

KOMPOZİT PLAKALARIN DARBE DAVRANIŞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Ümran ESENDEMİR¹ Aykut ERBİL²

Accepted: 2022-07-19

DOI: 10.47118/ somatbd.1118204

ÖZET

Bu çalışmada; cam elyaf takviyeli epoksi kompozit plakaların, darbe davranışını etkileyen faktörler deneysel olarak incelenmiştir. Darbe enerjisi, numune kalınlığı, vurucu ucu geometrisi ve ortam şartları, darbe davranışını etkileyen faktörler olarak ele alınmıştır. Enerji seviyesi (40J, 80J, 100J), numune kalınlığı (2 mm ve 4 mm), deniz suyu ortamı (3 ay ve 6 ay) ve vurucu ucu geometrisine (10 mm ve 20 mm) bağlı olarak elde edilen kuvvet-çökme miktarı değişimleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda kompozit plakaların darbe davranışları üzerine darbe enerjisinin, numune kalınlığının, vurucu ucu geometrisinin ve deniz suyu ortam şartlarının etkisinin olduğu görülmüştür. Özellikle; darbe enerjisinin artması, numune kalınlığının ince olması ve ince numunelerde vurucu ucu çapının küçük seçilmesi durumlarında numunelerin darbe dayanımlarının daha fazla azaldığı ve delinme hasarı meydana geldiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Kompozit malzeme, deniz suyu, darbe enerjisi, kalınlık, vurucu geometrisi

A STUDY ON FACTORS AFFECTING IMPACT BEHAVIOR OF COMPOSITE PLATES

ABSTRACT

This study was conducted on the factors affecting the impact behavior of glass fiber reinforced epoxy composite plates. Impact energy, sample thickness, impactor tip geometry and ambient conditions are considered among the factors affecting impact behavior. Changes in force-displacement differences obtained depending on energy level (40J, 80J, 100J), sample thickness (2 mm and 4 mm), seawater environment (3 and 6 months), impactor tip geometry (10mm 20mm) were investigated. As a result of the study, it was observed that the impact energy, sample thickness, impactor tip geometry and seawater ambient conditions had an effect on the impact behavior of the composite plates. Especially, in cases where the impact energy is increased, the thickness of the sample is thin and the diameter of the impactor tip for thin samples is chosen for thin samples. Meanwhile, the impact strength of the samples decreases and has been observed that puncture damage occurs.

Keywords: Composite material, seawater, impact energy, thickness, impactor shape

1. GİRİŞ

Cam/epoksi kompozit malzemelerin, son yıllarda birçok uygulamada, yüksek mekanik özellikler ve düşük ağırlık nedeniyle kullanımı giderek artmaktadır. Başta uzay, otomotiv,

¹ Prof., Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi Müh. Fak. Mak. Müh. Böl., Isparta/TÜRKİYE

² Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bil. Enst.Mak.Müh.ABD, Isparta/TÜRKİYE

havacılık sanayi olmak üzere, inşaat malzemeleri, müzik, spor aletleri gibi bir çok yerde kullanılan kompozit malzemeler, farklı darbe enerjilerine maruz kalabilmektedirler. Bu darbe enerjileri sonucunda da malzemede hasar oluşmaktadır. Düşük darbe enerjilerinde oluşan hasar matris çatlağı ve delaminasyon şeklinde gözükürken, darbe enerjisinin artması ile hasar, fiber kırılması ve delinme şekline dönüşmektedir. Tabakalı kompozit malzemelerin düşük hızlı darbe davranışları üzerine deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Fidan ve arkadaşları [1] tekrarlı düşük hızlı darbe testleri sonrası, cam fiber takviyeli polyeester kompozitte ortaya çıkan içyapı hasarları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında, tekrarlı darbelerin, malzeme iç yapısında, matris çatlağı, delaminasyon ve fiber kırılmaları şeklinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Öndürücü ve Can [2] tabakalı cam elyaf/epoksi kompozitlerin darbe davranışını deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında, darbe enerjisinin artması ile numunelerin her iki yüzeyindeki hasar bölgelerinin arttığından bahsetmişlerdir. Ayrıca 8 tabakalı numunelerin darbe dayanımlarının, 12 tabakalı numunelere göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Uyaner ve arkadaşları [3] düşük hızlı darbeye maruz, E-camı/epoksi tabakalı kompozitlerde plaka boyutlarının (180x50 mm, 180x100 mm, 180x150 mm) hasara etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Numune genişliği büyüdükçe çökmelerin azaldığı, maksimum kuvvetin ise arttığı görülmüştür. Esendemir ve Caner [4] tabakalı kompozit malzemelerin 2 farklı kalınlık ve darbe enerjisi için darbe davranışlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Plaka kalınlığının artması ile çökme değerlerinin azaldığını ve darbe dayanımlarının arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca ince tabakalı yüksek darbe enerjisine sahip numunelerde, delinme hasarı oluştuğunu belirtmişlerdir. Deniz ve arkadaşları [5] cam/epoksi kompozit boruların basma dayanımı ve darbe davranışı üzerine, deniz suyu ve darbe yüklerinin etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Numuneler 3,6,9 ve 12 ay boyunca laboratuvar koşullarında deniz suyunda bekletilmişlerdir. Kuvvet-çökme miktarı ve hasar mekanizması üzerine deniz suyu etkisinin, boru çapındaki artışla, darbe enerjisinden daha etkili olduğunu fakat küçük çaplar için ise darbe enerjisinin, deniz suyu etkisinden daha fazla olduğu belirtilmiştir. Vijay ve arkadaşları [6] SiCp katkılı cam epoksi kompozitlerin mekanik davranışı üzerine deniz suyunun etkisini incelemişler ve deniz suyunun çekme mukavemetini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Zhao ve arkadaşları [7] kompozit malzemelerin delaminasyon davranışları üzerine farklı sıcaklıklardaki deniz suyunun etkilerini incelemişlerdir. Kırılma tokluğunun deniz suyuna maruz kalma ve artan daldırma sıcaklığı ile azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, deniz suyunda bekletilen numunelerde delaminasyonun da büyüdüğünü açıklamışlardır. Esendemir ve Karaca [8] düşük hızlı darbe yüküne maruz kompozit plakaların üzerine asidik ortamın etkisini incelemişlerdir. Numuneler farklı hidroklorik asit çözeltisinde farklı sürelerde bekletildikten sonra, darbe testleri, iki farklı darbe enerjisi altında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, darbe enerjisi değeri arttıkça, maksimum kuvvet ve maksimum çökme miktarının arttığı ve asidik ortamda bekletilen numunelerdeki çökmelerin daha fazla olduğu belirtilmiştir. Agrawal ve arkadaşları [9] fiber takviyeli polimer matris kompozitlerin darbe davranışları üzerine literatür taraması yapmışlardır. Test parametreleri ve standart parametrelerin yanısıra vurucu şekli, vurucu ağırlığı, darbe hızı ve ortam şartlarının darbe davranışı üzerindeki etkileri belirtilmiştir. Ayrıca hasar alanı, absorblanan enerji, temas süresi gibi hususlar üzerinde de durulmuştur.

Günümüzde farklı alanlarda kullanımı giderek artan kompozit malzemeler darbelere maruz kalmaktadır. Kompozitlerin maruz kaldığı darbe sonucu oluşan hasar, darbe enerjisine, numune geometrisine, oryantasyon açısına, ortam şartlarına , vurucu geometrisi gibi değişik faktörlere bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Bu amaçla bu çalışmada kompozit plakaların darbe

davranışına, darbe enerjisi, numune kalınlığı, vurucu ucu geometrisi ve deniz suyunun etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

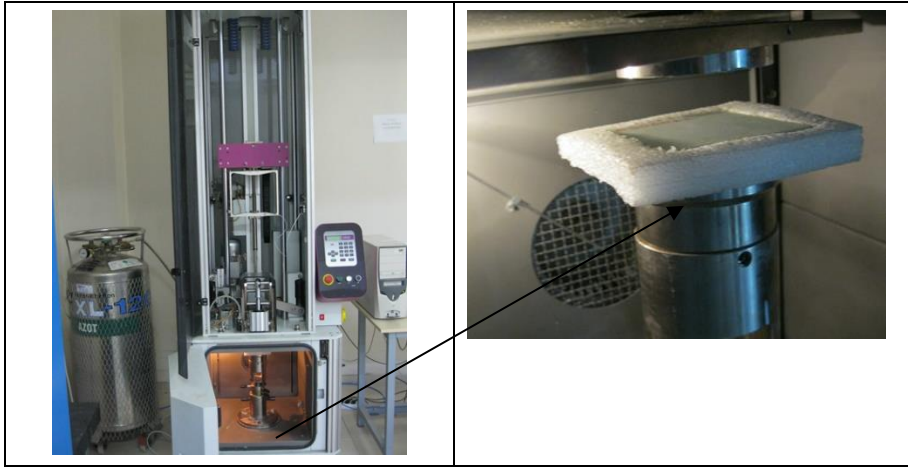
2. DARBE TESTLERİ

Darbe testlerinde kullanacağımız kompozit malzeme IZOREEL (Kompozit İzole Malzemeler, İzmir) firmasında üretilmiştir. Darbe testleri için üretilen kompozit plakalar 100x100 mm boyutlarında kesilmiştir. Her bir test parametresi için 3 adet numune hazırlanmıştır. Tablo 1’de darbe test numunelerine ait test parametreleri verilmiştir.

Darbe testleri KOSV10İ, KOSV20İ, KOSV10K ve KOSV20K numuneleri SDÜ YETEM (Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi)’ de diğer testler Dokuz Eylül Üniversitesi’nde Fractovis Plus darbe test cihazında yapılmıştır (Şekil 1). Darbe testlerinde numunenin tam ortasına darbe ucu düşey olarak serbest bırakılır. Darbe testleri oda sıcaklığında yapılmıştır. Her bir parametre için 3 kez darbe testi yapılarak ortalaması alınmıştır.

Tablo 1. Test Parametreleri

Adlandırma	Numune tipi	Darbe Enerjisi (J)	Ortam Şartları	Vurucu Ucu
KOS40K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=12 mm
KOS80K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	80	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=12 mm
KOS100K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	100	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=12 mm
KOS40I	$[+45/-45/0/90]_s$	40	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=12 mm
KDS40K3	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Deniz suyu (3 ay)	Yarım küre d=12 mm
KDS40K6	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Deniz suyu (6 ay)	Yarım küre d=12 mm
KOSV10İ	8 tabaka örgü	20	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=10 mm
KOSV20İ	8 tabaka örgü	20	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=20 mm
KOSV10K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=10 mm
KOSV20K	$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$	40	Oda sıcaklığı	Yarım küre d=20 mm

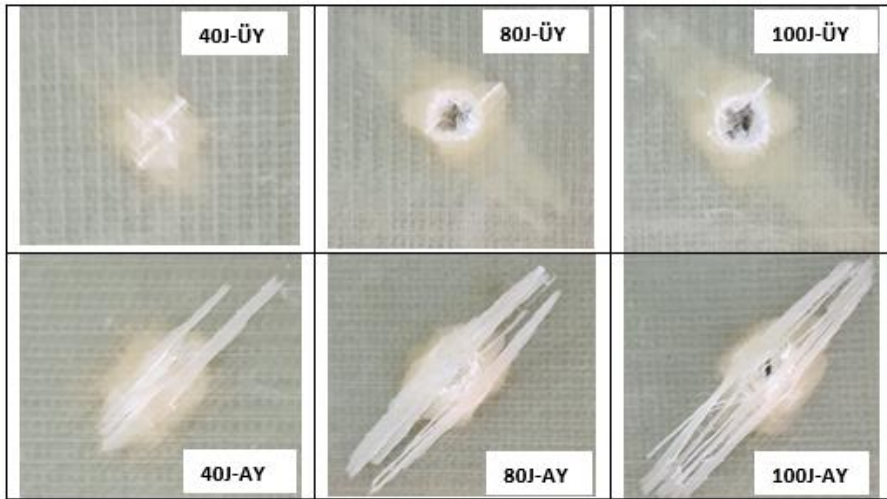


Şekil 1. Darbe Test Cihazı

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Darbe Enerjisinin Etkisi

Kompozit plakalara darbe enerjisinin etkisini görmek için $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$ oryantasyon açısına sahip 16 tabakalı kompozit plakalara 40J, 80J ve 100J olmak üzere 3 farklı darbe enerjisi uygulanmıştır. Şekil 2’de farklı darbe enerjisi uygulanmış (40J, 80J, 100J) numunelerin üst ve alt yüzeylerinin fotoğrafları verilmiştir.

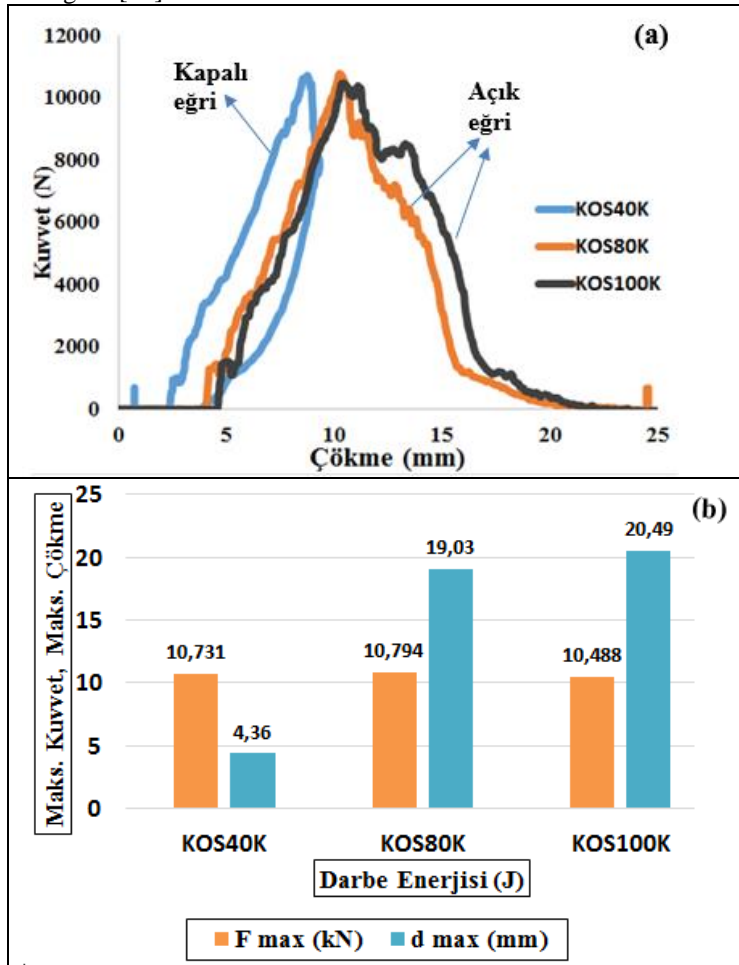


Şekil 2. Farklı Darbe Enerjisi Uygulanmış (40J, 80J, 100J) Numunelerin Üst (ÜY) ve Alt (AY) Yüzeylerin Fotoğrafları

Şekil 2’den görüleceği üzere darbe enerjisi arttıkça hasarın arttığı ve darbe uygulanmış üst yüzeydeki hasarın darbe uygulanmamış alt yüzeye göre daha az olduğu görülmüştür. Sabancı ve Karakuzu [10] çalışmalarında darbe enerjisi arttıkça hasar alanının arttığı ve eğilmeden dolayı

numunenin darbesiz yüzey alanının darbeli yüze göre çok daha büyük olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca; Mathivanan ve Jerald [11], örgü cam fiber takviyeli epoksi kompozit malzemelerin darbe davranışını farklı enerji seviyelerinde (3.14J, 4.71J, 6.28J, 7.8J ve 15.7J) deneysel olarak incelemişlerdir. Darbe enerjisi attıkça kompozit numunenin hasarının arttığı sonuçları bizim çalışmamız ile uyumlu bir sonuç göstermiştir.

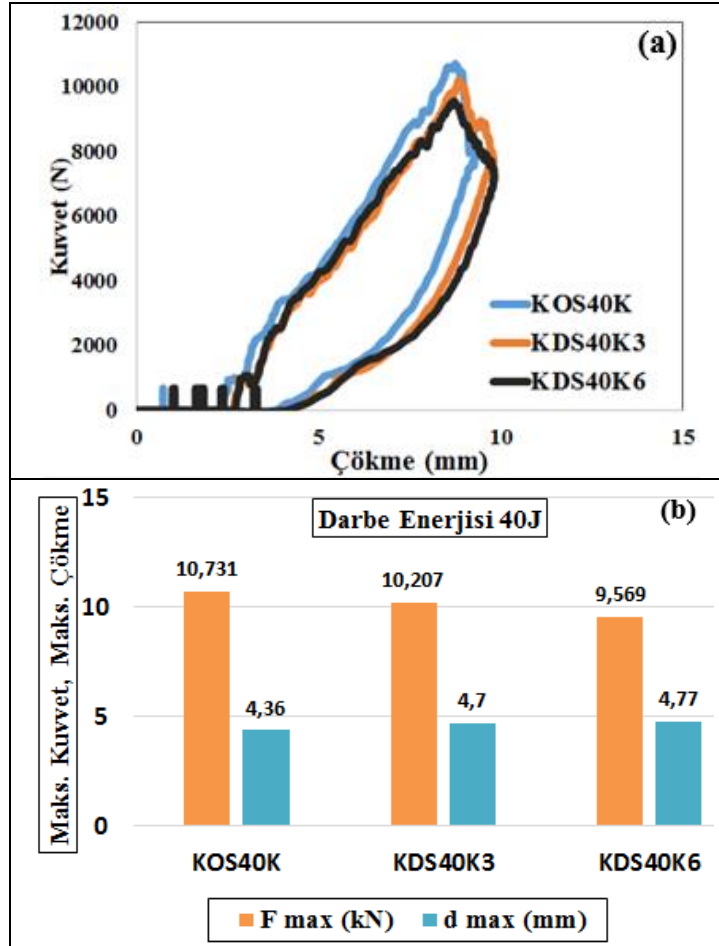
Şekil 3'de farklı darbe enerjileri uygulanmış kompozit numunelere ait kuvvet-çökme eğrileri verilmiştir. Kuvvet-çökme eğrilerinden görüleceği üzere darbe enerjisi arttıkça çökme miktarı artmaktadır(Şekil 2b). Şekil 2a'dan görüleceği üzere 40J darbe enerjisi uygulanan numunelerde [12] kapalı eğri oluşurken; 80J ve 100J darbe uygulanmış numunelerde açık eğri oluşmuştur. Darbe hasarı geri sekme (kapalı eğri), nüfuziyet (saplanma) ve delinme (açık eğri) olmak üzere üç şekilde meydana gelir. Geri sekmede numune darbe enerjisinin bir kısmını absorbe ederken, diğer kısmını darbe ucunun numune yüzeyinde geri sekmesinde kullanır. Nüfuziyet darbe ucu enerjisinin hemen hemen tümünü numuneye aktararak numune ile beraber hareket eder. Delinmede ise temas kuvveti maksimum değere yükselir sonra minimuma düşer ve delinme meydana gelir [13].



Şekil 3. Farklı Darbe Enerjileri Uygulanan Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

3.2. Deniz Suyunun Etkisi

$[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_5$ oryantasyon açısına sahip 16 tabakalı numuneler kuru (oda sıcaklığı) [12], 3 ve 6 ay deniz suyunda (% 3,8 tuz oranına sahip Akdeniz suyu) bekletildikten sonra 40J darbe enerjisinde darbe testleri yapılmıştır. Şekil 4'te oda sıcaklığında kuru ortamda ve deniz suyunda bekletilen (3 ay ve 6 ay) numunelerin kuvvet-çökme değerleri verilmiştir.



Şekil 4. Oda Sıcaklığında Kuru Ortamda ve Deniz Suyunda Bekletilen (3 ve 6 ay) Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

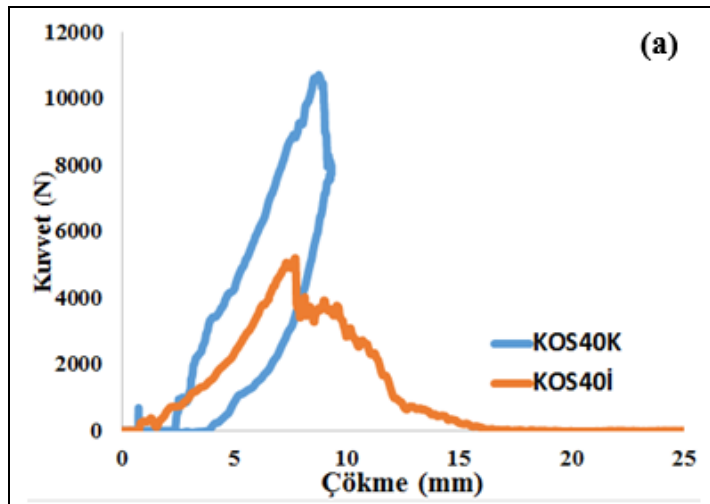
Şekil 4'ten görüleceği üzere deniz suyunun kompozitlerin darbe dayanımlarını olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Bekletme süresi arttıkça bu olumsuz etki daha da artmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışmadaki elde edilen sonuçlar literatürle uyum içindedir. Erklığ ve arkadaşları [14] çalışmalarında test numunelerinin, deniz suyunda bekletilmesinin, numunelerin darbe dayanımlarını azalttığını belirtmişlerdir. 70 °C deniz suyunda bekletilen numunelerin darbe dayanımlarında %30, 25 °C deniz suyunda bekletilen numunelerin darbe dayanımlarında ise %27,3 lük bir azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Strait ve arkadaşları [15] cam fiber takviyeli epoksi kompozitlerin darbe davranışına deniz suyunun etkisini

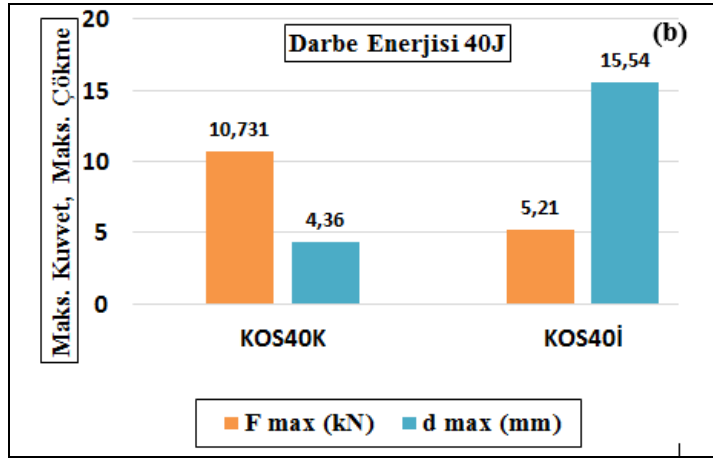
incelemişlerdir. Çalışmalarında deniz suyunun kompozitlerin darbe dayanımlarını azalttığını belirtmişlerdir.

3.3. Numune Kalınlığının Etkisi

Kompozit numunelerde, numune kalınlığının, darbe dayanımına etkisini görmek için 2 mm $([+45/-45/0/90]_s)$ ve 4 mm $([+45/-45]_2/(0/90)_2]_s)$ kalınlığında numune alınmıştır. 8 ve 16 tabakalı olan bu plakalara 40J darbe enerjisi uygulanmıştır. Şekil 5'te 8 (KOS40İ) ve 16 (KOS40K) tabakalı plakaların kuvvet-çökme değerleri verilmiştir.

Tabaka sayısına bağlı olarak artan plaka kalınlığıyla, çökme değerleri azalmakta ve dolayısıyla plakaların darbe dayanımı artmaktadır. Naik ve arkadaşları [16] düşük hızlı darbeye maruz polimer matris örgü kompozitlerde plaka kalınlığının etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında plaka kalınlığı olarak 4.5 mm ile 8 mm arasında değişen kalınlıklar kullanılmıştır. İnceleme sonucunda, plaka kalınlığı artması ile çökmelerin azaldığı ve yük taşıma kapasitelerinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca Esendemir ve Caner [4] ile Öndürücü ve Can [2] da çalışmalarında plaka kalınlığının artması ile plakaların darbe dayanımlarının arttığından bahsetmişlerdir. Bu sonuçlar da bizim çalışmamızla uyumlu bir sonuç göstermiştir.

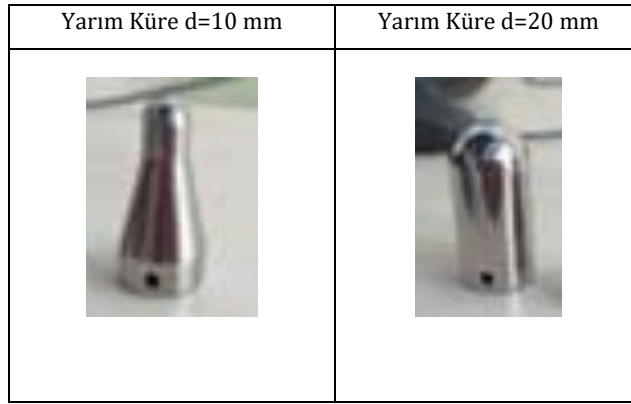




Şekil 5. 8 ve 16 Tabakalı Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

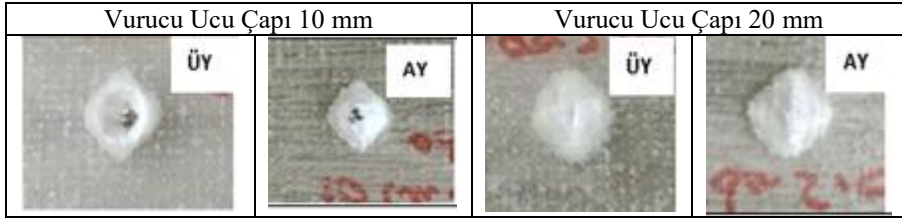
3.4. Vurucu Ucu Etkisi

Kompozit numunelerin darbe dayanımının, vurucu geometrisinin etkisini görmek için 10 mm ve 20 mm çaplı yarım küre şekilli vurucular kullanılmıştır (Şekil 6).



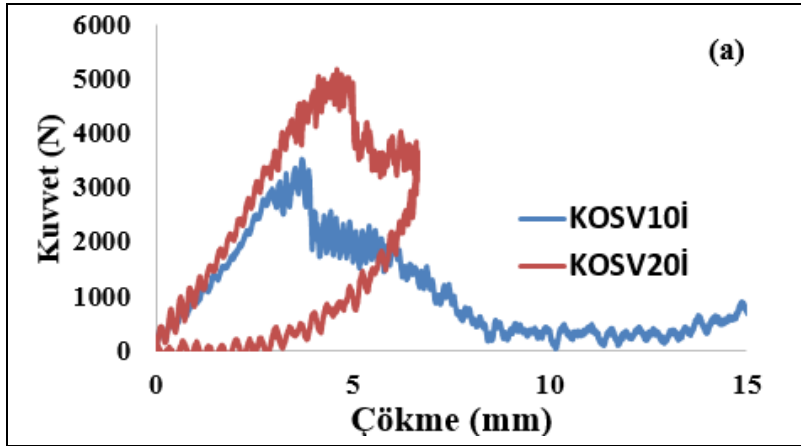
Şekil 6. Darbe Deneyinde Kullanılan Vurucu Uçları

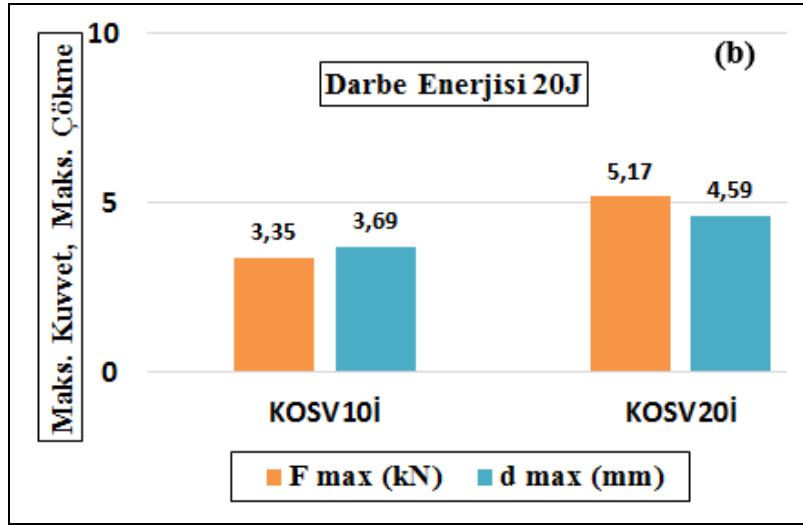
8 tabakalı örgü numunelere (ince numuneler) 20J darbe enerjisi uygulanmıştır. Şekil 7'de 10 mm ve 20 mm çapında darbe ucu kullanılarak 20J darbe enerjisi uygulanan numunelerin üst ve alt yüzeylerinin fotoğrafları gösterilmiştir. Şekil 7'den görüleceği üzere, 10 mm çapında vurucu ucu kullanılması durumunda numunede delinme hasarı oluşmuştur.



Şekil 7. Farklı Vurucu Ucu Çapı Uygulanmış 8 Tabakalı Numunelerin Üst ve Alt Yüzeylerin Fotoğrafları

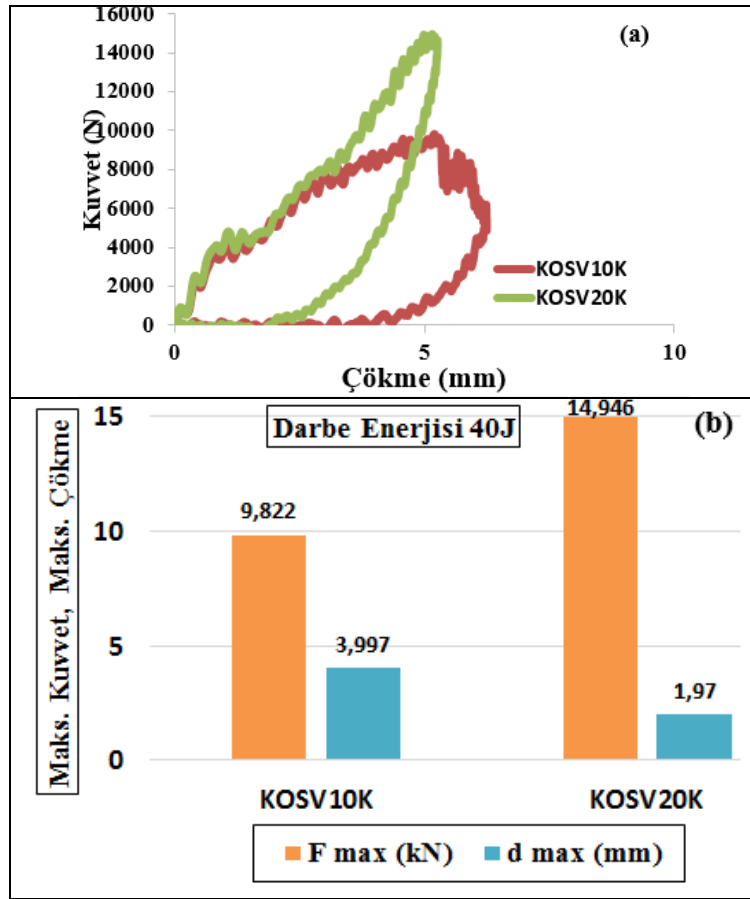
Şekil 8’de vurucu ucu çapı 10 mm ve 20 mm kullanılarak, 20J darbe enerjisi uygulanan 8 tabakalı örgü numunelerin kuvvet-çöme değerleri verilmiştir. Şekil 8’den görüleceği üzere 20J darbe enerjisi uygulanan 8 tabakalı örgü kompozit numunelerde (ince numune) vurucu ucu çapı arttıkça maksimum kuvvet ve maksimum çökmenin arttığı görülmüştür. Ayrıca; 20J darbe enerjisi altında yapılan darbe testlerinde 10 mm çapında vurucu ucu kullanılması durumunda numunede açık eğri oluşurken (delinme hasarı), 20 mm çapında vurucu ucu kullanılmasında ise kapalı eğri (geri sekme) oluşmuştur.





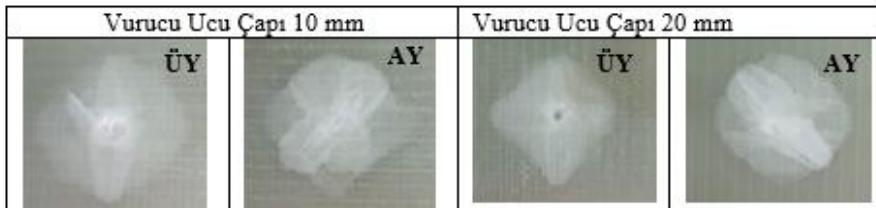
Şekil 8. Vurucu Ucu Çapı 10 mm ve 20 mm Kullanılarak 20J Darbe Enerjisi Uygulanan 8 Tabakalı Örgü Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

Ayrıca kalın numunelerde $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$ vurucu ucu geometrisinin etkisini görmek için 40J darbe enerjisi altında 10 mm ve 20 mm çaplı yarı küresel şekilli vurucular kullanılmıştır. Şekil 9'da 40J darbe enerjisi altında 10 mm ve 20 mm çaplı vurucu ucu kullanılarak yapılan numunelere ait kuvvet-çökme değerleri verilmiştir. 40J darbe enerjisi uygulanan kalın kompozit numunelerde $[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$ vurucu ucu çapı arttıkça maksimum kuvvetin arttığı, maksimum çökmenin ise azaldığı görülmüştür. Numunelere farklı vurucu çaplarında, darbe enerjisi uygulanması, kalın numunelerin eğri tipini değiştirmemiş, her iki vurucu çapında kapalı eğri tipi görülmüştür. Uyaner ve Kara [17] E-cami/epoksi kompozit boruların darbe davranışına vurucu ucu geometrisinin etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında; 24 mm ve 12 mm yarı küresel ve 120° piramit uca sahip vurucular kullanmışlar ve darbe deneylerini 5J, 10J ve 15J olmak üzere düşük darbe enerjilerinde yapmışlardır. Kuvvet - yer değiştirme grafiklerinde, kuvvetin arttığı bölgedeki eğim, eğilme rijitliği olarak adlandırıldığı ve yarı küresel uçlu vuruculardan elde edilen eğrilerde, eğilme rijitliğinin benzerlik gösterdiği belirtilmiştir. Bu da bizim çalışmamızla uyumludur.



Şekil 9. Vurucu Ucu Çapı 10 mm ve 20 mm Kullanılarak 40 J Darbe Enerjisi Uygulanan 16 Tabakalı Numunelerin (a) Kuvvet-Çökme Eğrileri, (b) Maksimum Kuvvet ve Maksimum Çökme Grafiği

Şekil 10'da 10 mm ve 20 mm çapında darbe ucu kullanılarak 40J darbe enerjisi uygulanan kalın numunelerin üst ve alt yüzelerinin fotoğrafları gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere her iki vurucu çapında da benzer hasarlar meydana gelmiş, delinme hasarı görülmemiştir.



Şekil 10. Farklı Vurucu Ucu Çapı Uygulanmış 16 Tabakalı Numunelerin Üst ve Alt Yüzelerinin Fotoğrafları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli epoksi kompozit plakaların darbe davranışına etki eden faktörler deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Darbe enerjisi arttıkça çökmelerin ve hasarın arttığı görülmüştür. Düşük darbe enerjisinde eğri kapalı iken darbe enerjisinin artması ile eğri açık tipe dönüşmüştür.
- Yapılan tüm testlerde, darbe enerjisi, darbe dayanımı üzerinde en önemli parametredir.
- Hasar alanı, darbe uygulanan üst yüzeyde daha azdır.
- Aynı darbe enerjisi (40J) uygulanan deniz suyunda bekletilen numunelerde ($[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$), bekletme süresi arttıkça maksimum kuvvetin azaldığı, maksimum çökmelerin ise arttığı görülmüştür. Maksimum kuvvet değerinde; 3 ay deniz suyunda bekletilen numunelerde, oda sıcaklığında bekletilen (kuru) numunelere göre yaklaşık %5 azalma görülürken bu değer 6 ay deniz suyunda bekletilen numunelerde yaklaşık %11'dir. Maksimum çökme değerlerindeki artış ise 3 ay deniz suyunda bekletilen numunelerde yaklaşık %8, 6 ay deniz suyunda bekletilen numunelerde yaklaşık %10'dur. Kompozit numunelerin deniz suyunda bekletilmesi maksimum kuvvet ve çökme değerlerini olumsuz yönde etkilemesine rağmen eğri tipini değiştirmemiştir.
- Aynı darbe enerjisi (40J) uygulanan 2 mm kalınlığındaki ince numunelerde ($[(+45/-45/0/90)_s]$) ve 4 mm kalınlığındaki kalın numunelerde ($[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$); numune kalınlığının artması ile yük yaşama kapasitesinin arttığı (% 106) çökmenin ise azaldığı (% 72) görülmüştür. Plaka kalınlığı arttıkça kompozit plakanın hasar alanı azalmakta ve dolayısıyla darbe dayanımı artmaktadır. Ayrıca, numune kalınlığının artması eğri tipini değiştirmiştir. İnce numunelerde açık eğri görülürken kalın numunede kapalı eğri görülmüştür.
- 20J darbe enerjisi uygulanan 8 tabakalı örgü kompozit numunelerde (ince numune) vurucu ucu çapı arttıkça maksimum kuvvet (%54) ve maksimum çökmenin (%24) arttığı görülmüştür 40 J darbe enerjisi uygulanan kalın kompozit numunelerde ($[(+45/-45)_2/(0/90)_2]_s$) vurucu ucu çapı arttıkça maksimum kuvvetin %52 oranında arttığı, maksimum çökmenin ise %50 oranında azaldığı görülmüştür. Numunelere farklı vurucu çaplarında darbe enerjisi uygulanması, ince numunelerde eğri tipini değiştirirken kalın numunelerde eğri tipini değiştirmemiştir.

7. KAYNAKLAR

- [1] Fidan, S., Avcu, E., Sınmazçelik, T., (2011). Cam Fiber Takviyeli Polyester Kompozitte Tekrarlı Darbe Yüklemeleriyle Oluşan Hasar Mekanizmaları. I. Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu, 17-19 Kasım, İzmir, 1-12.
- [2] Öndürücü, A., Can, G., (2018). Tabakalı Cam Elyaf Kompozitlerin Darbe Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 6(3), 435 – 447.
- [3] Uyaner, M., Kara, M., Ataberk, N., (2007). E Camı/Epoksi Tabakalı Kompozitlerin Düşük Hızlı darbe Davranışına Numune Boyutlarının Etkisi. 8. Uluslararası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, , 7-9 Kasım, İstanbul, 361-368.
- [4] Esendemir, Ü., Caner, A.Y., (2018). Tabakalı Kompozit Malzemelerin Darbe Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(1), 207-215.
- [5] Deniz, M.E., Karakuzu,R., İçten B.M., (2013). Transverse Impact and Axial Compression Behaviorso of Glass/Epoxy Pipes Subjected to Seawater and Impact Loading. International Journal of Damage Mechanics, 22(7), 1071-1085.
- [6] Vijay, R.B., Shivdarshan, B., (2018). Effect of Moisture Absorption on Tensile Properties of SiC p Filled Glass Fiber Reinforced Epoxy Composite Material. International Journal of Scientific and Engineering Research, 9(11):1347-1350.
- [7] Zhao, Y., Liu, W., Seah, L.K., Chai, G.B., (2016). Delamination Growth Behavior of A Woven E-Glass/Bismaleimide Composite in Seawater Environment. Compoistes Part B, 106, 332-343.
- [8] Esendemir, Ü., Karaca, H., (2019). Düşük Hızlı Darbe Yüküne Maruz Kompozit Plakalara Asidik Ortamın Etkisi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(1), 26-33.
- [9] Agrawal, S., Singh, K.K., Sarkar, P.K., (2014). Impact Damage on Fibre-Reinforced Polymer Matrix Composite – A Review. Journal of Composite Materials, 48(3), 317-332.
- [10] Sabancı, E., Karakuzu, R., (2013). Effect of Embedded Delaminations on Impact Behavior of Laminated Composites. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(7) (IMSP 2013 Özel Sayı), 303-309.
- [11] Mathivanan, N.R., Jerald, J. (2010). Experimental Investigation of Woven E-Glass Composite Laminates Subjected to Low-Velocity Impact at Different Energy Levels. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, 9(7): 643-652.
- [12] Caner, A.Y., (2016). Zamana Bağlı Olarak Kompozit Malzemelerin Darbe Davranışına Soğuk Ortamın Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Isparta.

- [13] Karakuzu, R., Çalık, İ.C., Deniz, M.E. , (2017). Tabakalı Kompozit Plakların Darbe Davranışı Üzerine Deniz Suyu Etkisinin Araştırılması. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi 7(2/2), 1-12.
- [14] Erklığ, A., Oğuz, Z.A., Bozkurt, Ö.Y., (2021). An Experimental Investigation on the Charpy Impact Response of Glass/Epoxy Composites Aged in Seawater. The International Journal of Materials and Engineering Technology 004, 51-60.
- [15] Strait, L.H., Karasek, M.L., Amateau, M.F., (1992). Effects of Seawater İmmersion on The Impact Resistance of Glass Fiber Reinforced Epoxy Composites. Journal of Composite Materials, 26(14):2118-2133.
- [16] .Naik, N.K., Meduri, S., Sekher, Y. C. (2000). Polymer Matrix Woven Fabric Composites Subjected to Low Velocity İmpact: Part II-Effect Of Plate Thickness, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 19 (13), 1031-1055.
- [17]. Uyaner, M., Kara, M., (2016). E-Camı/Epoksi Kompozit Boruların Darbe Cevabına Vurucu Geometrisinin Etkisi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A- Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 17(3), 512-520.