

**MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNDE  
KULLANILAN FARKLI BAĞLANTI  
ELEMENLARININ SONLU ELEMENLAR METODU  
İLE MUKAVEMET ANALİZİ**

**2010  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA EĞİTİMİ**

**Samet KARABULUT**

**MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNDE KULLANILAN FARKLI  
BAĞLANTI ELEMANLARININ SONLU ELEMANLAR METODU İLE  
MUKAVEMET ANALİZİ**

**Samet KARABULUT**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Haziran 2010**

Samet KARABULUT tarafından halanan “MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNDE KULLANILAN FARKLI BAĞLANTI ELEMANLARININ SONLU ELEMANLAR METODU İLE MUKAVEMET ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylıyorum.

Yrd. Doç. Dr. H. İbrahim DEMİRCİ  
Tez Danışmanı, Makina Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 25 / / 2010

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim DEMİR (KBÜ)

20/08/2010

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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

Samet KARABULUT

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNDE KULLANILAN BAĞLANTI ELEMENLARININ SONLU ELEMENLAR METODU İLE MUKAVEMET ANALİZİ**

**Samet KARABULUT**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makina Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim DEMİRCİ**

**Haziran 2010, 68 sayfa**

Mobilyalar günlük hayatımızın bir parçasıdır. Birçok mühendislik alanında olduğu gibi sonlu elemanlar yöntemi mobilya tasarım sürecinde de kullanılmaktadır. Mobilyaların çeşitli yükler altındaki çalışma koşullarında meydana gelen gerilmelerin önceden bilinmesi, eksiklerin tespit edilip tasarımının geliştirilmesi emniyet ve güvenilirlik açısından önemlidir. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalar için çok çeşitli bağlantı elemanları geliştirilmiştir. Bu çalışmada çerçeve konstrüksiyonlu “T” tipi köşe birleştirmelerinde farklı bağlantı elemanlarının mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Deneylerde ahşap malzeme olarak Doğu kayını (*Fagus Orientalis L.*) kullanılmıştır. 2 deney türü, 1 ahşap türü, plastik ‘L’ köşe bağlantı, minifiks, metal ‘T’ bağlantısı, eğri metal ‘T’ çektirme bağlantı elemanı olmak üzere 4 farklı bağlantı elemanı ve her örnekten 5’er adet olmak üzere toplam 40 örnek hazırlanmıştır.

D deney 6rneklerine sistemde açılmayı ve kapanmayı temsil eden TS 5913 standardına uygun olarak diyagonal basınç ve diyagonal çekme testi uygulanmıştır. D deney 6rneklerinin katı modelleri Solidworks paket programı ile analizler ANSYS 12.1 Release Workbench mod6l6yle yapılmış ve deney sonuçları ile analiz verileri karşılaştırılmıştır. ANSYS paket programına ortalama direnç değerleri uygulanmıştır. D deney sonuçları ile analiz sonuçları arasında % 88,7 uyum g6zlenmiştir. ANSYS bilgisayar programı ile yapılan analizler testlerden elde edilen sonuçlara g6re daha ayrıntılı olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, en y6ksek basınç direnci plastik ‘L’ birleştirme elemanı ile (622,733 N) en d6ř6k basınç direnci minifiks birleştirme elemanı ile (400,5 N) elde edilmiştir. En y6ksek çekme direnci eğri metal ‘T’ ektirme birleştirme elemanında (1693,4 N) elde edilmiştir. En d6ř6k çekme direnci minifiks ile (470,6 N) yapılan birleştirmelerden elde edilmiştir.

**Anahtar S6zc6kler:** Sonlu elemanlar metodu (SEM), ereve konstr6ksiyonlu mobilya, diyagonal basma ve çekme, k6ře birleştirmeler

**Bilim Kodu** : 626.08.01

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **FURNITURE CORNER JOINT ELEMENTS USED IN CONNECTION WITH THE FINITE ELEMENT METHOD ANALYSIS OF STRENGTH**

**Samet KARABULUT**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. Halil İbrahim DEMİRCİ**

**June 2010, 68 pages**

Furniture is commonly used in our life. As in many engineering fields finite element method is used in the process of furniture design. Knowing the strains of furniture occurred under various loads are very important for safety and design. Frame constructioned furniture have been developed for various parts. In this study, frame construction with a ‘T’- type fasteners in the corners of different strength properties were investigated. In the experiments, beech woods (*Fagus orientalis L.*) were used. Second test mode, a tree species, plastic L-edge connectivity, minifiks, metal ‘T’ connection, curved metal ‘T’ suspension fitting to four different fasteners and each sample of 5 to 40 samples were prepared. Test samples to be opened and shut in the system represented as a diagonal line with the TS 5913 standard pressure and diagonal tensile test.

Solidworks solid models of experimental samples are analyzed with the software package ANSYS Workbench Release 12.1 modules made with data analysis and experimental results are compared with. ANSYS package program maximum fracture load values were applied at the time. Experimental results with 88.7% compliance was observed between the results of analysis. Analysis with ANSYS computer program according to the results of tests was obtained in more detail. As a result, the highest compressive strength plastic 'L' with the connecting element (622.1 N) and the lowest pressure resistance of the connecting element minifiks (400.5 N) was obtained. The highest terms of the type of fastener pull resistance curve metal 'T' connectors to attract old (1693.4) was obtained. Minifiks with the lowest tensile strength (470.6 N) configuration, without merging has obtained.

**Key Words :** Finite element method (FEM), the frame construction furniture, diagonal compressive and tensile, corner joints.

**Science Code :** 626.08.01



## TEŞEKKÜR

Bu tez alışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yrtlmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrbelerinden yararlandığım, ynlendirme ve bilgilendirmeleriyle alışmamı bilimsel temeller ışığında Őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. H.İbrahim DEMİRCİ'ye teŐekkürlerimi sunarım. Deneysel alışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen, çok kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI'ya teŐekkürü bir borç bilirim. ANSYS deneylerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, değerli hocam Doç. Dr. Mustafa YAŐAR'a teşekkür ederim. Deneylerin yapımı esnasında desteklerini esirgemeyen Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim dalına ve bu imkânları hazırlayan Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesine teŐekkürlerimi sunarım. Sevgili eŐime ve bugünlere gelmemde her türlü fedakârlığı yapan anneme, babama tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1. ....	1
1.1. GİRİŞ .....	1
1.2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	4
1.2.1. Çerçeve Tipi Konstrüksiyon Sistemleri .....	4
1.2.2. Köşe Birleştirmeler ve Köşe Birleştirmelerin Mukavemet Analizi .....	6
1.2.3. Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Sonlu Eleman Metodunun Kullanılması .....	11
BÖLÜM 2. ....	16
METERYAL VE METOT .....	16
2.1. DENEY MATERYALİ .....	16
2.1.1. Doğu Kayını (Fagus Orientalis Lipsky) .....	16
2.2. BİRLEŞTİRME ELEMANLARI .....	17
2.2.1. Kavela .....	17
2.2.2. Vida .....	18
2.2.3. Minifiks Bağlantı Elemanı .....	18
2.2.4. Plastik ‘L’ Köşe Bağlantı Elemanı .....	19
2.2.5. ‘T’ Çektirme Köşe Bağlantı Elemanı .....	20
2.2.6. Eğri Metal ‘T’ Çektirme Bağlantı Elemanı .....	20

	<u>Sayfa</u>
2.3. DENEY ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI .....	21
2.3.1. Deney Örneklerine Kavela Deliklerinin Açılması.....	22
2.3.2. Minifiksli Birleştirme Deney Örneği .....	22
2.3.3. Plastik ‘L’ Birleştirme Deney Örneği .....	24
2.3.4. ‘T’ Çektirme Birleştirme Deney Örneği .....	25
2.3.5. Eğri Metal ‘T’ Çektirme Birleştirme Deney Örneği.....	26
2.4. DENEY METODU .....	27
2.5. DENEYİN YAPILIŞI .....	28
2.5.1. Sonlu Eleman Analizi.....	28
2.5.2. Malzemelerin Mekanik Özellikleri .....	29
2.5.3. Sonlu Eleman Analiz Sonuçları .....	31
2.5.3.1. Sonlu Eleman Metodu İle Diyagonal Basınç Deneyleri.....	31
2.5.3.2. Sonlu Eleman Metodu İle Diyagonal Çekme Deneyleri.....	39
2.5.4. Verilerin Değerlendirilmesi.....	48
BÖLÜM 3. ....	49
BULGULAR .....	49
3.1. DİYAGONAL BASINÇ.....	54
3.2. DİYAGONAL ÇEKME .....	55
3.3. BİRLEŞTİRMELERDE DEFORMASYON KARAKTERİSTİKLERİ.....	56
BÖLÜM 4. ....	60
SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	60
4.1. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	60
4.2. ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	68

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya .....	5
Şekil 1.2. Çift çektermeli bağlantı elemanı.....	10
Şekil 1.3. Tutkalsız kavelalı minifiks birleştirme örneği .....	11
Şekil 1.4. Ansys'te sandalye modeli .....	15
Şekil 2.1. Deneyleerde kullanılan kavela .....	17
Şekil 2.2. Deneyleerde kullanılan vidalar .....	18
Şekil 2.3. Minifiks bağlantı elemanı .....	19
Şekil 2.4. Plastik "L" köşe bağlantı elemanı .....	19
Şekil 2.5. "T" çekterm köşe bağlantı elemanı .....	20
Şekil 2.6. Eğri metal "T" çekterm bağlantı elemanı .....	20
Şekil 2.7. A ve B elemanlarından oluşan deney örnekleri .....	21
Şekil 2.8. Deney örneklerinde kavela deliklerinin ölçüleri.....	22
Şekil 2.9. Minifiksli birleştirme deney örneğinin hazırlanması .....	22
Şekil 2.10. Minifiksli birleştirme kesit görünüşü .....	23
Şekil 2.11. Minifiksli birleştirme deney örneğinin perspektif görünüşü .....	23
Şekil 2.12. Plastik "L" birleştirme yan görünüşü.....	24
Şekil 2.13. Plastik "L" birleştirme perspektif görünüşü .....	24
Şekil 2.14. "T" çekterm birleştirme yan görünüşü .....	25
Şekil 2.15. "T" çekterm birleştirme perspektif görünüşü .....	25
Şekil 2.16. Eğri metal "T" çekterm birleştirme yan görünüşü.....	26
Şekil 2.17. Eğri metal "T" çekterm birleştirme perspektif görünüşü .....	26
Şekil 2.18. Deney düzeneği.....	27
Şekil 2.19. Ansys 12.1 Realise Workbench diyagonal basınç deney uygulaması.....	31
Şekil 2.20. Minifiks birleştirmeye ait deformasyon miktarı .....	32
Şekil 2.21. Minifiks birleştirmeye ait gerilme miktarı.....	32
Şekil 2.22. Minifiks birleştirmeye ait detay gerilme miktarı .....	33
Şekil 2.23. Plastik "L" birleştirmeye ait deformasyon miktarı .....	34

Şekil 2.24. Plastik ‘L’ birleştirmeye ait gerilme miktarı.....	34
Şekil 2.25. Plastik ‘L’ birleştirmeye ait cıvata, kavelalar ve plastik ‘L’ birleştirmede meydana gelen gerilme miktarı.....	36
Şekil 2.26. ‘T’ çektirme birleştirmeye ait deformasyon miktarı .....	36
Şekil 2.27. ‘T’ çektirme birleştirmeye ait gerilme miktarı.....	36
Şekil 2.28. ‘T’ çektirme birleştirmeye ait detay gerilme miktarı .....	37
Şekil 2.29. Eğri metal ‘T’ çektirme bir. ait deformasyon miktarı .....	38
Şekil 2.30. Eğri metal ‘T’ çektirme bir. ait gerilme miktarı.....	38
Şekil 2.31. Eğri metal ‘T’ çektirme bir. ait detay gerilme miktarı .....	39
Şekil 2.32. ANSYS 12.1 Realise Workbench diyagonal çekme deney uygulaması... ..	40
Şekil 2.33. Minifiks birleştirmeye ait deformasyon miktarı .....	41
Şekil 2.34. Minifiks birleştirmeye ait gerilme miktarı.....	41
Şekil 2.35. Minifiks birleştirmeye ait detay gerilme miktarı .....	42
Şekil 2.36. Plastik ‘L’ birleştirmeye ait deformasyon miktarı .....	43
Şekil 2.37. Plastik ‘L’ birleştirmeye ait gerilme miktarı.....	43
Şekil 2.38. Plastik ‘L’ birleştirmeye ait detay gerilme miktarı .....	44
Şekil 2.39. ‘T’ çektirme birleştirmeye ait deformasyon miktarı .....	45
Şekil 2.40. ‘T’ çektirme birleştirmeye ait gerilme miktarı.....	45
Şekil 2.41. ‘T’ çektirme birleştirmeye ait detay gerilme miktarı .....	46
Şekil 2.42. Eğri metal ‘T’ çektirme bir. ait deformasyon miktarı .....	47
Şekil 2.43. Eğri metal ‘T’ çektirme bir. ait gerilme miktarı.....	47
Şekil 2.44. Eğri metal ‘T’ çektirme bir. ait detay gerilme miktarı .....	48
Şekil 3.1. Birleştirme elemanlarının ortalama basınç dirençleri .....	55
Şekil 3.2. Birleştirme elemanlarının ortalama çekme dirençleri .....	55
Şekil 3.3. Eğri metal ‘T’ çektirme birleştirme elemanının emniyetli bölgesel dağılımı .....	56
Şekil 3.4. Eğri metal ‘T’ çektirme birleştirme elemanının gerilme değerleri .....	57
Şekil 3.5. Eğri metal ‘T’ çektirme birleştirmede çekme kuvvetinden dolayı oluşan deformasyonlar.....	57
Şekil 3.6. Deney örneklerinde ahşapta meydana gelen deformasyon.....	58
Şekil 3.7. ANSYS’ten elde edilen ahşaptaki emniyetli bölgeler .....	58
Şekil 3.8. ANSYS’ten elde edilen ahşaptaki gerilme değerleri.....	59

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Doğu kayının programa girilen özellikleri.....	30
Çizelge 2.2. Metal bağlantı elemanlarının mekanik özellikleri.....	30
Çizelge 2.3. Plastik ‘L’ köşe bağlantı elemanının mekanik özellikleri .....	30
Çizelge 2.4. Minifix birleştirmeye ait özellikler.....	31
Çizelge 2.5. Plastik ‘L’ birleştirmeye ait özellikler .....	33
Çizelge 2.6. ‘T’ çektirme birleştirmeye ait özellikler .....	35
Çizelge 2.7. Eğri metal ‘T’ çektirme birleştirmeye ait özellikler .....	37
Çizelge 2.8. Minifix birleştirmeye ait özellikler.....	40
Çizelge 2.9. Plastik ‘L’ birleştirmeye ait özellikler .....	42
Çizelge 2.10. ‘T’ çektirme birleştirmeye ait özellikler .....	44
Çizelge 2.11. Eğri metal ‘T’ çektirme birleştirmeye ait özellikler .....	46
Çizelge 3.1. Birleştirme çeşitlerine göre diyagonal basınç değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (N).....	49
Çizelge 3.2. Çoğul varyans analizi sonuçları .....	49
Çizelge 3.3. Duncan testi sonuçları .....	50
Çizelge 3.4. Birleştirme çeşitlerine göre sehım değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (mm) .....	50
Çizelge 3.5. Çoğul varyans analizi sonuçları .....	51
Çizelge 3.6. Duncan testi sonuçları.....	51
Çizelge 3.7. Birleştirme çeşitlerine göre diyagonal çekme değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (N).....	52
Çizelge 3.8. Çoğul varyans analizi sonuçları .....	52
Çizelge 3.9. Duncan testi sonuçları .....	52
Çizelge 3.10. Birleştirme çeşitlerine göre diyagonal çekme sehım değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (mm) .....	53
Çizelge 3.11. Çoğul varyans analizi sonuçları .....	53
Çizelge 3.12. Duncan testi sonuçları .....	54

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

mm	: Milimetre
mm <sup>2</sup>	: Milimetrekare
cm	: Santimetre
cm <sup>2</sup>	: Santimetrekare
cm <sup>3</sup>	: Santimetreküp
<sup>0</sup> C	: Santigrat derece
kg	: Kilogram
m	: Metre
sn	: Saniye
D <sub>0</sub>	: Tam kuru yoğunluk
D <sub>12</sub>	: Hava kurusu yoğunluk
μE	: Eğilme direnci
μÇ	: Liflere paralel çekme direnci
μB	: Liflere paralel basınç direnci
F	: Kuvvet
N	: Newton
X	: Ortalama
Ø	: Çap
MPa	: Mega paskal
TS	: Türk Standardı
TS EN	: Türk Standardı
ASTM	: American society for testing and materials

## **KISALTMALAR**

Max.	: Maximum
Bir.	: Birleştirme
Eğri 'T' Çek.	: Eğri 'T' Çektirme Birleştirme Elemanı
Min.	: Minumum



## BÖLÜM 1

### 1.1. GİRİŞ

Mobilyalar evde, okulda, büroda aktif olarak kullanılmakta olup günlük hayatımızın bir parçası olmuştur. Her alanda olduğu gibi mobilya sektöründe de sistem üretilmeden önce birçok tasarım aşamasından geçmektedir. Çeşitli yüklerden dolayı bazı parçalarda deformasyonlar meydana gelebilir. Tasarımcı bu yüklerin altında sistemin güvenli olarak çalışıp çalışmayacağı sorularına cevap arar. Mobilyaların çeşitli yükler altındaki çalışma koşullarında meydana gelen gerilmelerin önceden bilinmesi, eksiklerin tespit edilip tasarımının geliştirilmesi emniyet açısından önemlidir. Birçok mühendislik alanında olduğu gibi sonlu elemanlar yöntemi mobilya tasarım sürecinde de kullanılmaktadır.

Günlük hayatımızda sıklıkla kullandığımız masa, sandalye, kanepeler, dolap gibi mobilya türleri şüphesiz gereksinimden doğmuş ve geliştirilmiştir. Mobilyalar toplumların yerleşik hayata geçmeleriyle birlikte sadece barınak gibi temel ihtiyaçları karşılamak adına değil, sosyalleşmenin beraberinde getirdiği bir olgu olarak ta karsımıza çıkmaktadır [1].

Ansiklopedik anlam olarak mobilya; çalışılan ve oturulan yerlerin, günün şartlarına, insanların zevklerine göre süslenmesine, değişik gayelerle donatılmasına yarayan, portatif ve taşınabilir eşyalardır [2].

TS 4521'e göre "Ağaç Mobilya: Oturma, yemek yeme, çalışma, yatma ve benzeri işlerin yapılmasında kolaylık ve rahatlık sağlayan, parçalarının büyük çoğunluğu masif, lifli, yongalı ve tabakalı ağaç malzemelerden yapılan, taşınabilir veya sabit olarak kullanılan eşyadır" [3].

Ahşap, dekoratif özelliğinin yanı sıra, işlenme kolaylığı, yüzey işlemlerine uygunluğu, ısı tutuculuk gibi teknik niteliklerinin de üstünlüğü nedeniyle yüz yıllardan beri vazgeçilemeyen yapı elemanı olarak günümüzde hala önemini korumaktadır [4].

Mobilya da genel olarak kullanılan malzeme ahşaptır. Özellikle, masa, sandalye, koltuk, dolap, karyola, komodin, kitaplık gibi konut donatılarında, büro araç gereçlerinde, okul sıra ve masalarında çoğunlukla ahşap malzeme kullanılmaktadır. Konut ve işyerlerinde kullanılan yerlere ve amaçlara göre çok farklı ahşap malzeme türleri kullanılmaktadır. Günümüzde mobilya yapımında ahşaba ek olarak mukavemetini arttırmak ve estetik bir görünüm sağlaması için çelik, alüminyum, cam ve plastik gibi diğer malzemeler de kullanılmaktadır. İnsanın zamanının büyük kısmı çeşitli mekânlar içinde geçmektedir. Bu yüzden bu mekânlar içindeki ısı, ışık, ses, renk, koku gibi fiziksel etmenlerin yanı sıra kişisel gereksinim ve eylemleri karşılamak için kullanılan mobilyalar uygun şekilde tasarlanmalı, gerekli konforu sağlamalıdır [5].

Birçok mobilya tasarımı, uzun deneme yanılma yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Eskiden kalma bilgiler ve deneyimler yeni bir tasarım olmadığı sürece nesilden nesile geçmiştir. Tasarlanan mobilyaların kullanılabilirlikleri geçmiş deneyimlere göre ölçülmüştür. Binalar, köprüler gibi hesap isteyen yapılarda deneme yanılma yöntemiyle, geçmiş deneyimler göz önüne alınarak yapılmıştır. Bir sistemin ne kadar güvenilir olduğu ne kadar yük taşıyabileceği konusunda tahmin yürütülememiştir. Bu konularda emniyet şansa bırakılamayacağı için çeşitli analiz yöntemleri geliştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır [6].

Sonlu elemanlar metodu, günümüzde karmaşık mühendislik problemlerinin hassas olarak çözülmesinde etkin olarak kullanılan sayısal bir metoddur. Yapının dışarıdan gelecek yüklere karşı davranışlarını analiz eder. İlk defa 1956 yılında uçak gövdelerinin gerilme analizi için geliştirilmiş olan bu metodun, daha sonraki on yıl içerisinde uygulamalı bilimler ve mühendislik problemlerinin çözümünde de kullanılabileceği anlaşılmıştır. Daha sonraki yıllarda ise sonlu elemanlar metodu ve

özüm teknikleri hızlı gelişmeler kaydetmiş ve günümüzde birçok pratik problemin çözümü için kullanılan en iyi metotlardan birisi olmuştur [7]. Sonlu elemanlar metodu, akışkanlar mekaniği, zemin mekaniği, uçak mühendisliği, nükleer mühendislik, elektromanyetik alanlar, termal analiz gibi birçok mühendislik alanında kullanılmaktadır.

Oturma grubuna giren koltuk, kanepeler, sandalyeler, kolçaklı sandalyeler, sallanan koltuk gibi eşyalar birer iskelet mobilyadır. Günlük yaşamda kullanılan bu mobilya türleri değişik kuvvetlerde yüklerin etkisinde kalabilirler. Mobilyaların bu yükler altındaki mukavemeti özellikle bağlantı elemanlarının fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden mobilya tasarımında imalata geçmeden önce bağlantı elemanlarının mukavemet özellikleri ayrıntılı olarak hesaplanmalıdır.

Bu çalışmanın amacı, çerçeve tipi mobilya tasarımında bilgisayar destekli analiz programlarının uygulanabilirliğini araştırmak, farklı çerçeve tipi mobilya bağlantı elemanları kullanılarak yapılan birleştirmelerin sonlu elemanlar metodu ile mukavemet analizlerini yapmak, elde edilen analiz verilerinin deney verileri ile ne kadar uyum içinde olduğunu incelemektir. Böylece mobilya imal edilmeden önce sonlu eleman yöntemi ile analizi yapılarak, tasarım aşamasında zayıf noktaların tespiti ve iyileştirilmesi, optimizasyon, bağlantı elemanının değiştirilmesi, konstrüksiyonunun geliştirilmesi, ömür hesabı gibi aşamalardan geçirilebilir.

## 1.2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatür özeti, çerçeve tipi konstrüksiyon sistemleri, köşe birleştirmeler ve köşe birleştirmelerin mukavemet analizi, mobilya tasarımında sonlu elemanlar metodunun kullanılması adı altında 3 başlıkta incelenmiştir. Deney örnekleri çerçeve tipi konstrüksiyonlu mobilyaları temsil ettiği için, literatür özetinde çerçeve konstrüksiyon sistemler ve farklı bağlantı elemanlarıyla yapılan birleştirmeler üzerinde durulmuş, son başlıkta da mobilya ile ilgili sonlu eleman analizinin yapıldığı çalışmalara değinilmiştir.

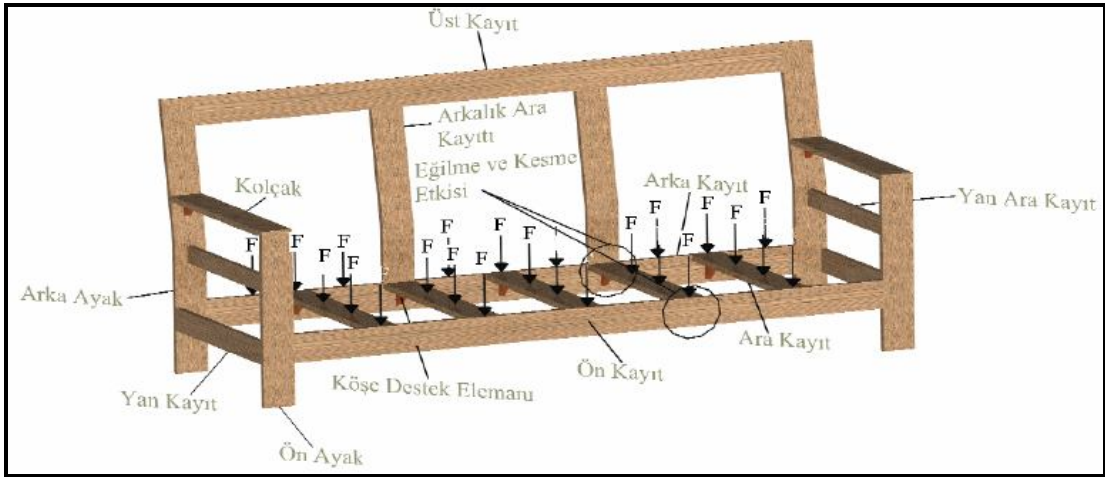
### 1.2.1. Çerçeve Tipi Konstrüksiyon Sistemleri

Bir mobilya oluşturulurken dikkat edilmesi gereken üç tasarım alanı vardır. Bunlardan birincisi olan fonksiyonel tasarım, mobilyanın ne maksatla kullanılacağıının, mobilyadan beklenen fonksiyonunun ne olduğunun belirlenmesidir. Estetik tasarım ise, ilgili kültürün etkisinde, ayrıca kullanıcı talepleri de dikkate alınarak mobilyada biçim, form, doku, renk, çizgi vb. hususların tasarlanmasını konu alan sanatsal bir çalışmadır. Son tasarım alanı olan mühendislik tasarımı da; mobilyada ergonomik kriterlerin, malzemelerin, yapım tekniklerinin ve üretim teknolojilerinin optimum şekilde belirlenmesi işlemleridir. Koltuk veya sandalye gibi çerçeve konstrüksiyonlu bir mobilya da ayak kayıt birleştirmelerinin yüzeyden gelen yükü emniyetli bir şekilde zemine iletmesi gerekmektedir. Bu yüzden birleştirmeler mühendislik tasarımı süresince ayrıntılı olarak çözümlenmelidir [8].

Konstrüksiyon tasarımı açısından mobilyalar genellikle çerçeve (iskelet), kutu (panel) ve kombine (karma) tipi olmak üzere üç yapı grubunda incelenmektedir. Üretiminde tablaların kullanıldığı mobilyalar kutu, masif çerçevelerin yer aldığı mobilyalar çerçeve, her iki eleman tipinin de kullanıldığı mobilyalar ise kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak tanımlanmaktadır. Mobilya sistemlerinin mekanik davranış özellikleri, genellikle elemanların üretildiği malzemeler ile bu elemanları birbirine bağlamada uygulanan birleştirme tekniklerine bağlı bulunmaktadır [8,9].

Çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda, örneğin döşemeli koltuk, sandalye, kanepeler gibi mobilyaların iskelet kısımlarında, çeşitli sandalyelerde; çerçeve sistemini oluşturan elemanlar birbirlerine farklı birleştirme teknikleriyle bağlanmaktadır. Bu tekniklerden kavelalı ve zıvanalı birleştirmeler tutkallı olarak uzun yıllardan beri kullanıldığı gibi, vidalı, minifiksli ve tel zımbalı gibi mekanik bağlantı sağlayan birleştirmelerin de tutkallı ve tutkalsız olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır [10].

Çerçeve sistemlerde, T-tipi birleştirme elemanları ile sıkça karşılaşılır. Bu elemanlara örnek olarak; sandalyelerde, döşemeli koltuk ve kanepeler iskeletlerinde; kayıtlar arası birleştirmeler verilebilir. Bu birleştirmeler, kullanım sırasında yükleme biçimine göre çekme, eğilme, kesme (makaslama) ve burulma gibi zorlayıcı kuvvetlerin etkisinde kalmaktadır. Örneğin, bir kanepede veya koltukta, oturma eylemi esnasında ön, arka, yan ve ara kayıtlara insanın ağırlığından dolayı düşey yönde yayılı yük etki eder. Düşey yöndeki bu yayılı yük ayak kayıt birleştirmelerinde eğilme, kesme ve eğilmeli kesme (birleşik gerilme) zorlamaları meydana getirir (Şekil 1.1) [10].



Şekil 1.1. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya [10].

Çerçeve sistemler, etkisinde kaldıkları zorlayıcı kuvvetlere karşı mukavemet gösterebilmelidir. Çerçeve sistemindeki birleştirmelerin ve elemanların sağlamlığı, mobilyanın sağlamlığını belirlemektedir. Bu nedenle, çerçeve sistemi oluşturan elemanların ve özellikle de sistemin en kritik yerleri olan birleştirmelerin yeterli mukavemete sahip olmaları gerekir.

Güvenilir bir sistem oluşturabilmek için, birleştirmelerin sağlamlıkları ve mekanik davranış özellikleri ile ilgili veriler belirlenmeli ve birleştirmelerin mukavemetini arttıracak tedbirler alınmalıdır [10].

### **1.2.2. Köşe Birleştirmeler ve Köşe Birleştirmelerin Mukavemet Analizi**

Mobilya da köşe birleştirmeler çekme, basma, eğilme, makaslama gibi zorlamalara maruz kalmaktadırlar. Bu zorlamalarla ek yerlerinde eğilme, çatlama, kırılma, esneme ve açılma meydana gelmektedir. Deformasyon büyüklükleri ağaç malzeme türüne, birleştirme tipine bağlıdır [11].

Doğanay (1987), yaptığı yüksek lisans çalışmasında mobilya endüstrisinde kullanılan ağaç malzemelerde vida tutma direnci bakımından en uygun malzemenin kayın tabakalı levha olduğunu belirtmiştir [12].

Demonte mobilya yapımında kullanılan bağlantı elemanları mobilya konstrüksiyonu üretiminde geleneksel bağlayıcılardan daha yüksek tutma gücü sağladıkları ve kullanım yerinde demonte mobilya montajını gerçekleştirebilme imkânı verdikleri için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ekonomik ve kalite yönünden birçok artısı vardır [13].

Efe ve İmirzi (2008), MDF, Yonga Levha ve Kontrplak kullanarak kavelalı ve kavela + vida ile iki çeşit birleştirme çeşidi ile diyagonal çekme ve diyagonal basınç deneyleri yaparak mobilya köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitelerini araştırmışlardır. Birleştirme çeşidine göre ise vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelere göre %95 oranında daha yüksek moment taşıdığı görülmüştür. Malzeme türü ve birleştirme çeşidi etkileşimine göre en iyi sonucu MDF ve kontrplaktan üretilen vidalı birleştirme örnekleri vermiştir [14].

Efe (1994), çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özelliklerini araştırdığı çalışmasında, kavelalı tutkallı, zıvanalı tutkallı ve değişik tiplerde iki özel mekanik mobilya bağlantı malzemesi ile

bunların kombinasyonundan oluşan bir bağlantı olmak üzere toplam beş çeşit birleştirmede; mekanik bağlantı elemanları ile yapılan alternatif birleştirmelerin, geleneksel tutkallı birleştirmelere göre daha başarılı olduğunu vurgulamıştır [9].

Özçifçi ve Doğanay (1999), mobilya üretiminde kullanılan Doğu Kayını (Fagus orientalis lipsky), Ladin (Picea orientalis lipsky) ve Etiket Yonga Levha (Waferboard:WFB) ların liflere paralel ve dik olmak üzere vida ve çivi tutma dirençlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, vida tutma deneylerinde en yüksek çekme direncini kayın odununda, liflere dik yönde 20x35 boyutunda vida ile, liflere paralel yönde 16x30 boyutunda çivi ile elde etmişlerdir [15].

Günümüzde, tutkallı birleştirmelerin yerini mekanik bağlantı elemanlı, demonte birleştirmeler almaya başlamıştır. Seri üretim makinelerindeki gelişme ve üretilen mobilyaların uzaklara taşınması birçok mobilyanın sökülüp-takılabilir olmasını gerekli kılmıştır. İki ya da daha çok elemanın uygun yöntemlerle birleştirilmesiyle tutkalsız, dışarıdan gelebilecek yüklere karşı mukavemetli birleştirmeler yapılabilmektedir. Tutkal kullanımının ve sabit bağlamanın istenmediği durumlarda tutkalsız ahşap birleştirme teknikleri kullanılabilir [16].

Vidalı ve metal bağlantı elemanları ile birleştirilen mobilyalar, mobilyanın sökülüp takılması, ambalaj kolaylığı ve nakliye maliyetlerini büyük oranda azalttığı için, sökülüp takılabilen birleştirmeler günümüzde daha çok tercih edilmektedir [17, 18, 19].

Sökülüp-takılabilir birleştirme tekniklerinin uygulandığı mobilyalar portatif olduğundan, bunların montajı müşterinin istediği yerde yapılabilir. Böylece nakliye maliyetleri azaltılmış olur. Bu mobilyalar sökülmüş vaziyette depolandığı takdirde, sabit mobilyalara nazaran daha az yer kaplarlar. Bu durum imalatçılar ve satıcılar açısından oldukça önemlidir. Demonte birleştirmeler sağlamış olduğu bu üstünlükler nedeniyle tercih edilmektedirler [20].

Konutlarda veya işyerlerinde kullanılan mobilyalar, kullanım yerine göre doğrudan veya dolaylı olarak çeşitli zorlamalar ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorlamalar, mobilyayı oluşturan elemanlar üzerinde çeşitli deformasyonlara neden olmaktadır. Yüklerin etkisine göre mobilya köşe birleştirme yerlerinde veya elemanlarında açılma, eğilme ya da kırılma gibi deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu deformasyonları en aza indirmek için tasarım ve imalat aşamasında çeşitli konstrüksiyonlar uygulanmaktadır [21, 22].

Mobilyanın kullanımı esnasında maruz kaldığı yüklerden dolayı elemanlarda ve bağlantı yerlerinde basınç ve çekme şeklinde kuvvetler meydana gelmektedir. Kuvvetlerin etkisine göre mobilya elemanların birleşim yerlerinde; açılma, eğilme, çatlama, burulma, kırılma gibi deformasyonlar oluşmaktadır. Bu gibi olumsuzlukları giderebilmek amacıyla mobilya yapım teknikleri ve yardımcı gereçlere ait mekanik özelliklerin gerekli analizleri yapılmalıdır [23].

Örs ve Efe (1998), mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında uygulanan geleneksel ve alternatif birleştirmelerin mekanik özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, esnek birleştirme sağlayan alternatif bağlantı elemanlarıyla yapılan birleştirmeler, rijit birleştirme sağlayan geleneksel tutkallı birleştirmelere göre daha başarılı bulunmuş, demonte mobilyalarda multifiks ve minifiks bağlantı elemanları kullanılan birleştirmeler, geleneksel birleştirme tekniklerinden kavelalı ve zıvanalı birleştirmelere göre daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir [24].

Efe ve Kasal (2000), tabla tipi mobilya üretiminde kullanılan köşe birleştirmelerden, bazı tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) birleştirmelerin eğilme direnç özelliklerini araştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre lif levhaların, yonga levhalara, tutkalsız birleştirmelerin, tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığını, deneylerde en iyi sonucun tutkalsız multifiksli köşe birleştirmelerin verdiğini, ikinci sırayı ise tutkalsız minifiksli köşe birleştirmelerin aldığını bildirmişlerdir [25, 26].

Şafak (2000), kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinin mekanik özelliklerini araştırdıkları çalışmasında, kutu tipi mobilya köşe birleştirmelerinde lif



ve yonga levhalarda tutkalsız birleştirmeler, tutkallı birleştirmelere üstünlük sağlamış ve aynı zamanda çekme ve basma deneylerinde en iyi sonucu tutkalsız multifiksli köşe birleştirmeler vermiştir [27].

Lin ve Eckelman (1987), rijitlik derecesi değerleri değişen 3 tip bağlantı tekniği kullanarak, kutu tipi mobilya üzerinde bunların birleştirme sağlamlığına etkisini değerlendirmişlerdir. Köşe birleştirmeler, kavela ve metal bağlantılarla güçlendirilirse sağlamlığında kademeli olarak artacağı vurgulanmıştır [28].

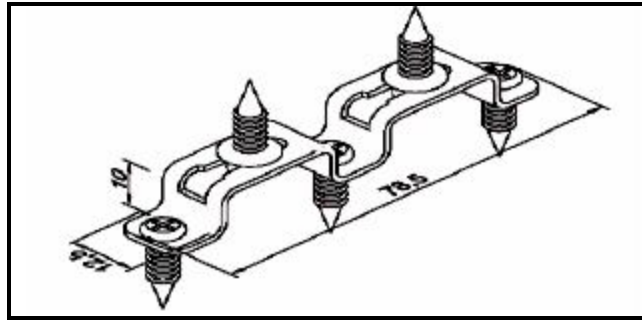
Güntekin (2003), montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performans özelliklerini araştırmıştır. 18 mm kalınlığındaki MDF ve yonga levhalardan mekanik bağlantı elemanları ve kavela kullanılarak köşe birleştirme örnekleri hazırlanmış, her bir köşe birleştirmesi için bir bağlantı elemanı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mekanik bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin kavela ile yapılan birleştirmelere göre daha az dirençli ve daha esnek olduklarını, malzeme ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnci etkilediğini tespit etmişlerdir [29].

Güray ve diğerleri (2002), minifiks, kavela ve farklı köşe birleştirme tiplerinin diyagonal çekme direnci üzerine etkilerini araştırmışlardır. En yüksek diyagonal çekme direncini, MDF Lamdan yapılmış alyans vidalı birleştirmelerden elde etmişlerdir [30].

Efe ve İmirzi (2007), Doğu kayını, sarıçam, MDF, YL, yönlendirilmış yonga levha (OSB), kalıplanmış yonga levha (werzalit), okume kontrplak kullanarak eksantrik bağlantı elemanı (blum), trapez, minifiks, ağaç kavela, yıldız ve alyan başlı vidalar kullanarak ‘T’ tipi birleştirmelerin performans özelliklerini araştırmışlardır. Birleştirme çeşidi–malzeme çeşidi etkileşimi sonucunda en yüksek kuvvet taşıma değerlerini, sırasıyla vidalı birleştirilmış Doğu kayınında, en zayıf kuvvet taşıma değerlerini bloom birleştirmeli yonga levha ve suntalam malzeme numuneleri verdiğini belirtmişlerdir [31].

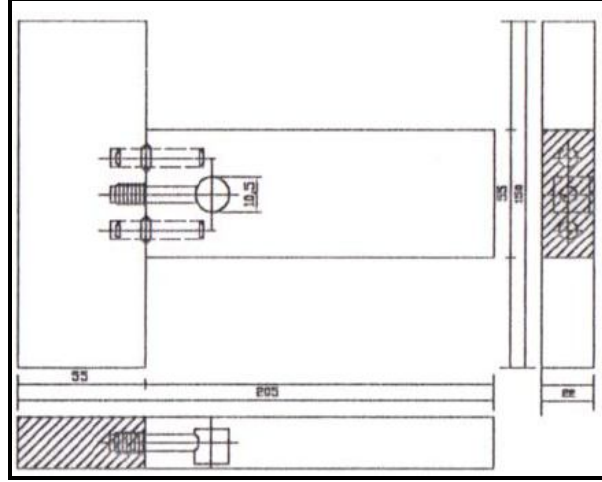
Smardzweski and Prekrad (2002), metal konstrüksiyonlu trapez bağlantı demonte birleştirmelerin direnç özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmalarında mekanik bağlantı elemanlarının avantajlarından bahsetmişlerdir [32].

Özçifçi ve diğerleri (2008), Doğu kayını, sarıçam, suni reçine ile kaplanmış lif levha (MDF lam) ve suni reçine ile kaplanmış yonga levha (sunta lam) kullanarak bazı modüler bağlantı elemanları ile yapılan köşe birleştirmelerinin diyagonal basınç ve diyagonal çekme direnç özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda, en yüksek basınç direnci Doğu kayınından üretilen çift çektirmeli bağlantı elemanında, en düşük, suntalamdan üretilen kendinden plastik dübelli metal minifiks bağlantı elemanında elde edilmiştir. En yüksek çekme direnci, Doğu kayınından üretilen çift çektirmeli bağlantı elemanında, en düşük, suntalamdan üretilen kendinden plastik dübelli metal minifiks bağlantı elemanında elde edilmiştir. Mekanik bağlantı elemanları ile yapılan köşe birleştirmelerinde çift çektirmeli bağlantı elemanı kullanılması önerilmiştir (Şekil 1.2) [33].



Şekil 1.2. Çift çektirmeli bağlantı elemanı [33].

Efe ve İmirzi (2001), çerçeve konstrüksiyonlu ‘T’ birleştirmelerinin çekme dirençlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, Doğu kayını, sarıçam ve meşeden oluşan üç ağaç malzeme ile zıvanalı-tutkallı, kavelalı-tutkallı, minifiks-tutkalsız, vidalı-tutkalsız birleştirme çeşitleri kullanılarak oluşturulan numuneler, çekme deneyine tabi tutulmuş, ağaç malzeme türleri arasındaki başarı sıralaması Doğu kayını, meşe ve sarıçam şeklinde çıkmış, ayrıca demonte birleştirmelerin de sabit birleştirmelere göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir. Şekil 1.3’de tutkalsız kavelalı minifiks birleştirme deney örneği gösterilmiştir [34].



Şekil 1.3. Tutkalsız kavelalı minifiks birleştirme örneği [34].

### 1.2.3. Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Sonlu Elemanlar Metodunun Kullanılması

Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ve teknolojisinin gelişmesiyle, sonlu elemanlar programlarının modern mobilya tasarım sürecinin birçok basamağında kullanımı mümkün olmaktadır. Sistemin tüm elemanları parametrik olarak modellenip, her türlü değişiklikler katı modellemenin sağladığı üstünlükler sayesinde kolayca yapılmaktadır. Sistemin mukavemet analizleri, bilgisayar destekli analiz programları tarafından yapılabilmektedir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve üretim (CAM) mobilya üretim ve tasarımında kullanılmakta ve ürün kalitesine büyük katkılar sağlamaktadır [35].

Nicholls and Crisan (2002), kutu konstrüksiyonlu kavelalı ve minifiks tipi bağlantı elemanlı köşe birleştirmelerdeki gerilmeleri sonlu elemanlar yöntemiyle analiz etmişlerdir. Sonuçta, katı modellerde oluşan gerilme yığılma alanlarının, gerçek birleştirmelerdeki gibi geliştiği belirlenmiş ve köşe birleştirmelerdeki gerilme dağılımları elde edilmiştir [36].

Altınok (1995), kayın ve çam odunundan hazırladığı sandalyelerin, alt ara kayıt yeri için optimizasyon yaparak, kritik oturma pozisyonunda denemiş ve gerekli davranış

ölçümlerini yapmıştır. Mukavemet analizlerini bilgisayar destekli bir programdan yararlanarak yapmıştır. Sonuç olarak, çerçeve düğüm noktalarının (zıvanaların) yüksekliği ve tutkallı bağlantı sağlamlığının birinci derece, çerçeve elemanlarının ve çerçeve uzantısı ayak alt ve üst kısımlarının kesit boyutlarının ikinci derece önemli olduğunu belirlemiştir [37].

Cai ve diğerleri (1995), kutu konstrüksiyonlu “moltinject” tipi köşe birleştirmelerin, kavelalı birleştirmelerle kıyaslamalı olarak mukavemetini ve rijitliğini analiz etmişlerdir. Ayrıca “moltinject” tipi köşe birleştirmelerin deformasyonunu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak mantıklı bir şekilde tahmin edilebilmiştir [38].

Gustafsson (1995), teknolojinin gelişmesiyle, sonlu elemanlar programlarının tasarım sürecinin birçok basamağında kullanımının mümkün olduğunu vurgulamış, bu maksatla, basit bir sandalyenin yapısal analizini sonlu elemanlar metodu kullanarak yapmış ve kullanılan eleman ölçülerinin biraz daha düşürülmesi durumunda dahi sandalyenin aynı mukavemeti göstereceğini belirtmiştir [39].

Gustafsson (1996), huş ağacından basit bir sandalye hazırlamış, bu sandalyenin kullanım sırasında etkilenebileceği çeşitli yüklere karşı mukavemetini test etmiş ve çeşitli yükler altında sonlu elemanlar metodu ile analizlerini yapmıştır. Test sonuçları ile analiz verilerinin mantıklı bir şekilde birbirini karşıladığını bildirmiştir [40].

Gustafsson (1997), sonlu elemanlar metoduyla bir sandalyenin nasıl analiz edileceğini ve tasarlanacağını göstermiş, gerçek boyutlarında dışbudaktan hazırladığı bir sandalyenin gerilme diyagramları ile test sonuçlarını vermiştir [41].

Smardzewski (1998), malzeme kullanımını en aza indirip sistemi oluşturan elemanların ve birleştirme noktalarının mukavemetini en üst seviyeye çıkaran konstrüksiyonlara ulaşmak için iskelet mobilya yan çerçevelerinin mukavemet analizini yapabilen bir yazılım geliştirmek amacıyla bir araştırma yapmıştır. Örnek olarak bir sandalye yan çerçevesini analiz etmiş, geliştirilen bu programın doğru ve hızlı bir şekilde ahşap mobilya konstrüksiyonlarının rijitliğini ve mukavemetini analiz edebildiğini kanıtlamıştır [42].

Smardzewski (2002), iskelet mobilyaların konstrüksiyonunda yaygın olarak kullanılan zıvanalı birleştirmelerin eğilme direncini incelemek amacıyla matematiksel bir metot geliştirmiş ve tutkallı zıvanalı birleştirmelerin mukavemetini etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmıştır. Analizler, Ponzan Ziraat Üniversitesi'nde tasarlanmış olan bir bilgisayar programında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, zıvanalı tutkallı birleştirmelerin eğilme direnci üzerinde kullanılan tutkalin kayma direnci ve birleştirmelerin yapıldığı ağaç türünün basınç direnci etkilidir. Ayrıca zıvanalı birleştirmenin sıkı bir şekilde yerleştirilmesiyle, tutkal hattındaki gerilmelerin azaldığı ve dolayısıyla mukavemetin arttığı bildirilmiştir [43].

Daudeville ve diğerleri (1999), cıvatalı ahşap birleştirmelerin statik yük taşıma kapasitelerini deneysel ve teorik olarak analiz etmişler, cıvata çapı, eleman kesit ölçüleri gibi farklı yapısal parametrelerin mukavemet üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bilgisayar destekli teorik analizlerde bir sonlu elemanlar metodu olan doğrusal elastik kırılma mekaniğinden faydalanmışlardır. Deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması, sonlu elemanlar metodunun, cıvatalı ahşap birleştirmelerin yük taşıma performansını tahmin etmede uygun bir metot olduğunu göstermiştir [44].

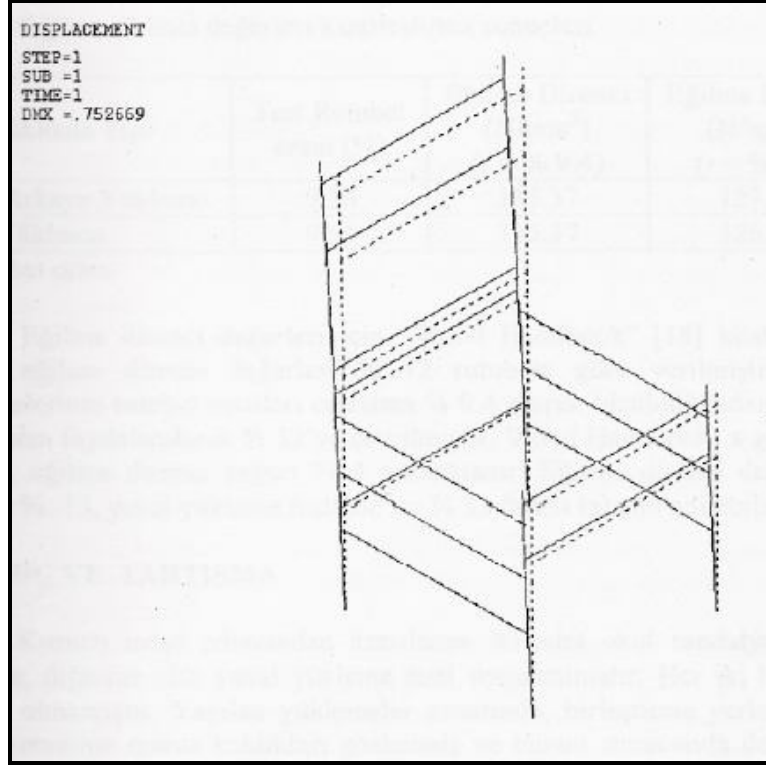
Erdil (2002), çeşitli tip ve ölçülerdeki ahşap okul sandalye ve sıralarının geleneksel yapı tasarım yöntemleriyle tasarım ve analizini, bu ürünlerin mukavemetlerinin özel olarak seçilmiş performans deneyi donanımı ve yöntemleriyle denemiştir. Sonuç olarak; optimum tasarımları ve ölçüleri elde etmiş, deney yönteminin ve donanımının uygun olduğunu bildirmiş, ayrıca sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan yapı analizlerinin, mobilyanın genel mukavemeti bakımından uygun değerler sağladığını belirtmiştir [45].

Jensen ve diğerleri (2001), kavelalı birleştirmelerin aksenal çekme mukavemetlerini, doğrusal elastik kırılma mekaniği (ideal plastiklik) ve doğrusal elastik gerilme analizi olmak üzere iki aynı bilgisayar destekli teorik çözüm kullanarak incelemişlerdir. Teorik ve deneysel sonuçları kıyaslamışlar, sonuçta tutkal hattındaki kayma direnci ve kırılma enerjisinin birleştirmelerin mukavemet özelliklerinin göstergesi olduğunu belirtmişlerdir [46].

Eckelman ve diğeri (2002), zig zag yaylarla döşenen bir kanepenin iskeleti tasarımının, zig zag yayların basite indirgenerek analiz edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Sonlu elemanlar metodu kullanarak yaptıkları çalışmada, verilen bu tür bir örnek modelde, masif ahşap malzemeden olan ön kayıt yerine bu elemana yapısal olarak eşdeğer sayılabilecek bir paralel tel sistem konulduğunu varsayımlar, bu modelde tel kirişler kayıtın düzlem yüzey dışı yüklemesini temsil ederken, diyagonal elemanlar da kayıtın burulma hesabında kullanılmıştır. Böylelikle, malzeme karakteristiklerine ilişkin verilere olan ihtiyaç en alt düzeye indirilmiştir. Sonuç olarak, sadece kayıt malzemesinin maksimum eğilme direnci, elastikiyet modülü ve rijitlik modülü kullanılarak analizin gerçekleştirilebildiğini kanıtlanmıştır [47].

Efe ve diğeri (2003), çerçeve konstrüksiyonlu mobilyada silindirik zıvanalı birleştirme kullanarak, iki adet okul sandalyesini “devirli basamaklı yük metodu” ile test etmişlerdir. Ayrıca numunelerin sonlu elemanlar metodu ile analizlerini yapmışlardır. Araştırmanın sonuçlarına göre sonlu elemanlar metodu ile elde edilen analiz sonuçlarının mobilyanın mukavemeti açısından tahmini değerler sağladığını tespit etmişlerdir (Şekil 1.4) [48].

İmirzi ve Efe (2009), 14, 16 ve 18 mm kalınlığında yonga levha (YL), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve okume kontrplak (OKP) kullanarak “L” tipi olarak üretilmiş kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde kavela ve kavelalı vidalı birleştirmeler kullanarak birleştirmelerin mukavemet ve rijitlik özelliklerini araştırmışlardır. Ayrıca birleştirmelerin sonlu eleman analizini yapmışlar ve elde edilen sonuçları deneylerden elde edilen sonuçlarla kıyaslamışlardır. Karşılaştırma sonucunda sonlu elemanlar metodu ile yapılan analizlerden elde edilen verilerin gerçek davranışa yaklaştığını tespit etmişlerdir. Analizlerin sonucunda vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelere göre daha uzun sürede deforme olduğunu ve kontrplak ve MDF ile üretilen kavelalı-vidalı birleştirmenin daha fazla yük taşıdığını tespit etmişlerdir [49].



Şekil 1.4. Ansys'te sandalye modeli [48].

Kasal ve diğerleri (2007), tutkalsız-vidalı olarak birleştirilmiş ahşap ve kompozit malzemelerin üç farklı yan çerçeve tipi oluşturularak deneysel ve sonlu eleman analizini yapmışlardır. Deney sonuçlarına göre, üç farklı yan çerçeve tipi ile oluşturulmuş koltuk iskeletleri farklı mekanik özellikler göstermişlerdir ve sonlu eleman analizinin anlamlı değerler verdiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak mobilyalarda kritik noktaların birleştirmeler olduğunu, eğilme direnci yüksek malzemelerle daha mukavemetli birleştirmeler yapılabileceğini belirtmişlerdir [16].

Kılıçalp (2007), sonlu elemanlar metodu ile kutu mobilyalarda kullanılan bazı modüler bağlantı elemanlarının direnç özelliklerini incelemiştir. Deney sonuçları ile sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarları arasında uyum gözlenmiştir. Doğu kayını odunu daha fazla direnç gösterdiğinden çift çektirmeli bağlantı elemanı ile birlikte kullanılabileceği sonucuna varılmıştır [50].

## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE METOT

#### 2.1. DENEY MATERYALİ

İnsanların yaşamında ve kültürünün gelişme sürecinde ahşap ve ahşaptan yapılan ürünler önemli bir yer tutmaktadır. Ahşabın moleküler, kimyasal, mikroskobik özellikleri onun çok çeşitli amaçlar için kullanılabilmesini sağlamıştır. Bu özelliklerinin yanı sıra lifli bir yapıya sahip oluşu mühendislik kullanımlarda yüksek mukavemet göstermesine ve esnek olmasına sebep olmuştur. Ayrıca izolasyon özelliği açısından çoğu zaman tercih edilme sebebi olmuştur [51, 52].

Bu çalışmada deney örneklerinin hazırlanmasında mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky) kullanılmıştır.

##### 2.1.1. Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky)

Doğu kayını ülkemizde doğal olarak yetişmekte, çoğunlukla çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalarda kullanılmaktadır. Sert, ağır, kolay işlenebilir ve kolay yarılabilmek özelliklerine sahiptir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü yüksektir. Önemli kullanım alanları arasında; mobilya, kontrplak, araba, parke, ayakkabı kalıbı, ambalaj sandığı, oyuncak, sandal ve fırın kürekleri, alet sapları, iş ve marangoz tezgâhları, maden direği, yakacak odun, emprenye edildiği takdirde travers imali sayılmaktadır [53, 54].

Tam kuru yoğunluğu ( $D_0$ )  $0,68 \text{ g/cm}^3$ , hava kurusu yoğunluğu ( $D_{12}$ )  $0,72 \text{ g/cm}^3$  tür. Elastikiyet modülü  $15700 \text{ N/mm}^2$ , eğilme direnci ( $\mu E$ )  $120 \text{ N/mm}^2$ , liflere paralel çekme direnci ( $\mu Ç$ )  $132 \text{ N/mm}^2$ , liflere paralel basınç direnci ( $\mu B$ )  $60 \text{ N/mm}^2$ dir [55].



## 2.2. BİRLEŞTİRME ELEMANLARI

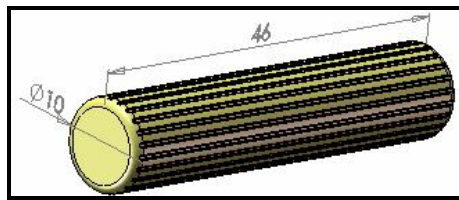
Bağlantı elemanları en az iki mobilya ünitesini veya mobilya parçasını ya da bunlardan başka bir eşyayı mekanik bir işlem sonucu birbirlerine çektirerek bağlama yeteneği olan elemanlar veya mekanizmalardır [35].

Mekanik bağlayıcılar çelik, bakır, alüminyum ve plastikten üretilirler. Üreten firmaların isteğine göre galvanize edilebilir veya kaplanabilirler. Çoğunlukla iki parçalı olarak üretilirler. Her biri ayrı iş parçalarına monte edilip bağlantı elemanlarının tam işlevini yerine getirebilmesi için bir araya getirilip iki parçadan oluşan sistemin birbirine kenetlenmesi sağlanır. Bu ürünlerin sağlamlığı kullanılan hammaddenin özelliklerine ve bileşim oranlarına bağlıdır. Her firmanın ürettiği özel bağlantı elemanları renk, biçim ve kalite açısından farklılıklar içermektedir [13].

Birleştirmelerde bağlantı elemanı olarak minifiks, plastik 'L' köşe bağlantı elemanı, "T" çektirme köşe bağlantı elemanı ve eğri metal 'T' çektirme bağlantı elemanı kullanılmıştır.

### 2.2.1. Kavela

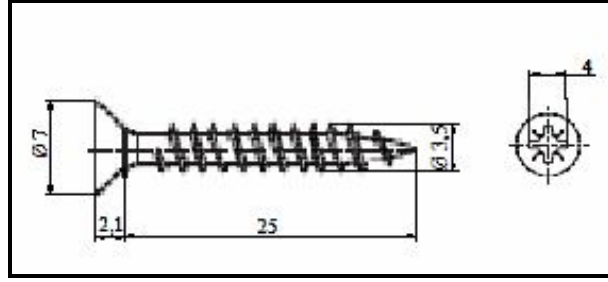
En az iki mobilya ünitesini tutkallanarak birbirine bağlamaya veya başka bir ana bağlantı elemanına kılavuzluk yapmaya yarayan ahşap çubuklardır. Uygulanma kolaylığından dolayı sıklıkla tercih edilmektedirler. Piyasada çok ucuza ve kolayca temin edilebilmektedir [50]. Deneylerde TS 4539 esaslarına uygun olarak 10 mm çapında 46 mm boyunda kayın odunundan elde edilmiş düz yivli kavelalar kullanılmıştır [56]. Deney örneklerinde kullanılan kavelalar tutkallanmadan kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Deneylerde kullanılan kavela

### 2.2.2. Vida

Vidalar; çelik, pirinç, bakır, bronz, kadmiyum, alüminyum gibi değişik metallere yapılan spiral bağlama etkileri olan bağlantı elemanlarıdır. Bu nedenle çivilere göre daha fazla direnç gösterirler. Vidalı birleştirmelerde kılavuz deliklerinin açılmasına dikkat edilmelidir. TS 61 standartlarına uygun olarak kullanılan vidanın dış çapı 3,5 mm ve vida boyu 25 mm'dir (Şekil 2.2 ) [30, 57, 58].

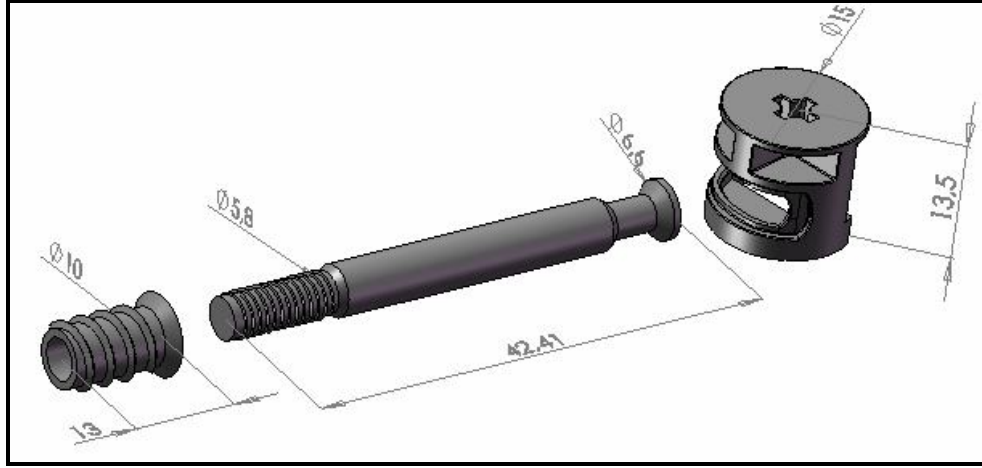


Şekil 2.2. Deneylerde kullanılan vidalar [58].

### 2.2.3. Minifiks Bağlantı Elemanı

Merkezden kaçırılmış noktaların meydana getirdiği kavisli bir çizgiden oluşan silindirik bir elemanın bir ucu vidalı, diğer ucu özel form ve şekilli bir başka elemanı sıkması esasına göre çalışan, oksidasyona karşı korunmuş metalden yapılan bağlantı elemanıdır (Şekil 2.3). Bu bağlantı elemanının iç ve dıştaki tırnakları sayesinde sağlamlığı artırılmıştır. Milin gövdesindeki tırnak, dübelin yuvaya tam oturmasını sağlar ve sağlam bir kenetlenme gerçekleştirir. Bağlantı sistemlerinin minifiks olması, kurulumu kolaylaştırdığı gibi yanlış kurulum olması durumunda mobilyanın yalama olmasını engellemektedir. Dışarıdan bakıldığında görülmez [59].

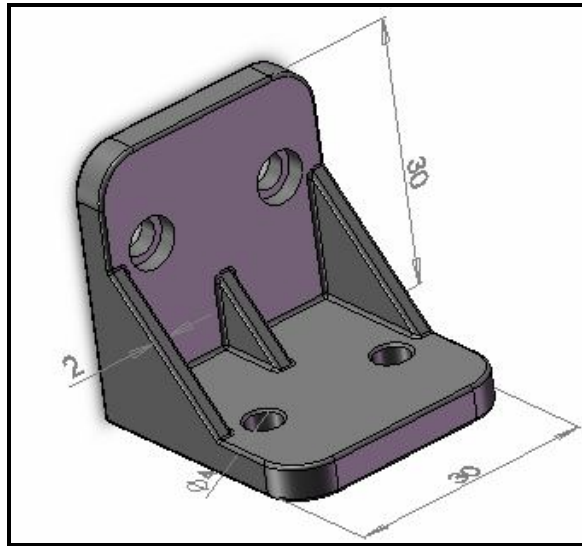
Monte işleminde eksantrik kafa, mil ve dübel için her birinin çapına uygun genellikle helisel matkap uçları ile delik makinelerinden yararlanılarak yuva açılır. Açılacak olan yuvanın delik çapı ve derinliği eksantrik bağlantı parçalarına uygun olmalıdır. Açılan yuvalara yerleştirilen bağlantı parçaları işlevlerini yerine getirmesi için iş parçalarıyla birlikte sıkılırlar [13].



Şekil 2.3. Minifiks bağlantı elemanı

#### 2.2.4. Plastik “L” Köşe Bağlantı Elemanı

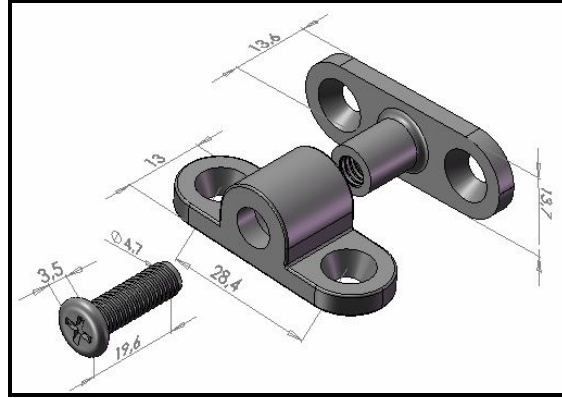
Mobilyaların ek yerlerini sağlamlaştırmak ve gerektiğinde mobilyanın sökülüp tekrar başka bir mekâna montaj edilmesinde kolaylık sağlarlar (Şekil 2.4) [59]. Birleştirme elemanı temas yüzey alanı:  $1537,14 \text{ mm}^2$ ’dir.



Şekil 2.4. Plastik “L” köşe bağlantı elemanı

### 2.2.5. “T” Çektirme Köşe Bağlantı Elemanı

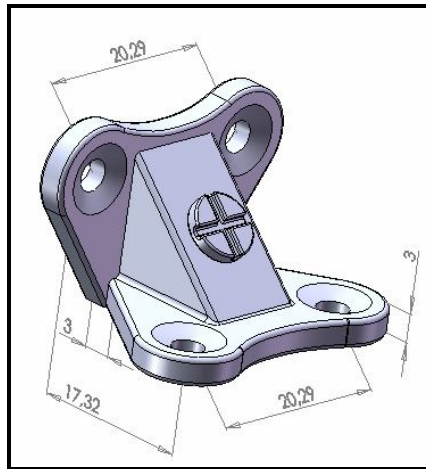
Bağlanacak malzemenin kalınlığına göre ayarlanabilir özelliktedir. Köşe birleştirmelerini sağlamlaştırmak için kullanılır (Şekil 2.5) [59]. Birleştirme elemanı temas yüzey alanı: 684,19 mm<sup>2</sup>’dir.



Şekil 2.5. “T” çektirme köşe bağlantı elemanı

### 2.2.6. Eğri Metal ‘T’ Çektirme Bağlantı Elemanı

Mobilya ve mutfak dolaplarının köşe birleştirmelerinde kullanılan pratik bir birleştirme elemanıdır. Genelde iki elemandan oluşur ve birisi dikey tablaya diğeri yatay tablaya bağlanır (Şekil 2.6) [59]. Birleştirme elemanı temas yüzey alanı: 731,02 mm<sup>2</sup>’dir.

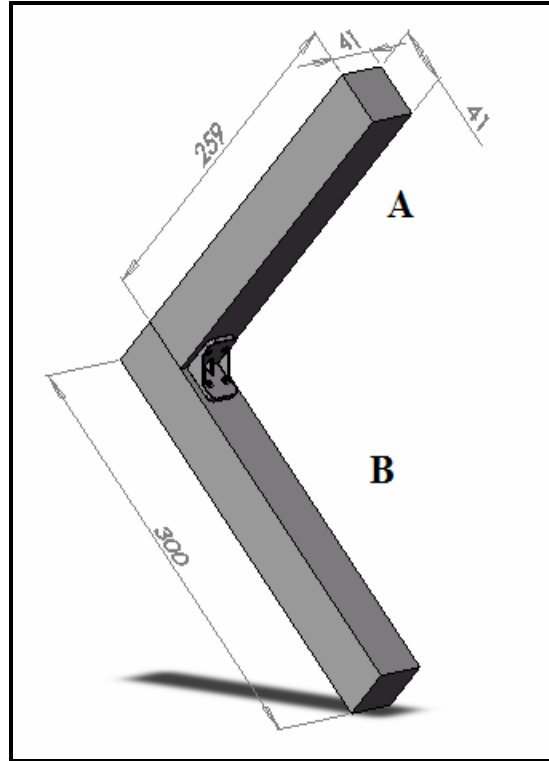


Şekil 2.6. Eğri metal ‘T’ çektirme bağlantı elemanı

### 2.3. DENEY ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI

Deneysel örneklerin hazırlanmasında ahşap malzeme olarak, mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) kullanılmıştır. Ahşap malzeme piyasadan rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Ahşap malzeme piyasadan temin edildikten sonra kaba ölçülerine getirilerek güneş ışığı almayan ve havalandırılabilen bir ortamda  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında % 12 rutubete ulaşmaya kadar yaklaşık altı ay bekletilmiştir. Ahşap malzemenin piyasadan temini sırasında çatlağı olmaması, budaksız, kuru, böceklerden etkilenmemiş olmasına dikkat edilmiştir.

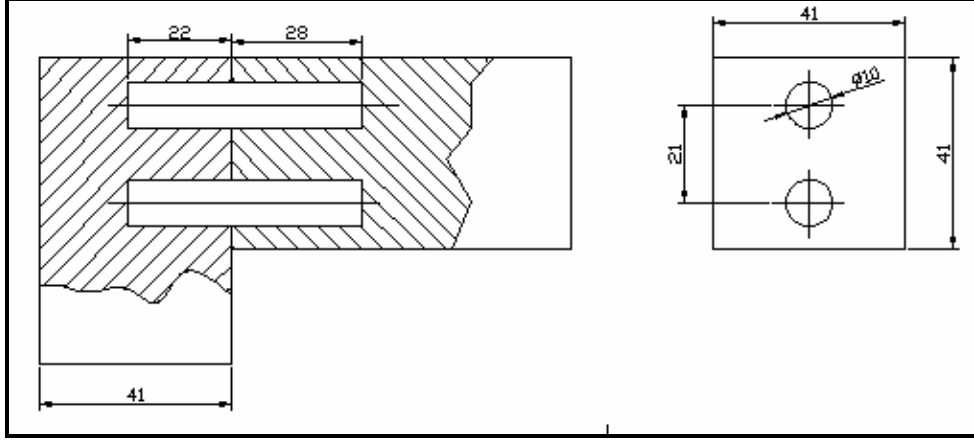
4 bağlantı elemanı 2 deney türü 5'er adet numune olmak üzere toplam 40 adet deney düzeneği hazırlanmıştır. Her bir deney örneği A ve B elemanından oluşmaktadır. A elemanı 259x41x41 mm B elemanı ise 300x41x41 mm ölçülerindedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. A ve B elemanlarından oluşan deneysel örnekleri

### 2.3.1. Deney Örneklerine Kavela Deliklerinin Açılması

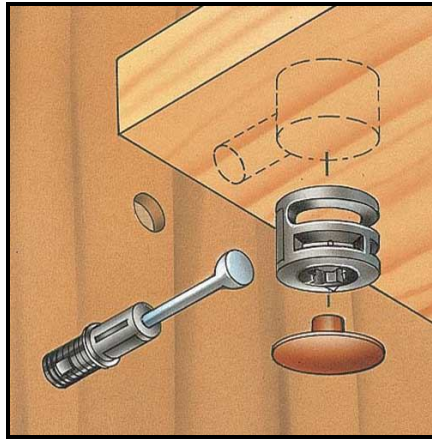
Birleştirme elemanlarını desteklemek ve sistemin mukavemetini arttırmak amacıyla kavelalar kullanılmıştır. Matkap ile A elemanına  $\varnothing 10$ 'luk 28 mm derinliğinde delik B elemanına ise 22 mm derinliğinde delik açılmıştır. Kavelalar arası mesafe 21 mm'dir (Şekil 2.8). Ahşap malzemelerin (A ve B) temas yüzey alanı:  $2885,84 \text{ mm}^2$ 'dir.



Şekil 2.8. Deney örneklerinde kavela deliklerinin ölçüleri

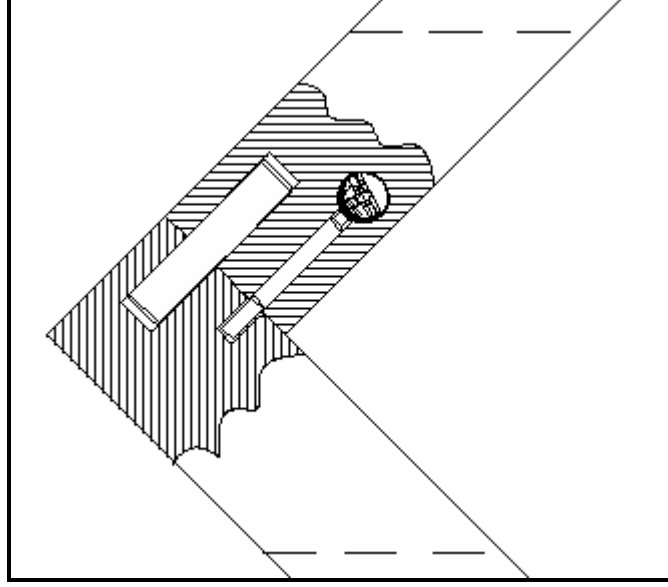
### 2.3.2. Minifiksli Birleştirme Deney Örneğinin Hazırlanması

Minifiks gövdesinin girmesi için delik derinliği 12 mm delik genişliği 15 mm olacak şekilde matkapla delinir. Çektirme milinin ölçüleri uzunluğu 34 mm dış genişliği 12 mm kafa çapı 7 mm dış yüksekliği 3 mm'dir. Dübelin gireceği delik 5 mm'dir (Şekil 2.9).

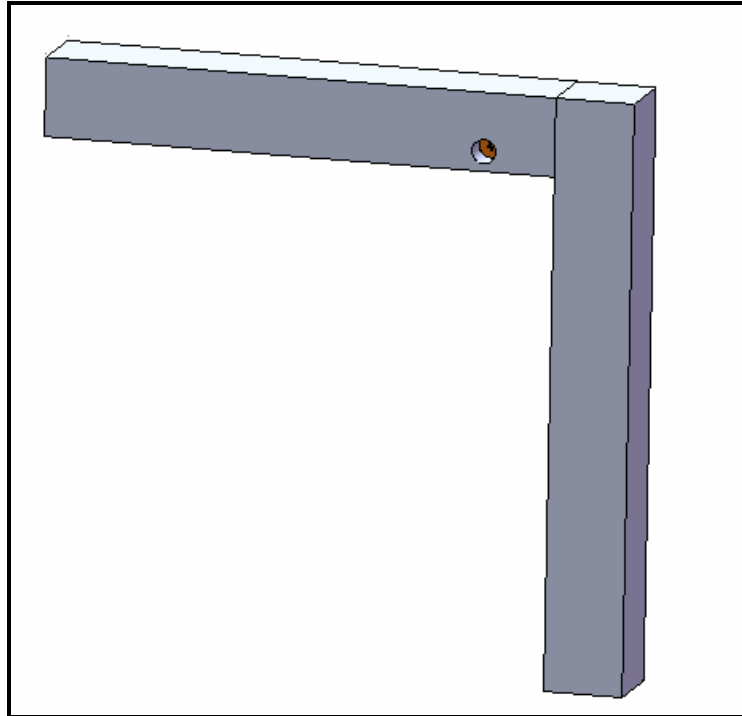


Şekil 2.9. Minifiksli birleştirme deney örneğinin hazırlanması [59].

Minifiksli birleştirme deney 6rneğinin kesit g6r6n6ř6 şekil 2.10'da, perspektif g6r6n6ř6 şekil 2.11'de belirtilmiştir.



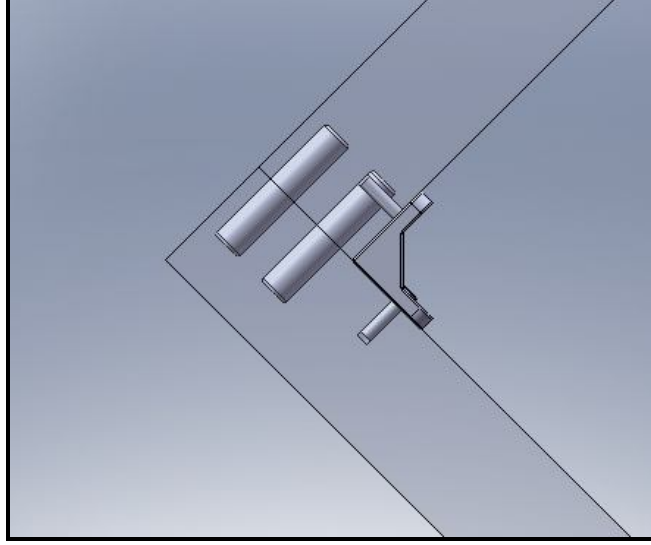
şekil 2.10. Minifiksli birleştirme kesit g6r6n6ř6



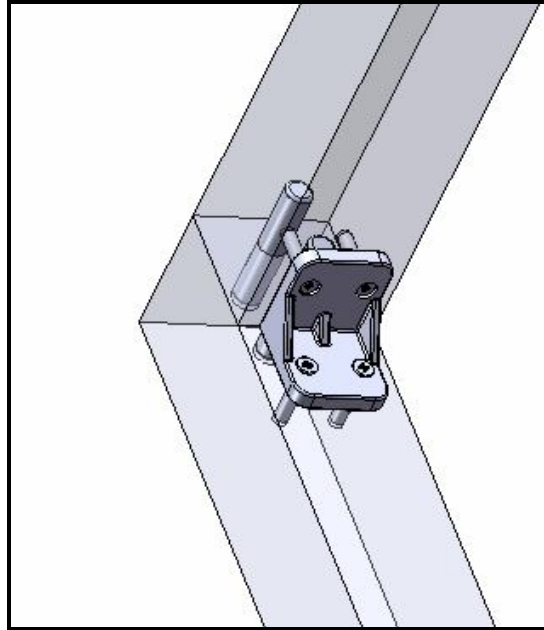
şekil 2.11. Minifiksli birleştirme deney 6rneğinin perspektif g6r6n6ř6

### 2.3.3. Plastik “L” Birleştirme Deney Örneği

A ve B elemanlarına kavela delikleri açılır. A ve B elemanları kavelalarla birbirine merkezlenir. 30x30 mm ölçülerinde olan plastik ‘L’ köşe bağlantı elemanı 4 adet 3,5 x 25 sunta vidası ile bağlanır. Deney örneğinin yan görünüşü Şekil 2.12’de, perspektif görünüşü Şekil 2.13’de görölmektedir.



Şekil 2.12. Plastik “L” birleştirme yan görünüşü

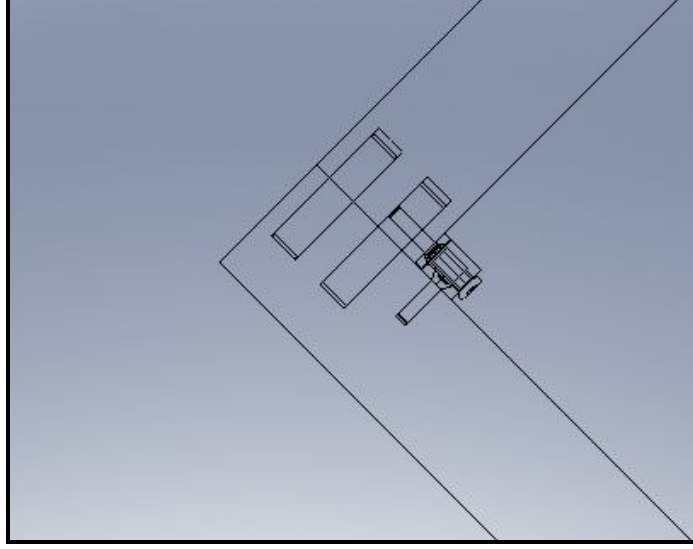


Şekil 2.13. Plastik “L” birleştirme perspektif görünüşü

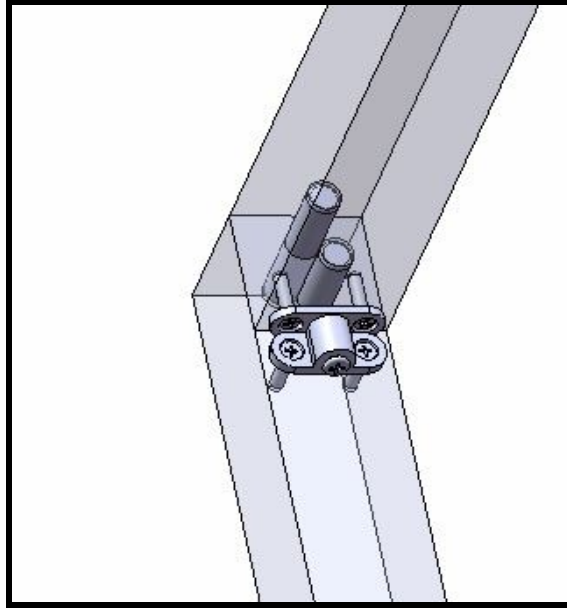


#### 2.3.4. “T” Çektirme Birleştirme Deney Örneği

A ve B elemanlarına kavela delikleri açılır. A ve B elemanları kavelalarla birbirine merkezlenir. Vida delikleri açılır. 4 adet sunta vidası ile bağlantı elemanı yardımıyla iki parça birbirine bağlanır. Şekil 2.14’ de birleştirmenin yan görünüşü, Şekil 2.15’de birleştirmenin perspektif görünüşü görölmektedir.



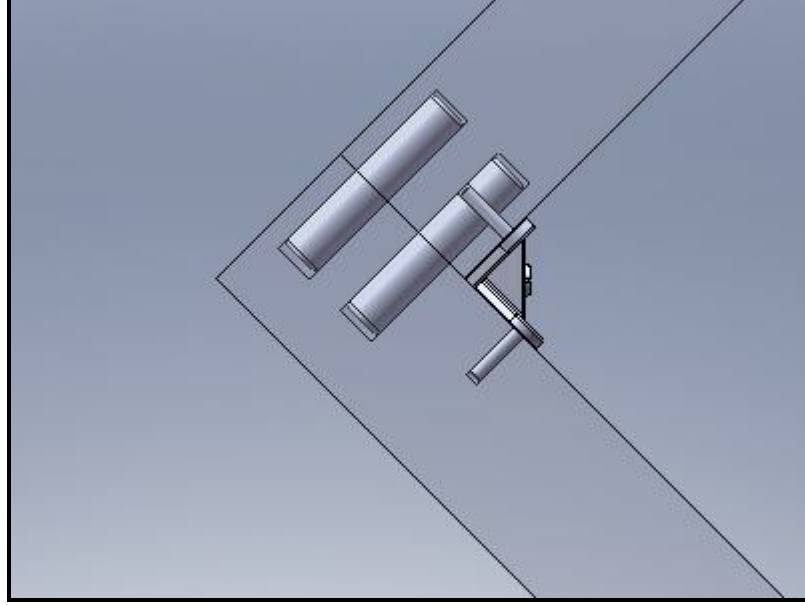
Şekil 2.14. T” çektirme birleştirme yan görünüşü



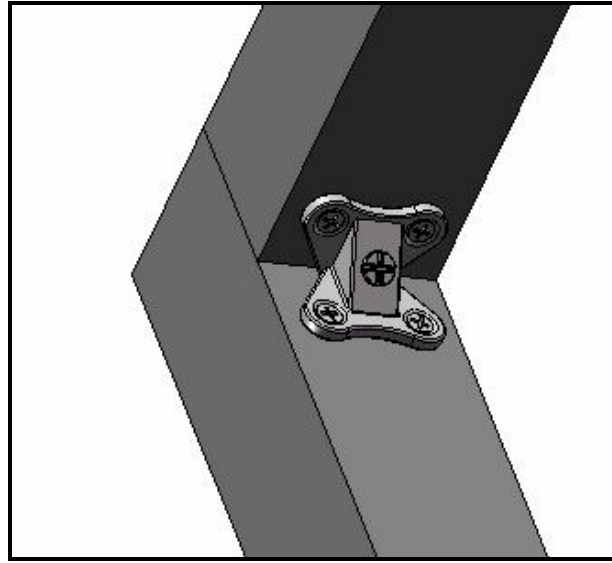
Şekil 2.15. ‘T’ çektirme birleştirme perspektif görünüşü

### 2.3.5. Eğri Metal 'T' Çektirme Birleştirme Deney Örneği

A ve B elemanlarına kavela delikleri açılır. A ve B elemanları kavelalarla birbirine merkezlenir. 4 adet sunta vidası ile bağlantı elemanı yardımıyla iki parça birbirine bağlanır. Şekil 2.16'da deney örneğinin yan görünüşü, Şekil 2.17'de deney örneğinin perspektif görünüşü görülmektedir.



Şekil 2.16. Eğri metal 'T' çektirme birleştirme yan görünüşü

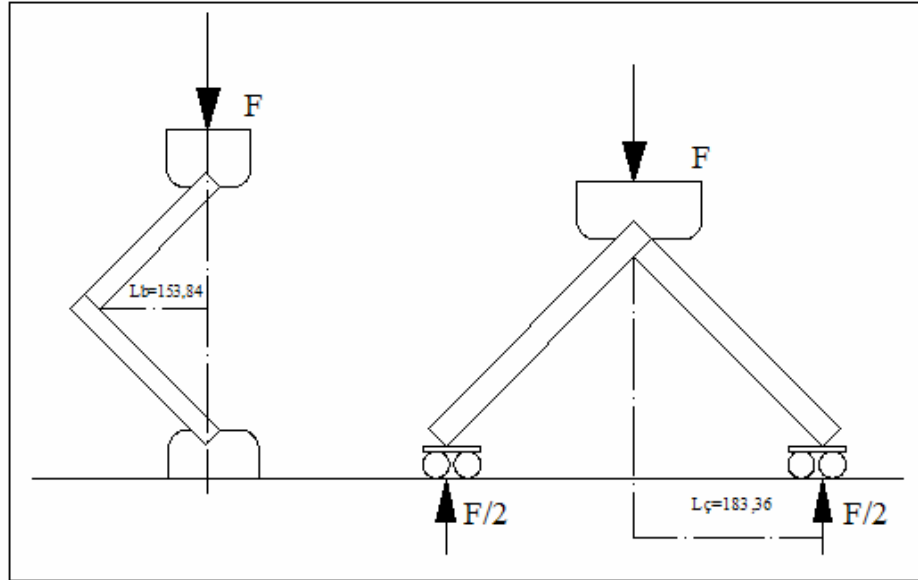


Şekil 2.17. Eğri metal 'T' çektirme birleştirme perspektif görünüşü

## 2.4. DENEY METODU

Mobilyaların sağlamlığının belirlenmesinde etkili olan faktörler, kullanılan malzeme, seçilen konstrüksiyon ve sistemi oluşturan unsurların bir uyum içerisinde çalışmasıdır. Bu çalışmada, farklı köşe birleştirme teknikleri kullanarak ‘T’ tipi köşe birleştirmelerin mukavemet özellikleri incelenecektir. Mobilyaların köşe birleştirme yerlerinde çeşitli sebeplerden dolayı mekanik zorlamalar meydana gelmektedir. Köşelere gelen zorlayıcı kuvvetler mobilyaların zamanla deformasyona uğramasına sebep olabilmektedir. Bu deformasyonları tespit edebilmek için köselerin maruz kalabileceği etkiler sembolize edilerek çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Deney metodunda benzer çalışmalardan yararlanılmış olup buna ait düzenekler Şekil 2.18’de gösterilmiştir [60].

Köşe birleşme yerlerindeki açılma ve kapanmayı temsil eden diyagonal basma ve diyagonal çekme deneyleri TS 5913 ve ASTM 1037 standartlarına uygun olarak yapılmıştır (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Deney düzeneği [60].

Diyagonal basınç deneylerinde moment kuvveti,  $M_b = F \max b \times L_b$  (Nm) eşitliğinden hesaplanmıştır.

Burada;

$M_b = \text{Moment (Nm)}$

$F_{maxb} = \text{Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)}$

$L_b = \text{Moment kolu (m)'dur.}$

Diyagonal çekme deneylerinde moment kuvveti,  $M_{\check{c}} = F_{max\check{c}} \times L_{\check{c}} / 2$  eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

$M_b = \text{Moment (Nm)}$

$F_{maxb} = \text{Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)}$

$L_{\check{c}} = \text{Moment kolu (m)'dur.}$

## **2.5. DENEYİN YAPILIŞI**

Deneyler için Karabük Üniversitesi Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölümü' nde bulunan 5000 kg kapasiteli Zwick Roell Z50 test cihazı kullanılmıştır. Deney sırasında kırılma anındaki yük miktarı ve grafikler tezgâha bağlı bilgisayara aktarılmaktadır.

### **2.5.1. Sonlu Eleman Analizi**

Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya tasarımında kullanılan bazı bağlantı elemanlarının sonlu eleman analizi ANSYS programının Workbench modülü ile yapılmıştır. Parametrik katı modeller Solidworks programı ile yapılmıştır.

Sonlu elemanlar metodu, günümüzde karmaşık mühendislik problemlerinin hassas olarak çözülmesinde etkin olarak kullanılan bir sayısal metoddur. Sonlu elemanlar metodundaki temel düşünce, karmaşık bir probleme, problemi basite indirgeyerek bir çözüm bulmaktır. Sonlu elemanlar metodunda, çözüm bölgesi, çok sayıda, basit, küçük, birbirine bağlı, sonlu eleman adı verilen alt bölgelere ayrılmaktadır. Bu elemanlar birbirlerine düğüm noktaları adı verilen noktalarla birbirine bağlanmaktadır [61].

Her bir elemanda fiziksel davranış diferansiyel denklemler ile tanımlanmaktadır. Bütün bu elemanlar birleştirilmekte ve birbirine komşu elemanlarda süreklilik ve denge şartları sağlanmaktadır. Neticede lineer cebri denklem takımı ile problemin tümünün fiziksel davranışı tanımlamakta ve uygun sayısal metod ile çözüm elde edilmektedir [62].

Çeşitli zor problemlerin çözümünün yapılabilmesi amacıyla sonlu elemanlar metodu güçlü bir araç olmuş ve çok sayıda paket program geliştirilmiştir. Bu paket programlardan bazıları ANSYS, NASTRAN, ADINA, BERSAFE, MARC'dır. Bu paket programlardan NASTRAN uçak veya otomobil gövdesini kolayca analiz edebilmektedir [61].

Sonlu elemanlar metodu, ürünlerin henüz prototipleri üretilmeden sanal ortamda test edilmelerini olanak sağlar. Elde edilen analiz sonuçlarına göre sistemin zayıf noktalarının tespiti ve iyileştirilmesi, optimizasyonu, ömür hesabı ve muhtemel problemlerin önceden görülmesini sağlar.

ANSYS Workbench' in çözüm mantığı, analizi yapılacak parçanın;  
CAD (bilgisayar destekli tasarım) modelinin oluşturulması,  
Malzemesinin tanımlanması,  
MESH' lenmesi (Ağ örülmesi ve katı hale getirilmesi),  
İstenilen yüklerin uygulanması,  
İstenilen analizlerin yapılması şeklindedir.

### **2.5.2. Malzemelerin Mekanik Özellikleri**

Deneylede kavelalar ve A, B elemanın malzemesi Doğu kayınıdır. ANSYS'e girilen doğu kayınının ortotropik özellikleri Çizelgede 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Doğu kayının programa girilen özellikleri [63].

Elastikiyet modülü (X)	14010 MPa
Elastikiyet modülü (Y)	1160 MPa
Elastikiyet modülü (Z)	2280 MPa
Poisson sabiti XY	0,448
Poisson sabiti YZ	0,073
Poisson sabiti XZ	0,708
Kayma modülü XY	470 MPa
Kayma modülü YZ	1640 MPa
Kayma modülü XZ	1080 MPa
Akma gerilmesi	50 MPa
Kopma gerilmesi	75 MPa

Metal bağlantı elemanlarının malzemesi çeliktir. Dışları galvaniz ve nikel kaplamadır. Programa girilen değerler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Metal bağlantı elemanlarının mekanik özellikleri

Yoğunluk	7850 kg m <sup>3</sup>
Elastikiyet modülü	2E405 MPa
Poisson sabiti	0,3
Hacimsel modül	1,6667E+11 Pa
Kayma modülü	7,6923E+10 Pa
Akma gerilmesi	250 MPa
Kopma gerilmesi	460 MPa

Plastik bağlantı elemanının ANSYS 12.1 Realise modülünde programa girilen mekanik özellikleri Çizelge 2.3’ de verilmiştir.

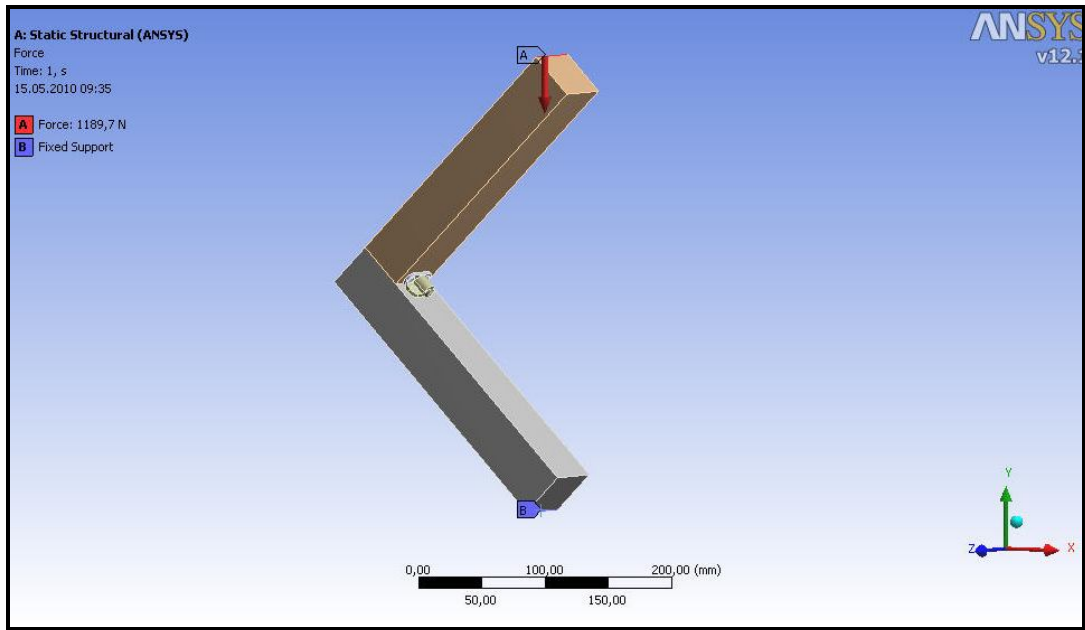
Çizelge 2.3. Plastik ‘L’ köşe bağlantı elemanının mekanik özellikleri

Yoğunluk	950 kg m <sup>-3</sup>
Elastikiyet modülü	1100 MPa
Poisson sabiti	0,42
Hacimsel modül	2,2917E+09 Pa
Kayma modülü	3,8732E+08 Pa
Akma gerilmesi	25 MPa
Kopma gerilmesi	33 MPa

### 2.5.3. Sonlu Eleman Analiz Sonuçları

#### 2.5.3.1. Sonlu Eleman Metodu ile Diyagonal Basınç Deneyleri

ANSYS 12.1 Realise Workbench programına istatistik verilerden elde edilen ortalama diyagonal basınç değerleri girilmiştir. Deney düzeneğindeki gibi ANSYS deney düzeneği B kenarından sabitlenmiş, A kenarından kuvvet uygulanmıştır (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Ansys 12.1 Realise Workbench diyagonal basınç deney uygulaması

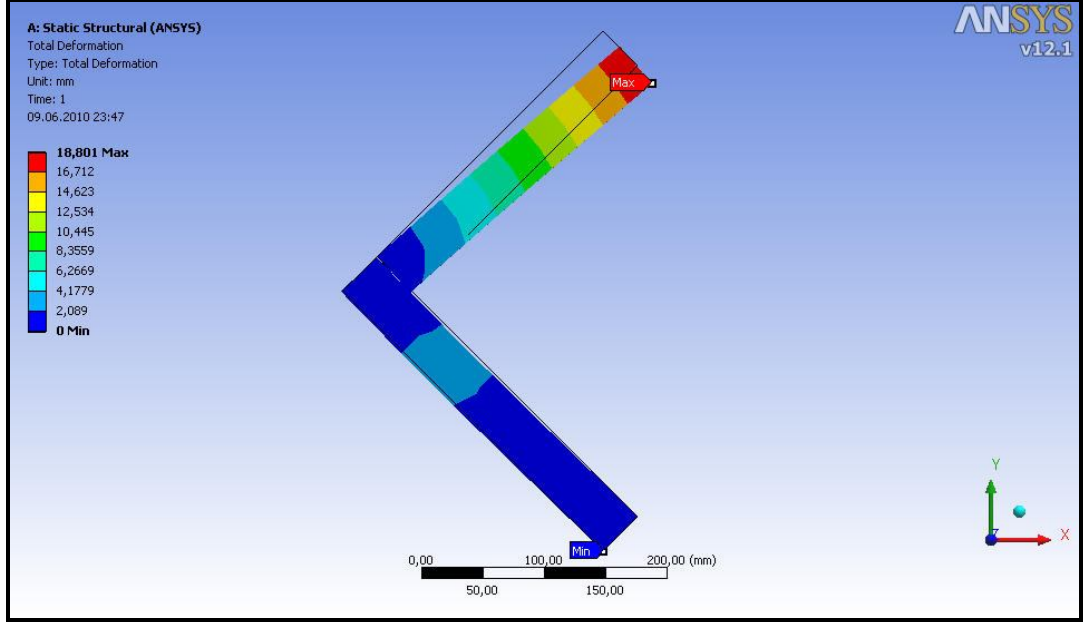
##### 2.5.3.1.1. Minifiksli Birleştirme

Deneylerin deformasyon miktarı 16,84 mm'dir. Sonlu eleman metodundan elde edilen deformasyon miktarı 18,801 mm'dir. Teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık % 89,5 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

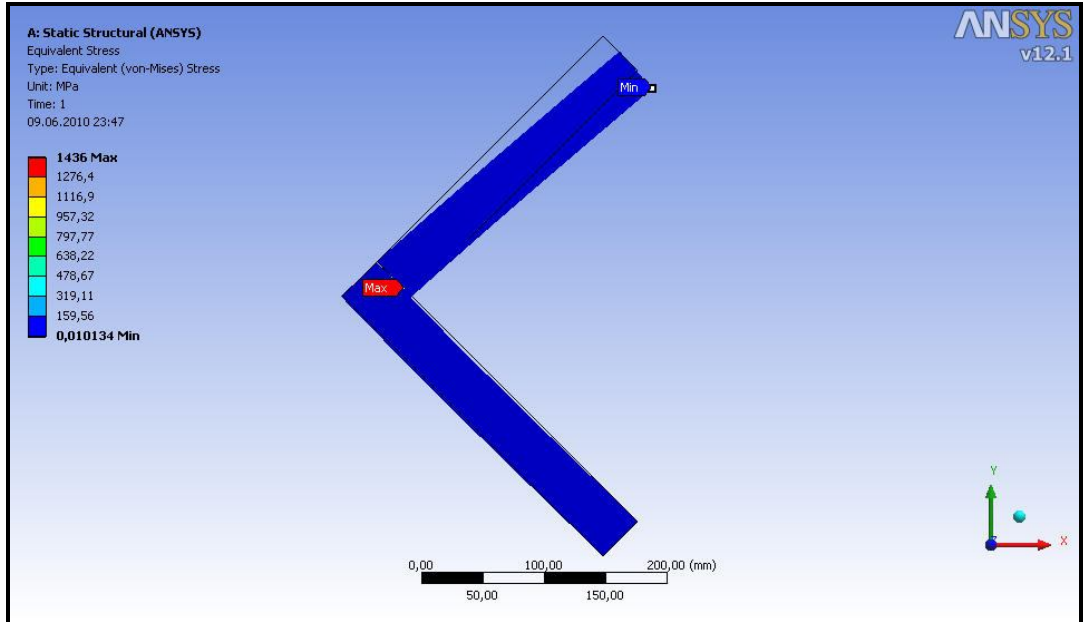
Çizelge 2.4. Minifiks birleştirmeye ait özellikler

Uygulanan Ortalama Kuvvet	400,5 N
Gerilme (Von Mises)	1436 MPa
Toplam Deney Deformasyonu	16,84 mm
Toplam ANSYS Deformasyonu	18,801 mm

Şekil 2.20’de deformasyon miktarı Şekil 2.21 ve Şekil 2.22’de sistemdeki gerilme miktarları görülmektedir.

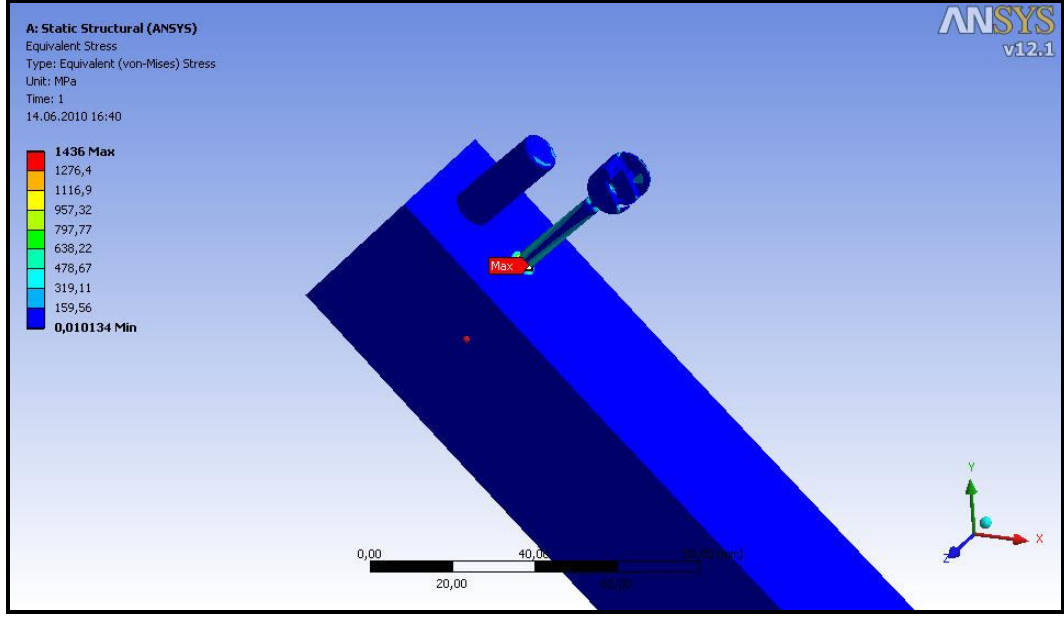


Şekil 2.20. Minifiks birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.21. Minifiks birleştirmeye ait gerilme miktarı





Şekil 2.22. Minifiks birleştirmeye ait detay gerilme miktarı

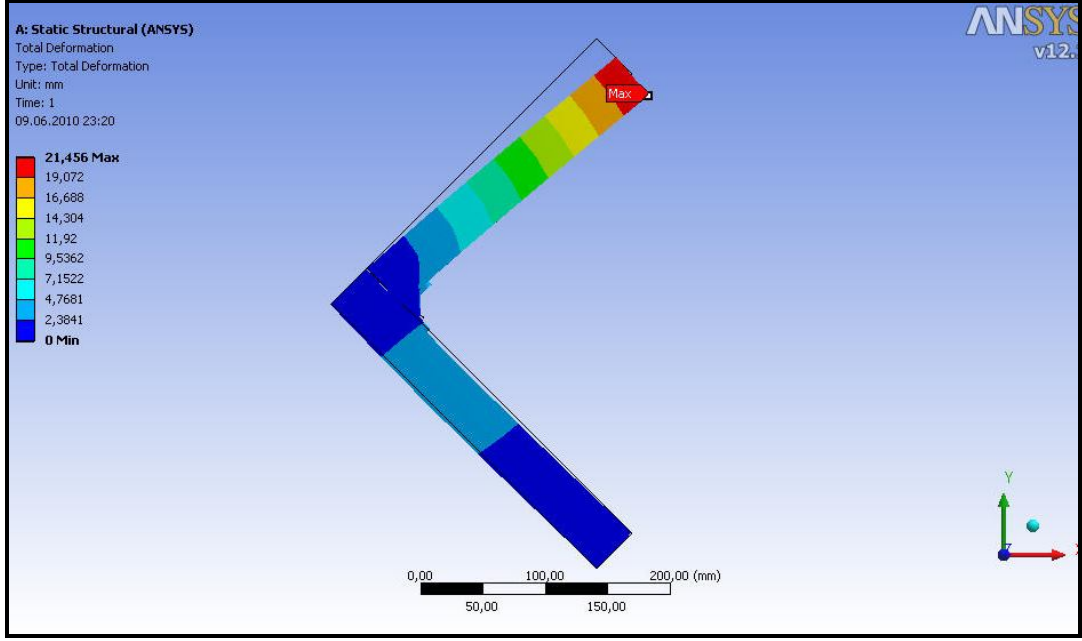
A elemanına uygulanan basma kuvvetinden dolayı minifiks çekirme mili, dübel ile bağlandığı kısımdan eğmeye çalışmaktadır. En yüksek gerilme dübelle minifiks çekirme milinin birleştiği kısımda meydana gelmiştir. Minifiks çekirme mili ile minifiks başının birleştiği kısımda gerilme miktarı 915,42 MPa'dır.

### Plastik "L" Birleştirme

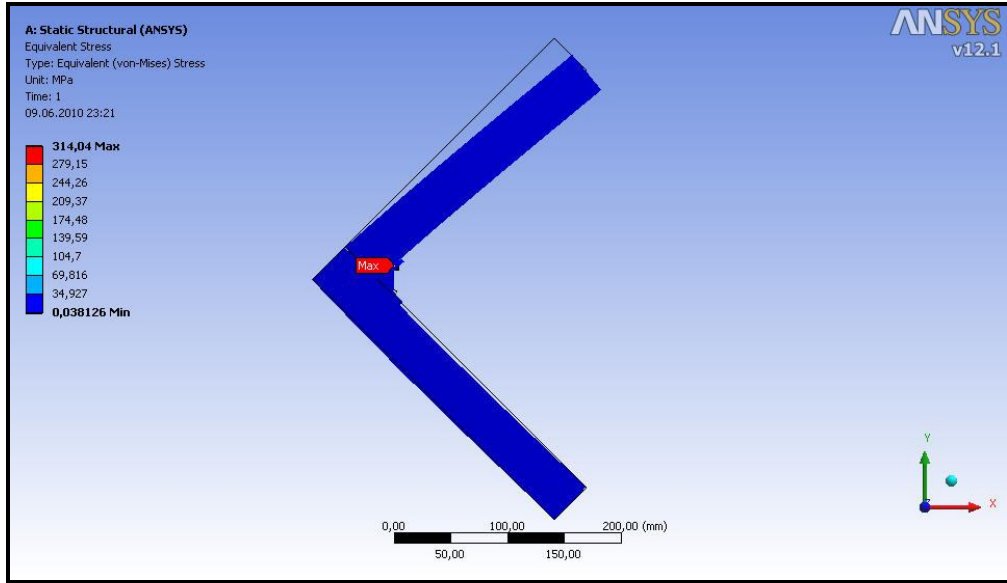
Plastik L birleştirme elemanın birleştirme özellikleri Çizelge 2.5'de görülmektedir. Deneylerin deformasyon değeri 26,296 mm'dir. Sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarı 21,456 mm'dir. Teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık % 81,5 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.23'de deformasyon miktarı, Şekil 2.24 ve Şekil 2.25'de sistemdeki gerilme miktarı görülmektedir.

Çizelge 2.5. Plastik "L" birleştirmeye ait özellikler

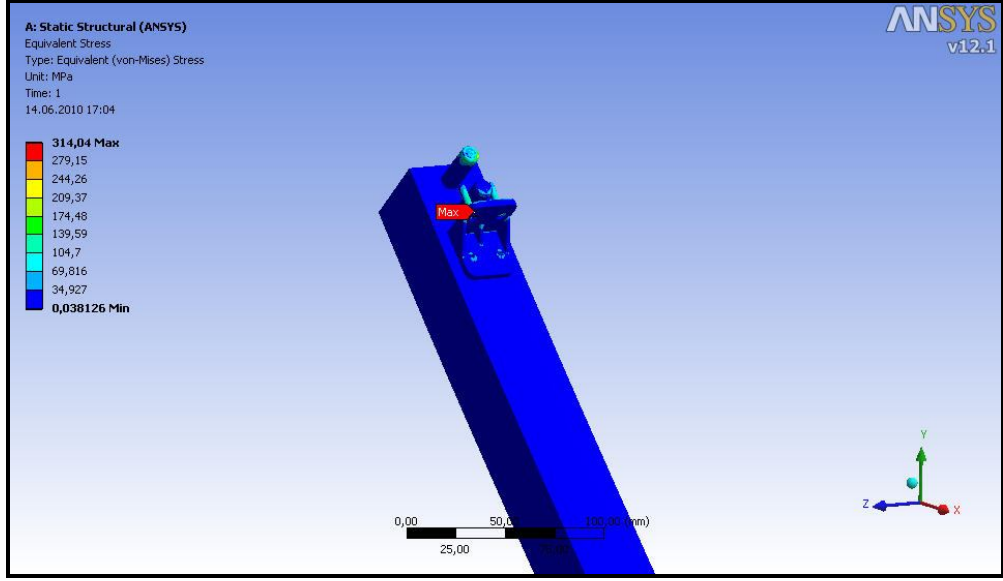
Uygulanan Ortalama Kuvvet	622,1 N
Gerilme (Von Mises)	314,04 MPa
Toplam Deney Deformasyonu	26,296 mm
Toplam ANSYS Deformasyonu	21,456 mm



Şekil 2.23. Plastik birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.24. Plastik birleştirmeye ait gerilme miktarı



Şekil 2.25. Plastik birleştirmeye ait civata, kavelalar ve plastik ‘L’ birleştirmede meydana gelen gerilme miktarı

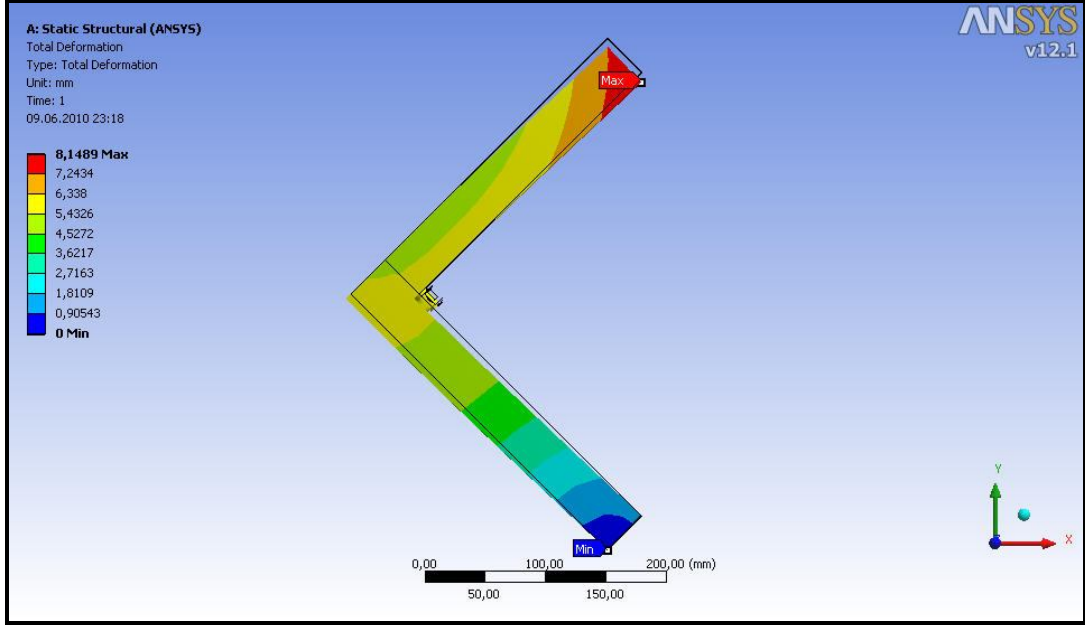
Plastik ‘L’ bağlantı elemanı, A elamanına uygulanan basma kuvvetinden dolayı eğilmeye zorlanmaktadır. Civataların bağlantı elemanı ile birleştiği kısımda en yüksek gerilme meydana gelmiştir. Kavelaların uç kısımlarındaki gerilme miktarı 265,49 MPa’dır. Kavelaların uç kısımlarında ezilmeler oluşmuştur.

### “T” Çektirme Birleştirme

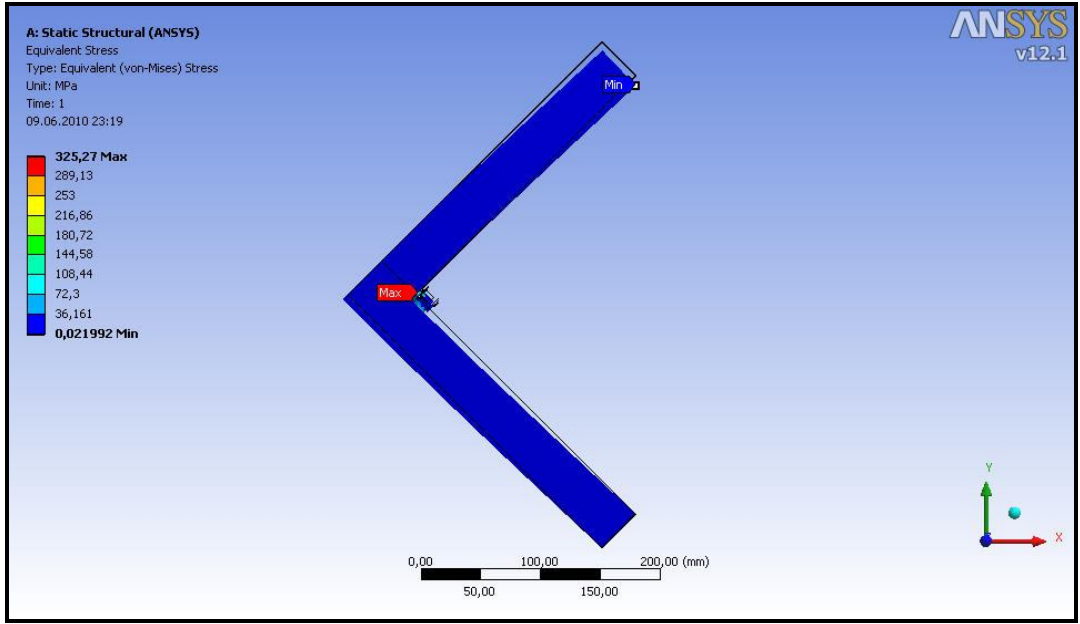
T çektirme birleştirme elemanın birleştirme özellikleri Çizelge 2.6’da görülmektedir. Deney deformasyon miktarı 8,444 mm’dir. Sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarı 8,1489 mm’dir. Teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık % 96,5 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.26’de ANSYS deformasyon miktarı, Şekil 2.27 ve Şekil 2.28’de sistemdeki gerilmeler gözükmektedir.

Çizelge 2.6. “T” çektirme birleştirmeye ait özellikler

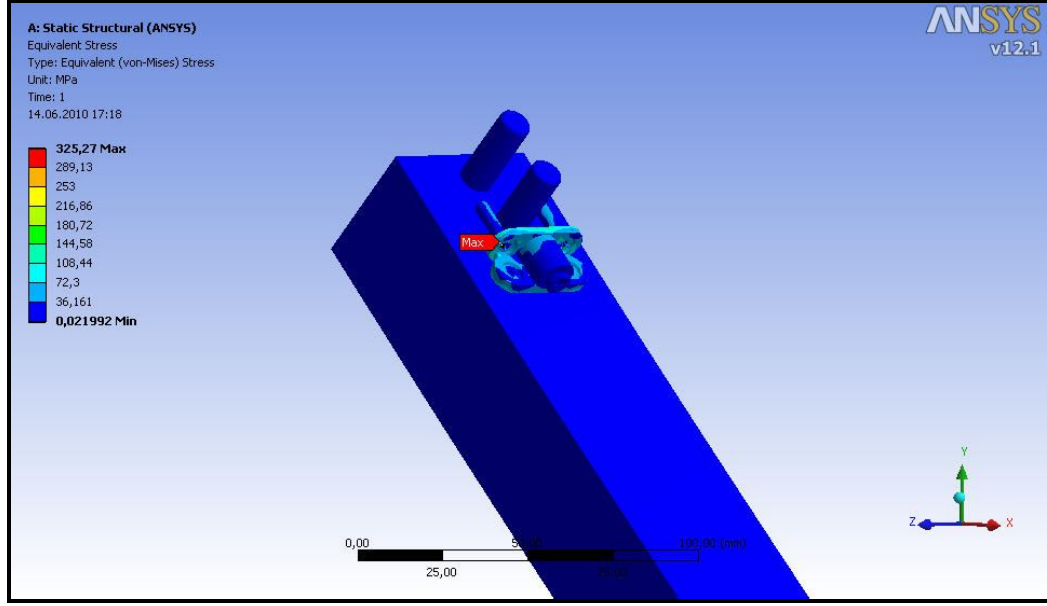
Uygulanan Ortalama Kuvvet	550,72 N
Gerilme (Von Mises)	325,27 MPa
Toplam Deney Deformasyonu	8,444 mm
Toplam ANSYS Deformasyonu	8,1489 mm



Şekil 2.26. “T” çektirme birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.27. “T” çektirme birleştirmeye ait gerilme miktarı



Şekil 2.28. “T” çektirme birleştirmeye ait detay gerilme miktarı

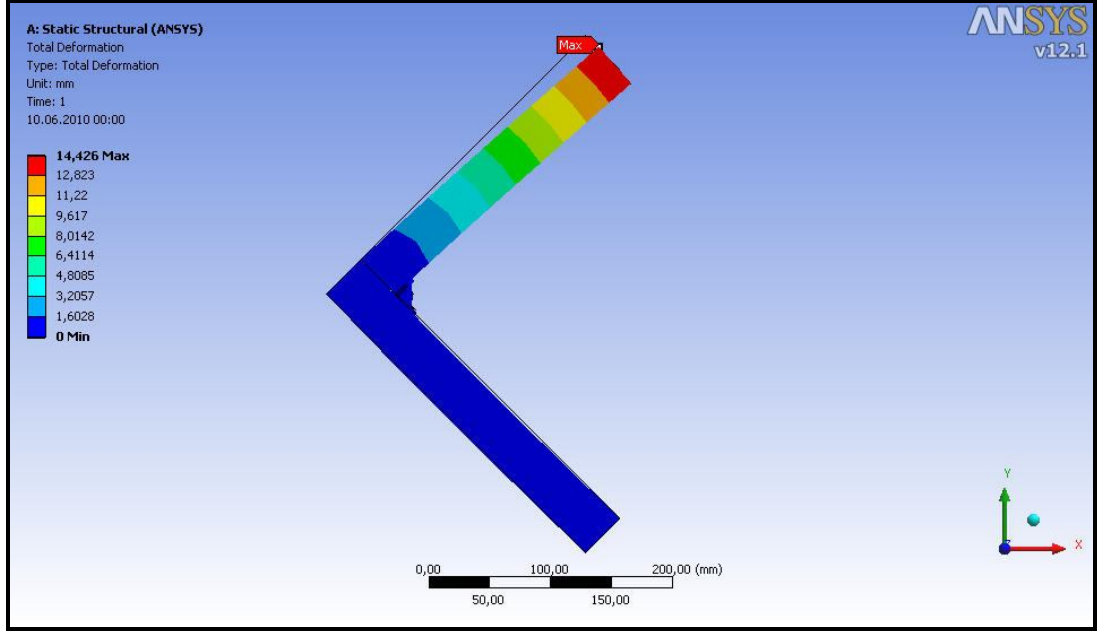
A elemanına uygulanan basma kuvvetinden dolayı birleştirme elemanının üstteki parçası eğilmeye zorlanmaktadır. En yüksek gerilme, ‘T’ metal birleştirme elemanının civata ile bağlandığı kısımda 325,27 MPa’dır.

### Eğri metal ‘T’ çektirme birleştirmesi

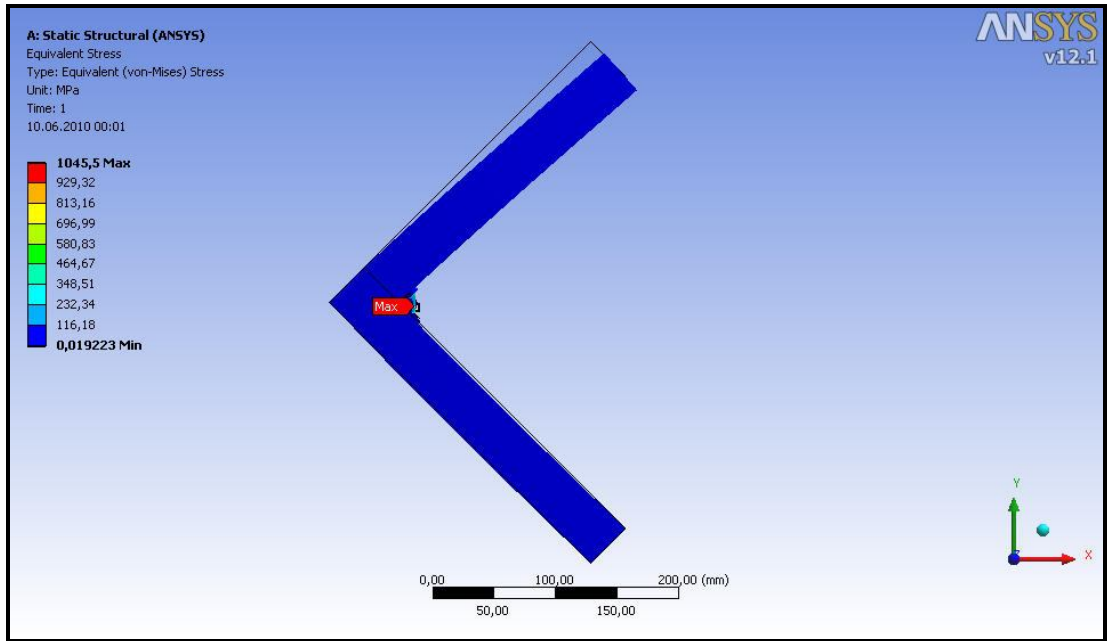
Eğri metal T çektirme birleştirme elemanın birleştirme özellikleri Çizelge 2.7’de görülmektedir. Deney deformasyon miktarı 16,438 mm’dir. Sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarı 14,426 mm’dir. Teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık % 87,7 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.29’ de ANSYS deformasyon miktarı, Şekil 2.30 ve Şekil 2.31’de sistemdeki gerilmeler gözükmektedir.

Çizelge 2.7. Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait özellikler

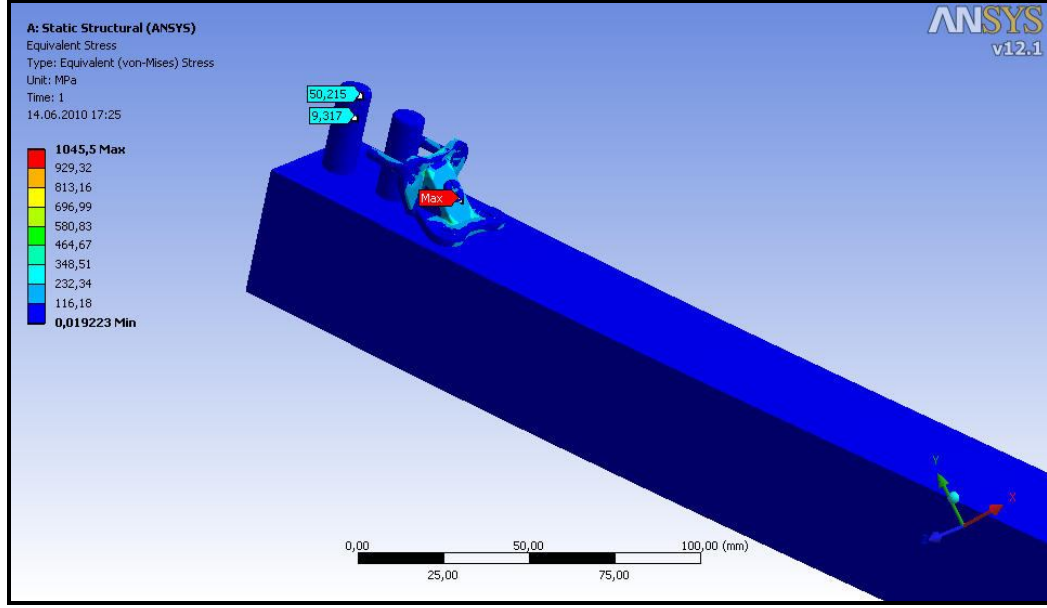
Uygulanan Ortalama Kuvvet	505,78 N
Gerilme (Von Mises)	1045,5 MPa
Toplam Deney Deformasyonu	16,438 mm
Toplam ANSYS Deformasyonu	14,426 mm



Şekil 2.29. Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.30. Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait gerilme miktarı

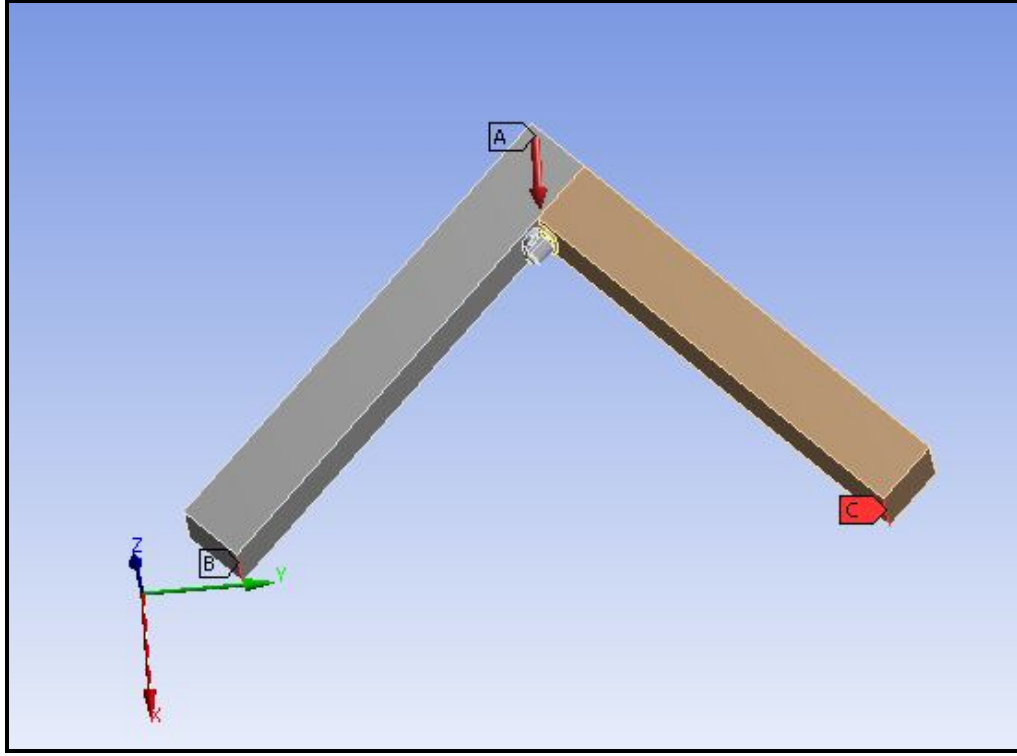


Şekil 2.31. Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait detay gerilme miktarı

A elemanına uygulanan basma kuvvetinden dolayı A elemanına bağlı birleştirme elemanının üst parçası eğilmeye zorlanmaktadır. Birleştirme elemanını bağlayan cıvata ile birleştirme elemanının üst parçasının birleştiği kısımda en yüksek gerilme meydana gelmiştir. Üst kaveladaki gerilme 50,215 MPa’dır.

### 2.5.3.2. Sonlu Eleman Metodu ile Diyagonal Çekme Deneyleri

ANSYS 12.1 Realise Workbench programına deneysel sonuçların istatistik verilerinden elde edilen ortalama diyagonal çekme değerleri girilmiştir. Deney düzeneğine A yönünde kuvvet uygulanmıştır. B ve C kenarlarından y yönünde serbestlik verilmiştir (Şekil 2.32).



Şekil 2.32. ANSYS 12.1 Realise Workbench diyagonal çekme deney uygulaması

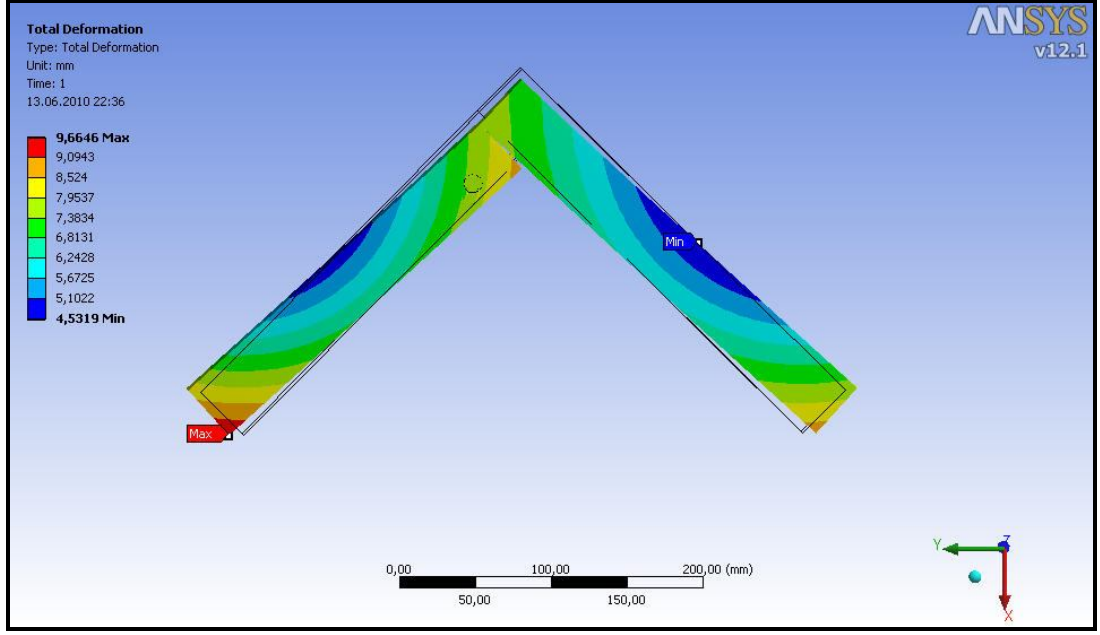
### Minifiksli Birleştirme

Minifiks kullanarak yapılan birleştirme çalışmasına ait özellikler Çizelge 2.8’de görülmektedir. Deney deformasyon miktarı 17,298 mm’dir. Sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarı 19,32 mm’dir. Teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık % 89,5 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.33’de ANSYS deformasyon miktarı, Şekil 2.34 ve Şekil 2.35’de sistemdeki gerilmeler görülmektedir.

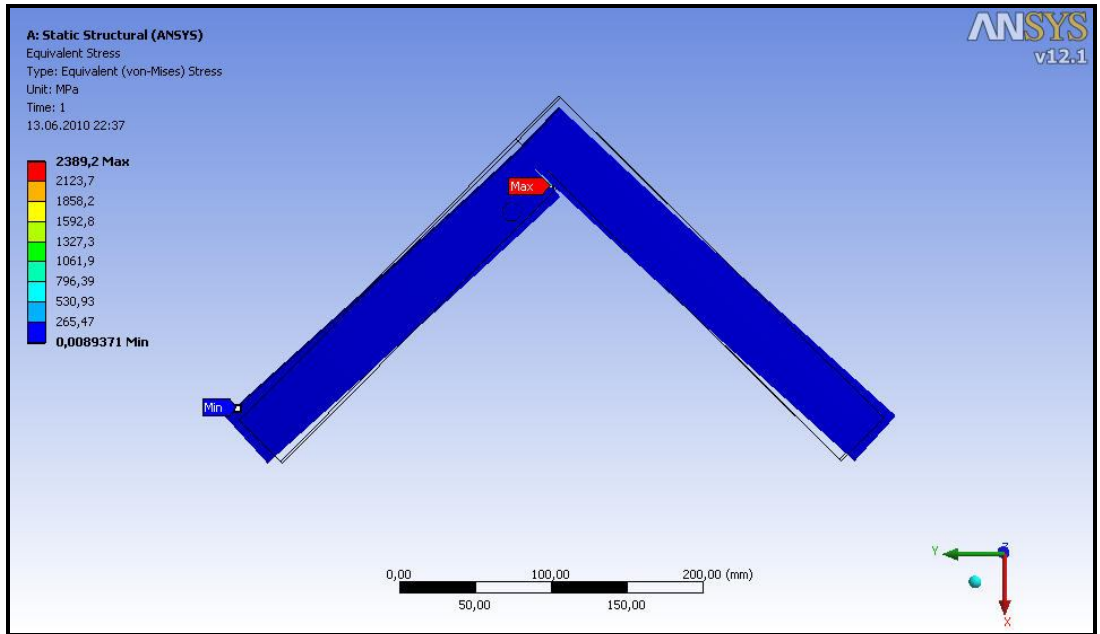
Çizelge 2.8. Minifiks’li birleştirmeye ait özellikler.

Uygulanan Ortalama Kuvvet	470,6 N
Gerilme (Von Mises)	2389 MPa
Toplam Deney Deformasyonu	17,298 mm
Toplam ANSYS Deformasyonu	19,32 mm

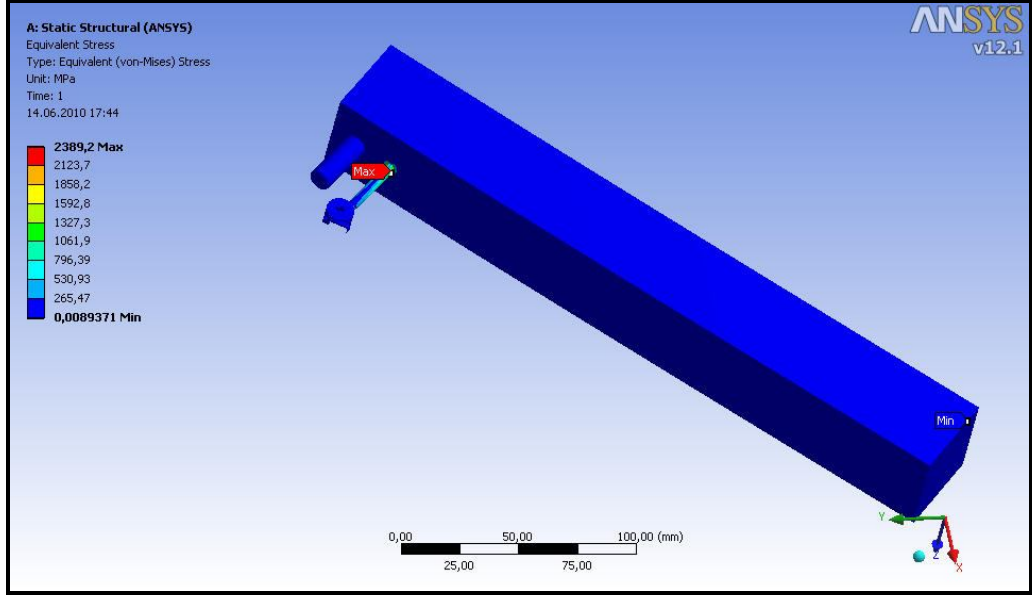




Şekil 2.33. Minifiks birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.34. Minifiks birleştirmeye ait gerilme miktarı



Şekil 2.35. Mnifiks birleştirmeye ait gerilme miktarı

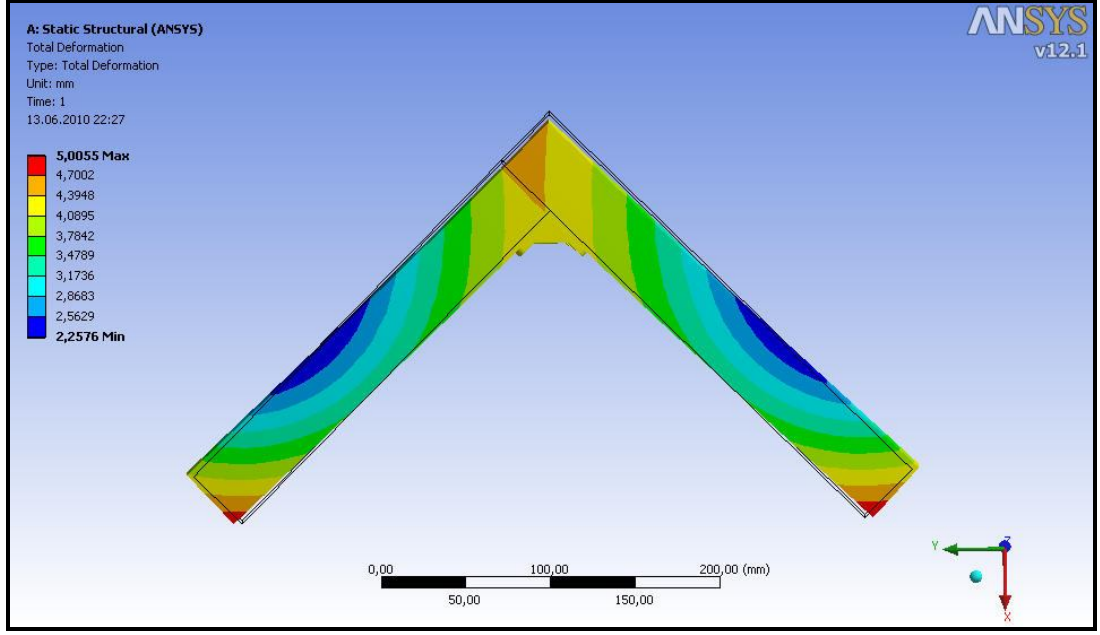
A ve B elemanları A kenarından uygulanan yükün etkisiyle kenarlardan serbestlik verildiği için minifiks çekirme mili dübeli y yönünde çekmeye zorlamaktadır. Minifiks çekirme mili ile dübelin birleştiği kısımda en yüksek gerilme meydana gelmiştir.

### Plastik “L” Birleştirme

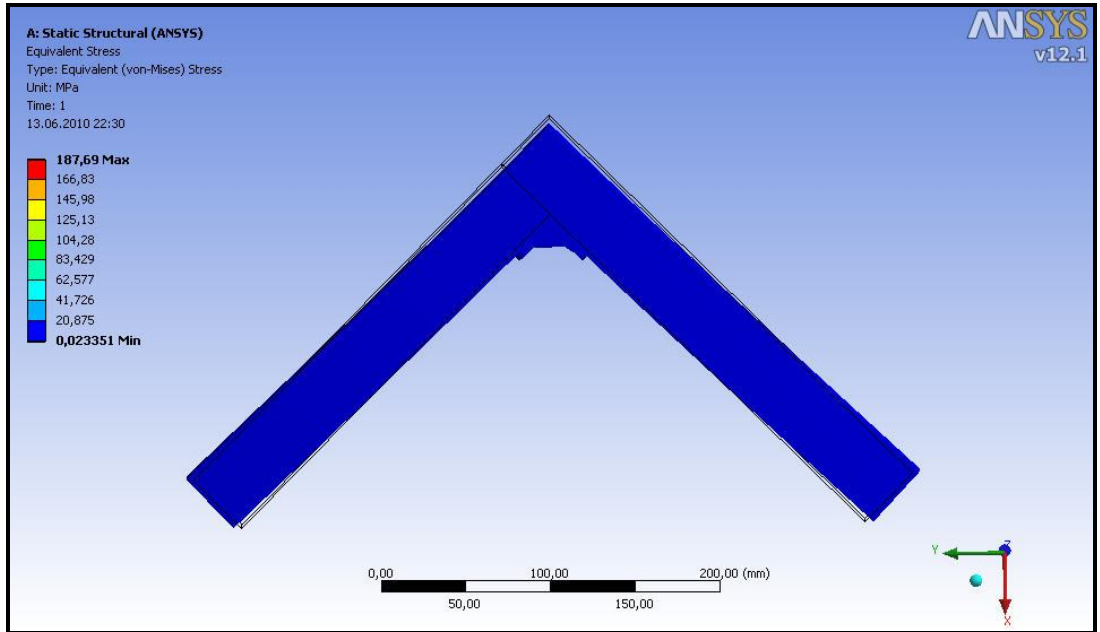
Plastik L birleştirmesine ait özellikler Çizelge 2.9’da verilmiştir. Deneylerden elde edilen deformasyon miktarı 9,404 mm’dir. Sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarı 10,001 mm’dir. Teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık % 94,03 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.36’ da ANSYS deformasyon miktarı, Şekil 2.37 ve Şekil 2.38 ’de sistemdeki gerilmeler görülmektedir.

Çizelge 2.9. Plastik “L” birleştirmeye ait özellikler

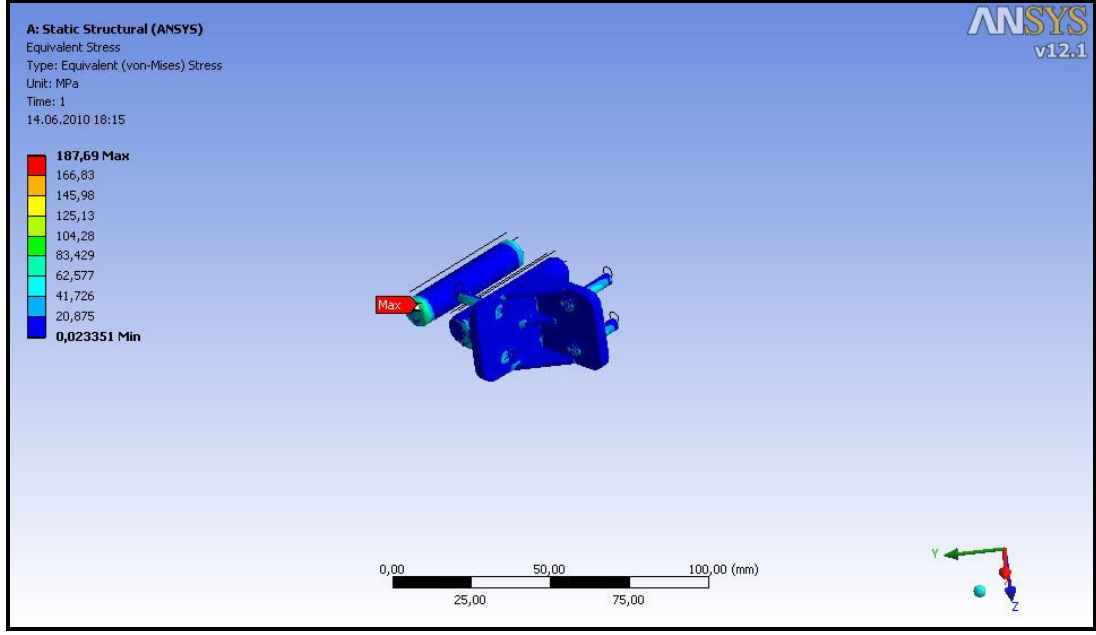
Uygulanan Ortalama Kuvvet	645,4 N
Gerilme (Von Mises)	187,69 MPa
Toplam Deney Deformasyonu	9,404 mm
Toplam ANSYS Deformasyonu	10,001 mm



Şekil 2.36. Plastik “L” birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.37. Plastik “L” birleştirmeye ait gerilme miktarı



Şekil 2.38. Plastik “L” birleştirmeye ait detay gerilme miktarı

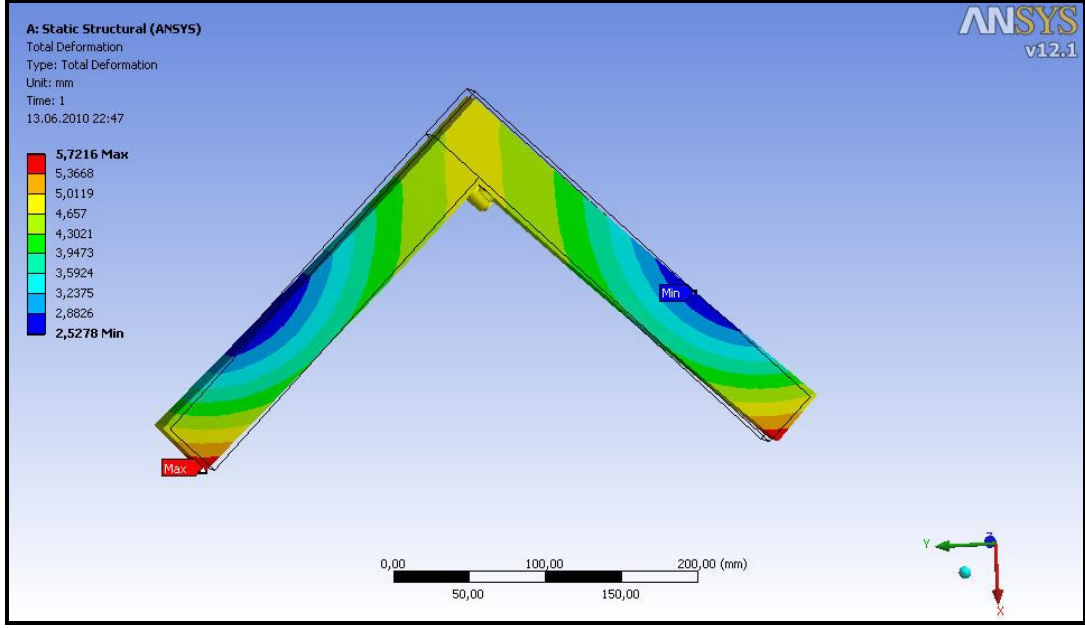
Çekme kuvvetinin etkisiyle en yüksek gerilme, A elemanının iç kısmındaki kavelanın uç kısmında oluşmuş ve 187,69 MPa’dır.

### “T” Çektirme Birleştirme

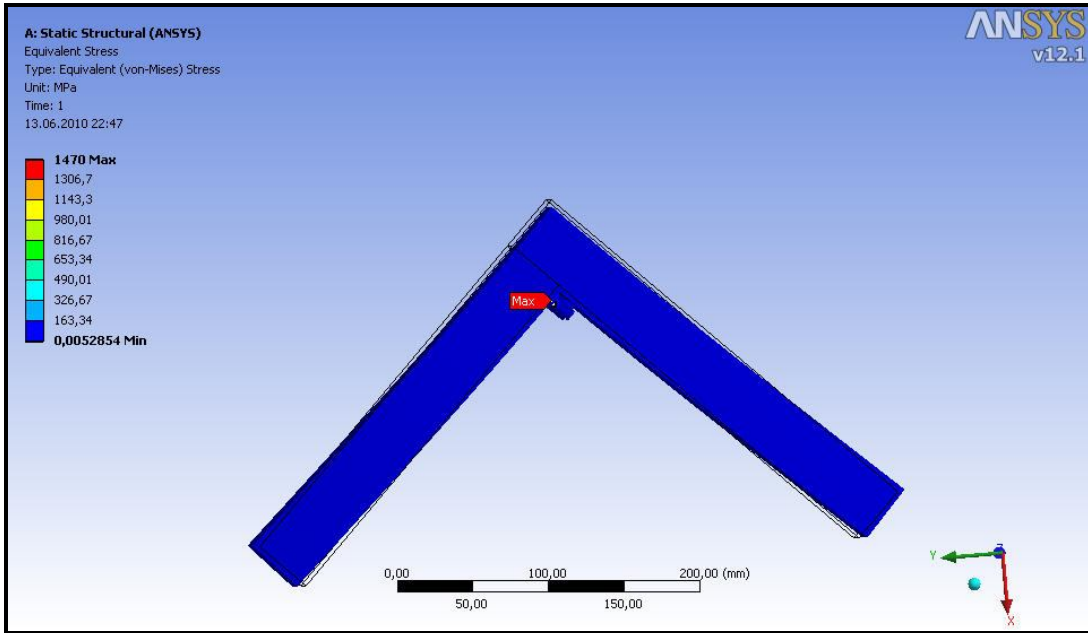
“T” çektirme birleştirmeye ait özellikler Çizelge 2.10’da görülmektedir. Deneyden elde edilen deformasyon miktarı 15,104 mm’dir. Sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarı 11,443 mm’dir. Teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık % 75,7 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.39’da ANSYS deformasyon miktarı, Şekil 2.40 ve Şekil 2.41’de sistemdeki gerilmeler gözükmektedir.

Çizelge 2.10. “T” çektirme birleştirmeye ait özellikler.

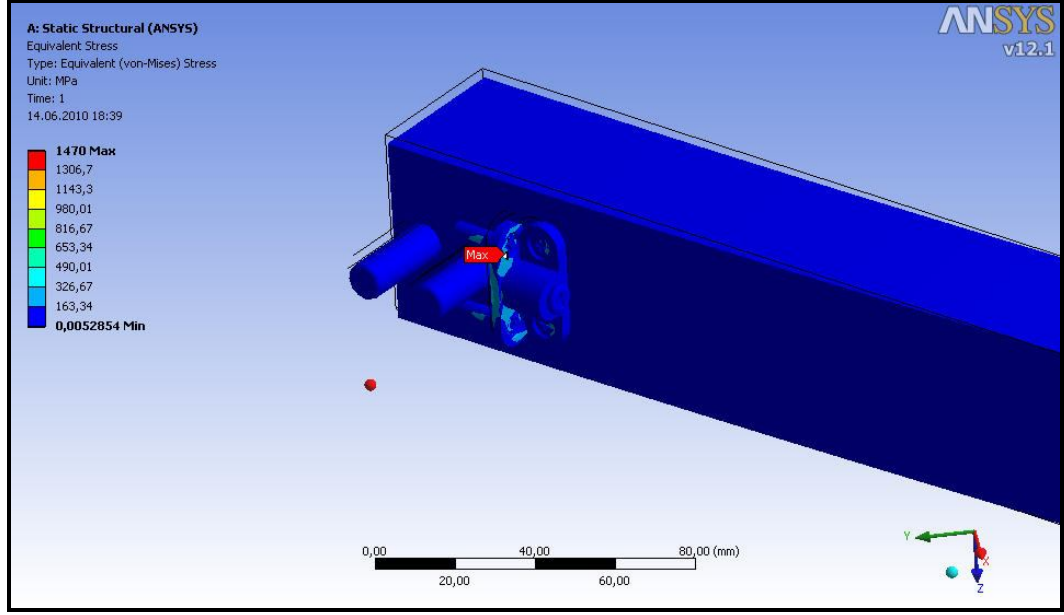
Uygulanan Ortalama Kuvvet	1294,3 N
Gerilme (Von-Mises)	1469,3 MPa
Toplam Deney Deformasyonu	15,104 mm
Toplam ANSYS Deformasyonu	11,443 mm



Şekil 2.39. “T” çektirme birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.40. “T” çektirme birleştirmeye ait gerilme miktarı



Şekil 2.41. “T” çektirme birleştirmeye ait detay gerilme miktarı

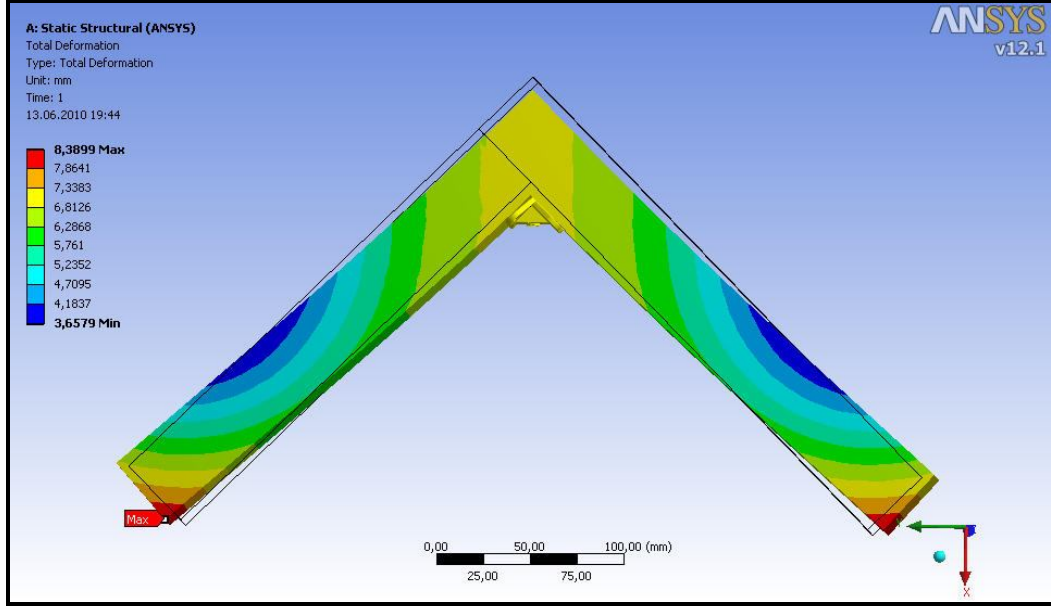
Çekme kuvvetinin etkisiyle en yüksek gerilme, birleştirme elemanında, vidayla birleştiği kısmında oluşmuş ve 1478 MPa’dır.

### Eğri Metal ‘T’ Çektirme Birleştirmesi

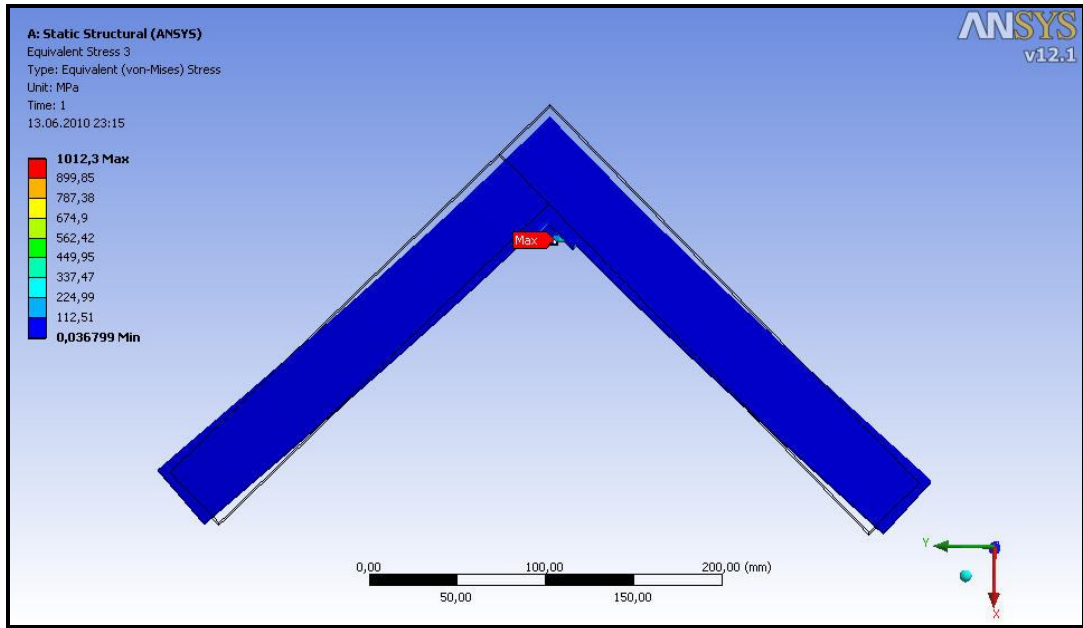
Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait özellikler Çizelge 2.11’de görülmektedir. Deneyden elde edilen deformasyon miktarı 17,628 mm’dir. Sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarı 16,77 mm’dir. Teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların yaklaşık % 95,1 oranında uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.42’de ANSYS deformasyon miktarı, Şekil 2.43 ve Şekil 2.44 ’de de sistemdeki gerilmeler gözükmektedir.

Çizelge 2.11. Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait özellikler

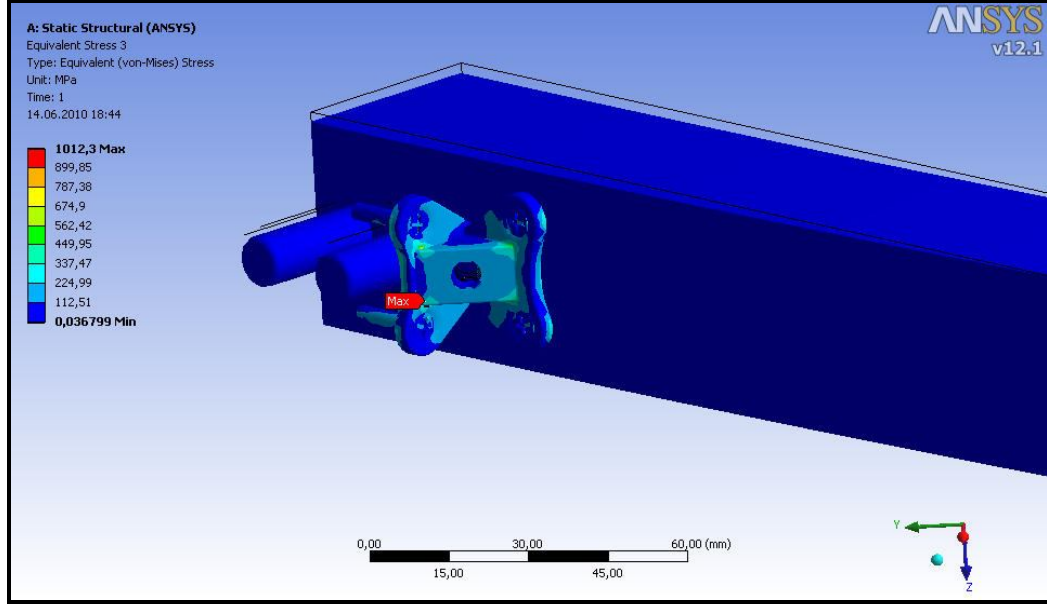
Uygulanan Ortalama Kuvvet	1693,4 N
Gerilme (Von-Mises)	1012,3 MPa
Toplam Deney Deformasyonu	17,628 mm
Toplam ANSYS Deformasyonu	16,77 mm



Şekil 2.42. Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.43. Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait deformasyon miktarı



Şekil 2.44. Eğri metal “T” çektirme birleştirmeye ait deformasyon miktarı

Çekme kuvvetinin etkisiyle birleştirme elemanının alttaki parçası üstteki parçayı zorlamaktadır. En yüksek gerilmeler bu kısımlarda meydana gelmiştir.

#### 2.5.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Bölüm 3’de yapılan çalışmada, bağlantı elemanları çeşidinin diyagonal basınç ve çekme direncine etkileri araştırılmıştır. Bu dirençleri belirlemek amacıyla deneylerden elde edilen sonuçlara çoklu varyans analizi uygulanmıştır. Faktörlerin karşılıklı etkileşiminin önem derecesini belirtmek için DUNCAN testi yapılmıştır, elde edilen ortalama direnç değerleri ANSYS’e uygulanarak analizler elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.



## BÖLÜM 3

### BULGULAR

Deney örneklerinden belirlenen diyagonal basınç değerlerine ait ortalama, alt limit, üst limit ve standart sapma değerlerine ilişkin veriler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Birleştirme çeşitlerine göre diyagonal basınç değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (N).

Boyut (mm)	Bağlantı çeşidi	Ortalama	Standart sapma	Alt limit	Üst limit
41x41x300	‘T’ Çektirme	550,72	44,64	496,21	605,23
	Eğri ‘T’	505,78	69,46	451,27	560,29
	Plastik ‘L’	622,10	67,47	567,59	676,61
	Minifiks	400,50	43,07	345,99	455,01

Çizelge 3.1’e göre en yüksek ortalama diyagonal basınç değeri plastik ‘L’ birleştirmesinde 622,733 N, en düşük minifiks birleştirme elemanından hazırlanan deney örneklerinde 400,5 N olarak bulunmuştur. Deney örneklerinde diyagonal basınç değerlerine birleştirme elemanının etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çoğul varyans analizi sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama Kareler	F Değeri	Önem derecesi (p<0,05)
Model	129251,92	3	43083,97	13,03	0,00
Etkileşim	5403321,01	1	5403321,01	1634,36	0,00
Bağlantı	129251,92	3	43083,97	13,03	0,00
Hata	52897,20	16	3306,08		
Toplam	5585470,14	20			

Bağlantı elemanı çeşidinin diyagonal basınç direncine etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda % 95 güven aralığında önemli

çıkmiştir. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.3’de verilmektedir.

Çizelge 3.3. Duncan testi sonuçları.

<b>Etkileşimler</b>	<b>Ortalama (N)</b>	<b>Homojenlik grubu</b>
Minifiks	400,5	A
Eğri ‘T’ Çektirme birleştirme	505,78	B
‘T’ Çektirme birleştirme	550,72	BC
Plastik ‘L’ birleştirme	622,1	C

Duncan testi sonuçlarına göre, bağlantı elemanları arasında % 5 hata payı ile anlamlı bir fark bulunmuş olup farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında gösterilmiştir. Ayrıca Duncan testi sonuçlarına göre ‘T’ çektirme ile eğri ‘T’ çektirme birleştirmeleri ve ‘T’ çektirme birleştirme ile plastik ‘L’ birleştirme arasındaki fark anlamlı bulunmamış dolayısıyla aynı homojenlik grubunda gösterilmiştir.

Bağlantı elemanlarına ait sehim değerlerine ilişkin ortalama sehim, alt limit, üst limit, standart sapma değerlerine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 3.4’de ve çoğul varyans analizi de Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Birleştirme çeşitlerine göre sehim değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (mm)

<b>Boyut (mm)</b>	<b>Bağlantı çeşidi</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Standart sapma</b>	<b>Alt limit</b>	<b>Üst limit</b>
41x41x300	‘T’ Çektirme	8,44	0,79	3,55	13,34
	Eğri ‘T’ Çek.	16,44	4,14	11,54	21,33
	Plastik ‘L’	26,30	8,87	21,40	31,19
	Minifiks	16,84	3,19	11,95	21,73

Çizelge 3.4’de görüldüğü gibi en yüksek ortalama sehim miktarı plastik ‘L’ birleştirmede 26,3 mm olarak ölçülmüştür, en düşük ortalama sehim miktarı ‘T’ çektirme birleştirmede 8,444 mm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.5. Çoğul varyans analizi sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama Kareler	F Değeri	Önem derecesi (p<0,05)
Model	799,81	3	266,60	10,01	0,00
Etkileşim	5783,06	1	5783,06	217,05	0,00
Bağlantı	799,81	3	266,60	10,01	0,00
Hata	426,30	16	26,64		
Toplam	7009,17	20			

Bağlantı elemanı çeşidinin diyagonal basınç direncine etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda % 95 güven aralığında önemli çıkmıştır. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları çizelge 3.6’da verilmiştir

Çizelge 3.6. Duncan testi sonuçları.

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
‘T’ çektirme birleştirme	8,444	A
Eğri metal ‘T’ çektirme birleştirme	16,438	B
Minifiks birleştirme	16,84	B
Plastik ‘L’ birleştirme	26,296	C

Duncan testi sonuçlarına göre, bağlantı elemanları arasında % 5 hata payı ile anlamlı bir fark bulunmuş olup farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında gösterilmiştir. Ayrıca Duncan testi sonuçlarına göre minifiks birleştirme ile eğri metal ‘T’ çektirme birleştirme arasındaki fark anlamlı bulunmamış dolayısıyla aynı homojenlik grubunda gösterilmiştir.

Deney örneklerinden belirlenen diyagonal çekme değerlerine ait ortalama, alt limit, üst limit ve standart sapma değerlerine ilişkin veriler Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7’de görüldüğü gibi en yüksek ortalama diyagonal çekme değeri eğri metal ‘T’ çektirme birleştirme elemanında 1693,4 N, en düşük ise minifiks birleştirme elemanından hazırlanan deney örneklerinden 470,6 N olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.7. Birleştirme çeşitlerine göre diyagonal çekme değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (N).

Boyut (mm)	Bağlantı çeşidi	Ortalama	Standart sapma	Alt limit	Üst limit
41x41x300	'T' Çektirme	1294,30	344,85	1064,63	1523,97
	Eğri 'T' Çek.	1693,40	300,11	1463,73	1923,07
	Plastik 'L'	645,40	137,12	415,73	875,07
	Minifiks	470,60	83,41	240,93	700,27

Deney örneklerinin diyagonal çekme değerlerine birleştirme elemanının etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Çoğul varyans analizi sonuçları.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Değeri	Önem derecesi (p<0,05)
Model	4853665,74	3	1617888,58	27,57	0,00
Etkileşim	21050442,11	1	21050442,11	358,69	0,00
Bağlantı	4853665,74	3	1617888,58	27,57	0,00
Hata	938998,63	16	58687,41		
Toplam	26843106,48	20			

Bağlantı elemanı çeşidinin diyagonal çekme direncine etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda % 95 güven aralığında önemli çıkmıştır. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.9'da verilmektedir.

Çizelge 3.9. Duncan testi sonuçları.

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Minifiks birleştirme	470,6	A
Plastik 'L' birleştirme	645,4	A
'T' çektirme birleştirme	1294,3	B
Eğri metal 'T' çektirme	1693,4	C

Duncan testi sonuçlarına göre, bağlantı elemanları arasında % 5 hata payı ile anlamlı bir fark bulunmuş olup farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında gösterilmiştir. Ayrıca Duncan testi sonuçlarına göre minifiks birleştirme ile plastik 'L' birleştirme arasındaki fark anlamlı bulunmamış dolayısıyla aynı homojenlik grubunda gösterilmiştir.

Bağlantı elemanlarına ait ortalama diyagonal çekme sehimi değerlerine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 3.10'da ve çoğul varyans analizi Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.10. Birleştirme çeşitlerine göre diyagonal çekme sehimi değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar (mm).

Boyut (mm)	Çeşit	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
41x41x300	'T' çektirme	15,10	1,95	11,19	19,02
	Eğri metal 'T'	17,63	4,05	13,71	21,54
	Plastik 'L'	9,40	3,11	5,49	13,32
	Minifiks bir.	17,30	6,19	13,38	21,21

Çizelge 3.10'da görüldüğü gibi en yüksek ortalama sehimi miktarı eğri metal 'T' çektirme birleştirmede 17,63 mm olarak ölçülmüştür, en düşük ortalama sehimi miktarı ise plastik 'L' birleştirmede 9,40 mm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.11. Çoğul varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama Kareler	F Değeri	Önem derecesi (p<0,05)
Model	217,17	3	72,39	4,25	0,02
Etkileşim	4415,50	1	4415,50	258,94	0,00
Bağlantı	217,17	3	72,39	4,25	0,02
Hata	272,83	16	17,05		
Toplam	4905,50	20			

Boyut ve bağlantı elemanı çeşidinin çekmede sehimi etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Farklılığın hangi

uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 3.12’de verilmektedir.

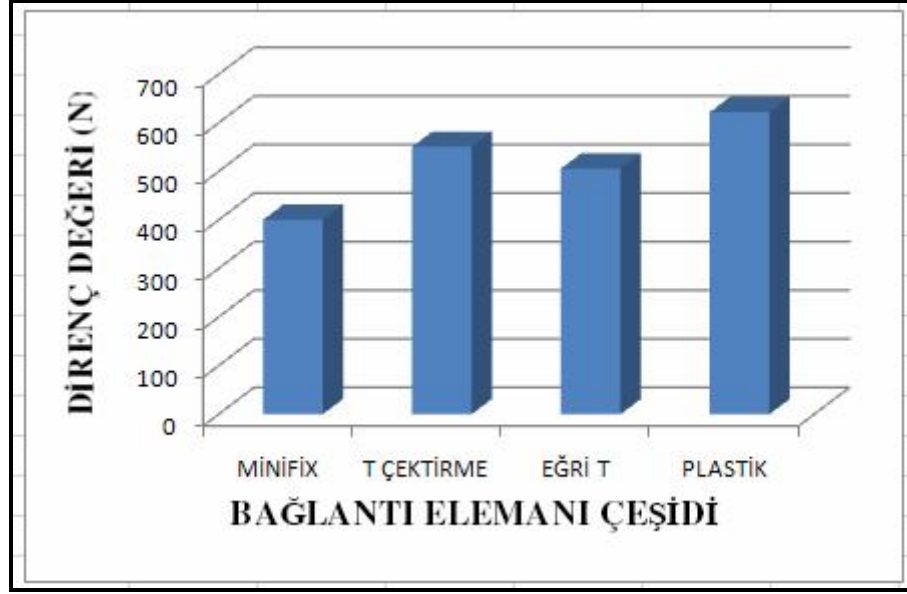
Çizelge 3.12. Kayın birleştirme çeşitlerine ait % 95 güven aralığındaki çekmede sehime bağlı Duncan testi sonuçları

<b>Etkileşimler</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Homojenlik grubu</b>
Plastik ‘L’ birleştirme	9,404	A
‘T’ çektirme birleştirme	15,104	B
Minifiks birleştirme	17,298	B
Eğri metal ‘T’ çektirme	17,628	B

Duncan testi sonuçlarına göre, bağlantı elemanları arasında % 5 hata payı ile anlamlı bir fark bulunmuş olup farklı olan gruplar farklı homojenlik gruplarında gösterilmiştir. Ayrıca Duncan testi sonuçlarına göre minifiks birleştirme, ‘T’ çektirme birleştirme ile eğri metal ‘T’ çektirme birleştirme arasındaki fark anlamlı bulunmamış dolayısıyla aynı homojenlik grubunda gösterilmiştir.

### **3.1. DİYAGONAL BASINÇ**

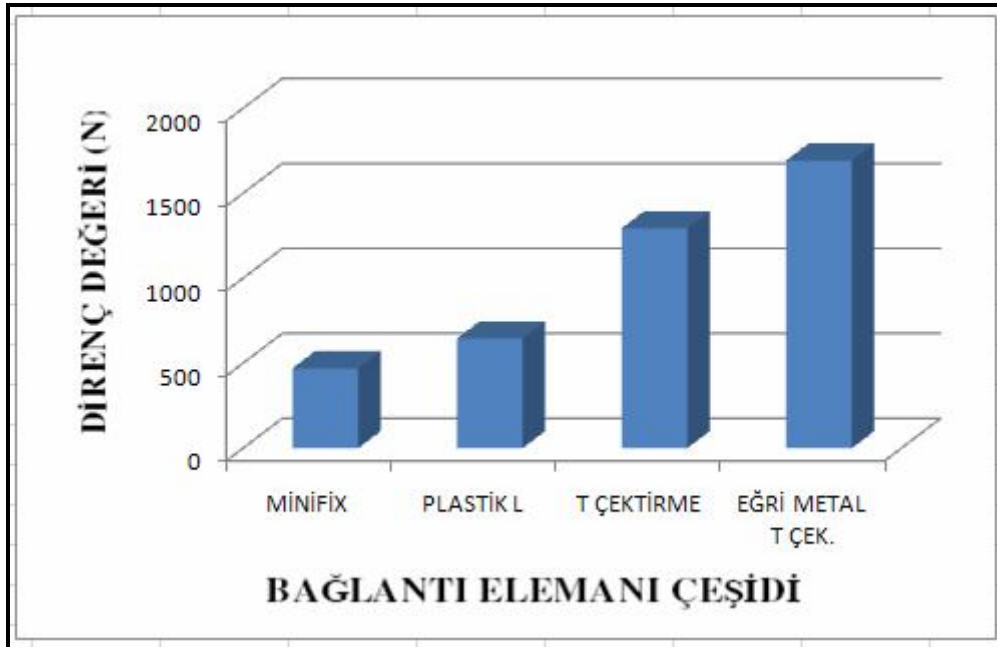
Şekil 3.1’de farklı birleştirme elemanlarının ortalama basınç dirençleri karşılaştırılması gösterilmiştir. En yüksek basınç direnci plastik ‘L’ birleştirme elemanı ile 622,1 N, en düşük basınç direnci minifiks birleştirme elemanı ile 400,5 N olarak elde edilmiştir. Minifiks birleştirme elemanında düşük elde edilmesinin nedeni tek vida ile bağlantı yapılması olabilir.



Şekil 3.1. Birleştirme elemanlarının ortalama basınç dirençleri

### 3.2. DİYAGONAL ÇEKME

Şekil 3.2’de farklı birleştirme elemanlarının ortalama çekme dirençleri karşılaştırılması gösterilmiştir.

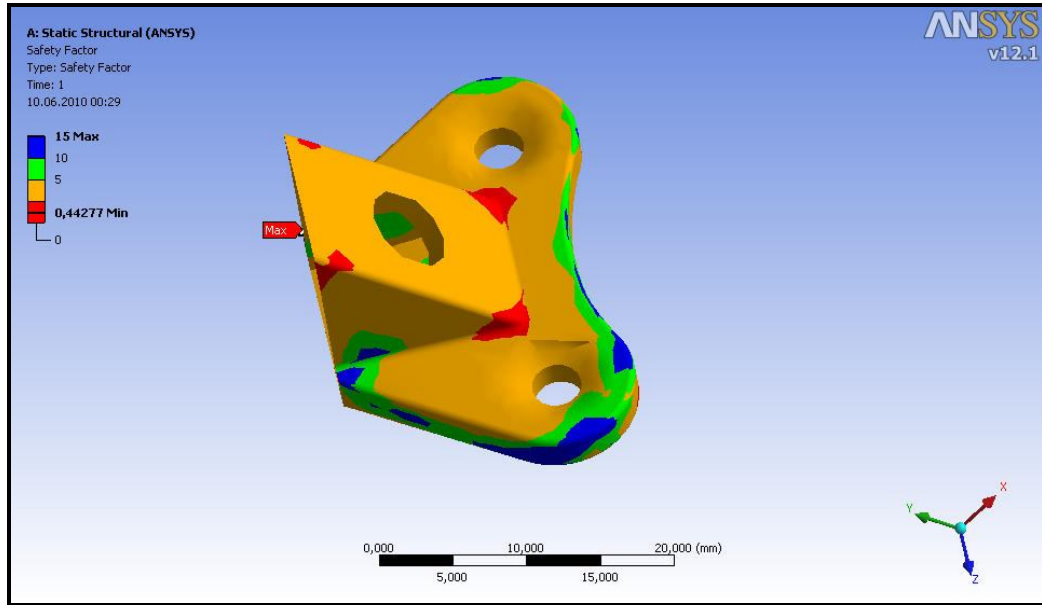


Şekil 3.2. Birleştirme elemanlarının ortalama çekme dirençleri

En yüksek çekme direnci eğri metal 'T' çektirme birleştirme elemanı ile 1693,4 N, en düşük çekme direnci minifiks birleştirme elemanı ile 470,6 N olarak elde edilmiştir. Minifiks birleştirme elemanında düşük elde edilmesinin nedeni tek vida ile bağlantı yapılması olabilir.

### 3.3. BİRLEŞTİRMELERDE DEFORMASYON KARAKTERİSTİKLERİ

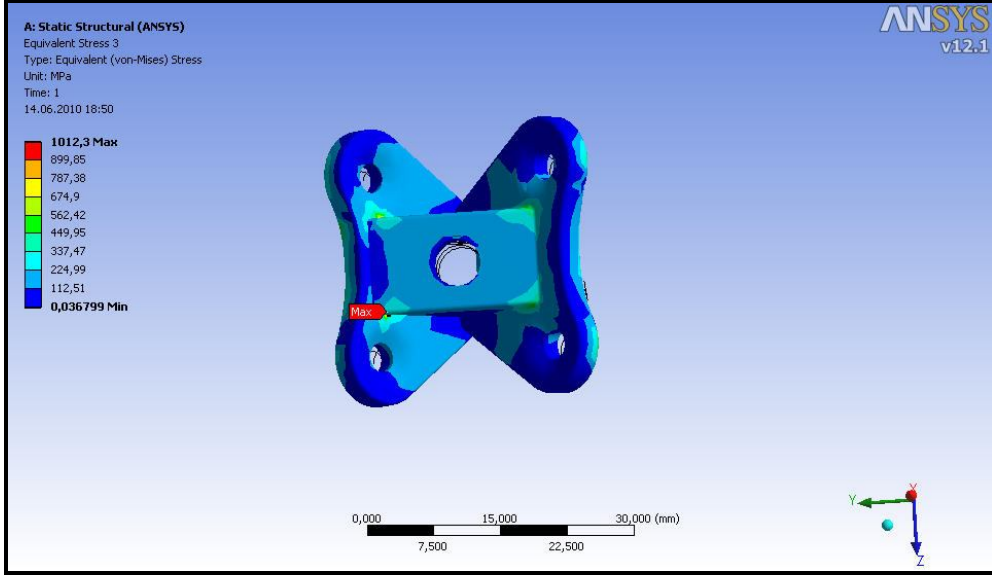
Diyagonal çekme deneylerinde, eğri metal 'T' çektirme birleştirme elemanının alt parçası çekme kuvvetinin etkisiyle üstte kalan parçayı kesmeye zorlanmıştır. Şekil 3.3'de gerilmelerin yoğun (tehlikeli) olduğu köşe kısımları kırmızı renkle gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Eğri metal 'T' çektirme birleştirme elemanının emniyetli bölgesel dağılımı.

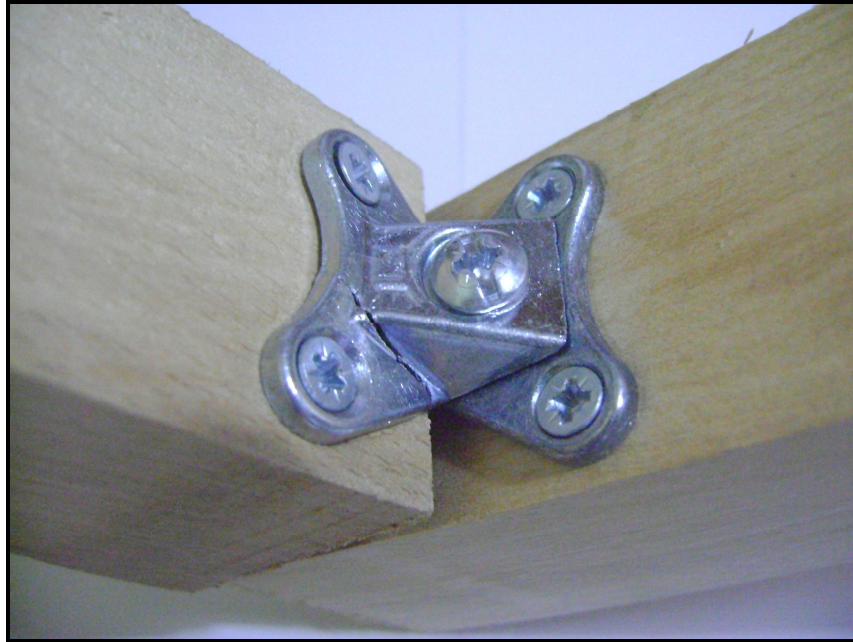
En yüksek gerilme bağlantı elemanının deforme olduğu kısımda 1012,3 MPa'dır (Şekil 3.4).





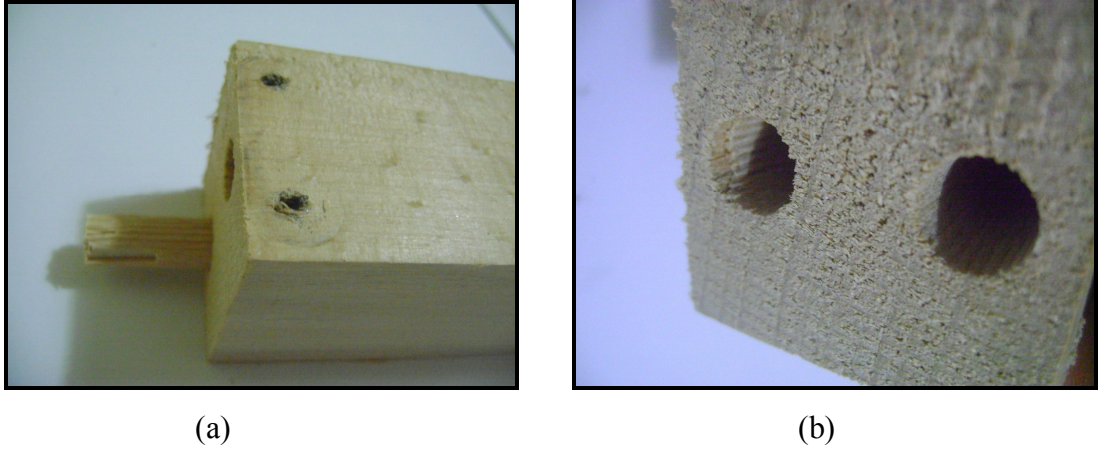
Şekil 3.4. Eğri metal 'T' çekirme birleştirme elemanın gerilme değerleri

Deneyleerde bağlantı elemanının deforme olduğu kısım Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Zorlanma sonucu birleştirme elemanında yırtılma meydana gelmiştir. ANSYS analizinde de gerilmelerin aynı bölgede yoğun olduğu görülmektedir.

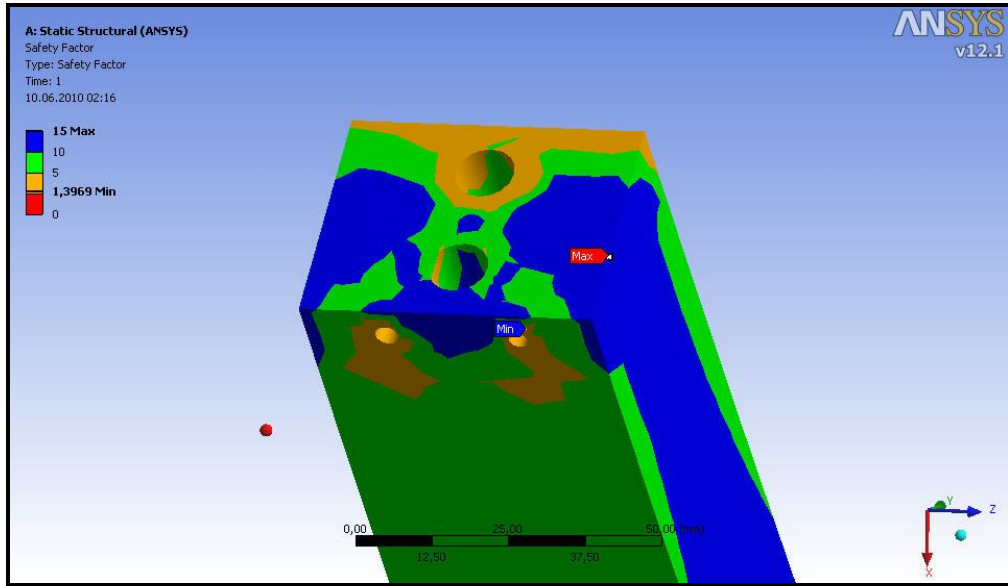


Şekil 3.5. Eğri metal 'T' çekirme birleştirmede çekme kuvvetinden dolayı oluşan deformasyonlar.

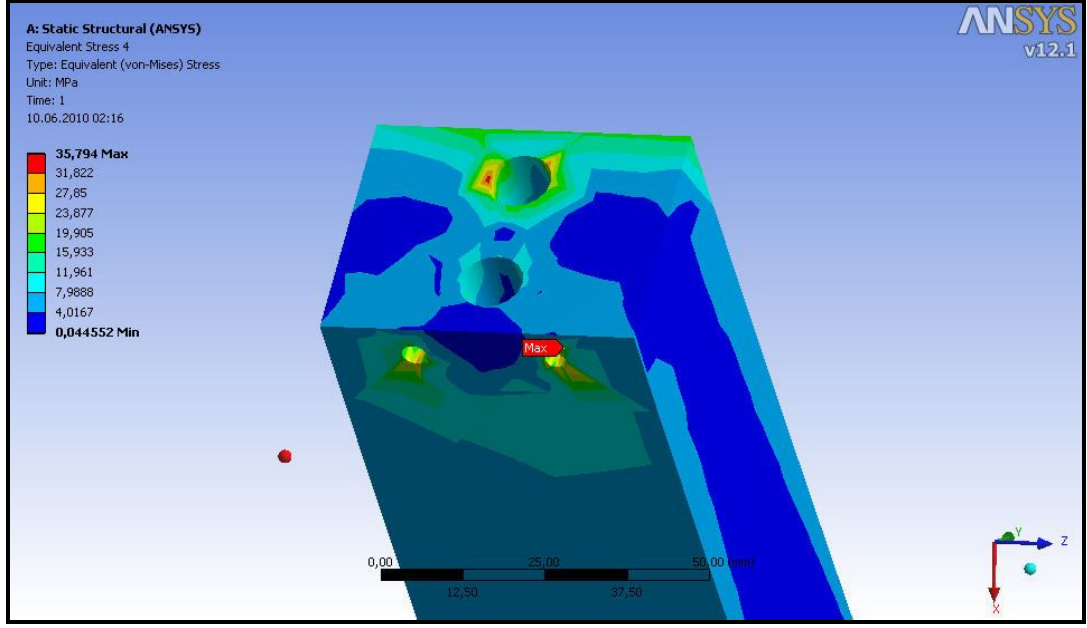
Diyagonal çekme deneylerinde ‘T’ çektirme birleştirme elemanı, vidanın etrafındaki bölgeyi çekme kuvvetinin etkisiyle deformasyona uğratmıştır. Deney örnekleri, Şekil 3.6 (a) ve (b)’de, ANSYS’ten elde edilen ‘T’ çektirme birleştirme elemanının ahşapta meydana getirdiği deformasyonun sonucu elde edilen emniyetli bölgeler Şekil 3.7’de, ahşapta meydana gelen gerilmeler Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Deney örneklerinde ahşapta meydana gelen deformasyon. a) kavala ve ahşabın temas yüzeyi b) B elemanına kavala delikleri açıldığı kısımlar



Şekil 3.7. ANSYS’ten elde edilen ahşaptaki emniyetli bölgeler



Şekil 3.8. ANSYS'ten elde edilen ahşaptaki gerilme değerleri

Çekme kuvvetinin etkisiyle 'T' çektirme birleştirme elemanının ahşap ile temas yüzeyinde, kavela deliklerinde ve kavela uçlarında ezilmeler şeklinde deformasyon meydana gelmiştir. Deneysel sonuçlarda da bu kısımlarda deformasyonlar meydana gelmiştir.

## BÖLÜM 4

### SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

#### 4.1. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, çerçeve tip mobilyalardaki 'T' tipi köşe birleştirmelerde farklı bağlantı elemanları kullanılarak çeşitli kuvvetler altında gösterdikleri mukavemet davranışları deneysel ve sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir. Deneysel numunelerinin seçiminde, elastikiyet modülünün yüksek olması, diğer masif malzemelere göre daha fazla direnç göstermeleri ve ortotropik özelliklerinin mevcut olması sebebiyle Doğu kayını tercih edilmiştir. ANSYS sonlu analiz programına deneylerden elde edilen ortalama direnç değerleri girilmiştir. Sonlu eleman analizinden elde edilen verilerle deneylerden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Kılıçalp (2007), yaptığı çalışmada teorik sonuçlar ile deneysel sonuçlar arasında mantıklı bir uyum gözlemiştir, yapılan çalışma sonucunda sonlu eleman analizinden elde edilen deformasyon miktarları deneylerden elde edilen deformasyon miktarları arasındaki uyum % 87,2 olarak bulunmuştur [53].

Deneysel çekme direnci, basınç direncinden yüksek çıkmıştır. Toplam çekme direnci basma direncinden % 49,3 daha yüksektir. En yüksek basınç direnci plastik 'L' birleştirme elemanı ile en düşük basınç direnci ise minifiks birleştirme elemanı ile elde edilmiştir. Diyagonal çekme deneylerinde bağlantı elemanı çeşidi bakımından en yüksek çekme direnci eğri metal 'T' çektirme bağlantı elemanında elde edilmiştir. En düşük çekme direnci minifiks ile yapılan birleştirmeden elde edilmiştir. Eğri metal 'T' çektirme bağlantı elemanının yüksek çekme direnci göstermesinin sebebi, diğer birleştirmelere göre ahşap malzemeye tutunma yüzey alanlarının daha fazla olması olabilir.

ANSYS'den elde edilen veriler deneylere göre daha detaylıdır. Uygulana yüklemeler sonucunda birleştirme yerleri eğilme kuvvetine maruz kalmıştır. ANSYS'den elde edilen verilerde en yüksek gerilmeler birleştirme elemanlarında görülmüştür. Bunun sonucunda çatlamlar ve açılmalar birleştirme elemanlarında meydana gelmiştir. Buradan birleştirmelerin kritik olduğu ve sistemin mukavemetini temsil ettiği söylenebilir.

ANSYS ve deneysel sonuçlardan elde edilen verilere göre, plastik 'L' birleştirme elemanı, 'T' çektirme birleştirme elemanı, eğri metal 'T' çektirme birleştirme elemanlarının minifiksli birleştirmelere üstünlük sağlamasının sebebi, ahşaba bağlantıların vida ile yapılması, dolayısıyla liflere tutunan vida dişlerinin olması olarak düşünülebilir. Ayrıca, minifiksli birleştirmelerde bağlantı özelliğinden dolayı tek kavela kullanılmakta ve direnç düşmektedir (Şekil 2.10).

Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemede meydana gelen ezilmeler, sonlu eleman analizinde elde edilen sonuçlarla benzerlik taşımakta ve aynı bölgede gerilmelerin yoğun olduğu görülmüştür. Kavelalardaki deformasyonlar, A ve B elemanlarına en yakın yerlerindeki kavela uçlarında ezilmeler şeklinde görülmüştür (Şekil 3.6). A ve B elemanlarında deformasyonlar birleşme yerlerindeki yüzeylerde kavelanın baskısı sonucu oluşmuştur (Şekil 3.8). Burada malzemeye açılan kavela çapının genişlediği görülmektedir. Buda kavelaların önemli miktarda sistemi destek olduğunu ve yük taşıdığını göstermektedir.

Sonuç olarak yapılan çalışmanın Duncan testinden elde edilen verilere göre, diyagonal basınç deneylerinde, eğri metal 'T' birleştirmeler, 'T' birleştirmeler ve plastik 'L' birleştirmelerde birbirine yakın değerler çıkmıştır. Diyagonal çekme deneylerinde minifiks birleştirmeler ile plastik 'L' birleştirmelerde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

## 4.2. ÖNERİLER

Bilgisayar destekli analizden mantıklı sonuçlar alabilmek için ahşabın yoğun olmayan yapısı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yüzden malzeme tanımlaması ortotropik yapılmalıdır. Köşe birleştirmelerin olduğu bölgeler daha sık mesh örülmesi analizin güvenilirliği açısından önemlidir [64,65].

Sonlu eleman analizinde en çok gerilmeler birleştirme elemanlarında olmuştur. Deneylerde de kırılmalar birleştirme elemanlarında meydana gelmiştir. Bu yüzden çerçeve konstrüksiyonlu mobilya tasarımında birleştirme elemanı seçimine dikkat edilmesi gerekmektedir. Daha sağlam birleştirme elemanları kullanılarak deneyler gerçekleştirilebilir.

Mekanik dirençleri yüksek olan malzemeler ve uygun birleştirme elemanları kullanılarak daha mukavemetli mobilya sistemleri elde etmek mümkün olabilir.

Farklı ahşap malzemeler ve birleştirme elemanları ile deneyler gerçekleştirilerek ahşap malzemeler ve birleştirme elemanları arasındaki benzerlik ve farklılıklar ortaya konabilir.

## KAYNAKLAR

1. Dizel, T., “Lamine elemanlarla tasarlanan çerçeve tipi mobilya birleştirmelerinin mekanik davranış özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-17 (2005).
2. Dinçel, K., ve Işık, Z., **Mobilya Sanat Tarihi MEB. Basımevi**, İstanbul, (1979).
3. TS 4521, **Ağaç Mobilya Terimler ve Tanımlar**, (1985).
4. Sayıl, B., “Ahşap doğrama köşe birleşimlerinin rijitliğini arttırma yolları üzerine bir araştırma”, Doktora Tezi, **İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 88 (1996).
5. Özen, R., “Dikey yongalı levhalar”, **İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi**, İstanbul, 25 (B): 1-8 (1976).
6. Eckelman, C. A., “A look at the strength design of furniture”, **Forest Product Journal**, 6 (3): 21–24 (1966).
7. Ergin, A., Bayraktarkatal, E., And Ünsan Y., “Sonlu elemanlar metodu ve gemi inşaatı sektöründeki uygulamaları”, **İ.T.Ü Türk Loydu Vakfı, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Seminer Kitabı**, İstanbul, 1-19 (2000).
8. Örs, Y., Efe H., “Mobilya (Mesleki ve teknik öğretim kitapları çerçeve konstrüksiyon) tasarımında bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri”, **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Tübitak, 22: 21-27 (1998).
9. Efe, H., “Modern mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özellikleri”, Doktora Tezi, **K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, 13-82 (1994).
10. Kasal, A., “Farklı ölçülerde köşe destek elemanı kullanılmış T-tipi kavelalı mobilya birleştirmelerinin moment ve kesme kuvveti taşıma kapasiteleri”, **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.** , 23 (2): 273-282 (2008).
11. Hammond, J. J., Donnelly, E. T., Harrod, W. F., Reyner, N. A., And Özden, F., **Ağaç İşleri Teknolojisi**, 20 (1968).
12. Doğanay, S., “Mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap malzemenin vida tutma direncinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (1987).

13. Tankut, A. N., Tankut, N., “Ülkemizde demonte mobilya yapımında kullanılan özel bağlantı elemanları”, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 3: 3-17 (2001).
14. Efe H., İmirzi, H. Ö., “Farklı birleştirme teknikleri ve değişik kalınlıklardaki levhalarla üretilmiş kutu-tipi mobilya köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi”, *Politeknik Dergisi*, 11 (1): 65-75 (2008).
15. Özçifçi, A., Doğanay S., “Etiketli yongalı levha (waferboard) ile doğu kayını ve ladin odunlarının vida ve çivi tutma dirençleri”, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, Tübitak, 23: Ek sayı 5, 1207-1213 (1999).
16. Kasal, A., Efe, H., And Erdil, Y. Z., “Montaja hazır koltuk iskeletlerinin mukavemetinin sonlu elemanlar analizi ile belirlenmesi”, *Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic*, 10 (4): 411-422 (2007).
17. Hayashi, Y., Eckelman, A. C., “Design of corner block with anchor bolt table joints”, *Forest Products Journal*, 36 (2): 44-48 (1986).
18. Madriz, C., “Cost and strength analysis of corner joints constructed with different fasteners used in the kitchen cabinet industry”, Yüksek lisans tezi, *Purdue University*, (1997).
19. Göktaş, O., Özen E., Melda, A., And Günsel, Ç. U., “Ağaç levhalardan yapılan vidalı birleştirmeli rafların yüzeye dik (lateral) yük taşıma performansları”, *Teknoloji*, 7 (3): 445-453 (2004).
20. Kasal, A., “Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya masa ayak kayıt birleştirmelerde köşe takozunun birleştirme direncine etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (1998).
21. Efe H., Kasal A., “Kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte mobilya köşe birleştirmelerde çekme direnci”, *G. Ü. Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8 (8): 61-74 (2000).
22. Taştekin, A., Özyurt, A., “Minifiksli köşe birleştirmelerin dayanım özelliklerinin araştırılması ve alternatif birleştirmelerle karşılaştırılması”, Lisans Bitirme Tezi, *H. Ü. M. T. Y. O. AEM Bölümü*, Ankara, (2001).
23. Göde, F., “Ahşap çekmecede köşe birleştirme tekniklerinin çekme direncine etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-40 (2005).
24. Örs, Y., Efe, H., “Mobilya (Çerçeve konstrüksiyon) tasarımında bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri”, *Doğa Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22 (5): 21-27 (1998).
25. Efe, H., Kasal, A., “Tabla tipi mobilya köşe birleştirmelerinde eğilme direnci özellikleri”, *Teknoloji Dergisi*, 4 (4): 33-45 (2000).



26. Efe, H., Kasal, A., “Kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte mobilya köşe birleştirmelerde çekme direnci”, *Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8 (8): 61-74 (2000).
27. Şafak, R., “Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde mekanik özellikler”, Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2000).
28. Lin, Shih-Chao. and Eckelman, C., “Rigidty of furniture cases with various joint construction”, *Forest Product Journal* 37 (1): 23-27 (1987).
29. Güntekin, E., “Montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performansları”, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2: 37-48 (2003).
30. Güray, A., Kılıç, M., And Özyurt, A., “Mobilya köşe birleştirmelerinde kullanılan farklı birleştirme elemanlarının diyagonal çekme direnci üzerine etkilerinin araştırılması”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (1): 131-137 (2002).
31. Efe, H. ve İmirzi, H.Ö., “Mobilya üretiminde kullanılan çeşitli bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri”, *Politeknik Dergisi*, 10 (1): 93-103 (2007).
32. Smardzweski, J. and Prekrad, S., “Stress distribution in disconnected furniture joints” electronic journal of polish agricultural universities, *Wood Techology*, 36: 173-183 (2002).
33. Özçifçi, A., Kılıçalp, H., And Toker, H., “Kutu mobilyalarda kullanılan bazı modüler bağlantı elemanlarının direnç özelliklerinin belirlenmesi”, *Teknoloji*, 11 (1): 45-57 (2008).
34. Efe, H., İmirzi, H.Ö., “ Çerçeve konstrüksiyonlu masif mobilya ‘T’ birleştirmelerde çekme dirençleri karşılaştırılmaları”, *Politeknik Dergisi* 4 (4): 95-101 (2001).
35. Kasal, A., “Masif ve kompozit ağaç malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların performansı”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 7-15 (2004).
36. Nicholls, T. and Crisan, R., “Study of the stress-strain state in corner joints and box type furniture using finite element analysis (FEA) ”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60 : 66- 71 (2002).
37. Altınok, M., “Sandalye tasarımında gerilme analizine göre mukavemet elemanlarının boyutlandırılması”, Doktora Tezi, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 38- 47(1995).
38. Cai, L., Wang, F., And Tan, H., “Study on the strength of molting corner joints of furniture”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 53 (6) : 385-388 (1995).

39. Gustafsson, S. I., "Furniture design by use of the finite element method", *Holz als Rohund Werkstoff*, 53 (4) : 257-260 (1995).
40. Gustafsson, S. I., "Finite element modelling versus reality for birch chairs", *Holz als Rohund Werkstoff*, 54 (5) : 355-359 (1996).
41. Gustafsson, S. I., "Optimising ash wood chairs", *Wood Science and Technology*, 31 (4) : 291-301 (1997).
42. Smardzewski, J., "Numerical analysis of furniture constructions", *Wood Science and Technology*, 32 (4): 273-286 (1998).
43. Smardzewski, J., "Strength of profile-adhesive joints", *Wood Science and Technology*, 36 (2) : 173-183 (2002).
44. Daudeville, L., Davenne, L., And Yasumura, M., "Prediction of the load carrying capacity of bolted timber joint", *Wood Science and Technology*, 33 : 15-29 (1999).
45. Erdil, Y. Z., "Integrated product engineering and performance testing of furniture", *Purdue University*, West Lafayette, Indiana, (2002).
46. Jensen, J. L., Koizumi, A., Sasaki, T., Tamura Y., And Lijima, Y., "Axially loaded glued-in hardwood dowels", *Wood Science and Technology*, 35: 73- 83 (2001).
47. Eckelman, C. A., Lin, F. C. and Zhang, J., "A technique for structural modeling offront rails for sofas", *Holz alsRoh-undWerkstoff*, 60: 60-65 (2002).
48. Efe, H., Erdil, Y. Z., And Kasal, A., "Mobilya mühendislik tasarımında mobilya sistemlerinin sonlu elemanlar metoduyla optimizasyonu", *G. Ü. T. E. F., I. İleri Teknolojiler Sempozyumu, Bildiri Kitabı*, Ankara, 315-323 (2003).
49. Efe, H.ve İmirzi, H.Ö., "Kutu tipi mobilya köşe birleştirmelerin sonlu elemanlar yöntemi ile mukavemet ve rijitlik analizi", *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, Türkiye, 627-630 (2009).
50. Kılıçalp, H., "Kutu mobilyalarda kullanılan bazı modüler bağlantı elemanlarının direnç özelliklerinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak 33-87 (2007).
51. Dueer, A. W . "Timber; problems, prospects, policies", *Iowa State University Press*, Ames, Iowa., 268 (1973).
52. Öztürk, R. B., Arıoğlu N., "Türk sarıçamından lamine ahşap kirişlerin mekanik özellikleri", *İTÜ Dergisi Mimarlık, Planlama, Tasarım* 5 (2): 25-36 (2006).
53. Anonim, *Türkiye Orman Varlığı, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Muhtelif Yayınlar Serisi*, 48 (1987).

54. Yaltrık, F., “Dendroloji II ders kitabı” *İ.Ü.*, İstanbul, 10-56 (1993).
55. Bozkurt, Y., Erdin, N., Odun Anatomisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 466 (2000).
56. TS 4539, Ahşap Birleştirmeler – Kavelalı Birleştirme Kuralları, *T.S.E.*, Ankara, 1-3 (1985).
57. American Society of Civil Engineers, *Mechanical Connections in Wood Structures*, Newyork, 101-175 (1996).
58. TS 61, “Ağaç Vidaları”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-6 (1978).
59. İnternet: Milli Eğitim Bakanlığı “Mobilya birleştirme elemanları” [http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/ahsap/moduller/mobilya\\_baglanti\\_elemanlari.pdf](http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/ahsap/moduller/mobilya_baglanti_elemanlari.pdf) (2010).
60. Lesacher, H., “Die Beste Eckverbindung. Schweiz”, *Schreinerzeitung*, 35: 56-59 (1986).
61. Arıkan A. S., “Sonlu elemanlar metodunun mühendislikte uygulamaları”, Orta Doğu Teknik Üniversitesi CAD/CAM Merkezi Uzmanı 1-15 (20 .).
62. Becker, A.A., “The Boundary element method in engineering”, *McGraw-Hill, Cambridge*, 152-321 (1992).
63. Gawroński, T., “Rıgidity-strength models and stress distribution in housed tenon joints subjected to torsion”, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Wood Technology*, 9 (4): (2006).
64. Güntekin, E., “Kavelalı Mobilya Köşe Birleştirmelerinin Sonlu Elemanlar Analizi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1302 (7085): 159-169 (2004).
65. İmirzi, H.Ö., “Farklı yapım teknikleri kullanılarak ve değişik kalınlıklardaki levhalar ile üretilmiş kutu tipi mobilyaların mukavemet özellikleri”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 71-193 (2008).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Samet KARABULUT 1985 yılında İZMİR/Foça'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Buca Endüstri Meslek Lisesi Bilgisayar Bölümü'nden mezun oldu. 2003 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü'nde öğrenime başladı. 2007 yılında mezun olduktan sonra Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı. Haziran 2010'da tamamladı.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : 8929 Sok. No:11 75. Yıl Apart. D:38  
Evka 5 Çiğli / İZMİR

Tel : (541) 289 29 48

E-posta : sametkrblt@hotmail.com