

İKİ BOYUTLU RASGELE DAĞILI E-CAM LİFİ/POLYESTER MATRİS KOMPOZİTLERDE YÜKLEME HIZININ MUKAVEMET ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

*Murat YAZICI**

*Sedat ÜLKÜ***

Özet: Bu çalışmada iki boyutlu rasgele dağılı kısa cam elyafı takviyeli polyester matrisli kompozit plaklarda çekme hızının kompozit mukavemeti üzerine etkileri araştırılmıştır. Bir, iki ve üç tabakalı kompozitler üretilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre çekme hızı arttıkça kompozit mukavemetinde düşme görülmektedir. Ayrıca, tabakalı kompozitin gerilme değerleri tabaka sayısı arttığında yükselse bile, bu tek tabakanın gerilme değerleri ile kıyaslandığında olması gereken değer çok altındadır. Yazarların yayınladığı diğer çalışmaları ve devamı niteliğindeki bu çalışmadaki bulgular dikkate alındığında cam elyaf takviyeli polyester kompozitlerde 2D rasgele dağılı takviye durumunda, yükleme hızı ile kompozit mukavemetinin düştüğü ve bu düşüşte lif/matris arabiriminin önemli rol oynadığı anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yükleme hızı, tabakalı kompozit, lif/matris arabirimi, tabakalar arası kayma gerilmesi.

Investigation Of The Loading Rate On Strength Of The 2d Randomly Distrubuted Nonwoven E-Glass Mat Reinforced Polyester Matrix Composites

Abstract: In this study, effect of tension rate on the strength of two-dimensional randomly distributed short glass fibre reinforced polyester matrix composites are investigated. One, two and three ply laminate composites are produced. According to test results, strength of the composites is decreasing with increasing tensile rate. Moreover, strength values of laminated composites are increased with adding ply but these rising are not around expected values comparing with single ply composites. In the 2D randomly distributed E-glass mat reinforced polyester composites, the strength values were decreased with increasing loading rate. This phenomenon is explained by the role of fiber matrix interface by our other related papers.

Key Words: Loading rate, laminated composites, fiber/matrix interface, interlaminar shear stress.

1. GİRİŞ

Elyaf takviyeli kompozit malzemeler sanayide kullanımı gittikçe yaygınlaşarak klasik mühendislik malzemelerine alternatif malzeme olarak ortaya çıkmaktadır. Kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin ayarlanması çeşitli parametreleri değiştirmek suretiyle mümkün olmaktadır. Bu parametreler; takviye ve matris malzemesinin cinsi, takviye malzemesinin oranı ve birlikte kullanılan lif ve matris cinsine göre değişen lif/matris arabirim kayma gerilmesidir. Bu nedenle herhangi bir yükleme durumunda kompozitin mukavemetinin nasıl olacağını bilinebilmesi için bu parametrelerden her birinin ayrı ayrı nasıl davrandığını bulmak büyük öneme sahiptir.

Arabirim kayma gerilmesi kompozit mukavemetini ve kompozitin mekanik davranışının kontrol edilmesinde en önemli parametredir¹⁻³. Çalışma yüklerinin arabirim mukavemetini nasıl değiştirdiğinin bilinmesi kompozit mukavemetinin bulunması açısından oldukça büyük öneme sahiptir⁴⁻⁷. Detasis, Karbon elyaf ile Epoksi matris arasındaki arabirim mukavemetine yükleme hızının nasıl etkiğini araştırmış, yükleme hızı arttığında arabirim mukavemetinin de arttığı sonucunu elde etmiştir⁸. Bayram ve Ark. yaptıkları çalışmada cam elyaf takviyeli epoksi kompozitte tabakalar arası arabirim kayma gerilmesinin önemli oranda etkilenmediğini göstermişlerdir⁹. Aynı çalışmada bir, iki ve üç tabakalı 2D Rasgele dağılı kısa cam elya-

* U.Ü.Teknik Bilimler MYO 16059 Görükle/ BURSA

** U.Ü. Müh. Mim.Fak. Makine Müh. Böl.16059 Görükle/BURSA

fi takviyeli epoksi kompozitlerin çekme mukavemetlerinin de her bir tabaka için ayrı ayrı önemli miktarda etkilenmediği görülmektedir. Yazıcı ve Ark. yaptığı çalışmada ise cam elyafı ve polyester matris çiftleri ile oluşturulan mikro kompozitlerde lif/matris arabirim kayma gerilmesinin çekme hızının artışı ile düşüş gösterdiği verilmektedir. Aynı çalışmada 2D rasgele dağılı kısa cam elyafı takviyeli polyester kompozitlerde arabirim kayma gerilmesinin yükleme hızından etkilenmediği görülmektedir¹⁰.

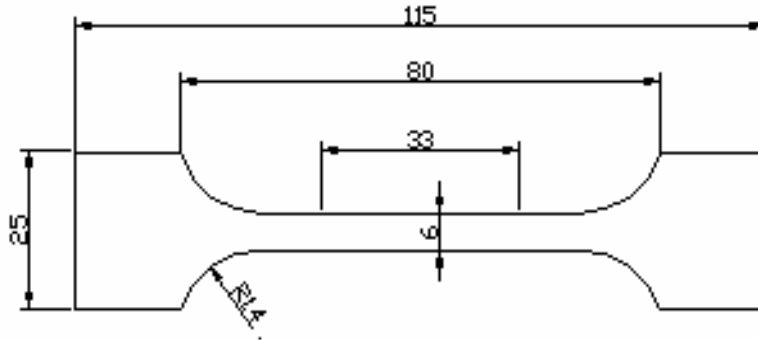
Homojen metalik mühendislik malzemelerinin mekanik özellikleri deformasyon hızına bağlı olarak artış gösterir¹¹. Polimer matris malzemelerinde de deformasyon hızındaki artışa bağlı olarak mukavemet parametrelerinin yükselme gösterdiği bilinir¹².

Elyaf takviyeli kompozitlerde yükleme hızının mukavemete etkisi liflerin moleküler hareketlere engel olması nedeniyle olumsuz olmaktadır⁹. Bu, kullanılan malzeme çiftlerine göre değişim gösterebilir. Bu çalışmada 2D rasgele dağılı kısa cam elyafı takviyeli polyester kompozitlerde yükleme hızının kompozitin çekme mukavemetini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu davranışa lif/matris arabirimi ve tabakalar arası ara yüzeylerinden hangisinin daha fazla tesirinin olduğu yorumlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Kompozit malzeme üretiminde takviye olarak cam elyafı sanayii tarafından üretilen 50 ± 0.2 mm uzunluğunda cam elyafların düzlemsel rasgele dağılımından oluşan cam keçe, matris malzemesi olarak doymamış termoset polyester reçine kullanılmıştır. Malzemeler cam kalıpların içerisinde el yatırma yöntemiyle üretilmiş, oda sıcaklığında polimerizasyonun tamamlanması beklenmiştir. 1, 2 ve 3 tabakadan oluşacak şekilde plakalar üretilmiştir. Cam elyafı her bir malzeme gurubunda hacimsel olarak %5 oranında sabit tutulmuştur.

Dökümden yaklaşık üç hafta sonra freze ile işlemek suretiyle çekme numuneleri hazırlanmıştır. Çekme numunelerinin boyutları ASTM D638'den alınmış olup Şekil 1'de görülmektedir. Deneyler Instron 4301 serisi çekme cihazında 5, 50 ve 250 mm/dk sabit çekme hızlarında gerçekleştirilmiştir. Testlerin gerçekleştiği ortam oda sıcaklığındadır. Deneylerden elde edilen gerilme birim şekil değiştirme eğrileri, uygulanan yükün sabit kesite bölünmesi, birim şekil değiştirme ise numune bağlandıktan sonra çenelerin hareket mesafesinin (kaymalar çıkarıldıktan sonra) 33 mm lik ölçüm uzunluğuna bölünerek hesaplanır. Hesaplamalar Çekme cihazını kontrol eden bilgisayar üzerinde çalışan yazılım tarafından yapılmaktadır. Yine aynı yazılım, elde edilen gerilme şekil değiştirme diyagramlarının elastik kısmında kalan bölgede teğetlerinin eğimini de elastisite modülü olarak vermektedir.



Şekil 1.

Deneylerde kullanılan standart çekme numunesi (ASTM D638) boyutları

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan deneylerden elde edilen gerilme, modül ve birim uzama değerleri Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'deki gibidir. Bu değerler en az 5 defa gerçekleştirilen testlerin sonuçlarının ortalamalarını ve standart sapmalarını içermektedir.

Tablo 1: Tek tabakadan oluşan kompozit yapıda 5, 50 ve 250 mm/dk hız kademelerinde malzemeye ait değerler.

Çekme Hızı (mm/dk)	Kopma Gerilmesi (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
5	51.11± 9.19	2305 ± 269
50	38.68 ± 8.27	2514 ± 358
250	25.52 ± 3.80	939 ± 101

Tablo 2: İki tabakadan oluşan kompozit yapıda 5, 50 ve 250 mm/dk hız kademelerinde malzemeye ait değerler.

Çekme Hızı (mm/dk)	Kopma Gerilmesi (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
5	53.80 ± 13.37	2336 ± 269
50	55.79 ± 8.270	2536 ± 178
250	66.73 ± 12.80	1986 ± 610

Tablo 3: Üç tabakadan oluşan kompozit yapıda 5, 50 ve 250 mm/dk hız kademelerinde malzemeye ait değerler.

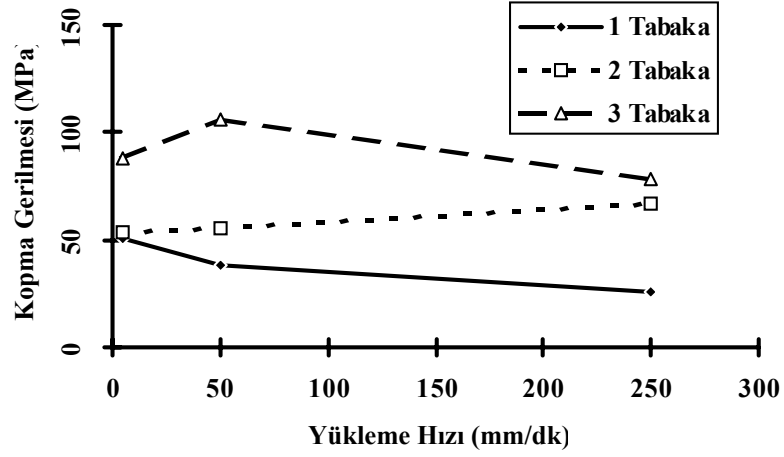
Çekme Hızı (mm/dk)	Kopma Gerilmesi (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
5	87.60± 10.90	2889 ± 286
50	106.4 ± 16.38	3076 ± 427
250	78.625 ± 11.29	2342 ± 412

Gerçekleştirilen testlerden elde edilen sonuçlara göre, kompozit kopma gerilmesinin yükleme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 2’de görülmektedir. Test sonuçları da ayrıca Tablo 1, 2 ve 3’de verilmektedir. Burada dikkat edilirse tek tabakalı yapı için yükleme hızının artımı ile kompozit mukavemetinde belirgin bir düşüş eğilimi gözlenmektedir. Lif/matris arabirim yapışması yükleme hızı arttıkça cam lifi/polyester matris çifti için düşüş göstermektedir¹⁰. Bu düşüş 1 mm/dk çekme hızı ile 250 mm/dk çekme hızı arasında 2 kata yakındır. Dolayısıyla yükleme hızı arttıkça matrisin life iletebildiği yük miktarı düşer. Kompozit yapı teorik yük değerlerine çıkamadan arabirimin kopması ile hasara uğrar. Tek tabakalı yapıda tamamen lif/matris arabiriminin etkili oluşunu bu malzeme çiftleri için söylemek mümkündür. Elastisite modülü – Yükleme Hızı ilişkisini veren grafikler Şekil 3’de görülmektedir. Burada da tek tabakanın elastisite modülünde yükleme hızına bağlı olarak belirgin bir düşüş eğilimi görülmektedir.

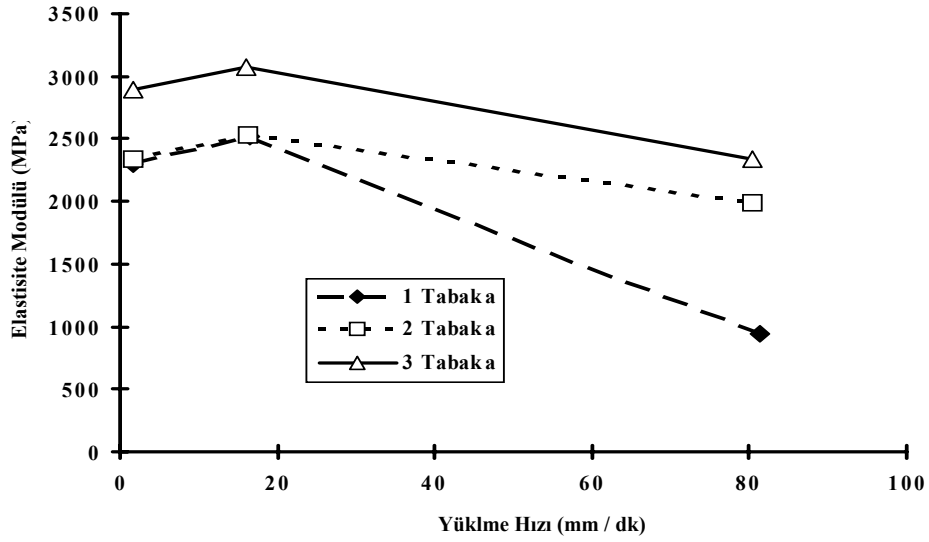
İki ve üç tabakalı yapılar için gerilme ve modül değerlerine dikkat edildiğinde değişimlerin daha farklı oldukları dikkati çeker. Tek tabakalı yapıya göre iki ve üç tabakalı yapıların mukavemet açısından farkı tabakalar arası yüzey bölgesinin olmasıdır. Ara yüzeyde oluşan kayma gerilmeleri ile yük bir tabakadan diğerine aktarılır. Tabakalar arası bölge kompozit mukavemeti açısından belirleyicidir. Bu gerilme değeri verilen malzeme çifti için 8.8 MPa civarındadır. Yükleme hızı ile gösterdiği değişim çok küçük boyutlardadır. Bu çalışmada kullanılan malzeme için 1 mm/dk’da 8.5 MPa, 50 mm/dk’da 8.96 MPa ve 250 mm/dk 8.83 MPa değerleri literatürde verilmektedir¹⁰. Yükleme hızından etkilenmese bile çekme mukavemet değerleri ile karşılaştırıldığında aralarında 10-12 kat fark olması, kompozit yapının davranışına tabakalar arası bölge özelliklerinin ne kadar etki ettiğinin önemli bir göstergesidir. Burada da iki ve üç tabakalı yapılarda tek tabakanın katları kadar gerilme değerlerine çıkılamaması bunu ifade eder.

Şekil 1 ve Şekil 2’de 5 mm/dk hızından 50 mm/dk yükleme hızına çıkıldığında mukavemet ve modüllerde görülen kısmi iyileşme yine tabakalar arası kayma gerilmesi değerlerinde, bu yükleme hızında görülen kısmi yükselmeye ilgilidir. İki tabakalı yapıda, mukavemet değerinde görülen iyileşmedeki devamlılık, bu noktaları oluşturan gerilme değerlerinin standart sapmalarının %10’lar civarında olduğu dikkate alınırsa göz ardı edilebilir. Aynı durum modül değerlerinde görülmemektedir.

Modül değerlerinde düşüşün devamlığı daha düşük yük değerlerine çıkıldığında daha fazla şekil değiştirme elde edildiği anlamına gelir. Bu, lif/matris arabirim veya ara yüzeylerinde kopmaların olduğu ve izafi hareketlerin bulunduğunu gösterir.



Şekil 2:
Yükleme hızına bağlı olarak 1, 2 ve 3 tabakadan oluşan kompozitlerin kopma gerilmesinin değişimleri



Şekil 3:
Deformasyon hızına bağlı olarak 1, 2 ve 3 tabakadan oluşan kompozitlerin elastisite modülünün değişimleri

4. SONUÇ

E tipi cam elyafı ve Polyester matristen oluşan kompozit malzeme için yükleme hızı arttıkça kompozit mukavemetinde bir düşüş beklenmesi gerekir. Burada hem takviye ve hem de matris malzemesinin sert ve kırılğan olmasının etkisi büyüktür.

Tek tabakalı yapılarda lif/matris arabirim özellikleri etkin olup yükleme hızının artışı ile kompozit mukavemetinin azalmasının başlıca sebebidir.

Tabakalı yapılarda tabakalar arası bölge kompozit mukavemetinin olması gerektiğinden daha düşük değerlerde olmasına neden olur.

E-Cam/Polyester tabakalı kompozit ara yüzeyi yükleme hızından önemli boyutlarda etkilenmektedir. İki ve daha fazla tabakalı yapılarda mukavemette yükleme hızıyla görülen değişim ara yüzeyin değişim karakterine yakındır.

5. KAYNAKLAR

1. Manette L., Anderson M.P., Ling S. and Grost G.S. "Effect of Modulus and Cohesive Energy on Critical Fibre Length in Fibre - Reinforced Composites" **J.Material Science**, V.27., pp. 4393-4405, 1992.
2. Lacroix Th., Tilmars B., Keunings R. "Modelling of Critical Fibre Length and Interfacial Debonding in the Fragmentation Testing of Polymer Composites" **Composites Science and Technology** V.43, pp. 379- 387, 1992.
3. Chua P.S. and Piggot M.R. "The Glass-Fibre-Polymer Interface:I- Theoretical Consideration for Single Fibre Pull - out tests" **Composites Science and Technology** V.22, pp 33-42, 1985.
4. Aronhime j., Harel H., Gilbert A. and Marom G. "The Rate Dependence of Flexural Shear Fatigue and Uniaxial Compression of Carbon - and Aramid - Fibre Composites and Hybrids" **Composites Science and Technology**, V.43, pp. 105-116, 1992.
5. Hitchen S.A, Ogin S.L and Smith P.A., "Effect of Fibre Length on Fatigue of Short Carbon Fibre / Epoxy Composite" **Composites**, V.26, n.4, pp.303 - 308, 1995.
6. Andrews M.C., Day R.S, Patriks A.K and Young R.J., "Deformation Micromechanics in Aramid / Epoxy Composites" **Composites**, Vol. 25, n.7, pp. 745- 751, 1994.
7. Meretz S., Lahser K., Lehmann V., Schwarze H. and Hampe A. "The Embedded Single - Fibre Dynamic Load Test - a Non-Destructive Interphase Investigation Tool" **Composites**, Vol.25, n.7, pp. 770-775, 1994.
8. Detasis M., Pegoretti A. and Migliaresi c., "Effect of Temperature and Strain Rate on Interfacial Shear Stress Transfer in Carbon/Epoxy Model Composites" **Composites Science and Technology**, V.53, pp. 39-46, 1995.
9. Bayram A., Yazıcı M., Korkmaz B. "Effect of Loading Rate on the Mechanical behavior of fiber glass mat/epoxy composite", **Technical Textiles**,V.42, February 1999, pp. 46-52. (in german) and pp.E3-E5 (in english).
10. Yazıcı, M., Bayram A., Ülkü S., "Mikro Kompozitler ve Makro Kompozitlerde Yükleme Hızının Kompozit Arabirim Mukavemetine Etkisi", **7. Denizli Malzeme Sempozyumu**, s.61-65, 2-3-4 Nisan 1997.
11. Kayalı S.E. ve Ensari C., **Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları**, s.138-145., **İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi**, 1986, İstanbul.
12. Lhymn C., Lhymn Y., Peckens R. and Young J. "Effect of Loading Rate on tensile Strength of Fibrous Composites" **Composites**, Vol.19, n.4, 1988.