

CAM KUMAŞ TAKVIYELİ TERMOPLASTİK KOMPOZITLERDE KIRILMA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Ahmet AVCI^a, Mürsel EKREM^a, Ömer Faruk. ERKENDİRCİ^b

^a Selçuk Üniversitesi Müh. Mim. Fak., Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

^b Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep MYO, Kampus, Gaziantep, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada merkezine boydan boya çatlak açılmış cam elyaf takviyeli termoplastik kompozit malzemenin sabit yük altında kırılma ve hasar davranışı incelenmiştir. Deneyler sırasında çatlak ilerlemesi, çatlak ağzı açılma miktarı, çatlak ucundaki gerilme şiddet faktörleri ve kırılma tokluğu incelenmiştir. Çatlak ilerlemesi ve çatlak ağzı açılma miktarı, çatlak geometrisi ile ilgili bir hasar parametresi olarak kullanılmıştır. Sonuçlar da gerilim şiddet faktörü ve J integral metodu ile kontrol edilmiştir. Yük-uzama, yük-çatlak ağzı açılma miktarı, enerji boşalma miktarı-çatlak açılma miktarı, gerilme şiddet faktörü-çatlak ilerlemesi grafikleri, bir malzeme özelliği gibi düşünülerek çizilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polimer matris kompozitler, merkez çatlağı, J integrali, gerilme şiddet faktörü, Kırılma mekaniği

INVESTIGATION OF THE FRACTURE BEHAVIOUR OF WOVEN GLASS REINFORCED POLYETHYLENE COMPOSITES

ABSTRACT

In this study, the fracture and damage behaviour of glass-fiber reinforced thermoplastic composite under stable load with central fracture are investigated.. During the experiments, the crack growth, crack opening displacement (COD), the stress-intensity factor and fracture toughness have been investigated. The crack growth and crack opening displacement are used as damage parameters related to crack geometry. The results are checked by using the stress-intensity factor and J integral method. Load-extension, load-crack opening displacement, J-integral-crack opening displacement, the stress-intensity factor-crack growth graphs are plotted as material properties.

Key words: Polymer-matrix composites, the stress-intensity factor, central fracture, J-Integral, the mechanics of fracture.

1.GİRİŞ

Uzay araçlarının yapımına geçildiği asrımızda, çağın yenilikleri ve bilimin gelişmesi paralelinde günün ihtiyaçlarını karşılayabilecek, mevcut malzemelere göre gerek ekonomik, gerekse teknik yönden daha uygun malzemeler üretme yoluna gidilmiştir. Dolayısıyla hem ekonomik, hem daha mukavemetli ve hem de çok hafif malzemelerin üretilmesi için yapılan çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Böylece değişik özelliklere sahip birden fazla malzemenin özel yöntemlerle fiziksel olarak birleştirilmeleri suretiyle elde edilen kompozit malzemeler büyük önem kazanmıştır [1].

Polimer malzemeler uygun fiyatlarının yanında fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleriyle günümüzde pek çok malzeme yerine kullanılmaktadır. Polimerlerin yerini aldığı malzemeler, metallere göre, tahtadan cama kadar geniş bir spektrum çerçevesinde yer almaktadır. Özellikle matris olarak kullanılan polipropilen, polietilen, naylon, polietermid, polieterketon v.b. termoplastikler; otomotiv endüstrisi, inşaat, elektrik-elektronik, uzay ve uçak sanayi, alt yapılarda boru ve tank olarak v.b. sektörlerde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.

Kompozit malzemelerin, kırılma ve hasar davranışlarının bilinmesi oldukça önemlidir. Dinamik gerilme durumu mevcut olan makine elamanlarında yorulma olayı malzemelerde çatlaklar ve hasarların sürekli olarak gelişmesi, ilerlemesi ve malzemenin hasar görmesiyle sonuçlanır. Dolayısıyla çatlak boyutları ve ilerleme şekli bilirse makine elemanı tasarım aşamasında iken hasarı önlenir. Bu sebeple her biri yeni bir malzeme olan kompozit malzemelerin kırılma davranışları üzerinde pek çok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir.

Merkezi dairesel delik içeren cam elyafla takviyelendirilmiş plastik kompozit malzemelerin gerilme kuvveti ve kırılma davranışları X.F. Yao ve ark. tarafından çalışılmıştır. Farklı delik çaplarındaki çentikli numunelerin bütün hasar ve kırılma süreçlerindeki gerilme değişimleri kaydedilmiştir. Çentikli numunelerdeki delik çaplarının kuvvet ve kırılma üzerindeki etkileri incelenmiştir [2]. Samancı'da kafes çelik tel takviyeli polimer kompozit numunelerine üç noktadan eğme testi uygulayarak eğilme gerilmesi ve eğilme elastisite modüllerini bulmuş olup, Mod I'e göre kırılma davranışlarını incelemiştir [3]. Erkendirici'de farklı oryantasyon açılara sahip çelik tel takviyeli yüksek yoğunluklu polietilen kompozit malzemeler üzerinde kırılma ve yorulma davranışlarını incelemiş ve deneyler sonucunda kink olayını gözlemiştir [4].

D. Stevanović ve ark. cam fiberle takviye edilmiş vinil ester kompozit malzemeler üzerinde, mod I ve mod II delemasyonuna başlangıç çatlak şartlarının etkisini incelemişler ve yorulma ön çatlak ile çatlak ilerleme miktarlarının, enerji boşalma miktarına olan etkilerini bileşik mod testleri uygulayarak, sonuçlarını rapor etmişlerdir [5]. Polietilen cam çubuklar üzerinde çentik açıldıktan sonraki yorulma davranışları da V. Favier ve ark. tarafından incelenmiştir. Burada farklı GSF ile çatlak ilerleme miktarları arasında ilişkiyi inceleyen deneyler yapılmış ve ilgili grafikler çizilmiştir. Sonuç olarak da GSF nin değeri arttıkça yorulma ömrünün azaldığı rapor edilmiştir [6].

Bu çalışmada fiber olarak bez ayağı yöntemiyle üretilmiş (plane wave) cam kumaş örgü ve matris olarak da alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) kullanılarak tabakalı kompozit malzeme üretilmiştir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri incelenmiş, kendisini oluşturan malzemelere göre olan üstünlükleri araştırılmıştır. Bunun yanı sıra kırılma mekaniği ile ilgili

özelliklerden olan ve ortasında boyuna çatlak bulunan malzemelerinin ASTM E-647 standartları uyarınca yük altında kırılma davranışları incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Numune Hazırlama

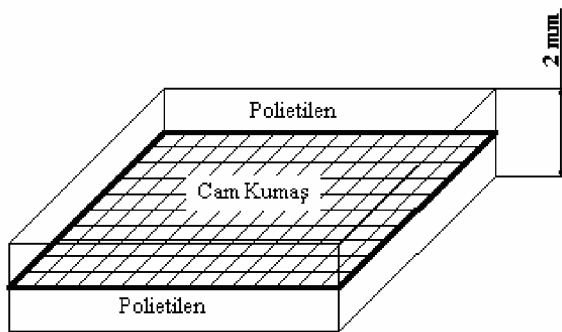
Öncelikle iki yönlü cam kumaş takviyeli alçak yoğunluklu polietilen kompozit malzeme üretimi yapılmıştır. Malzeme üretimi el kumandalı hidrolik bir pres ve kalıptan oluşan düzenek hazırlanıp sıcak kalıplama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Kompozit malzeme üretiminde, fiber olarak iki yönlü 0°/90° profil çekme yöntemiyle üretilmiş 0.15 mm kalınlığında ve 0.2 mm elek aralığında cam kumaşı kullanılmıştır(Cam Elyaf)

Çizelge 1. Alçak yoğunluklu polietilen ve E camın özellikleri

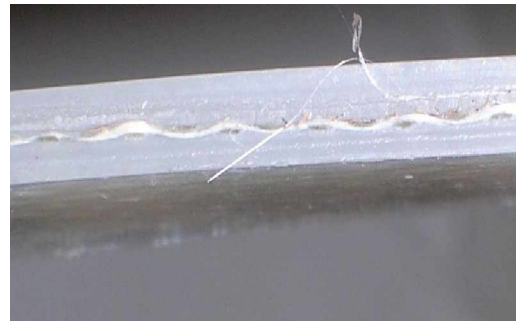
Malzeme özellikleri	Alçak yoğunluklu polietilen	E Camı
Yoğunluğu (gr/cm ³)	0,92	2,56
Elastik modülü (GPa)	0,120-0,245	76
Kopma dayanımı (MPa)	85	2,5
Uzama (%)	90-650	2,75

Matris olarak çizelge 1.1 de özellikleri verilen alçak yoğunluklu polietilen termoplastik malzeme kullanılmıştır (Petkim). Malzeme üretiminin ilk aşamasında granül halde bulunan polietilen, saç metalden yapılmış kalıba konularak pres altında 180°C sıcaklıkta 2.5 MPa basınç altında 6 dakika tutulmuştur. Daha sonra sıcaklık 30°C azaltılırken, basınç ta 15 MPa'a çıkarılarak, 5 dakika bekletildi. Böylece 200x160x1 mm boyutlarında 1 tabaka alçak yoğunluklu polietilen levha üretildi. İki tabaka alçak yoğunluklu polietilen levha arasına bir sıra iki yönlü cam kumaş fiberler yerleştirilerek aynı düzenekte ve aynı üretim şartlarında 200x160x2 mm boyutlarında kompozit malzeme üretilmiştir. Üretilen kompozit malzemenin şematik ve kesit görünüşü şekil 1. de verilmiştir.



Kompozit Malzeme

(a)



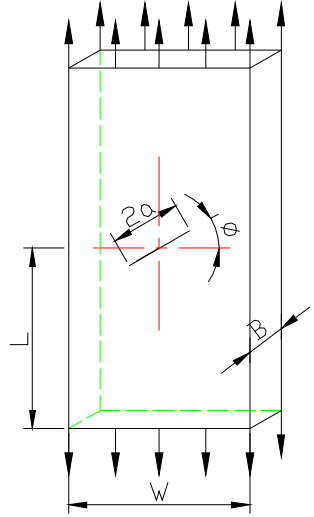
(b)

Şekil 1. a-) Kompozit malzeme üretiminin şematik görünüşü,

b-) Kompozit malzemenin kesit görünüşü

Çekme deneyleri için ASTM E 647 standardına göre $W=23$ mm, $L= 92$ mm ve $B = 2$ mm olan levhalar kullanılmıştır (Şekil 2). Bu numunelerin merkezine $2a=6$ mm boyunda merkezi çatlaklar açıldı. Bu çatlaklar numune eksenine 0° açı yapacak şekilde açılmıştır.

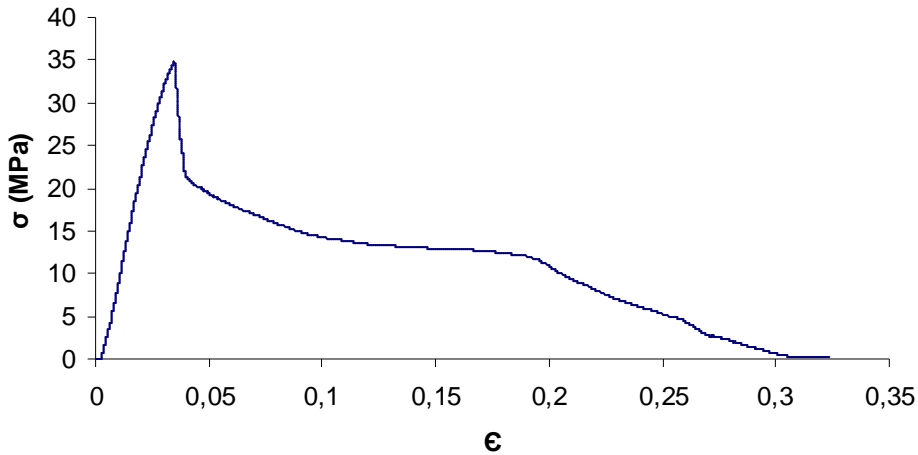
Çatlakları açmadan önce numune üzerine 6 mm boyunda çatlak yeri özel kalemle işaretlendi. Sonra model bıçağıyla işaretli bu işaretli bölge numunenin kalınlığı boyunca kesildi. Hassas kesim için üzerinde açı ve boy skalası bulunan Mitutoyo marka el mikroskobu kullanıldı.



Şekil 2. Çekme testi deneylerinde kullanılan deney çubuğu

2.2. Çekme Deneyi

Şekil 2. de görüldüğü gibi numuneler hazırlanarak Instron 4301 marka Çekme Test Cihazında deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler 2,54 mm/dk ilerleme hızında oda sıcaklığında yapılmıştır.



Şekil 3. Kompozit malzemeye ait gerilim-şekil değişirme miktarı(σ - ϵ) grafiği

Kompozit malzemeye ait gerilim-şekil değiştirme miktarı (σ - ϵ) grafiği şekil 3 de verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi σ - ϵ eğrisinin muhtelif yerlerinde dalgalanmalar görülmektedir. Gerilmenin 10 MPa kadar olan bölümlerinde ki dalgalanmaların, kompozit malzeme uzarken cam elyafın örgülü fiberin kıvrımlarını düzlenmesi sırasındaki ani uzamalardan kaynaklandığı sanılmaktadır. Gerilmenin 10 – 35 MPa aralığındaki keskin dalgalanmalar beklenildiği gibi fiberin kopmaya başladığı safhadır. Bir cam kumaşı kopunca yükte ani düşüş olmuş akabinde bir sonraki cam elyaf yükü üstlenmiş arkasından o da kopmuş ve böylece maksimum yüklemeye kadar devam etmiştir. Daha sonra termoplastik matrisin etkisiyle sünek davranış ve kopma gerçekleşmiştir.

Numuneler çekme işlemine tabi tutulurken dijital fotoğraf makinesi ile film çekimi yapıldı. Film çekimi esnasında yük değerleri ve uzama miktarları tespit edildi. Instron cihazına kaydedilen veriler bir diskete alınarak bilgisayar ortamında grafikleri çizildi. Bilgisayar ortamına aktarılan resimlerde çatlak ağzı açılma miktarları ve çatlak ilerleme miktarları autocad ortamında ölçümleri yapıldı.

2.3. Yakma Deneyi

Matris malzemesi ile takviye malzemesinin hacimsel oranlarını elde etmek için ASTM-D2584'e uygun olarak yakma deneyleri gerçekleştirildi. 25x50 mm boyutlarında kompozit malzeme numunesi hassas terazide tartıldıktan sonra, 600 °C elektrik ısıtmalı fırında polietilen tamamen buharlaşmaya kadar yakıldı. Geriye kalan cam elyaf örgü yeniden tartılarak polietilen ve cam kumaş örgünün ağırlıkları bulundu. Cam kumaş örgü fiberin yoğunluğu $\rho_f=2.56 \text{ gr/cm}^3$ ve matris malzemenin yoğunluğu da $\rho_c=0.92 \text{ gr/cm}^3$ olduğu bilindiğinden, kompozit malzemenin fiber hacimsel oranı aşağıdaki bağlantıdan bulundu.

$$V_f = (W_f / \rho_f) / (W_c / \rho_c) \quad (1)$$

Buradan W_f ve W_c , sırasıyla fiber ve kompozitin ağırlıklarıdır. ρ_f ve ρ_c , ise sırasıyla fiber ve kompozitin yoğunluklarıdır. Bu çalışmada kullanılan malzemelerin yakma deneyi sonucunda kompozit malzemenin fiber hacimsel oranı $V_f=0.29$ olarak bulunmuştur. Ayrıca elyafın ağırlıkça oranı $V_{fağ}=W_f/W_c$ den 0.15 bulunmuştur.

Yakma deney sonucunda kompozit malzemenin Poisson oranı ve kayma modülü aşağıdaki formüllerden bulunmuştur.

$$v_{12} = (V_f * v_f) + (V_m * v_m) \quad (2)$$

$$1/G_{12} = (V_f / G_f) + (V_m / G_m) \quad (3)$$

Burada cam kumaş örgü fiberin poisson oranı $v_f = 0.20$, matris malzemenin poisson oranı $v_m=0.48$, cam kumaş örgü fiberin kayma modülü $G_f=3200 \text{ MPa}$ ve matris malzemenin kayma modülü ise $G_m=85 \text{ MPa}$ olarak alınmıştır. Böylece kompozit malzemenin özellikleri bulunmuş ve çizelge 2. de gösterilmiştir.

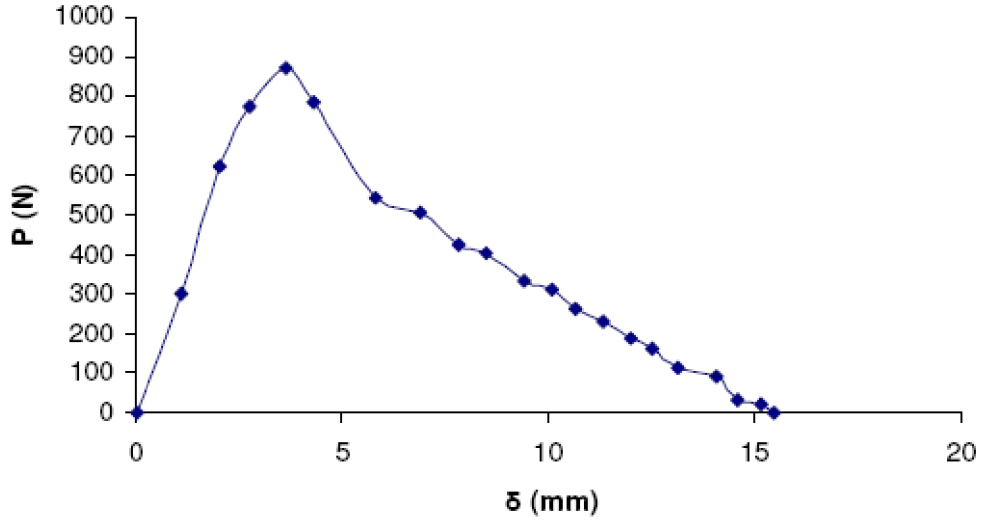
Çizelge 2. Deneysel malzemenin mekanik özellikleri

Çekme deneyi özellikleri	Bulunan değerler
Elastisite Modülü (E)	1300 MPa
Çekme Dayanımı	35 MPa
Uzama (%)	%30
Kayma Modülü (G_{12})	100 MPa
Poisson Oranı (ν_{12})	0,41

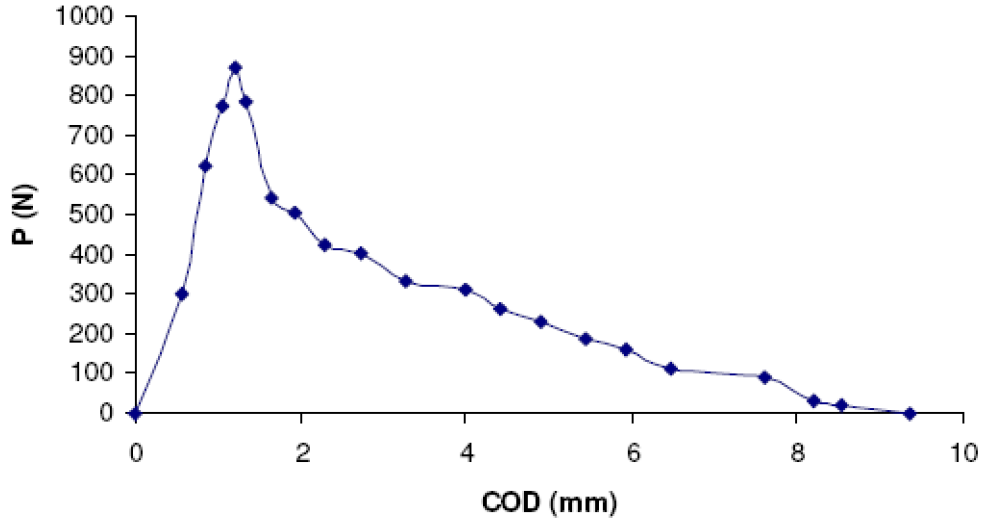
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Çekme Deneyi Sonuçları

Merkezinde çatlak bulunan kompozit numuneler yukarıda anlatılan şartlarda çekme deneyine maruz bırakılmıştır. Şekil 4 de yüklemeye karşılık uzama miktarının grafiği gösterilmiştir. Numunede maksimum yüklemeye 871.81 N iken uzama 3.66 mm olarak bulunmuştur. Numuneler ortalama 15 N da ve 15 mm uzamada kopmuşlardır.

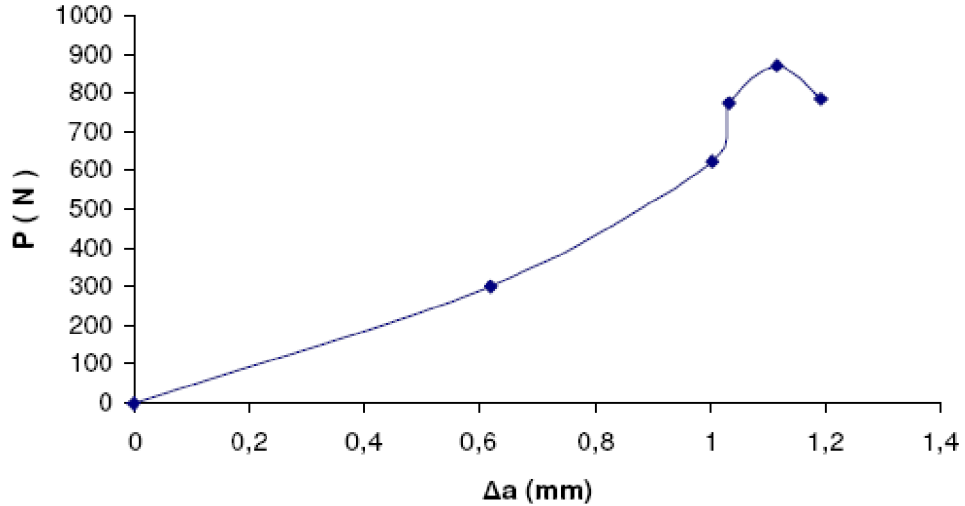


Şekil 4 Kompozit malzemenin (P-δ) grafiği



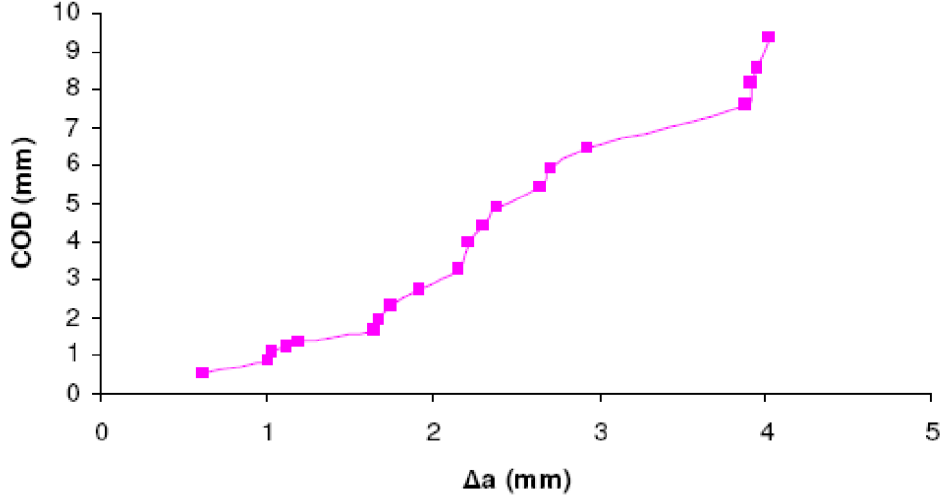
Şekil 5. Kompozit malzemenin (P-COD) grafiği

Çekme deneyi yapılırken yaklaşık olarak her 0,5 mm de çatlak ucu açılma miktarı ölçülmüştür. Belirlenen çekme yüküne karşılık, çatlak ucu açılma grafiği şekil 5 de verilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi çatlak ucu açılma miktarı ile çekme kuvvetiyle hemen hemen max yüklemeye kadar lineer değiştiği söylenebilir. Bu grafikten çatlak ucu açılma miktarının $P_{max}= 822$ N kuvvetine kadar kararlı olduğu P_{max} kuvvetinden sonra hızlandığı görülmektedir. Numuneler ortalama 15 N yüklemeye ve 9.10 mm çatlak ucu açılma miktarında kopmuştur. Çatlak ilerleme miktarının yüklemeye karşı değişimi grafiği şekil 6. da gösterilmiştir. Burada çatlak ilerleme miktarı maksimum yüklemeye kadar lineer değiştiği görülmektedir. $P_{max} = 871,81$ N da, $a = 1.12$ mm olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Kompozit malzemenin (P-Δa) grafiği

Numunelerin çatlak ucu açılma miktarlarının çatlak ilerleme miktarlarına göre değişim grafiği şekil 7 de gösterilmiştir. Maksimum yüklemeye kadar çatlak ucu ile çatlak ilerlemesi orantılı olarak artmıştır. Maksimum yüklemeye kadar çatlak ucu açılma miktarları çatlak ilerlemesinin yaklaşık 2 kat daha hızlı ilerlemiştir. Başlangıçta COD= 0.56 mm de $\Delta a= 0.62$ mm iken, kopma anında COD = 9.37 mm de ise $\Delta a= 4.03$ mm olarak bulunmuştur.



Şekil 7. Kompozit malzemenin (COD-Δa) grafiği

3.2. Gerilme şiddet Faktörü

Bu çalışmada yorulma deneylerindeki GŞF değerleri ASTM E 647 standardı kullanılarak, ortasında çatlak bulunan numuneler için verilen aşağıdaki formüllerden hesaplanmıştır.

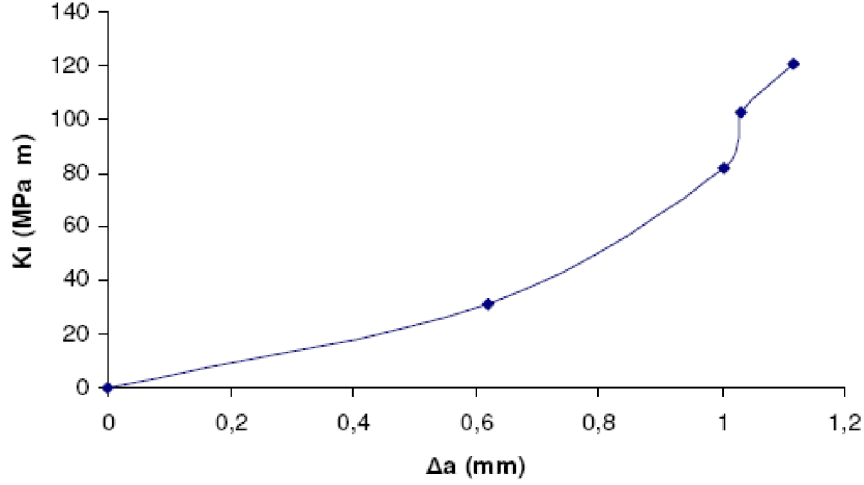
$$\alpha = 2a/w \text{ ve } 2a/w < 0.95$$

olmak şartıyla aşağıda verilmiştir

$$K = (P/B) \left(\sqrt{[(\pi\alpha)/(2w)]} \right) \sec[(\pi\alpha)/2] \quad (4)$$

Burada P: uygulanan yükü, B: malzeme kalınlığını 2a: çatlak boyunu, w : malzeme genişliğini ifade etmektedir.

Şekil 8. de numunenin çekme neticesinde çatlak ilerlemesi ve K_I 'e göre değişimin grafiği gösterilmiştir. Burada K_I değerleri eşitlik 4. dan hesaplanmıştır. Başlangıçta $a = 0.62$ mm, $P = 299.75$ N ve $COD = 0.56$ mm de $K_I = 30.85$ MPa \sqrt{m} iken, $P_{max} = 871.81$ N, $a = 1.12$ mm ve $COD = 1.21$ mm de $K_I = 120.44$ MPa \sqrt{m} olarak bulunmuştur. 0o açılı çatlaklı numunede ayrılma modunda (Mod I) hasar olduğundan sadece K_I değerleri bulunmuş ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır. Şekil 8. incelendiğinde K_I artarken çatlak ilerleme miktarı da arttığı görülmektedir. Çatlak ilerleme miktarı başlangıçta hızla artarken kopmaya doğru bir miktar azalma oluşmaktadır. Bu da çatlaklı çekme testinde beklenen durumdur.



Şekil 8. Kompozit malzemenin K_I-Δa grafiği

3.3. J İntegral yöntemi

Ortasında çatlak bulunan numunelerde J-integralin tespitinde şu yol izlenir. Çatlaklı numuneye ait yük-yer değiştirme eğrisi (P-δ) altında kalan alan (A_t), aynı yükte yüklenmiş çentiksiz malzemenin P-δ grafiği altındaki alan (A_u) çıkarılır. Buradan elde edilen değer aşağıdaki formüle konularak kritik J-integral (J_{1c}) değeri Mod I'e bulunur [7].

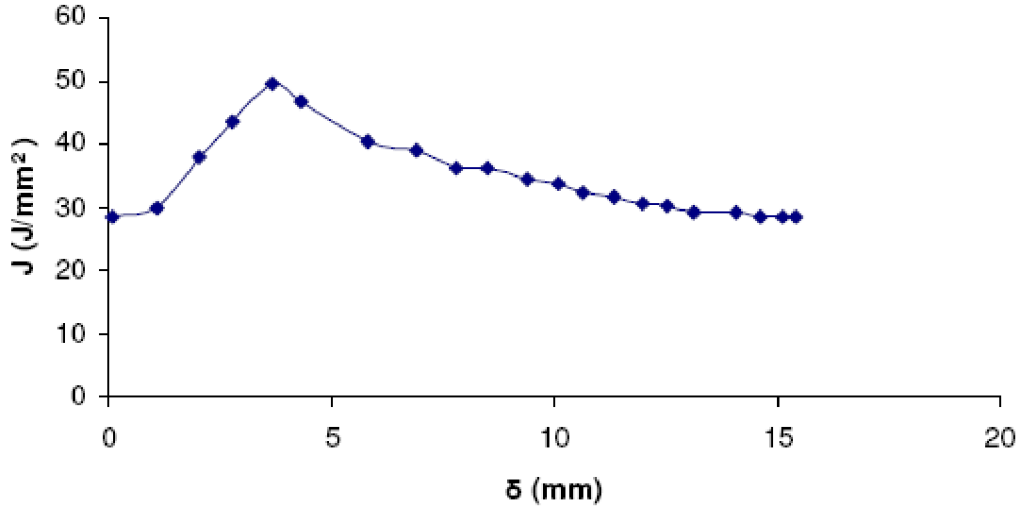
$$J_{1c} = K_{II}^2 \left[\left(\frac{a_{22} \cdot a_{11}}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left[\left(\frac{a_{11}}{a_{22}} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{a_{66} + 2a_{21}}{2a_{22}} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \right] + \frac{2(A_t - A_u)}{B(W - 2a)} \quad (5)$$

Burada

$$a_{11} = 1/E_1 \quad a_{22} = 1/E_2 \quad a_{21} = a_{12} = -\frac{\nu_{12}}{E_1} \quad a_{66} = 1/G_{12}$$

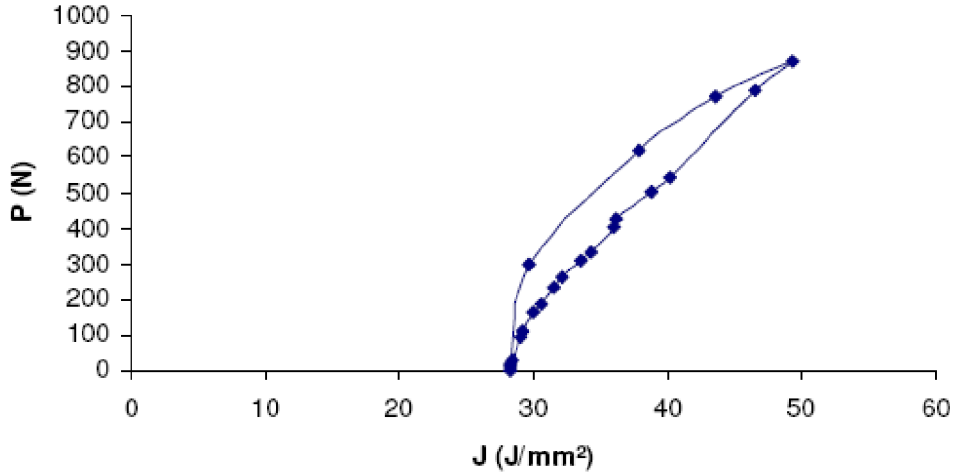
eşitliklerinden hesaplanır. E₁ ve E₂: x ve y yönlerindeki elastiklik modülü, ν₁₂ ve ν₂₁: x ve y yönlerindeki Poisson oranları, G₁₂ ise x yönündeki kayma modülüdür.

Şekil 9. da numunede çekme neticesinde uzamanın şekil değiştirme enerji boşalma miktarı (J) ile değişiminin grafiği gösterilmiştir. Çatlaklı numuneyi çekme için başlangıçta J= 28.30 J/mm² lik bir enerji gerekmektedir. Uzama ilerledikçe çatlaklı numuneyi koparmak için gereken bu enerji miktarı artmıştır. Kopma anında ise başlangıçtaki enerjiyi miktarı ile eşitlenmiştir ve bu beklenen bir durumdur. J değerleri eşitlik (5) den hesaplanarak bulunmuştur. 0o açılı çatlaklı numunede ayrılma modunda (Mod I) hasar olduğundan sadece J₁ değerleri bulunmuş ve değerlendirmeler buna göre yapılmıştır.



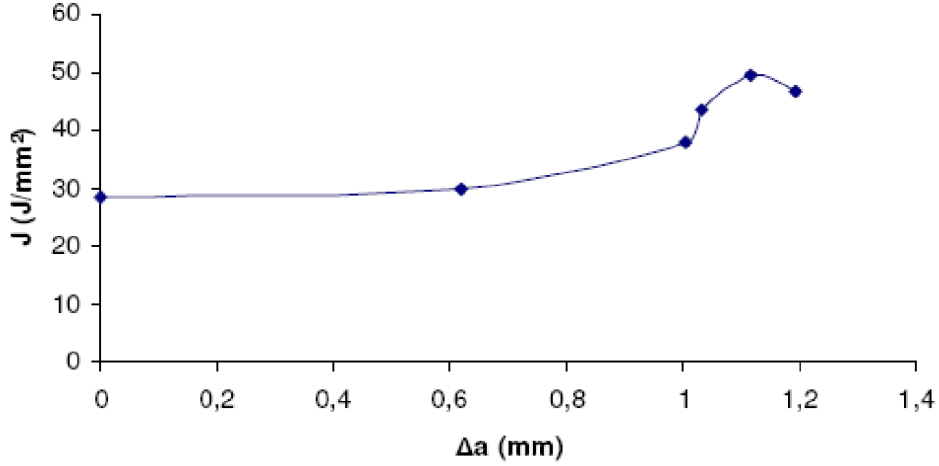
Şekil 9. Kompozit malzemenin J_1 - δ grafiği

Yüklemenin şekil değiştirme enerji boşalma miktarına göre grafiği şekil 10 da gösterilmiştir. Başlangıçta numunenin şeklini değiştirebilmek için gerekli enerji boşalma miktarı $28,30 \text{ J/mm}^2$ iken, yüklemenin maksimum olduğu $871,81 \text{ N}$ da şekil değiştirme enerji boşalma miktarı $49,31 \text{ J/mm}^2$ de maksimum değere ulaşmıştır. Bu değerden sonra numuneye uygulanan yük azaldıkça enerjide azalmıştır.



Şekil 10. Kompozit malzemenin P - J_1 grafiği

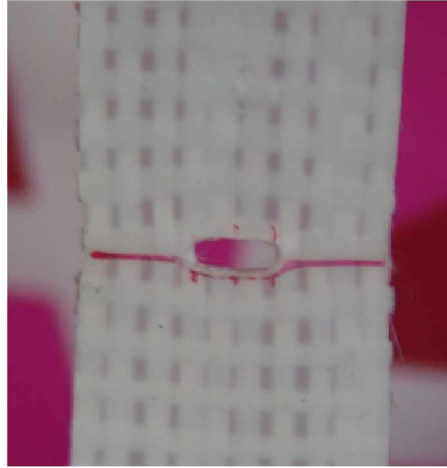
Şekil 11. de şekil değiştirme enerji boşalma miktarı ve çatlak ilerlemesine göre grafiği gösterilmiştir. Başlangıçta çatlak açmak için gereken enerji $28,30 \text{ J/mm}^2$ iken, $P_{\max}=871,81 \text{ N}$ ve $a = 1,12 \text{ mm}$ de $J_1=49,31 \text{ J/mm}^2$ olarak bulunmuştur.



Şekil 11. Kompozit malzemenin J_1 - Δa grafiği

3.4. Hasar Mekanizması

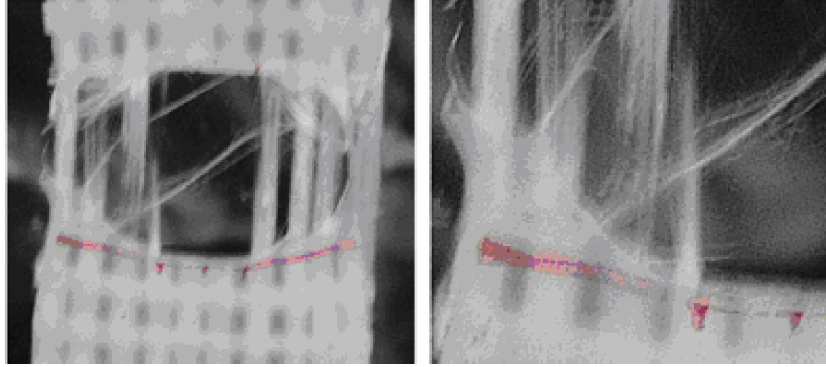
Hasar mekanizması incelenecek olursa, deneyin başlamasıyla beraber ilk yüklemde çatlak ağzlarında beyazlaşma oluşmaya başlamıştır. Bunu çatlak ilerlemesi takip etmiştir. İlerleyen yüklemelerde şekil 12 de görüldüğü gibi matris yırtılması çatlağın ucundaki fiberi geçerek devam etmiştir. Bu ara fiber-matris ara yüzey ayrılması meydana gelmiş ve yüklemenin artmasıyla birlikte boşta kalan cam elyaf kopmuştur. Boşta kalan cam elyaf koştuktan sonra iki dikey cam kumaş arasında boşluk kadar matris yırtılması devam etmiş, bir sonraki cam kuması boşta kalmış ve bu şekilde kopma olayı çatlağın kararlı olmayan büyüklüğe gelinceye kadar çatlak ilerlemesi devam etmiştir. Çatlak açısının 0° olmasından dolayı sadece Mod I de hasar oluşmuş ve çatlak ilerlemesi çatlak düzlemi boyunca ve kopuncaya kadar devam etmiştir. Çatlak ilerleme düzlemi doğrultusunda bir değişiklik olmamıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Kompozit malzemede çatlak ilerlemesi

Fiber kopması şekil 13 de görüldüğü gibi fiber matris ara yüzey ayrılması ve fiber sıyrılması ile meydana gelmiştir. Fiber sıyrılması sadece 0,2 mm gibi sınırlı bir bölgede olmuştur. Kullanılan cam kumaş, örgü olduğundan buda beklenen bir durumdur. Polietilen, kompozit malzeme üretimi sırasında eridiğinden cam kumaş, örgülü fiberlerin bütün yüzeylerini kaplamış hatta iki cam kumasın örgü yaptığı bölgelerde bile iki cam kumasın arasına girerek bütün cam kumaşları sıvamıştır.

Çatlak ilerlemesi yüklemenin artışıyla birlikte $a=1.12$ mm seviyesine gelinceye kadar kararlı bir yapıda devam etmiş ancak bu değerden sonra çatlak ilerlemesi süratle artmış ve aniden kopmuştur.



(a)

(b)

Şekil 13 Kompozit malzemenin kopma sonrası resimleri
a-) Malzemenin kenar uç kısımlarında fiber-matris ayrılması
b-) Çatlağın ilerlediği kısımlar

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, cam kumaş takviyeli alçak yoğunluklu polietilen kompozit malzemenin çekme yükü altında kırılma davranışları incelenmiştir. Önce malzemenin mekanik özellikleri belirlenmiş daha sonra boydan boya merkez çatlakları açılmış, çekme deneyleri yapılmış ve kırılma davranışları incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıya çıkarılmıştır.

- Yükleme ilerledikçe x-eksenine dikey konumda olan cam kumaşlar çatlak ilerleme, çatlak ucu açılma miktarına ve matris ayrılmasına bağlı olarak kopmuştur.
- Genel olarak çatlak ilerleme miktarları arttıkça, çatlak ucu açılma miktarları giderek azalmıştır.
- Gerilme şiddet faktör değerleri kopma öncesine kadar kararlı denebilecek şekilde artmış daha sonra kararsız bölgeye geçerek numune aniden kopmuştur.
- Merkezi çatlaklı numunelerde uygulanan yük çatlağa dik olduğundan sadece açılma modundan dolayı hasar oluşmuştur.
- Şekil değiştirme enerji boşalma hızı J' 'nin değerleri, dalgalı bir seyir göstermesine rağmen giderek maksimum yüklemeye kadar artmış olup, daha sonra numunenin koptuğu ana kadar düşmüş ve numuneyi koparmak için gerekli olan ilk enerji miktarına dönmüştür.
- Kompozit malzemenin kendisini oluşturan malzemelere göre mekanik özellikleri geliştirilmiştir. Bu sebeple üretilen kompozit malzeme özellikle mutfak eşyaları, ambalaj malzemeleri, boru ve otomotiv yan sanayisi gibi bir çok alanda daha güvenli bir şekilde kullanılabilir hale gelmiştir.

KAYNAKLAR

1. Jones, M.R., 1998, Mechanics of Composite Materials, Virginia Polytechnic Institute, Virginia.
2. Yao, X.F., Bijlaard, F.S.K., Yeh, H.Y., 2005, Tensile Strength and Fracture Behaviors of Complex GFRP Composites with a Central Hole, Journal of Composite Materials, Vol. 39.
3. Samancı, A., 2004, Yüzey Çatlaklı Filaman Sarım CTP Boruların σ Basınç Etkisi Altında Yorulma Davranışı, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bil.Ens., Konya.
4. Erkendirici Ö.F., 2006, Tel Takviyeli Termoplastik Kompozitlerde Kırılma Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bil.Ens., Konya.
5. Stevanovic, D., Jar, B., Lowe, A., Kalyanasandaram, S., 2000, On Crack Initiations Conditions for Mode I and Mode II Delemination Testing of Composite Materials, Composites Science and Technology. Vol. 60, p. 1879-1887.
6. Favier, V., Giroud, T., Sell, G.C., Goldberg, A., 2001, Slow Crack Propagation in Polyethylene Under Fatigue at Controlled Stress Intensity, Polymer Vol. 43, p. 1375-1382.
7. Beaumont, W. R., Schults, M., Friedrich, K., 1990, Failure Analysis of Composite Materials, Technomic Publishing Co.