

TABAKALI KOMPOZİTLERDE FİBER YÖNLENME AÇISININ DARBE DAVRANIŞINA ETKİSİ

Bülent Murat İçten, Ramazan Karakuzu, Cesim Ataş

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü
35100, Bornova, İzmir

ÖZET

Bu çalışmada, cam lifi-epoksi kompozitlerinde tabaka sıralanışının darbe davranışına etkileri incelenmiştir. $[90/0]_6$, $[30/0]_6$ ve $[15/0]_6$ şeklinde olmak üzere üç farklı tabakalı kompozit aynı fiber oranları ve tabaka sayısı olacak şekilde üretilmişlerdir. Daha sonra, darbe testi için bu kompozitlerden 100 mmx100 mm boyutlarında numuneler kesilmiştir. Numuneler üzerine düşük hızlı darbe testleri DYNATUP GRC 8200 darbe cihazı kullanarak yapılmıştır. Darbe enerjileri delme oluşuncaya kadar kademeli olarak arttırılmıştır. Darbe cihazı zamana bağlı olarak yük, hız, çökme ve absorbe edilen enerji değerlerini vermektedir. Darbe enerjisi ile absorbe edilen enerji arasındaki ilişkiyi göstermek amacı ile enerji profili yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar, $[15/0]_6$ kompozitinin yük-çökme eğrisinde maksimum yük değeri civarında geniş olması ve çökmenin fazla olmasından dolayı fazla enerji absorbe etme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte $[90/0]_6$ kompozitinin maksimum yük değeri en yüksek olmasına karşın çökme değerinin en küçük olmasının sonucu olarak en düşük enerji absorbe etme kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

In this study, the stacking sequence effects on impact behavior of glass-epoxy composite laminates have been investigated. Three different laminated composites designated as $[90/0]_6$, $[30/0]_6$ and $[15/0]_6$ were manufactured with the same fiber volume fraction and layer numbers. They were then cut into 100mm x 100mm specimens for impact testing. The low velocity impact tests were performed on the specimens by using a DYNATUP GRC 8200 drop weight testing machine. The impact energy was gradually increased for consecutive tests until perforation took place. The instrumented impact test machine gives the time versus load, velocity, deflection and absorbed energy histories. Energy profiling method was used showing the relationship between impact energy and absorbed energy. Results show that the $[15/0]_6$ composite load-deflection curve has a large plateau around the peak force and highest deflection value, resulting in the highest perforation threshold. However, the $[90/0]_6$ composite has the highest peak force but lowest deflection value, resulting in the lowest energy absorption capacity for perforation.

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler, metal yapılara göre hafif olmalarına karşın yüksek rijitliğe ve mukavemete sahip olmalarından dolayı son zamanlarda geniş kullanım alanı bulmuşlardır. Özellikle fiber takviyeli tabakalı kompozit malzemeler yüksek teknoloji gerektiren uçak ve savunma sanayiinde ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bu kompozitler kullanımları sırasında hasarlara neden olabilecek darbe yüküne maruz kalabilirler. Can ve mal kayıplarına neden olabilecek bu hasarların incelenmesi ve laboratuvar ortamında hasara neden olan darbe yükünün simüle edilerek incelenmesi bu yüzden büyük önem arz eder [1].

Bir cisim bir yüzeye çarptığında geri sekebilir, saplanıp kalabilir veya delip geçebilir. Delme durumu malzemenin enerji absorbe edilebilmesinde son sınırdır. Bu enerjiden fazla darbe enerjisi verilmesi durumunda darbeyi yapan uç malzemeyi deler ve hareketine devam eder. Malzemenin delinmesi için gerekli eşik enerjinin tespiti bu bakımdan önemlidir[2].

Bu çalışmada epoksi emdirilmiş tek yönlü fiberlerden oluşan ve hazır olarak temin edilmiş tabakalar (prepreg) kullanılarak $[90/0]_6$, $[30/0]_6$ ve $[15/0]_6$ kompozitleri üretilmiş ve basınç altında pişirilmiştir. Bunlar düşük hızla darbeye maruz bırakılarak yük-çökme eğrileri elde edilmiştir. Bu eğrilerden malzemenin absorbe ettiği enerjiler bulunarak enerji profilleri belirlenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. DARBE DENEYİ

Epoksi emdirilmiş kompozit plakalar sıcak preste 0.24 MPa basınç altında pişirilmiştir. Plaka, dakikada 10 °C lik bir artış ile oda sıcaklığından 160 °C ye kadar arttırılıp bu sıcaklıkta 45 dakika tutulmuştur. Plakanın soğutulması işlemi ise dakikada 10°C lik sıcaklık azalması ve basıncın kaldırılması ile gerçekleştirilmiştir. Bu plakalardan numuneler 100 mm x 100 mm boyutlarında kesilerek darbe deneyine hazır hale getirilmiştir.

Kesilen kompozit numuneler ağırlık düşürme cihazı yardımı ile darbeye maruz bırakılmıştır. Bu çalışmada çapı 12.7 mm olan yarı küresel bir uç kullanılmıştır. Numuneler ankastre sınır koşulu ile iki çelik çerçevenin arasına mengeneler vasıtası ile sabitlenmiştir. Çerçevelerin iç boyutları 76 mm x 76 mm dir. Düşen parçanın toplam kütlesi 6.03 kg olarak seçilmiş ve çalışma boyunca sabit tutulmuştur. Darbe enerjisini arttırmada darbe yüksekliğinin değiştirilmesi esas alınmıştır.

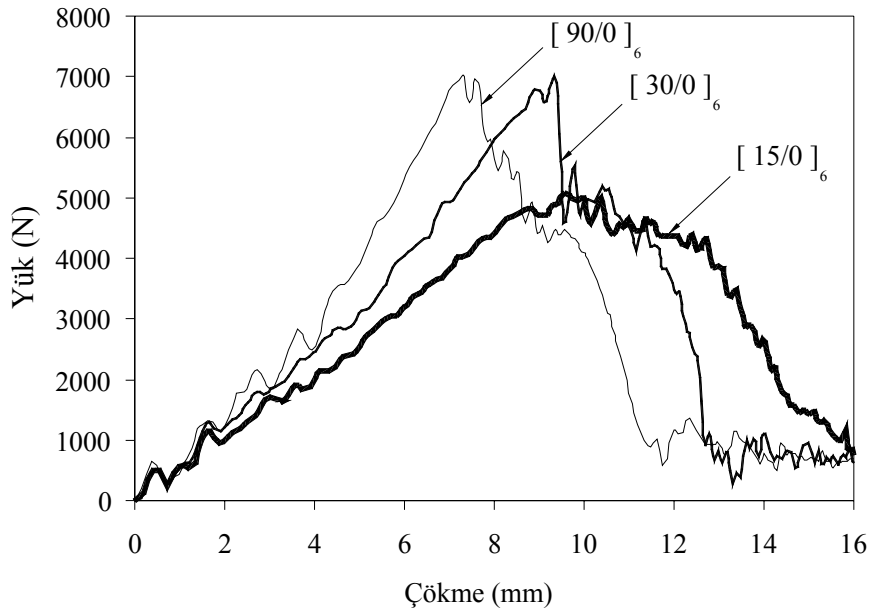
3. SONUÇLAR

$[90/0]_6$, $[30/0]_6$ ve $[15/0]_6$ kompozitlerine ait tipik kuvvet-çökme eğrileri Şekil 1’de görülmektedir. Şekilden fiber yönlenme açısının değişimi ile kuvvet-çökme eğrilerinin değiştiği görülmektedir. Kompozitlerin eğilme rijitlikleri, tabakalar arası açı değeri arttıkça artmaktadır. Buna göre en rijit olan kompozit $[90/0]_6$ olmaktadır. $[15/0]_6$ kompoziti en düşük maksimum yük değerine sahip olurken $[90/0]_6$ ve $[30/0]_6$ kompozitleri hemen hemen eşit maksimum yük değerine sahiptirler. Maksimum yükten sonra $[30/0]_6$ kompozitinde ani yük düşmesi olmaktadır. Bu yük düşüşünün $[15/0]_6$ kompozitlerinde daha yumuşak geçişlerle olduğu görülmektedir. Çökme değeri tabakalar arası açı arttıkça azalmaktadır. Yani $[90/0]_6$ kompoziti en düşük çökme değerine sahiptir. $[15/0]_6$ kompozitinde maksimum yük bölgesinde $[90/0]_6$ ve $[30/0]_6$ kompozitleri gibi ani yük düşümü olmamaktadır. $[15/0]_6$ kompozitinde maksimum yük bölgesi daha geniştir. Bu genişlik sayesinde bu kompozitin delinme için

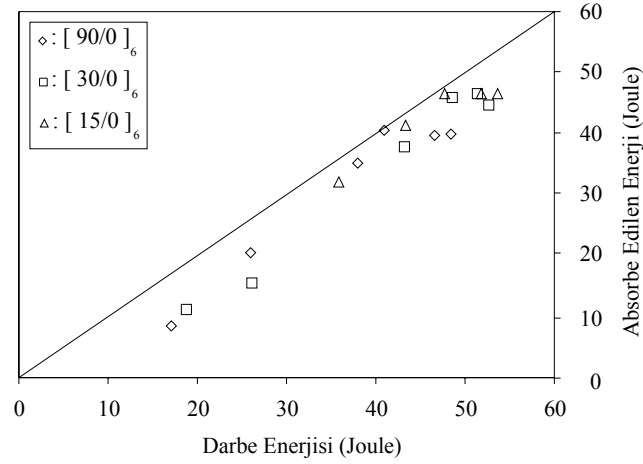
yuttuğu enerji değeri daha büyük olacaktır. $[30/0]_6$ kompozitinin çökme değeri $[90/0]_6$ kompozitine göre daha büyüktür. Bunun sonucu olarak delinme için gerekli enerjinin (delinme eşiği) $[30/0]_6$ kompozitinin $[90/0]_6$ kompozitine göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

Enerji Profili Metodu, darbe enerjisi ile numune tarafından absorbe edilen enerji arasındaki ilişkiyi gösterir. Enerji profilinin çizildiği grafikteki her veri noktası yapılan bir deney sonucunu içerir. Eşit enerji doğrusu darbe enerjisi ile numune tarafından absorbe edilen enerjinin eşit olması durumunu belirtir. Bu doğru yardımı ile her bir veri noktasının durumu karşılaştırılabilir. Bu grafikten geri sekme, nüfuziyet ve delme bölgeleri belirlenebilir. Şekil 2’den de görülebileceği gibi ilk noktalar eşit enerji doğrusunun altındadır. Yani darbe enerjisi, numune tarafından absorbe edilen enerjiden büyüktür. Fazla olan bu enerji darbe ucunun geri sekmesinde kullanılır. Veri noktaları eşit enerji doğrusuna artan darbe enerjisi ile daha çok yaklaşır ve sonunda birleşir. Bu durum, absorbe edilen enerji ile darbe enerjisinin eşit olduğu durumdur. Yani darbe enerjisinin tamamının absorbe edildiği durumdur. Bu durumda uç numuneye saplanır ve kalır. Bu duruma nüfuziyet denilmektedir. Bu noktadan sonra darbe enerjisinin artması ile absorbe edilen enerji değişmez. Numuneyi delmek için gerekli enerjiye ulaşılmıştır. Diyagramda veri noktaları bu bölgede yatay eksene paralel devam eder. Şekil 2, $[15/0]_6$, $[30/0]_6$ ve $[90/0]_6$ kompozitlerinin enerji profillerini vermektedir. Bu şekilden $[15/0]_6$ kompozitinin delinmesi için gerekli enerjinin en yüksek olduğu görülür. Bunu sırasıyla $[30/0]_6$ ve $[90/0]_6$ kompozitleri izlemektedir.

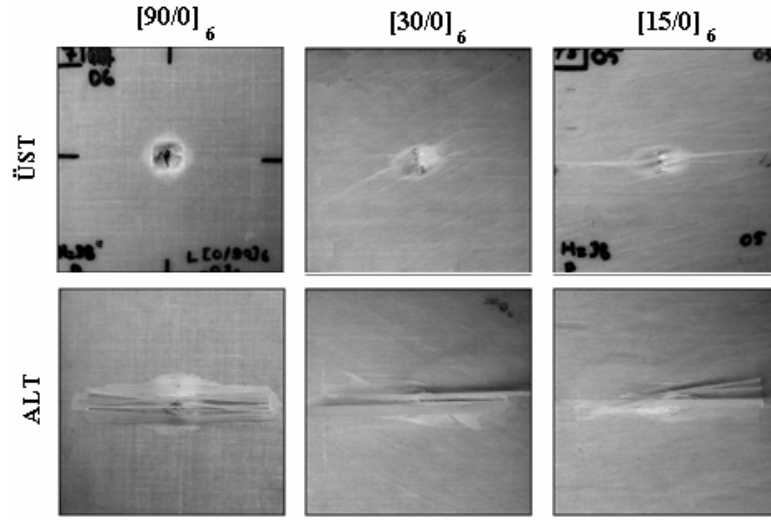
$[90/0]_6$, $[30/0]_6$ ve $[15/0]_6$ kompozitlerinin üstten ve alttan çekilmiş fotoğrafları Şekil 3’de verilmiştir. Bu fotoğraflardan tabakalar arası en büyük ayrılmanın en alt tabakada olduğu görülmektedir. $[90/0]_6$ kompoziti en büyük tabakalar arası ayrılmaya sahip olmasına karşın $[15/0]_6$ kompoziti en küçük tabaka ayrılmasına sahiptir. Hasar tabakalar arası açı düştükçe elips şekline dönüşmektedir.



Şekil 1. $[90/0]_6$, $[30/0]_6$ ve $[15/0]_6$ kompozitlerine ait eğriler.



Şekil 2. $[90/0]_6$, $[30/0]_6$ ve $[15/0]_6$ kompozitlerinin enerji profilleri



Şekil 3. Hasarlı numunelerin alttan ve üstten çekilmiş fotoğrafları

4. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, fiber yönlenme açısının kompozit plakların darbeye verdikleri cevaba etkisi üzerinde durulmuştur. 12 tek yönlü tabakanın birleşmesinden oluşturulmuş ve $[\theta/0]_6$ ($\theta=90^\circ$, 30° , 15°) şeklinde kısaca gösterebileceğimiz kompozitler ağırlık düşürme cihazı yardımı ile düşük hızda darbeye maruz bırakılmıştır. Elde edilen verilerden delinme sırasında maksimum enerji yutma kapasitesinin $[15/0]_6$ kompozitinde en yüksek olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Aslan, Z., Karakuzu, R. and Sayman, O. "Dynamic Characteristics of Laminated Woven E-glass-epoxy Composite Plates Subjected to Low Velocity Heavy Mass Impact" Journal of Composite Materials 36 2421-2442, 2002.
- [2] Liu, D. and Raju, B.B. "Effects of Joining Techniques on Impact Perforation Resistance of Assembled Composite Plates" Experimental Mechanics 40 46-53, 2000