



**LAMİNE AHŞAP YAPI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNE
DESTEK KATMANI VE LAMEL KALINLIĞI ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Murat UZEL

**DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİYEL TEKNOLOJİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2015

Murat UZEL tarafından hazırlanan ‘‘LAMİNE AHŞAP YAPI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNE DESTEK KATMANI VE LAMEL KALINLIĞI ETKİSİNİN İNCELENMESİ’’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Abdullah TOĞAY

Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

İkinci Danışman: Doç. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan : Prof. Dr. İlker USTA

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Prof. Dr. Hakan KESKİN

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Prof. Dr. Özgür ANIL

İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Doç. Dr. Mehmet Hakan AKYILDIZ

Odun Mekaniğı ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Kastamonu Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL

Ağaççşleri Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 07 / 09 / 2015

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

...

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Murat UZEL

15.08.2015

LAMİNE AHŞAP YAPI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNE DESTEK KATMANI VE LAMEL KALINLIĞI ETKİSİNİN İNCELENMESİ

(Doktora Tezi)

Murat UZEL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2015

ÖZET

Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) odunundan elde edilen 18 mm kalınlığa sahip lamellerden 5 adet ve 30 mm kalınlığa sahip lamellerden 3 adet kullanılarak en kesiti 90 x 90 mm olan lamine ahşap yapı elemanları üretilmiştir. Laminasyonda tutkal çeşidi olarak epoksi ve poliüretan tutkalları kullanılmıştır. Ayrıca mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla lameller arasına destek malzemesi olarak alüminyum tel örgü, fiberglas tel örgü ve rabitz teli yerleştirilmiştir. Sarıçam masif ahşap yapı elemanları, destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanları ile destek malzemesi kullanılarak üretilen numunelerin hava kurusu yoğunlukları, tutkal hattına dik eğilme mukavemeti, tutkal hattına dik eğilmede global esneklik modülü, tutkal hattına dik eğilmede lokal esneklik modülü, tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti, tutkal hattına paralel eğilmede global esneklik modülü, tutkal hattına paralel eğilmede lokal esneklik modülü, liflere paralel yöndeki basınç mukavemeti ve yapışma mukavemeti değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca en uygun elemanın seçimi için mekanik özelliklerinin yanında karar verme kriteri olarak üretim maliyetleri de hesaplanmıştır. Laminasyon yöntemiyle üretilen ahşap yapı elemanlarının mekanik özelliklerinin masif ahşap yapı elemanlarına göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında laminasyon işlemi sürecinde katmanlar arasında takviye malzemesi kullanımı mekanik özellikler bakımından daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Lamine ahşap yapı elemanlarının 5 katman olarak üretilmesi hem tutkal hattına dik hem de tutkal hattına paralel eğilme mukavemetlerini arttırmaktadır. Lamine elemanların tutkal hattına paralel kullanılması, tutkal hattına dik yönde kullanılanlara göre eğilme mukavemeti bakımından daha iyi sonuç vermektedir. En yüksek eğilme mukavemeti değeri tutkal hattına paralel yönde kullanılan poliüretan tutkalı ile 5 katmanlı olarak üretilen rabitz teli takviyeli elemanlarda tespit edilmiştir. Bununla beraber epoksi tutkalı ile 3 katmanlı olarak üretilen fiberglas tel örgü takviyeli lamine ahşap yapı elemanları ise basınç mukavemeti bakımından en iyi sonucu vermiştir. Ayrıca poliüretan tutkalı ile fiberglas tel örgü kullanımının yapışma mukavemetini arttırdığı tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 705.5.001

Anahtar Kelimeler : Sarıçam, Laminasyon, Güçlendirme, Kompozit

Sayfa Adedi : 152

Danışman : Doç. Dr. Abdullah TOĞAY

İkinci Danışman : Doç. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF REINFORCEMENT LAYER AND
LAMELLA THICKNESS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF REINFORCED
LAMINATED WOODEN STRUCTURAL ELEMENTS

(Ph. D. Thesis)

Murat UZEL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2015

ABSTRACT

In this study, using 5 pieces of layers with a thickness of 18 mm or 3 pieces of layers with a thickness of 30 mm, which were obtained from Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) wood; laminated wood structural elements of which cross-section is 90 x 90 mm, have been produced. In the lamination, epoxy and polyurethane adhesives have been used as a glue type. In addition, in order to improve the mechanical properties; between the layers, aluminum wire mesh, fiberglass mesh, and wire rabbitz have been placed as a support material. Experiments on scotch pine solid wood structural elements, laminated wood structural elements without reinforced material and the samples with the reinforced material determined bending strength perpendicular to glue line, the modulus of global elasticity in bending strength perpendicular to glue line, the modulus of local elasticity in bending strength perpendicular to glue line, the bending strength parallel to glue line, the modulus of global elasticity in bending strength parallel to glue line, the modulus of local elasticity in bending strength parallel to glue line, compression strength and bonding strength parallel to the grain; and also air dried weights per unit of volume for those two types laminated wood structural elements have been identified. In addition, for the selection of the most appropriate element, besides the mechanical properties, as a decision criteria the production costs have also been calculated. The mechanical properties of wood structural elements produced by the lamination method has been found to be higher than the solid wood structural elements. Besides, the use of reinforcement material between the layers in the process of lamination has led to better results in terms of mechanical properties. The production of laminated wood structural elements as 5-layer has enhanced the bending strength both perpendicular to and parallel to glue line. The use of laminated elements parallel to the glue line gives better results in terms of bending strength in accordance with those used perpendicular to glue line in terms of bending strength. The maximum value of the bending strength perpendicular to glue line has been determined in epoxy glued 5 layer laminated wooden structural elements reinforced with fiberglass mesh. In addition, epoxy glued and 3-layer laminated wood structural elements reinforced with fiberglass wire mesh gave the best results in terms of compression strength. It has also been found that the use of polyurethane glue with fiberglass mesh has increased the bonding strength.

Science Code : 705.5.001

Key Words : Scotspine, Lamination, Reinforcement, Composite

Page Number : 152

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Abdullah TOĞAY

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ

TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocalarım Doç. Dr. Abdullah TOĞAY ve Doç. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ'ye, desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL'e ve Prof. Dr. Hakan KESKİN'e, Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, araştırma görevlileri ve personeline teşekkür ederim.

Deneylein yapılmasında, deney cihazlarının kullanımına maddi ve manevi destekleri ile birçok imkân sağlayan İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Özgül ANIL'a ve deneyler sırasında yardımcı olan İnşaat Mühendisliği'nde görevli Uzman Faruk OGÜN'e teşekkür ederim.

Bütün öğrenim hayatım boyunca aynı telaşı yaşayan sevgili annem Melek UZEL ve babam Mücahit UZEL yine hayatımın her safhasında olduğu gibi her türlü destekleri ile yanımdaydılar. Babam bitip tükenmek bilmeyen enerjisi ile gündüz gece demeden numuneleri hazırlamamda çok emek verdi. Kardeşim Melih UZEL, sayılı gün geldiği yıllık izninde iş tulumunu giyerek çalışmalarımnda yardımcı oldu. Onlara ne kadar teşekkür etsem azdır.

Deney fotoğraflarının çekimindeki yardımlarından dolayı, ama en önemlisi çalışmam boyunca, bana göstermiş olduğu sabır, anlayış ve destek için en büyük güç kaynağım sevgili eşim Canan UZEL'e teşekkür ederim. Canım oğlum Doruk "Yine mi okula gidiyorsun?" diye sorduysa da O da büyük bir sabır gösterdi.

Bu tezi, çalışmamın her aşamasında emeği geçen aileme ithaf ederim.

Bu çalışma, **25/2012-01** proje kodu ile Bilimsel Araştırma Projesi olarak "Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi" tarafından desteklenmiştir. Bu bağlamda, Gazi Üniversitesi yetkililerine ve çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Yapı Malzemesi Olarak Ahşap Kullanımı	7
2.2. Kompozit Malzeme.....	11
2.3. Tutkallanmış Lamine Kereste	13
2.4. Ahşap Yapı Elemanlarının Güçlendirilmesi	19
3. LİTERATÜR ÖZETİ	21
4. MALZEME VE YÖNTEM	25
4.1. Deney Malzemesi.....	25
4.1.1. Ağaç malzeme.....	25
4.1.2. Tutkal	26
4.1.3. Destek malzemesi	29
4.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	31
4.2.1. Masif deney numuneleri	31
4.2.2. Laminasyon işlemi	32

	Sayfa
4.2.3. Güçlendirme işlemi	35
4.3. Deney Yöntemi	35
4.3.1. Birim hacim ağırlıklar	35
4.3.2. Eğilme mukavemeti	37
4.3.3. Eğilmede esneklik modülü.....	39
4.3.4. Basınç mukavemeti.....	42
4.3.5. Yapışma mukavemeti.....	43
4.3.6. Maliyet değerlendirmesi	45
4.4. Verilerin Değerlendirilmesi	46
5. BULGULAR	47
5.1. Tam Kuru Birim Hacim Ağırlık.....	47
5.2. Hava Kuru Birim Hacim Ağırlık.....	47
5.3. Tutkal Hattına Dik Yöndeki Mekanik Özellikler	49
5.3.1. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti	49
5.3.2. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü.....	56
5.3.3. Tutkal hattına dik eğilmede lokal elastikiyet modülü.....	60
5.4. Tutkal Hattına Paralel Mekanik Özellikler	64
5.4.1. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti.....	64
5.4.2. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü.....	69
5.4.3. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü.....	74
5.5. Liflere Paralel Basınç Mukavemeti.....	79
5.6. Yapışma Mukavemeti	86
5.7. Maliyet Değerlendirmesi.....	89
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	97
KAYNAKLAR	111

	Sayfa
EKLER.....	117
EK-1. Masif ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği	118
EK-2. Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği.....	119
EK-3. Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği.....	135
ÖZGEÇMİŞ	151

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bazı depremlerde yaşanan can kayıplarına genel bir bakış	8
Çizelge 2.2. Bazı taşıyıcı olan ve olmayan elemanların yoğunlukları	9
Çizelge 2.3. Ahşap esaslı kompozitlerin sınıflandırılması	11
Çizelge 4.1. Sarıçama ait fiziksel ve mekanik özellikler	25
Çizelge 4.2. Poliüretan tutkalının teknik özellikleri	27
Çizelge 4.3. Epoksi tutkalının teknik özellikleri.....	29
Çizelge 5.1. Sarıçam kerestenin tam kuru özgül ağırlıkları.....	47
Çizelge 5.2 Numunelerin hava kurusu birim hacim ağırlıkları.....	48
Çizelge 5.3. Numunelerin hava kurusu özgül ağırlıkları varyans analizi	49
Çizelge 5.4. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti istatistiksel değerleri	50
Çizelge 5.5. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti varyans analizi	52
Çizelge 5.6. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine katman sayısı homojenlik testi	53
Çizelge 5.7. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidi homojenlik testi	53
Çizelge 5.8. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi.....	54
Çizelge 5.9. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi.....	54
Çizelge 5.10. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi	55
Çizelge 5.11. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü istatistiksel değerleri.....	56
Çizelge 5.12. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü varyans analizi	58
Çizelge 5.13. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı homojenlik testi	59

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.14. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi	60
Çizelge 5.15. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü istatistiksel değerleri.....	60
Çizelge 5.16. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü varyans analizi.....	62
Çizelge 5.17. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı homojenlik testi	63
Çizelge 5.18. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi	63
Çizelge 5.19. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti istatistiksel değerleri	64
Çizelge 5.20. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti varyans analizi	66
Çizelge 5.21. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerine katman sayısı homojenlik testi.....	67
Çizelge 5.22. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidi homojenlik testi.....	68
Çizelge 5.23. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi	68
Çizelge 5.24. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü istatistiksel değerleri.....	69
Çizelge 5.25. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü varyans analizi.....	71
Çizelge 5.26. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi	72
Çizelge 5.27. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi	73
Çizelge 5.28. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi homojenlik testi	74
Çizelge 5.29. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü istatistiksel değerleri	75
Çizelge 5.30. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü varyans analizi...	77

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.31. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi	77
Çizelge 5.32. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi	78
Çizelge 5.33. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi homojenlik testi	79
Çizelge 5.34. Liflere paralel basınç mukavemeti istatistiksel değerleri	80
Çizelge 5.35. Liflere paralel basınç mukavemeti varyans analizi	82
Çizelge 5.36. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı homojenlik testi	83
Çizelge 5.37. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi.....	83
Çizelge 5.38. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi homojenlik testi	84
Çizelge 5.39. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi	84
Çizelge 5.40. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi	85
Çizelge 5.41. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi homojenlik testi.....	86
Çizelge 5.42. Yapışma mukavemeti istatistiksel değerleri	87
Çizelge 5.43. 01.07.2015-31.12.2015 tarihleri arasındaki Asgari Ücretin Net Hesabı ..	89
Çizelge 5.44. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kurları	89
Çizelge 5.45. Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini testlerinde kullanılan numunelere ait malzeme maliyeti	91
Çizelge 5.46. Basınç mukavemeti tayini testlerinde kullanılan numunelere ait malzeme maliyeti	92
Çizelge 5.47. Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini testlerinde kullanılan numunelere ait işçilik maliyeti	93

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.48. Basınç mukavemeti tayini testlerinde kullanılan numunelere ait işçilik maliyeti	94
Çizelge 6.1. Tez kapsamında gerçekleştirilen deneylere ait değerler	107

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Binada kullanılan malzemeye göre bina sayılarının toplam bina sayısı içindeki oranı	4
Şekil 4.1. Numunelerin ölçme noktaları	36
Şekil 4.2. 3 katmanlı numunelerin tutkal hattına dik eğilme mukavemeti ölçümü için deney düzeneği	37
Şekil 4.3. 5 katmanlı numunelerin tutkal hattına dik eğilme mukavemeti ölçümü için deney düzeneği	37
Şekil 4.4. Numunelerin tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti ölçümü	38
Şekil 4.5. 3 katmanlı numunelerin tutkal hattına dik eğilmede esneklik modülü tayini için deney düzeneği	40
Şekil 4.6. 5 katmanlı numunelerin tutkal hattına dik eğilmede esneklik modülü tayini için deney düzeneği	40
Şekil 4.7. Numunelerin tutkal hattına paralel eğilmede esneklik modülü tayini için deney düzeneği	40
Şekil 4.8. Yapışma mukavemeti numuneleri ölçüleri	44
Şekil 5.1. Hava kuru birim hacim ağırlıkları ortalama değerleri	48
Şekil 5.2. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti ortalama değerleri	51
Şekil 5.3. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri	58
Şekil 5.4. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri	62
Şekil 5.5. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti ortalama değerleri	66
Şekil 5.6. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri..	71
Şekil 5.7. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri ...	76
Şekil 5.8. Liflere paralel basınç mukavemeti ortalama değerleri	81
Şekil 5.9. Yapışma mukavemeti ortalama değerleri	88
Şekil 5.10. Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini için kullanılan numunelere ait toplam maliyetler	95

Şekil	Sayfa
Şekil 5.11. Basınç mukavemeti tayini için kullanılan numunelere ait toplam maliyetler	96

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Horyu-ji Bölgesi'nde bulunan Budist Tapınağı	1
Resim 1.2. Büyükada Rum Yetimhanesi	3
Resim 2.1. Montmorency Nehri üzerinde bulunan tutkallanmış lamine kereste köprü uygulaması	14
Resim 2.2. Haesley Nine Bridges Golf Club House tutkallanmış lamine kereste uygulaması	15
Resim 2.3. Sheffield Kış Bahçeleri tutkallanmış lamine kereste uygulaması	16
Resim 2.4. Richmond Olympic Oval tutkallanmış lamine kereste uygulaması	17
Resim 4.1. Düz en birleştirme yapılan lameller.....	33
Resim 4.2. Lamellerin düz en birleştirme yapılan bölgelerine U çivi çakılması.....	33
Resim 4.3. Lamine ahşap yapı elemanlarının preslenmesi	34
Resim 4.4. Eğilme mukavemeti tayini için kullanılacak numunelerin daire testerede en ölçülendirilmesi.....	34
Resim 4.5. Liflere paralel basınç mukavemeti tayini için kullanılacak numunelerin daire testerede en ölçülendirilmesi.	34
Resim 4.6. Eğilme mukavemeti ve liflere paralel basınç mukavemeti tayini için kullanılacak numunelerin daire testerede boy ölçülendirilmesi.....	35
Resim 4.7. Destek elemanlarının katmanlar arasına yerleştirilmesi.	35
Resim 4.8. Eğilme mukavemeti ve eğilme elastikiyeti modülü ölçümü için deney düzeneği.....	38
Resim 4.9. Eğilme mukavemeti ve eğilmede esneklik modülü tayini için numunelerin yerleştirilmesi (a) Tutkal hattına dik (THD) (b) Tutkal hattına paralel (THP).....	39
Resim 4.10. (a) Eğilme mukavemeti ve eğilmede esneklik modülü tayini testi (b) numunenin kırılma şekli.....	41
Resim 4.11. (a) Epoksi tutkalı ile 3 katmanlı olarak üretilen rabbit teli takviyeli lamine ahşap yapı elemanlarına uygulanan liflere paralel basınç mukavemeti testi, (b) ve (c) numunenin kırılma şekli.....	43

Resim	Sayfa
Resim 4.12. Yapışma mukavemeti numunesi, LVDT, yük hücresi ve veri toplama cihazı bağlantısı	44
Resim 4.13. (a) Yapışma mukavemeti tayini uygulanan numune ve (b) kırılma şekli.	45
Resim 6.1. Fiberglas tel örgü ile desteklenmiş numunelerin kırılma şekli	99
Resim 6.2. Rabitz teli ile desteklenmiş numunelerin tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti testi sonucundaki kırılma şekli.	102

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
a	Dinamik eğilme direnci
a	Yükleme noktası ile en yakın mesnet arasındaki mesafe
b	Eğilme deneyinde enine kesitin genişliği, mm
cm	Santimetre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
dak/mm	Dakika/milimetre
D_0	Tam kuru yoğunluk
D_{12}	Hava kurusu yoğunluk
$E_{m,g}$	Global eğilmede esneklik modülü, N/mm^2
$E_{m,l}$	Lokal eğilmede esneklik modülü, N/mm^2
E-Mod	Elastikiyet modülü
$f_{c,o}$	Liflere paralel yönde basınç mukavemeti, N/mm^2
f_m	Eğilme mukavemeti
F_{\max}	En büyük yük, N
f_t	Feet
$F_2 - F_1$	Yük sehim eğrisinin doğru hattı üzerindeki yük oranının artışı, N
g/m^2	Gram/metrekare
h	Eğilme deneyinde en kesitin derinliği, mm
I	Alanın atalet momenti (ikinci momenti), mm^4
in	İnch
kg/m^3	Kilogram/metreküp
kN	KiloNewton
l_1	Esneklik modülünün tayini için ölçülen uzunluk, mm
m	Metre
m^2/lt	Metrekare/litre
MPa	Megapaskal
N/mm^2	Newton/milimetrekare

Simgeler	Açıklamalar
W	Mukavemet momenti, mm ³
W₁ – W₂	F ₂ – F ₁ ‘e karşılık gelen deformasyondaki artış, mm
β_r	Radyal yönde daralma yüzdesi
β_t	Teğet yönde daralma yüzdesi
β_v	Hacimsel Daralma yüzdesi
σ_E	Eğilme direnci
σ_ç //	Çekme direnci
σ_B //	Basınç direnci
σ	Yapışma Direnci (N/mm ²)
F_Y	Kopma anındaki kuvvet (N)
b₂	Yapışma yüzeyinin genişliği (mm)
λ₁	Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm)

Kısaltmalar	Açıklamalar
CF	Karbon lif
CFRP	Karbon lifi takviyeli polimer
COM_PLY	Çok ahşaplı kompozitler
SD	Serbestlik derecesi
EA3	Alüminyum tel örgü takviyeli epoksi tutkallı 3 katmanlı lamine kereste
EA5	Alüminyum tel örgü takviyeli epoksi tutkallı 5 katmanlı lamine kereste
EF3	Fiberglas tel örgü takviyeli epoksi tutkallı 3 katmanlı lamine kereste
EF5	Fiberglas tel örgü takviyeli epoksi tutkallı 5 katmanlı lamine kereste
EK3	Takviye kullanılmayan epoksi tutkallı 3 katmanlı lamine kereste
EK5	Takviye kullanılmayan epoksi tutkallı 5 katmanlı lamine kereste
ER3	Rabitz teli takviyeli epoksi tutkallı 3 katmanlı lamine kereste
ER5	Rabitz teli takviyeli epoksi tutkallı 5 katmanlı lamine kereste
FRP	Lif takviyeli polimer
GF	Cam lifi
GFRP	Cam lifi takviyeli polimer

Kısaltmalar Açıklamalar

HFRP	Hibrid lif takviyeli polimer
LAYE	Lamine ahşap yapı elemanı
LBC	Lamine bambu epoksi kompozit
LSL	Tabakalanmış şerit kereste
LVDT	Doğrusal değişkenli fark transformatörü
LVL	Tabakalanmış kaplama kereste
N	Örneklem sayısı
OSB	Yönlendirilmiş yonga levha
OSL	Yönlendirilmiş şerit kereste
PSL	Paralel şerit kereste
PVAc	Polivinilasetat
PUA3	Alüminyum tel örgü takviyeli poliüretan tutkallı 3 katmanlı lamine kereste
PUA5	Alüminyum tel örgü takviyeli poliüretan tutkallı 5 katmanlı lamine kereste
PUF3	Fiberglas tel örgü takviyeli poliüretan tutkallı 3 katmanlı lamine kereste
PUF5	Fiberglas tel örgü takviyeli poliüretan tutkallı 5 katmanlı lamine kereste
PUK3	Takviye kullanılmayan poliüretan tutkallı 3 katmanlı lamine kereste
PUK5	Takviye kullanılmayan poliüretan tutkallı 5 katmanlı lamine kereste
PUR1	Poliüretan
PUR2	Çift bileşenli poliüretan
PUR3	Rabitz teli takviyeli poliüretan tutkallı 3 katmanlı lamine kereste
PUR5	Rabitz teli takviyeli poliüretan tutkallı 5 katmanlı lamine kereste
SGF	Yüksek dayanım cam lifi
THD	Tutkal hattına dik
THDEM	Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti
THDGEM	Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü
THDLEM	Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü
THP	Tutkal hattına paralel
THPEM	Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti
THPGEM	Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü
THPLEM	Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü
UF	Ürefoormaldehit

1. GİRİŞ

Ahşap, kolay işlenebilmesi, ağaç türüne bağlı olarak değişiklik gösteren odun rengi ve lif yapısı sayesinde oluşan estetik özellikleri, mükemmel termal ve ses yalıtımı sağlaması ve diğer malzemelere kıyasla bazı uygulamalar için daha iyi dayanım özelliklerine sahip olması yanında, yüksek dayanım/ağırlık oranının iyi olması nedeniyle yüzyıllardır yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır (Kermani, 1999: 82-83). Ayrıca ahşap yapı malzemesi, düşük gömülü enerji, düşük karbon etkisi ve sürdürülebilirlik dahil olmak üzere birçok olumlu çevresel özelliklere sahiptir (Falk, 2010: 1-1). Bu özellikleri ile ahşap; kirişler, kolonlar, çatı makasları, direkler gibi çeşitli yapısal formlar, kazıklar, döşeme elemanları, demiryolu temelleri gibi inşaat sistemleri ve betonda şekil vermek amacıyla kullanılan kalıplarda da kullanılan bir malzemedir (Kermani, 1999: 82-83).

Temel yapı tanımı içerisinde ahşap yapı; taşıyıcı sistemi ahşap olan yapı olarak ifade edilmektedir (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2006: 93-116).

Dünya'nın yaşayan en eski ahşap yapısı, Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından Dünya Mirası Listesi'ne alınmış olan Japonya'daki 48 antik Budist Tapınağı'ndan oluşan Horyu-ji Tapınağı M.S. 607 yılında inşa edilmiştir. Horyu-ji Tapınağı'nda ayrıca Gojunoto olarak bilinen beş katlı bir bina da bulunmaktadır (Birleşmiş Milletler Eğitim Bilim ve Kültür Örgütü [UNESCO], 2015).



Resim 1.1. Horyu-ji Bölgesi'nde bulunan Budist Tapınağı (Vujicic-Lugassy, 2015).

Kuzey Amerika'da 20.yüzyıldan önce konutların ve ticari yapıların çoğunda ana yapısal malzeme olarak ahşap kullanılmıştır. Ahşap kaynakların bol miktarda bulunması evlerin, ticari yapıların, köprülerin ve elektrik direklerinin çoğu için temel yapıyı oluşturmuştur. Günümüzde ise, evler ve çok hafif ticari ve endüstriyel binalar modern ahşap yapısal malzemeler kullanılarak yapılmaktadır (Moody ve TenWolde, 1999: 16-1). Ahşap malzeme, 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 %90'ı ahşaptır (Nunnally, 2007: 295).

Ülkemizde bulunan tarihi ahşap yapılar incelendiğinde; kütük, hatıl, hımış, dizeme ve bağdadi olmak üzere beş temel yapı sınıfı görülmektedir (Köylü, 2008).

1. Kütük: Bu sistemde ağaç kütükler yatay doğrultuda birbirine bindirilmektedir.
2. Hatıl: Bu sistemde yatay dikmelerin arası taş ile doldurulmaktadır
3. Hımış: Bu sistemde yatay, düşey, diyagonal dikmelerin arası kerpiç, tuğla, doğal taş vb. malzemelerle doldurulmaktadır.
4. Dizeme: Bu sistemde taşıyıcı dikme ve eğik elemanların arası düşey ya da yatay olarak düzenlenmiş yuvarlak az işlenmiş dizemelerle doldurulmaktadır.
5. Bağdadi: Bu sistemde kalınlığı 1 cm, genişliği 2-3 cm civarında olan ince çıtalar ahşap karkas sistemin her iki yüzüne çakılmaktadır (Köylü, 2008).

Güncel uygulamalarda, ahşap yapı sektöründe kullanılan uygulanan sistemler ve üretim teknikleri çerçevesinde ele alındığında, ahşap karkas, ahşap yığma, panel bileşen ve karma sistemler kullanılmaktadır (Örs ve Toğay, 2003).

1. Ahşap karkas sistem: Temel üzerine ahşap karkas sistemin kurularak yönlendirilmiş yonga levha (OSB) ile dıştan örtülmesi ve duvar boşluklarının dolgu malzemeleriyle doldurulması sonucu elde edilen sistemdir.
2. Ahşap yığma sistem: Bu sistem genellikle kütük ev olarak ifade edilmektedir. Konvansiyonel ve prefabrikasyon teknikleriyle üretimi yapılmaktadır.
3. Panel bileşen sistem: Duvar panelleri standardize edilmiş boyutlarda masif ahşap çerçeve konstrüksiyonun iç yüzeylerinde asbestli çimento levhaların, dış yüzeyinde ise bakır oluklu levhaların kullanımı ile oluşturulmuştur (Örs ve Toğay, 2003).

Afyonkarahisar’da 1272-1277 yıllarında yaptırılan ve kırk ahşap sütun üzerine oturtulan Ulu Cami zamanımızda eski biçimi korunarak yeniden onarılmıştır. Ulu Cami, ahşap mimarisi ve sırlı tuğlalı baklava dilimi tuğla mimarisiyle Selçuklu döneminin eşsiz örneklerinden biridir (Afyonkarahisar İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2015). 1299 yılında inşa edilen Beyşehir Eşrefoğlu Camii’nin çini mozaik mihrabı ve kündekari tekniğinde yapılmış minberi önemli süsleme unsurlarıdır. Camiyi, ünlü kılan özelliği ise büyük ölçüde özgün olan ahşap aksamı ve bu yüzeylerin üzerinde örneklerinin en başarılısı ve gösterişlisi olan kalem işleridir (Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 2015). 1366 yılında yaptırılan Mahmutbey Camii ahşap çatısı bindirme tekniğinde yapılmış ve hiç metal çivi ve herhangi bir aksam kullanılmamasıyla Türkiye’deki ender örneklerden biridir (Kastamonu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2015).

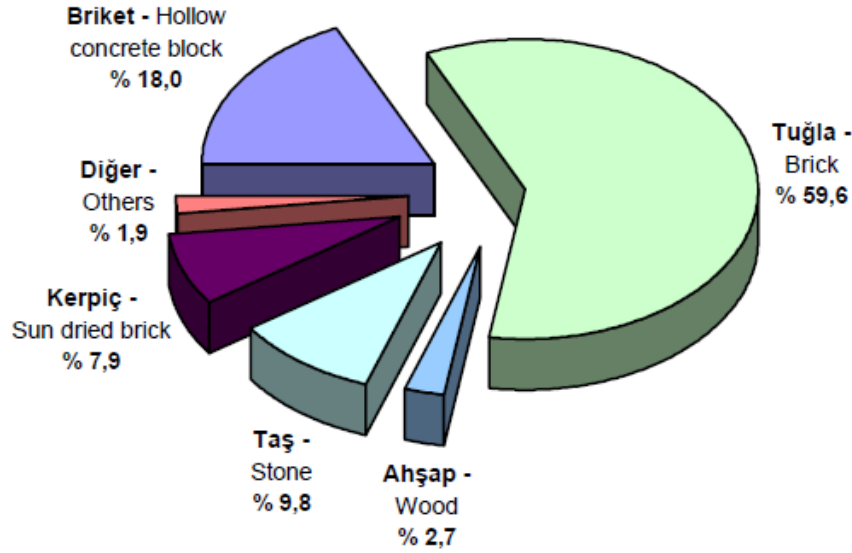


Resim 1.2. Büyükada Rum Yetimhanesi (Wikipedia, 2015a).

1898-1899 yıllarında bir Fransız şirketi tarafından otel olarak inşa edilen Büyükada Rum Yetimhanesi’nin uzunluğu 1025 m, genişliği ise 25-35 m’dir (Adalar Kaymakamlığı, 2015). Büyükada Rum Yetimhanesi ahşap karkas sistemde inşa edilmiştir. Yapı, yan bölümlerinde 6, diğer bölümlerinde ise 5 katlıdır (Resim 1.2). Binanın heybetine rağmen cephe mimarisi olabildiğince sade tasarlanmıştır. Birbiri üzerine tekrarlanan çıkmalılar ile

cephelere hareketlilik getirilmeye çalışılan yapıda, tiyatro salonundaki iç mekân ahşap süsleme detaylarına karşılık, diğer iç mekânlarda sade bir mimari hakimdir. Büyükada Rum Yetimhanesi, bahçesinde önceleri idare binası olarak inşa edilen, daha sonraları ise ilkokul olarak kullanılan bir yapıyla birlikte hâlen ayaktadır (Wikipedia, 2015b).

Betonarme yapım tekniğinin gelişmesi ve tüketicilerin betonarmeyi tercih etmesi nedeniyle eski dönemlerde Anadolu’da yaygın bir şekilde kullanılan ahşap yapılar, kullanım alanını kaybetmiş ve yerini betonarme karkas yapılara bırakmıştır (Doğangün, Livaoglu, Tuluk ve Acar, 2005). Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2000 yılında yapılan bina sayımına göre; ahşap yapıların toplam bina sayısı içindeki oranı %2,7 olarak tespit edilmiştir (Devlet İstatistik Enstitüsü [DİE], 2001).



Şekil 1.1. Binada kullanılan malzemeye göre bina sayılarının toplam bina sayısı içindeki oranı (DİE, 2001).

Ercoşkun Modeli’ne göre; ahşap sistemlerle ilgili yanlış görüş ve bilgilerin olması, firma sayısı, uzmanlar ve deneyimli ekiplerin yeterli olmaması, standart ve yönetmeliklerde yetersizlikler ve sınırlılıkların olması, istem ve sunum eksikliği, hammadde ve ürün temininde dışa bağımlı olunması, lisans ve patent eksiklikleri gibi konuların tutkallı tabakalı ahşap teknolojisinin benimsenmesinde engel oluşturduğu tespit edilmiştir (Avlar ve Karaçar Ercoşkun, 2012). Toğay (2002) ise bu sorunlara ek olarak, yerli hammadde yetersizliğinin, ahşap yapı sektörü ile ilişkide olan sektörlerin mevcut sorunların ve tüketici taleplerindeki eksikliğin ülkemiz ahşap yapı sektörünün sorunları olduğunu belirtmiştir.

Gelişen yapı teknolojileri içerisinde deprem gibi risk faktörleri ve insan sağlığı açısından gösterdiği olumlu özellikleri nedeniyle Avrupa'nın belirli bir bölümü, Kanada ve Amerika gibi ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de özellikle 1999 yılındaki Marmara Depremi'nden sonra ahşap ev eğiliminde sürekliliği olmayan göreceli bir artış olmuştur.

Toğay (2002) yapmış olduğu çalışmada, yığma sistemle (kütük ev) 26 firma, ahşap karkas sistemle 11 firma, ahşap panellerle örtülmüş çelik taşıyıcı karkas sistemle 20 firma, panel bileşen sistemle 2 firma ve bir devlet kurumu olmak üzere 59 adet firma ve bir devlet kuruluşunun ahşap yapı sektöründe faaliyet gösterdiğini tespit etmiştir. Ayrıca, 1997-2001 yılları arasında kapasite kullanım oranlarının, talep azalmasından değil, kapasite değerinin sürekli artmasından kaynaklanan sürekli azalan bir eğilim gösterdiği ve kurulu kapasitelere oranla, üretim değerlerinin çok düşük kaldığı, firmaların büyük çoğunluğunun %10 kapasite değerinin altında çalıştığı belirlenmiştir (Toğay, 2002).

1999 sonrası gelişen süreçler açısından ahşap yapı üretimi, teknolojisi itibarı ile farklı örnekler göstermiştir. Bu kapsamda ileri ülkelere benzer gelişim de olmakla birlikte birçok olumsuz uygulama bu sektörü olumsuz etkilemiştir (Örs ve Toğay, 2003). Ancak bütün bu yapı ve sektör içi olumsuz örneklerin etkisi rekabeti de olumsuz etkilemiş ve ileri teknoloji kullanımı ile üretim yapan bazı firmalar üretimlerine ara vermek durumunda kalmıştır.

Ülkemiz açısından özellikle betonarme yapılarla ilgili birçok standart geliştirilmiş olmasına rağmen, depreme dayanıklı yapılar şeklinde tarif edilen ahşap yapılara yönelik yeterli standart bulunmamaktadır. Bu nedenle, ahşap yapıların kullanılabilirliğini de belirleyecek olan taşıyıcı yapıda, ahşap yapı elemanı ve bağlantı elemanı ile oluşan düğüm noktalarının standart değerleri karşılaması, yaşlanma ve dayanım riskleri açısından değerlendirilmesi bir temele dayanmamakta genellikle öngörülere yansıtılmaktadır.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 2004 yılında hazırladığı Yapı Malzemeleri Komisyon Raporu'nda da belirtildiği gibi ülkemiz için yeni bir konu olan depreme dayanıklı ahşap konut üretimi ve ahşap malzemenin depreme dayanıklı binalarda kullanımı üzerine daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır (Bektaş, 2004).

Tez kapsamında, ahşap yapı elemanları için güçlendirme hedefi; mevcut uygulamalarda kullanılan masif ve lamine kirişlere oranla daha yüksek mukavemet elde edilmesi ve çökme risklerini azaltan elastikiyet kabiliyetinin belirli oranda artırılmasıdır. Ahşap yapı elemanlarının güçlendirilmesi ile ahşap, yapı sektöründe güvenle kullanılabilir ve ahşap malzemenin kullanım alanı genişletilebilir, ayrıca ahşap yapıların mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi sayesinde kullanım sürelerinin uzaması, bakım ve onarım maliyetlerini düşüreceğinden dolayı ekonomik kazanımlar sağlanabilecektir.

Ahşap yapı elemanlarının güçlendirilmesi, ülkemiz inşaat sektöründe yapı elemanı olarak kullanım oranı oldukça az olan ahşap malzemenin kullanım alanını arttıracığı gibi eski ahşap yapıların restorasyonu veya aynı yüklerin daha düşük kesitli ahşap yapı elemanları kullanılarak karşılanabilme imkânlarının araştırılması sürecinde de avantajlar sağlayacaktır.

Bu çerçevede ahşap malzemelerin lif yönleri birbirine paralel olacak şekilde epoksi ve poliüretan tutkalları kullanılarak yapıştırılması ve katmanlar arasında güçlendirmeyi sağlaması amacıyla fiberglas tel örgü, alüminyum tel örgü ve rabbitz teli yerleştirilmesi suretiyle kompozit yapıda yeni bir ahşap yapı elemanı tasarlanmıştır. Uygulanan güçlendirme yöntemi ile daha küçük kesit ölçüsüne sahip lamine ahşap yapı elemanlarının, daha geniş açıklıkların geçilebilmesine imkan sağlaması hedeflenmektedir. Bununla beraber deprem, kar yükü gibi aşırı yüklere ve yükleme süresine bağlı olarak malzemede meydana gelen yorulmaya karşı mekanik özelliklerinin artacağı düşünülmektedir. Bu sayede, depreme dayanıklı ahşap yapı elemanı üretilebilmesi ve ahşap yapıların kullanım süresinin uzatılması hedeflenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yapı Malzemesi Olarak Ahşap Kullanımı

Ahşap, ekonomik olması, görünüşü, kolay işlenmesi, tekrar işlenebilmesi, bazı uygulamalar için daha iyi dayanım, yüksek dayanım/ağırlık oranı ve mükemmel termal yalıtım özellikleri ile yaygın olarak kullanılan diğer yapısal malzemelerden üstündür (Stalnaker ve Harris, 1999: 11-12).

Yapı söküldüğünde yeniden kurulabilmesi, onarım ve plan değişikliğinin kolay olması, enerji dostu ve depreme dayanıklı olması, çelik, beton, taş ve kerpiçle mükemmel bir uyum içerisinde kullanılabilmesi gibi özellikler yanında üretimi ve işlenmesi sırasında az enerji harcanan, kullanım ömrünü tamamlayınca doğa tarafından kolayca dönüşüme uğratılan, hem üretim aşamasında, hem de yıkılması sırasında doğayı kirletmeyen ve kanserojen maddelerin ortaya çıkmasına neden olmayan ahşap malzemenin tüm ekolojik tasarım kriterleri ile uyduğu görülmektedir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004).

Ahşabın dayanımını ve sertliğini etkileyen başlıca faktörler; ağaç türleri, özgül ağırlık (selüloz miktarının göstergesidir), rutubet miktarı, kusurların yapısı, ebadı ve yeri (dayanımı azaltan özelliklerdir), ahşap elemanın büyüklüğü ve şekli ile yükleme süresidir (Stalnaker ve Harris, 1999: 17-18).

Bir binanın dayanımı ise; malzemenin tipi ve kalitesi, yapısal elemanların boyutu, şekli ve dağılımı, işçilik kalitesi ve bakım durumundan etkilenmektedir (Karacabeyli ve Popovski, 2003: 273-292).

Depremlerin oluşturacağı hasarları azaltmanın etkili yollarından biri depreme dayanıklı yapılar inşa etmektir. Yapı malzemelerinin özellikleri yapının dayanıklılığı üzerinde doğrudan etkilidir. Bu nedenle üretim ve kullanım şartları uygun olmayan yapı malzemeleri, yapının maruz kalacağı kuvvetlerle ve zamanın bozucu etkileri ile hasar görmesine ve hatta yıkılmasına sebep olmaktadır.

Ahşap yapıların uzun ömürlü ve dayanıklı olabildiğine dair birçok kanıt bulunmaktadır. Ahşabın mikro yapısı deprem sırasında oluşan büyük enerji miktarlarını sönümleyebilmektedir. Ayrıca yükleme süresi, ahşabın azami dayanımı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ahşabın azami dayanımı, uzun süreli yükleme altında azalır, ancak kısa süreli yükleme altında ahşap gelişmiş dayanıma sahiptir. Bu durum malzeme olarak ahşabın yüksek dayanım / ağırlık oranı ile birlikte geçmiş depremler sırasında ahşap binaların tatmin edici performanslarına katkıda bulunmaktadır (Karacabeyli ve Popovski, 2003: 273-292). Deprem riskleri açısından bu değerlendirme son derece önemlidir. Çizelge 2.1’de verilen bazı depremlerdeki can kayıpları incelendiğinde ise depremlerde ahşap karkas binalarda ölen insan sayısının daha az olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.1. Bazı depremlerde yaşanan can kayıplarına genel bir bakış (Karacabeyli ve Popovski, 2003: 273-292).

Deprem	Richter Büyüklüğü	Yaklaşık Olarak Ölen İnsan Sayısı		Sarsılan ahşap karkas binaların sayısı
		Toplam	Ahşap karkas binalarda	
Alaska, 1964	8.4	130	<10	
San Fernando, 1971	6.7	63	4	100 000
Edgecumbe, 1987	6.3	0	0	7 000
Saguenay, 1988	5.7	0	0	10 000
LomaPrieta. 1989	7.1	66	0	50 000
Northridge, 1994	6.7	60	16 + 4	200 000
Hyogo-ken Nambu (Kobe), 1995	6.8	6300	0	8 000

Bir yapının tüm bileşenlerinde ahşap kullanıldığında, diğer malzemelerle yapılan yapıya göre toplam ağırlık daha düşüktür ki bu durum güçlendirilmiş beton ile karşılaştırıldığında geçerlidir. Ölü yükün, toplam yükün kayda değer parçası olduğu yerde ahşabın dayanım/ağırlık oranı avantajlıdır (Stalnaker ve Harris, 1999: 12). Bazı taşıyıcı olan ve olmayan yapı elemanlarının hava kurusu rutubetteki yoğunluk değerleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Bazı taşıyıcı olan ve olmayan elemanların yoğunlukları (TSE, 1997; Örs ve Keskin, 2001:157-163)

Malzeme	Yoğunluk kg/m ³
Ağaç malzemeler (havada kurusu, yaklaşık %12 rutubetli)	
Sert Ağaçlar	
Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis L.</i>)	660
Saplı Meşe (<i>Quercus robur L.</i>)	690
Sapsız Meşe (<i>Quercus petrea L.</i>)	690
Yumuşak ağaçlar	
Karaçam (<i>Pinus nigra var. Pallasiana</i>)	560
Sarıçam (<i>Pinus silvestris</i>)	520
Gök nar (<i>Abies sp.</i>)	440
Doğu Ladini (<i>Picea orientalis L.</i>)	440
Toros Sediri (<i>Cedrus Libani A.Rich</i>)	520
Yapı Tuğlaları, Bloklar ve Beton	
Boşluklu tuğla	820 - 1350
Delikli tuğla	1150 - 1450
Ateş tuğlası	1850
Tabi agregalı beton	2250 - 2500
Bazalt agregalı beton	2300 - 2500
Cam tuğla, çift cidarlı	870 - 1100

Türkiye dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp – Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alır. Ülkemizin yüzölçümünün %93'ü aktif deprem kuşağı üzerindedir ve ayrıca nüfusunun %98'i çeşitli derecede deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır. Ülkemizde yılda ortalama bir kez yıkıcı depremin olduğu bilinmektedir (Kasapoğlu, 2007: X,27).

Olasılık yöntemleri kullanılarak yapılan analizler, Türkiye'de VII MSK şiddetindeki (hasar yapıcı) bir depremin bir yıl içerisinde olma olasılığının %63, IX MSK şiddetindeki (çok

yıkıcı) bir depremin beş yılda bir olma olasılığının ise yine %63 olduğu sonucunu vermektedir (Ergünay, 2007).

Yapısal uygulamaların çoğu için, ahşap malzemelerin avantajları olduğu kadar, ahşap malzemelerin kullanımını sınırlayan dezavantajları da bulunmaktadır.

Ahşabın özellikleri, türler arasında ve hatta aynı tür ağaçlar arasında son derece değişken olabilmekte ve büyük ölçüde değişiklikler gösterebilmektedir. Tomruğun enine kesiti içinde dahi dayanımında değişiklikler bulunmaktadır. Ahşap, kimyasal ve biyolojik zararlılar ile hava koşulları nedeniyle çürüyebilir veya bozulabilir. Ahşap yapısına nüfuz eden nem, ahşabın boyutsal kararlılığını etkiler. Ayrıca ahşap yanabilen bir malzemedir (Aghayere ve Vigil, 2007: 12).

Tasarım, üretim ve bakım süreçlerinde doğru uygulamalar ile ahşabın dezavantajları ortadan kaldırılabilir ve ahşap malzeme daha dayanıklı hale getirilebilir. Ahşap malzemenin dayanıklılığı; kullanım yerine ve kullanım amacına uygun tür ve kalitede malzeme seçilmesi, boyutsal stabiliteyi sağlamak amacıyla istenmeyen çevre koşullarının önlenmesi, uygun tasarım detaylarının kullanılması ve ahşap malzemeyi biyolojik ve yangın zararlarına karşı koruyabilecek uygun işlemlerin yapılması ile sağlanabilmektedir (Stalnaker ve Harris, 1999: 11-12).

Ağaç türlerine ve yetişme bölgelerine bağlı olarak tomruklardan biçilen kerestelerin maksimum boyutu 300 mm veya daha az olduğundan dolayı uygulamada yapısal ahşap kirişin olası maksimum açıklığı 5-7 m ile sınırlıdır. 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, çoğunlukla 12m' ye kadar olan açıklıklar için kullanılmakla beraber 30-40 m'ye kadar olan açıklıklar için de tasarlanabilmektedir (Thelandersson, 2003a: 7).

2.2. Kompozit Malzeme

Günümüzde ahşap malzemenin doğrudan kullanılması yerine; ahşap esaslı kompozit malzemelerin kullanımı tercih edilmektedir.

Kompozit malzeme, mevcut ve/veya ayrı iki veya daha çok malzemeyi fiziksel olarak karıştırmak yoluyla elde edilen ve kendisini oluşturan malzemenin her birinden farklı özelliklere sahip olan çok bileşenli malzeme olarak tanımlanmaktadır. Birden çok malzemenin bir araya getirilmesi, doğal olarak tek tek bileşenlerinde bulunmayan özellikte bir malzemeyi üretebilme amacına yöneliktir. Bazı özel durumlarda, örneğin ahşapta, aynı malzemenin önce parçalanıp sonra tekrar birleştirilmesi yoluna da gidilmektedir (Ersoy, 2001: 2).

Çizelge 2.3. Ahşap esaslı kompozitlerin sınıflandırılması (Stark, Cai ve Carll, 2010: 11-2).

AHŞAP ESASLI KOMPOZİTLER	
Kaplama Esaslı Malzemeler	Kontrplak
	Tabakalanmış Kaplama Kereste (LVL)
	Paralel Şerit Kereste (PSL)
Laminatlar	Tutkallı Lamine Kereste
	Yüzeyleri Kaplanmış Malzemeler
	Lamine Ahşap – Ahşap Olmayan Kompozitler
	Çok Ahşaplı Kompozitler (COM_PLY)
Kompozit Malzemeler	Lif Levha (düşük-, orta-, veya yüksek-yoğunluklu)
	Selülozik Lif Levha
	Hardboard
	Yongalevha
	Waferboard
	Flakeboard
	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)
	Tabakalanmış Şerit Kereste (LSL)
	Yönlendirilmiş Şerit Kereste (OSL)
Ahşap-Ahşap Olmayan Kompozitler	Odun lifi – polimer kompozitler
	İnorganik – bağlı kompozitler

Ahşap esaslı kompozit malzemelerin kullanılmasının nedenleri şunlardır:

1. Doğal ahşabın özellikleri türler arasında, aynı türlerde ağaçlar arasında ve aynı ağacın parçaları arasında değişiklik göstermektedir. Ancak üretim işlemleri ile bazı özellikler

- kontrol edilebildiğinden ahşap esaslı kompozit ürünler homojen yapıdadır (Stark, Cai ve Carll, 2010: 11-1).
2. Ahşap malzemenin mekanik özelliklerini düşüren budak, çatlak, lif kusurları, vb. odun kusurlarının etkisi azaltılabildiğinden bu kusurlara sahip odunlar da ahşap esaslı kompozitlerde etkin olarak kullanılabilir (Stark, Cai ve Carll, 2010: 11-1).
 3. İnşaat atığından veya endüstriyel üretim işlemlerinden geri kazanılan ahşap ve küçük çaplı kerestelerden, orman artıklarından veya egzotik ve istilacı türlerden elde edilmiş ahşap, ahşap esaslı kompozitlerde etkin olarak kullanılabilir (Stark, Cai ve Carll, 2010: 11-1).
 4. Ağacın ölçülerine bağlı kalmadan istenilen boyutlarda üretim imkanı bulunmaktadır (Thelandersson, 2003b: 18)
 5. Kullanım amacına bağlı olarak farklı şekil ve formlarda üretilebilmektedir (Berglund ve Rowell, 2005: 10-2)

Ağaç malzemenin olumsuz özelliklerini gidermek ve düşük maliyetle daha hafif yapı elemanı üretebilmek amacıyla ahşap yapı elemanlarında tek parça masif ahşap kullanımı yerine kontrplak ve OSB gibi ahşap esaslı levhalar ve laminasyon tekniği ile üretilen yapı elemanları kullanılmaktadır (Keskin, 2001).

Yapısal kompozit keresteler, orman kaynaklarının tüketimini azaltmak ve yüksek kaliteli keresteye olan artan talebi karşılayabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Yapısal kompozit kereste, biçilmiş kerestenin göstermiş olduğu değerlerden daha yüksek mühendislik tasarım değerlerinden yararlanmak için çeşitli uygulamalarda ve prefabrik ahşap I-kirişler gibi diğer mühendislik ahşap ürünlerin imalatında kerestenin yerine kullanılmaktadır (Stark, Cai ve Carll, 2010: 11-20).

Düz ve eğimli tutkallanmış lamine kerestelere dayalı yapısal sistemler, 100 m'ye kadar açıklığı olan çatılar için geliştirilmiştir. Bugün Tabakalanmış Kaplama Kereste (LVL) ve Paralel Şerit Kereste (PSL) gibi birçok diğer ahşap esaslı ürünler, büyük ölçekli ahşap yapılar için uygundur. Bu ürünler, düz tutkallanmış lamine kereste elemanlar gibi benzer bir şekilde daha büyük açıklıklar için uygundur (Thelandersson, 2003a: 7).

2.3. Tutkallanmış Lamine Kereste

Tutkallanmış lamine keresteler 1800'lerin sonlarında kullanılmaya başlanmıştır. II. Dünya Savaşı esnasında ve sonrasında büyük ölçüde kullanılmıştır. Dış mekan veya iç mekan kullanımına uygun sentetik reçineler kullanılmaya başlandığında, 1970'lere kadar en sık kazein tutkalı kullanılmıştır. Tutkallanmış lamine kerestelerin (glulamlar) hem binalarda hem de köprülerde kullanımında artış görülmektedir. Sadece biçilmiş keresteler kullanarak uygulanabilir olmayan yapılar, tutkallanmış lamine kereste kullanımının pratik ve başarılı olduğunu kanıtlamıştır (Stalnaker ve Harris, 1999: 157).

Tutkallanmış lamine kereste (glulam), yapıştırılmış ahşap mühendislik ürünlerinin en eskilerinden biridir. Tutkallanmış lamine kereste, laminasyon olarak adlandırılan iki ya da daha fazla katmanlı kerestenin lif yönleri uzunluğuna paralel olarak birbirine yapıştırılması ile elde edilen gerilimi sınıflandırılmış üründür. Tutkallanmış lamine kereste, uygunca seçilmiş ve düz veya eğimli formlarda hazırlanmış ahşap parçalarından yapılan, tüm parçaların lif yönleri elemanların boyuna yönlerine paralel olan malzeme olarak tarif edilir. Maksimum laminasyon kalınlığı 50 mm olup laminasyon genel olarak 25 veya 50 mm kalınlıktaki keresteden yapılır (Stark, Cai ve Carll, 2010: 11-17). Ulusal Tasarım Şartnamesi tarafından, yapısal tutkallanmış lamine kereste; “Uygun olarak seçilmiş ve hazırlanmış ahşap laminelerin tutkal ile birbirine bağlanmasını kapsayan, gerilimi sınıflandırılmış bir mühendislik ürünü” olarak tanımlanmaktadır (Stalnaker ve Harris, 1999: 157). Diğer bir tanımlamada, Glulam olarak bilinen tutkallanmış lamine kereste, lif yönleri paralel olacak şekilde genelde 19-50 mm kalınlığında en az dört kerestenin birbirine yapıştırılmasıyla elde edilen yapısal bir malzeme olarak ifade edilmektedir (Kermani, 1999: 82-83).

Tutkallanmış lamine kereste, genellikle net genişliği 2-1/2 inch (63,5 mm)'den 10-3/4 inch (273 mm)'ye ulaşan ölçü aralığında üretilmesine rağmen her eleman özel genişlik ölçüsünde de üretilebilmektedir (The Engineered Wood Association [APA], 2008: 4).

Kalınlığı yaklaşık 33 mm'den en fazla 50 mm'ye kadar olan kereste parçaları, düz veya hafif eğimli elemanların laminasyonunda kullanılırken, daha ince parçalar (12 mm veya 19mm, yaklaşık 33 mm'ye kadar) eğimli elemanların laminasyonunda kullanılır.

Tutkallanmış lamine elemanlar farklı kesitlerde konik kirişler, kolonlar, kemerler ve portalları üretmek için inşa edilebilirler (Kermani, 1999: 82-83).

Tutkallanmış lamine keresteler çok çeşitli şekil, boyut ve düzenlerde imal edilebilir. Düz prizmatik kesitlere ek olarak, kirişler tek konik, çift konik ve kaçık merkezli mahyalar gibi çeşitli düzenlerde üretilebilir. Kavisli şekiller, basit eğri bir kirişten, eğimli ve konik kavisli kirişe, karmaşık bir kemer yapısı aralığında değişmektedir (APA, 2008: 4). Resim 2.1’de Montmorency Nehri üzerinde bulunan ve eğimli bir şekilde imal edilen tutkallanmış lamine kereste köprü uygulaması görülmektedir.



Resim 2.1. Montmorency Nehri üzerinde bulunan tutkallanmış lamine kereste köprü uygulaması (Wikimedia, 2015)

Tutkallanmış lamine kereste, tonozlu tavan ve ideal açık alanlı diğer tasarımlar gibi çarpıcı uygulamalarda kullanılan bir üne sahiptir. Kiliselerde, okullarda, restoranlarda ve diğer ticari binalarda, tutkallanmış lamine kereste dayanımı kadar, güzelliği için de kullanılmaktadır (APA, 2008: 4). Resim 2.2’de Haesley Nine Bridges Golf Club House’da uygulanan tutkallanmış lamine keresteden imal edilen tavan uygulaması görülmektedir.



Resim 2.2. Haesley Nine Bridges Golf Club House tutkallanmış lamine kereste uygulaması (Shigeru Ban Architects, 2015)

Estetik bir tarafa, tutkallanmış lamine kereste kirişlerin dayanım ve dayanıklılığının ideal bir yapısal seçim yapıldığı birçok uygulama vardır. Tipik kullanımları, ticari çatı sistemleri tamamlamak için, basit aşıklar, sırt kirişler, döşeme kirişleri ve konsollu kiriş olarak değişir. Bazı durumlarda, 1 milyon feet kareyi aşan çatı alanları ile depo ve dağıtım merkezleri tutkallanmış lamine kereste çerçeve kullanılarak inşa edilmiştir. Büyük açık alanlarda, lamine kirişler 100 feet'ten (30 m) fazla yayılabilirler (APA, 2008: 4). Resim 2.3'te Sheffield Kış Bahçeleri'ndeki tutkallanmış lamine kereste uygulaması gösterilmektedir.



Resim 2.3. Sheffield Kış Bahçeleri tutkallanmış lamine kereste uygulaması (Stanbridge, 2015)

Büyük açıklıkların geçilmesinde farklı eğmeçli formlarda hazırlanacak yapı elemanlarının üretiminde laminasyon tekniği başarılı sonuçlar vermekle beraber laminasyon tekniğinin başarısı ahşap parçalar arasında kullanılan yapıştırıcıya da bağlıdır (Keskin, 2001).

Tutkallanmış lamine keresteler, aslında büyük kemerler gibi kavisli elemanları üretmek için geliştirilmiş olsa da sonraları hem büyük ebatlı hem de iyi kalitede biçilmiş kerestelerin elde edilmesinde karşılaşılan problemleri çözmek için de kullanılmıştır (Stalnaker ve Harris, 1999: 158). Ayrıca tutkallanmış lamine keresteler, daha küçük ebatlı ve kusurlu kerestelerin kullanımına da imkan verdiğinden kaynaklarımızın daha verimli kullanımını sağlamaktadır.



Resim 2.4. Richmond Olympic Oval tutkallanmış lamine kereste uygulaması
(Centauroducts, 2015)

Tutkallanmış lamine kerestelerin, biçilmiş kerestelere göre üstünlükleri aşağıdaki gibidir:

1. Daha büyük dayanım: Laminasyon malzemesi dikkatlice seçilir, bu nedenle tutkallanmış lamine kereste elemanı kusursuz olarak daha büyük ebatla üretilir. Daha önemlisi, bu kusurlar (kesitte) daha az zarar verecek yerde bulunabilir ve elemanın uzunluğu boyunca dağılmış olabilir. Böylece herhangi bir kesitte etkileri en aza indirilir ve eşdeğer boyutlu biçilmiş kerestelerde mümkün olandan daha yüksek kopma modülü elde edilir. Yüksek gerilimli katmanlarda yüksek sınıf ahşap kullanılır. Kirişlerde, nötr eksenler düşük kalitedeyken, çekme laminasyonlar yüksek kalitededir (Stalnaker ve Harris, 1999: 158).
2. Büyük kesitler: Tutkallanmış lamine keresteler, biçilmiş kerestelerle yapılabileceklerden büyük kesit katsayısı ve atalet momenti ile monte edilebilir. Bakir ormanların yok olmasıyla, büyük biçilmiş kereste bulmak gittikçe zorlaşmaktadır (Stalnaker ve Harris, 1999: 158).
3. Daha uzun açıklıklar: Yukarıdaki iki faktör sayesinde daha uzun açıklıkların geçilmesi mümkündür. Örneğin, tutkallanmış lamine keresteler kullanılarak 500 ft uzunlukta

- açıklığa sahip kemerli çatı konstrüksiyonları inşa edilmektedir (Stalnaker ve Harris, 1999: 158).
4. Şekil değişikliğinin engellenmesi ve kontrolü: Büyük biçilmiş kerestelerde hemen hemen her zaman ciddi çatlaklar oluşur. Bunlar büyük ölçüde düzensiz kurutmanın sonucu olarak iç gerilimlerden meydana gelir. Büyük biçilmiş keresteler, özellikle burulma şeklinde eğilme eğilimindedir. Tutkallanmış lamine kerestenin, katmanları genel olarak 2 in nominal kalınlıktadır, böylece oldukça homojen kurutulabilir. Düz kalma ve küçük çatlaklara sahip olma eğilimindedirler. Montajlanan ahşap yapı elemanında, tek bir laminasyon tek başına şekil değiştiremez, böylece her bir laminasyonun yüzeyi yapıştırılmış olduğu şekliyle kalır (Stalnaker ve Harris, 1999: 158).
 5. Şekil çeşitliliği: Tutkallanmış lamine keresteler, mimari olarak çekici yapılar yapılmasını mümkün kılan birçok şekilde üretilebilir. Konik kirişler, eğri kirişler, kemerler ve rijit kafeslerin tamamını yapmak mümkündür. Tutkallanmış lamine keresteler geliştirilinceye kadar, bu şekiller sadece yapısal çelikler veya güçlendirilmiş betonlar ile mümkündür (Stalnaker ve Harris, 1999: 158).
 6. Farklılaşan kesit özellikleri: Derinliği konikleşmesiyle veya laminasyonda kullanılan malzemenin sınıfının değişmesiyle nihai eleman dayanım gereksinimlerine göre uzunluk boyunca değişim gösteren dayanım kapasitesi verebilir (Stalnaker ve Harris, 1999: 158).
 7. Sehim: Yalnız ölü yük altında, kiriş sakıncalı olarak eğilebilir. Biçilmiş kerestede bunu düzeltebilecek bir şey yapılamaz. Ancak tutkallanmış lamine kerestelerde, yapıştırma öncesi laminasyonları bükme montaj sırasında basit bir konudur, böylece sonuçta oluşan kiriş tam ölü yük uygulandığında beklenen aşağı doğru eğilmeyi dengelemek için hafif yukarı doğru büküme sahiptir (Stalnaker ve Harris, 1999: 158).
 8. Yanma dayanımı: Büyük tutkallanmış lamine kereste elemanların yanma derecesi, ağır biçilmiş keresteninkine eşittir, diğer malzemelerine de eşit veya genellikle daha üstündür. Çoğu elemanlarının nominal kalınlığı 2 inç olan tutkallanmış lamine kereste elemanların yangına dayanıklılığı, geleneksel çerçeve konstrüksiyondan çok daha fazladır (Stalnaker ve Harris, 1999: 158).
 9. Ekonomi: Yapısal çelik veya betonarme benzer elemanlardan, tutkallanmış lamine kereste elemanlar genellikle daha ekonomiktir. Tutkallanmış lamine keresteler, biçilmiş kerestelerden (gerekli ölçülerde kereste mevcutsa) daha pahalı olabilir, ancak tutkallanmış lamine kerestelerin diğer avantajları genellikle ilk maliyetinden daha

önemli olmaktadır. Belirli bir yapı için, tabi ki, taşıma maliyeti, montaj maliyeti ve yangına dayanıklı malzeme ihtiyacı gibi faktörlerden etkilenen cevap karşılaştırmalı tasarımlar ile elde edilmelidir (Stalnaker ve Harris, 1999: 159).

10. Dayanım özelliklerinin ve kalitesinin yüksek olması ve çevresel şartlardan daha az etkilenmesi nedeniyle kullanım süresi biçilmiş keresteye göre uzundur (Stark, Cai ve Carll, 2010: 11-17).
11. Montaj esnasında eğiklik inşa etmek kolayca mümkündür (Stalnaker ve Harris, 1999: 157-159).

Biçilmiş keresteler ile karşılaştırıldığında, tutkallanmış lamine kerestelerde bazı sorunlar mevcuttur, ama bu yalnızca büyük ölçüde imalat sorunlarıdır. Komşu lamellerin genişleme ve daralma özellikleri farklıysa ve buna ek olarak kullanım esnasında meydana gelen rutubet değişimi ile tutkallanmış lamine kerestede iç kalıcı gerilim oluşabilir. Benzer şekilde lif kusurları ve reaksiyon odunu gibi anomalilerin bulunması komşu lamellerin farklı davranışlar sergilemesine neden olur ve kalıcı gerilme meydana getirir (Stalnaker ve Harris, 1999: 159).

2.4. Ahşap Yapı Elemanlarının Güçlendirilmesi

Güçlendirme; maruz kaldığı yük etkilerine karşı yapı elemanlarını geçerli bir güvenlik düzeyine çıkarmak amacıyla yapı elemanlarının yapısına farklı malzemeler uygulanması işlemidir.

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, aramid elyaf gibi yeni malzemeler geliştirilmektedir. Geliştirilen bu malzemeler ilk olarak risk seviyesi yüksek uygulamalarda kullanılmakla beraber daha sonraları yapısal uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır (Akgül, 2007).

Güçlendirilme konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde; yapı malzemelerinin cam lifleri, karbon lifleri ve aramid lifleri ile güçlendirilen lif takviyeli polimer kompozitlerle

ilgili çalışmaların çoğunlukta olduğu görülmektedir. “Bu malzemelerin, geleneksel olarak kullanılan çelik lama-plak takviyesine karşı başta gelen üstünlükleri korozyona dayanıklı olmalarıdır. Bunun dışında birçok dış etkene metallere göre daha çok dayanıklıdırlar. Ayrıca bu malzemeler çok hafif olduklarından uygulama kolaylığı taşırlar. Klasik mantolama yöntemine göre bir diğer üstünlükleri de yapı elemanının rijitliğini artırmadan, dolayısıyla yük-moment dağılımını bozmadan elemanları güçlendirmesidir” (Onarım ve Güçlendirme Malzemeleri Komisyonu, 2004).

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Öztank'ın (2004) yaptığı çalışmada, küçük panel konstrüksiyonlu platform sistem kullanılarak üretilen model konut ile Türkiye'de 4 kata kadar konut uygulamaları yapılabileceği belirtilmektedir. Ayrıca, model konutun 4-6 katlı uygulamalarının ilk etapta 3. derece deprem kuşağında yer alan bölgelerde yapılarak, elde edilen sonuçlara göre ülke geneline yayılabileceği ifade edilmektedir (Öztank, 2004).

Zhang, Zhou, Li, Wu ve Peng (2011) tarafından yapılan çalışmada, lamine kaplama keresteli ahşap köprü için optimal üretim teknolojisi seçmek amacıyla; Çin Güney fidanlığından elde edilen deneysel numunelerin özellikleri ve mekaniği analiz edilmiştir. 1,6 dak/mm sıcak işleme süresi, 4MPa'lık sıcak işleme basıncı ve 25mm levha kalınlığı en iyi üretim teknolojisi yöntemi olarak belirlenmiştir. Okalıptüs kaplamalar, ahşap köprüler için lamine kaplama kereste yapmak için uygun bulunmuştur (Zhang, Zhou, Li, Wu ve Peng, 2011).

Farklı ağaç türleri, tutkal çeşitleri veya farklı katman kalınlığı ve sayısı kullanılarak üretilen lamine ahşap yapıların mekanik özelliklerini tespit etmek amacıyla çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Döngel (1999) yüksek lisans tezi kapsamında; PVAc, Desmodur-VTKA ve Klebit 303 tutkalları ile yapıştırılarak üç, beş ve yedi katmanlı olarak sarıçam, Doğu kayını ve meşe odunlarından üretilen lamine malzemelere eğilme direnci deneyi uygulamış, en yüksek eğilme direnci PVAc tutkalı ile yapıştırılmış beş katmanlı kayında tespit etmiştir (Döngel, 1999).

Beceren Öztürk ve Arıoğlu'nun (2006) yapmış olduğu çalışmada, polivinilasetat (PVAc), poliüretan (PUR1), çift bileşenli poliüretan (PUR2) ve ürefoaldehit (UF) tutkalları kullanılarak lamine edilmiş sarıçam malzemenin mekanik özellikleri incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre en düşük değeri UF tutkalı, en yüksek değerleri ise Poliüretan Tutkalı (PUR1) göstermiştir. Bununla beraber polivinilasetat (PVAC) ve çift bileşenli poliüretan (PUR2) tutkalları da poliüretan tutkalına çok yakın değerler vermiştir (Beceren Öztürk ve Arıoğlu, 2006).

3 mm kalınlığında kayın ve kavak kesme kaplamalarından 10 farklı kompozisyonda, polivinil asetat (PVAc-kleiberit 303) tutkalı ile elde edilmiş lamine ahşap malzemelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri aynı türün masif olanına oranla daha yüksek değerde olduğu ve Kayının laminasyona katılım oranı arttıkça uygulanan deneylerin tümünde olumlu sonuçlar meydana geldiği ve direnç özelliklerinin iyileştiği bulunmuştur (Burdurlu, Kılıç, İlçe ve Uzunkavak, 2007)

Altınok, Burdurlu ve Özkaya, kavisli lamine yapısal elemanlarda, ahşap tipi, tutkal çeşidi, katman kalınlığı, ahşap tipi ve katman kalınlığına göre katman simetrisi, yapısal form ve kavis yarıçapı gibi değişkenlerin mukavemet özellikleri ve eğilme miktarı üzerinde doğrudan etkili olduğunu tespit etmiştir (Altınok, Burdurlu ve Özkaya, 2008).

Doğu kayını, sarıçam ve kavak odunlarından hazırlanan lamine malzemelerden en yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü Doğu kayınında, en düşük ise kavakta elde edilmiştir. Eğilme direnci, tutkal hattına dik lamine malzemelerde, tutkal hattına paralel lamine malzemelerden daha yüksek bulunmuş, elastikiyet modülü değerlerinde ise bunun tersi bir sonuç elde edilmiştir (Kasal, Efe ve Dizel, 2010).

Issa ve Kmeid (2005) güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş lamine kirişlerin esneklik özelliklerini incelerken güçlendirmenin, kırılmalardan sünekliğe bozulma şeklini değiştirdiğini ve kirişlerin yük taşıma kapasitelerini arttırdığını tespit etmişlerdir (Issa ve Kmeid, 2005).

Yahyaie-Moayyed ve Taheri'nin (2011) 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 performansı incelenmiş hem dayanımın hem de sertliğin gelişmesini sağlayan ve ahşap kirişlerin sünme bozulmasını etkin olarak azaltabilen AFRP takviyeli kereste kirişlerin artması sonucu çıkarılmıştır (Yahyaie-Moayyed ve Taheri, 2011).

Toğay ve Ergin'in (2014) çalışmasında, polivinil asetat ve poliüretan tutkalı ile yapıştırılmış ve fiberglas tel örgü takviyeli Sarıçam kompozit ahşap yapı elemanlarının yoğunlukları, yapışma direnci, eğilme mukavemeti ve basınç mukavemeti belirlenmiştir. Fiberglas tel örgü takviyeli kompozit ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme

mukavemeti bakımından yüksek dayanım gerektiren uygulamalarda kullanılabilceği ancak basınç dayanımı gerektiren uygulamalarda kullanılmayacağı tespit edilmiştir (Toğay ve Ergin, 2014).

Raftery ve Kelly (2015) yaptđı çalışmada, cam lifi takviyeli polimer çubuklar ile karşılaştırıldığında bazalt lifi takviyeli polimer çubuklar ile guclendirilmiş yapısal ahşap elemanların çekme dayanımında daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmiştir. Guclendirilmemiş kesitlerin kırılğan çekme davranışının aksine guclendirilmiş ve onarılmış kirişlerin, önemli suneklik sergilediği belirlenmiştir (Raftery ve Kelly, 2015).

Zhu, Yuan, Hou ve Wang'ın (2013) yaptđı çalışmada, tam veya kısmi takviye yerleşiminin, ahşap kolonların maksimum mukavemetini ve sertliğini arttırdığı, bununla beraber tam takviye yerleşiminin sertliği arttırmada kısmi yerleşimden daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Zhu, Yuan, Hou ve Wang, 2013).

Zhu, Long, Hou ve Wang (2013) tarafından yapılan çalışma, lif takviyeli polimerlerin ahşap kolonların taşıma kapasitesi, sertlik ve sunekliğini geliştirdiğini ve takviye katmanları ile taşıma kapasitesi arasındaki artışın lineer olmadığını göstermektedir. Tamamı yapıştırılmış takviyeli olan yerleşimin, kısmen yapıştırılmış olandan ve kısmen yapıştırılmış olanın da aralıklı olandan daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Zhu, Long, Hou ve Wang, 2013).

Verma, Sharma, Chariar, Maheshwari ve Hada (2014) tarafından yapılan araştırmada, lamine bambu epoksi kompozitlerin üretilmesi için Dendrocalamus strictus'un kuru bambu eklemlili gövdesi ince tabakalar halinde ve epoksi reçinesini kullanılarak soğuk preslenmiştir. Ahşapla kıyaslamalar, farklı yükleme koşulları altında elde edilen bambu tabakanın ortalama dayanımının yumuşak ağaçlardan daha iyi ve sert ağaçlar ile karşılaştırılabilir olduğunu göstermektedir (Verma, Sharma, Chariar, Maheshwari ve Hada, 2014).

4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Deney Malzemesi

4.1.1. Ağaç malzeme

Tez kapsamında, ahşap yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) kerestesi kullanılmıştır.

Ankara Siteler' de bulunan orman ürünleri satışı yapan firmalardan tesadüfi örnekleme yöntemiyle seçilen kerestelerde budak, çatlak, reaksiyon odunu, lif kusurları gibi odun kusurları olmamasına dikkat edilmiştir.

Sarıçamın (*Pinus sylvestris L.*) diri odunu geniş, sarımsı beyaz renkte, öz odunu kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha koyulaşır. Yıllık halkaları belirgin ve hafif dalgalıdır. Radyal kesitte yaz odunu birbirine paralel şeritler halinde görülür. Öz ışınları radyal kesitte enine, ince bantlar teşkil ederler. Boyuna paranzimleri yoktur. Reçine kanalları ladin ve melezden daha büyük ve çok sayıdadır. Odunu oldukça sert ve orta ağırlıktadır (Bozkurt, 1992: 224-225). Çizelge 4.1'de sarıçam odununa ait fiziksel ve mekanik özellikler verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sarıçama ait fiziksel ve mekanik özellikler (Bozkurt, 1992: 224-225).

Yoğunluk	D_0	0,49	gr/cm ³
	D_{12}	0,52	gr/cm ³
Daralma yüzdesi	β_r	4,0	%
	β_t	7,7	%
	β_v	12,1	%
E-Modül	E-Mod	117 000	daN/cm ²
Eğilme Direnci	σ_E	980	daN/cm ²
Çekme Direnci	$\sigma_{\varphi//}$	1020	daN/cm ²
Basınç Direnci	$\sigma_B//$	540	daN/cm ²
Dinamik Eğilme Direnci	a	3,9	j/cm ²

Diğer çam türleri dikkate alındığında genç ağaçlarda diri odun geniş, sarıçamda ise daha dardır. Kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Yüzey işlemlerinde reçine sızıntısı sebebiyle güçlük çıkar. Güç cilalanır (Bozkurt, 1992: 224-225).

Köknar ve ladinden daha serttir, onlara göre daha esnektir. Vida ve çivi ile bağlantısı yeterlidir. Zor verniklenir, oldukça dayanıklıdır (Ekici, 2004: 745).

4.1.2. Tutkal

Deney örneklerinin hazırlanmasında poliüretan tutkalı ve epoksi tutkalı olmak üzere iki farklı tutkal çeşidi kullanılmıştır.

Poliüretan tutkalı

Poliüretan tutkalı, uygun izosiyanat ve çift bağlı alkolden elde edilir. Oldukça elastik olup, kaynar suya, kimyasal maddelere, yağlara ve mikroorganizmalara dayanımı mükemmeldir. Katmanda çekme olmaz. Bu yüzden, kalın katman verir (Burdurlu, 1994: 156-157).

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının üretilmesinde kullanılan poliüretan tutkalı, havadaki nemle kürleşen tek-kompenantlı D4 tipi reaktif yapıştırıcıdır. Çok yüksek sıcaklık ve su direncine sahiptir (Hadim Boya, 2015).

Poliüretan tutkalının uygulama alanları; kapı ve pencere yapıştırması, ağaç laminat ve ağaç esaslı malzeme yapıştırılması, dış cephe bağlantı yapıştırılması, MDF bağlantı noktalarının yapıştırılması, mineral esaslı levhaların yapıştırılması, seramik malzeme, beton ve sert köpük malzemelerin yapıştırılmasıdır (Hadim Boya, 2015).

Poliüretan tutkalı ile yapıştırılacak malzemenin kuru, toz ve yağdan arındırılmış olmalıdır. Malzeme nem oranı %8-12 olmalıdır (Hadim Boya, 2015).

Poliüretan tutkalına ilişkin teknik özellikler Çizelge 4.2’de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Poliüretan tutkalının teknik özellikleri (Hadim Boya, 2015).

Baz	Poliüretan
Renk	Kahverengi
Özgül ağırlık	1.1+ 0,02g/m ³
Brookfieldsp 3/20 rpm	1600+ 0,02 m Pa's
Yoğunluk	Akıcı
Uygulama koşulları	Önerilen çalışma ortam sıcaklığı 20 °C'dir. Sıcaklığın 5 °C'nin altına düşmemesi gerekir.
Uygulama Metodları	Ispatula ve el merdanesi
Uygulama miktarı	Malzemeye bağlı olarak 100-200 g/m ²
Açık zaman	Yaklaşık 20°C' de 20 ila 30 dk. Bu periyot havadaki yüksek nem ve sıcaklık oranına göre azalabilir.
Presleme uygulaması	Parçalar optimal kürleşme ve yeterli teması oluşturmayı kesinleştirmek için preslenmelidir. Gerekli pres malzeme cinsi ve boyutuna bağlıdır. İyi bir birleşmeye ulaşmak için minimum pres ağaç laminatlara: 0,6N/mm ² 'dir. Birleşen parçaların sabit baskı altında kalması kürleşmenin maksimum seviyeye ulaşmasını sağlayarak kullanımda yük taşıma kapasitesini arttırır.
Presleme zamanı	Presleme zamanı havadaki nem ve sıcaklık yeterliliğine bağlıdır. 20 °C de yaklaşık 90 dk. 40 °C de yaklaşık 40 dk. 60 °C de yaklaşık 20 dk.
Son ayarlama zamanı	Yapışmış parçalara bir sonraki uygulama 2-3 saat sonra yapılabilir. Yaklaşık 24 saat sonra ise son dayanma gücüne ulaşılır.

Epoksi tutkalı

Tutkal üretiminde kullanılan epoksi bileşikleri, petro-kimya endüstrisinde elde edilir. İki elemanlı olan epoksi reçinenin karışık bir kimyasal yapısı vardır. Propilenin gliserinle

sentezinden elde edilen epiklorhidrin, epoksi reçinenin üretimini sağlayan ana gereçlerden biridir. Reçineyi oluşturan diğer eleman, bisfenol A adını alır. Kimyasal tepkimeye sokulan bu iki elemandan; 1 molekül bisfenol A, 2 molekül epiklorhidrin ile birleşerek, epoksi reçineyi oluşturur (Burdurlu, 1994: 156-157).

Epoksi tutkalının kurumması, sertleşmesi ve yapıştırma özelliğini kazanması, elemanlarının kimyasal yapısına bağlıdır. Tepkime sırasında, tutkalın bünyesinden madde ayrılması veya buharlaşma olmaz. İki eleman, kendilerinden farklı özellikte, yeni bir elemanı oluşturur. Yapışma yüzeyindeki tutkal filmi, kendi molekülleri arasında kohezyon esaslı bir bağ kurar. Tutkal molekülleri ile yapıştırdığı malzemenin molekülleri arasındaki adezyon gücü de üstün düzeydedir. Tam sertleşen tutkal, dış etkilere dayanmaz (Burdurlu, 1994: 156-157).

Lamine ahşap yapı elemanlarının üretiminde kullanılan epoksi tutkalı iki bileşenlidir. Herhangi bir solvent içermemektedir. Laminasyon işleminde kullanılan epoksi esaslı bir yapıştırıcıdır. Ortam sıcaklığında kurur. Metallerden, camdan, ağaçtan, cam elyaf takviyeli polyesterden, jel kottan ve ayrıca diğer ürünlerden yapılmış unsurları birbirine veya bir diğerine yapıştırmak için kullanılmaktadır. Bu yapıştırıcı yüksek dayanıklılıktaki yapıştırıcıların elde edilmesini sağlar. Suya ve solventlerin birçoğuna dirençlidir (Teknomarin, 2015).

Epoksi tutkalı uygulanacak yüzey temiz, kuru ve yağdan, gresten ve diğer kirlenici maddelerden arındırılmış olmalıdır. Epoksi tutkalı uygulanmadan önce yüzey zımparalanmalıdır. A ve B kısımları 1/1 birbirine katılır. Homojen oluncaya kadar karıştırılır. 5 dakika beklenir, sonra yapıştırıcı bir spatula veya fırça ile yapıştırılacak yüzeylerin her ikisine de uygulanır. İki yüzey birbirine sıkıca preslenir. Presler 24 saat sonra sökülür. Ortam sıcaklığının minimum 15 °C olmasına dikkat edilmelidir (Teknomarin, 2015).

Epoksi tutkalının teknik özellikleri Çizelge 4.3'de verilmektedir.

Çizelge 4.3. Epoksi tutkalının teknik özellikleri (Teknomarin, 2015).

Hacimce katı madde (%)	100
Yoğunluk	1,1
Renk	Açık krem
Kuru film kalınlığı (μ)	200
Teorik kaplama kapasitesi (m^2/lt)	5 (200 μ) ~ 2,5 (400 μ)
Uygulama aralığı ($^{\circ}C$)	+ 15 ~ + 35
Kuruma zamanı (20 $^{\circ}C$)	
İlk kuruma (saat)	30 dk. - 1 saat
Kuruma	6 saat
Servise hazır hale gelme	24 saat
Karışım oranı (ağırlık)	50A / 50 B
Karışım oranı (hacim)	50A / 50 B
Karışımın kullanılabilirlik süresi (20 $^{\circ}C$) (dakika)	40 – 70

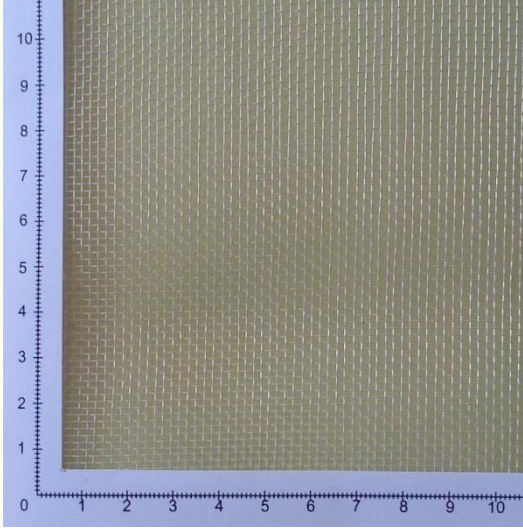
4.1.3. Destek malzemesi

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini arttırmak amacıyla destek malzemesi olarak; alüminyum tel örgü, fiber tel örgü ve rabbitz teli kullanılmıştır.

Alüminyum tel örgü

Dayanıklı, uzun ömürlü, deforme olmayan, kokmayan, küflenmeyen ve parlak renkte olan alüminyum tel örgü, 0,28 mm kalınlıkta telden üretilmiş olup, 18 x 16 mm gözenek aralığına sahiptir (Utlü Tel Mamulleri San. ve Tic. Ltd. Şti., 2015). Alüminyum tel örgü kapılar, pencereler, filtre sanayi ve menfezlerde kullanılır. Ayrıca bu tellerin paslanmaz özelliği vardır. Suya temas ettiğinde de özelliğini yitirmez. Piyasada 80-100-120 ve 150 cm eninde, 30 m boyunda, rulo halinde bulunmaktadır (Sivas Nalburiye İnşaat Malzemeleri Tic. A.Ş., 2015).

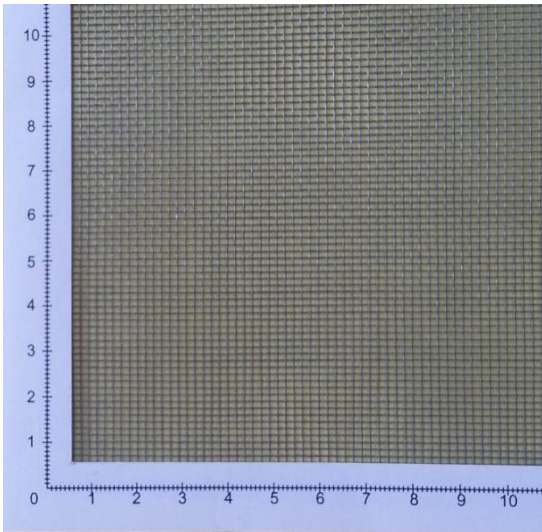
Resim 4.1’de alüminyum tel örgü gösterilmektedir.



Resim 4.1. Alüminyum tel örgü

Fiberglas tel örgü

Ahşap yapı elemanlarının mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla lameller arasında kullanılan fiberglas tel örgü, 125 gr/m^2 ağırlığında olup %35 fiberglas, %65 plastik içermektedir. Fiberglas tel örgü, 0,28 mm kalınlıkta kaliteli ve bükümlü ipten yapılmakta olup, dokuma öncesi kaplandığından yırtılma mukavemeti çok yüksek olmaktadır. Fiberglas tel örgünün gözenek aralığı $16 \times 18 \text{ mm}$ 'dir. Resim 4.2'de fiberglas tel örgü gösterilmektedir.



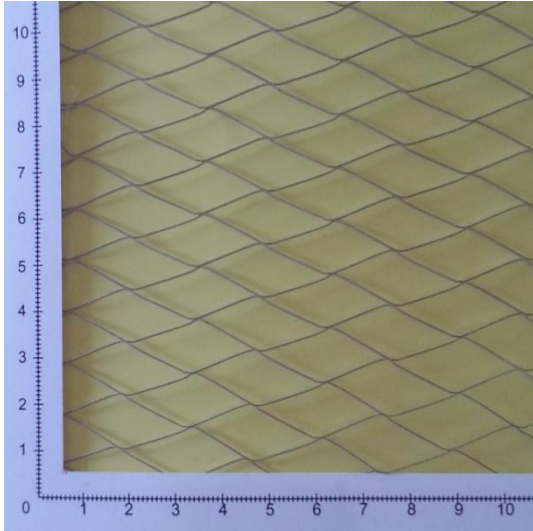
Resim 4.2. Fiberglas tel örgü

Cam elyafın uzama katsayısı %2 olduğundan alüminyum ve naylon tellerde olduğu gibi sıcaktan gözenekleri açılmaz (Cam Elyaf Tekstil, 2015). -36°C 'den, $+125^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar özelliğini yitirmeyen ısıya dayanıklı bir türdür. Filtre sanayi, dekorasyon ve sinek koruyucu amaçlı kullanılmaktadır (Enbor Teknik Malz. Kafes ve Elek Telleri San.Tic.Ltd.Şti., 2015).

Rabitz teli

Rabitz teli, çoğunlukla sıva teli olarak kullanılmaktadır. Rabitz teli piyasada 100 cm genişlikte ve 50 m uzunlukta rulo halinde satılmaktadır (Çobanoğlu Tel Örgü ve Çit Sistemleri, 2015).

Rabitz teli Resim 4.3'te gösterilmektedir.



Resim 4.3. Rabitz teli

4.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

4.2.1. Masif deney numuneleri

Masif deney numunelerinin hazırlanmasında TS 5497 EN 408 “Ahşap Yapılar – Yapı Kerestesi Ve Tutkallanmış Lamine Kereste – Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerin Tayini” standardına göre hareket edilmiştir. Buna göre eğilme mukavemeti tayini için;

“Deney parçasının uzunluğu kesit derinliğinin en az 19 katı olmalıdır”, liflere paralel yöndeki basınç mukavemeti tayini için ise; “Deney parçasının en kesiti kusursuz olmalı ve deney parçasının uzunluğu, daha küçük en kesitin boyutunun 6 katı olmalıdır” (Türk Standartları Enstitüsü [TSE], 2006).

Sarıçam keresteler, TS 5497 EN 408 “Ahşap Yapılar – Yapı Kerestesi Ve Tutkallanmış Lamine Kereste – Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerin Tayini” standardına göre eğilme mukavemeti tayini için; 105x105x1800 mm ölçülerinde kesildikten sonra direkt güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında $\%12$ rutubete ulaşınca kadar bekletilmişlerdir. Hava kurusu rutubet derecesine ulaşan keresteler, 90x90x1710 mm net ölçüde kesilmiştir.

Liflere paralel yöndeki basınç mukavemeti tayini için; 105x105x600 mm ölçülerinde kesildikten sonra direkt güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında $\%12$ rutubete ulaşınca kadar bekletilmişlerdir. Hava kurusu rutubet derecesine ulaşan keresteler, 90x90x540 mm net ölçüde kesilmiştir.

4.2.2. Laminasyon işlemi

Çatlak, budak ve reçine kesesi gibi kusurlarından arındırılan sarıçam kerestelerden elde edilen çeşitli boy ve en ölçülerine sahip 25 mm ve 35 mm kalınlıklardaki lameller, direkt güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde istiflenerek 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında $\%12$ rutubete ulaşınca kadar bekletilmişlerdir. Denge rutubetine ulaşan lamellere, öncelikle planyada bir yüz ve cumbaları açılmış, daha sonra kalınlık makinesinde 18 mm ve 30 mm net kalınlık ölçüsüne getirilmiştir. Malzeme fire miktarını azaltmak için gerçek uygulamalardaki gibi laminasyonda kullanılacak tutkal çeşidi yardımıyla düz en birleştirme yapılmış ve birleştirmenin mukavim olabilmesi için ek yerleri U çivi ile stabil hale getirilmiştir.



Resim 4.1. Düz en birleştirme yapılan lameller

3 adet deney numunesi elde edilecek şekilde muhtelif genişliklerde 18 mm kalınlıkta 5 adet ve 30 mm kalınlıkta 3 adet lamelin lif yönleri birbirine paralel olarak epoksi ve poliüretan tutkal ile yapıştırılmıştır (Resim 4.1).



Resim 4.2. Lamellerin düz en birleştirme yapılan bölgelerine U çivi çakılması

Elde edilen muhtelif genişliklerde 90 mm kalınlığında ve 1800 mm uzunluğundaki tutkallanmış lamine ahşap yapı elemanları, basınç altında 24 saat süre boyunca preslenmiştir (Resim 4.3). Yapıştırımda uygulanan pres basıncı miktarının belirlenmesinde, tutkal firmalarının belirttiği değerler esas alınmıştır.



Resim 4.3. Lamine ahşap yapı elemanlarının preslenmesi

Daire testerede net ölçülendirilmesi yapılan tutkallanmış lamine ahşap yapı elemanları tutkal hattına dik ve tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti tayini için 90x90x1710 mm, liflere paralel basınç mukavemeti tayini için 90x90x540 mm ebadında hazırlanmıştır. Kullanılan tutkal çeşidine göre her test için 3'er adet numune hazırlanmıştır.



Resim 4.4. Eğilme mukavemeti tayini için kullanılacak numunelerin daire testerede en ölçülendirilmesi.



Resim 4.5. Liflere paralel basınç mukavemeti tayini için kullanılacak numunelerin daire testerede en ölçülendirilmesi.



Resim 4.6. Eğilme mukavemeti ve liflere paralel basınç mukavemeti tayini için kullanılacak numunelerin daire testerede boy ölçülendirilmesi.

4.2.3. Güçlendirme işlemi

Lamine ahşap yapı elemanlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini artırmak amacıyla epoksi ve poliüretan tutkalı ile yapıştırılacak her katman alüminyum tel örgü, fiber tel örgü ve rabitz telin yerleştirilmiştir. Kullanılan tutkal çeşidi ve destek türüne göre her test için 3'er adet numune hazırlanmıştır.



Resim 4.7. Destek elemanlarının katmanlar arasına yerleştirilmesi.

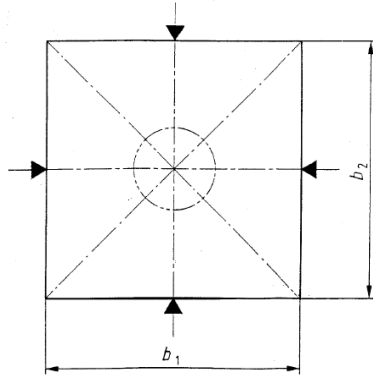
4.3. Deney Yöntemi

4.3.1. Birim hacim ağırlıklar

Deneyleerde kullanılan sarıçam kerestelere ait tam kuru birim hacim ağırlıklar ve hava kuru birim hacim ağırlıklar tespit edilmiştir. Ayrıca, poliüretan ve epoksi tutkalları ile

yapıştırılarak sarıçam kerestelerden üretilen destek malzemesiz lamine kontrol grubu örnekleri ile alüminyum tel örgü, fiber-glass file ve rabitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanı örneklerine ait hava kurusu birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Numunelerin birim hacim ağırlıkları TS EN 323 “Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini” standardına göre; Eş 3.1 ile hesaplanmış ve kg/m^3 olarak ifade edilmiştir.

$$P = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times t} \times 10^6 \quad (3.1)$$



Şekil 4.1. Numunelerin ölçme noktaları (TSE, 1999).

Tam kuru birim hacim ağırlık

TS EN 323'e göre tam kuru özgül ağırlıklarını tespit edebilmek amacıyla; 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem şartlarında $\% 12$ rutubete ulaşmaya kadar bekletilen sarıçam kerestelerinden $50 \times 50 \times 17$ mm ölçülerinde kesilen 10 adet numune ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar 103 ± 2 °C sıcaklıkta bekletilmiştir. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki ölçme arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin $\% 0,1$ 'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilmiştir.

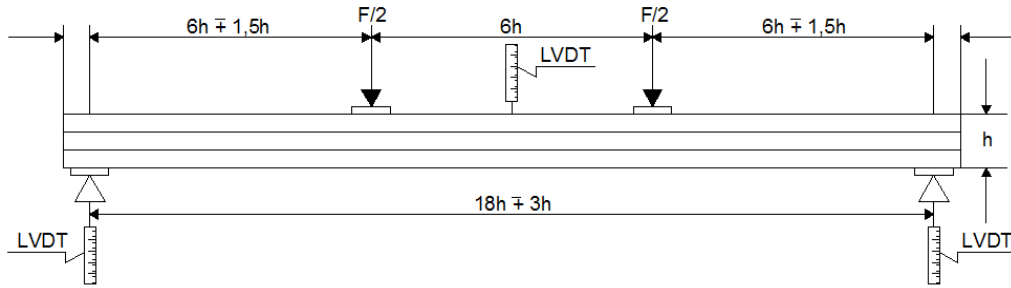
Hava kurusu birim hacim ağırlık

TS EN 323'e göre hava kurusu özgül ağırlıklarını tespit edebilmek amacıyla; hava kurusu ağırlığa ulaşan sarıçam kerestelerinden elde edilen 18 mm ve 30 mm kalınlıklarda lameller ile destek malzemesiz ve destek malzemeli olarak üretilen tabakalı ahşap yapı elemanlarından $90 \times 90 \times 90$ mm ebadında kesilen her bir deney grubundan 3'er adet numune

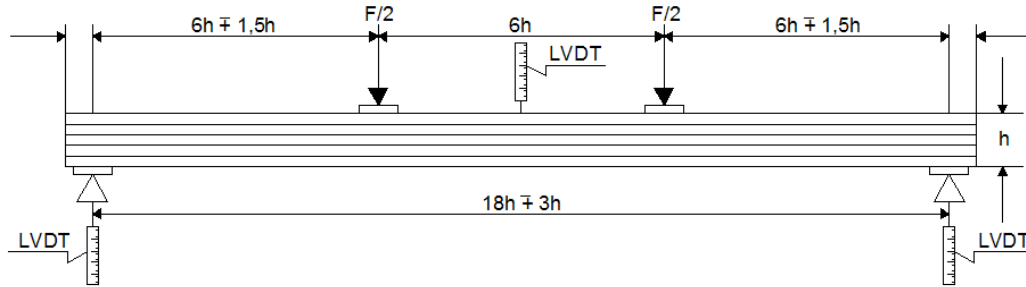
ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem şartlarında $\% 12$ rutubete ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki ölçme arasındaki kütle farkının, deney parçası kütesinin $\% 0,1$ 'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilmiştir.

4.3.2. Eğilme mukavemeti

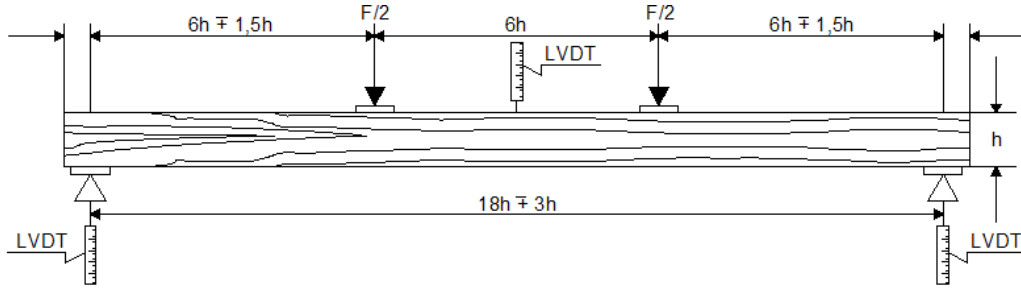
Destek katmanlı ahşap yapı elemanlarının dört nokta eğilme mukavemeti; maruz kalacağı kuvvetlere karşı en iyi dayanımın elde edileceği uygulama kriterini belirlemek için tutkal hattına dik ve tutkal hattına paralel uygulanan kuvvet ile iki farklı yönde test edilmiştir. TS 5497 EN 408 “Ahşap Yapılar – Yapı Kerestesi Ve Tutkallanmış Lamine Kereste – Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerin Tayini” standardına göre yapılmıştır. “Deney parçasının uzunluğu, kesit yüksekliğinin en az 19 katı olmalıdır” (TSE, 2006). 90x90 mm en kesite sahip deney parçasının uzunluğu 1710 mm olarak hazırlanmıştır. Deney parçası Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te görüldüğü gibi mesnetler arasındaki mesafe, yüksekliğinin 18 katının üzerinde olacak şekilde, iki eğilme noktasında simetrik olarak yüklenmiştir.



Şekil 4.2. 3 katmanlı numunelerin tutkal hattına dik eğilme mukavemeti ölçümü için deney düzeneği (TSE, 2006).



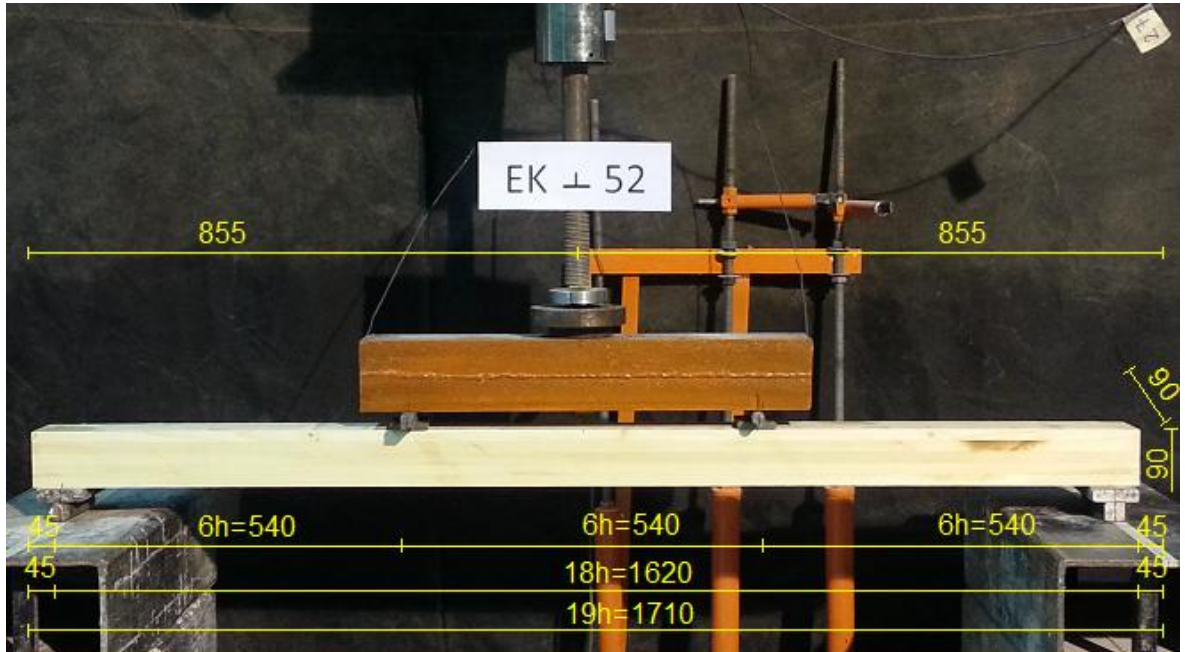
Şekil 4.3. 5 katmanlı numunelerin tutkal hattına dik eğilme mukavemeti ölçümü için deney düzeneği (TSE, 2006).



Şekil 4.4. Numunelerin tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti ölçümü (TSE, 2006).

90x90x1710 mm ebatındaki deney parçası, 400 kN yük kapasitesine sahip deney düzeneğinde 162 mm aralıklı mesnetler üzerine iki kuvvet uygulanan noktaya simetrik olarak yanal sıkıştırma, burulmayı önleyecek şekilde yerleştirilmiştir.

Deney parçasının üzerine yerleştirildiği mesnetlerde meydana gelebilecek çökmeleri tespit edebilmek amacıyla mesnetlerin altına ve iki noktadan uygulanan kuvvet neticesinde parçada oluşacak sehim tespit edebilmek amacıyla parçanın orta noktasına birer adet doğrusal değişkenli fark transformatör (Lineer Variable Displacement Transducer; LVDT) yerleştirilmiştir. Yük hücresinden ve LVDT'lerden saniyede 8 adet veri toplanarak deney parçasına uygulanan kuvvet, deney parçasında oluşan sehim ve mesnetlerde meydana gelebilecek çökmeler veri toplama cihazı kullanılarak kaydedilmiştir.

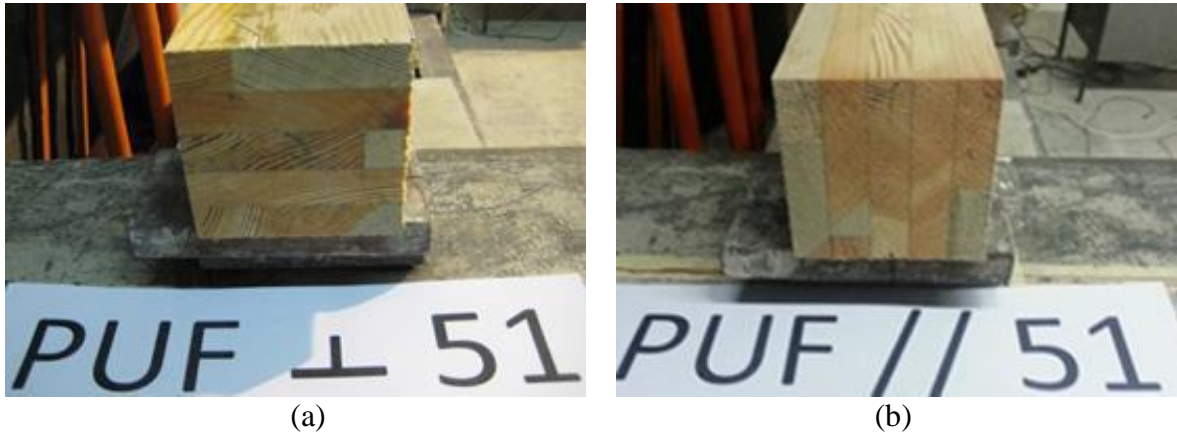


Resim 4.8. Eğilme mukavemeti ve eğilme elastikiyeti modülü ölçümü için deney düzeneği

Eğilme mukavemeti (f_m) Eş. 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$f_m = \frac{aF_{max}}{2W} \quad (3.2)$$

Eğilme mukavemeti, numunelerin kullanım yerindeki sınırlarını belirleyebilmek amacıyla tutkal hattına dik ve tutkal hattına paralel olarak iki yönde uygulanmaktadır.



Resim 4.9. Eğilme mukavemeti ve eğilmede esneklik modülü tayini için numunelerin yerleştirilmesi (a) Tutkal hattına dik (THD) (b) Tutkal hattına paralel (THP)

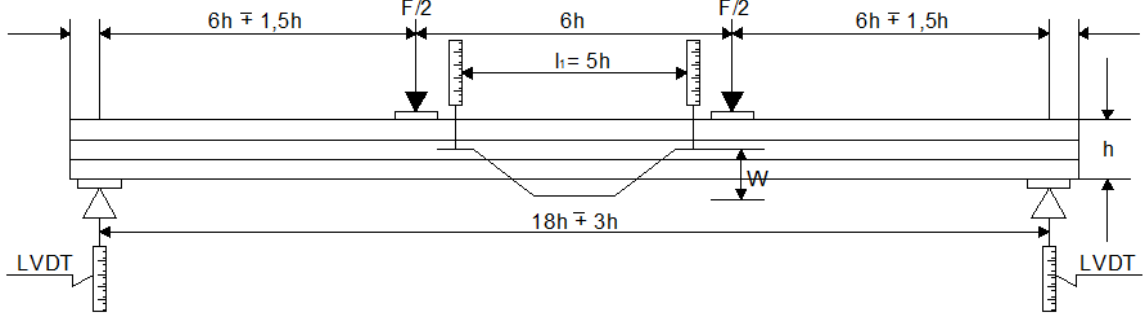
4.3.3. Eğilmede esneklik modülü

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik ve tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü ile global eğilmede esneklik modülü tespit edilmiş ve destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarından oluşan kontrol grupları ile masif ahşap yapı elemanlarının sonuçları karşılaştırılmıştır.

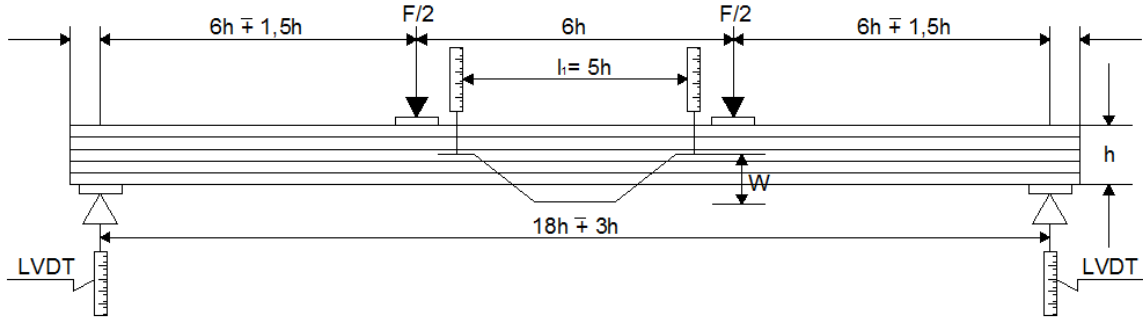
“Deney parçasının uzunluğu kesit derinliğinin en az 19 katı olmalıdır. Bunun mümkün olmadığı yerlerde kiriş açıklığı rapor edilmelidir” (TSE, 2006). Deney parçası Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Resim 4.10’da görüldüğü gibi “... mesnetler arasındaki mesafe deney parçası yüksekliğinin 18 katının üzerinde olacak şekilde, iki eğilme noktasında ve simetrik olarak yüklenmelidir” (TSE, 2006). “Deney numunesi basitçe mesnetlenmelidir. Lokal ezilmeleri en aza indirmek için; deney parçası ile mesnetler veya yükleme başlıkları arasına, deney parçası yüksekliğinin yarısını geçmeyecek uzunlukta küçük çelik plâkalar konulabilir. Yanal sıkıştırma, burulmayı önleyecek şekilde hazırlanmış olmalıdır. Yük

sabit bir hızda uygulanmalıdır. Yükleme başlığının hareket hızı, 0,003 h mm/s'den daha büyük olmamalıdır. Uygulanan en büyük yük $0,4 F_{max}$ 'ı geçmemelidir" (TSE, 2006).

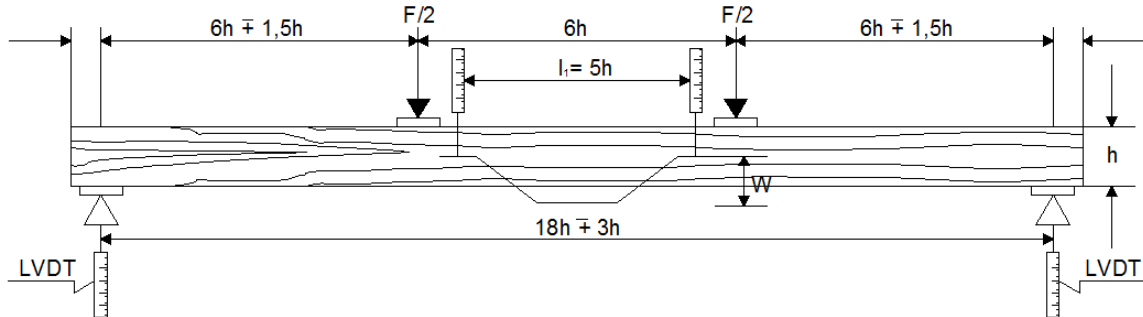
Doğrusal analizler için grafiğin max 0,1F ve max 0,4F arasındaki bölümü kullanılmıştır.



Şekil 4.5. 3 katmanlı numunelerin tutkal hattına dik eğilmede esneklik modülü tayini için deney düzeneği (TSE, 2006)



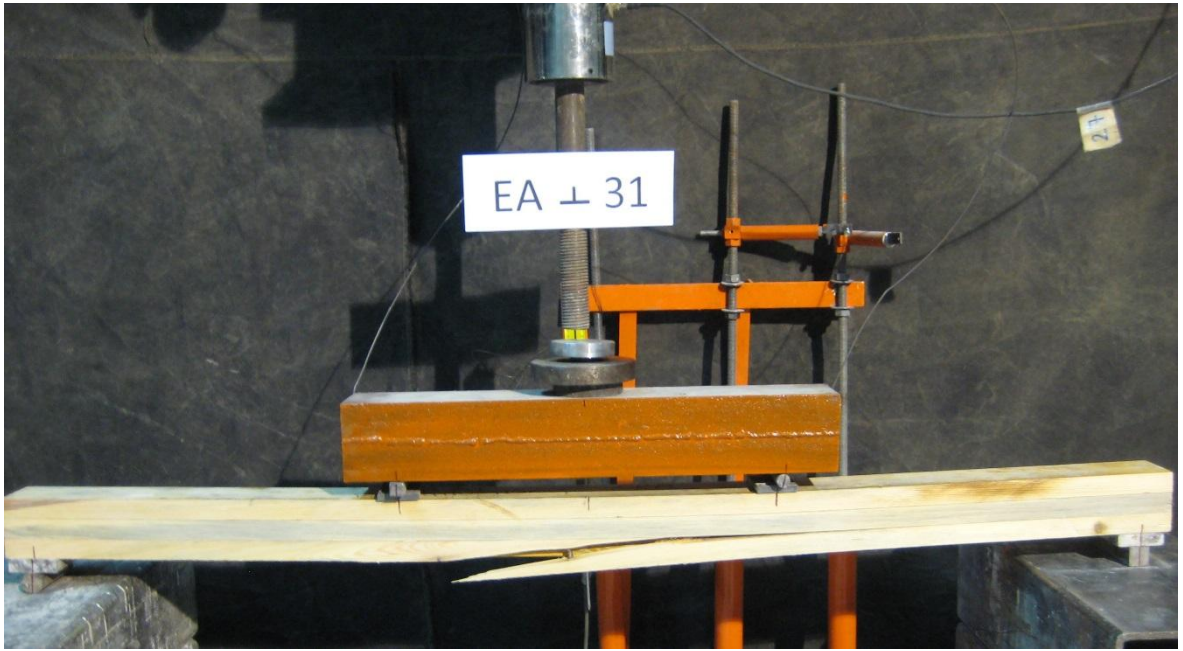
Şekil 4.6. 5 katmanlı numunelerin tutkal hattına dik eğilmede esneklik modülü tayini için deney düzeneği (TSE, 2006)



Şekil 4.7. Numunelerin tutkal hattına paralel eğilmede esneklik modülü tayini için deney düzeneği (TSE, 2006).



(a)



(b)

Resim 4.10. (a) Eğilme mukavemeti ve eğilmeye esneklik modülü tayini testi (b) numunenin kırılma şekli.

Bu kesitin en uzun oranını bulmak için, 0,99 veya daha büyük bir korelasyon katsayısı verilmiştir. Bu oran en az $0,2F_{\max}$ ile $0,3F_{\max}$ aralığını kapsamak şartıyla, esnekliğin lokal modülü, Eş. 3.3 ile hesaplanmıştır (TSE, 2006).

$$E_{m,l} = \frac{al_1^2 (F_2 - F_1)}{16 I (W_2 - W_1)} \quad (3.3)$$

Global eğilmede esneklik modülü Eş. 3.4 kullanılarak hesaplanmıştır (TSE, 2006).

$$E_{m,g} = \frac{l^3 (F_2 - F_1)}{b h^3 (W_2 - W_1)} \left[\left(\frac{3a}{4l} \right) - \left(\frac{a}{l} \right)^3 \right] \quad (3.4)$$

4.3.4. Basınç mukavemeti

TS 5497 EN 408 “Ahşap Yapılar – Yapı Kerestesi Ve Tutkallanmış Lamine Kereste – Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerin Tayini” standardına göre; liflere paralel yöndeki basınç mukavemetinin tayini için; deney parçasının en kesiti kusursuz olmalı ve deney parçasının uzunluğu, daha küçük en kesitin boyutunun altı katı olacak şekilde hazırlanmıştır. Deney parçasının uç yüzeylerinin düzgün, birbirine paralel ve deney parçasının eksenine dik olması sağlanmıştır (TSE, 2006).

Mekanik ve fiziksel özelliklerini arttırmak amacıyla çatlak, budak ve reçine kesesi gibi kusurlarından arındırılan sarıçam kerestelerden elde edilen 600 mm uzunluğunda, 25 mm ve 35 mm kalınlıklardaki lameller, direkt güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde istiflenerek 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nem şartlarında % 12 rutubete ulaşınca kadar bekletilmişlerdir. Hava kurusu rutubet derecesine ulaşan lameller kalınlık makinesinden geçirilerek kalınlıkları, 18mm ve 30 mm’ye düşürülmüştür. Cumbaları ise planyadan geçirilerek düzeltilen lamellerin cumbalarına poliüretan tutkalı ve epoksi tutkalı sürülerek en birleştirme yapılmış ve parçalar birbirine U çivi ile tutturulmuştur. 3 adet deney numunesi üretilebilecek muhtelif genişliklerdeki 18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 adet, 30mm kalınlıktaki lamellerden ise 3 adet olacak şekilde lameller poliüretan tutkalı ve epoksi tutkalı sürülerek birbirlerine yapıştırılmıştır. Güçlendirilmiş numunelerde ise; lameller arasına destek elemanı olarak alüminyum tel file, fiber tel file ve rabbitz teli yerleştirilmiştir. Elde edilen muhtelif genişlikteki 90 mm kalınlıkta ve 600 mm uzunluktaki tutkallanmış lamine ahşap yapı elemanları tutkal firmalarının belirttiği miktarda basınç altında 24 saat süre boyunca soğuk preslenmiştir.

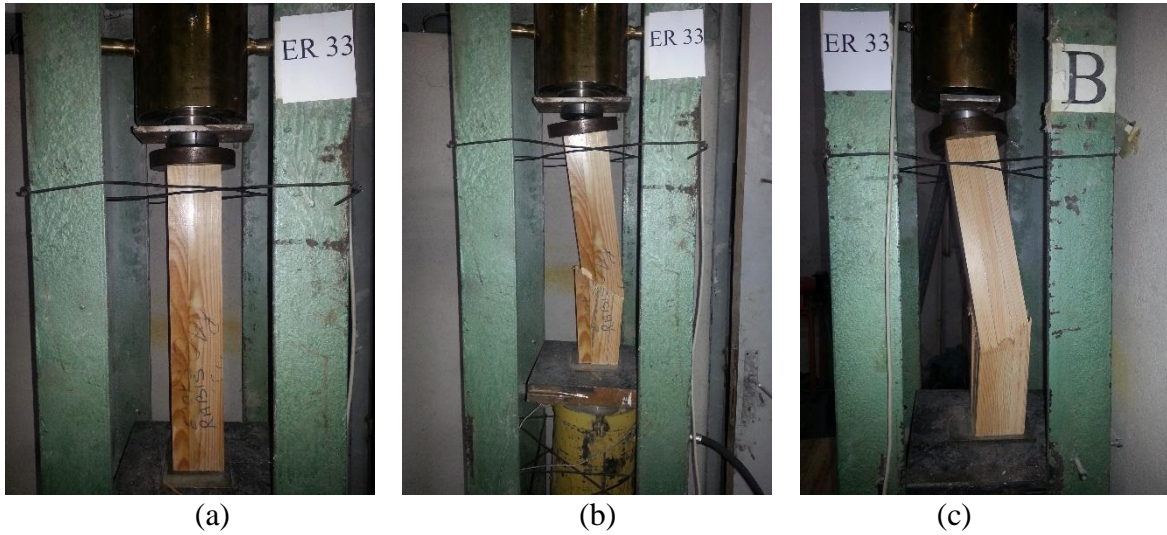
Daire testerede net boy ölçülendirilmesi yapılan tutkallanmış lamine ahşap yapı elemanları 90x90x540 mm ebadında hazırlanmıştır.

Deney parçasına uygulanan yükü %1 doğrulukla ölçebilen 1000 kN yükleme kapasitesine sahip cihazda, merkezleri üst üste gelecek şekilde yuvarlak yükleme başlıkları kullanılarak deney parçalarına yükleme yapılmış ve saniyede 8 veri alınarak yük kaydedilmiştir.

Basınç mukavemeti Eş. 3.5 ile hesaplanmıştır.

$$f_{c,o} = \frac{F_{max}}{A} \quad (3.5)$$

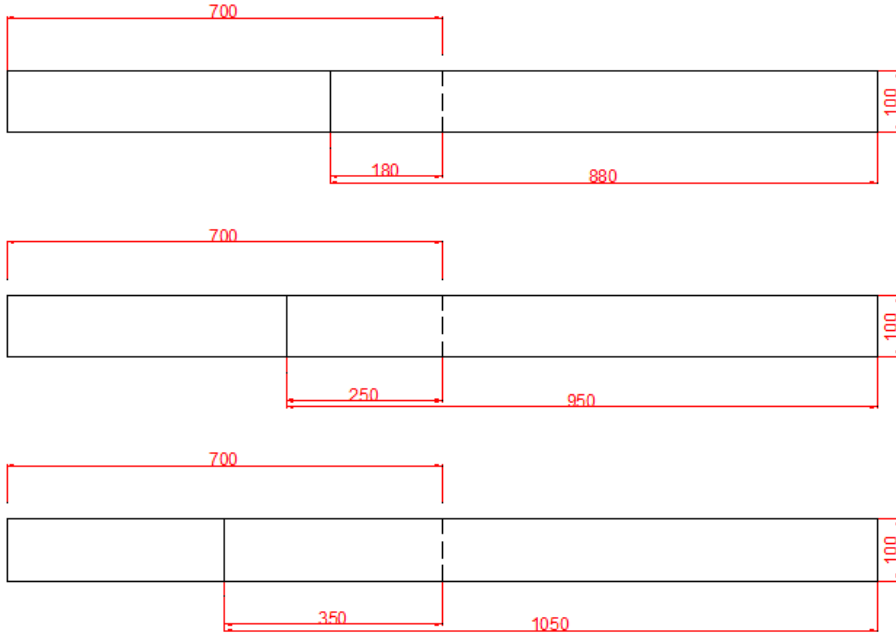
Resim 4.11’de numunelere uygulanan liflere paralel basınç mukavemeti testi ile sonucunda oluşan kırılma şekli gösterilmektedir.



Resim 4.11. (a) Epoksi tutkalı ile 3 katmanlı olarak üretilen rabitz teli takviyeli lamine ahşap yapı elemanlarına uygulanan liflere paralel basınç mukavemeti testi, (b) ve (c) numunenin kırılma şekli.

4.3.5. Yapışma mukavemeti

100 mm yapışma yüksekliği ile 180 mm, 250 mm ve 350 mm olmak üzere üç farklı yapışma uzunluğuna sahip olan numuneler, epoksi ve poliüretan tutkalı ile yapıştırılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Yapışma mukavemeti numuneleri ölçüleri (mm)

Yapışma mukavemeti testlerinde ise 100 kN kapasiteli yük hücresi kullanılmıştır. Numunelerde meydana gelen kayma miktarı LVDT ile ölçülmüştür (Resim 4.12). Yük hücresi ve LVDT'lerden saniyede 8 veri alınarak, veri toplama cihazı vasıtasıyla kaydedilmiştir.



Resim 4.12. Yapışma mukavemeti numunesi, LVDT, yük hücresi ve veri toplama cihazı bağlantısı

Yapışma mukavemeti Eş. 3.6 ile hesaplanmıştır.

$$\sigma = \frac{F_Y}{A} = \frac{F_Y}{b_2 \cdot \lambda_1} \quad (3.6)$$

Destek malzemesi olarak alüminyum tel örgü, fiberglas tel örgü ve rabitz teli kullanılarak güçlendirilmiş numunelere ait yapışma mukavemeti değerleri destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelere ait değerler ile karşılaştırılmıştır.



Resim 4.13. (a) Yapışma mukavemeti tayini uygulanan numune ve (b) kırılma şekli.

4.3.6. Maliyet değerlendirmesi

Birden fazla çözüm alternatifi bulunan mühendislik sorunlarında, tüm seçeneklerin belirlenmesi, teknik özelliklerin ve ekonomik farklılıkların birbiriyle karşılaştırılması gerekmektedir.

En uygun ahşap yapı elemanı seçimi sürecinde; eldeki seçenekler arasında tutarlı ve rasyonel bir seçim yapılabilmesi amacıyla mekanik özelliklerinin yanında karar verme kriteri olarak üretim maliyetleri de değerlendirilmektedir. Bu amaçla; masif ahşap yapı elemanları ile lamine ahşap yapı elemanlarının üretim maliyeti; sarıçam kereste, epoksi ve poliüretan tutkalları ile destek malzemesi görevindeki alüminyum tel örgü, fiberglas tel örgü ve rabitz teli kullanımından kaynaklanan malzeme maliyeti ile yapı elemanlarının üretimi için geçen süreyle hesaplanan işçilik maliyetlerinin toplamıdır.

İşçilik maliyetlerinin hesaplanmasında; yapı elemanları üretiminde 2 işçinin günde 8 saat olmak üzere, ayda ortalama 22 gün çalıştığı varsayılmaktadır. Bu süre zarfında doğan işçilik maliyeti; brüt asgari ücret üzerinden hesaplanmıştır. Ayrıca ileri ki dönemlerde kıyaslama imkanı vermesi bakımından günün döviz kurları da kaydedilmiştir.

4.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Dört nokta eğilme testlerinde 400 kN kapasiteli yük hücresi kullanılmıştır. Deney elemanlarında orta nokta deplasmanı ve mesnetlerde meydana gelen çökmeler LVDT'ler yardımıyla elektronik olarak ölçülmüştür. Basınç mukavemeti testlerinde ise 1000 kN kapasiteli yük hücresi kullanılmıştır. Yük hücresi ve LVDT'lerden saniyede 8 veri alınarak, veri toplama cihazı vasıtasıyla kaydedilmiştir.

Yapışma mukavemeti testlerinde ise 100 kN kapasiteli yük hücresi kullanılmıştır. Numunelerde meydana gelen kayma miktarı LVDT ile ölçülmüştür. Yük hücresi ve LVDT'lerden saniyede 8 veri alınarak, veri toplama cihazı vasıtasıyla kaydedilmiştir.

Deneyler sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri IBM SPSS Statistics 20 ve MSTAT-C programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede; değişkenlere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler gibi temel betimleyici istatistiksel analizler, gruplar arasındaki fark olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi, fark bulunmuşsa farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla homojenlik testi uygulanmıştır.

5. BULGULAR

5.1. Tam Kuru Birim Hacim Ağırlık

TS EN 323'e göre tam kuru özgül ağırlıklarını tespit edebilmek amacıyla; sarıçam kerestelerinden 50x50x17 mm ölçülerinde kesilen 10 adet numune, ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar 103 ± 2 °C sıcaklıkta bekletilmiştir. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki ölçme arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilmiştir. Sarıçam keresteye ilişkin elde edilen tam kuru özgül ağırlık değerleri Çizelge 5.1' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sarıçam kerestenin tam kuru özgül ağırlıkları (kg/m^3)

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Tam kuru özgül ağırlık	10	473,27	506,55	491,28	12,11878

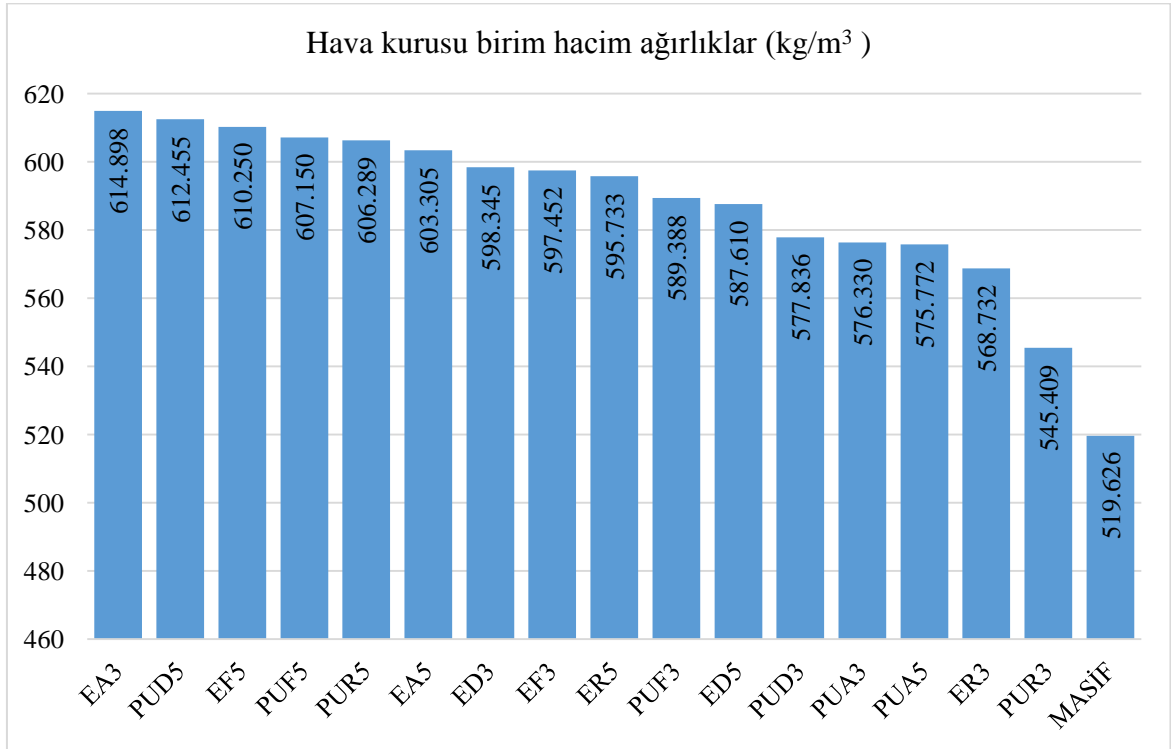
5.2. Hava Kuru Birim Hacim Ağırlık

TS EN 323'e göre hava kuru birim hacim ağırlıklarını tespit edebilmek amacıyla; hava kuru ağırlığa ulaşan sarıçam kerestelerinden elde edilen 18 mm ve 30 mm kalınlıklarda lameller ile destek malzemesiz ve destek malzemeli olarak üretilen tabakalı ahşap yapı elemanlarından 90x90x90 mm ebadında kesilen her bir deney grubundan 3'er adet numune ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında % 12 rutubete ulaşınca kadar bekletilmiştir. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki ölçme arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilmiştir.

Elde edilen veriler incelendiğinde; hava kuru birim hacim ağırlık en düşük masif ahşap yapı elemanlarında $519,626 \text{ kg/m}^3$ olarak, en yüksek ise 30 mm kalınlığa sahip 3 katman lamel kullanılan, alüminyum tel örgü destek malzemeli ve epoksi tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında $614,898 \text{ kg/m}^3$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Numunelerin hava kuru birim hacim ağırlıkları (kg/m^3)

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
3katman	Epoksi	Desteksiz	581,192	632,295	598,345	29,4016
		Alüminyum	574,669	652,685	614,898	39,0652
		Fiberglas	567,919	613,988	597,452	25,6372
		Rabitz	518,704	609,558	568,732	46,1206
	Poliüretan	Desteksiz	545,638	621,364	577,836	39,1134
		Alüminyum	522,246	646,307	576,330	63,5390
		Fiberglas	563,444	611,937	589,388	24,4245
		Rabitz	528,970	559,249	545,409	15,3057
5katman	Epoksi	Desteksiz	577,879	604,718	587,610	14,8627
		Alüminyum	577,300	653,588	603,305	43,5552
		Fiberglas	578,342	626,411	610,250	27,6335
		Rabitz	584,137	617,657	595,733	18,9973
	Poliüretan	Desteksiz	609,693	614,141	612,455	2,4113
		Alüminyum	561,027	604,942	575,772	25,2624
		Fiberglas	586,051	634,955	607,150	25,1324
		Rabitz	573,631	616,827	606,289	10,1718
Masif				519,626	0,6558	

Şekil 5.1. Hava kuru birim hacim ağırlıkları ortalama değerleri (kg/m^3)

Numunelere ait hava kurusu birim hacim ağırlık ortalama değerleri Şekil 5.1’de verilmektedir.

Katman sayısı (KS), tutkal çeşidi (TÇ) ve destek malzemesi türü (DM) değişkenleri ile bu değişkenlere ait ikili ve üçlü etkileşimlerin hava kurusu özgül ağırlıklar üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.3’ te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Numunelerin hava kurusu özgül ağırlıkları varyans analizi

Kaynak	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	p
KS	3177,204	1	3177,204	3,335	0,077
TÇ	1376,914	1	1376,914	1,445	0,238
DM	3050,491	3	1016,830	1,067	0,376
KS * TÇ	1700,487	1	1700,487	1,785	0,190
KS * DM	3853,980	3	1284,660	1,349	0,275
TÇ * DM	2129,833	3	709,944	0,745	0,533
KS * TÇ * DM	812,945	3	270,982	0,284	0,836
Hata	32389,615	34	952,636		
Toplam	17662886,275	51			

KS: Katman Sayısı

TÇ: Tutkal Çeşidi

DM: Destek Malzemesi Türü

Varyans analizi sonuçları; katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü ile bu değişkenlere ait katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi, katman sayısı-destek malzemesi ikili etkileşimi, tutkal çeşidi-destek malzemesi ikili etkileşimi ve katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi üçlü etkileşiminin hava kurusu özgül ağırlıklar üzerinde etkili olmadığı görülmektedir ($\alpha>0,05$).

5.3. Tutkal Hattına Dik Yöndeki Mekanik Özellikler

5.3.1. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti

90x90x1710 mm ebadında masif ahşap yapı elemanı ile 30 mm kalınlıkta 3 katman lamelden ve 18 mm kalınlıkta 5 katman lamelden üretilen 90x90x1710 mm ebadındaki ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik yönde uygulanan kuvvet neticesinde numunelerin eğilme mukavemetleri tespit edilmiş ve eğilme mukavemetlerine ilişkin istatistiki değerler Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti istatistiksel değerleri (N/mm²)

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
3 katman	Epoksi	Desteksiz	6,580	7,506	7,061	0,4640
		Alüminyum	6,874	8,258	7,452	0,7195
		Fiberglas	6,791	8,391	7,608	0,8005
		Rabitz	7,988	9,722	8,719	0,8983
	Poliüretan	Desteksiz	7,138	7,894	7,508	0,3783
		Alüminyum	7,463	8,465	7,810	0,5673
		Fiberglas	9,466	10,552	9,868	0,5954
		Rabitz	7,155	8,918	8,267	0,9679
5 katman	Epoksi	Desteksiz	5,834	7,110	6,651	0,7096
		Alüminyum	7,845	9,533	8,645	0,8474
		Fiberglas	9,334	10,731	9,968	0,7073
		Rabitz	8,924	9,603	9,251	0,3402
	Poliüretan	Desteksiz	8,286	9,079	8,589	0,4281
		Alüminyum	8,584	8,934	8,777	0,1777
		Fiberglas	8,929	9,933	9,483	0,5099
		Rabitz	9,005	9,727	9,266	0,4002
Masif			5,917	6,487	6,120	0,3187

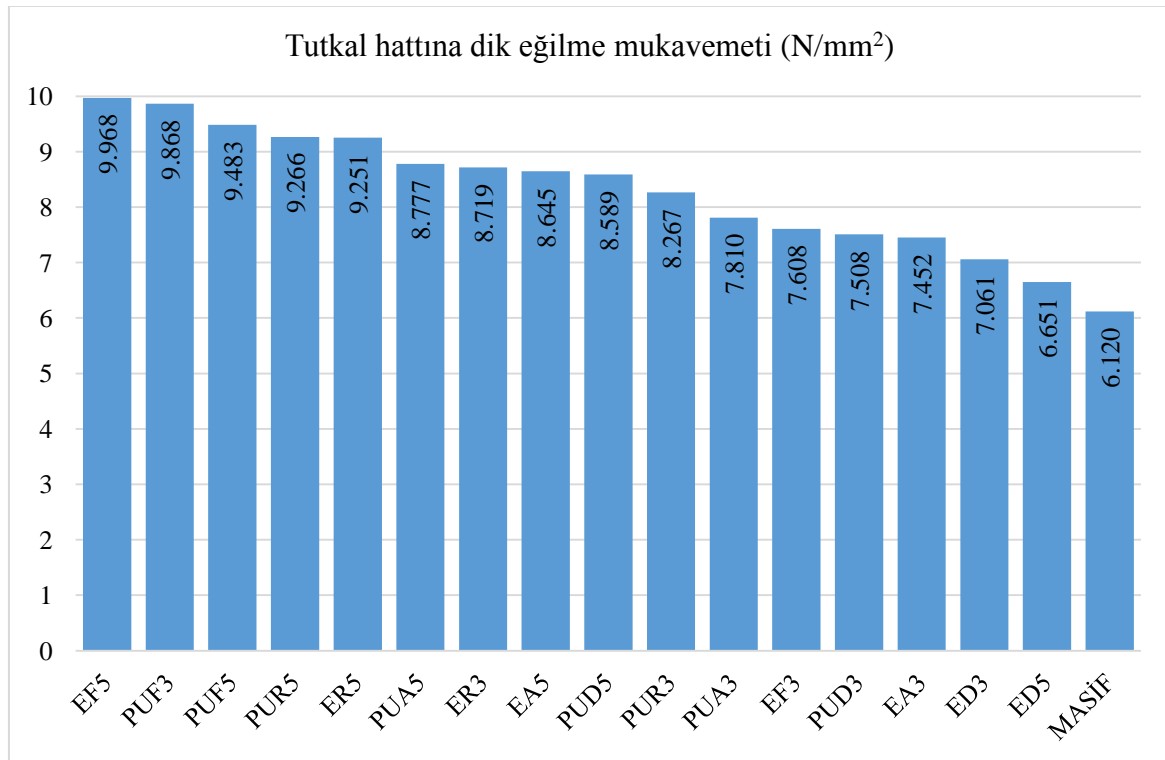
90x90x1710 mm ebadındaki masif ahşap yapı elemanının eğilme mukavemeti 6,120 N/mm²'dir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının eğilme mukavemetleri karşılaştırıldığında; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme mukavemeti 7,061 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerin eğilme mukavemeti 7,452 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanların 7,608 N/mm², rabitz teli kullanılanların ise 8,719 N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının eğilme mukavemetleri karşılaştırıldığında; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme mukavemeti 7,508 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerin eğilme mukavemeti 7,810 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanların 9,868 N/mm², rabitz teli kullanılanların ise 8,267 N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının eğilme mukavemetleri karşılaştırıldığında; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme mukavemeti $6,651 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerin eğilme mukavemeti $8,645 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanların $9,968 \text{ N/mm}^2$, rabbitz teli kullanılanların ise $9,251 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının eğilme mukavemetleri karşılaştırıldığında; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme mukavemeti $8,589 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerin eğilme mukavemeti $8,777 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanların $9,483 \text{ N/mm}^2$, rabbitz teli kullanılanların ise $9,266 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.2. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti ortalama değerleri (N/mm^2)

Masif numuneler ile lamine ahşap yapı elemanları için tespit edilmiş olan tutkal hattına dik eğilme mukavemeti ortalama değerleri Şekil 5.2'de gösterilmektedir.

Katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü ile bu bağımsız değişkenlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerindeki etkilerine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti varyans analizi

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
KS	1	7,530	7,530	18,7958	0,0001
TÇ	1	3,327	3,327	8,3050	0,0070
DM	3	22,375	7,458	18,6182	0,0000
KS * TÇ	1	0,193	0,193	0,4809	NS
KS * DM	3	0,988	0,329	0,8225	NS
TÇ * DM	3	3,623	1,208	3,0145	0,0443
KS * TÇ * DM	3	7,331	2,444	6,1002	0,0021
Hata	32	12,819	0,401		
Toplam	47	58,186			

KS: Katman Sayısı

TÇ: Tutkal Çeşidi

DM: Destek Malzemesi Türü

Varyans kaynaklarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti etkileri bakımından gruplar arası farklılık katman sayısı, tutkal çeşidi, destek malzemesi türü, tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi ve katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi düzeyinde istatistiki anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Varyans kaynaklarından katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi ile katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi bağımsız değişkenlerinin güçlendirilmiş ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine katman sayısının önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçlarına göre; tutkal hattına dik eğilme mukavemeti en yüksek 5 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir. Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının 3 katman veya 5 katman üretilmesi tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerinde farklı özellikler göstermekle beraber tutkal hattına dik eğilme

mukavemeti bakımından 3 katmanlı lamine yapı elemanları en düşük değere sahiptir. Homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine katman sayısı homojenlik testi

Katman Sayısı	\bar{X}	HG
5 katman	8,829	A
3 katman	8,037	B

LSD = 0,3678

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidinin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidi homojenlik testi

Tutkal Çeşidi	\bar{X}	HG
Poliüretan	8,696	A
Epoksi	8,170	B

LSD = 0,3678

Çizelge 5.7' de verilen homojenlik testi sonuçlarına göre; lamine ahşap yapı elemanlarının üretiminde kullanılan epoksi ve poliüretan tutkallarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerindeki etkileri farklı olmakla beraber tutkal hattına dik eğilme mukavemeti en yüksek değeri poliüretan tutkalı ile üretilen ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir.

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine destek malzemesi türünün önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.8'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; en düşük değer destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarından elde edilmiştir. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine destek malzemesi bakımından fiberglas tel örgü ile rabbitz teli benzer özellikler göstermekte, ancak en yüksek değer fiberglas tel örgü kullanılan numunelerde görülmektedir.

Çizelge 5.8. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi

Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
Fiberglas tel örgü	9,232	A
Rabitz teli	8,876	A
Alüminyum tel örgü	8,171	B
Desteksiz	7,452	C

LSD = 0,5201

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi

Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	\bar{X}	HG
Poliüretan	Fiberglas tel örgü	9,675	A
Epoksi	Rabitz teli	8,985	AB
Epoksi	Fiberglas tel örgü	8,788	BC
Poliüretan	Rabitz teli	8,767	BC
Poliüretan	Alüminyum tel örgü	8,293	BC
Epoksi	Alüminyum tel örgü	8,049	C
Poliüretan	Desteksiz	8,049	C
Epoksi	Desteksiz	6,856	D

LSD = 0,7355

Tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerindeki önem derecesini belirlemek amacıyla yapılan homojenlik testi sonuçlarına göre; en düşük değer destek malzemesi kullanılmadan üretilen epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarından, en yüksek değer ise fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarından elde edilmiştir.

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşiminin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
5 katman	Epoksi	Fiberglas tel örgü	9,968	A
3 katman	Poliüretan	Fiberglas tel örgü	9,868	AB
5 katman	Poliüretan	Fiberglas tel örgü	9,483	ABC
5 katman	Poliüretan	Rabitz teli	9,266	ABCD
5 katman	Epoksi	Rabitz teli	9,251	ABCD
5 katman	Poliüretan	Alüminyum tel örgü	8,777	BCDE
3 katman	Epoksi	Rabitz teli	8,719	BCDE
5 katman	Epoksi	Alüminyum tel örgü	8,645	CDEF
5 katman	Poliüretan	Desteksiz	8,589	CDEFG
3 katman	Poliüretan	Rabitz teli	8,267	DEFG
3 katman	Poliüretan	Alüminyum tel örgü	7,810	EFGH
3 katman	Epoksi	Fiberglas tel örgü	7,608	EFGH
3 katman	Poliüretan	Desteksiz	7,508	FGH
3 katman	Epoksi	Alüminyum tel örgü	7,452	GH
3 katman	Epoksi	Desteksiz	7,061	H
5 katman	Epoksi	Desteksiz	6,651	H

LSD = 1,040

Bağımsız değişkenlerin üçlü etkileşiminin tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerindeki önem derecesini belirlemek amacıyla yapılan homojenlik testi sonuçlarına göre; en düşük değer destek malzemesi kullanılmadan üretilen epoksi tutkallı 3 katmanlı ve 5 katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarından elde edilmiştir. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti en yüksek değeri ise 5 katmanlı fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir.

5.3.2. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü

90x90x1710 mm ebadında masif ahşap yapı elemanı ile 30mm kalınlıkta 3 katman lamelden ve 18 mm kalınlıkta 5 katman lamelden üretilen 90x90x1710 mm ebadındaki ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülüne ilişkin istatistiki değerler Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü istatistiksel değerleri (N/mm²)

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
3 katman	Epoksi	Desteksiz	13,755	14,127	13,922	0,1888
		Alüminyum	15,324	18,633	16,594	1,7835
		Fiberglas	13,853	18,371	15,666	2,3872
		Rabitz	17,857	20,940	19,014	1,6790
	Poliüretan	Desteksiz	14,167	16,376	15,347	1,1121
		Alüminyum	14,987	16,862	15,720	1,0020
		Fiberglas	15,210	19,037	17,277	1,9320
		Rabitz	17,408	22,264	19,221	2,6514
5 katman	Epoksi	Desteksiz	14,273	14,579	14,391	0,1648
		Alüminyum	14,255	16,346	15,559	1,1373
		Fiberglas	14,132	15,137	14,653	0,5036
		Rabitz	14,498	18,709	17,299	2,4260
	Poliüretan	Desteksiz	12,673	13,873	13,448	0,6725
		Alüminyum	15,314	16,262	15,689	0,5039
		Fiberglas	14,003	16,255	15,121	1,1261
		Rabitz	15,180	16,087	15,647	0,4541
Masif			13,044	16,261	14,917	1,6723

90x90x1710 mm ebadındaki masif ahşap yapı elemanının global eğilmede esneklik modülü 14,917 N/mm²’dir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde 13,922 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünün alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen

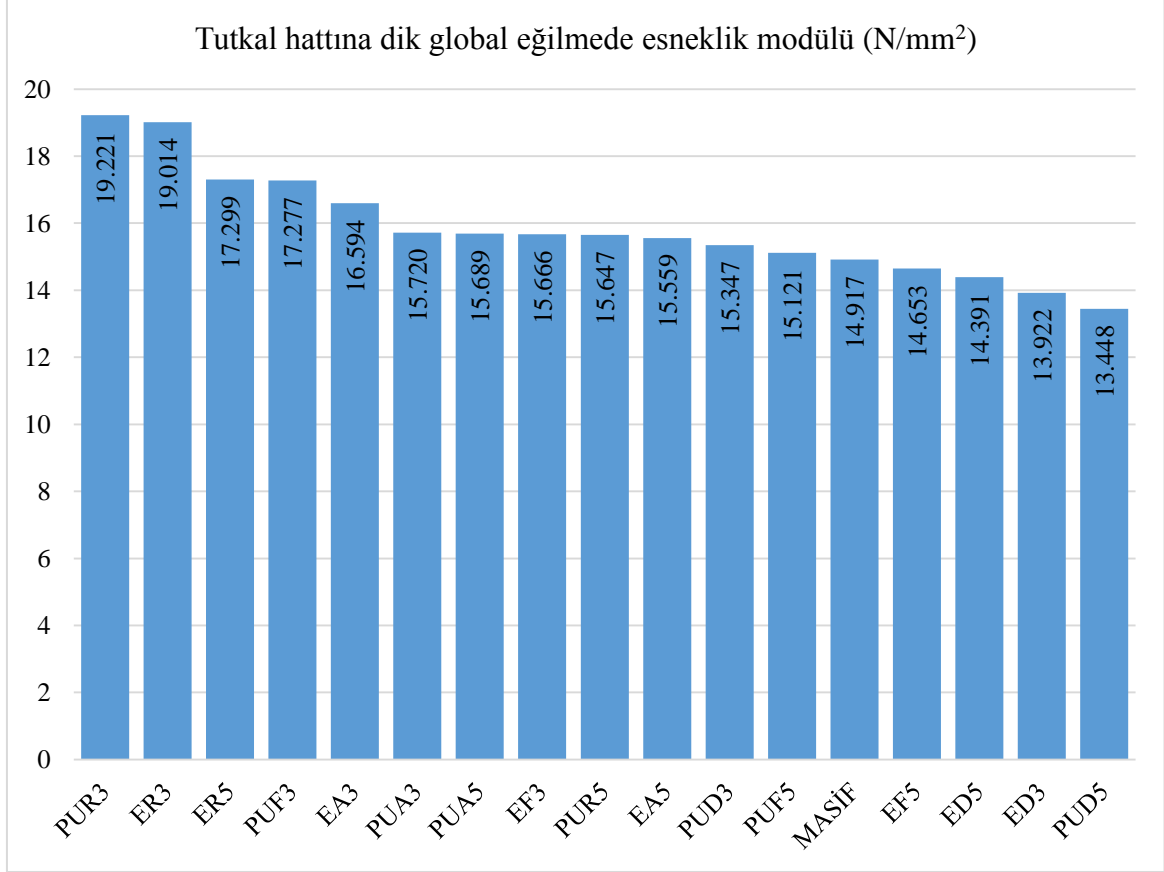
numunelerde $16,594 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $15,666 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda ise $19,014 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $15,347 \text{ N/mm}^2$, alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $15,720 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $17,277 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda ise $19,221 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $14,391 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünün alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $15,559 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $14,653 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $17,299 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $13,448 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü karşılaştırıldığında; destek malzemesi olarak alüminyum tel örgü kullanılanlarda $15,689 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $15,121 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $15,647 \text{ N/mm}^2$ olduğu görülmüştür.

Masif ahşap yapı elemanları ile lamine ahşap yapı elemanları için tespit edilen tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri Şekil 5.3'te verilmektedir.



Şekil 5.3. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri (N/mm²)

Katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü ile bu bağımsız değişkenlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü üzerindeki etkilerine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü varyans analizi

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
KS	1	22,500	22,500	10,4716	0,0028
TÇ	1	0,026	0,026	0,0121	NS
DM	3	75,296	25,099	11,6812	0,0000
KS * TÇ	1	3,572	3,572	1,6627	0,2065
KS * DM	3	8,401	2,800	1,3033	0,2903
TÇ * DM	3	5,373	1,791	0,8335	NS
KS * TÇ * DM	3	4,957	1,652	0,7690	NS
Hata	32	68,756	2,149		
Toplam	47	188,880			

KS: Katman Sayısı

TÇ: Tutkal Çeşidi

DM: Destek Malzemesi Türü

Varyans kaynaklarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü etkileri bakımından gruplar arası farklılık katman sayısı ve destek malzemesi düzeyinde istatistiki anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Varyans kaynaklarından tutkal çeşidi, katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi, katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi, tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi ile katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi bağımsız değişkenlerinin güçlendirilmiş ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısının önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı homojenlik testi

Katman Sayısı	\bar{X}	HG
3 katman	16,60	A
5 katman	15,23	B

LSD = 0,8513

Uygulanan homojenlik testi sonuçlarına göre; tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü en yüksek değeri 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında, en düşük değer ise 5 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında görülmektedir.

Çizelge 5.14’te verilen, güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türünün önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçlarına göre; tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü en düşük değeri destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir. Destek malzemesi olarak kullanılan fiberglas tel örgü ile alüminyum tel örgü tutkal hattına dik eğilmede esneklik modülü üzerinde benzer özellikler gösterirken, en yüksek değer rabbitz teli kullanılan lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir.

Çizelge 5.14. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi

Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
Rabitz teli	17,80	A
Alüminyum tel örgü	15,89	B
Fiberglas tel örgü	15,68	B
Desteksiz	14,28	C

LSD = 1,204

5.3.3. Tutkal hattına dik eğilmede lokal elastikiyet modülü

90x90x1710 mm ebadında masif numuneler ile 30mm kalınlıkta 3 katman lamelden ve 18 mm kalınlıkta 5 katman lamelden üretilen 90x90x1710 mm ebadındaki numunelerin tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü değerler Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü istatistiksel değerleri(N/mm²)

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
3 katman	Epoksi	Desteksiz	1,246	1,279	1,261	0,0168
		Alüminyum	1,388	1,687	1,503	0,1612
		Fiberglas	1,255	1,664	1,419	0,2162
		Rabitz	1,617	1,896	1,722	0,1520
	Poliüretan	Desteksiz	1,283	1,483	1,390	0,1007
		Alüminyum	1,357	1,527	1,424	0,0907
		Fiberglas	1,377	1,724	1,565	0,1752
		Rabitz	1,577	2,016	1,741	0,2399
5 katman	Epoksi	Desteksiz	1,293	1,320	1,303	0,0146
		Alüminyum	1,291	1,480	1,409	0,1029
		Fiberglas	1,280	1,371	1,327	0,0456
		Rabitz	1,313	1,694	1,567	0,2197
	Poliüretan	Desteksiz	1,148	1,256	1,218	0,0607
		Alüminyum	1,387	1,473	1,421	0,0457
		Fiberglas	1,268	1,472	1,369	0,1020
		Rabitz	1,375	1,457	1,417	0,0410
Masif			1,181	1,473	1,351	0,1518

90x90x1710 mm ebadındaki masif ahşap yapı elemanının lokal eğilmede esneklik modülü $1,351 \text{ N/mm}^2$ 'dir.

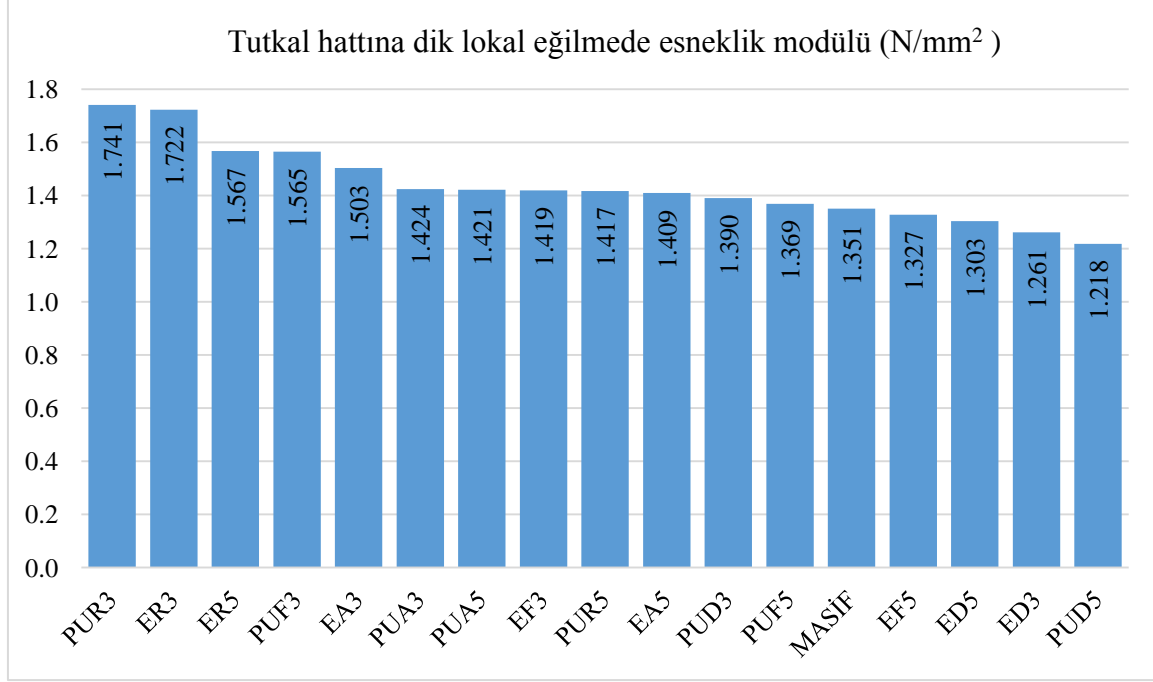
30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $1,261 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünün alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $1,503 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $1,419 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda ise $1,722 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $1,390 \text{ N/mm}^2$, alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $1,424 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $1,565 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda ise $1,741 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $1,303 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünün alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $1,409 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $1,327 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $1,567 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $1,218 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü karşılaştırıldığında; destek malzemesi olarak alüminyum tel örgü kullanılanlarda $1,421 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $1,369 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $1,417 \text{ N/mm}^2$ olduğu görülmüştür.

Numunelere ait sıralı tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri Şekil 5.4'te gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri(N/mm²)

Katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü ile bu bağımsız değişkenlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerindeki etkilerine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü varyans analizi

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
KS	1	0,184	0,184	10,4580	0,0028
TÇ	1	0,000	0,000	0,0121	NS
DM	3	0,617	0,206	11,6858	0,0000
KS * TÇ	1	0,029	0,029	1,6671	0,2059
KS * DM	3	0,069	0,023	1,3047	0,2899
TÇ * DM	3	0,044	0,015	0,8293	NS
KS * TÇ * DM	3	0,041	0,014	0,7706	NS
Hata	32	0,563	0,018		
Toplam	47	1,548			

KS: Katman Sayısı

TÇ: Tutkal Çeşidi

DM: Destek Malzemesi Türü

Varyans analizi sonuçlarına göre; tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü etkileri bakımından gruplar arası farklılık katman sayısı ve destek malzemesi düzeyinde istatistiki

anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Tutkal çeşidi, katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi, katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi, tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi ile katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi bağımsız değişkenlerinin güçlendirilmiş ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Katman sayısının tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerindeki önem derecesini inceleyebilmek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı homojenlik testi

Katman Sayısı	\bar{X}	HG
3 katman	1,503	A
5 katman	1,379	B

LSD = 0,07791

Uygulanan homojenlik testi sonuçlarına göre; tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü en yüksek değeri 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında, en düşük değer ise 5 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türünün önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi

Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
Rabitz teli	1,612	A
Alüminyum tel örgü	1,439	B
Fiberglas tel örgü	1,42	B
Desteksiz	1,293	C

LSD = 0,1102

Homojenlik testi sonuçları, tutkal hattına dik eğilmede lokal esneklik modülü en düşük değerinin destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarından, en yüksek değer ise rabitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarından elde edildiğini göstermektedir. Ayrıca destek malzemesi olarak kullanılan fiberglas tel örgü ile alüminyum tel örgü, tutkal hattına dik eğilmede lokal esneklik modülü bakımından benzer özellikler göstermektedir.

5.4. Tutkal Hattına Paralel Mekanik Özellikler

5.4.1. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti

90x90x1710 mm ebadında masif ahşap yapı elemanı ile 30mm kalınlıkta 3 katman lamelden ve 18 mm kalınlıkta 5 katman lamelden üretilen 90x90x1710 mm ebadındaki ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel yönde uygulanan kuvvet neticesinde numunelerin eğilme dirençleri tespit edilmiştir (Çizelge 5.19).

Çizelge 5.19. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti istatistiksel değerleri (N/mm²)

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
3 katman	Epoksi	Desteksiz	6,754	8,056	7,461	0,6582
		Alüminyum	7,054	8,581	7,767	0,7684
		Fiber	7,238	8,110	7,556	0,4815
		Rabitz	8,104	8,396	8,236	0,1481
	Poliüretan	Desteksiz	7,425	8,457	7,941	0,5160
		Alüminyum	7,051	8,983	8,065	0,9695
		Fiber	8,922	9,454	9,166	0,2687
		Rabitz	8,307	9,170	8,849	0,4718
5 katman	Epoksi	Desteksiz	6,962	7,337	7,183	0,1961
		Alüminyum	6,559	8,069	7,358	0,7588
		Fiber	7,929	9,383	8,493	0,7801
		Rabitz	8,193	9,343	8,688	0,5916
	Poliüretan	Desteksiz	8,255	9,234	8,640	0,5217
		Alüminyum	8,246	9,233	8,618	0,5363
		Fiber	8,725	10,374	9,483	0,8324
		Rabitz	10,166	10,980	10,585	0,4075
Masif			5,917	6,487	6,120	0,3187

90x90x1710 mm ebadındaki masif ahşap yapı elemanının eğilme mukavemeti 6,120 N/mm²'dir.

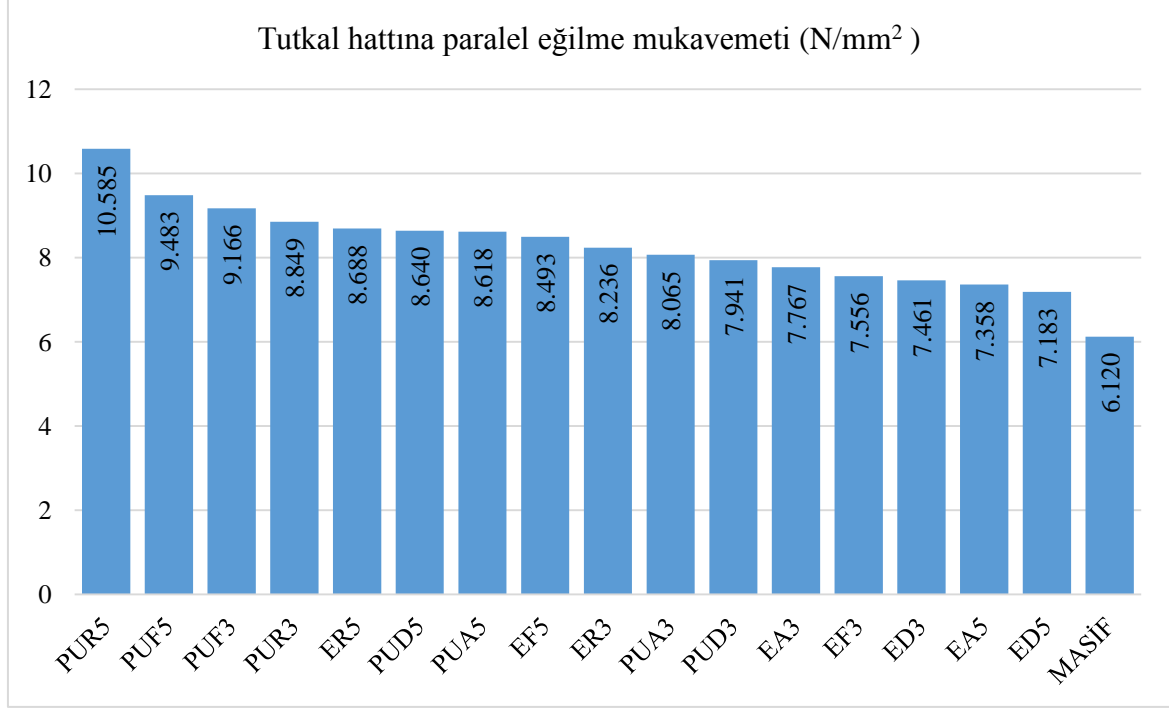
30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemetleri karşılaştırıldığında; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerinin eğilme mukavemeti 7,461 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerin eğilme mukavemeti 7,767 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanların 7,556 N/mm², rabitz teli kullanılanların ise 8,236 N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının eğilme mukavemetleri karşılaştırıldığında; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerinin eğilme mukavemeti 7,941 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerin eğilme mukavemeti 8,065 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanların 9,166 N/mm², rabitz teli kullanılanların ise 8,849 N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemetleri karşılaştırıldığında; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerin eğilme mukavemeti 7,183 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerin eğilme mukavemeti 7,358 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanların 8,493 N/mm², rabitz teli kullanılanların ise 8,688 N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemetleri; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde 8,640 N/mm², alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde 8,618 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanlarda 9,483 N/mm², rabitz teli kullanılanlarda ise 10,585 N/mm² olarak tespit edilmiştir.

Masif ahşap yapı elemanları ile lamine ahşap yapı elemanları için tespit edilen tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti ortalama değerleri Şekil 5.5'te verilmektedir.



Şekil 5.5. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti ortalama değerleri(N/mm²)

Katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü ile bu bağımsız değişkenlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.20’de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti varyans analizi

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
KS	1	3,011	3,011	8,3480	0,0069
TÇ	1	13,890	13,890	38,5164	0,0000
DM	3	13,225	4,408	12,2236	0,0000
KS * TÇ	1	1,273	1,273	3,5300	0,0694
KS * DM	3	1,909	0,636	1,7643	0,1738
TÇ * DM	3	0,546	0,182	0,5049	NS
KS * TÇ * DM	3	1,664	0,555	1,5382	0,2236
Hata	32	11,540	0,361		
Toplam	47	47,057			

KS: Katman Sayısı

TÇ: Tutkal Çeşidi

DM: Destek Malzemesi Türü

Varyans kaynaklarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti etkileri bakımından gruplar arası farklılık katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü düzeyinde istatistiki anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Varyans kaynaklarından katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi, katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi, tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi ile katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi bağımsız değişkenlerinin güçlendirilmiş ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerine katman sayısının önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerine katman sayısı homojenlik testi

Katman Sayısı	\bar{X}	HG
5 katman	8,631	A
3 katman	8,130	B

LSD= 0,3489

Uygulanan homojenlik testi sonuçlarına göre; tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti en düşük değeri 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında, en yüksek değeri ise 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir.

Çizelge 5.22’deki destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidinin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçlarına göre; tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti bakımından en düşük değer epoksi tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında, en yüksek değer ise poliüretan tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir.

Çizelge 5.22. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerine tutkal çeşidi homojenlik testi

Tutkal Çeşidi	\bar{X}	HG
Poliüretan	8,918	A
Epoksi	7,843	B

LSD= 0,3489

Çizelge 5.23'de destek malzemesi türünün, destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerindeki önem derecesini belirlemek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.23. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi

Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
Rabitz teli	9,089	A
Fiberglas tel örgü	8,675	A
Alüminyum tel örgü	7,952	B
Desteksiz	7,806	B

LSD= 0,4935

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının üretiminde kullanılan destek malzemelerinin tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerindeki etkisi incelendiğinde; destek malzemesi kullanılmadan üretilen numuneler ile alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerin benzer özellikler gösterdiği, ayrıca fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerin de rabitz teli ile güçlendirilen numuneler ile benzer özellikler gösterdiği anlaşılmaktadır. Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti bakımından en düşük değer destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında, en yüksek değer ise rabitz teli ile güçlendirilen lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir.

5.4.2. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü

90x90x1710 mm ebadında masif ahşap yapı elemanı ile 30mm kalınlıkta 3 katman lamelden ve 18 mm kalınlıkta 5 katman lamelden üretilen 90x90x1710 mm ebadındaki ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülüne ilişkin istatistiki değerler Çizelge 5.24’de verilmiştir.

Çizelge 5.24. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü istatistiksel değerleri (N/mm²)

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
3 katman	Epoksi	Desteksiz	15,026	15,641	15,264	0,3300
		Alüminyum	12,600	15,610	14,328	1,5536
		Fiber	15,733	17,865	16,454	1,2221
		Rabitz	17,450	20,836	19,034	1,7036
	Poliüretan	Desteksiz	14,117	16,641	15,302	1,2690
		Alüminyum	15,254	18,715	16,721	1,7897
		Fiber	13,470	16,117	15,085	1,4163
		Rabitz	13,314	15,547	14,560	1,1387
5 katman	Epoksi	Desteksiz	14,118	16,952	15,513	1,4175
		Alüminyum	12,099	14,931	13,672	1,4420
		Fiber	14,746	17,227	15,915	1,2467
		Rabitz	15,664	18,935	17,082	1,6783
	Poliüretan	Desteksiz	13,604	15,638	14,793	1,0599
		Alüminyum	13,383	15,626	14,292	1,1802
		Fiber	15,397	17,785	16,356	1,2617
		Rabitz	16,137	18,480	17,633	1,2991
Masif			13,044	16,261	14,917	1,6723

90x90x1710 mm ebadındaki masif ahşap yapı elemanının global eğilmede esneklik modülü 14,917 N/mm²’dir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü, destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde 15,264 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülünün alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen

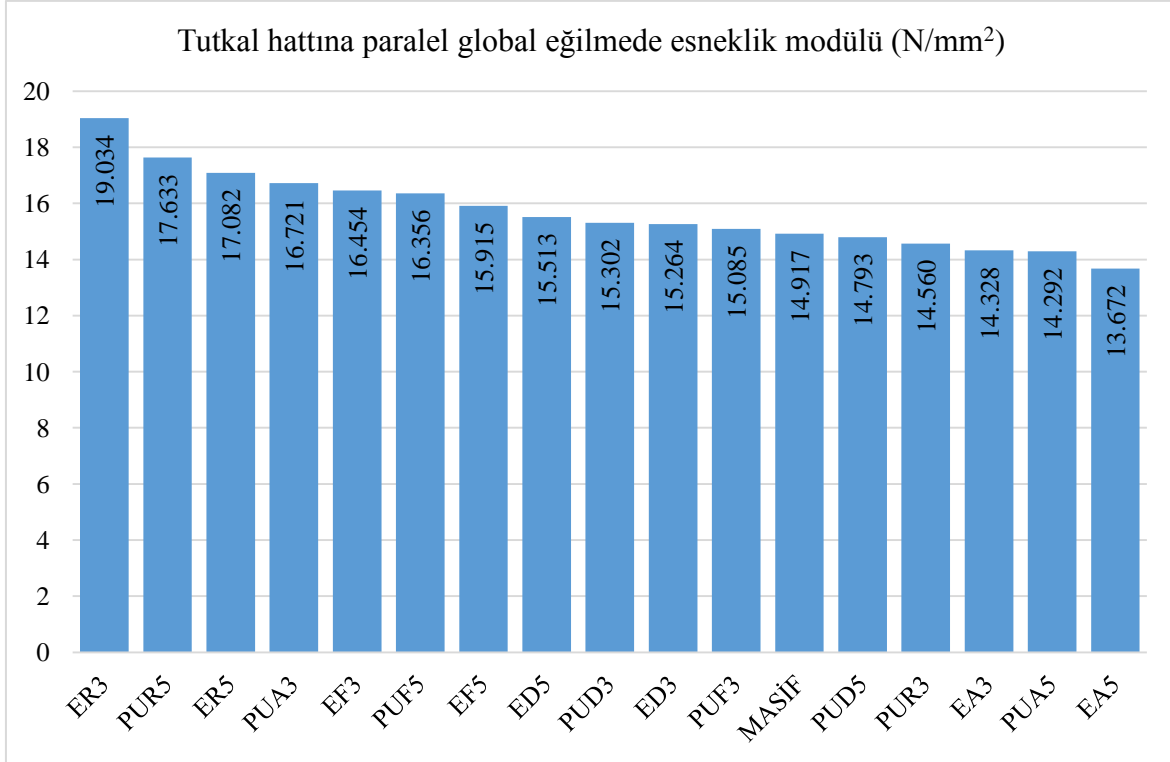
numunelerde $14,328 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $16,454 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda ise $19,034 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $15,302 \text{ N/mm}^2$, alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $16,721 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $15,085 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda ise $14,560 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $15,513 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülünün alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $13,672 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $15,915 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $17,082 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $14,793 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü karşılaştırıldığında; destek malzemesi olarak alüminyum tel örgü kullanılanlarda $14,292 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $16,356 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $17,633 \text{ N/mm}^2$ olduğu görülmüştür.

Numunelere ait tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri Şekil 5.6'da verilmektedir.



Şekil 5.6. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri (N/mm²)

Katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü ile bu bağımsız değişkenlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.25'te verilmiştir.

Çizelge 5.25. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü varyans analizi

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
KS	1	0,417	0,417	0,2276	NS
TÇ	1	1,191	1,191	0,6508	NS
DM	3	36,935	12,312	6,7255	0,0012
KS * TÇ	1	3,473	3,473	1,8974	0,1779
KS * DM	3	8,112	2,704	1,4771	0,2393
TÇ * DM	3	18,159	6,053	3,3065	0,0325
KS * TÇ * DM	3	20,709	6,903	3,7709	0,0200
Hata	32	58,579	1,831		
Toplam	47	147,575			

KS: Katman Sayısı

TÇ: Tutkal Çeşidi

DM: Destek Malzemesi Türü

Varyans kaynaklarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü etkileri bakımından gruplar arası farklılık destek malzemesi türü, tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi ile katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi düzeyinde istatistiki anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Katman sayısı, tutkal çeşidi, katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi, katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi bağımsız değişkenlerinin güçlendirilmiş ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi

Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
Rabitz teli	17,08	A
Fiberglas tel örgü	15,95	B
Desteksiz	15,22	BC
Alüminyum tel örgü	14,75	C

LSD= 1,111

Uygulanan homojenlik testi sonuçlarına göre; destek malzemesi türü bakımından tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü en yüksek değeri rabitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında, en düşük değer ise alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.27. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi

Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	\bar{X}	HG
Epoksi	Rabitz teli	18,06	A
Epoksi	Fiberglas tel örgü	16,18	B
Poliüretan	Rabitz teli	16,10	B
Poliüretan	Fiberglas tel örgü	15,72	BC
Poliüretan	Alüminyum tel örgü	15,51	BC
Epoksi	Desteksiz	15,39	BC
Poliüretan	Desteksiz	15,05	BC
Epoksi	Alüminyum tel örgü	14,00	C

LSD = 1,572

Tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerindeki önem derecesini belirlemek amacıyla yapılan homojenlik testi sonuçlarına göre; en düşük değer epoksi tutkalı ile üretilen alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarından elde edilmiştir. Epoksi tutkalı ile üretilen rabitz teli güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında ise tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü en yüksek değeri tespit edilmiştir.

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşiminin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.28’de verilmiştir.

Çizelge 5.28’de verilen sonuçlara göre; tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü en düşük değeri 5 katman olarak epoksi tutkalı ile üretilen alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında, en yüksek değer ise 3 katman olarak epoksi tutkalı ile üretilen rabitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir.

Çizelge 5.28. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi homojenlik testi

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
3 katman	Epoksi	Rabitz teli	19,03	A
5 katman	Poliüretan	Rabitz teli	17,63	AB
5 katman	Epoksi	Rabitz teli	17,08	ABC
3 katman	Poliüretan	Alüminyum tel örgü	16,72	ABCD
3 katman	Epoksi	Fiberglas tel örgü	16,45	BCD
5 katman	Poliüretan	Fiberglas tel örgü	16,36	BCD
5 katman	Epoksi	Fiberglas tel örgü	15,91	BCDE
5 katman	Epoksi	Desteksiz	15,51	BCDE
3 katman	Poliüretan	Desteksiz	15,30	BCDE
3 katman	Epoksi	Desteksiz	15,26	BCDE
3 katman	Poliüretan	Fiberglas tel örgü	15,08	BCDE
5 katman	Poliüretan	Desteksiz	14,79	CDE
3 katman	Poliüretan	Rabitz teli	14,56	CDE
3 katman	Epoksi	Alüminyum tel örgü	14,33	DE
5 katman	Poliüretan	Alüminyum tel örgü	14,29	DE
5 katman	Epoksi	Alüminyum tel örgü	13,67	E

LSD = 2,223

5.4.3. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü

90x90x1710 mm ebadında masif ahşap yapı elemanı ile 30mm kalınlıkta 3 katman lamelden ve 18 mm kalınlıkta 5 katman lamelden üretilen 90x90x1710 mm ebadındaki ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülüne ilişkin istatistiki değerler belirlenmiştir (Çizelge 5.29).

Çizelge 5.29’da verilen sonuçlara göre; 90x90x1710 mm ebadındaki masif ahşap yapı elemanının lokal eğilmede esneklik modülü $1,351 \text{ N/mm}^2$ dir.

Çizelge 5.29. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü istatistiksel değerleri (N/mm²)

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
3 katman	Epoksi	Desteksiz	1,361	1,416	1,382	0,0295
		Alüminyum	1,141	1,414	1,298	0,1409
		Fiber	1,425	1,618	1,490	0,1106
		Rabitz	1,580	1,887	1,724	0,1544
	Poliüretan	Desteksiz	1,279	1,507	1,386	0,1146
		Alüminyum	1,381	1,695	1,514	0,1623
		Fiber	1,220	1,460	1,366	0,1284
		Rabitz	1,206	1,408	1,319	0,1030
5 katman	Epoksi	Desteksiz	1,279	1,535	1,405	0,1280
		Alüminyum	1,096	1,352	1,238	0,1304
		Fiber	1,335	1,560	1,441	0,1131
		Rabitz	1,419	1,715	1,547	0,1519
	Poliüretan	Desteksiz	1,232	1,416	1,340	0,0959
		Alüminyum	1,212	1,415	1,294	0,1068
		Fiber	1,394	1,611	1,481	0,1145
		Rabitz	1,461	1,674	1,597	0,1181
Masif			1,181	1,473	1,351	0,1518

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında 1,382 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülünün alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde 1,298N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanlarda 1,490 N/mm², rabitz teli kullanılanlarda ise 1,724 N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

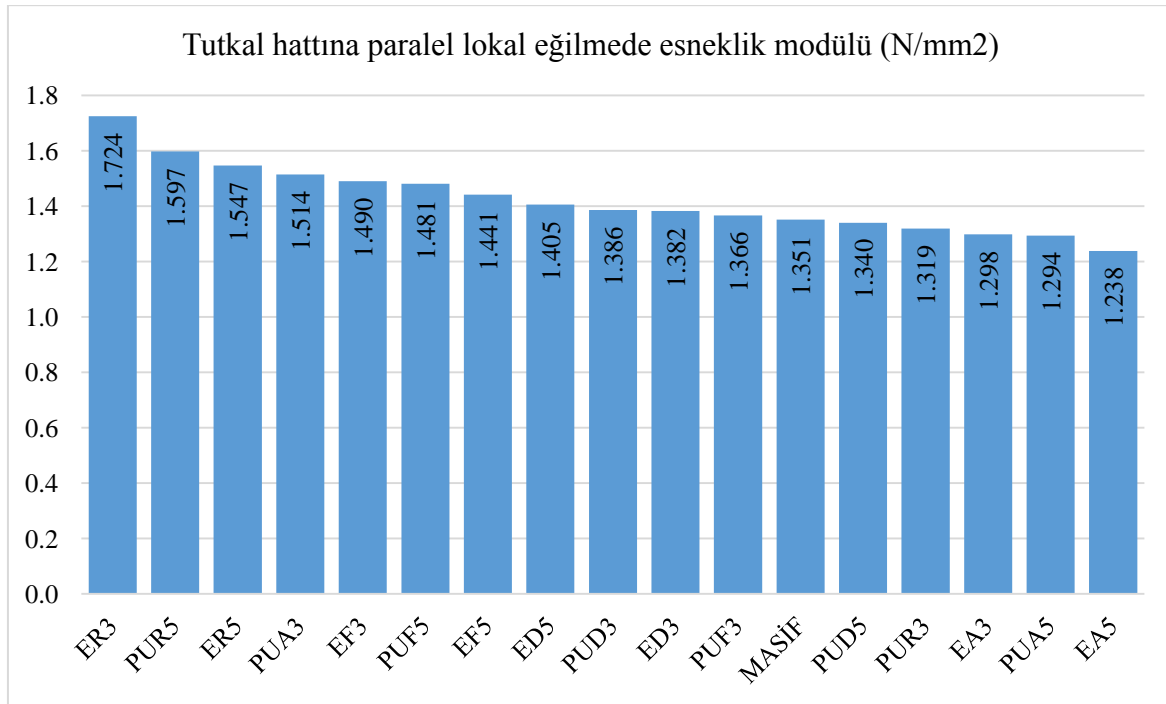
30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde 1,386 N/mm², alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde 1,514 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanlarda 1,366 N/mm², rabitz teli kullanılanlarda ise 1,319N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi

kullanılmadan üretilen numunelerde $1,405 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülünün alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $1,238 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $1,441 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $1,547 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülünün destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $1,340 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü karşılaştırıldığında; destek malzemesi olarak alüminyum tel örgü kullanılanlarda $1,294 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $1,481 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $1,597 \text{ N/mm}^2$ olduğu görülmüştür.

Masif ahşap yapı elemanları ile lamine ahşap yapı elemanları için tespit edilen tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri Şekil 5.7’de verilmektedir.



Şekil 5.7. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü ortalama değerleri (N/mm^2)

Katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü ile bu bağımsız değişkenlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.30’da verilmiştir.

Çizelge 5.30. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü varyans analizi

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
KS	1	0,003	0,003	0,2287	NS
TÇ	1	0,010	0,010	0,6490	NS
DM	3	0,303	0,101	6,7285	0,0012
KS * TÇ	1	0,028	0,028	1,8925	0,1785
KS * DM	3	0,067	0,022	1,4770	0,2393
TÇ * DM	3	0,149	0,050	3,3031	0,0326
KS * TÇ * DM	3	0,170	0,057	3,7690	0,0201
Hata	32	0,481	0,015		
Toplam	47	1,210			

KS: Katman Sayısı

TÇ: Tutkal Çeşidi

DM: Destek Malzemesi Türü

Varyans kaynaklarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü etkileri bakımından gruplar arası farklılık destek malzemesi türü, tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi ile katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi düzeyinde istatistiki anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Katman sayısı, tutkal çeşidi, katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi, katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi bağımsız değişkenlerinin güçlendirilmiş ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Destek malzemesi türünün tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerindeki önem derecesini inceleyebilmek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.31’de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi

Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
Rabitz teli	1,547	A
Fiberglas tel örgü	1,445	B
Desteksiz	1,378	BC
Alüminyum tel örgü	1,336	C

LSD= 0,1006

Uygulanan homojenlik testi sonuçlarına göre; destek malzemesi türü bakımından tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü en yüksek değeri rabitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında, en düşük değer ise alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.32’de verilmiştir.

Çizelge 5.32. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi

Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	\bar{X}	HG
Epoksi	Rabitz teli	1,635	A
Epoksi	Fiberglas tel örgü	1,466	B
Poliüretan	Rabitz teli	1,458	B
Poliüretan	Fiberglas tel örgü	1,424	BC
Poliüretan	Alüminyum tel örgü	1,404	BC
Epoksi	Desteksiz	1,394	BC
Poliüretan	Desteksiz	1,363	BC
Epoksi	Alüminyum tel örgü	1,268	C

LSD = 0,1423

Tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerindeki önem derecesini belirlemek amacıyla yapılan homojenlik testi sonuçlarına göre; en düşük değer epoksi tutkalı ile üretilen alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarından elde edilmiştir. Epoksi tutkalı ile üretilen rabitz teli güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında ise tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü en yüksek değeri tespit edilmiştir.

Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşiminin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.33’te verilmiştir.

Çizelge 5.33. Tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi homojenlik testi

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
3 katman	Epoksi	Rabitz teli	1,724	A
5 katman	Poliüretan	Rabitz teli	1,597	AB
5 katman	Epoksi	Rabitz teli	1,547	ABC
3 katman	Poliüretan	Alüminyum tel örgü	1,514	ABCD
3 katman	Epoksi	Fiberglas tel örgü	1,490	BCD
5 katman	Poliüretan	Fiberglas tel örgü	1,481	BCD
5 katman	Epoksi	Fiberglas tel örgü	1,441	BCDE
5 katman	Epoksi	Desteksiz	1,405	BCDE
3 katman	Poliüretan	Desteksiz	1,386	BCDE
3 katman	Epoksi	Desteksiz	1,382	BCDE
3 katman	Poliüretan	Fiberglas tel örgü	1,366	BCDE
5 katman	Poliüretan	Desteksiz	1,340	CDE
3 katman	Poliüretan	Rabitz teli	1,319	CDE
3 katman	Epoksi	Alüminyum tel örgü	1,298	DE
5 katman	Poliüretan	Alüminyum tel örgü	1,294	DE
5 katman	Epoksi	Alüminyum tel örgü	1,238	E

LSD = 0,2012

Bağımsız değişkenlerin üçlü etkileşimine ilişkin homojenlik testi sonuçlarına göre; tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü en düşük değeri 5 katman olarak epoksi tutkalı ile üretilen alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında, en yüksek değer ise 3 katman olarak epoksi tutkalı ile üretilen rabitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir.

5.5. Liflere Paralel Basınç Mukavemeti

90x90x540 mm ebadında masif ahşap yapı elemanı ile 30mm kalınlıkta 3 katman lamelden ve 18 mm kalınlıkta 5 katman lamelden üretilen 90x90x540 mm ebadındaki lamine ahşap yapı elemanlarının liflere paralel basınç mukavemetine ilişkin istatistiki değerler Çizelge 5.34’de verilmiştir.

Çizelge 5.34. Liflere paralel basınç mukavemeti istatistiksel değerleri (N/mm²)

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
3 katman	Epoksi	Desteksiz	55,600	58,039	57,044	1,2798
		Alüminyum	58,509	60,317	59,700	1,0319
		Fiberglas	63,186	66,784	65,003	1,7993
		Rabitz	58,642	62,993	60,445	2,2693
	Poliüretan	Desteksiz	54,596	56,234	55,665	0,9262
		Alüminyum	58,642	63,396	60,518	2,5304
		Fiberglas	60,664	63,431	62,002	1,3858
		Rabitz	53,827	59,072	56,087	2,6966
5 katman	Epoksi	Desteksiz	62,499	67,757	64,846	2,6740
		Alüminyum	54,676	56,790	55,437	1,1750
		Fiberglas	55,107	56,577	55,887	0,7392
		Rabitz	54,552	57,438	56,041	1,4452
	Poliüretan	Desteksiz	53,796	58,345	56,110	2,2755
		Alüminyum	56,407	59,298	58,036	1,4802
		Fiberglas	64,772	64,946	64,835	0,0962
		Rabitz	52,452	55,891	53,897	1,7842
Masif			30,023	32,826	31,483	1,4052

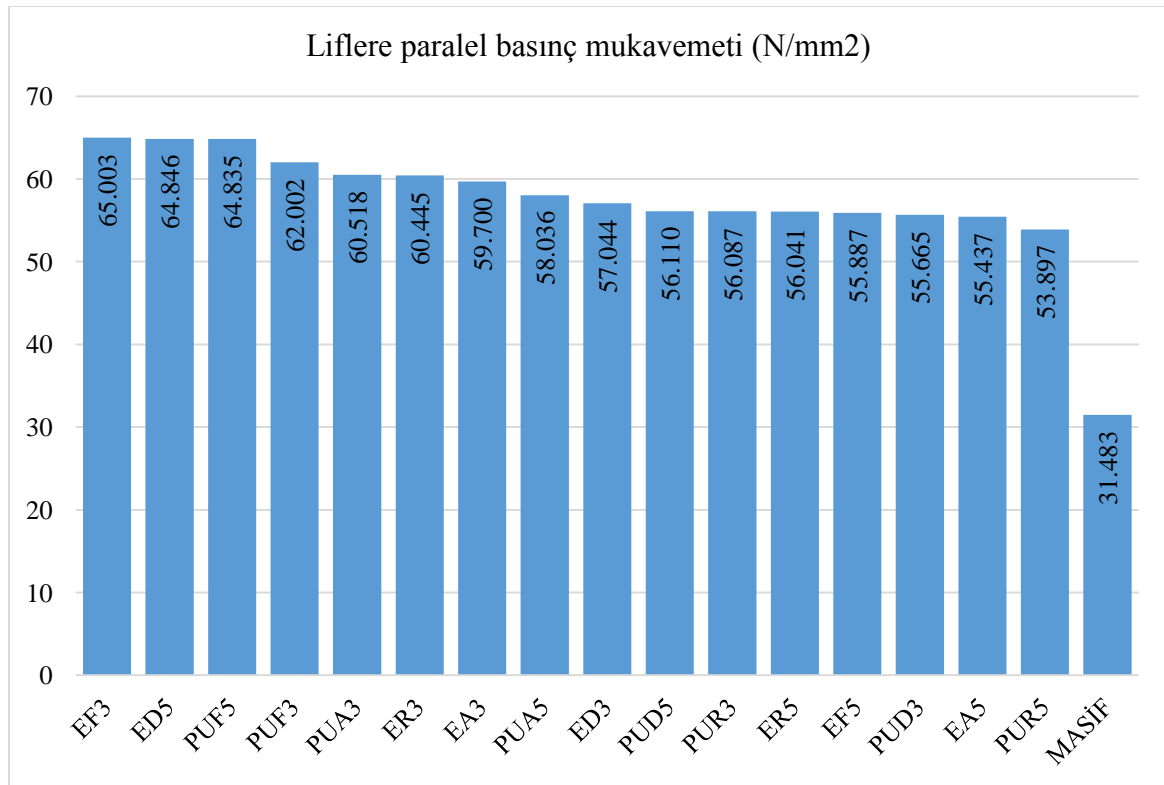
90x90x540 mm ebadındaki masif ahşap yapı elemanının liflere paralel basınç mukavemeti 31,483 N/mm²'dir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının liflere paralel basınç mukavemeti destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde 57,044 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Liflere paralel basınç mukavemetinin alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde 59,700 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanlarda 65,003 N/mm², rabitz teli kullanılanlarda ise 60,445 N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

30mm kalınlıktaki lamellerden 3 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının liflere paralel basınç mukavemetinin destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde 55,665 N/mm², alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde 60,518 N/mm², fiberglas tel örgü kullanılanlarda 62,002 N/mm², rabitz teli kullanılanlarda ise 56,087 N/mm² olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve epoksi tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının liflere paralel basınç mukavemetinin destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $64,846 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Liflere paralel basınç mukavemetinin alüminyum tel örgü kullanılarak üretilen numunelerde $55,437 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $55,887 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $56,041 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.

18 mm kalınlıktaki lamellerden 5 katman ve poliüretan tutkalı kullanılarak üretilen ahşap yapı elemanlarının liflere paralel basınç mukavemetinin destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerde $56,110 \text{ N/mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Liflere paralel basınç mukavemeti karşılaştırıldığında; destek malzemesi olarak alüminyum tel örgü kullanılanlarda $58,036 \text{ N/mm}^2$, fiberglas tel örgü kullanılanlarda $64,835 \text{ N/mm}^2$, rabitz teli kullanılanlarda $53,897 \text{ N/mm}^2$ olduğu görülmüştür.



Şekil 5.8. Liflere paralel basınç mukavemeti ortalama değerleri (N/mm²)

Numunelere uygulanan liflere paralel basınç mukavemeti testi sonucunda elde edilen ortalama değerler Şekil 5.8’de verilmektedir.

Katman sayısı, tutkal çeşidi ve destek malzemesi türü ile bu bağımsız değişkenlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin liflere paralel basınç mukavemeti üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.35’te verilmiştir.

Çizelge 5.35. Liflere paralel basınç mukavemeti varyans analizi

Varyans Kaynağı	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	p
KS	1	24,254	24,254	7,8761	0,0085
TÇ	1	9,865	9,865	3,2034	0,0830
DM	3	178,239	59,413	19,2937	0,0000
KS * TÇ	1	13,829	13,829	4,4907	0,0419
KS * DM	3	123,101	41,034	13,3252	0,0000
TÇ * DM	3	133,853	44,618	14,4891	0,0000
KS * TÇ * DM	3	139,912	46,637	15,1449	0,0000
Hata	32	98,541	3,079		
Toplam	47	721,594			

KS: Katman Sayısı

TÇ: Tutkal Çeşidi

DM: Destek Malzemesi Türü

Varyans kaynaklarının liflere paralel basınç mukavemetine etkileri bakımından gruplar arası farklılık katman sayısı, destek malzemesi türü, katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi, katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi, tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi ile katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi düzeyinde istatistiki anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Bağımsız değişkenlerden sadece tutkal çeşidinin güçlendirilmiş ahşap yapı elemanlarının liflere paralel basınç mukavemeti üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Katman sayısının liflere paralel basınç mukavemeti üzerindeki önem derecesini inceleyebilmek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.36’da verilmiştir. Uygulanan homojenlik testi sonuçlarına göre; liflere paralel basınç mukavemeti en yüksek 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir. Destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının 3 katman veya 5 katman üretilmesi tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerinde farklı özellikler göstermekle beraber tutkal hattına dik eğilme mukavemeti bakımından 5 katmanlı lamine yapı elemanları en düşük değere sahiptir.

Çizelge 5.36. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı homojenlik testi

Katman Sayısı	\bar{X}	HG
3 katman	59,56	A
5 katman	58,14	B

LSD= 1,019

Liflere paralel basınç mukavemeti üzerinde destek malzemesinin önem derecesini belirlemek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; destek malzemesi türü bakımından liflere paralel basınç mukavemeti en yüksek değeri fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında, en düşük değer ise rabbitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir. Destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanları ile alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanları liflere paralel basınç mukavemeti bakımından benzer özellikler göstermektedir (Çizelge 5.37).

Çizelge 5.37. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine destek malzemesi türü homojenlik testi

Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
Fiberglas tel örgü	61,93	A
Desteksiz	58,42	B
Alüminyum tel örgü	58,42	B
Rabbitz teli	56,62	C

LSD= 1,441

Katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşiminin liflere paralel basınç mukavemeti üzerindeki önem derecesini inceleyebilmek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.38’de verilmiştir.

Çizelge 5.38’deki homojenlik testi sonuçlarına göre; liflere paralel basınç mukavemeti bakımından destek malzemesi olarak kullanılan alüminyum tel örgü, fiberglas tel örgü ve rabbitz teli benzer özellikler gösterirken en düşük değer fiberglas tel örgü kullanılan

numunelerde, en yüksek değer ise destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir.

Çizelge 5.38. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi homojenlik testi

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	\bar{X}	HG
3 katman	Epoksi	60,55	A
3 katman	Poliüretan	58,57	B
5 katman	Poliüretan	58,22	B
5 katman	Epoksi	58,05	B

LSD= 1,441

Katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin liflere paralel basınç mukavemeti üzerindeki önem derecesini inceleyebilmek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.39’da verilmiştir.

Çizelge 5.39. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi

Katman Sayısı	Destek Malzemesi	\bar{X}	HG
3 katman	Fiberglas tel örgü	63,50	A
5 katman	Desteksiz	60,48	B
5 katman	Fiberglas tel örgü	60,36	B
3 katman	Alüminyum tel örgü	60,11	B
3 katman	Rabitz teli	58,27	BC
5 katman	Alüminyum tel örgü	56,74	CD
3 katman	Desteksiz	56,35	CD
5 katman	Rabitz teli	54,97	D

LSD= 2,038

Homojenlik testi sonuçlarına göre; liflere paralel basınç mukavemeti en yüksek değeri fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında, en düşük değer ise rabitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir.

Tutkal çeşidi-destek malzemesi ikili etkileşiminin liflere paralel basınç mukavemeti üzerindeki önem derecesini belirlemek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.40'da verilmiştir.

Çizelge 5.40. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi homojenlik testi

Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	\bar{X}	HG
Poliüretan	Fiberglas tel örgü	63,42	A
Epoksi	Desteksiz	60,94	B
Epoksi	Fiberglas tel örgü	60,45	B
Poliüretan	Alüminyum tel örgü	59,28	BC
Epoksi	Rabitz teli	58,24	C
Epoksi	Alüminyum tel örgü	57,57	CD
Poliüretan	Desteksiz	55,89	DE
Poliüretan	Rabitz teli	54,99	E

LSD= 2,038

Çizelge 5.40'da verilen homojenlik testi sonuçları; tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi bakımından liflere paralel basınç mukavemeti en yüksek değerinin fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkalı ile yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanlarında, en düşük değer ise rabitz teli ile güçlendirilmiş poliüretan tutkalı ile yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanlarında olduğunu göstermektedir.

Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşiminin önem derecesini belirlemek amacıyla yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 5.41'de verilmiştir. Homojenlik testi sonuçlarına göre; liflere paralel basınç mukavemeti bakımından en yüksek değer 3 katman olarak epoksi tutkalı ile üretilen fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiş olup 5 katman olarak epoksi tutkalı ile destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanları ve 5 katman olarak poliüretan tutkalı ile üretilen alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanları ile de benzer özellikler göstermektedir. En düşük değer ise 5 katman olarak poliüretan tutkalı ile üretilen rabitz teli ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarında görülmektedir.

Çizelge 5.41. Liflere paralel basınç mukavemeti üzerine katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi homojenlik testi

Katman Sayısı	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi Türü	\bar{X}	HG
3 katman	Epoksi	Fiberglas tel örgü	65,00	A
5 katman	Epoksi	Desteksiz	64,85	A
5 katman	Poliüretan	Fiberglas tel örgü	64,84	A
3 katman	Poliüretan	Fiberglas tel örgü	62,00	AB
3 katman	Poliüretan	Alüminyum tel örgü	60,52	BC
3 katman	Epoksi	Rabitz teli	60,44	BC
3 katman	Epoksi	Alüminyum tel örgü	59,70	BCD
5 katman	Poliüretan	Alüminyum tel örgü	58,04	CDE
3 katman	Epoksi	Desteksiz	57,04	DEF
5 katman	Poliüretan	Desteksiz	56,11	EF
3 katman	Poliüretan	Rabitz teli	56,09	EF
5 katman	Epoksi	Rabitz teli	56,04	EF
5 katman	Epoksi	Fiberglas tel örgü	55,89	EF
3 katman	Poliüretan	Desteksiz	55,66	EF
5 katman	Epoksi	Alüminyum tel örgü	55,44	EF
5 katman	Poliüretan	Rabitz teli	53,90	F

LSD= 2,882

5.6. Yapışma Mukavemeti

100 mm yapışma yüksekliği ile 180 mm, 250 mm ve 350 mm olmak üzere üç farklı yapışma uzunluğuna sahip olan numuneler, epoksi ve poliüretan tutkalı ile yapıştırılmıştır. Destek malzemesi olarak alüminyum tel örgü, fiberglas tel örgü ve rabitz teli kullanılarak güçlendirilmiş numunelere ait yapışma mukavemeti değerleri destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelere ait değerler ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.42).

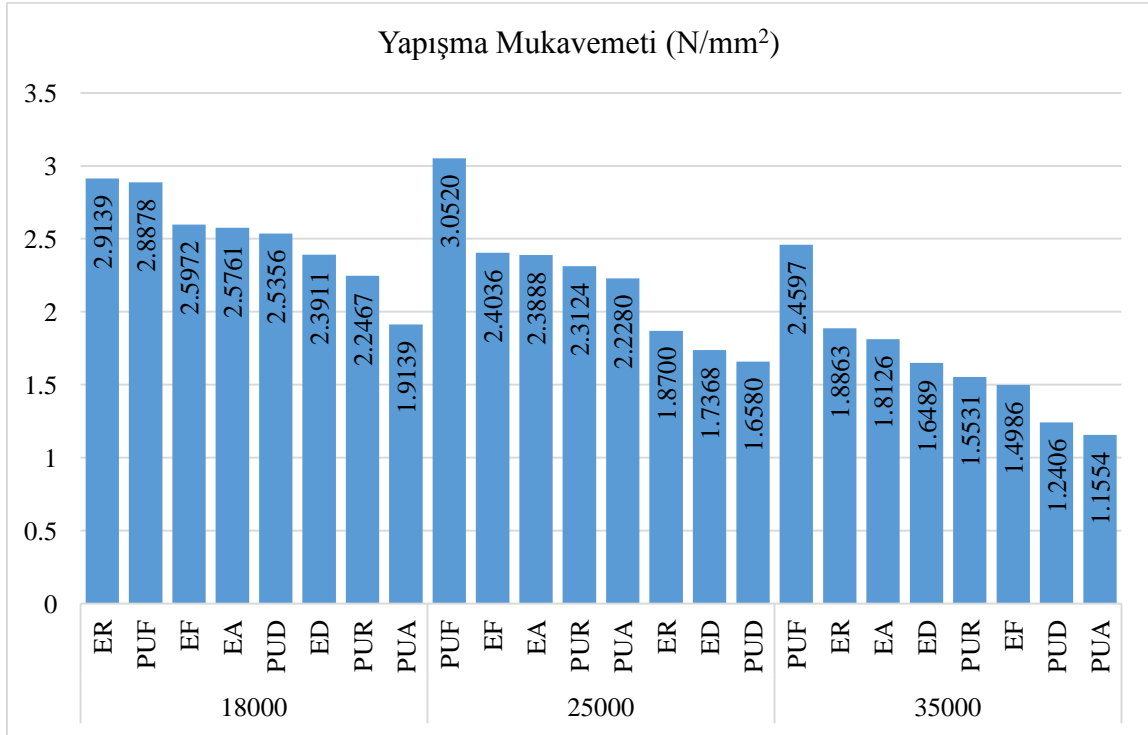
Çizelge 5.42. Yapışma mukavemeti istatistiksel değerleri (N/mm²)

Yapışma Alanı (mm ²)	Tutkal Çeşidi	Destek Malzemesi	Yapışma Mukavemeti (N/mm ²)
18000	Epoksi	Desteksiz	2,3911
		Alüminyum	2,5761
		Fiberglas	2,5972
		Rabitz	2,9139
	Poliüretan	Desteksiz	2,5356
		Alüminyum	1,9139
		Fiberglas	2,8878
		Rabitz	2,2467
25000	Epoksi	Desteksiz	1,7368
		Alüminyum	2,3888
		Fiberglas	2,4036
		Rabitz	1,8700
	Poliüretan	Desteksiz	1,6580
		Alüminyum	2,2280
		Fiberglas	3,0520
		Rabitz	2,3124
35000	Epoksi	Desteksiz	1,6489
		Alüminyum	1,8126
		Fiberglas	1,4986
		Rabitz	1,8863
	Poliüretan	Desteksiz	1,2406
		Alüminyum	1,1554
		Fiberglas	2,4597
		Rabitz	1,5531

18000 mm² yapışma alanına sahip numunelerin yapışma mukavemeti incelendiğinde (Çizelge 5.42); epoksi tutkalı ile yapıştırılan destek malzemesi kullanılmadan üretilen numunelerin 2,3911 N/mm², alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerin 2,5761 N/mm², fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerin 2,5972 N/mm² ve rabitz teli ile güçlendirilen numunelerin ise 2,9139 N/mm² olduğu görülmektedir. Poliüretan tutkalı ile yapıştırılan numunelerin yapışma mukavemeti ise; destek malzemesi kullanılmayanlarda 2,5356 N/mm², alüminyum tel örgü ile güçlendirilenlerde 1,9139 N/mm², fiberglas tel örgü ile güçlendirilenlerde 2,8878 N/mm² ve rabitz teli ile güçlendirilenlerde 2,2467 N/mm² olarak tespit edilmiştir.

25000 mm² yapışma alanına sahip epoksi tutkalı ile yapıştırılan numunelerin yapışma mukavemeti destek malzemesi kullanılmayanlarda 1,7368 N/mm², alüminyum tel örgü ile güçlendirilen numunelerde 2,3888 N/mm², fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerde 2,4036 N/mm², rabitz teli ile güçlendirilen numunelerde ise 1,8700 N/mm² olarak belirlenmiştir (Çizelge 5.42). Poliüretan tutkalı ile yapıştırılan numunelerden destek malzemesi kullanılmadan üretilenlerin yapışma mukavemeti 1,6580 N/mm², alüminyum tel örgü ile güçlendirilmişlerin 2,2280 N/mm², fiberglas tel örgü ile güçlendirilmişlerin 3,0520 N/mm² ve rabitz teli ile güçlendirilenlerin 2,3124 N/mm² olarak tespit edilmiştir.

35000 mm² yapışma alanına sahip numunelerin yapışma mukavemeti değerlendirildiğinde; epoksi tutkalı ile yapıştırılan numunelerden destek malzemesi kullanılmayan numunelerin 1,6489 N/mm², alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerin 1,8126 N/mm², fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerin 1,4986 N/mm², rabitz teli ile güçlendirilmiş numunelerin 1,8863 N/mm² olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.42). Poliüretan tutkalı ile yapıştırılan numunelerden destek malzemesi kullanılmadan üretilenlerin yapışma mukavemeti 1,2406 N/mm², alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerin 1,1554 N/mm², fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerin 2,4597 N/mm² ve rabitz teli ile güçlendirilmiş numunelerin 1,5531 N/mm² olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.9. Yapışma mukavemeti ortalama değerleri (N/mm²)

5.7. Maliyet Değerlendirmesi

Tez kapsamında üretilen eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini testlerinde kullanılan 90x90x1710 mm boyutundaki numuneler ile liflere paralel basınç mukavemeti tayini testlerinde kullanılan numunelerin maliyetlerinin hesaplanmasında asgari ücret bilgilerinden yararlanılmıştır. Çalışma Genel Müdürlüğü / Sendika Üyeliği ve İstatistik Daire Başkanlığı tarafından hazırlanan ve 03.08. 2015 tarihinde yürürlükte olan asgari ücret ile ilgili bilgiler Çizelge 5.43'te verilmiştir.

Çizelge 5.43. 01.07.2015-31.12.2015 tarihleri arasındaki Asgari Ücretin Net Hesabı
(Çalışma Genel Müdürlüğü / Sendika Üyeliği ve İstatistik Daire Başkanlığı, 2015)

ASGARİ ÜCRETİN NETİNİN HESABI (TL/AY)	
Asgari ücret	1 273,50
SGK primi % 14	178,29
İşsizlik sig. fonu % 1	12,74
Gelir vergisi %15	72,26
Asgari geçim indirimi	90,11
Damga vergisi % 07,59	9,67
Kesintiler toplamı	272,96
Net asgari ücret	1 000,54

Günde 8 saat olmak üzere, ayda ortalama 22 saat çalışan bir işçi 176 saat/ay çalışmaktadır. Bu çalışma süresi 10560 dakika/ay'a eşit olmaktadır. Asgari ücret ile çalışmakta olan bir işçinin ücreti 0,0948 TL/dakika olmaktadır.

Çizelge 5.44. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kurları (Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, 2015).

Döviz Kodu	Birim	Döviz		
		Cinsi	Alış	Satış
USD/TRY	1	ABD DOLARI	2,7736	2,7786
EUR/TRY	1	EURO	3,0421	3,0476

Ayrıca ileri ki dönemlerde maliyetlerin karşılaştırılabilmesi için; 03.08.2015 Günü Saat 15:30'da belirlenen gösterge niteliğindeki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Döviz

Kurları' na göre; Amerikan Doları ve Euro döviz alış – satış fiyatları Çizelge 5.44'te verilmiştir.

Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini testlerinde kullanılan numunelere ait malzeme maliyeti Çizelge 5.45'te, işçilik maliyeti Çizelge 5.47'de verilmiştir.

Basınç mukavemeti tayini testlerinde kullanılan numunelere ait malzeme maliyeti Çizelge 5.46'da, işçilik maliyeti ise Çizelge 5.48'de verilmiştir.

Çizelge 5.45. Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini testlerinde kullanılan numunelere ait malzeme maliyeti

NUMUNE TÜRÜ	KERESTE MALİYETİ										DESTEK MALZEMESİ MALİYETİ										TUTKAL MALİYETİ							
	NET ÖLÇÜ (mm)			KABA ÖLÇÜ (mm)			KABA ÖLÇÜ (m)				KERESTE GİDERİ (m ³)	KERESTE BİRİM FİYATI (TL/m ³)	KERESTE MALİYETİ (TL)	DESTEK MALZEMESİ SAYISI	GEN (mm)	UZ (mm)	ALAN (m ²)	DESTEK MALZEMESİ BİRİM FİYATI (TL/m ²)	MALİYETİ (TL)	TUTKALLI YÜZEY SAYISI	TUTKALLI YÜZEYİN ÖLÇÜSÜ			MİKTARI (kg)	TUTKAL BİRİM FİYATI (TL/kg)	TUTKAL MALİYETİ (TL)		
	G	K	U	G	K	U	G	K	U	GEN (mm)											UZ (mm)	ALAN (m ²)	GEN (mm)				UZ (mm)	ALAN (m ²)
ED3	3	90	18	1710	105	25	1800	0,105	0,025	1,8	0,014175	1250	17,72	0	125	1900	0,2375	0	0	4	105	1800	0,189	0,151	35	5,29	23,01	
EA3	3	90	18	1710	105	25	1800	0,105	0,025	1,8	0,014175	1250	17,72	2	125	1900	0,2375	10	4,75	4	105	1800	0,189	0,151	35	5,29	27,76	
EF3	3	90	18	1710	105	25	1800	0,105	0,025	1,8	0,014175	1250	17,72	2	125	1900	0,2375	2	0,95	4	105	1800	0,189	0,151	35	5,29	23,96	
ER3	3	90	18	1710	105	25	1800	0,105	0,025	1,8	0,014175	1250	17,72	2	125	1900	0,2375	1,25	0,59	4	105	1800	0,189	0,151	35	5,29	23,60	
PUD3	3	90	18	1710	105	25	1800	0,105	0,025	1,8	0,014175	1250	17,72	0	125	1900	0,2375	0	0	4	105	1800	0,189	0,151	20,65	3,12	20,84	
PUA3	3	90	18	1710	105	25	1800	0,105	0,025	1,8	0,014175	1250	17,72	2	125	1900	0,2375	10	4,75	4	105	1800	0,189	0,151	20,65	3,12	25,59	
PUF3	3	90	18	1710	105	25	1800	0,105	0,025	1,8	0,014175	1250	17,72	2	125	1900	0,2375	2	0,95	4	105	1800	0,189	0,151	20,65	3,12	21,79	
PUR3	3	90	18	1710	105	25	1800	0,105	0,025	1,8	0,014175	1250	17,72	2	125	1900	0,2375	1,25	0,59	4	105	1800	0,189	0,151	20,65	3,12	21,43	
ED5	5	90	30	1710	105	37	1800	0,105	0,037	1,8	0,034965	1250	43,71	0	125	1900	0,2375	0	0	8	105	1800	0,189	0,302	35	10,58	54,29	
EA5	5	90	30	1710	105	37	1800	0,105	0,037	1,8	0,034965	1250	43,71	4	125	1900	0,2375	10	9,5	8	105	1800	0,189	0,302	35	10,58	63,79	
EF5	5	90	30	1710	105	37	1800	0,105	0,037	1,8	0,034965	1250	43,71	4	125	1900	0,2375	2	1,9	8	105	1800	0,189	0,302	35	10,58	56,19	
ER5	5	90	30	1710	105	37	1800	0,105	0,037	1,8	0,034965	1250	43,71	4	125	1900	0,2375	1,25	1,19	8	105	1800	0,189	0,302	35	10,58	55,48	
PUD5	5	90	30	1710	105	37	1800	0,105	0,037	1,8	0,034965	1250	43,71	0	125	1900	0,2375	0	0	8	105	1800	0,189	0,302	20,65	6,24	49,95	
PUA5	5	90	30	1710	105	37	1800	0,105	0,037	1,8	0,034965	1250	43,71	4	125	1900	0,2375	10	9,5	8	105	1800	0,189	0,302	20,65	6,24	59,45	
PUF5	5	90	30	1710	105	37	1800	0,105	0,037	1,8	0,034965	1250	43,71	4	125	1900	0,2375	2	1,9	8	105	1800	0,189	0,302	20,65	6,24	51,85	
PUR5	5	90	30	1710	105	37	1800	0,105	0,037	1,8	0,034965	1250	43,71	4	125	1900	0,2375	1,25	1,19	8	105	1800	0,189	0,302	20,65	6,24	51,14	
MASIF	1	90	90	1710	105	105	1800	0,105	0,105	1,8	0,019845	1250	24,81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	24,81

Çizelge 5.46. Basınç mukavemeti tayini testlerinde kullanılan numunelere ait malzeme maliyeti

NUMUNE TÜRÜ	LAMEL SAYISI	KERESTE MALİYETİ										DESTEK MALZEMESİ MALİYETİ							TUTKAL MALİYETİ					TOPLAM MALZEME MALİYETİ (TL)			
		NET ÖLÇÜ (mm)		KABA ÖLÇÜ (mm)		KABA ÖLÇÜ (m)		KERESTE GİDERİ (m ³)	KERESTE BİRİM FİYATI (TL/m ³)	KERESTE MALİYETİ (TL)	DESTEK SAYISI	DESTEK MALZEMESİNİN ÖLÇÜSÜ		DESTEK MALZEMESİ BİRİM FİYATI (TL/m ²)	DESTEK MALZEMESİ MALİYETİ (TL)	TUTKALLI YÜZEY SAYISI	TUTKALLI YÜZEYİN ÖLÇÜSÜ			TUTKAL BİRİM FİYATI (TL/kg)	TUTKAL MALİYETİ (TL)						
		G	K	U	G	K	U					G	K				U	GEN (mm)	UZ (mm)			ALAN (m ²)	GEN (mm)		UZ (mm)	ALAN (m ²)	KULLANILAN TUTKAL MİKTARI (kg)
ED3	3	90	18	540	105	25	600	0,1	0	0,6	0,004725	1250	5,91	0	125	700	0,0875	0	0	4	105	600	0,063	0,05	35	1,76	7,67
EA3	3	90	18	540	105	25	600	0,1	0	0,6	0,004725	1250	5,91	2	125	700	0,0875	10	1,75	4	105	600	0,063	0,05	35	1,76	9,42
EF3	3	90	18	540	105	25	600	0,1	0	0,6	0,004725	1250	5,91	2	125	700	0,0875	2	0,35	4	105	600	0,063	0,05	35	1,76	8,02
ER3	3	90	18	540	105	25	600	0,1	0	0,6	0,004725	1250	5,91	2	125	700	0,0875	1,25	0,22	4	105	600	0,063	0,05	35	1,76	7,89
PUD3	3	90	18	540	105	25	600	0,1	0	0,6	0,004725	1250	5,91	0	125	700	0,0875	0	0	4	105	600	0,063	0,05	20,65	1,04	6,95
PUA3	3	90	18	540	105	25	600	0,1	0	0,6	0,004725	1250	5,91	2	125	700	0,0875	10	1,75	4	105	600	0,063	0,05	20,65	1,04	8,70
PUF3	3	90	18	540	105	25	600	0,1	0	0,6	0,004725	1250	5,91	2	125	700	0,0875	2	0,35	4	105	600	0,063	0,05	20,65	1,04	7,30
PUR3	3	90	18	540	105	25	600	0,1	0	0,6	0,004725	1250	5,91	2	125	700	0,0875	1,25	0,22	4	105	600	0,063	0,05	20,65	1,04	7,17
ED5	5	90	30	540	105	37	600	0,1	0	0,6	0,011655	1250	14,57	0	125	700	0,0875	0	0	8	105	600	0,063	0,1	35	3,53	18,10
EA5	5	90	30	540	105	37	600	0,1	0	0,6	0,011655	1250	14,57	4	125	700	0,0875	10	3,5	8	105	600	0,063	0,1	35	3,53	21,60
EF5	5	90	30	540	105	37	600	0,1	0	0,6	0,011655	1250	14,57	4	125	700	0,0875	2	0,7	8	105	600	0,063	0,1	35	3,53	18,80
ER5	5	90	30	540	105	37	600	0,1	0	0,6	0,011655	1250	14,57	4	125	700	0,0875	1,25	0,44	8	105	600	0,063	0,1	35	3,53	18,53
PUD5	5	90	30	540	105	37	600	0,1	0	0,6	0,011655	1250	14,57	0	125	700	0,0875	0	0	8	105	600	0,063	0,1	20,65	2,08	16,65
PUA5	5	90	30	540	105	37	600	0,1	0	0,6	0,011655	1250	14,57	4	125	700	0,0875	10	3,5	8	105	600	0,063	0,1	20,65	2,08	20,15
PUF5	5	90	30	540	105	37	600	0,1	0	0,6	0,011655	1250	14,57	4	125	700	0,0875	2	0,7	8	105	600	0,063	0,1	20,65	2,08	17,35
PUR5	5	90	30	540	105	37	600	0,1	0	0,6	0,011655	1250	14,57	4	125	700	0,0875	1,25	0,44	8	105	600	0,063	0,1	20,65	2,08	17,09
MASİF	1	90	90	540	105	105	600	0,1	0	0,6	0,006615	1251	8,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	8,28

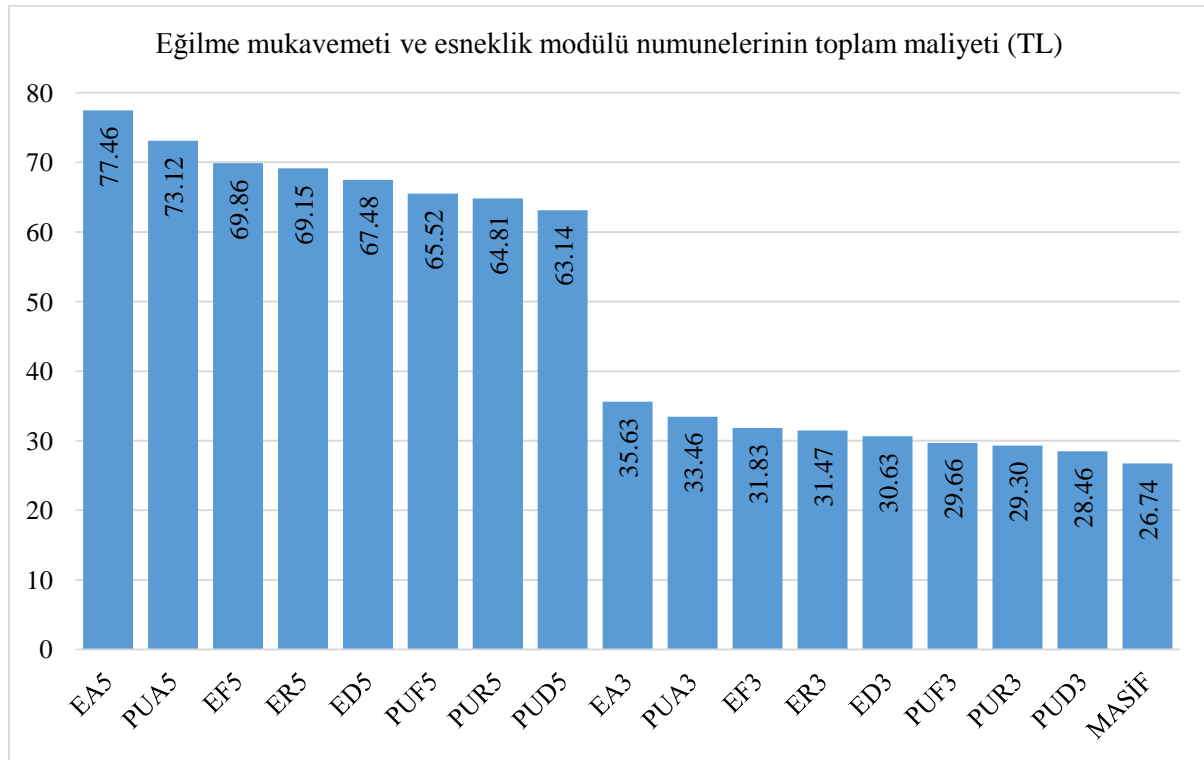
Çizelge 5.47. Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini testlerinde kullanılan numunelere ait işçilik maliyeti

NUMUNE TÜRÜ	KERESTE MALİYETİ										DESTEK MALZEMESİ MALİYETİ										TUTKAL MALİYETİ										LAMEL YERLEŞTİRME SÜRESİ (sn)	LAMEL YERLEŞTİRME SÜRESİ (sn)	TOPLAM AHŞAP YAPIL ELEMANI YERLEŞTİRME SÜRESİ (sn)	TOPLAM AHŞAP YAPIL ELEMANI HAZIRLAMA SÜRESİ (sn)	TOPLAM AHŞAP YAPIL ELEMANI HAZIRLAMA SÜRESİ (dk)	TOPLAM İŞÇİLİK BRÜT MALİYETİ (TL)
	NET ÖLÇÜ (mm)			KABA ÖLÇÜ (mm)			KESİM (sn)	PLANYA (sn)	KALINLIK (sn)	TOPLAM SÜRE (sn)	DESTEK SAYISI	GEN (mm)	UZ (mm)	ALAN (m ²)	TEL YERLEŞTİRME SÜRESİ (sn)	TOPLAM TEL YERLEŞTİRME SÜRESİ (sn)	TUTKALI YÜZEY SAYISI	TUTKALLI YÜZEYİN ÖLÇÜSÜ			TUTKAL MİKTARI (kg)	TUTKAL SÜRME SÜRESİ (sn)	TOPLAM TUTKAL SÜRME SÜRESİ (sn)													
	G	K	U	G	K	U												GEN (mm)	UZ (mm)	ALAN (m ²)				UZ (mm)	ALAN (m ²)	TUTKAL MİKTARI (kg)										
ED3	3	90	18	1710	105	25	1800	120	240	120	1440	0	125	1900	0,238	0	0	4	105	1800	0,189	0,15	90	360	30	90	1890	32	7,62							
EA3	3	90	18	1710	105	25	1800	120	240	120	1440	2	125	1900	0,238	30	60	4	105	1800	0,189	0,15	90	360	30	90	1950	33	7,87							
EF3	3	90	18	1710	105	25	1800	120	240	120	1440	2	125	1900	0,238	30	60	4	105	1800	0,189	0,15	90	360	30	90	1950	33	7,87							
ER3	3	90	18	1710	105	25	1800	120	240	120	1440	2	125	1900	0,238	30	60	4	105	1800	0,189	0,15	90	360	30	90	1950	33	7,87							
PUD3	3	90	18	1710	105	25	1800	120	240	120	1440	0	125	1900	0,238	0	0	4	105	1800	0,189	0,15	90	360	30	90	1890	32	7,62							
PUA3	3	90	18	1710	105	25	1800	120	240	120	1440	2	125	1900	0,238	30	60	4	105	1800	0,189	0,15	90	360	30	90	1950	33	7,87							
PUF3	3	90	18	1710	105	25	1800	120	240	120	1440	2	125	1900	0,238	30	60	4	105	1800	0,189	0,15	90	360	30	90	1950	33	7,87							
PUR3	3	90	18	1710	105	25	1800	120	240	120	1440	2	125	1900	0,238	30	60	4	105	1800	0,189	0,15	90	360	30	90	1950	33	7,87							
ED5	5	90	30	1710	105	37	1800	120	240	120	2400	0	125	1900	0,238	0	0	8	105	1800	0,189	0,3	90	720	30	150	3270	55	13,19							
EA5	5	90	30	1710	105	37	1800	120	240	120	2400	4	125	1900	0,238	30	120	8	105	1800	0,189	0,3	90	720	30	150	3390	57	13,67							
EF5	5	90	30	1710	105	37	1800	120	240	120	2400	4	125	1900	0,238	30	120	8	105	1800	0,189	0,3	90	720	30	150	3390	57	13,67							
ER5	5	90	30	1710	105	37	1800	120	240	120	2400	4	125	1900	0,238	30	120	8	105	1800	0,189	0,3	90	720	30	150	3390	57	13,67							
PUD5	5	90	30	1710	105	37	1800	120	240	120	2400	0	125	1900	0,238	0	0	8	105	1800	0,189	0,3	90	720	30	150	3270	55	13,19							
PUA5	5	90	30	1710	105	37	1800	120	240	120	2400	4	125	1900	0,238	30	120	8	105	1800	0,189	0,3	90	720	30	150	3390	57	13,67							
PUF5	5	90	30	1710	105	37	1800	120	240	120	2400	4	125	1900	0,238	30	120	8	105	1800	0,189	0,3	90	720	30	150	3390	57	13,67							
PUR5	5	90	30	1710	105	37	1800	120	240	120	2400	4	125	1900	0,238	30	120	8	105	1800	0,189	0,3	90	720	30	150	3390	57	13,67							
MASİF	1	90	90	1710	105	105	1800	120	240	120	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	480	8	1,94							

Çizelge 5.48. Basınç mukavemeti tayini testlerinde kullanılan numunelere ait işçilik maliyeti

NUMUNE TÜRÜ	KERESTE MALİYETİ										DESTEK MALZEMESİ MALİYETİ										TUTKAL MALİYETİ										LAMEL SAYISI	TOPLAM İŞÇİLİK BRÜT MALİYETİ (TL)	
	NET ÖLÇÜ (mm)					KABA ÖLÇÜ (mm)					KESİM (sn)	PLANYA (sn)	KALINLIK (sn)	TOPLAM SÜRE (sn)	DESTEK SAYISI	GEN (mm)	UZ (mm)	ALAN (m ²)	TEL YERLEŞTİRME SÜRE (sn)	TOPLAM TEL YERLEŞTİRME SÜRE (sn)	TUTKALLI YÜZEY SAYISI	TUTKALLI YÜZEY ÖLÇÜ			TUTKAL MİKTARI (kg)	TUTKAL SÜRME SÜRESİ (sn)	TOPLAM TUTKAL SÜRME SÜRESİ (sn)	LAMEL YERLEŞTİRME SÜRESİ (sn)	TOPLAM LAMEL YERLEŞTİRME SÜRESİ (sn)	TOPLAM AHŞAP YAPI ELEMANI HAZIRLAMA SÜRESİ (sn)			TOPLAM AHŞAP YAPI ELEMANI HAZIRLAMA SÜRESİ (dk)
	G	K	U	G	K	U	G	K	U	GEN (mm)												UZ (mm)	ALAN (m ²)	UZ (mm)									
ED3	3	90	18	540	105	25	600	40	80	40	480	0	125	700	0,088	0	0	0,088	0	0	4	105	1800	0,189	0,151	30	120	15	45	645	11	2,60	
EA3	3	90	18	540	105	25	600	40	80	40	480	2	125	700	0,088	30	60	0,088	30	60	4	105	1800	0,189	0,151	30	120	15	45	705	12	2,84	
EF3	3	90	18	540	105	25	600	40	80	40	480	2	125	700	0,088	30	60	0,088	30	60	4	105	1800	0,189	0,151	30	120	15	45	705	12	2,84	
ER3	3	90	18	540	105	25	600	40	80	40	480	2	125	700	0,088	30	60	0,088	30	60	4	105	1800	0,189	0,151	30	120	15	45	705	12	2,84	
PUD3	3	90	18	540	105	25	600	40	80	40	480	0	125	700	0,088	0	0	0,088	0	0	4	105	1800	0,189	0,151	30	120	15	45	645	11	2,60	
PUA3	3	90	18	540	105	25	600	40	80	40	480	2	125	700	0,088	30	60	0,088	30	60	4	105	1800	0,189	0,151	30	120	15	45	705	12	2,84	
PUF3	3	90	18	540	105	25	600	40	80	40	480	2	125	700	0,088	30	60	0,088	30	60	4	105	1800	0,189	0,151	30	120	15	45	705	12	2,84	
PUR3	3	90	18	540	105	25	600	40	80	40	480	2	125	700	0,088	30	60	0,088	30	60	4	105	1800	0,189	0,151	30	120	15	45	705	12	2,84	
ED5	5	90	30	540	105	37	600	40	80	40	800	0	125	700	0,088	0	0	0,088	0	0	8	105	1800	0,189	0,302	30	240	15	75	1115	19	4,50	
EA5	5	90	30	540	105	37	600	40	80	40	800	4	125	700	0,088	30	120	0,088	30	120	8	105	1800	0,189	0,302	30	240	15	75	1235	21	4,98	
EF5	5	90	30	540	105	37	600	40	80	40	800	4	125	700	0,088	30	120	0,088	30	120	8	105	1800	0,189	0,302	30	240	15	75	1235	21	4,98	
ER5	5	90	30	540	105	37	600	40	80	40	800	4	125	700	0,088	30	120	0,088	30	120	8	105	1800	0,189	0,302	30	240	15	75	1235	21	4,98	
PUD5	5	90	30	540	105	37	600	40	80	40	800	0	125	700	0,088	0	0	0,088	0	0	8	105	1800	0,189	0,302	30	240	15	75	1115	19	4,50	
PUA5	5	90	30	540	105	37	600	40	80	40	800	4	125	700	0,088	30	120	0,088	30	120	8	105	1800	0,189	0,302	30	240	15	75	1235	21	4,98	
PUF5	5	90	30	540	105	37	600	40	80	40	800	4	125	700	0,088	30	120	0,088	30	120	8	105	1800	0,189	0,302	30	240	15	75	1235	21	4,98	
PUR5	5	90	30	540	105	37	600	40	80	40	800	4	125	700	0,088	30	120	0,088	30	120	8	105	1800	0,189	0,302	30	240	15	75	1235	21	4,98	
MASİF	1	90	90	540	105	105	600	40	80	40	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	3	0,65	

Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini için kullanılan numunelere ait toplam maliyet (malzeme maliyeti + işçilik maliyeti) Şekil 5.10'da verilmiştir.

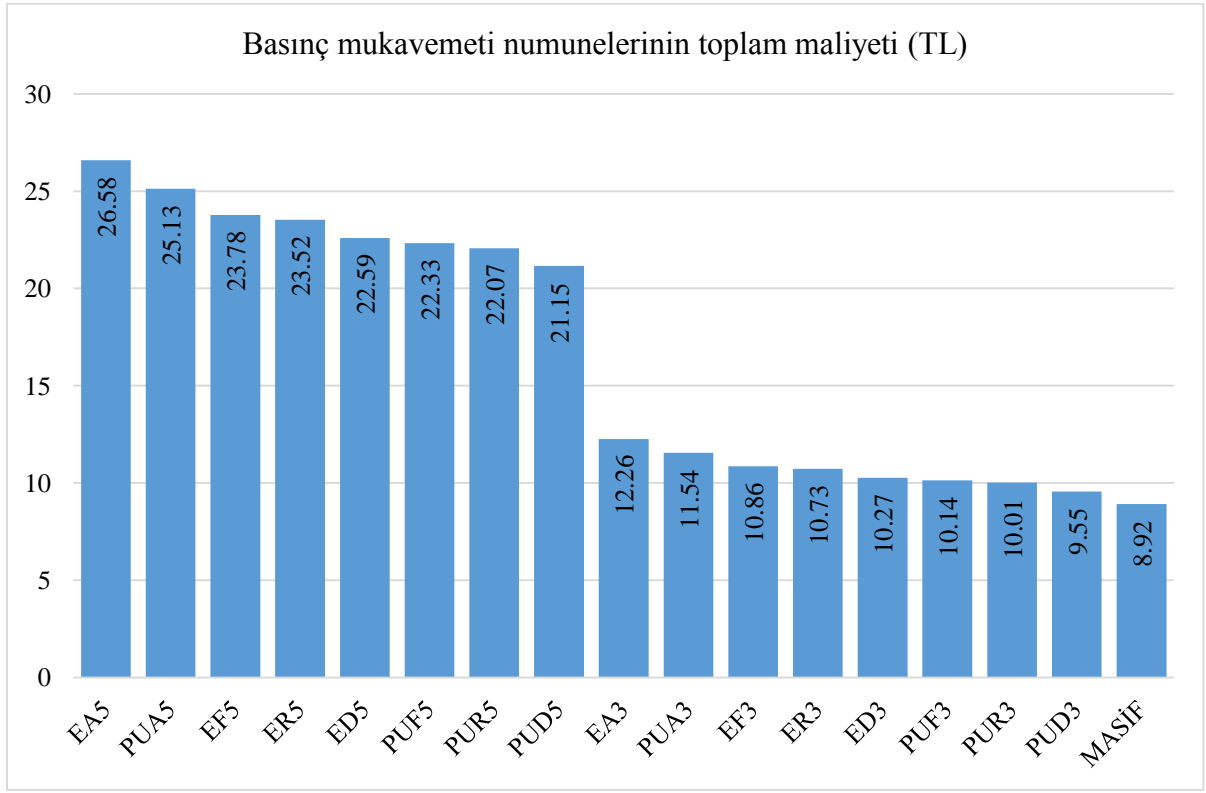


Şekil 5.10. Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini için kullanılan numunelere ait toplam maliyetler (TL)

Eğilme mukavemeti ve esneklik modülü tayini amacıyla üretilen numunelere ait malzeme maliyeti ve işçilik maliyetlerinin toplamından oluşan toplam maliyetleri hesaplandığında en yüksek maliyet epoksi tutkalı ile 5 katmanlı olarak üretilen ve alüminyum tel örgü ile güçlendirilen lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilirken, destek malzemesi kullanılmadan poliüretan tutkalı ile 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları ise en düşük maliyete sahip ürün grubudur.

Toplam maliyet bakımından değerlendirildiğinde; en yüksek maliyet epoksi tutkalı ile 5 katmanlı olarak üretilen ve alüminyum tel örgü ile güçlendirilen lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir. En düşük maliyet ise destek malzemesi kullanılmadan poliüretan tutkalı ile 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında hesaplanmıştır.

Liflere paralel basınç mukavemeti tayini için kullanılan numunelere ait toplam maliyet (malzeme maliyeti + işçilik maliyeti) Şekil 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5.11. Basınç mukavemeti tayini için kullanılan numunelere ait toplam maliyetler

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, laminasyon işleminde farklı katman simetrisi kullanılması prensibine dayanarak ya katmanlar arasına tamamen veya kısmen ya da ahşap yapı elemanlarının alt veya üst yüzeyine destek malzemesi yerleştirilmesi ile ahşap yapı elemanlarının dayanımını arttırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla destek malzemesi olarak genelde karbon lifi takviyeli plastikler ve cam lifi takviyeli plastikler tercihler edilmektedir. Ancak özellikle karbon lifi takviyeli plastikler malzeme maliyetlerini önemli derecede arttırmaktadır.

Tez kapsamında; farklı malzemeler kullanılarak üretici açısından üretim maliyetleri ve kullanım yerindeki performansı açısından olumlu sonuçlar verecek yeni bir güçlü kompozit ahşap lamine yapı elemanı elde etmek hedeflenmiştir. Bu amaçla lamine ahşap yapı elemanlarının katmanları arasında yapı endüstrisinde sıva altı örtüsü olarak kullanılan rabitz teli ile doğramalarda sineklik olarak kullanılan fiberglas tel örgü ile alüminyum tel örgü kullanılmıştır. Ayrıca, kompozit ahşap yapı elemanlarının kalınlıkları eşit olacak şekilde, 18 mm ve 30 mm olmak üzere iki farklı lamel kalınlığı ile üretim gerçekleştirilmiştir. Üretilen kompozit ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik yönde eğilme mukavemeti ve esneklik modülü, tutkal hattına paralel yönde eğilme mukavemeti ve esneklik modülü, liflere paralel yöndeki basınç mukavemeti ile yapışma mukavemeti tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, masif ahşap yapı elemanları ve destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarına ait değerler ile karşılaştırılmıştır. Bununla beraber, bu ahşap yapı elemanlarının maliyeti de hesaplanmıştır. Lamine ahşap yapı elemanlarının değerlendirilmesinde en uygun sonuca ulaşabilmek için hem mekanik özellikler hem de maliyet göz önünde bulundurulmuştur.

Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti bakımından masif ahşap yapı elemanları ile karşılaştırıldığında, laminasyon işlemi ile üretilen ahşap yapı elemanlarına ait tutkal hattına dik eğilme mukavemeti değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Laminasyon işleminden önce, odun kusurlarından arındırılması, ahşap lamellerin dayanımının artmasını sağlamıştır. Laminasyonda kullanılan tutkalların, hücre boşluklarını doldurarak ağaç malzemenin gevrek yapıya ulaşmasını sağladığı ve katmanlar arasında oluşturduğu tabakanın tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerinde olumlu etkisi olduğu düşünülebilir.

Masif ahşap yapı elemanlarına oranla, destek malzemesi kullanılmadan 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti epoksi tutkalı ile üretilenlerde %15, poliüretan tutkalı ile üretilenlerde %23, 5 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarından epoksi tutkalı ile üretilenlerde %9, poliüretan tutkalı ile üretilenlerde %40 oranında arttığı görülmektedir. Bu sonuç, poliüretan tutkalının ahşap lameller arasında epoksi tutkalına nazaran daha güçlü bir kimyasal bağ kurduğu şeklinde yorumlanabilir.

Katman sayısı bakımından değerlendirildiğinde; lamine ahşap yapı elemanlarının 3 katmanlı yerine 5 katmanlı olarak üretilmesi tutkal hattına dik eğilme mukavemetinin artmasını sağlamaktadır. Bunun nedeni katman sayısının artmasına bağlı olarak, katmanlar arasında kullanılan destek malzemesi sayısı ile tutkal katmanı miktarının artması olarak düşünülmektedir. Döngel'in (1999) yaptığı çalışmada da çam odunu ile hazırlanan numunelerde katman sayısı arttıkça eğilme direncinin arttığı tespit edilmiştir.

Lamine ahşap yapı elemanlarının üretiminde kullanılan tutkal çeşidi tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerinde etkilidir. Poliüretan tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik eğilme mukavemeti, epoksi tutkalı ile üretilenlere kıyasla daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının üretiminde katmanlar arasında destek malzemesi kullanımı, tutkal hattına dik eğilme mukavemetini arttırmaktadır. Destek malzemesi olarak kullanılan rabbitz teli ile de benzer özellikler gösteren fiberglas tel örgü, en yüksek tutkal hattına dik eğilme mukavemeti değerine sahiptir. Katmanlar arasında fiberglas tel örgü kullanılmasının katmanlar arasındaki tutkal nedeniyle oluşan gevrekliği azaltarak, daha sünek bir yapı oluşmasını sağladığı, böylece yükleme sonucu oluşan enerjinin bir kısmını söndülediği yorumu yapılabilir. Ayrıca Resim 6.1'de görüldüğü üzere, ahşap lamellerde kırılma meydana gelmesi durumunda fiberglas tel örgünün, parçaların birbirinden ayrılmasını önlediği gözlenmiştir.



Resim 6.1. Fiberglas tel örgü ile desteklenmiş numunelerin kırılma şekli

Tutkal çeşidi ve destek malzemesi türünün ikili etkileşimi bakımından tutkal hattına dik eğilme mukavemeti en yüksek değer ise fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarından elde edilmiştir. Fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanları, alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanları ile rabitz teli ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanları benzer özellikler göstermektedir. Bu sayede birbirlerinin ikamesi olarak kullanılabilir. Ayrıca tutkal hattına dik eğilme mukavemeti bakımından biraz daha düşük değer gösteren alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanları ile destek malzemesi kullanılmadan üretilen poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanları benzer özellikler taşıdığından birbirlerinin yerine tercih edilebilir.

Katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşiminin tutkal hattına dik eğilme mukavemeti üzerindeki etkisi incelendiğinde, en yüksek değer 5 katmanlı fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir. Rabitz teli ile güçlendirilmiş 5 katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarının epoksi tutkalı ve poliüretan tutkalı ile üretilmesi tutkal hattına dik eğilme mukavemeti bakımından benzer özellikler gösterdiğinden bu tip yapı malzemesinin üretiminde maliyetler açısından poliüretan tutkalının tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca 3 katmanlı rabitz teli ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanları ile 5 katmanlı alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanları da tutkal hattına dik eğilme mukavemeti bakımından benzer özellikler göstermektedir. Ancak 5 katmanlı alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanları üretim maliyetlerinin 2,5 kat fazla olması nedeniyle 3 katmanlı rabitz teli ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanları tercih edilebilir. Bununla beraber tutkal hattına dik eğilme mukavemeti bakımından 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarından fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş

epoksi tutkallı numuneler ile alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı numuneler benzer özellikler göstermektedir. Malzeme maliyeti yaklaşık %5 oranında düşük olduğundan 3 katmanlı fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının kullanılması önerilebilir. Tutkal hattına dik eğilme mukavemeti en düşük değeri destek malzemesi kullanılmadan üretilen epoksi tutkallı 3 katmanlı ve 5 katmanlı lamine ahşap yapı elemanlarından elde edilmiştir. Bu iki yapı elemanı tipi benzer özellikler gösterdiğinden %55 daha düşük maliyete sahip olan destek malzemesi kullanılmadan üretilen epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının kullanılması önerilebilir.

Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü ve tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü üzerinde bağımsız değişkenlerden sadece katmana sayısı ve destek malzemesi türünün etkili olduğu görülmektedir. Katman sayısı bakımından değerlendirildiğinde; tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünün ve tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünün 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında 5 katmanlılara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Destek malzemesi kullanımının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünü ve tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünü arttırdığı tespit edilmiştir. Tutkal hattına dik eğilmede her iki esneklik modülünü en fazla arttıran destek malzemesinin rabitz teli olduğu görülmektedir. Tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü ve tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü bakımından alüminyum tel örgü ile fiberglas tel örgü benzer özellikler gösterdiğinden birbirlerinin ikamesi olarak kullanılabilir. Ancak fiberglas tel örgü kullanımı maliyetlerin daha düşük olmasını sağladığı için öncelikli tercih edilebilir.

Üretilen diğer lamine ahşap yapı elemanlarının aksine, destek malzemesi kullanılmadan üretilen 3 katmanlı epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının, destek malzemesi kullanılmadan üretilen 5 katmanlı epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının, 5 katmanlı fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının ve destek malzemesi kullanılmadan üretilen 5 katmanlı poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünün ve tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünün, masif ahşap yapı elemanlarına göre daha düşük olduğu ve bu elemanların daha elastik yapıda olduğu görülmektedir. Bu ahşap yapı elemanlarının aşırı yüklere maruz kalmayacağı ve dayanım gerektirmeyen uygulamalar ile elastikiyet gerektiren uygulamalarda kullanılması önerilebilir.

Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti bakımından masif ahşap yapı elemanları ile karşılaştırıldığında, laminasyon işlemi ile üretilen ahşap yapı elemanlarına ait tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

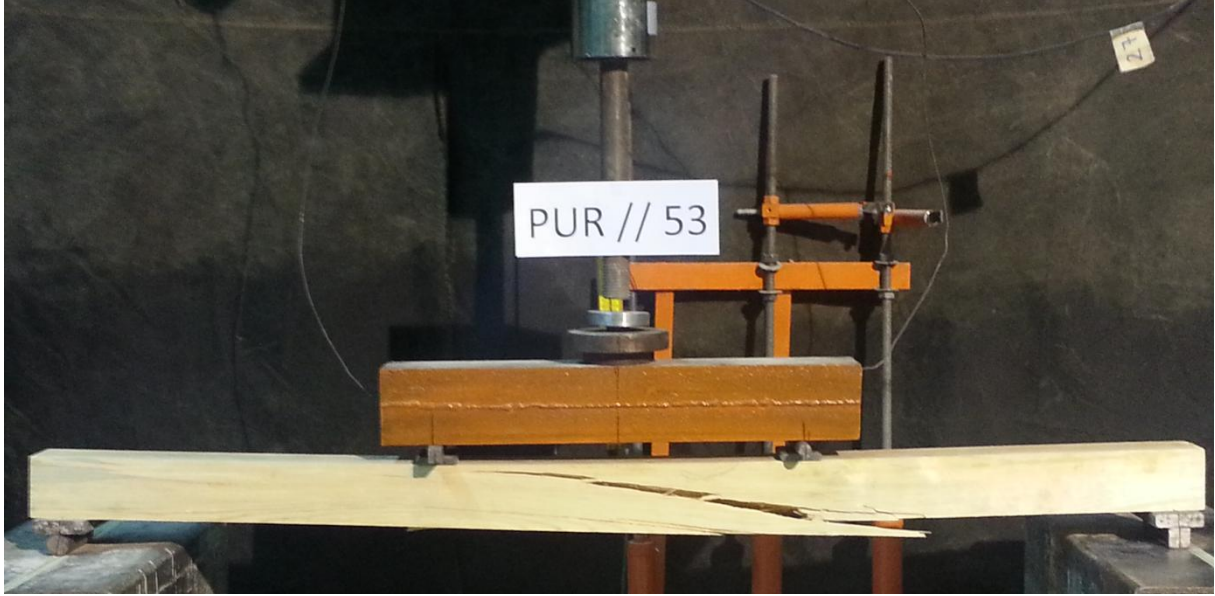
Masif ahşap yapı elemanlarına oranla, destek malzemesi kullanılmadan 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti epoksi tutkalı ile üretilenlerde %22, poliüretan tutkalı ile üretilenlerde %30, 5 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarından epoksi tutkalı ile üretilenlerde %17, poliüretan tutkalı ile üretilenlerde %41 oranında arttığı görülmektedir. Destek malzemesi kullanımı, bu oranın daha da artmasını sağlamaktadır.

Katman sayısı bakımından değerlendirildiğinde; lamine ahşap yapı elemanlarının 5 katmanlı olarak üretilmesi, 3 katmanlı olarak üretilenlere nazaran tutkal hattına paralel eğilme mukavemetini arttıran özellik göstermektedir. Bununla beraber, 3 katmanlı olarak üretilen numunelerle karşılaştırıldığında, lamine ahşap yapı elemanlarının 5 katmanlı olarak üretilmesi toplam üretim maliyetlerini yaklaşık 2,5 kat arttırmaktadır. Her iki katman sayısı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanları, masif numunelere göre olumlu sonuç verdiği için, kullanım yerinde aranılan performans özellikleri ve maliyetleri göz önünde bulundurularak yapı elemanı seçimine karar vermek daha uygun olacaktır.

Lamine ahşap yapı elemanı üretiminde kullanılan tutkal çeşidi, tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerinde etkilidir. Poliüretan tutkalı kullanılması hem tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti hem de üretim maliyeti açısından avantaj sağlaması nedeniyle epoksi tutkalına göre öncelikle tercih edilebilir.

Destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti, masif ahşap yapı elemanlarına göre yüksek olmasına rağmen alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş olanlarla benzer özellikler göstermektedir. Ayrıca fiberglas tel örgü ile benzer özellikler gösteren rabitz teli en iyi sonucu vermektedir. Laminasyonda kullanılan tutkallar ile güçlü bir kimyasal bağ kurmasına ek olarak, keskin bir yapıya sahip olan rabitz teli, üretim esnasında uygulanan pres basıncı etkisi ile ahşap lameller içine gömülerek mekanik bir bağ oluşmaktadır. Bu bağların tutkal hattına paralel yüklemeye altında ahşap lameller arasındaki kaymayı minimize ettiği ve bu sayede eğilme mukavemetini arttırdığı düşünülmektedir.

Tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti testinde, rabitz teli ile desteklenmiş numunelerde kırılma meydana gelmesi durumunda katmanlar arasında kullanılan rabitz telinin oluşturduğu mekanik bağ sayesinde parçaların birbirinden ayrılmasını engellediği gözlenmiştir (Resim 6.2).



Resim 6.2. Rabitz teli ile desteklenmiş numunelerin tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti testi sonucundaki kırılma şekli.

3 katmanlı alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının, 3 katmanlı rabitz teli ile güçlendirilmiş poliüretanlı lamine ahşap yapı elemanlarının, 5 katmanlı alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının, destek malzemesi kullanılmadan üretilen 5 katmanlı poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının ve 5 katmanlı alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ve tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü, üretilen diğer lamine ahşap yapı elemanlarının aksine, masif ahşap yapı elemanlarına göre daha düşük olduğu ve bu elemanların daha elastik yapıda olduğu görülmektedir. Bu ahşap yapı elemanlarının elastikiyet gerektiren uygulamalarda kullanılması önerilebilir.

Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ve tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerinde bağımsız değişkenlerden sadece destek malzemesi türü, tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi ve katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşiminin etkili olduğu görülmektedir.

Destek malzemesi türünün tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ve tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerindeki etkisi incelendiğinde; alüminyum tel örgünün en düşük değere, rabbitz telinin ise en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçtan yola çıkılarak elastikiyet istenilen uygulamalarda alüminyum tel örgü, rijitlik gerektiren uygulamalarda ise rabbitz teli tercih edilmesi önerilebilir.

Tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşimi bakımından tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ve tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü için en düşük değer alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı numunelerde elde edilmiştir. Destek malzemesi kullanılmadan epoksi ve poliüretan tutkallı numuneler, poliüretan tutkallı alüminyum tel örgü ve fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş numunelerle benzer etkiler gösterdiğinden bu elemanlar birbirinin ikamesi olarak kullanılabilir. Ayrıca fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı numuneler ile de rabbitz teli ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı numuneler benzer özellikler göstermektedir. Maliyetlerinin düşük olması nedeniyle rabbitz teli ile güçlendirilmiş poliüretan tutkallı numunelerin kullanılması yerinde bir karar olacaktır. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü en yüksek değeri rabbitz teli ile güçlendirilmiş epoksi tutkallı numunelerde elde edilmiştir.

Katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşiminin tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ve tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü üzerindeki etkisi incelendiğinde; fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarından 3 katmanlı, epoksi tutkallı numuneler ile 5 katmanlı, poliüretan tutkallı numuneler benzer özellikler göstermektedir. Fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının üretim maliyetleri 2 kat fazla olmasından dolayı, fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, epoksi tutkalı ile 3 katman olarak üretilen numunelerin tercih edilmesi uygun olacaktır. Destek malzemesi kullanılmadan üretilen, 5 katmanlı, poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının üretim maliyetlerinin yaklaşık 2,2 kat fazla olması nedeniyle yerine benzer özellikler gösteren 3 katmanlı, rabbitz teli ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkallı lamine ahşap yapı elemanlarının kullanılması tavsiye edilebilir. 3 katman veya 5 katman olarak destek malzemesi kullanılmadan, epoksi tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanları; 3 katman olarak destek malzemesi kullanılmadan poliüretan tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanları; fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları ile

fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, epoksi tutkalı ile 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları benzer özellikler göstermesine rağmen en düşük üretim maliyetine sahip destek malzemesi kullanılmadan poliüretan tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının kullanılması tavsiye edilebilir. Yaklaşık 2 kat fazla üretim maliyetine sahip olan alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının ikamesi olarak alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş, epoksi tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları tercih edilebilir. Tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü ve tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü bakımından rabbitz teli ile güçlendirilmiş epoksi tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları en yüksek değere sahip olduğundan rijitlik gerektiren uygulamalarda, alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş, epoksi tutkalı ile 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları en düşük değere sahip olduğundan elastikiyet istenilen uygulamalarda kullanılması önerilebilir.

Masif ahşap yapı elemanlarına kıyasla lamine ahşap yapı elemanlarının liflere paralel basınç mukavemeti daha yüksektir. Bununla beraber katmanlar arasında destek malzemesi kullanımı, liflere paralel basınç mukavemetini arttırıcı özellik göstermektedir. Liflere paralel basınç mukavemeti en yüksek değeri fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, epoksi tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir ve bu değer masif numunelerin yaklaşık 2 katıdır.

Bağımsız değişkenlerden sadece tutkal çeşidi, liflere paralel basınç mukavemeti üzerinde etkili değildir. Katman sayısı bakımından değerlendirildiğinde; lamine ahşap yapı elemanlarının 5 katman yerine 3 katman olarak üretilmesi liflere paralel basınç mukavemetini arttırmaktadır. Buna ilaveten 3 katmanlı elemanların maliyeti daha düşüktür.

Ahşap yapı elemanlarının laminasyon yöntemi ile üretilmesi masif numunelere kıyasla liflere paralel basınç mukavemetinin artmasını sağlar. Destek malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanları ile alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanları benzer özellikler gösterdiğinden birbirlerinin ikamesi olarak kullanılabilirler. Liflere paralel basınç mukavemeti en düşük değeri destek malzemesi olarak rabbitz teli kullanılan numunelerde, en yüksek değeri ise fiberglas tel örgü kullanılan numunelerde tespit edilmiştir.

Katman sayısı-tutkal çeşidi ikili etkileşimi değerlendirildiğinde; poliüretan tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları, 5 katman olarak epoksi ve poliüretan tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanları liflere paralel basınç mukavemeti üzerinde benzer özellikler göstermektedir. Birbirlerinin ikamesi olarak kullanılabilir bu elemanlardan üretim maliyeti en düşük olan poliüretan tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları öncelikle tercih edilmelidir. Ayrıca epoksi tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları, liflere paralel basınç mukavemeti en yüksek değerine sahip olduğundan yanal yüklere maruz kalabilecek uygulamalarda kullanılması önerilmektedir.

Liflere paralel basınç mukavemeti, katman sayısı-destek malzemesi türü ikili etkileşimi bakımından incelenirse; en düşük değer rabbitz teli ile güçlendirilmiş, 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir.

Destek malzemesi kullanılmadan 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları ile alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş, 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları liflere paralel basınç mukavemeti bakımından benzer özellikler göstermektedir. Üretim maliyetlerinin de düşük olmasından dolayı, destek malzemesi kullanılmadan 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının kullanımına öncelik verilmelidir.

Liflere paralel basınç mukavemeti bakımından, alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş, 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları, destek malzemesi kullanılmadan 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları ve fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları benzer özellikler göstermektedir. Bu elemanlardan alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş, 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının maliyeti daha düşüktür. Fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları, liflere paralel basınç mukavemeti en yüksek değerine sahiptir.

Tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin liflere paralel basınç mukavemeti üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde; destek malzemesi kullanılmadan epoksi tutkal ile üretilen lamine ahşap yapı elemanları ile fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş epoksi tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanları benzer özellikler göstermektedir. Liflere paralel basınç mukavemeti en düşük değeri rabbitz teli ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile üretilen lamine

ahşap yapı elemanlarından; en yüksek değeri ise fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile üretilenlerden elde edilmiştir.

Katman sayısı-tutkal çeşidi-destek malzemesi türü üçlü etkileşimi incelendiğinde, liflere paralel basınç mukavemeti en düşük değeri rabitz teli ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarından elde edilmiştir. En yüksek değer ise benzer özellikler gösteren fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, epoksi tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanları ile fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir. Yanal yüklere maruz kalacak uygulamalar için maliyeti yaklaşık %50 oranında düşük olan fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, epoksi tutkalı ile 3 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının kullanılması önerilmektedir.

18000 mm² yapışma alanına sahip numunelerde yapışma mukavemeti en yüksek değeri rabitz teli ile güçlendirilmiş epoksi tutkalı ile üretilen numunelerde, en düşük değer ise alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkalı ile üretilen numunelerde tespit edilmiştir.

25000 mm² yapışma alanına sahip numunelerde yapışma mukavemeti en yüksek değeri fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkalı ile üretilen numunelerden, en düşük değeri destek malzemesi kullanılmadan poliüretan tutkalı ile üretilen numunelerden elde edilmiştir.

35000 mm² yapışma alanına sahip numunelerde yapışma mukavemeti en yüksek değeri fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkalı ile üretilen numunelerde, en düşük değeri ise alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş poliüretan tutkalı ile üretilen numunelerde tespit edilmiştir.

Destek malzemesi türünün yapışma mukavemeti üzerindeki etkisi incelendiğinde; destek malzemesi kullanımının yapışma mukavemeti arttırdığı görülmektedir. Yapışma mukavemeti en düşük değeri destek malzemesi kullanılmayan numunelerde, en yüksek değeri ise destek malzemesi olarak fiberglas tel örgü kullanılan numunelerde tespit edilmiştir. Tutkal çeşidinin yapışma mukavemeti üzerindeki etkisi incelendiğinde; epoksi tutkalının poliüretan tutkalına göre daha iyi yapışma sağladığı anlaşılmaktadır.

Tutkal çeşidi-destek malzemesi türü ikili etkileşiminin yapışma mukavemeti üzerindeki etkisi incelendiğinde; en düşük yapışma mukavemeti değeri alüminyum tel örgü ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile üretilen numunelerde; en yüksek değer ise fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile üretilen numunelerde tespit edilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, yapışma mukavemetinin yüksek olması gereken uygulamalar için fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, poliüretan tutkalı ile üretilen numunelerin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Tez kapsamında üretilen numunelere uygulanan tutkal hattına dik eğilme mukavemeti (THDEM), tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü (THDGEM), tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü (THDLEM), tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti (THPEM), tutkal hattına paralel global eğilmede esneklik modülü (THPGEM), tutkal hattına paralel lokal eğilmede esneklik modülü (THPLEM) ve liflere paralel basınç mukavemeti (BM) testlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Tez kapsamında gerçekleştirilen deneylere ait değerler

	THDEM	THDGEM	THDLEM	THPEM	THPGEM	THDLEM	BM
ED3	7,061	13,922	1,261	7,461	15,264	1,382	57,044
EA3	7,452	16,594	1,503	7,767	14,328	1,298	59,700
EF3	7,608	15,666	1,419	7,556	16,454	1,490	65,003*
ER3	8,719	19,014	1,722	8,236	19,034*	1,724*	60,445
PUD3	7,508	15,347	1,390	7,941	15,302	1,386	55,665
PUA3	7,81	15,720	1,424	8,065	16,721	1,514	60,518
PUF3	9,868	17,277	1,565	9,166	15,085	1,366	62,002
PUR3	8,267	19,221*	1,741*	8,849	14,560	1,319	56,087
ED5	6,651	14,391	1,303	7,183	15,513	1,405	64,846
EA5	8,645	15,559	1,409	7,358	13,672**	1,238**	55,437
EF5	9,968*	14,653	1,327	8,493	15,915	1,441	55,887
ER5	9,251	17,299	1,567	8,688	17,082	1,547	56,041
PUD5	8,589	13,448**	1,218**	8,640	14,793	1,340	56,110
PUA5	8,777	15,689	1,421	8,618	14,292	1,294	58,036
PUF5	9,483	15,121	1,369	9,483	16,356	1,481	64,835
PUR5	9,266	15,647	1,417	10,585*	17,633	1,597	53,897
MASİF	6,120**	14,917	1,351	6,120**	14,917	1,351	31,483**

*= En yüksek değer

**= En düşük değer

Elde edilen sonuçları özetlemek gerekirse;

1. Masif ahşap yapı elemanlarının kullanılması yerine, lamine ahşap yapı elemanlarının kullanılması, mekanik özellikleri arttırmakta, aynı zamanda küçük ebatlı parçaların değerlendirilmesi ve istenilen ebatlarda yapı elemanı üretilmesine olanak verdiği için daha ekonomik olmaktadır.
2. Laminasyon yöntemi ile üretilen ahşap yapı elemanlarının mekanik özellikleri, masif ahşap yapı elemanlarına göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Bununla beraber eğilme mukavemeti gerektiren uygulamalarda, lamine ahşap yapı elemanlarının tutkal hattına paralel yönde yerleştirilmesi önerilmektedir. Dayanım açısından olumlu sonuçlar elde edilebilmesi için tutkal hattına paralel yönde poliüretan tutkalı ile 5 katmanlı olarak üretilen rabitz teli takviyeli elemanlar kullanılması tavsiye edilebilir.
3. Lamine ahşap yapı elemanlarının 5 katman olarak üretilmesi hem tutkal hattına dik hem de tutkal hattına paralel eğilme mukavemetlerini arttırmaktadır. Bunun nedeninin katman sayısının artmasına bağlı olarak, katmanlar arasında kullanılan destek malzemesi sayısı ile tutkal katmanı miktarının artması olarak düşünülmektedir.
4. Destek malzemesi bakımından değerlendirildiğinde; tutkal hattına dik ve tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti üzerinde fiberglas tel örgü ile rabitz teli benzer özellikler göstermektedir. Bu nedenle, istenirse bu malzemeler birbirinin ikamesi olarak kullanılabilir. Ancak eğilme mukavemeti açısından en iyi sonucu alabilmek için tutkal hattına dik uygulamalarda fiberglas tel örgü, tutkal hattına paralel uygulamalarda ise rabitz teli kullanımı önerilmektedir. Tutkal hattına dik uygulamalarda katmanlar arasında fiberglas tel örgü yerleştirilmesinin, katmanlar arasında kullanılan tutkal nedeniyle oluşan gevrekliği azaltarak, daha sünek bir yapı oluşmasını sağladığı düşünülmektedir. Böylece yüzeyine dik olarak uygulanan kuvvet neticesinde fiberglas tel örgü, yapıştırılmış olduğu ahşap lamellerde kırılma meydana gelmiş olsa da birbirlerinden ayrılmasını önlediği ve ahşap yapı elemanlarına kazandırmış olduğu süneklik özelliği ile meydana gelen enerjinin bir kısmını sönmülediği şekilde yorumlanabilir. Tutkal hattına paralel uygulamalarda rabitz teli kullanımının eğilme mukavemetinde iyi sonuç vermesi, tutkal hattına paralel kuvvetler karşısında tutkal hattının deformasyonuna diğer destek malzemelerine kıyasla daha iyi etki ettiği ve rabitz telinin kullanılan tutkallar ile kurduğu kimyasal bağın güçlü olması yanında keskin yapısı sayesinde üretim esnasında uygulanan pres basıncı ile ahşap lameller içine gömülmesiyle mekanik bir bağ oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
5. Tutkal çeşidi bakımından yapılan değerlendirmede poliüretan tutkalının kullanılması, tutkal hattına dik ve tutkal hattına paralel eğilme mukavemetini arttırıcı etki yapmaktadır. Bu sonuç, poliüretan tutkalının ahşap lameller arasında epoksi tutkalına nazaran daha güçlü

bir kimyasal bağ kurduğu şeklinde yorumlanabilir. Bu değerlendirmeye rağmen; tutkal hattına dik uygulamalarda eğilme mukavemeti açısından en iyi sonuca ulaşılmak istenirse, fiberglas tel örgü ile güçlendirilmiş, epoksi tutkalı ile 5 katman olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanı kullanılması ile masif ahşap yapı elemanlarına kıyasla eğilme mukavemetinde %63 oranında artış gözlemlenmektedir.

6. Masif ahşap yapı elemanları ile karşılaştırıldığında, lamine ahşap yapı elemanlarının 3 katman olarak kullanılması, tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülünün ve tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülünün yaklaşık %11 oranında artmasını sağlamaktadır. Ancak laminasyon yöntemi ile üretilen yapı elemanlarından destek malzemesi kullanılmayanlarda tutkal hattına dik global eğilmede esneklik modülü ile tutkal hattına dik lokal eğilmede esneklik modülü en düşük seviyededir. Tutkal hattına dik global eğilmede ve lokal eğilmede esneklik modülü açısından en düşük değere sahip olan destek malzemesi kullanılmadan poliüretan tutkalı ile üretilen lamine ahşap yapı elemanları, masif numunelere göre %10 oranında daha azdır. Bu elemanlar daha elastik yapıda olduğundan elastikiyet gerektiren uygulamalarda kullanılması doğru olacaktır.
7. Uzun süreli yüklere maruz kalacak uygulamalarda, daha düşük *E*-değerine sahip ağaç kullanılmalıdır (Stalnaker ve Harris, 1999: 305). Bu yerlerde kullanılacak en uygun malzemenin, esneklik modülünün masif ahşap yapı elemanlarından da düşük olan ve aynı zamanda muadillerine göre daha ucuza üretilen destek malzemesi kullanılmadan poliüretan tutkalı ile 5 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap yapı elemanlarının tercih edilmesi önerilmektedir.
8. Epoksi tutkalı ile 3 katmanlı olarak üretilen fiberglas tel örgü takviyeli lamine ahşap yapı elemanları ise basınç mukavemeti bakımından en iyi sonucu vermiştir. Bu tip elemanın basınç kuvvetine maruz kalacağı yerlerde kullanılması doğru olacaktır.
9. Poliüretan tutkalı ile fiberglas tel örgü kullanımının yapışma mukavemetini arttırdığı tespit edilmiştir. Bunun poliüretan tutkal ile fiberglas tel örgünün arasında kurulan kimyasal bağın oldukça sağlam olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapısında bulunan budak, çatlak, lif düzensizlikleri gibi odun kusurlarının giderilmesi ve küçük boyutlu ahşap malzemelerin kullanılması ile ağaç malzemenin verimli kullanılmasına imkan veren laminasyon işlemi; boyutsal stabiliteyi sağlamakta, mekanik özellikleri arttırmakta dolayısıyla ürünün kullanım ömrünü uzatmaktadır. Bu durum ekonomik açıdan önemli avantajlar sağlayacaktır. Ayrıca farklı form ve şekillerde de üretilbildiğinden ülkemiz ahşap yapı sektöründe kullanım oranının artırılması önerilmektedir.

Farklı ağaç türü, tutkal çeşidi ve destek malzemesi kullanılarak ahşap ve lamine ahşap malzemeye kıyasla daha iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip destek katmanlı lamine ahşap yapı elemanları, daha düşük maliyetle üretilebilir. Ayrıca destek malzemelerinin lamine ahşap yapı elemanlarında farklı katmanlar arasına yerleştirilmesi suretiyle denenecek katman simetrisi ile farklı dayanım özelliklerine sahip yapı elemanları elde edilebilir.

Destek katmanlı ahşap yapı elemanlarının kullanım yerinde maruz kalacağı iklim şartlarının ahşap elemanların mekanik özelliklerini ve tutkal türlerinin dayanımını nasıl etkileyeceğinin araştırılması, ahşap yapıların kullanım kriterlerinin belirlenmesinde ve uygun standartların oluşturulması bakımından önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aghayere, A. and Vigil, J. (2007). *Structural Wood Design a Practice-Oriented Approach Using The ASD Method*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 12.
- Akgül, T. (2007). *Ahşapların ve Birleşim Noktalarının Fiber Takviyeli Polimerlerle (FRP) Güçlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Altınok, M., Burdurlu, E. and Özkaya, K. (2008). Deformation analysis of curved laminated structural wood elements. *Construction and Building Materials*, 22(8), 1643-1647. doi:10.1016/j.conbuildmat.2007.06.007
- Avlar, E. ve Karaçar Ercoşkun, P. (2012). Türkiye Yapı Sektöründe Tutkallı Tabakalı Ahşap Teknolojisinin Benimsenmemeye Nedenlerinin Ercoşkun Modeli İle Değerlendirilmesi. *MEGARON*, 7(1), 67-76.
- Beceren Öztürk, R. ve Arıoğlu, N. (2006). Türk Sarıçamından Lamine Ahşap Kirişlerin Mekanik Özellikleri. *itüdergisi/a mimarlık,planlama,tasarım*, 5(2), 25-36.
- Bektaş, İ. (2004). Ahşap Malzemelere Ait Çalışma Raporu *Yapı Malzemeleri Komisyonu Raporu*, Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 39
- Berglund, L. and Rowell, R. M. (2005). Wood Composites. In R. M. Rowell (Ed.), *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Boca Raton: CRC Press, pp. 10-2
- Bostancıoğlu, E. ve Düzgün Birer, E. (2004). Ekoloji ve Ahşap-Türkiye’de Ahşap Malzemenin Geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(2), 37-44.
- Bozkurt, Y. (1992). *Odun Anatomisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları,224-225
- Burdurlu, E. (1994). *Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim-Kullanım Teknolojisi*. Ankara, 156-157.
- Burdurlu, E., Kılıç, M., İlçe, A. C. and Uzunkavak, O. (2007). The effects of ply organization and loading direction on bending strength and modulus of elasticity in laminated veneer lumber (LVL) obtained from beech (*Fagus orientalis* L.) and lombardy poplar (*Populus nigra* L.). *Construction and Building Materials*, 21(8), 1720-1725. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.05.002>
- Devlet İstatistik Enstitüsü. (2001). *Bina Sayımı 2000*. Ankara:Devlet İstatistik Enstitüsü, 22
- Devlet Planlama Teşkilatı (2006). Dokuzuncu Kalkınma Planı-Ağaç Ürünleri ve Mobilya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu; DPT, 2745 - ÖİK: 693. *Ankara*, 93-116.
- Doğangün, A., Livaoğlu, R., Tuluk, Ö. İ. ve Acar, R. (2005, 23-25 Mart). *Geleneksel Ahşap Yapıların Deprem Performansları*. Deprem Sempozyumu'nda sunuldu, Kocaeli

Döngel, N. (1999). *Lamine Ahşap Malzemede Ağaç Türü, Katman Sayısı ve Tutkal Çeşidinin Eğilme Direncine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ekici, C. E. (2004). *Bordo Kitap – Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı* (3. Baskı). Elazığ: Üniversite Kitabevi, 745

Ergünay, O. (2007, 5-7 Aralık). *Türkiye'nin Afet Profili*. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Afet Sempozyumunda sunuldu, Ankara.

Ersoy, H. Y. (2001). *Kompozit Malzeme* (S. Özkal Ed.). İstanbul: Literatür Yayıncılık, 2

Falk, R. H. (2010). Wood as a Sustainable Building Material. In R. J. Ross (Ed.), *Wood handbook—Wood as an engineering material*. Centennial Edition. Madison, WI: U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, pp. 1-1.

Issa C.A. and Kmeid Z., “Advanced wood engineering: glulam beams”, *Journal of Construction and Building Materials*, 19(2): 99–106 (2005).

İnternet: Adalar Kaymakamlığı. (2015). Adalar Mimarisi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.adalar.gov.tr%2Fdefault%2FB0.aspx%3Fcontent%3D1029+%&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Afyonkarahisar İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. İnanç Turizmi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.afyonkulturturizm.gov.tr%2FTR%2C63507%2Financ-turizmi.html&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Birleşmiş Milletler Eğitim Bilim ve Kültür Örgütü. Buddhist Monuments in the Horyu-ji Area. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwhc.unesco.org%2Fen%2Flist%2F660+%&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Cam Elyaf Tekstil. Sinek Teli Teknik Özellikleri. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.fibertul.com%2Fpages%2Furun1.htm&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Centaurproducts. Richmond Olympic Oval. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.centaurproducts.com%2Fimages%2Fgallery---richmond-olympic-oval%2Fzf-8779-07262-1-005.jpg&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Çalışma Genel Müdürlüğü / Sendika Üyeliği ve İstatistik Daire Başkanlığı. Asgari Ücretin Net Hesabı ve İşverene Maliyeti. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.csgb.gov.tr%2FcsqbPortal%2Fcgm.portal%3Fpage%3Dasgari&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Çobanoğlu Tel Örgü ve Çit Sistemleri. Rabis Teli. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cobanoglu.net%2F%3Fpnum%3D14%26pt%3DRabis%2BTeli&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Enbor Teknik Malz. Kafes ve Elek Telleri San.Tic.Ltd.Şti. Plastik, Fiber, Alüminyum Teller. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.elek-teli.com%2Ffiber_elek.html&date=2015-10-14, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Hadim Boya. Kleiberit 506.0 pur yapıştırıcı. Hadim Boya. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fhadimboya.com%2Furunler%2Fdatasheets%2F506-0.pdf&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Kastamonu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. Mahmutbey Camii. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.kastamonukultur.gov.tr%2FTR%2C93964%2Fmahmutbey-camii.html&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü. Eşrefoğlu Camii. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.kulturvarliklari.gov.tr%2FTR%2C44419%2Fbeysehir-esrefoglu-camii-konya.html&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Stanbridge John. Sheffield Winter Gardens. Bighugelabs. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fbighugelabs.com%2Fonblack.php%3Fid%3D3521768431%26size%3Dlarge&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Shigeru Ban Architects. Haesley Nine Bridges Golf Club House. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.shigerubanarchitects.com%2Fworks%2F2010_haesley-nine-bridges%2Fthumbnail.jpg&date=2015-10-14, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Sivas Nalburiye İnşaat Malzemeleri Tic. A.Ş. Sinek Telleri - Alüminyum. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.paslanmazolek.net%2Fsinek-telleri-aluminyum.html&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Teknomarin ESA-3000. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.teknomarin.com.tr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F01%2FTEKNOMARIN-ESA-3000-TR.pdf&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kurları. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tcmb.gov.tr%2Fwps%2Fwcm%2Fconnect%2Ftcmb%2Btr%2Ftcmb%2Btr%2Fmain%2Bpage%2Bsite%2Barea%2Fbugun&date=2015-08-03>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2015

İnternet: Utlu Tel Mamulleri San. ve Tic. Ltd. Şti. Sinek Telleri. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Futlutel.com.tr%2F1.asp&date=2015-10-14>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Vujicic-Lugassy, Vesna. Buddhist Monuments in the Horyu-ji Area. UNESCO. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwhc.unesco.org%2Finclude%2Ftool_image.cfm%3Fsrc%3D%2Fuploads%2Fsites%2Fgallery%2Foriginal%2Fsite_0660_0003.jpg%26id_site%3D660&date=2015-10-14, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Wikimedia. Wood bridge Montmorency. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fcommons.wikimedia.org%2Fwiki%2FFile%3AWood_bridge_Montmorency.jpg&date=2015-10-14, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Wikipedia. (2015a). Büyükada Rum Yetimhanesi. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FB%25C3%25BCy%25C3%25BCkada_Rum_Yetimhanesi%23%2Fmedia%2FFile%3AAerial_islands.jpg&date=2015-10-14, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

İnternet: Wikipedia. (2015b). Büyükada Rum Yetimhanesi. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FB%25C3%25BCy%25C3%25BCkada_Rum_Yetimhanesi%23%2Fmedia%2FFile%3AAerial_islands.jpg&date=2015-10-14, Son Erişim Tarihi: 14.10.2015

Karacabeyli, E. and Popovski, M. (2003). Design for Earthquake Resistance. In S. Thelandersson and H. J. Larsen (Eds.), *Timber Engineering*. West Sussex: John Wiley&Sons Ltd., pp. 273-292

Kasal, A., Efe, H. ve Dizel, T. (2010). Masif ve Lamine Edilmiş Ağaç Malzemelerde Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 13(3), 183-190.

Kasapoğlu, E. (2007). *Depremler ve Türkiye: Hakkında Bilmek İstedikleriniz*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, X,27.

Kermani, A. (1999). *Structural Timber Design*. Cambridge: Blackwell Science Ltd., 82-83.

Keskin, H. (2001). *Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri Ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Köylü, A. (2008). *Geleneksel Yapıların Yatay Yükler Etkisinde İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Moody, R. C. and TenWolde, A. (1999). Use of Wood in Buildings and Bridges *Wood Handbook - Wood as an Engineering Material*. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, pp. 16-1.

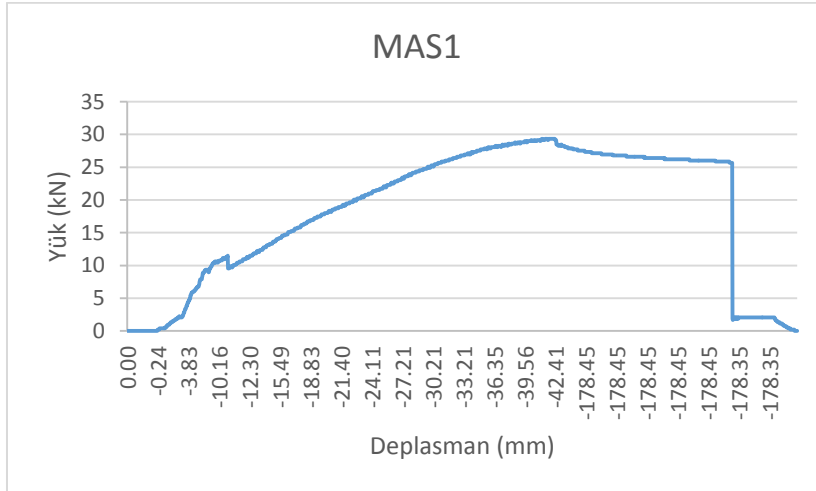
Nunnally, S. W. (2007). *Construction Methods and Management* (Seventh Edition). New Jersey: Pearson Prentice Hall, 295

- Onarım ve Güçlendirme Malzemeleri Komisyonu. (2004). Onarım ve Güçlendirme Malzemeleri Komisyonu Raporu *Yapı Malzemeleri Komisyonu Raporu*; Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. Ankara, pp. 18.
- Örs, Y. ve Toğay, A. (2003). Ahşap Yapı Endüstrisinin Tanımı, Sınıflandırılması, Türkiye’de Uygulanan Üretim Teknikleri. *Politeknik Dergisi*, 6(3), 569-577.
- Öztank, N. (2004). *Orta Yükseklikteki (4-8 Kat) Konut Yapılarında Ahşap Teknolojisinin Uygulanabilirliği*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Raftery, G. M. and Kelly, F. (2015). Basalt FRP rods for reinforcement and repair of timber. *Composites Part B-Engineering*, 70, 9-19. doi: DOI 10.1016/j.compositesb.2014.10.036
- Stalnaker, J. J. and Harris, E. C. (1999). *Structural Design in Wood* (Second Edition). Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 11-12, 17-18, 157-159,305
- Stark, N. M., Cai, Z. and Carll, C. (2010). Wood-Based Composite Materials, Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials. In R. J. Ross (Ed.), *Wood handbook—Wood as an engineering material*. Madison, WI: U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, pp. 11-1,11-2,11-17,11-20.
- The Engineered Wood Association. (2008). *Glulam Product Guide*. Washington: The Engineered Wood Association, 4
- Thelandersson, S. (2003b). Introduction: Wood as a Construction Material. In S. Thelandersson and H. J. Larsen (Eds.), *Timber Engineering*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., pp. 18
- Thelandersson, S. (2003a). Timber Engineering - General Introduction. In S. Thelandersson and H. J. Larsen (Eds.), *Timber Engineering*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., pp. 7
- Toğay, A. (2002). *Ahşap Yapılar, Türkiye’de Ahşap Yapı Endüstrisinin Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Togay, A. and Ergin, E. (2014). Determination of Some Physical Attributes for Wooden Construction Elements Strengthened with Woven Wire Fiberglass. *Bioresources*, 9(3), 3883-3900.
- Türk Standartları Enstitüsü. (1997). TS ISO 9194 Yapıların Projelendirilme Esasları – Taşıyıcı Olan ve Olmayan Elemanlar Depolanmış Malzemeler – Yoğunluk *Ek A*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Türk Standartları Enstitüsü. (1999). TS EN 323 Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.,

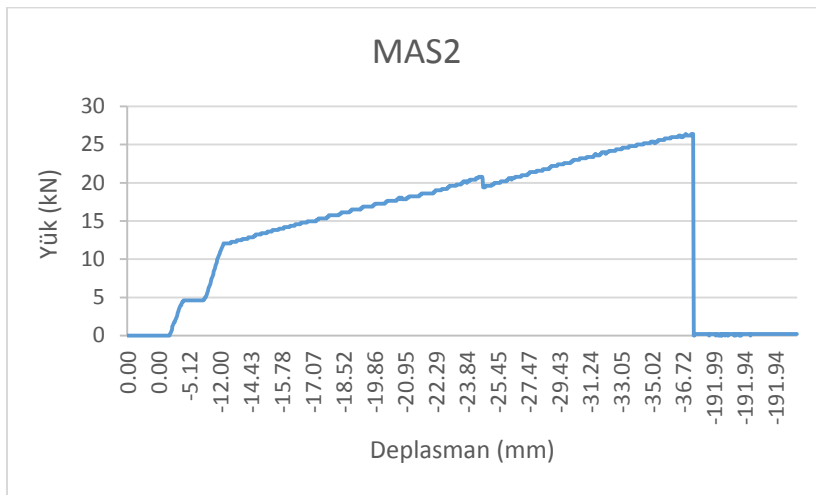
- Türk Standartları Enstitüsü. (2006). TS 5497 EN 408 Ahşap Yapılar – Yapı Kerestesi Ve Tutkallanmış Lamine Kereste – Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Tayini. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Verma, C. S., Sharma, N. K., Chariar, V. M., Maheshwari, S., & Hada, M. K. (2014). Comparative study of mechanical properties of bamboo laminae and their laminates with woods and wood based composites. *Composites Part B: Engineering*, 60(0), 523-530. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.12.061>
- Yahyaei-Moayyed M. and Taheri F. (2011). Experimental and Computational Investigations Into Creep Response Of AFRP Reinforced Timber Beams. *Composite Structures*, 93: 616–628.
- Zhang, Z. F., Zhou, X. Y., Li, J. H., Wu, F. J. and Peng, W. X. (2011). Study on Mechanics of Laminated Veneer Lumber for Wood Bridge Based on China Southern Plantation. *Materials, Mechatronics and Automation, Pts 1-3*, 467-469, 1711-1715. doi:DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.467-469.1711
- Zhu, Y. M., Long, T., Hou, M., & Wang, Q. Y. (2013). FRP reinforced short wood columns under axial compressive load. *Construction and Urban Planning, Pts 1-4*, 671-674, 484-487. doi: DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.671-674.484
- Zhu, Y. M., Yuan, S. C., Hou, M., & Wang, Q. Y. (2013). Square short wood columns strengthened with FRP sheets under compressive load. *Advances in Civil Engineering Ii, Pts 1-4*, 256-259, 1008-1011. doi: DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.256-259.1008

EKLER

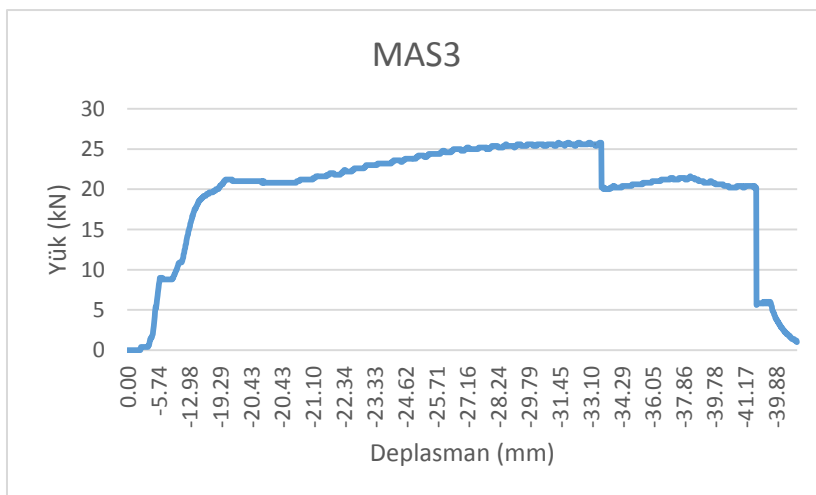
EK-1. Masif ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 1.1. Dört nokta eğilme testlerinde kullanılan masif ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

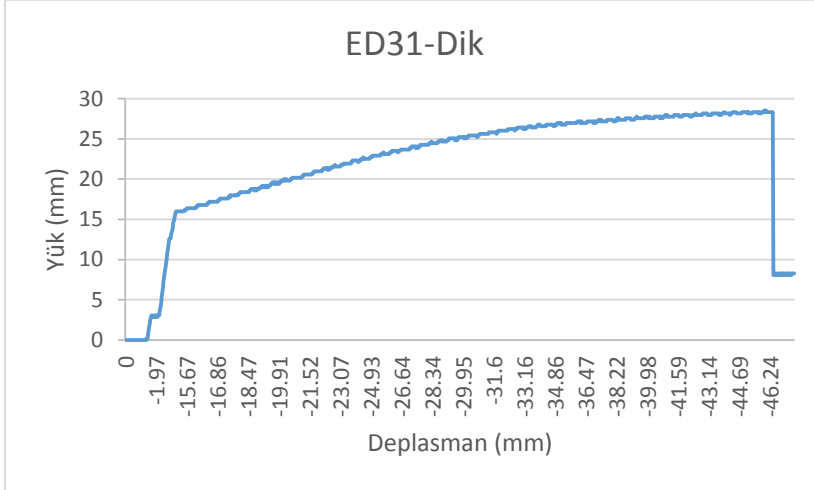


Şekil 1.2. Dört nokta eğilme testlerinde kullanılan masif ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

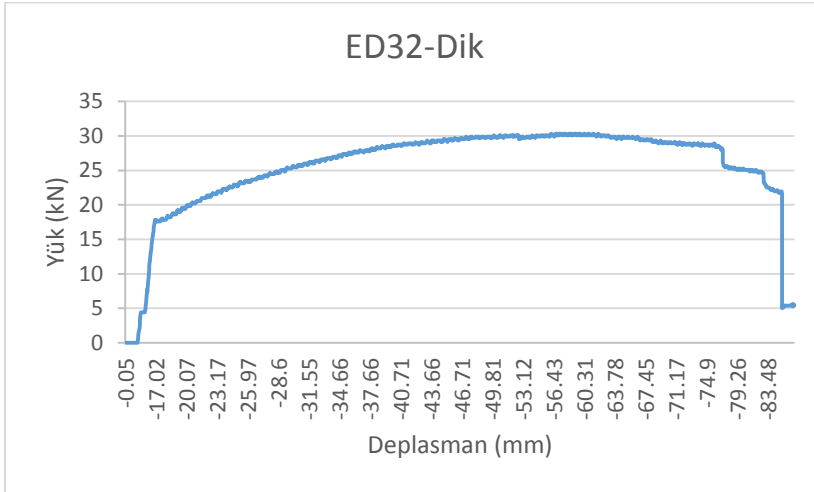


Şekil 1.3. Dört nokta eğilme testlerinde kullanılan masif ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

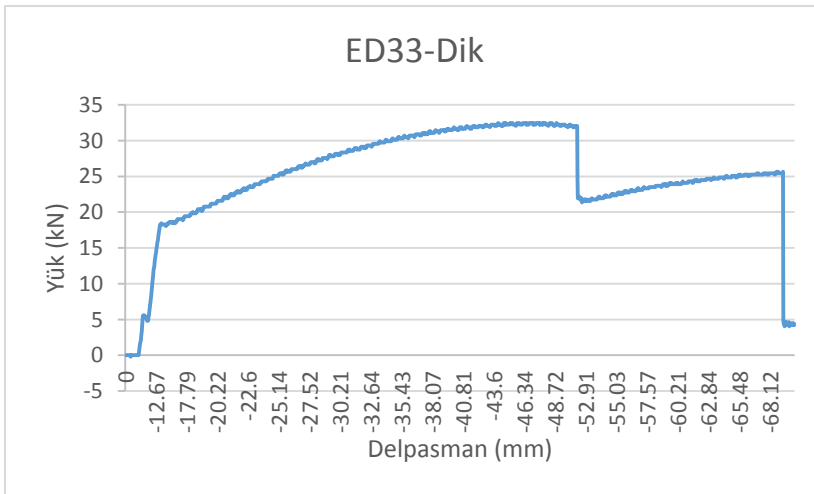
EK-2. Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.1. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

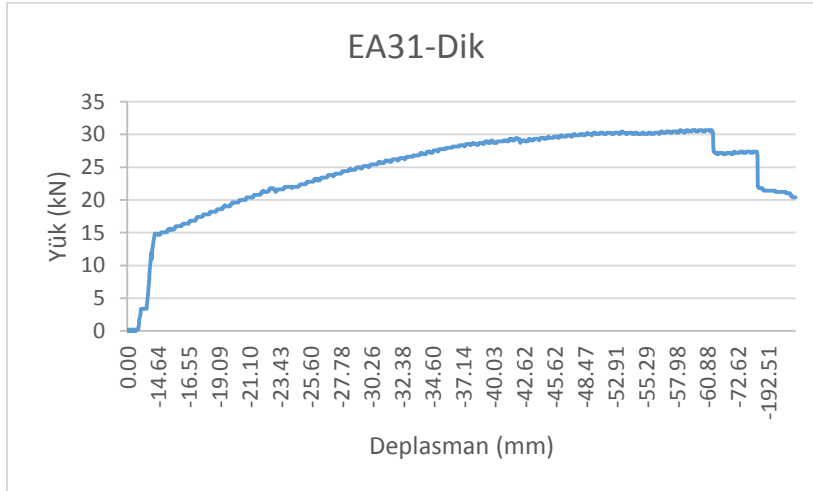


Şekil 2.2. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

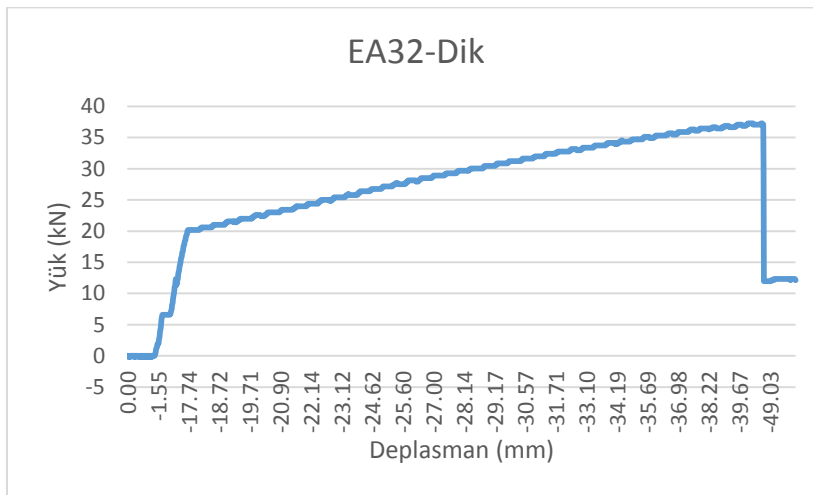


Şekil 2.3. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

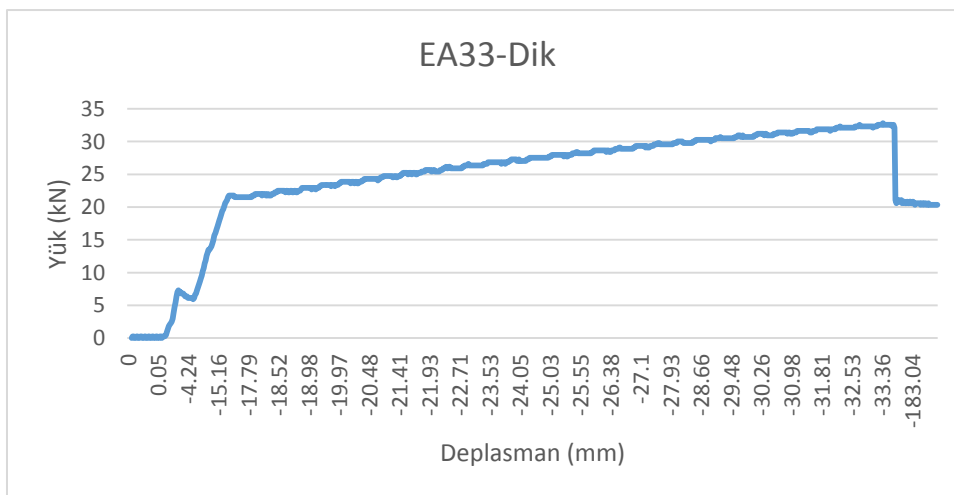
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.4. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

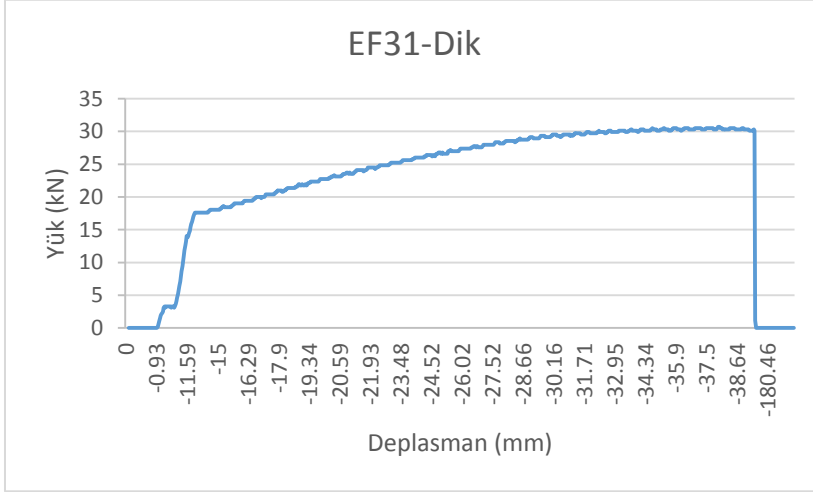


Şekil 2.5. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

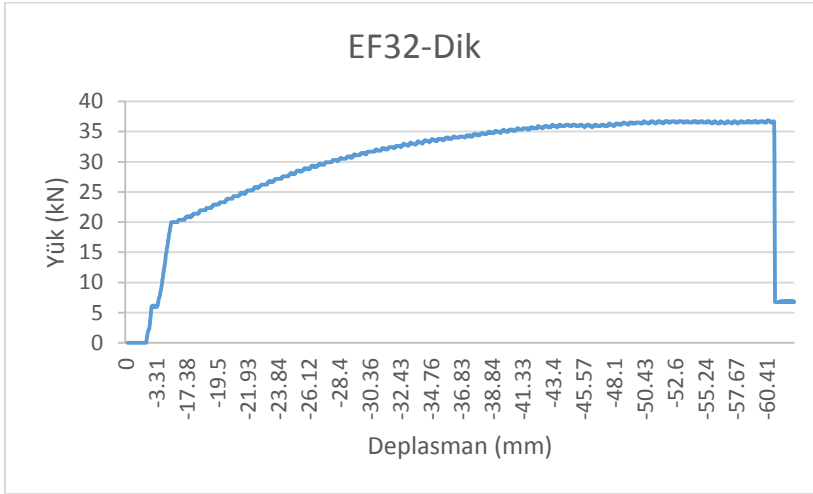


Şekil 2.6. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

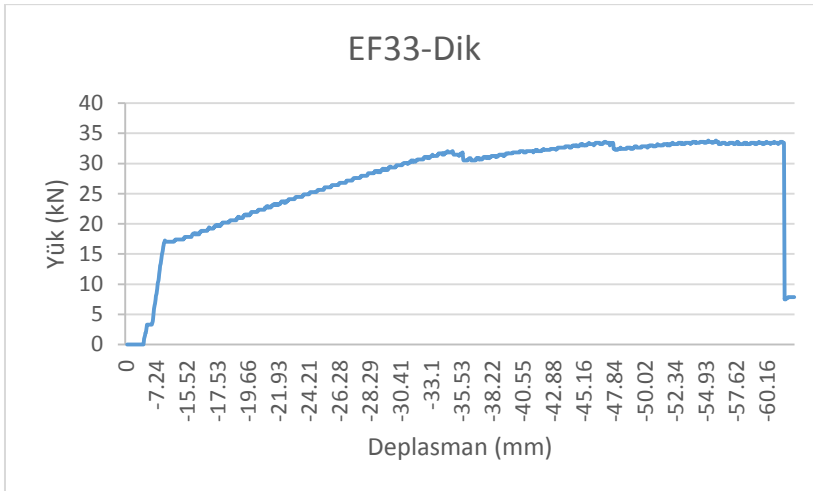
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.7. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

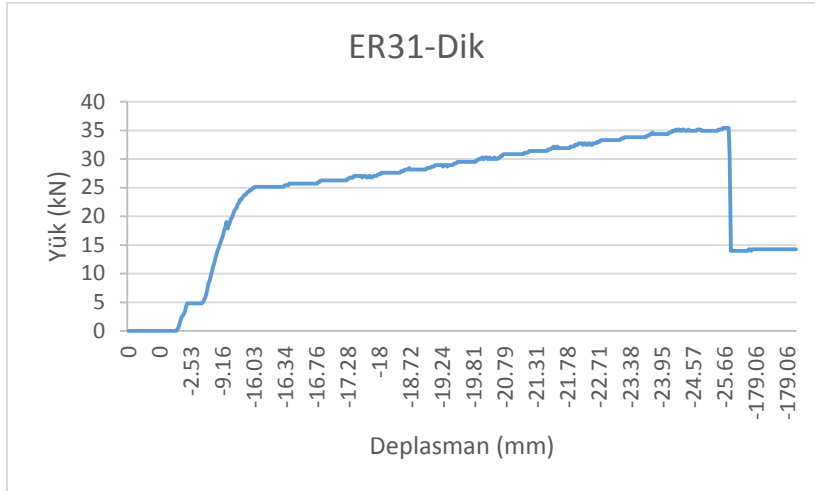


Şekil 2.8. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

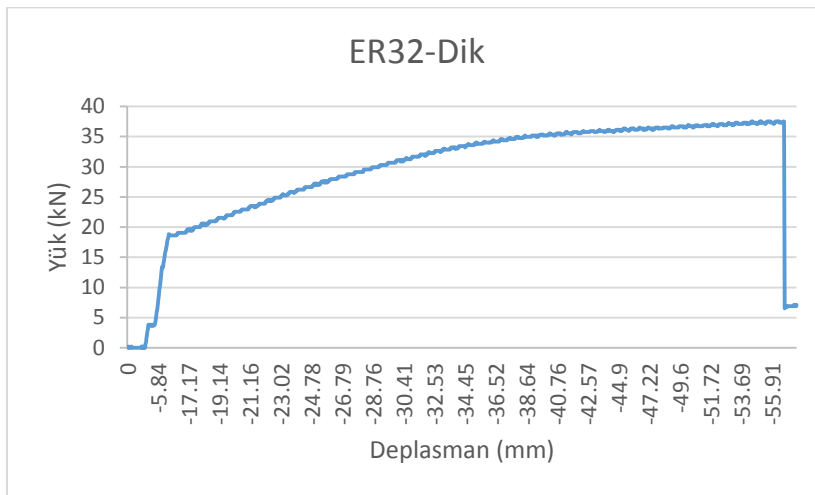


Şekil 2.9. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

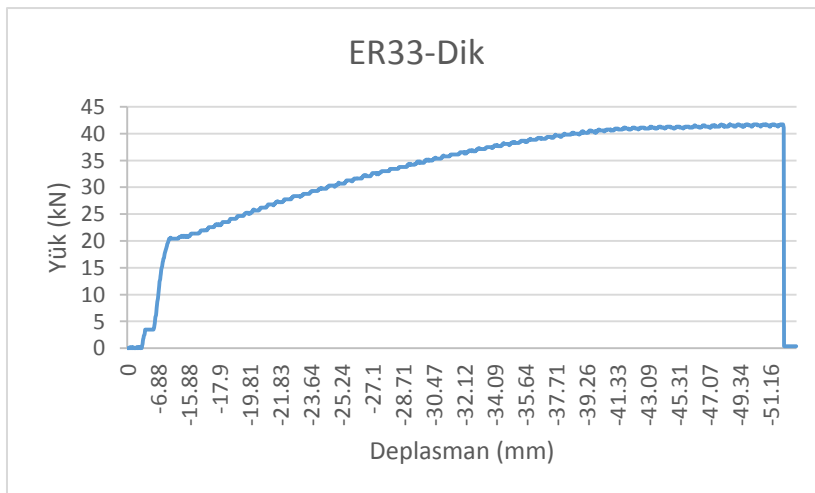
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.10. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

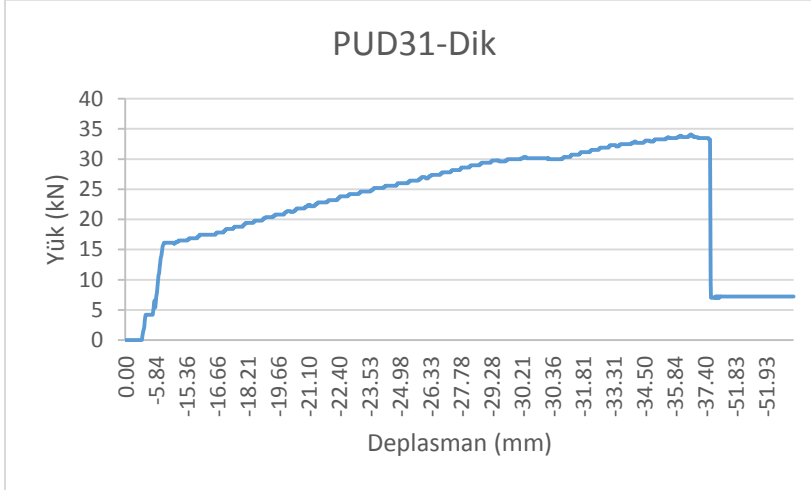


Şekil 2.11. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

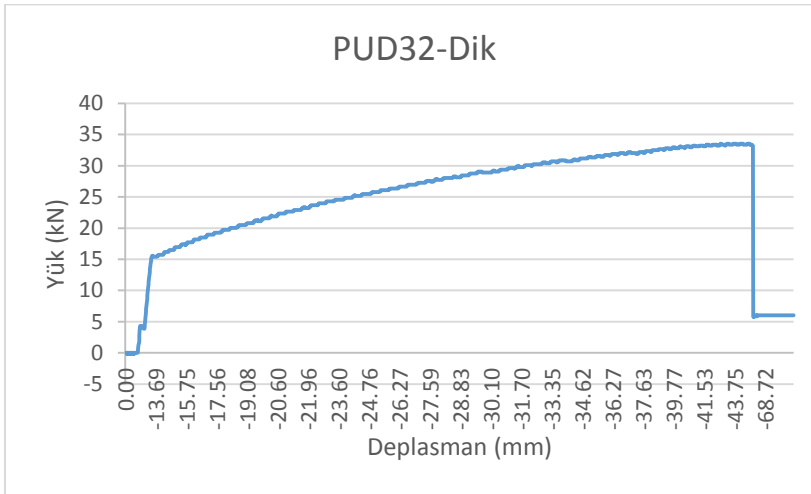


Şekil 2.12. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

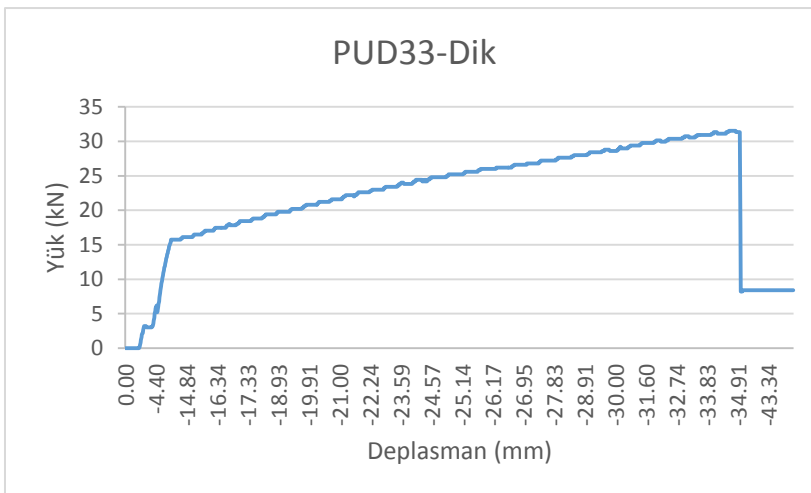
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.13. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

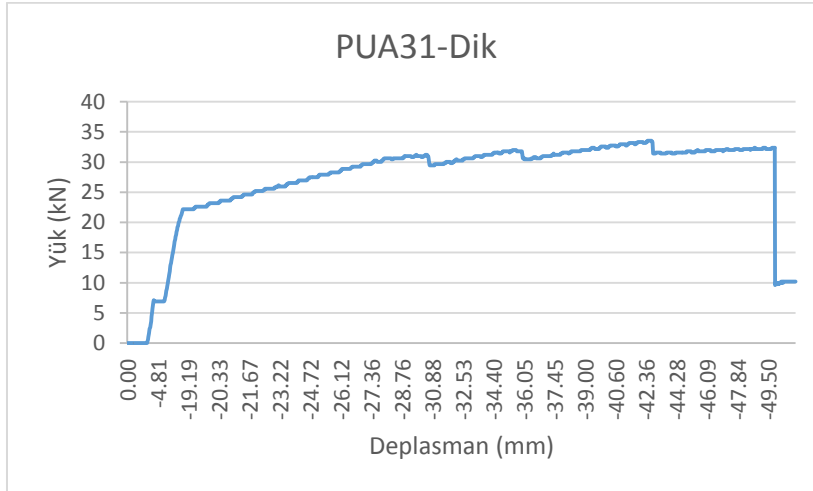


Şekil 2.14. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

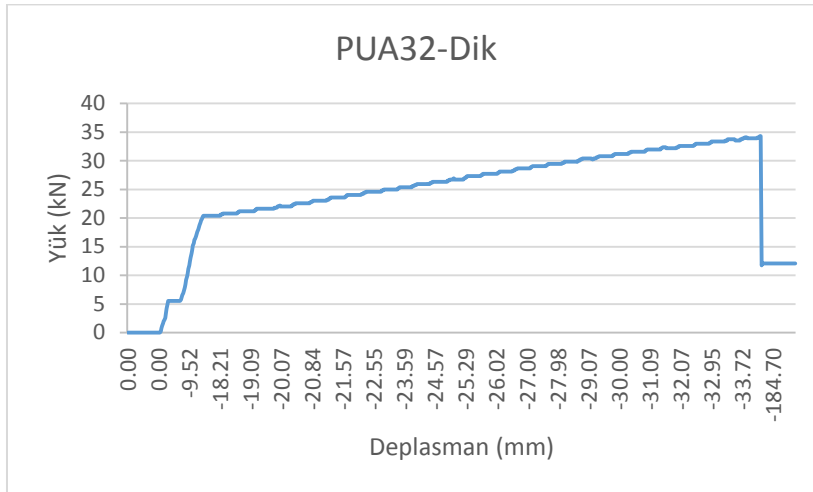


Şekil 2.15. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

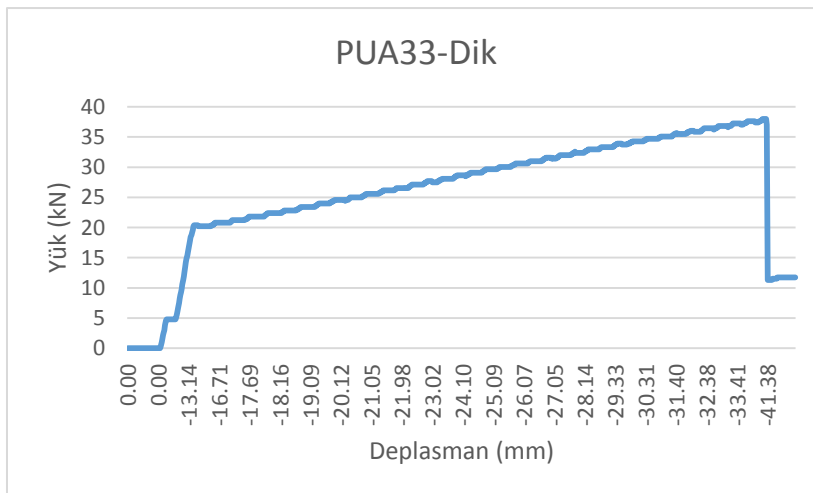
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.16. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

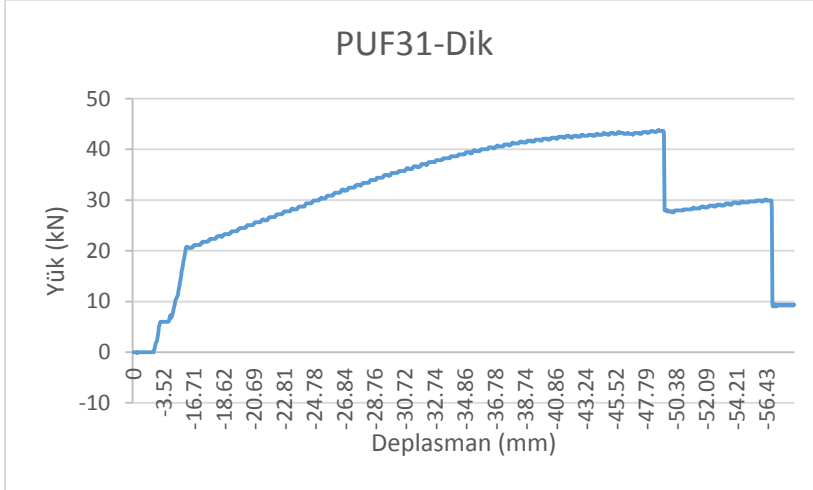


Şekil 2.17. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

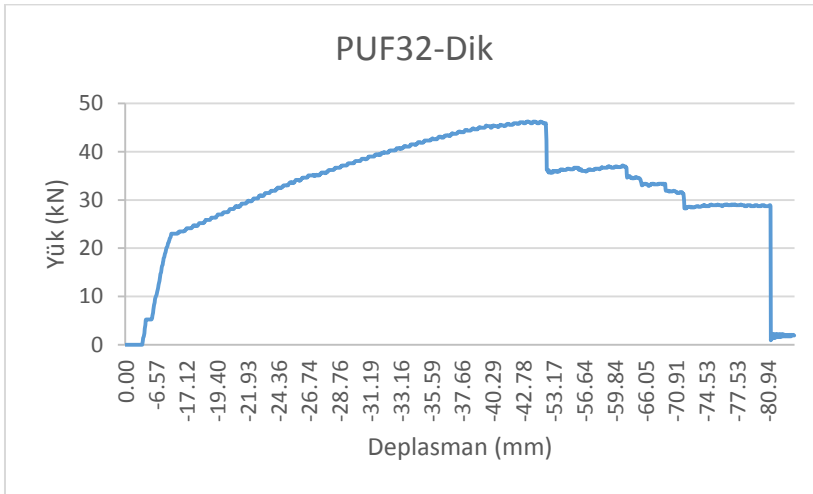


Şekil 2.18. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

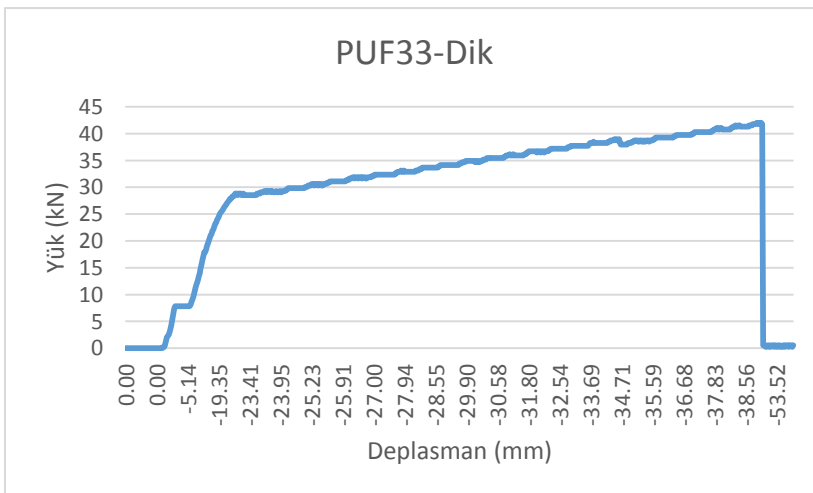
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.19. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

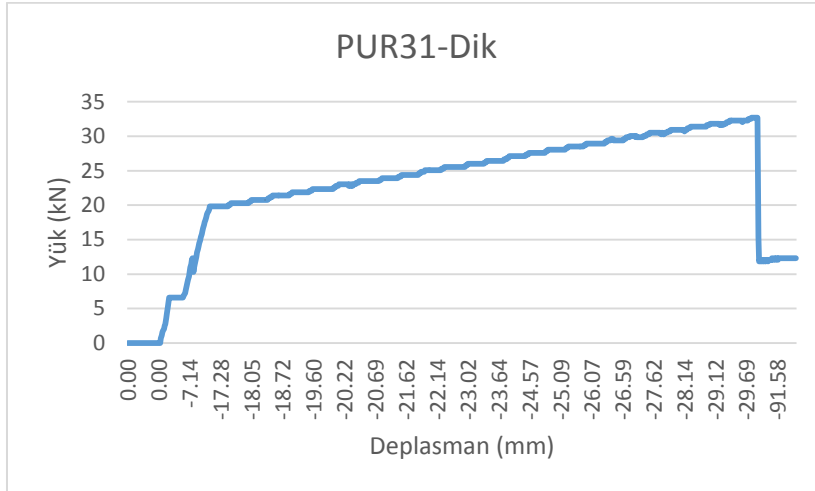


Şekil 2.20. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

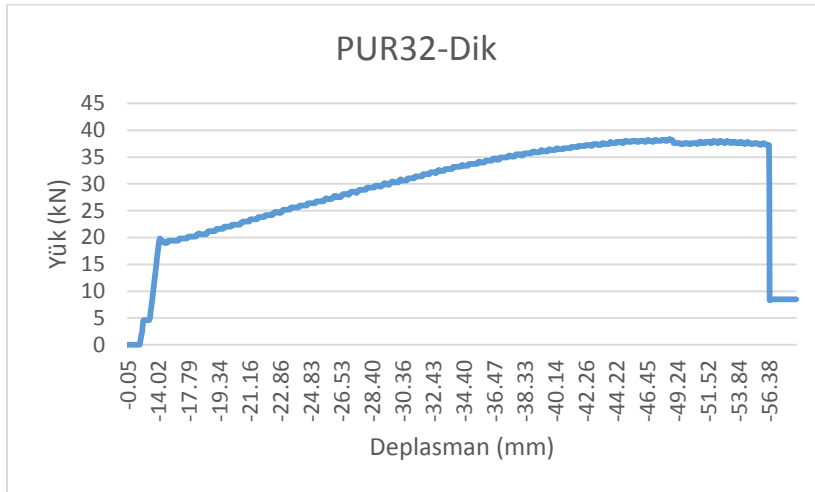


Şekil 2.21. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

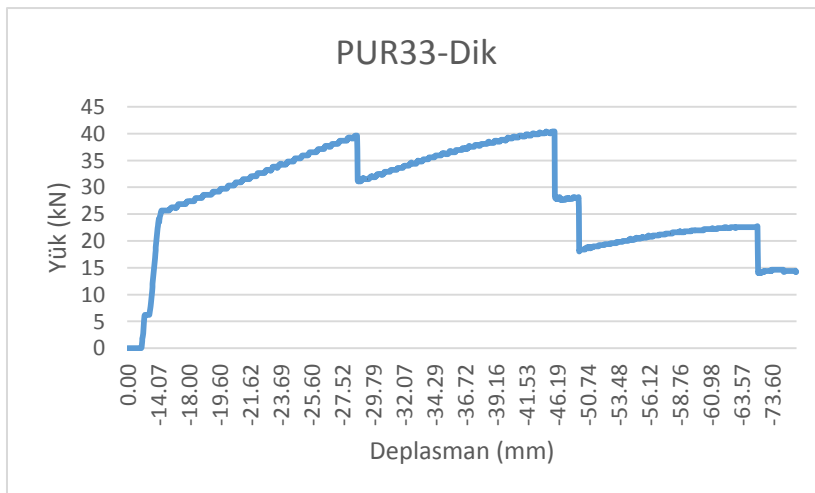
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.22. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

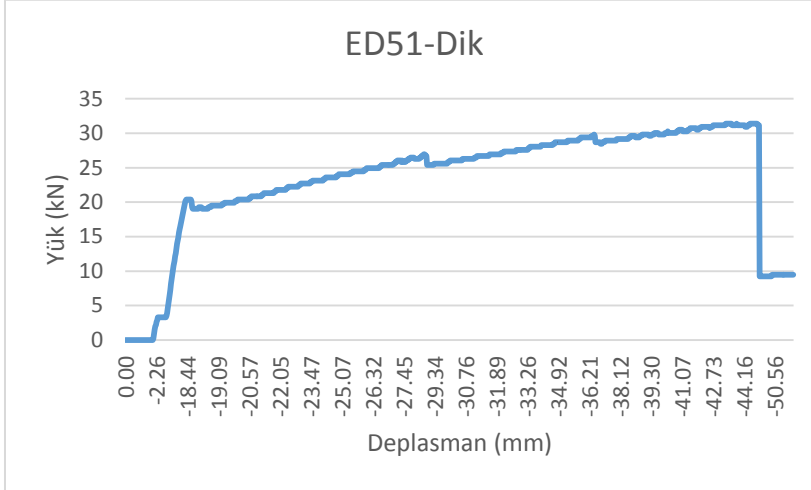


Şekil 2.23. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

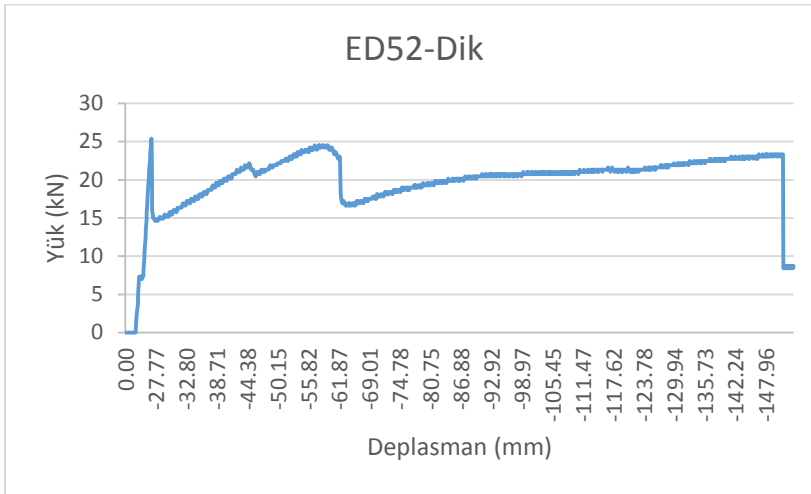


Şekil 2.24. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

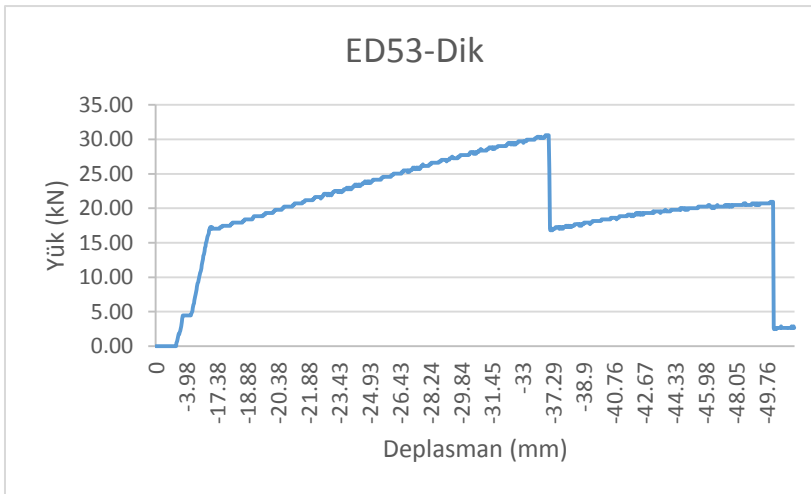
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.25. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

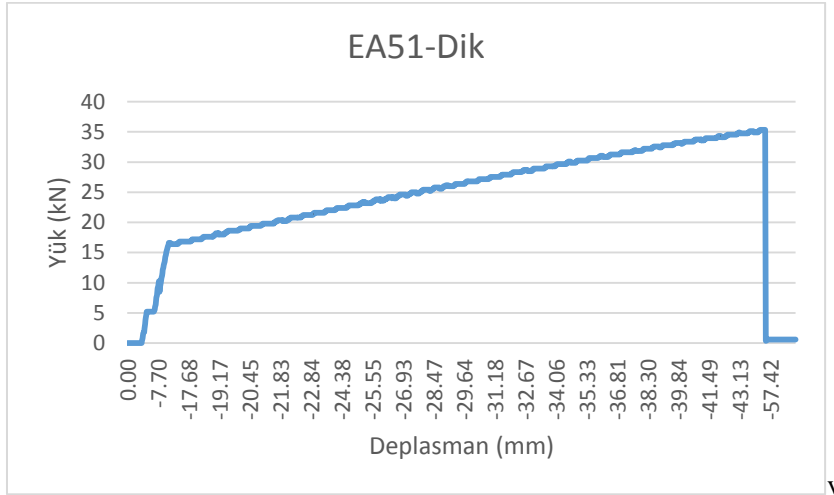


Şekil 2.26. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

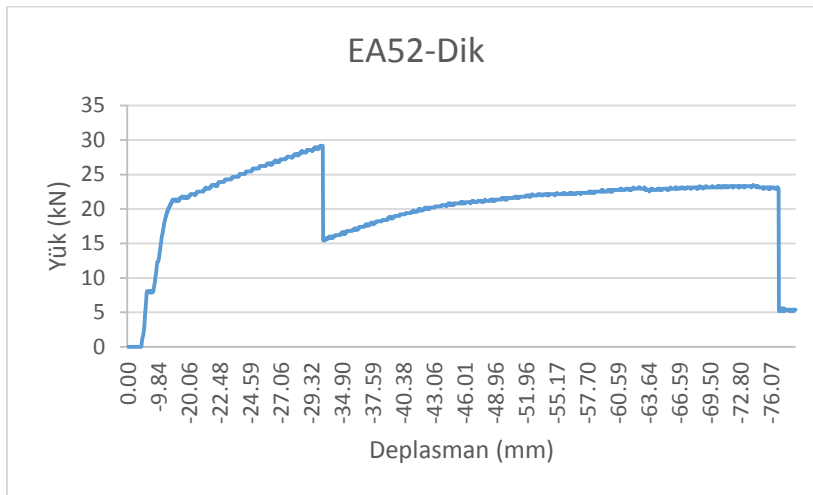


Şekil 2.27. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

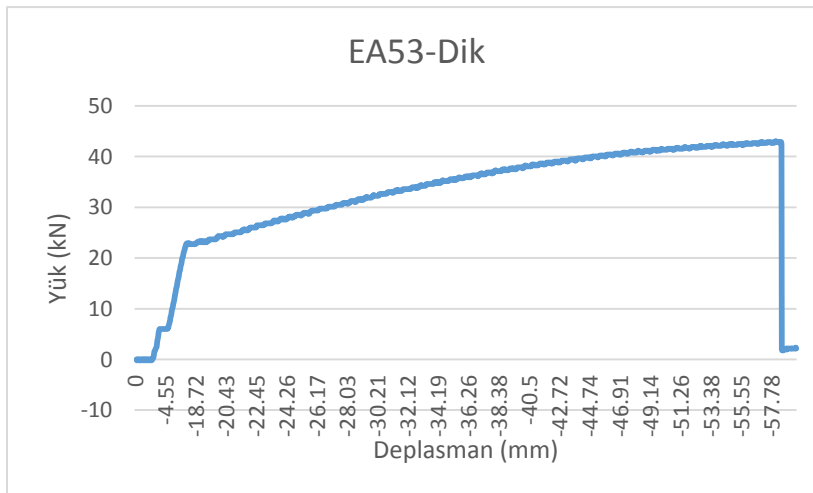
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.28. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

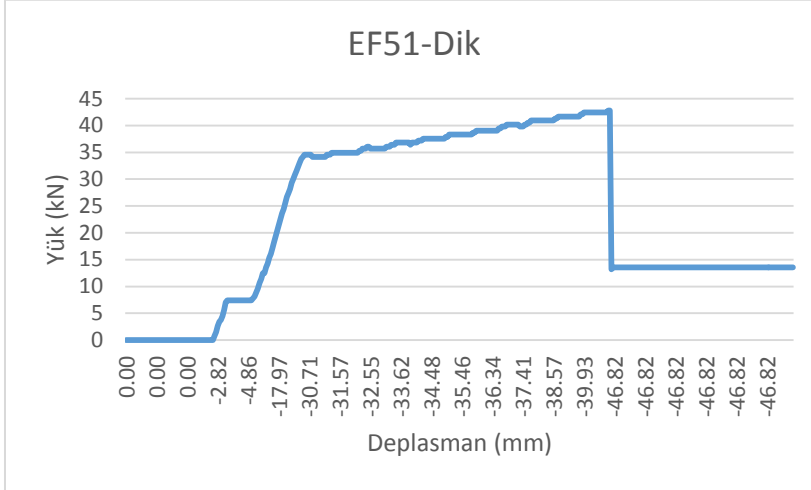


Şekil 2.29. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

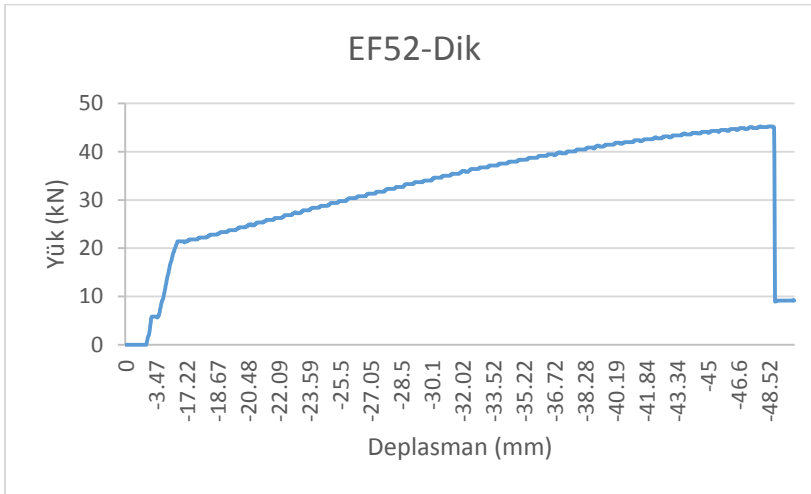


Şekil 2.30. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

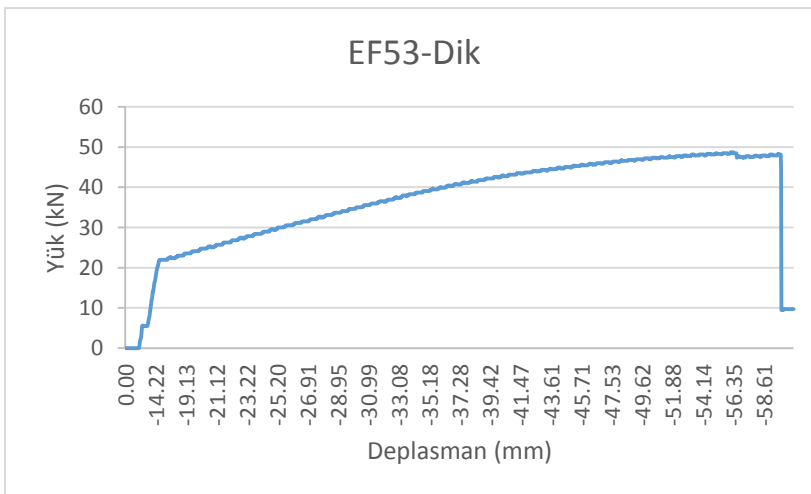
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.31. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

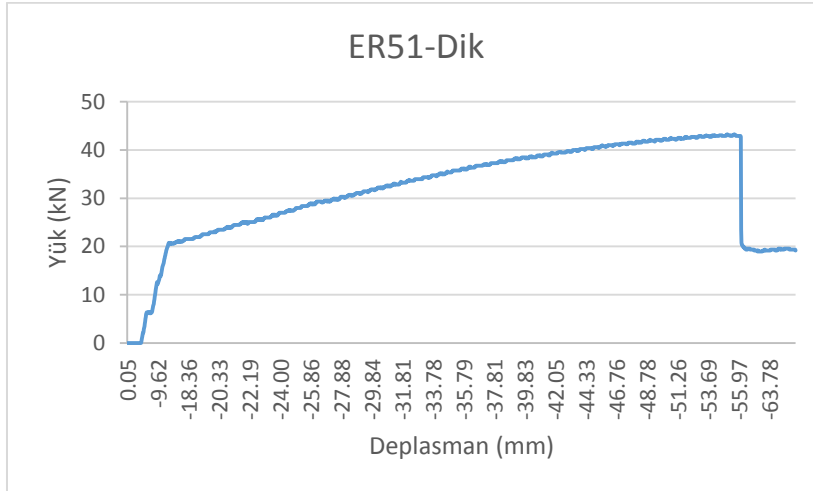


Şekil 2.32. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

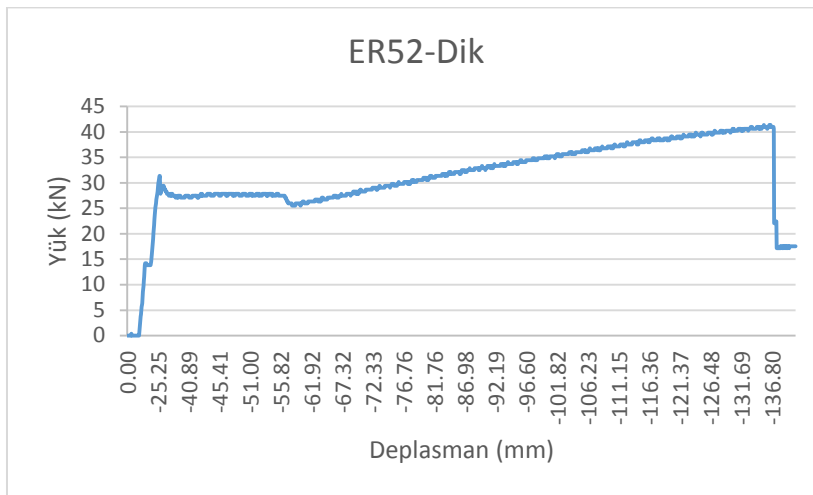


Şekil 2.33. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

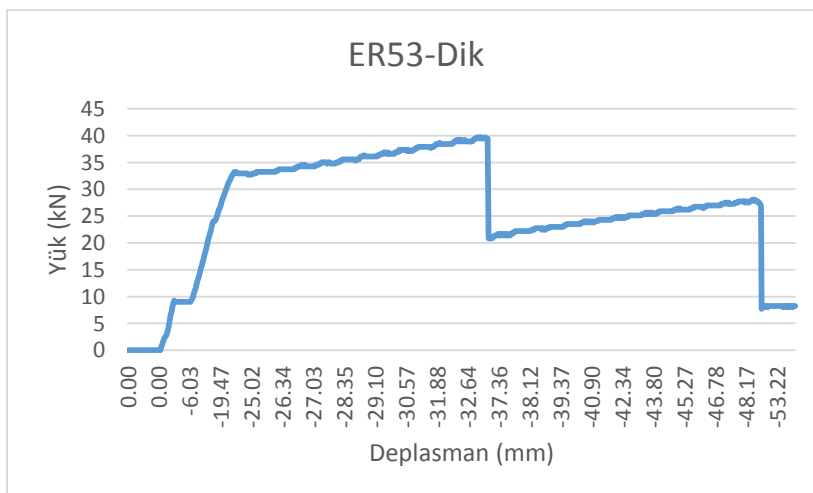
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.34. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

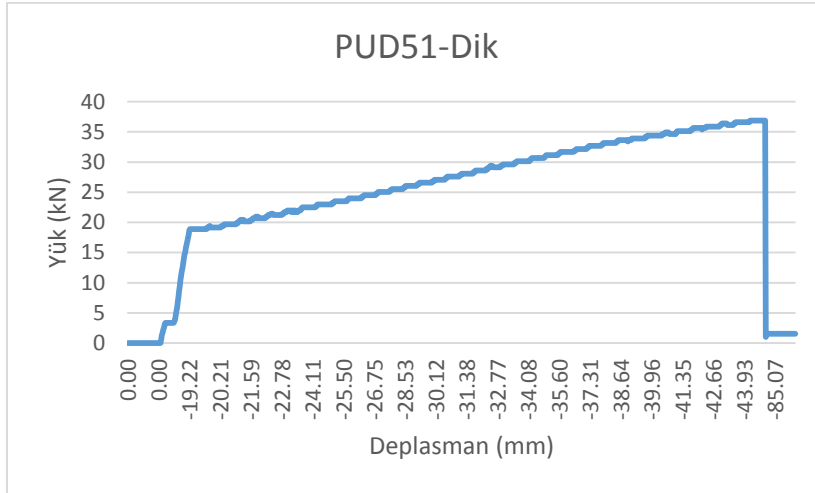


Şekil 2.35. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

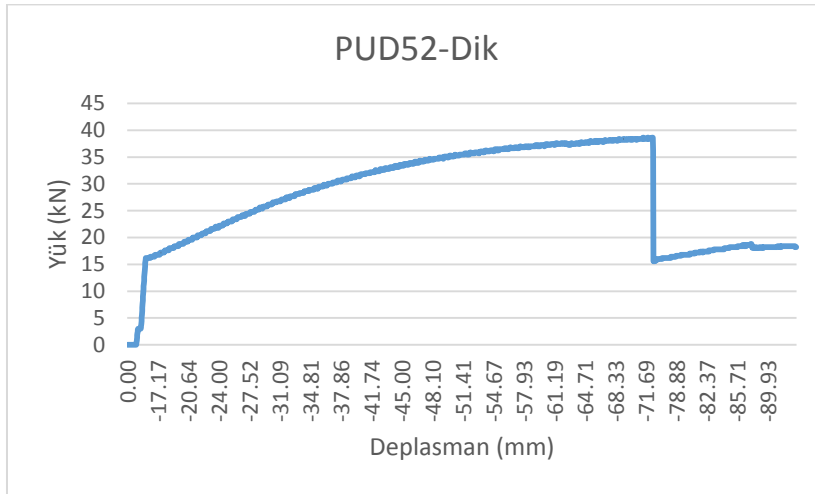


Şekil 2.36. Tutkal hattına dik eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

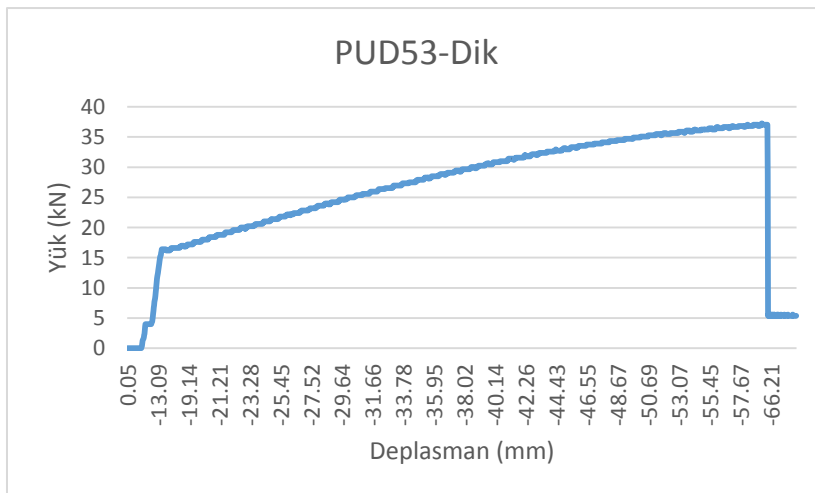
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.37. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

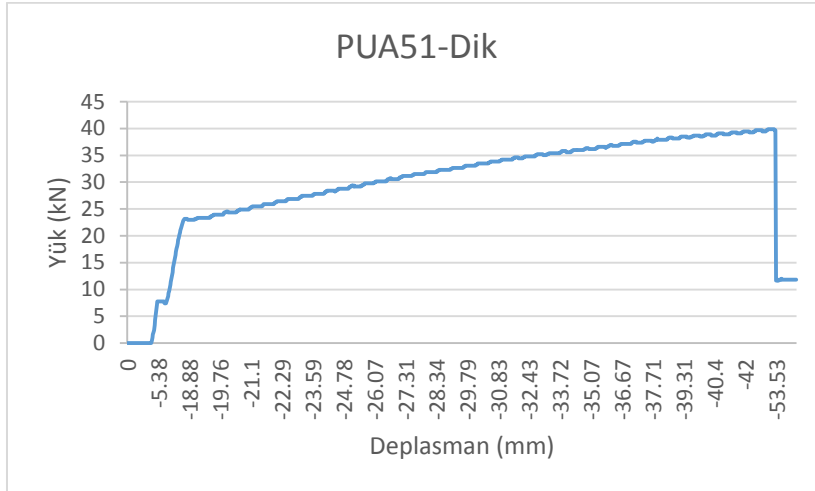


Şekil 2.38. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

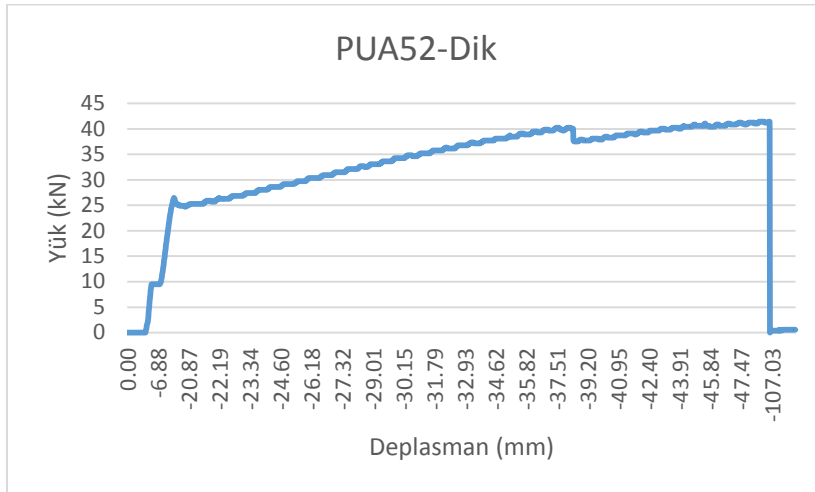


Şekil 2.39. Tutkal hattına dik eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

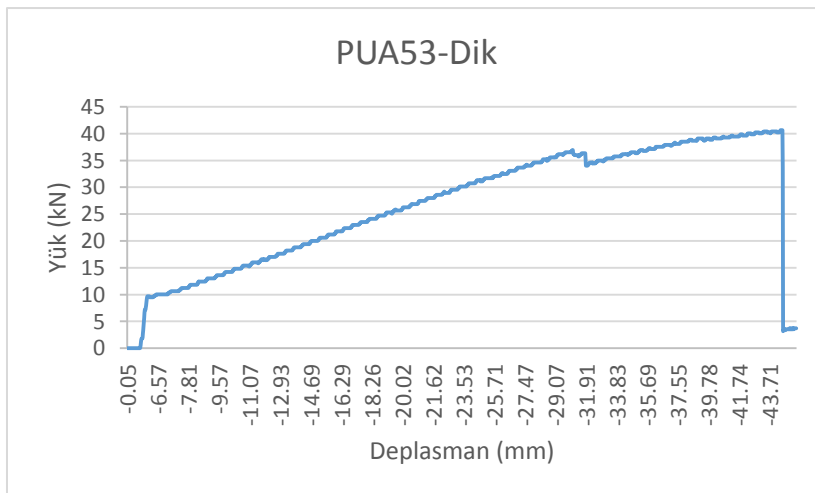
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.40. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

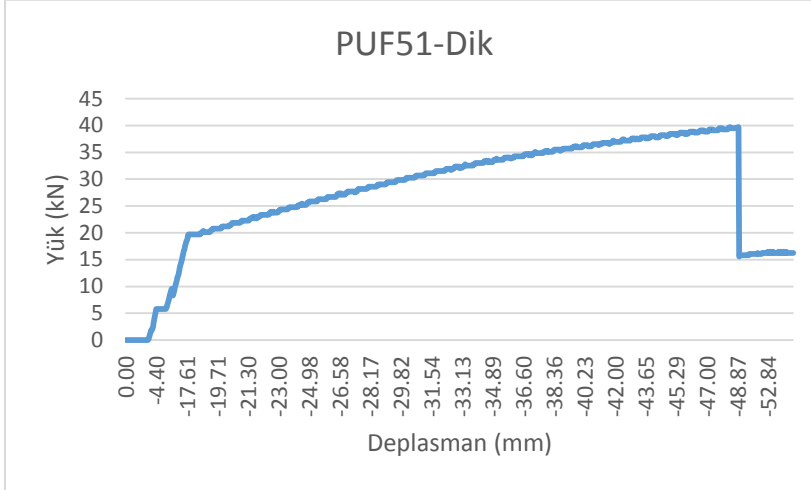


Şekil 2.41. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

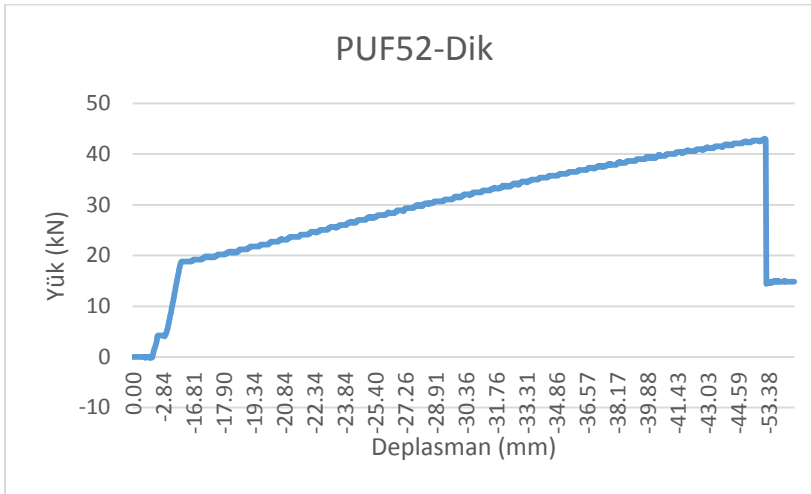


Şekil 2.42. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

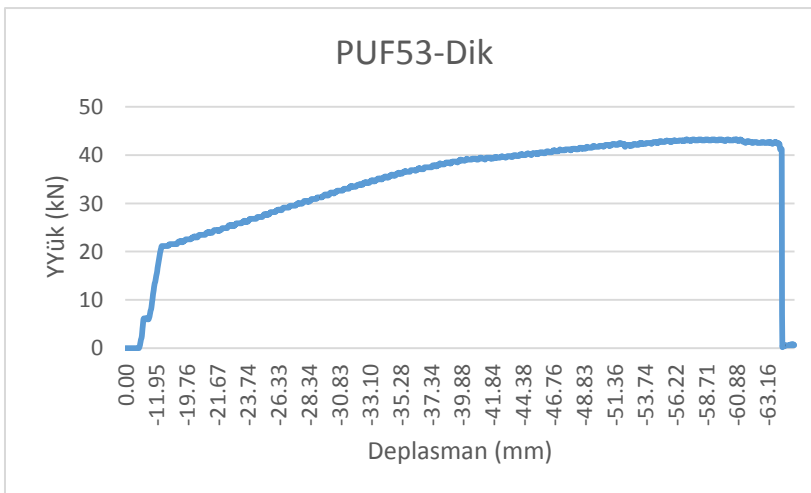
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.43 Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

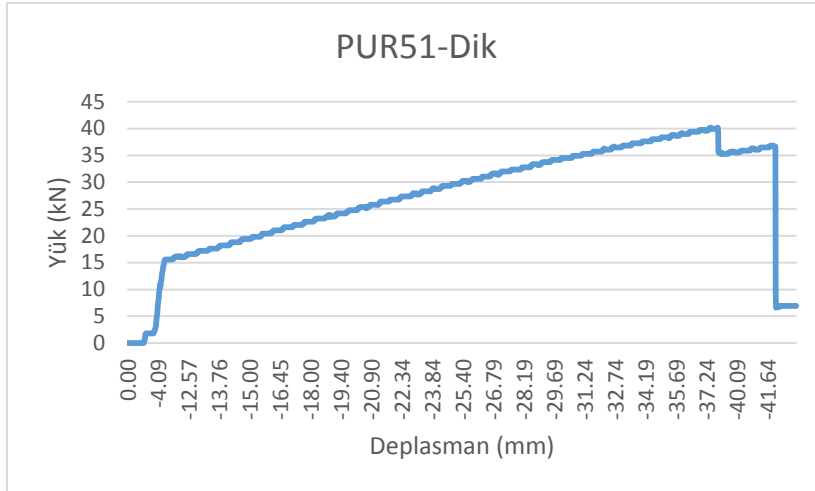


Şekil 2.44. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

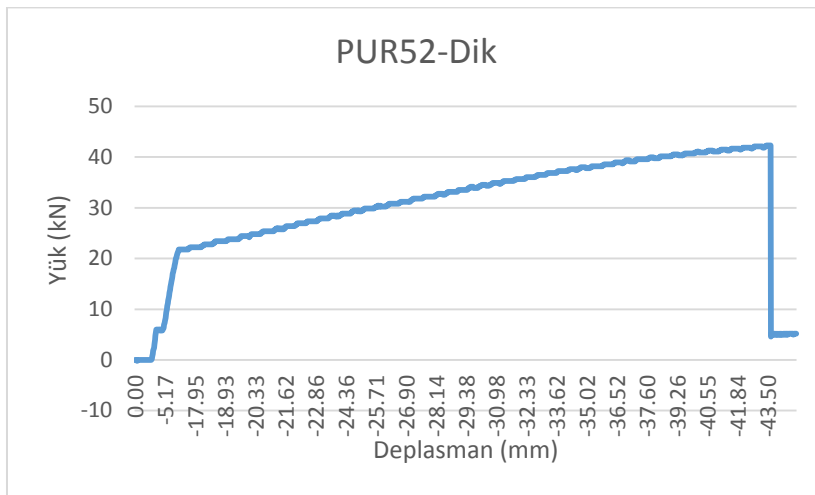


Şekil 2.45. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

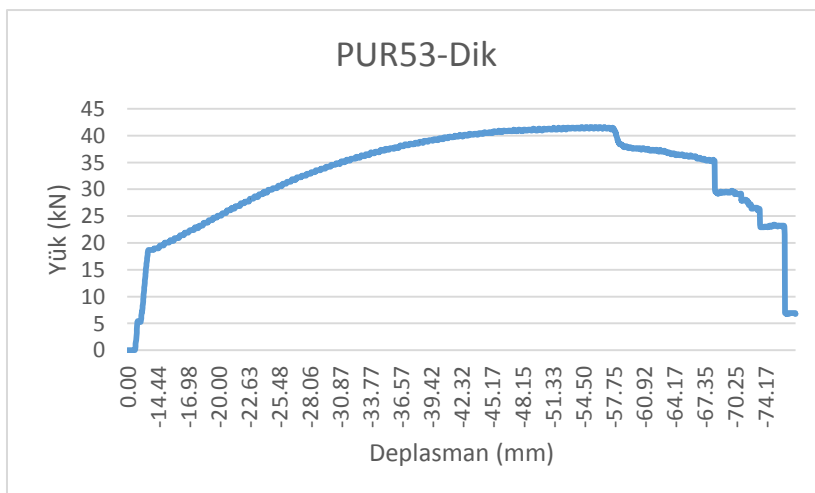
EK-2. (devam) Tutkal hattına dik yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 2.46. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

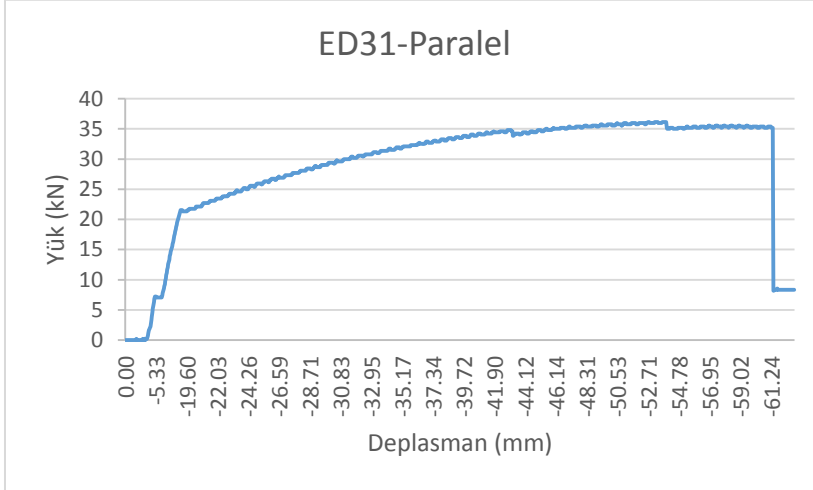


Şekil 2.47 Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

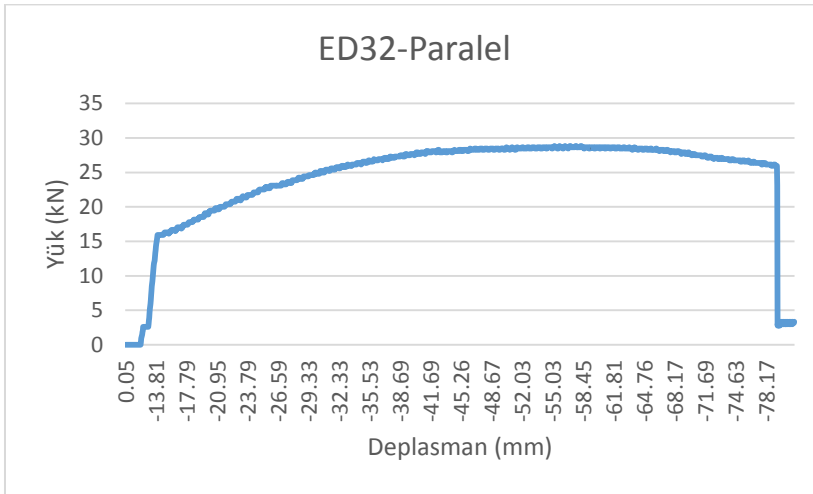


Şekil 2.48. Tutkal hattına dik eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

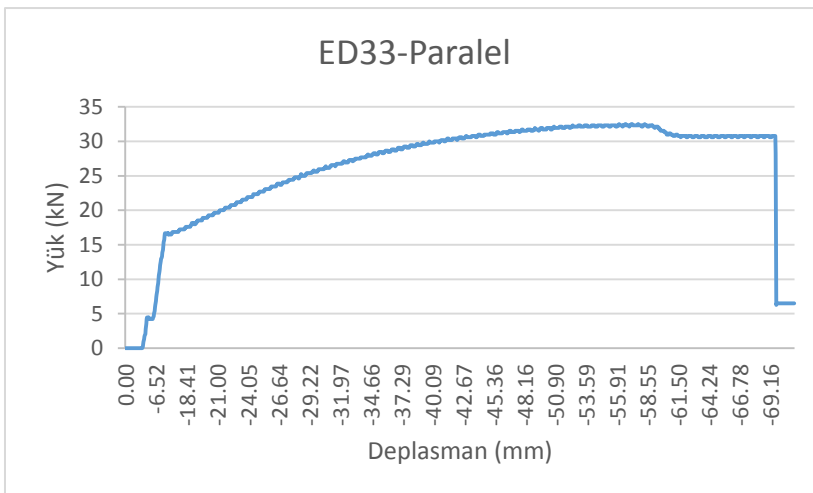
EK-3. Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.1. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

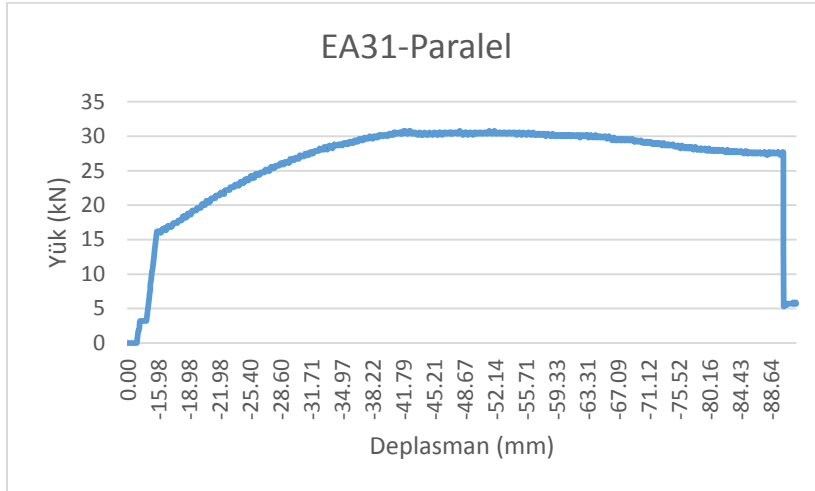


Şekil 3.2. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

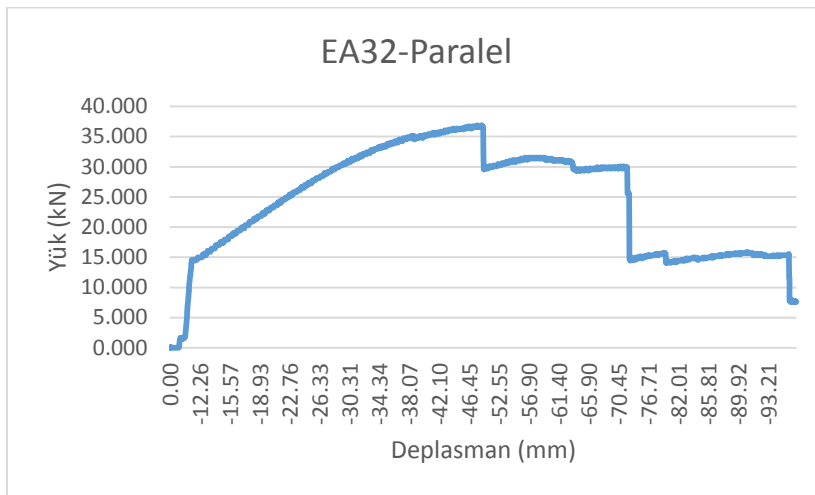


Şekil 3.3. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

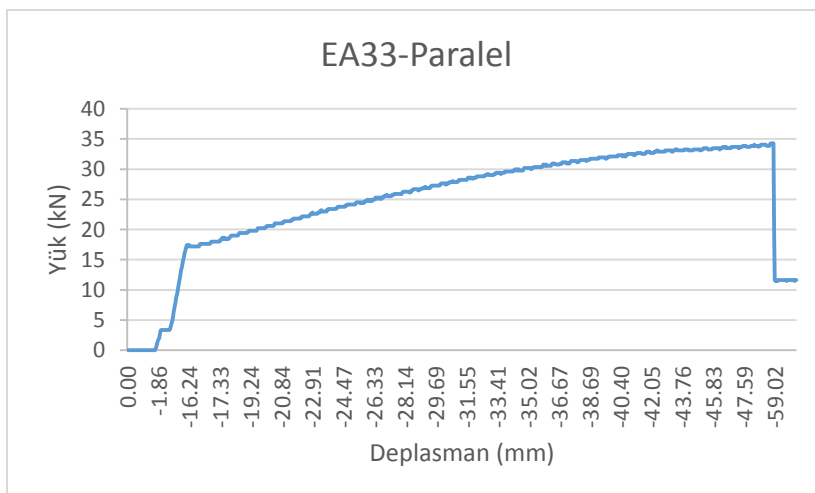
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.4. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

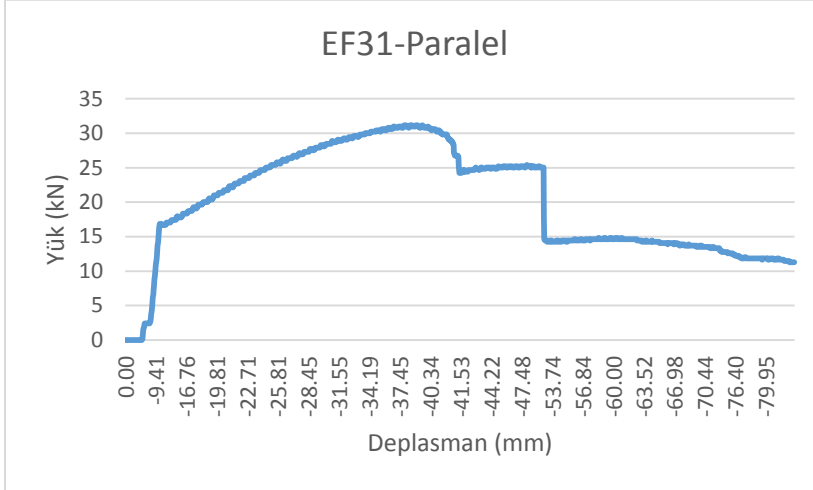


Şekil 3.5. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

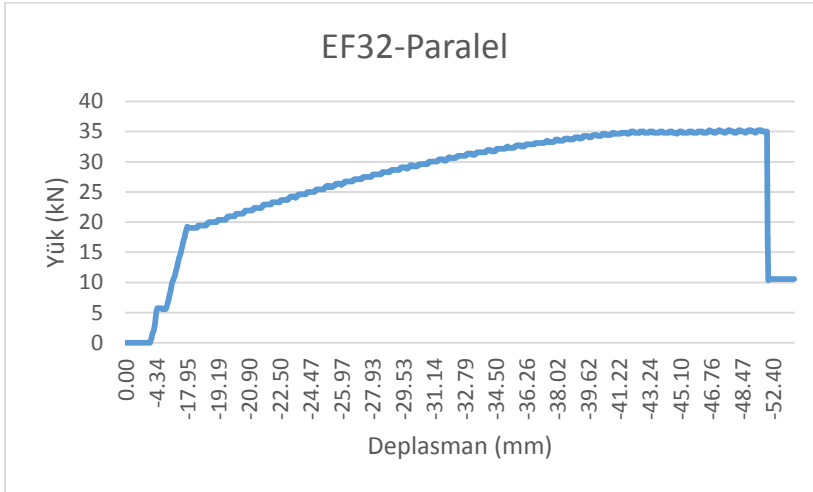


Şekil 3.6. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

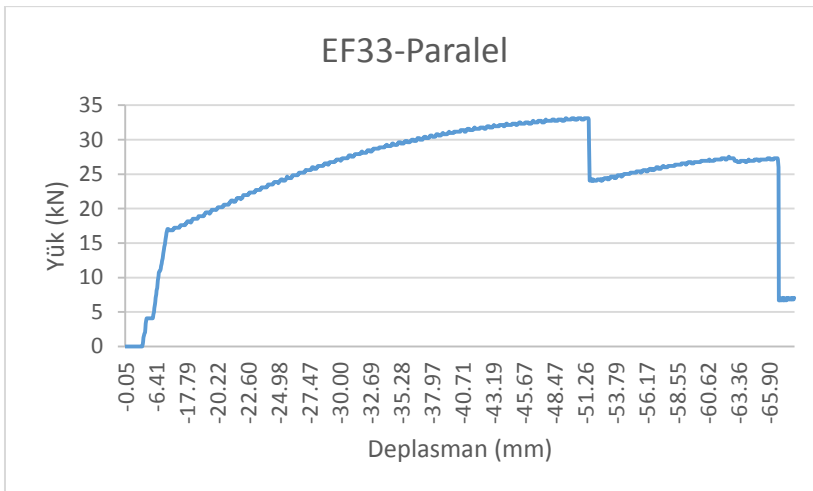
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.7. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

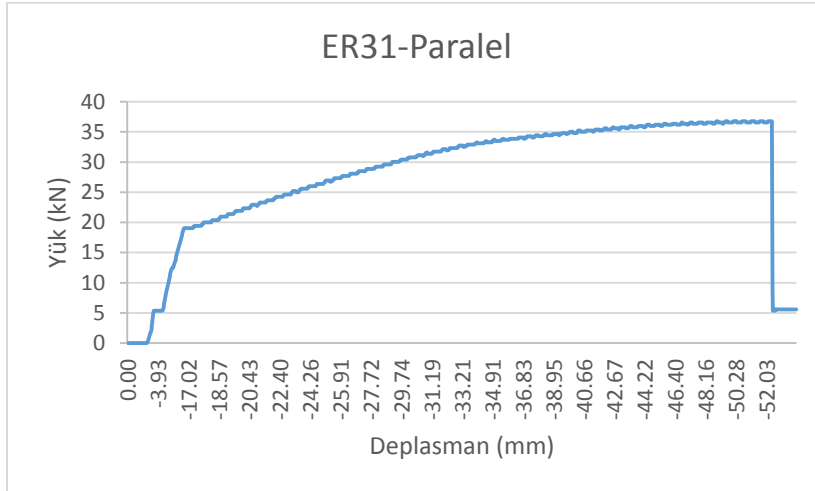


Şekil 3.8. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

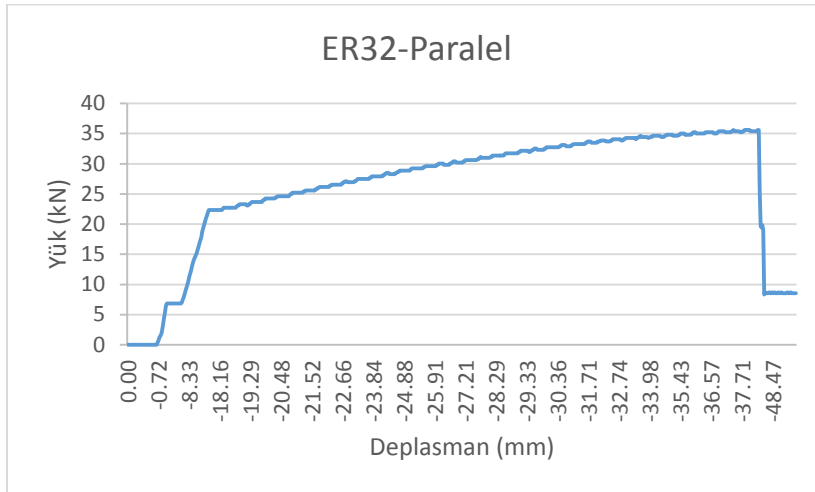


Şekil 3.9. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

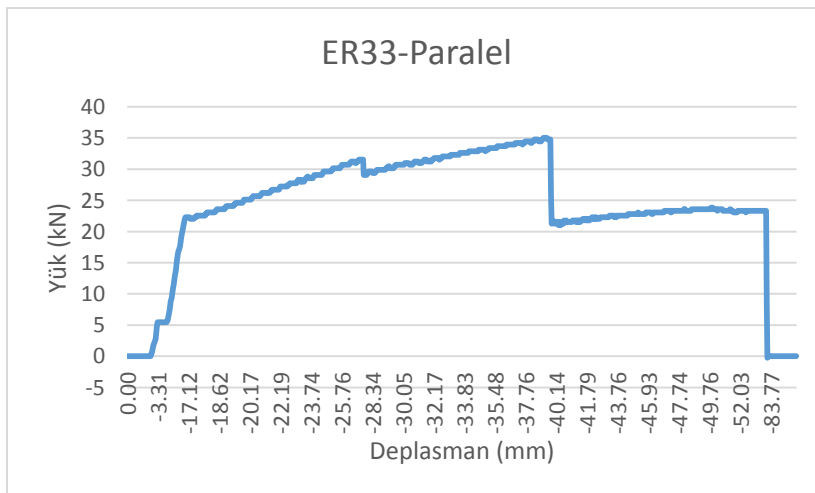
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.10. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

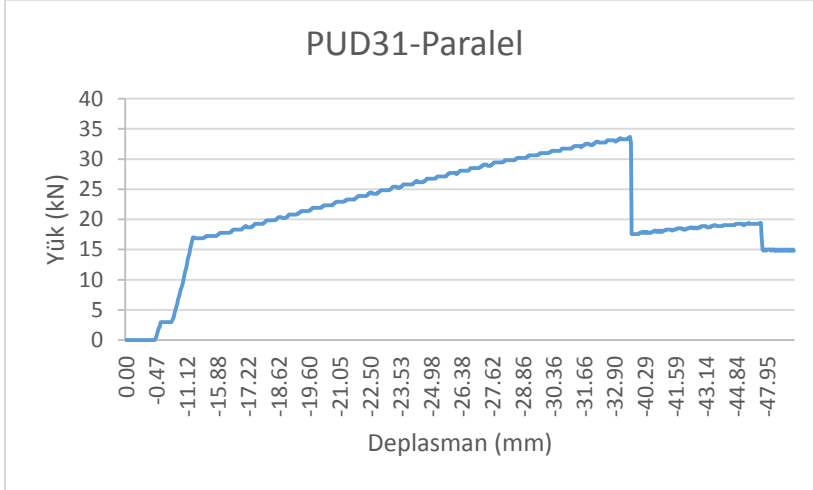


Şekil 3.11. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

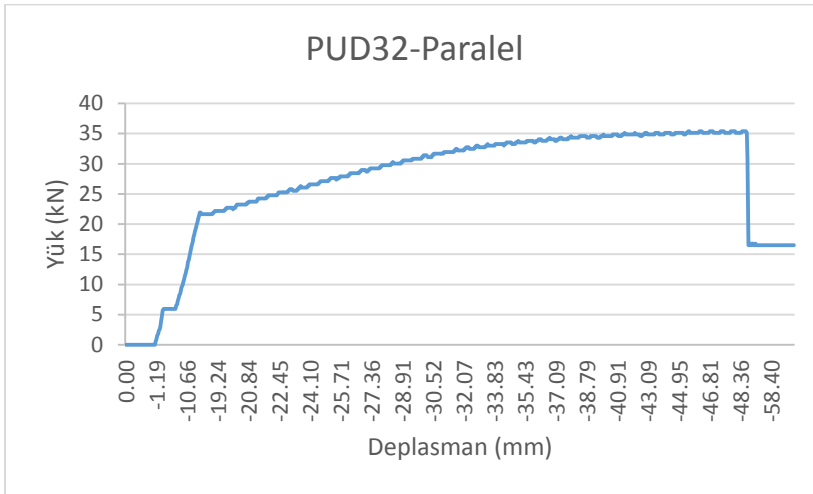


Şekil 3.12. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

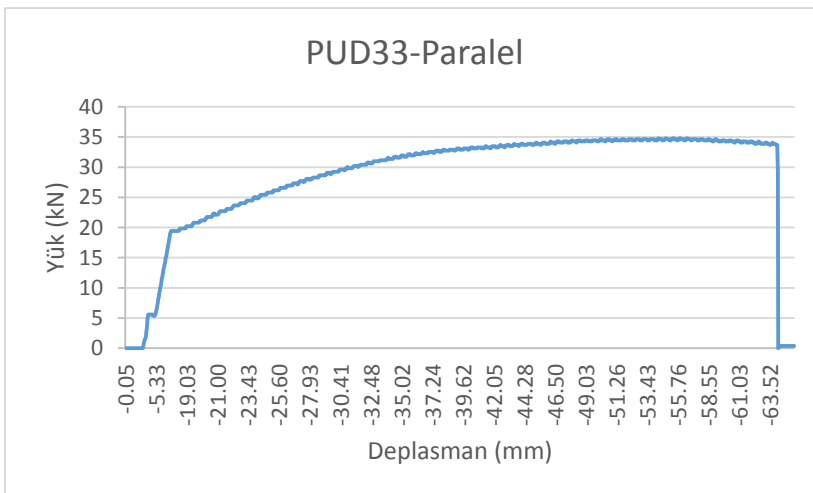
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.13. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

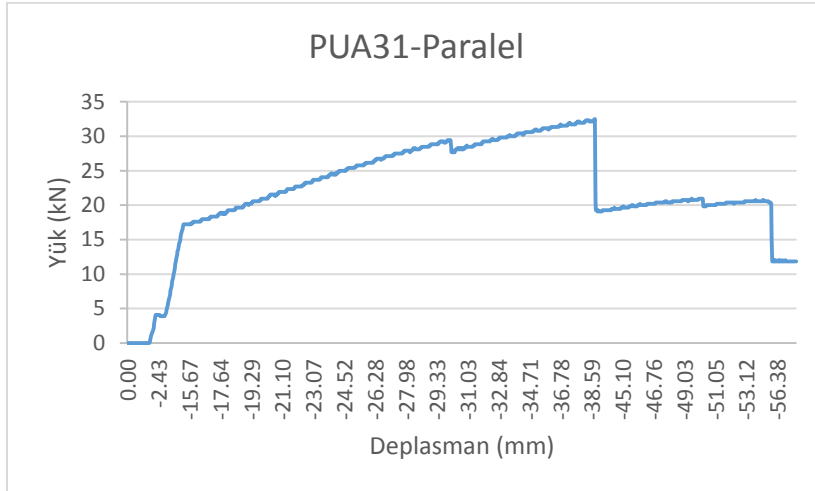


Şekil 3.14. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

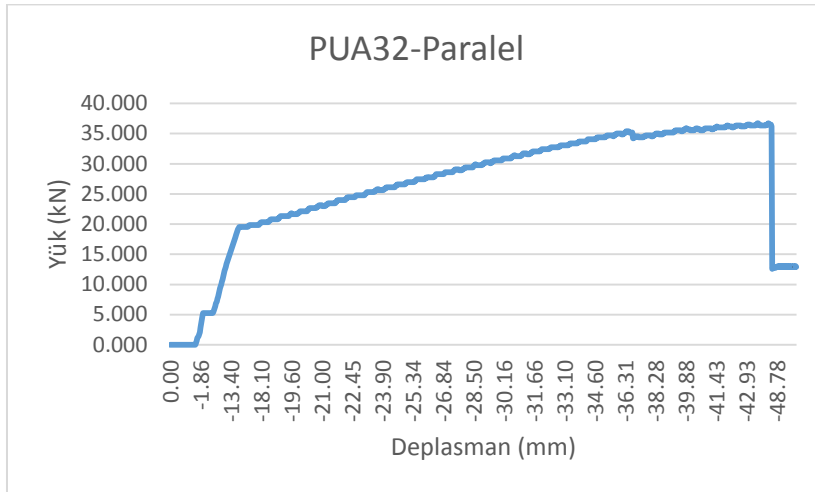


Şekil 3.15. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

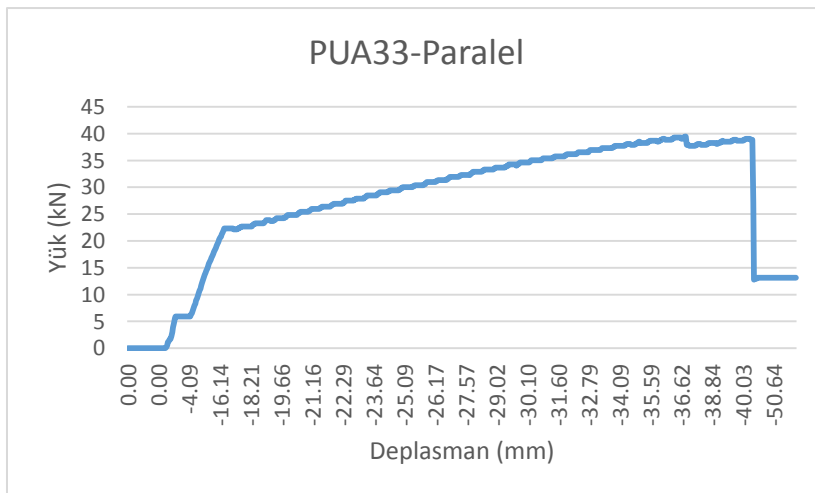
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.16. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

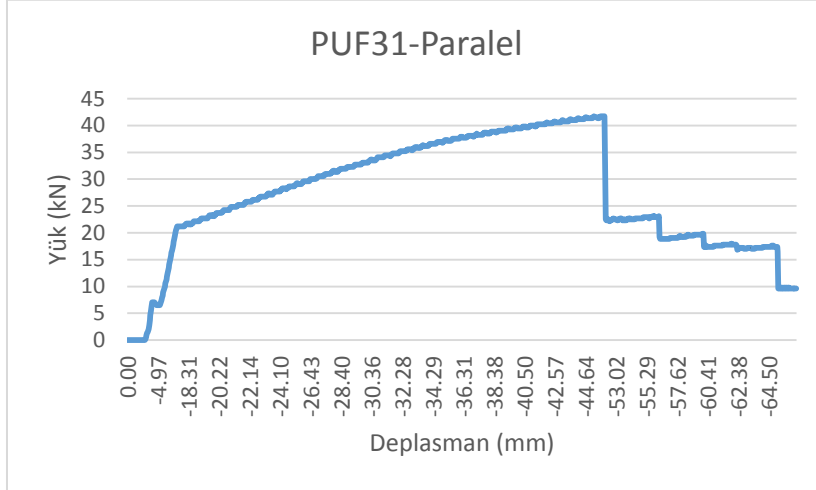


Şekil 3.17. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

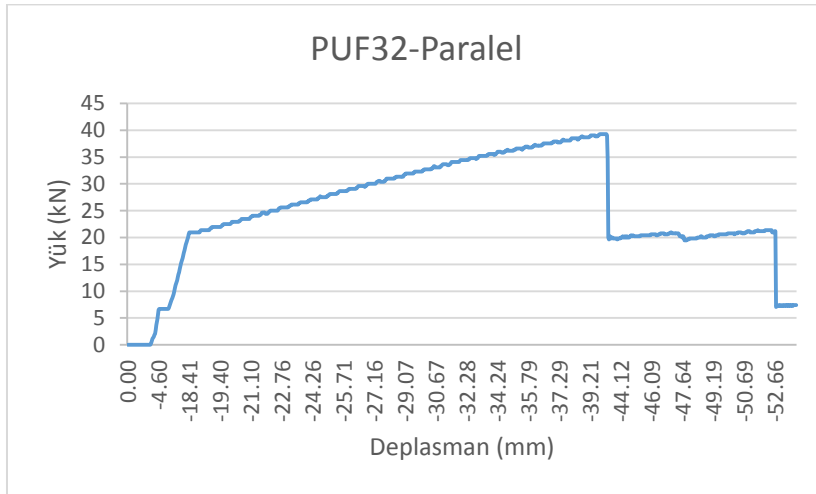


Şekil 3.18. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

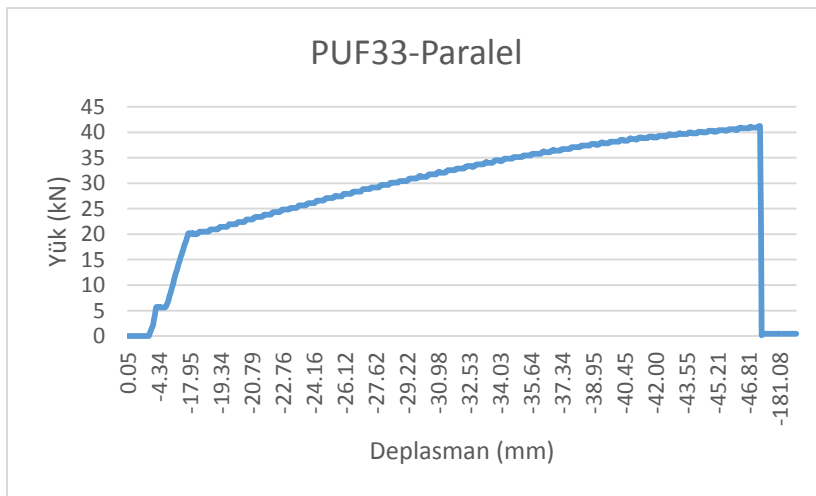
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.19. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

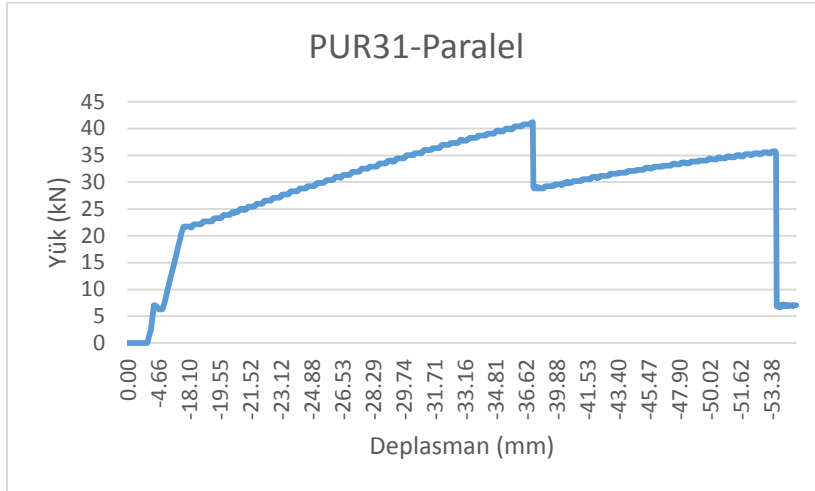


Şekil 3.20. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

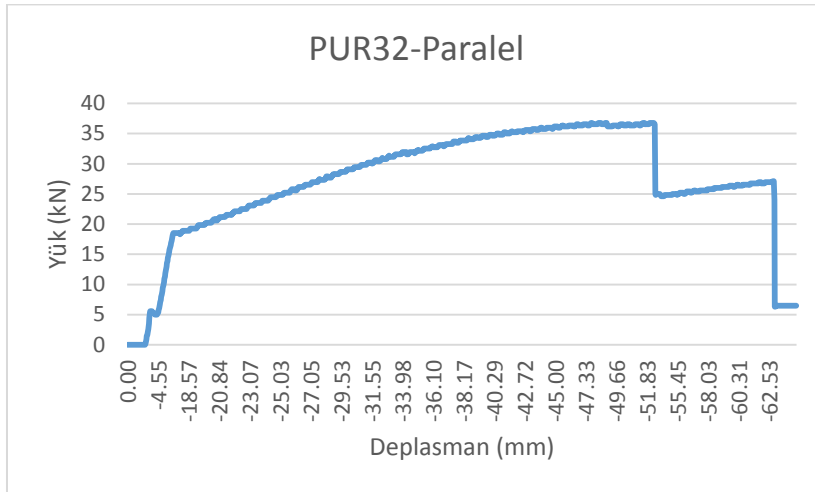


Şekil 3.21. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

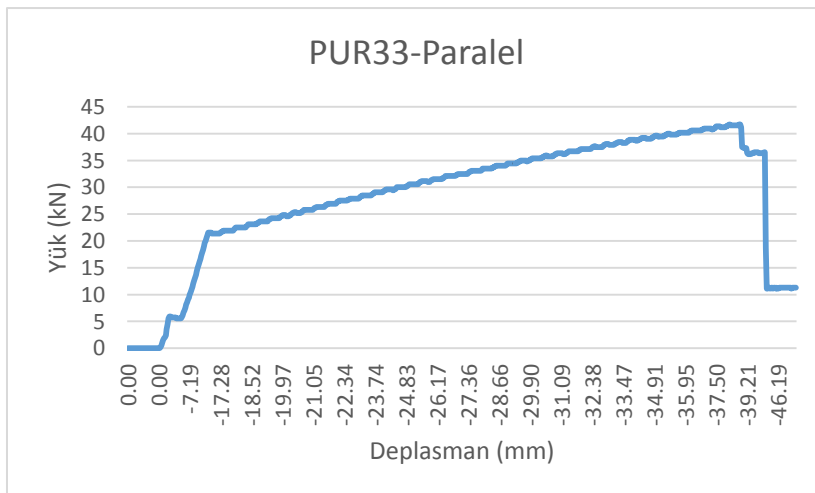
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.22. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

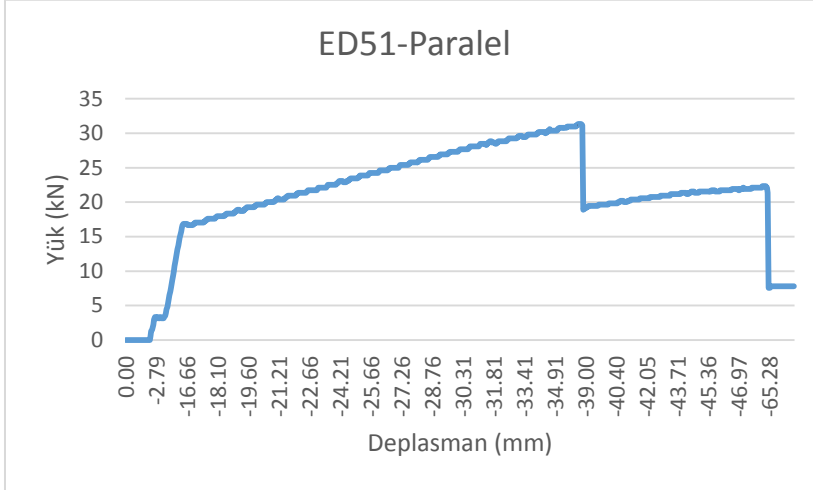


Şekil 3.23. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

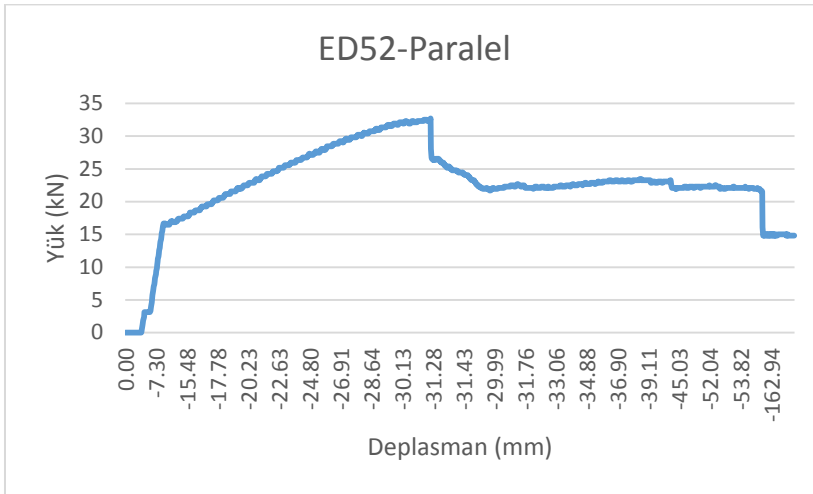


Şekil 3.24. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 3 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

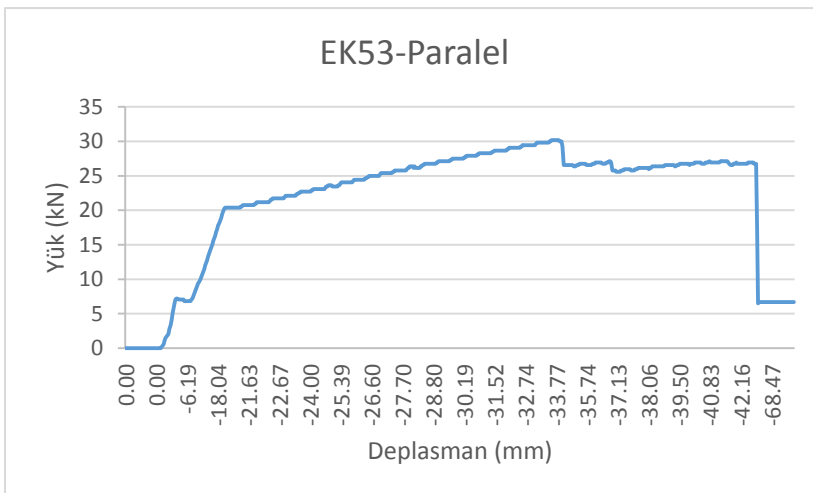
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.25. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

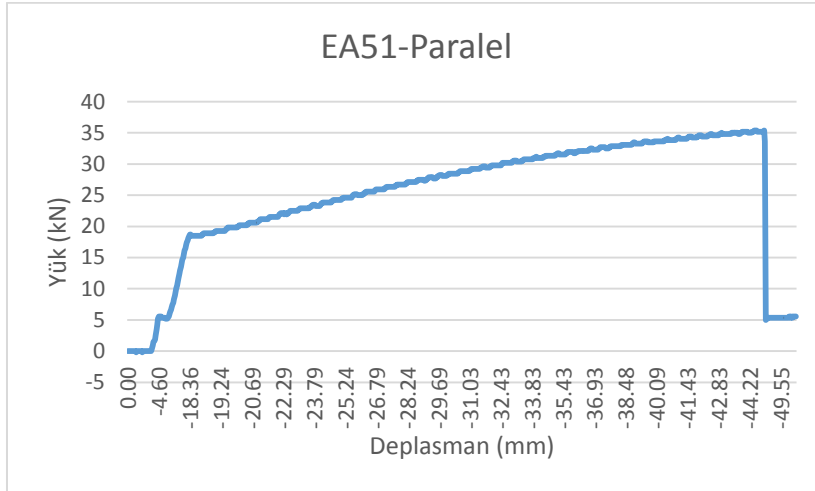


Şekil 3.26. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

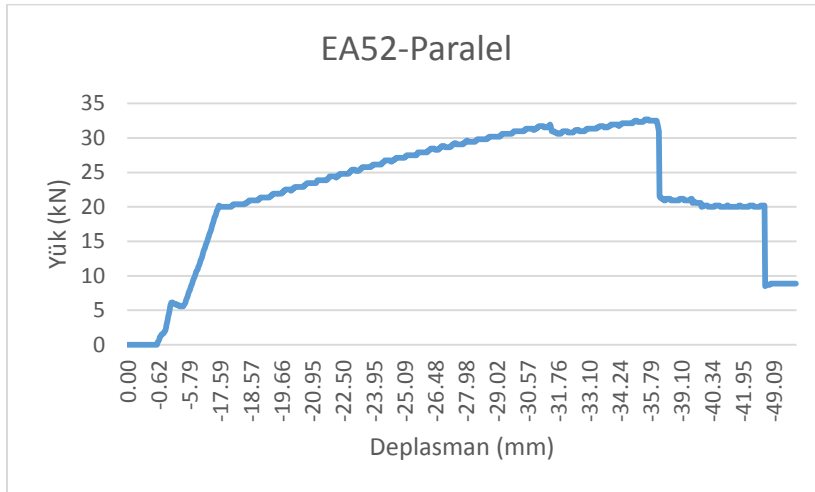


Şekil 3.27. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Epoksi tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

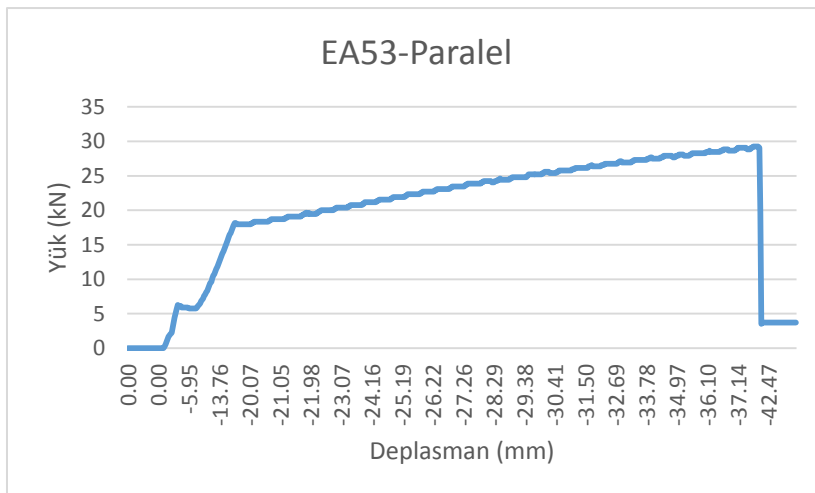
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.28. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

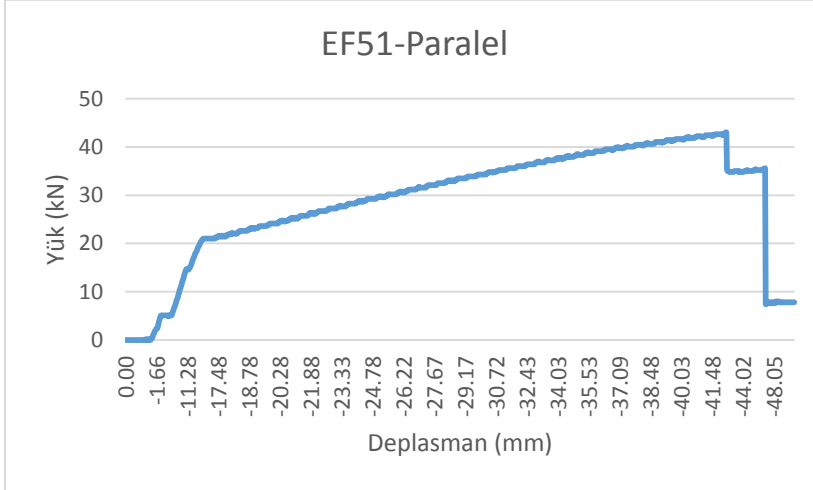


Şekil 3.29. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

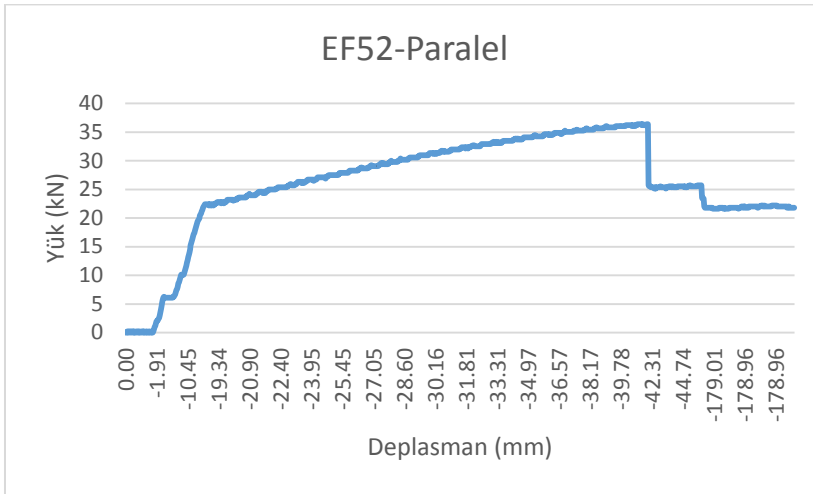


Şekil 3.30. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

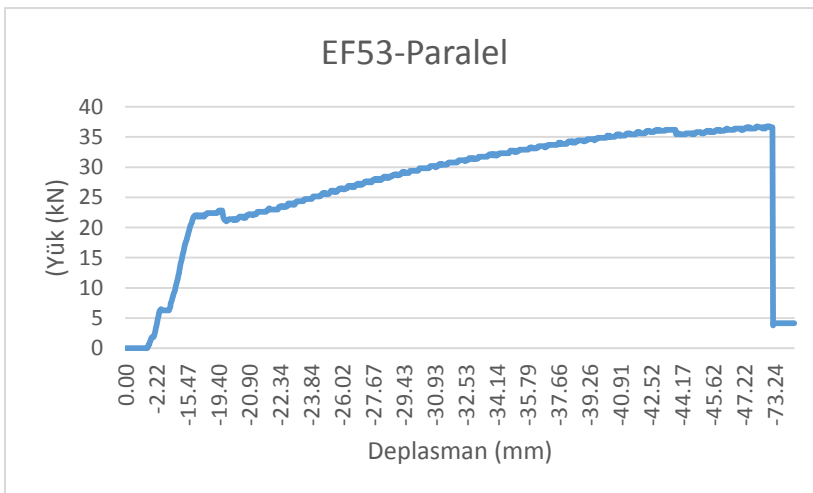
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.31. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

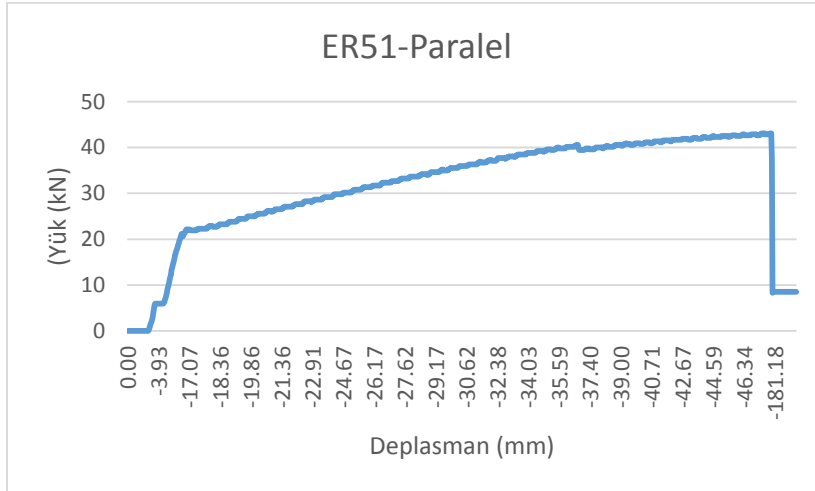


Şekil 3.32. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

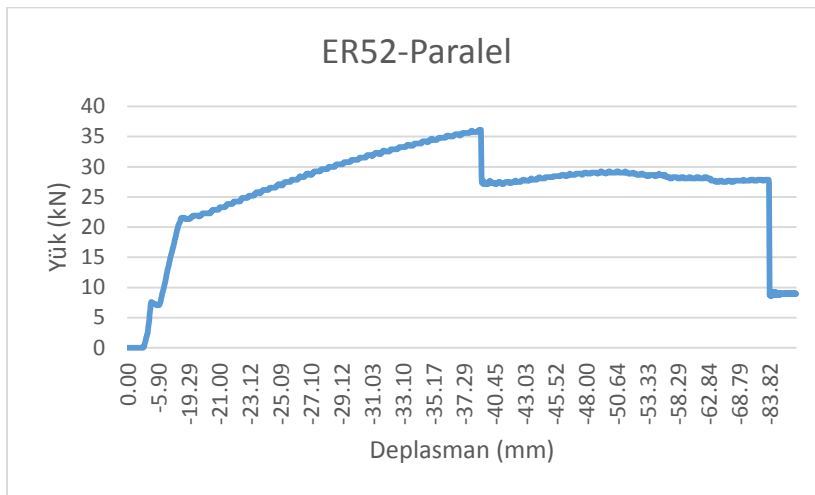


Şekil 3.33. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

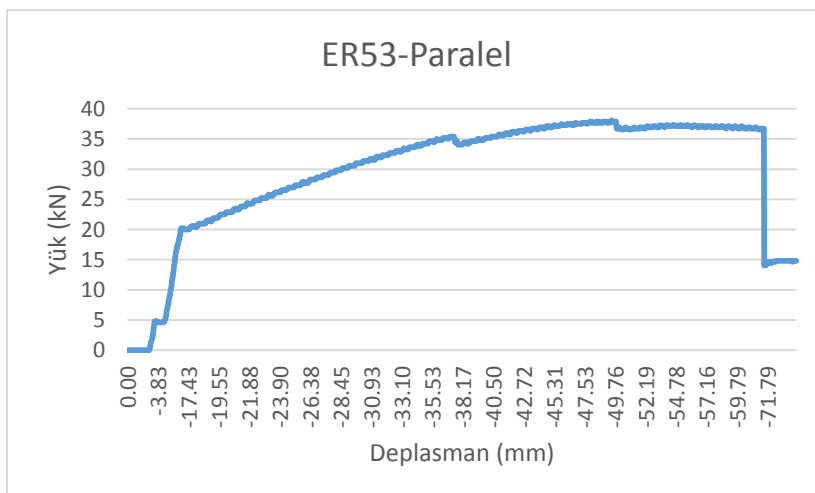
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.34. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

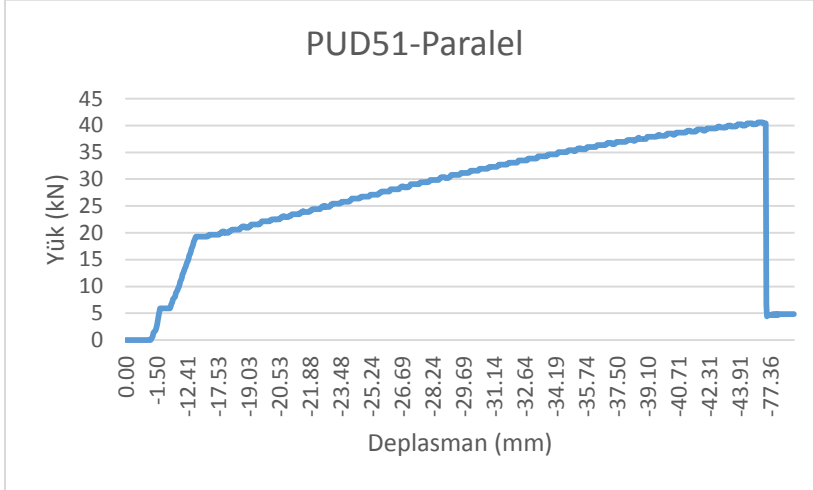


Şekil 3.35. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

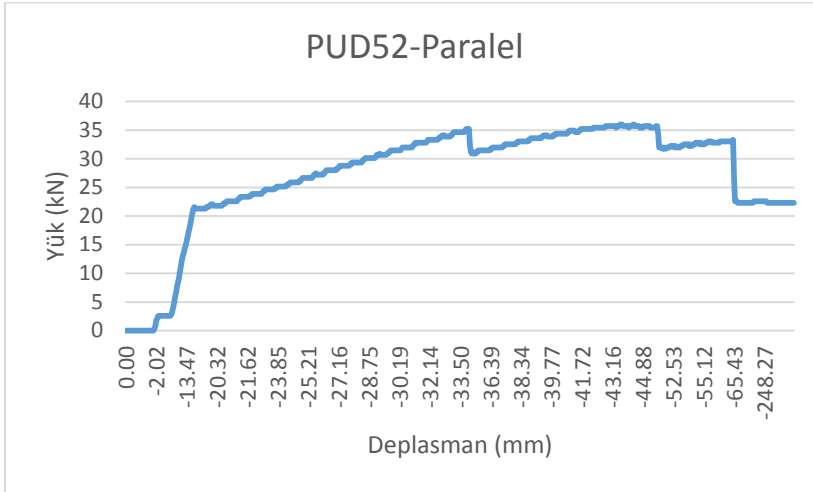


Şekil 3.36. Tutkal hattına paralel eğilmede Epoksi tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

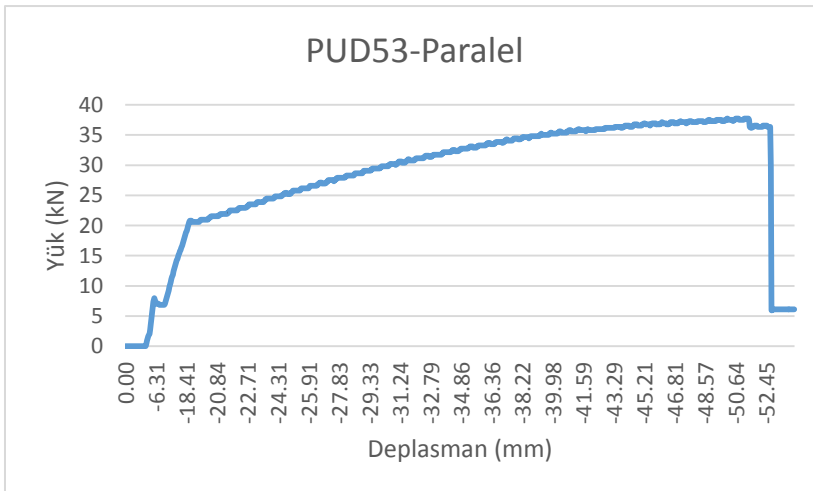
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.37. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

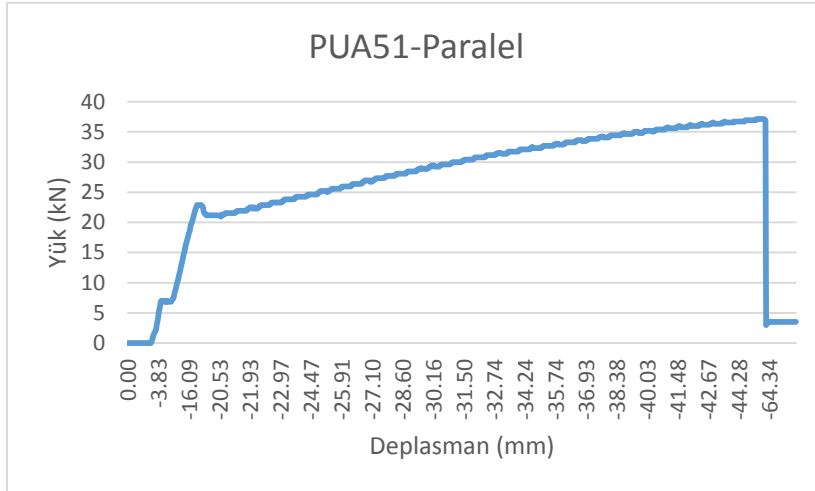


Şekil 3.38. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

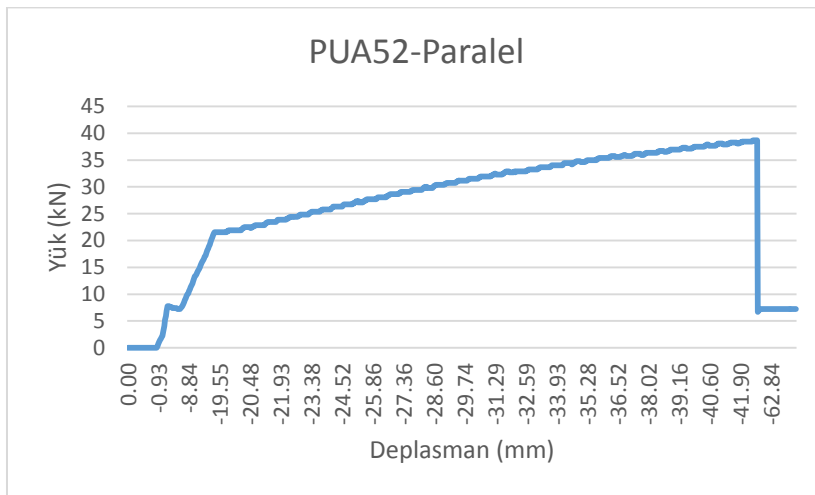


Şekil 3.39. Tutkal hattına paralel eğilmede Destek malzemesi kullanılmadan Poliüretan tutkalı ile üretilen 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

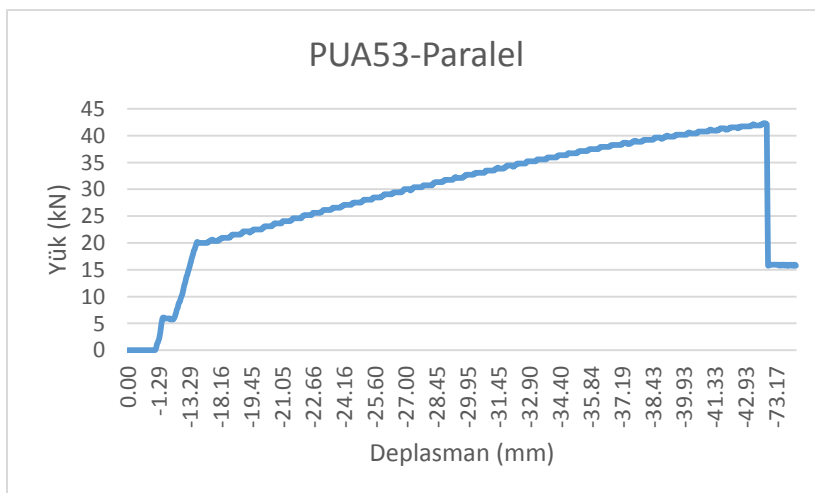
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.40. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

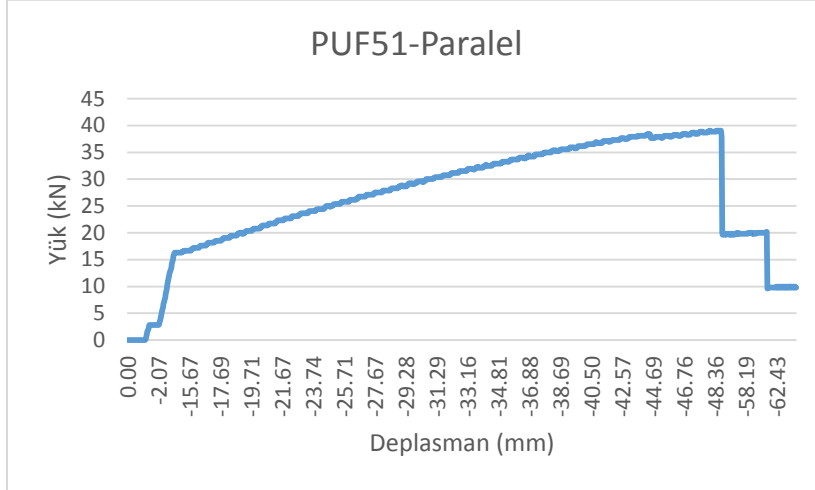


Şekil 3.41. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

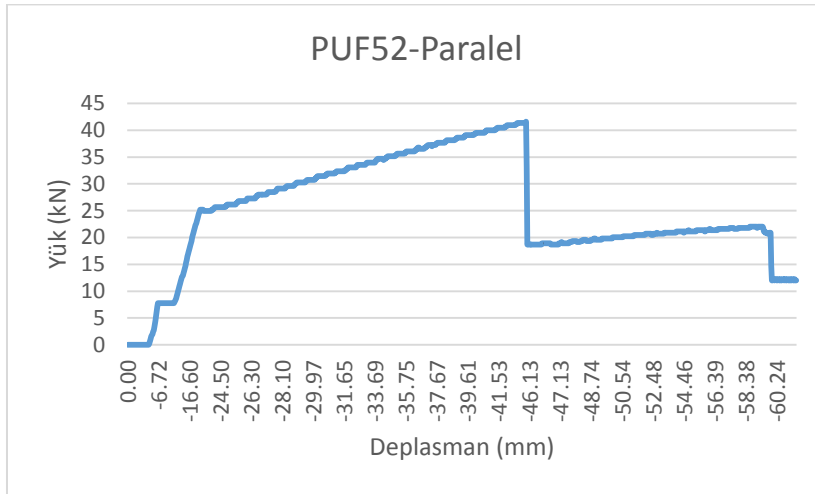


Şekil 3.42. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Alüminyum tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

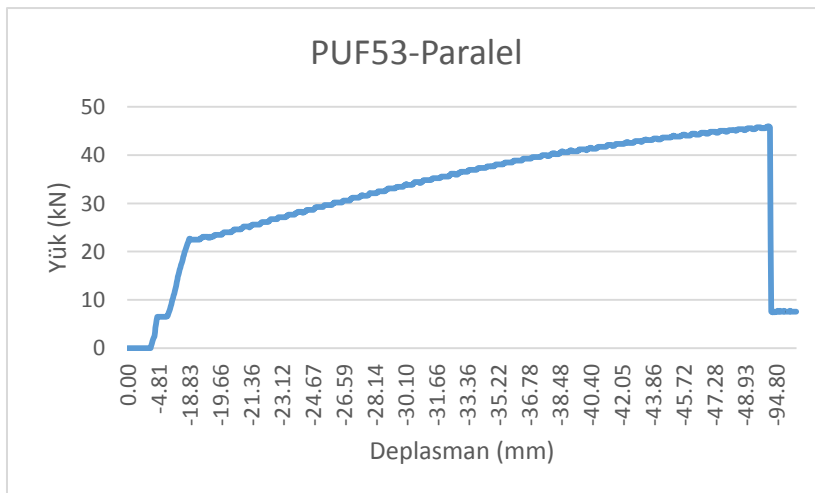
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.43. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği

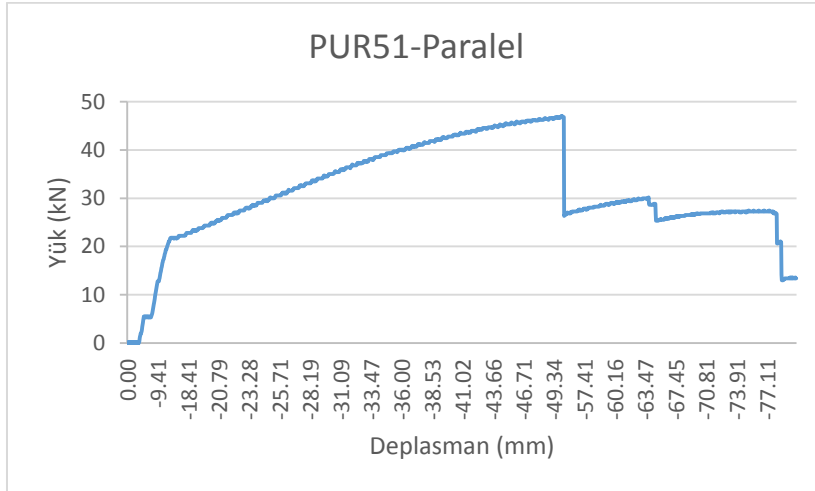


Şekil 3.44. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği

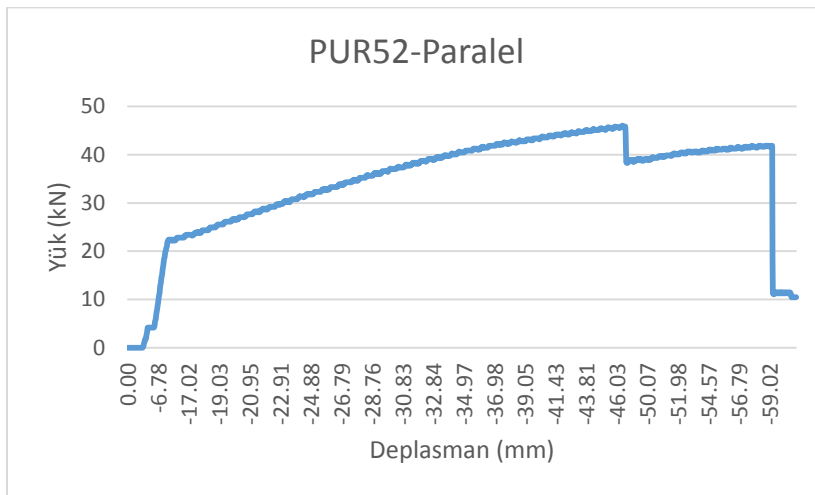


Şekil 3.45. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Fiberglas tel örgü takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

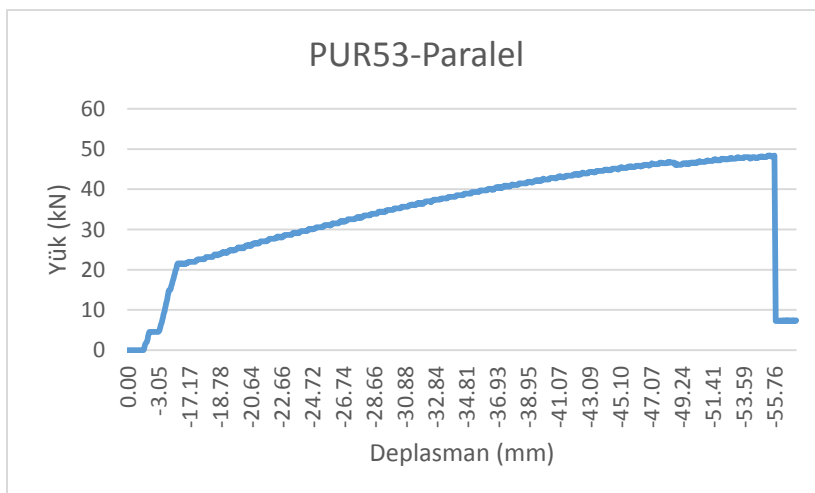
EK-3. (devam) Tutkal hattına paralel yönde lamine ahşap yapı elemanlarına ait yük-deplasman grafiği



Şekil 3.46. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 1. numunenin Yük-Deplasman grafiği



Şekil 3.47. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 2. numunenin Yük-Deplasman grafiği



Şekil 3.48. Tutkal hattına paralel eğilmede Poliüretan tutkalı ile üretilen Rabitz teli takviyeli 5 katmanlı ahşap yapı elemanlarından 3. numunenin Yük-Deplasman grafiği

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : UZEL, Murat
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 27.09.1979, Merzifon
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (532) 337 20 25
 e-posta : muratuzel05@gmail.com



Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyetyılı
Yüksek Lisans	Hacettepe/Fen Bilimleri	2006
Lisans 2	Anadolu/İşletme	2006
Lisans 1	Hacettepe/Ağaçşileri Endüstri Mühendisliği	2003
Lise	Meram Anadolu Lisesi	1997

İş Deneyimi, Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2004	Ar Mobilya / Ankara	Üretim Mühendisi
2004	Örs-Sa Dekorasyon Tic.Ltd.Şti./ Ankara	Üretim Mühendisi
2004-2012	Hacettepe Meslek Yüksekokulu	Öğretim Görevlisi
2012-Halen	Hacettepe ASO 1. OSB Meslek Yüksekokulu	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Uzel, M. , Baştürk, N., Baysal, U. (2005) “*Mesleki Teknik Eğitimde Resimhanelerin Ergonomisi*” 3. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu (28-30 Eylül 2005)- Poster Bildiri
- Uzel, M., (2006) “*Suda Eriyen Bazı Tuzlarla Yongalevhaların Yanma Dayanımlarının Arttırılması*” Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaçşileri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı – Yüksek Lisans Tezi

- Uzel, M., Baştürk, N. (2009) “*Hacettepe Meslek Yüksekokulu’nun 2006 Yılı Stratejik Planındaki Hedeflerin, 2008 Yılındaki Mevcut Durumla Karşılaştırılması*”-Poster Bildiri
- Uzel, M., (2009) “*Hacettepe Meslek Yüksekokulu ğrencilerinin Yüksekokula Bakış Açıları Ve Başarısızlık Nedenleri*”-Poster Bildiri
- Uzel, M., (2009) “*Hacettepe Meslek Yüksekokulu'nda Okuyan ğrencilerin Mesleki Gelişimi Amacıyla Bilgisayar Ve İnternet Kullanım Oranlarının Arttırılması*” –Sözlü Bildiri
- Uzel, M., (2011) “*Türkiye Mobilya Sektörünün Karşılaştığı Sorunlar Ve Meslek Yksokullarındaki Mobilya Ve Dekorasyon Programlarının nemi*” – Sözlü Bildiri

Hobiler

Basketbol



GAZİ GELECEKTİR...