

DOĞA VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİNDE GÜNCEL TARTIŞMALAR

4

HİKMET Y. ÇOĞUN
ZEYNEL KARACAGİL
SUNA KIZILYILDIRIM



Bütün Yayın Hakları Saklıdır

Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

ISBN: 978-625-7799-55-3

1.Baskı

25 Haziran 2022

Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar 4

Türkçe ve İngilizce yayın hakları Bilgin Kültür Sanat Yayın Dağıtım Pazarlama Ltd. Şti.'e aittir. Fikir ve sanat eserleri yasası gereğince yazılı izin alınmadan kısmen ya da tamamen alıntı yapılamaz, hiçbir şekilde kopya edilemez, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

Editörler

Hikmet Y. ÇOĞUN

Zeynel KARACAGİL

Suna KIZILYILDIRIM

Yayınlayan

Engin DEVREZ

Bilgin Kültür Sanat Yayınları

Sertifika No: 20193

Selanik Cd. No: 68/10 06640 Kızılay / Ankara

Telefon: 0 (312) 419 85 67 – Fax: 0 (312) 419 85 68

<https://www.bilginyayinevi.com>



Contents

Kalenderleme Prosesi Kullanılarak Polivinil Klorür Karışımlarının Hazırlanması	7
Abdullah Tayyib AKÇAY.....	7
H. Aylin Karahan TOPRAKCI	7
Ozan TOPRAKCI.....	7
Modern Bir Ring İplikçilik İşletmesinde Elyaf ve İplik Hazırlık Süreçleri	12
Ahmet ZEYBEK.....	12
Kuyumculukta Değerli Metal Kaplama Teknikleri Kullanımı ve Yeni Ürün Karakterizasyonu.....	24
Alaaddin GÜNDEŞ.....	24
Mehmet Hakan MORÇALI	24
Erkan TUĞRAL.....	24
Alpaslan II Hidroelektrik Santralinde Bara Gerilimi Regülasyonu	30
Arif KESİK.....	30
Altuğ BOZKURT	30
Trafik Sinyalizasyon Gecikmeleri ile Trafik Akımları Arasındaki İlişki.....	40
Ayşenur HİSAR.....	40
Mesut TİĞDEMİR.....	40
Yolo V4 ile Sahadaki Personelin Yelek Tespiti	56
Bilal GÜREVİN.....	56
Sema EĞRİ	56
Ramazan GÜL.....	56
Furkan GÜLTÜRK	56
Muhammed YILDIZ.....	56
Abdalrhman ALQUAARY.....	56
Literatür Araştırması	57
5G Uygulamaları için Milimetre Dalga Anten Tasarımları Üzerine Bir İnceleme	66
Cem GÜLER.....	66
Sena Esen BAYER KESKİN.....	66
5G Uygulamaları için Milimetre Dalga Yama Anten Tasarımı	84
Cem GÜLER.....	84
Sena Esen BAYER KESKİN.....	84
Krom Stresine Maruz Kalan Aspir (Carthamus tinctorius L.) Çeşitlerinde Bazı Yağ Asitleri Dönüştürücü Genlerin Ekspresyon Analizleri	95
Ekrem BÖLÜKBAŞI.....	95
Bursa Uludağ Üniversitesi'nde Katı Atık Karakterizasyonu ve Geri Dönüşüm Potansiyelinin Belirlenmesi	110
Ezgi GÖZEN	110
N.Kamil SALİHOĞLU	110

Nötr Akımın Dengesiz Yükler ve Harmonikler ile Etkileşimi.....	128
Faruk KÜRKER.....	128
Biyel Kollarına Uygulanan Isıl İşlem Parametrelerinin Yapıya ve Mekanik Özelliklere Etkilerinin Araştırılması.....	135
Onur Cihan BOYUNEGMEZ.....	135
Gizem KARABULUT.....	135
Nuray BEKÖZ ÜLLEN.....	135
Motor Yataklama Elemanlarında Isıl İşlem Uygulamalarının Yüzey ve İç Yapı Karakteristiğine Etkisi.....	146
Onur Cihan BOYUNEGMEZ.....	146
Gizem KARABULUT.....	146
Nuray BEKÖZ ÜLLEN.....	146
2024 ve 7075 Alüminyum Alaşımlarında Kaynak İşlemleri ve Özelliklere Etkisi.....	158
İlayda TÜRKMAN.....	158
Selin AK.....	158
Gizem KARABULUT.....	158
Nuray BEKÖZ ÜLLEN.....	158
Fıstık Kabuğundan Elde Edilen Aktif Karbonun Morfolojik, Yapısal Ve Yüzey Alanı Özelliklerinin İncelenmesi.....	171
Hacer DOLAŞ.....	171
DD13 Kalite Sac Levha Üzerine Tva Yöntemi ile Çinko Selenyum Kaplamanın Korozyon Etkisi.....	180
Hafızittin Hakan YUDAR.....	180
Suat PAT.....	180
Otomotiv Parçaları İçin Alt Tabaka Olarak Sac Üzerindeki Çinko Nano Kaplamanın Korozyon Davranışı.....	186
Hafızittin Hakan YUDAR.....	186
Suat PAT.....	186
Ankastre Fırın Taşıyıcı Elemanlarında Frekans Analizleri ve Geometrik Optimizasyonu.....	192
Halit AKDOĞAN.....	192
Hamdi TAPLAK.....	192
19 Mayıs 2011 Simav Depremi ($M_w=5.9$) Öncesi ve Sonrası Coulomb Gerilme Değişimleri.....	199
Hatice DURMUŞ.....	199
Examining the Factors Affecting Travel Behaviour: Literature Review.....	211
Zeliha YAPICI.....	211
İrem AYHAN SELÇUK.....	211
Yalın, Katmanlar Arası ve Katman İçi Açılı Cam/Karbon Karma Kompozitlerin Çekme Yükü Altındaki Davranışları.....	222

Mehmet Çağrı TÜZEMEN.....	222
Antik Tahıllar ve Günümüzdeki Kullanım Alanları.....	231
Mehmet KÖTEN.....	231
Ali Mücahit KARAHAN	231
Mustafa SATOUF	231
Suriye'de Tüketilen Besleyici Özel Bir Yemek: Falafel.....	256
Mustafa SATOUF.....	256
Mehmet KÖTEN.....	256
Ali Mücahit KARAHAN	256
Mermer Blok Üretiminde Kullanılan Zincirli Kollu Kesme Makinesinin Maliyetinin Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Yöntemi İle Değerlendirilmesi: Bir Uygulama	263
Merve KARAABAT VAROL.....	263
M.Saim SARAÇ.....	263
Merve YILDIZ.....	272
Oğuzhan YILMAZ	272
Resnet50 ve Xception Derin Öğrenme Modellerinin Diyabetik Retinopati'nin Derecelendirilmesindeki Başarı Seviyelerinin Karşılaştırılması.....	280
Muhammed Akif Yenikaya	280
Erdal Güvenoğlu	280
Termoelektrik Güvenlik Sistemi	290
Özge BAKAR.....	290
Raşit AHISKA	290
Makine Öğrenmesi Topluluk Sınıflandırma Modeli Kullanarak Meme Kanseri ve Tiroid Kanseri Arasındaki İlişkinin Gösterilmesi.....	300
Pınar Karadayı Ataş	300
Duygu Kırkık	300
Demiryollarında Travers Geometrisinin Yük Transferine Etkisi.....	308
Sait GÜL.....	308
Mesut TİĞDEMİR.....	308
CuO Katkılı Nanolif Yapıların Üretimi ve Karakterizasyonu.....	317
Özlem ERDEM YILMAZ.....	317
Haberleşme Sistemleri için Farklı Yama Şekilleri ile Mikroşerit Anten Tasarımlarının Karşılaştırılması.....	324
Serdal KARAHAN	324
Ahmet Arif ULUSLU.....	324
Iatf 16949:2016 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi ve Yalın Yönetim Üzerine Bir Kıyaslama Çalışması.....	342
Atakan GERGER	342

Veri Madenciliği Algoritmalarının Sağlık Verileri Üzerinde Karşılaştırılması.....	363
Abdullah BAYKAL	363
Cengiz COŞKUN.....	363
Yapıştırıcılar ve Yapıştırıcıların Genel Özellikleri	373
Nürettin AKÇAKALE.....	373
Yeraltısuyu Akış Modellemesinin Hazırlık Ve Dizayn Aşamaları	389
İbrahim İskender SOYASLAN	389
Yeraltısuyu Kirlilik Mekanizması, Etüt ve İyileştirme Çalışmalarının İncelenmesi.....	401
İbrahim İskender SOYASLAN	401
Mikroalglerde Allelopati	413
Gamze DOĞDU	413
Covid-19 Pandemisinin Türkiye’deki Konut Tasarımı Üzerine Etkisi.....	431
Ali Rıza PARSA.....	431
Setenay DEMİR	431
Ti-6Al-4V’nin Frezelenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi	445
İnayet Burcu TOPRAK	445
Oğuz ÇOLAK	445
Mustafa BAYHAN	445
Tasarım Kabiliyeti Ve İnovasyon: Gelişmekte Olan Ülkelerin Teknoloji Takipçisi Firmaları Nasıl İnovasyon Yapmalı?.....	453
Bilgen Tuncer Manzakoğlu.....	453

Yalın, Katmanlar Arası ve Katman İçi Açılı Cam/Karbon Karma Kompozitlerin Çekme Yükü Altındaki Davranışları

Mehmet Çağrı TÜZEMEN¹

Giriş

Elyaf takviyeli polimer kompozitler yüksek özgül dayanımları sayesinde rüzgâr türbinleri, demiryolları, otomotiv, denizcilik, havacılık ve uzay alanlarında sıklıkla tercih edilmektedir (al Faruque vd., 2021: 1; Jesthi ve Nayak, 2019: 467; Yalkın vd., 2020: 2999). En sık kullanılan elyaflardan biri olan cam elyaf görece ucuz ancak özgül dayanımı da daha düşük iken, karbon elyaf daha pahalı ancak özgül dayanımı da daha yüksektir. Bu nedenlerden dolayı cam veya karbon elyaf takviyeli kompozitlerin kullanım alanları sınırlanmaktadır. Ancak karma kompozitler sayesinde kullanılan cam ve karbon oranına göre maliyet ve dayanım açısından uygun kompozitler üretilmektedir.

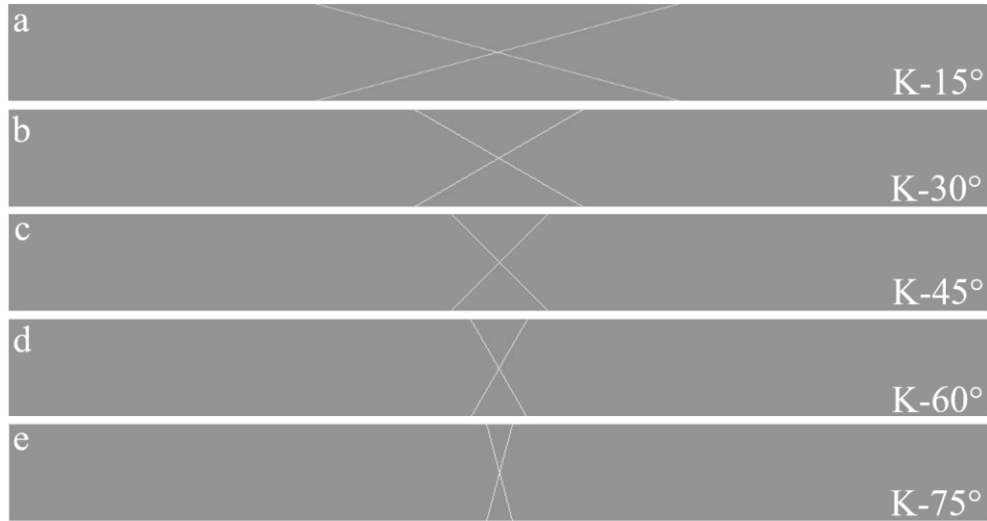
Elyaf takviyeli polimer karma kompozitler katmanlar arası veya katman içi olabilmektedir (Bakhori vd., 2022: 5; R. Yan vd., 2020: 2-3). Katmanlar arası karma kompozitler yapı boyunca çeşitli katmanlarda çeşitli elyafların bulunduğu kompozitlerdir. Ancak bu tür kompozitlerde bir katmanda sadece bir çeşit elyaf bulunur. Elyaf lar ise katmanlarda simetrik ve simetrik olmayan şekillerde yerleştirilebilmektedir (Nayak vd., 2021: 2246-2247; Zafar ve Nair, 2021: 5). Katman içi karma kompozitlerde ise yapı boyunca belirli bir katmanda farklı elyaflar kullanılabilir. Örgü, boylamasına veya karışık olarak katman içi karma kompozitler oluşturulabilmektedir (Hashim vd., 2019: 447; Rajpurohit vd., 2020: 4; Yu vd., 2015: 36). Karma kompozitlerde takviye elemanı olarak cam, karbon, aramit ve doğal elyaflar gibi çeşitli elyaflar kullanılabilir (Azimpour-Shishevan vd., 2020: 2581; Bazan vd., 2021: 2; Ouarhim vd., 2020: 2). Kullanılan her bir elyaf yapıya farklı bir özellik katmaktadır. Karbon elyaf takviyeli kompozitler daha yüksek sertliğe, daha fazla yük taşıma kapasitesine, çok iyi yorulma ve kimyasal direncine sahiptir (Belingardi vd., 2006: 223-224; Cousin vd., 2019: 3651; Shan ve Liao, 2002: 848; Xian vd., 2021: 2813). Cam elyaf takviyeli kompozitler ise daha yüksek uzama sayesinde hasara karşı daha yüksek dayanıklılığa, oldukça iyi ısı yalıtımına, kimyasal dirence ve elektrik yalıtımına sahiptir (Belingardi vd., 2006: 222-224; X. Yan ve Cao, 2018: 363). Karma kompozitler ile ilgili çalışmalarda bu iki elyaf türü gerek katmanlar arası gerek katman içi karma kompozitlerde yapının her yerinde kullanıldığından ihtiyaç duyulmayan özelliklerin de yapının tamamında var olması durumu oluşmaktadır. Bu kullanım şekli maliyet artışına da neden olabilmektedir. Bu olumsuzluklar civatalı veya yapıştırma bağlantılı kompozitler ile aşmaya çalışılmıştır. Ancak bağlantılı kompozitler kullanım kısıtlaması veya dayanım azalması gibi sorunları beraberinde getirmektedir. Oysa bölgesel katman içi karma kompozit yaklaşımı ile işlevsel karma kompozitlerin yapımı mümkün olacaktır. Böylece tek parça üretilecek bir yapının veya makine parçasının bir bölgesinde istenen özelliklere uygun olarak daha dayanıklı, daha yüksek yorulma direncine ve sertliğe sahip, radyo frekansı yalıtkan, elektrik ve ısı iletken karbon elyaf kullanılabilirken diğer bölgesinde ise daha ucuz, radyo frekansı geçirgen, elektrik ve ısı yalıtkan olan cam elyaf kullanılabilir. Böylece bir bütün olarak tek parçadan üretilen ve farklı bölgelerinde farklı özellikleri barındırabilen işlevsel karma kompozitler oluşturulabilir.

¹ Mehmet Çağrı TÜZEMEN, Arş. Gör. Dr., Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-1746-2864

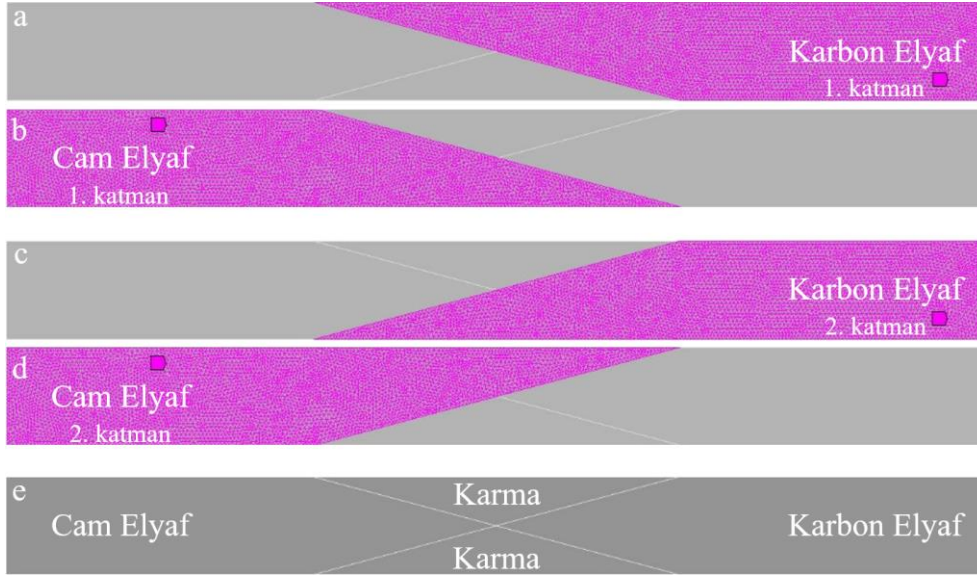
Bu çalışmada bölgesel olarak açılı bir şekilde karma yapılmış katman içi işlevsel cam/karbon elyaf kompozitlerin mekanik özellikleri sonlu elemanlar analizi yöntemi ile çekme yükü altında incelenmiştir. Yalın ve katmanlar arası karma kompozitlerin de analizi yapılarak bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın amacı fonksiyonel karma kompozitlerin yük altındaki davranışlarının belirlenmesidir.

Yöntem

Bu çalışmada malzeme olarak tek yönlü cam ve karbon elyaf/epoksiler seçilmiştir. Analizlerde kullanılan cam elyaf/epoksinin çekme dayanımı ve elastisite modülü sırasıyla 780 MPa ve 35 GPa iken, karbon elyaf/epoksinin ise sırasıyla 1632 MPa ve 123,34 GPa'dır. Katman içi karma kompozit numunelerin üstten görünüşü numune kodlamaları ile Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu numuneler Şekil 2'de elyafları renklendirilmiş olarak gösterilen K-15° numunesindeki gibi ilk katmanda bir tarafta karbon elyaf (Şekil 2a) diğer tarafta cam elyaf (Şekil 2b) olacak şekilde tasarlanmıştır. İkinci katmanda ise açılı kesilmiş birleşim yerlerinden iç içe geçecek şekilde yine bir tarafta karbon elyaf (Şekil 2c) diğer tarafta cam elyaf (Şekil 2d) olacak şekilde modellenmiştir. Böylece iki katman oluşturulmuş ve bu katmanlar tekrarlanarak toplam dört katmanlı (Şekil 2e) yapı elde edilmiştir. Açılı birleşim bölgesinde karma kompozit yapı oluşturulurken, geri kalan yapının bir tarafı yalnızca cam elyaftan diğer tarafı ise yalnızca karbon elyaftan oluşan fonksiyonel karma kompozit yapı tasarlanmış olur. Katmanlar arası karma numune (K-Cam/Karbon) ise bir kat cam elyaf bir kat karbon elyaf olacak şekilde tasarlanmıştır. Karma kompozitlerin dışında yalın cam elyaf (Y-Cam) ve yalın karbon elyaftan (Y-Karbon) oluşan diğer numuneler de toplamda dört katman olarak tasarlanmıştır.



Şekil 1. Katman içi karma kompozitlerin tasarımı ve kodlama sistemi a) K-15°, b) K-30°, c) K-45°, d) K-60° ve e) K-75°

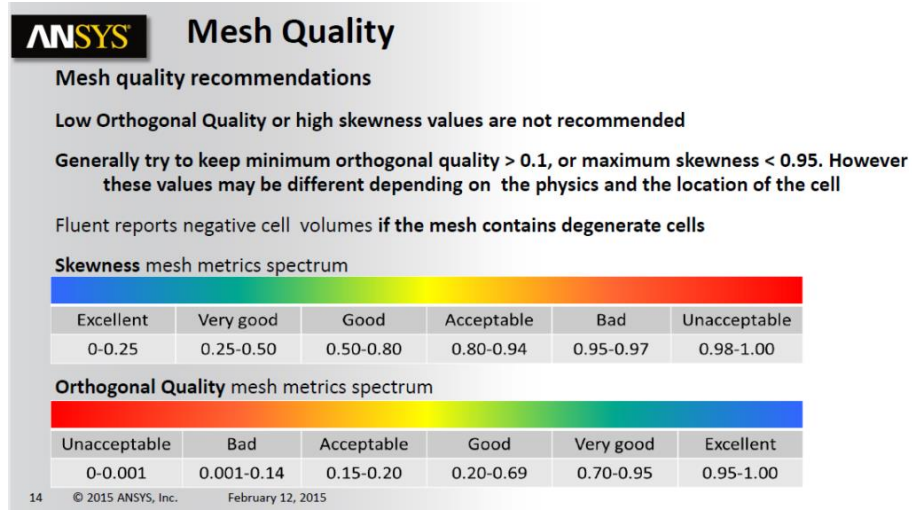


Şekil 2. Katman içi karma kompozitin katman tasarımları a) 1. katmandaki karbon elyaf, b) 1. katmandaki cam, c) 2. katmandaki karbon elyaf, d) 2. katmandaki cam elyaf ve e) fonksiyonel katman içi karma kompozit

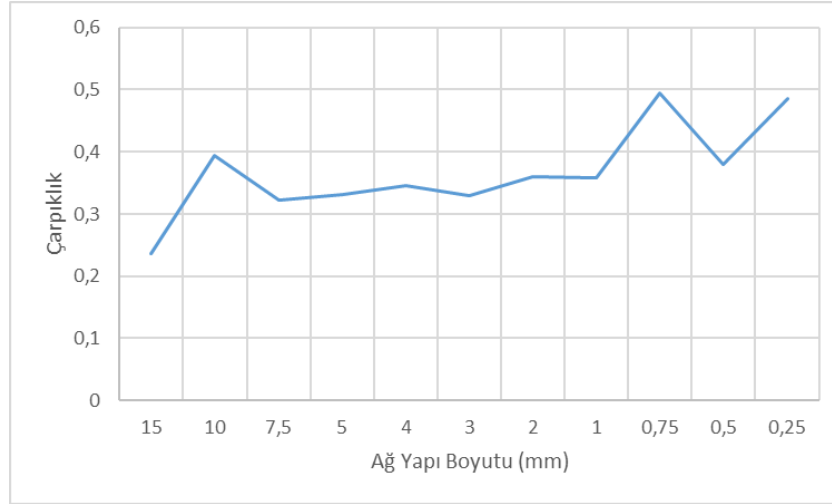
Sonlu elemanlar analizi için Ansys programı kullanılmıştır. Tasarımlar spaceclaim ile kabuk eleman olarak oluşturulmuş ve çalışma alanına (workbench) aktarılmıştır. Oluşturulan modellerin uzunluğu ve genişliği ASTM D3039/D3039M (Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials) ile uyumlu olacak şekilde sırasıyla 250 mm ve 25 mm'dir (A.S.T.M., 2008). Burada ACP Pre modülü ile katmanlar oluşturulmuştur. Kompozit plakalar dört katman olacak şekilde tasarlanmıştır. Her bir katmanın kalınlığı 0,2 mm olup toplam kalınlık 0,8 mm'dir. Tek yönlü elyafların yönelimleri kuvvet doğrultusunda olacak şekilde tasarlanmıştır. Oluşturulan model yapısal statik modülüne aktarılmıştır. Burada modeller üzerinde ağ yapı oluşturulmuştur. Ağ yapı için üçgenler metodu ve karesel unsur sıralaması uygulanmıştır. Sonrasında oluşturulan ağ yapı üzerinde bir kademe düzeltme yapılmıştır. Daha sonra ise ağ yapı boyut çalışmaları yapılarak çözüm süresi de dikkate alınarak en iyileştirme çalışmaları tamamlanmıştır. Modellerde yaklaşık olarak 16000 unsur ve 32000 düğüm noktası bulunmaktadır. Modele bir ucundan ötelemeye ve dönmeye karşı sabit mesnetleme yapılırken diğer ucundan dönmeye karşı mesnetleme yapılmış ve eksenel kuvvet uygulanmıştır. Oluşturulan modellere Tsai-Wu hasar ölçütü uygulanarak analiz sonuçları elde edilmiştir.

Bulgular

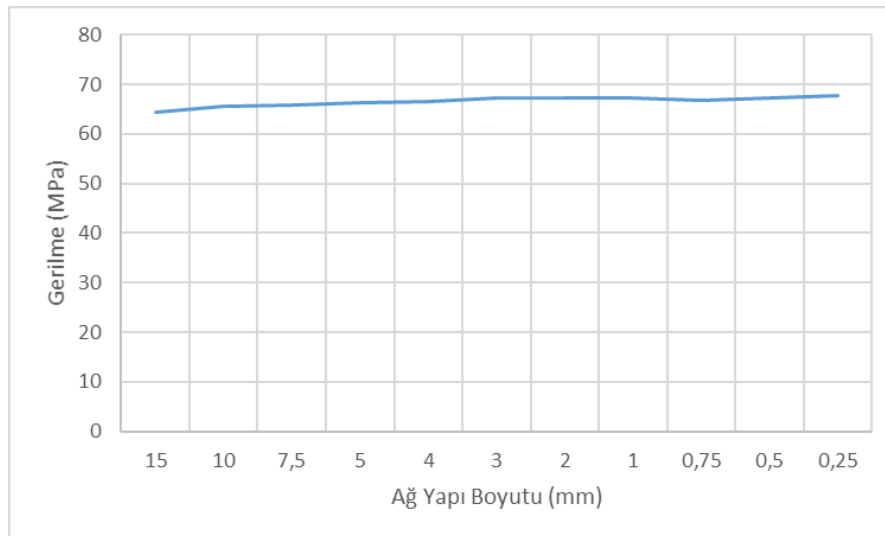
Ağ yapının uygunluğu görmek için çeşitli ölçüler vardır. Çarpıklık (skewness) da ağ yapının kalitesini gösteren önemli bir ölçüdür. Çarpıklığın ölçek aralıkları Şekil 3'te verilmiştir (Adam vd., 2020: 63). Buna göre kabul edilebilir çarpıklık değeri 0,95'in altında olan değerlerdir. Modeller üzerinde oluşturulan ağ yapı boyutunun çarpıklığa olan etkisi Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde oluşturulan ağ yapı boyutunun aşırı küçültülmesinin çarpıklığa olumsuz etki edebildiği görülmüştür. Ayrıca oluşturulan ağ yapıların en yüksek çarpıklık değerinin 0,5'in altında kalarak Şekil 3'te gösterilen ölçeğe göre "çok iyi" aralığında olduğu görülmüştür. Ağ yapı boyutunun model üzerinde oluşan gerilimde yakınsama sağlanması da sonuçların ağ yapıdan bağımsız olması açısından önemli bir noktadır. Ağ yapı boyutu ile gerilme arasındaki ilişki Şekil 5'te verilmiştir. Burada da ağ yapı boyutunun belli bir değerden sonra gerilmeyi neredeyse hiç etkilemediği görülmüştür.



Şekil 3. Ağ yapısı kalitesinin ölçekleri (Adam vd., 2020)

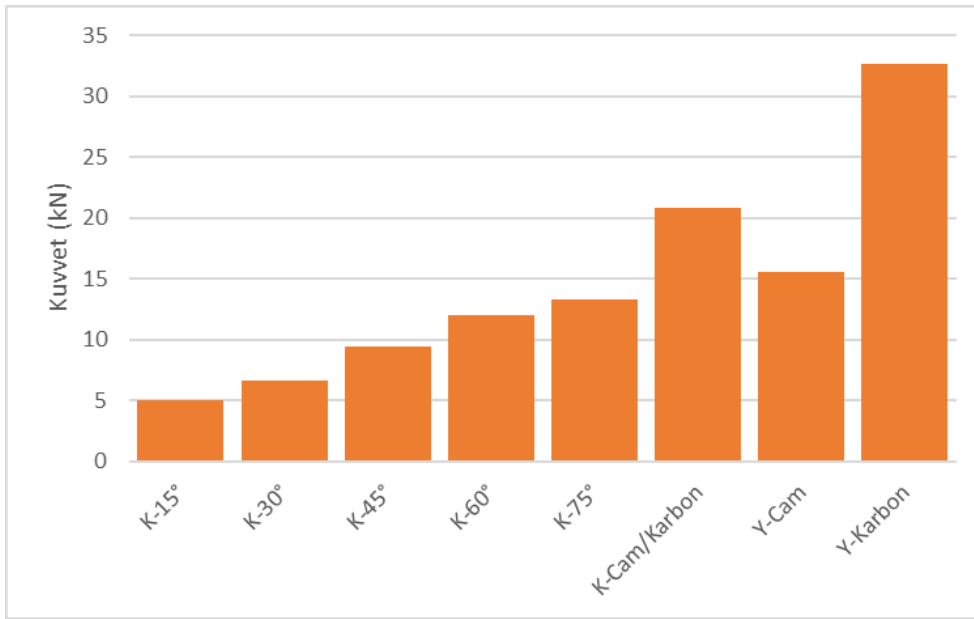


Şekil 4. Ağ yapısı boyutuna göre yapıda oluşan en yüksek çarpıklık değerleri



Şekil 5. Ağ yapısı boyutuna bağlı yapıdaki en yüksek gerilmeler

Yalın, katmanlar arası ve katman içi karma kompozitlerin çekme yükü altında ilk hasar aldıkları kuvvetler Şekil 6'da verilmiştir. Cam elyaf takviyeli yalın kompozit numune 15,60 kN kuvvete dayanabilirken karbon elyaf takviyeli yalın kompozit numune ise 32,64 kN kuvvete dayanabilmiştir. Cam/karbon elyaf takviyeli katmanlar arası karma kompozit numune ise beklenildiği üzere bu ikisinin arasında bir değer olan 20,84 kN'luk bir kuvvet sonrasında hasar almıştır. Katman içi karma kompozitlere bakıldığında ise açı arttıkça dayanabildiği kuvveti arttığı görülmüştür. Elyafın birbiri içine geçtiği açının 15° olduğu numune de kuvvet 5,04 bulunurken, 75° açı ile oluşturulan numunede bu değer %164 artarak 13,29 kN olarak bulunmuştur. Katman içi karma numuneler diğer numunelere kıyaslandığında daha düşük kuvvetlerde hasar almıştır. Bunun nedeni bu numunelerde bir katmanı iki farklı elyafın oluşturmasından dolayı birleşme noktalarında elyaf süreksizliğinin oluşmasıdır. Yalın ve katmanlar arası karma numunelerde ise kuvvet doğrultusunda bütün katmanlarda tek bir elyaf kullanılmıştır. Dolayısıyla numune boyunca elyaf sürekliliği bulunmaktadır. K-75° numunesi Y-Cam numuneye kıyasla yalnızca %14,8 oranında daha düşük çekme kuvvetine dayanabilmiştir. Et kalınlığının numune boyunca sabit ve tek parça kalmasını sağlayabilecek eğik bağlantılı yapıştırmalı kompozitlerle ilgili yapılan çalışmada bu düşüş yaklaşık %27 olarak bulunmuştur (Hyeon-Seok vd., 2020: 291-292). Elde edilen sonuçlar sunulan yeni işlevsel karma yönteminin mekanik özelliklerden makul oranlarda kayıpla uygulanabilir olduğunu göstermektedir.



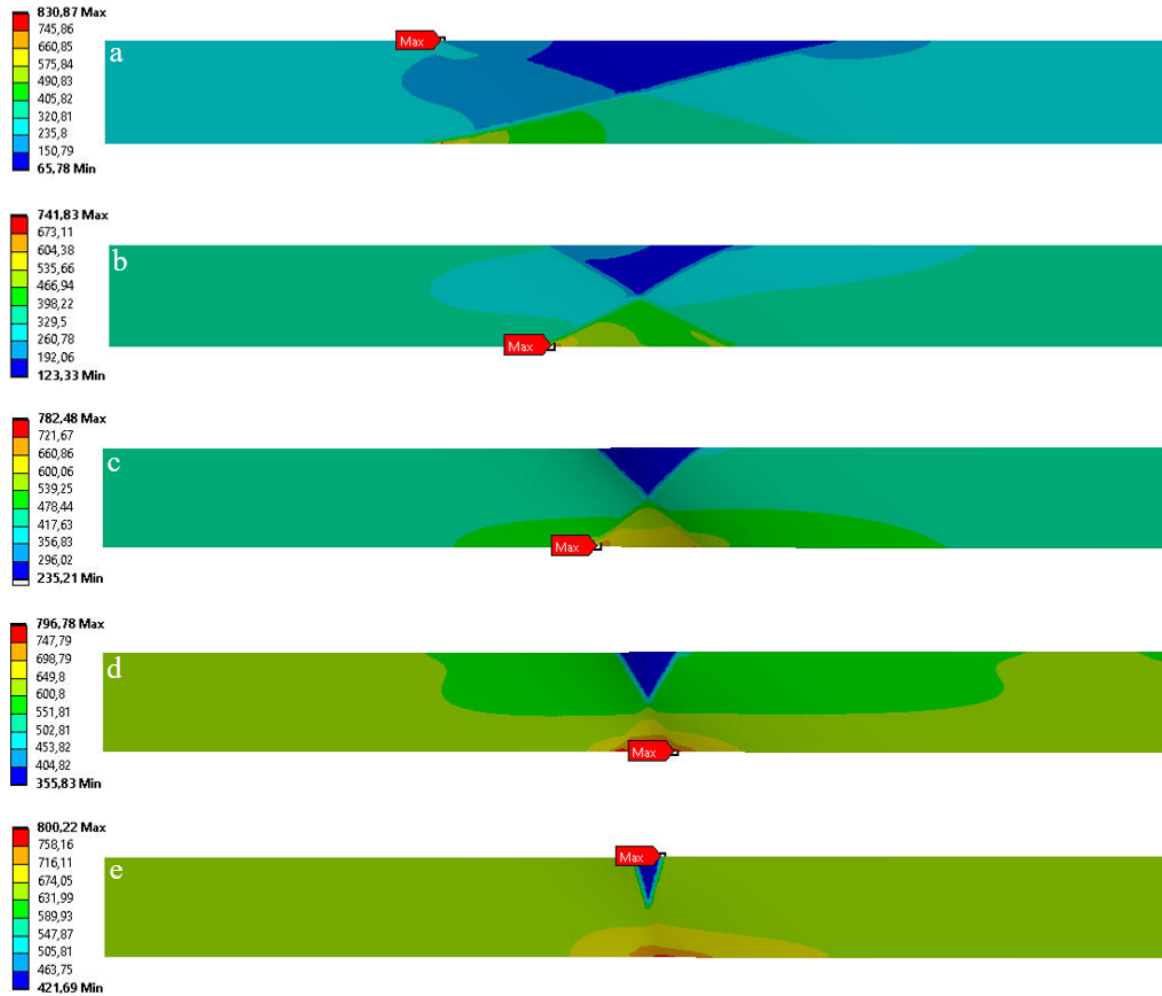
Şekil 6. Tsai-Wu ölçütüne göre ilk hasarı oluşturan çekme kuvvetleri

Şekil 6'da verilen yükler altında numunelerde oluşan gerilme, gerinim ve deformasyonlar Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, sürekli elyaflara sahip karbon elyaf takviyeli yalın ve katmanlar arası karma kompozit numunelerde diğerlerine oranla yaklaşık iki kat daha fazla gerilme olduğu gözlemlenmiştir. Cam elyaf yalın ve katman içi karma kompozitlerin ise birbirine yakın değerler verdiği görülmüştür. Katman içi karma kompozitlerde gerinim ve deformasyon değeri genel olarak açı arttıkça açmaktadır. Karma kompozitlerde gerinim değerleri cam ve karbon yalın kompozitlerin arasında bulunmuştur. Katman içi karma kompozitlerde elyaf süreksizliğinden dolayı daha düşük kuvvetlerde hasar aldığı için deformasyon sonuçlarının da daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

Tablo 1– Numunelerde oluşan gerilme, gerinim ve deformasyonlar

Kod	Gerilme (MPa)	Gerinim (mm/mm)	Deformasyon (mm)
K-15°	831	0,0172	1,23
K-30°	742	0,0186	1,48
K-45°	782	0,0223	2,14
K-60°	797	0,0247	2,73
K-75°	800	0,0247	3,03
K-Cam/Karbon	1627	0,0165	3,29
Y-Cam	780	0,0266	5,57
Y-Karbon	1632	0,0165	3,31

Katman içi karma kompozitlerde oluşan gerilmeler incelendiğinde en yüksek gerilmelerin birleşim noktalarında olduğu görülmüştür (Şekil 7). Elyaf süreksizliği ve keskin köşelerin varlığı en yüksek gerilmelerin o bölgelerde oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir. Yapı üzerindeki gerilme dağılımına bakıldığında elyaf süreksizliğinin olduğu bölgelerde sert değişimler gözlenirken yapının geri kalanında daha yumuşak geçişlerin olduğu görülmüştür. Ayrıca en yüksek gerilmelerin köşelerde olması keskin uçların olumsuz etkisini göstermektedir.



Şekil 7. Katman içi karma kompozitlerde oluşan gerilmeler a) K-15°, b) K-30°, c) K-45°, d) K-60° ve e) K-75°

Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada birbiri içine açılı bir şekilde yerleştirilmiş katman içi karma kompozitlerin çekme yükü altında davranışları sonlu elemanlar analizi yöntemi ile incelenmiştir. Bunların yanı sıra yalın cam, yalın karbon ve katmanlar arası karma kompozitler de analiz edilerek ilk hasar kuvveti ve bu kuvvet altındaki gerilme, gerinim ve toplam deformasyon değerleri karşılaştırılmıştır. Katman içi karma kompozitlerde daha yüksek kuvvetlere dayanamamasındaki en büyük etkenin elyaf süreksizliği olduğu düşünülmektedir. Yalın cam elyaf kompozitle karşılaştırıldığında K-75° numunesinin yalnızca %14,8 oranında daha düşük çekme kuvvetine dayanarak fonksiyonel karma kompozitlerin tasarlanmasının mümkün olduğu görülmüştür. Dolayısıyla birleşik yüklere ve/veya farklı ortam şartlarına maruz kalan ve tek parça üretilmesi gereken bir yapının bir bölgesinde istenen özelliklere uygun olarak daha dayanıklı, daha yüksek yorulma direncine ve sertliğe sahip, radyo frekansı yalıtkan, elektrik ve ısı iletken karbon elyaf kullanılabilirken diğer bölgesinde ise daha ucuz, radyo frekansı geçirgen, elektrik ve ısı yalıtkan olan cam elyaf kullanılabilir.

Teşekkürler

Sonlu elemanlar analizinde sağlamış olduğu destekten dolayı Gazi Üniversitesine teşekkür ederim.

Kaynakça

Adam, N. M., Attia, O. H., Al-Sulttani, A. O., Mahmood, H. A., As'array, A., ve Rezali, K. A. M. (2020). Numerical Analysis for Solar Panel Subjected with an External Force to Overcome Adhesive Force in Desert Areas. *CFD Letters*, 12(9), 60–75. <https://doi.org/10.37934/CFDL.12.9.6075>

al Faruque, M. A., Salauddin, M., Raihan, M. M., Chowdhury, I. Z., Ahmed, F., ve Shimo, S. S. (2021). Bast Fiber Reinforced Green Polymer Composites: A Review on Their Classification, Properties, and Applications. *Journal of Natural Fibers*. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1958431>

Azimpour-Shishevan, F., Akbulut, H., ve Mohtadi-Bonab, M. A. (2020). Mechanical and Thermal Properties of Carbon/Basalt Intra-ply Hybrid Composites. I. Effect of Intra-ply Hybridization. *Fibers and Polymers* 2020 21:11, 21(11), 2579–2589. <https://doi.org/10.1007/S12221-020-9843-6>

Bakhori, S. N. M., Hassan, M. Z., Bakhori, N. M., Jamaludin, K. R., Ramlie, F., Daud, M. Y. M., ve Aziz, S. A. (2022). Physical, Mechanical and Perforation Resistance of Natural-Synthetic Fiber Interply Laminate Hybrid Composites. *Polymers* 2022, Vol. 14, Page 1322, 14(7), 1322. <https://doi.org/10.3390/POLYM14071322>

Bazan, P., Nosal, P., Wierzbicka-Miernik, A., ve Kuciel, S. (2021). A novel hybrid composites based on biopolyamide 10.10 with basalt/aramid fibers: Mechanical and thermal investigation. *Composites Part B: Engineering*, 223, 109125. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2021.109125>

Belingardi, G., Cavatorta, M. P., ve Frasca, C. (2006). Bending fatigue behavior of glass–carbon/epoxy hybrid composites. *Composites Science and Technology*, 66(2), 222–232. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSCITECH.2005.04.031>

Cousin, P., Hassan, M., Vijay, P. v., Robert, M., ve Benmokrane, B. (2019). Chemical resistance of carbon, basalt, and glass fibers used in FRP reinforcing bars. *Journal of Composite Materials*, 53(26–27), 3651–3670. <https://doi.org/10.1177/0021998319844306>

Hashim, N., Majid, D. L. A., Mahdi, E. S., Zahari, R., ve Yidris, N. (2019). Effect of fiber loading directions on the low cycle fatigue of intraply carbon-Kevlar reinforced epoxy hybrid composites. *Composite Structures*, 212, 476–483. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUCT.2019.01.036>

Hyeon-Seok, C., Byeong-Su, K., Seong-Min, P., Viet-Hoai, T., Young-Woo, N., ve Jin-Hwe, K. (2020). Tensile strength of composite bonded scarf joint in various thermal environmental conditions. *Advanced Composite Materials*, 29(3), 285–300. <https://doi.org/10.1080/09243046.2019.1710679>

Jesthi, D. K., ve Nayak, R. K. (2019). Improvement of mechanical properties of hybrid composites through interply rearrangement of glass and carbon woven fabrics for marine application. *Composites Part B: Engineering*, 168, 467–475. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2019.03.042>

Nayak, S., Nayak, R. K., ve Panigrahi, I. (2021). Improvement of Low-Velocity Impact and Abrasive Wear Resistance of Carbon/Glass Fiber-Reinforced Polymer Hybrid Composites. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 74(9), 2245–2254. <https://doi.org/10.1007/S12666-021-02318-2/TABLES/3>

Ouarhim, W., Essabir, H., Bensalah, M. O., Rodrigue, D., Bouhfid, R., ve Qaiss, A. el kacem. (2020). Hybrid composites and intra-ply hybrid composites based on jute and glass fibers: A comparative study on moisture absorption and mechanical properties. *Materials Today Communications*, 22, 100861. <https://doi.org/10.1016/J.MTCOMM.2019.100861>

Rajpurohit, A., Joannès, S., Singery, V., Sanial, P., ve Laiarinandrasana, L. (2020). Hybrid Effect in In-Plane Loading of Carbon/Glass Fibre Based Inter- and Intraply Hybrid Composites. *Journal of Composites Science* 2020, Vol. 4, Page 6, 4(1), 6. <https://doi.org/10.3390/JCS4010006>

Shan, Y., ve Liao, K. (2002). Environmental fatigue behavior and life prediction of unidirectional glass–carbon/epoxy hybrid composites. *International Journal of Fatigue*, 24(8), 847–859. [https://doi.org/10.1016/S0142-1123\(01\)00210-9](https://doi.org/10.1016/S0142-1123(01)00210-9)

Standard, A. S. T. M. (2008). Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials. ASTM D3039/DM3039

Xian, G., Guo, R., Li, C., ve Hong, B. (2021). Effects of rod size and fiber hybrid mode on the interface shear strength of carbon/glass fiber composite rods exposed to freezing-thawing and outdoor environments. *Journal of Materials Research and Technology*, 14, 2812–2831. <https://doi.org/10.1016/J.JMRT.2021.08.088>

Yalkın, H. E., Karakuzu, R., ve Alpyıldız, T. (2020). Experimental and numerical behaviors of GFRP laminates under low velocity impact. *Journal of Composite Materials*, 54(21), 2999–3007. <https://doi.org/10.1177/0021998320906871>

Yan, R., Zhang, Q., Shi, B., Qin, Z., Wei, S., ve Jia, L. (2020). Investigating the integral-structure of HRBP/CHP/CF consisting of non-woven flexible inter/intra-ply hybrid composites: Compression, puncture-resistance, electromagnetic interference shielding effectiveness. *Composite Structures*, 248, 112501. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUCT.2020.112501>

Yan, X., ve Cao, S. (2018). Structure and interfacial shear strength of polypropylene-glass fiber/carbon fiber hybrid composites fabricated by direct fiber feeding injection molding. *Composite Structures*, 185, 362–372. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUCT.2017.11.037>

Yu, H., Longana, M. L., Jalalvand, M., Wisnom, M. R., ve Potter, K. D. (2015). Pseudoductility in intermingled carbon/glass hybrid composites with highly aligned discontinuous fibres. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 73, 35–44. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESA.2015.02.014>

Zafar, H. M. N., ve Nair, F. (2021). Comparison of Static/Dynamic Loading and Tensile Behavior of Interply and Intraply Hybridized Carbon/Basalt Epoxy Composites. *Applied Composite Materials*, 1–22. <https://doi.org/10.1007/S10443-021-09973-0/FIGURES/15>

**DOĞA VE MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİNDE GÜNCEL
TARTIŞMALAR**

4

