



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ÜÇ BOYUTLU YAZICI İLE ÜRETİLMİŞ
TAKVİYELERİN T TİPİ YAPIŞTIRMA
BAĞLANTI MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Mirari Ğunav GEÇİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliğı Anabilim Dalını

**Ağustos 2021
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Mirari Ėunav GEÇİT tarafından hazırlanan “Üç Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Takviyelerin T tipi Yapıştırma Bağlantı Mukavemetine Etkisinin Araştırılması” adlı tez çalışması 13/08/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Erol KILIÇKAP

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Tolga TOPKAYA

.....

Üye

Doç. Dr. Bahattin İŞCAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mirari Ğunav GEÇİT

13.08.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÜÇ BOYUTLU YAZICI İLE ÜRETİLMİŞ TAKVİYELERİN T TİPİ YAPIŞTIRMA BAĞLANTI MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Mirari Ğunav GEÇİT

BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tolga TOPKAYA

2021, 55 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Tolga TOPKAYA

Prof. Dr. Erol KILIÇKAP

Doç. Dr. Bahattin İŞCAN

Gerçekleştirilen çalışmada havacılık ve uzay uygulamalarında sıklıkla tercih edilen T tipi bağlantıların delta bölgelerinin 3 boyutlu yazıcı ile üretilen takviye malzemeleri ile güçlendirilmesinin çekme davranışına ve çekme mukavemetine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Yapıştırılan ana malzeme olarak AL-5754 alaşımı ve yapıştırıcı malzeme olarak 3M DP460 epoksi esaslı yapısal yapıştırıcı kullanılmıştır. Numuneler hazırlanırken bindirme uzunluğu, büküm çapı ve takviye malzemesi geometrisi çeşitlendirilmiştir. Takviyesiz numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça hasar yükü düşerken bütün takviye malzemeleri için bindirme uzunluğu arttıkça hasar yükü değeri artmıştır. Referans olarak kabul edilen takviyesiz malzemelere göre en büyük mukavemet artışı %1461 ile 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip içi boş ve yatay destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numunelerde görülmüştür. Numunelerde görülen temel hasar tipi kohezyon hasarı iken bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça takviye malzemelerinde de hasar görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çekme Testi, T tipi bağlantı, Yapıştırıcı, 3 boyutlu yazıcı

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF 3D PRINTED REINFORCEMENT ON THE TENSILE STRENGTH OF T TYPE ADHESIVE JOINTS

Mirari Ğunav GEÇİT

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Tolga TOPKAYA

2021, 55 Pages

Jury

Advisor Asst. Prof. Dr. Tolga TOPKAYA

Prof. Dr. Erol KILÇKAP

Assoc. Prof. Dr. Bahattin İŞCAN

In this study, the effect of strengthening the delta regions of T-type connections, which are frequently preferred in aviation and space applications, on the tensile behavior and tensile strength of the reinforcement materials produced with a 3D printer was experimentally investigated. AL-5754 alloy was used as the main material to be adhered and 3M DP460 epoxy based structural adhesive was used as the adhesive material. While the samples were being prepared, the overlap length, bend diameter and reinforcement material geometry were varied. The damage load decreased as the overlap length and bend diameter increased for the unreinforced samples, while the damage load value increased as the overlap length increased for all reinforcement materials. Compared to non-reinforced materials accepted as reference, the greatest increase in strength was observed with 1461% in the samples using reinforcement material with hollow and horizontal supports with 30 mm overlap length and bending diameter. While the main damage type seen in the samples was cohesion damage, the reinforcement materials were also damaged as the overlap length and bend diameter increased.

Keywords: Adhesive, T Joint, Tensile Test, 3D Printer

ÖNSÖZ

Tez konumun belirlenmesinde ve yapılan çalışmalarda desteklerini esirgemeyen her zaman yardımcı olan değerli hocam Dr. Tolga TOPKAYA' ya teşekkür ederim.

Ders ve yazım aşaması sırasında manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma minnettarım.

Tezimi yüksek lisans eğitimim devam ederken kaybettiğim babama ithaf ediyorum.

Mirari Ğunav GEÇİT
BATMAN-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Birleştirme Türleri.....	1
1.2. Yapıştırıcılar ve Yapıştırma Bağlantıları	5
1.2.1. Yapıştırıcı çeşitleri.....	6
1.3. Yapıştırmayı etkileyen faktörler	8
1.4. Yapıştırıcıların kullanım yerleri.....	8
1.5. Yapıştırma bağlantıları	10
1.5.1. Yapıştırma bağlantılarında yüzeylerin hazırlanması	11
1.5.2. Yapıştırma bağlantılarının avantajları	12
1.5.3. Yapıştırma bağlantılarının dezavantajları	13
1.6. Yenilikçi imalat yöntemleri	13
1.6.1. Stereolitografi (SLA)	13
1.6.2. Seçici lazer sinterleme (SLS).....	13
1.6.3. Seçici lazer ergitme (SLE)	14
1.7. Üç boyutlu yazıcılar	14
1.7.1. Üç boyutlu yazıcıların avantajları.....	15
1.7.2. Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan malzemeler	15
1.7.3. Üç boyutlu yazıcı çeşitleri	16
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Malzeme özellikleri	20
3.2. Yapıştırma bağlantılarının yapılması.....	21
3.3. Çekme testlerinin yapılması.....	25
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	26
4.1. Bindirme uzunluğunun ve büküm çapının mukavemete etkisi.....	26
4.2. Kullanılan takviye geometrisinin numune mukavemetine etkisi.....	30
4.3. Numune Ağırlığının Hasar Yüküne Etkisi.....	33
4.4. Numunelerin hasar yüzeyleri	34
5.1 Sonuçlar	39
5.2 Öneriler	40

KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil.1.1 İki farklı malzemenin galvanik korozyonu oluşturmaları (Demir,2016).....	2
Şekil.1.2 Airbus A330 gövdesi perçin bağlantısı(Can,2016)	2
Şekil.1.3 Perçin konstrüksiyon- Eiffel kulesi(Can, 2016).....	3
Şekil.1.4 Perçin bağlantısında gerilme dağılımı (Can,2016).....	3
Şekil.1.5 Kaynak Birleştirmesinde Gerilme Dağılımı(Can,2016).....	4
Şekil.1.6 Isının etkisi altındaki bölgenin kristal yapı değişimi(Can,2016)	4
Şekil.1.7. Cıvata ile birleştirilmiş T bağlantı(Can, 2016).....	5
Şekil.1.8 Otomobilde yapıştırıcıların kullanıldığı alanlar (Crosetti,2007).....	9
Şekil.1.9. Uçak yapılarındaki sandviç panellerde yapıştırıcıların kullanımı (ASM,1990)	9
Şekil 1.10. Uçaklarda yapıştırıcıların kullanıldığı alanlar (Can,2006).....	10
Şekil 1.11. Yapıştırma bağlantı türleri.....	11
Şekil 1.12. Kartezyen tipi üç boyutlu yazıcı (Çelik ve ark. ,2015)	16
Şekil 1.13. Delta tipi 3 boyutlu yazıcı (İlgül ve ark. ,2016)	17
Şekil 1.14. Core XY tipi yazıcı (Çelik ve ark. 2015)	17
Şekil 3.1. 3M DP460 yapıştırıcısı.....	20
Şekil 3.2. Numune boyutları.....	21
Şekil 3.3. Şekil 3.3 Creality CR 10 S Pro üç boyutlu yazıcı	22
Şekil 3.4. Delta bölgesi ve takviye malzemeleri	23
Şekil 3.5. Üretilen test numuneleri	24
Şekil 3.6. Test cihazına bağlı numune ve yükün uygulanışı	25
Şekil 4.1 Takviye malzemesi kullanılmayan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi.....	26
Şekil 4.2 Tam dolu takviye kullanılan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi.....	27
Şekil 4.3 İçi boş takviye kullanılan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi	28
Şekil 4.4 İçi boş ve dikey destekleri bulunan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi.....	29
Şekil 4.5 İçi boş ve yatay destekleri bulunan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi.....	30
Şekil 4.6 10 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde takviye malzemesi geometrisinin numune mukavemetine etkisi	31

Şekil 4.7 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde takviye malzemesi geometrisinin numune mukavemetine etkisi	32
Şekil 4.8 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde takviye malzemesi geometrisinin numune mukavemetine etkisi	33
Şekil 4.9 30 Hasar yükünün numune ağırlığı ile değişimi	33
Şekil 4.10 Takviye malzemesi kullanılmayan numunelerin hasar yüzeyleri	34
Şekil 4.11 Tam dolu takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri	35
Şekil 4.12 0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri	36
Şekil 4.13 İçi boş ve dikey destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri	37
Şekil 4.14 İçi boş ve yatay destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri	38

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan AL-5754 alaşımının mekanik özellikleri	20
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan 3M DP460 yapıştırıcısının mekanik özellikleri.....	20
Tablo 3.3. Kullanılan PLA filamentin özellikleri	22

1. GİRİŞ

Otomotiv ve uçak sanayisinde kompozit madde kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Kompozit malzemelerle oluşturulan parçaların birleştirilmesinde perçin ve vida gibi mekanik birleştirme tekniklerinin yanı sıra kaynak, lehim ve yapıştırıcı ile birleştirme teknikleri kullanılmaktadır. Özellikle perçin ve vida gibi mekanik birleştirme teknikleri açılan delik nedeniyle malzeme mukavemetini düşürdüğü ve ağırlık artışına sebep olduğu için diğer teknikler avantajlı duruma geçmektedir.

Yapıştırıcı ile yapıştırma tekniği yukarıda saydığımız birleştirme tekniklerinden daha avantajlı ve kullanımı kolay olduğundan özellikle otomotiv ve uzay havacılığı sektöründe kullanımı yaygınlaşmıştır. Yapışma; iki yüzey arasında bulunan molekül, iyon ve atomların bir arada tutturulması olarak tanımlanır. Yapıştırıcı ile birleştirme yöntemi sunduğu avantajlar nedeniyle yapıştırıcı malzeme üreticileri yeni ve daha etkili yapıştırıcı geliştirme çabalarına devam etmektedir.

Yapılan çalışmada alüminyum 5754 alaşımı kullanılarak oluşturulan T tipi bağlantılar 3M DP 460 yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmiştir. T tipi bağlantıların geometrik şekli nedeniyle oluşan boşluk 3 boyutlu yazıcı ile PLA malzeme kullanılarak üretilen takviye malzemesiyle doldurulmuştur. Elde edilen T- bağlantılar Shimadzu marka universal test cihazı ile çekme deneylerine tabi tutulmuştur ve elde edilen veriler grafiklerle açıklanmıştır.

1.1. Birleştirme Türleri

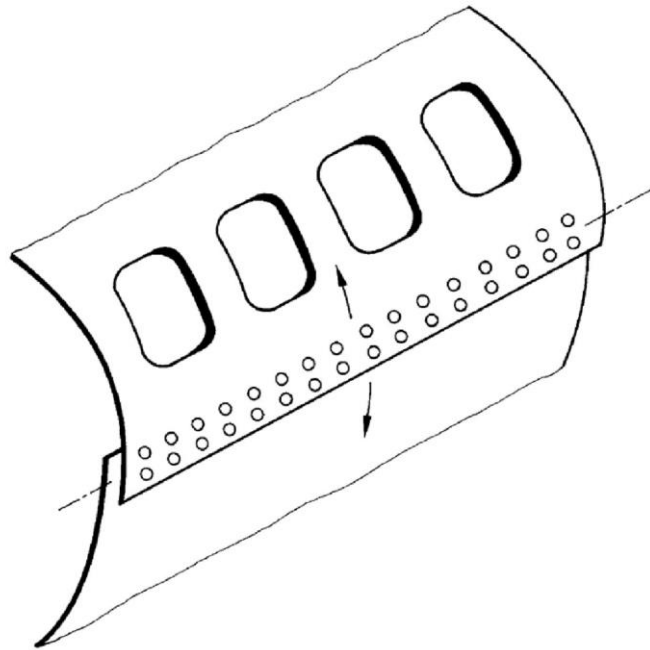
1.1.2. Perçin İle Birleştirme

Aynı veya farklı yapıdaki iki ya da daha fazla malzemeyi birleştirmek için kullanılan bağlantı elemanıdır. Küçük boyutlu parçaların birleştirilmesi için de uygun bir yöntemdir. Sökülemeyen bir bağlantı çeşididir. Perçin gövde, ve hazır baş olmak üzere toplam iki kısımdan oluşurlar.

Farklı yapıdaki malzemeleri birleştirmek için uygun bir yöntem olduğu için birçok yerde kullanılır hale gelmiştir. Genellikle alüminyum, çelik, bakır gibi malzemeleri birleştirmede kullanılır. Farklı türdeki malzemeleri birleştirmede korozyon problemine neden olabilir.



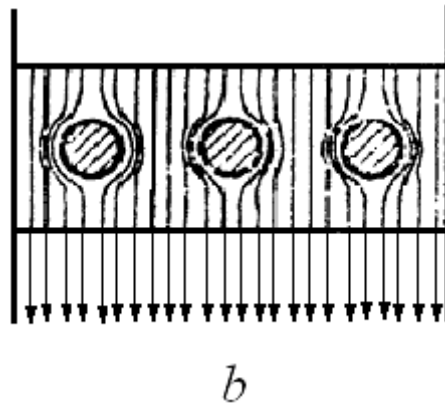
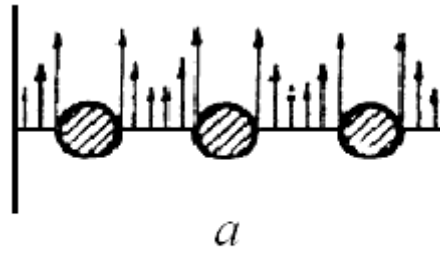
Şekil.1.1 İki farklı malzemenin galvanik korozyonu oluşturmaları (Demir,2016)



Şekil.1.2 Airbus A330 gövdesi perçin bağlantısı(Can,2016)



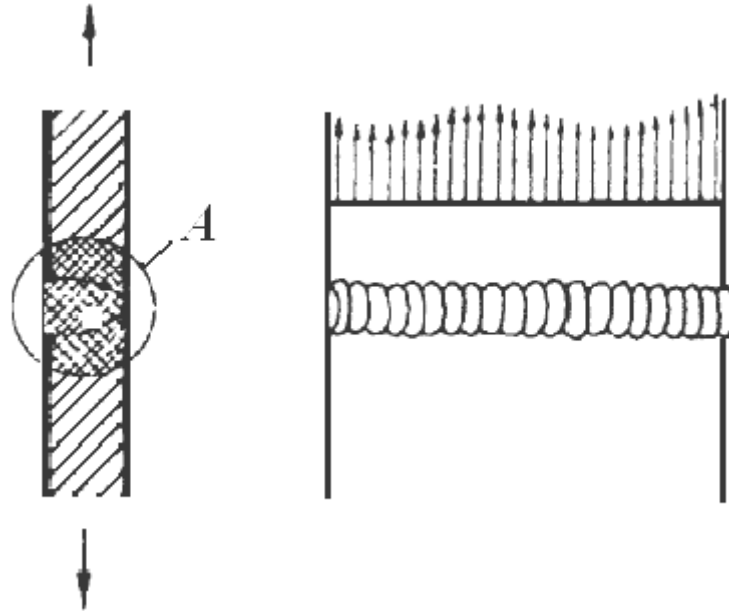
Şekil.1.3 Perçin konstrüksiyon- Eiffel kulesi(Can, 2016)



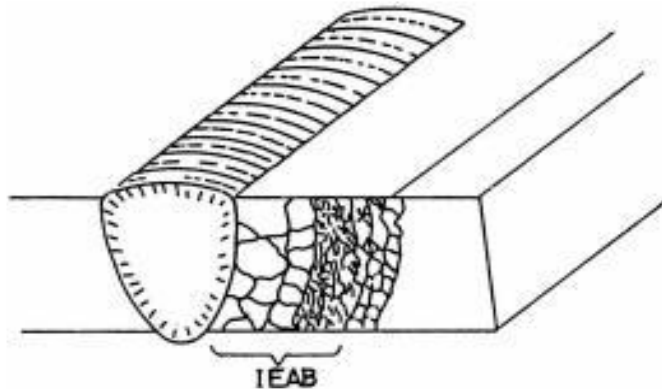
Şekil.1.4 Perçin bağlantısında gerilme dağılımı (Can,2016)

1.1.3. Kaynak İle Birleştirme

İki ya da daha fazla malzemenin sıcaklık veya basınç yardımıyla sökülemeyecek şekilde birleştirilmesi işlemidir. Bağlantıları yapılacak olan malzemeler ergiyerek kohezyon kuvveti sayesinde birleştirilirler. Bu yapıştırma işleminde işleminde ek malzeme olarak elektrot ya da kaynak teli kullanılmaktadır. Ergitme ve direnç kaynağı olmak üzere iki çeşit kaynak yöntemi bulunmaktadır. Kaynak yöntemiyle üretilen parçalar dayanıklı ve hafiftirler. Kaynak ile üretilen parçalar hafif olduklarından ağırlık kazancı sağlamaktadırlar. Kaynakla birleştirmede birleşme yerinde oluşan ergimeden dolayı malzemenin iç yapısında değişiklikler söz konusu olmaktadır.



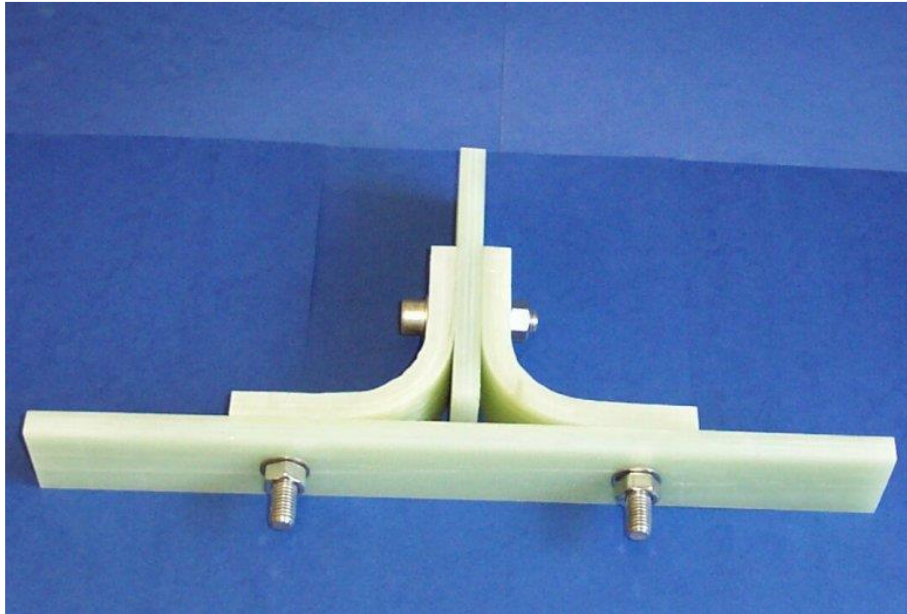
Şekil.1.5 Kaynak Birleştirmesinde Gerilme Dağılımı(Can,2016)



Şekil.1.6 Isının etkisi altındaki bölgenin kristal yapı değişimi(Can,2016)

1.1.4. Cıvata İle Birleştirme

Birleştirme işleminde en çok kullanılan yöntemlerden biri cıvata ile birleştirme yöntemidir. Cıvatalar; cıvata başı, gövde, vida dişi ve pak olmak üzere dört kısımdan oluşmaktadırlar. Cıvataların baş kısımları sıcak ya da soğuk şekillendirmeye meydana getirilir. Sökülebilir bir birleştirme yöntemidir. Çelik konstrüksiyonlarında, makinaların montajlarında ve daha birçok alanda kullanıma uygundur. Altı köşe, dört köşe, silindirik başlı, mercimek başlı, matkaplı cıvata gibi çeşitleri vardır. Bağlanması ve çözmesi kolay bağlantılardandır.



Şekil1.7. Cıvata ile birleştirilmiş T bağlantı(Can, 2016)

1.2. Yapıştırıcılar ve Yapıştırma Bağlantıları

Üretim yapılan sektörlerin genelinde istenilen materyalleri oluşturmak için kullanılan malzemeleri birleştirmek ve bir arada tutmak için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Perçin, cıvata ve lehim bu yöntemlerden bazılarıdır. Bu yöntemler dışında günümüzde sağladığı avantajlardan dolayı sıkça kullanılan diğer bir yol yapıştırıcı ile yapıştırma tekniğidir.

Yapıştırma işlemi yapıştırıcının kendi içindeki kohezyon kuvveti ile yapıştırıcı ile yapıştırılan yüzey arasında oluşan adezyon kuvvetinin bir sonucu gerçekleşen olaydır.

Adezyon: İki farklı maddenin arasında gerçekleşen ve bu maddelerin yapışmasına olanak veren kuvvete denir. Cam üzerinde bulunan su damlasının aşağı akmaması veya eşyaların üzerinde oluşan tozlar adezyon kuvvetinin etkisi altında gerçekleşen olaylardır. Adezyon sıvı katı maddeler arasında meydana geldiği gibi iki katı madde arasında da oluşabilir.

Adezyon teorileri; (Adams ve ark.,1997)

- Elektrostatik teori
- Zayıf sınır tabaka teorisi
- Difüzyon teorisi
- Mekanik kilitlenme teorisi
- Kimyasal yapışma teorisi

Kohezyon: Maddenin içindeki aynı cins moleküllerin birbirine bağlanmasını sağlayan çekim kuvvetidir. Yapışma işlemi sırasında yapıştırıcının kendi içindeki moleküller arasında meydana gelir.

1.2.1. Yapıştırıcı çeşitleri

Yapıştırıcı bir veya birden çok malzemeyi bir arada tutmayı sağlayan yapı olarak tanımlanabilir. Yapıştırıcılar katı, sıvı ya da macun gibi değişik formlarda bulunabilirler. En genelde anlamda yapıştırıcılar yapısal yapıştırıcılar ve yapısal olmayan yapıştırıcılar olarak 2'ye ayrılır.

1.2.1.1. Yapısal Yapıştırıcılar

- Epoksiler
- Akrilikler
- Anaerobikler
- Poliüretanlar
- Siyanoakrilatlar

Epoksiler

Epoksi yapıştırıcılar yapıştırıldıkları malzemeye yüksek mukavemet sağlayan birçok alanda kullanılan genellikle reçine ve katılaştırıcıdan oluşan çift bileşenli bir şekilde üretilen yapıştırıcı çeşididir. Çift bileşenden oluşan bu yapıştırıcılar kullanılmadan önce

reçine ve katılaştırıcı homojen bir şekilde karıştırılıp kullanılacak olan yüzeye sürülmelidir. Bu yapıştırıcılar sıvı haldeyken bekletilip kürleştikten sonra katı hale geçerler. Malzemelere iyi yapışan, boşlukları tamamen dolduran, dış ortamdan kaynaklanan durumlara karşı dayanıklı olan ve malzemeye devamlı yükler altında yüksek mukavemet sağlayan epoksi yapıştırıcılar bu özelliklerinden dolayı sıkça tercih edilmektedir.

Akrilikler

Akrilik yapıştırıcılar yüksek yapışma özelliği gösteren yüzeylere hızlı yapışan bir yapıştırıcı türüdür. Yanıcı ve şeffaf özelliğe sahiptirler. Kimyasal maddelere ve suya karşı genel olarak dayanıklıdırlar.

Anaerobikler

Anaerobik yapıştırıcılar, oksijenin olmadığı durumlarda uygulanan bir yapıştırıcı çeşididir. Oksijensiz ortamda uygulandığından dolayı plastik veya kauçuk maddelerde iyi yapışma özelliği göstermez. Metal malzemelerde çok güçlü ve sızdırma yaratmayan bir yapıştırıcıdır. Kullanımının kolay olmasının yanında kullanıldığı malzemeye yüksek mukavemet sağlar. Isı altında daha çabuk bir şekilde kürleşirler.

Poliüretanlar

Poliüretan yapıştırıcılar, yüksek yapışma özelliğine sahiptir. Tek ya da iki bileşenli olabilirler. Kısa sürede sertleşme özelliğine sahiptirler. Hacimsel anlamda herhangi bir kayba uğramayıp boşluklara iyi doldururlar. Hava şartlarına ve neme karşı dayanıklı olmalarından dolayı ahşap, kauçuk ve yalıtım kaplamalarında uygulanmaktadır.

Siyanoakrilatlar

Siyanoakrilat yapıştırıcılar çok hızlı bir şekilde yapışıp çabuk kürlenirler. Kısa sürede yapışan yapıştırıcılar nemle tepkimeye girerek sertleşirler. Çok küçük boşluklara bile etki eden ısıya karşı dayanıklıdırlar. Porselen, deri, kauçuk, mukavva gibi malzemelerde kullanılırlar.

1.2.1.2. Yapısal olmayan yapıştırıcılar

Yapısal olmayan yapıştırıcılar, düşük mukavemet gücüne sahip yapıştırıcılardır. Elastomerler ve termoplastikler en yaygın olarak kullanılan yapısal olmayan yapıştırıcılarından. Düşük mukavemet sahip olmalarından dolayı çevre şartlarının kötü olmadığı durumlarda daha çok tercih edilirler.

1.3. Yapıştırıcıyı etkileyen faktörler

Yapıştırıcılar içinde yer alan polimer yapıdaki madde sayesinde sürüldükleri yüzeylere yapışırlar. Yapıştırıcıların her birini olumlu ya da olumsuz anlamda etkileyen fiziksel ya da kimyasal faktörler bulunmaktadır. Bunlar;

Zaman: Kullanılan yapıştırıcının sürülen yüzeyde kuruyup tamamen yapışmayı sağlaması için belli bir sürenin geçmesi gerekmektedir. Bu süre bazı yapıştırıcılar için birkaç saat bazıları içinse birkaç gün olabilir. Bu süreler sıcaklık ve basınç etkisiyle değişkenlik gösterebilir.

Basınç: Yapıştırıcılar sürüldükleri yüzeylerde yüzeyin her yerine etki ederek boşlukları doldururlar. Yapıştırıcı yüzeye sürüldükten sonra elle ya da herhangi bir araçla uygulanacak basınç sayesinde yapıştırıcının daha hızlı etkin olması sağlanabilir.

Sıcaklık: Yapıştırıcıların sürülen yüzeylerde daha hızlı etkin olması için sıcaklık artışı önemlidir. Sıcaklık birçok tepkimeyi hızlandırıp katalizör görevi gördüğü gibi yapıştırıcılarında daha çabuk etkin olmasını sağlar.

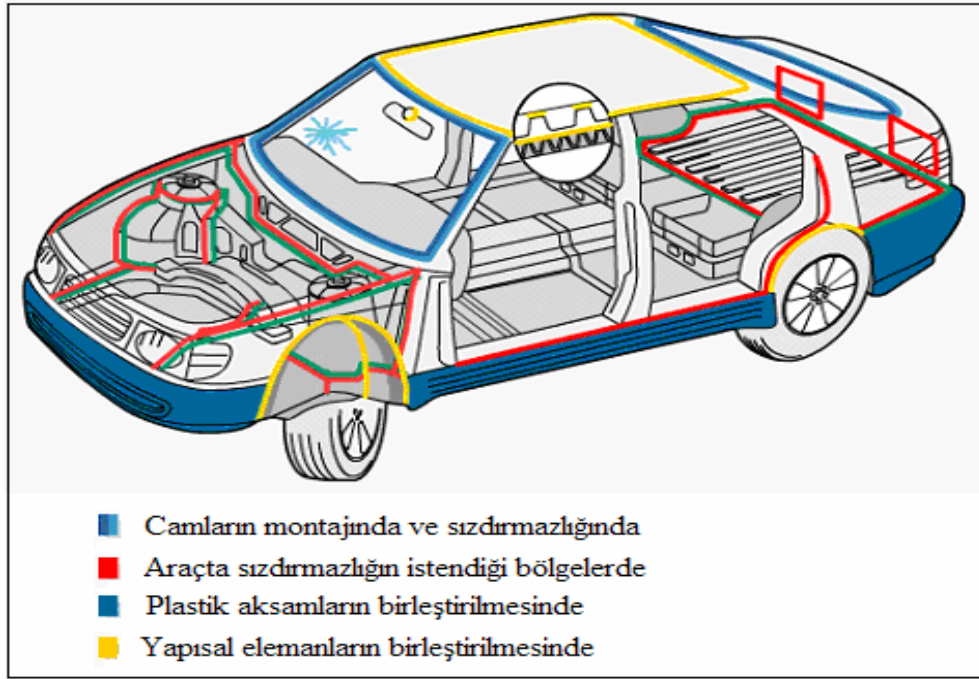
Oksijen: Anaerobik yapıştırıcı çeşitleri oksijenin olmadığı durumlarda kullanılıp yapışmayı sağlarlar.

Nem: Poliüretan türü yapıştırıcılar yapıştırıldıkları ortamlarda bulunan nem sayesinde yapışmayı sağlarlar.

1.4. Yapıştırıcıların kullanım yerleri

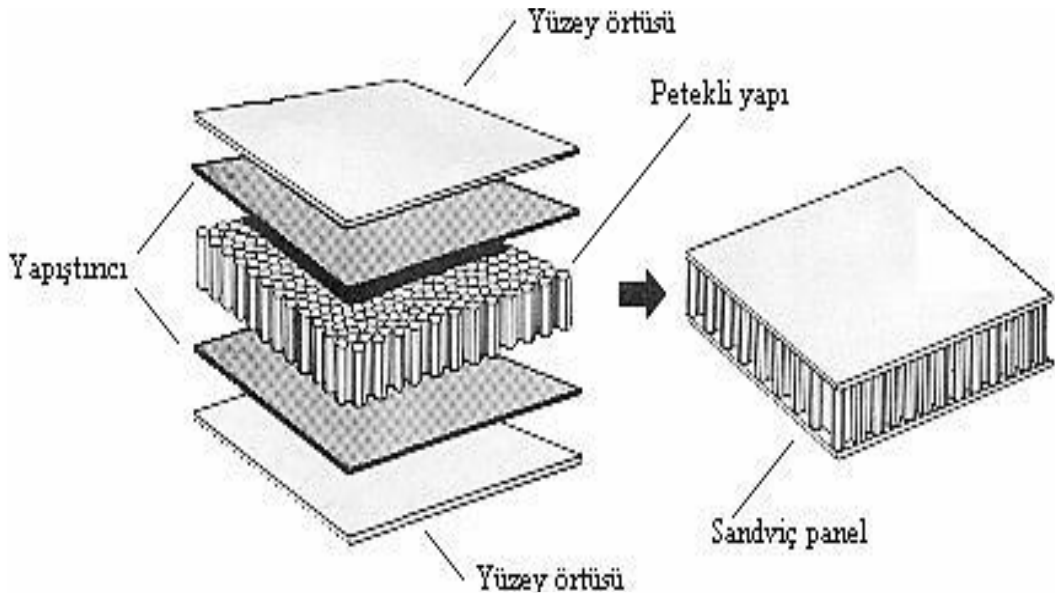
Teknoloji ve yapıştırıcı sektöründeki ilerlemelerden sonra yapıştırıcıların kullanım alanları oldukça genişlemiştir. Cıvata, perçin lehim gibi eskiden beri kullanılan birleştirme yöntemlerine göre avantajları çok fazla olan yapıştırıcı ile birleştirme yöntemi çok sık tercih edilir konuma gelmiştir.

Otomotiv sektöründe yapıştırıcıların kullanımı oldukça artmaktadır. Fren balataları, rulmanlı yatakların montaj işlerinde, hava yastığı, cam montaj uygulamasında, kapı paneli gibi birçok yerde yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Şekil 1’ de yapıştırıcıların otomobildeki kullanım yerleri gösterilmiştir.



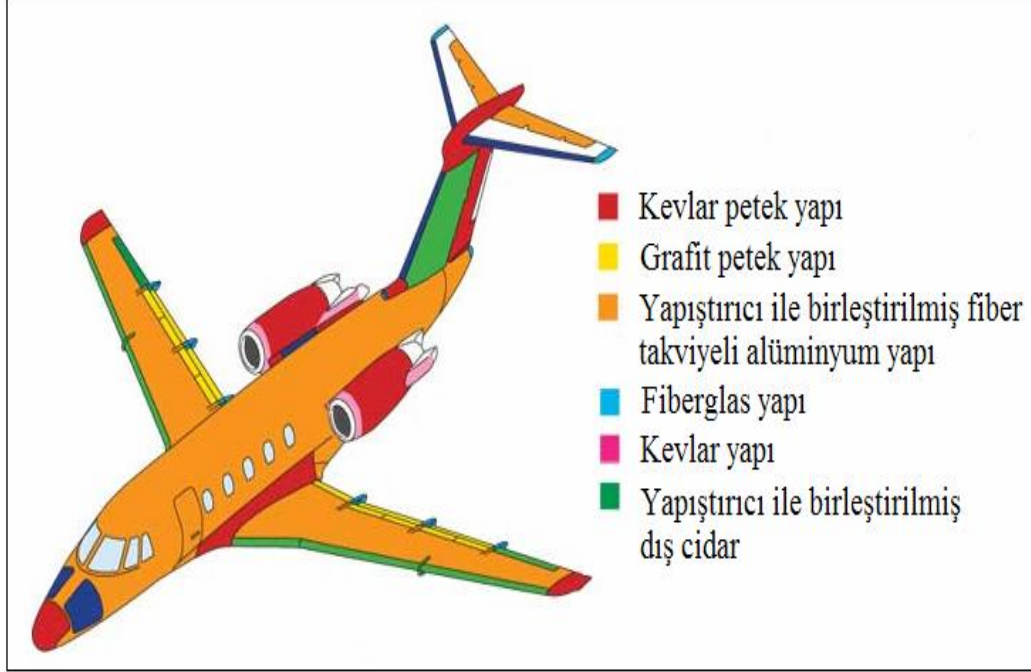
Şekil.1.8 Otomobilde yapıştırıcıların kullanıldığı alanlar (Crosetti,2007)

Yapıştırıcıların kullanımının arttığı bir diğer sektör ise havacılık sektörüdür. Kullanılan malzemelerin çeşitliliği yapıştırıcıları da tercih edilir hale getiriyordur. Farklı malzemelerin birleştirilmesi yapıştırıcıyla çok daha kolay bir hale gelmektedir. Uçaklarda sandviç panel olarak yer alan yapıyı oluşturan kısımların birleştirilmesinde de yapıştırıcılar kullanılmaktadır.



Şekil.1.9. Uçak yapılarındaki sandviç panellerde yapıştırıcıların kullanımı (ASM,1990)

Havacılık sanayisinde oluşturulan bağlantıların uzun bir süre güvenilirliğini koruması oldukça önemlidir. Bu durumda yapıştırıcıları tercih edilme konusunda ön plana çıkartıyor.

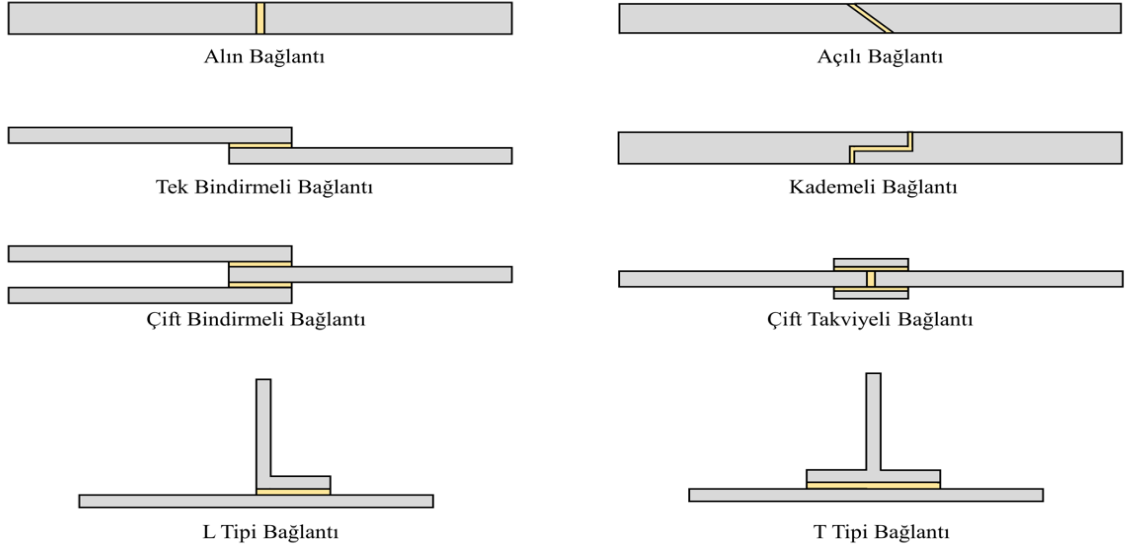


Şekil 1.10. Uçaklarda yapıştırıcıların kullanıldığı alanlar (Can,2006)

1.5. Yapıştırma bağlantıları

Mühendislikte üretilecek parçaların ihtiyaçlar kapsamında en avantajlı olacak şekilde tasarlanması ve üretilmesi çok önemlidir. Parçalar oluşturulurken Parçalar oluşturulurken ihtiyaç duyulan bağlantı elemanları lehim, perçin, cıvata gibi mekanik yöntemler yardımıyla üretilebilir. Teknolojinin gelişmesi sayesinde elde değişik yapıdaki malzemelerin birleştirilmesi konusunda bu mekanik birleştirme yöntemlerinin yanında çok daha avantajlı olan ve birleştirilmesi esnasında malzemelere daha az zarar veren yapıştırıcılar daha tercih edilir duruma gelmektedir.

Yapıştırıcıların dışında kullanılan geleneksel birleştirme tekniklerinde birleştirilen malzemeler deforme olabildikleri için yapıştırıcılar ihtiyaçlarını daha fazla karşılayan üretilen malzemelerin uzun süreli yükler karşısında dayanımını arttıran özellikleri mühendislik açısından çok önemli ve gereklidir. Yapıştırıcı kullanılarak üretilecek elemanların en güvenli şekilde tasarlanıp üretilmesi için çeşitli yapıştırıcı bağlantı elemanları bulunmaktadır.



Şekil 1.11. Yapıştırma bağlantı türleri

1.5.1. Yapıştırma bağlantılarında yüzeylerin hazırlanması

Yapıştırma bağlantılarında iyi bir yapışma sağlayabilmek için yapıştırıcı sürülecek malzeme yüzeyinin çok iyi hazırlanması gerekmektedir. Düzgün yapılan bir yüzey hazırlama üretilen malzemenin mukavemetini ve sürekli yükler altındaki dayanımını arttırmaktadır.

Kullanılan yapıştırıcı seçimi ve yapıştırıcının malzemeyle arada hiçbir katman olmadan olan etkileşimi çok önemlidir. Bazı durumlarda malzeme üzerinde fosfor, krom, boya gibi maddeler bulunur. Bu maddelerin oluşturduğu katmanlar “Zayıf Sınır Tabakası” olarak adlandırılırlar. Bu katmanlar yapıştırıcı ile yüzey arasında tam temas olmasını engeller ve uygulanacak yükler karşısında üretilen bağlantıların dayanımını düşürecektir. Bu durumda bağlantı yapıştırıcı sürülen bölgeden kopmaya ve hasara uğrayacaktır. Ön işlemlerin iyi yapılması halinde meydana gelecek hasarlar yapıştırıcının kohezyon kuvvetinden kaynaklanacak sorunlara yol açmaktadır.

Kullanılan malzemelerin cinsine göre ön hazırlık işlemleri çeşitlilik gösterebilir. Malzemeye göre temizlik işlemi zımparalama ya da çözelti yardımıyla yapılır. Plastik malzemeler metallere kıyasla ön hazırlama işlemine daha çok ihtiyaç duyarlar. Malzemelerde yüzey temizliği aşamalı olarak yapılır. Her adım malzeme temizliğini ve iyi bir yapışmayı sağlamak için çok önemli ve gereklidir.

Yüzey temizliğinde uygulanacak adımlar:

Temizlik: Kullanılacak yüzeylerin yağ, kir ve pastan temizlenmesi için yapılan ilk işlemdir. Herhangi bir kimyasal kullanılarak yapılması çok daha iyi sonuçlar verir. Temizleme işlemi aseton, benzin, mazot ya da karbon tetra klorür kullanılarak yapılır.

Yüzeylerin Pürüzlendirilmesi: Bu işlem kum püskürtme ya da zımpara kullanılarak yapılır. Yüzeyin pürüzsüz olması bağlantıların mukavemetinin artması için yapılacak en önemli adımdır. Kuru ya da ıslak zımparalama çeşitleri vardır. Kullanılan malzemelere bağlı olarak zımparanın boyutları değişebilir.

Yüzeylerin Yıkınması: Yüzeyler zımparalandıktan sonra soğuk suyla yıkanır. Yıkandıktan sonra asit ile temizlenip tekrardan sudan geçirilir. Böylelikle yüzeyin tamamen pürüzsüz olması sağlanır.

Yüzeylerin Kurutulması: Sıcak hava ile kurutma işlemi yapılır.

Yapıştırma Basıncının Uygulanması: Elle ya da farklı mekanizmalar kullanılarak yapılır.

1.5.2. Yapıştırma bağlantılarının avantajları

- Aynı veya farklı yapılardaki malzemeleri birleştirme
- Tekrar eden yükler altında yüksek dayanımının olması
- Titreşim sönümlerme özelliği
- Uygulamasının kolay ve maliyetinin yüksek olmaması
- Gerilme dağılımının düzgün yayılması
- Uygulanacak yüklere karşı düzgün alan edilmesi
- Her boyutta ve şekilde olan malzemelerin birleştirilmesi
- Geleneksel birleştirme yöntemlerinde görülen yüzey bozukluklarının olmaması
- Yalıtkan özelliğinin olması
- Yüksek miktarda sızdırmazlık sağlaması
- Malzemelerdeki boşlukları dolduruyor olması
- Gerilme birikmesinin olmaması

1.5.3. Yapıştırma bağlantılarının dezavantajları

- Sıcaklığın etkisiyle yapıştırma işleminin zorlaşması
- Yapıştırıcıların sertleşmeleri için gereken sürenin uzun olması
- Nemli ortamlardan ve kimyasal malzemelerden etkileniyor olması

1.6. Yenilikçi imalat yöntemleri

Eklemeli üretim yöntemi katmanların üst üste dizilmesiyle istenilen şeklin oluşturulması yöntemidir. Eklemeli üretim yöntemi son zamanlarda oldukça önem kazanmış bir üretim yöntemidir. Eklemeli üretim yöntemi iki ana uygulama bölümünden oluşmaktadır. Birincisi ‘hızlı prototipleme’ ikincisi ise ‘hızlı üretim’ dir. Bu üretim yönteminde az malzeme kullanıldığı için maliyeti az olmakla birlikte zor şekle sahip parçaların üretimi yapılır. Hızlı üretim imkanı sağlar. Bu üretim yöntemi havacılık, otomotiv ve sağlık sektöründe kullanılmaktadır. ASTM F42 standardına göre bu üretim yöntemi 7 gruba ayrılmaktadır.(NÖHÜ,2020)

- Yapıştırıcı püskürtme
- Direkt enerji biriktirme
- Malzeme ekstrüzyonu
- Plaka tabakalaştırma
- Havuz fotopolimerizasyonu
- Malzeme püskürtme
- Toz yataklı birleştirme

1.6.1. Stereolitografi (SLA)

SLA yöntemi sıvı halde olan reçine tabakasının ultraviyole ışınlar sayesinde bazı bölgelerinin sertleştirilmesi esasına dayanan bir üretim yöntemidir. Reçine katmanları üst üste dizilerek gereken sertleşme sağlanıp üretim yapıldıktan sonra parça bulunduğu havuzdan çıkarılır. Bu yöntemle karmaşık şekilli parçalar çok hızlı bir şekilde üretilir.

1.6.2. Seçici lazer sinterleme (SLS)

Bu üretim yönteminde ince tozlar üst üste yayılıp sinterlendikten sonra istenilen parçalar elde edilir. Dökülen tozların eşit bir şekilde yüzeye yayılması için üzerinden silindire geçirilir. Daha sonra lazer ışını kullanılarak parçacıklar birleştirilir. Bu işlem için

polimer, seramik ve metal tozları gibi hammaddeler kullanılır. En avantajlı olan hammaddesi ise kaliteli baskı oluşturduğundan dolayı polimerdir.

1.6.3. Seçici lazer ergitme (SLE)

SLE yöntemi SLS yönteminden farklı olarak tozlar eritilerek üretim yapılır. Katmanlar üst üste dizilerek karmaşık geometrideki parçalar üretilir. Sürekli değişiklik ve yenilik gerektiren malzemeler için çok uygun bir üretim yöntemidir. Paslanmaz çelik, titanyum ve metal tozları kullanılarak üretim yapılır. Büyük boyutlardaki parçalar için uygun bir üretim yöntemi değildir.

1.7. Üç boyutlu yazıcılar

Bilgisayar ortamında tasarlanıp üç boyutlu halde çizilmiş malzemeleri katı formda üreten cihazlar “3 Boyutlu Yazıcı” olarak adlandırılırlar. Bilinen mekanik yöntemlerle üretilemeyen farklı geometrideki şekilleri üretirler.

Üç boyutlu yazıcıları oluşturan parçalar ;

Üç boyutlu yazıcılar ilk olarak 1970 li yılların sonlarına doğru ortaya çıkmıştır. Üç boyutlu yazılarda motor ve elektrik kontrol ünitesi en önemli parçalardır. Motorları, tablayı ve ısıtıcı ucun bulunduğu parça “Gövde” olarak adlandırılır. Üç boyutlu yazıcılarda tablalar ısıtmalı ve ısıtmasız olarak ikiye ayrılır. Tablanın ısıtmalı veya ısıtmasız olmasına bağlı olarak kullanılan baskı malzemesi değişiklik gösterir. Isıtmasız tablalarda PLA gibi yüksek derecelerde ısı gerektirmeyen baskı malzemesi kullanılır. Teknoloji alanında yaşanan gelişmelerle birlikte üç boyutlu yazıcıların inşaat, tıp ve mimarlık sektörlerinde kullanımları artmıştır. Diş implantlarının üretiminde de üç boyutlu yazıcılardan yararlanılmaktadır.

Üç boyutlu yazıcıları oluşturan parçalar;

- Gövde
- Baskı Tablası
- Hareket eksenleri ve motorlar
- Nozul ucu
- Elektronik kontrol ünitesi

Üç boyutlu yazıcılarda bulunan nozul sistemi enjeksiyon mantığıyla çalışan bir mekanizmadır. Uç kısmına eklenen kablo şeklindeki hammadde eritilip tablanın üzerine

enjekte edilerek katmanlar oluşturulur ve istenilen parçalar elde edilir. Nozul ucunun hareket etmesini sağlayan üç boyutlu yazıcının eksenleridir. Eksenler genelde triger kayış ve kasnaklar ile hareket eder. (Şirin,2019)

1.7.1. Üç boyutlu yazıcıların avantajları

- İstenilen parçalar çizimleri yapıldıktan sonra çok hızlı bir şekilde üretimi yapılır.
- İşgücüne ve işgücü gerektiren işlemlere ihtiyaç duyulmadan üretimin yapılması sağlanır.
- İmalat sürecindeki maliyet oldukça azdır.
- En çok kullanılan hammadde olan PLA bulunması kolay ve ucuzdur.
- Hammadde olarak en sık kullanılan hammadde olan PLA nın insan sağlığına herhangi bir olumsuz etkisi yoktur.
- Karmaşık şekillere sahip parçalar daha kolay üretilir.
- Üç boyutlu yazıcılar geleneksel yöntemlere olan ihtiyacı azaltır ve üretimin da hızlı yapılmasını sağlar.

1.7.2. Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan malzemeler

1.7.2.1. PLA Malzeme

Üç boyutlu yazıcılarda en çok kullanılan malzeme PLA dır. Polilaktik asit olarak ta bilinir. Erime sıcaklığının düşük olması sebebiyle çok fazla tercih edilen bir malzemedir. PLA malzemede ısıtıcı tabla kullanımına gerek yoktur. PLA malzeme mukavemeti düşük olduğundan dolayı yüksek darbeye maruz kalacak parçaların üretilmesinde kullanılmamalıdır. 60 °C nin üstündeki sıcaklıklara karşı dayanıklılığı azdır. PLA malzemeleri mısır, şeker kamışı vb. ürünler içerdiğinden sağlığa olumsuz etkileri olmaz.(Çelik ve ark.,2015)

1.7.2.2. ABS Malzeme

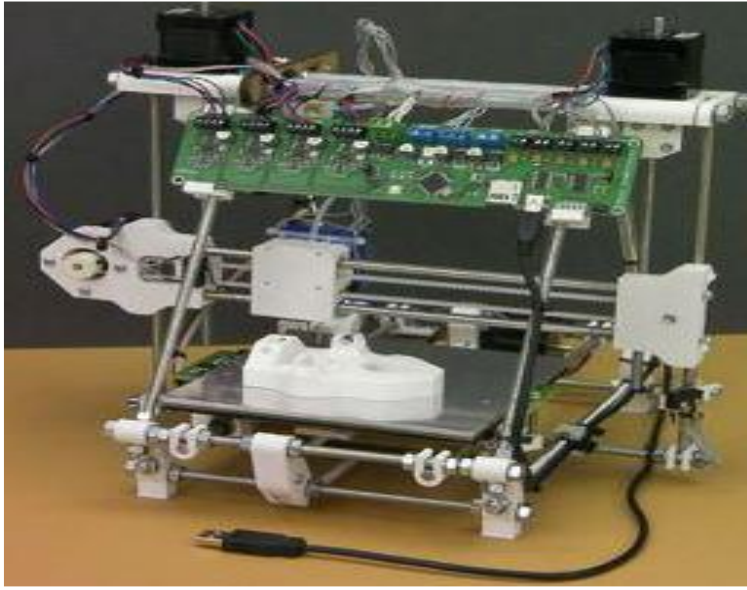
ABS malzeme “ Akrilonitril Bütadien Stiren” olarak adlandırılır. ABS hafif ve petrol türevi bir malzemedir. Yüksek mukavemete sahip bir malzeme olup aseton ile çözülür. Çok yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında zehirli gaz ortaya çıkardığından yüksek sıcaklıklarda kullanıma uygun değildir. Elektriksel iletme sahiptir. Bu malzemelerde

ısıtmalı tabla kullanılması gereklidir. Çevreye zarar vermeyen bir maddedir. Üretilen parçalarda iyi bir yüzey kalitesi sağlar.

1.7.3. Üç boyutlu yazıcı çeşitleri

1.7.3.1. Kartezyen Tipi Yazıcı

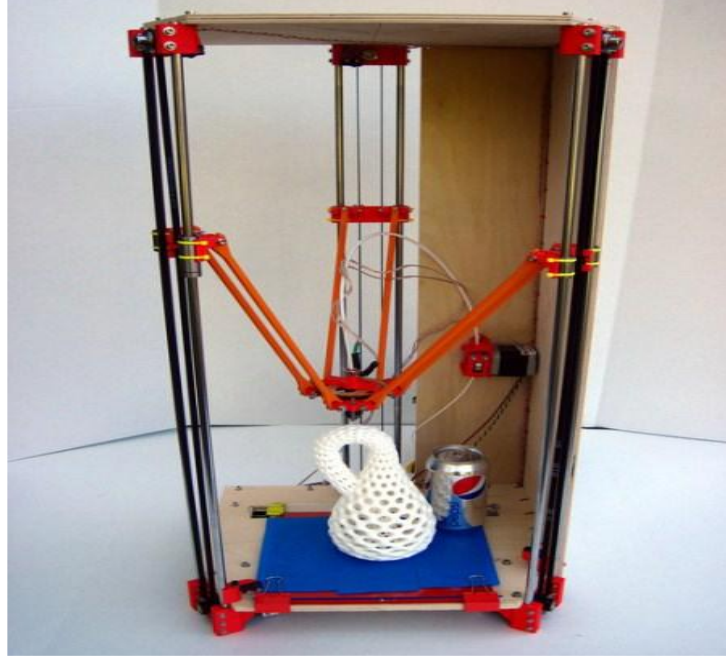
Kartezyen tipi 3 boyutlu yazıcılar X, Y, Z doğrultularında hareket ederler. X ve Y doğrultuları uzunluğu Z doğrultusu ise yüksekliği belirler. En çok kullanılan yazıcı çeşididir.



Şekil 1.12. Kartezyen tipi üç boyutlu yazıcı (Çelik ve ark. ,2015)

1.7.3.2. Delta Tipi Yazıcı

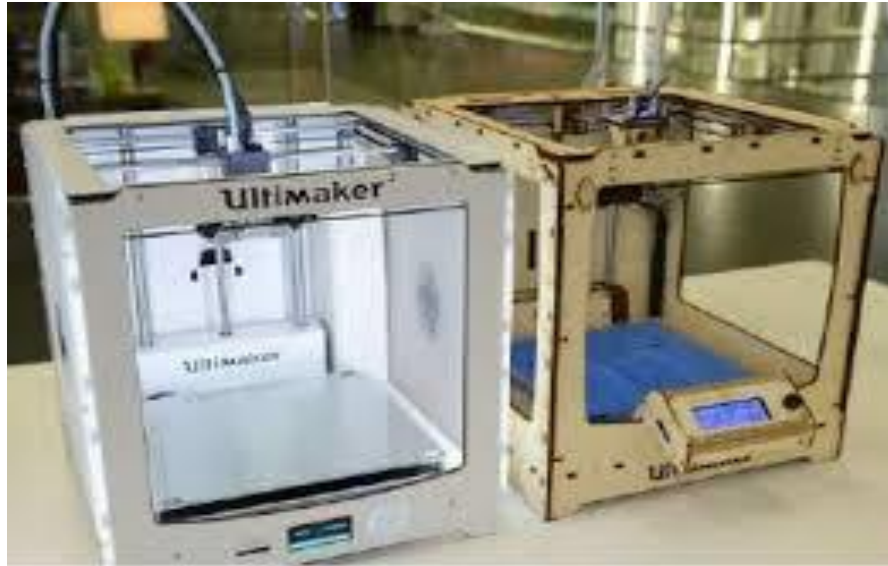
Delta tipi 3 boyutlu yazıcılar kartezyen koordinat sistemini kullanırlar. Yazıcıların ekstruderi olan başlığa bağlı 3 tane kol bulunur. Bu kollar aşağı ve yukarı yönde birlikte hareket ederek çizilen malzemeyi üretirler. Bu durum üretimde çok hızlı olmalarını sağlamaktadır. (İlgül ve ark. ,2016)



Şekil 1.13. Delta tipi 3 boyutlu yazıcı (İlgül ve ark. ,2016)

1.7.3.3. Core XY tipi yazıcı

Core XY tipi yazıcılarda malzemenin eritildiği başlık X ve Y koordinatlarında hareket eder. Altta tabla da Z ekseninde hareket ederek malzeme oluşturulur. (Hacıoğlu ve ark. ,2016)



Şekil 1.14. Core XY tipi yazıcı (Çelik ve ark. 2015)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bahrami ve ark. Tek bindirmeli bağlantılarda bağlantı mukavemetinin ana malzeme üzerine açılan çentiklerle arttırılmasını araştırmıştır. Sonuçlar sonlu elemanlar metodu kullanılarak elde edilen sayısal sonuçların deneysel sonuçlarla uyumlu olduğunu göstermiştir. Ana malzeme üzerine açılan çentikler bağlantı mukavemetini belirgin bir biçimde arttırmıştır. Bunun sebebi olarak açılan çentikler nedeniyle yükleme sırasında daha az sehim meydana gelmesi ve soyulma gerilmelerinin sınırlı kalması gösterilmiştir.(Bahrami ve ark. ,2019)

Lopez- Cruz ve ark. cıvata ve yapıştırıcı kullanılarak oluşturulan tek bindirmeli bağlantıların mekanik özelliklerini deneysel olarak araştırmıştır. Bağlantı mukavemetinin yapıştırıcı malzeme elastisite modülüne ve ana malzeme kalınlığına bağlı olduğu tespit edilmiştir. (Lopez-cruz ve ark. ,2017)

Temiz çift takviyeli bağlantıların eğilme davranışını deneysel ve sayısal olarak incelemiştir. Sonuçlar bağlantı serbest uçlarında esnek yapıştırıcı kullanılmasının, yapıştırıcı bağlantılarda temel hasar sebebi olan soyulma gerilmelerinin düştüğünü göstermiştir (Temiz,2006)

Fernandez -Canadas ve ark. yapıştırıcı kalınlığı ve bindirme uzunluğunun tek bindirmeli yapıştırıcı bağlantı mukavemetine etkisini araştırmıştır. Sonuçlar en yüksek hasar yükünün 0.52 mm kalınlığında yapıştırıcı kullanılan numunelerde olduğu tespit edilmiştir. (Canadas ve ark. , 2019)

Akpınar ve ark. T tipi yapıştırıcı bağlantıların çekme davranışını deneysel ve sayısal olarak araştırmıştır. Gömme takviye levhası kullanılan numuneler gömme olmayan takviye levhası kullanılan numunelerden % 30 daha yüksek mukavemete sahiptir. (Akpınar ve ark. ,2013)

Burns ve ark. Biyo malzemelerden esinlenilerek oluşturulan T bağlantıların eğilme yüklemesi karşısında mekanik özelliklerini araştırmıştır. Sonuçlar biyo malzemelerden esinlenilerek oluşturulan bağlantıların geleneksel bağlantılardan daha yüksek mukavemete sahip olduğunu göstermiştir.(Burns ve ark. ,2012)

Akrami ve ark. T tipi bağlantıların mukavemetini arttırmak için delta bölgesi olarak adlandırılan bölgenin biyo malzemelerde olduğu gibi nispeten düşük yoğunluklu dolgu malzemesi ile takviye edilmesini araştırmıştır. Biyo malzemelerden esinlenilerek üretilen numuneler eğilme ve çekme yüklemesi durumunda rijitlik, mukavemet ve enerji sönümleme miktarında artış sunmuştur.(Akrami ve ark. ,2019)

Cardoso ve ark. karbon fiber T tipi bağlantılarda yüzeye yapılan ön işlemin mekanik özelliklere etkisini araştırmıştır. Maksimum hasar yükü değerleri 240 kum zımpara ile aşındırılan numunelerde tespit edilmiştir.(Cardoso ve ark. ,2019)

Saraç ve ark. gerçekleştirdikleri çalışmada nanopartikül ile takviye edilmiş yapıştırıcı kullanarak oluşturdukları tek bindirmeli bağlantıların yorulma davranışını araştırmıştır. Çalışmada 3 farklı nano partikül kullanılmış ve kullanılan nano partiküllerin tamamının bağlantıların statik ve yorulma mukavemetlerini arttırdığı görülmüştür.(Saraç ve ark. ,2018)

Gültekin ve ark. Grafen nano partikül takviyeli yapıştırıcıların mukavemetine grafen nano partikül takviye oranının etkisini araştırmıştır. Deneysel çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar grafen nano partikül takviye oranının artmasının takviye mukavemetini arttırdığını göstermiştir.(Gültekin ve ark. ,2016)

Hülagü ve ark. Grafen nano partikül takviyeli yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek bindirmeli bağlantıların titreşim testlerini gerçekleştirmiştir. Yapıştırıcı malzeme ile nano partikül karışımını iki farklı yöntemle gerçekleştiren araştırmacılar iki yönteminde bağlantı çekme mukavemetini arttırdığını göstermiştir. Yapıştırıcı malzemeye nano partikül takviyesinin eklenmesi numunelerin sönüm oranı ve doğal frekans gibi titreşim özelliklerini geliştirmiştir.(Hülagü ve ark. ,2020)

Maura ve ark. Yaptıkları çalışmada sonlu elemanlar metodu ile epoksi yapıştırıcıların mekanik özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda oluşan gerilme yığılmalarının bindirme uzunluğundan kaynaklandığı görülmüştür.(Maura ve ark. ,2005)

Krenk ve ark. Epoksi yapıştırıcıyla birleştirilmiş ve farklı yapıştırıcı kalınlığı kullanılarak hazırlanmış alüminyum plakaların yorulma mukavemetini sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiştir. Yapılan deneyler sonucunda yapıştırıcı kalınlığı arttıkça kopma mukavemetinin de arttığı gözlemlenmiştir. (Krenk ve ark. ,1996)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Malzeme özellikleri

Gerçekleştirilen çalışmada Al-5754 alaşımı ana malzemeye sahip çift takviyeli T tipi bağlantıların mukavemetinin üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş takviye malzemeleri ile arttırılması incelenmiştir. Çalışmada kullanılan Al-5754 alaşımının mekanik özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan AL-5754 alaşımının mekanik özellikleri

Özellik	Değer
Elastisite Modülü (GPa)	70.3
Poisson Oranı	0.33
Çekme Mukavemeti (MPa)	245

Test numunelerinin birleştirilme işleminde iki bileşenli 3M DP 460 epoksi esaslı yapısal yapıştırıcı kullanılmıştır. Kullanılan yapıştırıcının epoksi ve hızlandırıcı bileşenlerinin karışım oranı 2:1’dir. 3M DP460 yapıştırıcısı Şekil 3.1’de ve mekanik özellikleri Tablo 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1. 3M DP460 yapıştırıcısı

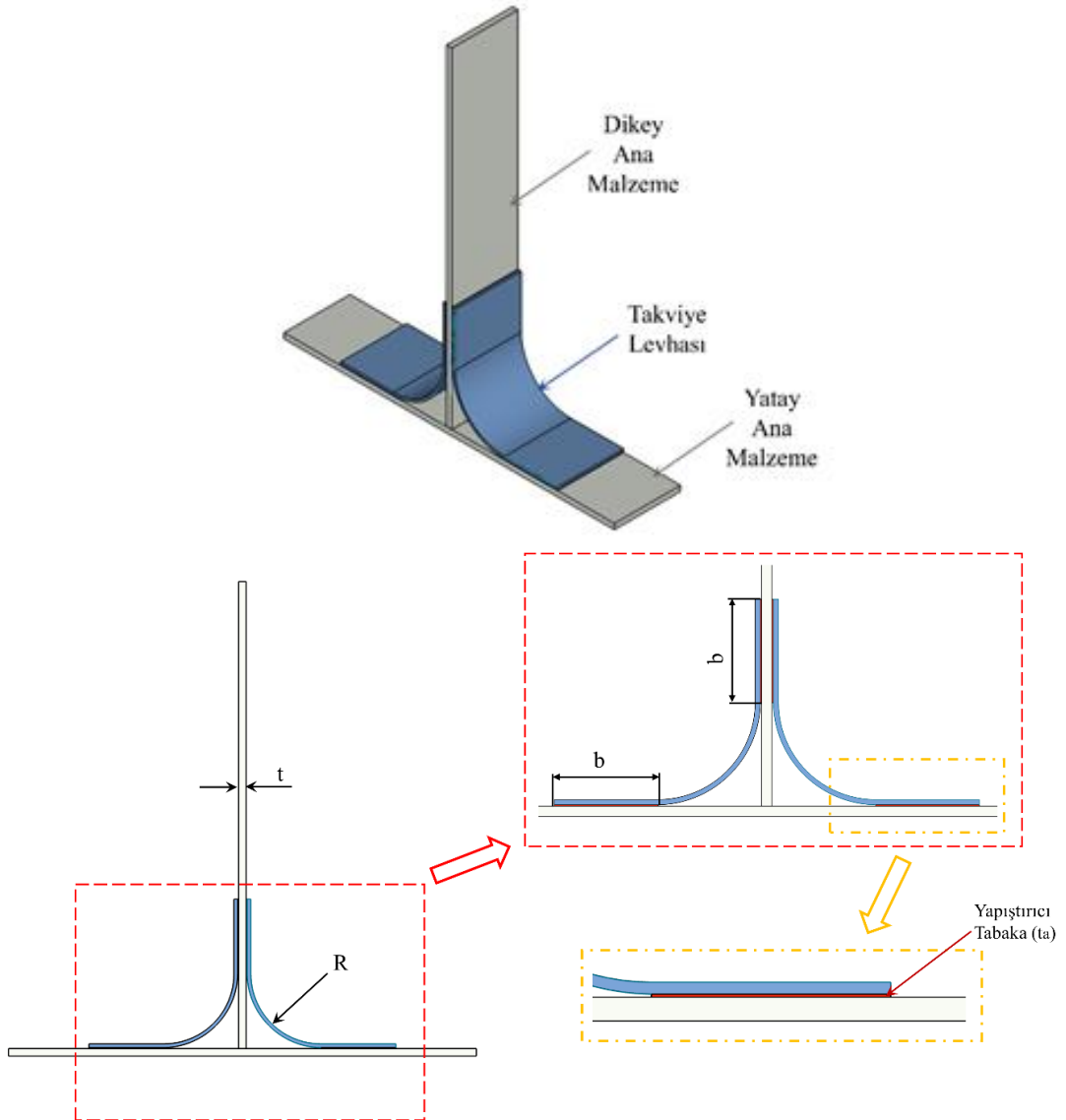
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan 3M DP460 yapıştırıcısının mekanik özellikleri

Özellik	Değer
Elastisite Modülü (MPa)	2077.1
Poisson Oranı	0.38
Çekme Mukavemeti (MPa)	44.616

3.2. Yapıştırma bağlantılarının yapılması

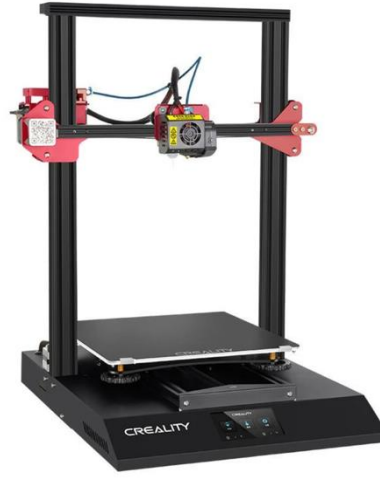
Çekme testlerinin uygulandığı test numunelerinin izometrik görüntüsü ve ölçüleri şematik olarak Şekil 3.2’de verilmiştir. Şekilde t ile gösterilen ana malzeme kalınlığı 2 mm, t_a ile gösterilen yapıştırıcı tabaka kalınlığı 0.25 mm, b ile gösterilen takviye malzemesi bindirme uzunluğu 10 mm, 20 mm ve 30 mm ve R ile gösterilen takviye malzemesi büküm yarı çapı 5 mm, 10 mm ve 15 mm olarak seçilmiştir.

Yapıştırılan ana malzeme ve takviye malzemeleri 180 kum zımpara ile aşındırılmış ve yapışma yüzeyleri toz, yağ ve kir artıklarından arındırılmak için aseton ile temizlenmiştir. Kullanılan aseton yüzeyden uçtuktan sonra yapıştırıcı ile yapıştırma işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 3.2. Numune boyutları

T bağlantılarında takviye malzemesi büküm yarı çapı nedeniyle oluşan boşluğa delta bölgesi ismi verilmektedir. Delta bölgesi büküm yarı çapına bağlı olarak büyük bir alanı kapladığından maliyet ve ağırlık etkileri nedeniyle yapıştırıcı malzeme ile doldurulması mümkün değildir. Bu nedenle gerçekleştirilen çalışmada delta bölgeleri 3 boyutlu yazıcı ile PLA filament kullanılarak 4 farklı geometriye sahip takviye malzemeleri ile doldurulmuştur. Çalışmada Creality marka CR 10S Pro model yazıcı kullanılmıştır ve tabaka kalınlığı 0.2 mm olarak ayarlanmıştır. Kullanılan Creality CR 10S Pro yazıcı Şekil 3.3’de verilmiştir.

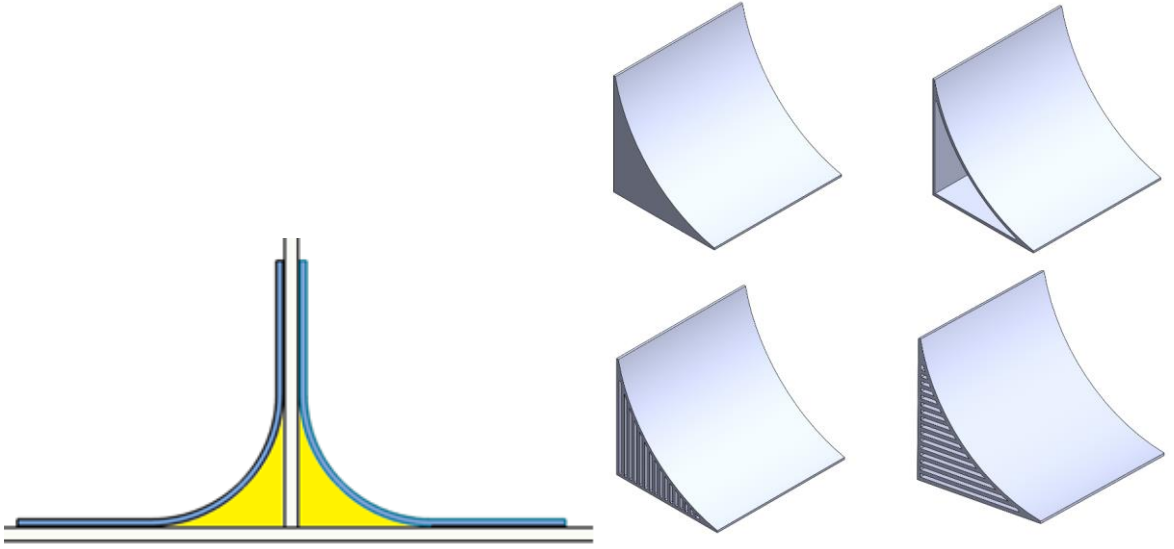


Şekil 3.3. Şekil 3.3 Creality CR 10 S Pro üç boyutlu yazıcı

Kullanılan PLA filamentin özellikleri Tablo 3.3’de verilmiştir. Delta bölgeleri ve delta bölgelerini doldurmak için kullanılan takviye malzemeleri Şekil 3.4’de şematik olarak verilmiştir.

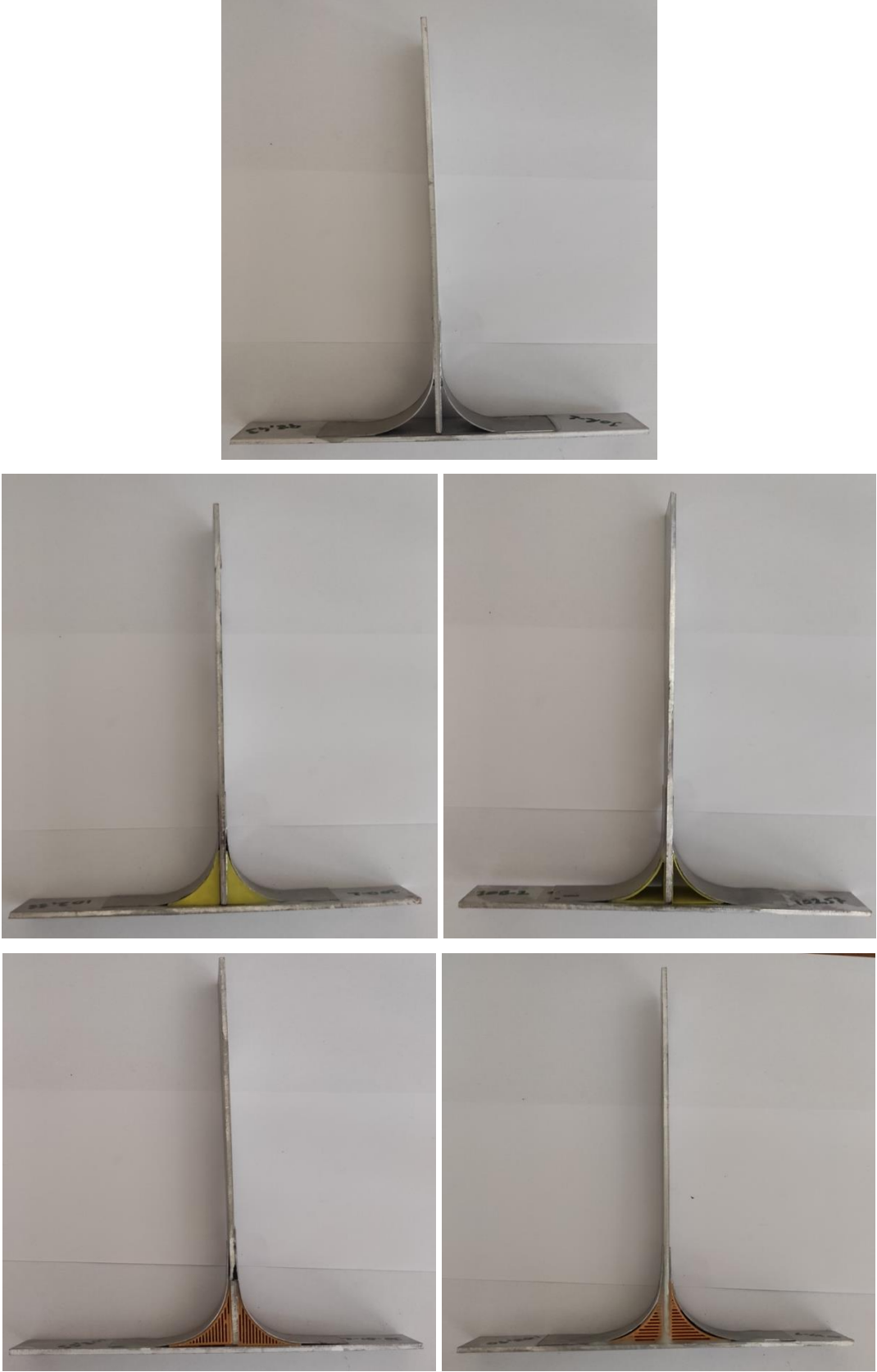
Tablo 3.3. Kullanılan PLA filamentin özellikleri

Özellik	Değer
Kimyasal Formül	$(C_3H_4O_2)_n$
Erime Sıcaklığı	170 °C
Çekme Mukavemeti (MPa)	66
Eğilme Mukavemeti (MPa)	110



Şekil 3.4. Delaunay bölgesi ve takviye malzemeleri

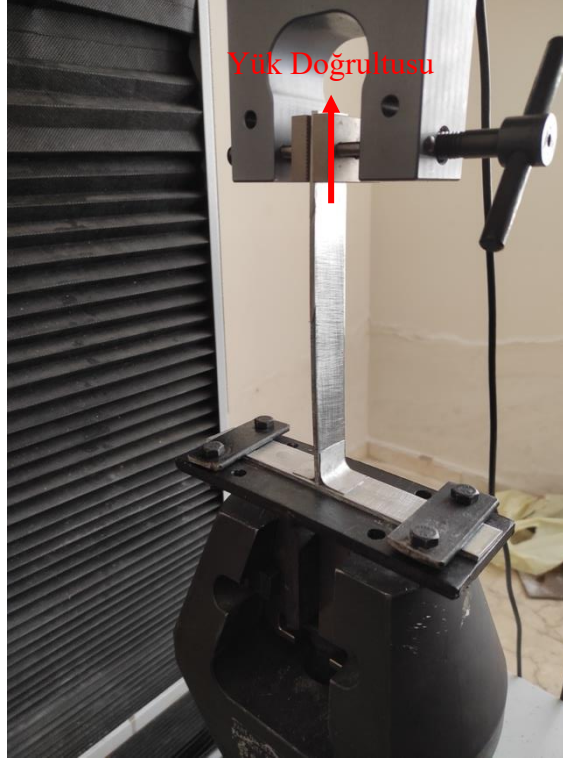
Referans olarak testleri yapılan takviyesiz bağlantıların ve farklı geometrilerde takviye malzemeleri kullanılarak üretilen T bağlantıları Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Üretilen test numuneleri

3.3. Çekme testlerinin yapılması

Hazırlanan numuneler Batman Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Shimadzu Universal Test Cihazı ile 5 kN yük hücresi kullanılarak 1 mm/dk ilerleme hızında çekme testine tabi tutulmuştur. Sonuçların doğrulanması amacıyla her test üçer kez tekrarlanmış ve sonuçlar bölümünde elde edilen verilerin ortalamaları verilmiştir. Deney düzeneği Şekil 3.6’da verilmiştir.



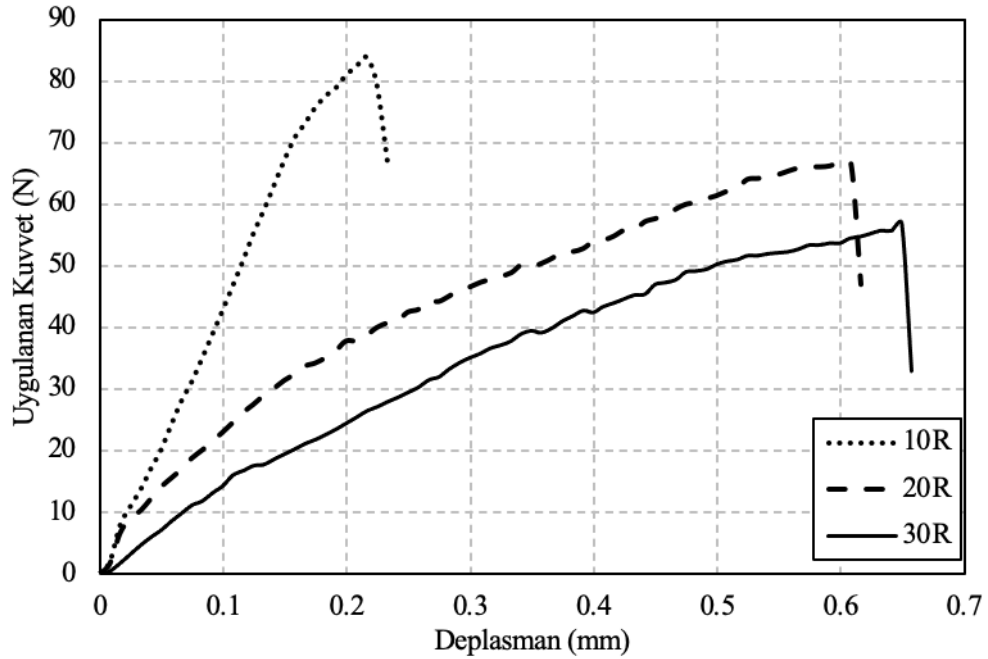
Şekil 3.6. Test cihazına bağlı numune ve yükün uygulanışı

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Gerçekleştirilen çalışmada yapıştırıcı ile birleştirilmiş T tipi bağlantıların delta bölgelerinin 3 boyutlu yazıcı ile birleştirilmiş takviye malzemeleri ile doldurulmasının çekme mukavemetine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiş ve etkileri tartışılmıştır.

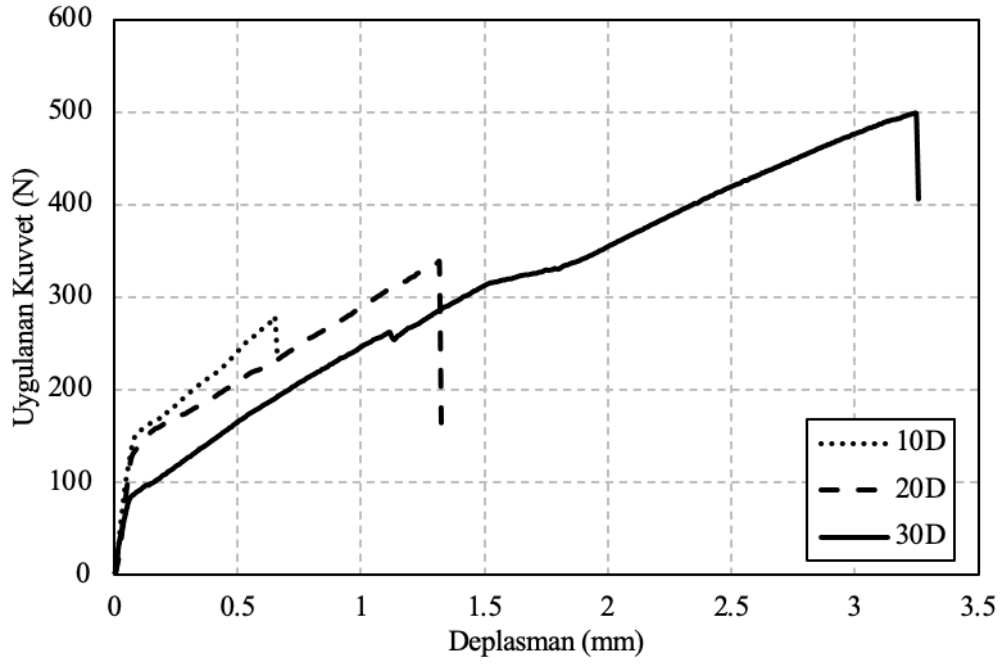
4.1. Bindirme uzunluğunun ve büküm çapının mukavemete etkisi

Bindirme uzunluğu ve büküm çapı değerleri 10 mm, 20 mm ve 30 mm olarak seçilmiştir. Takviye malzemesi kullanılmayan referans modeller için Uygulanan kuvvet – Deplasman grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir. 10 mm bindirme uzunluğuna ve büküm çapına sahip numunenin (10R) hasar yükü 83.906 N iken 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin (20R) hasar yükü 77.031 N ve 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin (30R) hasar yükü 63.125 N olmuştur. Bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça çekme hasar yükü azalmıştır. Çekme yükünün azalma sebebinin büküm çapındaki artış nedeniyle yapıştırıcı tabakaya etkiyen momentin artması olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1 Takviye malzemesi kullanılmayan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi

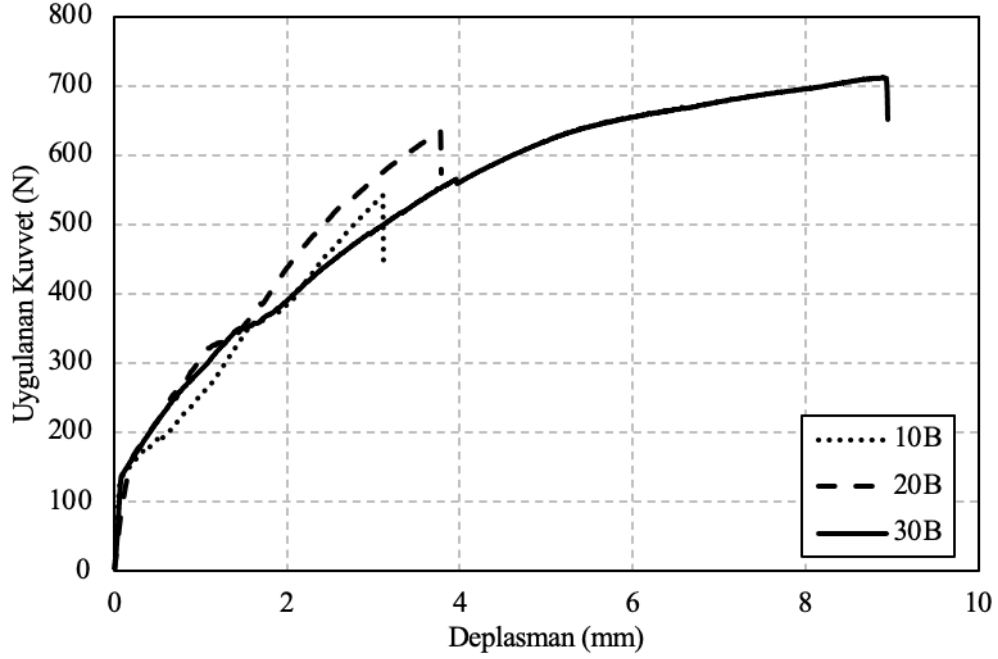
Tam dolu takviye malzemesi kullanılan modeller için Uygulanan kuvvet – Deplasman grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir. 10 mm bindirme uzunluğuna ve büküm çapına sahip numunenin (10D) hasar yükü 278.906 N değerini almıştır. 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin (20D) ve 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin (30D) hasar yükü değerleri sırasıyla 338.75 N ve 498.438 N olmuştur. Bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça çekme hasar yükü artmıştır. Çekme hasar yükünün artmasının dolgu malzemesinin etkisi ile artan yapışma alanından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.



Şekil 4.2 Tam dolu takviye kullanılan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi

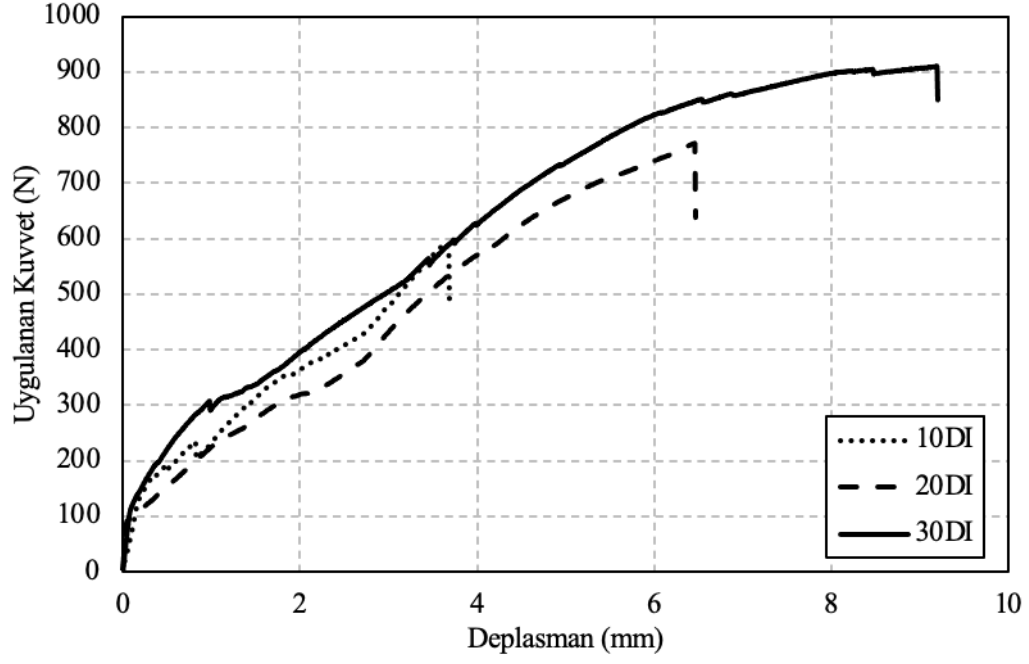
0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş takviye malzemesi kullanılan modeller için Uygulanan kuvvet – Deplasman grafiği Şekil 4.3’de verilmiştir. 10 mm bindirme uzunluğuna ve büküm çapına sahip numunenin hasar yükü (10B) 542.031 N değerini almıştır. 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin hasar yükü (20B) 10 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numuneye göre %16 artmış ve 633.438 N değerini almıştır. 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin hasar yükü (30B) 10 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numuneye göre %31.5 artmış ve 712.969 N değerini almıştır. Bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça çekme hasar yükü artmıştır. Çekme hasar yükünün artmasının

dolgu malzemesinin etkisi ile artan yapışma alanından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.



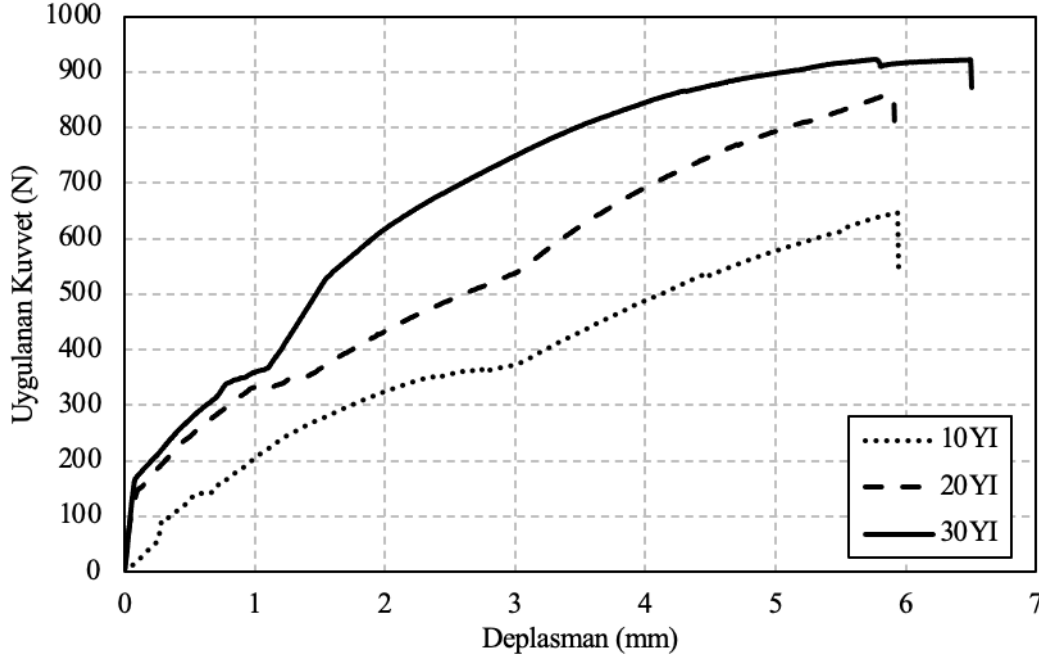
Şekil 4.3 İçi boş takviye kullanılan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi

0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş ve dikey destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numuneler için Uygulanan kuvvet – Deplasman grafiği Şekil 4.4’de verilmiştir. 10 mm bindirme uzunluğuna ve büküm çapına sahip numunenin (10DI) hasar yükü 588.594 N iken 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin (20DI) hasar yükü 772.656 N ve 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin (30DI) hasar yükü 910.938 N olmuştur. Bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça çekme hasar yükü artmıştır.



Şekil 4.4 İçi boş ve dikey destekleri bulunan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi

0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş ve yatay destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numuneler için Uygulanan kuvvet – Deplasman grafiği Şekil 4.4’de verilmiştir. 10 mm bindirme uzunluğuna ve büküm çapına sahip numunenin (10YI) hasar yükü 646.938 N iken 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin (20YI) hasar yükü 858.906 N ve 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunenin (30YI) hasar yükü 922.344 N olmuştur. Bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça çekme hasar yükü artmıştır.

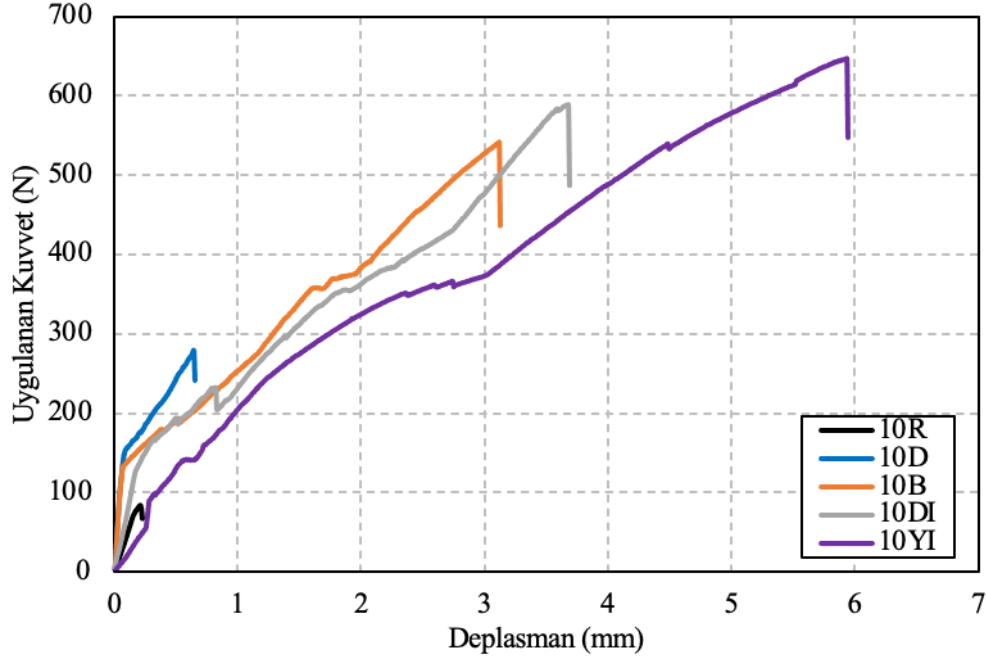


Şekil 4.5 İçi boş ve yatay destekleri bulunan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapının numune mukavemetine etkisi

Bütün takviye malzemesi geometrileri için bindirme uzunluğu arttıkça hasar yükü ve şekil değişimi artış göstermiştir. Büküm çapının artması ile birlikte toplam yapışma bölgesinin ve takviye sacı boyutunun artması toplam şekil değişiminin artmasına sebep olmuştur.

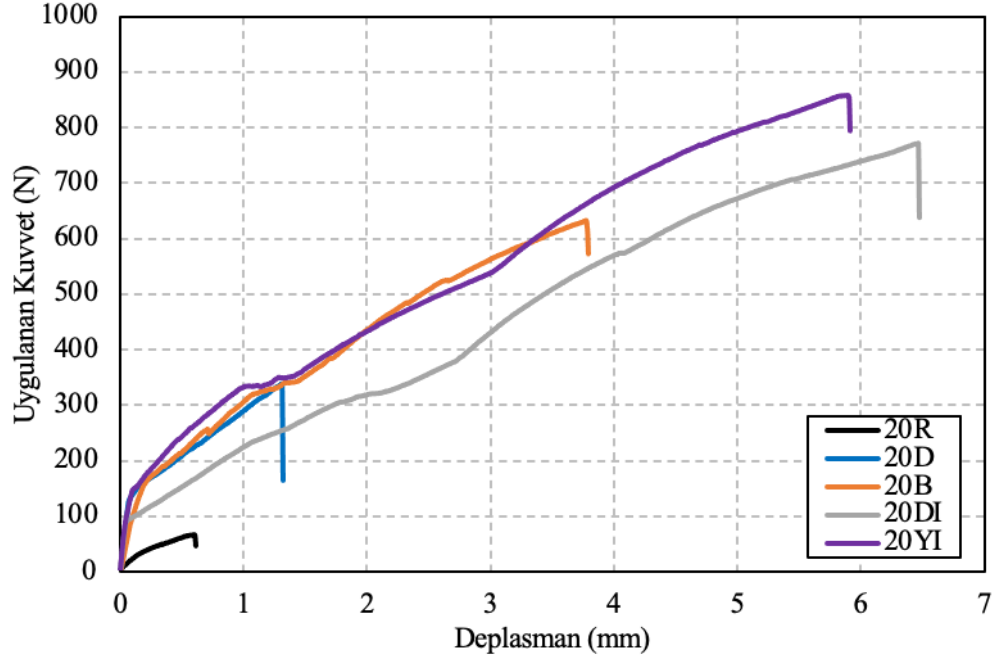
4.2. Kullanılan takviye geometrisinin numune mukavemetine etkisi

10 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde farklı takviye malzemesi geometrilerine sahip numunelerin Uygulanan kuvvet- Deplasman grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir. Referans olarak kullanılan takviye malzemesi kullanılmayan 10R numunesinin hasar yükü 83.906 N olmuştur. Tam dolu takviye kullanılan numunenin (10D) hasar yükü 10R numunesine göre %332 artışla 278.906 N değerini almıştır. 0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş numunenin (10B) hasar yükü 10R numunesine göre %645 artmış ve 542.031 N olmuştur. 0.25 mm duvar kalınlığına ve dikey desteklere sahip numunenin (10DI) hasar yükü 10R numunesine göre yaklaşık %702 artışla ve 588.594 N değerini almıştır. 0.25 mm duvar kalınlığına ve yatay desteklere sahip numunenin (10YI) hasar yükü 10R numunesine göre yaklaşık %771 artışla ve 646.938 N değerini almıştır.



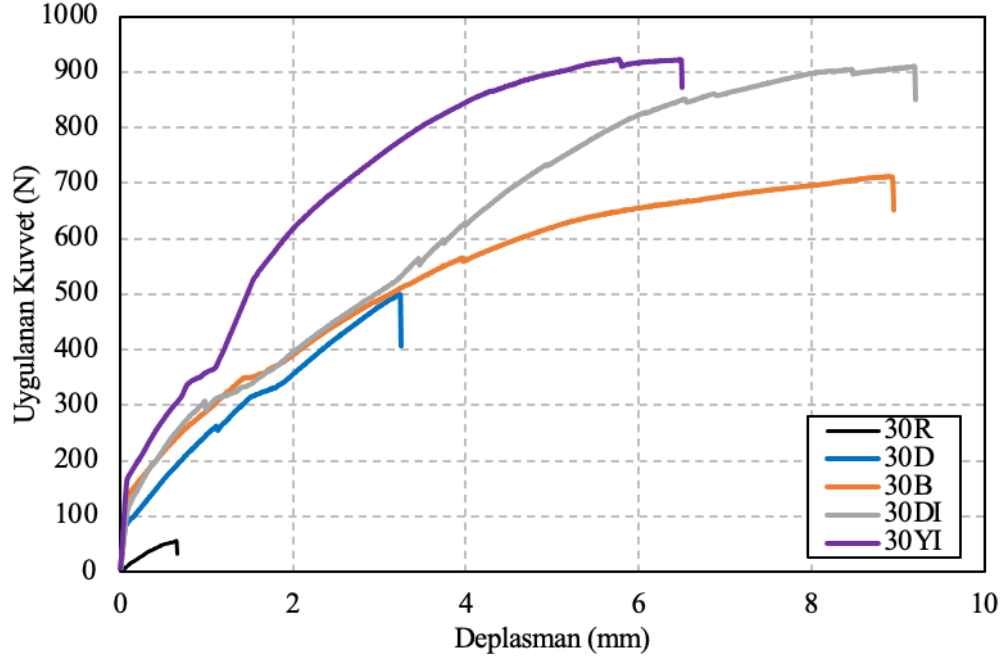
Şekil 4.6 10 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde takviye malzemesi geometrisinin numune mukavemetine etkisi

20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde farklı takviye malzemesi geometrilerine sahip numunelerin Uygulanan kuvvet- Deplasman grafiği Şekil 4.7’de verilmiştir. Referans olarak kullanılan takviye malzemesi kullanılmayan 20R numunesinin hasar yükü 77.031 N olmuştur. Tam dolu takviye kullanılan numunenin (20D) hasar yükü 20R numunesine göre %440 artışla 338.75 N değerini almıştır. 0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş numunenin (20B) hasar yükü 20R numunesine göre %822 artmış ve 633.438 N olmuştur. 0.25 mm duvar kalınlığına ve dikey desteklere sahip numunenin (20DI) hasar yükü 20R numunesine göre yaklaşık %1000 artışla ve 772.66 N değerini almıştır. 0.25 mm duvar kalınlığına ve yatay desteklere sahip numunenin (20YI) hasar yükü 20R numunesine göre yaklaşık %1115 artışla ve 858.906 N değerini almıştır.



Şekil 4.7 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde takviye malzemesi geometrisinin numune mukavemetine etkisi

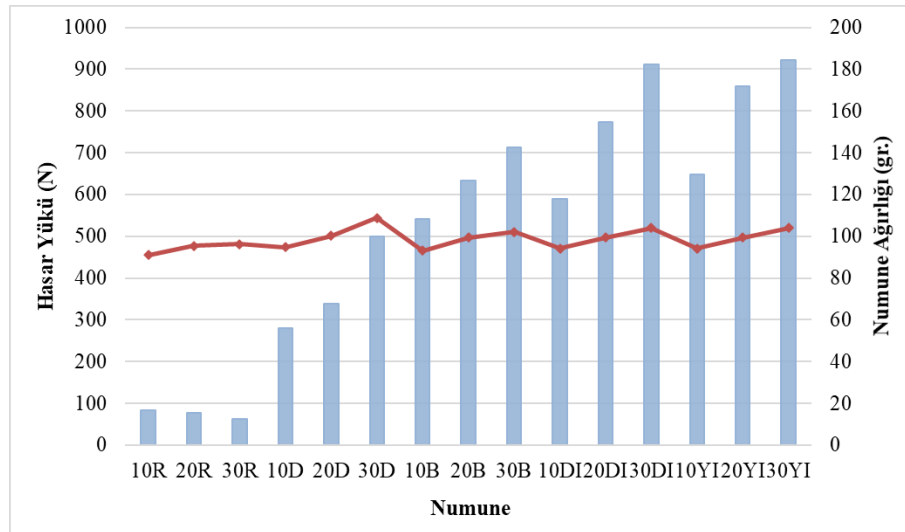
30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde farklı takviye malzemesi geometrilerine sahip numunelerin Uygulanan kuvvet- Deplasman grafiği Şekil 4.8’de verilmiştir. Referans olarak kullanılan takviye malzemesi kullanılmayan 30R numunesinin hasar yükü 63.125 N olmuştur. Tam dolu takviye kullanılan numunenin (30D) hasar yükü 30R numunesine göre %790 artışla 498.438 N değerini almıştır. 0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş numunenin (30B) hasar yükü 30R numunesine göre %1130 artmış ve 712.969 N olmuştur. 0.25 mm duvar kalınlığına ve dikey desteklere sahip numunenin (30DI) hasar yükü 30R numunesine göre yaklaşık %1443 artışla ve 910.938 N değerini almıştır. 0.25 mm duvar kalınlığına ve yatay desteklere sahip numunenin (30YI) hasar yükü 30R numunesine göre yaklaşık %1461 artışla ve 922.344 N değerini almıştır.



Şekil 4.8 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde takviye malzemesi geometrisinin numune mukavemetine etkisi

4.3. Numune Ağırlığının Hasar Yüküne Etkisi

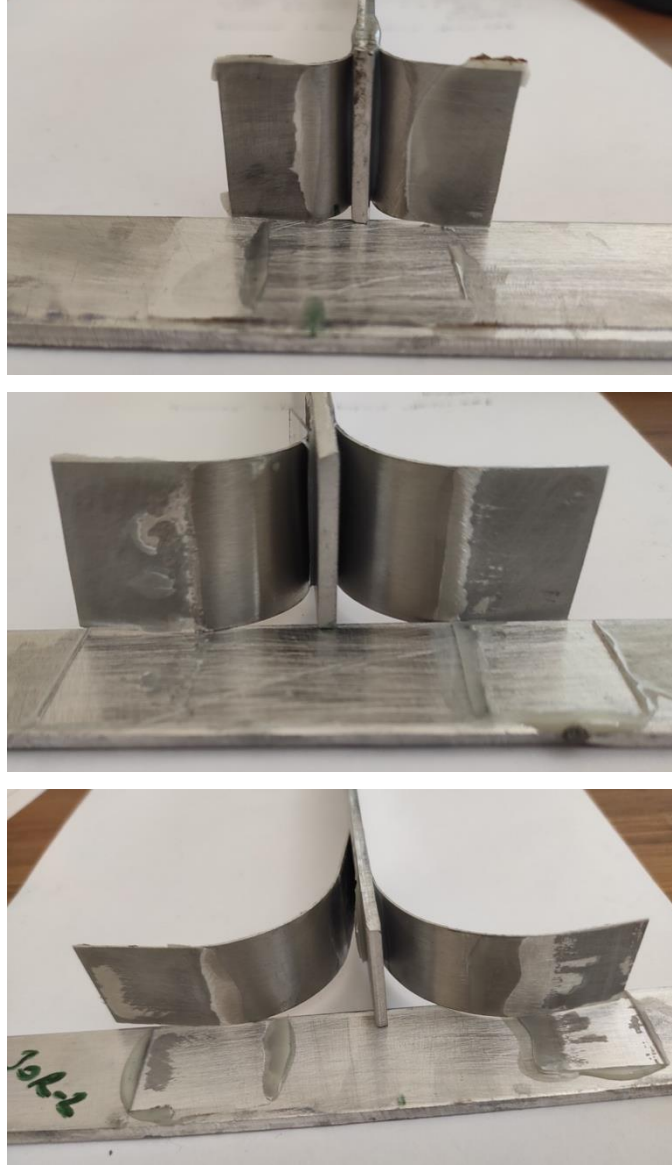
Test edilen numunelerin ağırlığının numune hasar yüküne etkisi Şekil 4.9'da verilmiştir. Numune ağırlığının en düşük olduğu takviyesiz numuneler en düşük hasar yükü değerine sahipken en yüksek numune ağırlığı değerleri tam dolu numunelerde görülmüştür. En yüksek hasar yüküne sahip yatay takviyeli numunelerin ağırlıkları 10 mm, 20 mm ve 30 mm bindirme uzunluğuna sahip numuneler için sırasıyla 94,12 gr, 99,32 gr ve 103,95 gr olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.9 30 Hasar yükünün numune ağırlığı ile değişimi

4.4. Numunelerin hasar yüzeyleri

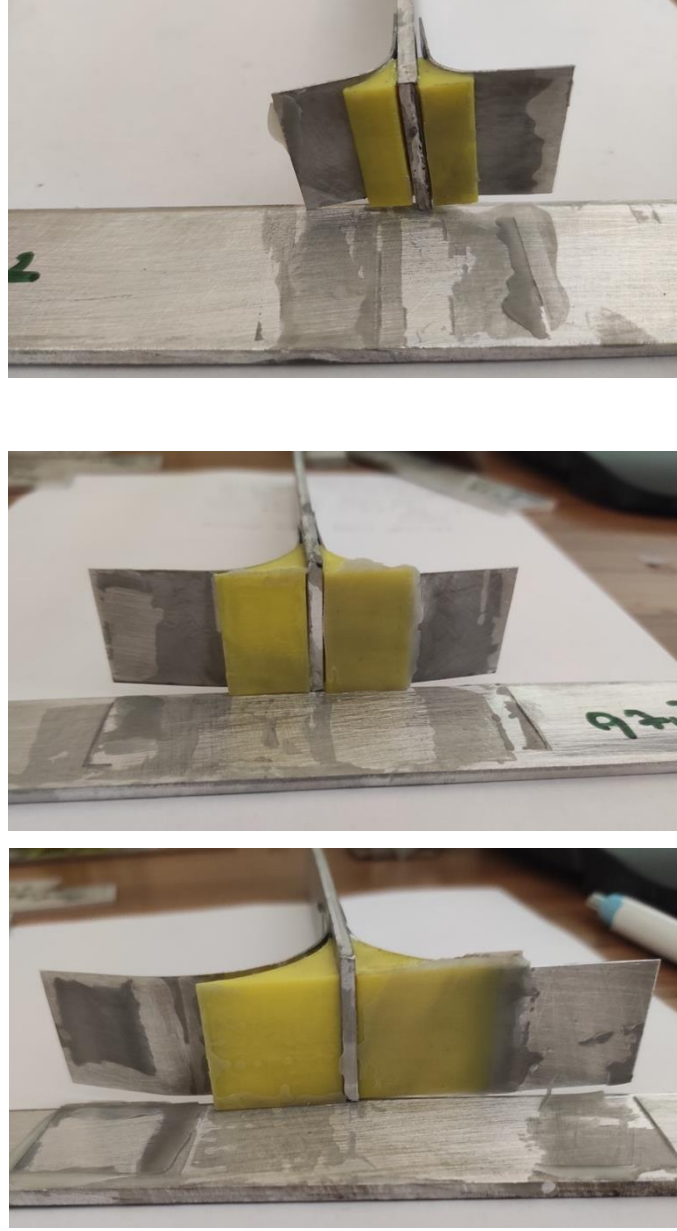
Takviye malzemesi kullanılmayan referans modellerinin çekme testi sonrası hasar yüzeyleri Şekil 4.10'da verilmiştir. Bütün bindirme uzunluğu ve büküm çapları için temel hasar tipinin kohezyon hasarı olduğu tespit edilmiştir. Bağlantının bazı bölümlerinde adhezyon hasarı da görülmesine karşın bu hasar tipi sınırlı kalmıştır.



Şekil 4.10 Takviye malzemesi kullanılmayan numunelerin hasar yüzeyleri

Tam dolu takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri Şekil 4.11'de verilmiştir. Bütün bindirme uzunluğu ve büküm çapları için temel hasar tipinin kohezyon hasarı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle takviye malzemesi bölgesi incelendiğinde yapıştırıcı malzemenin takviye malzemesi üzerinde kaldığı, alüminyum

ana malzemedan ayrıldığı tespit edilmiştir. Bu durum yapıştırıcı malzemenin dolgu malzemesine daha iyi tutunduğu anlamına geldiği değerlendirilmiştir.



Şekil 4.11 Tam dolu takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri

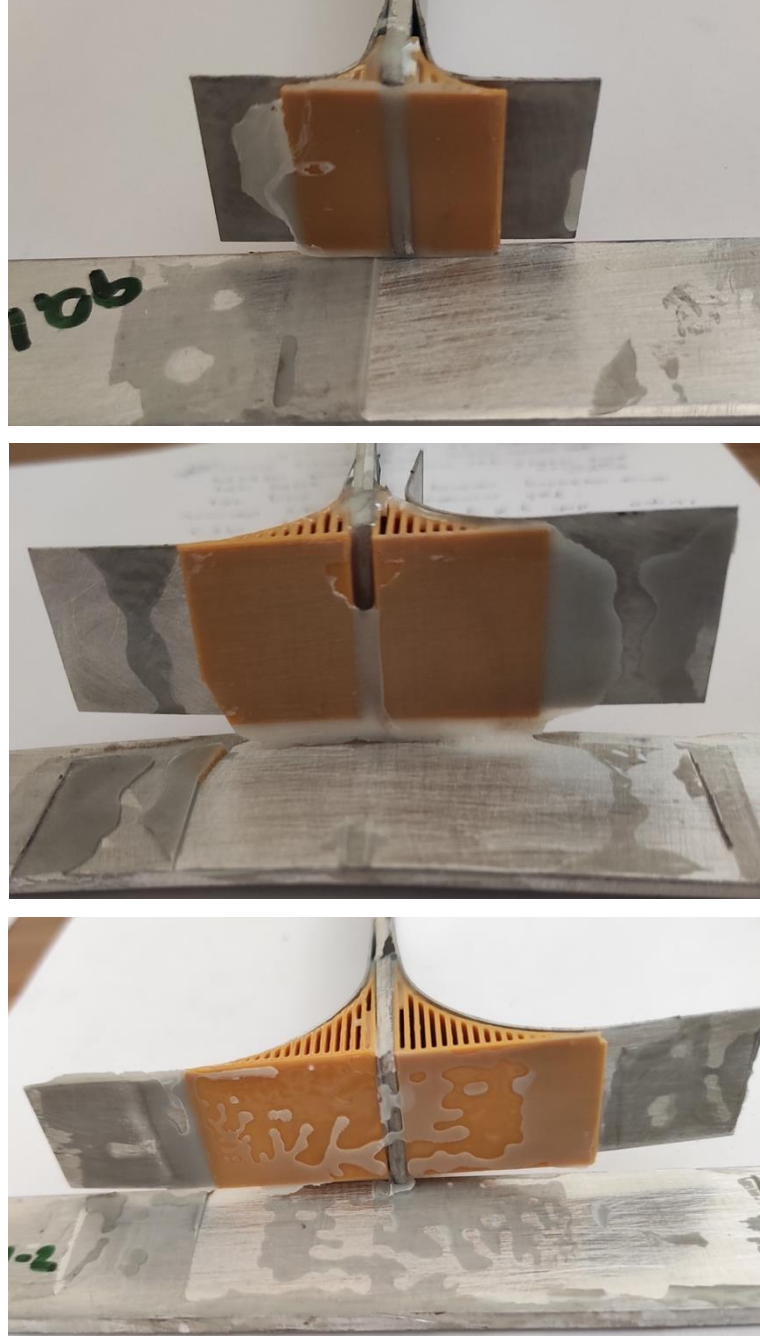
0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri Şekil 4.12’de verilmiştir. 10 mm bindirme uzunluğuna ve büküm çapına sahip numunenin hasar tipinin kohezyon hasarı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca takviye malzemesinde de küçük bir alanda hasar görülmüştür. 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde takviye malzemesinde görülen hasarın boyutu artmıştır. Öncelikle sol tarafta kalan takviye hasara uğramış akabinde de

numunede kalıcı yapıştırma hasarı gözlenmiştir. 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunede takviye malzemesinde görülen hasar sağ ve sol taraftaki iki takviye malzemesinde de meydana gelmiştir. Takviye malzemesi kalınlığının 0.25 mm'de yüksek olması durumunda takviye malzemesi hasarının görülmeyeceği ve bağlantı mukavemetinin daha yüksek değerler alacağı değerlendirilmektedir.



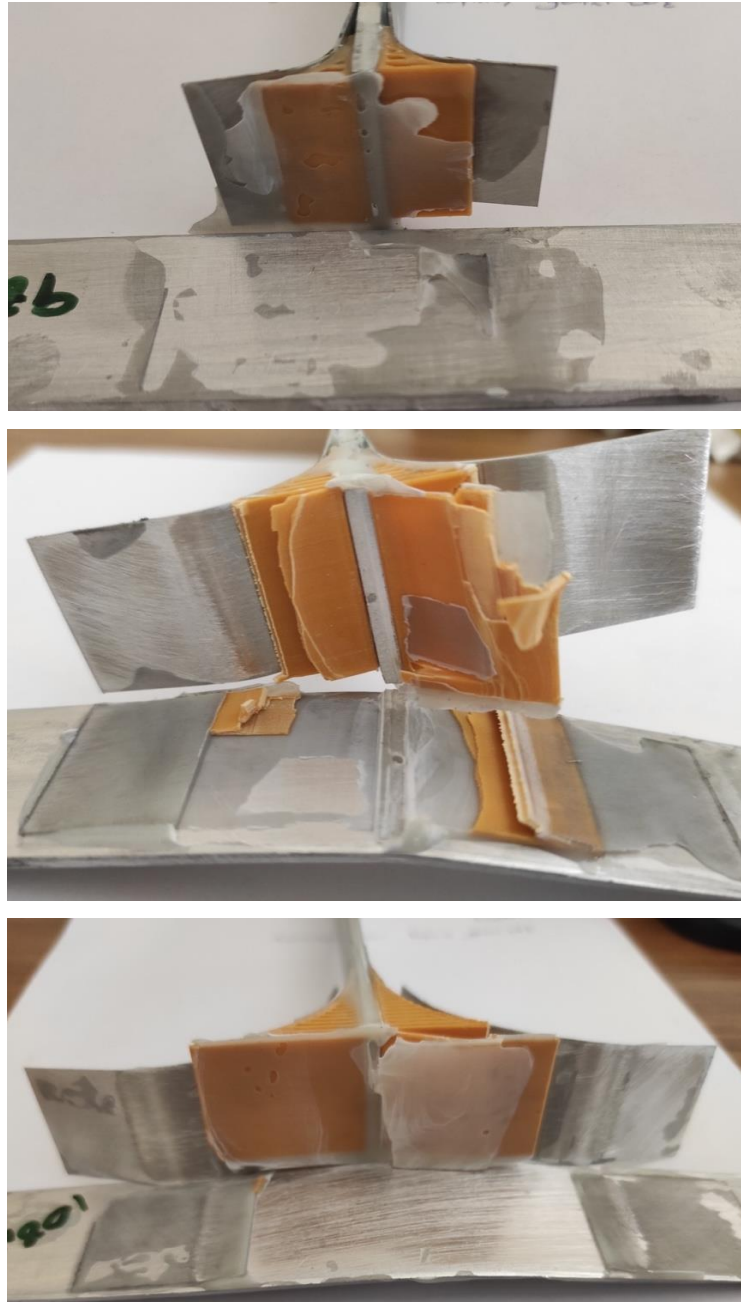
Şekil 4.12 0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri

İçi boş ve dikey destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri Şekil 4.13’de verilmiştir. Bütün bindirme uzunluğu ve büküm çapları için temel hasar tipinin kohezyon hasarı olduğu görülmüştür. 10 mm ve 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çaplarına sahip numunelerde kohezyon hasarı görülürken 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çaplarına sahip numunelerde özellikle takviye malzemesi bölgesinde kohezyon hasarı ile birlikte adhezyon hasarı görülmüştür.



Şekil 4.13 İçi boş ve dikey destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri

İçi boş ve yatay destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri Şekil 4.14’de verilmiştir. 10 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapı için temel hasar tipinin kohezyon hasarı olduğu görülmüştür. 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunede kısıtlı bir bölgede kohezyon hasarı görülürken takviye malzemesi hasarının da meydana geldiği görülmüştür. 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çaplarına sahip numunede adhezyon hasarı önemli bir alanı kaplarken sağ takviye malzemesinin hasara uğradığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.14 İçi boş ve yatay destekleri bulunan takviye malzemesi kullanılan numunelerin hasar yüzeyleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Gerçekleştirilen çalışmada havacılık ve uzay uygulamalarında kullanılan T tipi yapıştırma bağlantılarının çekme yüklemesi durumunda davranışları ve delta bölgelerinin 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş takviye malzemeleri ile doldurulması durumunda mukavemetlerindeki değişim deneysel olarak araştırılmıştır. Gerçekleştirilen sınırlı çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Takviye malzemesi kullanılmayan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça numune mukavemeti düşmüştür. Büküm çapının artan değeri yapıştırıcı tabakada meydana gelen moment değerini artırarak bu duruma sebep olmuştur.
- 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş takviye malzemesi kullanılan numunelerde bindirme uzunluğu ve büküm çapı arttıkça numune mukavemeti artmıştır.
- Tam dolu takviye malzemesi kullanılan numunelerde takviyesiz numunelere göre maksimum mukavemet artışı 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip numunelerde görülmüştür. Artış miktarı %790 olmuştur.
- 0.25 mm duvar kalınlığına sahip içi boş takviye malzemesi kullanılan numunelerde 10 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapı için artış %646, 20 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapı için artış %822 ve 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapı için artış %1130 olmuştur.
- 0.25 mm duvar kalınlığına ve yatay ve dikey desteklere sahip numunelerde en yüksek mukavemet artışı 30 mm bindirme uzunluğu ve büküm çapına sahip yatay destekli numunelerde görülmüştür. Bu model aynı zamanda en yüksek mukavemete sahip numunedir ve takviyesiz numuneye göre, %1461 mukavemet artışı sağlamıştır. 922.344 N hasar yüküne sahip numunede takviye malzemesi hasarı gözlenmiştir.

5.2 Öneriler

Yapılan çalışmanın sonuçları dikkate alınarak gelecek çalışmalar için aşağıdaki önerilerin yapılması uygun görülmüştür.

- Sınırlı malzeme ve maddi imkân nedeniyle bindirme uzunluğu ve büküm çapı değerleri aynı seçilmiş ve birbirilerine karşı etkileri incelenememiştir.
- PLA malzemenin epoksi esaslı yapıştırıcı ile yapıştırılması yerine PLA yerine daha iyi bağlantı sağlayacak bir malzeme kullanılabilir.
- Üretilen takviye malzemelerinin geometrileri çeşitlendirilebilir ve boyutları parametrik olarak değiştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Adams, R.D., Comyn, J. and Wake, W.C. (1997) Structural Adhesive Joints in Engineering, *Chapman&Hall*, London, 359s.
- ASM (1990), Engineered Materials Handbook, Adhesives and Sealants, Vol:3,560p.
- B. Hülügü et al., “Experimental modal analysis of graphene nanoparticle-reinforced adhesively bonded double strap joints,” J. Adhes., vol. 00, no. 00, pp. 1–29, 2020, doi: 10.1080/00218464.2020.1734793.
- Can, H. (2006) T- Bağlantılarda (T-Joint) Yapıştırıcı Ve Malzemenin Çekme Dayanımına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 24s.
- Crosetti, M. (2007). Adhesives for Automotive Applications, MSc, England.
- Çelik, D, Çetinkaya, K.,(2015) Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımları, Prototipleri ve Ürün Yazdırma Karşılaştırılmaları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Karabük.
- Çelik, D, Çetinkaya, K.,(2015) Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımları, Prototipleri ve Ürün Yazdırma Karşılaştırılmaları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Karabük.
- De Maura, M.F.S.F., Daniaud, R. and Magalhaes, A.G., “Simulation of mechanical behaviour of composite bonded joints containing strip defects”, 18 June 2005, Portugal.
- Hacıoğlu. A.S., Eraslan. F., Şimşek. Y., (2016) Abbas V1 Üç boyutlu Yazıcı Tasarımı, Sunumu Ve Uygulamaları, , Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği , Karabük.
- İ. Saraç, H. Adin, and Ş. Temiz, “Experimental determination of the static and fatigue strength of the adhesive joints bonded by epoxy adhesive including different particles,” vol. 155, no. July, pp. 92–103, 2018, doi: 10.1016/j.compositesb.2018.08.006.
- İlgül. R.C., Akgünoğlu. B., (2016) Üç Boyutlu Yazıcı, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği , Karabük.
- İlgül. R.C., Akgünoğlu. B., (2016) Üç Boyutlu Yazıcı, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği , Karabük, 4s.

- J. V. Cardoso, P. V. Gamboa, and A. P. Silva, “Effect of surface pre-treatment on the behaviour of adhesively-bonded CFRP T-joints,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 104, no. June, pp. 1188–1202, 2019, doi: 10.1016/j.engfailanal.2019.05.043.
- K. Gültekin et al., “The effects of graphene nanostructure reinforcement on the adhesive method and the graphene reinforcement ratio on the failure load in adhesively bonded joints,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 98, pp. 362–369, 2016, doi: 10.1016/j.compositesb.2016.05.039.
- Krenk, S., Jönsson, J. and Hansen, L.P. (1996) Fatigue Analysis and Testing of Adhesive Joints, *Engineering Fracture Mechanics.*, 53: 859-872.
- L. A. Burns, A. P. Mouritz, D. Pook, and S. Feih, “Strength improvement to composite T-joints under bending through bio-inspired design,” *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 43, no. 11, pp. 1971–1980, 2012, doi: 10.1016/j.compositesa.2012.06.017.
- L. M. Fernández-Cañadas, I. Ivañez, S. Sanchez-Saez, and E. J. Barbero, “Effect of adhesive thickness and overlap on the behavior of composite single-lap joints,” *Mech. Adv. Mater. Struct.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–10, 2019, doi: 10.1080/15376494.2019.1639086.
- NB. Bahrami, M. R. Ayatollahi, M. J. Beigrezaee, and L. F. M. da Silva, “Strength improvement in single lap adhesive joints by notching the adherends,” *Int. J. Adhes. Adhes.*, vol. 95, no. June, p. 102401, 2019, doi: 10.1016/j.ijadhadh.2019.102401.
- NÖHÜ Mühendislik Bilim. Dergisi. / NOHU J. Eng. Sci. 9(1): 606-621
- P. Lopez-Cruz, J. Laliberté, and L. Lessard, “Investigation of bolted/bonded composite joint behaviour using design of experiments,” *Compos. Struct.*, vol. 170, pp. 192–201, 2017, doi: 10.1016/j.compstruct.2017.02.084.
- R. Akrami, S. Fotouhi, M. Fotouhi, M. Bodaghi, J. Clamp, and A. Bolouri, “High-performance bio-inspired composite T-joints,” *Compos. Sci. Technol.*, vol. 184, no. September, p. 107840, 2019, doi: 10.1016/j.compscitech.2019.107840.
- S. Akpınar, M. D. Aydın, Ş. Temiz, and A. Özel, “3-D non-linear stress analysis on the adhesively bonded T-joints with embedded supports,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 53, pp. 314–323, Oct. 2013, doi: 10.1016/j.compositesb.2013.04.049.
- Ş. Temiz, “Application of bi-adhesive in double-strap joints subjected to bending moment,” *J. Adhes. Sci. Technol.*, vol. 20, no. 14, pp. 1547–1560, 2006, doi: 10.1163/156856106778884262.

Şirin, L. (2019) 3 Boyutlu Yazıcı İle Üretilen Helisel Dişli Çarkların Aşınma Dayanımlarının Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mirari Ğunav GEÇİT
Uyruđu : T.C.

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: Harran Üniversitesi	2018
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi	2021
Doktor	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

Mekanik

YABANCI DİLLER

İngilizce :Orta

YAYINLAR