



CAM FİBER TAKVİYELİ DOKUMA EPOKSİ KOMPOZİT PREPREGLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE ÇEVRE ŞARTLARININ ETKİSİ

Gurbet ÖRÇEN*

Mustafa GÜR**

* Dicle Üniv. Müh. Fak. Mak. Müh. Böl., Diyarbakır, Türkiye.

** Fırat Üniv. Müh. Fak. Mak. Müh. Böl., Elazığ, Türkiye.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı sekiz tabakalı cam fiber takviyeli dokuma epoksi kompozit prepregler üzerinde çevre şartlarının etkisini araştırmaktır. Bu çalışma, standartlara uygun hazırlanan numunelerin mekanik özellikleri üzerinde çevre şartlarının etkisini belirlemek için yapılan 3 aşamalı deneysel çalışmayı içermektedir. İlk aşamada kuru şartlardaki numunelerin mekanik özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada deniz suyu içerisinde 3 ay süre, üçüncü aşamada ise deniz suyu içerisinde 6 ay süre ile numuneler bırakılmıştır. Her aşamanın sonunda numunelerin mekanik özellikleri standart testlere göre belirlenmiş ve kuru şartlarda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada; numunelerin deniz suyu içerisinde kalma süreleri arttıkça, mekanik özelliklerinin düştüğü tespit edilmiştir. Aynı zamanda deniz suyunun E_1 , X_1 , X_2 , S_{12} ve G değerleri üzerinde düşürücü/bozulma etkisine sahip olduğu görülmüştür.

1.GİRİŞ

Kompozit malzemeler uzun yıllardan beri birçok alanda kullanılmakla birlikte, deniz araçlarının yapımında da yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu alanda ilk olarak askeri devriye botlarının yapımı için kullanılmaya başlanmış ve gelişerek günümüze kadar gelmiştir. Deniz araçları uygulamalarında kullanılan kompozitler nisbeten iyi mekanik özellikleri ve fiyatlarından dolayı kanolarda, balık ağlarında, petrol gemilerinde, gemi direklerinde, vb. birçok ekipmanlarda kullanılmaktadırlar. Deniz araçlarında kullanılan kompozit malzemelerden, uzun süre su içerisinde bulunduklarından dolayı daha iyi mukavemet ve mekanik özellikler beklenmektedir. Kompozit malzemelerin deniz suyu ile temasları halinde meydana gelen hasarın biçimi, bozulma nedenleri ve deniz suyu içerisindeki dayanımları önemlidir.

Özellikle deniz araçlarında kullanılan kompozit malzemelerle ilgili olarak yapılan çalışmalarda, deniz suyunun kompozit malzeme üzerindeki etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Gellert ve Turley tarafından, matriks reçine ile kaplanmış dört tabakalı cam fiber takviyeli polimer (GRP) malzemeler, laboratuvar şartlarında hazırlanan deniz suyu içerisinde yaşlandırılmaya bırakılmıştır. GRP için kaybedilen mekanik özellikler belirlenmiştir [1]. Kootsookos ve Mouritz, cam ve karbon polimer kompozitlerin deniz suyuna dayanıklılıklarını araştırmışlardır. Deniz yapılarında kullanılan karbon/vinyilester, cam/vinyilester, karbon/polyester, cam/polyester kompozitlerin dayanımları üzerinde deniz suyunun etkisi deneysel olarak araştırılmış. İki yılı aşkın bir süre içerisinde 30°C' deki deniz suyuna konulan bu kompozitlerde önemli ölçüde nem emiliminin gerçekleştiği, reçine matriks ve fiber matriks bölgelerinin bozulduğu tespit edilmiştir [2]. Gu tarafından doymamış cam fiber polyester kompozitlerin deniz suyu içerisindeki davranışları incelenmiştir. Cam fiber takviyeli doymamış polyester tabakalar VARI tekniği ile üretilmiş, daha sonra deniz suyuna bırakılmıştır. Bu malzemelerin deniz suyu içerisindeki ağırlık değişimleri, kuvvet gerilimleri ve davranışları ölçülerek analiz edilmiştir [3]. Maurin ve arkadaşları; düşük streñ yayan reçinelerin deniz suyunda yaşlanmaları ve bunların mekanik davranışları üzerinde deneysel çalışma yapmışlardır.

*Araştırma görevlisi, Mak. Müh. Böl., E-posta: gurbetorcen@dicle.edu.tr

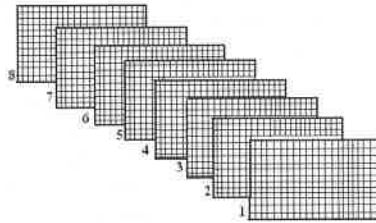
**Yrd. Doç. Dr., Mak. Müh. Böl., E-posta: mgur@firat.edu.tr

Bu çalışmada 20°C, 40°C, 60°C sıcaklıklarda 9 ay için doğal deniz suyu içinde yaşlanma süreleri irdelenmiş ve sunulmuştur. Düşük streñ içeren reçinelerin standart reçinelerden daha yavaş gerilim kaybına sahip oldukları ancak 9 ay sonra benzer kayıpların daha fazla olduğu tespit edilmiştir [4]. Doğanay, cam lifi takviyeli polyester kompozitlerde farklı lif oranlarının ve deniz suyunun yorulma davranışı üzerinde etkisini incelemiştir. Çalışmada, takviye oranına bağlı olarak uzamada anlamlı bir değişim meydana gelmediği ancak deniz suyunda bekletme süresi arttıkça uzama değeriñin düştüğü tespit edilmiştir [5]. Gu ve Hongxia, cam /polyester kompozitlerin mekanik özellikleri üzerinde su emiliminin etkisini incelemişlerdir. Doymamış polyester ve cam fiber kullanılarak VARI tekniğı ile tabakalar oluşturulmuş. Kompozitler çeşitli periyotlar için yaklaşık 30°C sıcaklıkta suya konulup çıkarıldıktan sonra, deneylerde uygulanan çekme gerilmesinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiş [6]. Gu ve Hongxia; su emiliminden sonra cam/polyester kompozitlerin tabakalar halindeki dizilim davranışlarını incelenmişlerdir. İki katlı tabakalar doymamış polyester matriks ve takviye olarak cam fiber kullanılarak geliştirilmiştir. Numuneler 7, 14, 21 günü içeren çeşitli periyotlar için su içerisine konulmuştur. Çevresel sıcaklık 29°C olarak korunmuştur. Numuneler sudan çıkarıldıktan sonra tabakalardaki özellikler incelenmiştir. Cam/polyester kompozitin suya konulduğunda malzemenin kütle ağırlığının arttığını ancak su emilim zamanının uzaması ile su içinde çözölen ve ayrılan bazı elementlerden dolayı, kütle ağırlığının azaldığını tespit etmişlerdir [7]. Gu, deniz suyu uygulamasına konulan cam/polyester kompozitlerin dinamik mekanik analizlerini incelemiştir. Dört tabakalı olarak üretilen bu numuneler çeşitli periyotlar için deniz suyu uygulamasına konulmuştur. Çalışmada, deniz suyuna konulan numunelerin deniz suyunda kalma sürelerinin artması ile hem matriks hem de ara yüzeylerin bozulduğu tespit etmiştir [8]. Aldajah ve arkadaşları, musluk suyu ve deniz suyunun cam fiber takviyeli polimer matriks kompozit tabakaların dayanımları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 2000 saat için deniz ve musluk suyuna maruz kalan simetrik diziliimli tabakalarda eğilme rijitliğinin sırasıyla toplamda %60, %55 düştüğü tespit edilmiştir. Aynı uygulama antisimetrik diziliimli tabakalarda eğilme rijitliğinin sırasıyla %28 ve %29.4 oranında düştüğü tespit edilmiştir [9]. Tsenoglou ve arkadaşları, fiber takviyeli polimer kompozitlerde su emiliminden dolayı ara yüzeylerin gevşemelerini inceleyerek, değerlendirmişlerdir [10]. Mouritz ve arkadaşları, denizaltı ve deniz araçlarında kullanılan kompozit malzemelerle ilgili araştırmalar yapmışlardır. Geleneksel gemi yapım malzemelerinin yerine kullanılan, büyük yararlar sağlayabilen kompozitler üzerinde çalışmalar yapmışlardır [11].

Bu çalışmada, çevresel şartlarda (kuru ve deniz suyu şartlarında) cam fiber takviyeli dokuma epoksi kompozit prepreglerin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler araştırılmıştır.

2. KOMPOZİT PLAKANIN HAZIRLANIŞI VE MALZEME ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ

8 tabakalı cam fiber takviyeli dokuma epoksi kompozit prepreg tabakalar 2,5 bar basınçta 150 °C 'de İzoreel Kompozit İzole Malzemeler Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. 'de 3 saat süresince preste bekletilmiştir. Presleme işleminden sonra 1.6 mm kalınlığında plaka elde edilmiştir. 8 tabakalı cam fiber takviyeli dokuma epoksi kompozit prepreg plakanın, her tabakasının kalınlığı 0.2 mm olup, cam elyaf ağırlığı 210 g/m² 'dir. Prepregin toplam ağırlığı ise 370 g/m², reçine oranı (V_r): 0.57 'dir.



Şekil 1. 8 tabakalı cam fiber takviyeli dokuma epoksi prepreg kompozit plakanın hazırlanışı.

Deneyler üç aşamada yapılmıştır. Bu aşamalar; malzemenin kuru şartlarda ve 3 ile 6 ay süre deniz suyu içerisinde bekletildikten sonra mekanik özelliklerinin tespit edilmesidir. Mekanik özelliklerinin tespit edilmesi için yapılan testler, ASTM (American Society for Testing and Materials) tarafından belirlenen testlerdir. Yapılan bu testler ile elde edilen gerilme karakteristikleri;

ÖRÇEN, GÜR.

X_t = Çekme gerilmesi

X_c = Basma gerilmesi

S_{12} = Kayma gerilmesi

Yapılan testler ile elde edilen modül karakterleri;

E_1, E_2 = Elastisite modülü

ν_{12} =Poisson oranı

G_{12} = Kayma modülü şeklindedir.

Bu çalışma için hazırlanan kompozit plaka dokuma şeklinde olduğu için Elastisite modülleri 1 ve 2 doğrultularında birbirine eşit olmaktadır. Deneyler Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekanik Laboratuvarında, 20°C oda sıcaklığında yapılmıştır. Deneyler hızı 1 mm/dakika olan, Instron model 1114 çekme test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Deniz suyu ihtiyacı Balçova/Çınaraltı yerleşkesinden sağlanmıştır. Deneysel çalışma için numuneler, Tablo 1 'de verilen ASTM Standartlarına göre hazırlanmıştır [12, 13].

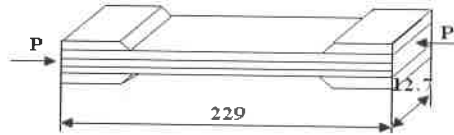
Çekme Mukavemetinin belirlenmesi için hazırlanan numune geometrisi Şekil 2 'de görülmekte olup, ASTM 3039-76 test metoduna göre hazırlanmıştır. Her numuneden beşer tane yaptırılmıştır. Çekme işlemi hasar oluşuncaya kadar devam etmiş, hasarı oluşturan P çekme kuvvetleri kaydedilmiş ve X_t çekme mukavemeti aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$A = t \cdot b$$

$$P_{ort} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

$$X_t = \frac{P_{ort}}{A}$$

Burada, t = numune kalınlığı ve b = numune eni 'dir.



Şekil 2. Çekme mukavemetinin bulunması için hazırlanan test numunesinin geometrisi.

Numunenin elastisite (E_1) modülünün bulunması için ASTM 3039-76 standardı geometrisine göre hazırlanan numunelere, strain-gaugelerin bağlantısı yapıp, özel başlıklara konularak, çekme testine tabi tutulmuşlardır (Şekil 3). İndikatörden okunan gerinim değerleri ile bilgisayar ekranından okunan kuvvet değerleri not edilerek, elastisite modülü hesaplanması için kullanılmıştır. Elastisite modülü ve poisson oranı hesaplaması için kullanılan eşitlik aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir.

$$\sigma_1 = \frac{P}{A} \Rightarrow E_1 = \frac{\sigma_1}{\epsilon_1}$$

$$\nu_{12} = -\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

Burada;

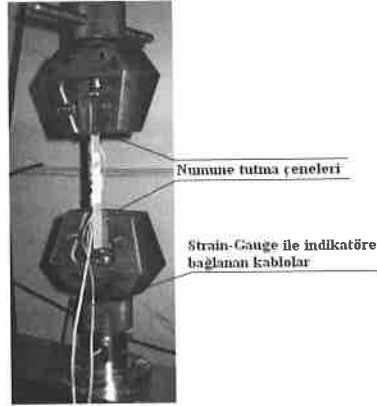
A= Kesit alanı(mm²) ve P = Uygulanan Yük (N)

Basma mukavemetinin belirlenmesi için hazırlanan numune geometrisi Şekil 4'de görülmekte olup, ASTM 3410-75 test metoduna göre hazırlanmıştır. Bu amaçla burkulmanın önüne geçmek ve basma mukavemetini ölçmek için 5 adet hazırlanan numuneler özel deney ekipmanlarına yerleştirilmiş ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarının ortalaması aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

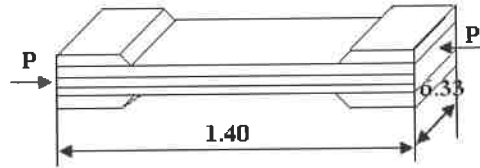
$$P_{ort} = \frac{P_1 + P_2 + \dots P_n}{n}$$

$$A = t \times b$$

$$X_c = \frac{P_{ort}}{A}$$



Şekil 3. Numunenin elastisite modülü ve poisson oranının hesaplanması için hazırlanan test düzeneği.



Şekil 4. Basma mukavemetinin bulunması için hazırlanan test numunesinin geometrisi.

Kayma modülü ve mukavemetinin belirlenmesi için hazırlanan numune geometrisi Şekil 5' de [14] görülmekte olup, numuneler ASTM D 7078 test metoduna göre hazırlanmıştır. Bu test yönteminde hazırlanan numuneler Şekil 6' da görülen [15] arcan test aparatlarına yerleştirilip, çekme testine tabi tutulmuştur. Kayma Modülü hesaplamasında yine Şekil 5 'teki geometriye göre hazırlanan numunelere Strain-gaugeler 45° açı ile özel yapıştırıcı ile yapıştırılmıştır. 10 kanallı olan ve aynı anda 10 tane strain gauge üzerinden ölçüm alınabilen strain indikatöre bağlanan kablolar ile bu strain-gaugelerin bağlantısı yapılarak, test aparatına yerleştirilmiş ve daha sonra bu aparat Instron 1114 çekme cihazına bağlanılarak, adım adım yüklemeye tabi tutulmuştur. Farklı on nokta için test uygulaması sırasında spesifik aralıklarla test makinası durdurulup indikatörden okunan gerinim değerleri ile bilgisayar ekranından okunan kuvvet değerleri not edilmiş ve kayma modülü hesaplaması için kullanılmıştır. Kayma modülü aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir.

$$P_{ort} = \frac{(P_1 + P_2 + \dots P_n)}{n}$$

$$S_{12} = \tau = \frac{P_{ort}}{A} = G_{12} \cdot \gamma_{12}$$

$$\gamma_{12} = 2 \cdot \epsilon$$

$$G_{12} = \frac{P}{2 \cdot A \cdot \epsilon}$$

Burada;

P =Uygulanan yük, N

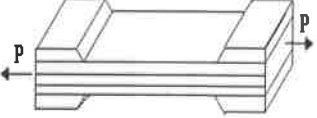
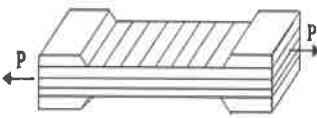
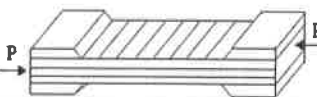
A = Numune kesit alanı, mm²

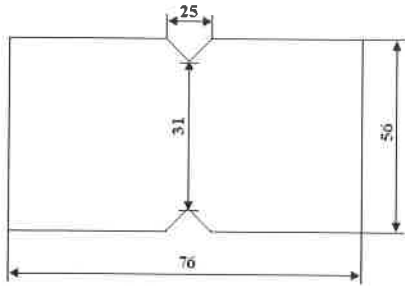
ÖRÇEN, GÜR.

G_{12} =Kayma modülü, GPa

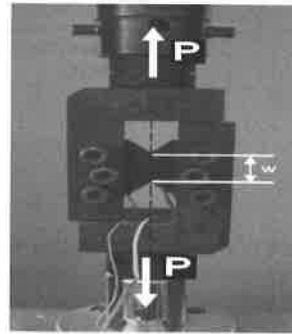
τ_{12} =Kayma gerilmesi

Tablo 1. ASTM Standartlarına göre numune boyutları [12, 13]

Özelliklerin belirlenmesi	Sembol	ASTM Test Metodu	Numune Geometrisi
Eksenel veya boyuna modül	E_1 (MPa)	ASTM 3039-76	
Eksenel poisson oranı	ν_{12} (-)		
Boyuna çekme gerilmesi	X_t (MPa)		
Enine modül	E_2 (MPa)	ASTM 3039-76	
Enine poisson oranı	ν_{12} (-)		
Enine çekme gerilmesi	Y_t (MPa)		
Kayma modülü	G_{12}	ASTM D 7078	
Kayma gerilmesi	S (MPa)		
Boyuna basma gerilmesi	X_c (MPa)	ASTM 3410-75	
Enine basma gerilmesi	Y_c (MPa)	ASTM 3410-75	



Şekil 5. Kayma testi için numune geometrisi.



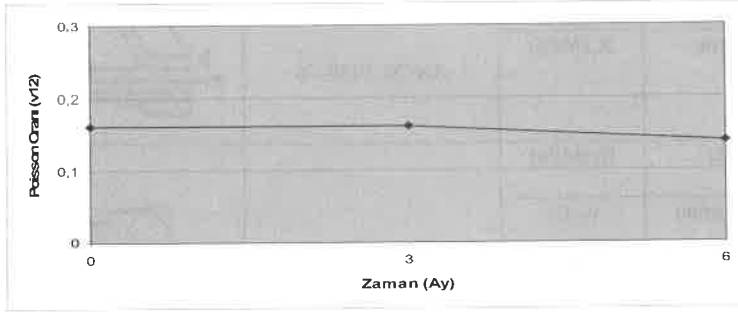
Şekil 6. Test aparatı.

3. DENİZ SUYUNUN MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Deniz suyunun malzemenin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla, her bekletilme periyodundan sonra numunelerin mekanik özellikleri tek tek ölçülerek, tespit edilmiştir. 3 ay ve 6 ay süre ile deniz suyu içerisinde bekletilen numuneler ile kuru haldeki numunelerin ölçülen mekanik özelliklerinin değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Çalışmada deniz suyunun malzemenin poisson oranı, elastisite modülü, kayma modülü, kayma mukavemeti, basma ve çekme mukavemeti üzerindeki etkisi tek tek incelenmiştir.

3.1. Deniz Suyunun Poisson Oranına Etkisi

3 ay ve 6 ay süre ile deniz suyu içerisinde konulan numuneler ile kuru numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonrası poisson oranı tespit edilmiştir. Ölçülen poisson oranları değerleri Şekil 7 'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Kuru halde ve deniz suyu içerisinde konulan numunelerin poisson oranı değerleri.

Şekil 7'den de görüldüğü gibi poisson oranı kuru halde 0.16, 3 aylık deniz suyu uygulamasında 0.158 (0.16) ve 6 aylık deniz suyu uygulamasında ise 0.14 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlardan 3 ay süre ile deniz suyuna konulan numunelerin poisson oranının; kuru numunelerden elde edilen poisson oranına göre çok fazla düşmenin olmadığı ve değişmediği görülmüştür. 6 ay süre ile deniz suyu içerisinde bırakılan numunelerde ise bu oranın daha belirgin bir şekilde değiştiği ve 0,14' e düştüğü tespit edilmiştir. 6 ay süre ile deniz suyunda bekletilen numunelerin poisson oranının; kuru (0 ay) ve 3 ay süre için deniz suyu içerisinde konulan numunelerden elde edilen değere göre %12.5 oranında düştüğü tespit edilmiştir.

3.2. Deniz Suyunun Malzemenin Mukavemet Değerleri Üzerindeki Etkisi

Her üç aşama için hazırlanan numunelerin, uygulama süreleri (kuru, 3 ay ve 6 ay deniz suyu uygulaması) bitiminde, basma mukavemeti (X_c), çekme mukavemeti (X_t) ve kayma mukavemeti (S_{12}) değerleri deneylerle tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen mukavemet değerleri Tablo 2. 'de verilmiştir.

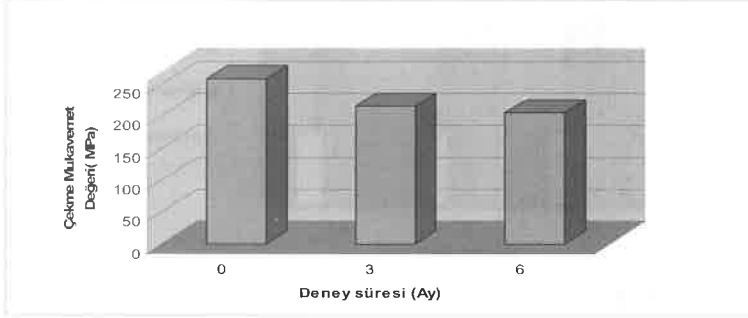
Tablo 2. Deney sonucunda elde edilen mukavemet değerleri.

	X_t (Çekme mukavemeti) MPa	X_c (Basma Mukavemeti) MPa	S_{12} (Kayma Mukavemeti) MPa
0 ay (kuru hal)	258	217	92
3ay	215	196	91 (90.8)
6ay	205	192	89 (88.9)

Tablo 2 'de de görüldüğü gibi malzemenin çekme mukavemetinin kuru haldeki değerinin, 3 ve 6 ay süre ile deniz suyu içerisinde bekletilen numuneler için elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 3 aylık deniz suyu periyodunda, çekme mukavemetinin kuru haldeki değere oranla %16.67 azaldığı görülmüştür. 6 aylık deniz suyu uygulamasındaki numunelerin çekme mukavemet değerlerinin 3 aylık deniz suyu uygulamasına göre %4.65 oranında, kuru haldeki değere göre ise %20.54 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Çekme mukavemeti (X_t) değerlerinin, numunelerin deniz suyu içerisinde kalma süresi uzadıkça, azaldığı görülmüştür (Şekil 8).

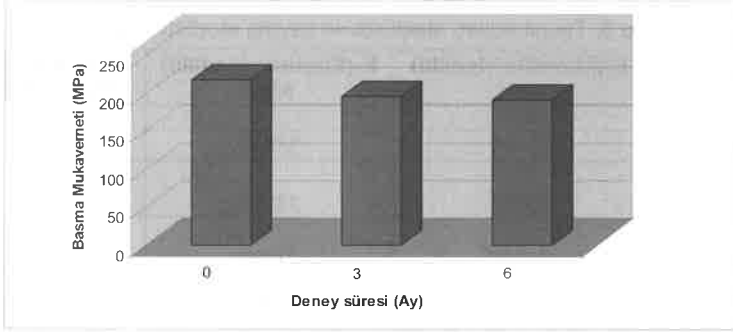
Malzemenin kuru haldeki basma mukavemeti değeri 217 MPa elde edilmiş olup, Tablo 2' dede görüldüğü gibi diğer iki uygulamada elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Numunelerin 3 ay süre ile deniz suyu içerisinde bekletilmesi sonunda elde edilen basma mukavemet değerinin, kuru halde elde edilen değere göre %9.68 oranında azaldığı tespit

edilmiştir. Deniz suyu içerisinde 6 ay süre ile bekletilen numunelerin basma mukavemet değerinin, 3 aylık deniz suyu uygulamasında elde edilen basma mukavemet değerine göre, %2.04 oranında; kuru haldeki değere göre %11.52 oranında düştüğü tespit edilmiştir.



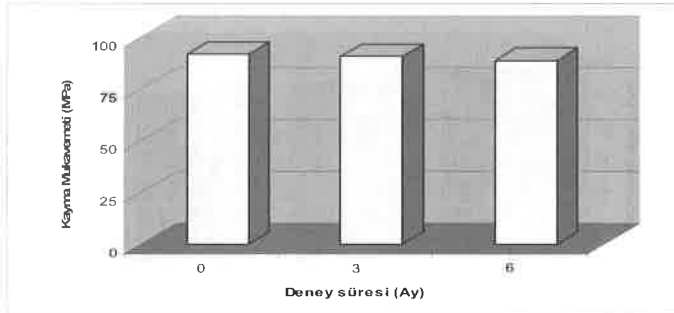
Şekil 8. Deney sonrası elde edilen çekme mukavemet değerleri.

Numunelerin basma mukavemet değerlerinin (X_c), numunelerin deniz suyu içerisinde kalma süresi arttıkça, düştüğü görülmüştür (Şekil 9).

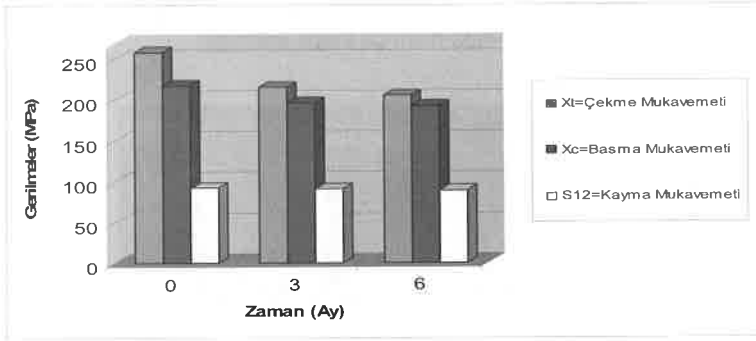


Şekil 9. Deney sonrası elde edilen basma mukavemet değerleri.

Numunelerin kayma mukavemet değerlerinin (S_{12}); deniz suyu içerisinde kalma süresine göre değişim değerleri Şekil 10' da gösterilmiştir. Tablo 2' den ve Şekil 10' dan da görüldüğü gibi kayma mukavemet değerleri arasındaki fark çok fazla olmamakla birlikte deniz suyunun bu değer üzerinde düşürücü etkisi olduğu görülmektedir. 3 ay deniz suyu içerisinde bekletilen numunelerin kayma mukavemet değerinin kuru halde elde edilen kayma mukavemet değerine göre %1.09 oranında bir düşüş olduğu tespit edilmiştir. Deniz suyu içerisinde 6 ay süre ile bekletilen numunelerin kayma mukavemet değerleri 3 aylık deniz suyu uygulamasında elde edilen kayma mukavemet değerine göre, % 2.20 oranında, kuru haldeki değere göre ise %3.26 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Numunelerin çekme, basma ve kayma mukavemet değerlerinin her üç aşamadan sonra elde edilen değerleri Şekil 11' de karşılaştırılmıştır. Numunelerin deniz suyu içerisinde kalma süreleri uzadıkça mukavemet değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 10. Deney sonrası elde edilen kayma mukavemet değerleri.



Şekil 11. Mukavemet değerleri açısından karşılaştırma.

3.3. Deniz Suyunun Malzemenin Modül Değerleri Üzerindeki Etkisi

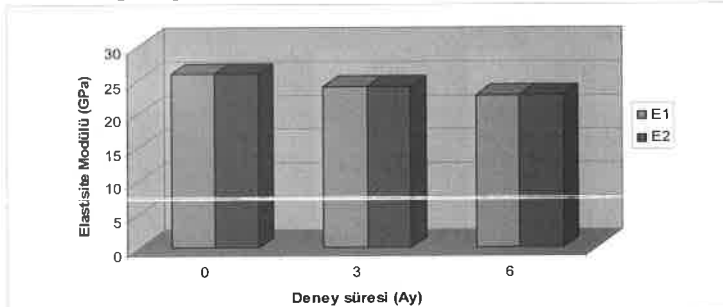
Hazırlanan numunelerin her aşama sonunda, elastisite ve kayma modülü değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen değerler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3. Tespit edilen elastisite ve kayma modülü değerleri.

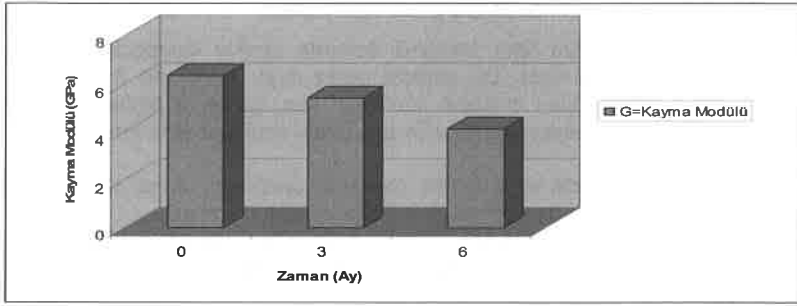
Deney Süresi	E ₁ (Elastisite Modülü) MPa	E ₂ (Elastisite Modülü) MPa	G (Kayma Modülü) MPa
0 ay	25900	25900	6323
3 ay	23970	23970	5402
6 ay	22700	22700	4119

Tablo 3 ve Şekil 12' de görüldüğü gibi en yüksek elastisite modül değeri kuru haldeki numunelerde elde edilirken; numunelerin deniz suyu içerisinde kalma süreleri arttıkça, elastisite modül değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Buna göre numunelerin 3 aylık deniz suyu uygulaması sonunda elde edilen elastisite modülü değerinin, kuru halde elde edilen elastisite modül değerine göre %7.45 oranında düştüğü tespit edilmiştir. Aynı şekilde 6 ay süre ile deniz suyu uygulamasına bırakılan numunelerin E₁ değerinin; 3 ay süre ile deniz suyu uygulamasına bırakılan numunelerden elde edilen E₁ değerine göre %5.30 oranında, kuru halde elde edilen değere göre ise %12.36 oranında düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 12).

Numunelerin kayma modülü (G) değerinin de, deniz suyu içerisinde kalma süresi arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. 3 ay süre ile deniz suyu içerisinde bekletilen numunelerin kayma modülü değerinin, kuru halde elde edilen kayma modülü değerine göre %14.57 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Deniz suyu içerisinde 6 ay süre ile bekletilen numunelerin kayma modülü değerleri, 3 aylık deniz suyu uygulaması sonunda elde edilen kayma modülü değerine göre, %23.75 oranında, kuru halde elde edilen değere göre %34.86 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 13).

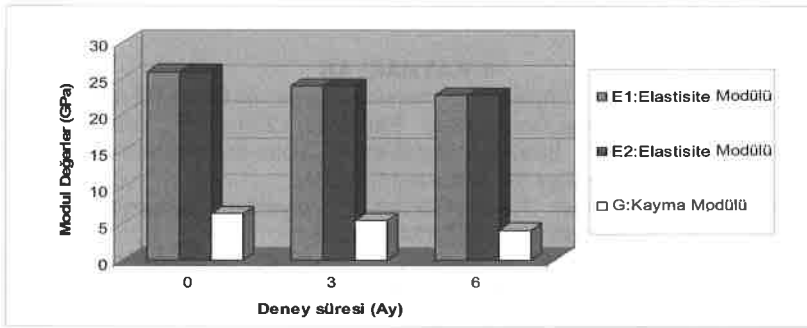


Şekil 12. Elastisite Modül değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 13. Kayma Modülünün deniz suyu bekletilme süresi ile değişimi.

Şekil 14' te kayma ve elastisite modüllerinin topluca karşılaştırması yer almaktadır.



Şekil 14. Malzemenin modül değerler açısından karşılaştırılması.

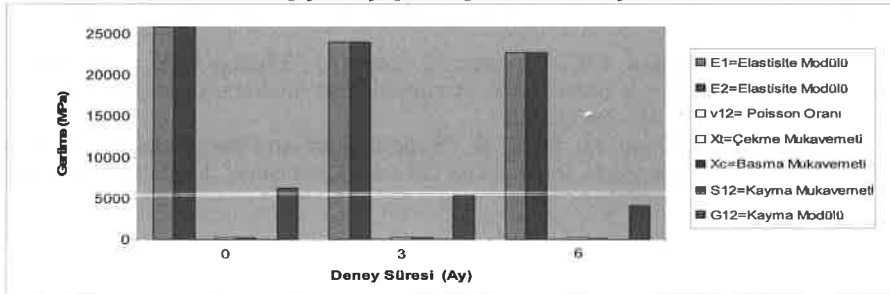
4. CAM FİBER TAKVİYELİ DOKUMA EPOKSİ PREPREG KOMPOZİT MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Tablo 1 'de verilen standartlara uygun olarak hazırlanan numunelerin kuru halde, 3 ay ve 6 ay süre ile deniz suyu bekletildikten sonra mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Bu tespitler tablo 4' te verilmiştir.

Tablo 4. Cam fiber takviyeli epoksi prepreg kompozit malzemenin mekanik özellikleri.

Deney süresi	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	ν_{12}	X _t (MPa)	X _c (MPa)	S ₁₂ (MPa)	G(MPa)
0	25900	25900	0,16	258	217	92	6323
3ay	23970	23970	0,16	215	196	91	5402
6ay	22700	22700	0,14	205	192	89	4119

Cam fiber takviyeli dokuma epoksi prepreg kompozit plakanın deniz suyu kalma süresine bağlı olarak mekanik özelliklerindeki değişimi aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 15. Mekanik özelliklerin karşılaştırılması

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada sekiz tabakalı cam fiber takviyeli dokuma epoksi kompozit prepregler üzerinde çevresel şartların etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla deniz suyu içerisinde 3 ay ve 6 ay süre ile bekletilen numunelerde tespit edilen mekanik özellikler, kuru şartlarda ölçülen mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışma ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Malzemenin kuru şartlarda elde edilen mekanik özellikleri, deniz suyu uygulamasından sonra elde edilen mekanik özelliklere göre daha yüksek çıkmıştır.
- Malzemenin poisson oranlarında çok fazla bir değişiklik gözlenmemiştir.
- Deniz suyu içerisinde kalma süresi uzadıkça, malzemenin mekanik özelliklerinin değerlerinde düşme olduğu tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma; 2021 nolu proje kapsamında Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) birimi tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ediyoruz.

6. KAYNAKLAR

- [1] Gellert, E.P. and Turley, D.M., Seawater Immersion Ageing of Glass-Fibre Reinforced Polymer Laminates For Marine Applications, Composites, Part A 30, 1259-1265, 1999.
- [2] Kootsookos, A., Mouritz, A.P., Seawater Durability of Glass-and Carbon-Polymer Composites, Composites Science and Technology 64, 1503-1511, 2004].
- [3] Gu, H., Behaviours of Glass Fibre/Unsaturated Polyester Composites Under Seawater Environment, Materials and Design 30, 1337-1340, 2009.
- [4] Maurin, R., Perrot, Y., Bourmaud, A., Davies, P., Baley, C., Seawater Ageing of Low Styrene Emission Resins For Marine Composites Mechanical Behaviour and Nano-Indentation Studies, Science Direct Composites, Part A, 2008.
- [5] Doğanay, S., Lif Takviyeli Marina Kompozitlerin Aşınma ve Yorulma Davranışının İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, Bursa, 2007.
- [6] Gu, H., Hongxia, S., Effect of Water Absorption on The Mechanical Properties of Glass/Polyester Composites, Materials and Design 28, 1647-1650, 2007.
- [7] Gu, H., Hongxia, S., Delamination Behaviour of Glass/Polyester Composites After Water Absorption, Materials and Design 29, 262- 264, 2008.
- [8] Gu, H., Dynamic Mechanical Analysis of The Seawater Treated Glass/Polyester Composites, Materials and Design, 2008.
- [9] Aldajah, S., Alawsı, G., Rahman, S.A., Impact of Sea and Tap Water Exposure on The Durability of GFRP Laminates, Materials and Design 30, 1835-1840, 2009.
- [10] Tsenoglou, C.J., Pavlidou, S., Papaspyrides, C.D., Evaluation of Interfacial Relaxation Due To Water Absorption in Fiber-Polymer Composites, Composites Science and Technology 66, 2855-2864, 2006.
- [11] Mouritz, A.P., Gellert, E., Burchill, P., Challis, K., Review of Advanced Composite Structures For Naval Ships and Submarines, Composite Structures 53, 21-41, 2001.
- [12] Okutan, B., Stress and Failure Analysis of Laminated of composite pinned joints, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık, İzmir, 2001.
- [13] Carlsson, L.A., Experimental Characterization of Advanced Composite Materials, Technomic publication, 1997.
- [14] Totry, E., Molina-Aldareguia, J.M., Gonzalez, C., Lorca, J., Effect of fiber, matrix and interface properties on the in-plane shear deformation of carbon-fiber reinforced composites, Composites Science and Technology 70, 970-980, 2010.
- [15] Kaptı, S., Sayman, O., Özen, M., Benli, S., "Experimental and Numerical Failure Analysis of Carbon/Epoxy Laminated Composite Joints under Different Conditions", Material & Design, 2010.