Uygulama Miktarı                            | 120-200 g/m*                                                                                                                     |                                                                  |
| Açık Zaman                                  | 6-10 dakika                                                                                                                      |                                                                  |
| Pres Basıncı                                | 0,1-1 N/mm <sup>2</sup>                                                                                                          |                                                                  |
| Presleme Süresi<br>(Masif Parça Yapıştırma) | 20 °C'de 15 dakika<br>50 °C'de 5 dakika<br>80 °C'de 2 dakika                                                                     | Çift bileşenli olarak kullanıldığında presleme süresi %50 artar. |
| Tam Sertleşme Süresi                        | 7 gün                                                                                                                            |                                                                  |
| Uygulama Alanı                              | Pencere ve kapı imalatı, yüzey yapıştırma, en ve boy birleştirmelerin yapıştırılması, yüksek frekans (20,000 kHz) yapıştırma vb. |                                                                  |

#### 4.4. Deney Örneklerinin Hazırlanması

2 mm kalınlığındaki sarıçam papel kaplamalar, ara dolgu malzemeleri (sıva altı tel file, fiber glass tel file, alüminyum tel file) ve kontrol numuneleri (kaplama aralarına sadece tutkal sürülerek) arasına PVAc-D3 tutkalı sürülerek (180 gr/m<sup>2</sup>) 9 katmanlı olacak şekilde soğuk pres (Pres basıncı: 12 kg/cm<sup>2</sup>) ile yeterli süre (Pres süresi: 8 saat) preslenerek yapıştırılmıştır.

Gerçekleştirilen laminasyon işleminden sonra ölçüler TS 5497 EN 408 standardına uygun olarak,

- Tutkal hattına paralel (THP) ve tutkal hattına dik (THD) eğilme direnci ve elastikiyet modülünün hesaplanması için 20x20x430 mm,
- Basınç direncini hesaplamak için 20x20x120 mm,
- Yapışma direnci hesaplamak 8 katmanlı olarak 18x20x150 mm,
- Yoğunluk değerleri hesaplanması için 20x20x20 mm,

ölçülerinde örnekler hazırlanmıştır.

Ayrıca masif sarıçam malzemeden her deney için 10'ar adet masif kontrol örneği hazırlanmıştır.

Hazırlanan örnekler  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\% 65 \pm 3$  bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar (yaklaşık 3 hafta) bekletilerek başlangıçtaki rutubet farklılıkları giderilmiştir. Kontrol örnekleri, katmanlıların yapıştırılma süresince iklimlendirme odasında bekletilmiştir.

#### **4.5. Deney Yöntemi**

##### **4.5.1. Yoğunluk**

Yoğunlukların belirlenmesinde TS 5497 EN 408 esaslarına uyulmuş,  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\% 65 \pm 3$  bağıl nem ortamında değişmez ağırlığa gelinceye kadar şartlandırılmış deney parçasının tüm enine kesitinin yoğunluğu, deney parçasından elde edilen bir kesit üzerinden tayin edilmiştir. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin  $\%0,1$ 'inden fazla olmadığı görüldüğünde, değişmez kütle olarak kabul edilerek numuneler hazırlanmıştır. Yoğunluklar, tüm deney parçasının kütle ve hacminin ölçümünü müteakiben şartlandırmadan sonra belirlenmiştir. Farklı ara katman malzemeleri kullanılarak elde edilen kompozit laminasyon örnekleri ve ayrıca masif numunelerde dahil her çeşit örnekten 10'ar adet olmak üzere 5 farklı tür ve toplam 50 adet numune hazırlanmıştır (Şekil 4.1).

Deney örneklerinin her üç yöndeki boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlıklı mikrometrik dijital kumpas ile, ağırlıklar ise  $\pm 0,01$  g duyarlıklı dijital terazide ölçülmüş olup, hacimler stereometrik metod ile belirlenmiştir. Buna göre hava kurusu yoğunluklar;

$$\delta = \frac{M}{V} \text{ g / cm}^3$$

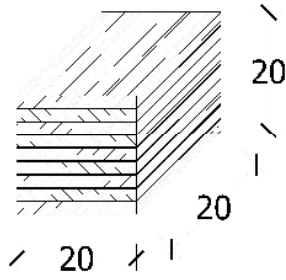
eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

$\delta$  = Yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)

$M$  = Hava Kurusu Ağırlık (g)

$V$  = Hava Kurusu Hacim (cm<sup>3</sup>)

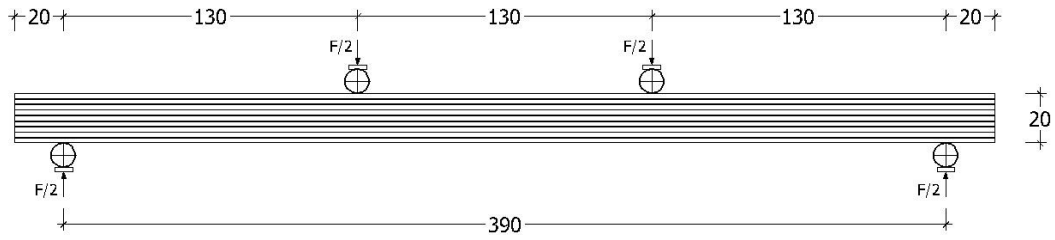


Şekil 4.1. Yoğunluk deney örneği (ölçüler mm)

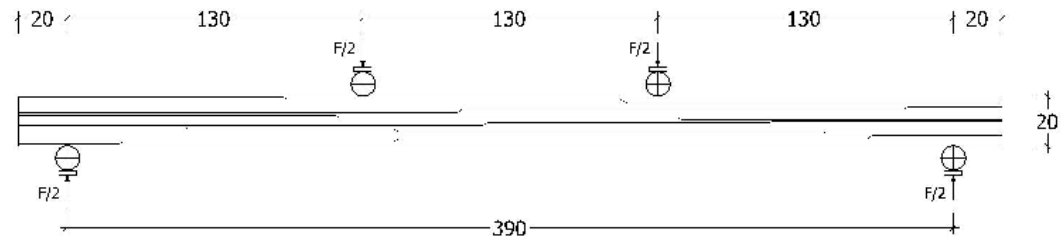
#### 4.5.2. Eğilme direnci

Eğilme direnci deneylerinde TS 5497 EN 408 standardına uyulmuştur. Uygulama boyutundaki deney numunesinde kuvvet merkeze göre simetrik iki noktadan uygulanmıştır. Bunun nedeni kuvvet uygulama noktaları arasında makaslama gerilmesi oluşmadan malzemenin bu noktalar arasında en zayıf yerden kırılmasını sağlamaktır. Buna göre hazırlanan deney düzeneğinde deney parçasının uzunluğu, kesit derinliğinin en az 19 katı olmalıdır. Bu maksatla belirlenen ara katman malzemelerinin her biri için 20x20x430 mm boyutlarında tutkal hattına dik (Şekil 4.2) 50 adet ve tutkal hattına paralel (Şekil 4.3) 50 adet olmak üzere toplam 100 adet deney örneği hazırlanmıştır. Şekillerde görüldüğü gibi mesnetler arası mesafe,

kalınlığının yaklaşık 19 katı olacak şekilde (390 mm) düzenlenmiştir. Yükleme sabit bir hızda uygulanmış, iki eğilme noktasında 3-7 dakika arasında en büyük yüke ulaşacak şekilde simetrik olarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölümü Mekanik Test Laboratuvarındaki Universal test cihazında yapılmıştır (Resim 4.4).



Şekil 4.2. Tutkal hattına dik deney örneği (ölçüler mm)



Şekil 4.3. Tutkal hattına paralel deney örneği (ölçüler mm)

Buna göre eğilme direnci;

$$\sigma_E = \frac{3}{2} \cdot \frac{F(L_s - L)}{b \cdot h^2}$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

$\sigma_E$  = Eğilme Direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$F$  =  $2F/2$  (N)

$L_s$  = Mesnetler arası mesafe (mm)

$L$  = Uygulanan  $F/2$  Kuvvetleri arasındaki mesafe (mm)

$b$  = Parça genişliği (mm)

$h$  = Parça yüksekliği (mm)



Resim 4.4. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deney düzeneği

#### 4.5.3. Eğilmede elâstikiyet modülü

Eğilmede elâstikiyet modülü deneylerinde TS 5497 EN 408 standardına uyulmuştur. Uygulama boyutundaki deney numunesinde kuvvet merkeze göre simetrik iki noktadan uygulanır. Burada hazırlanan deney düzeneğinde deney parçasının uzunluğu, kesit derinliğinin en az 19 katı olmalıdır. Bu maksatla belirlenen ara katman malzemelerinin her biri için 20x20x430 mm boyutlarında tutkal hattına dik (Şekil 4.2) 50 adet ve tutkal hattına paralel (Şekil 4.3) 50 adet olmak toplam 100 adet deney örneği hazırlanmıştır. Şekillerde görüldüğü gibi mesnetler arası mesafe, yüksekliğin yaklaşık 19 katı olacak şekilde düzenlenmiştir. Yük sabit bir oranda uygulanmıştır ve yükleme başlığının hareket hızı en yüksek, 0,003 h mm/s' olmuştur. Uygulanan en büyük yük  $\max 0,4F$  'ı geçmemiştir. Deneyler Gazi Üniversitesi

Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölümü Mekanik Test Laboratuvarındaki Universal test cihazında yapılmıştır (Resim 4.4).

Eğilmede elastikiyet modülü;

$$E_{m,g} = \frac{\ell^3 (F_2 - F_1)}{b_1 \cdot h_1^3 (W_2 - W_1)} \left[ \left( \frac{3a}{4\ell} \right) - \left( \frac{a}{\ell} \right)^3 \right]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

$E_{m,g}$  = Elastikiyet modülü N/mm<sup>2</sup>

$\ell$  = Esneklik modülünün tayini için ölçülen uzunluk (mm)

$b_1$  = Örnek genişliği cm (Teğet ölçü)

$h_1$  = Örnek yüksekliği cm (Radyal ölçü)

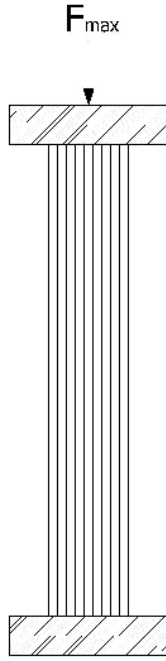
$a$  = Yükleme noktası ile en yakın mesnet arasındaki mesafe (mm)

$F_2 - F_1$  = Yük sehim eğrisinin doğru hattı üzerindeki yük oranının artışı, N

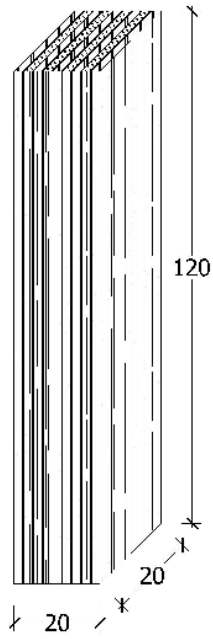
$W_2 - W_1 = F_2 - F_1$  'e karşılık gelen deformasyondaki artış, mm

#### 4.5.4. Basınç direnci

Basınç direnci deneylerinde TS 5497 EN 408 esaslarına uyulmuştur. Buna göre deney parçasının en kesiti kusursuz olmalı ve deney parçasının uzunluğu, daha küçük en kesitin boyutunun 6 katı olmalıdır. Bu bağlamda 20x20x120 mm boyutlarında hazırlanan deney parçasının uç yüzeylerinin, düzgün, birbirine paralel ve deney parçasının eksenine dik olması sağlanmıştır (Şekil 4.4). Farklı ara katman malzemeleri kullanılarak elde edilen kompozit laminasyon örnekleri ve ayrıca masif numunelerde dahil her çeşit örnekten 10'ar adet olmak üzere 5 farklı tür ve toplam 50 adet numune hazırlanmıştır (Şekil 4.5).



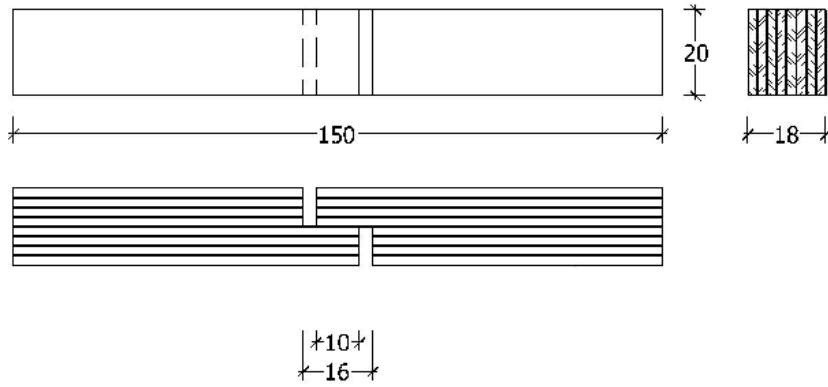
Şekil 4.4 Basınç direnci deneyi



Şekil 4.5 Basınç direnci deney örneği (ölçüler mm)

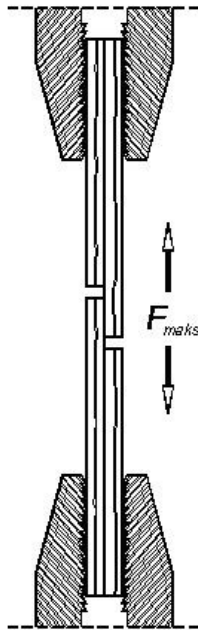
#### 4.5.5. Yapışma direnci

Yapışma direnci deneylerinde BS EN 204 ve BS EN 205 esaslarına uyulmuştur. 8 katmanlı olarak hazırlanan numuneler 18x20x150 mm boyutlarında Şekil 4.6'daki forma getirilerek her türden 10'ar adet olmak üzere (masif ahşap hariç) toplam 40 adet deney örneği hazırlanmıştır.



Şekil 4.6. Yapışma direnci deneyi örneği (ölçüler mm)

Hazırlanan deney örnekleri için belirlenen standarda uygun olarak deney düzeneği hazırlanmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Yapışma direnci deney düzeneği [64]

Yapışma direnci ( $\sigma$ )' nın hesaplamasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\sigma = \frac{F_Y}{A} = \frac{F_Y}{b_2 \cdot \ell_1}$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

$\sigma$  = Yapışma Direnci (N/mm<sup>2</sup>),

$F_Y$  = Kopma anındaki kuvvet (N),

$b_2$  = Yapışma yüzeyinin genişliği (mm),

$\ell_1$  = Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm)' dir.

#### 4.6. Verilerin Değerlendirilmesi

Deneylerde elde edilen verilere ait istatistiksel sonuçlar (aritmetik ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı (%)) hesaplanmıştır.

Deney sonuçlarını belirlemek amacıyla, tüm gruplar için elde edilen değerlere faktörlerin etkisini belirlemek amacıyla çoklu varyans analizi (VANOVA) yapılmıştır. Farklılığın  $p < 0,05$ 'e göre istatistiksel anlamda önemli çıkması halinde farklılıkların gruplar arasındaki önemi LSD testi ile belirlenmiştir. Böylece, denemeye alınan faktörlerden lâminasyon tiplerinin birbirlerine göre başarı sıralamaları, en küçük önemli fark (*LSD*) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

## 5. BULGULAR

### 5.1. Yoğunluk

Destek malzemeler ile lamine edilmiş papel kaplama malzemeler ve masif ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluklarına ait ortalama değerler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Yoğunluk ortalama değerleri ( $\text{g/cm}^3$ )

| Destek Malzeme Türü | Xort | s    |
|---------------------|------|------|
| Masif               | 0,45 | 0,01 |
| Kontrol             | 0,58 | 0,01 |
| Sıva Altı Tel File  | 0,61 | 0,03 |
| Fiber Tel File      | 0,60 | 0,02 |
| Alüminyum Tel File  | 0,64 | 0,02 |

s: Standart sapma

### 5.2. Eğilme Direnci

#### 5.2.1. Tutkal hattına dik eğilme direnci

Deney örneklerinin tutkal hattına dik eğilme dirençlerine ait istatistiki değerler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Tutkal hattına dik eğilme direnci değerleri ( $\text{N/mm}^2$ )

| Destek Malzeme Türü | Xmin  | Xmax   | Xort  | s     | v (%) |
|---------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Masif               | 81,33 | 110,81 | 96,81 | 10,70 | 11,05 |
| Kontrol             | 54,53 | 83,61  | 64,13 | 11,21 | 17,48 |
| Sıva Altı Tel File  | 68,95 | 85,31  | 74,27 | 6,24  | 8,40  |
| Fiber Teli File     | 61,53 | 80,41  | 70,95 | 7,53  | 10,61 |
| Alüminyum Tel File  | 71,10 | 83,63  | 76,95 | 4,58  | 5,95  |

Xmin = En küçük değer    Xort = Aritmetik ortalama    Xmax = En yüksek değer  
s = Standart Sapma    v = Varyasyon Katsayısı (Değişim Katsayısı)

Tutkal hattına dik eğilme direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Tutkal hattına dik eğilme direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı     | S.D. | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | $p \leq 0,05$ |
|---------------------|------|-----------------|--------------------|----------|---------------|
| Destek Malzeme Türü | 4    | 5226,466        | 1306,617           | 22,1533  | 0,0000        |
| Hata                | 36   | 2123,306        | 58,981             | -        | -             |
| Toplam              | 49   | 7657,530        | -                  | -        | -             |

S.D. = Serbestlik derecesi

Tutkal hattına dik eğilme direncine destek malzemesi türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ( $\alpha = 0,05$ ). Destek malzemesi türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Destek malzemesi türünün tutkal hattına dik eğilme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Destek Malzeme Türü | X <sub>ort</sub> | HG  |
|---------------------|------------------|-----|
| Masif               | 95,56            | A*  |
| Kontrol             | 65,35            | C** |
| Sıva Altı Tel File  | 74,51            | B   |
| Fiber Tel File      | 70,95            | BC  |
| Alüminyum Tel File  | 76,95            | B   |
| LSD $\pm$ 6,902     |                  |     |

\* = En yüksek değer \*\* = En düşük değer HG = Homojenlik grubu LSD=En küçük önemli fark

Tutkal hattına dik eğilme direnci; en yüksek masif örneklerde, en düşük ise kontrol lamine örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile alüminyum tel file örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

### 5.2.2. Tutkal hattına paralel eğilme direnci

Deney örneklerinin tutkal hattına paralel eğilme dirençlerine ait istatistiki değerler Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Tutkal hattına paralel eğilme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

| <b>Destek Malzeme Türü</b> | <b>Xmin</b> | <b>Xmax</b> | <b>Xort</b> | <b>s</b> | <b>v (%)</b> |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|--------------|
| Masif                      | 83,66       | 110,24      | 101,19      | 9,33     | 9,22         |
| Kontrol                    | 50,40       | 64,39       | 56,30       | 4,73     | 8,40         |
| Sıva Altı Tel File         | 63,49       | 73,52       | 68,51       | 3,46     | 5,05         |
| Fiber Teli File            | 56,84       | 75,48       | 64,46       | 5,20     | 8,07         |
| Alüminyum Tel File         | 59,74       | 86,73       | 76,25       | 8,97     | 11,76        |

Tutkal hattına paralel eğilme direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Tutkal hattına paralel eğilme direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları

| <b>Varyans Kaynağı</b> | <b>S.D.</b> | <b>Kareler Toplamı</b> | <b>Kareler Ortalaması</b> | <b>F Değeri</b> | <b>p ≤ 0,05</b> |
|------------------------|-------------|------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Destek Malzeme Türü    | 4           | 11807,635              | 2951,909                  | 63,9159         | 0,0000          |
| Hata                   | 36          | 1662,633               | 46,184                    | -               | -               |
| Toplam                 | 49          | 13850,003              | -                         | -               | -               |

Tutkal hattına paralel eğilme direncine destek malzemesi türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ( $\alpha = 0,05$ ). Destek malzemesi türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Destek malzemesi türünün tutkal hattına paralel eğilme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| <b>Destek Malzeme Türü</b> | <b>Xort</b> | <b>HG</b>  |
|----------------------------|-------------|------------|
| Masif                      | 101,20      | <b>A*</b>  |
| Kontrol                    | 56,30       | <b>D**</b> |
| Sıva Altı Tel File         | 68,51       | <b>C</b>   |
| Fiber Tel File             | 64,46       | <b>C</b>   |
| Alüminyum Tel File         | 76,25       | <b>B</b>   |
| <b>LSD ± 6,108</b>         |             |            |

Tutkal hattına paralel eğilme direnci; en yüksek masif örneklerde, en düşük ise kontrol lamine örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile fiber tel file örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

### 5.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

#### 5.3.1. Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü

Deney örneklerinin tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülüne ait istatistiki değerler Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

| Destek Malzeme Türü | X <sub>min</sub> | X <sub>max</sub> | X <sub>ort</sub> | s       | v (%) |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|---------|-------|
| Masif               | 12014,90         | 13616,30         | 13039,88         | 679,78  | 5,21  |
| Kontrol             | 9002,90          | 13513,80         | 10876,77         | 1468,54 | 13,50 |
| Sıva Altı Tel File  | 9471,00          | 13653,40         | 10671,87         | 1669,40 | 15,64 |
| Fiber Teli File     | 9839,70          | 12947,40         | 11003,21         | 1047,85 | 9,52  |
| Alüminyum Tel File  | 11120,00         | 14503,50         | 12376,77         | 1221,42 | 9,87  |

Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı     | S.D. | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | p ≤ 0,05 |
|---------------------|------|-----------------|--------------------|----------|----------|
| Destek Malzeme Türü | 4    | 41069181,804    | 10267295,451       | 9,1217   | 0,0000   |
| Hata                | 36   | 40521400,176    | 1125594,449        | -        | -        |
| Toplam              | 49   | 90002556,343    | -                  | -        | -        |

Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü değerlerine destek malzemesi türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ( $\alpha = 0,05$ ). Destek malzemesi türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Destek malzemesi türünün tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Destek Malzeme Türü | Xort  | HG  |
|---------------------|-------|-----|
| Masif               | 12920 | A*  |
| Kontrol             | 10880 | B   |
| Sıva Altı Tel File  | 10840 | B** |
| Fiber Tel File      | 11170 | B   |
| Alüminyum Tel File  | 12650 | A   |
| LSD $\pm$ 953,5     |       |     |

Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü; en yüksek masif örneklerde, en düşük ise sıva altı tel fileli örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile kontrol ve fiber tel file örnekler, masif örnekler ile alüminyum tel fileli örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

### 5.3.2. Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü

Deney örneklerinin tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülüne ait istatistiki değerler Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

| Destek Malzeme Türü | Xmin     | Xmax     | Xort     | s       | v (%) |
|---------------------|----------|----------|----------|---------|-------|
| Masif               | 11676,00 | 15145,30 | 13597,74 | 1181,51 | 8,69  |
| Kontrol             | 7830,80  | 12131,50 | 9401,16  | 1554,37 | 16,53 |
| Sıva Altı Tel File  | 8334,80  | 9551,30  | 8884,83  | 411,77  | 4,63  |
| Fiber Teli File     | 9186,00  | 11756,20 | 10371,55 | 799,66  | 7,71  |
| Alüminyum Tel File  | 11896,10 | 13705,60 | 12481,30 | 890,12  | 7,13  |

Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı     | S.D. | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | $p \leq 0,05$ |
|---------------------|------|-----------------|--------------------|----------|---------------|
| Destek Malzeme Türü | 4    | 164329463,172   | 41082365,793       | 53,0936  | 0,0000        |
| Hata                | 36   | 27855783,823    | 773771,773         | -        | -             |
| Toplam              | 49   | 197952840,303   | -                  | -        | -             |

Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü değerlerine destek malzemesi türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ( $\alpha = 0,05$ ). Destek malzemesi türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Destek malzemesi türünün tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Destek Malzeme Türü | X <sub>ort</sub> | HG  |
|---------------------|------------------|-----|
| Masif               | 13600            | A*  |
| Kontrol             | 9606             | CD  |
| Sıva Altı Tel File  | 8885             | D** |
| Fiber Tel File      | 10370            | C   |
| Alüminyum Tel File  | 12700            | B   |
| LSD $\pm$ 790,5     |                  |     |

Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü; en yüksek masif örneklerde, en düşük ise sıva altı tel fileli örneklerde elde edilmiştir.

#### 5.4. Basınç Direnci

Deney örneklerinin basınç dirençlerine ait istatistiki değerler Çizelge 5.14’de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Basınç direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

| Destek Malzeme Türü | Xmin  | Xmax  | Xort  | s    | v (%) |
|---------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| Masif               | 42,02 | 50,25 | 45,78 | 2,48 | 5,42  |
| Kontrol             | 39,81 | 46,32 | 42,54 | 1,81 | 4,25  |
| Sıva Altı Tel File  | 41,32 | 52,40 | 46,29 | 3,45 | 7,45  |
| Fiber Teli File     | 37,48 | 44,24 | 40,80 | 2,20 | 5,39  |
| Alüminyum Tel File  | 49,07 | 56,93 | 53,94 | 2,69 | 4,99  |

Basınç direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Basınç direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı     | S.D. | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | $p \leq 0,05$ |
|---------------------|------|-----------------|--------------------|----------|---------------|
| Destek Malzeme Türü | 4    | 989,071         | 247,268            | 33,5850  | 0,0000        |
| Hata                | 36   | 265,048         | 7,362              | -        | -             |
| Toplam              | 49   | 1288,719        | -                  | -        | -             |

Basınç direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ( $\alpha = 0,05$ ). Destek malzemesi türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Destek malzemesi türünün basınç direnci değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Destek Malzeme Türü | Xort  | HG  |
|---------------------|-------|-----|
| Masif               | 45,78 | B   |
| Kontrol             | 42,54 | C   |
| Sıva Altı Tel File  | 46,29 | B   |
| Fiber Tel File      | 41,13 | C** |
| Alüminyum Tel File  | 53,94 | A*  |
| LSD $\pm 2,438$     |       |     |

Basınç direnci; en yüksek alüminyum tel file ile desteklenmiş örneklerde, en düşük ise fiber tel fileli örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile masif örnekler ve fiber tel file örnekler ile lamine kontrol örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

### 5.5. Yapışma Direnci

Deney örneklerinin yapışma dirençlerine ait istatistikî değerler Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Yapışma direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

| Destek Malzeme Türü | Xmin | Xmax  | Xort | s    | v (%) |
|---------------------|------|-------|------|------|-------|
| Kontrol             | 7,28 | 10,49 | 8,77 | 0,95 | 10,83 |
| Sıva Altı Tel File  | 6,67 | 9,20  | 7,98 | 0,75 | 9,40  |
| Fiber Tel File      | 6,86 | 8,87  | 7,69 | 0,56 | 7,28  |
| Alüminyum Tel File  | 2,56 | 6,51  | 4,06 | 1,20 | 29,56 |

Yapışma direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Yapışma direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları

| Varyans Kaynağı     | S.D. | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | $p \leq 0,05$ |
|---------------------|------|-----------------|--------------------|----------|---------------|
| Destek Malzeme Türü | 3    | 131,273         | 43,758             | 64,7354  | 0,0000        |
| Hata                | 27   | 18,251          | 0,676              | -        | -             |
| Toplam              | 39   | 163,518         | -                  | -        | -             |

Yapışma direnci değerlerine destek malzemesi türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ( $\alpha = 0,05$ ). Destek malzemesi türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.19’da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Destek malzemesi türünün yapışma direnci değerlerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| <b>Destek Malzeme Türü</b> | <b>X<sub>ort</sub></b> | <b>HG</b> |
|----------------------------|------------------------|-----------|
| Kontrol                    | 8,768                  | A*        |
| Sıva Altı Tel File         | 7,983                  | B         |
| Fiber Tel File             | 7,687                  | B         |
| Alüminyum Tel File         | 4,063                  | C**       |
| <b>LSD ± 0,7437</b>        |                        |           |

Yapışma direnci; en yüksek kontrol örneklerde, en düşük ise alüminyum tel fileli örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile fiber tel file örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, çeşitli malzemelerle desteklenmiş ahşap lamine elemanların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla; ülkemizde mobilya ve yapı elemanları imalatında yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundan hazırlanmış papel kaplamaları 9 katmanlı olarak lameller arasına gözenekli yapıdaki fiber ve alüminyum tel file ile sıva altı file destek elemanları yerleştirilip PVAc-D3 tutkalı ile yapıştırılmış, örneklerin çeşitli mekanik özellikleri belirlenerek masif ve desteklenmemiş kontrol lamine örnekleriyle karşılaştırılmış ve elde edilen sayısal veriler değerlendirilmiştir.

Tutkal hattına dik eğilme direnci; en yüksek masif örneklerde, en düşük ise kontrol lamine örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile alüminyum tel file örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Literatürde düşük lamel kalınlığına sahip papel kaplamalardan hazırlanmış çam lamine örneklerin masif örneklere göre daha düşük eğilme direncine sahip oldukları bildirilmiştir [1]. Sonuçlar bu bakımdan literatür ile uyumludur.

Tutkal hattına paralel eğilme direnci; en yüksek masif örneklerde, en düşük ise kontrol lamine örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile fiber tel file örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Sonuçlar literatür ile uyumludur.

Tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü; en yüksek alüminyum tel file ile desteklenmiş örneklerde, en düşük ise sıva altı tel fileli örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile kontrol ve fiber tel file örnekler, masif örnekler ile alüminyum tel fileli örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü; en yüksek masif örneklerde, en düşük ise sıva altı tel fileli örneklerde elde edilmiştir.

Basınç direnci; en yüksek alüminyum tel file ile desteklenmiş örneklerde, en düşük ise fiber tel fileli örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile masif

örnekler ve fiber tel file örnekler ile lamine kontrol örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Yapışma direnci; en yüksek kontrol örneklerde, en düşük ise alüminyum tel fileli örneklerde elde edilmiştir. Sıva altı tel file örnekler ile fiber tel file örnekler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Tutkal hattına dik eğilme direnci deneylerinde destek malzemelerinin tamamı eğilme direncini artırmıştır. Bu artış kontrol örneğine kıyasla sıva altı tel ve alüminyum tel fileli örneklerde yaklaşık % 15, fiber tel fileli örneklerde ise yaklaşık % 9 olmuştur.

Tutkal hattına paralel eğilme direnci deneylerinde destek malzemelerinin tamamı eğilme direncini artırmıştır. Bu artış kontrol örneğine kıyasla yaklaşık olarak sıva altı tel örneklerde % 20, fiber tel file örneklerde % 18, alüminyum tel fileli örneklerde ise % 35 olmuştur.

Tutkal hattına dik ve paralel eğilmelerde elastikiyet modülü değerlerine göre kontrol lamine ve destekli lamine örneklerin tamamı masif örneklere esnekliği daha yüksektir. Bu durum file yapıdaki malzemelerin lamine ahşap malzemede yapılarına bağlı olarak elastikliği artırdıkları şeklinde yorumlanabilir. Masif örneklerde yükleme esnasında ani kırılmalar gözlenirken, ara dolgulu lamine örneklerde bölgesel kırılmalar olmuştur.

Basınç direnci deneylerinde kontrol örneğine kıyasla sıva altı tel file destek malzemesi direnci yaklaşık % 10, alüminyum tel file ise % 26 arttırmıştır. Fiber tel fileli örneklerde ise dirençte değişiklik olmamıştır.

Yapışma direnci deneylerinde destek malzemelerinin tamamı lameller arasındaki yapışma direncini azaltmıştır. Kontrol örneklere kıyasla yaklaşık olarak azalma sıva altı tel fileli örneklerde % 15, fiber tel fileli örneklerde % 14, alüminyum tel fileli örneklerde ise % 115 olmuştur. Alüminyum tel fileli örneklere yapışma direncinin çok düşük çıkması PVAc tutkalı ile alüminyum malzeme arasında kimyasal ve

mekanik bağın yeterli kurulamamasından kaynaklanmış olabilir. Alüminyum örneklerde PVAc tutkalı yerine daha güçlü yapışma direncine sahip tutkallar kullanılmalıdır.

Tez kapsamında yapılan tüm deneylere ilişkin sıralamalar Çizelge 6.1.' de görülmektedir.

Çizelge 6.1. Tez çalışması kapsamında yapılan tüm deneylere ait sonuçlar

|                           | <b>ED<br/>THD</b> | <b>ED<br/>THP</b> | <b>EM<br/>THD</b> | <b>EM<br/>THP</b> | <b>Basınç</b> | <b>Yapışma</b> |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|----------------|
| <b>Masif</b>              | <b>A*</b>         | <b>A*</b>         | <i>A*</i>         | <i>A*</i>         | B             | -              |
| <b>Kontrol</b>            | <i>C**</i>        | <i>D**</i>        | B                 | CD                | C             | <b>A*</b>      |
| <b>Sıva Altı Tel File</b> | B                 | C                 | <b>B**</b>        | <b>D**</b>        | B             | B              |
| <b>Fiber Tel File</b>     | BC                | C                 | B                 | C                 | <i>C**</i>    | B              |
| <b>Alüminyum Tel File</b> | B                 | B                 | A                 | B                 | <b>A*</b>     | <i>C**</i>     |

\* = En yüksek değer,

\*\* = En düşük değer,

**Kalın yazı= Olumlu özellik**

*İtalik yazı= Olumsuz özellik*

Buna göre; 5 farklı türden 6 farklı deneyle elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde eğilme direnci deneylerinde kontrol örneğine göre destek malzemelerin tamamının direnci artırdığı, destek malzemeleri örneklerin esnekliğini artırdığı, basınç direncini artırdığı, yapışma direncini ize azalttığı söylenebilir.

Lamine malzemelerde ara dolgu malzemesi kullanımında malzemenin direnç özelliklerinde önemli artışlar olduğundan yüksek direnç özelliklerine sahip olması gereken mobilya ve yapı elamanlarında tercih edilmesi önerilebilir.

Alüminyum ara dolgu malzemenin yapışmasında PVAc tutkalının yeterli yapışma direnci göstermediğinden, farklı tutkallar ile çalışmaların yapılması önerilebilir.

Literatürde çam örneklerde katman kalınlığının artması sonucu performansın artacağı belirtilmiştir. Bu çalışmanın devamı olarak farklı katman simetrisi ve farklı dolgu malzemeleri ile oluşturulacak lamine örneklerin denenmesi araştırmacılara tavsiye edilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Döngel, N., “Lamine ahşap malzemede ağaç türü, tutkal çeşidi ve katman sayısının eğilme direncine etkileri”, Yüksek lisans tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1 (1999).
2. Keskin, H., “Lâmine masif ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri ve ağaç işleri endüstrisinde kullanım imkanları” , Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-7, 31-39 (2001).
3. Cowan, H. J., “Handbook of Architectural Technology, 18<sup>th</sup> ed.”, **Van Nostrand Reinhold**, Newyork USA, 1-490 (1991).
4. Sağlam, B. A., “Büyük açıklıklı yapılarda prefabrike betonarme, çelik ve tutkallı tabakalanmış ahşap dolu gövdeli kirişlerin karşılaştırılması ve bir örnek üzerinden irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 2-3 (2009).
5. TS 11878, “Ahşap mobilya-koltuk lamine ahşaptan imal edilmiş”, **TSE**, Ankara, 1-5 (1995).
6. TS EN 386, “Yapıştırılmış lâmine ahşap performans özellikleri ve asgari üretim şartları”, **TSE**, Ankara, 1-11 (1999).
7. Örs, Y. ve Keskin, H., “Lâmine edilmiş masif karaçam (Pinus nigra var. Pallasiana) odununun bazı teknolojik özellikleri ve kullanım imkanları”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 15 (3): 699-707 (2002).
8. Bozkurt, Y., Göker, Y., “Fiziksel ve mekanik ağaç teknolojisi”, **İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını**, 3445: 373-386 (1987).
9. Dilik, T., “Lâmine ağaç malzemeden pencere profili üretimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi”, Doktora Tezi, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 22-28 (1997) .
10. BS EN 204, “Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications”, **British Standart Institution**, UK, 1-12, (2001).
11. Taheri, F., Nagaraj, M., Khosravi, P., “Buckling response of glue-laminated columns reinforced with fiber-reinforced plastic sheets”, **Composite Structures** , 88: 481-490 (2009).
12. Keskin, H. ve Togay, A., “Lamine edilmiş karaçam odununda kesiliş yönünün eğilme direnci ve eğilmede elastiklik modülüne etkileri”, **Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi**, 14: 13-25, (2004)

13. Stevens, W. C. and Turner, N., "Wood Bending Handbook, 10<sup>th</sup> ed.", **Fox Chapel Publishing**, England, 90-110, (2007).
14. Atmaca, A., "Laminasyonlu Ahşap kirişlerin çeşitli yapılarda kullanımı", Yüksek Mühendislik Tezi, **Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bartın, 2-3 (2005).
15. Örs, Y., Keskin, H., "Ağaç Malzeme Teknolojisi", **Gazi Kitabevi**, Ankara, 141-142 (2008).
16. Ersoy, M. S., "Lif takviyeli polimerik kompozit malzeme tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-4 (2001).
17. Aran, A., "Elyaf Takviyeli Karma Malzemeler", **İTÜ Matbaası**, İstanbul, 95 (1990).
18. Mallick, P.K., "Composites Engineering Handbook", **Marcel Dekker, Inc.**, Newyork USA, 1-5 (1997).
19. Agarwall, B.D., Broutman L.J., "Analysis and Performance of Fiber Composites, 2<sup>nd</sup> ed.", **John Wiley & Sons**, Hoboken New Jersey USA, 4 (1990).
20. Can, V., "Kompozit sandviç panellerin şekillendirilebilirliğinin incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kütahya, 19-20 (2008).
21. Ekinci, C., E., "Bordo Kitap: Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı", **Nobel Basımevi**, Ankara, 715, 940 (2004).
22. Thelandersson, S., Larsen, H. J., "Timber Engineering", **John Wiley & Sons Ltd**, England, 7 (2003).
23. Moody R. C., Hernandez R., Liu J. Y., "Glued Structural Members", Wood Handbook - Wood as an Engineering Material, **Forest Products Laboratory, USDA Forest Service**, Madison Wisconsin, 11 (3): 258-266 (1999).
24. Togay, A., "Ahsap yapılar, Türkiye'de ahşap yapı endüstrisinin durumu, sorunları ve çözüm önerileri" Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-2 (2002).
25. Senay, A., "Lâmine edilmiş doğu kayınının mekanik ve fiziksel özellikleri", Doktora Tezi, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 1-2, 70-125 (1996).

26. Hallstrom, S., Grenestedt, J. L., “Failure Analysis of laminated timber beams reinforced with glass fiber composite”s, *Wood Science and Technology*, 31: 17-34 (1997).
27. Erkoç,E., “Günümüz teknolojisiyle üretilen ahşap konutların tasarım-uygulama-kullanım üçgeninde değerlendirilmesi (İstanbul örnekleri)”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-2 (2004).
28. Borri A., Corradi M., Grazini A., “A method for flexural reinforcement of old wood beams with cfrp materials”, *Composites: Part B*, 36(2): 143–153, (2005).
29. Camille A. Issa C.A., Kmeid Z., “Advanced wood engineering: glulam beams”, *Journal of Construction and Building Materials*, 19(2): 99–106 (2005).
30. Raftery G. M., Harte A. M., Rodd P. D., “Bond quality at the frp–wood interface using wood-laminating adhesives”, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 29: 101– 110, (2009).
31. De Lorenzis L., Scialpi V., La Tegola A., “Analytical and experimental study on bonded-in CFRP bars in glulam timber”, *Composites: Part B*, 36: 279–289 (2005).
32. Ogawa H., “Architectural application of carbon fibers development of new carbon fiber reinforced glulam”, *Carbon*, 38: 211–226, (2000).
33. Corradi M., Borri A., “Fir and chestnut timber beams reinforced with gfrp pultruded elements”, *Composites: Part B*, 38: 172–181 (2007).
34. Yahyaei-Moayyed M., Taheri F., “Experimental and computational investigations into creep response of afrp reinforced timber beams”, *Composite Structures*, 93: 616–628 (2011).
35. Corradi M., Speranzini E., Borri A., Vignoli A., “In-plane shear reinforcement of wood beam floors with FRP”, *Composites: Part B*, 37: 310–319 (2006).
36. Guan Z.W., Rodd P.D., Pope D.J., “Study of glulam beams pre-stressed with pultruded GRP”, *Computers and Structures*, 83: 2476–2487 (2005).
37. Kim Y., Davalos J.E., Barbero E.J., “Delamination buckling of frp layer in laminated wood beams”, *Composite Structures*, 37 (314): 311-320 (1997).
38. Raftery G.M., Harte A.M., Rodd P.D., “Bonding of frp materials to wood using thin epoxy gluelines”, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 29: 580–588 (2009).

39. Pirvu A., Gardner D.J., Lopez-Anido R., “Carbon Fiber-Vinyl Ester composite reinforcement of wood using the VARTM/SCRIMP fabrication process”, *Composites: Part A*, 35: 1257–1265 (2004).
40. Premrov M., Dobrila P., Bedenik B.S., “Approximate analytical solutions for diagonal reinforced Timber-Framed walls with Fibre-Plaster coating material”, *Construction and Building Materials*, 18: 727–735 (2004).
41. Ellingwood B.R., “Probability-Based LRFD for engineered wood construction”, *Structural Safety*, 19 (1): 53-65 (1997).
42. Kuo P.Y., Wang S.Y., Chen J.H., Hsueh H.C., Tsai M.J., “Effects of material compositions on the mechanical properties of wood–plastic composites manufactured by injection molding”, *Materials and Design*, 30: 3489–3496 (2009).
43. Li Y.F., Xie Y.M., Tsai M.J., “Enhancement of the flexural performance of retrofitted wood beams using CFRP composite sheets”, *Construction and Building Materials*, 23: 411–422 (2009).
44. Lopez-Anido R., Michael A.P., Sandford T.C., “Experimental characterization of FRP composite-wood pile structural response by bending tests”, *Marine Structures*, 16: 257–274 (2003).
45. Higgins, E., D., “Isocyanate reactive hot-melt adhesive for veneer laminates”, *Forest Products journal*, 72-76 (1995).
46. LeBorgne M.R., Gutkowski R.M., “Effects of various admixtures and shear keys in wood–concrete composite beams”, *Construction and Building Materials*, 24: 1730–1738, (2010).
47. Xu H., Nakao T., Tanaka C., Yoshinobu M., Katayama H., “Effects of fiber length and orientation on elasticity of fiber-reinforced plywood”, *Journal of Wood Science*, 44: 343-347 (1998).
48. Xiong G., “Long-term behaviour of steel-strip reinforced wood shaving-cement board roof panel”, *Cement and Concrete Composites*, 20: 329-334 (1998).
49. Gutkowski R., Brown K., Shigidi A., Natterer J., “Laboratory tests of composite wood–concrete beams”, *Construction and Building Materials*, 22: 1059–1066 (2008).
50. Rosowsky D. V., Bulleit W. M., “Load duration effects in wood members and connections: order statistics and critical loads”, *Structural Safety*, 24: 347–362, (2002).

51. Corinaldesi V., Moriconi G., “Local reinforcement of wood elements by means of composite materials”, *Università Politecnica delle Marche*, 1-4 (2006).
52. Tungjitpornkull, S., Sombatsompop, N., “Processing technique and fiber orientation angle affecting the mechanical properties of e-glass fiber reinforced Wood/PVC composites”, *Journal Of Materials Processing Technology*, 209: 3079–3088 (2009).
53. Baiden B.K., Badu E., Menz F.S., “Exploring the barriers to the use and potential of timber for housing construction in Ghana”, *Construction and Building Materials*, 19: 347–352 (2005).
54. Dobrila P., Premrov M., “Reinforcing methods for composite timber frame–fiberboard wall panels”, *Engineering Structures*, 25: 1369–1376 (2003).
55. Gezer H., Aydemir B., “The effect of the wrapped carbon fiber reinforced polymer material on fir and pine woods”, *Materials and Design*, 31: 3564–3567 (2010).
56. Kuhta, M., Premrov, M., “Influence of fasteners disposition on behaviour of timber-framed walls with double fibre-plaster coating boards”, *Construction and Building Materials*, 23 (7): 2688-2693 (2007).
57. Altınok, M., Döngel, N., “Lâminasyonda ağaç türü, tutkal çeşidi ve katman sayısının eğilme direncine etkileri”, *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1-2: 225-235 (1999).
58. Keskin, H., Atar, M., Kurt, R., “Lâmine edilmiş sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri”, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1): 75-84 (2003).
59. Solfis, L. A., Rammer, D. R., “Shear strenght of unchecked glued-laminated beams”, *Forest Products Journal*, 44: 51-57 (1994).
60. Soltis, L. A., Rammer, D. R.; “Experimentel shear strenght of glued- laminated beams”, *Forest Product Lab*, 527 (1994).
61. internet: Netz Fiberglass Mesh“Ürünler” <http://www.netz.com.tr/eglass.asp> (2011).
62. internet: Sivas Nalburiye İnşaat Malzemeleri Ticaret A.Ş. “Ürünler” <http://www.sivasnalburiye.com/Groups/Default.aspx?LanguageID=1&GroupID=1&ContentID=15> (2011).
63. internet: Sivas Nalburiye İnşaat Malzemeleri Ticaret A.Ş. “Ürünler” <http://www.sivasnalburiye.com/Groups/Default.aspx?LanguageID=1&GroupID=1&ContentID=14> (2011).

64. Söğütlü, C., “Bazı yerli ağaç türlerinin künde-kâri yapımında kullanım imkanları”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 25-26,42 (2004).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ŞEKER, Can  
 Uyruğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 28.10.1985 ANKARA  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 0 (554) 3662131  
 E-posta : [john\\_walekk@hotmail.com](mailto:john_walekk@hotmail.com)

### Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi                                                                           | Mezuniyet tarihi |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Lisans | Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi<br>Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği Bölümü | 2008             |
| Lise   | Yıldırım Beyazıt Lisesi (Y.D.A.)                                                        | 2003             |

### İş Deneyimi

| Yıl        | Yer          | Görev         |
|------------|--------------|---------------|
| 2009-2010  | Bürosan A.Ş. | Proje-Tasarım |
| 2009-2010  | Enne Mobilya | Proje-Tasarım |
| 2010-..... | Bürosan A.Ş. | Proje-Tasarım |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Serbest Dalış ve Zıpkınla Balık Avcılığı, Yüzme, Futbol, Basketbol, 3ds Max