



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜREKLİ KARBON ELYAF TAKVİYELİ TERMOPLASTİK
MONOKOMPOZİT FLAMENT ESASLI ,KAFES GEOMETRİLİ ÇEKİRDEK
YAPILARIN KULLANILDIĞI HAFİF SANDVIÇ PANELLER
GELİŞTİRİLMESİ VE STATİK VE DİNAMİK YÜKLER ALTINDA
PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ**

Goncanur AKBULUT

Dr.Öğr.Üyesi Behiye KORKMAZ

(1.Danışman)

Doç.Dr.Murat YAZICI

(2.Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2018

TEZ ONAYI

Goncanur AKBULUT tarafından hazırlanan "Sürekli Karbon Elyaf Takviyeli Termoplastik Monokompozit Flament Esaslı, Kafes Geometrilik Çekirdek Yapıların Kullanıldığı Hafif Sandviç Paneller Geliştirilmesi ve Statik ve Dinamik Yükler Altında Performansının Deneysel Olarak Belirlenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir

1.Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Behiye KORKMAZ

2.Danışman: Doç.Dr. Murat YAZICI

Başkan : Dr.Öğr. Üyesi Behiye KORKMAZ

Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü



İmza

Üye : Doç.Dr. Ali Rıza MOTORCU

Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü



İmza

Üye : Dr.Öğr.Üyesi Kenan TÜFEKÇİ

Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü



İmza


Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

25.06/2018

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

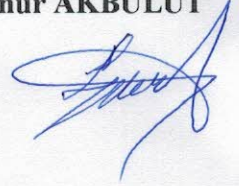
- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

04/06/2018

İmza

Goncanur AKBULUT



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SÜREKLİ KARBON ELYAF TAKVİYELİ TERMOPLASTİK MONOKOMPOZİT FLAMENT ESASLI ,KAFES GEOMETRİLİ ÇEKİRDEK YAPILARIN KULLANILDIĞI HAFİF SANDVIÇ PANELLER GELİŞTİRİLMESİ VE STATİK VE DİNAMİK YÜKLER ALTINDA PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

Goncanur AKBULUT

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman:Dr.Öğr. Üyesi Behiye KORKMAZ

Günümüzde kompozit malzemelerin üstün özelliklerinin artması sonucu kullanım alanları da gün geçtikçe çoğalmış ve bu malzemelerle ilgili araştırma geliştirme faaliyetleri de artmıştır. Bu çalışmada farklı iki kompozit malzeme üreterek ara bağlayıcıyla oluşturulan sandviç yapıları tasarımsal olarak incelenmiştir. Sandviç yapının üst ve alt yüzeyleri karbon fiber takviyeli plaka ve çekirdek yapıyı oluşturan kafes geometrisi formları için kullanılan malzeme de yine sürekli karbon elyaf takviyeli termoplastik monofilament yapılı malzemeler kullanılmıştır. Buna bağlı olarak üç ayrı kafes geometrisi oluşturulmuştur. Bunlar dikdörtgen piramit, üçgen piramit ve balpeteği piramit modelleridir. Bu kafes yapılarının dikey bileşenlerini oluşturan ve kolon olarak isimlendirdiğimiz yerleşim tasarımları tek hücreden oluşan kafes geometrisinde üretilmiş ve bası testlerine tabi tutularak en uygun kolon yerleşim düzeni belirlenmiştir. Daha sonra seçilen en uygun kolon yerleşim düzenine bağlı olarak da her bir model için üç ayrı boyda kafes geometrisinden oluşan sandviç çekirdeklerine ait numune üretimi yapılmıştır. Oluşturulan kafes yapılı çekirdek geometrileri sürekli elyaf takviyeli kompozit plakalara yapıştırılarak sandviç paneller oluşturulmuştur, oluşturulan sandviç yapılar 3 nokta dinamik ve statik testlere tabi tutularak, sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbon Elyaf, Monokompozit Flament, Çekirdek, Kafes Geometri, Termoplastik kompozit, Sandviç plak.

2018,xi,165 Sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

DEVELOPMENT OF NOVEL SANDWICH STRUCTURES BY USING
CONTINUOUS CARBON FIBER REINFORCED THERMOPLASTIC MONO-
COMPOSITE LATTICE TRUSS CORES, AND MEASUREMENT OF
PERFORMANCE UNDER STATIC AND DYNAMIC LOADS EXPERIMENTALLY.

Goncanur AKBULUT

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Behiye KORKMAZ

Nowadays, as a result of increasing outstanding specifications of composite materials, usage range also diversified besides research and development facilities about these materials increased respectively. Within this study, the structural sandwich design of two different types of composite materials which are formed with interfacial bonder material are analyzed. The material which used for the carbon fiber reinforced plate, and the lattice geometry of the plates is also continuous carbon fiber reinforced thermoplastic monofilament material. According to that, three separate lattice geometrics fabricated, which are rectangular pyramids, triangular pyramids, and honeycomb pyramid models. The column layout designs of these lattice structures were created in a single lattice geometry and subjected to compression tests to determine the column layout. Afterward, according to the layout of this column, three different sizes of samples were produced for each model. The lattice geometries generated were again bonded to continuous fiber reinforced composite skins and the resulting sandwich structures subjected to 3 point dynamic and static bending experiments, the results evaluated.

Keywords : Carbon fibre, monofilament, composite, lattice core, thermoplastic composite, sandwich plate.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmamın hazırlanması süresince bana her konuda yardımcı olan ve beni yetiőtiren değerli danışman hocalarım Dr.Öğr. Üyesi Behiye KORKMAZ 'a ve Doç.Dr. Murat YAZICI'ya teşekkür ederim.

Tez çalıőmalarım süresince benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen AİLEME ve özellikle her zaman bana destek olan annem Sevim AKBULUT'a teşekkür ederim.

Kalıp üretim sürecindeki yardımlarından dolayı arkadaşım Halil BÜYÜKDÜMLUPINAR'a teşekkür ederim.

Numunelerdeki plaka üretimi ve testlerin yapım sürecindeki yardımlarından dolayı Arő. Gör. Harun GÜÇLÜ'ye teşekkür ederim.

Goncanur AKBULUT

04 /06/2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SEMBOLLER LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1 KURAMSAL TEMELLER	2
2.1.1 Kompozit malzemeler	2
2.1.2 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	3
A) Matris Malzemesine Göre Sınıflandırma	4
a) Metal Matrisli Kompozitler	4
b) Seramik Matrisli Kompozitler	4
c) Polimer Metal Matrisli Kompozitler	5
B) Takviye Elemanının Yerleşim ve Şekline Göre Sınıflandırma	9
a) Elyaf takviyeli Kompozitler	9
b) Parçacıklı Kompozitler	10
c) Tabakalı Kompozitler	11
2.1.3 Kompozit Malzeme Üretim Teknikleri	12
A) Hazır Kalıplama	12
B) Otoklav(Autoclave Bonding)	13
C) Püskürtme (Sprey-Up)	13
D) Reçine Transfer Kalıplama RTM	14
E) El Yatırma (Handlay-Up)	15
F) Vakum Torbalama(Vacum Bagging)	16
G) Preslenebilir Takviyeli Termoplastik(glass mat reinforced thermoplastics/GMT)	16
H) Elyaf Sarma (Filament Winding)	17
I) Profil Çekme/ Pultrüzyon(Pultrusion)	17
2.1.4 Sandviç Yapılar	18
A) Kafes Tipi	19
B) Çekirdek Tipi	19
2.2 KAYNAK ARAŞTIRMASI	19
3.MATERYAL VE YÖNTEM	24
3.1 MATERYAL	24
3.1.1 Bileşenler	24
3.2. YÖNTEM	26
3.2.1 Plaka Termoplastik Karbon Fiber Kompozit Yapısı ve Üretimi	26
3.2.2.Termoplastik Monokompozit Karbon Fiber Kafes Yapı Bileşenleri ve Üretimi ..	29
3.2.3 Sandviç Panellerin İmalatı	30
3.2.4 Uygulanan Testler ve Özellikleri	57
A) Bası Testi	57
B) Statik Üç Nokta Eğilme Testi	61
C) Dinamik Üç Nokta Eğilme Testi	62
4.BULGULAR	65

4.1 Hücresel Bası Testleri	65
4.2 Dinamik Üç Nokta Eğilme Testleri	77
4.3 Statik Üç Nokta Eğilme Testleri.....	90
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	102
KAYNAKLAR.....	103
EKLER.....	106
ÖZGEÇMİŞ.....	165



SEMBOLLER LİSTESİ

h_0 = Numune yüksekliği

d_0 = Numune apı

σ_a = Akma dayanımı

σ_b = Basma dayanımı

σ_0 =Orantı sınırı

K.U. =Kopma uzaması

σ = Gerilme

ϵ = Uzama

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Takviye Şekline göre kompozit türleri	2
Şekil 2.2 Çeşitli fiber formları.....	2
Şekil 2.3 Elyafların dokuma şekilleri.....	10
Şekil 2.4 Elyafların yerleştirilme yönleri.	10
Şekil 2.5 Parçacıklı kompozit yapısı.....	11
Şekil 2.6 Fiber takviyeli tabakalı kompozitler	11
Şekil 2.7 Elle püskürtme yöntemi.....	14
Şekil 2.8 RTM yöntemi üretim prosesi	15
Şekil 2.9 Elle yatırma yöntemi	15
Şekil 2.10 Vakum torbalama işlemi şeması	16
Şekil 2.11 Elyaf sarma yöntemi	17
Şekil 2.12 Pultrüzyon tekniği üretim şeması.....	18
Şekil 2.13 Sandviç yapı görüntüsü	18
Şekil 3.1 Kullanılan EVA yapıştırıcının ticari görüntüsü	26
Şekil 3.2 Termoplastik monokompozit karbon fiber filament yapının üretildiği sistem ve kalıp düzeneği	27
Şekil 3.3 Plaka oluşumu için hazırlanmış kompozit şeritler.	27
Şekil 3.4 Plaka haline getirilmiş kompozit yapının kalıptan çıkmış hali.....	28
Şekil 3.5 Plakadan 50mmx200mm ölçülerinde kesilen sandviç numune plakaları	29
Şekil 3.6 Termoplastik monokompozit Karbon fiber filament yapının kalıptan çıkışı ...	29
Şekil 3.7 Termoplastik karbon fiber malzemenin şekli ve ölçüleri.	30
Şekil 3.8 Karbon fiber monokompozit yapının makaralara sarılmış kullanıma hazır hali	30
Şekil 3.9 A ve B modellerine ait numune yerleşim düzeni.....	31
Şekil 3.10 C modeline ait petek yapının 50x200 plakaya yerleştirme aşamaları.....	32
Şekil 3.11 Karbon fiber monokompozit malzemenin kesim aşaması.....	33
Şekil 3.12 Elde üretilen A ve B modeline ait tabakalar	33
Şekil 3.13 Elde üretilen kafes yapıların üst üste getirilmiş hali	34
Şekil 3.14 Elde üretilen C modeline ait mesh yapılar.....	34
Şekil 3.15 C modeline ait elde üretilen mesh yapıların üst üste getirilmiş hali	35
Şekil 3.16 A ve B modeli üst ve alt yüzeye ait kafes yapı kalıp tasarımı üç boyutlu ve üst görünüşü.....	35
Şekil 3.17 C modeline ait tavan taban kafes yapı kalıp tasarımı üç boyutlu ve üst görünüşü.....	36
Şekil 3.18 Plaka kafes yapıların üretilen kalıpları.....	37
Şekil 3.19 Karbon fiber monofilament kompozitlerin kalıba yerleştirilmesi.....	37
Şekil 3.20 Karbon fiber monofilament kompozitlerin ara bağlayıcı ile bağlanarak kafes yapı oluşturulması.....	38
Şekil 3.21 A ve B modeline ait kafes yapının kalıptan sökülmesi	38
Şekil 3.22 C modeline ait petek yapının kalıp üzerine yerleştirilmesi ve üretimi işlemi	38
Şekil 3.23 C modeline ait petek yapının kalıptan ayrılması.....	39
Şekil 3.24 Bası testlerinden sonra elde edilen kolon yerleşim modelleri A,B ve C	39
Şekil 3.25 A Grubuna ait kafes yapıları küçükten büyüğe 15 mm,20 mm ve 25 mm yükseklik	40

Şekil 3.26 B Grubuna ait kafes yapıları küçükten büyüğe 15 mm,20 mm ve 25 mm yükseklik	40
Şekil 3.27 C Grubuna ait kafes yapıları küçükten büyüğe 15 mm,20 mm ve 25 mm yükseklik	41
Şekil 3.28 B modeline ait piramit yapıda 3 ayrı yüksekliğin aynı kalıpta tasarlanması	44
Şekil 3.29 B modeline ait piramit yapı kalıbı üst görünüşü	44
Şekil 3.30 B modeli piramit yapı kalıbı	44
Şekil 3.31 B modeli kafes yapının kalıba yerleştirilmesi	45
Şekil 3.32 B modeli kafes yapının ilk aşamasının kalıptan ayrılması	46
Şekil 3.33 B modeline ait kafes yapının son üretim aşaması	46
Şekil 3.34 B modeline ait sandviç çekirdeği için üç ayrı yükseklikte üretilen numune örnekleri	47
Şekil 3.35 B modeline ait numunelerin paneller yapıştırılmadan önceki halleri	47
Şekil 3.36 İlk aşamada balpeteği kafes yapısı metal bir plakaya monte edilmiş ve diğer kafes yapı üzerine oturtulmuş hali	48
Şekil 3.37 İki kafes yapı arasında mesafe ayarı yapıp sabitlenmesi.....	48
Şekil 3.38 Ara kolon yerleşim süreci.....	49
Şekil 3.39 Ara kolonlar yerleşim süreci devam.....	49
Şekil 3.40 Kolon yerleşiminin tamamlanması	49
Şekil 3.41 Kolon yerleşimi tamamlanan parça.....	50
Şekil 3.42 C modeline ait kolon yerleşimi tamamlanmış kafes yapı.....	50
Şekil 3.43 C modeline ait üç ayrı boyda üretilmiş numune örnekleri	51
Şekil 3.44 C modeline ait üç ayrı boyda üretilen numunelerin tamamı.....	51
Şekil 3.45 A modeline ait üç ayrı boyda üretilmiş numune örnekleri	52
Şekil 3.46 A modeline ait üç ayrı boyda üretilen numunelerin tamamı	53
Şekil 3.47 B modeline ait sandviç yapının oluşum aşaması	54
Şekil 3.48 Numunelerin ağırlıklarının ortalamalarının kafes yapı ve sandviç yapı karşılaştırılması.....	56
Şekil 3.49 Bası kuvveti uygulamasında sünek numunedeki fıçı şekli oluşumu.....	58
Şekil 3.50 Metal özellikli bir malzemenin bası ve çekme diyagramları.....	59
Şekil 3.51 Gerilme-Birim uzama grafiğinin altında kalan alan şekil değiştirmek için gerekli olan enerjiyi (tokluğu) verir.	61
Şekil 3.52 Statik üç nokta eğilme testi şematik gösterimi	61
Şekil 3.53. Dinamik üç nokta eğilme düzeneği.....	63
Şekil 3.54 Dinamik deney düzeneği tasarımı.....	63
Şekil 3.55 Dinamik deney düzeneği	64
Şekil 4.1 Dikdörtgen piramit modellerine (A) ait kolon yerleşim düzeni.....	65
Şekil 4.2 Üçgen piramit (B) modeline ait 4 farklı kolon yerleşim düzeni	65
Şekil 4.3 Balpeteği (C) modeline ait 3 farklı kolon yerleşim düzeni	66
Şekil 4.4 A modeline ait oluşturulmuş birim kafes yapılar.....	67
Şekil 4.5 B modeline ait oluşturulmuş birim kafes yapılar	67
Şekil 4.6 C modeline ait oluşturulmuş birim kafes yapılar.....	67
Şekil 4.7 Bası testine hazırlık birim kafes matris numaralandırması	68
Şekil 4.8 Bası testi öncesi birim kafes yapıları.....	68
Şekil 4.9 A1 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları	69
Şekil 4.10 A2 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları	70
Şekil 4.11 A3 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları	70
Şekil 4.12 A4 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları	70

Şekil 4.13 B1 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları.....	70
Şekil 4.14 B2 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları.....	70
Şekil 4.15 B3 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları.....	71
Şekil 4.16 B4 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları.....	71
Şekil 4.17 C1 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları.....	71
Şekil 4.18 C2 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları.....	71
Şekil 4.19 C3 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları.....	72
Şekil 4.20 A1 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri	72
Şekil 4.21 A2 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri	72
Şekil 4.22 A3 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri	73
Şekil 4.23 A4 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri	73
Şekil 4.24 B1 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri.....	73
Şekil 4.25 B2 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri.....	74
Şekil 4.26 B3 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri.....	74
Şekil 4.27 B4 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri.....	74
Şekil 4.28 C1 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri.....	75
Şekil 4.29 C2 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri.....	75
Şekil 4.30 C3 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri.....	75
Şekil 4.31 Oluşturulan numunelerin tamamı.....	78
Şekil 4.32 Test cihazı test uygulamasından önceki görüntüsü.	78
Şekil 4.33 Oluşturulan numunelerin tamamının izometrik görünümü	79
Şekil 4.34 A1 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü (A1-1,A1-2,A1-3)	80
Şekil 4.35 A2 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü (A2-1,A2-2,A2-3)	80
Şekil 4.36 A3 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü (A3-1,A3-2,A3-3)	80
Şekil 4.37 A2-3 dinamik üç nokta eğilme testi deformasyon görüntüleri	81
Şekil 4.38 A2-3 dinamik üç nokta eğilme testi grafiği	81
Şekil 4.39 B1 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü (B1-1,B1-2 ve B1-3)	82
Şekil 4.40 B2 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü (B2-1,B2-2 ve B2-3)	82
Şekil 4.41 B3 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü (B3-1,B3-2 ve B3-3)	82
Şekil 4.42 B2-1 deformasyon görüntüleri.....	83
Şekil 4.43 B2-1 dinamik üç nokta eğilme testi grafiği	83
Şekil 4.44 C1 grubuna ait test sonrası görüntüsü(C1-1,C1-2 ve C1-3)	84
Şekil 4.45 C2 grubuna ait test sonrası görüntüsü(C2-1,C2-2 ve C2-3)	84
Şekil 4.46 C3 grubuna ait test sonrası görüntüsü(C3-1,C3-2 ve C3-3)	84
Şekil 4.47 C2-1 deformasyon görüntüleri.....	85
Şekil 4.48 C2-1 dinamik üç nokta eğilme testi grafiği	85
Şekil 4.49 A grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (A3 grubu zaman çizelgesi alınmıştır).....	86
Şekil 4.50 B grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (B1 grubu zaman çizelgesi alınmıştır).....	86
Şekil 4.51 C grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (C1 grubu zaman çizelgesi alınmıştır).....	87

Şekil 4.52 A1,B1 ve C1 grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (B1 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)	87
Şekil 4.53 A2,B2 ve C2 grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (C2 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)	87
Şekil 4.54 A3,B3 ve C3 grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (B3 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)	88
Şekil 4.55 Dinamik üç nokta eğilme deneyi maksimum kuvvet ortalamaları	88
Şekil 4.56 Statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamının görüntüsü..	90
Şekil 4.57 A1 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	91
Şekil 4.58 A2 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	91
Şekil 4.59 A3 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	91
Şekil 4.60 A3-5 numunesine ait statik üç nokta eğilme testi sonrası görüntüsü	92
Şekil 4.61 A3-5 numunesine ait statik üç nokta eğilme testi grafiği	92
Şekil 4.62 B1 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	93
Şekil 4.63 B2 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	93
Şekil 4.64 B2 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	93
Şekil 4.65 B2-6 numunesine ait statik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü	94
Şekil 4.66 B2-6 numunesine ait statik üç nokta eğilme testi grafiği	94
Şekil 4.67 C1 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	95
Şekil 4.68 C2 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	95
Şekil 4.69 C3 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı	95
Şekil 4.70 C1-4 numunesine ait statik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü	96
Şekil 4.71 C1-4 numunesine ait statik üç nokta eğilme testi grafiği	96
Şekil 4.72 A1,B1,C1 gruplarının statik üç nokta eğilme test grafikleri karşılaştırması (15 mm'lik grup)	97
Şekil 4.73 A2,B2,C2 gruplarının statik üç nokta eğilme test grafikleri karşılaştırması (20 mm'lik grup)	97
Şekil 4.74 A3,B3,C3 gruplarının statik üç nokta eğilme test grafikleri karşılaştırması (25 mm'lik grup)	98
Şekil 4.75 A grubu (A1,A2 ve A3) statik üç nokta eğilme testi karşılaştırması grafiği (15,20 ve 25 mm yükseklik)	98
Şekil 4.76 B grubu (B1,B2 ve B3) statik üç nokta eğilme testi karşılaştırması grafiği (15,20 ve 25 mm yükseklik)	99
Şekil 4.77 C grubu (C1,C2 ve C3) statik üç nokta eğilme testi karşılaştırması grafiği (15,20 ve 25 mm yükseklik)	99
Şekil 4.78 Statik üç nokta eğilme deneyi maksimum kuvvet ortalamaları	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 E-cam ve S-cam fiberlerin kimyasal bileşimleri.....	6
Çizelge 2.2 İki tip fibere ait mekanik özellikler	6
Çizelge 2.3 Kevlar fiberlerin özellikleri	7
Çizelge 2.4 Termosetler ve termoplastiklerin karşılaştırılması.....	8
Çizelge 3.1 Polipropilen teknik özellikleri.....	25
Çizelge 3.2 Sandviç numune kodlama tablosu.....	55
Çizelge 3.3 Sandviç numunelerin kafes haldeki ve sandviç haldeki kütleleri	55
Çizelge 3.4 Her bir gruba ait numune ortalama kütleleri.....	56
Çizelge 4.1 Birim kafes yapılarının kütleleri (gr) tablosu.....	66
Çizelge 4.2 Bası testleri sonuçları ortalamaları.....	69
Çizelge 4.3 Bütün sandviç numunelerin kodlama tablosu.....	66
Çizelge 4.4 Dinamik testleri için uygulanan numune tablosu.....	79
Çizelge 4.5 Dinamik üç nokta eğilme deneyi maksimum kuvvet değerleri tablosu	66
Çizelge 4.6 Dinamik üç nokta eğilme deneyi hata modları tablosu	89
Çizelge 4.7 Statik testleri için uygulanan numune kodlaması.....	90
Çizelge 4.8 Statik üç nokta eğilme deneyi maksimum kuvvet değerleri tablosu	100
Çizelge 4.9 Statik üç nokta eğilme deneyi hata modları tablosu.....	101

1. GİRİŞ

Bu çalışmada sürekli karbon elyaf takviyeli termoplastik monokompozit filament esaslı üretilmiş yeni bir malzemenin kafes geometrili çekirdek yapıların kullanıldığı hafif sandviç paneller haline getirilerek, statik ve dinamik yükler altında verdiği tepkiler incelenmiştir.

Bu çalışmanın sebebi çeşitli alanlarda kullanılmak üzere hafif ve mukavim malzemelere duyulan ihtiyaçtan ötürüdür. Özellikle ağırlığın az ve mukavemetin çok olmasının istendiği havacılık sektöründe ihtiyaç duyulan önemli malzemeler arasında yer almaya başlamıştır. Denizcilik ve otomotiv sanayinde de durum çok da farklı değildir. Bu çalışmada çeşitli endüstrilerde kullanılabilecek yeni bir kompozit malzeme tasarımı ve üretimi üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın kuramsal temeller ve kaynak araştırması kısmında bu zamana kadar yapılmış literatür çalışmaları ve yöntemleri ele alınmış ve çalışmalardan örnekler verilip, bizim yaptığımız çalışmaya yakın olan çalışmalara örnek teşkil etmiştir.

Çalışmanın materyal ve yöntem kısmında kompozit malzemeler ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Bizim ürettiğimiz 3 tip model 3 ayrı boyda incelenmiştir. Bu 3 model oluşturulurken meydana gelen kolon yerleştirme modelleri birim kafes yapılar oluşturularak hücre bası testlerine tabi tutulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar üreteceğimiz kompozit panel yapı kolon modeli hakkında bilgi vermiştir. Buna bağlı olarak Ürettiğimiz kompozit panelin tasarımı ve üretim yöntemleri hakkında açıklama yapılmış olup, hangi testler yapılacağı belirtilmiştir. Ayrıca kompozit panellere yapılan testler de bu bölüme eklenmiştir.

Bulgular kısmında yaptığımız testler ve testlerin sonucunda elde ettiğimiz veriler ve grafikler bulunmaktadır.

Tartışma ve sonuç kısmında elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş olup daha sonraki çalışmalara örnek niteliği belirtilmiştir.

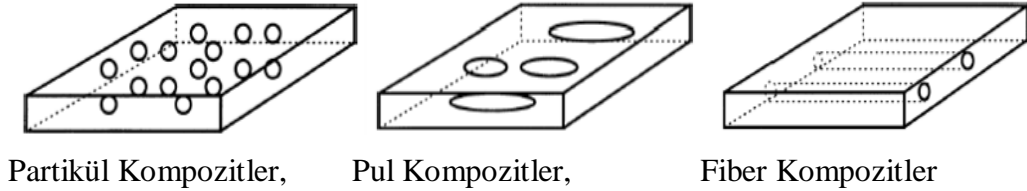
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kompozitler çalışma alanı olarak çok geniş bir yelpazeye sahiptir. Buna bağlı olarak da çok çeşitli araştırmalar mevcuttur. Bu bölümde ise kompozitler, temel kompozit çeşitleri ve başlıca kompozit üretim teknikleri anlatılmıştır. Ardından da daha önce yapılan çalışmaların bazılarına değinilmiştir ve hangi tür çalışmaların bizim yaptığımız çalışmaya etkileri olduğuna bakılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1.1 Kompozit Malzemeler

Kompozit, makro yapıda olup bir araya getirilen ve karışıklarında çözünemeyen iki yada daha fazla malzemeden oluşan yeni bir yapıdaki malzemedir. Yapıdaki malzemelerden biri takviye fazı, diğeri de matris malzemesidir. Malzemelerden takviye olanının fazı fiberi pul yada parçacık şeklinde olabilir. Matris malzeme genelde sürekli yapıdadır. Kompozit sistemlere örnek olarak çelikle takviye edilmiş beton ve grafit, cam, karbon, kevlar vb. gibi fiberlerle takviye edilmiş polimerler verilebilir.



Şekil 2.1 Takviye Şekline göre kompozit türleri (KAW,A.K.1997)

2.1.2 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozitlerde sınıflandırma şekli takviye edilen malzemenin geometrisine (fiber, parçacık veya pul şeklinde oluşuna göre) yada matrisin türüne göre (karbon, metal, seramik veya polimer oluşuna göre) sınıflandırılabilir.

*Parçacık takviyeli kompozitlerde, seramik ve alaşım gibi matrislerin içinde bazı parçacıklar yer alır. Parçacıklar rastgele dağıldığından dolayı genellikle izotropiktir. Parçacık kompozitlerin yüksek mukavemet, yükseltilmiş çalışma sıcaklığı, oksidasyona karşı dayanma direnci vs. gibi avantajlara sahiptir. Genel örnekler olarak kauçuk içinde dağıtılmış alüminyum parçacıkları ve betonarme yapılarda kullanılan beton için kum, çimento ve çakıl sıralanabilir.

*Pul takviyeli kompozitlerde, matrisler içine kalınlığı diğer iki boyutuna göre çok küçük pul formunda partikül malzemeler takviye edilmiştir. Pul formundaki partiküllerin üretiminde kullanılan malzemelere örnek olarak gümüş, mika, alüminyum ve cam verilebilir. Bu kompozitler, yüksek düzlem harici eğilme modülüne, yüksek mukavemete ve düşük maliyete sahiptir. Fakat kolaylıkla yönlendirilemezler, kullanılabilecekleri malzemeler sınırlıdır.

*Fiber takviyeli kompozitler uzun (sürekli) veya kısa (süreksiz) fiber takviyeli matrislerden oluşur. Fiberler genel itibariyle anizotropiktir. Karbon ve aramid örnek olarak verilebilir. Matris örneği olarak da alüminyum, epoksi gibi malzemeler ve kalsiyum-alumina silikat gibi seramikleri verilebiliriz. Sürekli fiber kompozitin asıl birimi, tek yönlü yada örgü şeklinde fiber katmanlardır. Bu katmanlar kullanılarak çok yönlü takviyeli plakalar oluşturabilmek için aynı veya farklı açılarda üst üste dizilerek birleştirilir.

*Karbon/karbon kompozitler, karbon matrisin karbon elyaf ile takviye edilmesiyle elde edilir. Bu kompozitlerde karbon fiber, kompozitin dayanıklı olmasını sağlar ve tokluğunu artırır. Buna ilaveten termal şoklara karşı da daha iyi bir dayanım gösterir. Karbonun düşük yoğunluklu olmasından dolayı kompozitin spesifik dayanımı, modülü

ve termal iletkenlik verileri kompozit çeşitleri içinde değeri en yüksek olandır. Ayrıca termal genleşme katsayısı yaklaşık olarak sıfırdır.

A) Matris Malzemelerine Göre Sınıflandırma

Kompozit malzeme türleri, matris malzemesine göre 3 grupta incelenebilir.

1- Metal matrisli kompozitler

2-Seramik matrisli kompozitler

3-Polimer matrisli kompozitler(ONGUN,A.2015)

a) Metal Matrisli Kompozitler

Adından da anlayacağımız üzere Metal Matris Kompozitler (MMC), metal matrise sahiptir. Bu gibi kompozitlerde kullanılan matris malzemelerine alüminyum, magnezyum ve titanyum örnek olarak verebilir. Fiberlere örnek olarak da silisyum karbür ve karbon verilebilir. Metaller, tasarımsal ihtiyaçları karşılamak ve kendi özelliklerini artırmak veya azaltma için takviye edilir. Örnek olarak, fiber ilavesi olarak silikon karbid kullandığında metallerin mukavemeti ve elastik açıdan rijitliği artırılabilir..Ayrıca yüksek değerlere ulaşan termal genleşme, elektriksel ve termal iletkenlik katsayılarını da azaltılabilir.

b) Seramik Matrisli Kompozitler

Seramik matris kompozitler (CMC), silisyum karbür veya karbon gibi fiberlerle takviye edilmiş alüminasilikat ,alümina kalsiyum gibi bir seramik matris içermektedir.

*Seramik-Cam Kompozit Malzemeler : Çoğunlukla günlük yaşantıda kullanılan porselen, seramik matrisinin cam ile takviye edilerek üretilen bir örneğidir. Cam yapısında kuartz bulunmaktadır ve fiberleri seramik matris ile birleştirilerek üretilirler.

*Seramik-Seramik Sistemi : Adından da anlaşılacağı gibi birden fazla seramik malzemenin birbirleri ile farklı yöntemlerle birleşmesi ile elde edilen bir kompozit malzeme türüdür.

*Seramik-Metal Sistemi : Metal ve seramik malzemelerin birleşmesi ile elde edilen kompozit yapılardan,çok farklı yapılar üretilebilmektedir. Uygulamalarda yüksek mukavemete ve sertliğe sahip oldukları için çoğunlukla imalatlarda kesici takımlarda sıkça kullanılmaktadırlar. Örnek verecek olursak tungsten ve kobalt malzemeleri ile üretilmiş karpitlerden meydana gelen bir kompozit yapı seramik-metal sistemine dahildir.

c) Polimer Matrisli Kompozitler

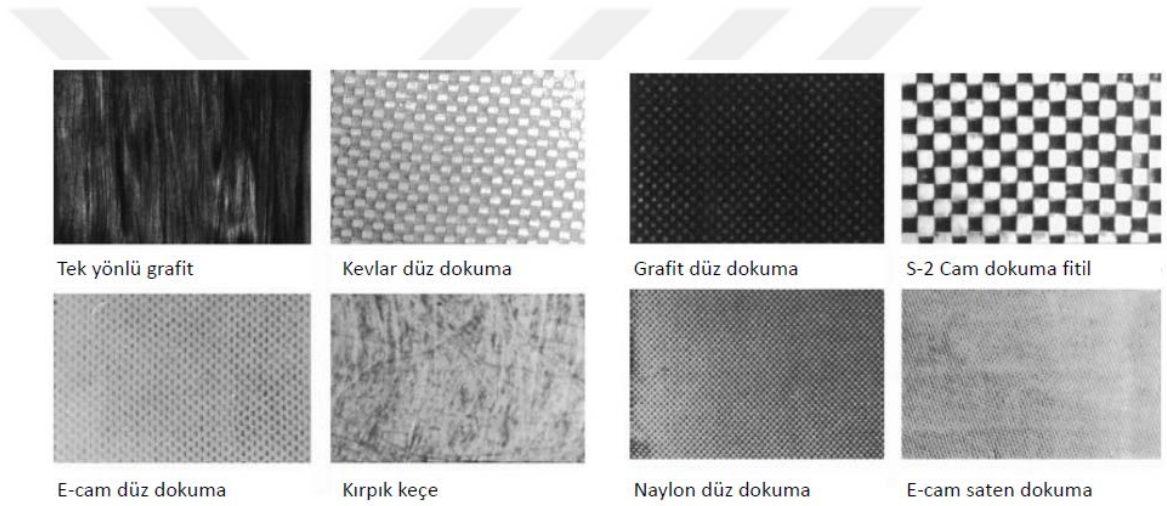
Küçük çaplı fiberlerle (boron ,grafit,aramid, gibi) takviye edilen bir polimerden (üretan ,epoksi, polyester, gibi) oluşan polimer matrisli kompozitler (PMC),en çok kullanılan ileri kompozitlerdir. Örnek olarak, grafit/epoksi kompozitler, çelikten yaklaşık olarak beş kat daha dayanıklıdır. Bu kompozitlerin genel olarak kullanım nedenleri, maliyetlerinin düşük olması,mukavemetlerinin yüksek olması ve üretim yöntemlerinin basit ve kolay olmasıdır.

Cam Fiberler : En çok tercih edilen fiber türü,polimer matrise sahip kompozitlerde cam fiberlerdir. Mukavemetleri yüksektir, maliyetleri düşüktür, yüksek kimyasal dirence sahiptirler ve yalıtım özellikleri oldukça iyidir. Fakat elastik modülü düşük, polimerlere yapışma özelliği zayıf, özgül ağırlığı yüksek, sürtünmeye karşı hassas ve yorulma dayanımı düşüktür.

En çok kullanılan cam fiber türleri E- cam ve S-camdır. "E"nin anlamı elektrikten gelir bunun sebebi bu cam türünün tasarım amacı elektrik uygulamalarıdır. Buna bağlı olarak farklı sektörlerde kullanılan farklı tipleri de mevcuttur. Cam fiberlerin çeşitli formlarda üretimleri de mevcuttur.

Çizelge 2.1 E-cam ve S-cam fiberlerin kimyasal bileşimleri(KAW,A.K.1997)

Malzeme	% Ağırlık	
	E-Cam	S-Cam
Silikon Oksit	54	64
Aluminyum Oksit	15	25
Kalsiyum Oksit	17	0,01
Magnezyum Oksit	4,5	10
Boron Oksit	8	0,01
Diğerleri	1,5	0,8



Şekil 2.2 Çeşitli fiber formları(ATAŞ,A.2018)

Grafit Fiberler :Grafit fiberlerin özgül mukavemeti ve modülü yüksek, termal genleşme katsayısı düşük ve yorulma dayanımı yüksek olduğundan genelde uçak parçalarında kullanılır.

Genellikle poliakrilonitril(PAN),Rayon ve zift olarak üç hammaddeden imal edilir. PAN en çok bilinenidir.

Çizelge 2.2 İki tip fibere ait mekanik özellikler (KAW,A.K.1997)

Özellik	Birim	ZİFT	PAN
Özgül Ağırlık	-	1,99	1,78
Young Modülü	GPa	379,2	241,3
Maksimum Çekme Mukavemeti	MPa	1723	3447
Eksenel Termal Genleşme	$\mu\text{m}/\text{m}/^{\circ}\text{C}$	-0,54	-1,26

Karbon ve grafit fiberler birbirlerinden farklıdır. Karbon fiberler %93-95 karbon içerir fakat, grafit %99'dan fazla karbon içerir. Aynı zamanda karbon fiberler 1316 $^{\circ}\text{C}$ 'da farklı hammaddelerden üretilir. Grafit fiberler ise genel olarak 1900 $^{\circ}\text{C}$ 'ı aşan sıcaklıklarda üretilirler.

Aramid Fiberler : Aromatik organik bir bileşik olan aramid fiber, hidrojen, oksijen,azot ve karbondan oluşur. Yoğunluğu düşük, mukavemeti yüksek, maliyeti düşük ve darbe dayanımı yüksektir. Fakat düşük basma özelliğindedir ve güneş ışığında bozulur.

Aramid fiberin en çok bilinen iki türü Kevlar 29 ve Kevlar 49'dur. Her ikisinin de özgül mukavemetleri benzerdir fakat Kevlar 49'un özgül rijitliği daha yüksektir. Kevlar 29 daha ziyade kurşun geçirmez yelekler, kablo ve halatlarda kullanılırken; Kevlar 49 uçak endüstrisinde performansın yüksek olmasının istendiği yerlerde kullanılır.

Çizelge 2.3 Kevlar fiberlerin özellikleri (KAW,A.K.1997)

Özellik	Birim	Kevlar 29	Kevlar 49
Özgül Ağırlık	-	1,44	1,48
Young Modülü	GPa	62,05	131,0
Maksimum Çekme Mukavemeti	MPa	3620	3620
Eksenel Termal Genleşme	$\mu\text{m}/\text{m}/^{\circ}\text{C}$	-2	-2

Polimer matris uygulamalarında farklı reçine türleri vardır ve bunların birbirlerine göre üstün ve üstün olmayan özellikleri mevcuttur.

Polyesterler : Maliyetleri düşüktür ve saydam olarak üretilebilirler fakat 77 $^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki servis sıcaklığı durumunda kırılındır ve kurlenme sırasında %8'e kadar büzülme özellikleri vardır.

Fenolikler : Maliyetleri düşüktür ve yüksek mukavemete sahiptirler fakat yüksek miktarda boşluk içerirler.

Epoksiler : Mekanik mukavemetleri yüksektir, cam ve metallere iyi bağlanırlar ancak maliyetleri yüksektir ve işlenmeleri zordur.

Polimer matristi kompozitler kendi araların Termoplastik ve Termosetler olarak da ayrılabilir.

Termoset polimerler kürlendikten sonra tekrar kullanımları için yüksek maliyetli operasyonlar gerekir.Örneğin, basitçe erimeleri veya temel kimyasallar ile çözümleri mümkün değildir.Bunun sebebi polimer zincirlerin oldukça kuvvetli kovalent bağlarla birbirlerine bağlanmış olmalarıdır.

Termoset reçinelere, polyester, epoksi ve fenolik bileşikler örnek olarak verilebilir. Termoplastik reçineler ise, polietilen, poliamid, polieter-eter-keton (PEEK), polistren ve polifenilen sülfür (PPS)'dür.

Çizelge 2.4 Termosetler ve termoplastiklerin karşılaştırılması. (ATAŞ,A.2018)

Termoplastikler	Termosetler
Isı ve basınç altında yumuşar ve böylece kolay tamir edilir	Isıyla ayrıştırılmaz
Yüksek kopma şekil değiştirmeleri	Düşük kopma şekil değiştirmeleri
Sınırsız raf ömrü	Sınırlı raf ömrü
Yeniden işlenebilirlik	Tekrar işlenemez
Kolay işlenebilme ve yapışkan olmama	Yapışkan
Kısa kür süresi	Uzun kür süresi
Yüksek üretim sıcaklığı ve viskozitenin üretimi zorlaştırması	Düşük üretim sıcaklığı
Mükemmel çözücü direnci	Düşük çözücü direnci

Prepreg : Kür olmaya hazır polimer matris içerisine yerleştirilmiş fiberlerden oluşmuş kullanıma hazır bant şeklindeki yapılardır. Genişlikleri 76-1270 mm arasında değişiklik gösterir.Polimer matris termoplastik yada termoset olması durumunda sırayla soğuk

hava deposunda yada oda sıcaklığında saklanması gerekir. Kompozit bir yapı oluşturabilmek amacıyla çeşitli sistemlerde mekanik yöntemlerle yada elle hazırlanabilir. Daha sonra yüksek sıcaklık ve basınç altında vakum torbalama ve kütleme işlemlerine tabi tutulabilir.

B) Takviye Elemanının Yerleşim ve Şekline Göre Sınıflandırma

Takviye elemanının yerleşim ve şekline göre üç çeşit kompozit malzeme grubu bulunmaktadır. Bunlar takviye elemanlarına göre;

1. Elyaf takviyeli kompozit malzemeler
2. Parçacık takviyeli kompozit malzemeler
3. Tabakalı kompozit malzemeler

Bu üç farklı takviye elemanı olan kompozit, yine metal, plastik ve seramik matris içinde olabilir. Takviye elemanı daha net özellikler göstermesi için genelde daha serttir. Elyaf takviyeli kompozitler de kendi arasında üç gruba ayrılabilir.

- a. Sürekli elyaf takviyeli kompozitler
- b. Kesikli elyaf takviyeli kompozitler
- c. Rastgele düzlemsel olarak yönlendirilmiş kompozitler

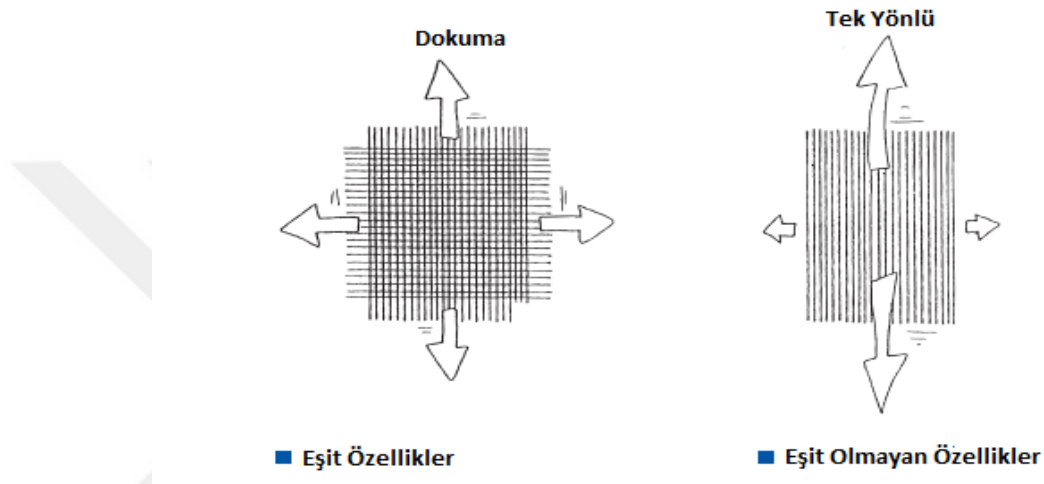
Parçacık takviyeli kompozitler de kendi içinde iki gruba ayrılabilir.

- a. Büyük parçacıklarla dayanımı artırılmış kompozitler
- b. Dispersiyonla dayanımı artırılmış kompozitler

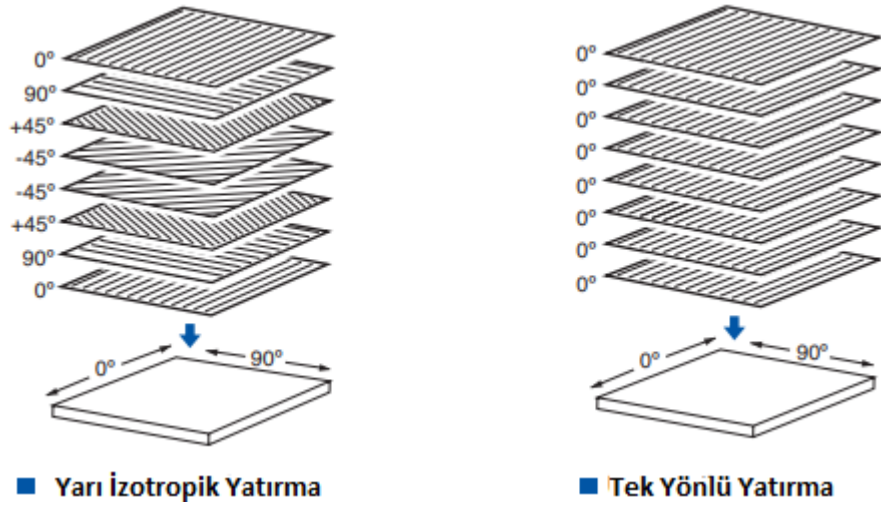
a) Elyaf Takviyeli Kompozitler

Takviye malzemesi elyaf olan kompozitler, sünek ve yumuşak bir matrisin içine daha sert ve daha dayanıklı elastik özelliği yüksek elyafların ilave edilmesiyle üretilir. Bu durumda çekmeye karşı dayanımı, yorulmaya karşı dayanımı, özgül modülü ve özgül

dayanımı iyileştirilmiş olur. Matrisin malzemesi ise kompozit yapıya gelen kuvveti takviye elemanı olan elyaflara aktarır. Kompozit malzemenin bir arada durmasını ve tok olmasını sağlarken, elyaf ise uygulanan kuvvetin büyük bir bölümünü taşımaktadır. Çökeltme işlemiyle sertliği artırılmış kompozitlerin tersine, kompozitin mukavemeti hem oda sıcaklığında hem de yüksek sıcaklıklarda artırılmış olur. Bu tür kompozitlerde çok farklı takviye elemanları kullanılabilir. Elyaf lar fitil yada örme şekillerinde de olabilir, tabakalar şeklinde yönleri farklı elyaflar da kullanılabilir.



Şekil 2.3 Elyaf ların dokuma şekilleri.(hexel.2018)

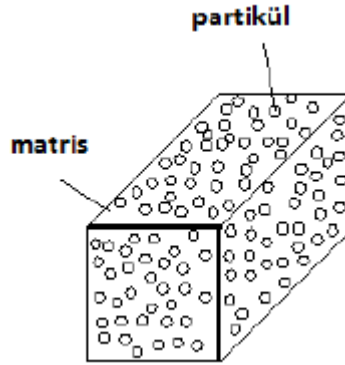


Şekil 2.4 Elyaf ların yerleştirilme yönleri.(hexel.2018)

b) Parçacıklı Kompozitler

Parçacıklı kompozitlerde, matris malzemesinin içine takviye malzemelerinin parçacıklar halinde bulunması ile üretilen kompozit yapılarıdır. Takviye malzemeleri matris içinde

aynı şekilde yer alması sebebiyle izotropiktirler. Dayanımlarının yüksek olma sebebi ise matris malzemesi içinde bulunan parçacıkların diskolasyonlara engel olmasıdır.

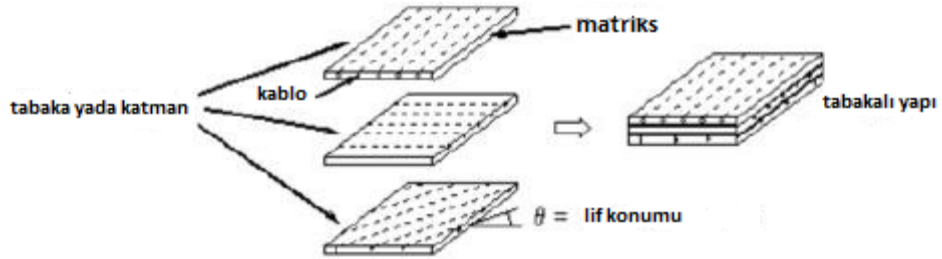


Şekil 2.5 Parçacıklı kompozit yapısı.(ZOR,M.2018)

Matris eğer metal yapı ve takviye elemanı seramik ise, malzemenin aşınma direnci yüksek olur ve yüksek sıcaklıklara da dayanımlı bir kompozit malzeme elde edilmiş olur. Bu sınıfta yer alan kompozit malzemeler abrazyon (aşındırıcılar),semente karbürler ve elektrik kontakt malzemeleridir.

c) Tabakalı Kompozitler

Matris ismini verdiğimiz malzeme, kendisinden daha dayanıklı fiber(çubuk veya örgü) malzemelerle birleştirilerek oluşturulan tabaka (lamina) elde edilir. Bundan sonra farklı sayılarda tabakaların birleştirilmesiyle farklı tabakalı kompozit malzemeler elde edilir. Bunlar matrisin veya fiberin cinsine veya fiberin örgü şekline göre isimlendirilir. Fiberlerin dizilme yönü (θ) tabakaları oluştururken farklılık gösterebilir.



Şekil 2.6 Fiber takviyeli tabakalı kompozitler (ZOR,M.2015)

Tabakalı kompozit yapılar oldukça eski ve yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Elyaf yönlerinin farklı yerleştirilmesiyle oldukça yüksek mukavemet değerlerine ulaşılır. Nemle birlikte ısıya karşı da dayanıklıdırlar. Metallere oranla da hafif ve mukavim oldukları için tercih edilirler. Sandviç yapılar tabakalı kompozit sınıfına girer ve bizim çalışma konumuz da sandviç yapılar olması sebebiyle tabakalı kompozit yapılara ait olan sandviç yapıları ayrı bir bölümde ayrıntılı olarak inceledik.

2.1.3 Kompozit Malzeme Üretim Teknikleri

İstenilen özellikte ve biçimde kompozit üretimi yapmak için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Aşağıda bunların başlıcalarına değinilmiştir.

A) Hazır Kalıplama (Compresion Molding,SMC,BMC)

Hazır kalıplama, içinde dolgu malzemelerinin, katkı malzemelerinin, cam elyafı ve reçinenin bulunduğu kalıplama yapmaya hazır kompozitlerin (SMC/BMC) sıcak pres yöntemine uygun kalıplarla yeni bir ürüne dönüştürülme işlemidir. Üretim esnasında karmaşık şekiller elde edilebilir, metal parçaları malzeme bünyesine gömülebilir ve cidar kalınlığı olarak farklı ölçülerin elde edilebilmesi gibi avantajları mevcuttur. Aynı zamanda ürettiğimiz malzemenin iki yüzünü de kalıpla şekillendirebiliriz. Parça üzerinde istediğimiz delik gibi kompleks şekilleri üretmek bu teknikle mümkün olmaktadır. Iskarta miktarının düşük olması iyi bir avantajdır. Fakat dezavantaj olarak bu malzemeleri buzdolabında saklamamız gerekir, kalıplar metal olduğu için diğer yöntemlerde kullanılan kalıplara göre daha pahalıdır ve daha büyük parçalar elde etmek istediğimizde daha büyük ve pahalı preslere ihtiyaç duyarız. Bu yöntemde kullandığımız bileşenler içerdikleri malzemelere göre bir çok çeşidi bulunmakla beraber genelde iki tür hazır kalıplama ürünü kullanılır.

Bunlar ,hazır kalıplama pestili, diğer adıyla SMC (sheet moulding composites), bir diğeri de hazır kalıplama hamuru, diğer bir deyişle BMC (bulk moulding composites)'dir.

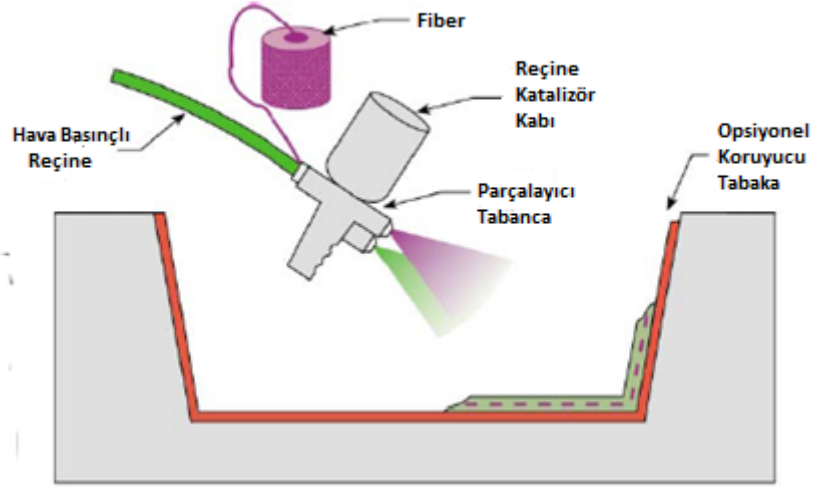
B) Otoklav (Autoclave Bonding)

Termoset kompozit malzemelerde performans artışına gitmek için elyaf/reçine oranını artırarak, malzemenin iç yapısında oluşacak hava boşluklarını tamamen engellemek gerekir. Bu şartları sağlamak için de malzemenin ısısı artırılır ve basınç uygulanır. Vakum torbalama yönteminde olduğu gibi sızdırmayan bir torba ile elyaf /reçine yatırılarak basınç uygulama işlemi yapılır. Ancak burada 1 atmosfer düzenli ve kontrol edilebilen bir basınç uygulanabilmesi için dışarıdan da basınca ihtiyaç duyulur. Bunun için de, kompleks şekle sahip ürünlerde en çok tercih edilen metoda, yani dışarıdan sıkıştırılan gazın kompozit malzeme kalıbına verilmesi yöntemine başvurulur.

Otoklav kalıbı basıncı, ısıyı ve emişi kontrol edebildiğimiz basınçlı kaptır. Vakum torbalama yöntemiyle de benzerlik gösterir. Otoklav fırın yerine kullanılır ve böylelikle özel amaca yönelik ve kalitesi yüksek kompozitle üretebilmek için kür şartları tam anlamıyla kontrol altında tutulabilir. Dezavantajı ise diğer üretim yöntemlerine oranla üretimi daha uzun zaman alır ve maliyeti daha yüksektir.

C) Püskürtme (Sprey-Up)

Bu yöntem, elle yatırma yönteminin alet kullanarak yapılmış şekli olarak kabul etmek mümkündür. İçine sertleştirici ilave edilmiş süreksiz elyafların kalıbın yüzeyine özel bir tabanca ile püskürtülmesi sonucu kompozit üretimi yapılır. Sürekli elyaf, tabanca üzerindeki sistemden bağımsız çalışan kırpıcı ile süreksiz hale getirilir. Püskürtme işlemi bittiğinde ise yüzey bir rulo yardımıyla düzeltilir ve kompozit hazır duruma gelir.

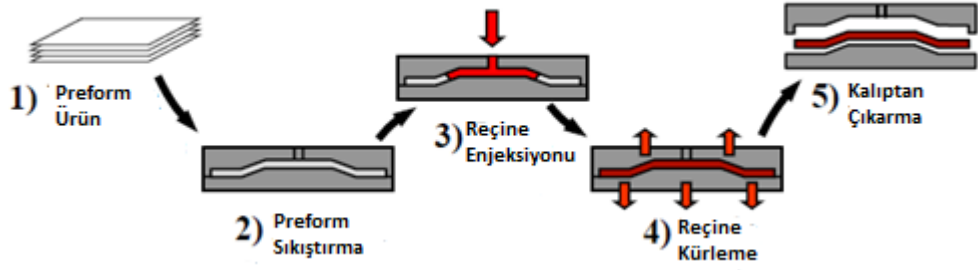


Şekil 2.7 Elle püskürtme yöntemi.

D) Reçine Transfer Kalıplama RTM

Kompozit üretiminde bu yöntemle elde edilen ürünler, elle yatırma sistemlerine nazaran üretimleri daha hızlıdır ve daha uzun ömürlüdürler, ancak imalat için kullanılan kalıp iki parçadır. Kalıp kompozit malzemeyle yapıldığında çelik kalıplara göre maliyeti daha azdır. RTM yöntemi çoğunlukla jel-kotlu yada jel-kotsuz parçanın her iki yüzeyinin de düzgün olması istendiği durumlarda kullanılır.

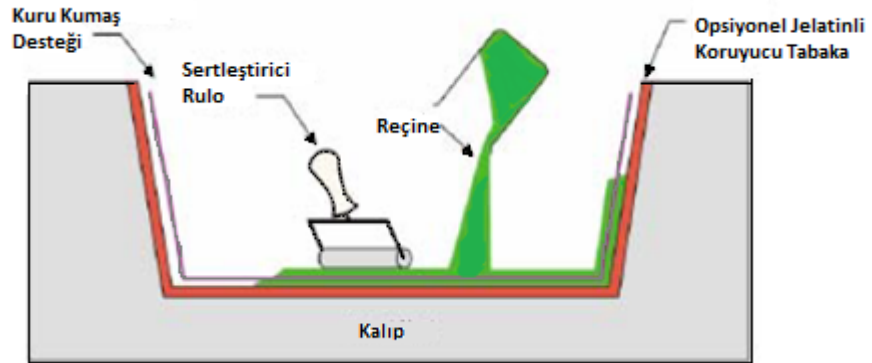
RTM yönteminin takviye malzemesi olarak kuru keçe, kumaş yada ikisinin kombinasyonları kullanılır. Kalıp boşluğunu dolduracak şekilde takviye malzemesi önceden kalıba yerleştirilir, daha sonra kalıp kapatılır. Reçineler geç çözündüğünden dolayı elyaflar da matris içinde yer değiştirmemiş ve kalıp içinde sürüklenmemiş olur. Basınç altındaki kalıba reçine pompalanır. Bu üretim süreci ise daha fazla zaman alır. Bu tür matris enjeksiyonu 80 °C'ye kadar kalıp ısıtılarak, reçine ılıkken veya soğuk uygulanır. Kalıp içinde kompozitle sorunlar oluşmaması için de içerideki havanın dışarı çıkıp, reçinenin elyaflarına iyi işlemesi gerekir, bunun için de vakum yapılabilir. Elyafları kalıba yerleştirmek uzun sürecek bir işçilik sürecidir ve zaman alır. Avantajı ise kalıp sistemi kapalı olduğu için zararlı gazları az ve gözeneksiz bir yapı elde etmek mümkündür. RTM yöntemiyle karmaşık parçalar da üretilebilir.



Şekil 2.8 RTM yöntemi üretim prosesi (ATAŞ,C.2018)

E) El Yatırma (Handlay-Up)

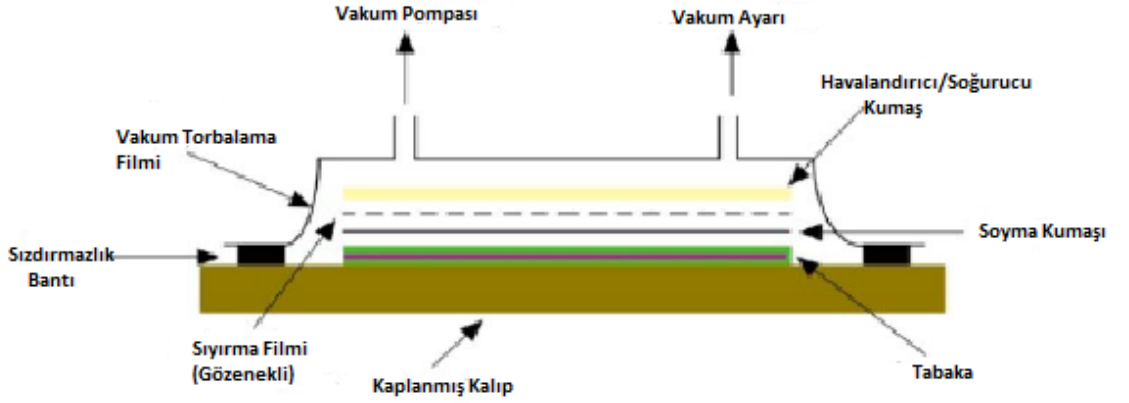
Önceden hazırlanmış dokuma veya kırılmış elyaflar takviye kumaşı olarak, hazır kalıba elle yatırılır (yerleştirilir) ve sıvı reçine elyafların katlarına emdirilir. Ancak elyaf yatırma işlemi yapılmadan önce kalıp temizlenir ve jelkot sürülür. Sertleşme işlemi tamamlandıktan sonra da elyaflar yatırılır. Reçine sürme işlemi ise kompoziti tamamlamak için en son işlemdir. Burada önemli olan elyafa reçine emdirilme esnasında reçinenin iyi nüfuz etmesini sağlamaktır. Bu teknikte genellikle reçine olarak epoksi ve polyesterin yanı sıra, fenolik reçineler ve vinilester de tercih edilebilir. Yoğun işçilik gerektirmesi dezavantaj olarak görülse de az sayıda parça üretimine ihtiyaç duyulduğu durumlarda uygun bir yöntemdir.



Şekil 2.9 Elle yatırma yöntemi (ATAŞ,C.2018)

F) Vakum Torbalama (Vacum Bagging)

Genellikle geniş sandviç yapılarda kullanılan bu yöntemde kompozit malzeme öncelikle kalıba yerleştirilir, daha sonra üzerine bir vakum torbası yerleştirilir. Bunun sebebi vakum uyguladığımızda vakum torbası sayesinde 1 atmosferlik basınç malzemenin üzerine uygulanmış olmasıdır. Daha sonra kürlenme işlemi için malzeme fırına yerleştirilir ve ısıtılır. Vakum bonding yöntemi genellikle elyaf yatırma yada elyaf sarma teknikleriyle birlikte uygulanır. Tamir gerektiren kompozit işlemlerinde de vakum torbalama yöntemi tercih edilir.



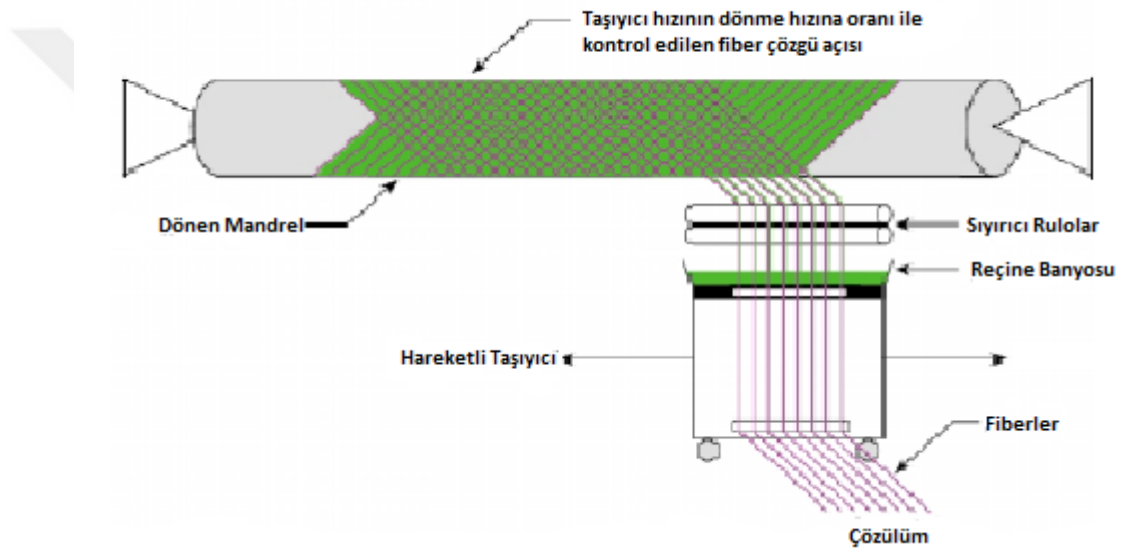
Şekil 2.10 Vakum torbalama işlemi şeması (ATAŞ,C.2018)

G) Preslenebilir Takviyeli Termoplastik (glass mat reinforced thermoplastics/GMT)

Bu malzeme termoplastik reçine emdirilmiş keçe türlerinde takviye elyaf içeren, plaka şeklinde üretilmiş, preslenebilir ve kalıplamaya hazır bir tür özel amaçlı takviyeli termoplastik çeşididir. GMT'nin hazırlama işlemi de SMC'ye benzerlik gösterir. Termoplastik malzeme ekstruderden çekildikten sonra yumuşak haldeyken takviye elyaf yerleştirilir, hemen ardından diğer termoplastik plaka yumuşak halde elyafın üzerine yerleştirilir ve bu kompozit haddehanede soğuk silindirlere geçirilir. Plakalar sertleştikten sonra kesilir ve preslenmeye hazır hale gelir.

H) Elyaf Sarma (Filament Winding)

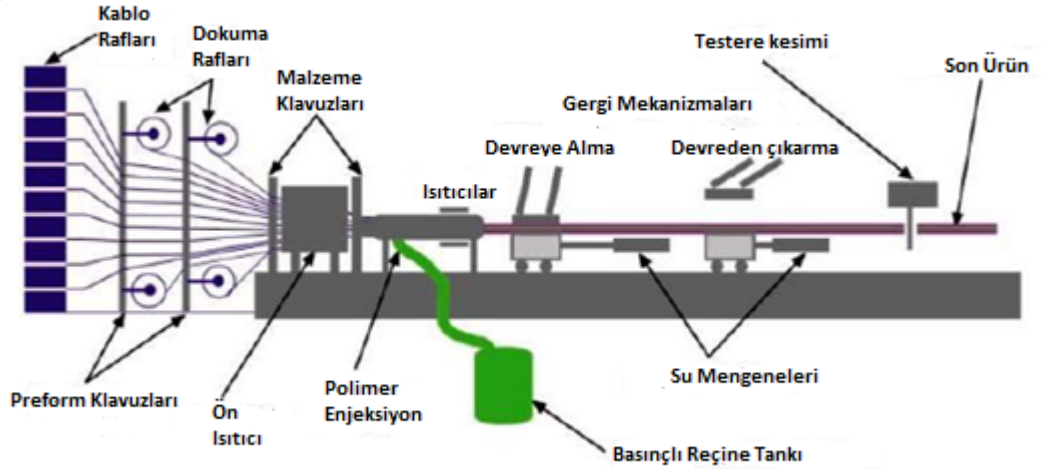
Bu yöntem genelde içi boş tank yada boru gibi ürünlerin üretiminde, daha mukavim ürünler elde etmek için kullanılır. Önceden hazırlanmış bobinlerde sarılı olan sürekli fiber elyaflar, reçine banyosundan geçirilip reçine emdirilir. Bu reçine emdirilmiş fiberler döner bir mekanizmaya yerleştirilmiş mandren üzerine istenen açılarda serilir. İstenilen kalınlığa yada tabaka sayısına ulaşıldığında işlem tamamlanır. Ardından oda sıcaklığında ve fırında kurutma işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 2.11 Elyaf sarma yöntemi (ATAŞ,C.2018)

I) Profil Çekme/Pultrüzyon (Pultrusion)

Bu yöntemin maliyeti düşüktür, yüksek hacimlerde üretime imkan verir, sürekli ve otomatik uygulanabilen bir proses süreci vardır. Bu yöntemde genellikle çeşitli kesitlere sahip profiller reçine emdirilmiş fiberlerin bir kalıp boyunca çekilmesi sonucu profil çubuklar şeklinde üretilirler. Ürün ısıtılmış kalıptan çıktığından dolayı sabit hızla çekilen fiberler bu esnada kalıptan pişmiş olarak yadakisken pişerek çıkar. Pültrüzyondan çıkan bu parçalar genellikle ek bir yüzey işlemine ihtiyaç duymazlar.

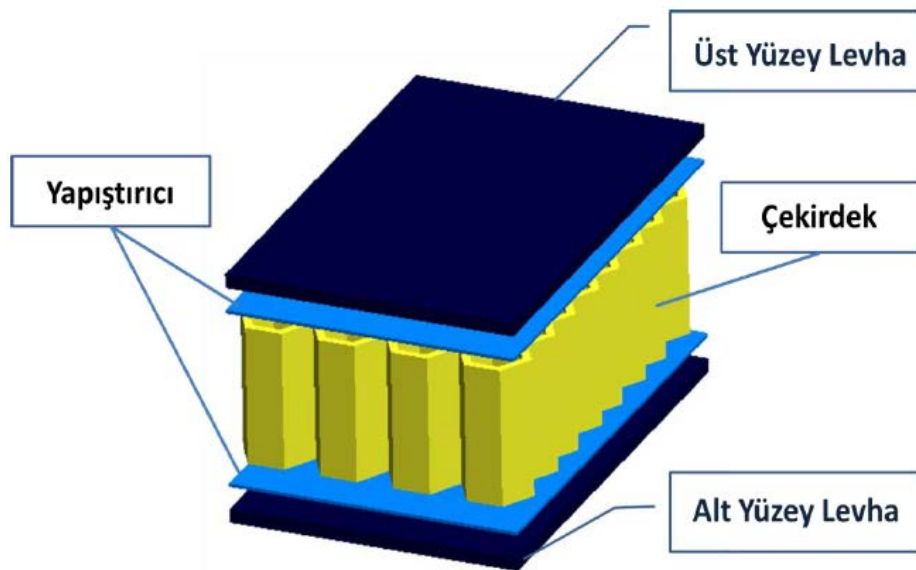


Şekil 2.12 Pultrüzyon tekniği üretim şeması(ATAŞ,C.2018)

Profil çekme yönteminde genelde matris malzemesi olarak vinilester reçineler, polyester yada epoksi kullanılabilir. Herhangi bir fiber türü de takviye malzemesi olarak kullanılabilir.

2.1.4 Sandviç Yapılar

Sandviç yapılar adından da anlaşılacağı üzere ara malzeme üzerine aynı yada farklı malzemelerin farklı yöntemlerle birleştirilmesi sonucu oluşmuş kompozit yapılarıdır.



Şekil 2.13 Sandviç yapı görüntüsü (DANACIOĞLU,K.2013)

A) Kafes tipi (Lattice core)

Bu malzemeler genelde sandviç yapıların üretiminde, ince ve yüksek mukavemete sahip iki kompozit tabakanın arasına çekirdek (core) olarak adlandırılan farklı bir yapı olarak kullanılırlar. Buradaki maksat malzemenin kalınlığını artırırken aynı zamanda hafif olmasını sağlamak hem de malzeme eğilme direncini artırmaktır. Bu malzemeler, yüksek mukavemetli alt ve üst tabakalara kuvvet transferini güçlü yapıştırıcılarla yapıştırılarak aktarmış olurlar.

B) Çekirdek tipi (Köpük yapılar)

Köpük malzemelerde en sık kullanılan malzeme PVC köpüktür. Sıcağa mukavimdir, nispeten makul fiyatı ve farklı yoğunlukta çeşitleri vardır. PET köpükler poliüretandan üretilirler. Aynı mukavemetteki PVC köpüğe göre daha ağırdır.

SAN köpükler yine PVC köpük benzeri bir çekirdek malzemesidir. KöpükSandviç malzemelerde çekirdek yapı olarak tercih edilmektedir.İnfüzyon uygulaması için delikli ve kanallı olanları mevcuttur. Hatta dilerseviz kaplanacak alanın şeklinde PVC köpük üretirmek mümkündür. Bu sayede boşluksuz ve mükemmel bir kaplama yapılabilir.

2.2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Xiong J. ve ark. (2010) kalıplı sıcak pres tekniğine bağlı olarak, karbon kompozit piramit kafes çekirdeklerin üretilebilmesi için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Malzeme olarak prepreg kullanılmış ve sıcak kalıplama tekniğiyle üretilmiştir. Daha sonra bası testlerine tabi tutulan numunelerde Euler burkulma, kırılma ve delaminasyon modları gibi hasarlar olduğunu tespit etmişlerdir .Buna bağlı olarak kalıp tasarımının ve kalıplama koşulunun (basınç ve sıcaklık) oluşan kabarcıkların önlenmesi açısından iyileştirmeye etkisi olacağı sonucuna ulaşmışlardır..

Fan H.L. ve ark. (2010) ileri fiber takviyeli kafes kompozitlerin mekaniği adlı çalışmalarında elyaf takviyeli örgü kompozit malzemeleri, kafes kompozitlerin topolojileri, üretim yolları, mekanik ve çok işlevli uygulamalarını incelemişlerdir.

Günümüz için geçerli olan birçok öngörüde bulunmuşlardır. Bu doğrultuda, kafes kompozit yapıların mühendislik uygulamaları için iyi bir potansiyel içerdiği ve kafes kompozitlerin radar emilimi, patlamaya ve ısıya dayanıklılık alanlarında uygulanabileceklerine dair ön görüleri örnek olarak verilebilir.

Lou J. ve ark. (2012) kafes çekirdeği ile desteklenen sandviç kirişlerin serbest titreşim modlarını incelemiştir. Teorik analizin ve sayısal simülasyonun, kafes sandviç kirişlerin doğal frekanslarının hesaplanması için mevcut yöntemin nispeten yüksek bir doğruluğa sahip olduğunu gösterdiğini gözlemlemiştir. Kafesin uzunluk, yarıçap ve eğim açısının frekans parametresi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kafesli sandviç kirişin ağırlığı, aynı katı kirişten daha yüksek bir doğal frekansa sahip olduğunu ve kafes kirişinin uzunluğunun artırılmasının bu kirişlerin doğal frekanslarını artırmanın etkili bir yolu olduğunu göstermiştir.

Vigliotti A. ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada hiyerarşik kafeslerin mekanik özelliklerini incelemiştir. İki ve üç boyutlu kafesleri üç seviyeye kadar yapısal hiyerarşi ile incelenmiştir ve her seviyede kafesin topolojisi ve oryantasyonu belirtilirken, nisbi yoğunluk tanımlanmış bir aralıkta değişmektedir. Sonuç olarak, yapısal hiyerarşinin çoklu düzeninin kafeslerin gerilimi ve bükülmesi üzerinde oluşturduğu etkinin niceleştirilmesine yardımcı olduğunu saptamışlardır.

Sebaey T.A. ve ark. (2017) sandviç yapılara uygulanabilecek CFRP kafes çekirdeğinin bir birim hücrenin ezilme davranışı üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada dört farklı dikme açısı denenmiştir. Testler yarı statik kırılma testleri olup, çarpma değeri parametrelerinde dikme açısının etkisi araştırılmıştır.

Hu Y. ve ark. (2016) oluk kirişli kafes yapılı kompozit sandviç panellerin imalatını ve mekanik davranışlarını incelemiştir. Malzeme olarak karbon fiber takviyeli (CFRC) kafes sandviç panel (LTSP) tasarlayıp üretmişlerdir. Yapının mukavemet ve bozulma modlarını incelemek için sıkıştırma ve kesme deneyleri gerçekleştirmişlerdir

Hundley J.M. ve ark. (2015) çekirdek yapılı sandviç panellerin düşük darbe hızındaki tepkilerini deney ve simüle ederek çalışmışlardır. Bu çalışmalarında her bir sandviç tasarımının, çarpma tertibatının kinetik enerjisini emerek panelin arka tarafının (etki görmeyen) yüzeyine en az hasar oluşmasında etkili olduğunu görmüşleridir.

Fan H. ve ark. (2013a) yaptıkları bu çalışmada karbon fiber takviyeli kafes yapılı kompozitlerin bası ve eğilme performanslarını incelemişlerdir. Bunun için sandviç panellere üç nokta eğilme testi uygulamışlar ve deaminasyon ve lokal burkulmalar gibi iki tip hasar meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Fan H. ve ark. (2013b) yine yaptıkları başka bir çalışmada dokuma türü tekstil sandviç kompozitler ile takviye edilmiş kafes malzemeleri üzerine çalışmışlardır. Test edilen hata durumlarına bakılarak, hiyerarşik malzemenin plastik deformasyonunu ortaya çıkarmak için bir plastik model önermişlerdir. Bu kafes malzemesinin kütle etkinliği ve enerji emilimi analiz edilmiş ve tipik metal kafes kiriş malzemeleriyle karşılaştırmışlardır. Cam elyaf takviyeli hiyerarşik kafes kiriş malzemesinin hafif ve verimli bir yapı olduğu ortaya konmuştur.

Fan H. ve ark. (2014) sünek hiyerarşik piramit kafes kompozitlerin tasarım ve sıkıştırma davranışlarını incelemişlerdir. Hiyerarşik piramit kafes kompozit, cam elyaf takviyeli dokuma yapısındadır. Sandviç kafes yapının aşamalı ezilmesi sonucunda kompozitin uzun kararlı bir deformasyon platosuna sahip olduğunu gösterir ve kafes kompozitin, alüminyum kafes yapılarından bile daha iyi, mükemmel bir özgül enerji emilimine sahip olacağını göstermişlerdir.

Jin M. ve ark. (2015) ahşap esaslı iki boyutlu kafes kirişli sandviç kompozitleri incelemişlerdir. Ahşap esaslı iki boyutlu kafes kirişli sandviç yapıları basit bir yiv açma ve yapıştırıcı bağlama yaklaşımıyla üretmişler ve farklı yüzey tabaka malzemelerinden yapılan sandviç yapıların hasar modlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Sunulan deneysel sonuçlar, sandviç yapıların iyi bir enerji emme kapasitesi sergilediğini göstermektedir.

Liu J. ve ark. (2014) alüminyum dörtyüzlü kafes kiriş yapılarının darbe dayanımının artırılması üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmadaki deneysel incelemeler statik ve dinamik yükler altında olmuştur. Eksenel yükün, dinamik yüklemeye yarı statik yüklemeye göre daha büyük olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca deneyde ölçülen maksimum kuvvetin artmasının eylemsizlik etkisinden kaynaklandığını ortaya koymuşlardır.

Liu W. ve ark. (2016) kafes kirişli çok katmanlı köpük çekirdekli kirişlerin eğilme performansını incelemişlerdir. Malzeme olarak GFRP, kafes kaburga yapı ve çok katmanlı PU köpük (GLF kirişler) kullanmışlardır. Deneyler 4 noktalı eğme test cihazında yapılmış ve test ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Genel olarak hasar modları, çekirdek kesilme hasarı, çekirdek-yüzey plakası delaminasyon hasarı makaslama çatlakları olarak görülmüştür. Deney sonuçları ile analitik sonuçların uyum gösterdiğini belirtmişlerdir.

Norouzi H. ve ark. (2015) karbon fiber çekirdek yapıları sandviç kompozit panelin yeni çekirdek yapısını deneysel ve analitik olarak incelemişlerdir. Üretimde VARTM yöntemini kullanmışlardır. Deney sonuçlarına göre bu tasarımın diğer örneklerden daha fazla basınç dayanımı ve kesme kuvveti sağladığı sonucuna varmışlardır. Sonlu eleman analiz sonuçlarıyla deneysel sonuçların uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Sebaey T.A. ve ark. (2014) iki eksenli sıkıştırma yükü altında piramit kafes çekirdek CFRP sandviç kompozitlerin davranışlarını incelemişlerdir. CFRP kafes çekirdek yapının hata modlarını ve çentik hassasiyetini incelemek için sayısal simülasyon araçları kullanmışlardır. Sonuçların geleneksel kompozit plakalara ve sandviç yapılara kıyasla daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir.

Zhang G. ve ark. (2013) poliüretan köpük dolgu piramit kafes çekirdek yapıları sandviç panellerin enerji emilimi ve düşük darbe hızı altında davranışlarını incelemişlerdir. Düşük hızda darbe deneyinde köpük dolu kafes yapıların, köpüksüz yapılara göre daha büyük bir yük taşıma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür fakat darbe dayanımı üzerinde önemli bir etki göstermediği bildirilmiştir.

Zhang P. ve ark. (2016) patlama sonrası oluşan yüksek hızlı hava basıncı yüküne maruz kalan köpük dolgululu oluklu çekirdek sandviç panellerin dinamik performansını incelemişlerdir. En önemli sonuçları arasında :a)Köpük dolgu, panellerin patlama direncini artırmaktadır.b) Ön yüzün arıza hasarı tam yırtılma hasar modundan kısmi yırtılma moduna dönüşmüştür.c)Sandviç arka yüz, kırılma olmaksızın, kabartma hatası modundan esnek olmayan deformasyon moduna dönüşmektedir.

Zhang Z. ve ark. (2017) balpeteği ondülin çekirdekli sandviç kirişlerin serbest titreşim analizini incelemişlerdir. Doğal frekansları ve mod şekillerini tahmin etmek için sonlu elemanlar yöntemleri ve modal analiz teknikleri kullanılmıştır. Yüz tabakasının kalınlığının frekans parametresi üzerindeki etkisinin en fazla olduğunu ve frekans parametresinin oluklu elemanın eğim açısına duyarlı olmadığını belirtmişlerdir.

Güçlü H. ve ark. (2018) termoplastik monokompozit sürekli elyaf takviyeli filament piramit kafes yapılı sandviç panelleri üç nokta eğme testi altında incelemişlerdir. Kompozit sandviç yapının plaka kısmı $[0,90,0]$ şeklinde üretilmiş,kafes yapıda ise termoplastik monokompozit sürekli karbon elyaf takviyeli filament yapı ve bağlayıcı olarak ısı ile eriyebilen EVA (Etilen/Vinilasetat Kopolimer) yapıştırıcı kullanılmıştır. Oluşturulan piramit yapı yükseklikleri 17 mm ve 25 mm'dir.

Bu çalışmada kafes yapının oluşumunda birim kafes piramit yapılar hem ters, hem düz bir şekilde 16 adet olmak üzere plakaların arasına yerleştirilmiştir. Yeni bir teknik denenen bu çalışmada en yüksek bası kuvveti olarak 95 N elde edilmiş olup, numuneler üzerinde sadece Euler burkulması gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın devamı olarak yapılan bu tez çalışmasında,farklı olarak üçgen piramit yapının yanı sıra dikdörtgen prizma ve balpeteği prizma olmak üzere iki farklı kafes yapısı daha denenmiş, bu yapılar 15 mm, 20 mm ve 25 mm gibi farklı yüksekliklerde kafes yapıları oluşturularak, kompozit sandviç haline getirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda, elde edilen bulgular Güçlü ve ark(2018) tarafından yapılan bu çalışmayla karşılaştırılmıştır.

Bu tez çalışmasının diğer bir amacı ise bağlayıcı ile üretilen kafes yapıların sadece termoplastik monokompozit sürekli karbon elyaf takviyeli filament yapı kullanılarak 3D

yazıcı ile üretilip, yaptığımız bu tez çalışması ile karşılaştırılmasıdır. Bahsi geçen çalışmalar 'Uygulamalı Mekanik ve İleri Malzemeler Araştırma Grubu' (UMIMAG) bünyesinde devam ettirilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kompozit malzeme bakımından üç tür malzeme kullanılmıştır. Bu malzemelerin iki tanesi karbon fiber yapıda olup diğeri bağlayıcı rolündedir ve karbon fiber malzemelerden birinin tasarımsal olarak çeşitli kombinasyonları incelenmiş, statik ve dinamik yükler altında tepkilerine bakılmıştır.

Kompozit malzemelerden ilki sürekli karbon fiber yapıda olan tabakalardır. Bu plakalar oluşturulan sandviç yapıların altına ve üzerine yapıştırılmıştır. Diğer kompozit karbon fiber malzemeye çeşitli geometriler verilmiş ve bunlar ara bağlayıcıyla yapıştırılmıştır. Bu yapılar dikdörtgen piramit, üçgen piramit ve balpeteği piramit modelleridir. İlk aşama olarak birim kafes yapısında oluşturulmuş olan bu piramit yapılar kolon modeli seçimi için bası testlerine tabi tutulmuştur ve optimum değeri veren kolon yerleşim modeli tasarımı seçilmiştir. Daha sonra kafes yapılarda olan her üç model üç ayrı yükseklikte (15,20 ve 25 mm) üretilmiş ve alt ve üst tabakalarına plakalar yapıştırılarak sandviç yapılar oluşturulmuştur.

3.1 MATERYAL

3.1.1 Bileşenler

Tasarım açısından incelediğimiz sandviç panellerimizde üç ana malzeme kullanılmıştır. Karbon lif, PP ve bağlayıcı EVA. Sürekli karbon liflerden ürettiğimiz monofilament fiber yapıyı ve plaka yapısının üretim aşamaları ise üretim bölümünde ayrıntılı olarak anlatılmıştır ve bu bölümde malzemelerin fiziksel özelliklerine değinilmiştir. .

Karbon :1965'den sonra geliştirilmiştir, uzay ve uçak sanayinde büyük bir uygulama alanı bulan karbon elyafı, kompozit teknolojisinde oldukça önemlidir. Cam elyafı genel

amaçlı en çok kullanılan takviye malzemesi olmasına rağmen, karbon elyafı daha çok ileri kompozitlerde kullanılmaktadır.Çünkü karbon elyafının cam elyafına göre daha hafiftir ve mekanik özellikleri daha iyidir.

Karbon elyafının elastisite modülü yüksektir, yoğunluğu düşüktür, sıcaklığa dayanımı yüksektir, korozyona dayanır ve sertliği de yüksektir. Aynı zamanda yüksek mukavemet ve yorulma dayanımına sahiptir, bütün reçinelerle uyumlu olup kompozit malzeme oluşturabilir. Dezavantajı ise pahalı oluşudur. Sürekli ve süreksiz olmak üzere tipleri mevcuttur, bu çalışmada üretim bölümünde de bahsedildiği gibi sürekli karbon elyafı kullanılmıştır.

Polipropilen (PP) : Bu çalışmada polipropilen kompozit filament ve kompozit plaka üretiminde matris malzemesi olarak kullanılmıştır.

PP düşük özgül ağırlığa sahip olefin sınıfı bir plastik malzemedir. Kimyasal ve elektriksel özellikleri iyidir, ayrıca camsı geçiş sıcaklığı altındadır rijittir. Mekanik özellikleri 0°C'nin altında zayıfladığı için o sıcaklığın altındaki kullanım alanlarında tercih edilmez. Kullanıldığı aralık +0°C ve 100°C'nin altındaki sıcaklıklardır.

Çizelge 3.1 Polipropilen teknik özellikleri

POLİPROPİLEN TEKNİK DEĞERLER			
	Birim	Test Metodu ISO	Değer
Genel Özellikler			
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	1183	0,92
Su Emme (Doymuş)	%	62	0,1
Mekanik Özellikler			
Çekme Dayanımı	Kg/cm ²	527	300
Elastik Modül	MPa	527	1250
Kopma Uzaması	%	527	>50
Darbe Dayanımı (Izod, çentikli)	Kj/m ²	180	7
Sertlik	Shore D	868	70
Termal Özellikler			
Maksimum Sürekli Çalışma Sıcaklığı	°C	-	100
Minimum Sürekli Çalışma Sıcaklığı	°C	-	5
Isı Genleşme Katsayısı	°C ⁻¹	11359	1,6x10 ⁻⁴
Elektriksel Özellikler			
Dielektriksel Dayanımı	Kv/mm	60243	55

Aşınma ve atmosferik etkilere dayanımı düşük fakat çekme dayanımı yüksektir. Kaynakla birleştirilebilme özelliği mevcuttur. Gıda maddeleriyle temasa uygundur. Kullanım alanı olarak tanklar, döner filtreler, kanallar, fanlar, aspiratörler, şamandıralar, küvetler ve laboratuvar eşyaları gibi bir çok alanda kullanılır.

EVA(Etilen/Vinilasetat Kopolimer): Kafes yapıların oluşumunda ve bu kafes yapıları kompozit plakalara yapıştırmak için ısı ile eriyebilen yapıştırıcı kullanılmıştır. Piyasada ismi BOSCH BLACK&DECKER 2 607 001 178-710 kodlu Ø 11mm ve uzunluğu 200 mm'lik malzemedir. Şekil 3.1'de ticari görünüşü mevcuttur.



Şekil 3.1 Kullanılan EVA yapıştırıcının ticari görüntüsü

Bu malzeme karton yapıştırmada, ağaç ve ağaç proseslerinde, deride, kumaşlarda, plastik çeşitlerinde, olduğu gibi alüminyum ve çelik yapıştırmada da kullanılabilir. Viskozitesi 160⁰Cde 12500-30000 mPa.s arasındadır. Yumuşama noktası ise 85-93⁰C arasında bulunmaktadır. Siyah renklidir. Çalışma sıcaklığı 170-190⁰C arasındadır. Özel ısı tabancası ile kullanılır.

3.2 YÖNTEM

3.2.1 Plaka termoplastik karbon fiber kompozit yapısı ve üretimi

Plaka şeklinde üretilen termoplastik sürekli filament yapıları kompozit malzemeler sürekli karbon elyaf malzeme üzerine PP malzemenin ekstrüzyon yöntemiyle kaplanarak üretilip erimiş halde iken basınç altında sıkıştırılması ile oluşan şerit demetlerinden

oluşmaktadır. Bu demetler bu bölümde ayrıntılı olarak anlatılan yöntemle bir araya getirilerek meydana getirilmiştir. Şekil 3.2'de şerit yapıların ilk aşamada üretildiği kalıp sistemi ve ekstrüde edilerek üretildikleri görülmektedir.



Şekil 3.2 Termoplastik monokompozit karbon fiber filament yapının üretildiği sistem ve kalıp düzeneği



Şekil 3.3 Plaka oluşumu için hazırlanmış kompozit şeritler.

Termoplastik sürekli karbon fiber şerit yapılar kalıba $[0/90/0]$ olacak şekilde sıralanmıştır. Kalıp yüzeylerine malzemenin kolay ayrılabilmesi için kalıp ayırıcı sürülmüştür.



Şekil 3.4 Plaka haline getirilmiş kompozit yapının kalıptan çıkmış hali

Isıtmalı kalıpta imalat 200 C^0 'de , yaklaşık 9 kN yük altında 10 dk presleme ve 3 saat soğutma şeklinde gerçekleşmiştir. Sandviç malzeme yüzey tabakaları olarak kullanılmak üzere üretilen kompozit plaka (1x1,5 m) olarak (Şekil 3.4) 50x200 mm boyutlarında plakalar şeklinde su jeti ile 108 adet kesilerek elde edilmiştir. (Şekil 3.5). Plaka kalınlıkları ortalama 2.5 mm'dir.



Şekil 3.5 Plakadan 50mmx200mm ölçülerinde kesilen sandviç numune plakaları
Kompozit plakaların Karbon elyaf oranı %70'dir.

3.2.2 Termoplastik monokompozit karbon fiber kafes yapı bileşeni yapısı ve üretimi

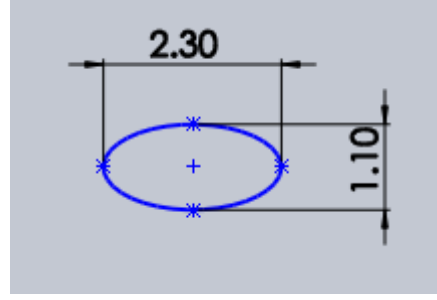
Termoplastik monokompozit karbon fiber kafes yapı bileşeni üretimi de aynı plaka üretiminde olduğu gibi benzer prosesle başlar. Kalıp ucu değiştirilerek aynı sistem kullanılır. Bu yapının plakada kullanılan yapı arasındaki farkı bu filamentler daha sonradan ezilme işlemine tabi tutulmaz ve kabloya benzer elips şekilde oluşur ve makaralara sarımı yapılır.



Şekil 3.6 Termoplastik monokompozit karbon fiber filament yapının kalıptan çıkışı

Diğer malzemede olduğu gibi iç yapı karbon fiber ve bağlayıcı malzeme de PP'dir. Bu işlem sürekli karbon fiber yapının üzerine PP kaplama işlemi ekstrüzyon yöntemiyle üretilmesiyle meydana gelir. (Şekil 3.6)

Karbon fiber elips şeklindedir ve 1.1 x 2.3 mm ölçülere sahiptir. (Şekil 3.7) Kalıptan çıkan fiber bir mekanizma yardımıyla makaralara sarılır ve kullanıma hazır hale getirilir. (Şekil 3.8)



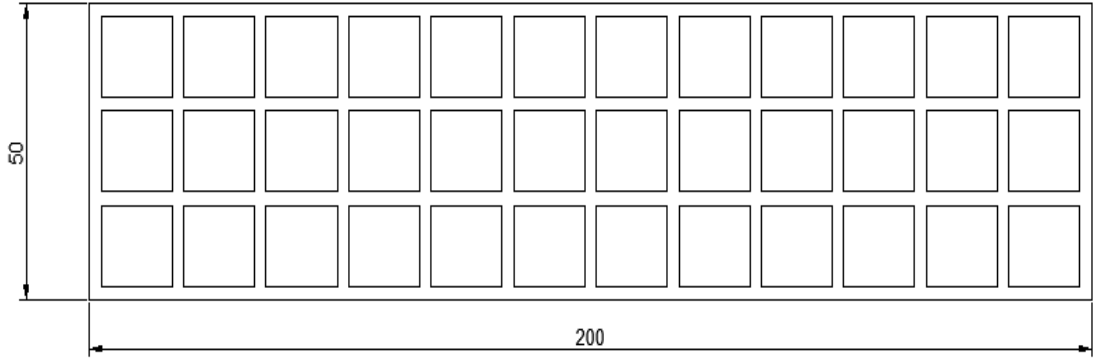
Şekil 3.7 Termoplastik karbon fiber malzemenin şekli ve ölçüleri.



Şekil 3.8 Karbon fiber monokompozit yapının makaralara sarılmış kullanıma hazır hali

3.2.3 Sandviç panellerin imalatı (Tasarım ve üretim süreci)

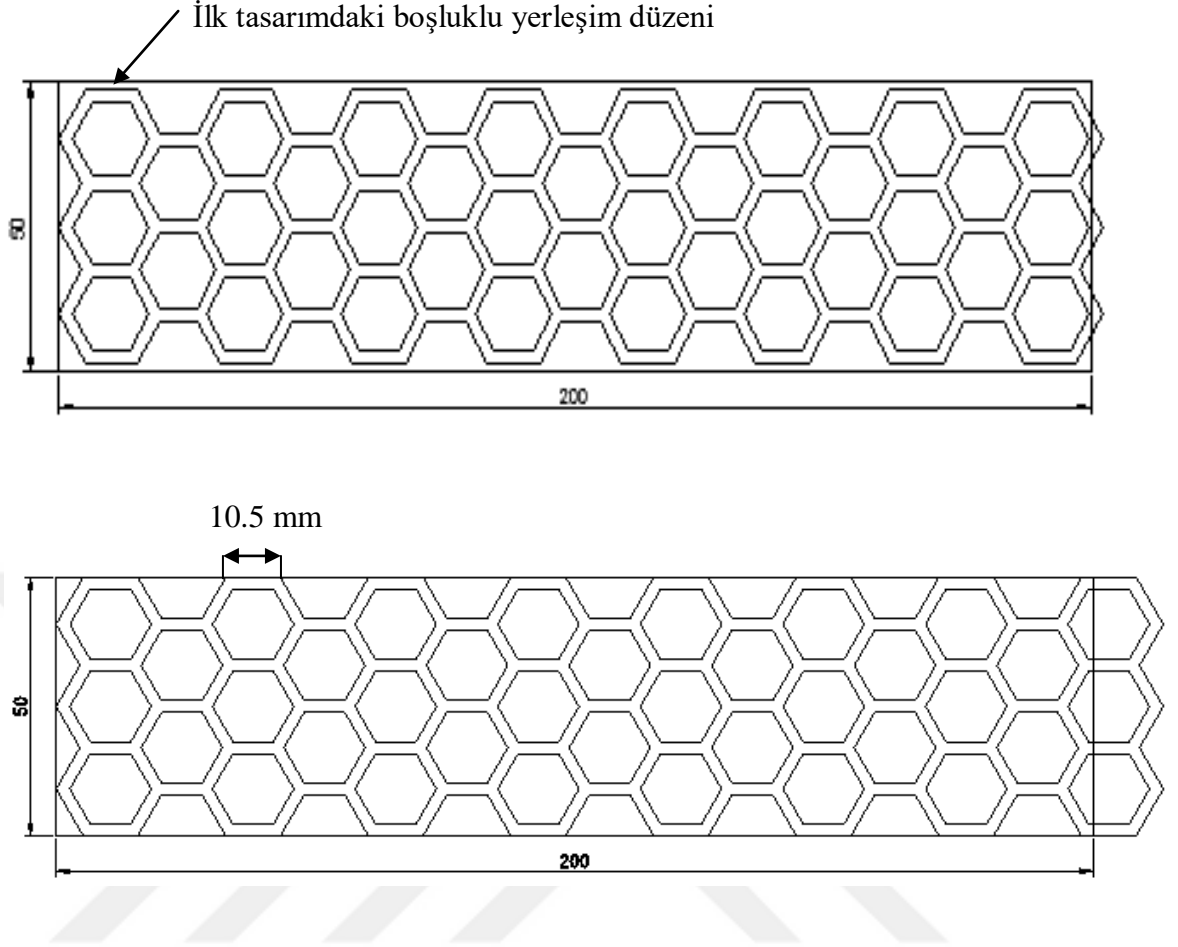
Sandviç panellerin imalatı için ilk önce 50x200 mm ebatlarında plakalara yerleşim şemaları çizildi. A modeli bu tasarıma göre Şekil 3.9'daki gibi oluşturuldu. A modelinin taban tavan ölçüleri piramit yapıdan dolayı aynı olmakla beraber, B modeline ait taban modeli de A grubunun taban tasarımıyla aynı ölçülere sahiptir.



Şekil 3.9 A ve B modellerine ait numune yerleşim düzeni

Daha sonra C modeli olan balpeteği modeli aynı tabaka üzerinde yerleştirme yapılarak oluşturuldu. İlk tasarımda istenen sonuca ulaşamadı(50 mm'lik kenarda boşluk oluştu) fakat 2. tasarımda istenen sonuçlar balpeteği altıgen tek kenar ölçüsü 10,5 mm yapılarak elde edildi.(Şekil 3.10)

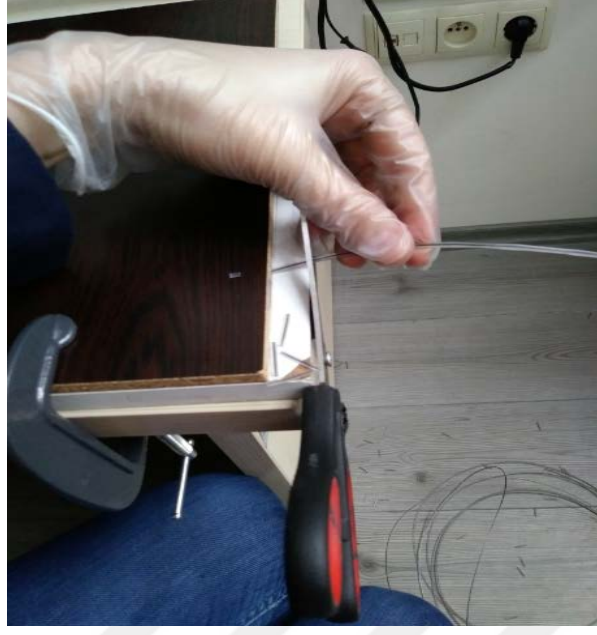
Bu çizimlere bağlı olarak termoplastik filament esaslı monokompozit malzemenin kesim ölçüleri belirlendi ve bunun için bir düzenek hazırlandı.Balpeteği modeli numunemizin yan yüzey ölçüsü 50 mm olması sebebiyle oraya 3 adet petek yerleştirilerek oluşturuldu. Bu sayede A ve B grubuna ait plaka yerleşim düzeniyle neredeyse aynı ölçülerde fakat tasarımsal olarak farklı bir model elde edilmiş oldu .Bu durum testlerden elde edilecek sonuçların karşılaştırılmasında olumlu sonuçlar vereceği düşünüldü.



Şekil 3.10 C modeline ait petek yapının 50x200 plakaya yerleştirme aşamaları

Malzemeler kesim öncesinde özel bir solüsyon ile temizlenerek yağ ve kirden arındırıldı ve bu işlem el değmeden yapıldı.

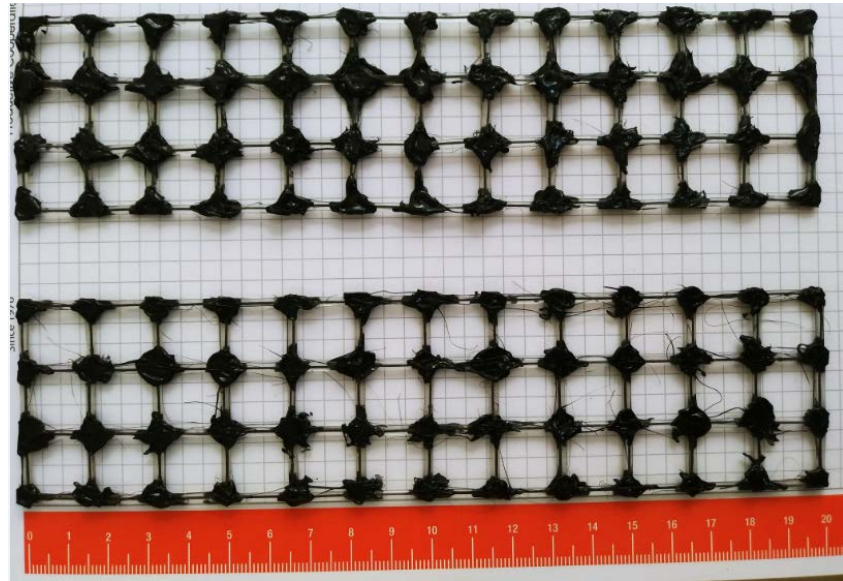
Şekil 3.11'de standart kesim yapılabilmesi için kesici bir düzenek görülmektedir. Bu düzenekte kesici makas bir plakanın kenarına sabitlendi(beyaz plaka).O plakanın üzerindeki diğer (kahverengi) plaka hareketli halde bırakıldı ve ölçü ayarı bu şekilde yapıldı, aynı plaka daha sonra kesilecek malzeme için dayama görevi gördü. Bir sonraki aşamada iki plaka da masaya mengene yardımıyla sabitlendi. Keseceğimiz malzeme standart kesim makinelerindeki sistem gibi sağdan malzeme verilerek kesim yapıldı.



Şekil 3.11 Karbon fiber monokompozit malzemenin kesim aşaması

Böylece farklı boylarda malzemelerin el değmeden ve çok hassas bir şekilde kesilmeleri sağlanıp, ölçü kontrolleri uygun bir şekilde yapılmış oldu.

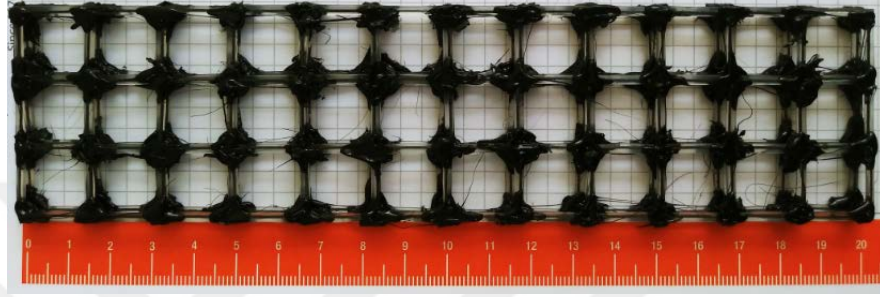
Malzeme kesimi bittikten sonra hazırladığımız malzemeler EVA ile yapıştırıldı. Fakat kullanılan malzemenin yüksek ısıya sahip olmasından dolayı termal gerilmeleri kontrol altına almak oldukça zor oldu.



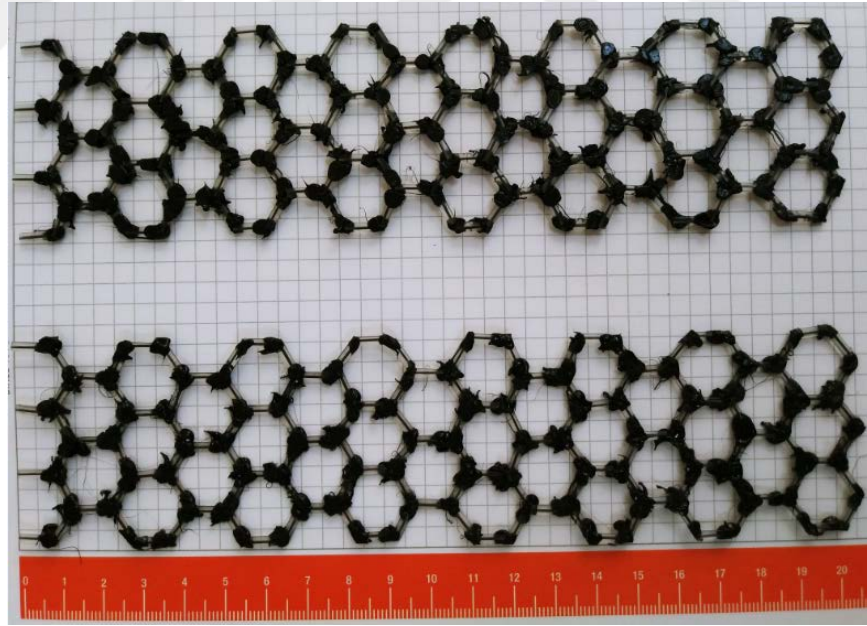
Şekil 3.12 Elde üretilen A ve B modeline ait tabakalar

Şekil 3.13'de de görüldüğü gibi termal gerilmelere maruz kalan plakalar üst üste getirildiklerinde yaklaşık 2-3 mm civarında bir kayma meydana geldiği tespit edildi.

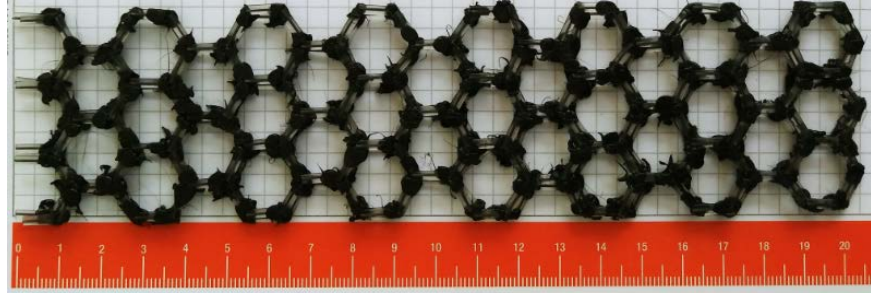
Daha sonra C modeline kafes yapı oluşumuna başlandı ve resimlerden de anlaşılacağı üzere onda da benzer durum oluştu.(Şekil 3.14 ve 3.15)



Şekil 3.13 Elde üretilen mesh yapıların üst üste getirilmiş hali(yaklaşık 2 mm kayma mevcut.)

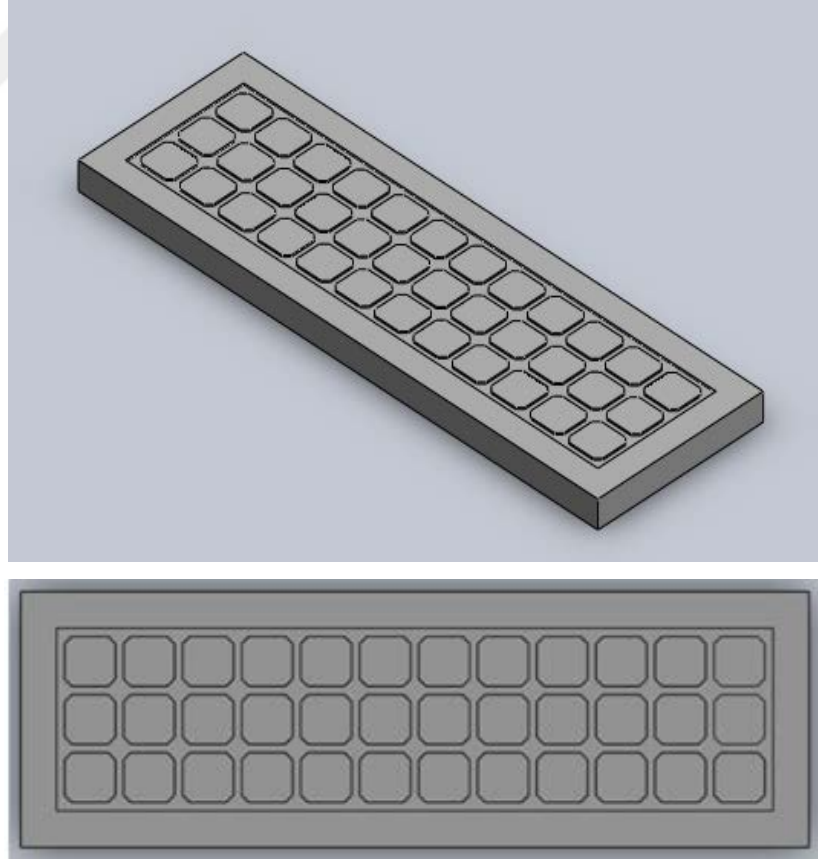


Şekil 3.14 Elde üretilen C modeline ait mesh yapılar

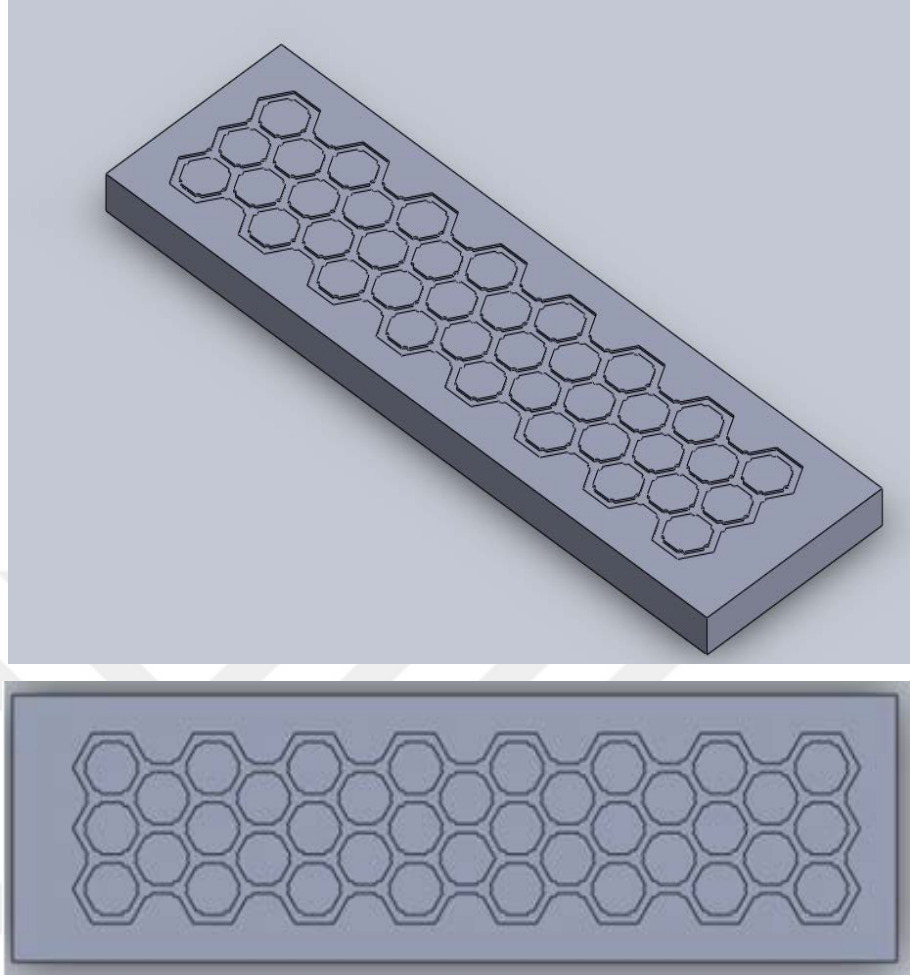


Şekil 3.15 C modeline ait elde üretilen mesh yapıların üst üste getirilmiş hali (yaklaşık 3 mm kayma mevcut)

Bu durumun yaşanması yeni bir çözüm yoluna gitme ihtiyacı doğurdu ve malzemeleri olmasını istediğimiz konum ve ölçüde üretebilmek için kalıp yapımına karar verildi. Kalıplar monokompozit filamentlerin ölçüsünde hücreler arasında boşluklar bırakılarak tasarımlar tamamlandı. Kafes yapıların köşelerindeki boşluklar da bağlayıcı malzemeler için oluşturuldu.

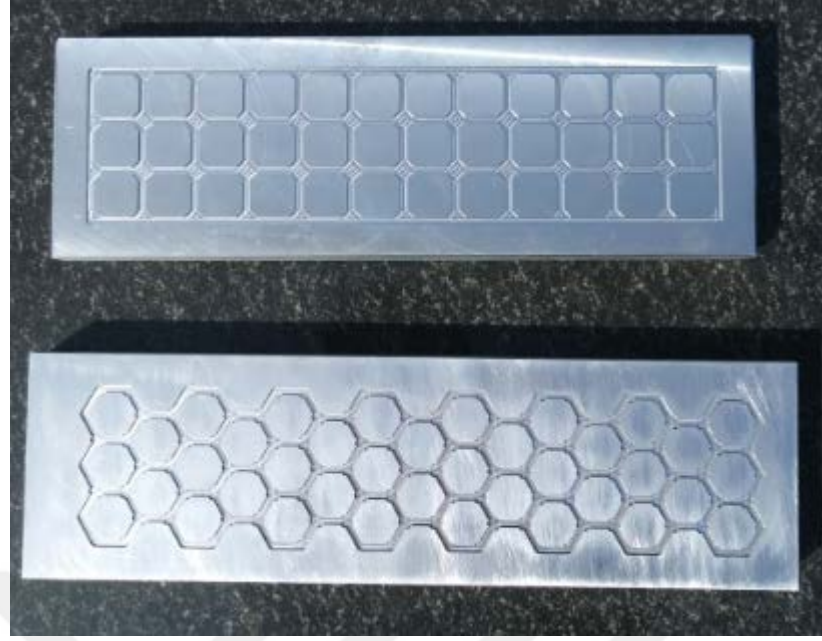


Şekil 3.16 A ve B modeli üst ve alt yüzeye ait kafes yapı kalıp tasarımı üç boyutlu ve üst görünüşü.



Şekil 3.17 C modeline ait tavan taban kafes yapı kalıp tasarımı üç boyutlu ve üst görünüşü

Tasarlanan kalıplar hassas bir CNC freze tezgahında Alüminyum malzemenin hassas işlenmesi ile üretilmiştir.



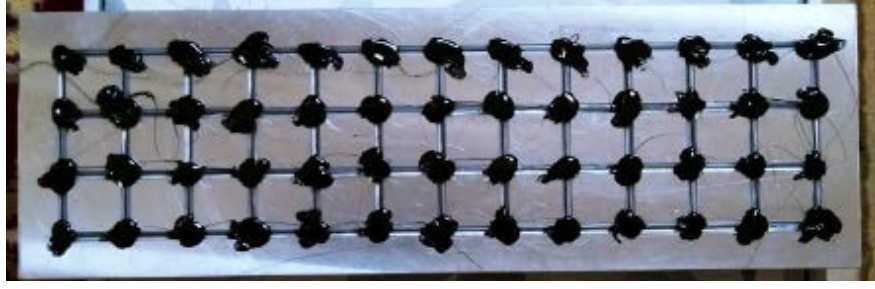
Şekil 3.18 Plaka kafes yapıların üretilen kalıpları

Kalıpların yüzeylerine kalıp ayırıcı silikon sıkıldı ve bu aşamadan sonra daha önceden kesilip uygun ölçülerde hazırlanan termoplastik sürekli karbon fiber monokompozit malzemeler yine el değmeden cımbız yardımıyla kalıplara dizildi. (Şekil 3.19)



Şekil 3.19 Karbon fiber monofilament kompozitlerin kalıba yerleştirilmesi

Kalıplara yerleştirilen termoplastik karbon fiber malzemeler ilk aşamada tek yönlü olarak birleştirildi. Daha sonra kalıptan çıkarılan malzemenin aka yüzeyi de aynı bağlayıcı malzemeyle güçlendirildi ve malzeme temizlenerek kafes yapı oluşumu için hazır hale getirildi. (Şekil 3.20 ve Şekil 3.21)



Şekil 3.20 Karbon fiber monofilament kompozitlerin ara bağlayıcı ile bağlanarak kafes yapı oluşturulması



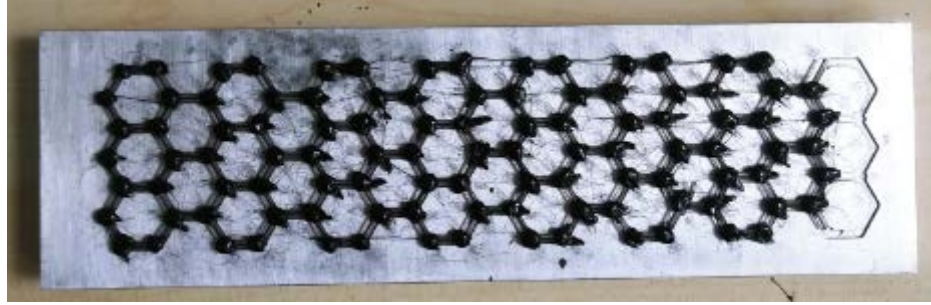
Şekil 3.21 A ve B modeline ait kafes yapının kalıptan sökülmesi

Bütün bu işlemler A ve B tabakaları hazır olduktan sonra aynı prosesle C grubu için de uygulandı.



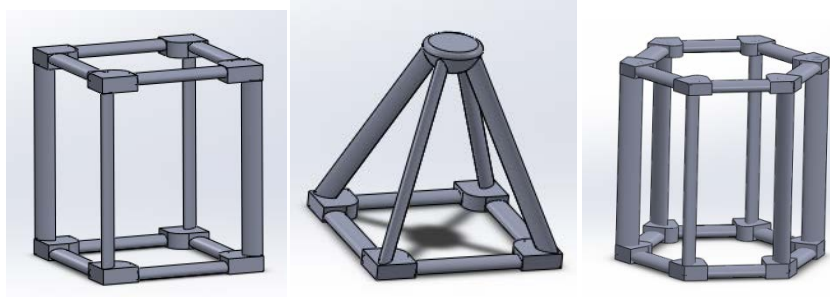
Şekil 3.22 C modeline ait petek yapının kalıp üzerine yerleştirilmesi ve üretimi işlemi

Oluşturulan mesh tabaka kalıptan söküldü ve diğer yüzeyinden de aynı şekilde EVA ile yapıştırılarak sabitlendi. (Şekil 3.23)

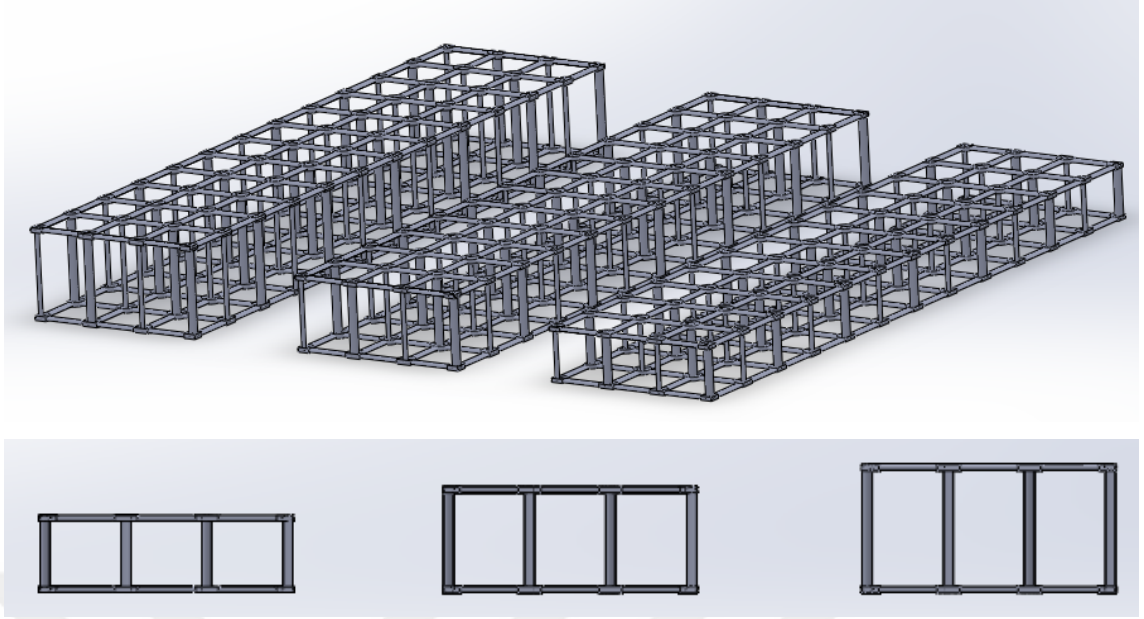


Şekil 3.23 C modeline ait petek yapının kalıptan ayrılması

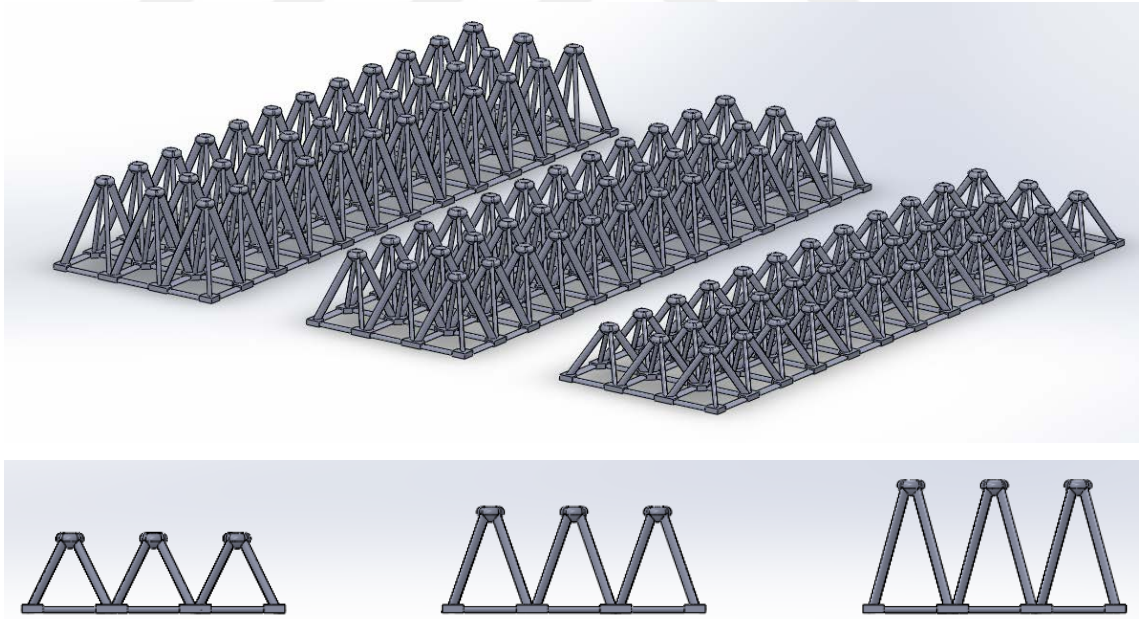
Bu işlemler tamamlanırken testler bölümünde ayrıntılı yer verdiğimiz bası testleri ve bu testlerin neden yapıldığı anlatıldı. Fakat bu bölümde kısa bir açıklama yapılması gerekirse; A modelinde tek bir kafes yapıya ait 4 farklı kolon yerleştirme modeli oluşturuldu. B modeli için de yine aynı şekilde 4 farklı kolon yerleştirme modeli oluşturuldu ve C modeli için 3 farklı kolon yerleştirme yapıldı. Bunlara bağlı olarak hazırlanan numunelerden optimum sonucu veren model tespit edildi ve bir sonraki sanviç yapının kolon yerleştirmesine bağlı olarak model tasarımları yapıldı. (Şekil 3.24)



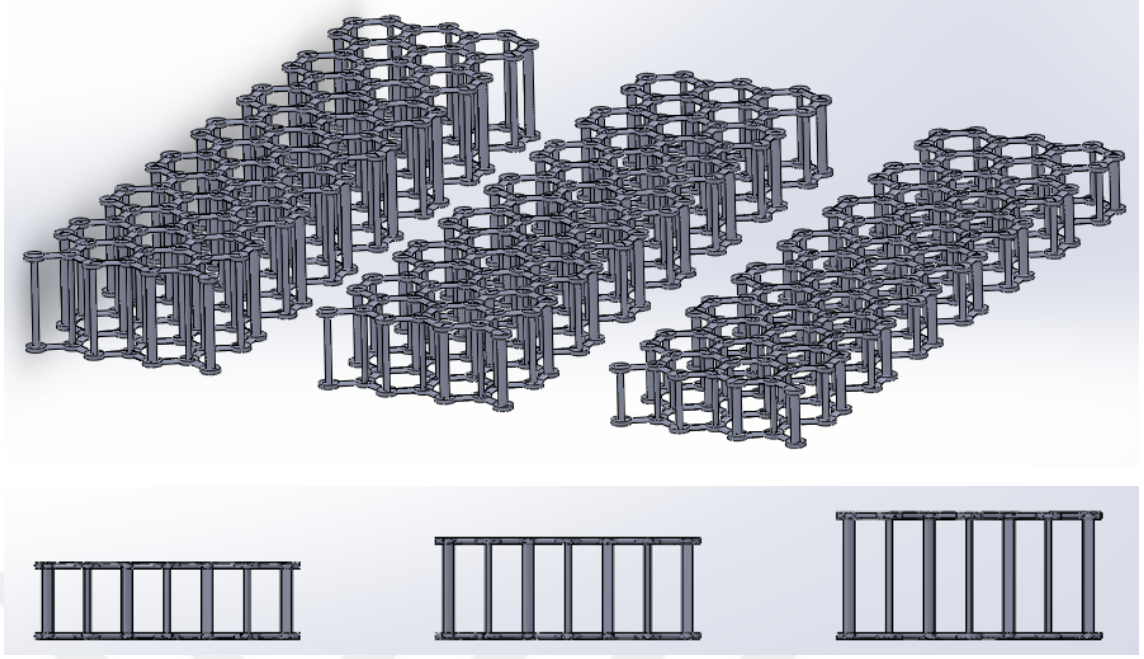
Şekil 3.24 Bası testlerinden sonra elde edilen kolon yerleşim modelleri A,B ve C



Şekil 3.25 A Grubuna ait kafes yapıları küçükten büyüğe 15 mm,20 mm ve 25 mm yükseklik



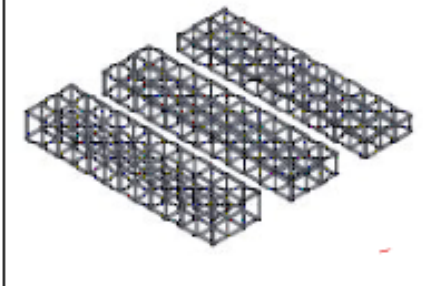
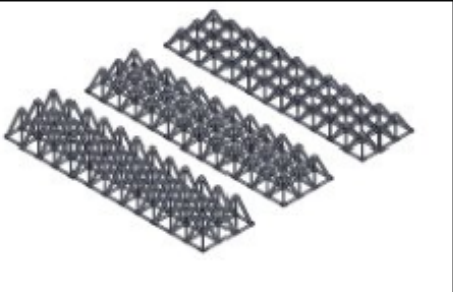
Şekil 3.26 B Grubuna ait kafes yapıları küçükten büyüğe 15 mm,20 mm ve 25 mm yükseklik

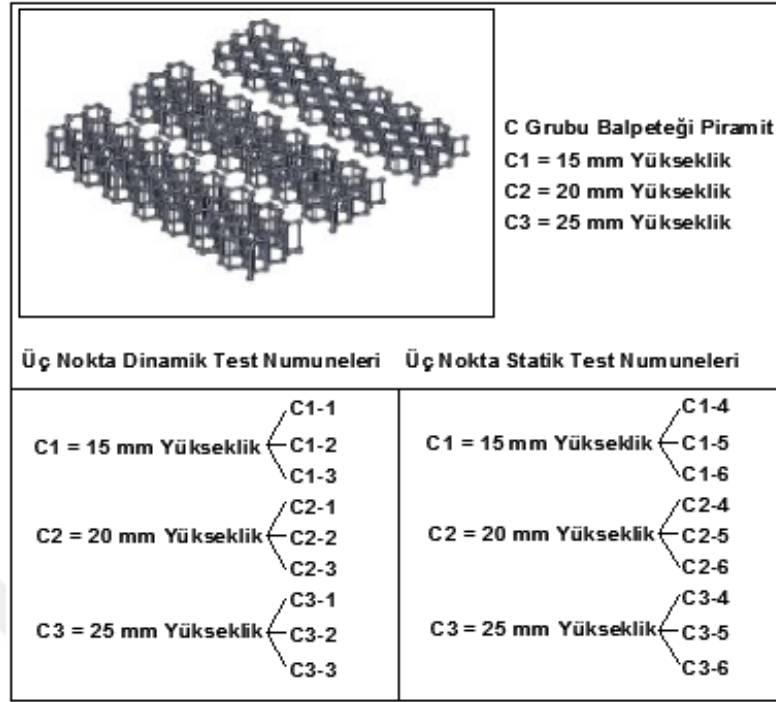


Şekil 3.27 C Grubuna ait kafes yapıları küçükten büyüğe 15 mm,20 mm ve 25 mm yükseklik

A grubu piramit yapı kolon sayısı 54'tür (Şekil 3.25) ve C grubunda ise (Şekil 3.27) 108 adet yani A grubunun 2 katı kolon bulunmaktadır. B grubunda ise 36 adet piramit çekirdek yapı bulunur ve kolon sayısı 144'tür. (Şekil 3.26)

Çizelge 3.27 Bütün sandviç numunelerin kodlama tablosu.

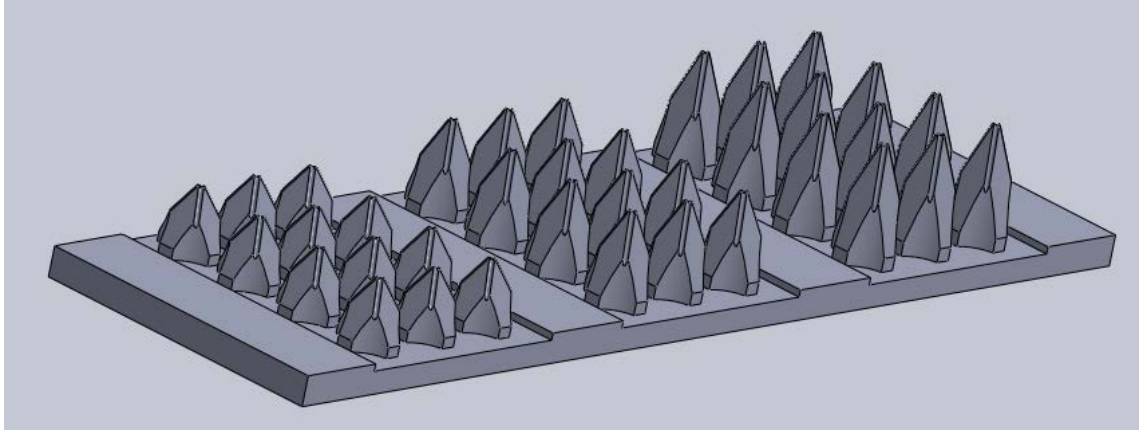
		<p>A Grubu Dikdörtgen Piramit A 1 = 15 mm Yükseklik A 2 = 20 mm Yükseklik A 3 = 25 mm Yükseklik</p>
<p>Üç Nokta Dinamik Test Numuneleri Üç Nokta Statik Test Numuneleri</p>		
<p>A 1 = 15 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← A1-1 ← A1-2 ← A1-3 <p>A 2 = 20 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← A2-1 ← A2-2 ← A2-3 <p>A 3 = 25 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← A3-1 ← A3-2 ← A3-3 	<p>A 1 = 15 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← A1-4 ← A1-5 ← A1-6 <p>A 2 = 20 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← A2-4 ← A2-5 ← A2-6 <p>A 3 = 25 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← A3-4 ← A3-5 ← A3-6 	
		<p>B Grubu Üçgen Piramit B 1 = 15 mm Yükseklik B 2 = 20 mm Yükseklik B 3 = 25 mm Yükseklik</p>
<p>Üç Nokta Dinamik Test Numuneleri Üç Nokta Statik Test Numuneleri</p>		
<p>B 1 = 15 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← B1-1 ← B1-2 ← B1-3 <p>B 2 = 20 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← B2-1 ← B2-2 ← B2-3 <p>B 3 = 25 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← B3-1 ← B3-2 ← B3-3 	<p>B 1 = 15 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← B1-4 ← B1-5 ← B1-6 <p>B 2 = 20 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← B2-4 ← B2-5 ← B2-6 <p>B 3 = 25 mm Yükseklik</p> <ul style="list-style-type: none"> ← B3-4 ← B3-5 ← B3-6 	



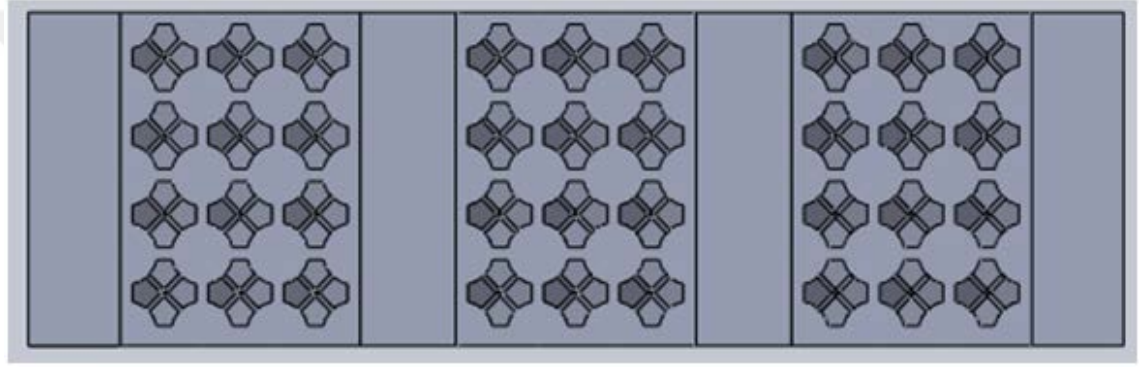
Kafes yapılar tasarlandıktan sonra ortaya bazı üretim sorunları çıkmakla birlikte A ve C grubu kafes yapılar aynı çözüm yolu kullanılarak üretilebileceği görüldü. Fakat B grubundaki kolon yapısı ve piramit boyuna bağlı piramit açısını tutturmak için yeni bir kalıba ihtiyaç duyuldu.

B grubu piramit yapı için de diğer gruplarda da olduğu gibi 3 ayrı boy belirlendi ve bu üç boy için tek bir kalıp tasarlandı (Şekil 3.26) ve kademeli üretim yöntemi oluşturuldu. Bu şekilde üç ayrı kalıp maliyeti ile birlikte, üç ayrı kalıp için harcanacak zamandan da tasarruf edilmiş oldu. Böylece, aynı kalıptan üç ayrı boydaki piramit kafes yapılarını üretip üç ayrı boy numune tek bir kalıptan elde edilmiş oldu. (Şekil 3.28 ve 3.29)

B grubu piramit kafes yapısının iç açıları kalıp üzerinde birleştirmeden dolayı çok küçük sapmalar göstermiş olup, eşit olarak kabul edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kafes yapıların yüksekliğinin etkisi araştırılmıştır. Bu nedenle yükseklik ölçüleri üzerinde tez boyunca durulmaktadır.



Şekil 3.28 B modeline ait piramit yapıda 3 ayrı yüksekliğin aynı kalıpta tasarlanması



Şekil 3.29 B modeline ait piramit yapı kalıbı üst görünüşü

Bu tasarıma göre piramit model kalıbı hassas CNC frezede üretildi.

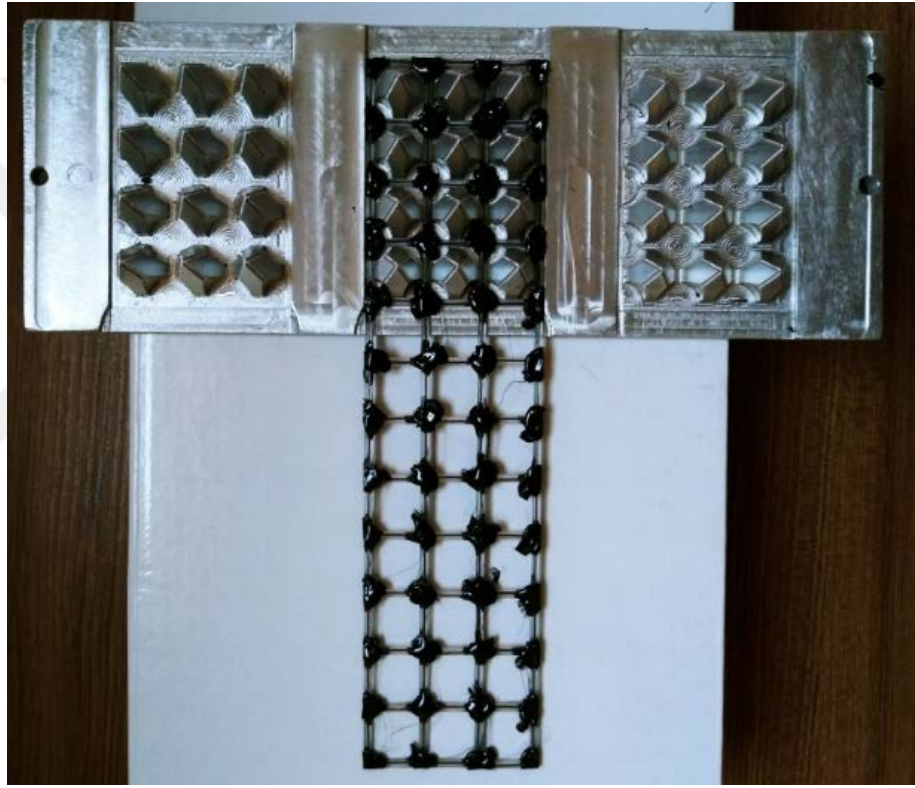


Şekil 3.30 B modeli piramit yapı kalıbı

B grubu piramit yapı kalıbı alüminyum malzemedен CNC makinelerde Ø 1'lik ve Ø 2'lik takımlarla hassas olarak işlendi. Bunun sebebi sürekli elyaf takviyeli

monokompozit filament yapının elips şeklindeki kesitinin dar bölgesinin 1.1 mm ölçüye sahip olmasıdır. (Şekil 3.30)

Daha sonra piramit yapıların üretimine başlandı. Piramit kafes yapı kademeli olarak 3 aşamada üretildi. İlk aşamada kalıp boşluğuna yerleştirilen tabaka kalıp üzerine sabitlendi (Şekil 3.31) ve cımbızla tutulup EVA yapıştırıcı yardımıyla kolonlar mesh tabakaya sabitlendi. (Şekil 3.32)



Şekil 3.31 B modeli kafes yapının kalıba yerleştirilmesi



Şekil 3.32 B modeli kafes yapının ilk aşamasının kalıptan ayrılması

Daha sonra parça kalıptan kaldırılıp diğer orta bölüm kalıba yerleştirildi ve sabitleme işlemi yapıldı. Orta bölüm de bitince numunenin son bölümü kalıba yerleştirilip kolon sabitlemesi yapıldı. (Şekil 3.42)



Şekil 3.33 B modeline ait kafes yapının son üretim aşaması.

Bu işlemler bittikten sonra kalıptan sökülen kafes yapı, sandviç panel çekirdek bölümünü oluşturmaya müsait hale geldi. Üç ayrı boyda üretilen B modeli kafes yapıları Şekil 3.34'de görülmektedir. Yine aynı şekilde kafes yapılarının üst üste yerleştirilmiş görüntüleri Şekil 3.35'te bulunmaktadır.



Şekil 3.34 B modeline ait sandviç çekirdeği için üç ayrı yükseklikte üretilen numune örnekleri



Şekil 3.35 B modeline ait üretilen numunelerin paneller yapıştırılmadan önceki halleri.

C modeline ait kafes yapı oluşumu A grubuna göre daha meşakkatli olmuştur. Bunun sebebi aynı alana 2 katı kolon yerleşimi yapılmasının gerekmesidir. Bu sebeple farklı bir teknik denenmiştir. İlk aşama kalıplarda ürettiğimiz balpeteği mesh tabaka, aynı ölçülerdeki metal bir plakaya sabitlenmiş (Şekil 3.36) ve diğer tabaka üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.36 İlk aşamada balpeteği kafes yapısı metal bir plakaya monte edilmiş ve diğer kafes yapı üzerine oturtulmuş hali.

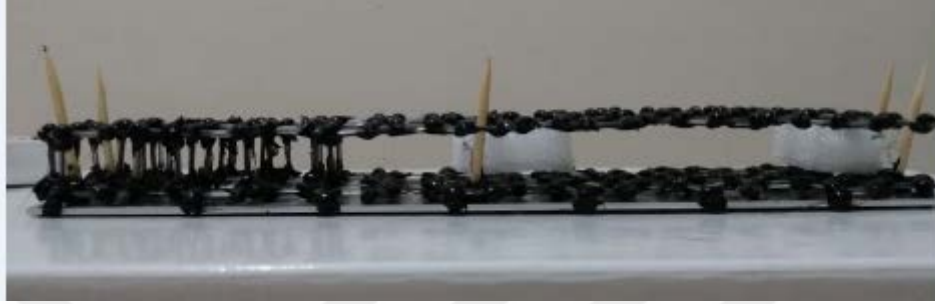


Şekil 3.37 İki kafes yapı arasında mesafe ayarı yapıp sabitlenmesi

Yükseklik ayarı araya yerleştirilen sabit yükseklikli köpük malzemelerle yapılmıştır. Sağa sola kaymaların olmaması açısından da referans ahşap çubuklar metal

tabakaya yapıştırılarak, üst katmanın hareketi önlenerek sabit tutulması sağlanmıştır. (Şekil 3.37)

Daha sonra el değmeden cımbız yardımıyla kolonlar iki katman arasına dizilmiştir.



Şekil 3.38 Ara kolon yerleşim süreci



Şekil 3.39 Ara kolonlar yerleşim süreci devam

Kolon yerleşimleri devam ettikçe yükseklik ayarı için kullanılan köpüklere ihtiyaç kalmadığından, onlar çıkartılmıştır.(Şekil 3.38 ve 3.39)



Şekil 3.40 Kolon yerleşiminin tamamlanması

Kolon yerleşimi tamamlandığında üst tabakayı sabitleyen çubuklar da kaldırılmıştır. (Şekil 3.40)



Şekil 3.41 Kolon yerleşimi tamamlanan parça

Kolon yerleşimi tamamlanan parça metal yüzeyden ayrılmış ve kenarlardan sabitleyici malzemeler temizlenmiştir. Parçamız sandviç plakanın üretimi için çekirdek olarak kullanılmak üzere üst ve alt plakalara yapıştırılmak için hazır hale getirilmiştir. (Şekil 3.42)



Şekil 3.42 C modeline ait kolon yerleşimi tamamlanmış kafes yapı



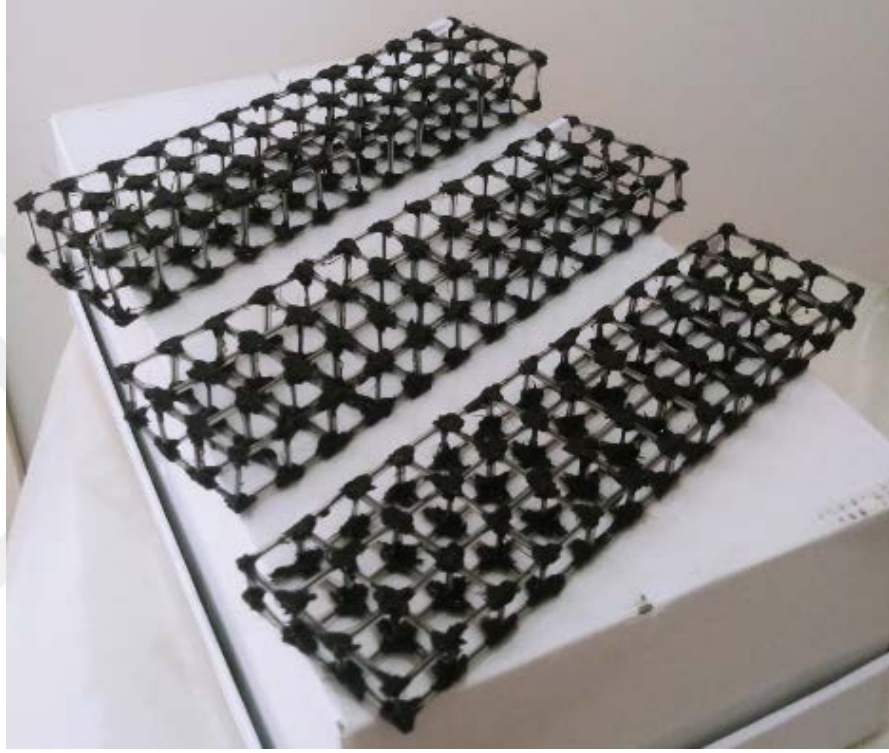
Şekil 3.43 C modeline ait üç ayrı boyda üretilmiş numune örnekleri



Şekil 3.44 C modeline ait üç ayrı boyda üretilen numunelerin tamamı

C modeline ait 3 ayrı boyda üretilen çekirdek numuneleri (Şekil 3.43)'de gösterilmektedir. Şekil 3.44'de ise üretilen tüm C tipi çekirdek yapılar bir arada gösterilmektedir..

C modeli üretim sürecine benzer yöntemlerle A grubu kafes yapıları da üretilmiştir. A grubuna ait 3 ayrı boydaki (A1,A2 ve A3) kafes yapıları Şekil 3.45'de görülmektedir. Aynı zamanda A grubunun biten bütün numunelerinin üst üste dizilmiş görüntüsü Şekil 3. 55'de verilmiştir.



Şekil 3.45 A modeline ait üç ayrı boyda üretilmiş numune örnekleri



Şekil 3.46 A modeline ait üç ayrı boyda üretilen numunelerin tamamı

Bütün numunelerin kafes yapıları oluşturulduktan sonra hassas terazide tartılmış ve küçük etiketler yardımıyla üzerlerine yapıştırılmıştır. En son kompozit plakalar yapıştırılıp sandviç hale geldikten sonra da tekrar gramaj ölçümleri yapılmıştır.

Bu numuneler hazırlandıktan sonra plaka olarak ürettiğimiz kompozit malzemeleri 50 mmx 200 mm ölçülerinde kesilip hazırlanmış ve sandviç yapıları oluşturmaya başlanmıştır.



Şekil 3.47 B modeline ait sandviç yapının oluşum aşaması

Şekil 3.47'da görüldüğü gibi önce alt tabaka daha sonra da üst tabaka yapıştırılarak sandviç yapı oluşturuldu. Bunun için farklı bir yapıştırıcı kullanılmadı ve plakaya verilen ısı sonucu yumuşayan kendi ara bağlayıcımız yeterli oldu.

Plakaların üst yüzeyinde ince bir eriyik film oluşana kadar ısıtıldı ve daha önceden geldi hazırlanan kafes çekirdek yapı bunun üzerine oturtuldu. Soğuma sırasında da birleşme meydana geldi. Sandviç yapıyı oluşturacak yüzey plakası üzerinde oluşturulan ince film şeklindeki eriyik malzemenin sıcaklığı kafes yapıdaki çekirdek kısmı oluşturan düğüm noktalarındaki yapıştırıcı EVA malzemenin de erimesine neden olarak, iki malzemenin yapışma mukavemetini artırmıştır. Şekil 3.47'de çekirdek yapı ile alt plakanın yukarıda anlatılan yöntem ile yapıştırılmış hali görülmektedir.

Diğer bütün numuneler aynı teknikle yapıştırılmış ve testlere hazır hale getirilmiştir.

Bası testleri yapıldıktan sonra bu sonuçlara göre hazırlanan numuneler tekrar kodlandı. A, B ve C grubu olarak değişmemekle birlikte t boylarına göre numaralandırılıp yanına tire ekleyip numune numarası yanına eklenip matris düzeni oluşturulmuştur. .

Çizelge 3.2 Sandviç numune kodlama tablosu

TİP A	TİP B	TİP C
A1=Yükseklik 15 mm	B1=Yükseklik 15 mm	C1=Yükseklik 15 mm
A2=Yükseklik 20 mm	B2=Yükseklik 20 mm	C2=Yükseklik 20 mm
A3=Yükseklik 25 mm	B3=Yükseklik 25 mm	C3=Yükseklik 25 mm

Çizelge 3.2'den de göreceğimiz üzere 3 ayrı tipte ve her bir tip için 3 farklı kafes boyunda numuneler üretildi. Her gruptan da 6'şar adet numune üretildi. Bunlardan 3 tanesi,statik 3 nokta eğilme testi için, diğer 3 tanesi de dinamik 3 nokta testi için kullanılmıştır.(Çizelge 3.2)

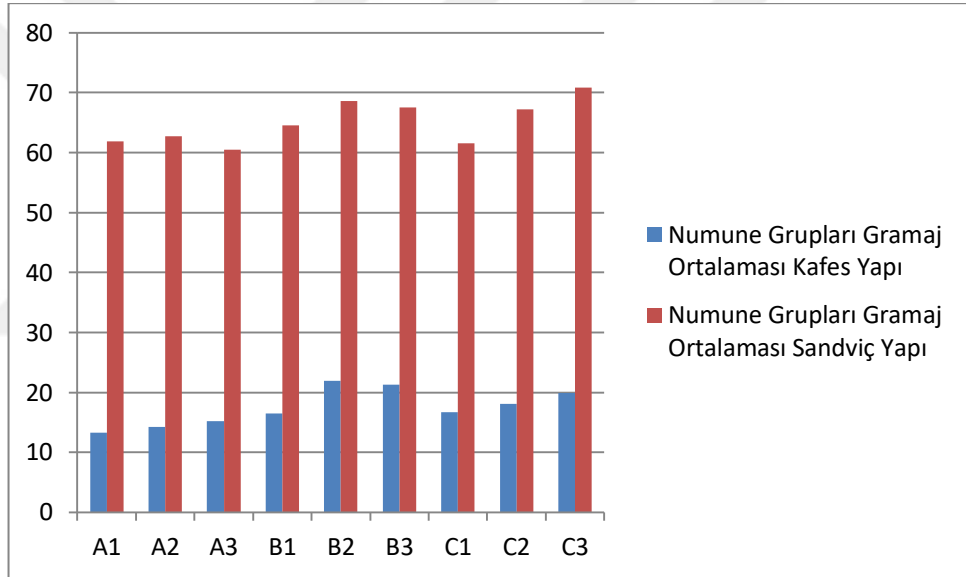
Sandviç kirişlerin kafes geometrili çekirdek yapıları üretildikten sonra tartıldı, daha sonra plakalara yapıştırılıp numuneler hazır olduktan sonra da tekrar tartıldı. Aşağıda her bir çekirdek numunenin sandviç hale gelmeden önceki ve sonraki hallerinin kütleleri mevcuttur.

Çizelge 3.3 Sandviç numunelerin kafes haldeki ve sandviç haldeki kütleleri(Birim gram).

TİP A	Kafes yapı	Sandviç Yapı	TİP B	Kafes yapı	Sandviç Yapı	TİP C	Kafes yapı	Sandviç Yapı
A1-1	13.59	62.41	B1-1	15.54	59.97	C1-1	16.68	57.54
A1-2	12.62	58.3	B1-2	15.87	61.47	C1-2	16.63	60.21
A1-3	12.98	60.74	B1-3	16.21	63.67	C1-3	16.73	61.28
A1-4	14.56	62.9	B1-4	15.8	66.05	C1-4	16.57	60.72
A1-5	13.51	64.22	B1-5	16.03	68.07	C1-5	16.71	64.24
A1-6	12.84	63.04	B1-6	19.61	68.26	C1-6	17.2	65.7
A2-1	13.64	60.76	B2-1	22.26	65.46	C2-1	18.19	64.1
A2-2	13.47	60.04	B2-2	21.28	66.33	C2-2	18.06	66.35
A2-3	15	62.49	B2-3	22.13	67.79	C2-3	18.44	66.42
A2-4	13.87	63.91	B2-4	22.08	68.38	C2-4	17.57	66.73
A2-5	14.04	64.78	B2-5	21.62	71.47	C2-5	18.04	68.56
A2-6	15.77	64.25	B2-6	22.21	71.97	C2-6	18.46	71.01
A3-1	14.98	56.14	B3-1	20.27	65.7	C3-1	19.77	67.65
A3-2	16.24	58.35	B3-2	21.57	66.48	C3-2	19.25	68.69
A3-3	15.54	60.25	B3-3	20.61	67.04	C3-3	20.93	70.26
A3-4	14.73	60.93	B3-4	21.14	67.85	C3-4	20.41	72.25
A3-5	15.13	64.69	B3-5	22.14	67.42	C3-5	19.48	72.61
A3-6	14.65	62.47	B3-6	22.23	70.52	C3-6	19.5	73.63

Çizelge 3.4 Her bir gruba ait numune ortalama kütleleri.

Numune Grupları Ortalama Kütleleri		
TİP	Kafes Yapı	Sandviç Yapı
A1	13.35 g	61.93 g
A2	14.29 g	62.7 g
A3	15.21 g	60.47 g
B1	16.51 g	64.58 g
B2	21.93 g	68.56 g
B3	21.32 g	67.5 g
C1	16.75 g	61.61 g
C2	18.12 g	67.19 g
C3	19.89 g	70.84 g



Şekil 3.48 Numunelerin kütlelerinin ortalamalarının kafes yapısı ve sandviç yapısı karşılaştırılması.

Şekil 3.48'deki grafikten de görüleceği gibi kafes yapılarda numune boyları arttıkça kütleleri de yükselmektedir. Sandviç yapılarda ise tabaka yoğunluğuna bağlı olarak kütleleri değişkenlik gösterir.

3.2.4 Uygulanan testler ve özellikleri

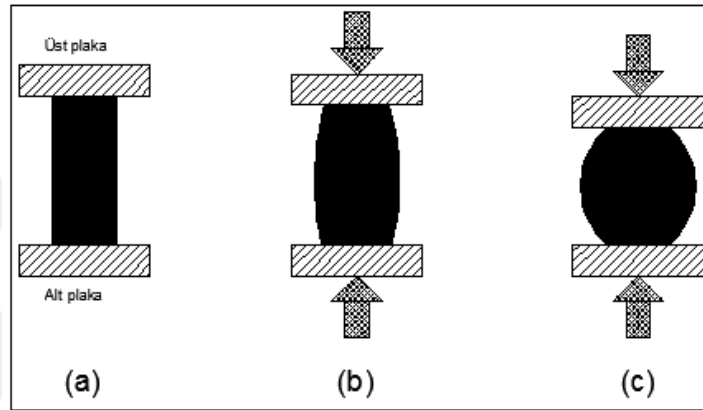
Kompozit malzeme numunelerine bası testi, statik üç nokta eğilme testi ve dinamik üç nokta eğilme testleri uygulandı.

A)Bası testi: Mühendislik malzemeleri genellikle uygulanan çeşitli yükler altında görünümlerini kalıcı olarak değiştirebilir, yani plastik olarak şekil değişimine uğramış olurlar.Bu tip malzemelerin ne zaman kalıcı şekil değiştireceklerini ve bu durum hangi koşullar altında gerçekleşecek bunu bilmek çok önemlidir. Çeşitli yapısal elemanların veya çalışan veya çalışmayan mekanizma parçalarının etkileşimde oldukları yükler altında şekillerini değiştirmesi genelde istenmeyen bir durumdur.

Bası testi de çekme testinin neredeyse tam zıttı olduğu kabul edilebilir. Bu testte çekme ve basma mekanizmalarında malzemeye bası kuvveti uygulanır. Genelde çekme deneyinin zor yada komplike olduğu veya uygulanmadığı durumlarda basma deneyi tercih edilir. Bası kuvvetinin öncelikli olduğu durumlarda kullanılan malzeme türlerinin mukavemet değerleri bu testle belirlenebilir. Bundan dolayı bası test sonuçları gevrek malzemelerin kullanıldığı tasarımlarda olduğu gibi kullanılabilir. Basma deneyi numunelerinde, numune yüksekliği (h_0) ile çapı (d_0) arasındaki h_0/d_0 oranı oldukça önemlidir. Numunenin h_0/d_0 oranının çok büyük olması yada çok küçük olması deneyden sağlıklı veriler elde etme açısından istenmeyen bir durumdur.

Bası testi esnasında numune kesiti sürekli olarak artacağından çekme testinde karşılaşılan boyun verme sorunu oluşmaz. Bası testi özellikle gevrek yada yarı gevrek malzeme tiplerinin sünek olup olmadığını ölçmede faydalıdır, çünkü bu tür malzemelerin sünek olup olmadığı çekme testi ile hassas bir biçimde ölçülemez. Bu tip malzemelerin çekme % uzaması ve % kesitinin daralması değerleri neredeyse sıfırdır. Bası testinin avantajlarından bir diğeri ise çok küçük boyuttaki malzeme numunelerinin de kullanılabilmesidir. Bu durum çok pahalı malzemelerde avantaja dönüşür ve az malzeme bulabildiğimiz durumlarda da oldukça faydalıdır.

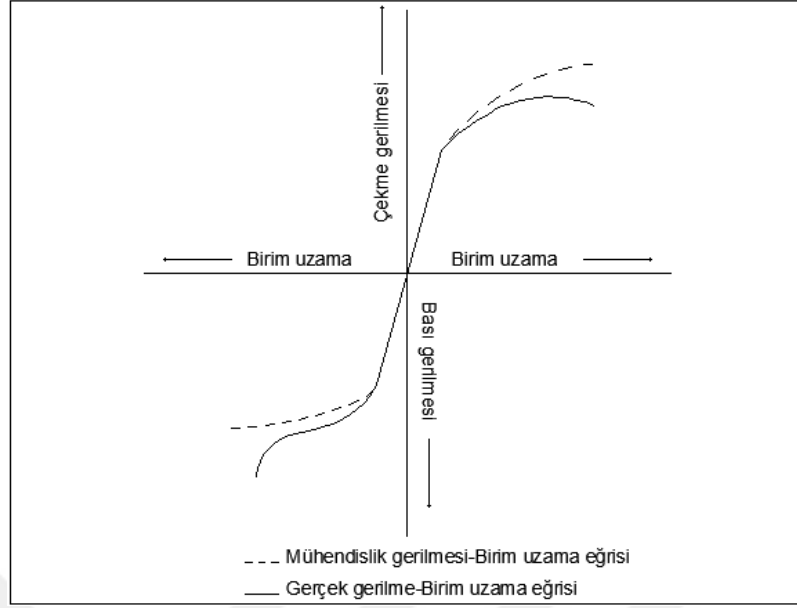
Bası testi, kendi standartlarında ve özel olarak hazırlanmış deney malzemesinin (örneğin), tek eksen ve belirli bir sıcaklıkta, sabit bir hızda, numune dağılıncaya kadar (yük taşıyamama durumu) basılma işlemidir. Yük, basma makinelerinde bası tabakaları sayesinde uygulanır. Bu yükün uygulandığı plakaların üst yüzeyi ve alt yüzeyleri, numunenin dik eksenine ve birbirlerine paralel olması gerekir. Malzemelerde oluşan ortalama fiçı görünümü Şekil 3.49'da gösterilmiştir.



Şekil 3.49 Bası kuvveti uygulamasında sünek numunedeki fiçı şekli oluşumu

a) Bası kuvveti yok, b) Bası kuvveti etkisinin fiçı oluşumuna dönüşümünün ilk aşaması c) Fiçı oluşmuş hali

Basma diyagramı, bası testinin örnek numunelere uygulanması sonucunda elde edilir. Bu diyagram genellikle çekme diyagramıyla benzerlik gösterir. Basma diyagramındaki elastik deformasyon bölgesi çekme diyagramındaki elastik bölümüyle yaklaşık olarak benzerdir ve akma sınırını geçince, basma diyagramında da plastik deformasyonda azalma meydana gelir. Bu diyagramdaki plastik deformasyon bölgesinin ilk aşaması, çekme diyagramında plastik deformasyona uğrayan bölgenin ilk aşamasını andırır, fakat çekme diyagramında bulunan en üst noktadan hemen sonra gerilme değerinde azalış meydana gelir, bası diyagramında ise gerilme artış gösterir. Yani bası eğrisinin eğim kısmında artış meydana gelmiş olur. Bunun sebebi bası esnasında malzeme kesitinin sürekli artmasıdır. Bası gerilmesindeki ani yükselişin sebebi de özellikle plastik deformasyon durumunun sonuna yaklaşırken numune kesitinin büyük oranda artmış olmasıdır.



Şekil 3.50 Metal özellikli bir malzemenin bası ve çekme diyagramları

Bası testi sonucunda numune malzemelerine ait aşağıdaki mekanik özelliklerin belirlenmesi mümkündür.

a) Akma dayanımı (σ_a): Gerilme halinin aşağı yukarı sabit olmasına karşılık, plastik şekil değişimi önemli bir miktarda arttığı ve bası diyagramında düzensüzlük gösteren gerilim değeridir. Akma sınırının bu belirgin hali malzemelerin bazılarında, örnek olarak karbonu düşük yumuşak çelik malzemelerde, test şartlarına bağlı olarak görülme ihtimali vardır. Bu sınırın belirgin olmaması durumlarda ise onun yerine, genelde %0,2'lik elastik uzama ($\% \epsilon_{elastik} = 0,2$ yada $\% \epsilon_{elastik} = 0,002$) haline denk gelen gerilme $\sigma_{0,2}$ sınır değeri alınır.

b) Basma dayanımı (σ_b): Herhangi bir malzemenin deforme olmadan dayanabildiği en yüksek bası gerilimi olarak tanımlanabilir. Bu gerilim, bası diyagramındaki en üst gerilmedir. Bu noktaya kadar numunenin kesiti her yönde aynı oranda büyür, buna rağmen özellikle plastik deformasyon bitimine yaklaşıldıkça numunenin kesiti de oldukça artar ve çok az bir gerilim durumunda da numune kırılır.

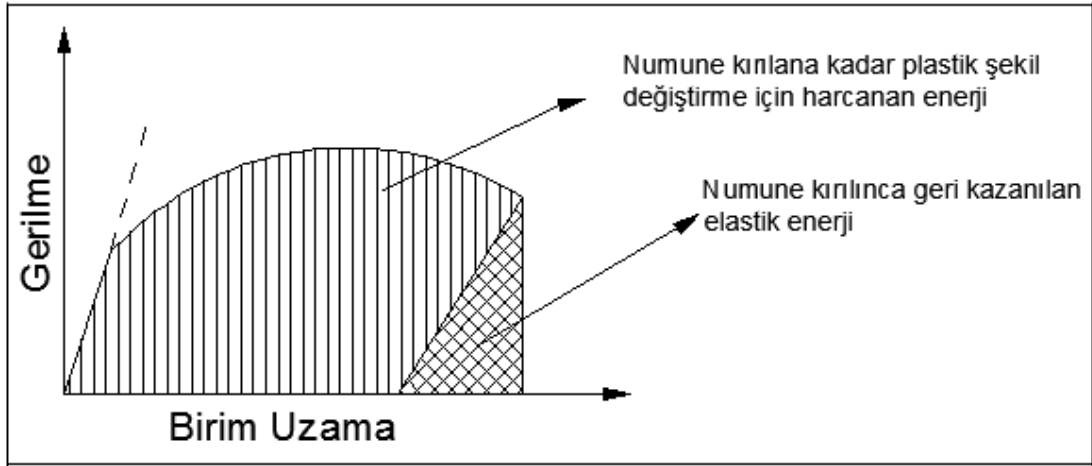
c) Orantı sınırı (σ_0): Birim uzama ile gerilim arasındaki $\sigma = E \cdot e$ bağıntısının (Hooke kanunu) sınırladığı doğrusal kısımdır. E, bu bağıntıda orantı katsayısıdır ve elastik

modülü demektir, aynı zamanda doğru eğimini de göstermektedir. Bazı malzemelerde, özellikle deri, ahşap ve kauçuk türlerinde σ - ϵ diyagramında bu tür doğrusal bir bölge bulunmaz, devamında sabit E değeri yerine, belirli bir noktaya çizilen teğetin eğimi ön plana çıkar. Herhangi bir malzemenin bu modülü ne kadar büyük olursa elastik şekil değişimine karşı direnci yani rijitliği de o derece büyük olur. Yine herhangi bir malzemeye ait olan elastiklik modülü ısıyla veya mekanik bir işlem yapılması durumunda değiştirmek mümkün olmaz.

d)Kopma uzaması (K.U.): Bası örneğindeki kırılma durumuna gelinceye veya kopuncaya kadar gösterilen yüzde uzama miktarıdır. Test parçasında kopmuş kısımların bir araya getirilerek ölçülen l_k ve $\Delta l_k=l_k-l_0$ bağıntısıyla $K.U.=\% \Delta l_k /l_0 \times 100$ bağıntısına bağlı olarak bulunur. Malzemenin sünekliği buradan anlaşılır ve bu değer büyüdükçe malzeme de o kadar sünek anlamına gelir. Malzemelerde σ_k ve σ_b değerlerini artıran etmenler genellikle sünekliği azaltmış olur.

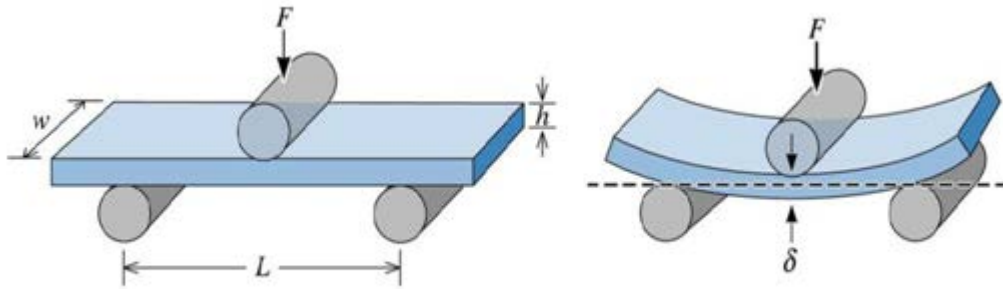
e) Rezilyans: Malzemelerin sadece elastik şekil değiştirdiği esnadaki enerjiyi depolamasıdır. Gerilme (σ) birim uzama (ϵ) eğrisinin mevcut elastik bölümünün altında kalan alandan bu enerji bulunabilir.

f) Tokluk: Malzeme kırılma durumu gerçekleşene kadar enerji depolar ve bu özelliğine tokluk denir. Genellikle σ - ϵ grafiğinin alt kısmında kalan alanın hesaplanması ile bulunabilir. Kırılma direnci için bir ölçüt kabul edilir ve birim hacim başına düşen kırılma enerjisi diye tanımlanmıştır. Bu bulunan tokluk değeriyle darbeli zorlama durumundaki dinamik tokluk arasında bağıntı bulunmaz. Süneklikte olduğu gibi tokluk karşısı olarak da gevreklik tabiri kullanılır.



Şekil 3.51 Gerilme-Birim uzama grafiğinin altında kalan alan şekil değiştirmek için gerekli olan enerjiyi (tokluğu) verir.

B) Statik Üç Nokta Eğilme Testi :Bu test, bir malzemenin tasarım esnasında gereken mukavemet bilgilerini tespit etmek ve malzemenin eğilmeye karşı vereceği mekanik tepki özelliğini öğrenmek için yapılır. Enine yük taşıyan kiriş vb parçalar sistem üzerinde eğilme durumuna maruz kalır. Bu durumda kirişte herhangi bir bölgesinde eğilme momenti dediğimiz momentler meydana gelir. Eğilme gerilmesi bu durumla ilgilidir. Ayrıca malzeme yapısının homojen olması durumunda klasik eğilme denklemleri geçerli olur.



Şekil 3.52 Üç nokta statik testi şematik gösterimi

Statik üç nokta eğilme testi ile bir malzemenin eğilme momenti, maksimum sehim miktarı, eğilme dayanımı ve elastisite modülü tespit edilebilir. Dökme demirler,

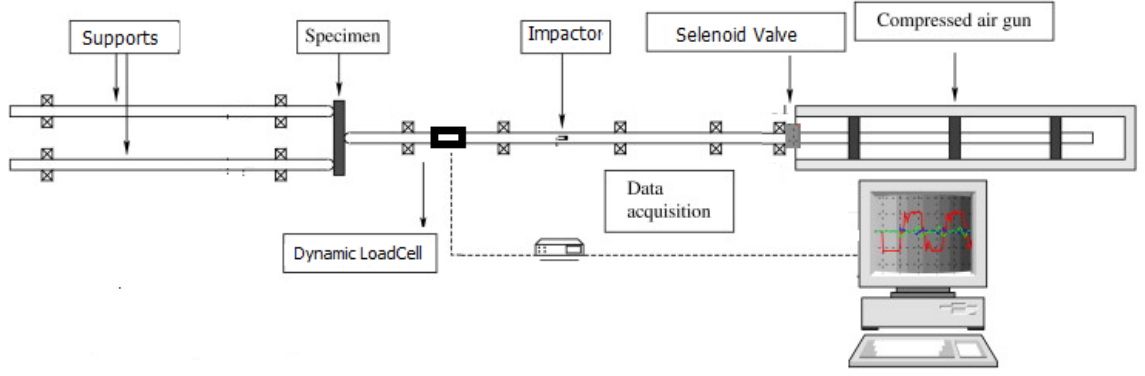
kompozit malzemeler, ve yüksek mukavemetli çelikler gibi gevrek malzemelere uygulanabilir.

Statik üç nokta eğilme testi, iki destek üzerine serbest olarak oturtulan genelde daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçası yada özel olarak hazırlanmış kompozit malzemeye yönünü değiştirmeden tam orta noktasına bir eğme kuvveti uygulanınca oluşan biçim değiştirme durumudur. Bu testte, numuneye bir kuvvet etki ettiğinde, numune kesitinin bir bölümünde bası gerilmesi, kesitin geri kalanında da çeki gerilmesi meydana gelir.

Bu test sonucu elde edilen veriler standart formüllerle hesaplanır bu tez kapsamında yapılan testlerde kullanılan test cihazından gerekli verileri ve grafikleri almak mümkündür.

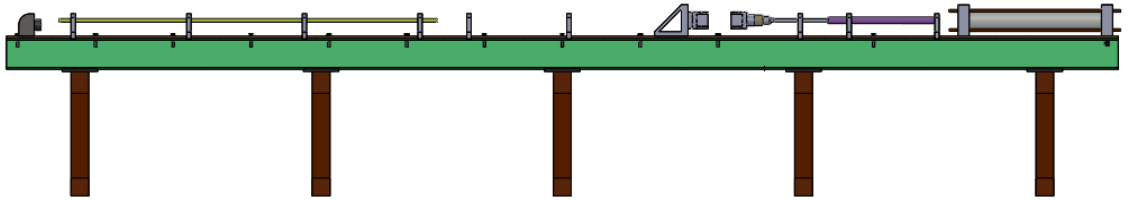
Test başlangıcında alt çenedeki mesnet aralığı kaydırılarak ayarlanır ve numune mesnetler üzerinde ortalanarak yerleştirilir. Cihazın üst çenesi numune ile hafif temas sağlanana kadar aşağı doğru indirilir. Cihaz üzerindeki olması gereken veriler sıfırlanır. Numune deforme olana kadar tam orta noktasından tedricen artan bir kuvvet uygulanır ve kuvvet-deplasman bilgileri cihaza bağlı veri toplama sistemi ve bilgisayar yardımı ile alınır.

C) Dinamik Üç Nokta Eğilme Testi :Daha önceki bölümlerde de bahsettiğimiz gibi mühendislik malzemelerinin özelliklerinin belirlenmesinde genellikle çekme, basma,statik üç nokta eğilme testi gibi testler kullanılmaktadır. Bu testler genelde sanki- statik olarak kabul edilen düşük hızlarda gerçekleştirilmektedir. Çarpışma durumlarında ise malzemeler bu testlerdeki kuvvetin uygulandığı hızlardan çok daha yüksek mertebeli hızlarda kuvvetlere maruz kalırlar. Malzemelerin bu yüksek deformasyon hızlarındaki davranışlarının statik testlerce belirlenen davranışlarından çok daha farklı olduğu anlaşıldığı için bu tür statik testler çarpışma, patlama gibi yüksek deformasyon hızlarındaki malzeme özelliklerini belirlemede yetersiz kalırlar. Bu gibi durumlardaki özelliklerin belirlenebilmesi için malzemeler, daha önceden bahsettiğimiz testlerin yüksek deformasyon hızlarında yeniden düzenlenmiş bir şekilde bu teste tabi tutulmaktadırlar.



Şekil 3.53 Dinamik üç nokta eğilme düzeneği(OTO4003,2017)

Testin yapılacağı düzenek Split Hopkinson Dinamik Bası düzeneğine 3 nokta eğilme aparatları adapte edilerek oluşturulmuştur. Sistemin ana yapıları; basıncın depolanıp itme kuvvetinin sağlandığı bir gaz tabancası, gaz tabancasından aldığı basınç ile ivmelenip numuneye çarpacak olan impaktör, numunenin desteklenmesini sağlayan 2 ayak şeklindeki mesnetleme noktası, dinamik kuvvetin ölçümünü sağlayan dinamik yük hücresi,gaz tabancasındaki basınçlı gazın namluya verilmesini sağlayan solenoid valf, dinamik yük hücresinden gelen verileri toplamaya ve işlemeye yarayan veri toplayıcı ve bu sistemin bağlı olduğu bir bilgisayardan ibarettir. Sistemin grafiksel gösterimi Şekil 3.54'de verilmiştir.



Şekil 3.54 Dinamik deney düzeneği tasarımı(OTO4003,2017)



Şekil 3.55 Dinamik deney düzeneği(OTO4003,2017)

Deney sisteminin CAD görüntüsü ve gerçek görüntüsü Şekil 3.54'de ve Şekil 3.55'de verilmiştir.

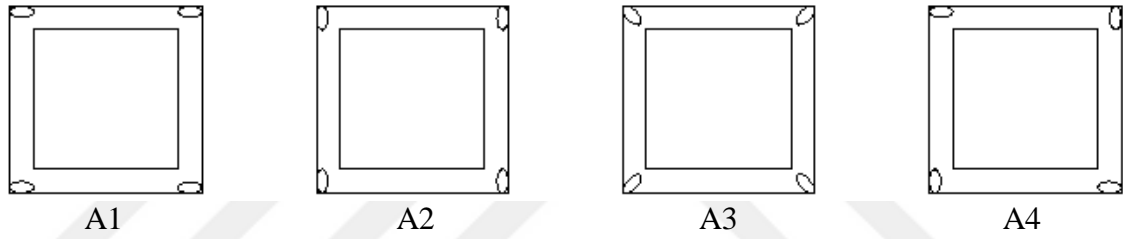
Testin yapılışı: Gaz tabancası 2.5 bar basınçla doldurulup test edilecek malzemeler mesnet kısmına yerleştirilmiştir. İmpaktörün bağlı olduğu çubuk numuneye orta noktasından çarpacak şekilde ayarlanarak ve deney hızlı bir şekilde gerçekleştirilecektir. Deneyler boyunca yük hücresi vasıtasıyla alınacak olan Kuvvet-Zaman verileri ve video ile alınacak olan Deplasman -Zaman verileri test sonrasında değerlendirilecektir.

4. BULGULAR

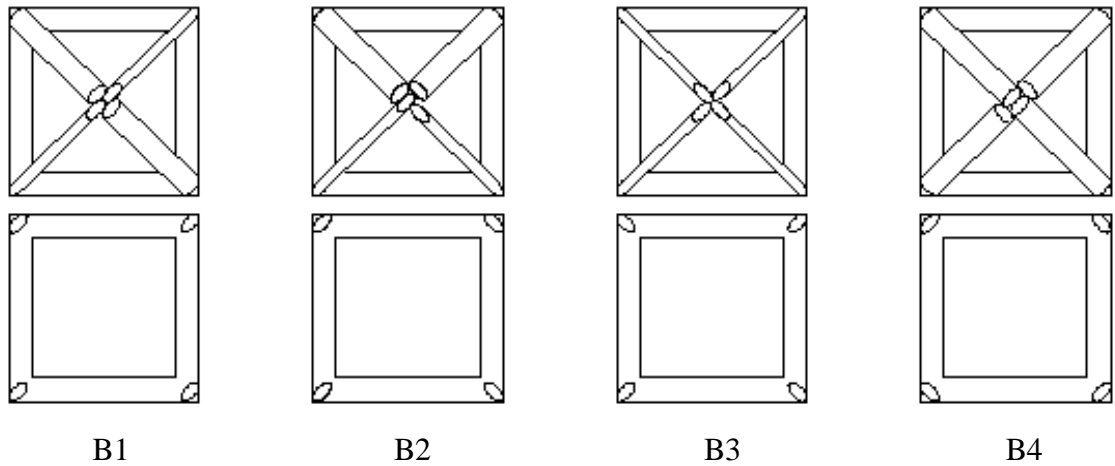
4.1 Hücresel bası testleri

Kompozit sandviç üretiminde tasarım aşamasında kolon yerleşim düzenleri oluşturuldu ve bu modeller üzerinden kolon seçimi amacıyla bası testleri her bir birim kafes yapıya uygulandı. Buna bağlı olarak dikdörtgen piramit kafes modelinde (A modeli) 4 farklı kolon tipi, piramit kafes modelinde (B modeli) 4 farklı kolon modeli ve balpeteği (C modeli) kafes modelinde de 3 farklı kolon yerleşim modeli oluşturuldu. Bunlara bağlı olarak her bir modelden de 4'er adet birim kafes numune üretildi.

Aşağıda A modeline ait 4 farklı kolon yerleşim modeli üst görünüşleri görülmektedir.

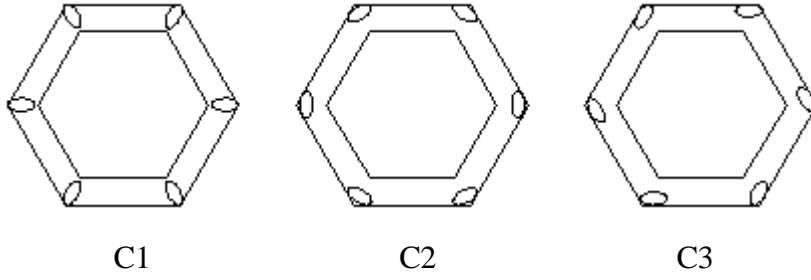


Şekil 4.1 Dikdörtgen piramit modellerine (A) ait kolon yerleşim düzeni.



Şekil 4.2 Üçgen piramit (B) modeline ait 4 farklı kolon yerleşim düzeni

Aşağıda C modeline ait 3 farklı kolon yerleşim modeli üst görünüşleri görülmektedir.



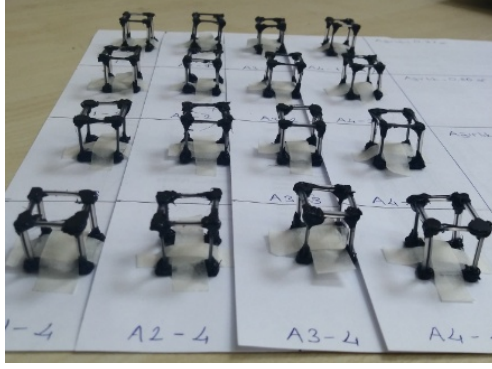
Şekil 4.3 Balpeteği (C) modeline ait 3 farklı kolon yerleşim düzeni

Bu kolon yerleşimlerine bağlı olarak üretilen birim kafes yapılar tartıldı ve oluşturulan birim kafeslerin matris tablosu oluşturuldu.

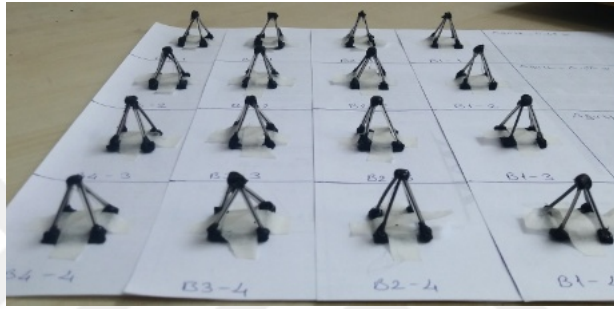
Çizelge 4.1 Birim kafes yapılarının kütleleri (gr) tablosu.

A1-1	0.73		A2-1	0.84		A3-1	0.78		A4-1	0.87		
A1-2	0.78		A2-2	0.79		A3-2	0.77		A4-2	0.8		
A1-3	0.82		A2-3	0.86		A3-3	0.81		A4-3	0.82		
A1-4	0.8		A2-4	0.81		A3-4	0.89		A4-4	0.84		
ORTALAMA	0.78			0.82			0.81			0.83	G.ORT.	0.81
B1-1	0.48		B2-1	0.52		B3-1	0.6		B4-1	0.54		
B1-2	0.5		B2-2	0.53		B3-2	0.51		B4-2	0.54		
B1-3	0.54		B2-3	0.53		B3-3	0.47		B4-3	0.53		
B1-4	0.5		B2-4	0.47		B3-4	0.57		B4-4	0.47		
ORTALAMA	0.5			0.51			0.53			0.52	G.ORT.	0.51
C1-1	0.76		C2-1	0.86		C3-1	0.89					
C1-2	0.93		C2-2	0.98		C3-2	0.78					
C1-3	0.84		C2-3	0.74		C3-3	0.82					
C1-4	0.9		C2-4	0.83		C3-4	0.8					
ORTALAMA	0.85			0.85			0.82	G.ORT.	0.84			

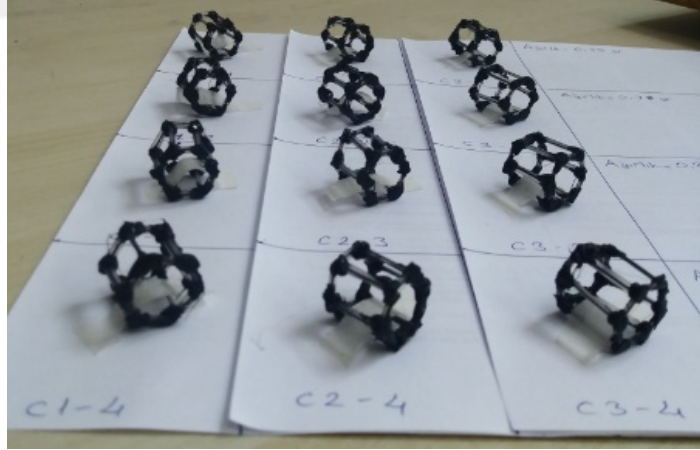
Birim kafes yapılarının matris düzeni bası testi öncesi kutu içinde oluşturuldu. Her bir modele ait alınan ölçümlerin ortalamaları bulundu. Daha sonra da her bir grubun(A,B ve C) genel ortalaması(G.ORT.) bulundu.



Şekil 4.4 A modeline ait oluşturulmuş birim kafes yapılar



Şekil 4.5 B modeline ait oluşturulmuş birim kafes yapılar



Şekil 4.6 C modeline ait oluşturulmuş birim kafes yapılar.

Oluşturulan yapıların kolay bir şekilde bası testlerine tabi tutulması açısından kutu matrisi oluşturuldu ve numuneler içine yerleştirildi. (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8)



Şekil 4.7 Bası testine hazırlık birim kafes matris numaralandırması.



Şekil 4.8 Bası testi öncesi birim kafes yapıları

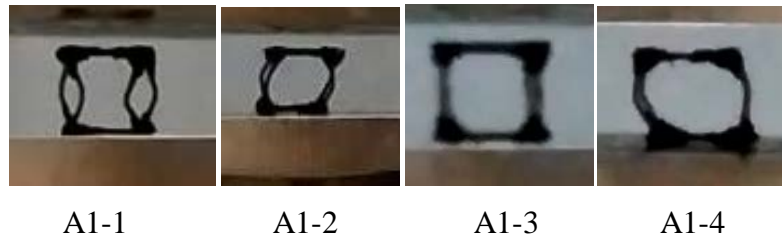
Bası testleri her bir birim kafese uygulandıktan sonra her bir grubun ortala maksimum kuvveti ($F_{\text{maks,ort}}$, birim N) maksimum kuvvete ulaştığı andaki ortalama deplasmanı (dL , mm) elde edilmiştir. (Çizelge 4.2)

Çizelge 4.2 Bası testleri sonuçları ortalamaları

	Fmaks,ort	dL
	N	mm
A1	81.034	1.38
A2	103.155	1.448
A3	126.81	1.355
A4	103.768	1.577
B1	52.731	0.994
B2	59.78	1.2735
B3	57.164	1.249
B4	50.348	1.286
C1	160.224	1.841
C2	105.519	1.255
C3	100.058	1.544

Çizelge 4.2'de belirtildiği gibi her bir grubun ortalamaları alınarak grup içinde karşılaştırıldı. A grubuna bakıldığında A3, C sonuçlarına göre de C1 tasarım modeli seçilmiştir. B grubu kolon yerleşimlerinden B2 ve B3 gruplarının değerleri birbirine oldukça yakındır, buna bağlı olarak da A ve C gruplarından seçtiğimiz kolon yerleşim düzeni olan B3 grubu da bu durumdan dolayı seçildi.

Aşağıda da test uygulanan numunelerin hemen testten sonraki görüntüleri mevcuttur.



Şekil 4.9 A1 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



A2-1

A2-2

A2-3

A2-4

Şekil 4.10 A2 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



A3-1

A3-2

A3-3

A3-4

Şekil 4.11 A3 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



A4-1

A4-2

A4-3

A4-4

Şekil 4.12 A4 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



B1-1

B1-2

B1-3

B1-4

Şekil 4.13 B1 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



B2-1

B2-2

B2-3

B2-4

Şekil 4.14 B2 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



B3-1

B3-2

B3-3

B3-4

Şekil 4.15 B3 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



B4-1

B4-2

B4-3

B4-4

Şekil 4.16 B4 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



C1-1

C1-2

C1-3

C1-4

Şekil 4.17 C1 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



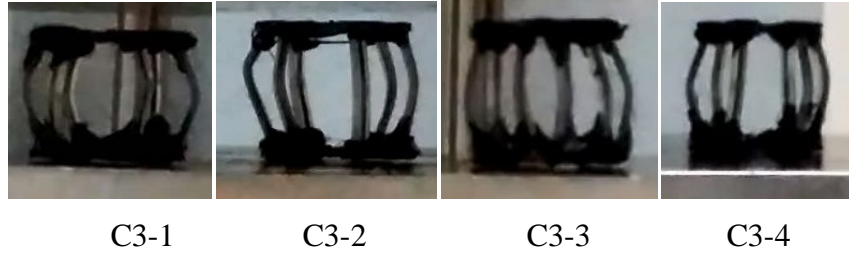
C2-1

C2-2

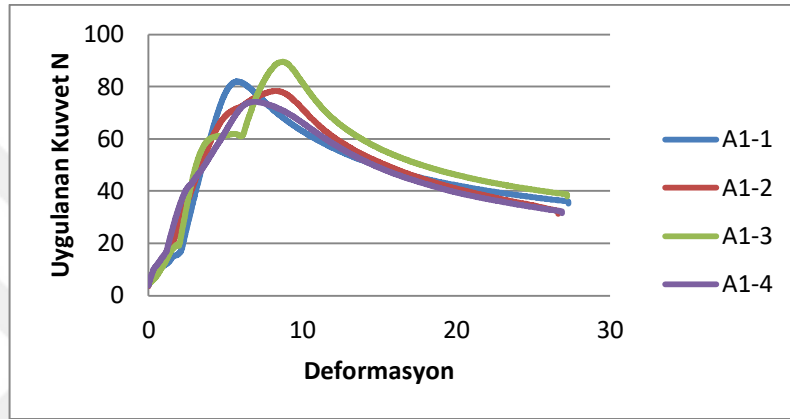
C2-3

C2-4

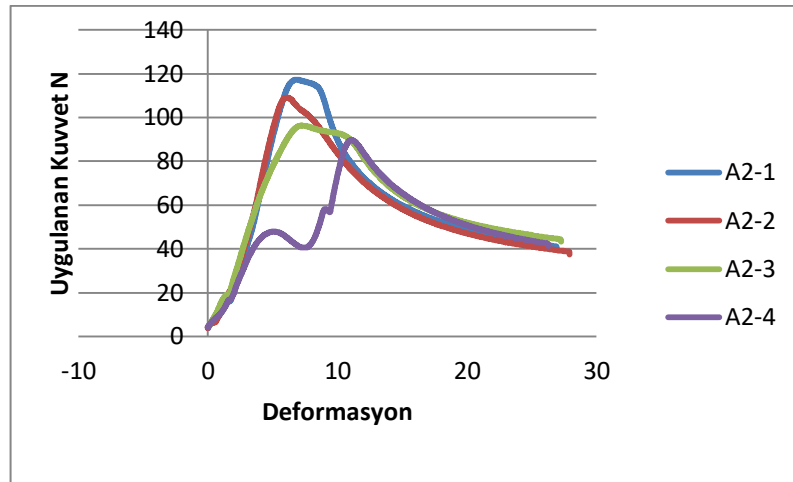
Şekil 4.18 C2 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



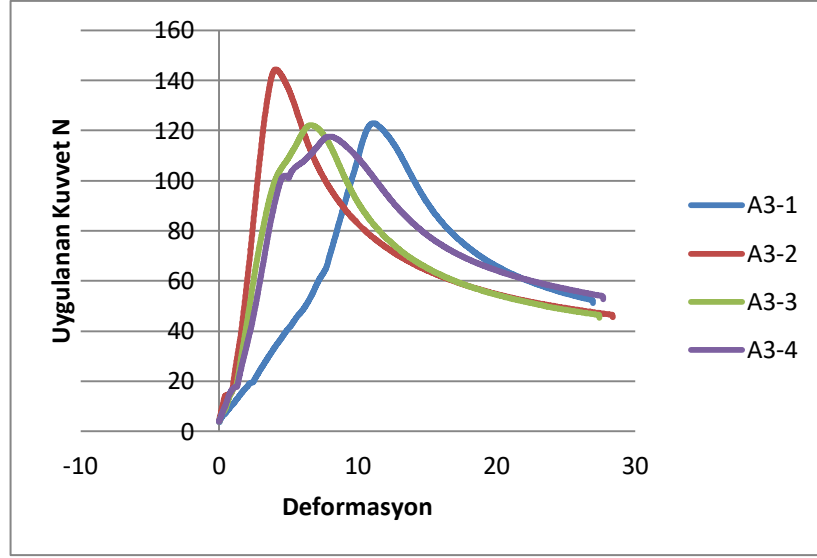
Şekil 4.19 C3 grubuna ait bası testi sonucu kafes yapıları



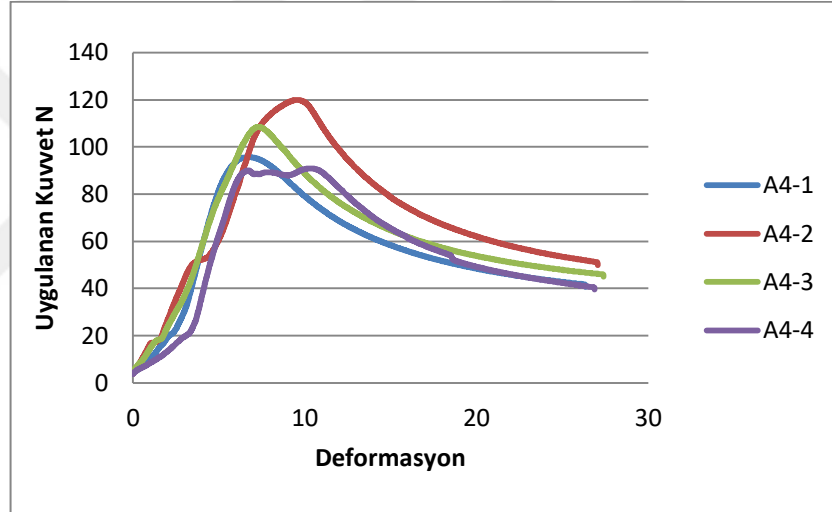
Şekil 4.20 A1 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



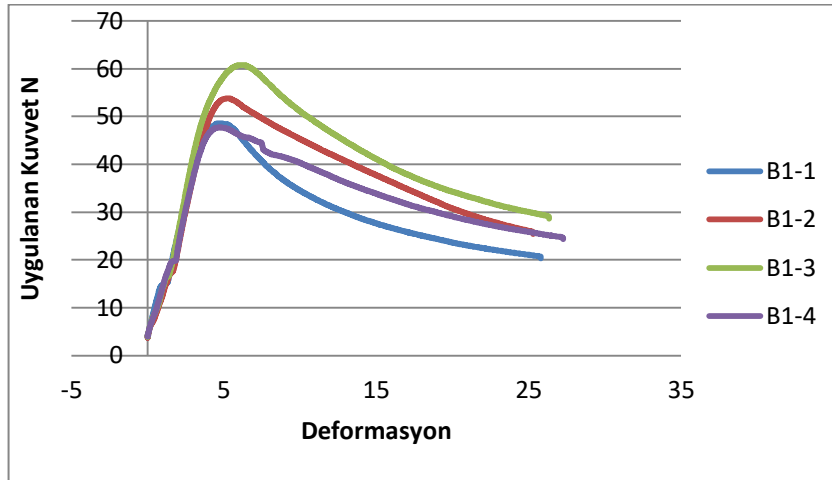
Şekil 4.21 A2 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



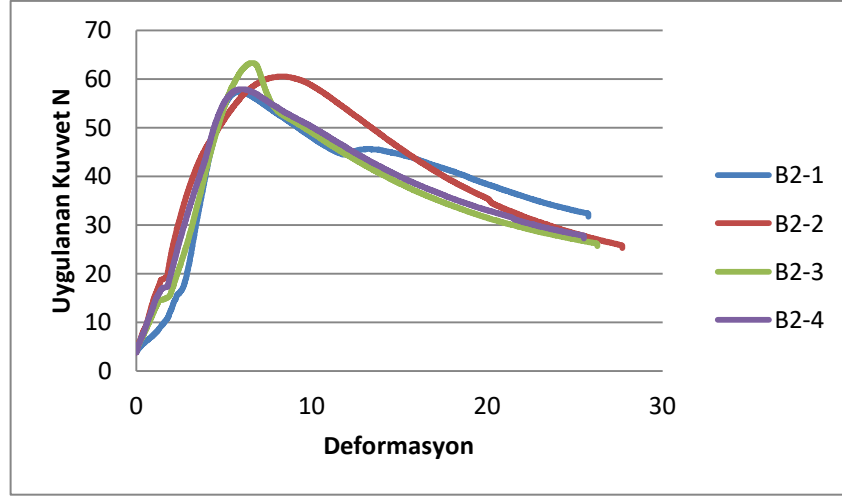
Şekil 4.22 A3 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



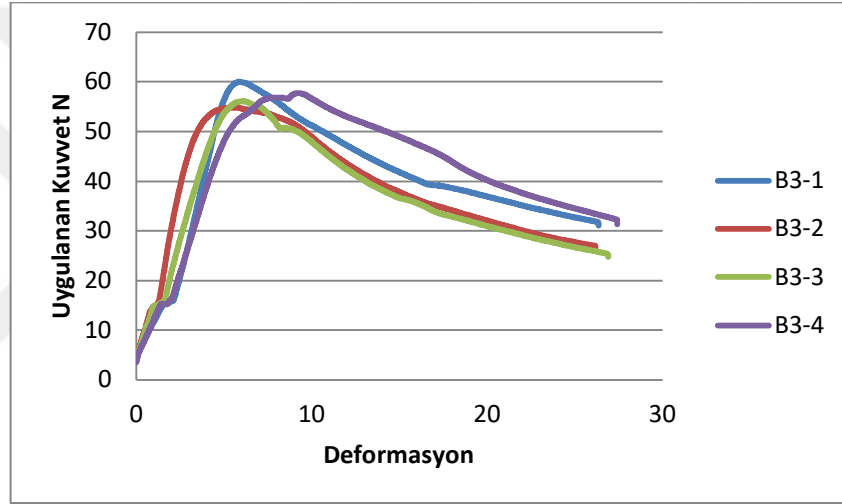
Şekil 4.23 A4 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



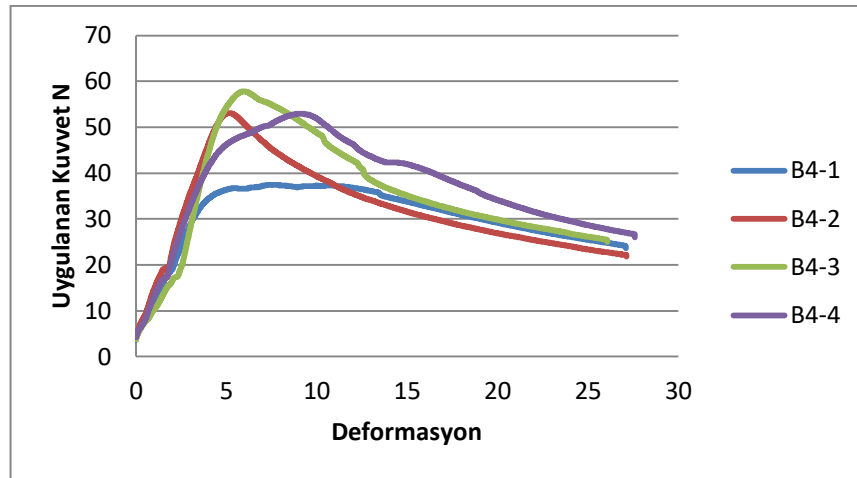
Şekil 4.24 B1 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



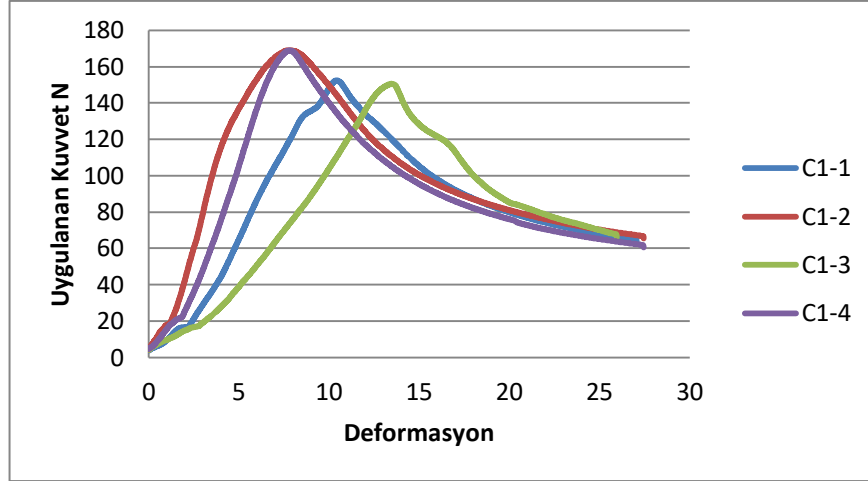
Şekil 4.25 B2 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



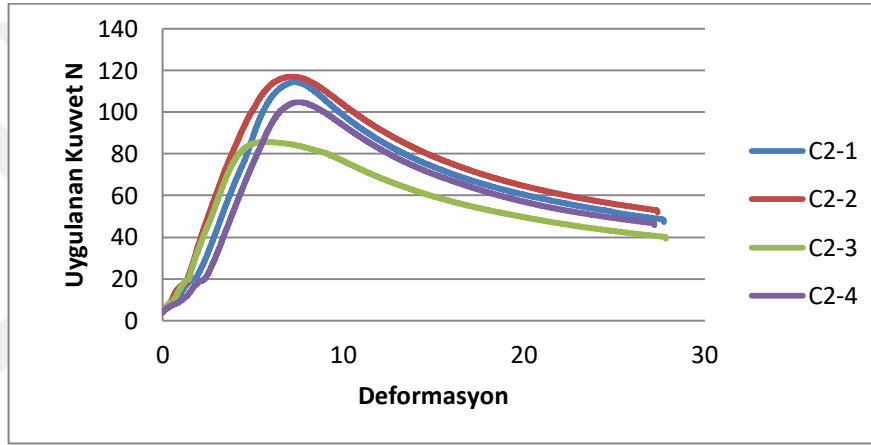
Şekil 4.26 B3 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



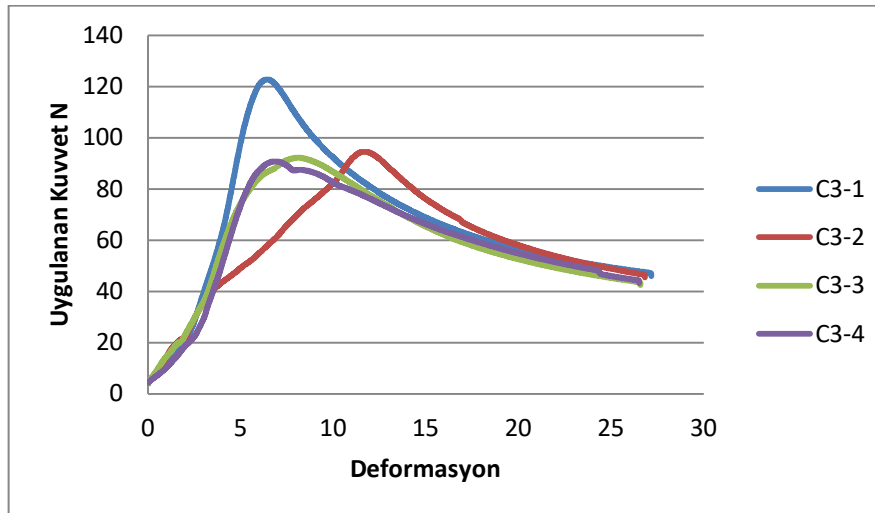
Şekil 4.27 B4 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



Şekil 4.28 C1 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



Şekil 4.29 C2 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri



Şekil 4.30 C3 grubu Kuvvet-Deformasyon eğrileri

Bu sonuçlara bağı olarak A,B ve C grubu kolon yerleşim modelleri tespit edildi ve kafes yapılar daha sonra oluşturuldu.

A grubundan A3, B grubundan B3 ve C grubundan da C1 grubu seçilmiştir ve tekrar bir gruplandırma yapılmıştır. Yeni matris oluşumu sandviç yapıdaki numunelerde oluşabilecek karışıklığın önlenmesi açısından hazırlanmıştır.

Çizelge 3.2 Sandviç numune kodlama tablosu

TİP A	TİP B	TİP C
A1=Yükseklik 15 mm	B1=Yükseklik 15 mm	C1=Yükseklik 15 mm
A2=Yükseklik 20 mm	B2=Yükseklik 20 mm	C2=Yükseklik 20 mm
A3=Yükseklik 25 mm	B3=Yükseklik 25 mm	C3=Yükseklik 25 mm

Bası testi sonrası oluşturulacak numunelerin tipleri ve anlamlarına daha önceki bölümde değinmiştik (Çizelge 3.2) Bu bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Daha sonra bu modellerin matris düzenleri oluşturuldu. Bu matris düzenine göre her bir numuneden 6'şar adet üretildi. Tasarım ve üretim süreci ayrıntılı bir biçimde tasarım ve üretim bölümünde anlatılmıştır.

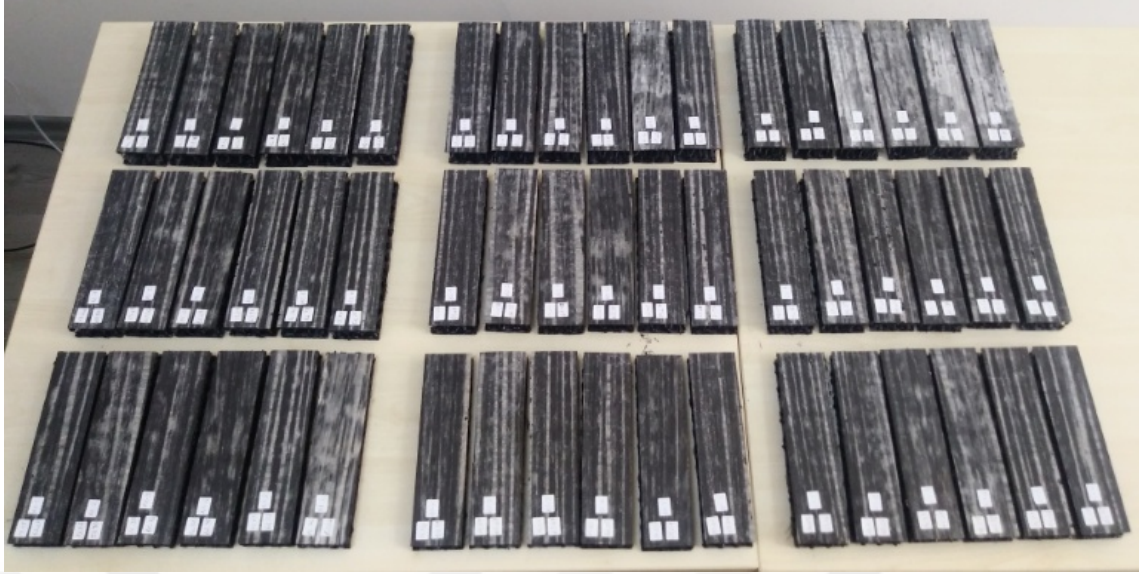
Çizelge 4.3 Bütün sandviç numunelerin kodalama tablosu.

TİP A	TİP B	TİP C
A1-1	B1-1	C1-1
A1-2	B1-2	C1-2
A1-3	B1-3	C1-3
A1-4	B1-4	C1-4
A1-5	B1-5	C1-5
A1-6	B1-6	C1-6
A2-1	B2-1	C2-1
A2-2	B2-2	C2-2
A2-3	B2-3	C2-3
A2-4	B2-4	C2-4
A2-5	B2-5	C2-5
A2-6	B2-6	C2-6
A3-1	B3-1	C3-1
A3-2	B3-2	C3-2
A3-3	B3-3	C3-3
A3-4	B3-4	C3-4
A3-5	B3-5	C3-5
A3-6	B3-6	C3-6

Çizelge 4.3'de verilen matris düzenine uygun olarak üretilen numunelerin her grup için 3 adet 3 nokta eğilme statik, üçer adedi de 3 nokta eğilme dinamik testleri için kullanıldı. Numune kodları matris düzeninde verilmiştir. Matris düzenindeki ilk iki karakter grubunu ve numunenin hangi yükseklikte olduğunu gösterirken tire işaretinden sonra verilen rakam kaç adet üretilmiş onu göstermektedir.

4.2 Dinamik Üç Nokta Eğilme Testleri

Dinamik üç nokta eğilme testleri için Çizelge...da belirtilen matris düzeninden ilk üç numune kullanılmıştır. Üretilen numunelerin tamamı 54 adet olup, 27si statik üç nokta eğilme diğer 27si de dinamik üç nokta eğilme testleri için kullanılmıştır.



Şekil 4.31 Oluşturulan numunelerin tamamı

Sandviç panellerin çekirdek bölümünü oluşturacak kafes yapılar üretildikten sonra hassas terazide tartıldı. Sandviç plakaların eldesi için üst ve alt yüzey plakaları yapıştırıldıktan sonra tekrar tartıldı. İlk iki etiket kütlelerini, diğer etiket de numunenin hangi gruba ait kaçınıcı numune olduğunu ifade eder. Şekil 4.32'de sandviç numunelerin dinamik üç nokta eğilme test düzeneğine yerleştirilmiş hali görülmektedir.

Oluşturulan sandviç numunelerin tamamının izometrik fotoğrafı şekil 4.33 de görülmektedir.



Şekil 4.32 Test cihazı test uygulamasından önceki görüntüsü

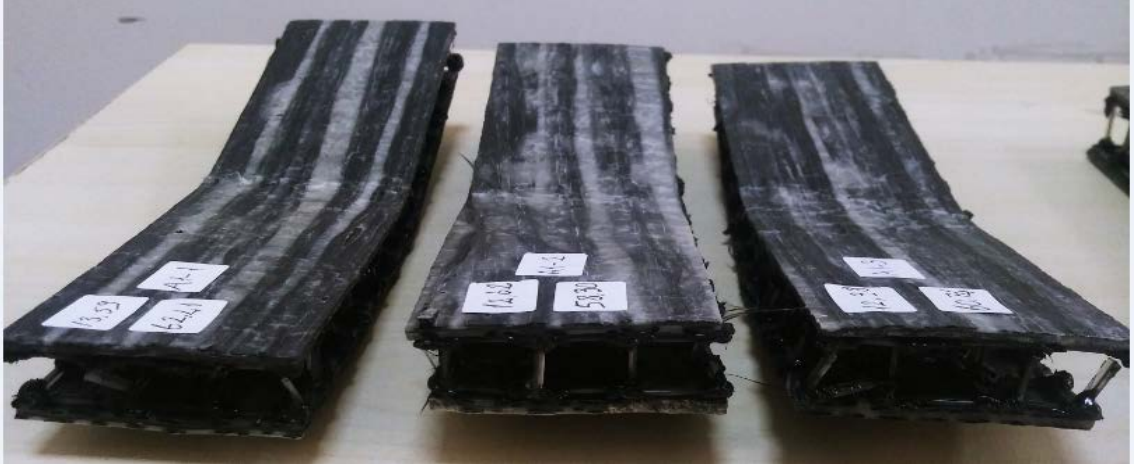


Şekil 4.33 Oluşturulan numunelerin tamamının izometrik görünümü

Oluşturulan numune matris düzenlerinde ilk 3 numune (örneğin A1 grubu için=A1-1,A1-2 ve A1-3) Üç nokta dinamik testi için, diğer üç numune de (A1 grubu için= A1-4,A1-5 ve A1-6) 3 nokta statik testi için kullanıldı.

Çizelge 4.4 Dinamik testleri için uygulanan numune kodlaması

A1-1	B1-1	C1-1
A1-2	B1-2	C1-2
A1-3	B1-3	C1-3
A2-1	B2-1	C2-1
A2-2	B2-2	C2-2
A2-3	B2-3	C2-3
A3-1	B3-1	C3-1
A3-2	B3-2	C3-2
A3-3	B3-3	C3-3



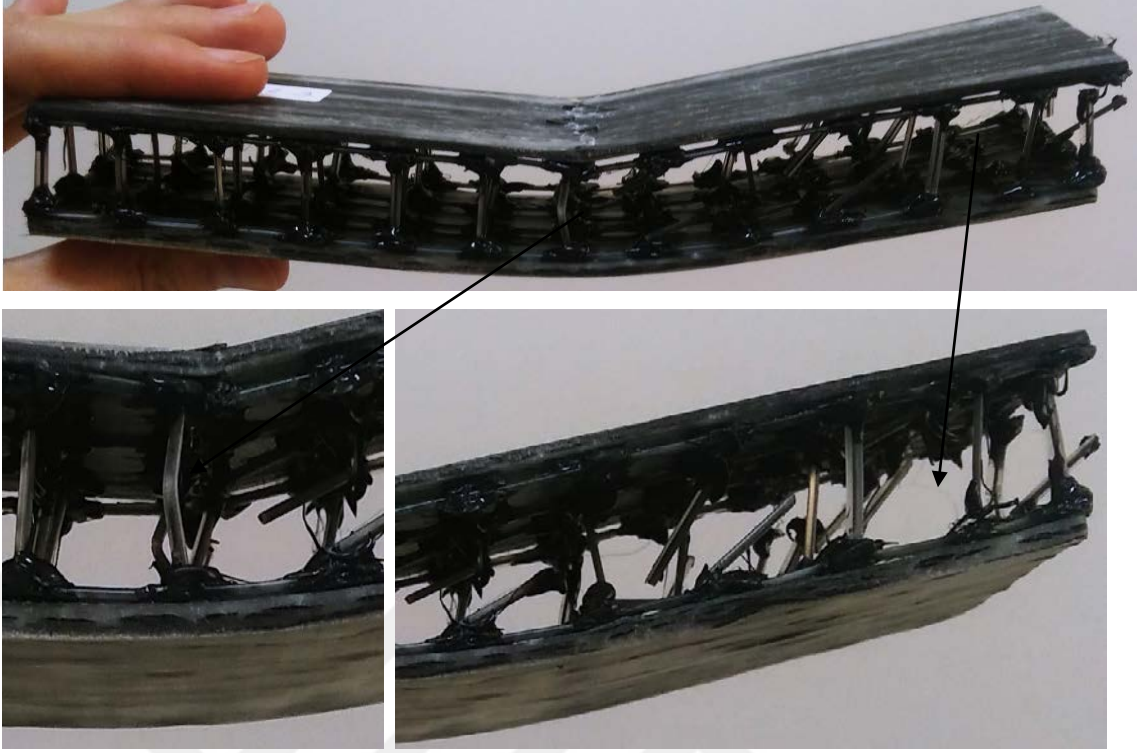
Şekil 4.34 A1 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(A1-1,A1-2 ve A1-3)



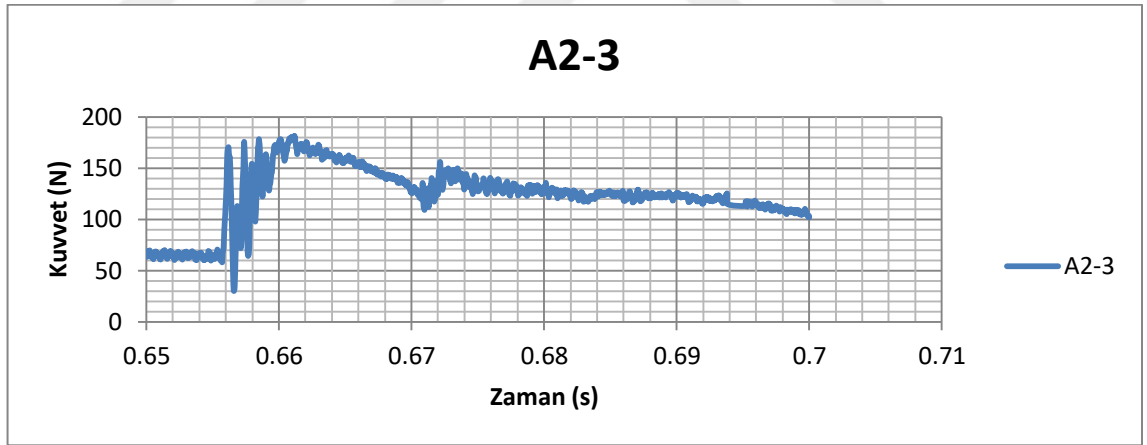
Şekil 4.35 A2 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(A2-1,A2-2 ve A2-3)



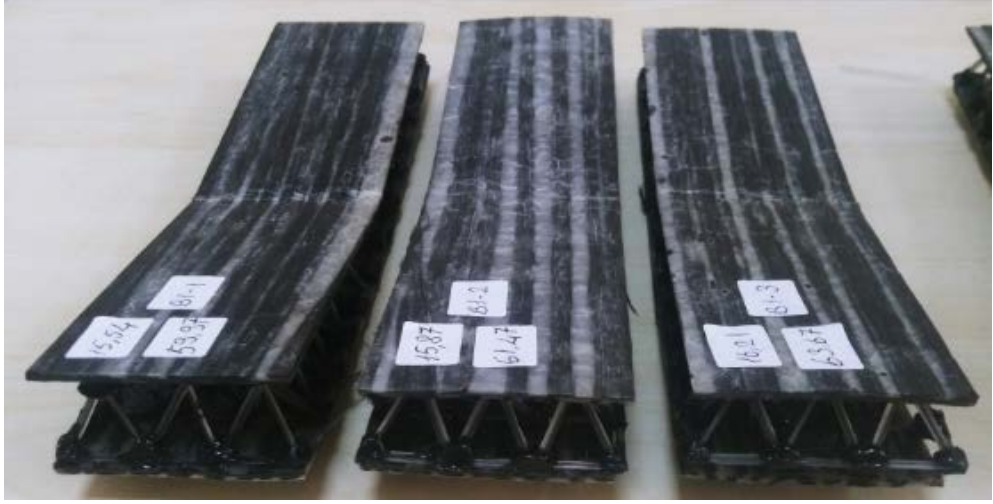
Şekil 4.36 A3 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(A3-1,A3-2 ve A3-3)



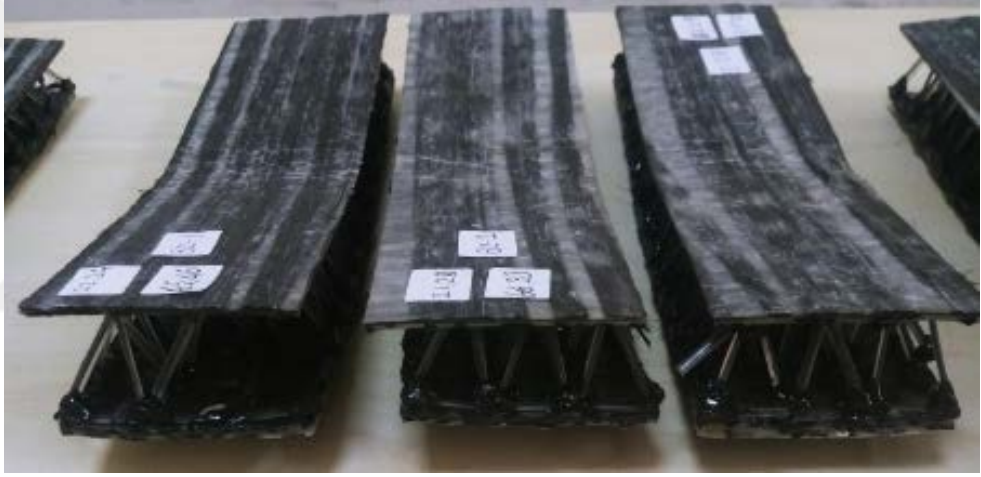
Şekil 4.37 A2-3 deformasyon görüntüleri



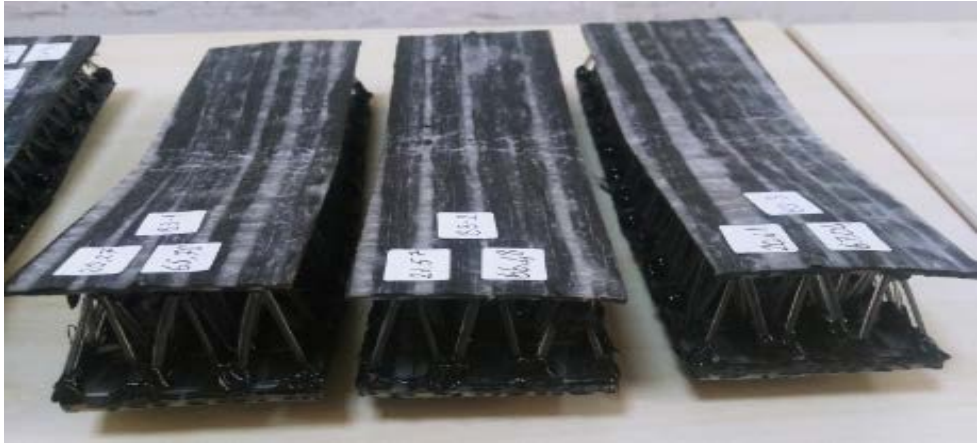
Şekil 4.38 A2-3 dinamik üç nokta eğilme testi grafiği



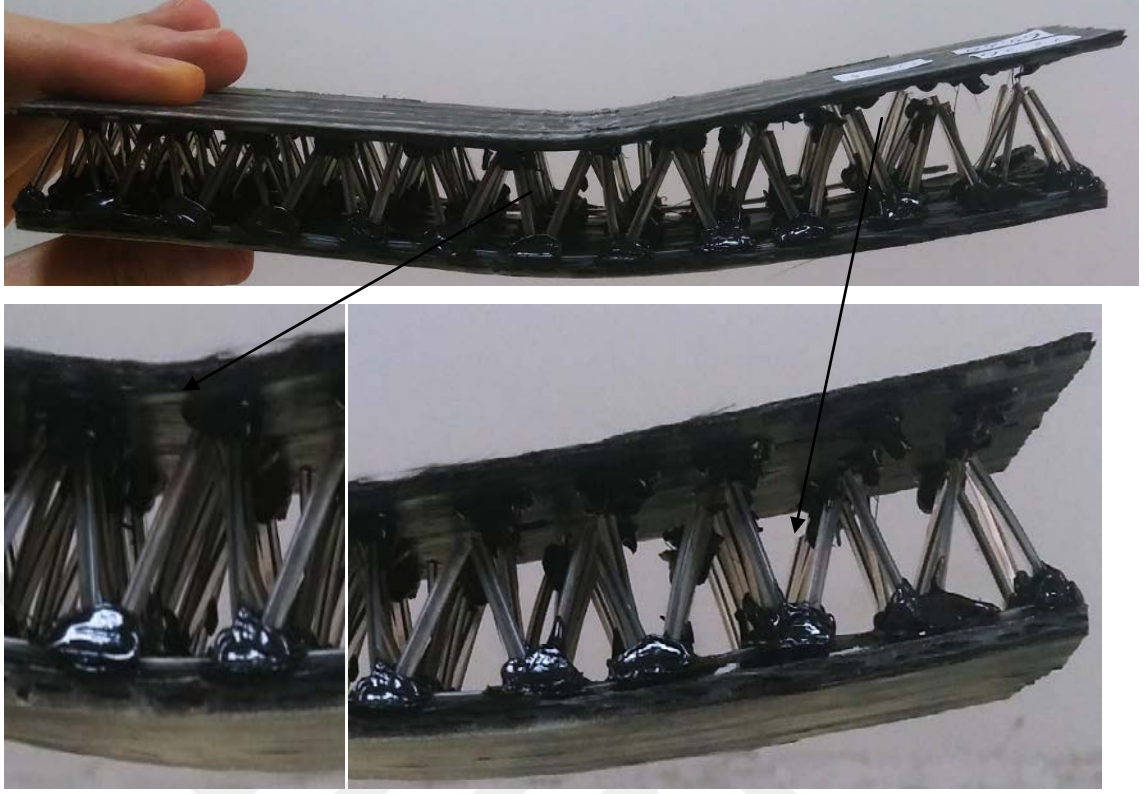
Şekil 4.39 B1 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(B1-1,B1-2 ve B1-3)



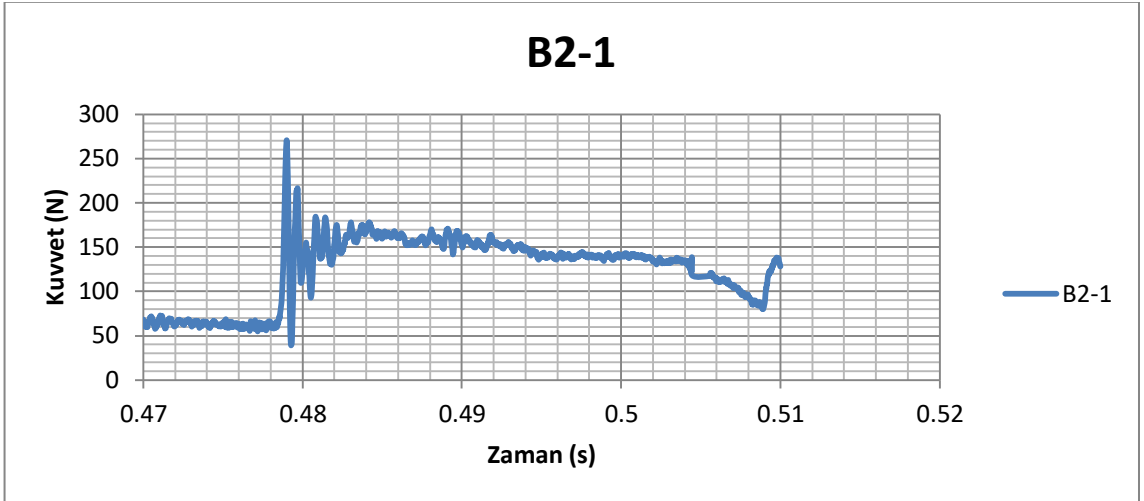
Şekil 4.40 B2 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(B2-1,B2-2 ve B2-3)



Şekil 4.41 B3 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(B3-1,B3-2 ve B3-3)



Şekil 4.42 B2-1 deformasyon görüntüleri



Şekil 4.43 B2-1 dinamik üç nokta eğilme testi grafiği



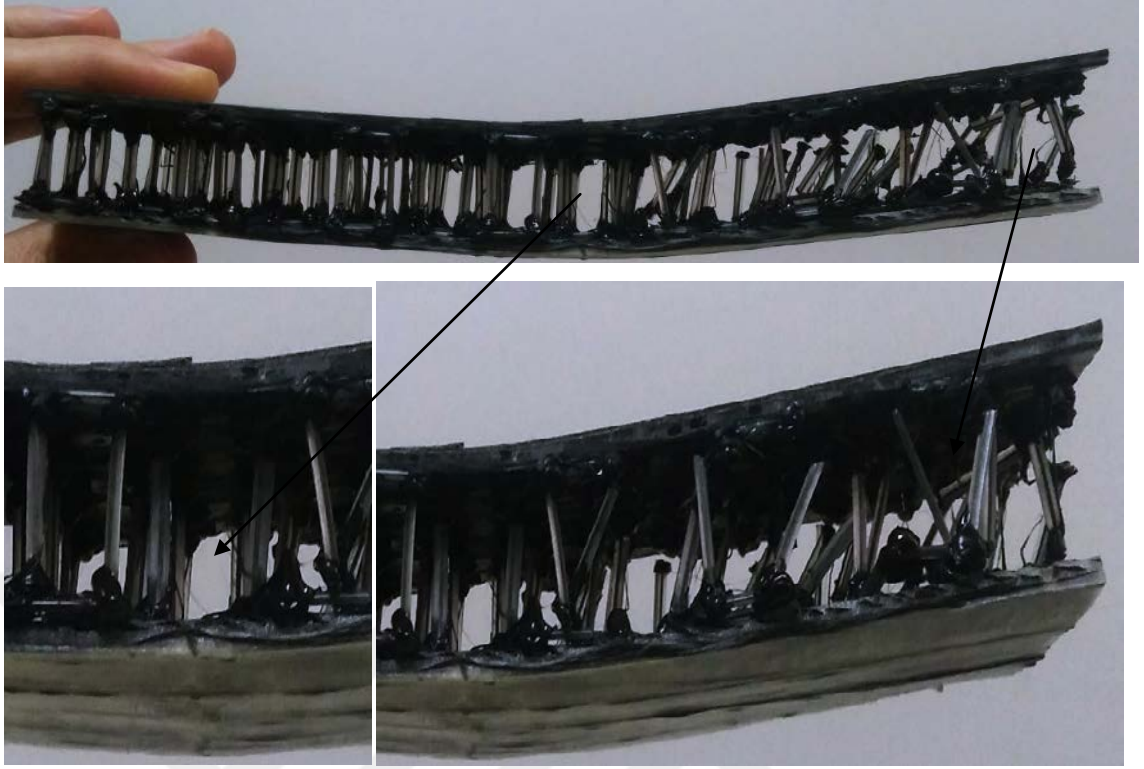
Şekil 4.44 C1 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(C1-1,C1-2 ve C1-3)



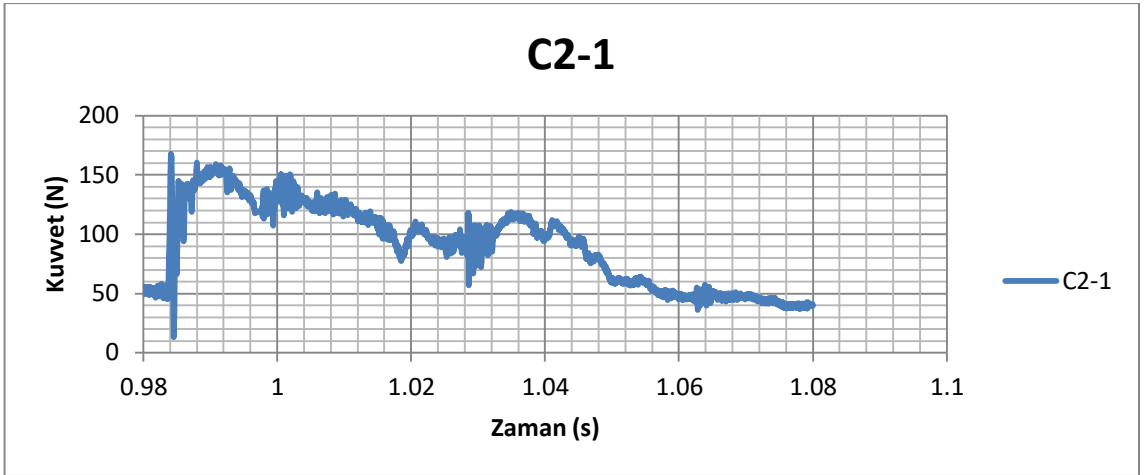
Şekil 4.45 C2 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(C2-1,C2-2 ve C2-3)



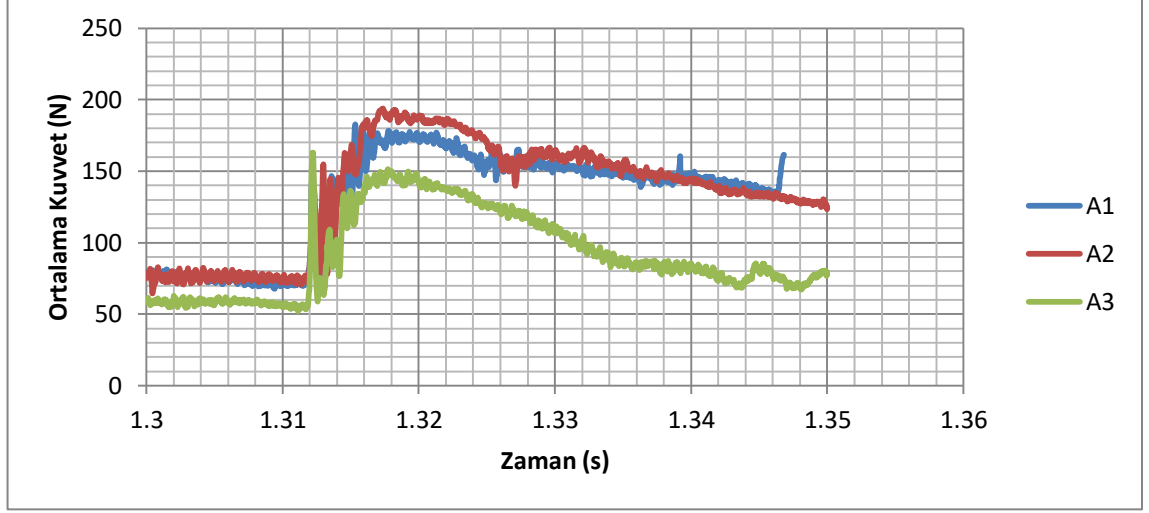
Şekil 4.46 C3 grubuna ait dinamik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü(C3-1,C3-2 ve C3-3)



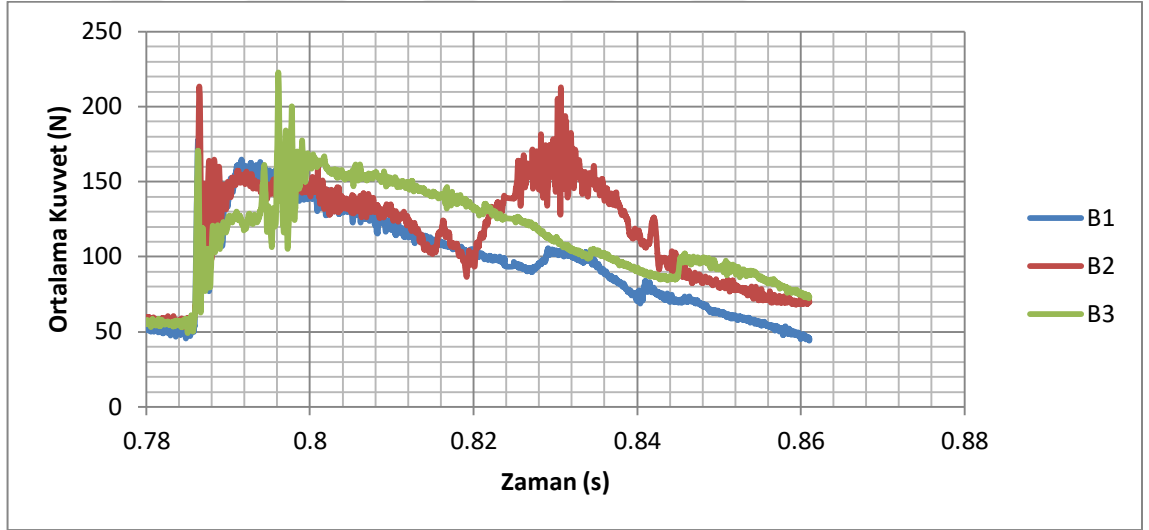
Şekil 4.47 C2-1 deformasyon görüntüleri



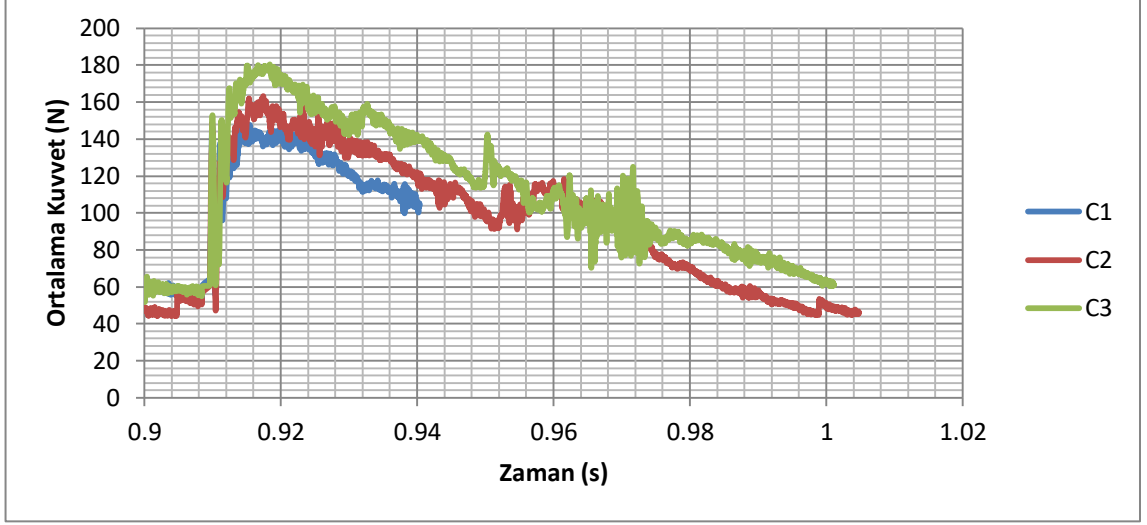
Şekil 4.48 C2-1 dinamik üç nokta eğilme testi grafiği



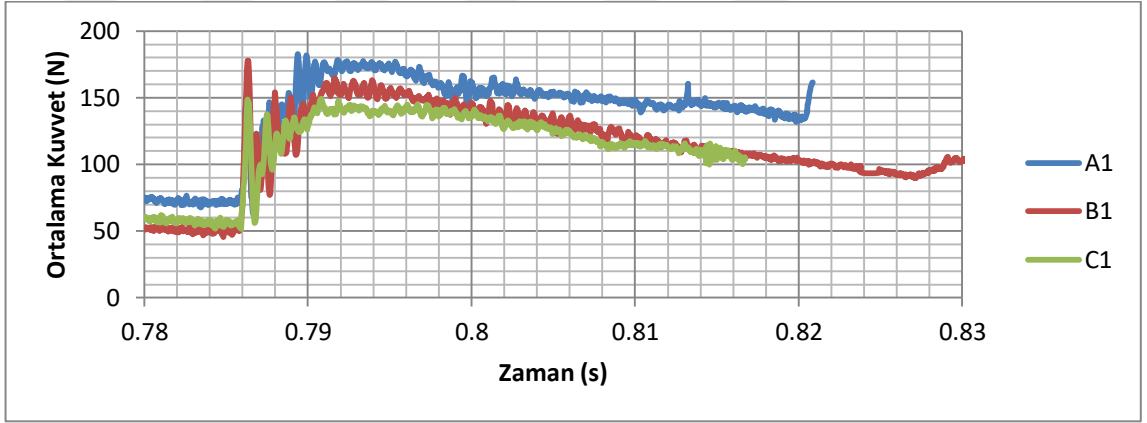
Şekil 4.49 A grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (A3 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)



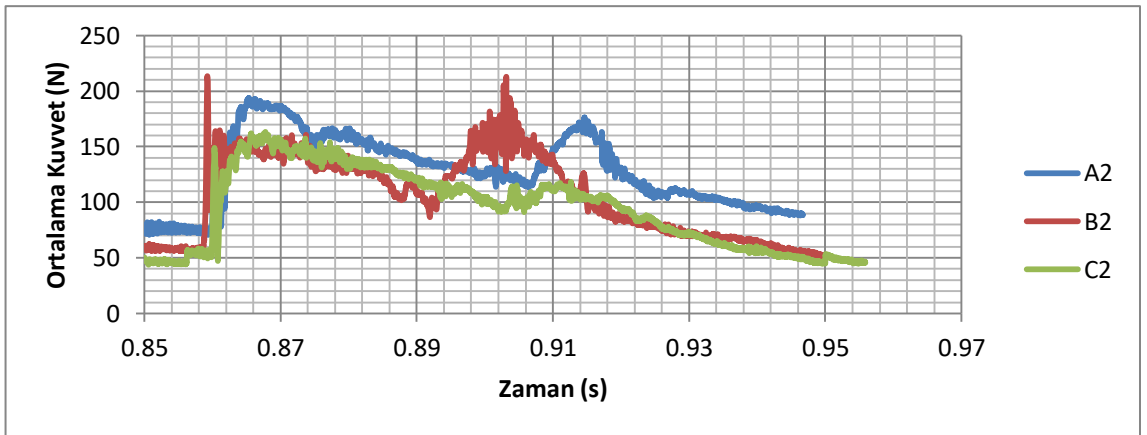
Şekil 4.50 B grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (B1 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)



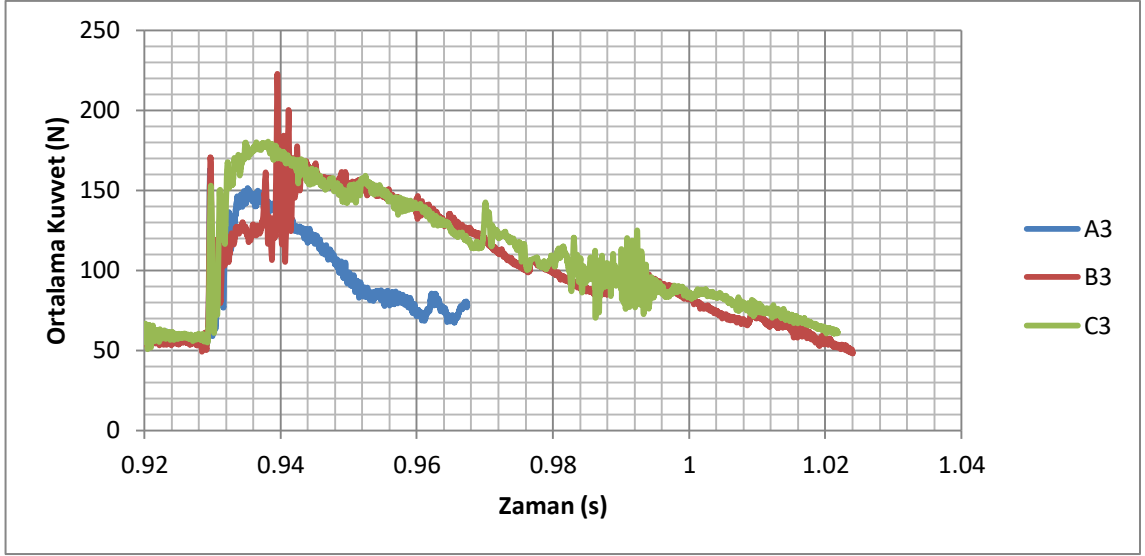
Şekil 4.51 C grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (C1 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)



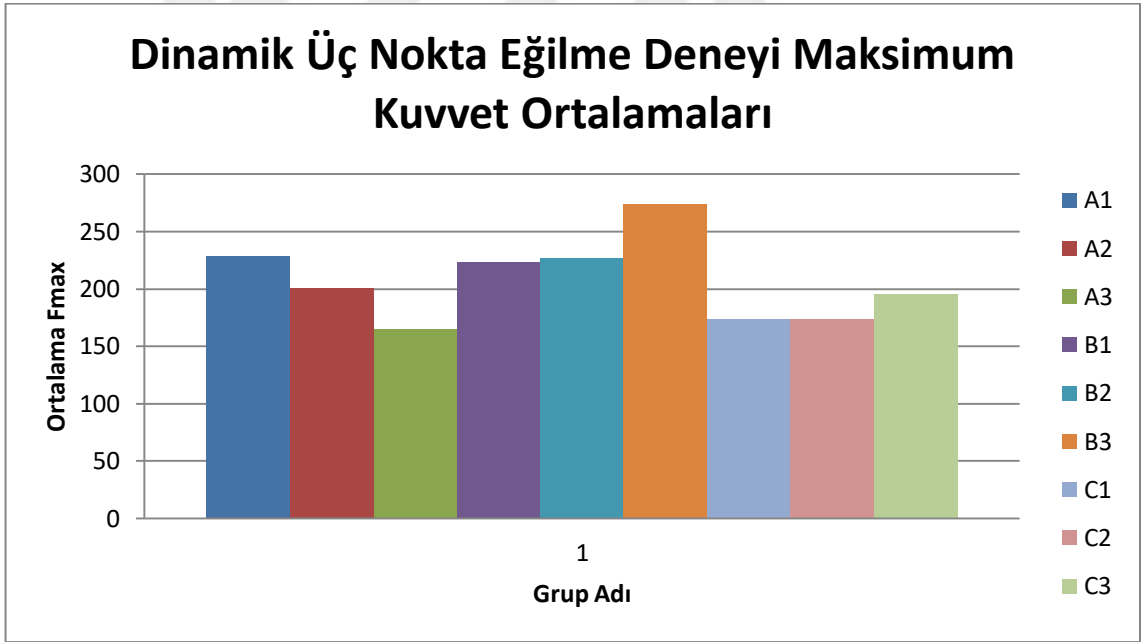
Şekil 4.52 A1,B1 ve C1 grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (B1 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)



Şekil 4.53 A2,B2 ve C2 grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (C2 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)



Şekil 4.54 A3,B3 ve C3 grubu dinamik üç nokta eğilme testi ortalama kuvvet-zaman grafiği (B3 grubu zaman çizelgesi alınmıştır)






Şekil 4.55 Dinamik üç nokta eğilme deneyi maksimum kuvvet ortalamaları

Çizelge 4.5 Dinamik üç nokta eğilme deneyi maksimum kuvvet değerleri tablosu

Dinamik Üç Nokta Eğilme Deneyi Maksimum Kuvvet Değerleri					
	Fmax (N)		Fmax (N)		Fmax (N)
A1-1	296.58	B1-1	203	C1-1	180.31
A1-2	196.92	B1-2	224.58	C1-2	169.53
A1-3	191.27	B1-3	241.06	C1-3	169.75
A2-1	218.02	B2-1	270.79	C2-1	166.26
A2-2	202.9	B2-2	174.49	C2-2	177.26
A2-3	181.61	B2-3	235.35	C2-3	178.64
A3-1	144.49	B3-1	352.72	C3-1	192.8
A3-2	161.32	B3-2	205.65	C3-2	194.33
A3-3	188.35	B3-3	263.56	C3-3	199.09
	Fmax Ort.(N)		Fmax Ort.(N)		Fmax Ort.(N)
A1	228.25	B1	222.88	C1	173.19
A2	200.84	B2	226.87	C2	174.05
A3	164.72	B3	273.97	C3	195.4

Çizelge 4.6 Dinamik üç nokta eğilme deneyi hata modları tablosu

3 Nokta Dinamik Deneyi Hata Modları								
	Burkulma (Kolon)	Plakadan Kopma (Sıyrılma)(Kolon)		Burkulma (Kolon)	Plakadan Kopma (Sıyrılma)(Kolon)		Burkulma (Kolon)	Plakadan Kopma (Sıyrılma)(Kolon)
A1-1	X	X	B1-1		X	C1-1	X	X
A1-2	X	X	B1-2		X	C1-2	X	X
A1-3		X	B1-3		X	C1-3		X
A2-1		X	B2-1		X	C2-1		X
A2-2		X	B2-2		X	C2-2		X
A2-3	X	X	B2-3		X	C2-3	X	X
A3-1	X	X	B3-1		X	C3-1	X	X
A3-2	X	X	B3-2		X	C3-2		X
A3-3		X	B3-3		X	C3-3	X	X

Numunelerin tamamında plakadan kopma (sıyrılma) hata modu oluşmuş olup, 27 numunenin 10 tanesinde burkulma görülmüştür.

4.3 Statik Üç Nokta Eğilme Testleri

Üç nokta statik testi,Zwick/Roell Z100 test cihazında gerçekleştirilmiştir. Numuneye 3 N'luk bir ön yükleme 10 mm/dk hızda verilmiş olup, uygulanan normal test hızı 15 mm/dk'dır.

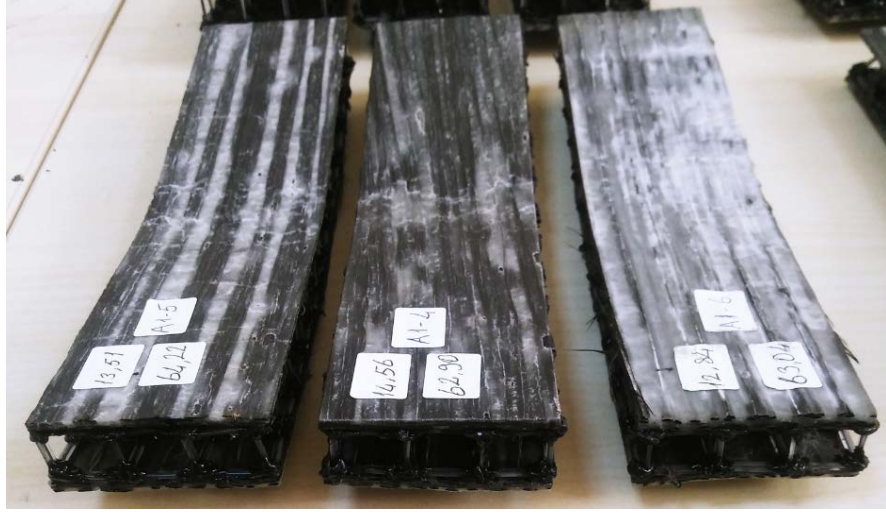
Testin yapıldığı cihaz kalibrelidir.

Çizelge 4.7 Üç nokta eğilme statik testleri için uygulanan numune kodlaması

A1-4	B1-4	C1-4
A1-5	B1-5	C1-5
A1-6	B1-6	C1-6
A2-4	B2-4	C2-4
A2-5	B2-5	C2-5
A2-6	B2-6	C2-6
A3-4	B3-4	C3-4
A3-5	B3-5	C3-5
A3-6	B3-6	C3-6



Şekil 4.56 Statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamının görüntüsü



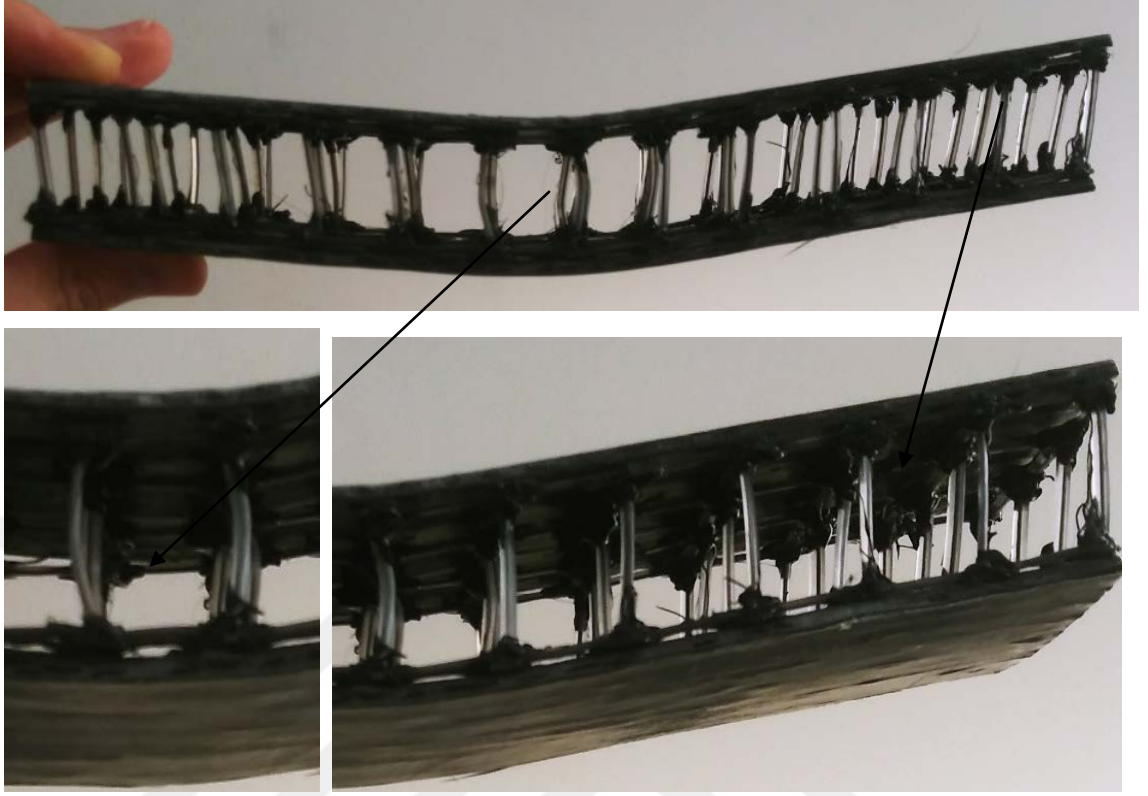
Şekil 4.57 A1 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



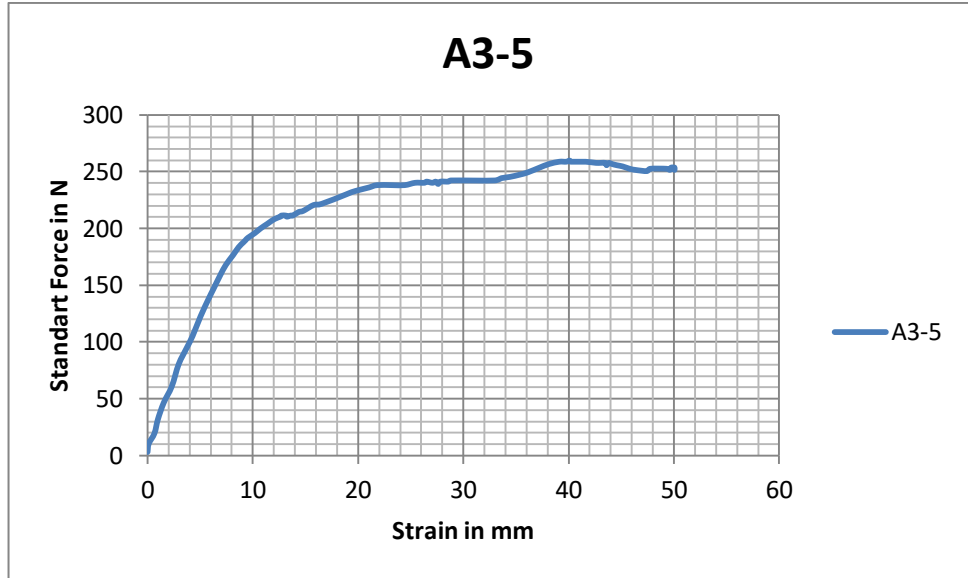
Şekil 4.58 A2 Grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



Şekil 4.59 A3 Grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



Şekil 4.60 A3-5 numunesine ait statik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü



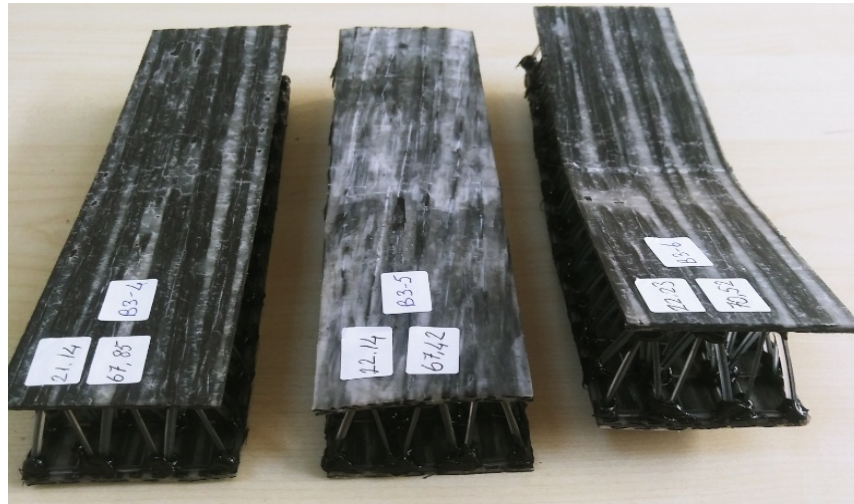
Şekil 4.61 A3-5 numunesine ait statik üç nokta eğilme testi grafiği



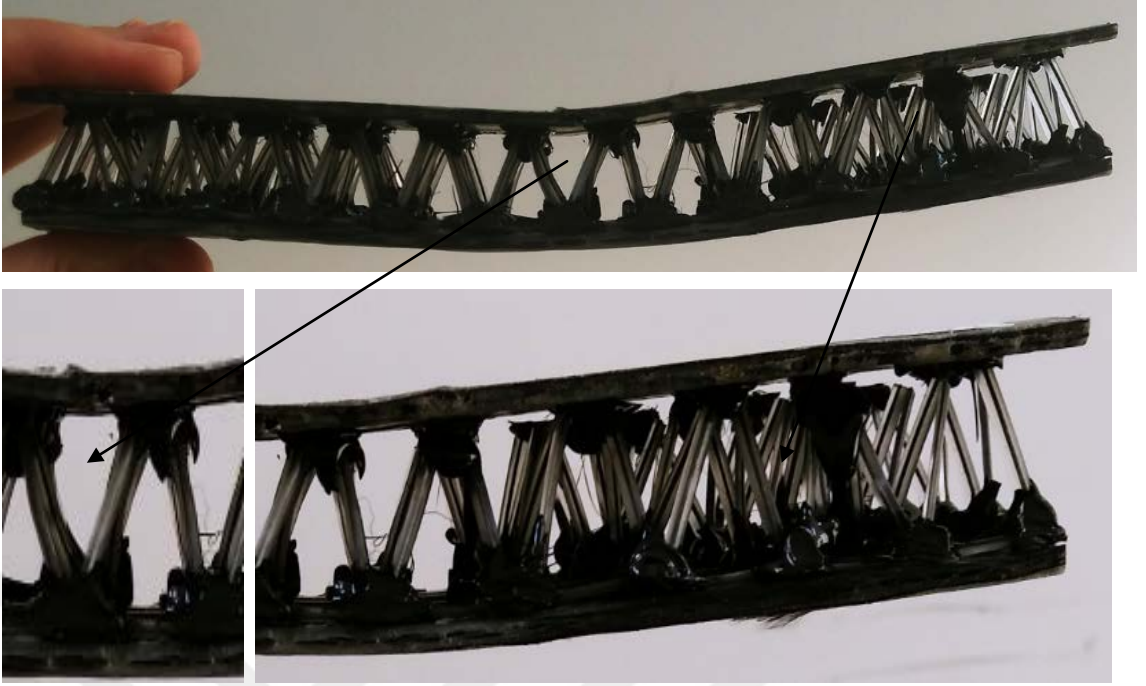
Şekil 4.62 B1 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



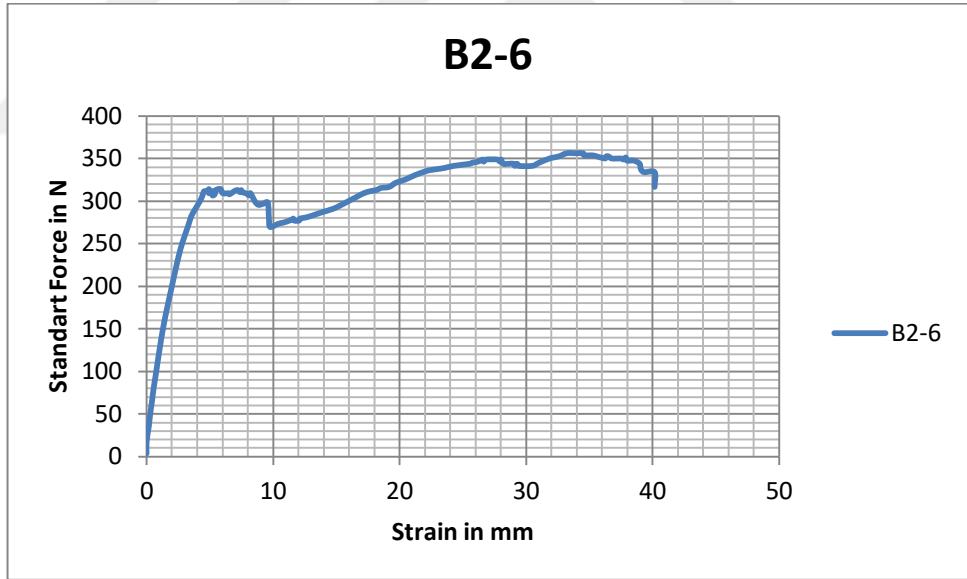
Şekil 4.63 B2 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



Şekil 4.64 B2 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



Şekil 4.65 B2-6 numunesine ait statik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü



Şekil 4.66 B2-6 Numunesine ait statik üç nokta eğilme testi grafiği



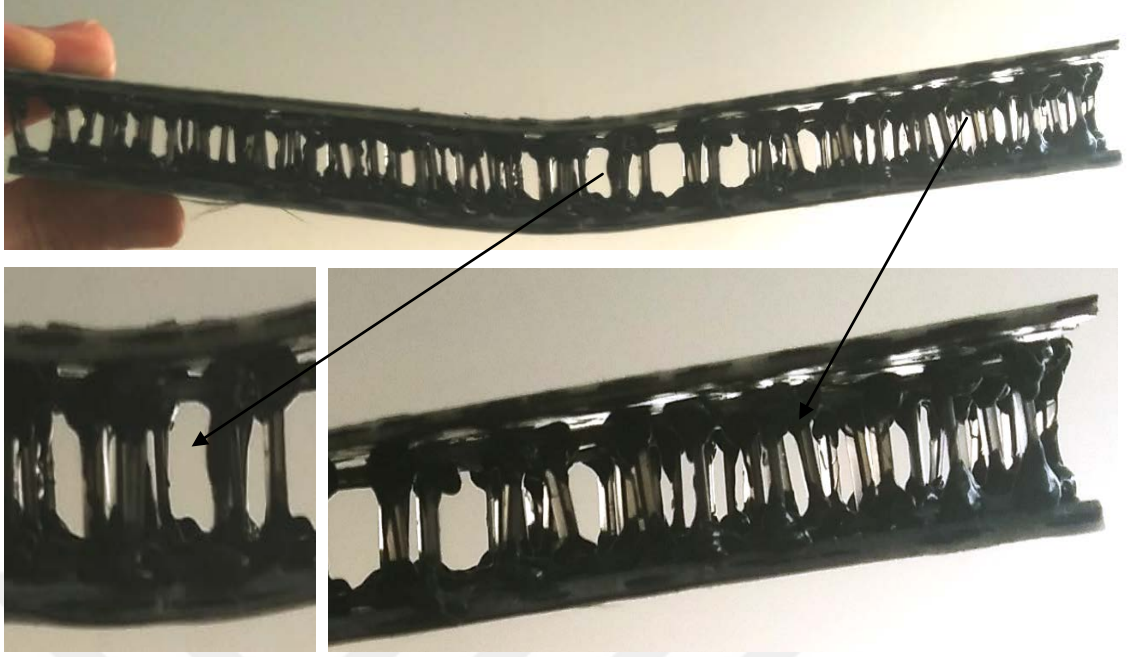
Şekil 4.67 C1 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



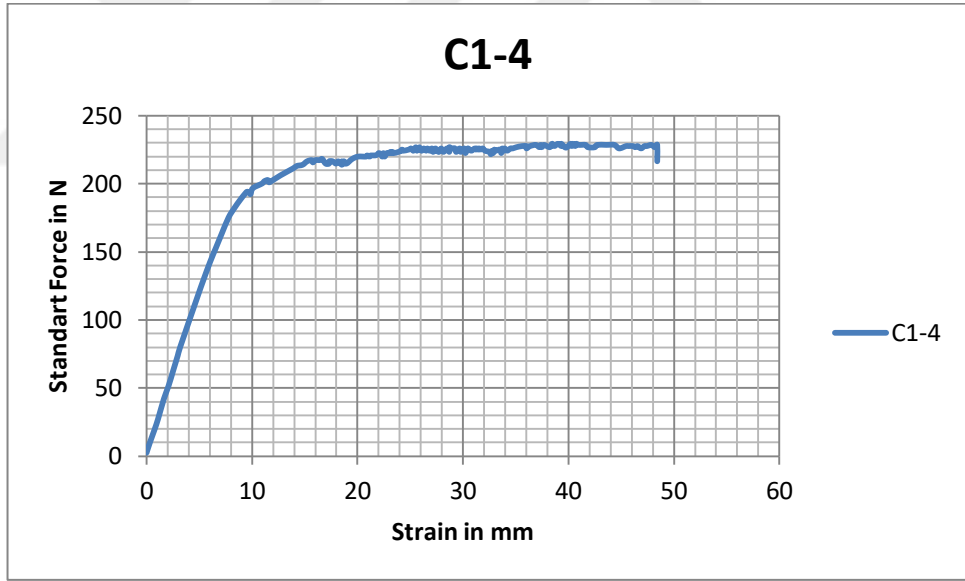
Şekil 4.68 C2 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



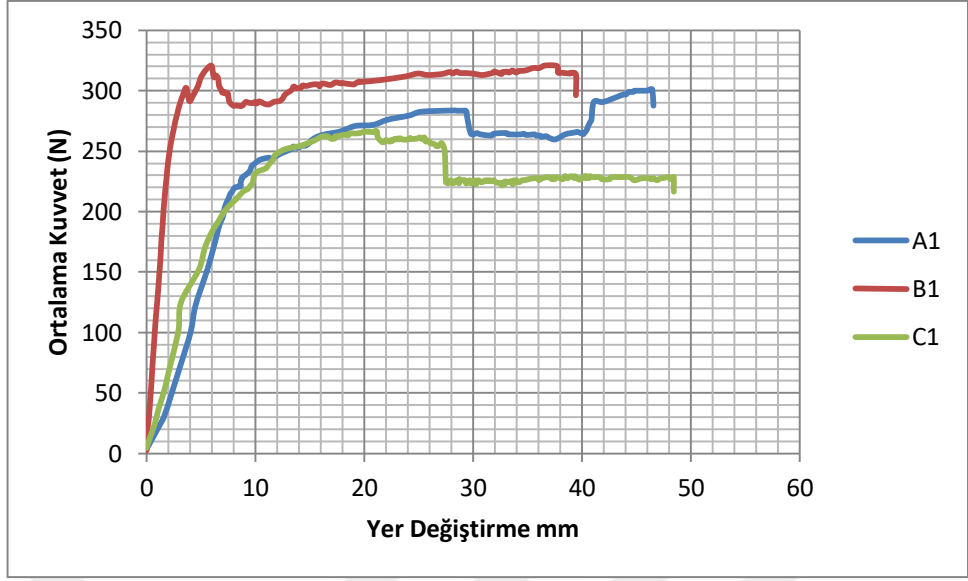
Şekil 4.69 C3 grubuna ait statik üç nokta eğilme testi uygulanan numunelerin tamamı



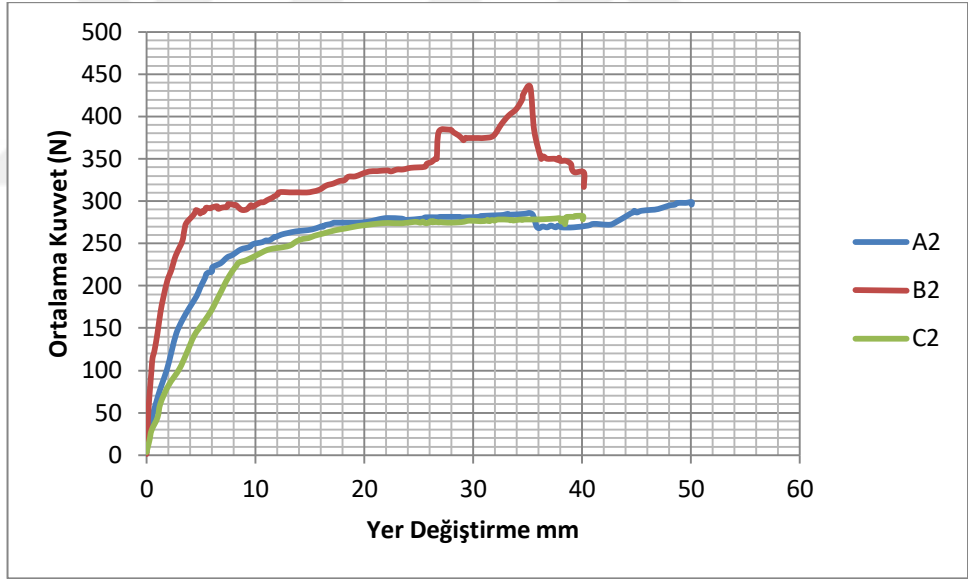
Şekil 4.70 C1-4 numunesine ait statik üç nokta eğilme test sonrası görüntüsü



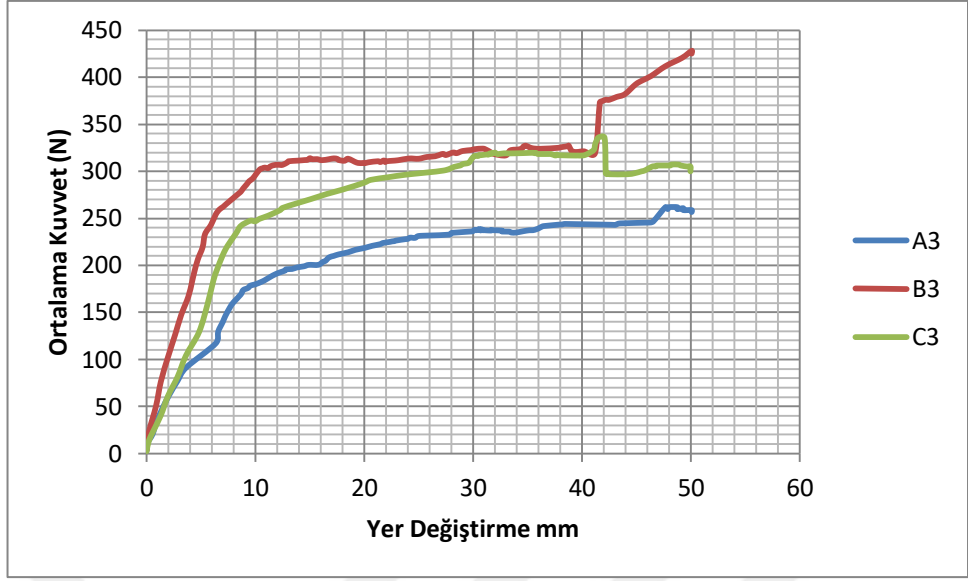
Şekil 4.71 C1-4 numunesine ait statik üç nokta eğilme testi grafiği



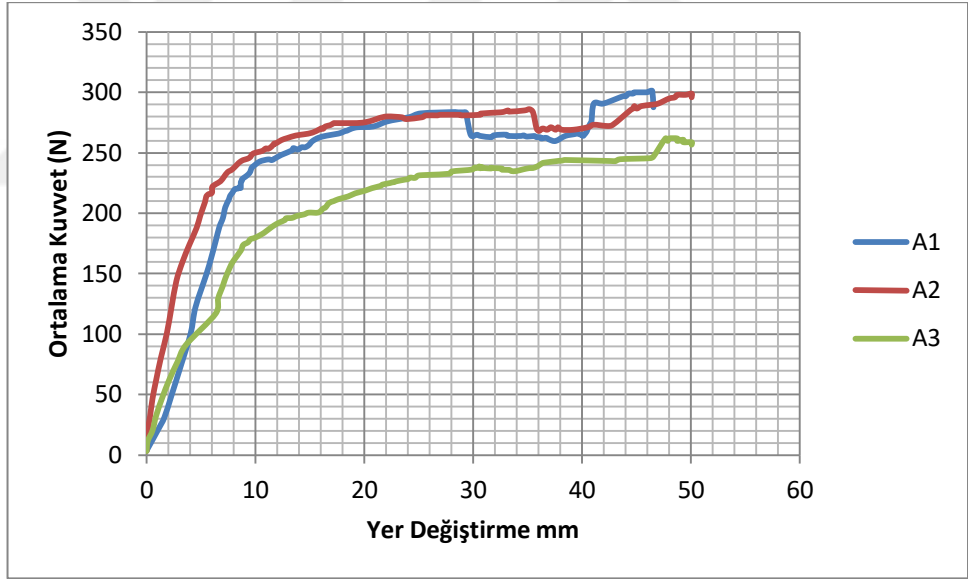
Şekil 4.72 A1,B1 ve C1 gruplarının statik üç nokta eğilme test grafikleri karşılaştırması (15 mm'lik grup)



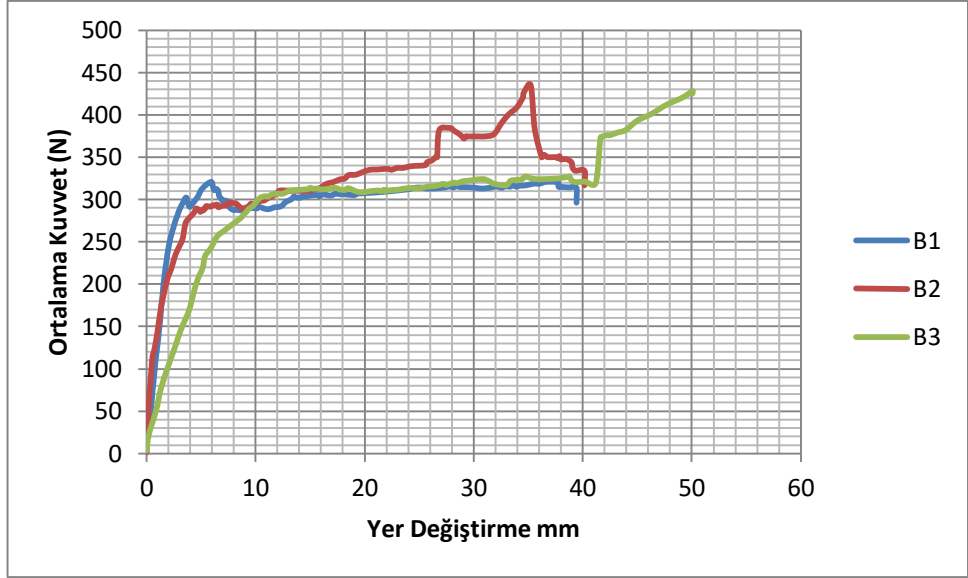
Şekil 4.73 A2,B2 ve C2 gruplarının statik üç nokta eğilme test grafikleri karşılaştırması (20 mm'lik grup)



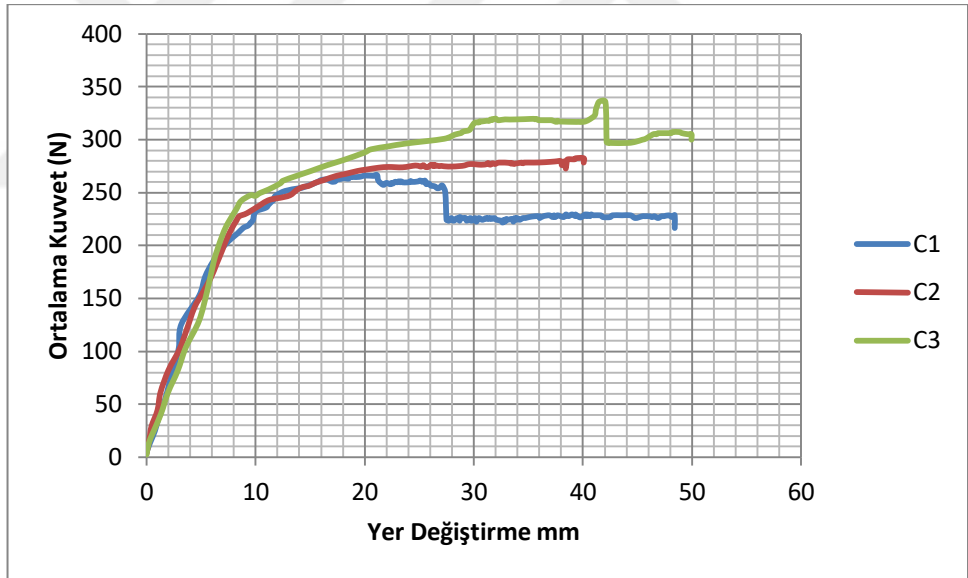
Şekil 4.74 A3,B3 ve C3 gruplarının statik üç nokta eğilme test grafikleri karşılaştırması (25 mm'lik grup)



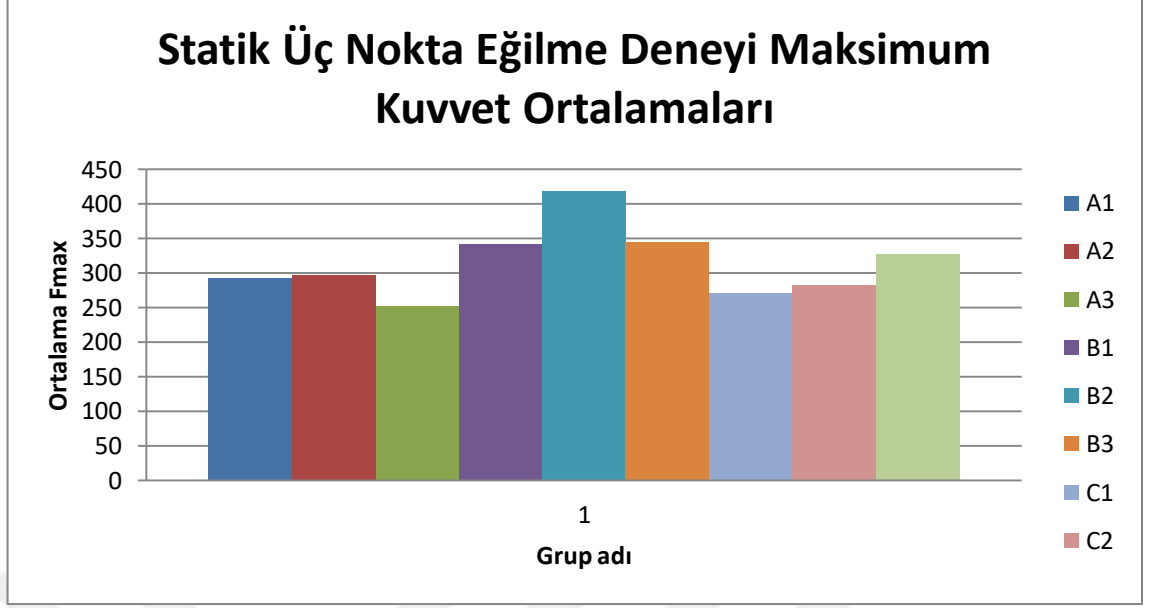
Şekil 4.75 A grubu (A1,A2 ve A3) statik üç nokta eğilme testi karşılaştırması grafiği (15,20 ve 25 mm yükseklik)



Şekil 4.76 B grubu (B1,B2 ve B3) statik üç nokta eğilme testi karşılaştırması grafiği (15,20 ve 25 mm yükseklik)



Şekil 4.77 C grubu (C1,C2 ve C3) statik üç nokta eğilme testi karşılaştırması grafiği (15,20 ve 25 mm yükseklik)






Şekil 4.78 Statik üç nokta eğilme deneyi maksimum kuvvet ortalamaları

Çizelge 4.8 Statik üç nokta eğilme deneyi maksimum kuvvet değerleri tablosu

Statik Üç Nokta Eğilme Deneyi Maksimum Kuvvet Değerleri					
	Fmax (N)		Fmax (N)		Fmax (N)
A1-4	301.03	B1-4	348.86	C1-4	229.38
A1-5	320.41	B1-5	350.1	C1-5	286.59
A1-6	255.67	B1-6	324.12	C1-6	297.93
A2-4	300	B2-4	516.43	C2-4	288.65
A2-5	298.96	B2-5	331.54	C2-5	276.28
A2-6	291.75	B2-6	356.28	C2-6	282.47
A3-4	230.24	B3-4	342.68	C3-4	356.28
A3-5	259.79	B3-5	296.9	C3-5	307.21
A3-6	263.91	B3-6	420.67	C3-6	316.7
	Fmax Ort.(N)		Fmax Ort.(N)		Fmax Ort.(N)
A1	292.37	B1	341.02	C1	271.3
A2	296.9	B2	418.08	C2	282.46
A3	251.31	B3	344.41	C3	326.73

Çizelge 4.9 Statik üç nokta eğilme deneyi hata modları tablosu

3 Nokta Statik Deneyi Hata Modları								
	Burkulma (Kolon)	Plakadan Kopma (Sıyrılma)(Kolon)		Burkulma (Kolon)	Plakadan Kopma (Sıyrılma)(Kolon)		Burkulma (Kolon)	Plakadan Kopma (Sıyrılma)(Kolon)
A1-4	X	X	B1-4		X	C1-4	X	X
A1-5		X	B1-5		X	C1-5	X	X
A1-6		X	B1-6		X	C1-6		X
A2-4	X		B2-4		X	C2-4	X	
A2-5	X		B2-5		X	C2-5		
A2-6	X		B2-6	X	X	C2-6	X	
A3-4	X		B3-4			C3-4	X	
A3-5	X		B3-5			C3-5	X	
A3-6	X		B3-6		X	C3-6	X	

3 numunede hata modu oluşmamıştır, 4 numunede her iki hata türü de görülmüştür. 11 numunede burkulma modu, 8 numunede de sadece plakadan kopma(sıyrılma hata modu tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Numunelerde yapılan testler sonucunda çeşitli kayma ve diskolasyonlar meydana gelmiştir. Numune yüzeylerinin iyi yapışmış olan numunelerde burkulmalar meydana gelirken, yapışma sorunu olan bölgelerde kolonlar bağlantı yerlerinden ayrılmıştır.

Üç ayrı model üzerinde en iyi mukavemet sonuçlarını statik deneyinde de dinamik deneyinde de B modeli vermiştir.

Dinamik deneyi sonuçlarına göre A grubunda çekirdek yüksekliği arttıkça mukavemet azalmıştır. B grubunda ise ilk iki yükseklik birbirine çok yakın sonuçlar verirken en kalın numune en yüksek mukavemet değerini vermiştir. C grubunda ilk iki boyda bir mukavemet değişimi yok denecek kadar azdır, en yüksek boyda ise diğer boylara göre 20 N'luk bir artış mevcuttur.

Statik deneyi sonuçlarına göre, A grubu ilk iki boyda yaklaşık olarak aynı mukavemet değerini vermiştir, en yüksek boy ise daha düşük bir değere sahiptir. B Grubunda orta boy en yüksek mukavemet değerine sahiptir, ilk ve son boylar ise birbiriyle neredeyse aynıdır. C Grubunda boya bağlı mukavemet değeri küçükten büyüğe doğru artış göstermiştir. Statik deney sonuçlarına göre A ve C grupları ortalama aynı mukavemet değerlerine sahiptir, hâlbuki C grubunun kolon sayısı A grubunun 2 katıdır. Buradan da anlaşılır ki C grubundaki tasarım yerine üretim kolaylığı ve malzeme hafifliği açısından A grubu tercih edilebilir. B grubu ise içlerinde en yüksek mukavemet değeri ortalamasına sahip gruptur.

Önceki yapılan çalışmalara göre iyileştirmeler mevcuttur ve bundan sonraki üretim metodu aşaması için elde edilen değerler kullanılabilir durumdadır.

KAYNAKLAR

Anonim 2018.<http://www.polikim.com.tr/polipropilen.asp>(erişim tarihi 02.04.2018)

Anonim 2018.<http://www.farnell.com/datasheets/1845860.pdf>(erişim tarihi 02.04.2018)

Anonim2018.http://www.hexcel.com/user_area/content_media/raw/Prepreg_Technology.pdf (Erişim tarihi 05.05.2018)

Altay,A.2014. Karbon Fiber Destekli (CFRP) Lamine Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Ana Bilim Dalı,Karabük.

Ataş,A.2018. Balıkesir Üniversitesi, Kompozit Malzemelere Giriş Ders Notu.(Erişim tarihi 05.05.2018)

Danacıoğlu,K.2013.Özgün Petek Yapılı Sandviç Kompozit Panelin Üretimi ve Düşük Hızlı Darbe Davranışının İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı,Kayseri

Dokur,M.M.2009.Karbon Fiber Esaslı Polimerik Matrisli Kompozitlerin Üretimi ve Karakterizasyonu.*Yüksek Lisans Tezi*,İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı,İstanbul.

Fan,H.L.,Zeng,T.,Fang,D.N.,Yang,W.2010.Mechanics of advanced fiber reinforced lattice composites.*The Chinese Society of Theoretical and Applied Mechanics and Springer-Verlog*,26:825-835.

Fan,H.,Yang,L.,Sun,F.,Fang,D.2013a.Compression and bending performances of carbon fiber reinforced lattice-core sandwich composites. *Composites: Part A*,52:118-125.

Fan,H.,Sun,F.,Yang,L.,Jin,F.,Zhao,D.2013b.Interlocked hierarchical lattice materials reinforced by woven textile sandwich composites.*Composite Science and Technology*,87:142-148.

Fan,H.,Qu,Z.,Sun,F.2014.Designing and compression behaviors of ductile hierarchical pyramidal lattice composites. *Materials and Design*,58:363-367.

Güçlü,H.,Can,Y.,Türkoğlu,İ.K.,Yazıcı,M.2018.The bending response of carbon fiber reinforced thermoplastic mono-composite pyramidal lattice truss core sandwich structures. *9th. International Automotive Technologies Congress,OTEKON 2018,7-8 Mayıs 2018*,Bursa.

- Hu, Y., Li, W., An, X., Fan, H. 2016.** Fabrication and mechanical behaviors of corrugated lattice truss composite sandwich panels. *Composites Science and Technology*, 125:114-122.
- Hundley, J. M., Clough, E. C., Jacobsen, A. J. 2015.** The low velocity impact response of sandwich panels with lattice core reinforcement. *International Journal of Impact Engineering*. S0734-743X(15)00107-4.
- İpek, G. 2015.** Tabakalı Kompozit Malzemelerin Burkulma Davranışına Çoklu Süreksizlik Bölgesinin Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Mekanik Bilim Dalı, İzmir.
- Jin, M., Hu, Y., Wang, B. 2015.** Compressive and bending behaviors of wood-based two-dimensional lattice truss core sandwich structures. *Composite Structures*, S0263-8223(15)00045-8.
- Kaw, A. K. 1997.** (ÇEVİRENLER, OKUTANBABA, B. KARAKUZU, R. ANKARA. 2014). Kompozit Malzeme Mekaniği.
- Kaya, R. 2009.** Petek Yapılı Özgün Bir Kompozit Panel Üretimine Bazı Mekanik Davranışlarının İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kayseri.
- Liu, W., Pattofatto, S., Fang, D., Lu, F., Zhao, H. 2014.** Impact strength enhancement of aluminum tetrahedral lattice truss core structures. *International Journal of Impact Engineering*. XXX(2014):1-11.
- Liu, W., Zhang, F., Wang, L., Qi, Y., Zhou, D., Su, B. 2016.** Flexural performance of sandwich beams with lattice ribs and a functionally multilayered foam core. *Composite Structures*, 152:704-711.
- Lou, J., Ma, L., Wu, L. Z. 2012.** Free vibration analysis of simply supported sandwich beams with lattice truss core. *Materials Science and Engineering B*, 177:1712-1716.
- Norouzi, H., Rostamiyan, Y. 2015.** Experimental and numerical study of flatwise compression behavior of carbon fiber composite sandwich panels with new lattice cores. *Construction and Building Materials*, 100:22-30.
- Sebaey, T. A., Mahdi, E. 2014.** Behavior of pyramidal lattice core sandwich CFRP composites under biaxial compression loading. *Composite Structures*, 116:67-74.
- Sebaey, T. A., Mahdi, E. 2017.** Crushing behavior of a unit cell of CFRP lattice core for sandwich structures application. *Thin-Walled Structures*, 116:91-95.

- Ongun,A.2015.**Karbon Nanotüp ve NanokilKatlı,Karbon Fiber/ EpoksiKompozitlerin Düşük Hız Darbe Testiyle Enerji Absorbsiyon Davranışlarının İncelenmesi.*Yüksek Lisans Tezi*,Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Ana Bilim Dalı,Kırıkkale.
- OTO4003.** Otomotiv Mühendisliği Laboratuvarı Deney Föyü,Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 2017.Bursa.
- Onat,A.** 2015. Kompozit Malzemeler Ders Notu.
- Vigliott,,A.,Pasini,D.2013.**Mechanical properties of hierarchical lattices.*Mechanics of Materials*,62:32-43.
- .Yunus,D.E.2011.**Karbon Fiber Destekli Polimer KompozitPasarellaTasarım ve Üretimi.*Yüksek Lisans Tezi*,Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı ,İZMİR.
- Yılmaz,B.2009.**Karbon Fiber Kompozit Ayak Protezi Tasarım ve İmalatı. *Yüksek Lisans Tezi*,Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı,İzmir.
- Xiong,J.,Ma,L.,Wu,L.,Wang,B.,Vaziri,A.2010.** Fabrication and behavior of low density carbon fiber composite pyramidal truss structures. *Composite Structures*,92:2695-2701.
- Zhang,G.,Wang,B.,Ma,L.,Wu,L.,Pan,S.,Yang,J.2013.**Energy absorbtion and low velocity impact response of polyurethane foam filled pyramidal lattice core sandwich panels.*Composite Structures*,S0263-8223(13)00487-X.
- Zhang,P.,Cheng,Y.Liu,J.Li,Y.,Zhang,C.,Hou,H.,Wang,C.2016.**Experimental study on the dynamic response of foam-filled corrugated core sandwich panels subjected to air blast loading.*Composites Part B*,105:67-81.
- Zhang,Z.,Han,B.,Zhang,Q.C.,Jin,F.2017.**Free vibration analysis of sandwich beams with honeycomb-corrucation hybrid cores.*Composite Structures*,S0263-8223(17)30425-17.
- .Zor,M.2018.**Kompozit Malzeme Mekaniği Ders Notları.(Erişim tarihi 05.05.2018)

EKLER

EK 1. A1-1 dinamik deformasyon görüntüsü	109
EK 2. A1-1 dinamik testi grafiği	109
EK 3. A1-2 dinamik deformasyon görüntüsü	110
EK 4. A1-2 dinamik testi grafiği	110
EK 5. A1-3 dinamik deformasyon görüntüsü	111
EK 6. A1-3 dinamik testi grafiği	111
EK 7. A2-1 dinamik deformasyon görüntüsü	112
EK 8. A2-1 dinamik testi grafiği	112
EK 9. A2-2 dinamik deformasyon görüntüsü	113
EK 10. A2-2 dinamik testi grafiği	113
EK 11. A3-1 dinamik deformasyon görüntüsü	114
EK 12. A3-1 dinamik testi grafiği	114
EK 13. A3-2 dinamik deformasyon görüntüsü	115
EK 14. A3-2 dinamik testi grafiği	115
EK 15. A3-3 dinamik deformasyon görüntüsü.....	116
EK 16. A3-3 dinamik testi grafiği	116
EK 17. B1-1 dinamik deformasyon görüntüsü.....	117
EK 18. B1-1 dinamik testi grafiği.....	117
EK 19. B1-2 dinamik deformasyon görüntüsü.....	118
EK 20. B1-2 dinamik testi grafiği.....	118
EK 21. B1-3 dinamik deformasyon görüntüsü.....	119
EK 22. B1-3 dinamik testi grafiği	119
EK 23. B2-2 dinamik deformasyon görüntüsü.....	120
EK 24. B2-2 dinamik testi grafiği	120
EK 25. B2-3 dinamik deformasyon görüntüsü	121
EK 26. B2-3 dinamik testi grafiği.....	121
EK 27. B3-1 dinamik deformasyon görüntüsü.....	122
EK 28. B3-1 dinamik testi grafiği.....	122
EK 29. B3-2 dinamik deformasyon görüntüsü.....	123
EK 30. B3-2 dinamik testi grafiği.....	123
EK 31. B3-3 dinamik deformasyon görüntüsü.....	124
EK 32. B3-3 dinamik testi grafiği.....	124
EK 33. C1-1 dinamik deformasyon görüntüsü	125
EK 34. C1-1 dinamik testi grafiği.....	125
EK 35. C1-2 dinamik deformasyon görüntüsü	126
EK 36. C1-2 dinamik testi grafiği	126
EK 37. C1-3 dinamik deformasyon görüntüsü.....	127
EK 38. C1-3 dinamik testi grafiği.....	127
EK 39. C2-2 dinamik deformasyon görüntüsü.....	128
EK 40. C2-2 dinamik testi grafiği.....	128
EK 41. C2-3 dinamik deformasyon görüntüsü.....	129
EK 42. C2-3 dinamik testi grafiği	129
EK 43. C3-1 dinamik deformasyon görüntüsü.....	130
EK 44. C3-1 dinamik testi grafiği	130

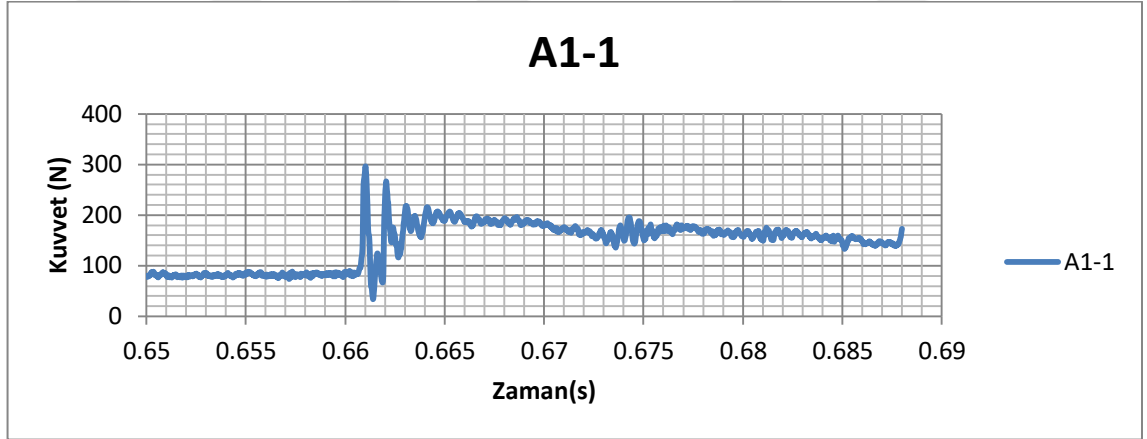
EK 45. C3-2 dinamik deformasyon görüntüsü.....	131
EK 46. C3-2 dinamik testi grafiği	131
EK 47. C3-3 dinamik deformasyon görüntüsü	132
EK 48. C3-3 dinamik testi grafiği.....	132
EK 49. A1 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği	133
EK 50. A2 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği	133
EK 51. A3 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği.....	133
EK 52. B1 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği.....	134
EK 53. B2 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği.....	134
EK 54. B3 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği.....	135
EK 55. C1 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği.....	135
EK 56. C2 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği.....	136
EK 57. C3 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği.....	136
EK 58. A1-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	137
EK 59. A1-4 numunesine ait statik testi grafiği.	137
EK 60. A1-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	138
EK 61. A1-5 numunesine ait statik testi grafiği	138
EK 62. A1-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü.	139
EK 63. A1-6 numunesine ait statik testi grafiği	139
EK 64. A2-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	140
EK 65. A2-4 numunesine ait statik testi grafiği.	140
EK 66. A2-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	141
EK 67. A2-5 numunesine ait statik testi grafiği	141
EK 68. A2-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	142
EK 69. A2-6 numunesine ait statik testi grafiği	142
EK 70. A3-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü.	143
EK 71. A3-6 numunesine ait statik testi grafiği	143
EK 72. B1-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	144
EK 73. B1-4 numunesine ait statik testi grafiği.	144
EK 74. B1-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	145
EK 75. B1-5 numunesine ait statik testi grafiği	145
EK 76. B1-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü.	146
EK 77. B1-6 numunesine ait statik testi grafiği	146
EK 78. B2-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	147
EK 79. B2-4 numunesine ait statik testi grafiği	147
EK 80. B2-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	148
EK 81. B2-5 numunesine ait statik testi grafiği.	148
EK 82. B3-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	149
EK 83. B3-4 numunesine ait statik testi grafiği	149
EK 84. B3-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü.	150
EK 85. B3-5 numunesine ait statik testi grafiği	150
EK 86. B3-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	151
EK 87. B3-6 numunesine ait statik testi grafiği.	151
EK 88. C1-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	152
EK 89. C1-5 numunesine ait statik testi grafiği	152
EK 90. C1-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	153
EK 91. C1-6 numunesine ait statik testi grafiği.	153
EK 92. C2-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	154

EK 93. C2-4 numunesine ait statik testi grafiği	154
EK 94. C2-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü.	155
EK 95. C2-5 numunesine ait statik testi grafiği	155
EK 96. C2-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	156
EK 97. C2-6 numunesine ait statik testi grafiği.	156
EK 98. C3-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	157
EK 99. C3-4 numunesine ait statik testi grafiği	157
EK 100. C3-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	158
EK 101. C3-5 numunesine ait statik testi grafiği	158
EK 102. C3-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü	159
EK 103. C3-6 numunesine ait statik testi grafiği.....	159
EK 104. A1 grubu statik test ortalamaları grafiği	160
EK 105. A2 grubu statik test ortalamaları grafiği	160
EK 106. A3 grubu statik test ortalamaları grafiği	161
EK 107. B1 grubu statik test ortalamaları grafiği.....	161
EK 108. B2 grubu statik test ortalamaları grafiği	162
EK 109. B3 grubu statik test ortalamaları grafiği	162
EK 110. C1 grubu statik test ortalamaları grafiği	163
EK 111. C2 grubu statik test ortalamaları grafiği	163
EK 112. C3 grubu statik test ortalamaları grafiği.....	164

EKLER



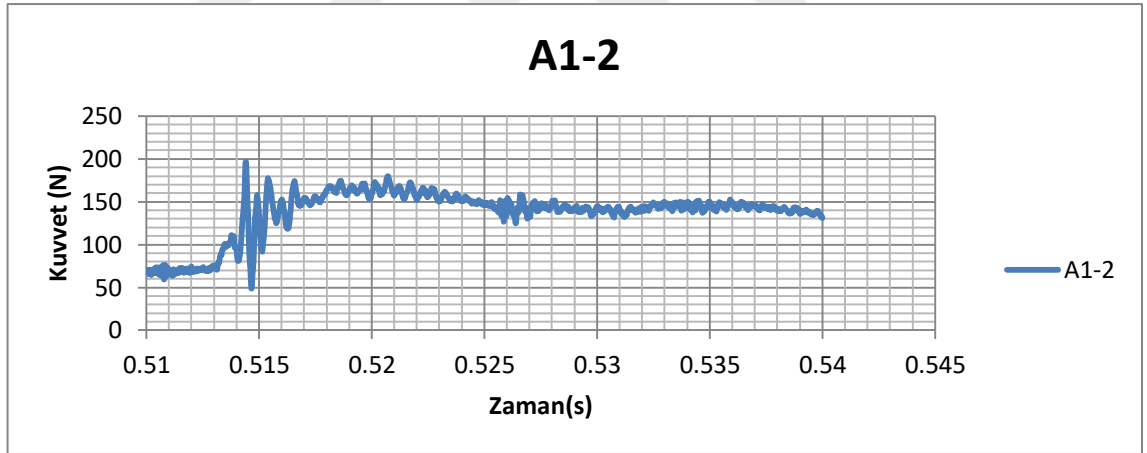
EK 1. A1-1 dinamik deformasyon görüntüsü



EK 2. A1-1 dinamik testi grafiği



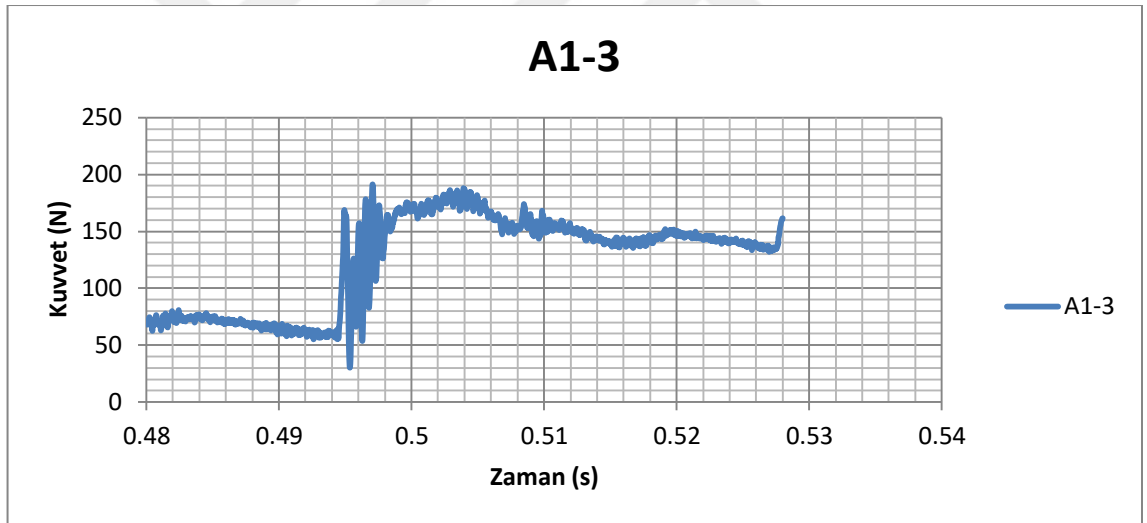
EK 3. A1-2 dinamik deformasyon görüntüsü



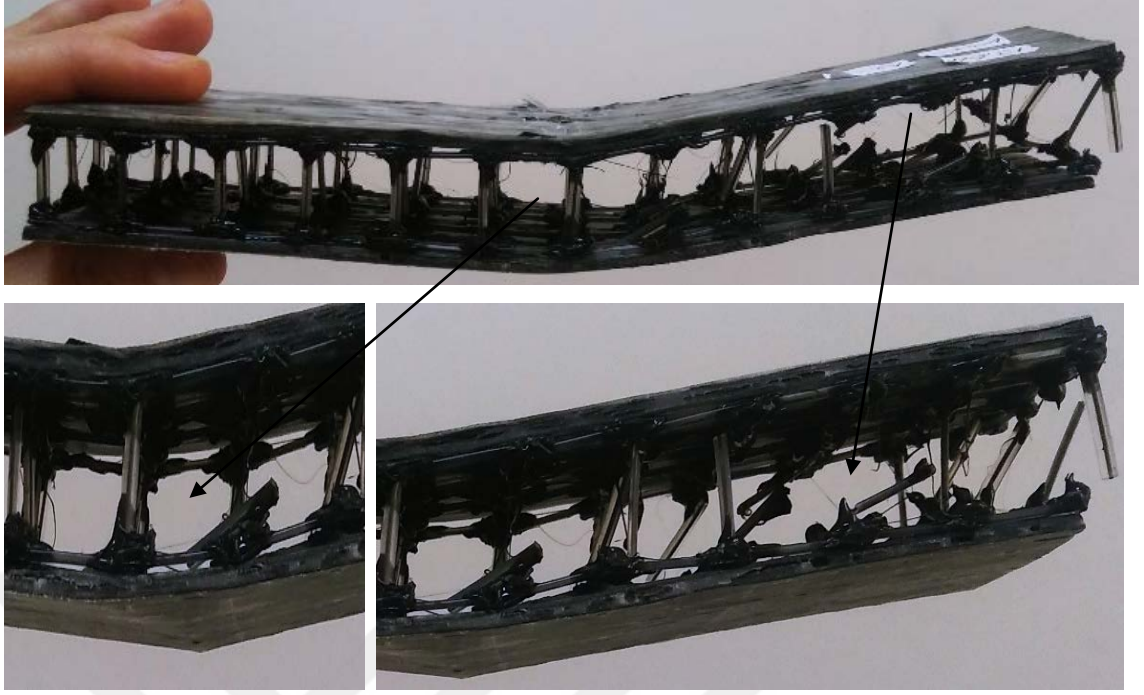
EK 4. A1-2 dinamik testi grafiği



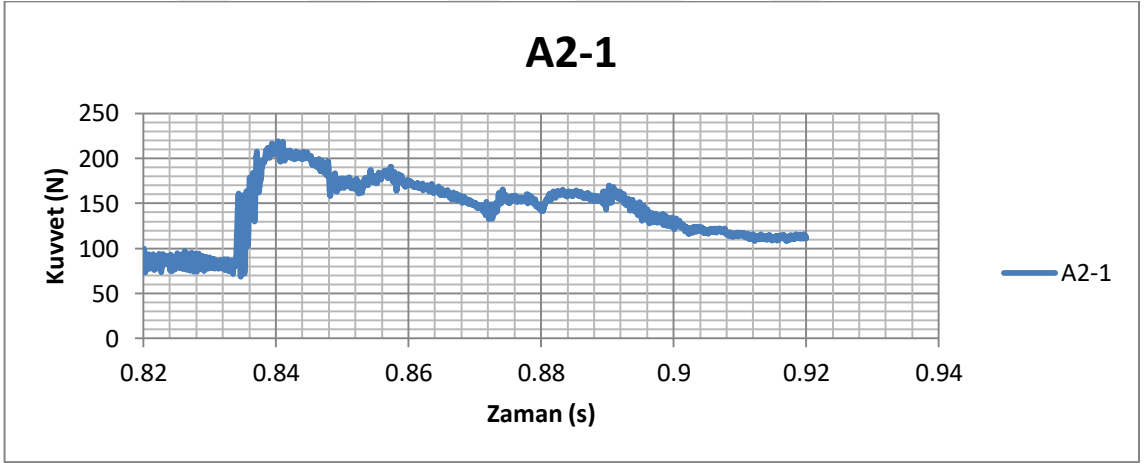
EK 5. A1-3 dinamik deformasyon görüntüsü



EK 6. A1-3 dinamik testi grafiği



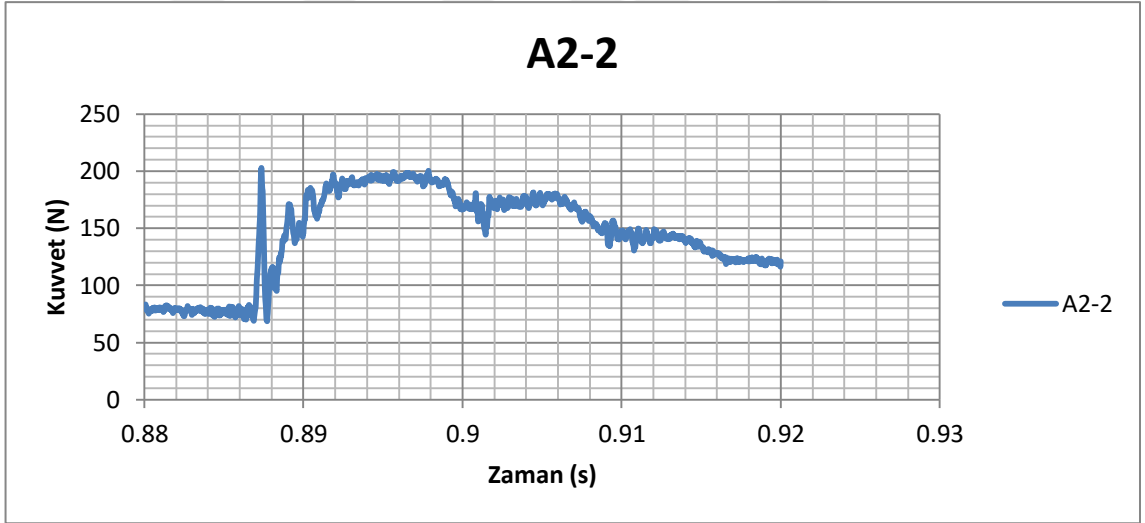
EK 7. A2-1 dinamik deformasyon görüntüsü



EK 8. A2-1 dinamik testi grafiği



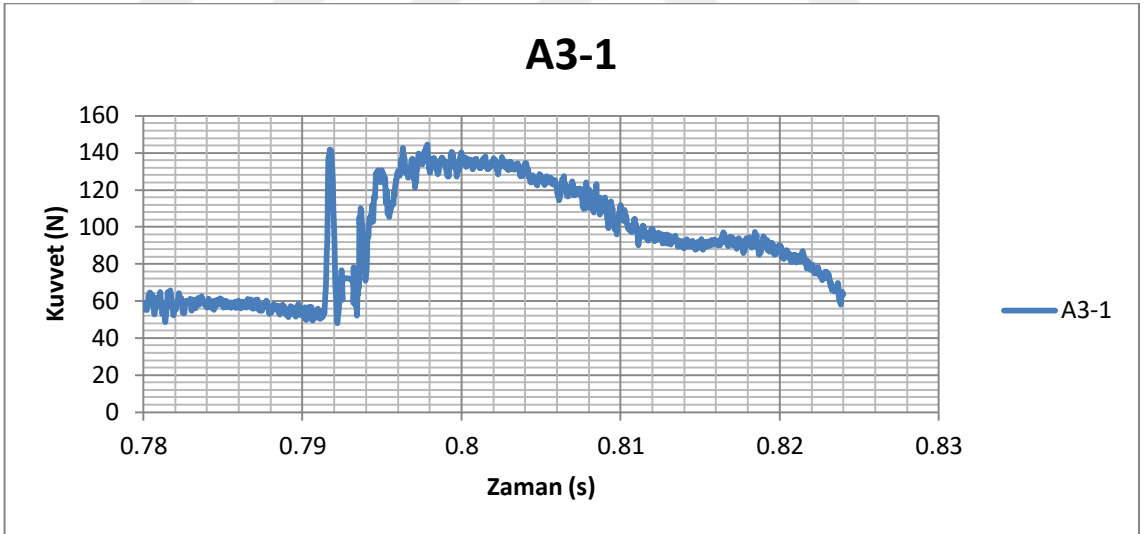
EK 9. A2-2 dinamik deformasyon görüntüsü



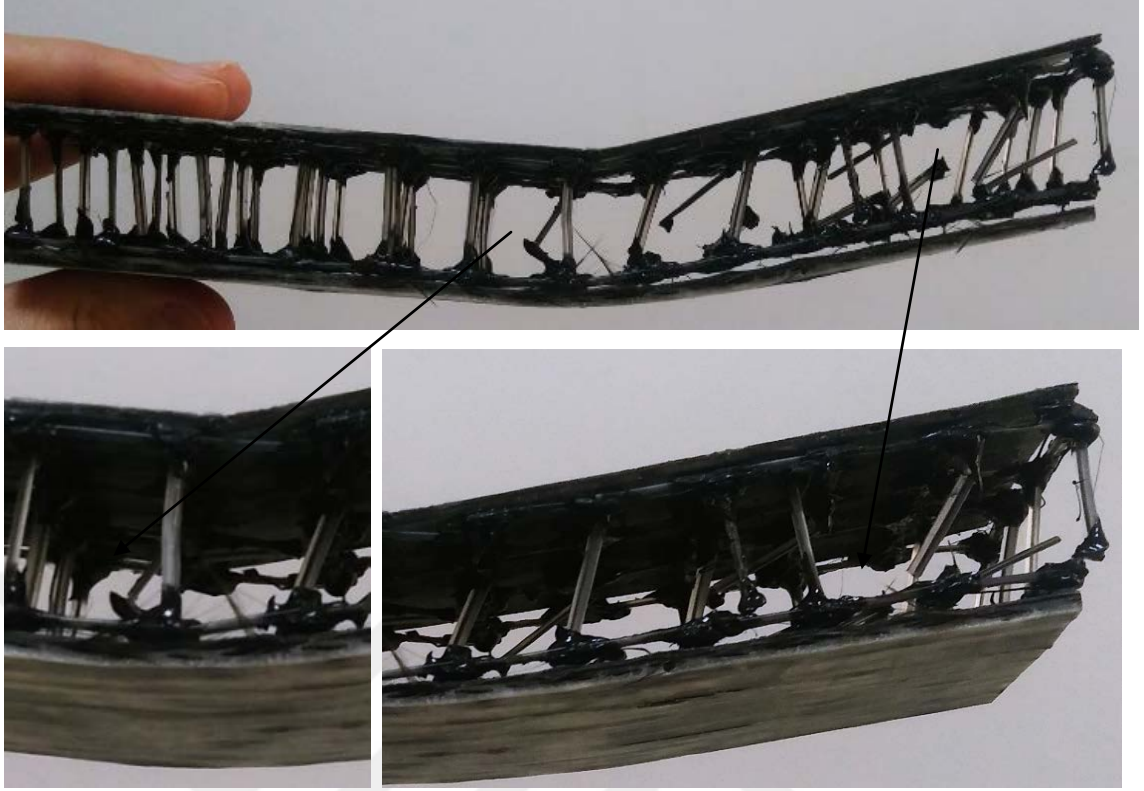
EK 10. A2-2 dinamik testi grafiği



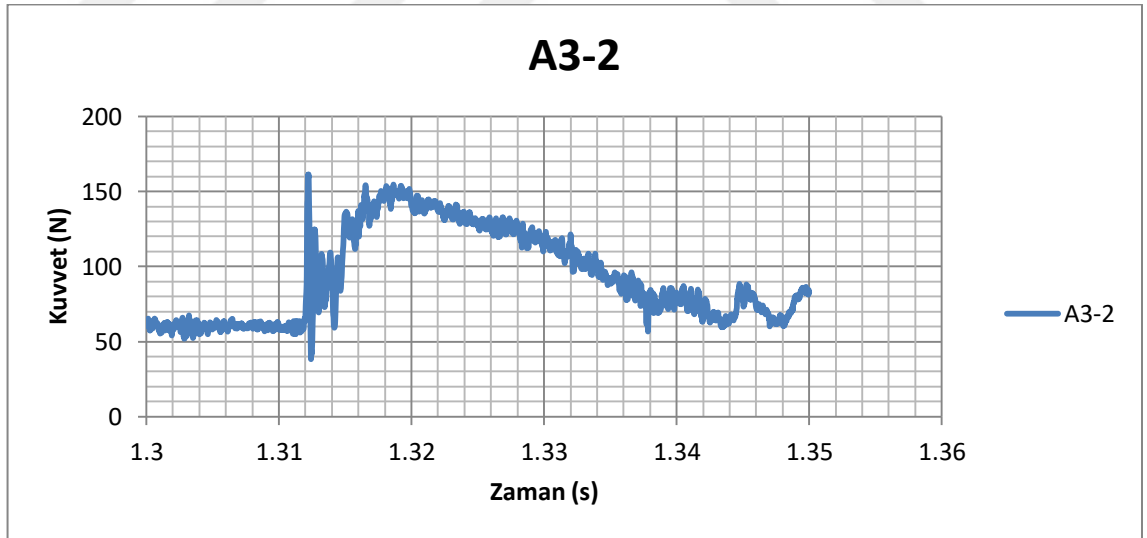
EK 11. A3-1 dinamik deformasyon görüntüsü



EK 12. A3-1 dinamik testi grafiği



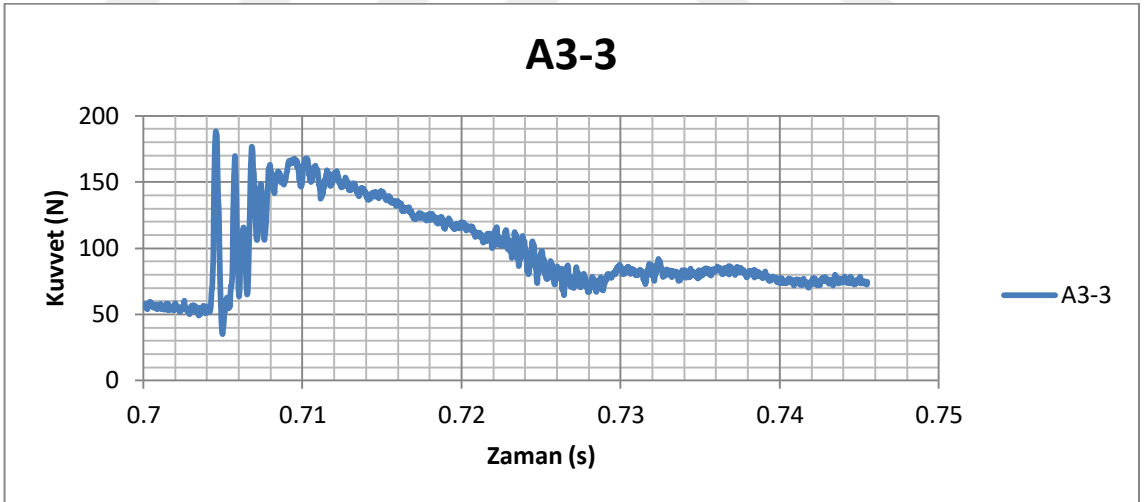
EK 13. A3-2 dinamik deformasyon görüntüsü



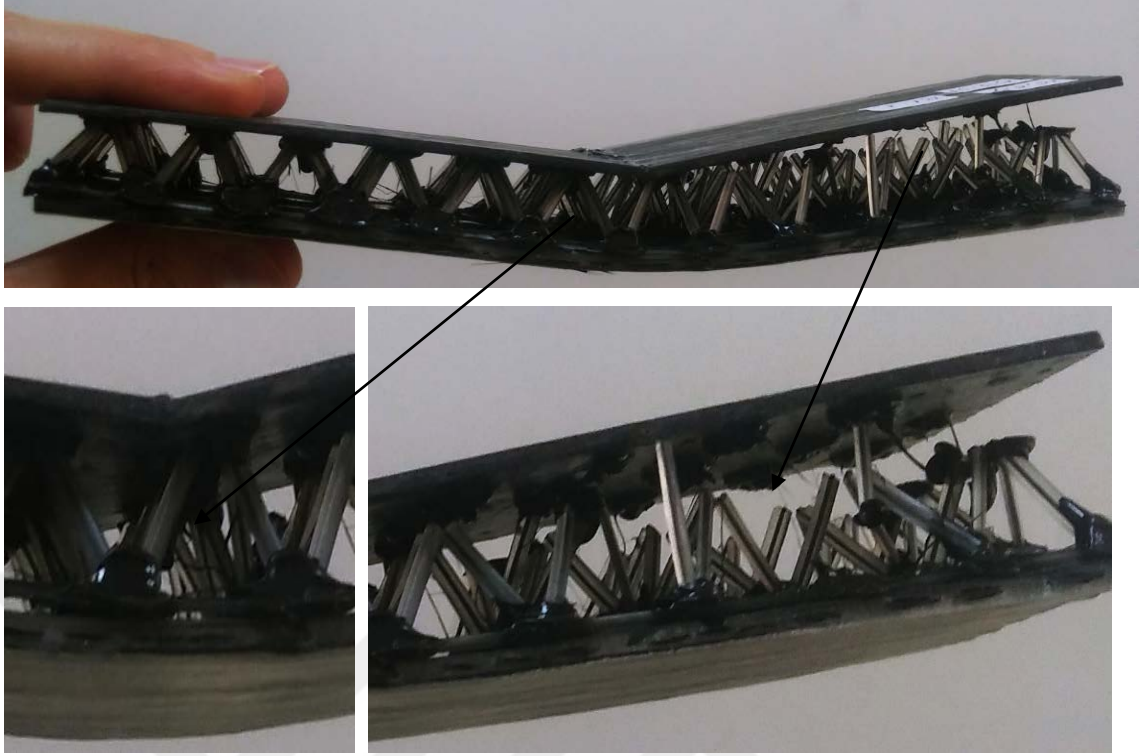
EK 14. A3-2 dinamik testi grafiği



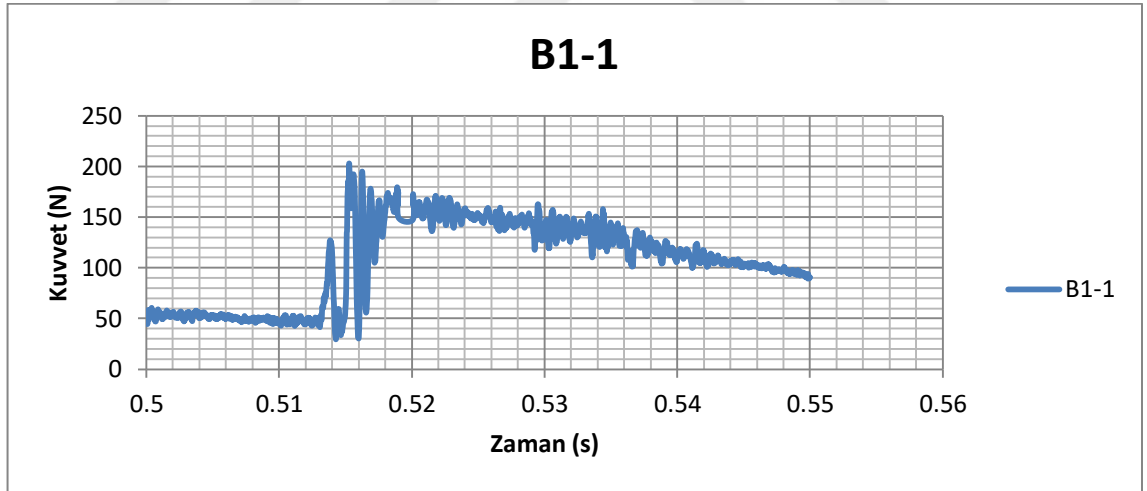
EK 15. A3-3 dinamik deformasyon görüntüsü



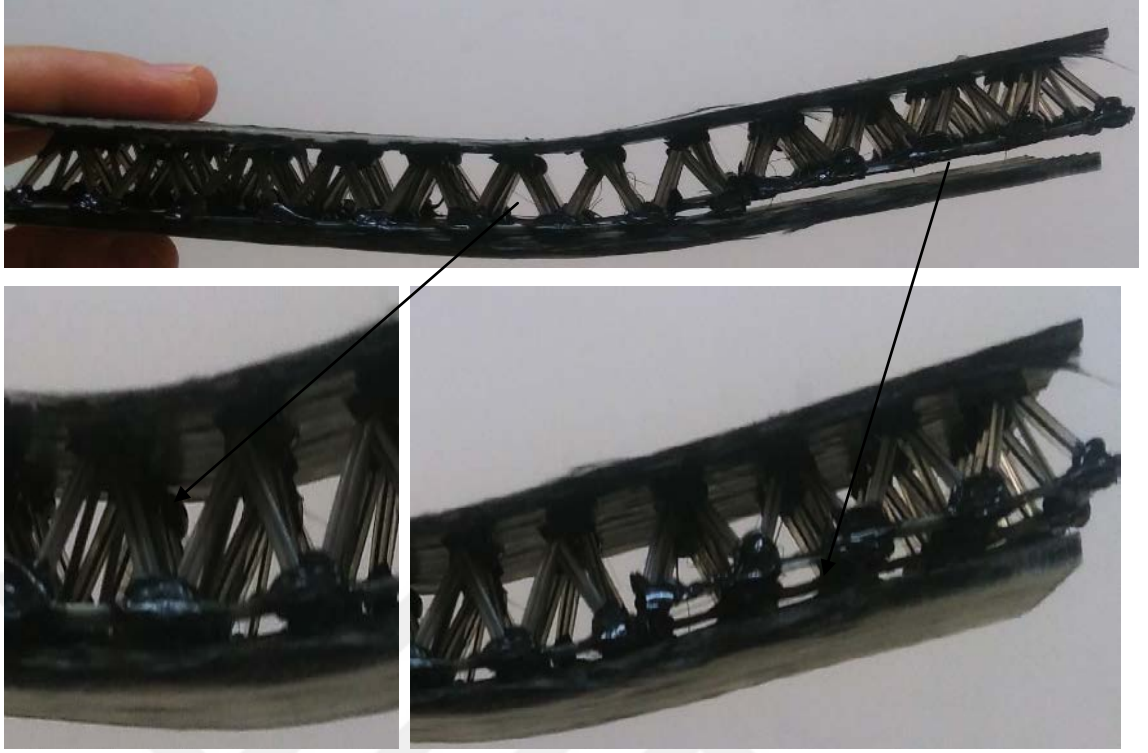
EK 16. A3-3 dinamik testi grafiği



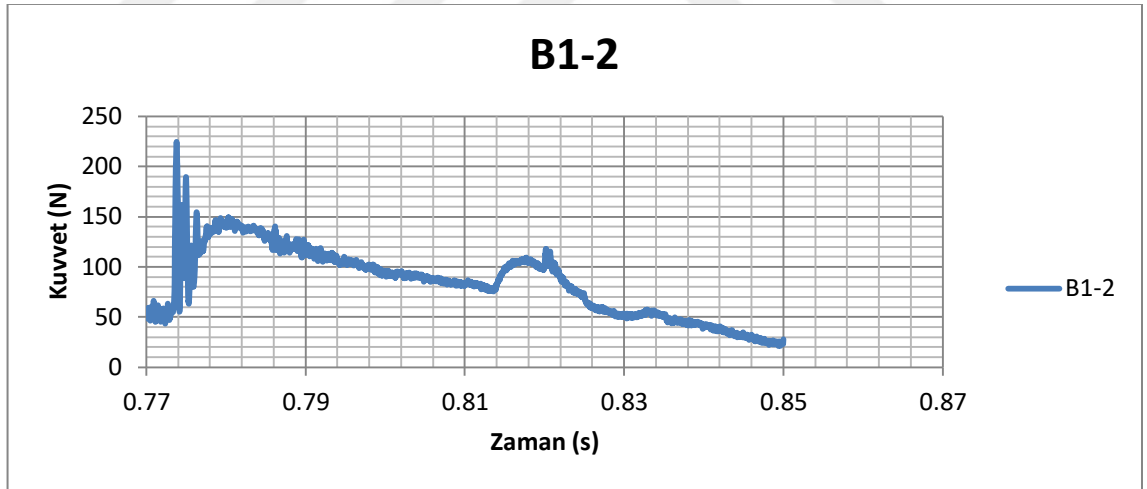
EK 17. B1-1 dinamik deformasyon görüntüsü



EK 18. B1-1 dinamik testi grafiği



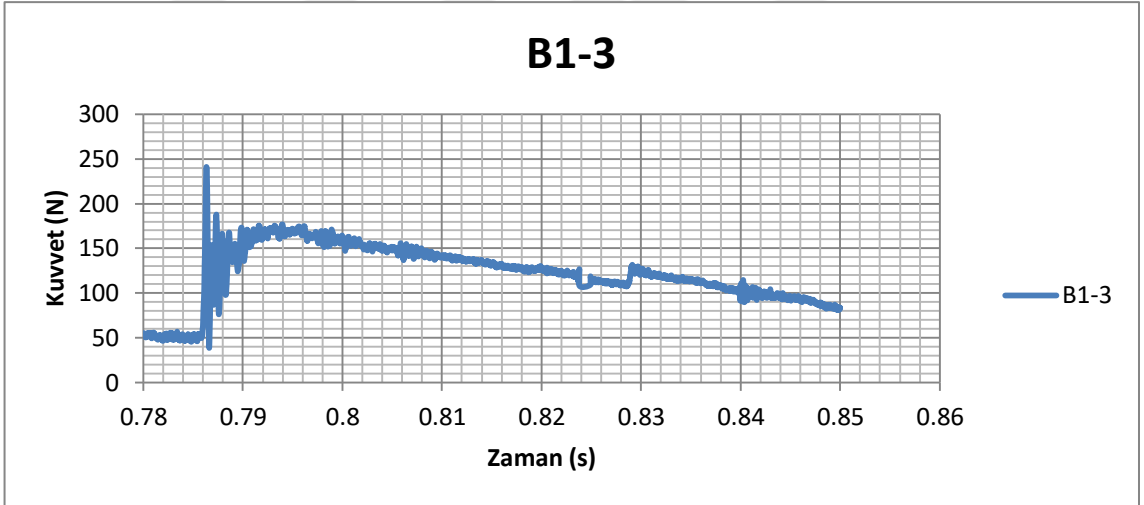
EK 19. B1-2 dinamik deformasyon görüntüsü



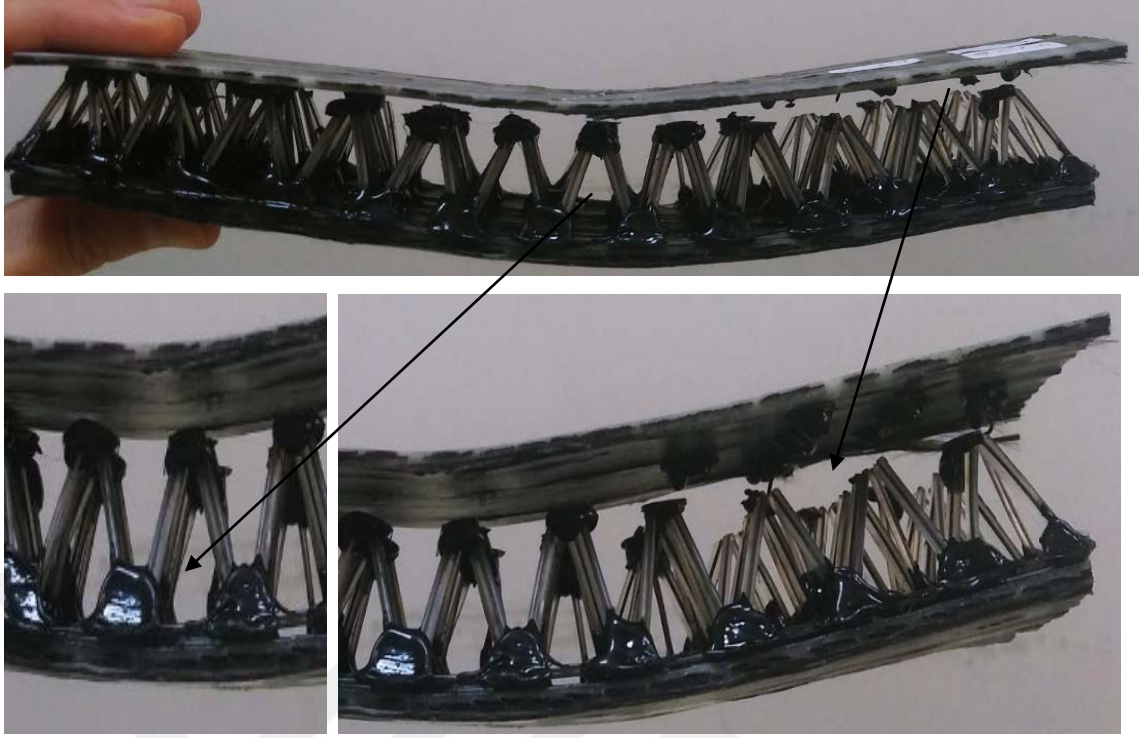
EK 20. B1-2 dinamik testi grafiği



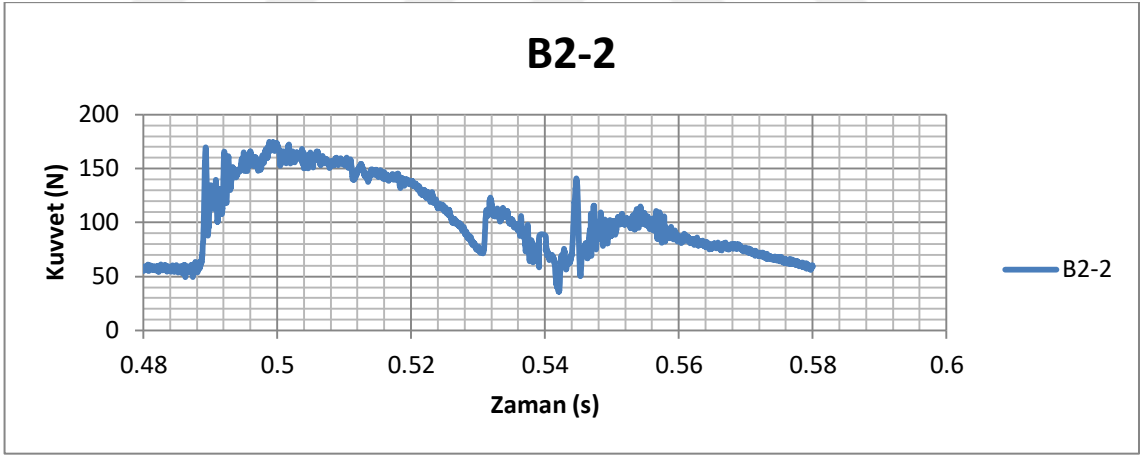
EK 21. B1-3 dinamik deformasyon görüntüsü



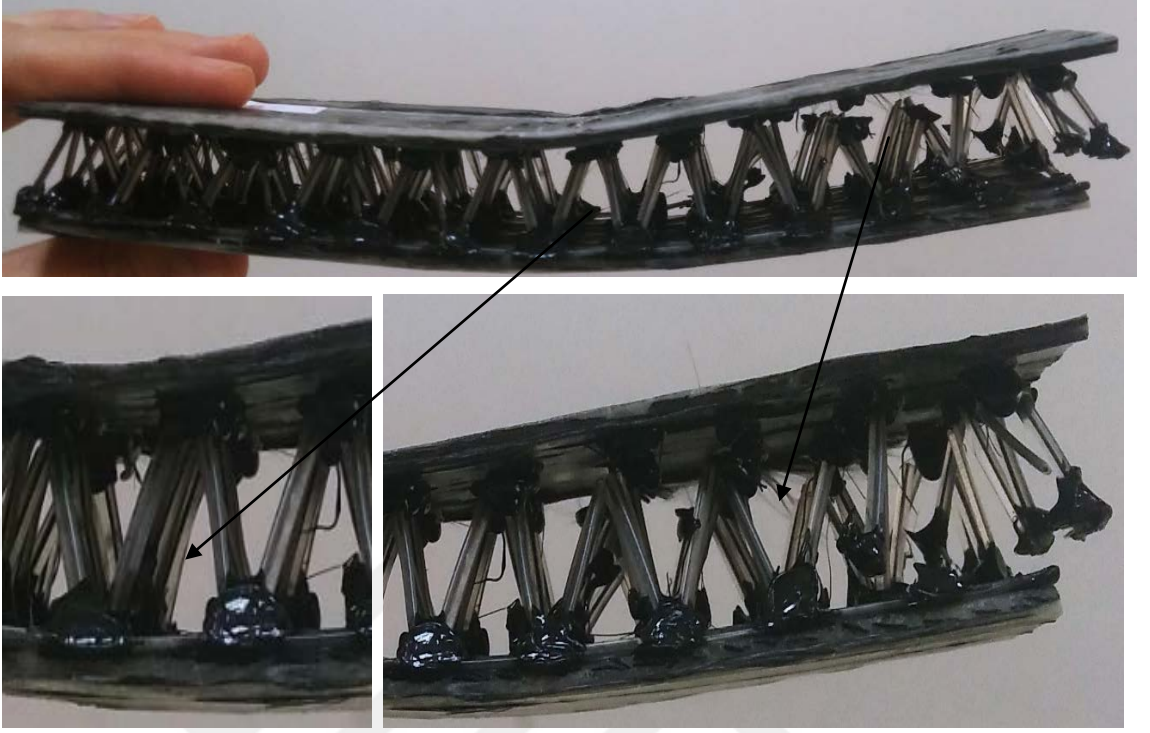
EK 22. B1-3 dinamik testi grafiği



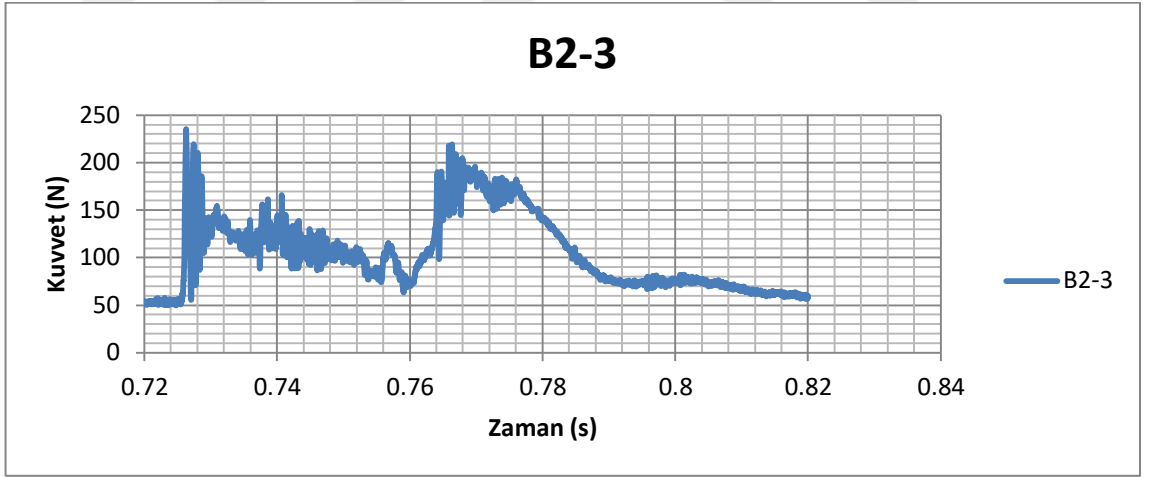
EK 23. B2-2 dinamik deformasyon görüntüsü



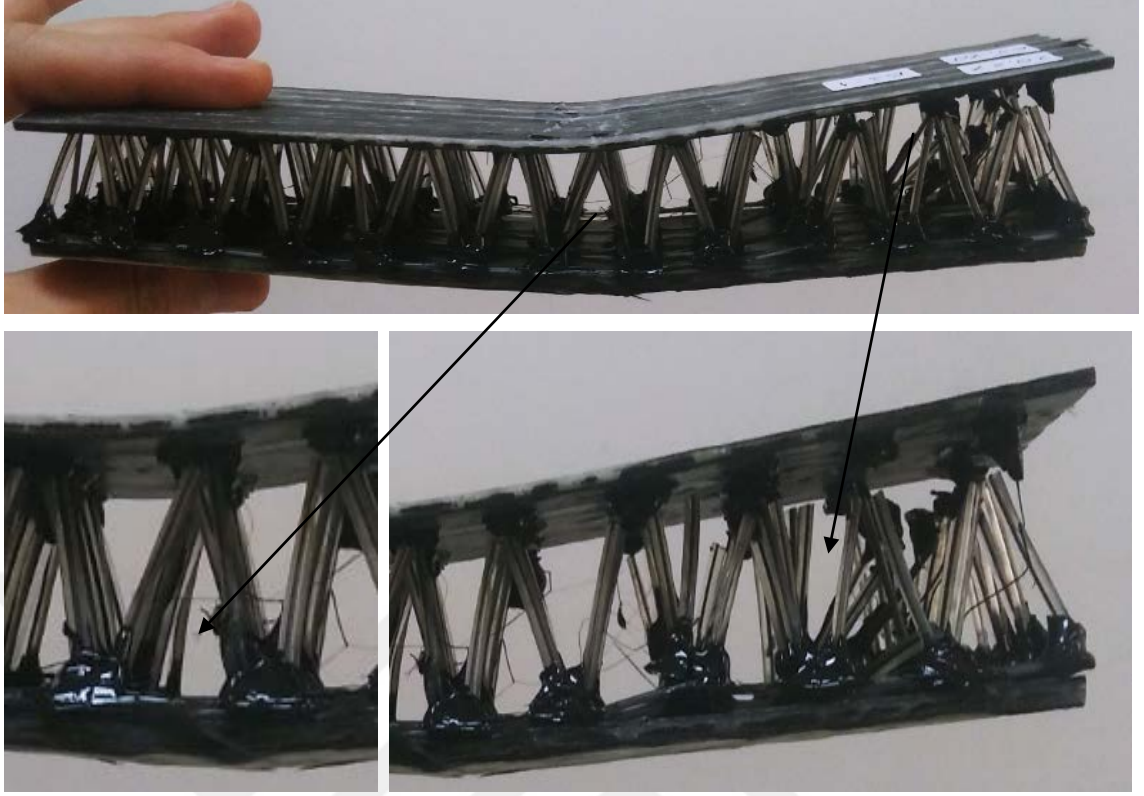
EK 24. B2-2 dinamik testi grafiği



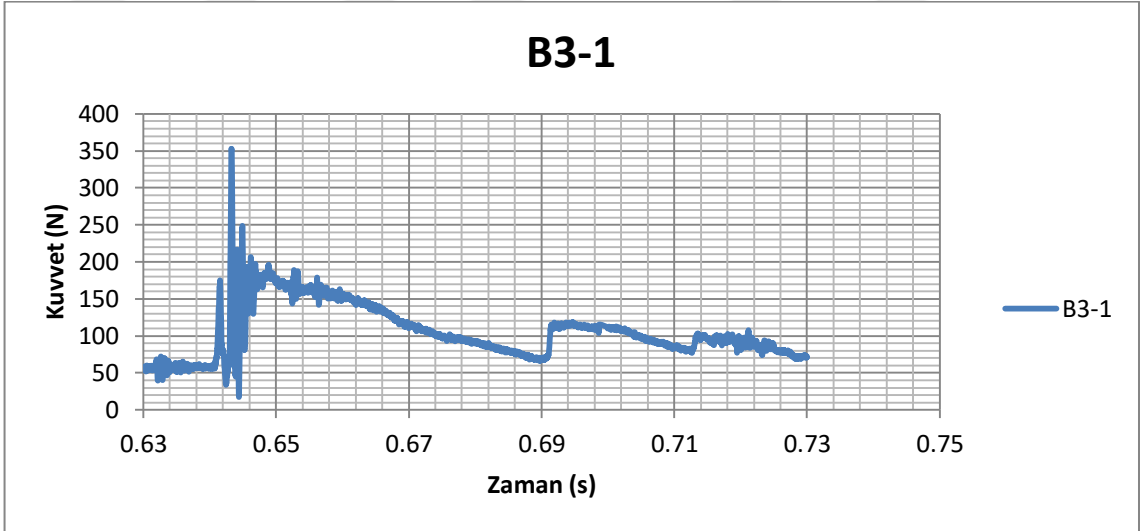
EK 25. B2-3 dinamik deformasyon görüntüsü



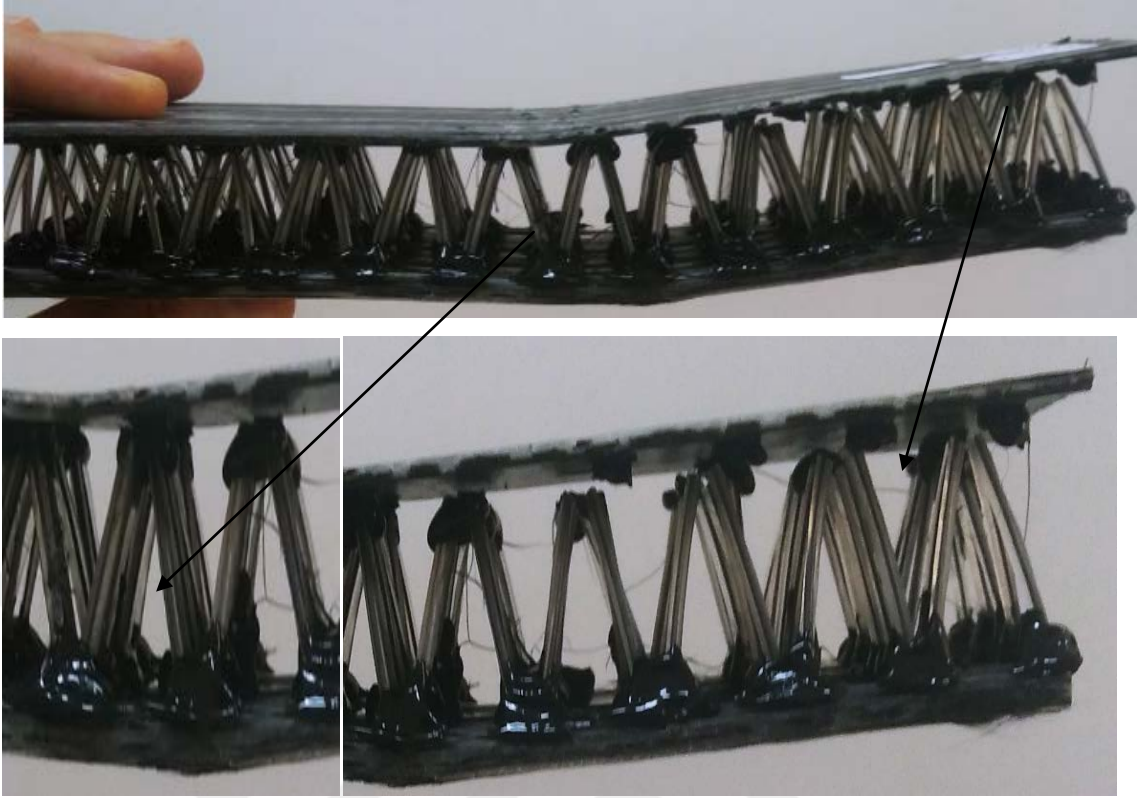
EK 26. B2-3 dinamik testi grafiği



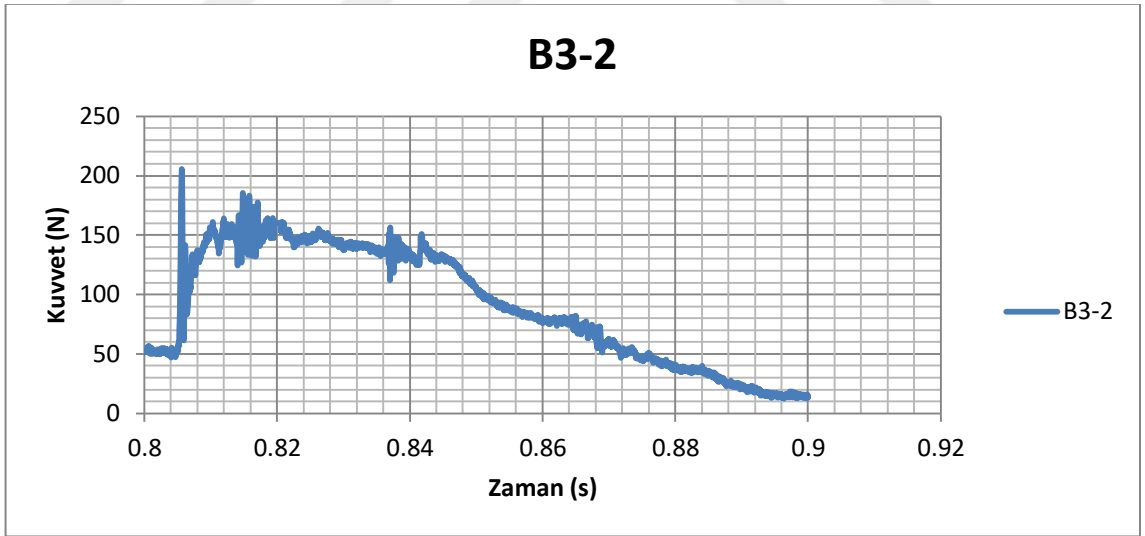
EK 27. B3-1 dinamik deformasyon görüntüsü



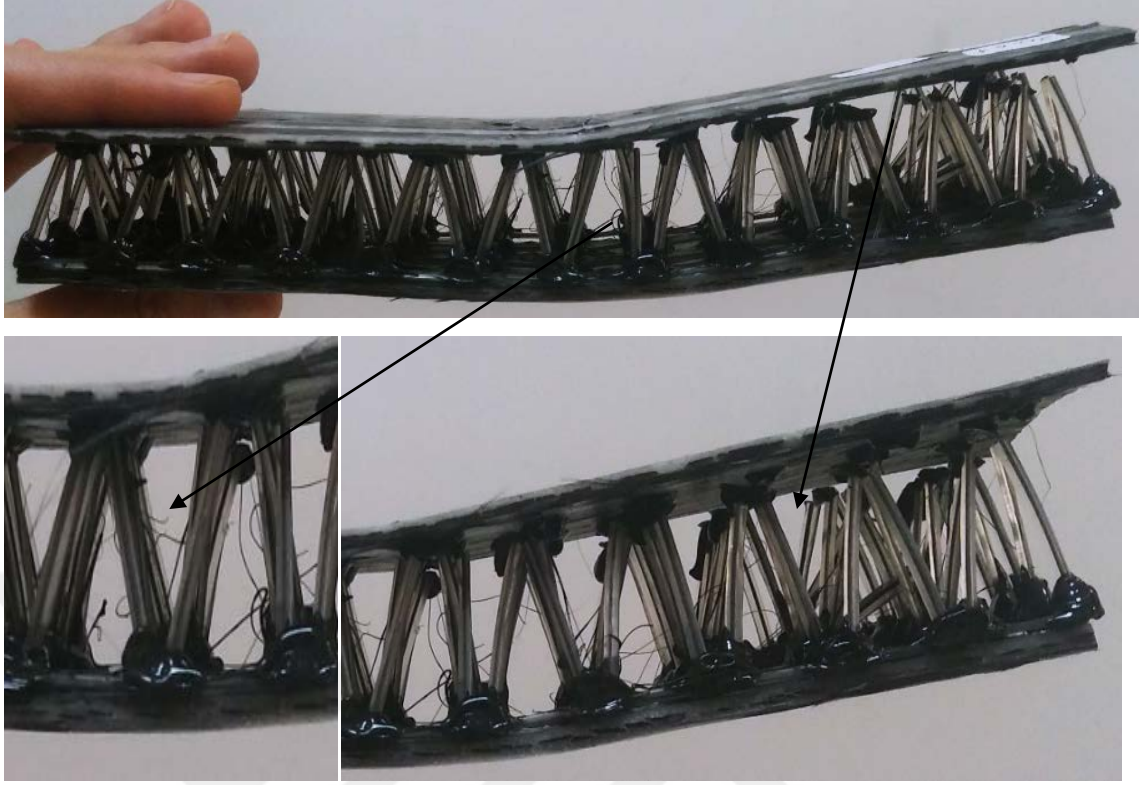
EK 28. B3-1 dinamik testi grafiği



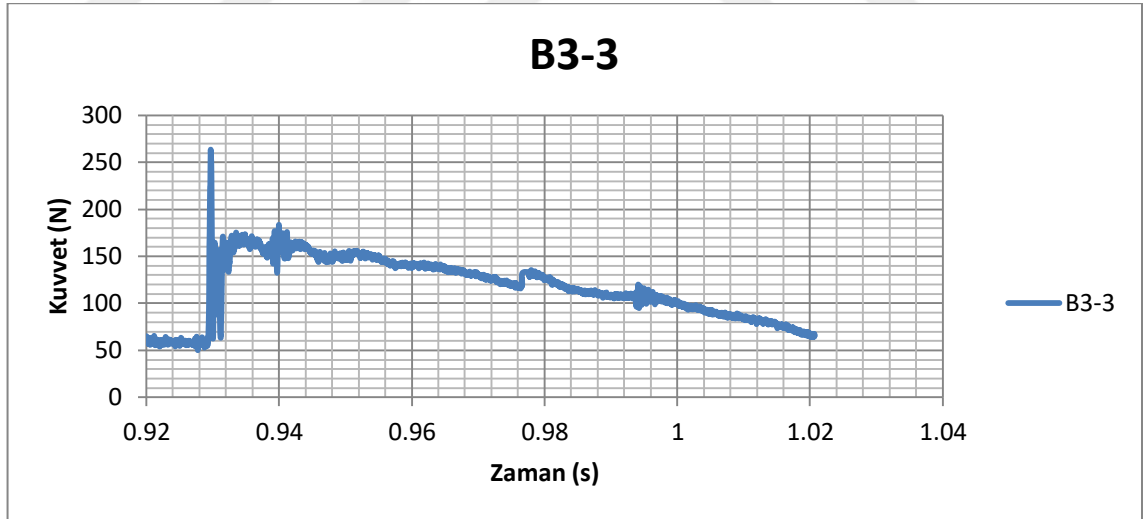
EK 29. B3-2 dinamik deformasyon görüntüsü



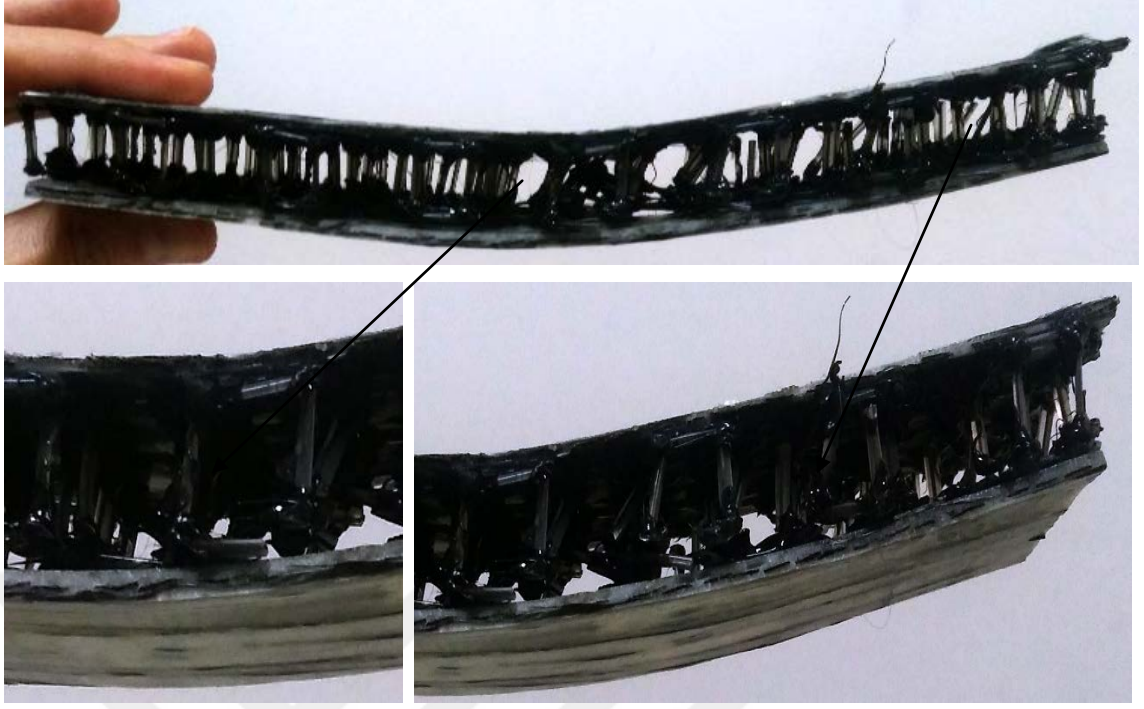
EK 30. B3-2 dinamik testi grafiği



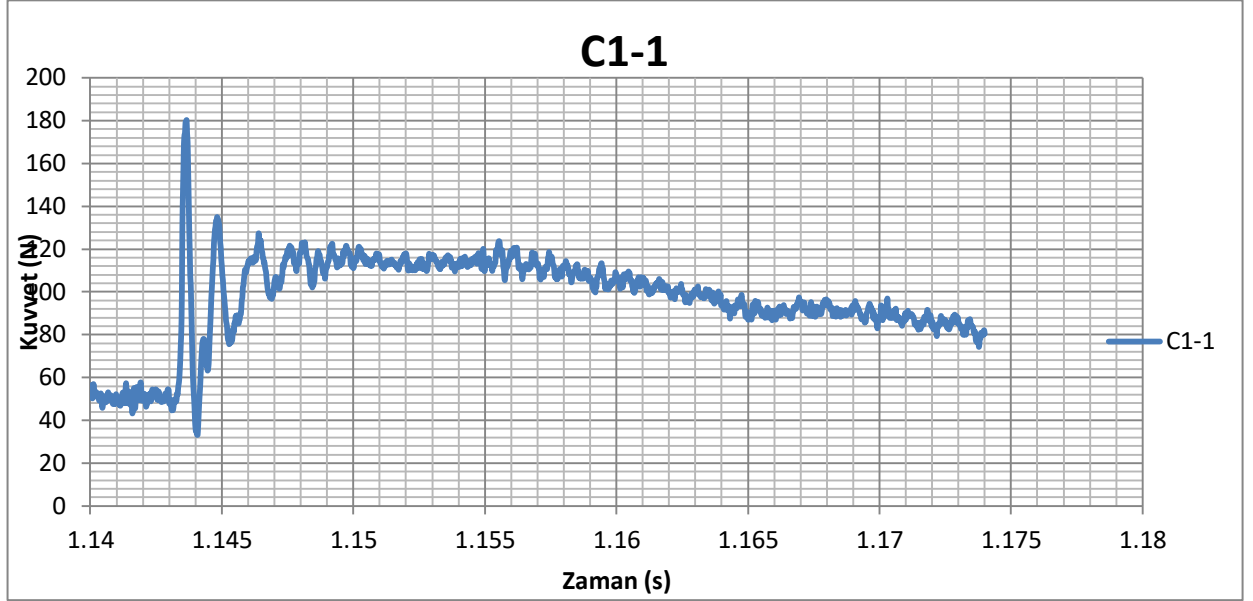
EK 31. B3-3 dinamik deformasyon görüntüsü



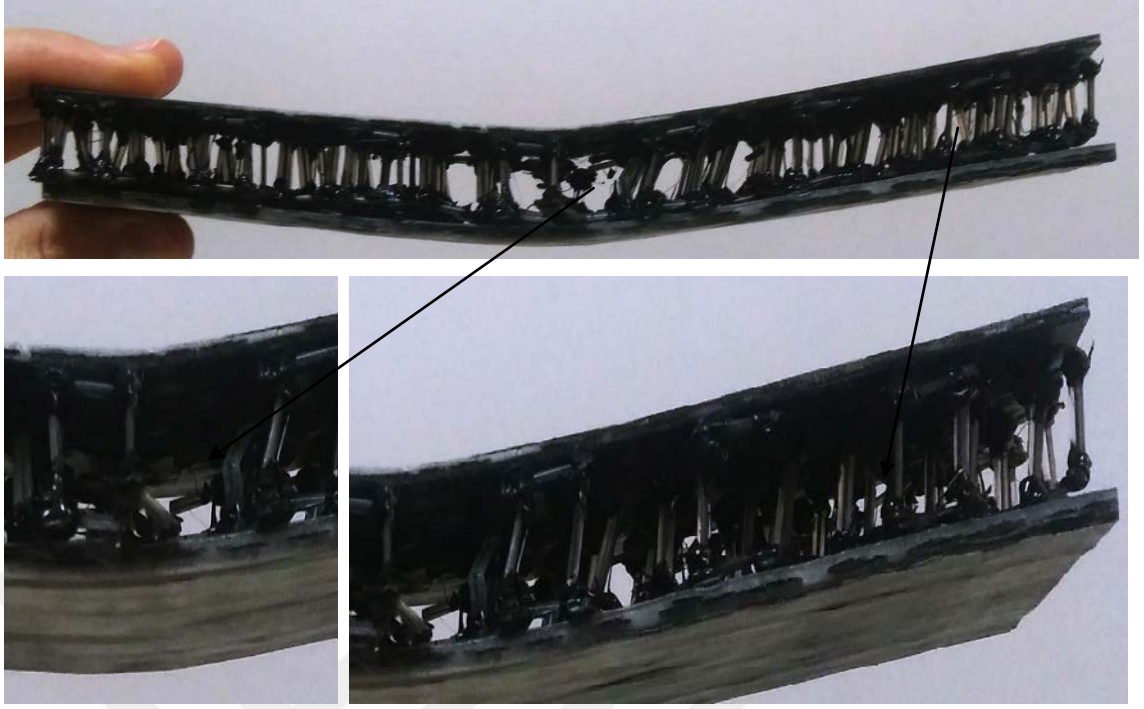
EK 32. B3-3 dinamik testi grafiği



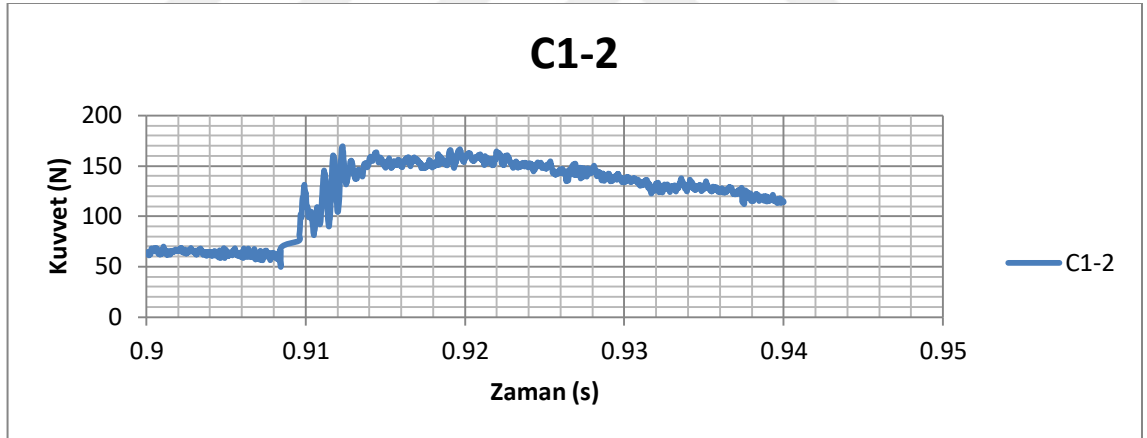
EK 33. C1-1 dinamik deformasyon görüntüsü



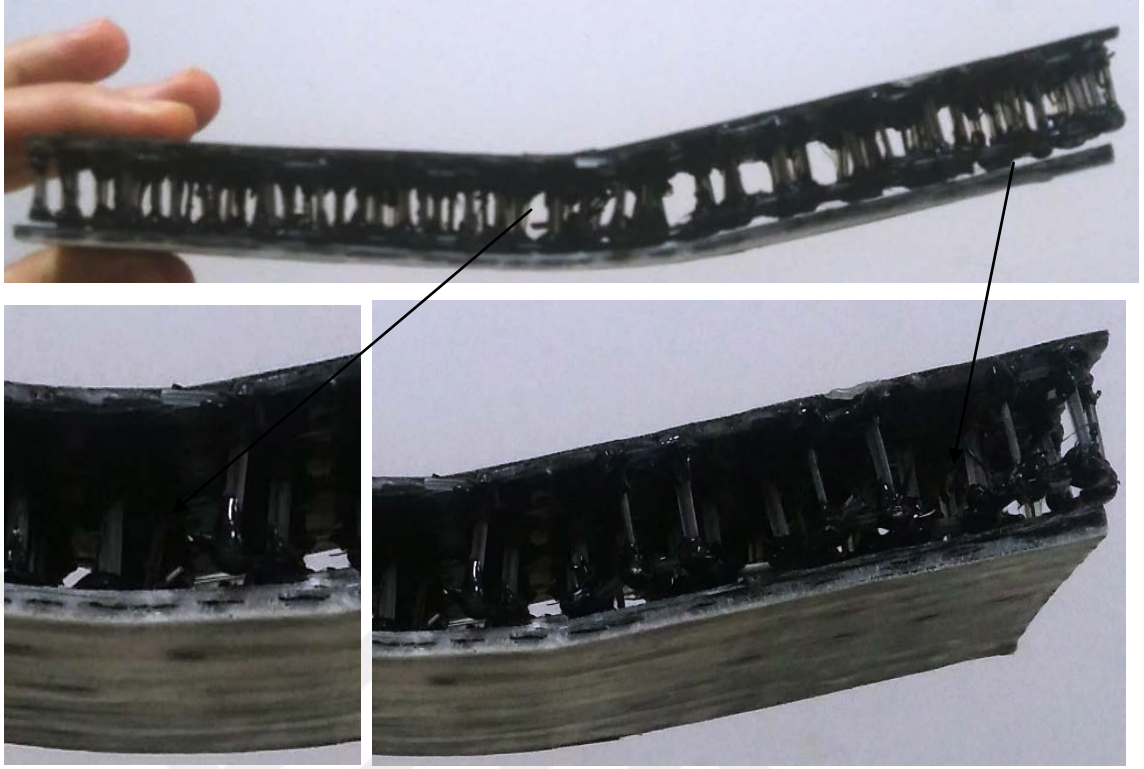
EK 34. C1-1 dinamik testi grafiği



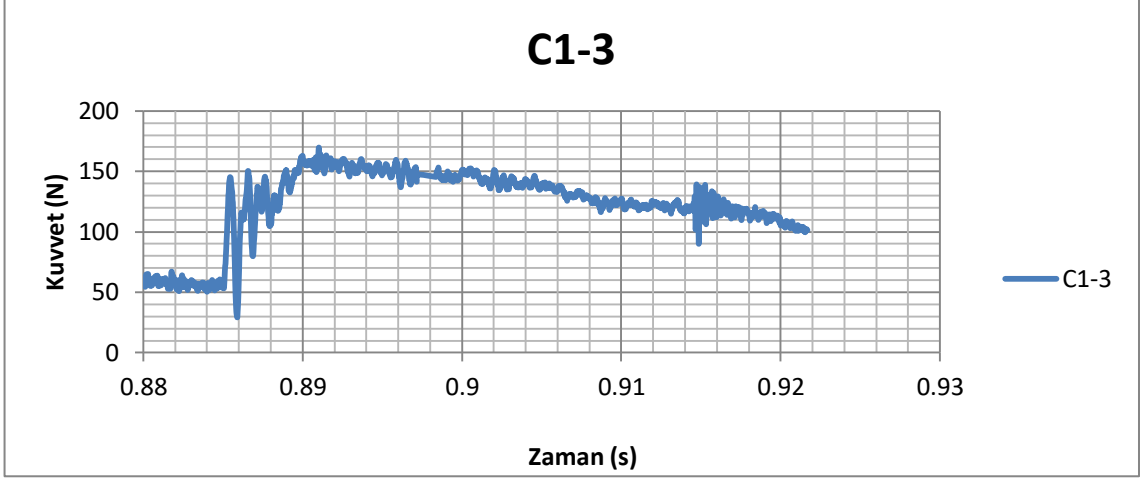
EK 35. C1-2 dinamik deformasyon görüntüsü



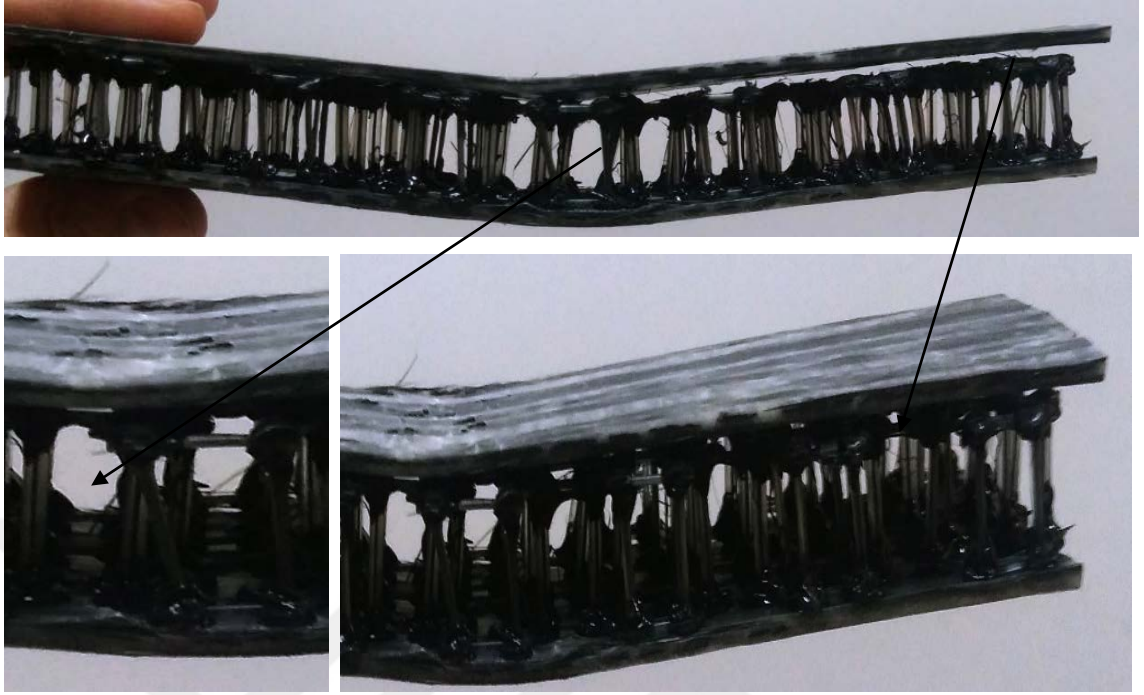
EK 36. C1-2 dinamik testi grafiği



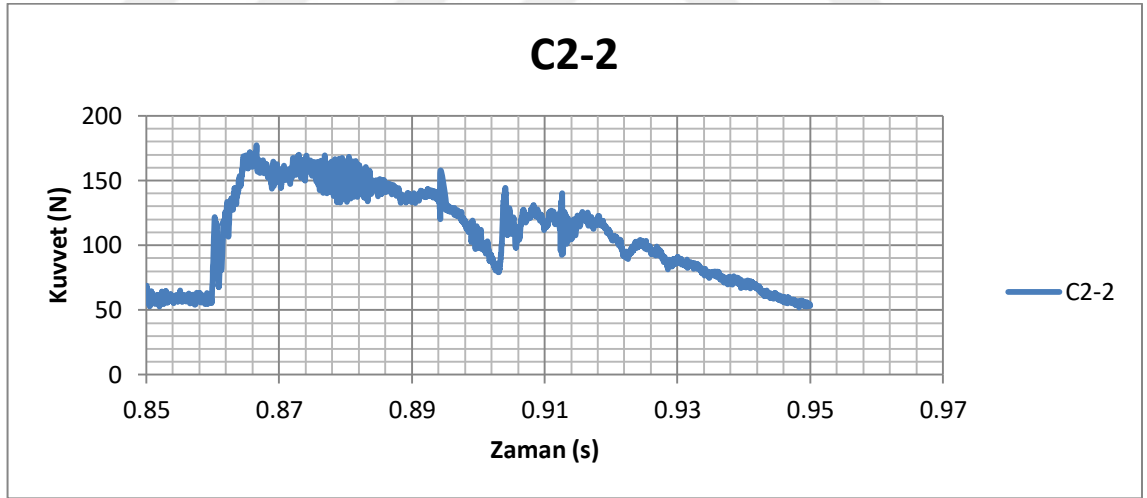
EK 37. C1-3 dinamik deformasyon görüntüsü



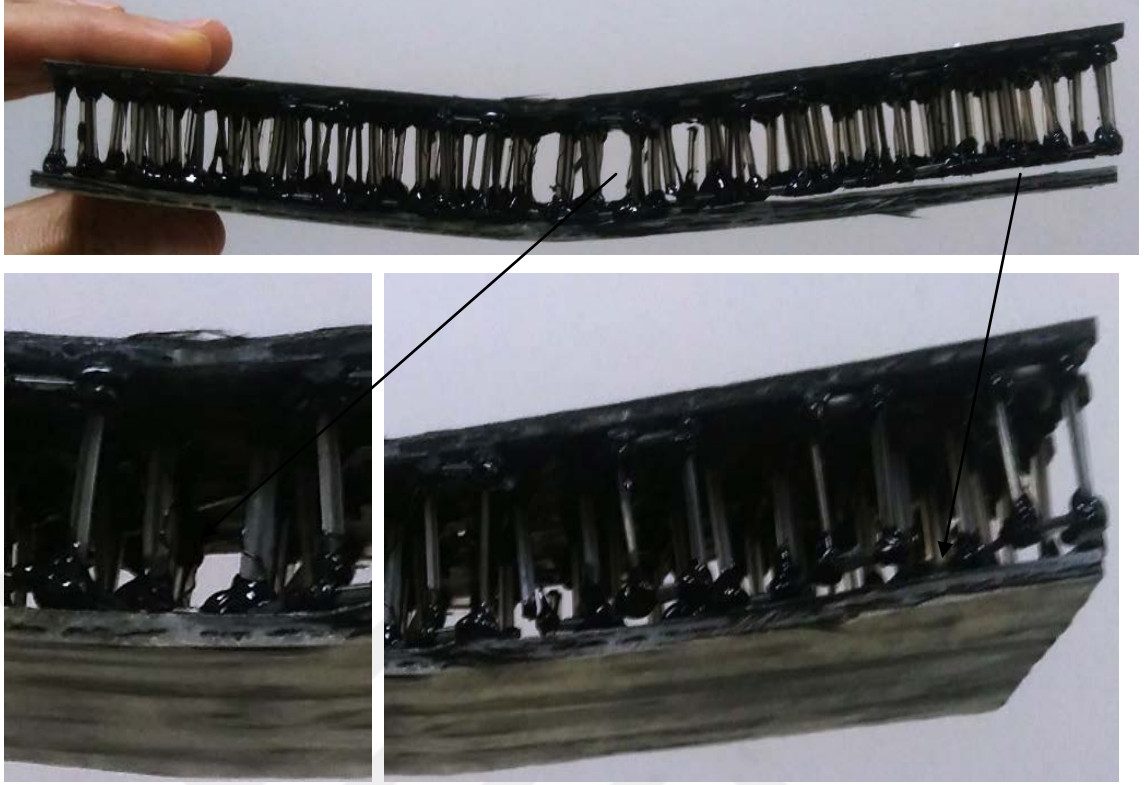
EK 38. C1-3 dinamik testi grafiği



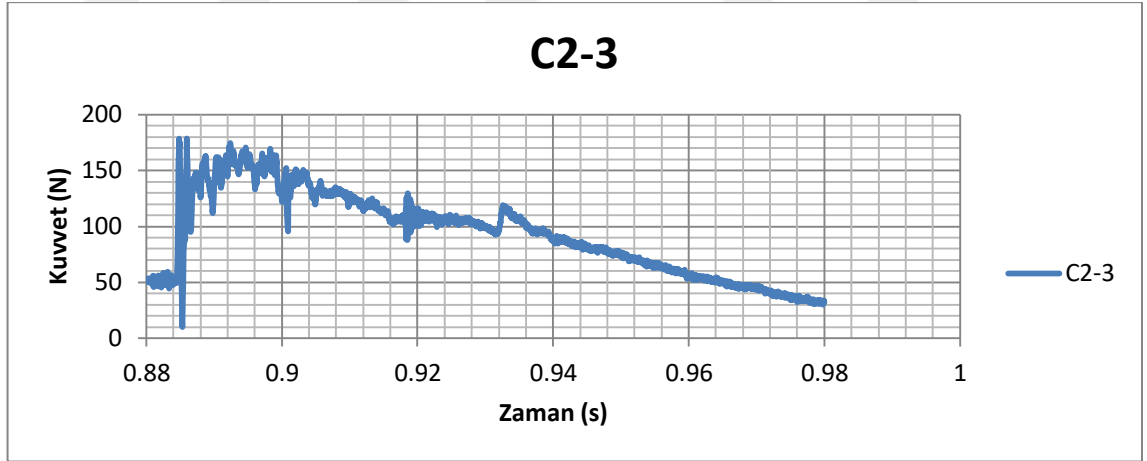
EK 39. C2-2 dinamik deformasyon görüntüsü



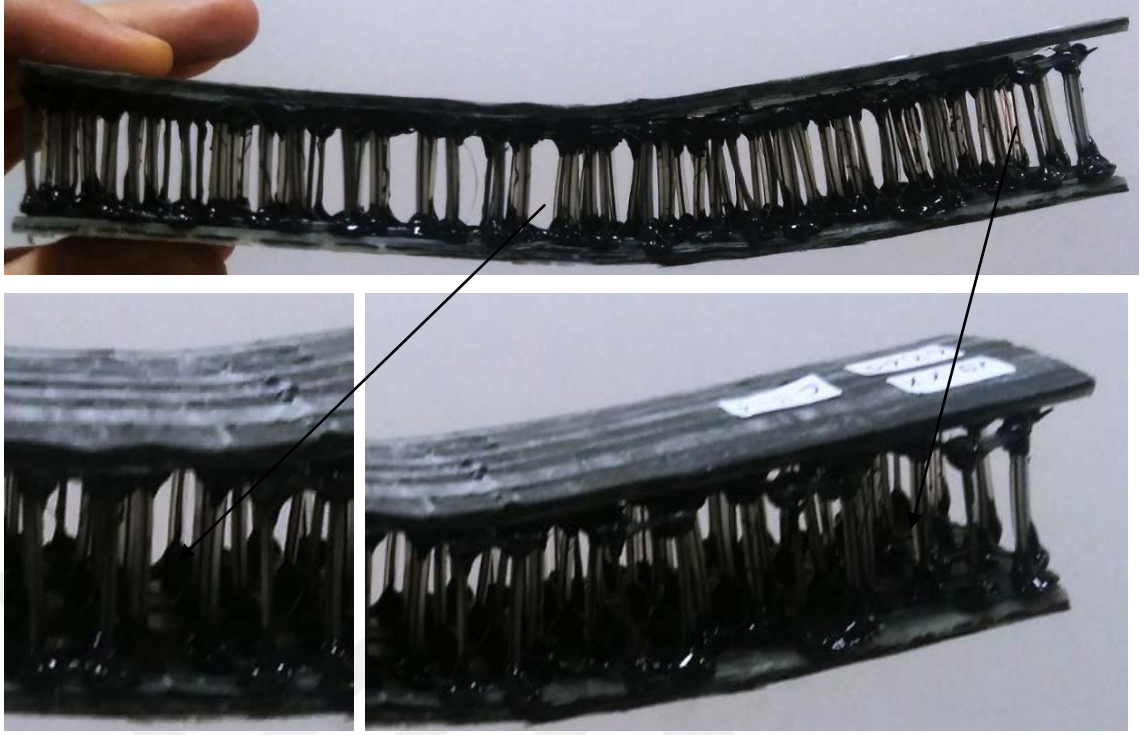
EK 40. C2-2 dinamik testi grafiği



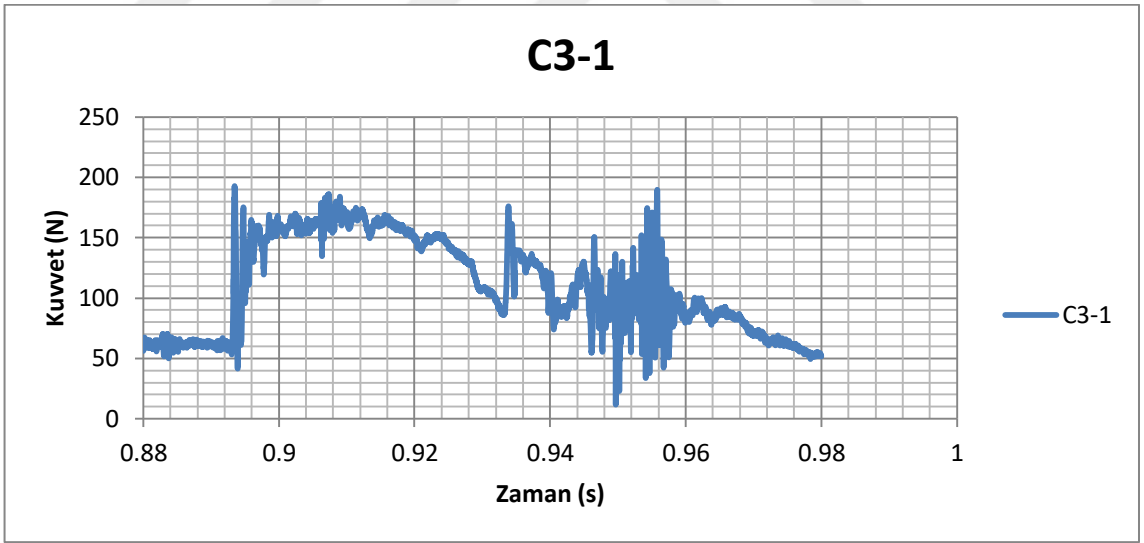
EK 41. C2-3 dinamik deformasyon görüntüsü



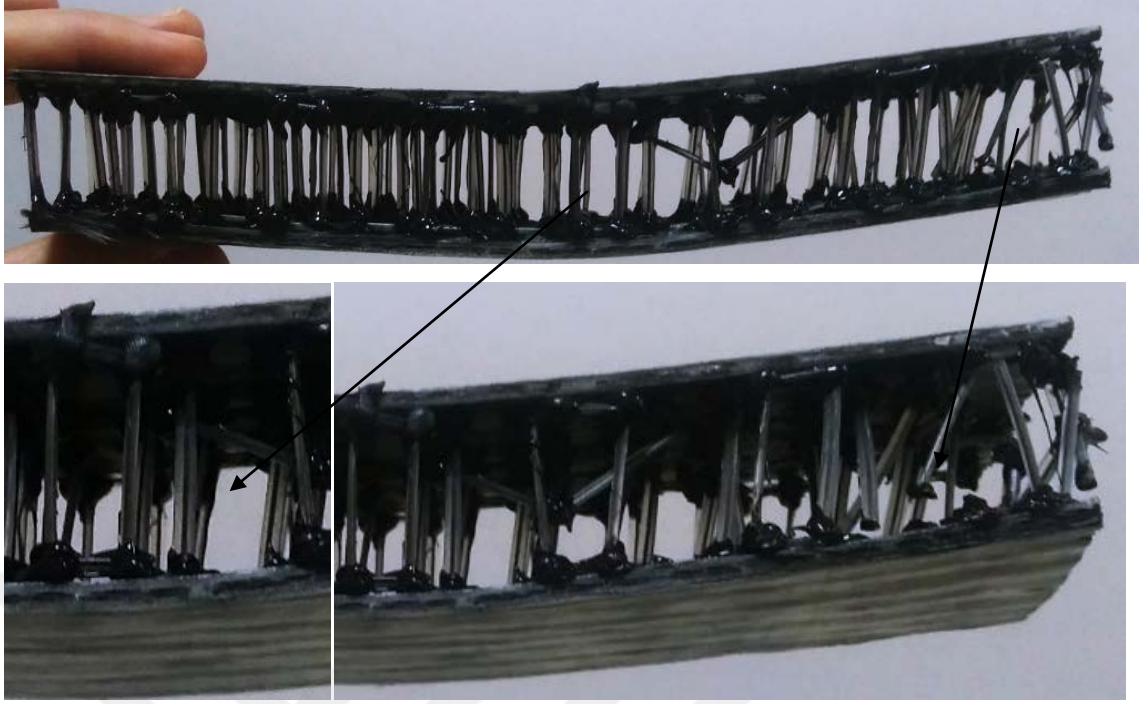
EK 42. C2-3 dinamik testi grafiği



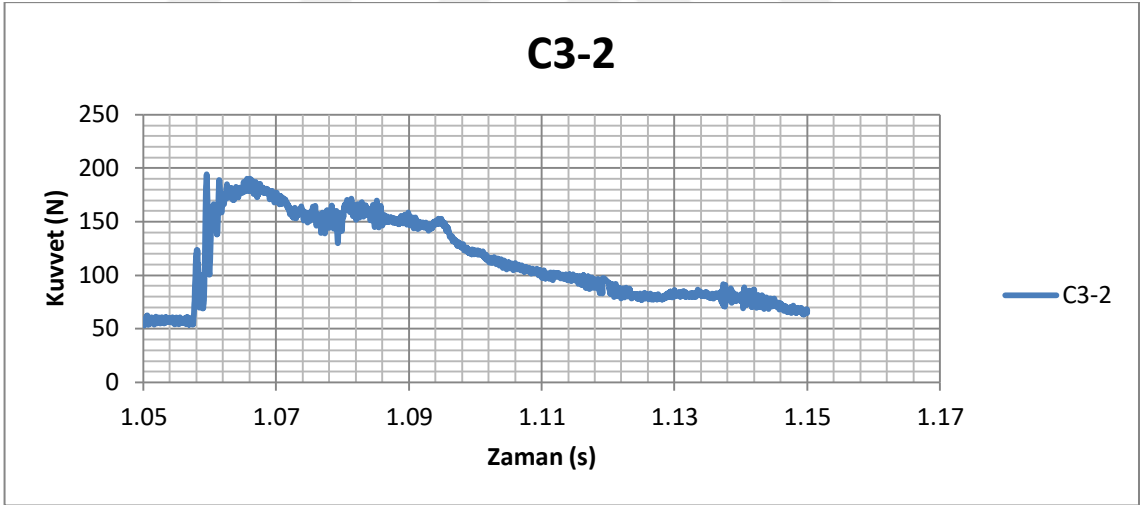
EK 43. C3-1 dinamik deformasyon görüntüsü



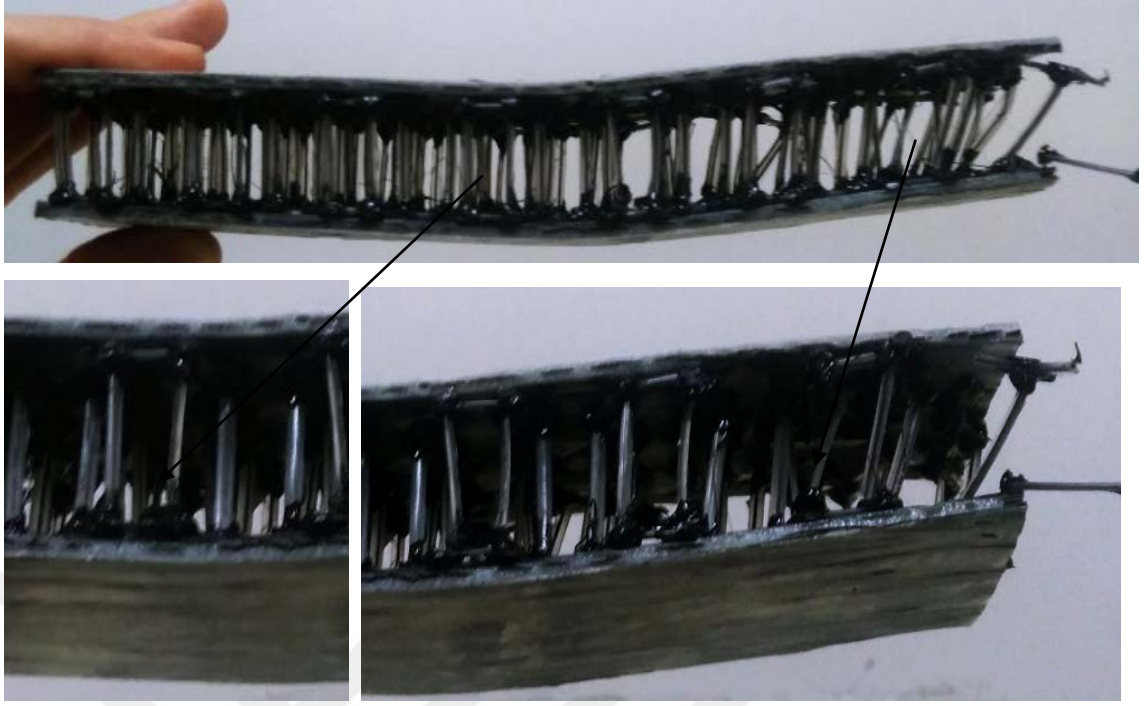
EK 44. C3-1 dinamik testi grafiği



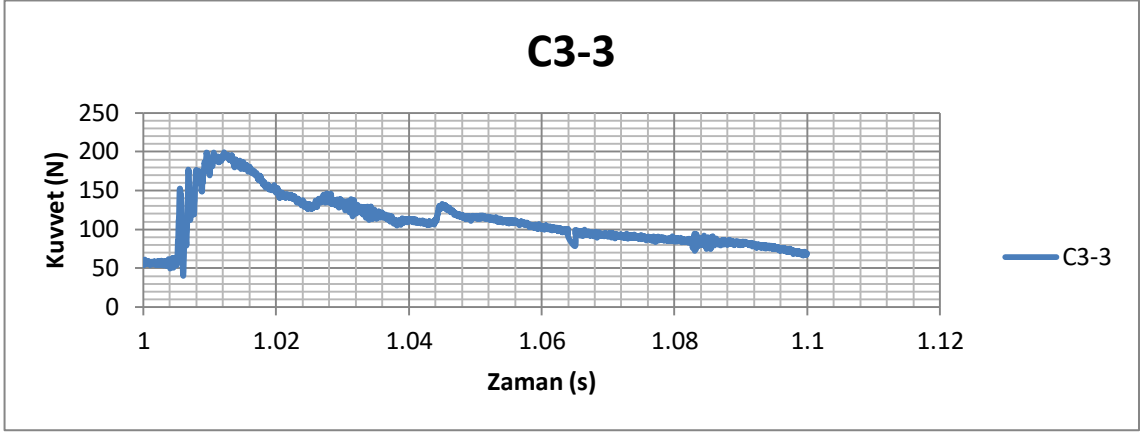
EK 45. C3-2 dinamik deformasyon görüntüsü



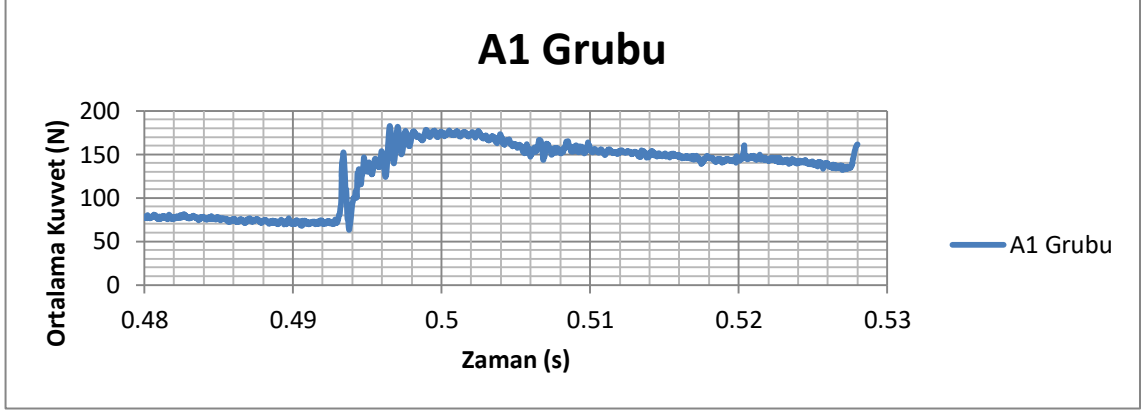
EK 46. C3-2 dinamik testi grafiği



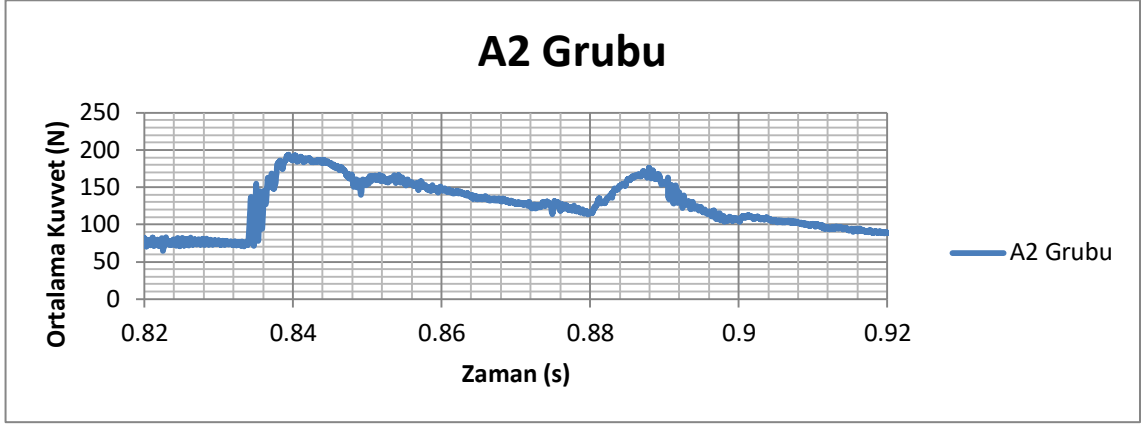
EK 47. C3-3 dinamik deformasyon görüntüsü



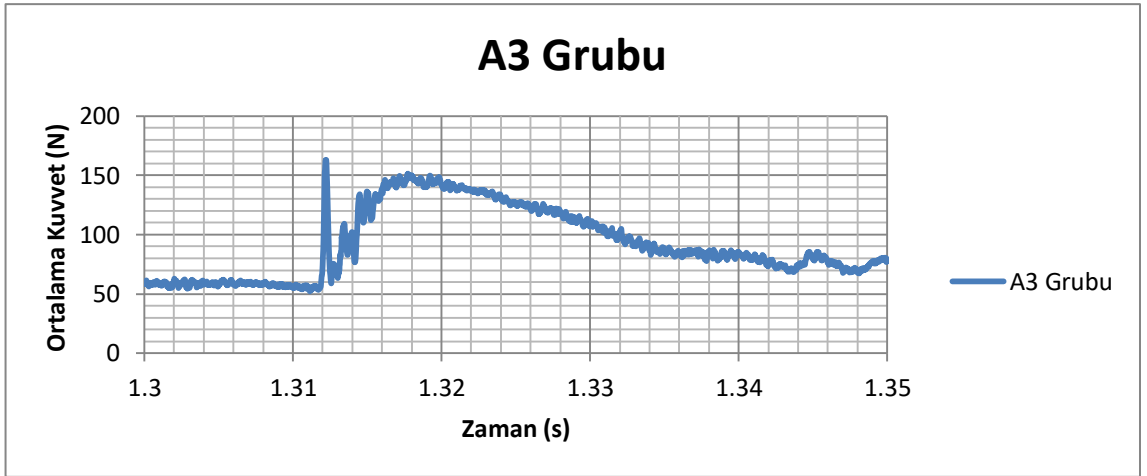
EK 48. C3-3 dinamik testi grafiği



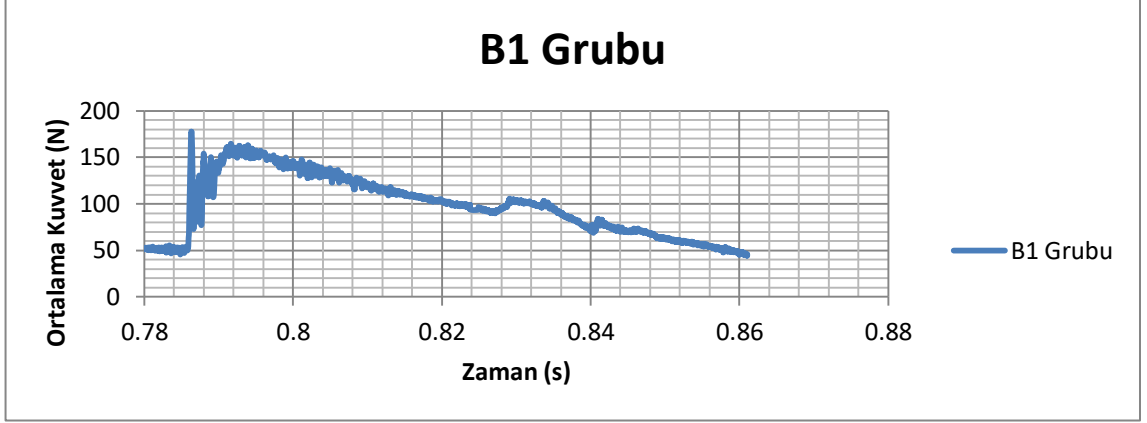
EK 49. A1 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi A1-3'e göre alınmıştır)



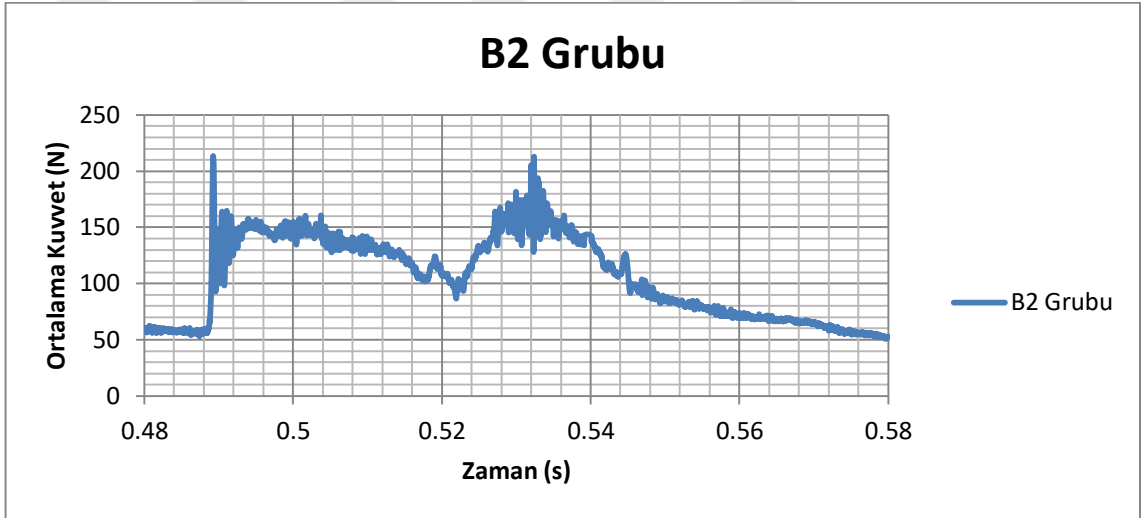
EK 50. A2 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi A2-1'e göre alınmıştır)



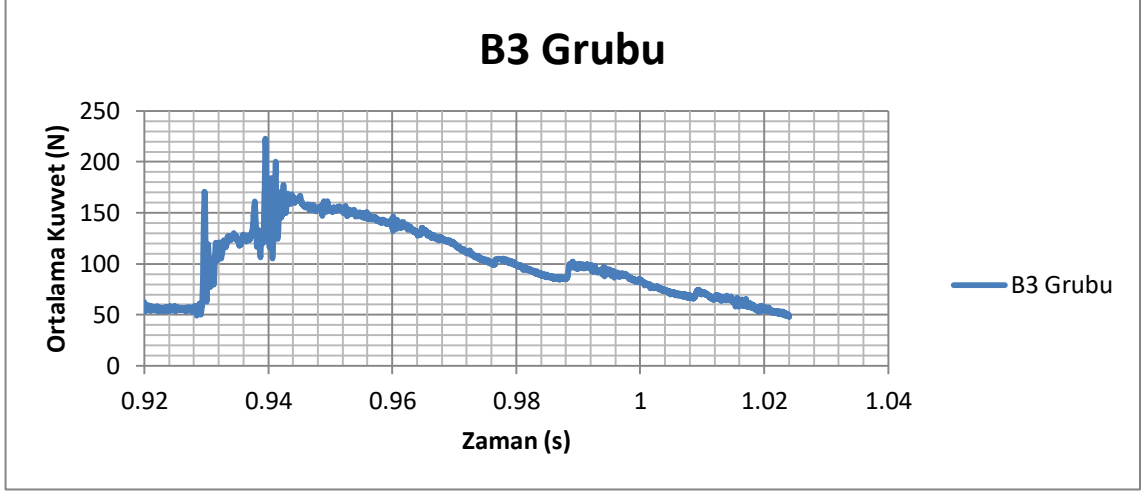
EK 51. A3 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi A3-2'ye göre alınmıştır)



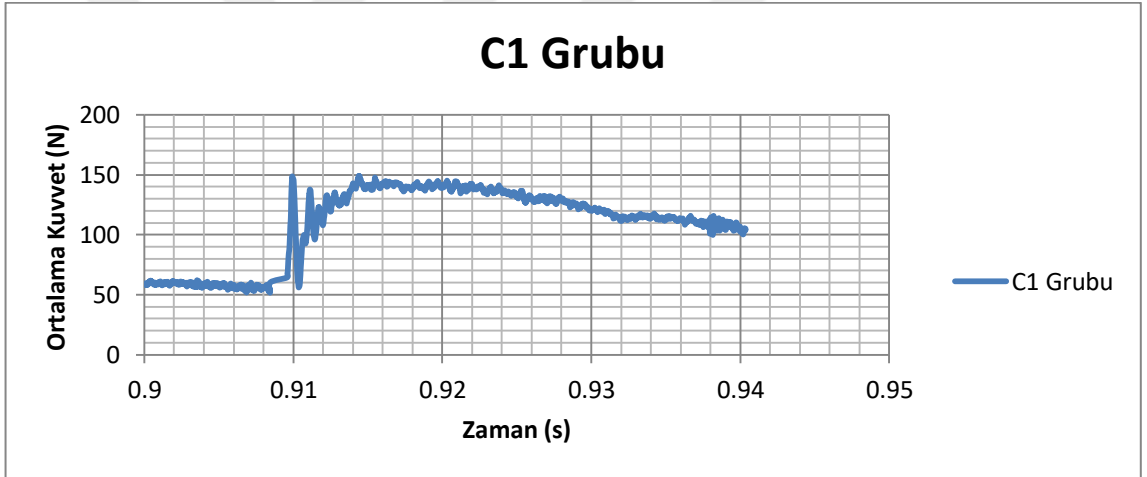
EK 52. B1 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi B1-3'e göre alınmıştır)



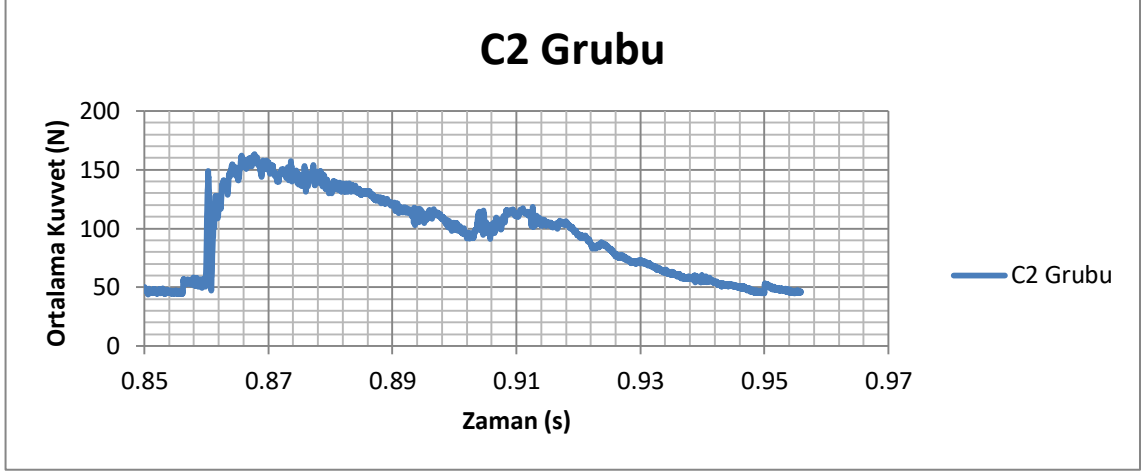
EK 53. B2 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi B2-2'e göre alınmıştır)



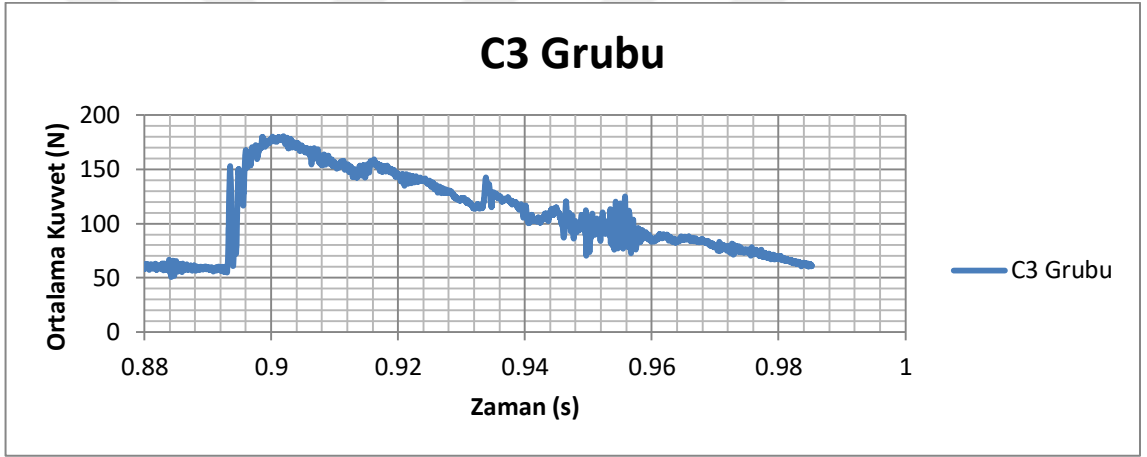
EK 54. B3 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi B3-3'e göre alınmıştır)



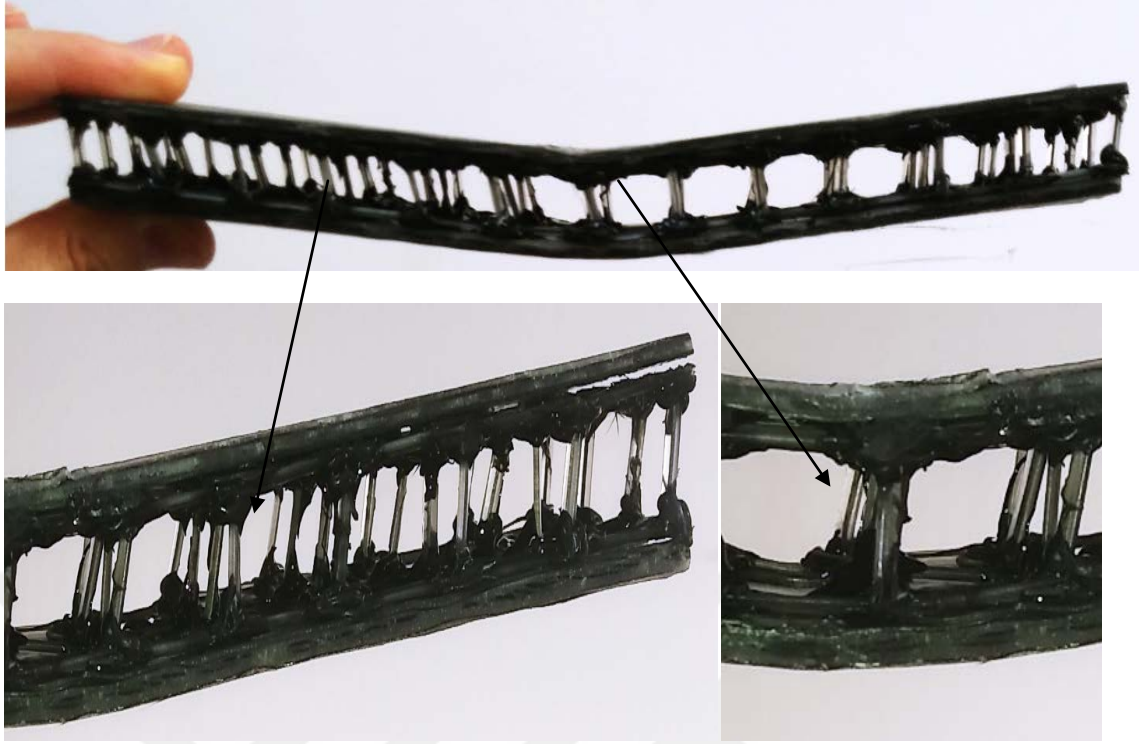
EK 55. C1 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi C1-2'e göre alınmıştır)



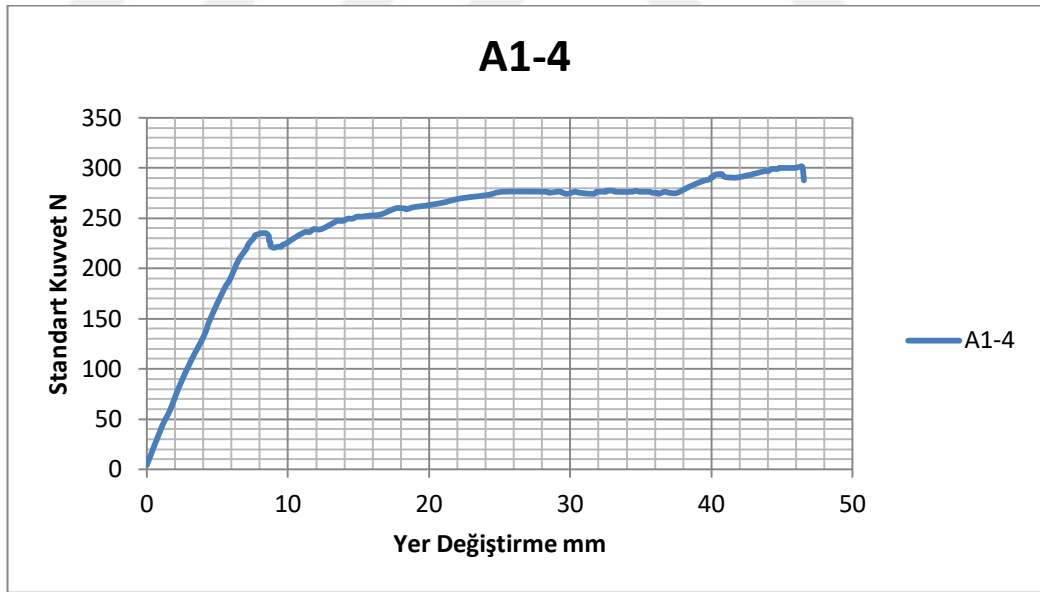
EK 56. C2 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi C2-2'e göre alınmıştır)



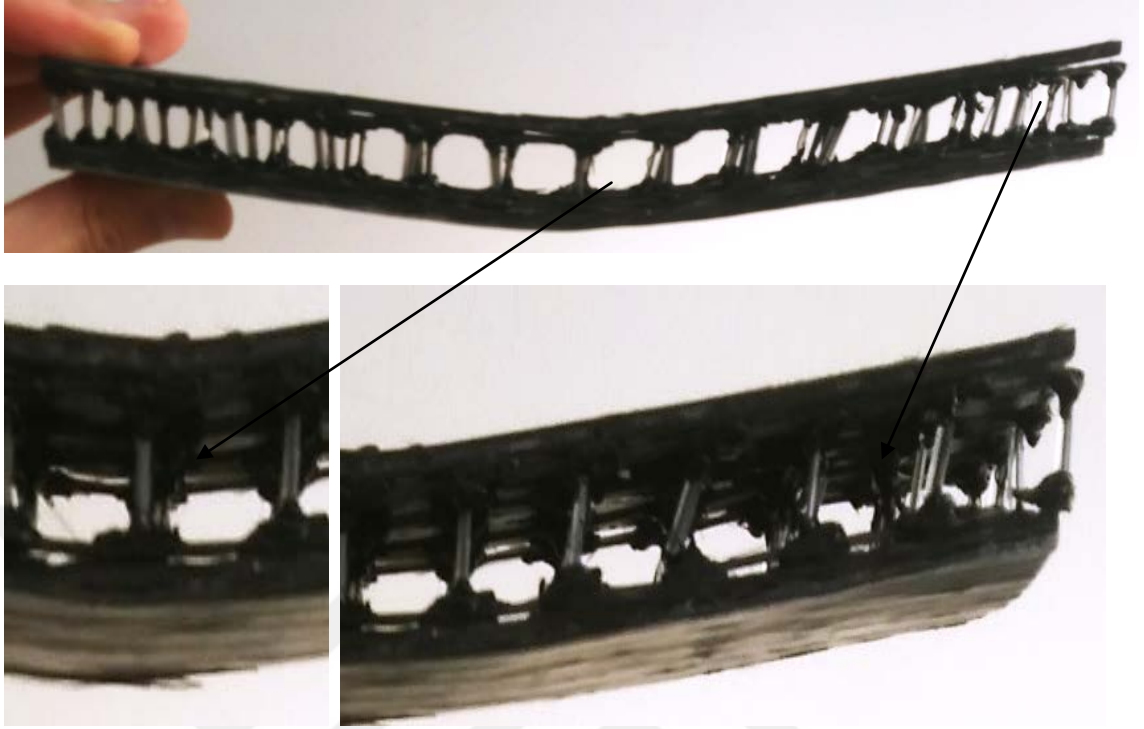
EK 57. C3 grubu dinamik testi ortalama kuvvet-zaman grafiği(zaman çizelgesi C3-1'e göre alınmıştır)



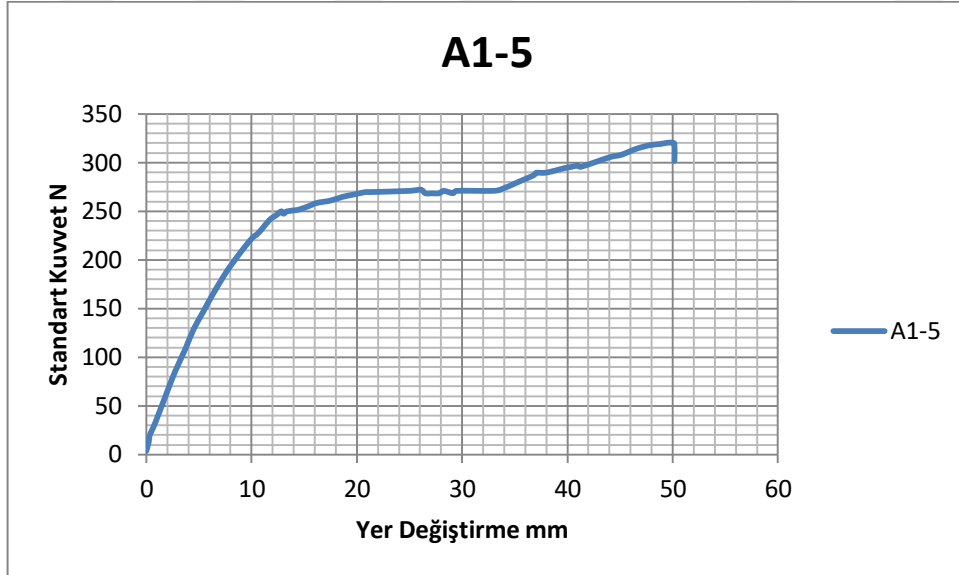
EK 58. A1-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



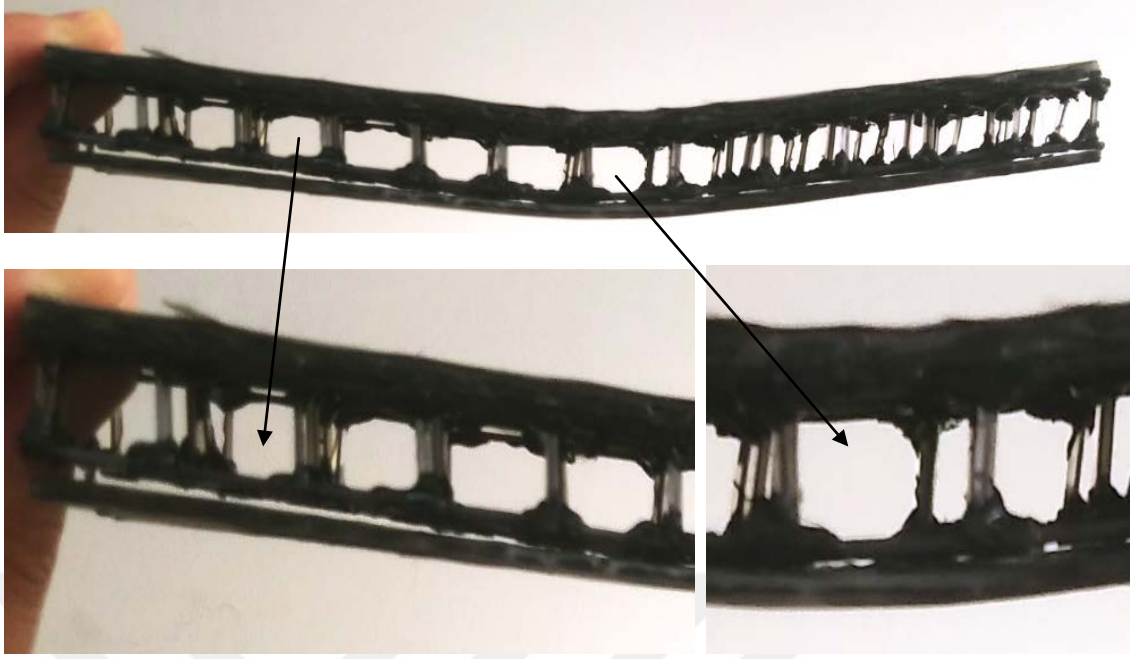
EK 59. A1-4 numunesine ait statik testi grafiği



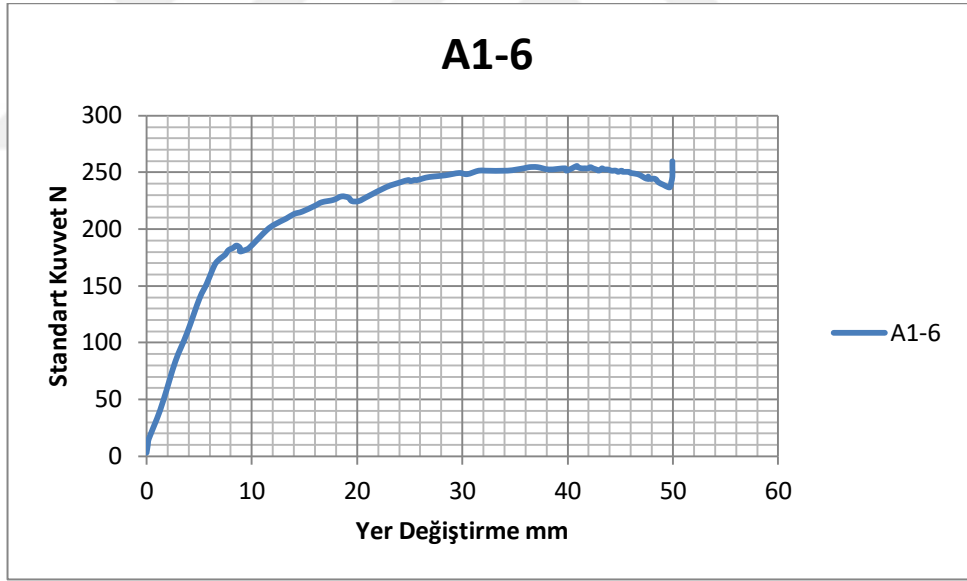
EK 60. A1-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



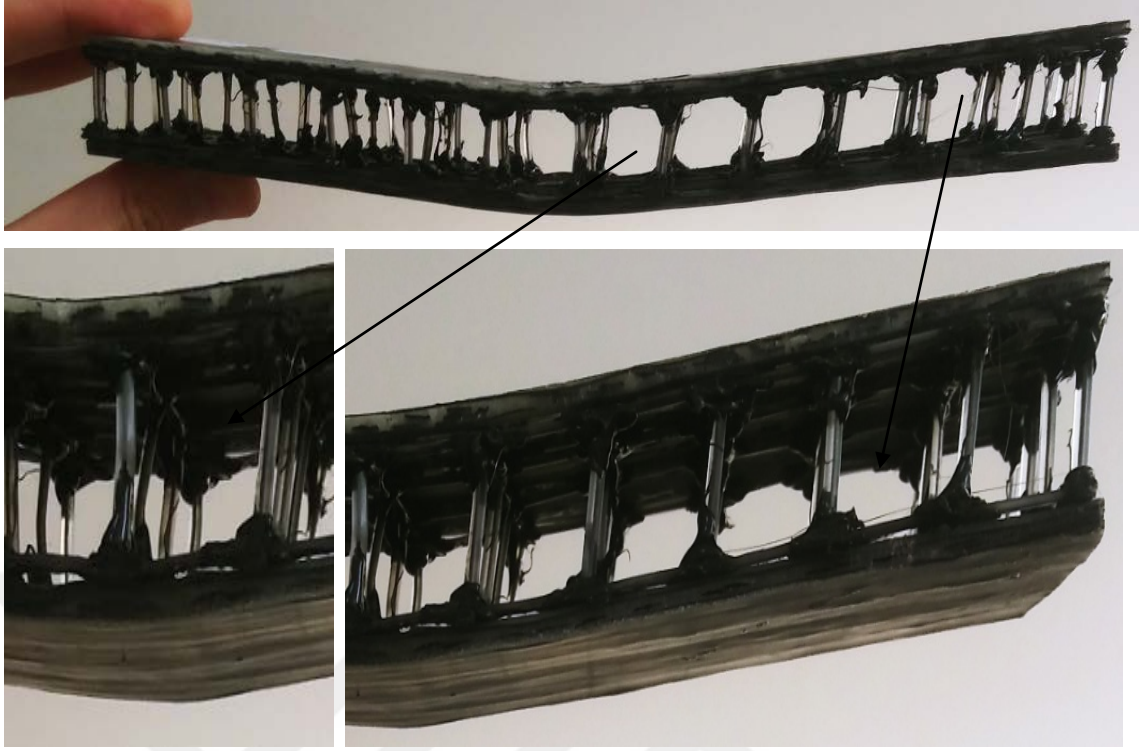
EK 61. A1-5 numunesine ait statik testi grafiği



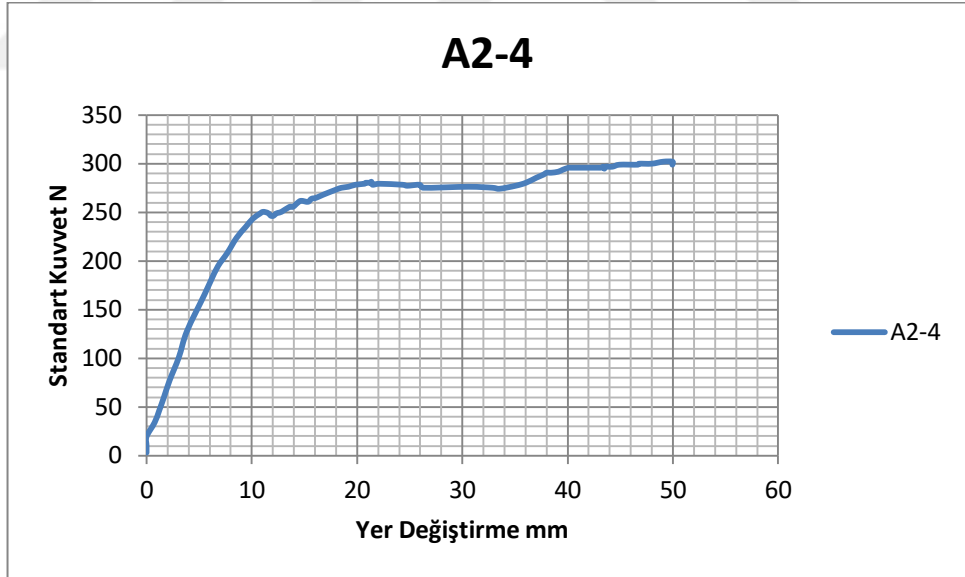
EK 62. A1-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



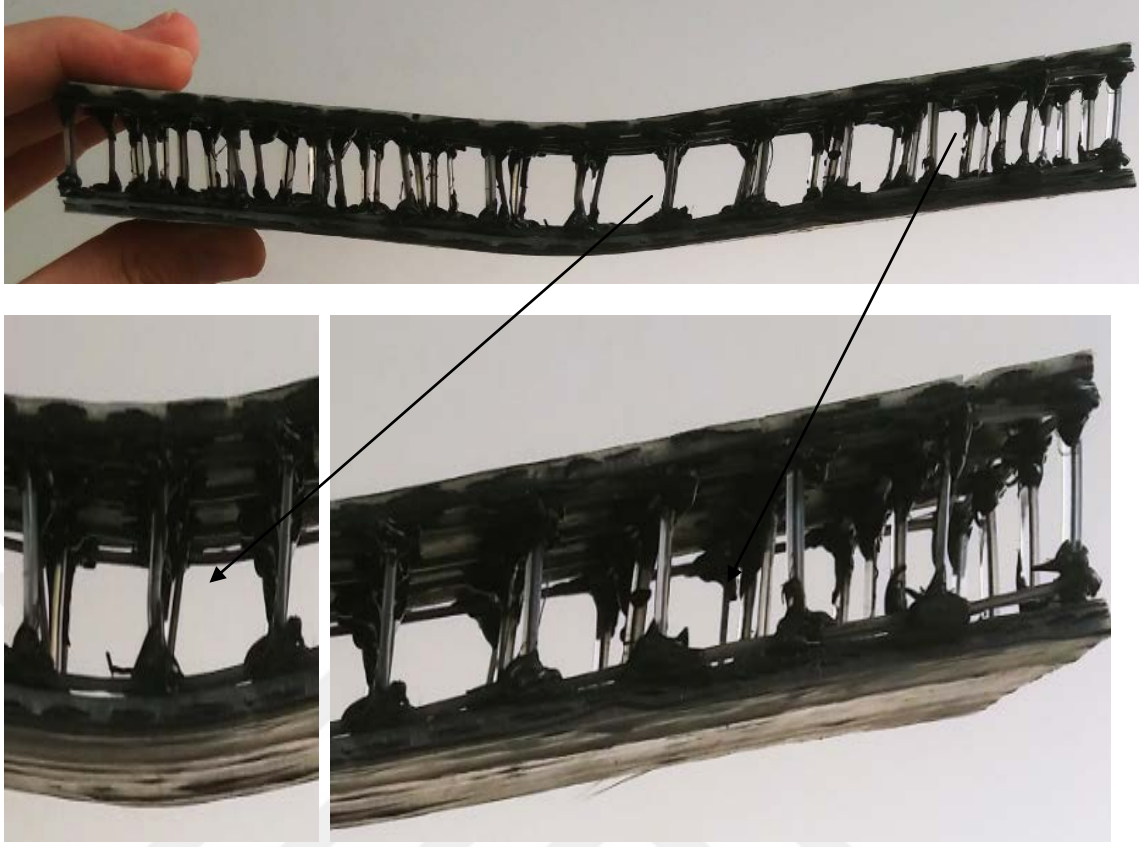
EK 63. A1-6 numunesine ait statik testi grafiği



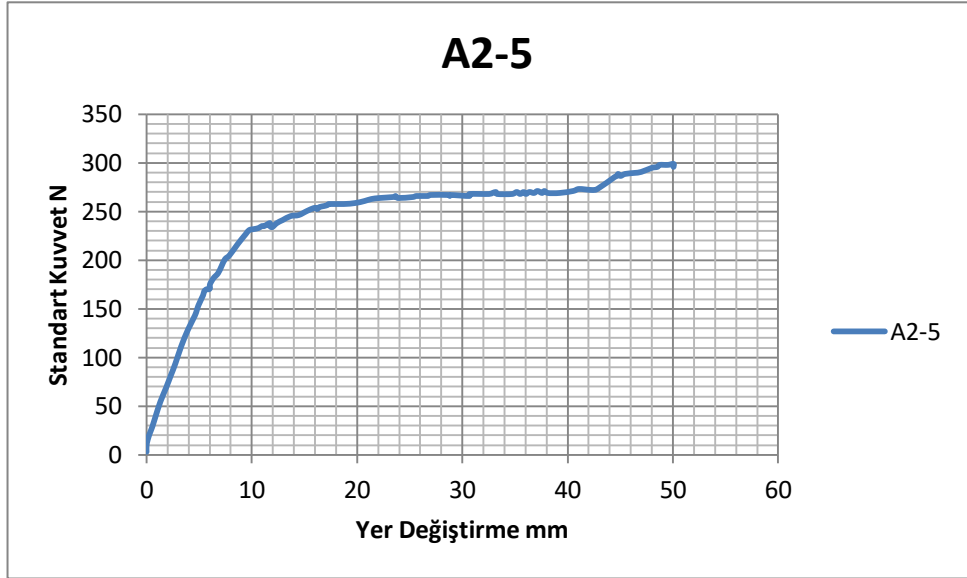
EK 64. A2-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



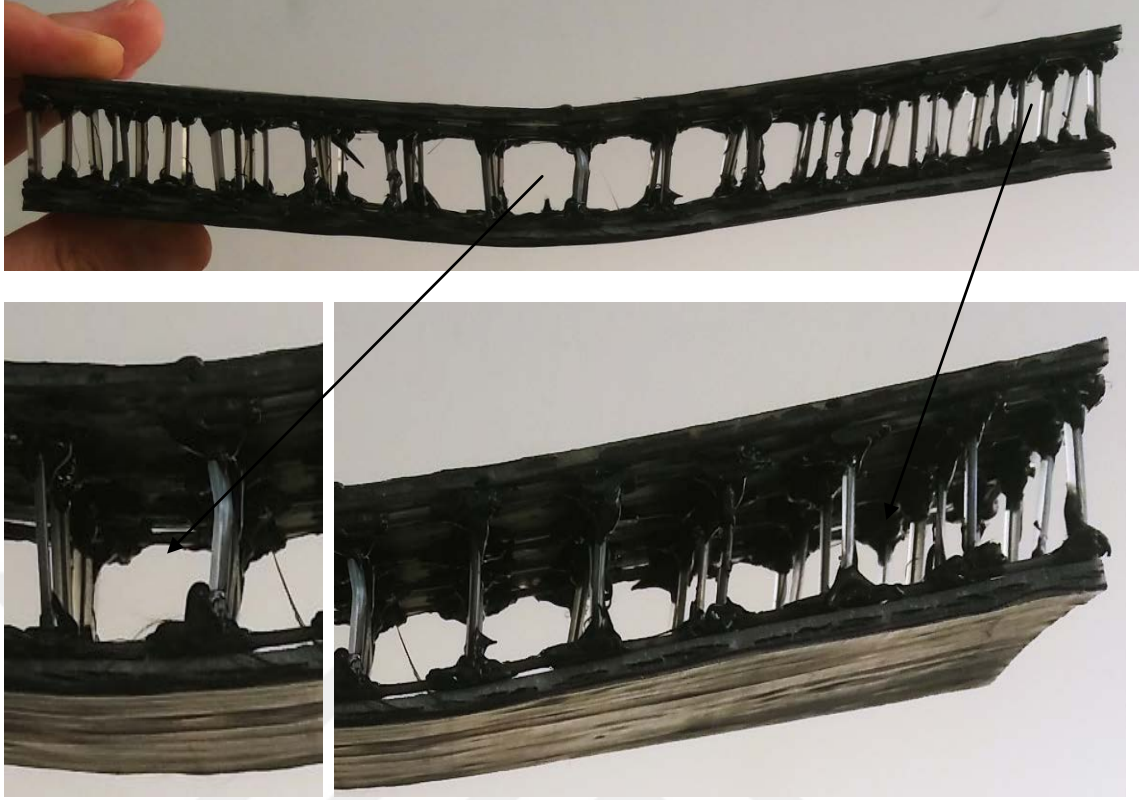
EK 65. A2-4 numunesine ait statik testi grafiği



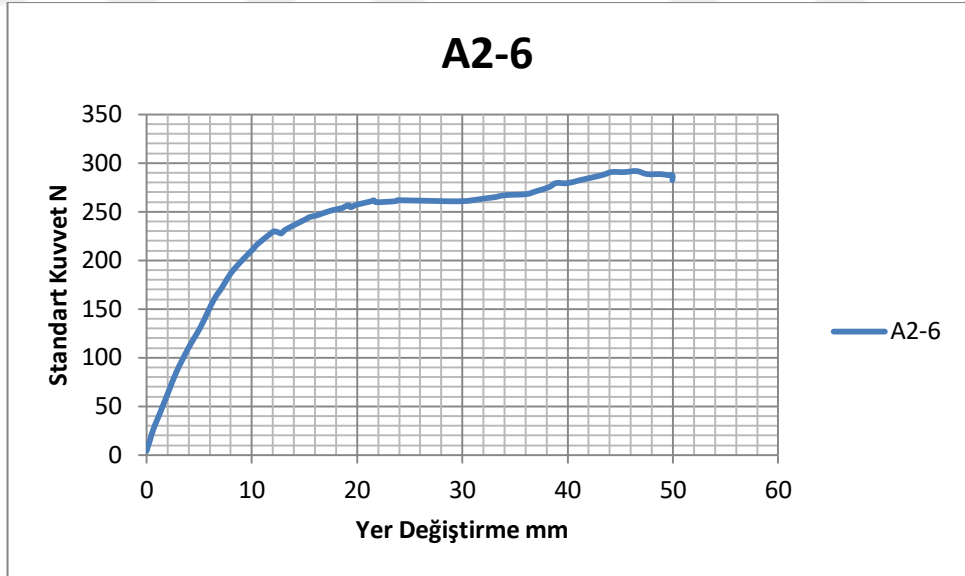
EK 66. A2-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



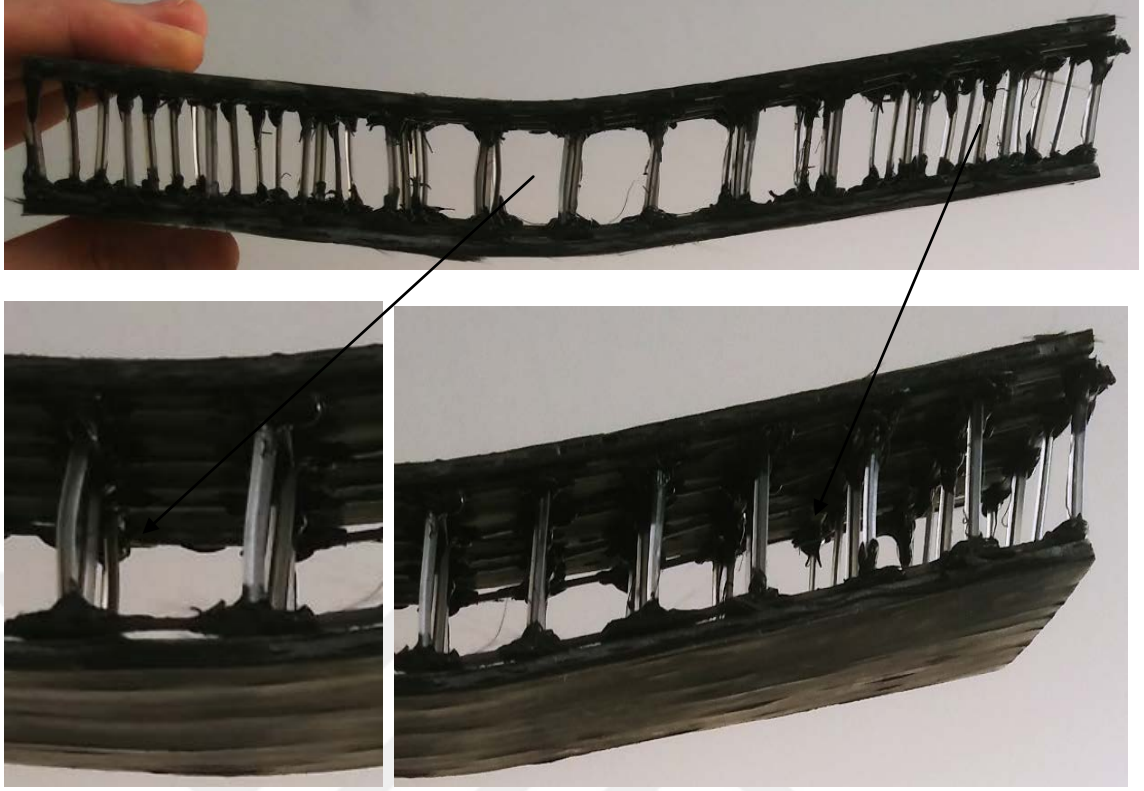
EK 67. A2-5 numunesine ait statik testi grafiği



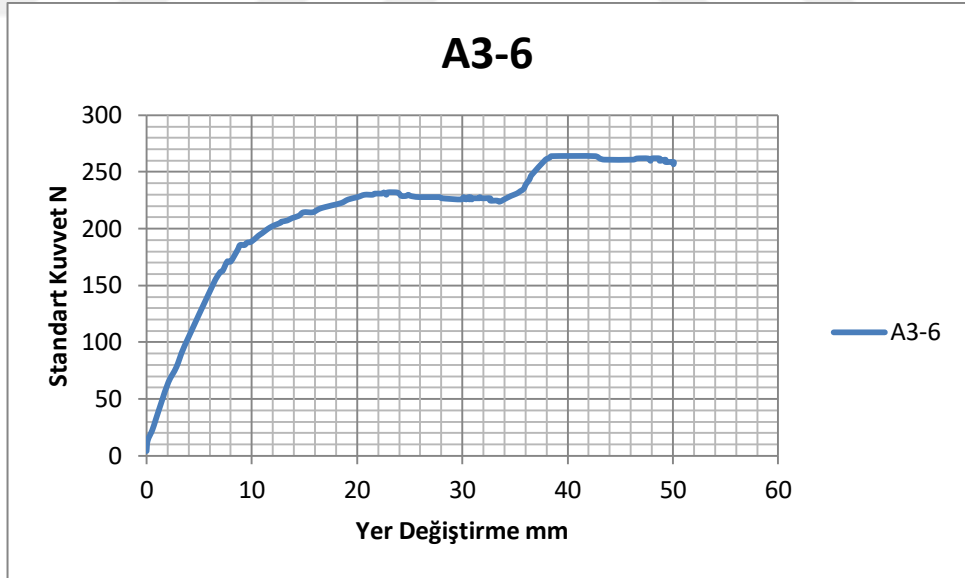
EK 68. A2-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



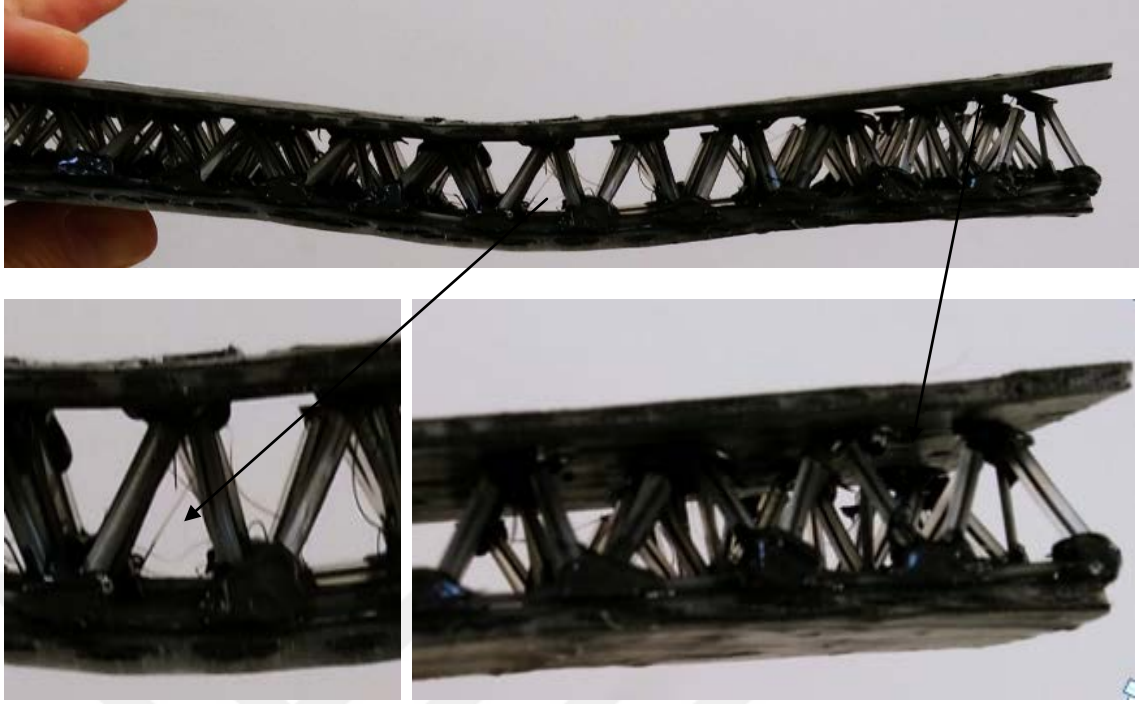
EK 69. A2-6 numunesine ait statik testi grafiği



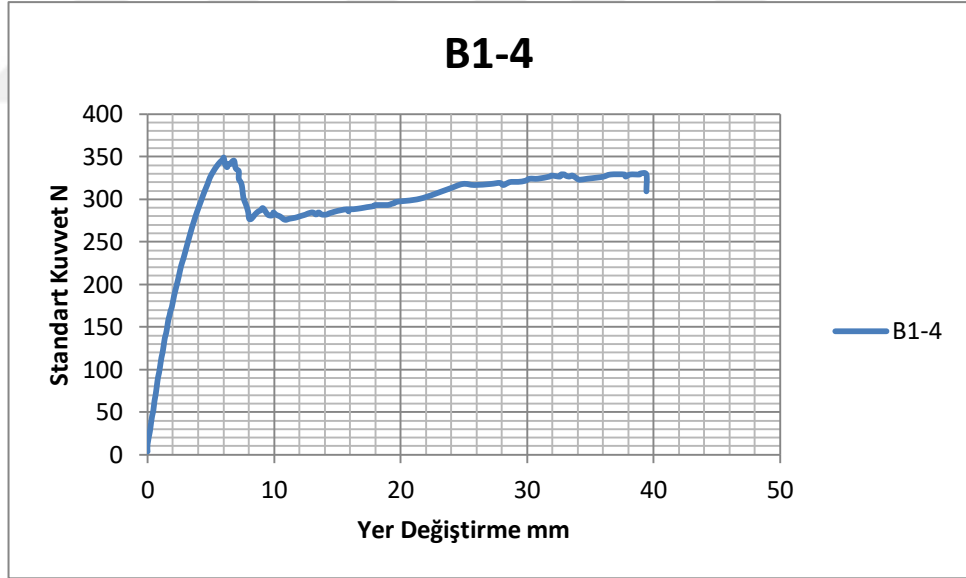
EK 70. A3-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



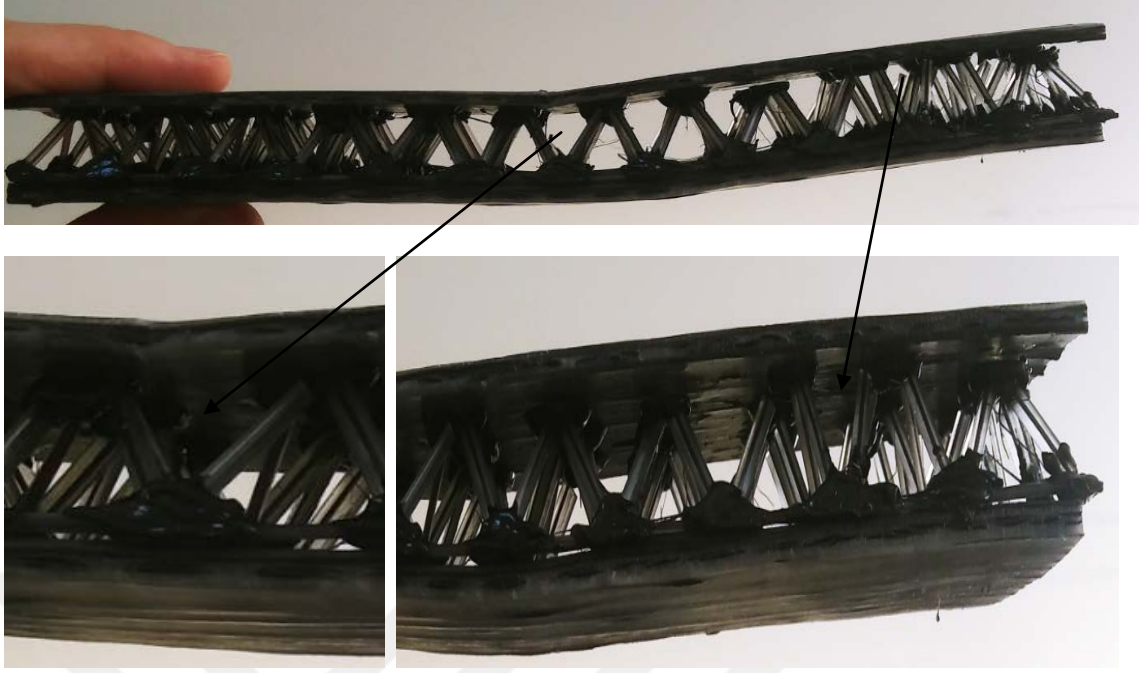
EK 71. A3-6 numunesine ait statik testi grafiği



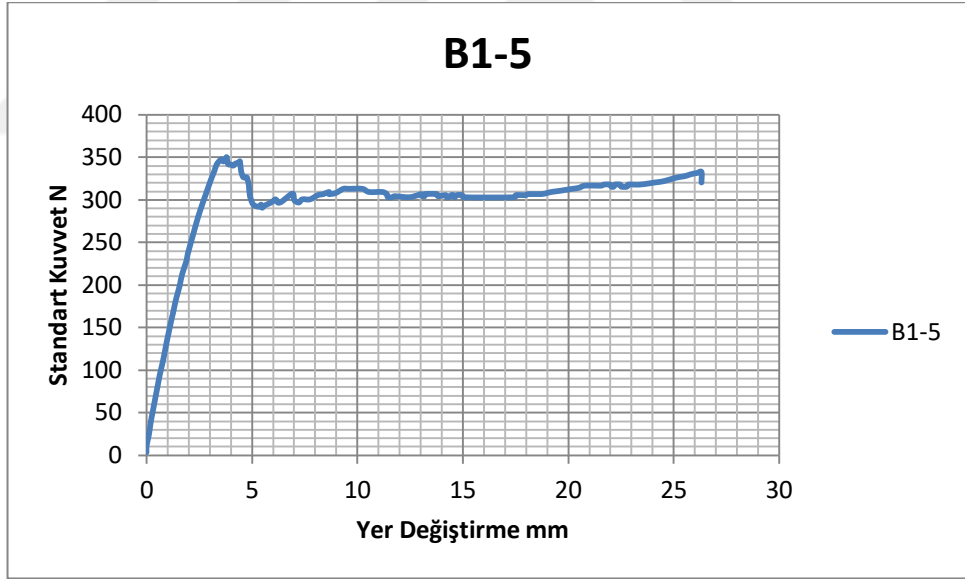
EK 72. B1-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



EK 73. B1-4 numunesine ait statik testi grafiği



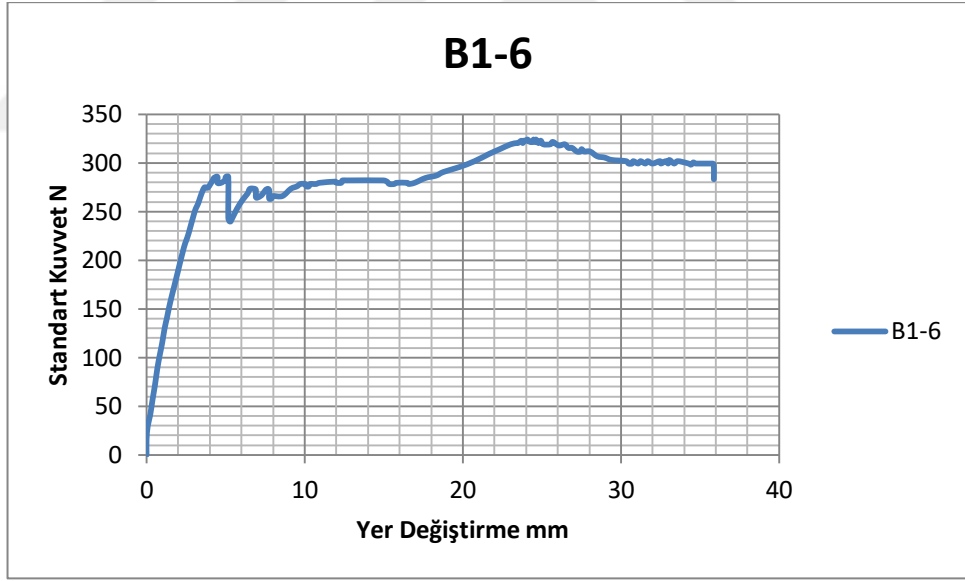
EK 74. B1-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



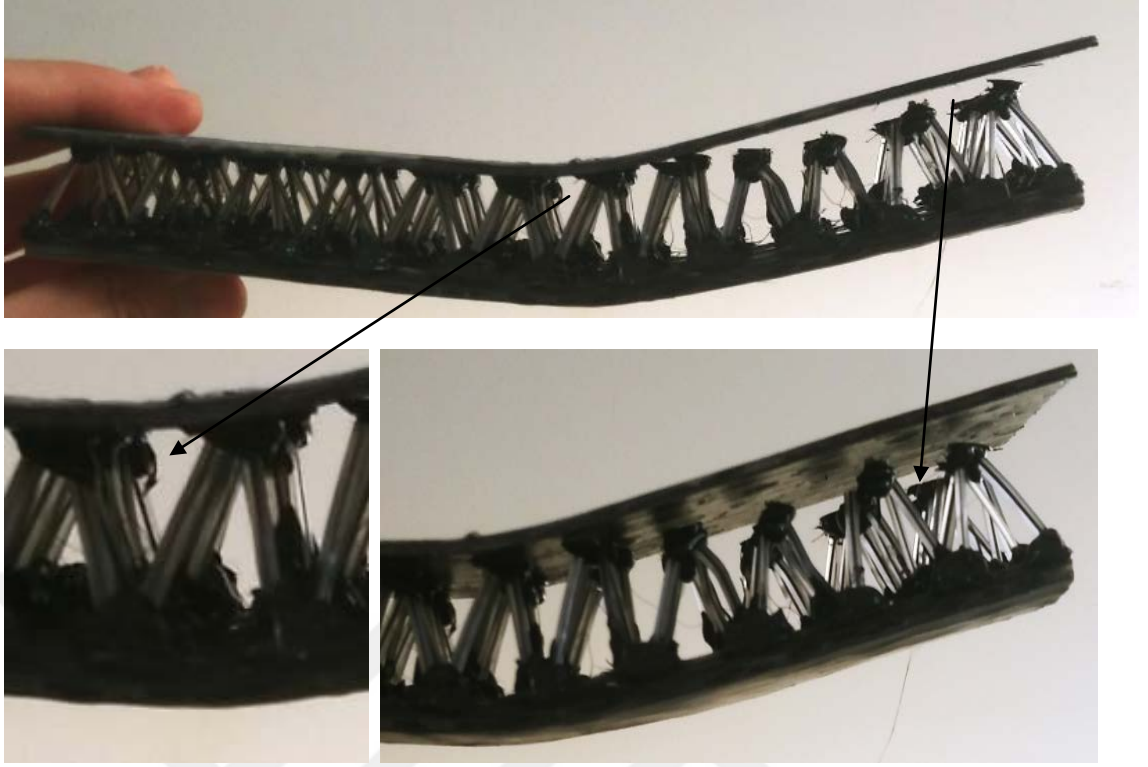
EK 75. B1-5 numunesine ait statik testi grafiği



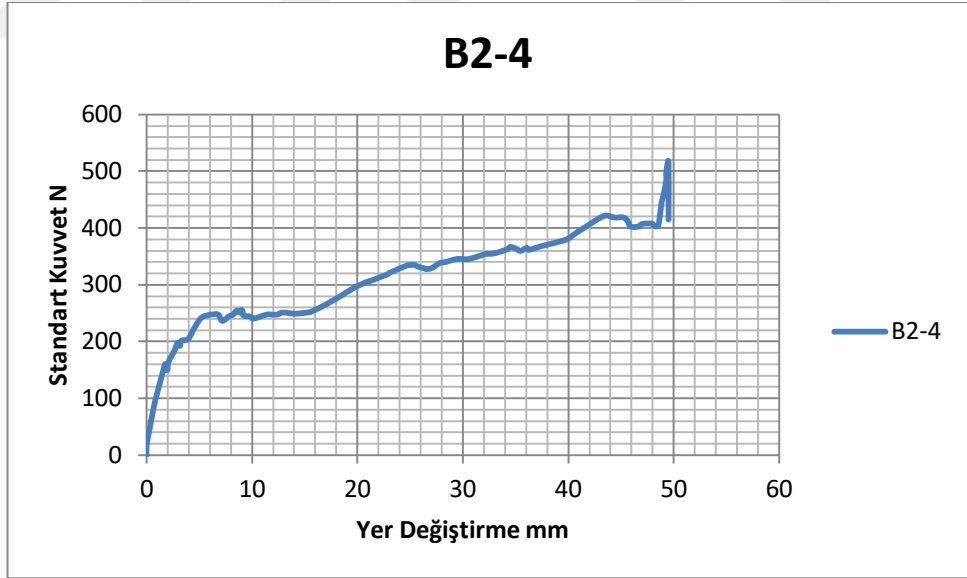
EK 76. B1-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



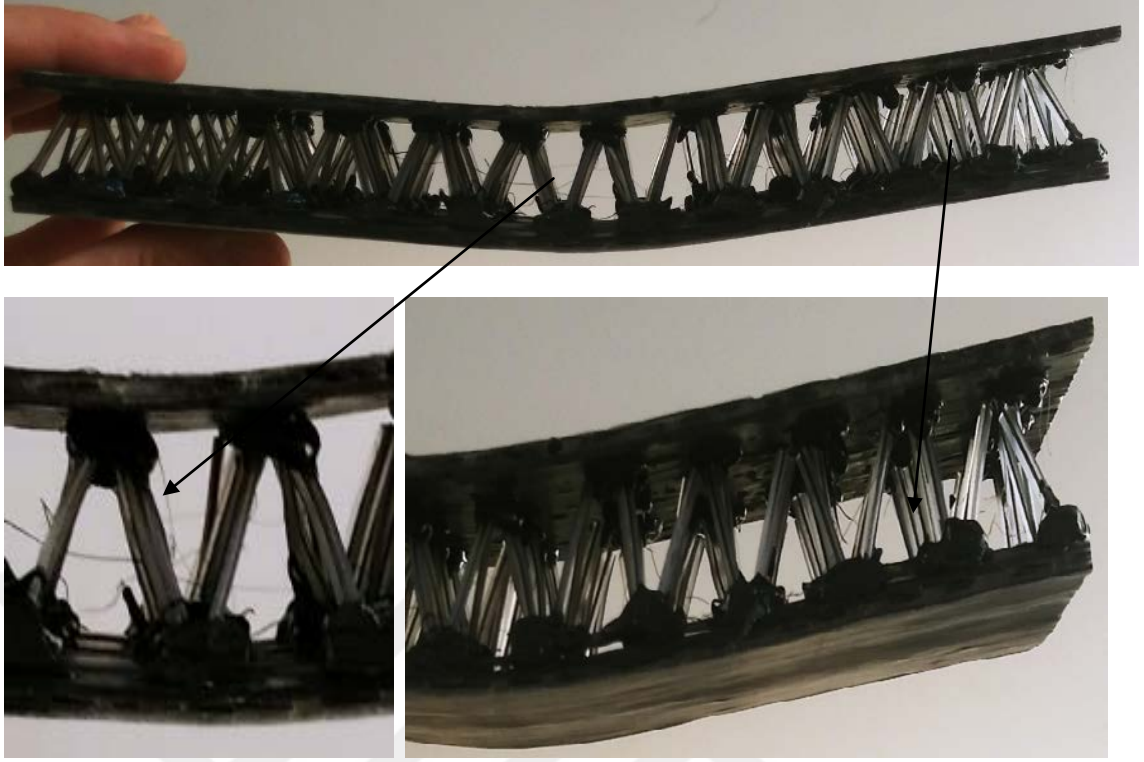
EK 77. B1-6 numunesine ait statik testi grafiği



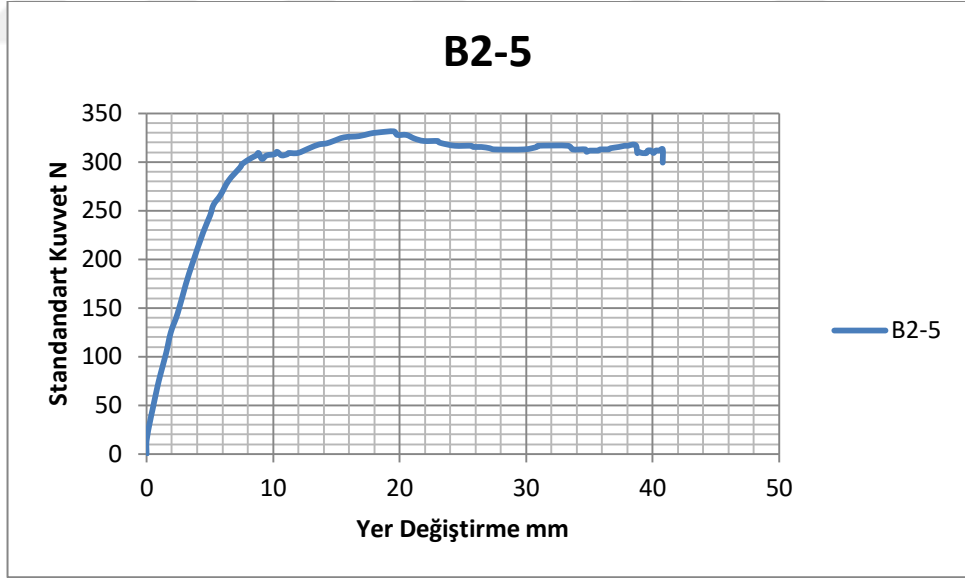
EK 78. B2-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



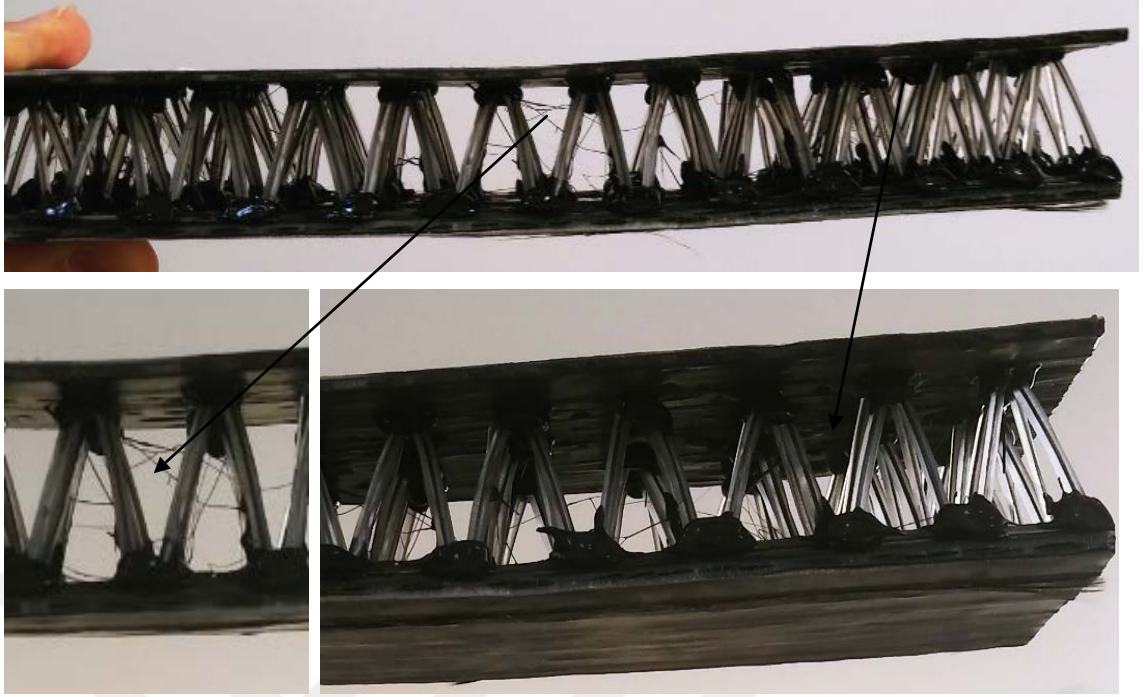
EK 79. B2-4 numunesine ait statik testi grafiği



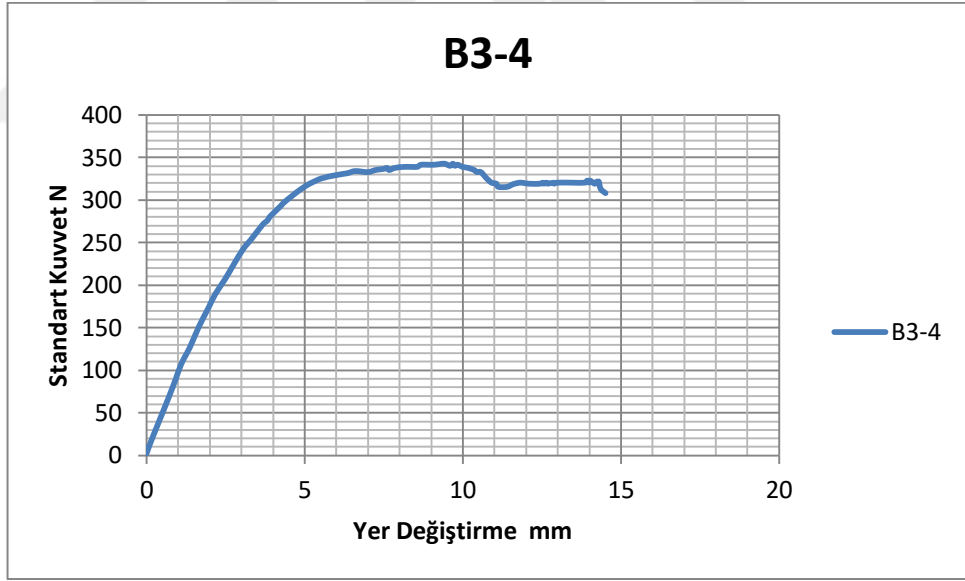
EK 80. B2-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



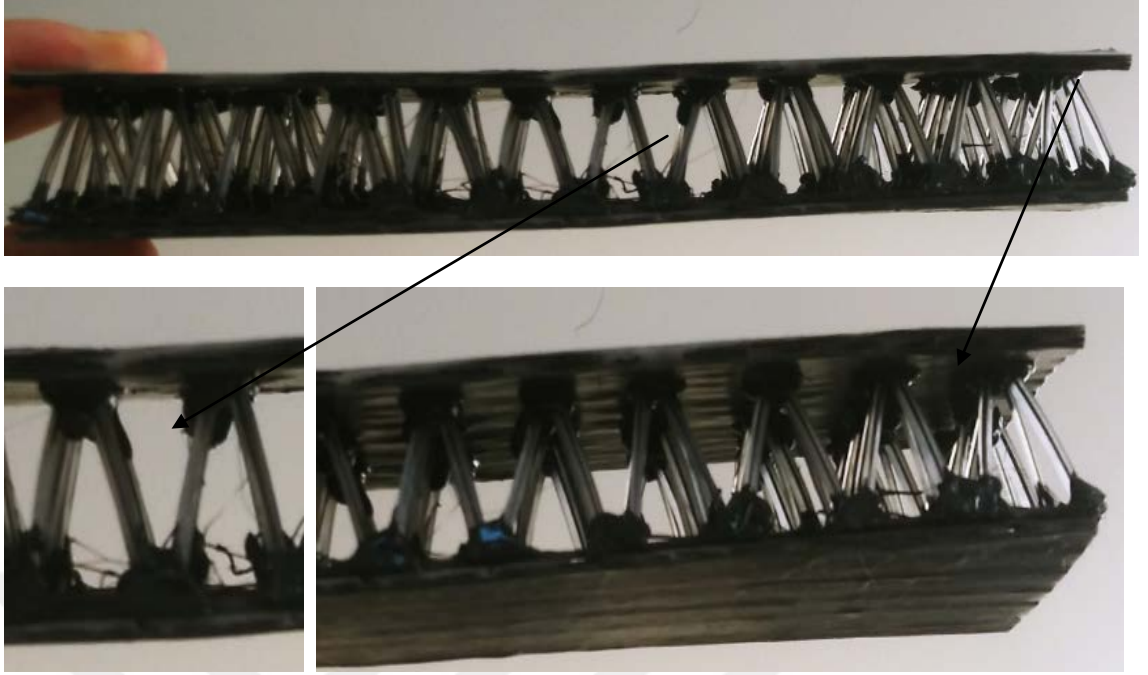
EK 81. B2-5 numunesine ait statik testi grafiği



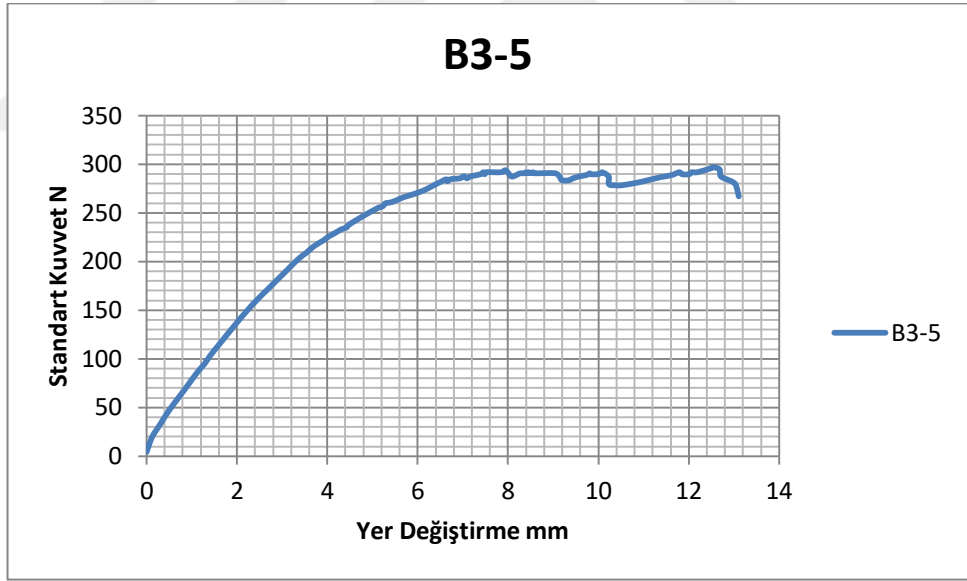
EK 82. B3-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



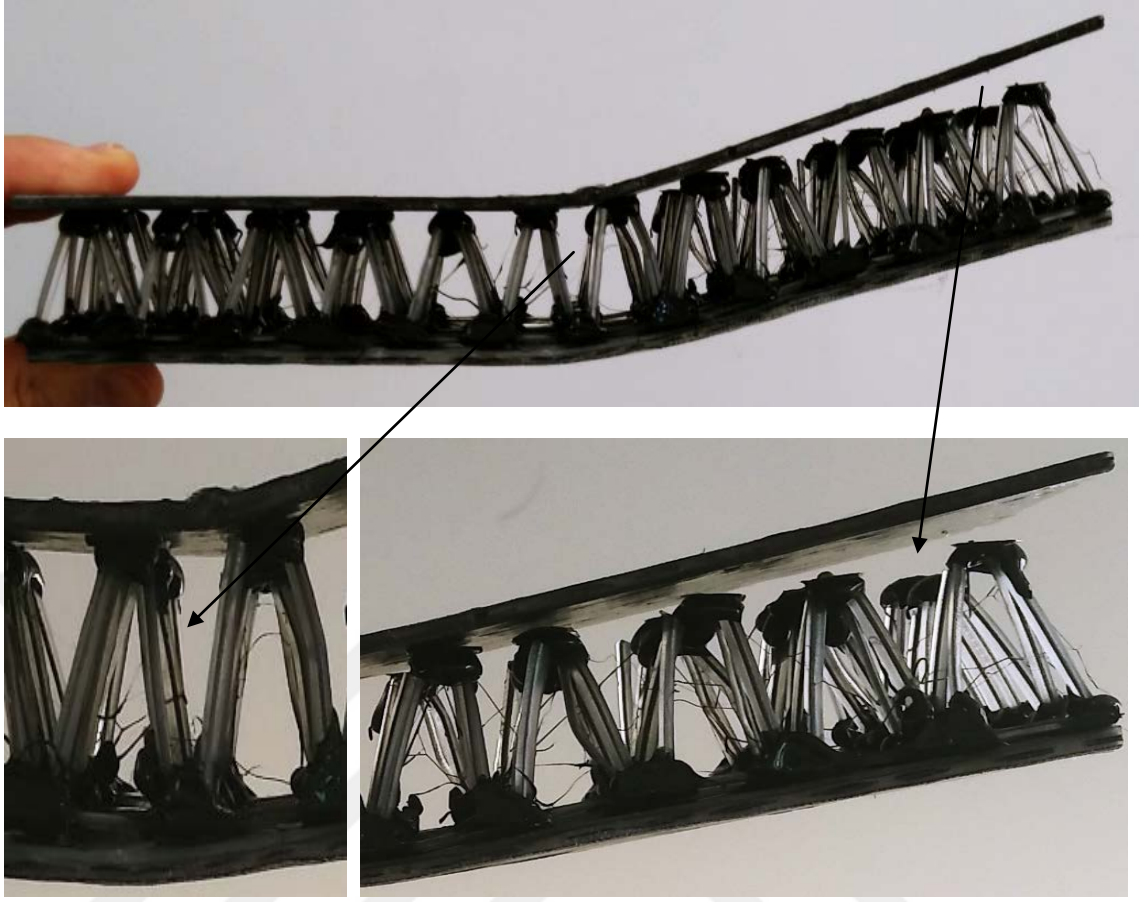
EK 83. B3-4 numunesine ait statik testi grafiği



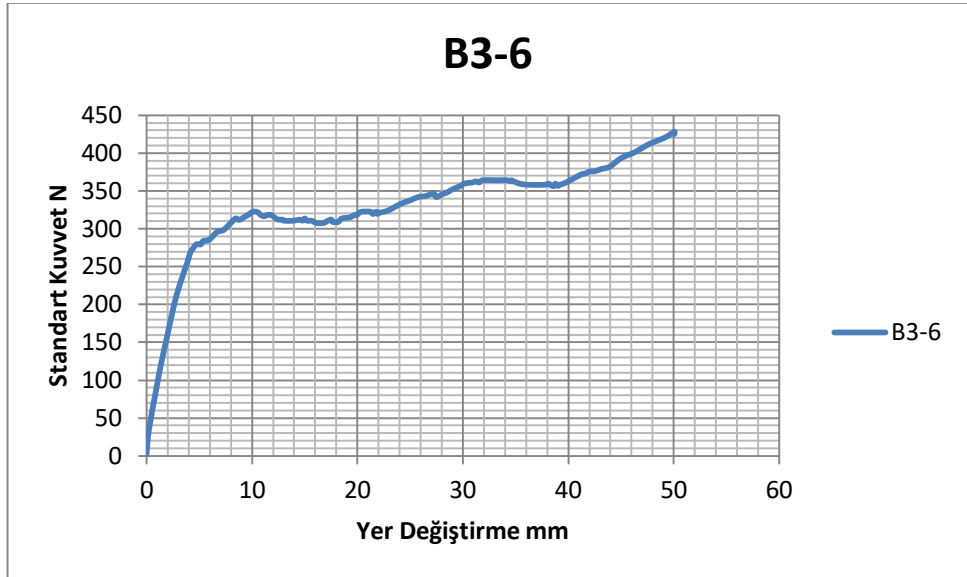
EK 84. B3-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



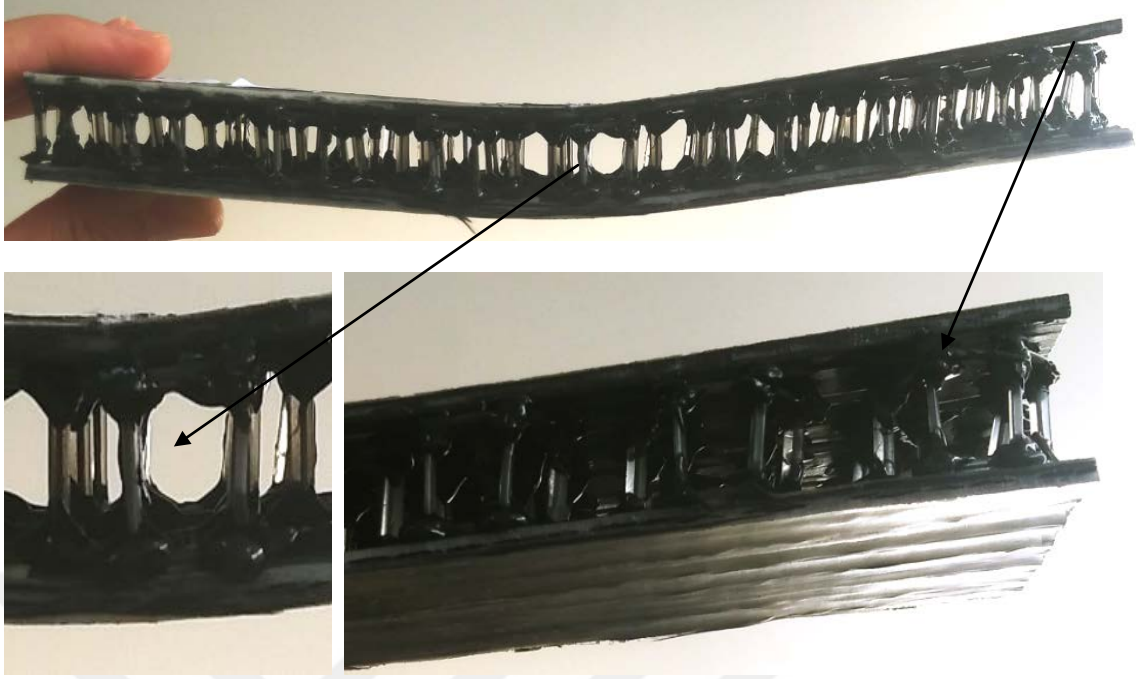
EK 85. B3-5 numunesine ait statik testi grafiği



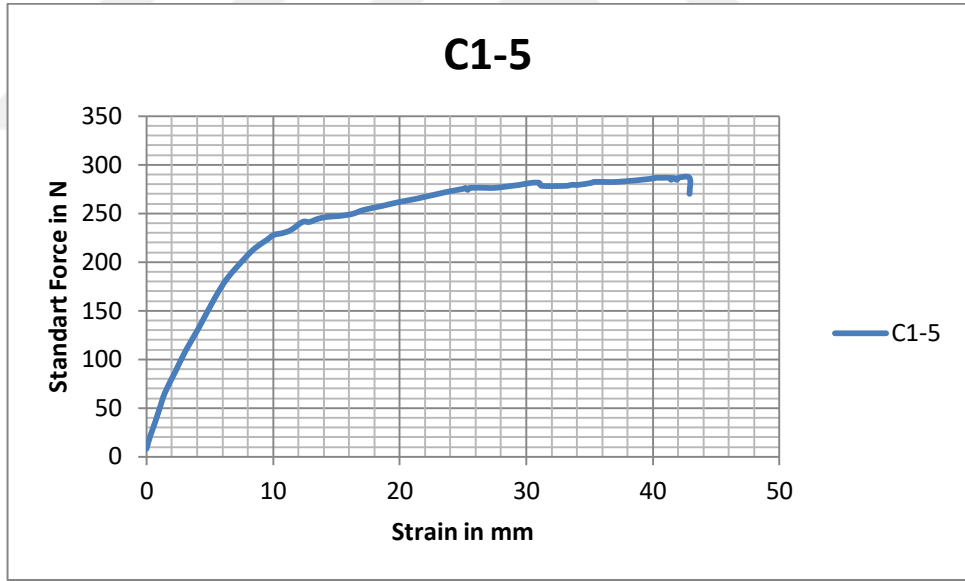
EK 86. B3-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



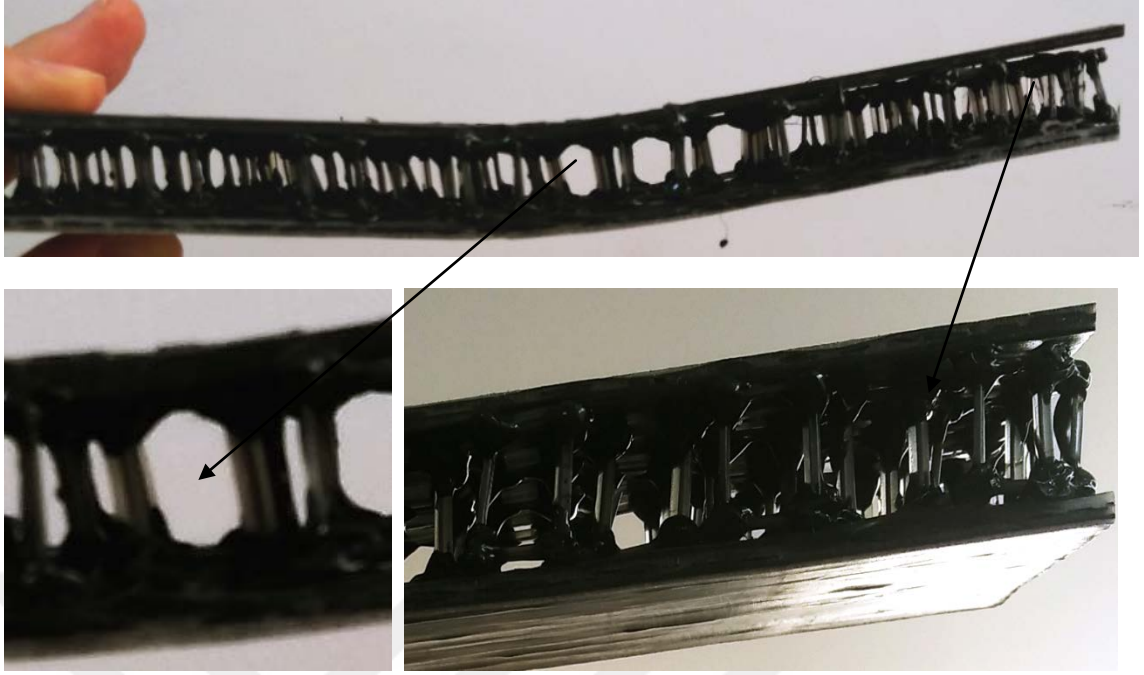
EK 87. B3-6 numunesine ait statik testi grafiği



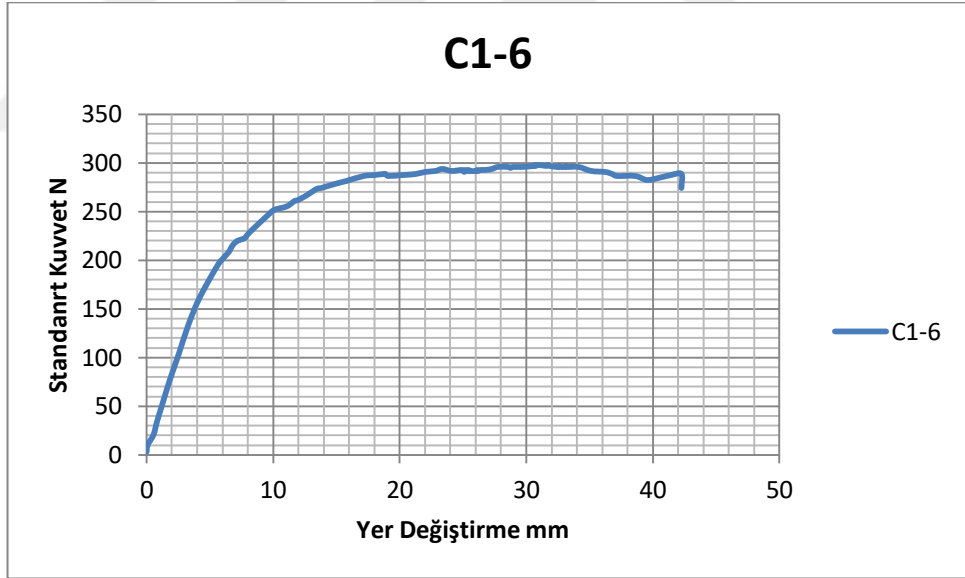
EK 88. C1-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



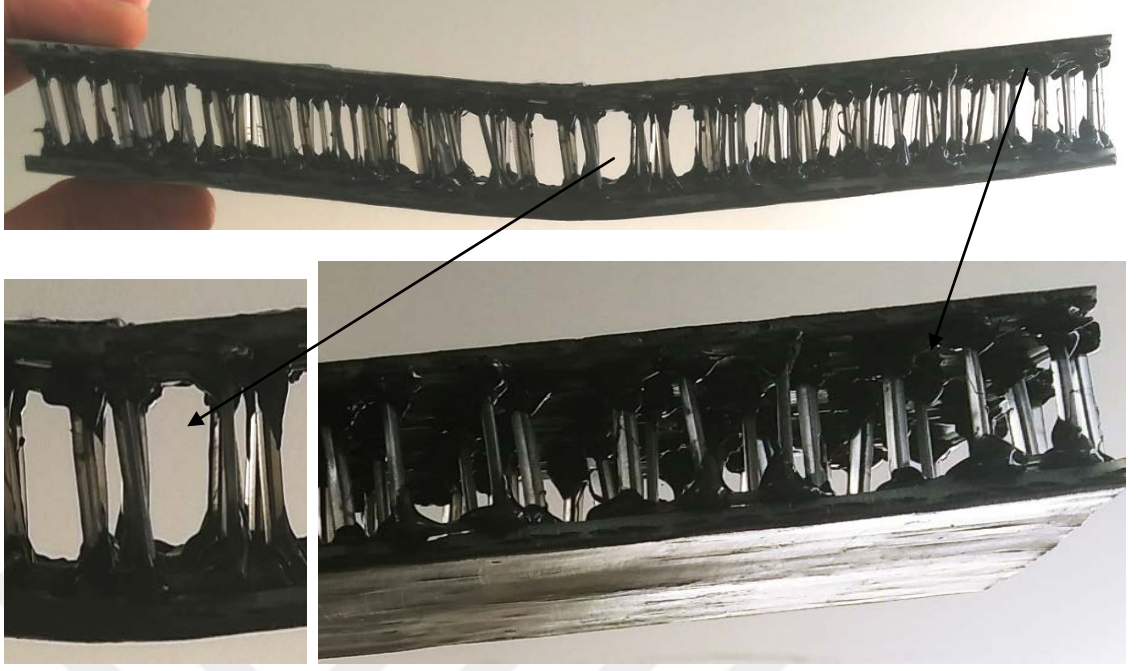
EK 89. C1-5 numunesine ait statik testi grafiği



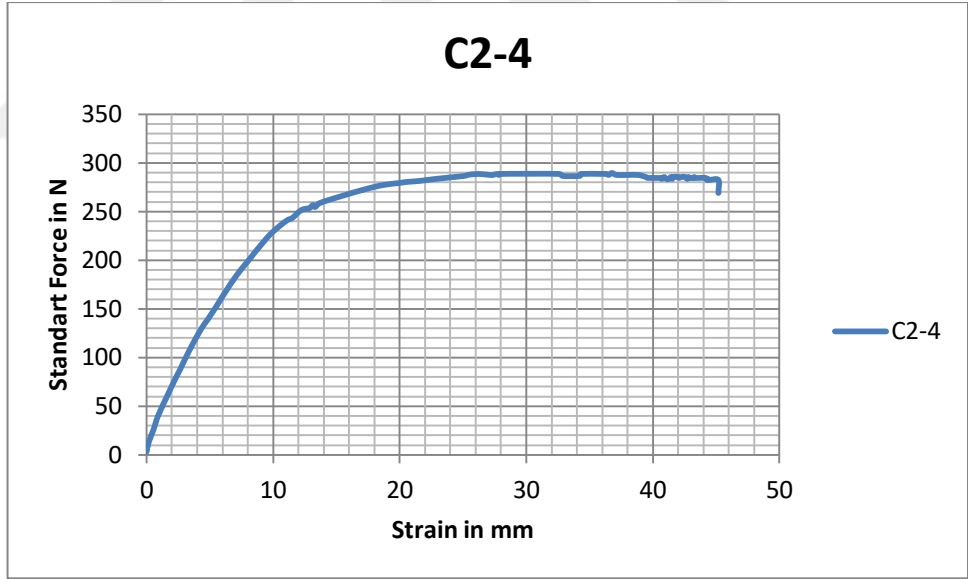
EK 90. C1-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



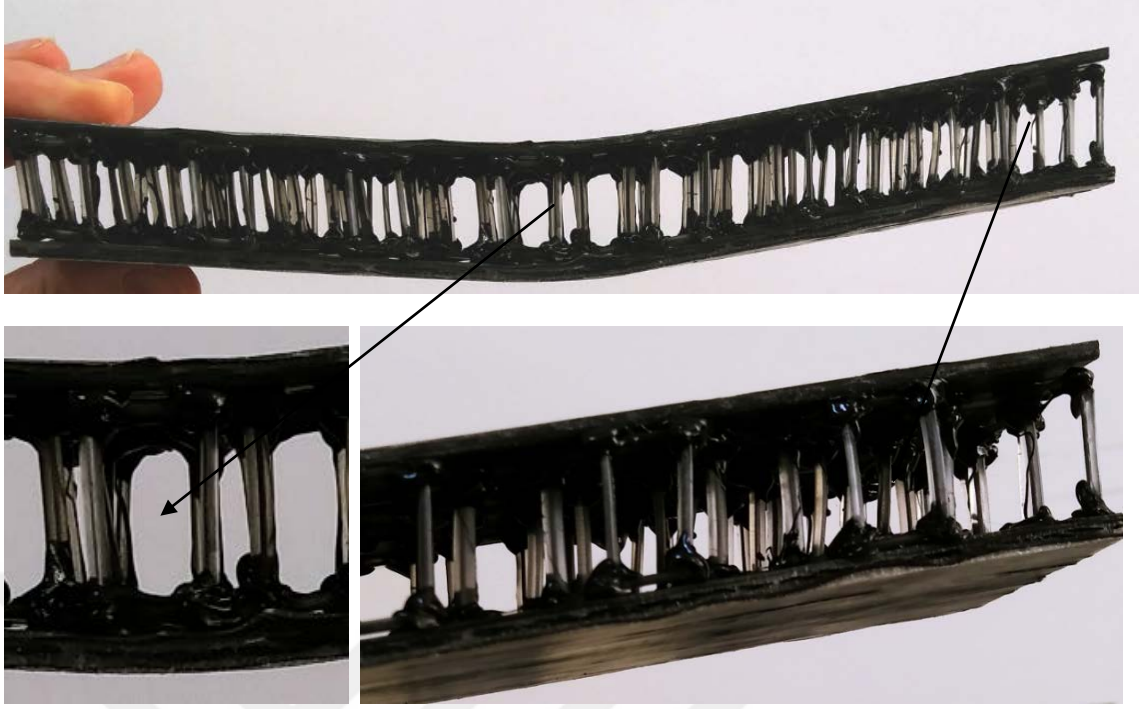
EK 91. C1-6 numunesine ait statik testi grafiği



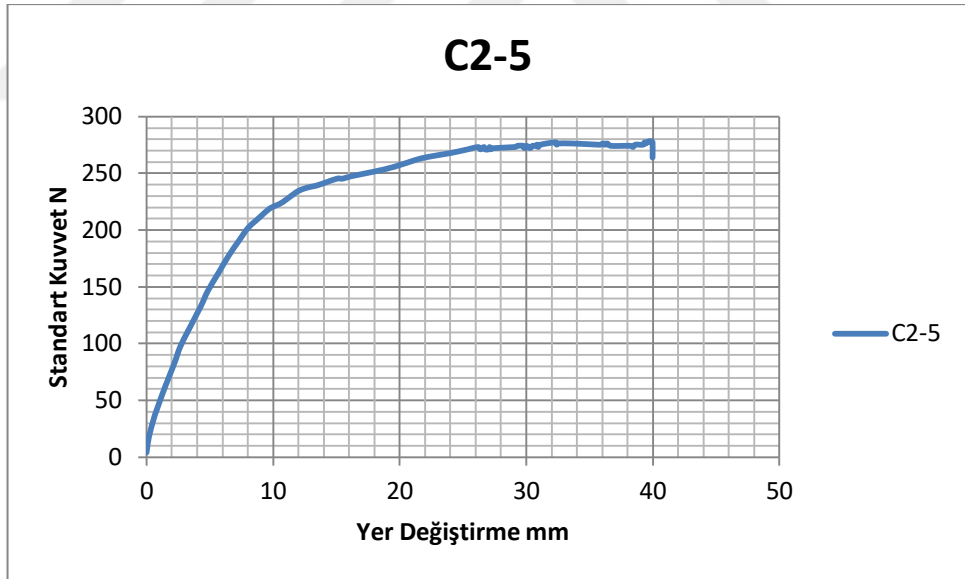
EK 92. C2-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



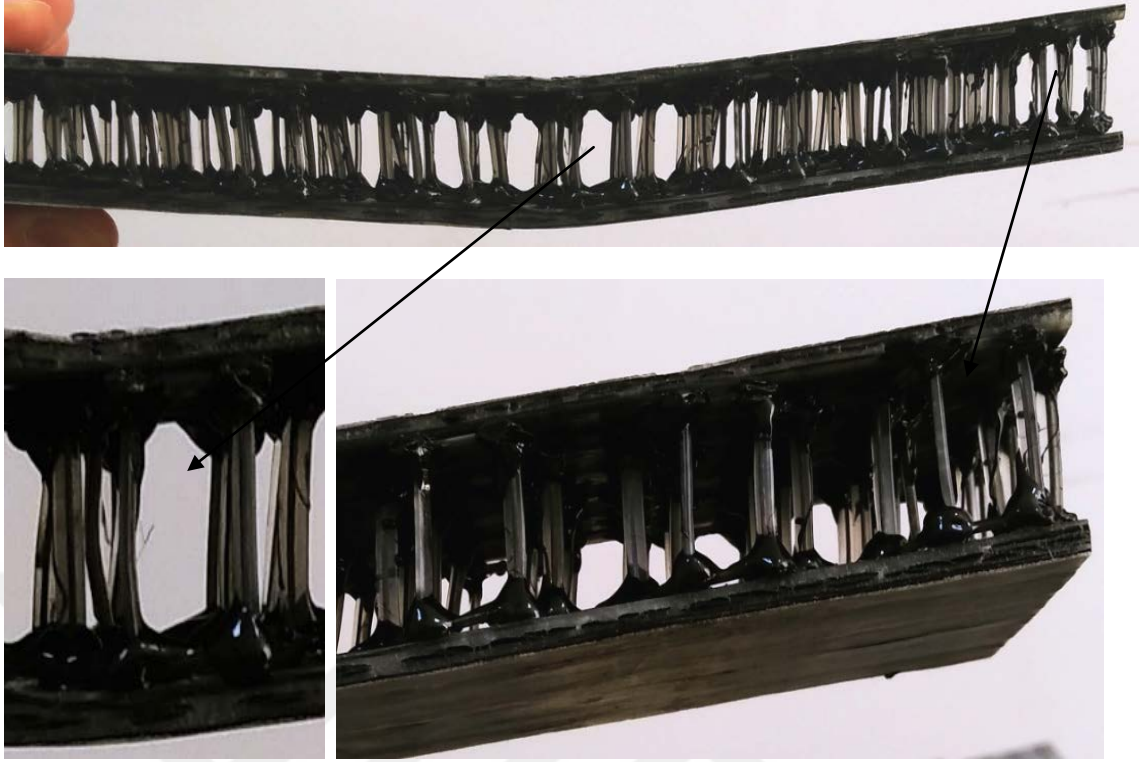
EK 93. C2-4 numunesine ait statik testi grafiği



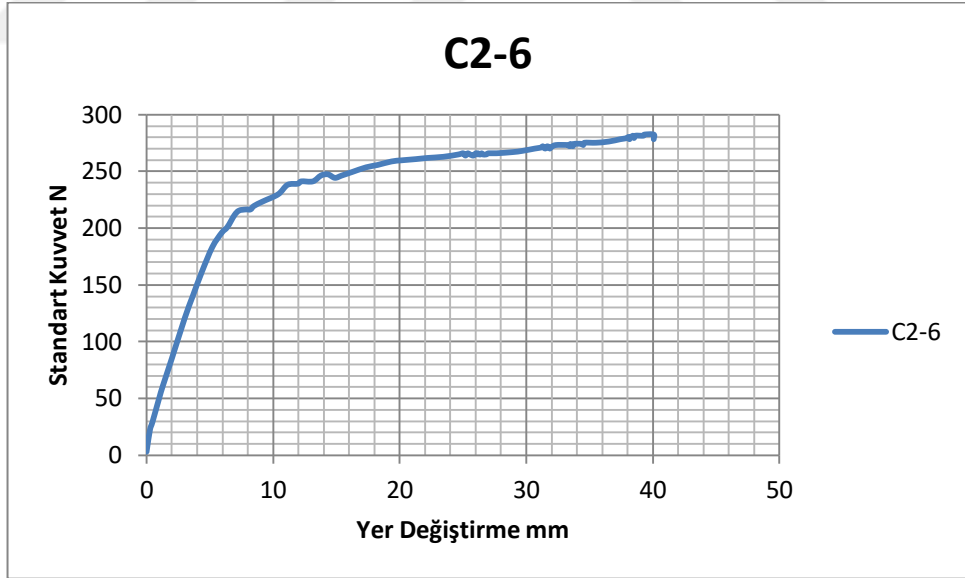
EK 94. C2-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



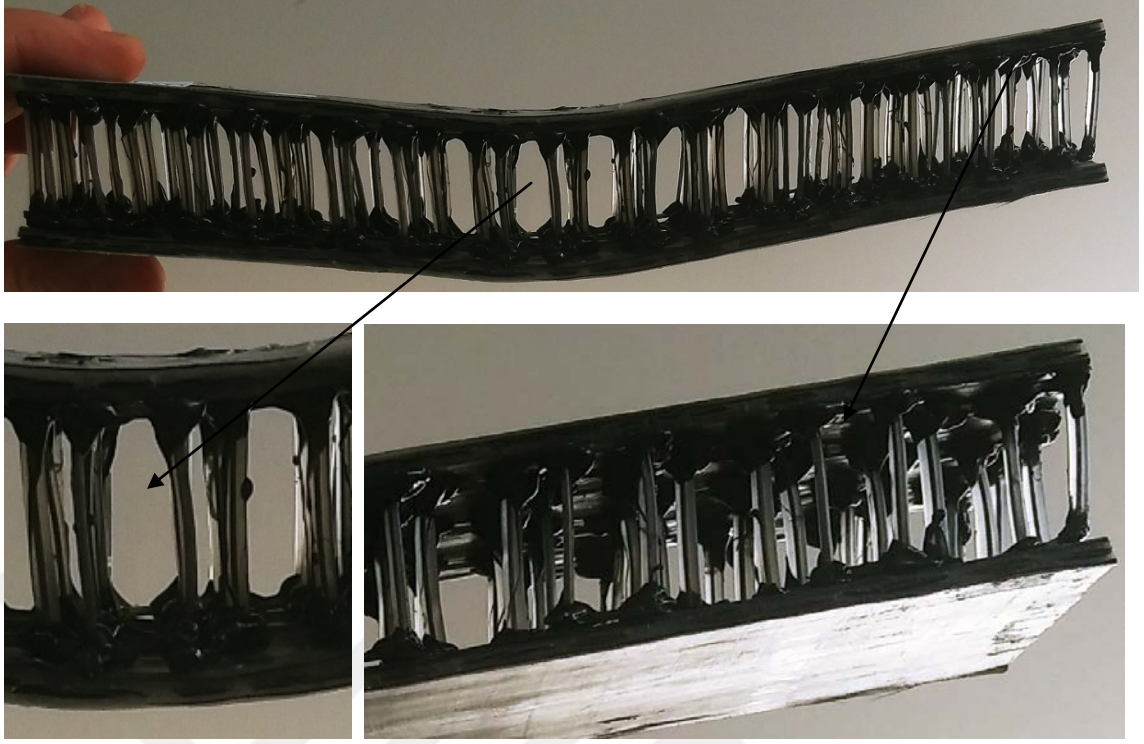
EK 95. C2-5 numunesine ait statik testi grafiği



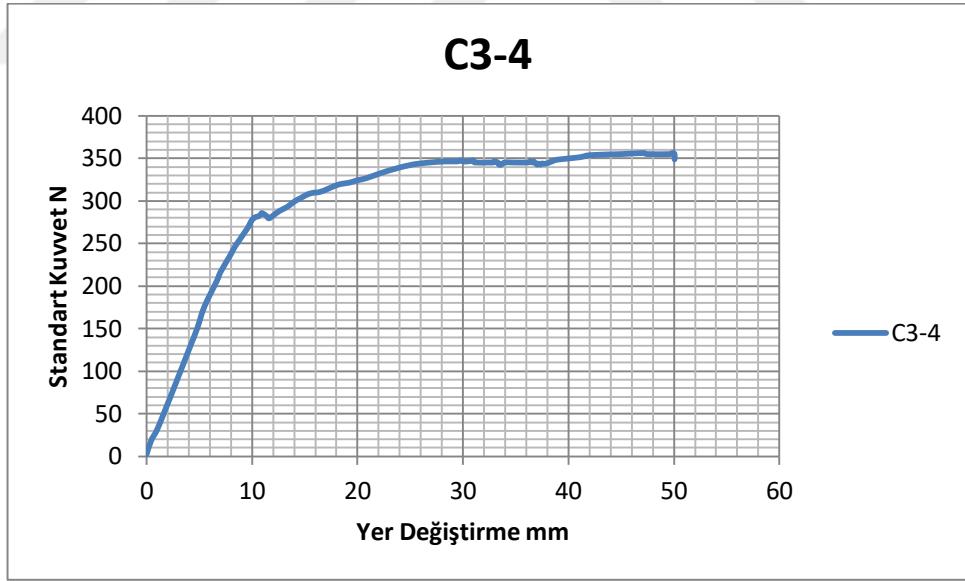
EK 96. C2-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



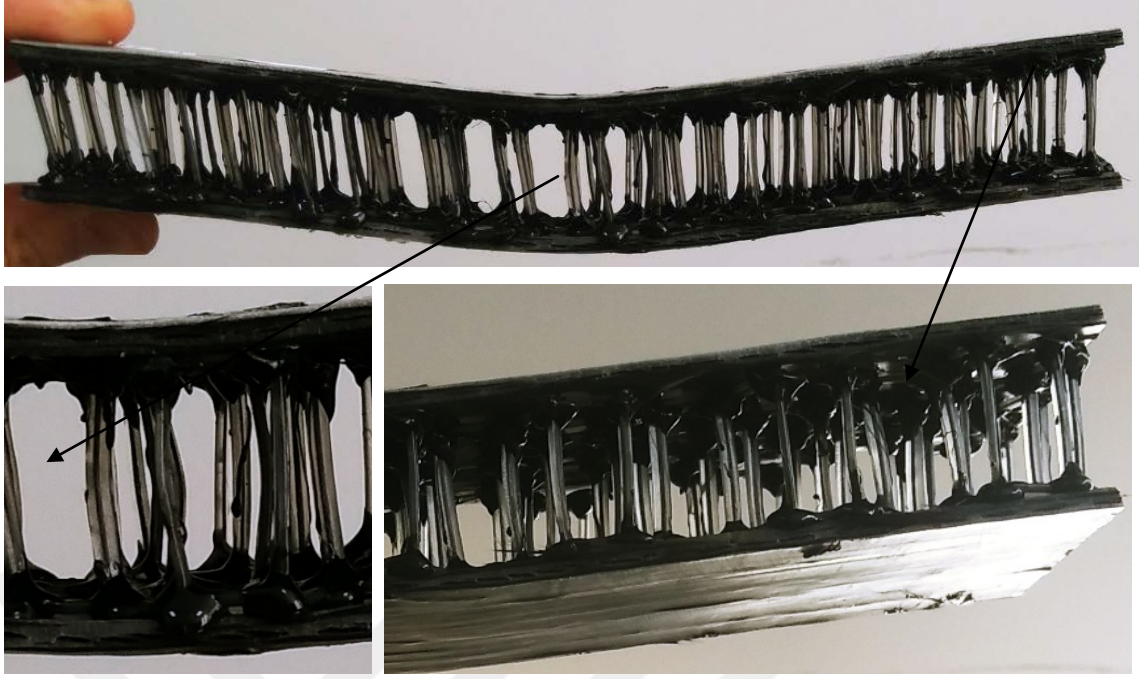
EK 97. C2-6 numunesine ait statik testi grafiği



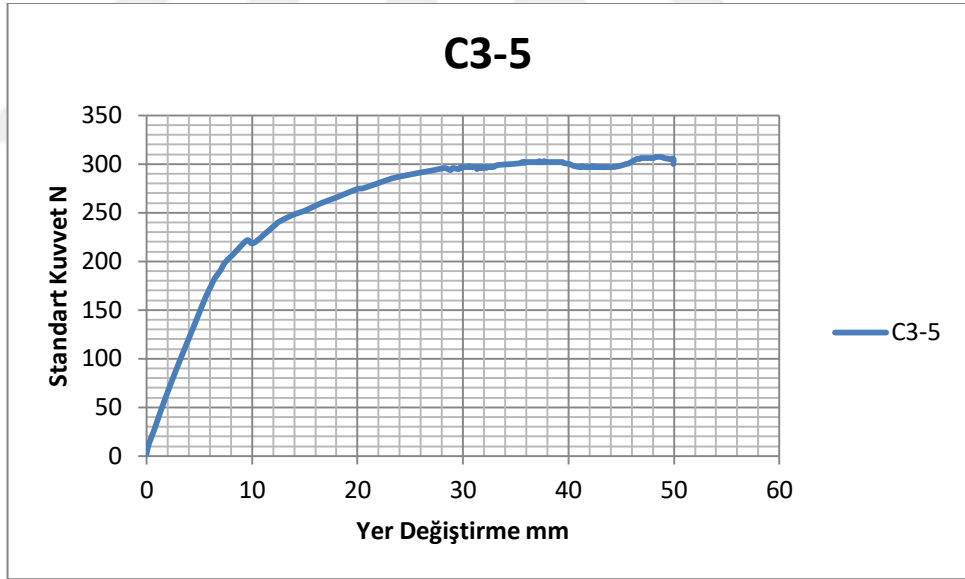
EK 98. C3-4 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



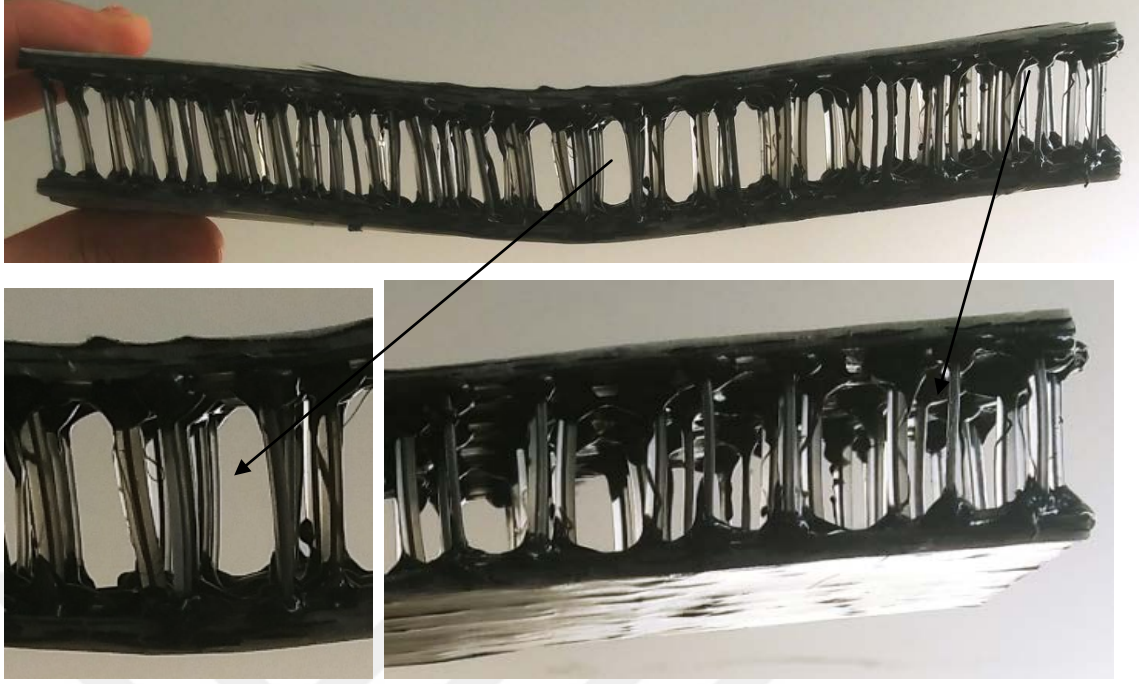
EK 99. C3-4 numunesine ait statik testi grafiği



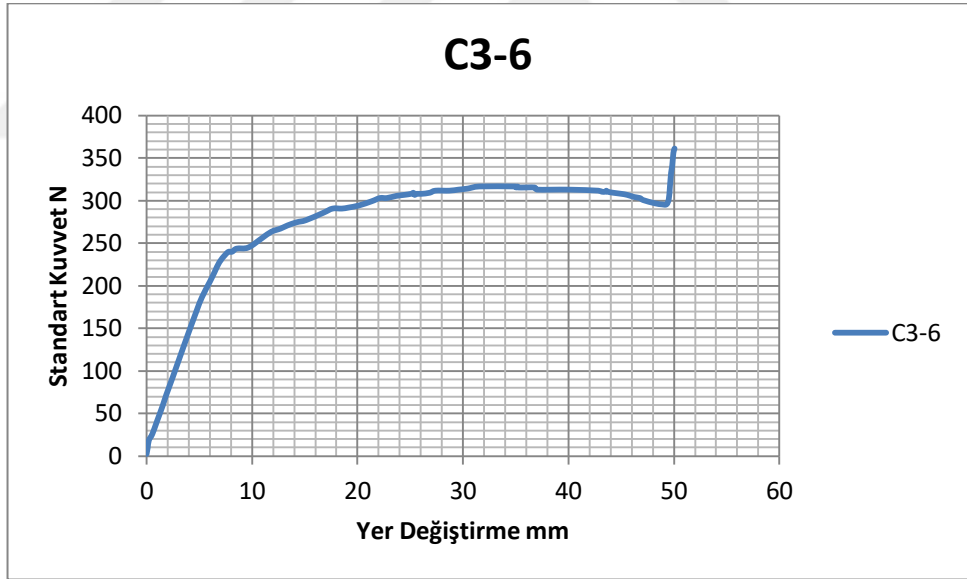
EK 100. C3-5 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



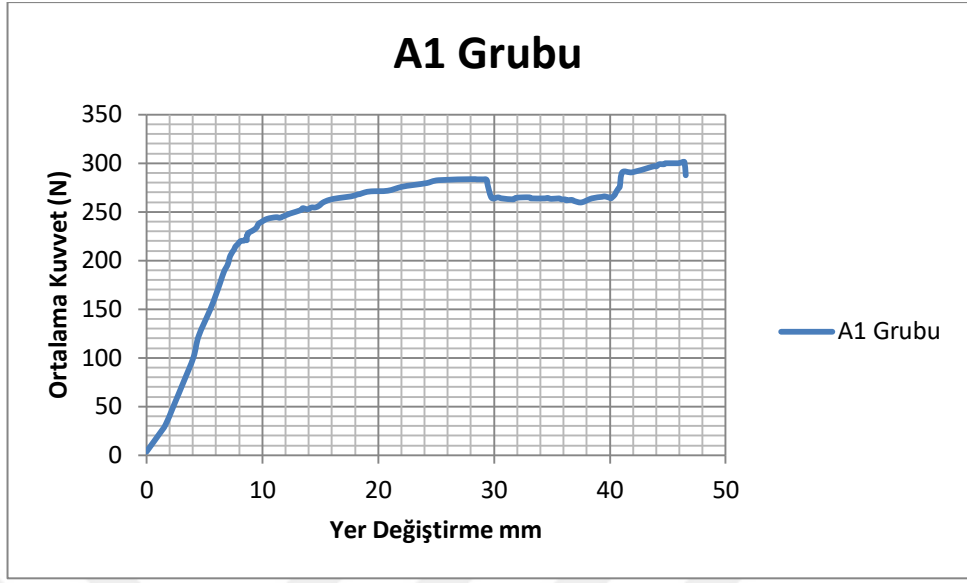
EK 101. C3-5 numunesine ait statik testi grafiği



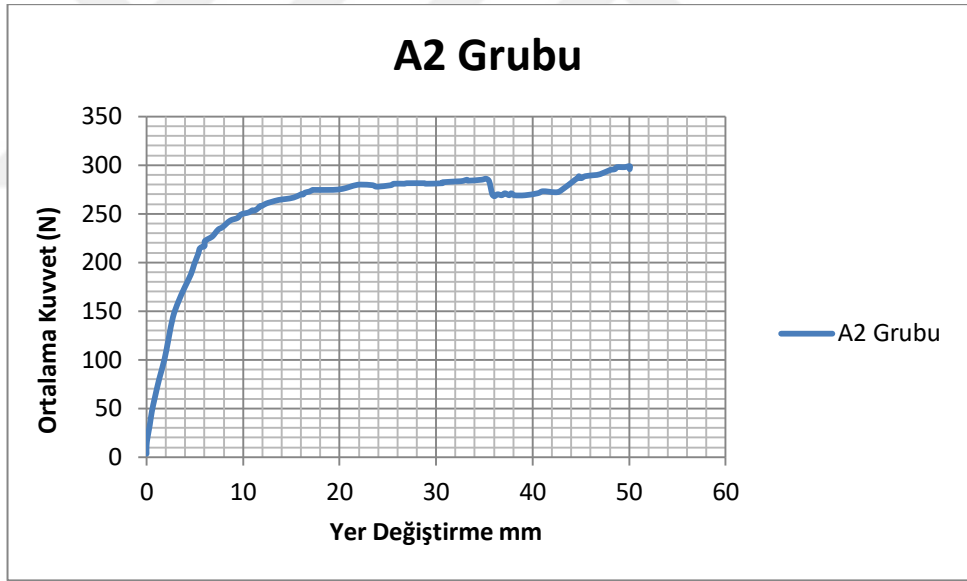
EK 102. C3-6 numunesine ait üç nokta statik test sonrası görüntüsü



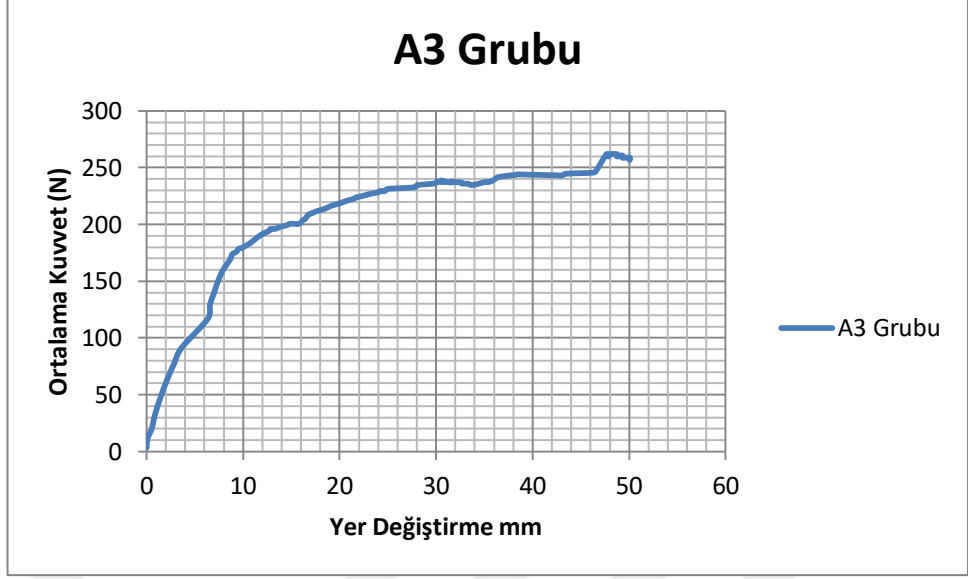
EK 103. C3-6 numunesine ait statik testi grafiği



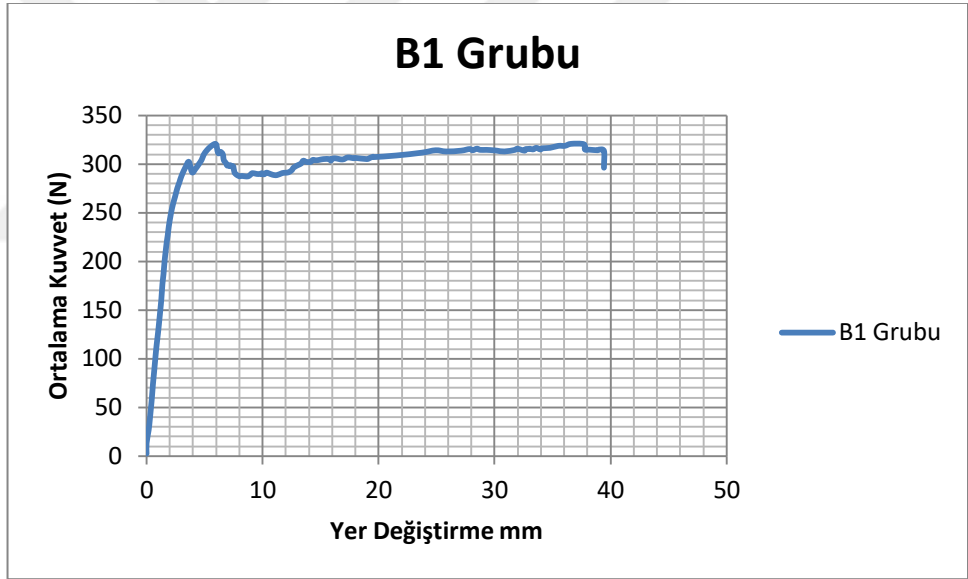
EK 104. A1 grubu statik test ortalamaları grafiği (A1-4 zaman çizelgesi kullanılmıştır)



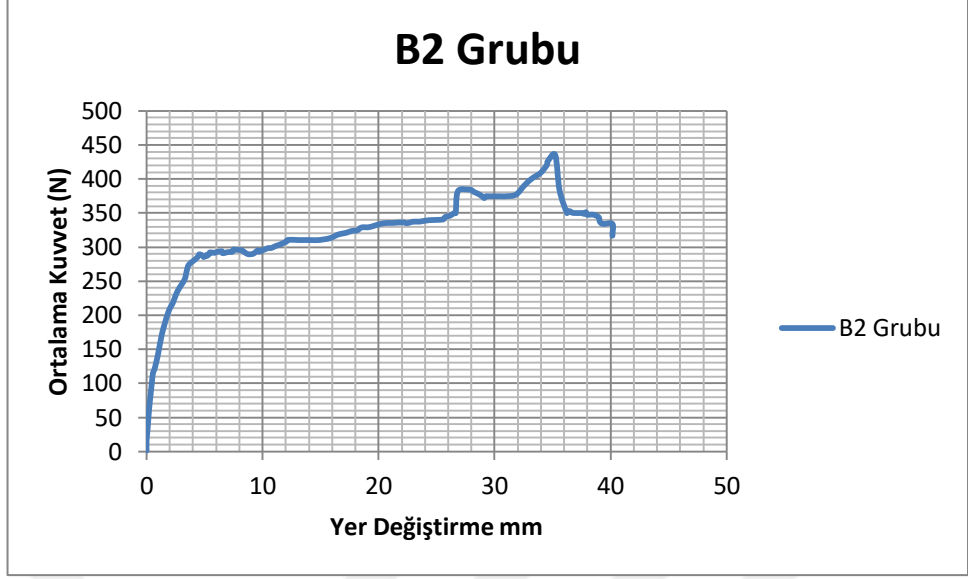
EK 105. A2 grubu statik test ortalamaları grafiği (A2-5 zaman çizelgesi kullanılmıştır)



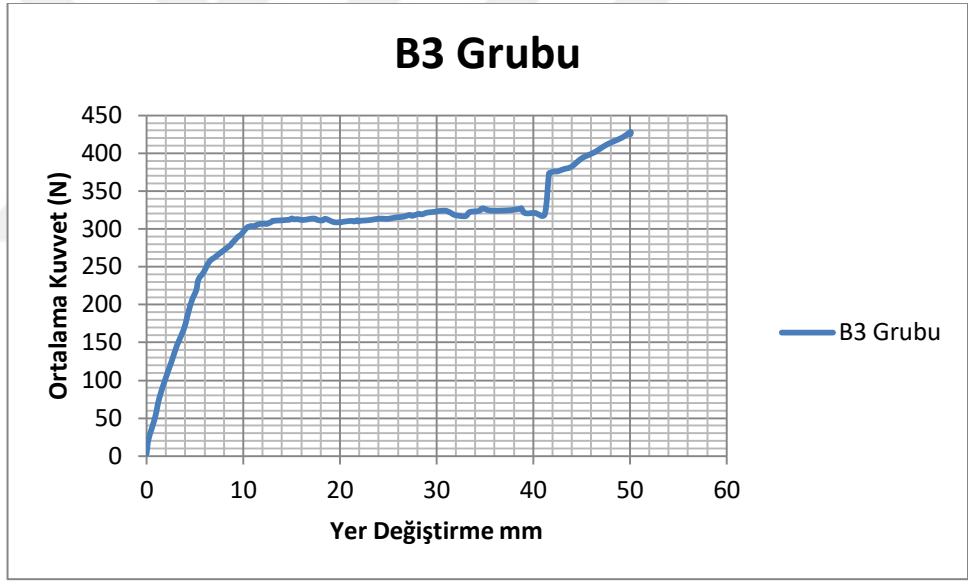
EK 106. A3 grubu statik test ortalamaları grafiği (A3-6 zaman çizelgesi kullanılmıştır)



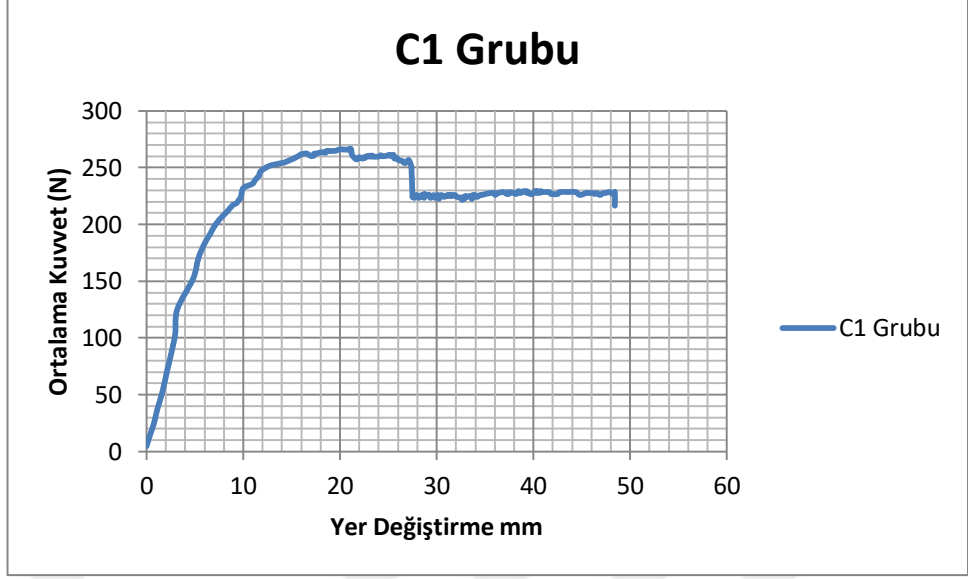
EK 107. B1 grubu statik test ortalamaları grafiği (B1-6 zaman çizelgesi kullanılmıştır)



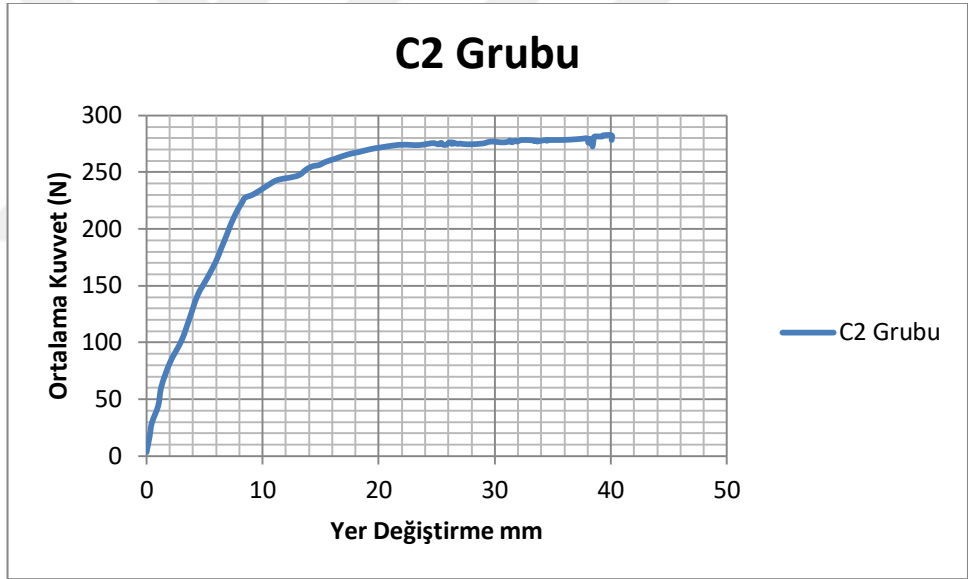
EK 108. B2 grubu statik test ortalamaları grafiği (B2-6 zaman çizelgesi kullanılmıştır)



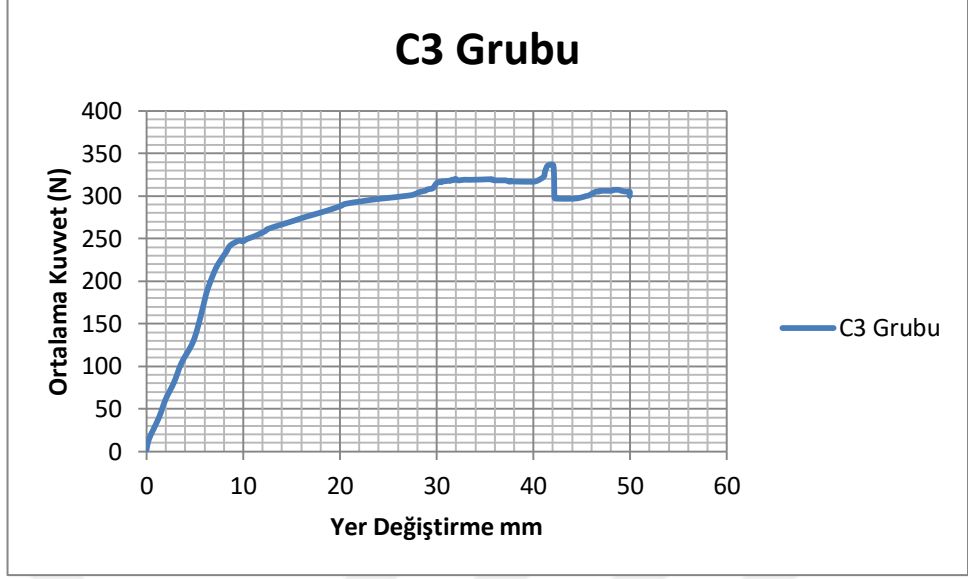
EK 109. B3 grubu statik test ortalamaları grafiği (B3-6 zaman çizelgesi kullanılmıştır)



EK 110. C1 grubu statik test ortalamaları grafiği (C1-4 zaman çizelgesi kullanılmıştır)



EK 111. C2 grubu statik test ortalamaları grafiği (C2-6 zaman çizelgesi kullanılmıştır)



EK 112. C3 grubu statik test ortalamaları grafiği (C3-5 zaman çizelgesi kullanılmıştır)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Goncanur AKBULUT

Doğum Yeri ve Tarihi :BURSA / 1983

Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu

Lise :Nilüfer İmam Hatip Lisesi (2000)

Ön Lisans :U.Ü. Teknik Bilimler MYO Tarım Alet ve Makineleri(2002)

Ön Lisans :U.Ü. Teknik Bilimler MYO İklimlendirme ve Soğutma(2009)

Lisans :U.Ü. Mühendislik ve Mimarlık Fak.Makine Mühendisliği(2013)

Yüksek Lisans :U.Ü. Fen Bilimleri Ens. Makine Müh. ABD.Mekanik BD(2018)

Çalıştığı Kurumlar/Yıl:P.M.S Aluminyum Ltd.Şti . (6 yıl)

:U.Ü. Yenişehir İbrahim Orhan MYO (Öğretim Görevlisi)(1 yıl)

İletişim(e-posta) :goncanur@yahoo.com