

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**JÜT VE DOĞAL KEÇE DESTEKLİ KOMPOZİT
MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Ahmet Ebrar TAŞKIN

Eylül, 2015
İZMİR

JÜT VE DOĞAL KEÇE DESTEKLİ KOMPOZİT MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konstrüksiyon – İmalat Programı

Ahmet Ebrar TAŞKIN

Eylül, 2015

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

AHMET EBRAR TAŞKIN, tarafından DOÇ. DR. ÇİÇEK ÖZES yönetiminde hazırlanan “JÜT VE DOĞAL KEÇE DESTEKLİ KOMPOZİT MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Çiçek ÖZES

Yönetici



Doç. Dr. Bülent Murat İÇTEN

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Tuba ALPILDIR

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çalışmaları yöneten ve benden esirgemeyen yardımlarını Danışmanım Hocam Sayın a Doç. Dr. Çiçek ÖZES'e,

Kompozit üretimi konusunda yardımını esirgemeyen arkadaşım Erdem YALKIN'a,

Kompozit laboratuvarındaki tüm olanakları açan ve destek veren Sayın Hocam Doç. Dr. Bülent Murat İÇTEN'e,

Bana her türlü desteği veren ablam Doç Dr. Dilvin TAŞKIN'a ve her daim desteklerini arkamda hissettiğim aileme,

Teşekkürü bir borç bilirim.

Ahmet Ebrar TAŞKIN

JÜT VE DOĞAL KEÇE DESTEKLİ KOMPOZİT MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZ

Bu çalışmada selüloz esaslı jüt lifinden dokunmuş “jüt kumaş” ve protein esaslı yün lifinden dokusuz kumaş “keçe” kullanılarak üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri ve darbe dayanımları araştırılmıştır. Sadece jüt kumaş takviyeli, sadece keçe takviyeli ve karma, hem jüt kumaş hem de keçe takviyeli olmak üzere Vakum İnfüzyon yöntemi ile üç farklı tipte kompozit imal edilmiştir. Yüzey yapışma özelliklerinin artırılması amacı ile jüt kumaşa alkali işlem uygulanmıştır. Çekme deneyleri ile üretilen kompozitlerin kopma gerilmeleri ve elastisite modülleri belirlenmiştir. Darbe dayanımlarının belirlenmesi amacı ile de kompozitler kademeli olarak farklı enerjiler ile delinme, nüfuziyet ve geri sekme davranışlarında test edilmiştir. Keçe ve jüt kumaştan hazırlanan karma kompozit’ in darbe dayanımı her iki yüzey içinde test edilmiş ve keçe yüzün darbeyi karşıladığı durumda meydana gelen hasarın daha az olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Jüt kumaş, keçe, doğal lifli kompozit, darbe testi, mekanik özellik

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF JUTE AND NATURAL WOOL REINFORCED COMPOSITES

ABSTRACT

In this study the mechanical properties and impact resistance of jute fiber which is weaved from cellulose based jute fabric and felt fabric that is weaved from protein based wool fiber, is researched. With the use of vacuum infusion method 3 different types of composites are produced, mainly only jute reinforced, only felt reinforced and combined composite reinforced with both jute fabric and felt. In order to increase surface adhesion properties, an alkali process has been implemented. Tensile stress and elasticity modules of the composites are determined by tensile tests. To measure the impact resistance, the composites are tested under different energy levels according to their puncture, penetration and bounce back behaviors. When the impact resistance of felt and jute hybrid composites is tested on both surfaces, the damage has been seen to be less when the surface with the felt facing the impact first.

Keywords: Jute fabric, felt, natural fiber composites, impact test, mechanical property

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	İİ
TEŞEKKÜR.....	İİ
ÖZ	İV
ABSTRACT.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	Vİİİ
TABLolar LİSTESİ.....	Xİİ
BÖLÜM BİR - GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE METOD.....	3
2.1 Materyal	3
2.1.1 Jüt Kumaş	3
2.1.2 Keçe	4
2.1.3 Cam Fitol Dokuma Kumaş	4
2.1.4 Epoksi	5
2.2 Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Yöntemi	5
2.3 Numune Hazırlama	7
2.3.1 Jüt Kumaş İçin Yüzey Modifikasyonu	7
2.3.3 Numune Boyutları	16
MEKANİK ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ	18
3.1 Çekme Testi.....	18
3.1.1 Çekme Testi Sonuçları	20
3.2 Darbe Testleri	22
3.2.1 Jüt Kumaş/ Keçe Takviyeli Numunelerin Darbe Dayanımlarının Belirlenmesi	24

3.2.2 Jüt Kumaş Takviyeli Numunelerin Darbe Dayanımlarının Belirlenmesi.....	35
3.2.3 Keçe Takviyeli Numunelerin Darbe Dayanımlarının Belirlenmesi.....	41
3.2.4 Darbe Testi Sonuçları.....	46
BÖLÜM DÖRT – SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	52
KAYNAKLAR.....	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Jüt Kumaş	3
Şekil 2.2 Keçe	4
Şekil 2.3 Cam Fitol Dokuma Kumaş	4
Şekil 2.4 Vakum destekli infüzyon yöntemi	5
Şekil 2.5 Vakum destekli infüzyon yöntemi	6
Şekil 2.6 NaOH ile jüt kumaş modifikasyonu	7
Şekil 2.7 Hazırlanacak plaka tipleri	8
Şekil 2.8 İnfüzyon yöntemi ile kompozitlerin üretimi	9
Şekil 2.9 Kumaşların hazırlanması	9
Şekil 2.10 Kumaşların üst üste sıralanması.....	10
Şekil 2.11 Reçine dağıtıcı ve soyma kumaşının eklenmesi	11
Şekil 2.12 Epoksi hortumlarının sabitlemesi	11
Şekil 2.13 Sızdırmazlık macunu ile yalıtım yapılması	12
Şekil 2.14 Emme ve basma hortumlarının yalıtılması	12
Şekil 2.15 Sistemin epoksi verilmesine hazırlanması	13
Şekil 2.16 Epoksinin sertleştirici ile karıştırılması	14
Şekil 2.17 Epoksinin vakum altında ilerlemesi.....	15
Şekil 2.18 Kurlenen kompozit plakalar.....	16
Şekil 2. 19 Numune boyutları (cm).....	16
Şekil 2.20 Kompozitlerin uygun boyutlarda kesimi	17
Şekil 3.1 Shimadzu çekme testi cihazı	19
Şekil 3.2 Çekme numuneleri	19
Şekil 3.3 Çekme testi numuneleri örnekleri (test sonrası)	20
Şekil 3.4 Jüt kumaş/keçe takviyeli numunelerin kuvvet uzama diyagramı	21
Şekil 3. 5 Sadece jüt kumaş takviyeli numunelerin kuvvet uzama diyagramı.....	21
Şekil 3.6 Sadece keçe takviyeli numunelerin kuvvet uzama diyagramı	22
Şekil 3.7 Ceast-Fractovis Plus darbe cihazı	23
Şekil 3. 8 Dairesel sıkma aparatı.....	23
Şekil 3.9 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	24

Şekil 3.10 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	25
Şekil 3.11 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	25
Şekil 3.12 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	26
Şekil 3.13 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	26
Şekil 3.14 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numunesi için darbe hasarı fotoğrafları.....	27
Şekil 3.15 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	27
Şekil 3.16 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	28
Şekil 3.17 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	28
Şekil 3.18 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	29
Şekil 3.19 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	29
Şekil 3.20 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	30
Şekil 3.21 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	31
Şekil 3.22 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	31
Şekil 3.23 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	32
Şekil 3.24 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet zaman grafiği	32
Şekil 3.25 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji deplasman grafiği	33

Şekil 3.26 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	33
Şekil 3.27 25J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	34
Şekil 3.28 25J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	34
Şekil 3.29 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	35
Şekil 3.30 5J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	36
Şekil 3.31 5J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için enerji zaman grafiği	36
Şekil 3.32 5J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	37
Şekil 3.33 10J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	38
Şekil 3.34 10J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için enerji zaman grafiği	38
Şekil 3.35 10J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	39
Şekil 3.36 15J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	39
Şekil 3.37 15J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için enerji zaman grafiği	40
Şekil 3.38 15J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	40
Şekil 3.39 5J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	41
Şekil 3.40 5J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	41
Şekil 3.41 5 J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	42

Şekil 3.42 10J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	43
Şekil 3.43 10J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	43
Şekil 3.44 10 J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	44
Şekil 3.45 15J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği	45
Şekil 3.46 15J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği	45
Şekil 3.47 15J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları.....	46
Şekil 3.48 10J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için kuvvet-deplasman grafiği	47
Şekil 3.49 15J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için kuvvet-deplasman grafiği	47
Şekil 3.50 20J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için kuvvet-deplasman grafiği	48
Şekil 3.51 10J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için enerji zaman grafiği.....	49
Şekil 3.52 15J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için enerji zaman grafiği.....	50
Şekil 3.53 20J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için enerji zaman grafiği.....	50

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Ortalama gerilme, elastik gerilme, maksimum kuvvet.....	20
Tablo 3.2 Jüt kumaş/keçe takviyeli numuneler için darbe testi sonuçları.....	49
Tablo 3.3 Sadece jüt kumaş takviyeli numuneler için darbe testi sonuçları	51
Tablo 3.4 Sadece keçe takviyeli numuneler için darbe testi sonuçları	51

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Günümüzde alternatif malzemelere olan gereksinimin artmasıyla havacılık ve savunma sanayii, kara ve deniz taşımacılığı, enerji, alt yapı ve inşaat sektörü gibi birçok alanda kompozit malzemelerin kullanılması geniş bir yer kaplamaktadır. Kompozit malzemelerde yaygın şekilde kullanılan cam, karbon, aramid gibi liflerin mekanik özellikleri yüksek olmasına rağmen takviye ve matris elemanlarının birbirinden ayrılması güç dolayısı ile geri dönüşüm maliyetleri yüksektir. Çevresel endişelerinde her geçen gün artması mevcut sentetik liflerin, yenilenebilir ve düşük maliyetli lifler ile değiştirilmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu konuda doğal lifler takviye elemanı olarak cam liflere göre önemli bir alternatif olmaktadır. Bunların avantajları düşük maliyet, düşük yoğunluk, yüksek mukavemet-ağırlık oranı, işleme sırasında kırılmaya karşı direnci, düşük enerji içeriği ve yenilenebilir olmasıdır. Doğal lifler (jüt, keten, kenevir, sisal, kenaf) ile desteklenmiş polimer kompozitler yurt dışında otomotiv sektöründe reçine transfer kalıplama yöntemi ile kapı ve oto kontrol panelleri, bagaj malzemesi gibi özellikle iç parçalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Takviye elemanı olarak doğal liflerin kullanıldığı kompozitler üzerine yapılan literatür araştırmasında, çalışmaların doğal liflerin ara yüzey yapışmasının artırılması üzerinde veya mekanik özelliklerin araştırılması üzerinde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca doğal ve sentetik liflerin (keten/cam elyaf, kenevir/cam elyaf, bazalt/cam elyaf, jüt/cam elyaf, keçe/cam elyaf) bir arada kullanıldığı araştırmalar dikkati çekmektedir.

Mishra ve diğer. (2003), yapmış oldukları çalışmada; %5'lik NaOH çözeltisi ile yapılan modifikasyon işleminin %10'luk NaOH çözeltisi ile yapılan muameleye göre sisal takviyeli kompozite daha yüksek oranda çekme mukavemeti kazandırdığını tespit etmişlerdir. %5'lik NaOH içeren çözeltiye göre %10'luk çözeltide hazırlanan sisal takviyeli kompozit daha iyi çekme mukavemeti elde edilmiştir (Mishra ve diğer, 2003). Yoldaş Seki (2009), %5 konsantrasyondaki NaOH ile yapılan muamelenin jüt

lifi takviyeli epoksi ve polyester kompozitlerin mekanik özelliklerini geliştirdiğini belirtmiştir. Ayrıca alkali işleme ek olarak siloksan bağlayıcı maddesi ile yapılan modifikasyon işleminin kompozitlerin ara yüzey dayanımlarını sırasıyla epoksi kompozit için 13,00MPa'dan 19,85MPa'a, polyester kompozit için ise 8.85 MPa'dan 17,64MPa'a arttırarak önemli bir şekilde gelişim sağladığını vurgulamıştır (Seki, 2009). NaOH miktarı arttıkça dokuma jüt kumaşların yapışma kabiliyetinin arttığını ve dokuma tipi jüt/polyester tabakalı kompozitlerin mekanik özelliklerinin iyileştiğini Karabulut ve Aktaş (2014) yaptıkları çalışmada göstermiştir (Karabulut ve Aktaş, 2014). Omar, Khondker ve arkadaşları jüt kumaşı Na₂CO₃ solüsyonu ile ağartıcı yüzey modifikasyon işlemine tabi tuttuklarında eğme ve çekme mukavemetinde artış, darbe mukavemetinde azalma görülmüştür (Khondker, Ishiaku, Nakai, Hamada 2005). De Rosa ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, adım adım yükleme uygulanarak darbe hasar yayılımı etkisi incelenmiştir (De Rosa ve diğer, 2009). Carlo Santulli ve arkadaşlarının yapmış oldukları başka bir çalışmada jüt kumaş ve keçe bazlı kompozitlerin mekanik özellikleri incelenmişlerdir. Keçe fiberlerinin etkinliğinin arttırılması için polimer matrislerin uygun fizyo kimyasallar ile geliştirilmesi gerektiği görülmüştür (Santulli ve diğer, 2013). Yasemin Bulut ve Umit Halis Erdoğan (2011) doğal lif takviyeli kompozit materyallerde takviye materyali olarak kullanılan selüloz esaslı doğal lifler, içyapıları, mekanik ve fiziksel özellikleri ve matris polimerleri ayrıntılı olarak incelemiştir. Ayrıca doğal lif takviyeli kompozit materyallerin üretiminde en çok uygulanan ara yüzey modifikasyon tekniklerini detaylarıyla açıklamış ve daha önceki çalışmalar ile desteklemişlerdir (Bulut ve Erdoğan, 2011).

Bu çalışmada selüloz esaslı jüt lifinden dokunmuş “jüt kumaş” ve protein esaslı yün lifinden dokusuz kumaş “keçe” kullanılarak üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri ve darbe dayanımları araştırılmıştır. Sadece jüt kumaş takviyeli, sadece keçe takviyeli ve jüt kumaş/keçe takviyeli olarak üç farklı tipteki kompozit üretimi “vakum infüzyon” yöntemi ile yapılmıştır. Yüzey yapışma özelliklerinin arttırılması amacı ile jüt kumaşa alkali işlem uygulanmıştır.

Üretilen kompozitlerin mekanik özellikleri ve darbe dayanımları Dokuz Eylül Üniversitesi laboratuvarlarındaki mevcut cihazlarda test edilerek belirlenmiştir.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Bu çalışmada takviye malzemesi olarak; 893 gr/m² ağırlığında keçe ve 312 gr/m² ağırlığında 11 atkı ve 12 çözgü sıklığı ile dikilen dokuma tipi jüt kumaş, matris malzemesi olarak; epoksi reçine seçilmiştir. Yüzey düzgünlüğünü sağlamak amacı ile 509gr/m² ağırlığındaki cam dokuma kumaş her iki yüzde tek kat olarak kullanılmıştır.

2.1.1 Jüt Kumaş

Jüt Hindistan'da yetişen güçlü lifli bir yapıya sahip bir çeşit bitkidir. Fiyat olarak çok ucuz olması ve 3 ay gibi kısa bir sürede hasadı yapılması nedeniyle Hindistan ve Pakistan'da bol miktarda üretilir. Olgunlaşmış jüt bitkisi sert ve kalındır. Balyalar halinde havuzlara konan jüt üzeri hayvan gübresi ve yapraklarla örtülerek çürümeye bırakılır. Bu kirli ve havasız ortamda çürüyen bitkinin lifleri bu sayede birbirinden ayrılır. Kurumaya bırakılan bitki daha sonra fabrika ortamında taraklanarak kirlerinden arındırılır. Makinalar yardımıyla sarılarak ip haline getirilir. Elden edilen bobin ipler ile farklı dikiş sıklıklarında jüt kumaşlar dokunur.



Şekil 2.1 Jüt kumaş (Wikipedia,bt)

2.1.2 Keçe

Koyun, keçi ve lama gibi birçok hayvanın kılların belli işlemlerden geçirildikten sonra su sabun ve sıcaklık yardımıyla belli bir basınç ve hareket ile alkali bir ortamda liflerin çözölmeyecek şekilde kenetlenmesi ile oluşur.

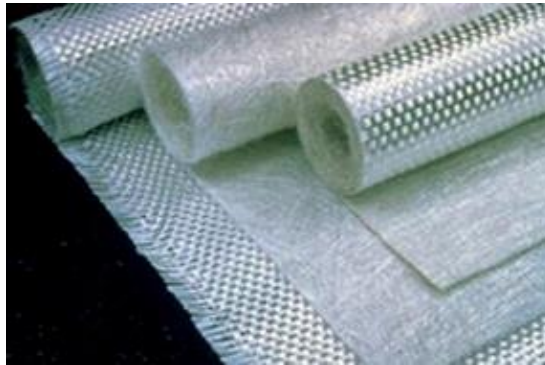
Bu çalışmada metrekare ağırlığı 893 gram olan doğal keçe kullanılmıştır.



Şekil 2.2 Keçe

2.1.3 Cam Fitil Dokuma Kumaş

Cam elyaf, polimer esaslı kompozitlerde kullanılan en yaygın ve ucuz takviye elemanıdır. Dokuma amacı ile üretilmiş cam elyafı fitillerin belirli bir düzen içinde dokunması ile yapılan Cam Fitil Dokuma Kumaş, düşük maliyetli, yüksek darbe ve yüksek mekanik takviye sağlayan bir takviye malzemesidir. Bu çalışmada alt ve üst yüzeyde tek kat kullanılmıştır.



Şekil 2.3 Cam fitil dokuma kumaş

Biz bu çalışmada plakalar için sadece kapak malzemesi olarak 509gram/m² yoğunlukta, santimetrede 3 atk 4 çözgü cam elyafı tek bir kat olarak kullanılmıştır.

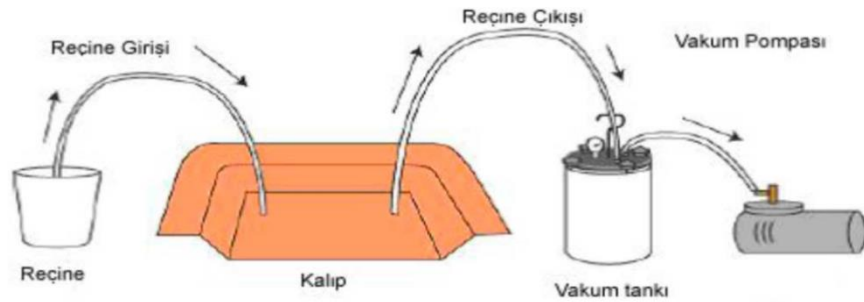
2.1.4 Epoksi

Matris malzemesi olarak bu çalışmada “Araldite LY 564/Aradur 3487 BD” epoksi reçinesi ile %36 oranında sertleştirici “Aradur 3487 B” kullanılmıştır.

2.2 Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Yöntemi

Kompozit üretiminde en uygun metotlardan biri olan ve mevcut laboratuvar şartları göz önüne alınarak “Vakum Destekli Reçine İnfüzyon Yöntemi” ile kompozit üretimi yapılmıştır. Bu yöntem; kompozit parçanın içerdiği tüm takviye malzemelerinin aralarında kalan havanın tahliye edilmesi ve boşlukların reçine ile doldurulması işlemidir (Mula, 2006).

- Kuru kumaşlar bir kalıp içerisine istiflenir.
- İstiflenmiş kumaşlar; plastik bir vakum filmi ve çift taraflı yapışkan sızdırmazlık macunları kullanılarak dış ortamdan izole edilir.
- Kumaşların üzerine bir ayırıcı film ve reçine dağıtıcı tabaka konur.
- Vakum yardımı ile reçinenin istiflenmiş kuru kumaşlara nüfuz etmesi sağlanır.
- Reçinenin tamamen emdirilmesi ile belirli sıcaklık altında belli bir süre kürleme işlemine tabi tutularak plakaların üretimi yapılır.



Şekil 2.4 Vakum destekli infüzyon yöntemi



Şekil 2.5 Vakum destekli infüzyon yöntemi (devamı)

Yöntemin Avantajları;

- Tek taraflı bir kalıba ihtiyaç vardır.
- Yüksek mukavemetli bir kalıba ihtiyaç yoktur (Mula, 2006).
- Büyük parçaların üretimi için de uygundur (Mula, 2006).
- El yatırması yöntemlerine göre ürün kalitesi uygulamayı yapan operatöre bağlı iken bu yöntemde en aza iner (Ataş, 2009).
- Daha temiz bir çalışma ortamı daha az iş gücü ve düşük işçilik maliyeti sağlanır (Ataş, 2009).
- Diğer yöntemlere göre daha az reçine malzemesi ihtiyacı vardır. Bu sayede daha ekonomik ve daha hafif kompozit malzemelerin üretimi mümkündür.
- Vakum sebebiyle ürün içerisinde boşluklar kalmaz ve daha homojen bir kompozit üretilir.
- Daha sağlam ve uzun ömürlü malzeme üretimi olur.

Yöntemin Dezavantajları;

- İşlem basamakları kısmen karmaşıktır (Ataş, 2009).
- Reçine ile ıslanmamış bölgeler kalabilir; bu da pahalı atık malzemeler demektir (Ataş, 2009).
- Yöntemi başlatmadan önce ön hazırlık işlemleri ve sızdırmaz vakum paketlemesi çok önem arz etmektedir.

2.3 Numune Hazırlama

2.3.1 Jüt Kumaş İçin Yüzey Modifikasyonu

Kompozit plaka üretimi için $100 \times 100 \text{ cm}^2$ boyutlarında kesilen jüt kumaşlar NaOH yüzey modifikasyonuna tabi tutulmuştur. Alkali bir madde ile modifikasyon işlemi yapmadan önce yabancı materyalden temizlemek amacıyla kumaşlar çeşme suyunda yıkanarak, gölge bir alanda 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Literatür araştırmalarına dayanarak jüt kumaşın NaOH ile yüzey modifikasyonunda derişim oranını %10 seçilmiştir. 20^0 C sıcaklıkta 10 litre çeşme suyuna 1 kg kostik atılıp karıştırılarak NaOH derişim karışımı hazırlanmış. Şekil 2.5’de gösterildiği gibi kumaş bu karışıma yavaş ve dikkatli şekilde nüfuz etmesi sağlanarak yatırılmıştır.

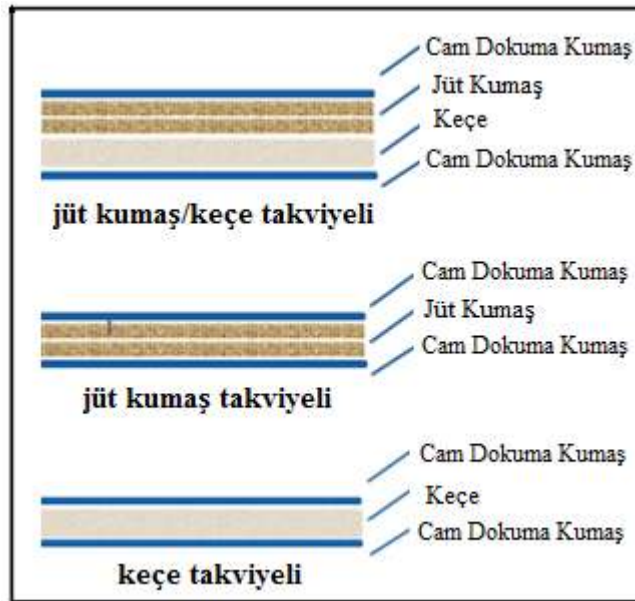


Şekil 2.6 NaOH ile jüt kumaş modifikasyonu

Kostiğe yatırılmış kumaş 2 saat %10'luk NaOH içersinde bekletilmiş. Derişimden arındırılan kumaşlar 12 saat süreyle güneş almayacak şekilde açık havada kurumaya bırakılmıştır.

2.3.2 Vakumlu İnfüzyon Yöntemi İle Kompozit Plakaların Üretimi

Sadece jüt kumaş, sadece keçe ve jüt kumaş/keçe birlikte kullanılarak üç tipte kompozit üretimi planlanmıştır (Şekil 2.6). Jüt kumaş-keçe takviyeli; 1 kat cam dokuma kumaş / 2 kat jüt kumaş/ keçe/ 1 kat cam dokuma kumaş şeklinde dizilmiştir. Sadece jüt kumaş takviyeli; 1 kat cam elyaf / 2 kat jüt kumaş/1 kat cam elyaf şeklinde dizilmiştir. Sadece keçe takviyeli; 1 kat cam dokuma kumaş / 1 kat keçe/1 kat cam dokuma kumaş şeklinde dizilmiştir.

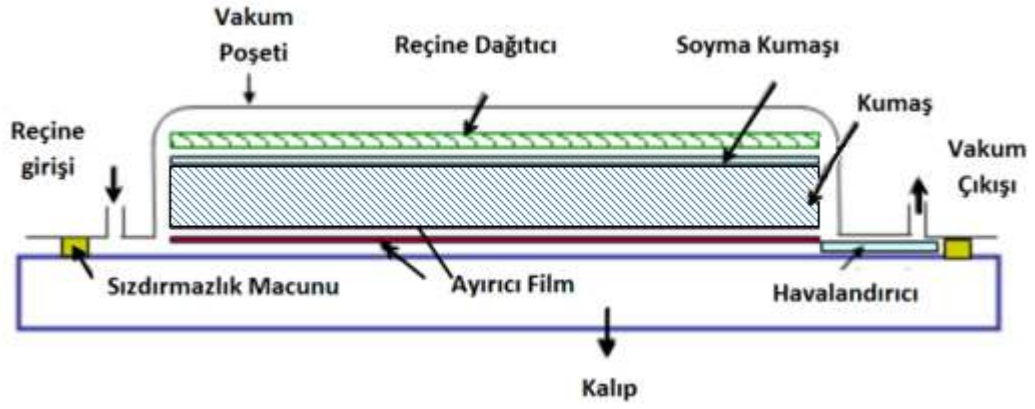


Şekil 2.7 Hazırlanacak plaka tipleri

Kompozit plakaların üretimi Dokuz Eylül Üniversitesi Kompozit Üretim Laboratuvarında yapılmıştır.

Vakum infüzyon yöntemiyle malzemenin üretilmesi için işlem basamaklarına sırasıyla uyulması gerekmektedir. Düzgün bir ön hazırlık ile sızdırmazlığından emin olunan tezgah ile ancak başarılı bir sonuca ulaşılabilir. Bunun için aşağıdaki işlem

basamakları dikkatli bir şekilde sırasıyla gerçekleştirilmeli ve Şekil 2.7’ de gösterilen sıralamaya uyulmalıdır;



Şekil 2.8 İnfüzyon yöntemi ile kompozitlerin üretimi

1- Kurlleme tezgahını kompozit üretimine hazırlanmak için tezgah detaylı olarak temizlenir.

2- Üretimi yapılacak kumaş malzeme kesilerek uygun boyutlarda hazırlanır.



Şekil 2.9 Kumaşların hazırlanması

3- Temizliğinden emin olunan tezgah üzerine kalıp yüzeyi ile tezgah yüzeyi arasına ayırıcı malzeme yerleştirilir.

4- Çift taraflı yapışkan sızdırmazlık macunu ayırıcı malzemenin uç kısımları ile tezgah arasına yapıştırılır.

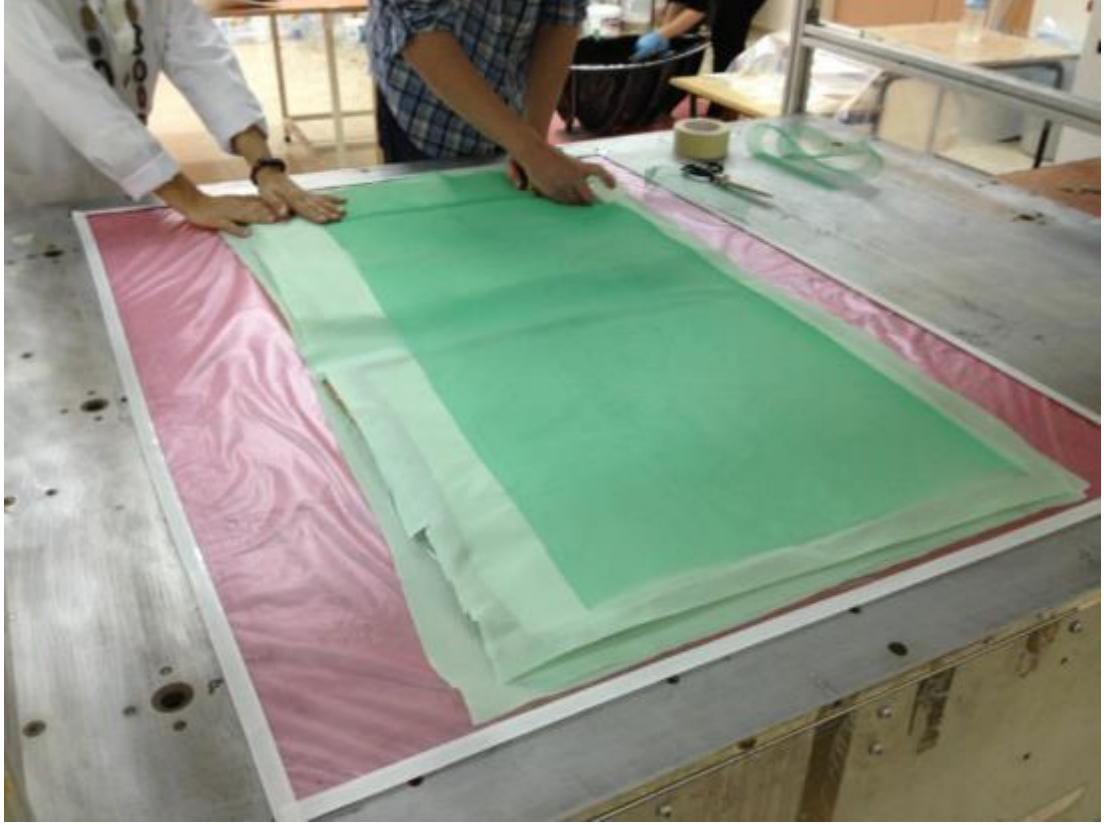
5- Belirlenen takviye malzemesi dizilimine göre jüt kumaş ve keçe üst üste sıralanır.



Şekil 2.10 Kumaşların üst üste sıralanması

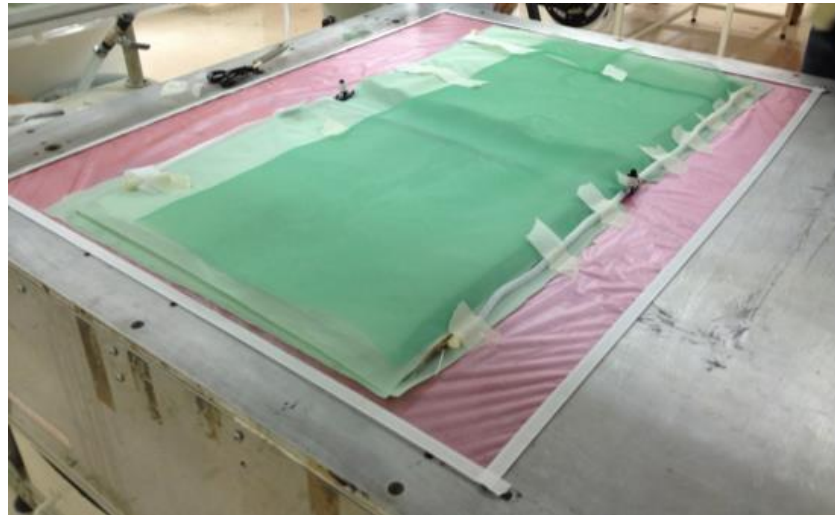
6- Soyma kumaşı (peelply) takviye malzemenin üstüne kesilerek konur.

7- Reçine dağıtıcı kumaş en üste yerleştirilir.



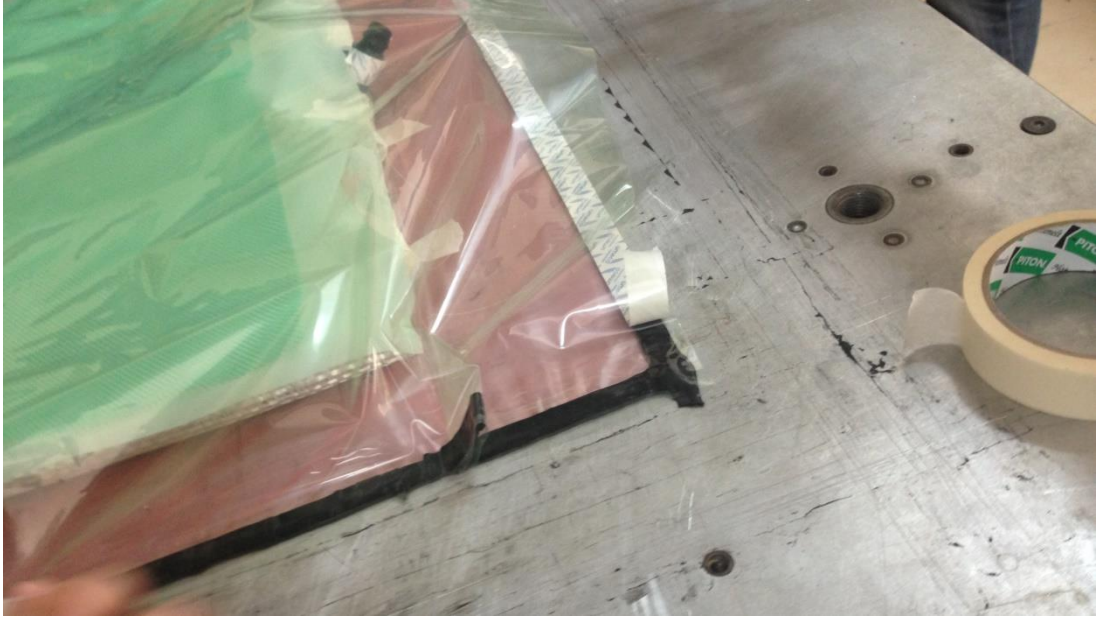
Şekil 2.11 Reçine dağıtıcı ve soyma kumaşının eklenmesi

8- Artık tezgah epoksi basma için hazırdır ve emme hortumları bant ile sabitlenerek yerleştirilir.



Şekil 2.12 Epoksi hortumlarının sabitlenmesi

9- Vakum naylonu (filmi) en üst yüzeye serilir. Naylon numune boyutlarından bir miktar daha büyük kesilir. Çift taraflı yapışkan sızdırmazlık macunu ile dış ortamdan çepeçevre bu naylon ile yalıtım yapılır. En hassas çalışma gerektiren kısım şüphesiz bu noktadır. Ara ara potluklar oluşturularak vakum esnasında vakum naylonunun gerilmesi kolaylaşır.



Şekil 2.13 Sızdırmazlık macunu ile yalıtım yapılması

10- Hortum girişleri ayarlanması için vakum naylonundan delikler açılır ve sonradan takılacak naylon ile vakum kaçağı olmaması için dikkatli bir şekilde izolasyonu yapılır.



Şekil 2.14 Emme ve basma hortumlarının yalıtılması

11- Artık epoksi emme kısmı vanası kapatılarak tezgah vakum yapmaya hazırdır. Vakum pompası çalıştırılır ve tamamen vakum yapması sağlanır.



Şekil 2.15 Sistemin epoksi verilmesine hazırlanması

12- Tamamen vakum yapılıncaya vakum yapılan kısmın vanası kapatılarak tezgah beklemeye alınır. Sistem bir süre gözlenerek kaçak olup olmadığına emin olunur.

13- Kaçak yok ise sistem epoksi vermeye hazırdır.

14- Epoksi kataloğundan 100 gram epoksi içine 36 gram sertleştirici gelecek şekilde karışım hazırlanır.

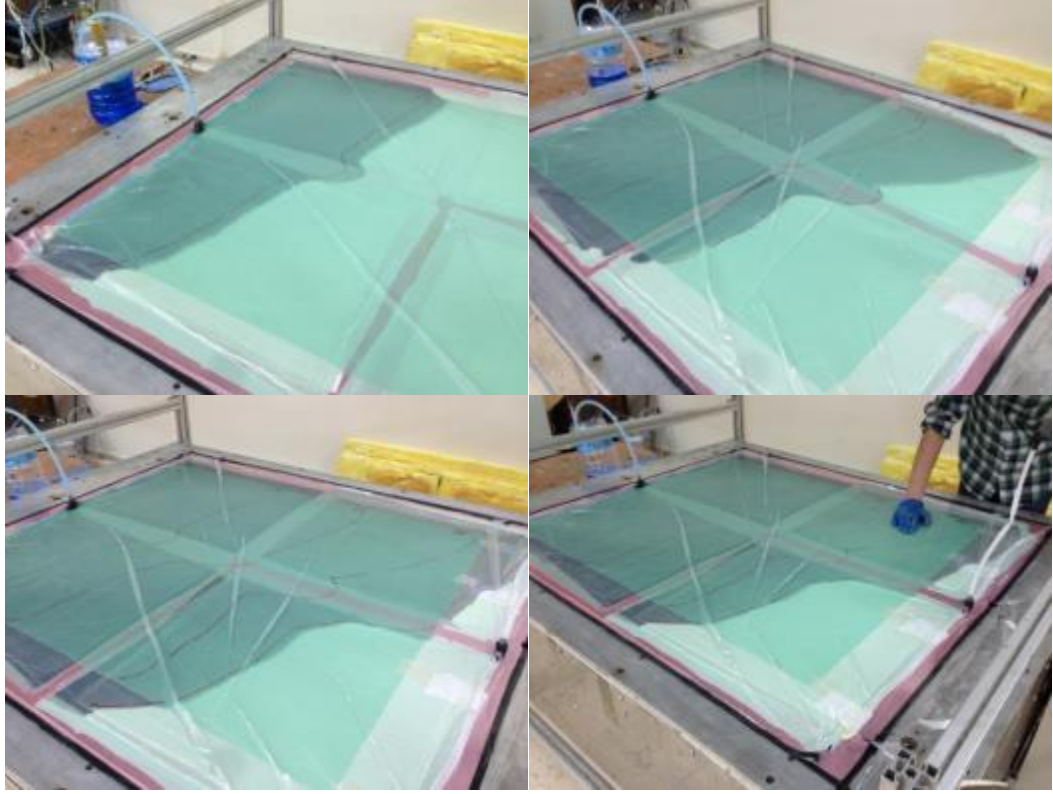


Şekil 2.16 Epoksinin sertleştirici ile karıştırılması

15- Epoksi emme hortumu epoksi içerisine daldırılır.

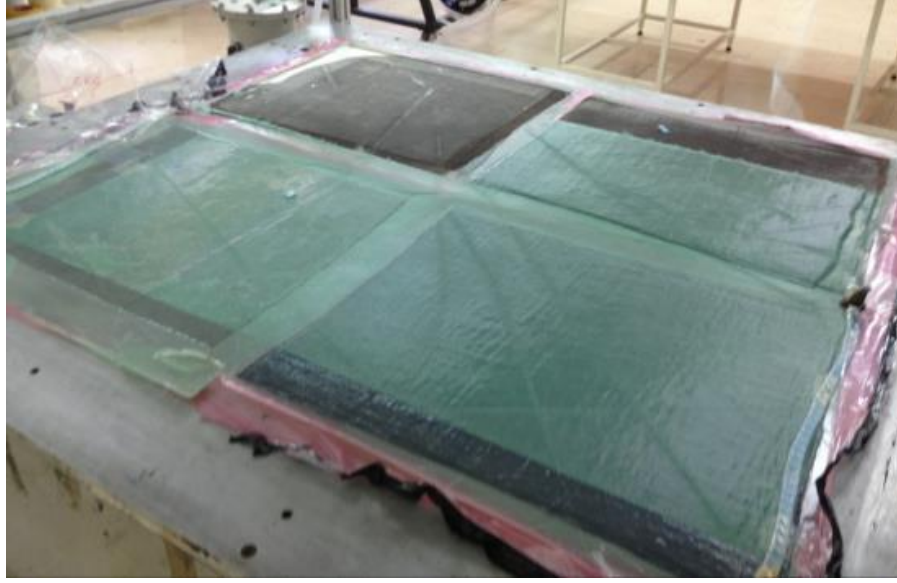
16- Vana açılarak epoksinin malzeme içerisinde yol alması beklenir.

- a. Her 5 dakikada bir epoksinin ilerlemesi kalemle işaretlenerek yayılması izlenmiştir. Çalışmada epoksinin homojen olarak ilerlemediği görülmüştür. Bu çalışmada epoksi uygulanmadan önce birçok malzemenin tek bir vakum altında yapılması durumunda benzer içerikli malzemelerin homojen bir yayılma olması için yatayda bir arada kullanılması gerektiğinin sonucu çıkmıştır.



Şekil 2.17 Epoksinin vakum altında ilerlemesi

- 17- Vakum vanasından epoksi gelmeye başlayınca epoksi emiş vanası kapatılır.
- 18- Ardından vakum tarafı vanası kapatılır.
- 19- Artık işlem tamamlanmış ve tezgah k rleme işlemi için çalıştırılabilir.
- 20- 8 saat boyunca 80⁰ C altında plakalar k rleme işlemine tabi tutulmuş ve sonra 18 saat boyunca parça tezgah üzerinde soğumaya bırakılmıştır.

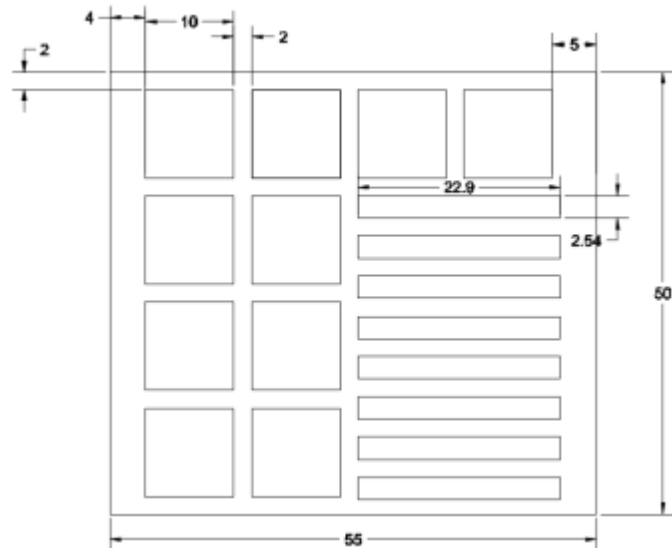


Şekil 2.18 Kurlenen kompozit plakalar

Hazırlanan plakalar tezgahtan soyma kumaşları sayesinde tek tek sökülür. Plakaların uç kısımları homojen olmadığı için kesilerek homojen kısımlar elde edilir.

2.3.3 Numune Boyutları

Üretilen plakalardan çıkartılacak numune boyutları çekme ve darbe testleri için ASTM 3039 standartları göz önüne alınarak Şekil 2.18’de gösterildiği gibi belirlenmiştir. Şekil 2.19’da kompozitlerin uygun boyutlarda kesme tezgahında kesimi gösterilmiştir.



Şekil 2.19 Numune boyutları (cm)



Şekil 2.20 Kompozitlerin uygun boyutlarda kesimi

2.4 Testler

Üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme ve darbe testi yapılması planlanmıştır.

BÖLÜM ÜÇ

MEKANİK ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ

3.1 Çekme Testi

Çekme testi deneyi Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarında yer alan Shimadzu AG-100 Çekme testi cihazında (Şekil 3.1) gerçekleştirilmiştir. ASTM D3039 standardına göre testler yapılmıştır. Çenelerden bağlanan numune 1mm/dakika hız ile çekilerek testler yapılmıştır. Cihazdan uzama ve kuvvet verileri okunurken video ekstansometre ile hassas bir şekilde uzama değerleri elde edilmektedir. Ekstansometre cihazı ilk hassas bir şekilde kamera üzerinden piksel takibi yaparak çekme testi sırasında belirtilen bölge için uzama miktarını ölçmektedir. Teste başlamadan önce çekme testi cihazına kesit alan ve ilk boy değerleri girilerek gerilme elastisite modülü değerleri de otomatik olarak hesaplanarak elde edilebilmektedir. Aynı şekilde tezgahtan alınan kuvvet uzama değerleri ile aşağıdaki mukavemet formülleri ile de hesaplamak mümkündür.

P kuvvet, A_0 başlangıç kesit alan olmak üzere gerilme (σ);

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (3.1)$$

ΔL uzama miktarı ve L_0 başlangıç olmak üzere birim şekil değiştirme ε ;

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.2)$$

ve Elastisite Modülü (E);

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edilir.

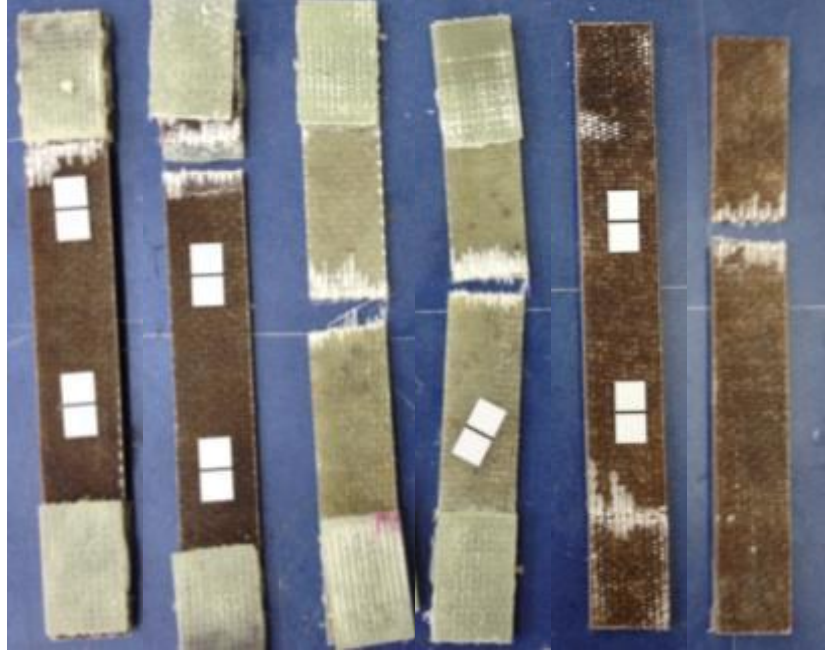


Şekil 3.1 Shimadzu çekme testi cihazı

Deney yapılmadan önce malzemeler kompozit kesme tezgahında 25,4mm genişlikte 20 cm uzunlukta olarak kesilmiştir. Yaklaşık olarak jüt kumaş takviyeli kompozit plaka kalınlığı 2,8mm, keçe takviyeli kompozit plaka kalınlığı 2,2mm, jüt kumaş/ keçe takviyeli kompozit plakanın kalınlığı ise 4,4mm olarak ölçülmüştür. Test gerçekleştirilirken her bir numune tek tek ölçüldükten sonra veriler çekme tezgâhına girilmiştir. Şekil 3.2 cihaz çenelerine bağlı test numunelerini, Şekil 3.3 test sonrası numuneleri göstermektedir.



Şekil 3.2 Çekme numuneleri



Şekil 3.3 Çekme testi numuneleri örnekleri (test sonrası)

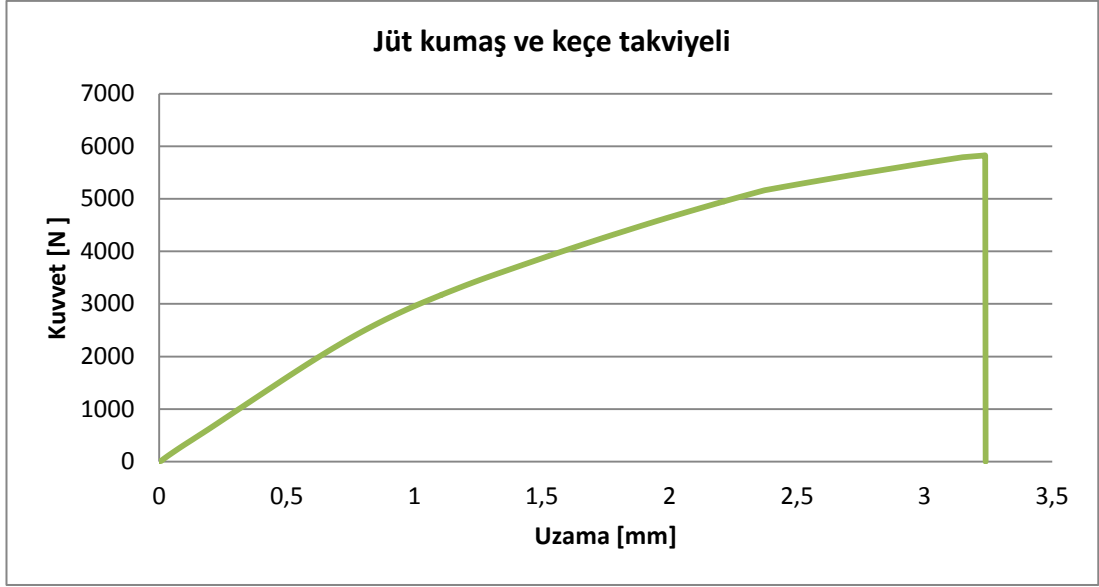
3.1.1 Çekme Testi Sonuçları

Her bir kompozit plaka için en az 3'er örnekleme yapılarak çıkan sonuçların ortalaması alınmıştır. Çekme testi sonucu belirlenen mekanik özellikler Tablo 3.1de gösterilmiştir.

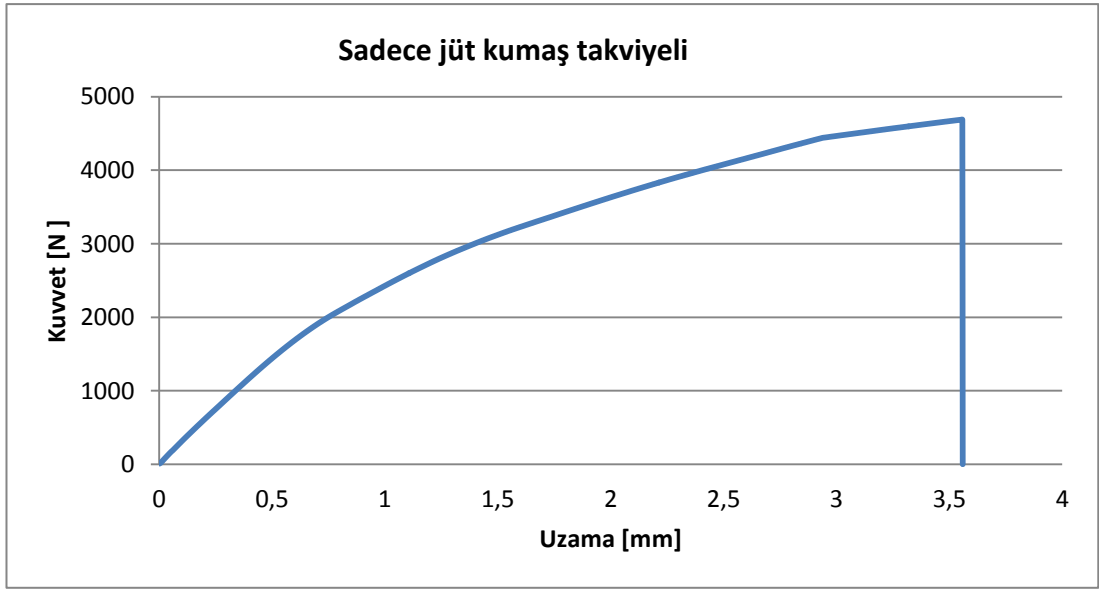
Tablo 3.1 Ortalama gerilme, elastik gerilme, maksimum kuvvet

	Maksimum Gerilme [N/mm ²]	Elastisite Modülü [N/mm ²]	Maksimum Kuvvet [N]
Jüt KumaşTakviyeli	67,78	5054,49	4689,59
Keçe Takviyeli	97,74	5600,61	6103,47
Jüt Kumaş /KeçeTakviyeli	54,17	5627,53	5825,24

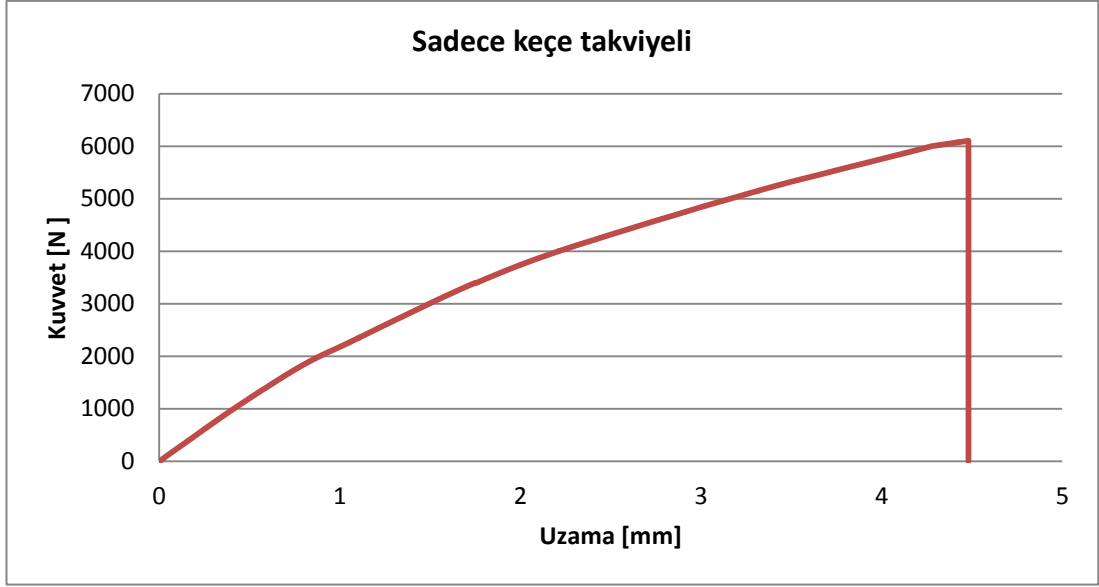
Her bir kompozit tipi için kuvvet–uzama grafikleri Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Jüt kumaş/keçe takviyeli numunelerin kuvvet uzama diyagramı



Şekil 3. 5 Sadece jüt kumaş takviyeli numunelerin kuvvet uzama diyagramı



Şekil 3.6 Sadece keçe takviyeli numunelerin kuvvet uzama diyagramı

Kuvvet uzama grafikleri numuneler gevrek malzeme oldukları için lineer davranış göstermektedir.

3.2 Darbe Testleri

Darbe testleri Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Kompozit Laboratuvarında yer alan 22,4 kN kapasiteli Ceast-Fractovis Plus darbe cihazında yapılmıştır (Şekil 3.7). CEAST-Fractovis Plus darbe cihazı ile malzemelerin düşük hızlı darbe davranışları incelenebilmektedir. Vurucu ucun numuneye çarpmadan önceki hızını ölçmek ve geri sekme sırasında tekrarlı darbenin olmaması sağlayan anti-rebound sistemini çalıştıran optik bir sensör bulunmakta ve manuel olarak sensörün yeri el ile ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.7 Ceast-Fractovis Plus darbe cihazı

Darbe testleri için ASTM D3039 standardına göre 100 mmx100 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Bu numuneler darbe cihazının alt tarafında bulunan ve pnömatik olarak çalışan 76 mm iç çapa sahip dairesel bir sıkma aparatı ile sabitlenmektedir. Bu aparat yardımı ile darbe sırasında numunelerin sabit kalması sağlanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3. 8 Dairesel sıkma aparatı

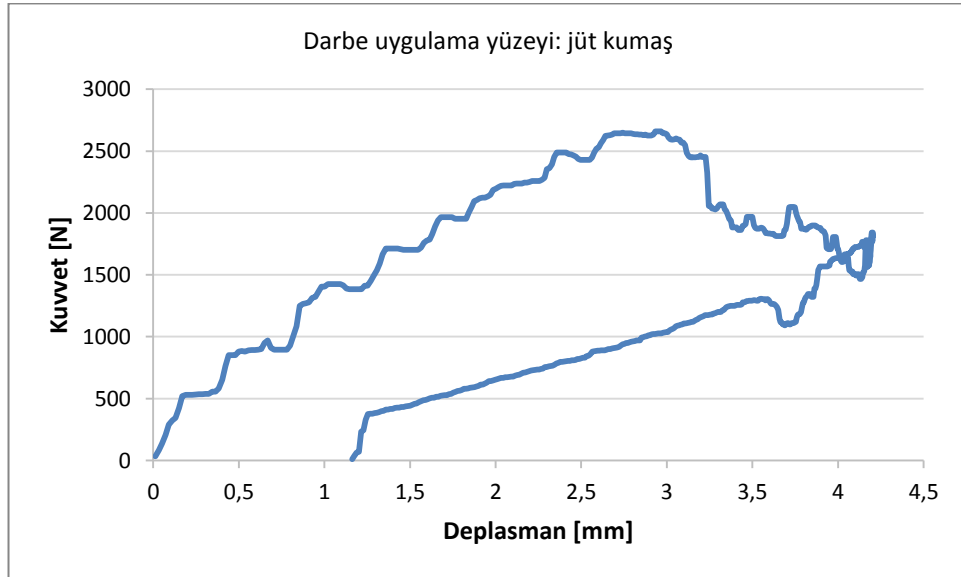
Bu çalışmada jüt kumaş takviyeli, keçe takviyeli ve jüt kumaş/keçe karma takviyeli her bir numune kademeli olarak farklı enerjiler ile delinme, nüfuziyet ve geri sekme davranışlarında test edilmiştir. Enerji seviyeleri delinme gerçekleşene kadar kademe kademe arttırılmıştır. Test sonuçları grafik ve fotoğraflarla paylaşılmış ve her bir deney kendi içerisinde yorumlanmıştır.

3.2.1 Jüt Kumaş/ Keçe Takviyeli Numunelerin Darbe Dayanımlarının Belirlenmesi

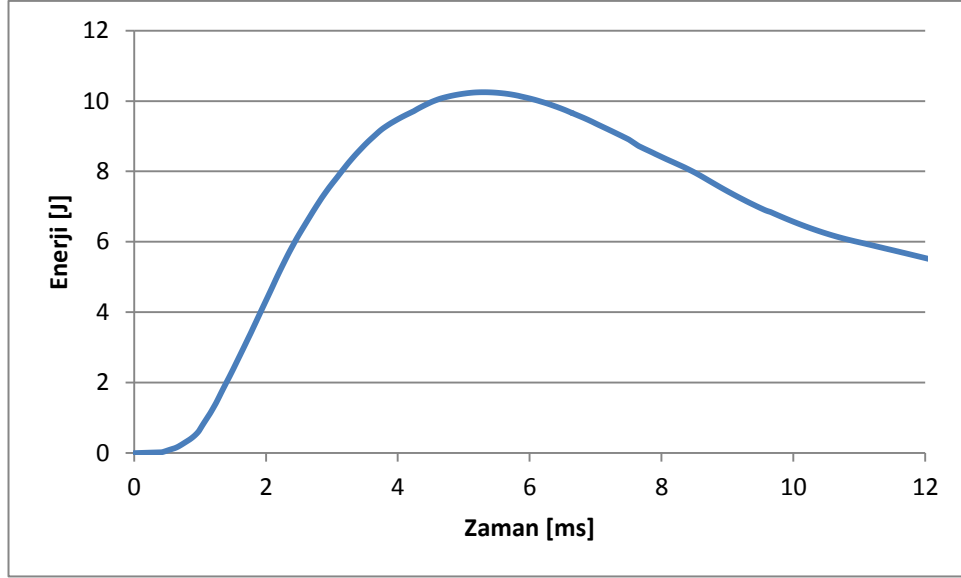
Jüt kumaş ve keçe takviyeli karma numuneler, jüt kumaş tarafı ve keçe tarafı olmak üzere her iki yüzeyden de darbe uygulanarak test edilmişlerdir.

Darbe jüt yüzeyinden;

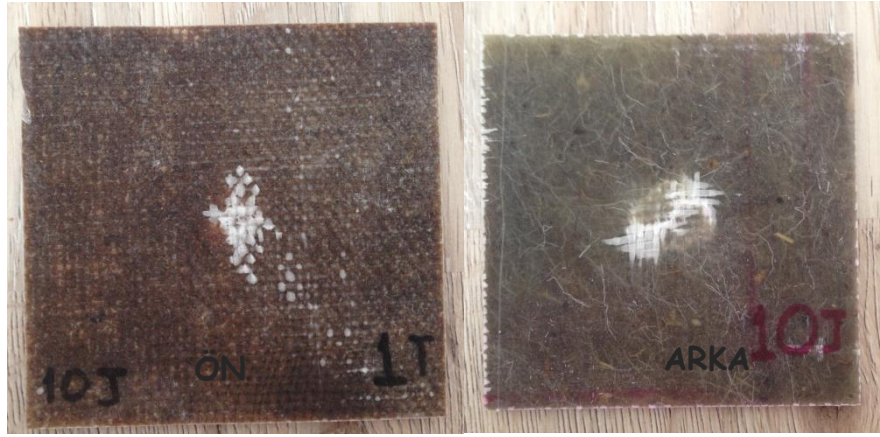
10 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet –yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.9, 3.10 ve 3.11' de gösterilmiştir.



Şekil 3.9 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.10 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği

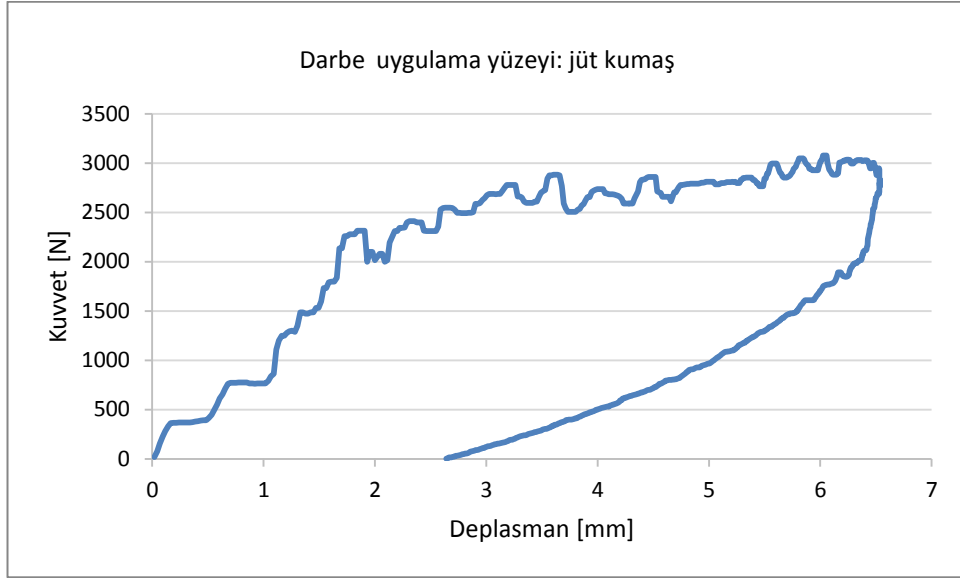


Şekil 3.11 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

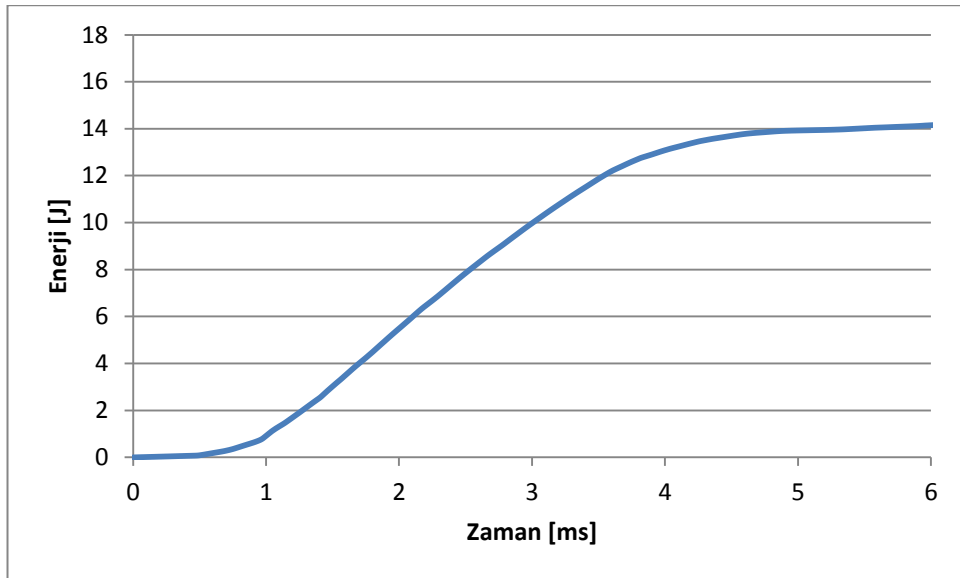
10 J değerindeki enerji numune yüzeyine çarpan darbe ucu malzeme matrisinde çok küçük çatlama meydana getirerek geri sekmiştir. Kuvvet maksimum değeri olan 2659 N'a ulaştıktan sonra sıfır değerine gerilemiştir. Bununla beraber deformasyon 4,3 mm maksimum değerini gördükten sonra 1,22 mm değerine gerilemiştir. Bu durumda numunenin belli miktar esneyip hasar aldığını ancak delinmediğini Şekil 3.9' da görülen grafikten anlaşılmaktadır.

Enerji zaman grafiğinde ise maksimum enerji 10,24 J değerine çıktıktan sonra 5,67 J değerine gerilemiştir.

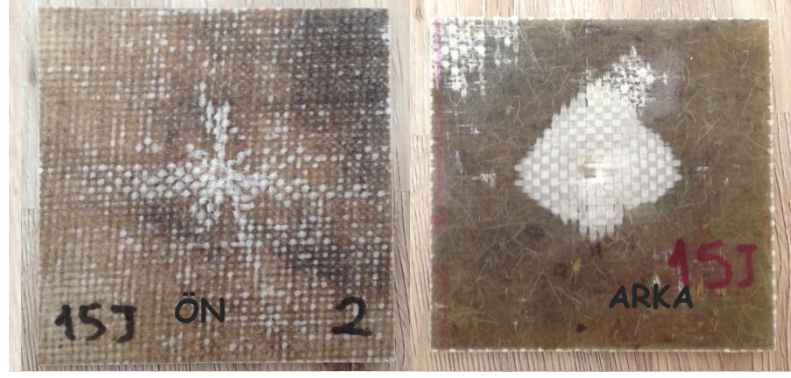
15 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.12, Şekil 3.13 ve Şekil 3.14' de gösterilmiştir.



Şekil 3.12 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.13 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği

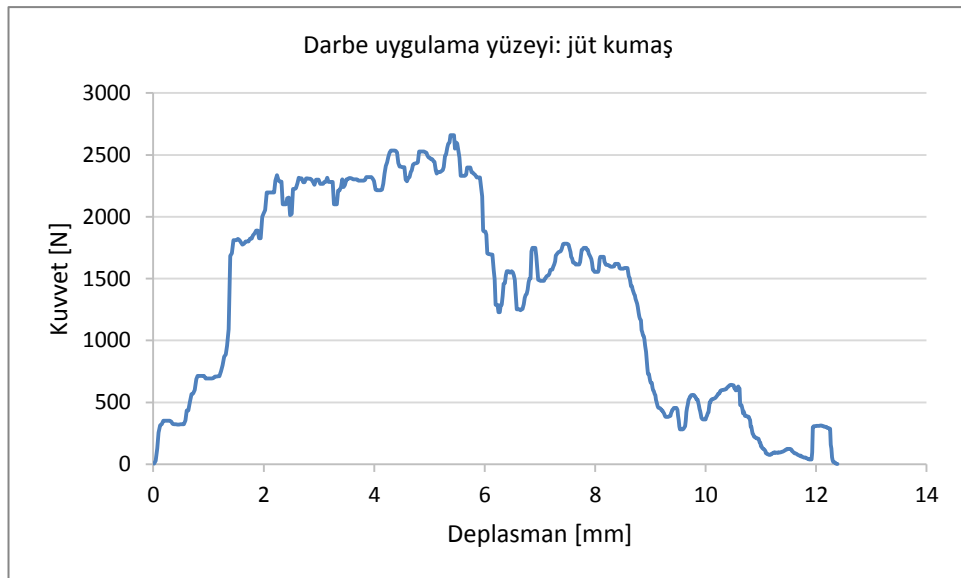


Şekil 3.14 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numunesi için darbe hasarı fotoğrafları

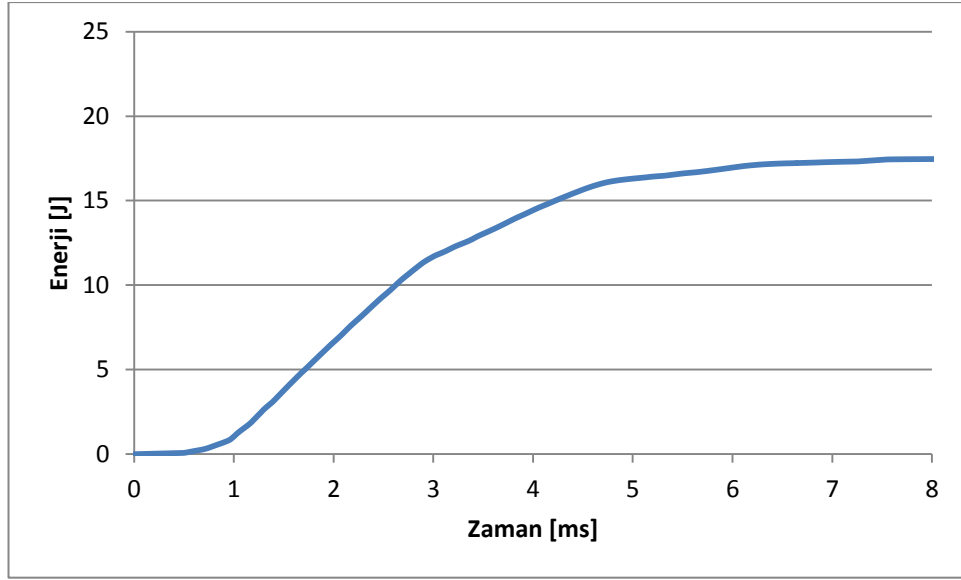
15 J değerindeki enerji numune yüzeyine çarpan darbe ucu malzeme matrisinde çok küçük çatlama meydana getirerek geri sekmiştir. Kuvvet maksimum değeri olan 3078 N ulaştıktan sonra sıfır değerine gerilemiştir. Bununla beraber deformasyon 6,53 mm maksimum değerini gördükten sonra 2,73 mm değerine gerilemiştir (Şekil 3.12). Numune hasar almış ancak delinmemiştir.

Enerji zaman grafiğinde ise maksimum enerji 15,28 J değerine çıkmış 14,06 J enerji parça tarafından absorbe edilmiştir (Şekil 3.13).

20 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.15, 3.16 ve 3.17’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.15 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.16 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği



Şekil 3.17 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

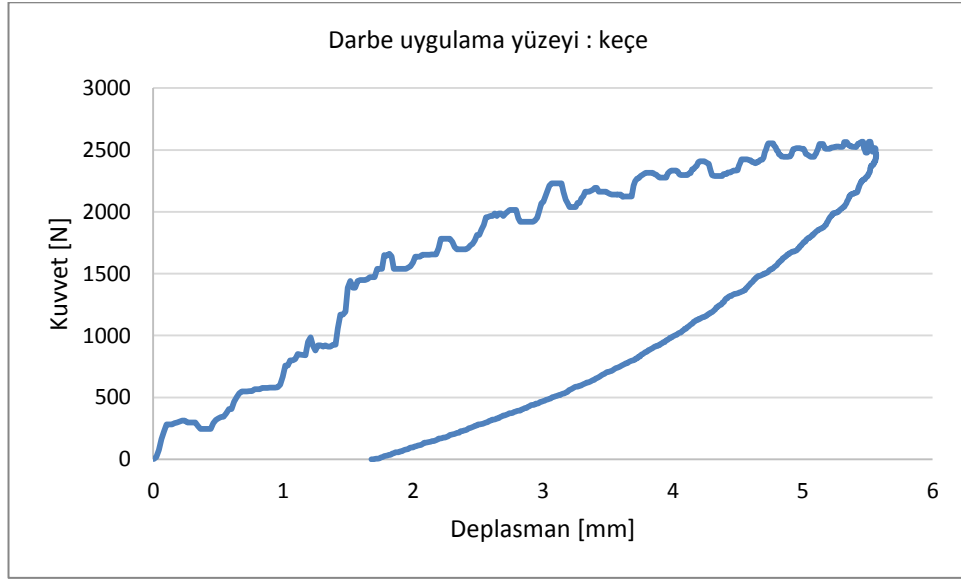
20 J enerji değerinde olan test sonucunda kuvvet enerji grafiğinden 2677 N maksimum kuvvet değerine parça çıkmış ve 11,74 mm deformasyon ölçülerek parçanın delindiği saptanmıştır. Şekil 3.15 de grafiğin düşen kuvvet değeri ile deformasyonunun artmasından numunenin delindiği anlaşılmaktadır.

Enerji zaman grafiğinden ise 21,4 J değerine kadar yükselen enerji değerinin 17,31 N'unun absorbe edildiği kalan enerjinin ise delinme esnasında sürtünme kuvveti olarak harcandığı anlaşılmaktadır.

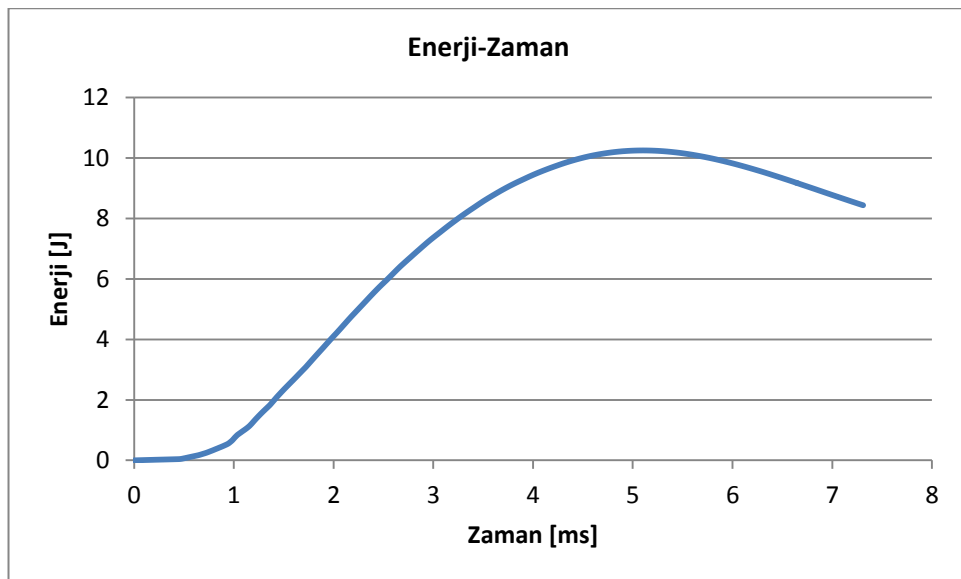
Darbe keçe yüzeyinden;

Jüt Kumaş/Keçe takviyeli numunelerin keçe yüzeyinden uygulanan darbe ile yapılan testler aşağıdadır.

10 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.18, 3.19 ve 3.20’de gösterilmiştir.



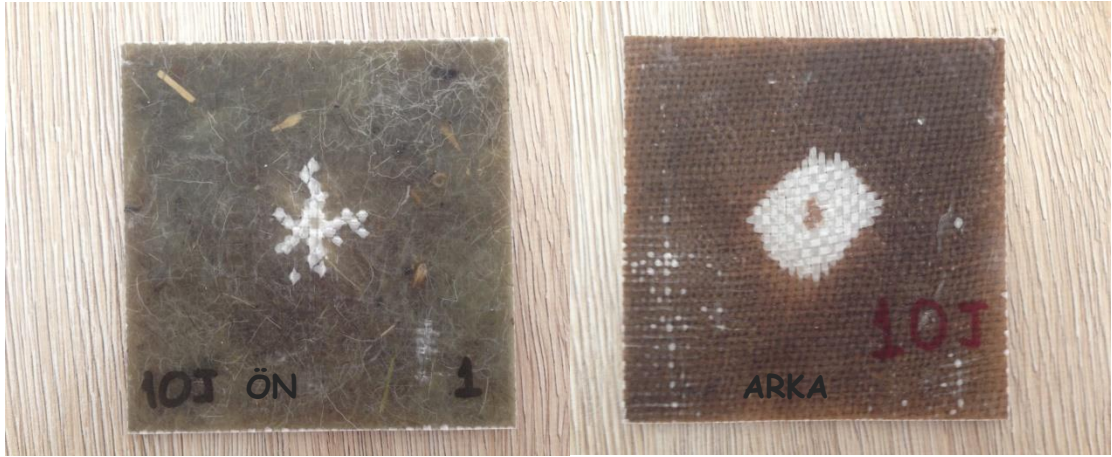
Şekil 3.18 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.19 10J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği

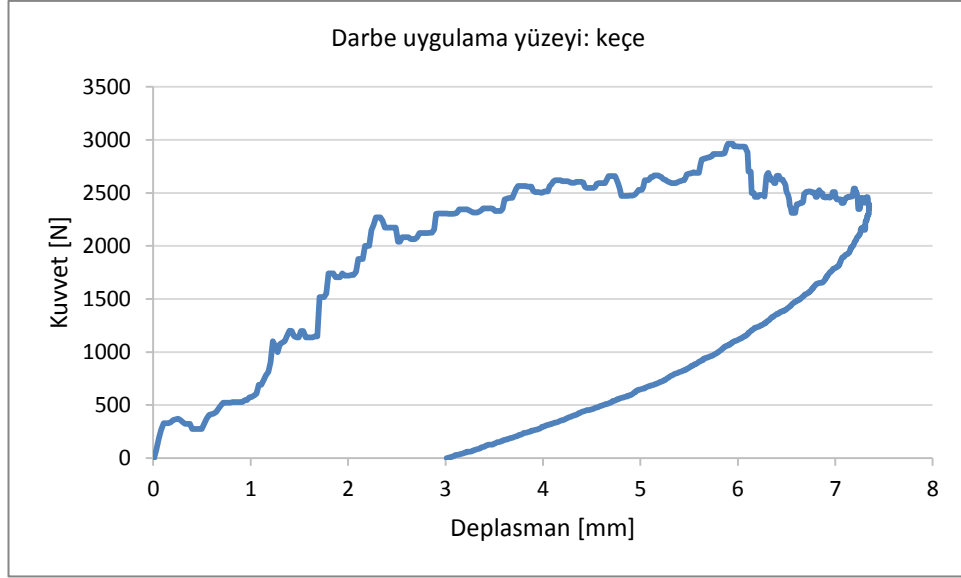
10 J değerindeki enerji numune yüzeyine çarpan darbe ucu malzeme matrisinde çok küçük kırılmalar meydana getirerek geri sekmiştir. Kuvvet maksimum değerine ulaştıktan sonra sıfır değerine geri dönerken deplasman azalmış ve sıfır değerine ulaşmıştır (şekil 3.18). Bu durum, numunenin tabakaları arasında delinme hasarının oluşmadığını gösterir.

Enerji – zaman grafiğinde ise maksimum enerji 10 J değerine ulaştıktan sonra azalarak 8 J değerine gerilemiştir. Enerji değerindeki bu azalma, numune tarafından darbe ucuna geri aktarılmış ve darbe ucunun geri sıçramasına neden olmuştur.

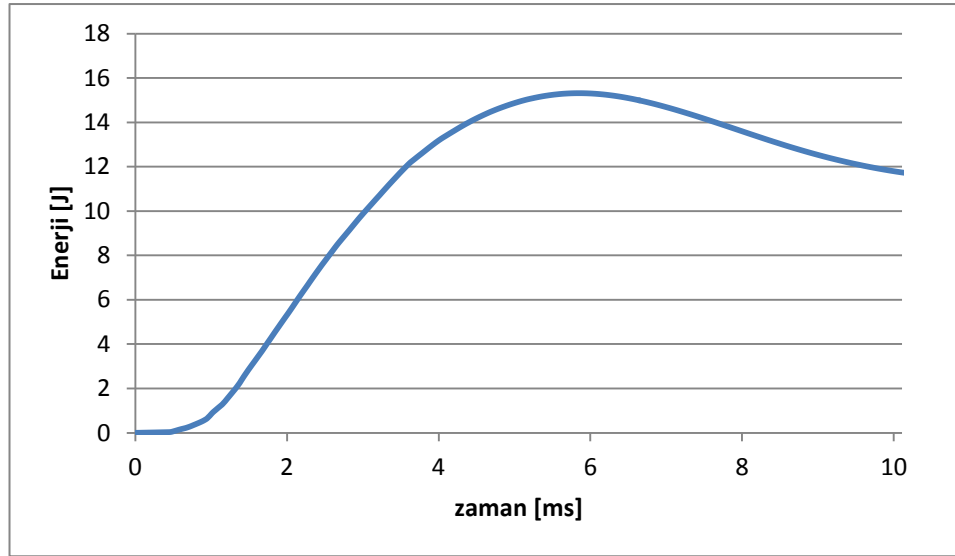


şekil 3.20 10J enerji uygulanan jt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

15 J'lk darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile şekil 3.21, 3.22 ve 3.23' de gösterilmiştir.



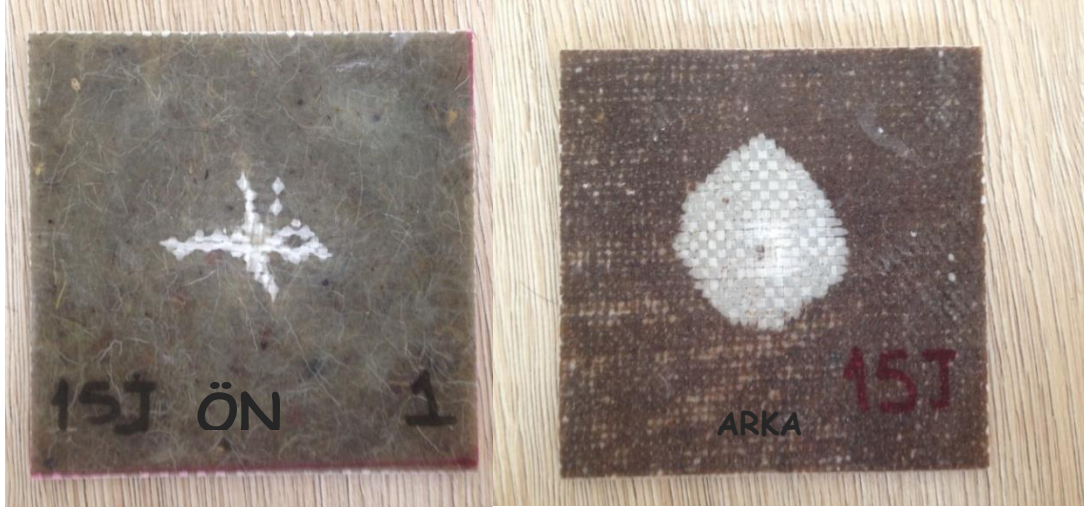
Şekil 3.21 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.22 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği

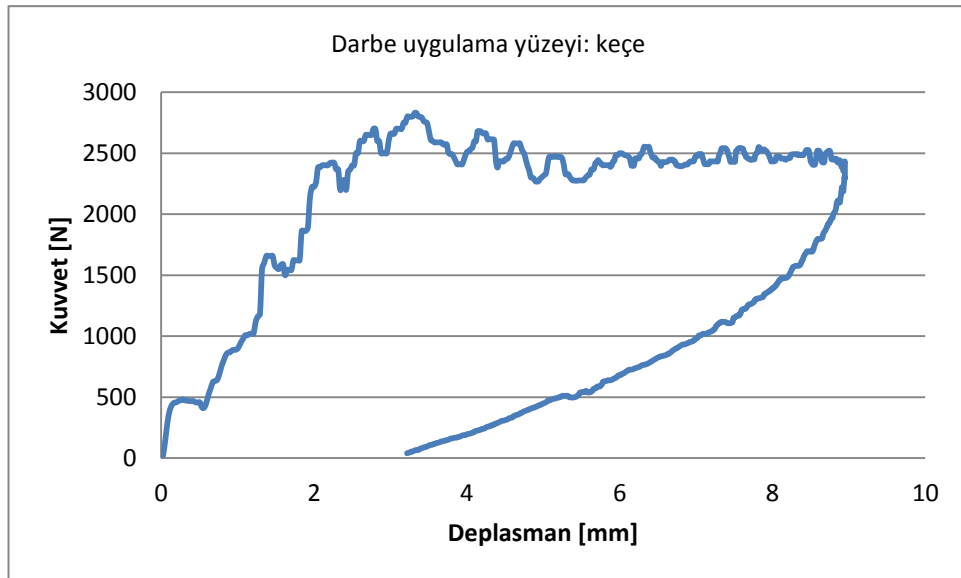
15 J değerindeki enerji numune yüzeyine çarpan darbe ucu malzeme matrisinde çok küçük çatlama meydana getirerek geri sekmiştir. Kuvvet maksimum değerine ulaştıktan sonra sıfır değerine geri dönerken deplasman azalmış ve sıfır değerine ulaşmıştır (Şekil 3.21). Bu durum, numunede delinme hasarının oluşmadığını gösterir.

Enerji – zaman grafiğinde ise maksimum enerji 15 J değerine ulaştıktan sonra azalarak 12 J değerine gerilemiştir. Enerji değerindeki bu azalma, numune tarafından darbe ucuna geri aktarılmış ve darbe ucunun geri sıçramasına neden olmuştur.

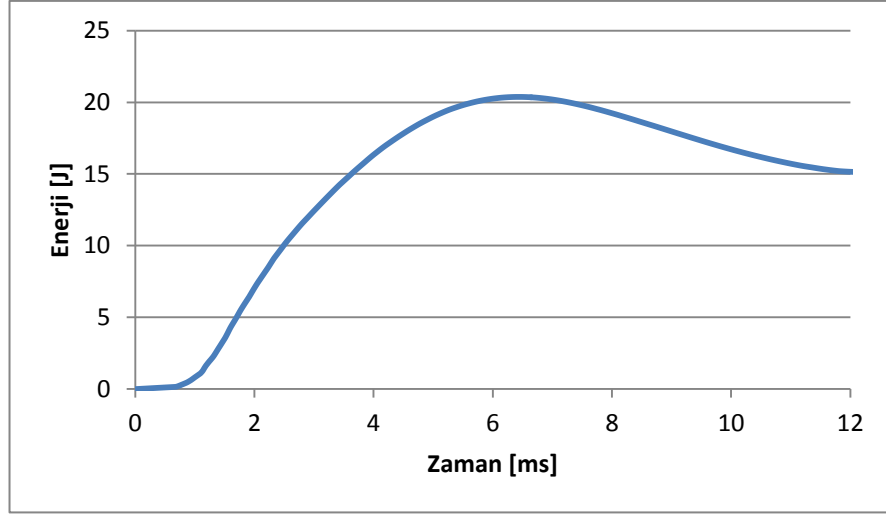


Şekil 3.23 15J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

20 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.24, 3.25 ve 3.26' da gösterilmiştir.



Şekil 3.24 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet zaman grafiği



Şekil 3.25 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji deplasman grafiği

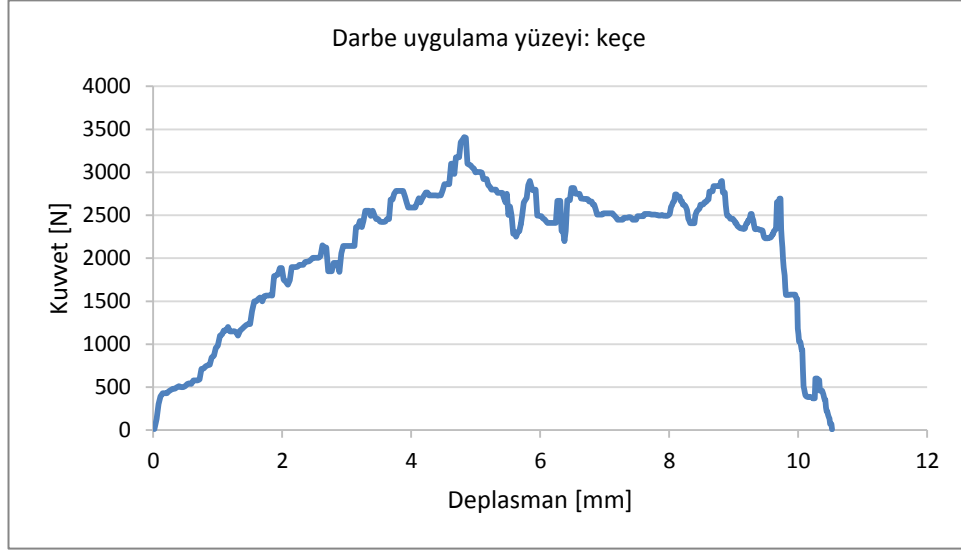


Şekil 3.26 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

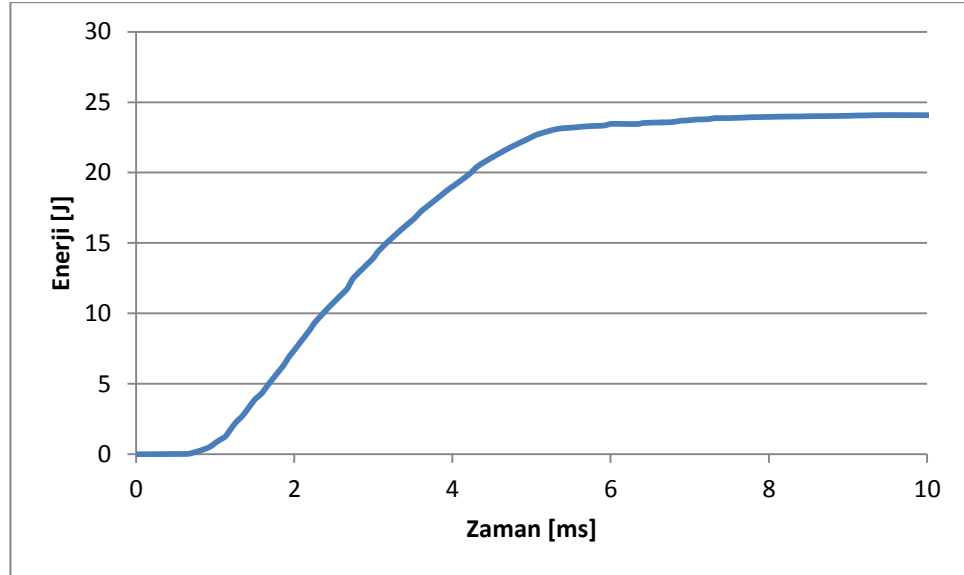
20 J değerinde enerji ile yapılan deney sonucunda numune maksimum 3376 N yük değerine ulaşmış, delinme olmadan test cihazı sekmiştir. Deformasyon değeri maksimum 8,95 mm değerine ulaştıktan sonra gerileyerek 3 mm değerinde kalmasından parçada hasar meydana geldiği ancak delinme gerçekleşmediği anlaşılmaktadır (Şekil 3.24).

Enerji zaman grafiği incelendiğinde ise 15,26J parça tarafından absorbe edilmiş, geri kalan enerji ise test ekipmanının sekmesine sebep olmuştur.

25 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.27, Şekil 3.28 ve Şekil 3.29' da gösterilmiştir.



Şekil 3.27 25J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.28 25J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği



Şekil 3.29 20J enerji uygulanan jüt kumaş/keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

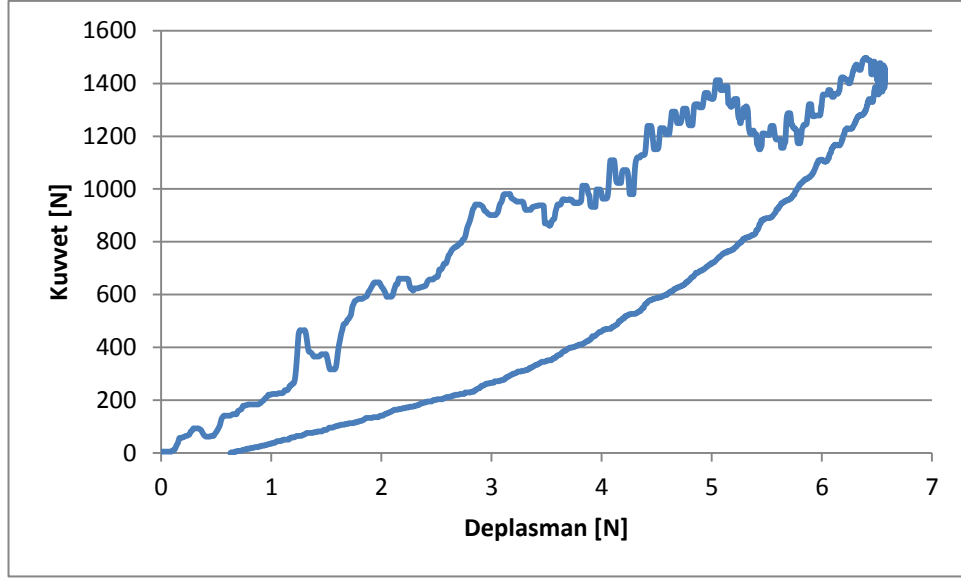
Delinme gerçekleşmeyince 25 J değerinde test düzeneği hazırlanmış ve test sonucu olarak maksimum 3441 N değerinde kuvvet gözlenmiş, 10,46 mm deformasyon gerçekleşerek parça delinme hasarına uğramıştır (Şekil 3.27).

Enerji zaman grafiğinde ise neredeyse tüm enerjinin parça tarafından absorbe edildiği gözlenmiştir.

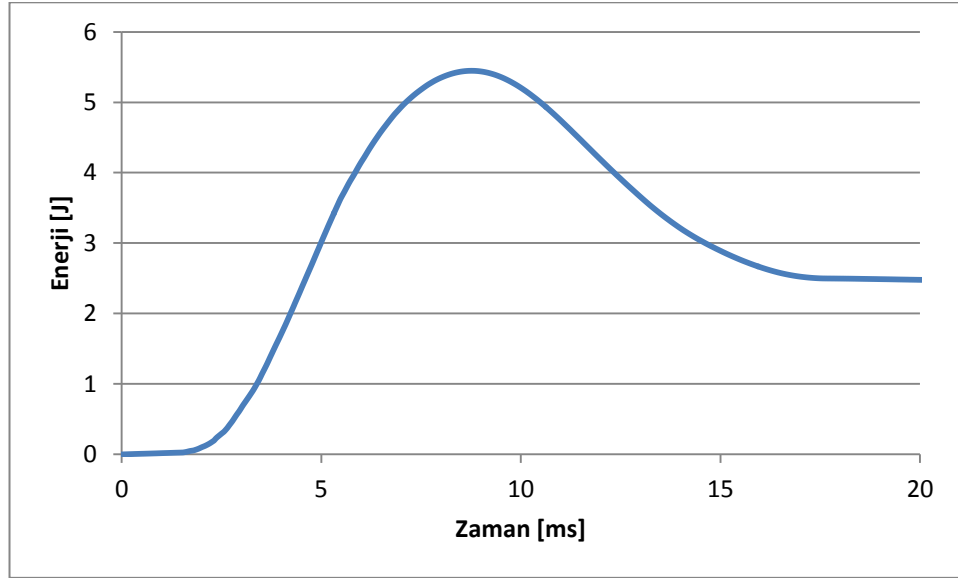
3.2.2 Jüt Kumaş Takviyeli Numunelerin Darbe Dayanımlarının Belirlenmesi

Jüt Kumaş Takviyeli Numuneler ile yapılan deneylere parçanın kalınlığı göz önünde bulundurularak 5J değerinde başlanılmış delinme hasarı meydana gelinceye kadar kademeli olarak enerji seviyeleri arttırılmıştır.

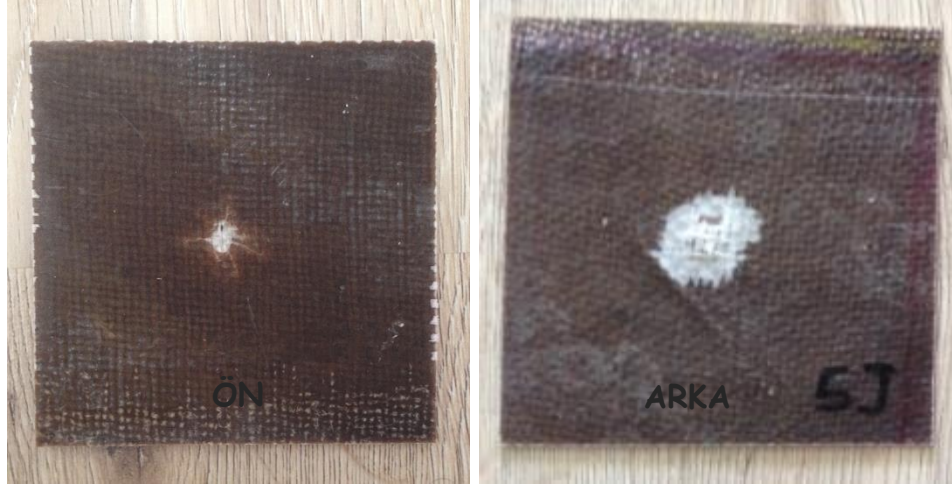
5 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, Enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.30, 3.31 ve 3.32’de gösterilmiştir



Şekil 3.30 5J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.31 5J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için enerji zaman grafiği

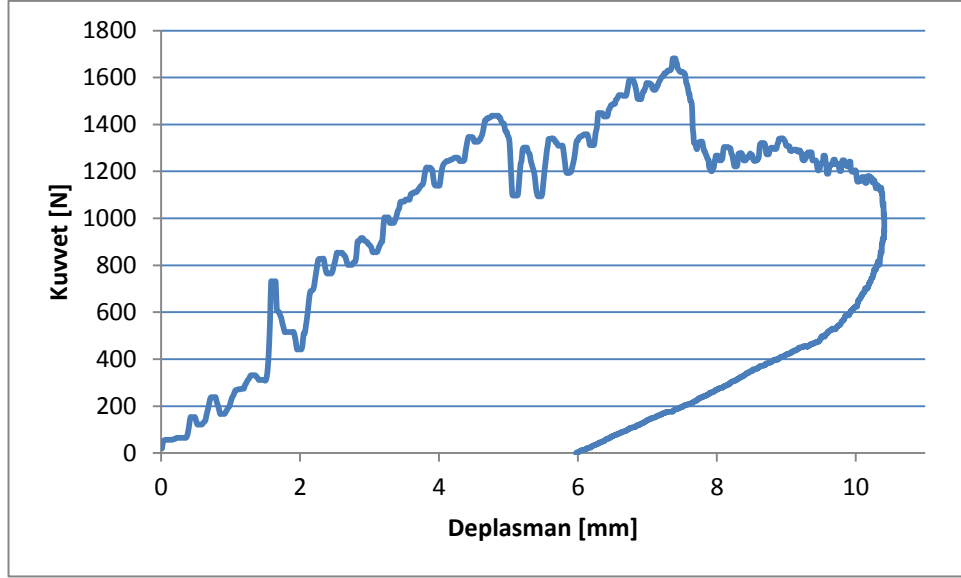


Şekil 3.32 5J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

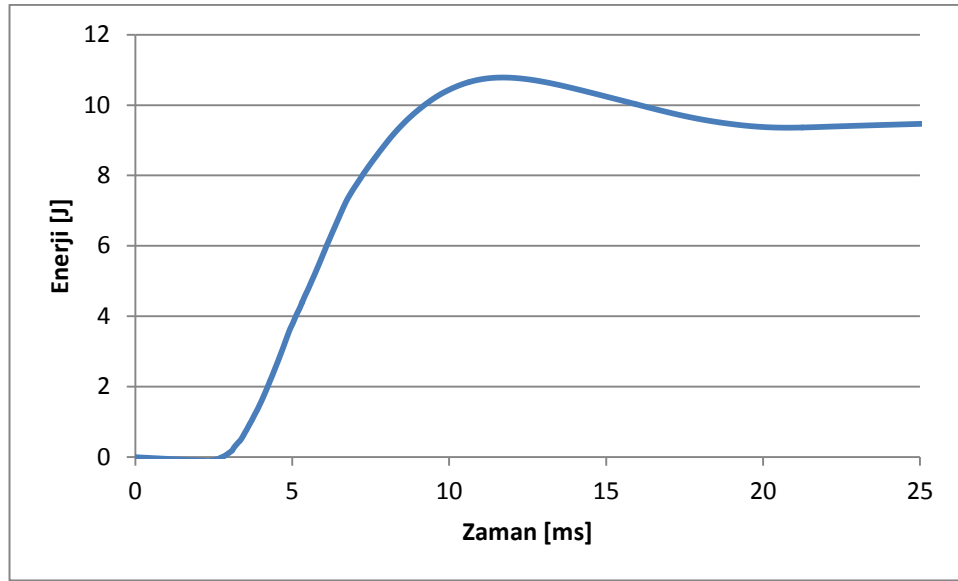
5 J ile yapılan ilk deneyde jüt kumaş takviyeli numune kuvvet zaman grafiği incelendiğinde 1497 N maksimum kuvvet gözlenmiş, 6,5 mm maksimum çökme gerçekleştikten sonra numune 0,73 mm deformasyon değerine gerilemiştir (Şekil 3.30). Buradan parçada neredeyse hasar gerçekleşmediğini anlayabiliriz.

Enerji zaman grafiğini incelediğimizde 5,47 J maksimum enerji değeri ölçülürken, 2,63 J değerinde enerjinin parça tarafından absorbe edildiğini, geriye kalan enerjinin ise test ekipmanının sekmesine neden olduğu anlaşılmaktadır.

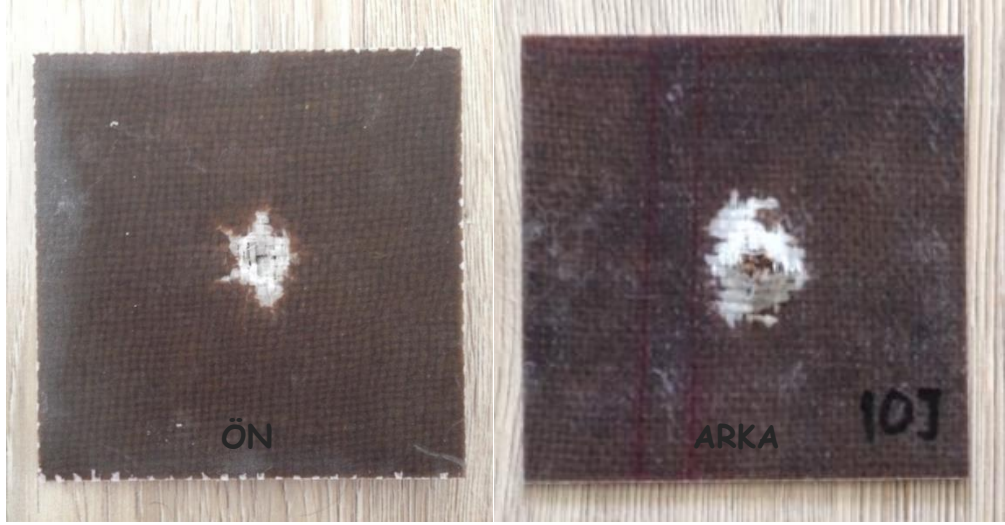
10 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, Enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.33, 3.34 ve 3.35’de gösterilmiştir.



Şekil 3.33 10J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.34 10J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için enerji zaman grafiği

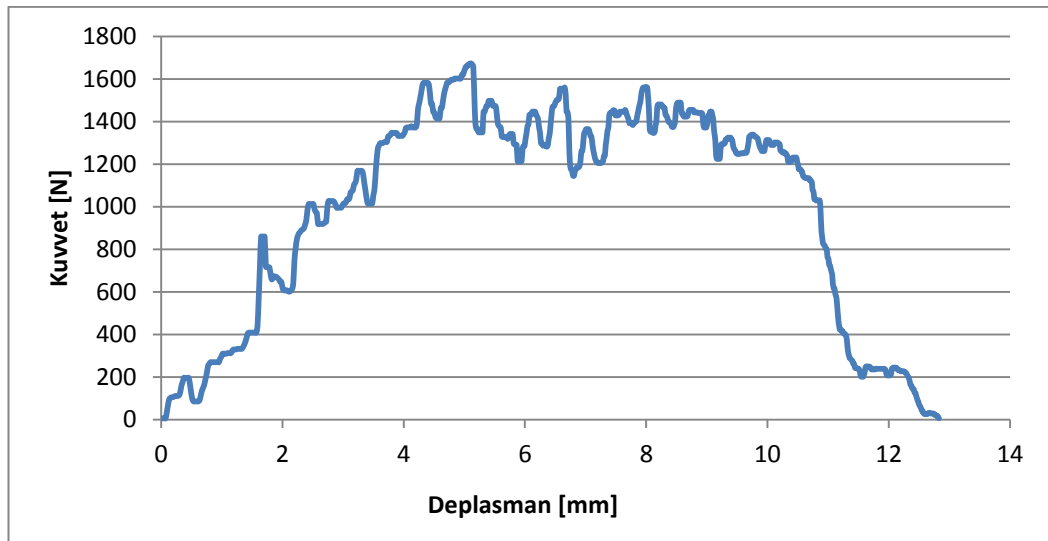


Şekil 3.35 10J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

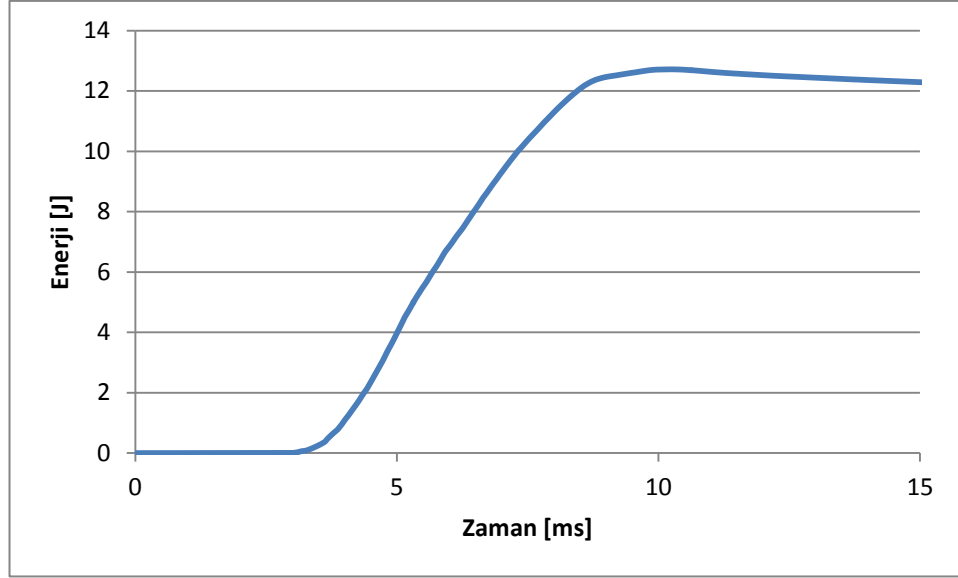
10 J ile yapılan deney sonucu jüt numunesi maksimum 1680 N kuvvet değeri ölçülmüştür. 10,41 mm maksimum çökme meydana gelmiş ve numune sekerek deformasyon değeri 6 mm değerine gerilemiştir (Şekil 3.33). Test ekipmanı sekmiş delip geçememiştir. Ancak numunede ciddi bir hasar oluşturduğu görülmüştür.

Enerji zaman grafiği incelendiğinde ise 10,78 J maksimum enerji seviyesi ölçülürken 9,39 J parça tarafından absorbe edildiği grafikten okunmuştur.

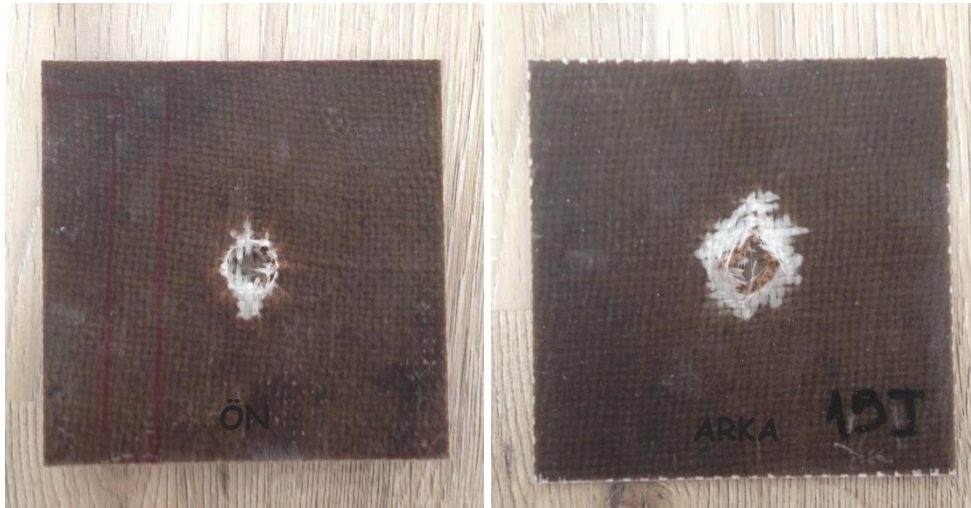
15 J' lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, Enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.36, 3.37 ve 3.38'de gösterilmiştir.



Şekil 3.36 15J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.37 15J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için enerji zaman grafiği



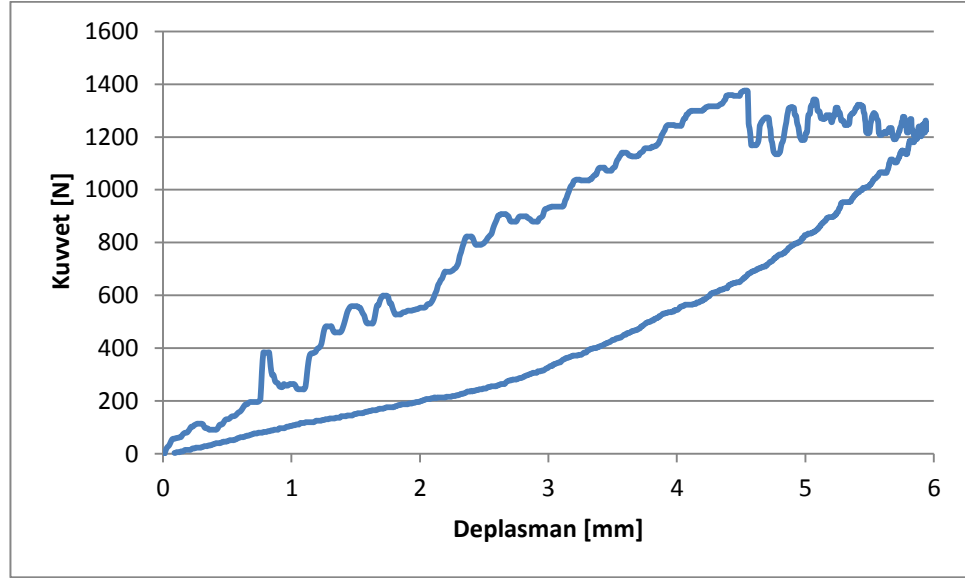
Şekil 3.38 15J enerji uygulanan sadece jüt kumaş takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

15 J ile yapılan test sonucu parça 1672 N maksimum kuvvet değerine ulaşmış, ve deformasyon eğrisinin artarak kuvvet değerinin azalmasından parçanın delindiği bilgisi kuvvet deformasyon eğrisinden (Şekil 3.36) anlaşılmıştır.

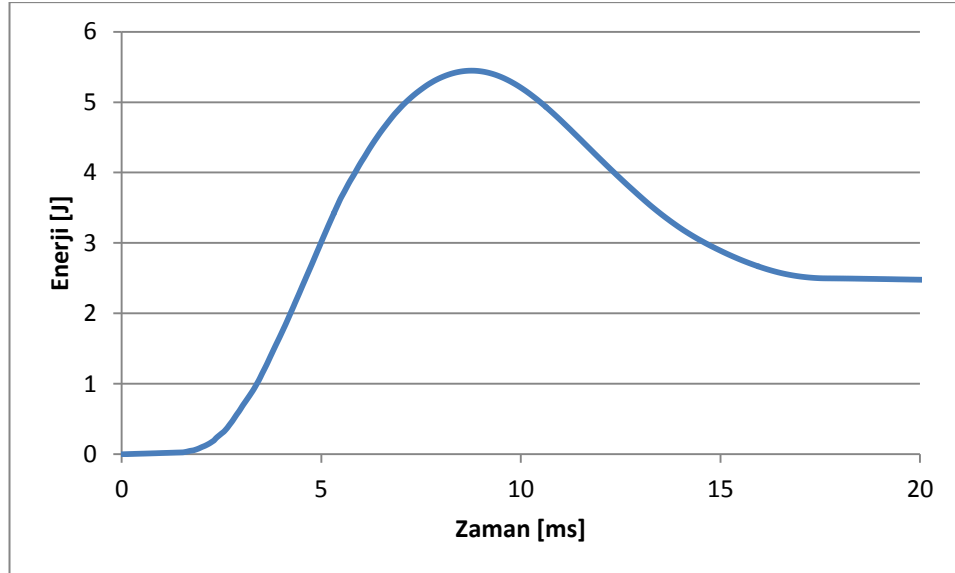
Numune 12,71 J maksimum enerji değeri test ekipmanı tarafından kaydedilmiş ve neredeyse tamamı numune tarafından absorbe edilmiştir.

3.2.3 Keçe Takviyeli Numunelerin Darbe Dayanımlarının Belirlenmesi

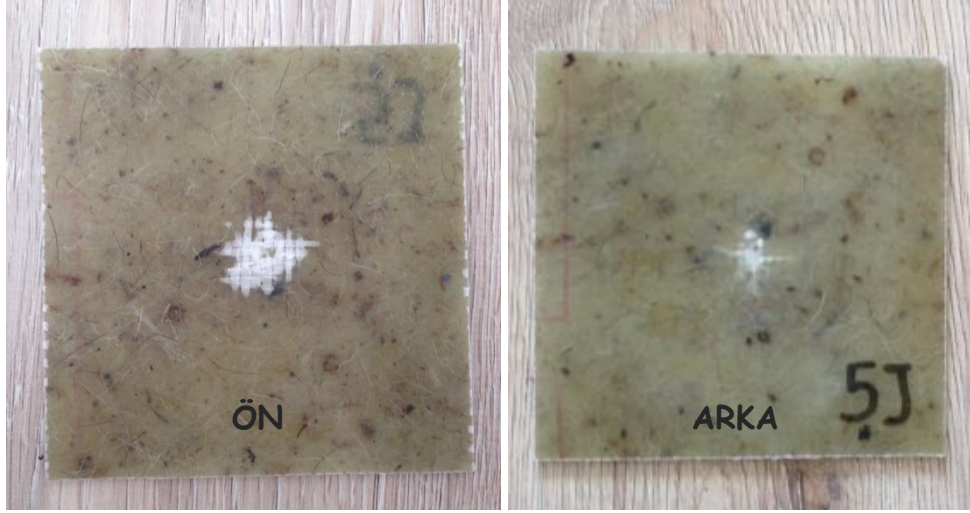
5 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, Enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.39, Şekil 3.40 ve Şekil 3.41’de gösterilmiştir.



Şekil 3.39 5J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.40 5J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği

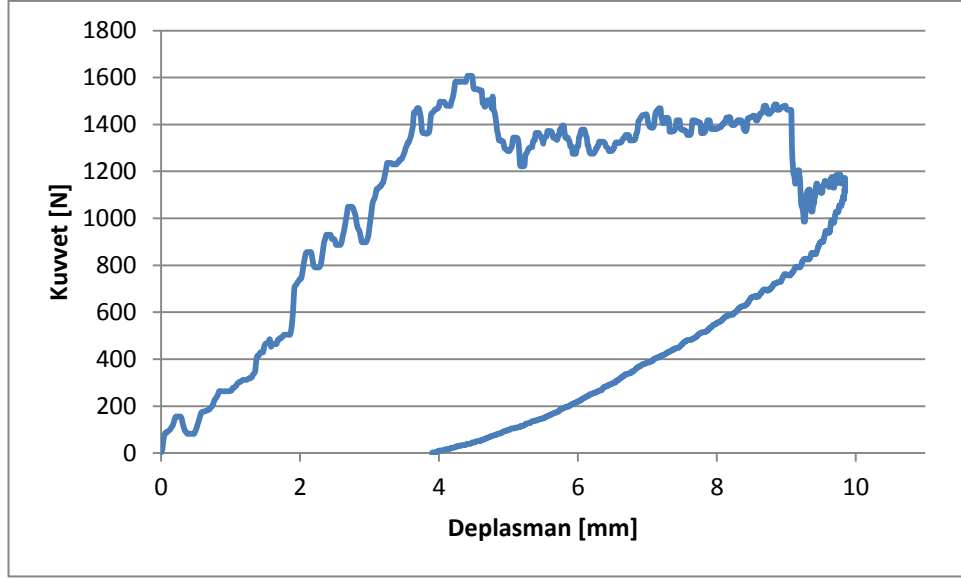


Şekil 3.41 5 J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

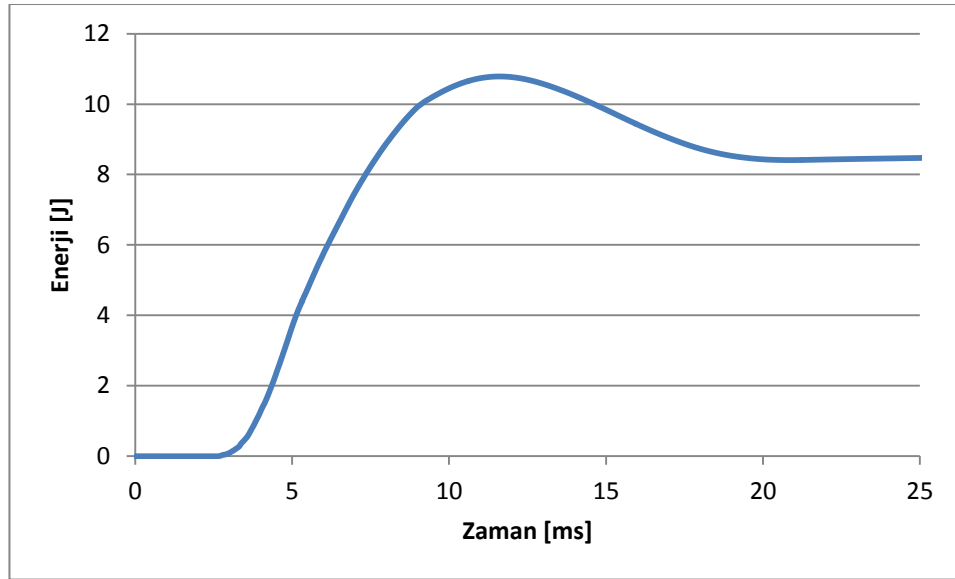
İlk olarak 5J değerinde keçe takviyeli numuneye darbe testi uygulanmıştır. Maksimum 1376 N kuvvet değeri gözlenmiş maksimum çökme 5,93mm olarak okunmuştur. Test ekipmanı numuneye çarpmasıyla beraber çökme değeri 0,2 mm değerine düşerek neredeyse parça üzerinde hiç hasar meydana getirmemiştir (Şekil 3.39).

5,45 J maksimum enerji değeri enerji zaman grafiğinde okunmuş ve test ekipmanı numuneye çarptıktan sonra sekmiştir. 2,58 J parça tarafından absorbe edilmiştir.

10 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.42, 3.43 ve 3.44'de gösterilmiştir.



Şekil 3.42 10J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.43 10J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği

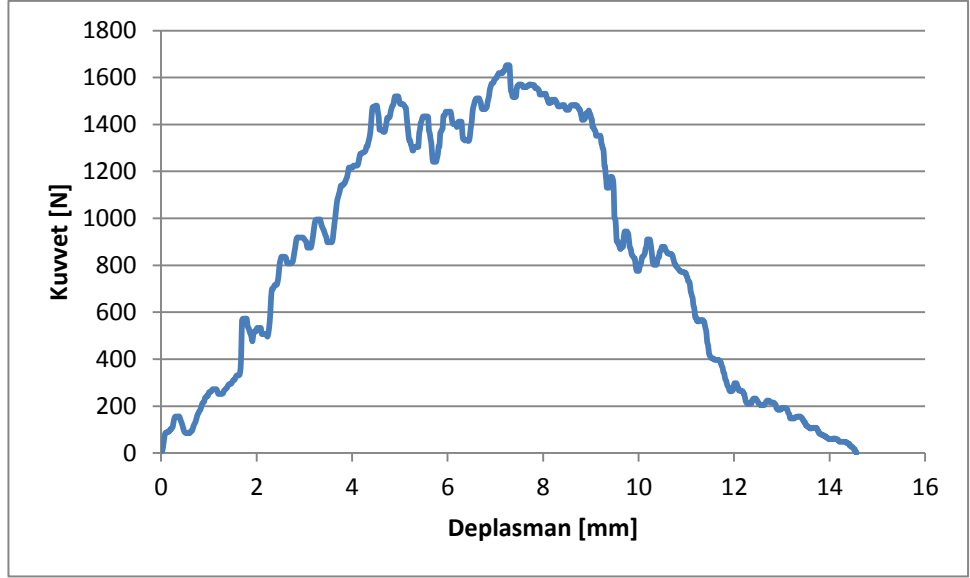


Şekil 3.44 10 J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

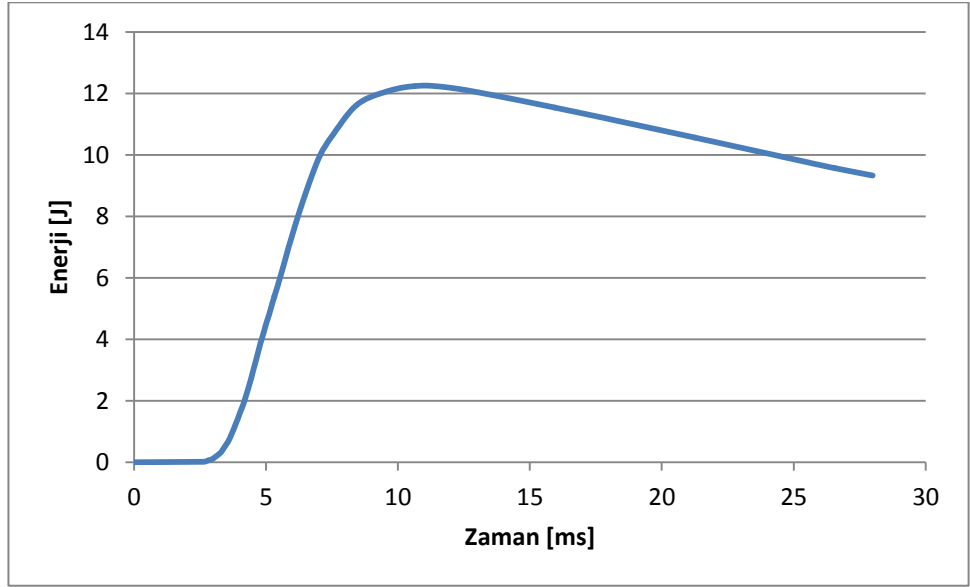
10 J ile yapılan darbe testinde, sadece keçe takviyeli numunenin kuvvet zaman grafiğinde maksimum 1607 N değerinde kuvvet ölçülmüş, 9,84 mm maksimum deformasyon oluşup test sonunda 4,1 mm deformasyon değerine parça gerilemiştir. Buradan parçanın delinmediği ancak hasar aldığı gözlenmektedir.

Enerji zaman grafiği yorumlandığında maksimum 10,78 J enerji değeri ölçülürken bunun 8,43J değeri parça tarafından absorbe edilmiştir.

15 J'lük darbe enerjisi ile yapılan testlerde; kuvvet–yer değiştirme, enerji-zaman grafikleri ve hasar görüntüleri sırası ile Şekil 3.45, 3.46 ve 3.47’de gösterilmiştir.



Şekil 3.45 15J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için kuvvet deplasman grafiği



Şekil 3.46 15J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için enerji zaman grafiği



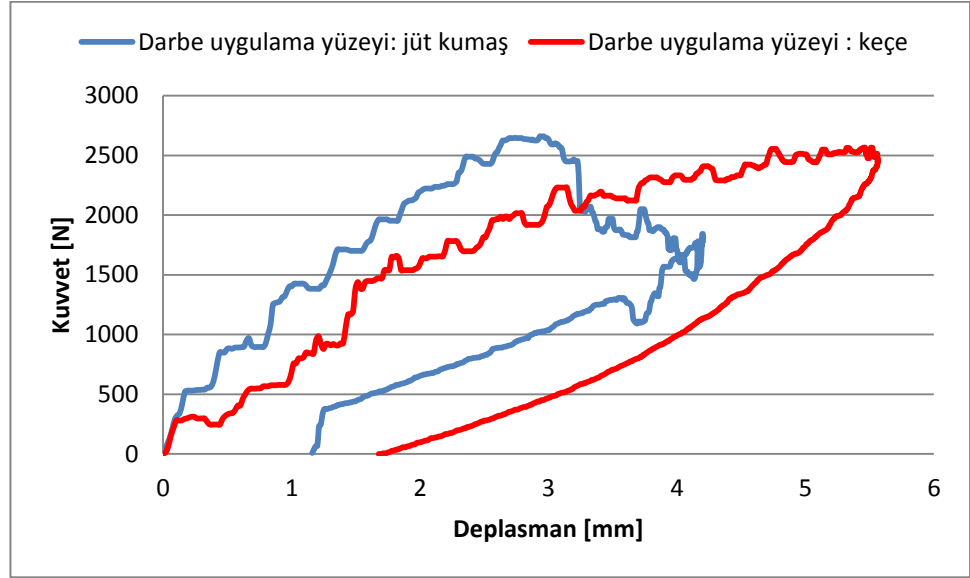
Şekil 3.47 15J enerji uygulanan sadece keçe takviyeli numune için darbe hasarı fotoğrafları

Parçada delinme hasarı için numuneye 15J değerinde darbe testi uygulanmış, Keçe takviyeli numunede maksimum kuvvet 1652 N değerine ulaşmış ve delinme hasarı meydana gelmiştir. Deformasyon değerinin düşen kuvvet ile birlikte artıyor olması fiber kırılması yaşandığının göstergesidir.

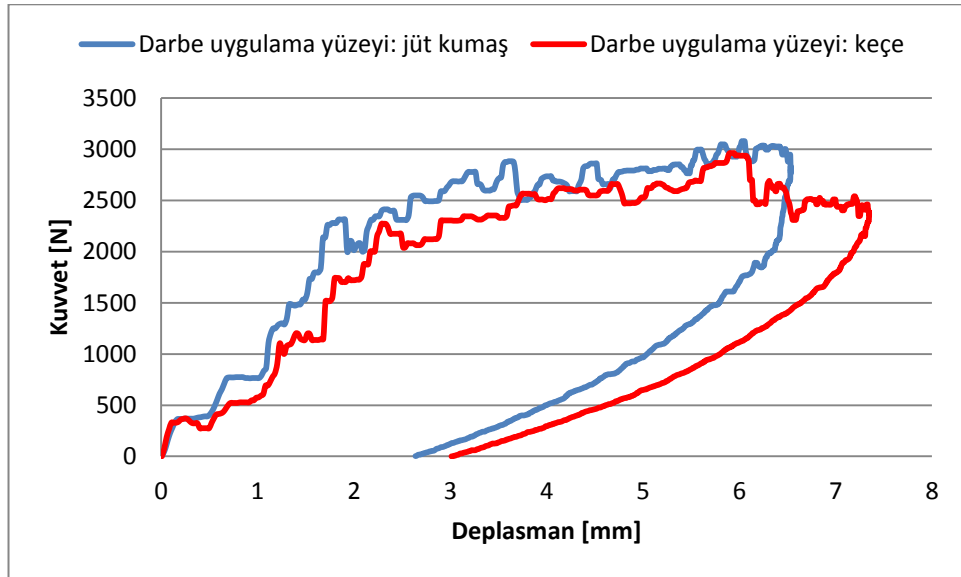
Maksimum 12,25J değeri gözlenirken 9,4 N değeri parça tarafından absorbe edilmiş, geri kalan enerji ise delinme sırasında sürtünme enerjisi olarak açığa çıkmıştır.

3.2.4 Darbe Testi Sonuçları

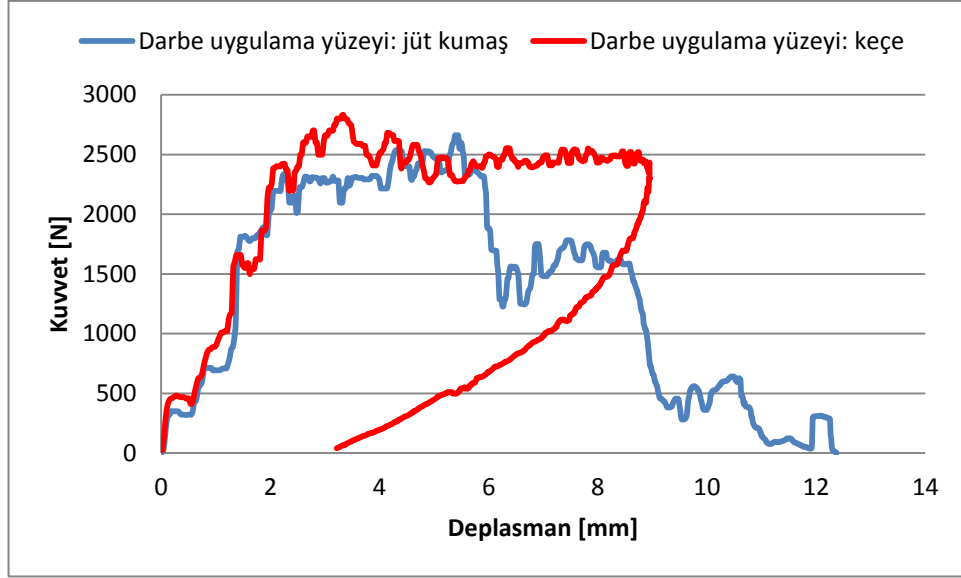
Jüt kumaş/keçe takviyeli numuneler için kuvvet–deplasman grafikleri Şekil 3.48, Şekil 3.49 ve Şekil 3.50’da sırası ile 5J, 10J ve 20J enerji seviyeleri için bir arada gösterilmiştir. Darbenin jüt kumaş yüzeyinden uygulandığı durumda, 10J ve 15J darbe enerjileri incelendiğinde Jüt kumaşın direngenliğinin daha fazla olduğu söylenebilir. 20 J ile yapılan testlerde ise durum tam tersine gelişmiş, jüt kumaş yüzeyinden uygulanan darbe ile numuneler daha önce delinmeye uğramıştır.



Şekil 3.48 10J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için kuvvet-deplasman grafiği



Şekil 3.49 15J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için kuvvet-deplasman grafiği



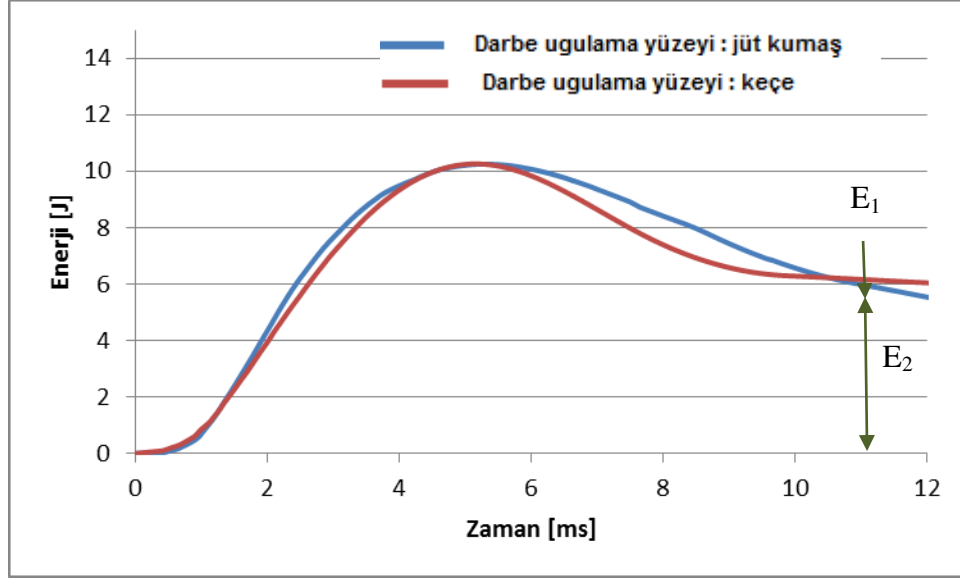
Şekil 3.50 20J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için kuvvet-deplasman grafiği

Jüt kumaş/keçe takviyeli numuneler için Darbe testi sonuçları Tablo 3.2’de özetlenmiştir.

Tablo 3.2 Jüt kumaş/keçe takviyeli numuneler için darbe testi sonuçları

	Darbe uygulama yüzeyi						
	Jüt kumaş tarafından			Keçe tarafından			
Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	10	15	20	10	15	20	25
Absorbe Edilen Enerji (J)	5,67	14,06	17,31	8,45	11,79	15,26	24,01
Maksimum Çökme (mm)	4,3	6,53	11,74	5,56	6,84	8,95	10,46
Maksimum Temas Kuvveti (N)	2659	3078	2677	2565	3364	2805	3441

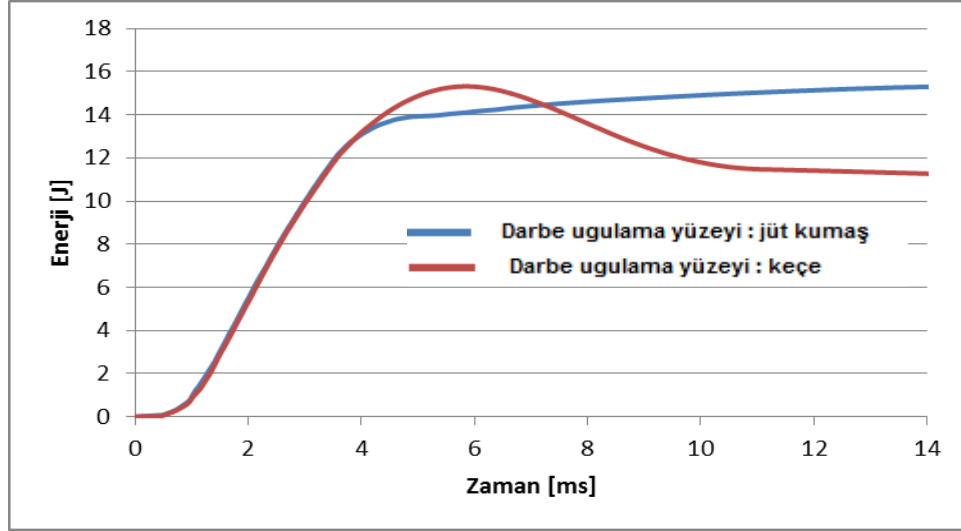
Jüt kumaş/keçe takviyeli numunelerin 5J, 10J ve 20J enerji seviyeleri için enerji-zaman grafikleri sırası ile Şekil 3.51, 3.52 ve 3.53’de bir arada gösterilmiştir.



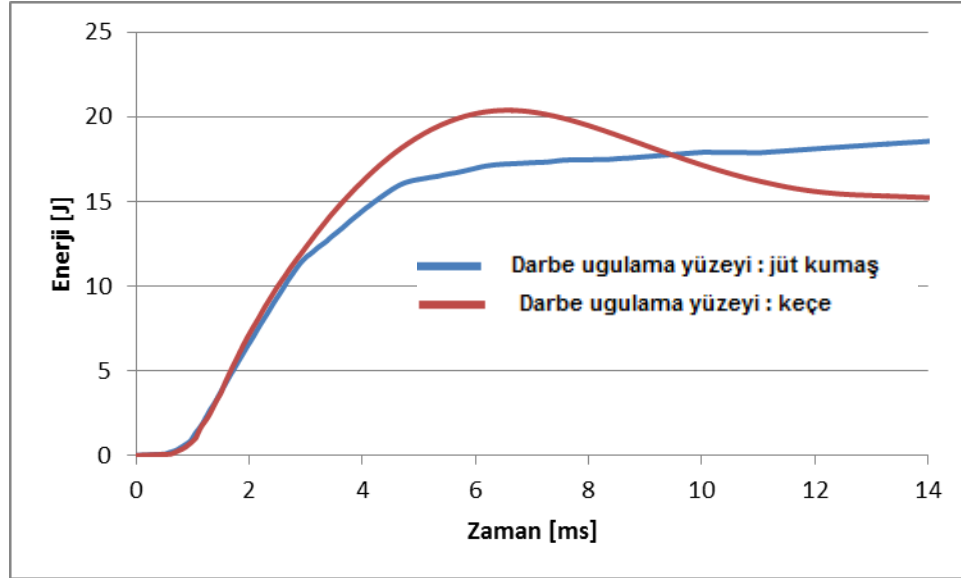
Şekil 3.51 10J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için enerji zaman grafiği

Grafikte belirtilen E_1 enerji değeri parçanın test ekipmanının numuneye çarptıktan sonra geri sıçraması için gereken enerjiyi gösterirken, E_2 enerji değeri ise parça tarafından yutulan enerji seviyesini göstermektedir (Şekil 3.51)

10J ile yapılan bu değerlendirmede; jüt kumaş yüzeyinden darbe uygulanan numunenin, keçe yüzeyinden darbe uygulanan numuneye oranla daha az enerji absorbe ettiği ve daha fazla esnek davranış göstererek enerjinin çok ufak bir kısmını daha fazla test ekipmanı ucuna geri verdiği gözlenmiştir.



Şekil 3.52 15J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için enerji zaman grafiği



Şekil 3.53 20J enerji uygulanan Jüt kumaş/ keçe takviyeli numuneler için enerji zaman grafiği

Sadece Jüt kumaş takviyeli ve sadece keçe takviyeli numunelerin test sonuçları sırası ile Tablo 3.3 ve 3.4 te gösterilmiştir.

5 J değerindeki darbe testinde keçe takviyeli numunelerin neredeyse hiç hasara uğramadığı, 15 J ile yapılan testlerde hem sadece jüt kumaş takviyeli hem de sadece keçe takviyeli numunelerin delinme hasarına uğradığı gözlenmiştir.

Tablo 3.3 Sadece jüt kumaş takviyeli numuneler için darbe testi sonuçları

Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	5	10	15
Absorbe Edilen Enerji (J)	2,63	9,39	12,63
Maksimum Çökme (mm)	6,5	10,41	12,69
Maksimum Temas Kuvveti (N)	1497	1680	1672

Tablo 3.4 Sadece keçe takviyeli numuneler için darbe testi sonuçları

Uygulanan Darbe Enerjisi (J)	5	10	15
Absorbe Edilen Enerji (J)	2,58	8,43	9,4
Maksimum Çökme (mm)	5,93	9,84	14,4
Maksimum Temas Kuvveti (N)	1376	1607	1652

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Teknolojinin ilerlemesiyle ve havacılık, savunma, taşımacılık ve inşaat sektöründe yaşanan ilerlemelere paralel olarak farklı ihtiyaçların doğması sonucunda kompozit malzemelerin üretimi ve kullanımı gitgide yaygınlaşmıştır. Bu malzemeler farklı farklı ihtiyaçlara çözüm sunarken, mekanik özellikleri yüksek olarak üretilen kompozitlerin ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesinde sorunlar olduğu dikkati çekmektedir. Günümüzde çevrenin geldiği durum dikkate alındığında üretilen kompozit malzemelerin mekanik özellikleri kadar, kullanım sonrasında çevreye olan etkileri de son derece önemli hale gelmiştir.

Yapılan bu çalışmada günümüzün alternatif malzemelere olan gereksinimleri göz önüne alınarak birçok sektörde kullanılmak üzere daha doğal daha çevreci yeni bir malzemeye olan ihtiyaç dikkate alınmıştır. Vakum destekli reçine infüzyon yöntemi kullanılarak, jüt kumaş\keçe takviyeli, sadece jüt kumaş takviyeli ve sadece keçe takviyeli olarak üretilen kompozit plakaların mekanik özellikleri ve darbe davranışları araştırılmıştır.

Üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerin belirlenmesi amacı ile ASTM D3039 standardına göre çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Çekme testinde çenelerden bağlanan numuneler 1mm/dakika hız ile çekilmiştir.

Çekme deneyleri sonucunda, jüt kumaş/keçe destekli, sadece jüt kumaş ve sadece keçe destekli kompozitler için Elastisite Modülleri sırası ile 5627,53 N/mm², 5054,49 N/mm², 5600,61 N/mm² olarak bulunmuştur. Kopma gerilme değerleri ise sırası ile 54,17 N/mm², 67,78 N/mm², 97,74 N/mm² olarak tespit edilmiştir.

Darbe testinde her bir numune kademeli olarak 10, 15 ve 20 J ile delinme, nüfuziyet ve zıplama davranışlarında test edilmiştir. Enerji seviyeleri delinme gerçekleşene kadar kademe kademe arttırılmıştır.

Darbe testi sonuçları incelendiğinde jüt kumaş ve keçe takviyeli karma yapılarda darbeyi ilk karşılayan yüzeyin keçe olması halinde darbe dayanımının daha iyi olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ataş, C. (2009). *Üretim yöntemleri*. [http://kisi.deu.edu.tr/ userweb/ cesim.atas/ kompozit/4_%20Uretim%20Yontemleri.pdf](http://kisi.deu.edu.tr/userweb/cesim.atas/kompozit/4_%20Uretim%20Yontemleri.pdf)
- Bulut, Y. ve Erdoğan, U. H. (2011). Selüloz esaslı doğal liflerin kompozit üretiminde takviye materyali olarak kullanımı. *Tekstil ve Mühendis*, 18, 82-88
- De Rosa, I. M., Santulli, C., Sarasini, F. ve Valente, M. (2009). Effect of loading-unloading cycles on i-damaged jute/glass hybrid laminates. *Polymer Composites*, 10, 1879-1887
- Doğan, A. (2014). *Farklı çevresel koşullara maruz kompozitlerin mekanik davranışları*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Karabulut, N., ve Aktaş., M. (2014). Jüt lifi takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerinin yüzey modifikasyon işlemiyle iyileştirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 55, 649, 43-49.
- Khondker, O. A., Ishiaku, U. S., Nakai, A. ve Hamada, H. (2005). Tensile, flexural and impact properties of jutefibre-based thermosetting composites. *Plastic, Rubber and Composites*, 34, 450-462
- Mishra, S., Mohanty, A. K., Drzal, L. T., Misra, M., Parija, S., Nayak, S. K. ve diğer., (2003). Studies on mechanical performance of biofiber/glass reinforced polyester hybrid composites. *Journal of Composite Science Technology*, 63, 1377–1385.
- Mula, K. H. (2006). Vakum destekli infüzyon yöntemi ile kalıplama. *Kompozit Dünyası Dergisi*, 3, 4-6

Özdemir, O. (2012). *Core material effect on impact behavior of glass fiber sandwich composites*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Santulli, C., Sarasini F., ve Valente, M. (2013). Mechanical behaviour of jute cloth/wool felts hybrid laminates. *Materials and Design*, 50, 309–321

Seki, Y., (2009). Innovative multifunctional siloxane treatment of jute fiber surface and its effect on the mechanical properties of jute/thermoset composites. *Materials Science and Engineering, A*, 508, 247-252.