

# SÜREKLİ KARBON ELYAF DEMETİNDEKİ HASARIN ELEKTRİKSEL YÖNTEMLE ÖLÇÜMÜ

Ersin TOPTAŞ\*  
Evren ÇAĞLARER\*\*  
Nihat AKKUŞ\*\*\*

\*MARMARA ÜNİVERSİTESİ, Göztepe Kampüsü, Kadıköy/İSTANBUL  
E-mail: [etoptas@marmara.edu.tr](mailto:etoptas@marmara.edu.tr)  
Tel: 0216 336 5770 (İç hat: 551)

\*KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ, Kavaklı Kampüsü, KIRKLARELİ  
E-mail: [evren@kirkklareli.edu.tr](mailto:evren@kirkklareli.edu.tr)  
Tel: 0288 246 1666 (İç hat: 1201)

\*\*\* MARMARA ÜNİVERSİTESİ, Göztepe Kampüsü, Kadıköy/İSTANBUL  
E-mail: [nihat.akkus@marmara.edu.tr](mailto:nihat.akkus@marmara.edu.tr)  
Tel: 0216 336 5770 (İç hat: 320)

## ÖZET

Endüstrinin son yıllarda yoğun olarak kullandığı sürekli karbon elyafın sarım teknolojisi ile şekillendirilmesi esnasında ortaya çıkan hasarın elektriksel yöntemle ölçülmesini sağlayacak düzenek tasarlanmıştır. Oluşturulan düzenek servo motor tahrikli olan sistemde sürekli elyaf üzerinde çekme kuvveti oluşturularak makaralarla yönlendirilmesi esasına göre çalışmaktadır. Sürekli karbon elyaf makaralardan ön gerilme altında geçerken lif kırılmaları meydana gelmekte ve bu hasar düzeneğe bulunan problemlerle elektriksel olarak ölçülebilmektedir. Tasarlanan düzeneğin testlerinde Toray firmasına ait olan T1000G-12K sürekli karbon elyaf kullanılmış olup deney sonuçları düzeneğin ön gerilme altında uğradığı hasarın elektriksel olarak ölçülebileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektriksel ölçüm, Ön gerilme düzeneği, mekatronik sistem, sürekli karbon elyaf,

## ABSTRACT

Heavily used by the industry in recent years, with the design of continuous carbon fiber winding technology of damage occurring during the measurement of the electrical method that is designed mechanism. Continuous servo-mechanism, which created the system works on the basis of guidance rollers formed on the fiber tensile strength. Continuous carbon fiber passes under pretension rollers fiber breakage occurs and the probes of this embodiment, the damage can be measured electrically. The apparatus is designed for testing firm Toray T1000G-12K continuous carbon fiber front of the apparatus used and the experimental results showed that under stress suffered damage can be measured electrically.

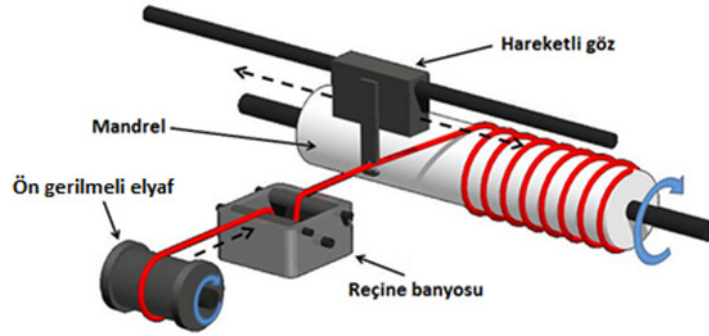
**Key Words:** Electrical measurement, pre-tension system, mechatronic systems, continuous carbon fiber

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin ve bilimin büyük bir hızla geliştiği günümüz endüstrisinde ekonomik, yüksek mukavemetli ve hafif malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Karbon elyaf takviyeli kompozit malzemeler (Carbon Fiber Reinforced Polimer - CFRP) yüksek kopma mukavemeti ve korozyon direncinin yanında düşük yoğunluk ve termal genleşme özelliklerinden dolayı uzay, uçak, askeri uygulamalar gibi çok önemli alanlarda kullanılmaktadır. CFRP kompozitlerin üretim yöntemlerinden bir olan elyaf sarma (Filament Winding – FW) teknolojisi geliştirilmek istenen, tercih edilen ve etkili bir metot olup, dayanıklı ürünler üretmek bu yöntemle mümkün olabilmektedir. FW teknolojisi ile üretimi yapılan endüstriyel ürünlerin başında özellikle yüksek basınçlı tüpler ve boru şeklindeki simetrik elemanlar gelmektedir. Bu teknoloji

ile sarılan tüpler kullanım koşullarından dolayı yüksek dayanımlar göstermesi gerektirdiğinden dolayı, sarım sırasında meydana gelebilecek olumsuz durumlar tüpün mukavemet performansında kayıplara sebep olmaktadır. Özellikle CFRP kompozit uygulamalarında kırılğan yapıya sahip olan karbon elyaf, sarım sırasında olumsuz koşullardan etkilenmesi durumunda nihai ürünün mukavemet kayıplarında büyük rol oynamaktadır.

FW makinelerinde sarım esnasında tüp üzerine sarılan sürekli karbon elyafların arasında oluşması muhtemel boşlukların önüne geçebilmek için kullanılan elyafa belirli bir ön gerginlikte olması gerekir. Bu gerginliğin sağlanması ve istenilen değerlerde olabilmesi için FW makinelerinde ön gerilme ünitesi bulunmaktadır. Bu ön gerilme ünitesinde kırılğan yapıya sahip sürekli karbon elyaf gibi malzemeler ön gerilme altında makaralardan geçerek sarım işlemi boyunca dinamik zorlamalar etkisinde kalmaktadır. Nitekim Genç'in yapmış olduğu doktora çalışmasında, elyaf sarma yönteminde sürekli karbon elyafın ön gerilme parametrelerine bağlı olarak mukavemet kaybına uğradığı deneysel olarak ortaya konmuştur. Çalışmada, sarılan karbon elyafın, elyaf sarma makinesinin ön gerilme ünitesinde hasara uğradığının tespitinde çekme testleri yapılmış, oluşan hasarın sarım koşullarına bağlı olarak %10 ile %43 oranında oluştuğunu ortaya koymuşlardır [1]. Bu durum sürekli elyafların sarım işleminde sarım koşullarına bağlı olarak oluşan hasarın, üretilen nihai ürünün mukavemet değerlerini etkilemektedir.



**Şekil 1** Kompozit üretiminde elyaf sarma yöntemi [2]

Cohen yapmış olduğu elyaf sarma yöntemi ile üretilen tüplerin imalatından çeşitli parametrelerin ürün üzerindeki etkisinin araştırmasında en önemli etkinin elyafa uygulanan ön gerilmenin büyüklüğü ve süresi olarak ortaya koymuştur. Bu iki değişken, üretilen basınçlı kabın dayanım ve kalite açısından önemli rol üstlenmektedir [3]. Bu sebeple elyaf işlemlerinde günümüz teknolojilerinde FW makinelerinde elyaf üzerindeki gerginliğin sarım esnası boyunca sabit kalması açısından elektronik ve mekanik çözümler ortaya konulmuştur. Bu çalışmalardan Imamura ve arkadaşları elyaf sarma makinalarında karbon elyafın sarım esnasında elyaf üzerindeki gerginliği kontrolünde PID kontrolle sağlamıştır. Bu kontrolle karbon elyafın gerginlik değerinin istenilen değerde tutarak sarım esnasında liflerdeki gerginlikleri sabit tutarak sarım işleminin gerçekleştirilmesini sağlamıştır [4]. Fakat PID gibi kontrol uygulamalarında denetleyici ölçülü bir süreç içinde değişen ve istenilen ayar noktası ile arasındaki farkı olarak bir "hata" değerini hesaplar. Kontrolör proses kontrol girişini ayarlayarak hatayı en aza indirerek istenilen ayar değerine ulaşmak için çalışır. Böylece kırılğan yapıya sahip olan karbon elyaf üzerindeki gerginlik dinamik olarak ani yük değişimlere maruz kalmasından dolayı elyafa üzerinde hasar oluşturması muhtemeldir. Bu tür uygulamalarda elyaf üzerindeki gerginliğin ani değişimler altında kalmadan kontrolün sağlayacak uygulamalar geliştirilmesi üretilen ürünün kalitesi açısından önemlidir.

Karbon elyaf yapısı bakımından yüksek mukavemet özelliklerine sahip olması yanında iletken bir malzeme olup, elektriksel ölçümlerinin gerçekleştirilmesi kılmaktadır. Bu sebeple Wang ve Chung'un yapmış olduğu çalışmada, karbon elyafın elektrik iletkenliğinden faydalanılarak elyafların lif yönünde uygulanan kuvvetin etkisiyle yapısında meydana gelen birim şekil değişimlerin elektriksel dirençle olan ilişkisini ortaya koymuştur. Bu çalışmada Torayın T300 6K karbon elyaf ürünün ölçüm faktörünü (gage factor) bularak, karbon elyafın statik ve dinamik yükler altındaki yüklere maruz kalmasıyla oluşan birim şekil değiştirmeleri elektrik direncindeki değişimle ortaya koymuştur [5]. Böylece karbon elyafların bir algılayıcı olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Abery ve arkadaşları tek yönlü CFRP

malzemelerde hasar tespiti için elektrik direncinden faydalanmışlardır. Yaptıkları eğilme testlerinde, karbon elyafın elektriksel iletkenliğinden faydalanarak CFRP yapılarıdaki hasar tespitinde iyi elektrik iletkenliğine sahip olan karbon elyaf ile hassas olarak ölçülerek saptanabileceğini ortaya koymuştur [6]. Böylece karbon elyafın elektriksel olarak bir ölçüm aracı olarak kullanılmasının mümkün olmasından dolayı yapısından meydana gelen değişimler ölçüleceğinden hasar tespitinde kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Özellikle elyaf sarma makinelerinde ön gerilmeden kaynaklı karbon elyaflarda meydana gelen kırılmaların tespit edilmesi nihai ürünün çalışma performansının tespiti açısından önemlidir. Bu bilgiler ışığında çalışmamızda karbon elyafların sarım esnasında ön gerilme ünitesinde meydana gelen hasarın tespitinin sarım esnasında ölçülerek ön görülebilir hale getirilmesini sağlamaktır. Bu amaçla karbon elyafların istenilen ön gerilmenin oluşturulması ve ön gerilmede oluşan elyaf kırılmalarının tespitinin bir arada olduğu düzeneğin tasarlanmıştır.

## 2. DENEY DÜZENEĞİNİN TASARIMI VE ELYAF HASARININ ÖLÇÜMLERİ

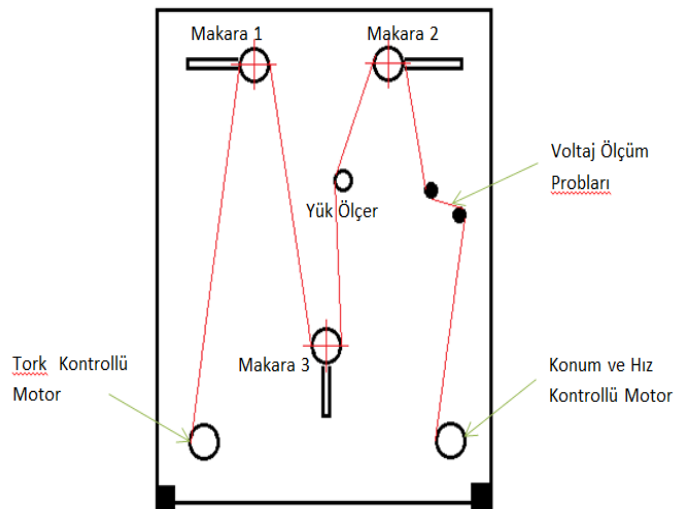
Çalışmamızın amacı doğrultusunda; elyaf sarma teknolojisinin önemli ünitelerinden biri olan ön gerilme ünitesinde sarım süresi boyunca elyaf üzerindeki çekme kuvvetini sabit tutarak sarımı gerçekleştirmek ve bu ön gerilmeden kaynaklı karbon elyafın kırılmalarını tespit etmektir. Bu sebeple oluşturulan sistem, üç makaradan oluşan bir ön gerilme ünitesi olup, istenilen sabit hızda ve gerginlikte makaralar arasından geçtikten sonra karbon elyafın elektrik direnci ölçülmesiyle hasar tespiti yapılmaktadır (Şekil 2). Çalışmamızda kullanılacak olan sürekli karbon elyaf Toray firmasına ait olan T1000G-12K ürünü olup malzeme özellikleri **Tablo 1** 'de verilmiştir

**Tablo 1** Toray firmasının T1000G-12K ürünün mekanik özellikleri

Ürün Kodu	Demetteki Lif Sayısı (Adet)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Elastiklik Modülü (GPa)	Uzama (%)	Özgül Direnç ( $\pi.cm$ )	Yoğunluk ( $g/cm^3$ )
T1000G-12K	12000	6370	294	2,20	$1,6 \times 10^{-3}$	1,80

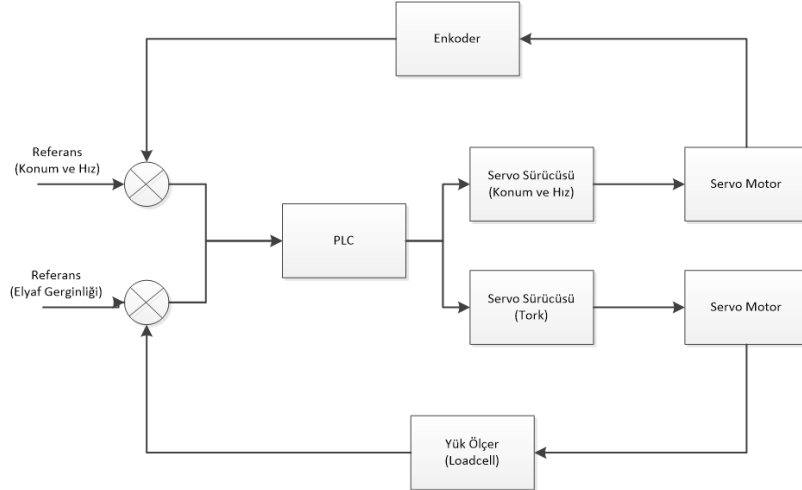
### 2.1. Deney sisteminin oluşturulması

Çalışmamızın amacı doğrultusunda tasarlanan ön gerilme test düzeneğinde karbon elyafın gerginliği Programlanabilir Mantık Denetleyici (PLC) tarafından kontrol edilen iki adet servo motor ile sağlanmaktadır. Bu servo motorlardan ilki, tork kontrolü diğer servo motor ise pozisyonlama ve hız kontrolünü gerçekleştirmektedir (Şekil 2 ve Şekil 3). Bu sayede elyafın istenilen kuvvette ve hızda çekilmesini sağlanmaktadır. Sistemde geri besleme elemanı olarak enkoder ve yük hücresi (Load cell) kullanılmıştır. Servo motorlara optik artımlı enkoder bağlı olup, 4x2500 p/r (pulse/resolution) çözünürlükte çalışmaktadır.



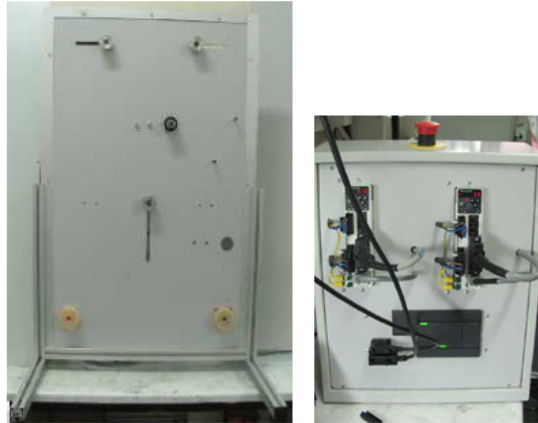
**Şekil 2** Sistemin şematik gösterimi

Elyaf üzerindeki gerginliğinin kontrolü için yük hücresi (Loadcell - L1) merdane tip (rotary system) kullanılıp, dönüştürücü sayesinde yük hücresinden alınan mV değerindeki değişimleri 0-10 V aralığında bir gerilim değerine dönüştürülerek PLC'nin analog girişine bağlanmıştır. böylece PLC'nin analog girişine bağlanan 0-10 V arasındaki sinyaller 12 bit uzunluğundaki sayısal verilere dönüştürülmüştür. Elyaf üzerindeki istenilen gerginlik, kullanıcı tarafından girilen referans değerine göre PLC içine gömülen PID algoritması ile tork kontrollü servo motorun kontrolü sağlanmıştır. Tüm bu aşamaları özetleyen sistemin kapalı çevrim blok diyagramı **Şekil 3**'de gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



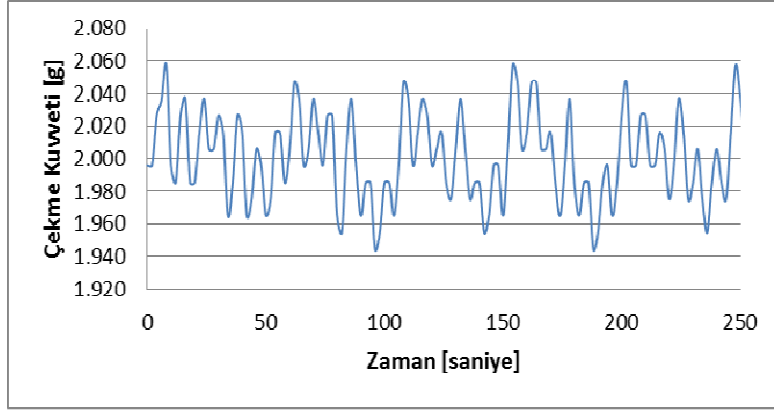
**Şekil 3** Hız, konum ve tork kontrollü servo motorun kapalı kontrol çevrimi

Elyaf üzerindeki gerginlik ve hız kontrolü sağlandıktan sonra karbon elyafındaki kırılmanın tespiti amacı ile direnç değişimi ölçümü yapılmıştır. Bu ölçüm işlemi için PLC'nin analog girişine bağlı olan iki adet prob arasındaki gerilim değeri kullanılmıştır. Direnç ölçümü doğrusallığın oluşturulabilmesi için akım kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Karbon elyafın direnç değerinin ölçülen gerilim ve sabit akım değerlerinden hesaplanmaktadır. Bu ölçüm sistemiyle bağlantı elemanlarındaki dirençler elimine edilerek iki prob arasında kalan karbon elyafın direncinin ölçümü yapılmıştır.



**Şekil 4** Tasarlanan düzenek ve kontrol panosu

Tasarlanan düzeneğin deneyinde T1000G-12K karbon elyaf PLC üzerindeki kullanıcı ara yüzünden çekme kuvveti 2 kg, karbon sarım hızı 10 dev/dak ve sarım mesafesi olarak 2000 mm girilmiştir. Bu şartlar altında çalıştırılan düzenekte karbon elyaf üzerindeki çekme kuvvet ayarı oluşturulan PID kontrollü sayesinde  $\pm 50$ gr sarım boyunca uygulandığı sistem üzerindeki yük ölçerle ölçülmüştür (**Şekil 5**).



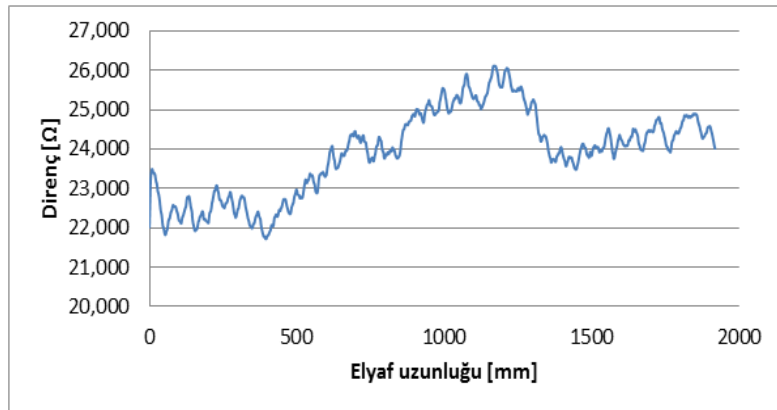
Şekil 5 Elyaf üzerindeki gerginliğin zamana göre değişimi

## 2.2 Karbon elyaftaki hasarın ölçülmesi

Karbon elyafın sarım esnasında meydana gelen lif kopmalarından meydana gelen hasarın tespitinde, sisteme dâhil ettiğimiz iki prob arasında geçerek tespiti sağlanmaktadır. Bu ölçüm sistemiyle karbon elyafın üretim esnasında elektriksel ölçümün gerçekleştirilmesiyle nihai ürünün mukavemeti hakkında ön görülebilmesi amaçlanmıştır. Çünkü sarım esnasında çeşitli dinamik kuvvetler altında kırılğan ve iletken bir yapısı olan karbon elyafın elektriksel direnç değişiminde değişiklikler gözlemlenebilmektedir. Karbon elyafın sarım esnasında lif kırılmalarının gerçekleşmesiyle kesit alanın düşmesi direnç değerinin artmasına sebebiyet vermektedir. Çünkü bir malzemenin özgül direnci ( $q$ ), malzeme toplam kesiti ( $A$ ) ve ölçüm boyu ( $L$ ) biliniyorsa elektrik direnci **Denklem 1** ile hesaplanabilmektedir. Elektrik direncindeki değişimle sarım esnasında karbon elyafta meydana gelen lif kırılmalarının tespiti ile mukavemet değerindeki düşüş tahmin edilerek ürünün performansı hakkında bilgi sahibi olunabilmesi hedeflenmiştir.

$$R=q \cdot L/A \quad (1)$$

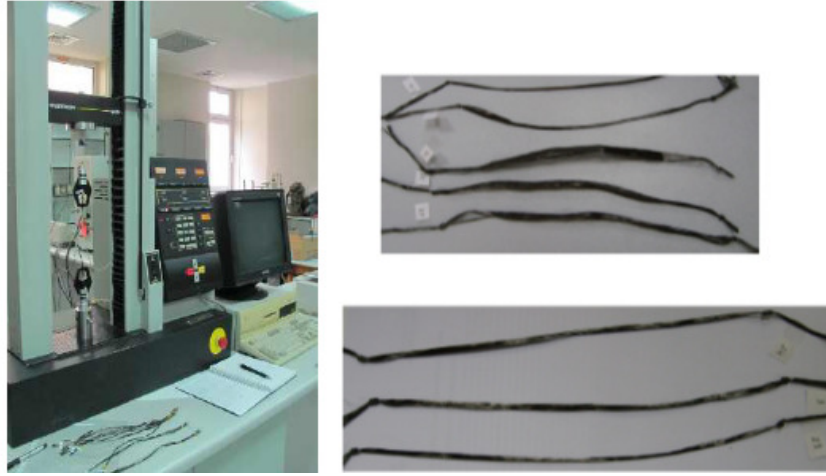
Karbon elyafın tasarlanan ve üretilen düzeneğe yukarıda verilen koşullarda gerçekleştirilen sarım işlemi sonucunda **Şekil 6**'da gibi direnç değişimi gözlemlenmiştir. Alınan verilerde görüldüğü gibi elyafın 400 mm 'den sonra direnç değerinde artışın olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak, sarım esnasında 400 mm lik karbon elyafın sistemin tüm zorlayıcı koşullarına maruz kalmadan az hasara uğramamasından kaynaklanmaktadır. Oysaki geri kalan kısmı incelendiğinde, makaralardan ön gerilme altında dinamik koşullardan geçen elyaf kırılğan yapıya sahip olmasıyla da direnç değerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Direnç değerleri incelendiğinde karbon elyafın sarım esnasında yapısındaki liflerin %13-14 civarında kırıldığını ön görülmüştür.



Şekil 6 Ön gerilme altında makaralardan geçen elyafın direnç değişimi

### 2.3 Çekme Testi

Yaptığımız çalışma sonucunda ölçülen direnç değişiminin, elyafın dayanımı üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi amacıyla mekanik deneyler içerisinde yaygın olarak kullanılan çekme testi yapılmıştır. Bu testi yapmamızda ki amaç, oluşturulan düzenekte hasara uğrayan karbon elyafın elektriksel olarak ölçülen davranışlarının çekme deneyi sonuçlarının karşılaştırılmasını sağlamaktır. Sonuçlar arasındaki bağlantı, oluşturulan sistemin güvenilirliği hakkında bize bilgi vermesini sağlamaktır. Bu sebeple Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Tekstil Eğitimi Bölümü, Fiziksel Testler Laboratuvarında, Instron 4411 cihazıyla, %65 nem ve 20 °C sıcaklıkta yapılan çekme deneyi; hasarsız karbon elyaf ve direnç ölçümü yoluyla hasar analizi yapılmış çeşitli elyaf numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sarım işlemi gerçekleştirilen karbon elyafın çekme deneylerinin gerçekleştirilmesi amacıyla çekme numuneleri ASTM D 4018-99 standardına göre uygun uzunluklarda kesilmiştir [7]. Bu standarda göre çekme makinesinin iki çene arası 150 mm ve elyafın çekme hızını 5mm/dak olarak belirlenmiştir.



Şekil 7 Instron 4411 Test Cihazı ve Karbon Elyaf Çekme Numuneleri

Çekme testinde kullanılmak üzere hazırlanan numuneler iki kısımda hazırlanmıştır. Bunlar sarım işlemine maruz bırakılmamış hasarsız ve sarım işlemine maruz bırakılmış hasarlı karbon elyaf numuneler olmak suretiyle her iki koşul için 4 adet çekme numunesi hazırlanmıştır. Bu numuneler ASTM D 4018-99 standardına uygun olarak ve çenelerin tutma boylarına bağlı olarak 250 mm boyunda kesilmiş ve çenelerden sıyrılmaması amacıyla düğüm atılmıştır (Şekil 7). Çekme testi sonuçları olarak **Tablo 2 ve 3** incelendiğinde hasarlı ve hasarsız arasında çekme kuvvetinde %14.4 civarında kayıp olduğu görülmüştür.

**Tablo 2** Sarım İşlemine Tabi Tutulmayan Karbon Elyafın Çekme Deneyi Sayısal Sonuçları

Numune No	Birim Şekil Değişirme (%)	Kopma Kuvveti (N)
1	2,72	764,297
2	2,68	774,303
3	2,74	783,721
4	2,78	790,686
<b>Ortalama ( ± Standart Sapma)</b>		<b>778,252 ( ± 1,472)</b>

**Tablo 3** Sarım İşleminde Sonra Elde Edilen Karbon Elyafın Çekme Deneyi Sayısal Sonuçları

Numune No	Birim Şekil Değişirme (%)	Kopma Kuvveti (N)
1	2,52	659,919
2	2,53	660,213
3	2,53	668,159
4	2,54	676,596
<b>Ortalama ( ± Standart Sapma)</b>		<b>666,222 (± 7,900)</b>

### 3. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada karbon elyafın sarım esnasında ön gerilmeden kaynaklı hasarın tespitine yönelik düzenek tasarlanmış ve ön gerilmeden kaynaklı hasarın tespiti yapılmıştır. Hasar tespitinde karbon elyafın elektriksel iletkenliğinden faydalanılarak direnç ölçümündeki değişimler gözlemlenmiştir. Gözlenen verilere göre sarım esnasından ön gerilmeye maruz kalan elyafın kırılma yapısından ötürü yapısındaki liflerin kırıldığı ve buna bağlı olarak toplam kesit alanının düşerek direncin arttığı görülmüştür. Direnç değerinin artması elyafın içerisindeki liflerin koparak toplan alanın düşmesiyle meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak elyafın üzerindeki çekme kuvvetinin lif başına olan değer artması sonucu daha düşük kuvvette kopmasına sebebiyet vermektedir. Tasarlanan düzeneğin doğruluğunun ölçülmesi amacıyla yapılan çekme testinde göstermiştir ki, sarım koşullarına maruz bırakılan karbon elyafın hiçbir işleme maruz kalmayan karbon elyafa göre düşük çekme kuvvetinde kopmalar gözlemlenmiştir. Bu çekme kuvvetindeki düşme oranı, karbon elyafın tasarlanan düzenekteki direnç ölçümündeki artış oranıyla örtüşüyor gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak tasarlanan bu düzenek karbon elyafın sarım esnasında sarım koşullarına bağlı olarak elyaf da meydana gelen hasarın tespitinde direnç ölçümünün kullanılabileceği gözlemlenmiştir. Sarım sonucunda karbon elyafın mukavemet kaybının, ölçülen direnç değerindeki değişimle tahribatsız olarak ölçülebilmesine imkan sağlanmıştır. Bu sayede karbon elyafın, FW makinelerinde üretilen ürünlerin mukavemet performansları ön görülebilmesi olması endüstri açısından önemini ortaya koymaktadır.

### KAYNAKLAR

1. Genç, G., *Elyaf Sarma Yöntemiyle Üretilen Karbon Elyaf Kompozitlerde Ön Gerilme Parametrelerinin Elyaf Ve Kompozit Mukavemetine Etkisi*, 2008, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul, Türkiye.
2. Long, A.C., *Composites forming technologies*. 2007, Florida, USA: CRC Press.
3. Cohen, D., *Influence of filament winding parameters on composite vessel quality and strength*. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 1997. **28**(12): p. 1035-1047.
4. Imamura, T., et al. *Design and tension control of filament winding system*. in *Systems, Man, and Cybernetics, 1999. IEEE SMC'99 Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on*. 1999. Ieee.
5. Wang, X. and D. Chung, *Continuous carbon fibre epoxy-matrix composite as a sensor of its own strain*. Smart materials and structures, 1996. **5**(6): p. 796-800.
6. Abry, J.C., et al., *In situ detection of damage in CFRP laminates by electrical resistance measurements*. Composites Science and Technology, 1999. **59**(6): p. 925-935.
7. ASTM\_D\_4018-99, *Standard Test Methods for Properties of Continuous Filament Carbon and Graphite Fiber Tows*, Reapproved 2004.

## ÖZGEÇMİŞ

### Ersin TOPTAŞ

1982 Ankara doğumlu olup Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Tasarım ve Konstrüksiyon Anabilim dalından 2004 yılında mezun oldu. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Makine Eğitim bölümünde 2006 yılında “Şekil Hafızalı Metaller ile Aktüatör Tasarımı” tezini hazırlayarak yüksek lisansını tamamlamıştır. 2005 Yılı başlarında Marmara Üniversitesi Mekatronik bölümünde Araştırma Görevlisi olarak başladı ve halen görevine devam etmektedir. 2007 yılında vatani görevini tamamlamış olup, evlidir. Marmara Üniversitesinin Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi bölümünde doktora yaparak, “Sürekli Karbon Elyaf Takviyeli Kompozit İmalatında Ön Gerilmeden Kaynaklanan Mukavemet Kaybının İncelenmesi” konuyu çalışmaktadır.

### Evren ÇAĞLARER

İlkokulu Edirne İstiklal İlkokulu'nda, Orta Okulu I. Murat Lisesi'nde, liseyi Edirne Anadolu Öğretmen Lisesi'nde okudu. Lisans eğitimini Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Öğretmenliği, Enerji İletimi ABD'da tamamladı. 2000 yılında Trakya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladıktan sonra, aynı üniversitede yüksek lisans ve doktora çalışmalarında bulundu. “Pamuk ve İpek Elyafarla Takviye Edilmiş Plastik Matrisli Kompozitlerin Elektriksel Özellikleri” başlıklı Yüksek Lisans tezi ve “Karbon Elyaf Hasarlarının Elektriksel Yöntemlerle Tespiti” isimli doktora tez çalışmalarını yapmıştır. Halen Kırklareli Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

### Prof. Dr. Nihat AKKUŞ

Balıkesir Merkez Endüstri Meslek Lisesi Tesviye Bölümünden 1979 yılında mezun olduktan sonra, Marmara Üniversitesinde, 1979-1983 yılları arasında lisans ve 1984-1986 yılları arasında da yüksek lisans eğitimini yapmış, 1992-1996 yılları arasında Tokyo Şehir Üniversitesinden Makine Mühendisliği alanında “Titanyum Tüplerin Superplastik Deformasyon ile Şekillendirilmesi” üzerine doktorasını tamamlamıştır. 1985-1992 Yılları Arasında Marmara Üniversitesinde Araştırma Görevlisi, 1996-2001 Yılları Arasında Tokyo Üniversitesinde Öğretim Üyesi, 2001-2002 Yılları Arasında Fransa Bourgony Üniversitesinde Doktora Sonrası Araştırmacı ve Doçent Kadrolarında Çalışmıştır. 2002 yılından itibaren katıldığı Marmara Üniversitesinde Mekatronik Bölümünde 5.5 yıl Kurucu Bölüm Başkanlığı, Mesleki Eğitim Merkezi Kuruculuğu, Vakıf Üniversitesi Kurucu Rektörlüğü, Uluslararası Kaynak Enstitüsü Kurucu Denetleme Kurul Başkanlığı görevlerinde bulunmuştur. 100 civarında uluslararası yayını ve 5'si basılmış olan 7 kitabı vardır.