

TABAKALI KOMPOZİTLERİN DARBE CEVABINA VURUCU ŞEKLİNİN ETKİSİ

Memduh KARA, Mesut UYANER

Selçuk Üniversitesi, Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu, Kadınhanı, Konya,
Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada tabakalı kompozitlerin düşük hızlı darbe cevabına vurucu şekillerinin etkisi araştırılmıştır. Ağırlık düşürme test cihazı kullanılarak, 90° ve 120° konik, 24 mm ve 12 mm çaplı yarı-küresel ve 120° piramit uca sahip vurucularla numune üzerine düşük hızlı darbe yapılmıştır. Darbe enerjisi 62,5J ve çarpma hızı 2.5 m/s'dir. 180x50mm boyutlarında 7mm kalınlığında 18 tabakalı deney numuneleri kullanılmıştır. Deneylelerden elde edilen kuvvet-zaman değişimleri incelenmiştir. Ayrıca her bir vurucunun numune üzerinde oluşturduğu hasar alanları incelenerek değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: düşük hızlı darbe, plastik matrisli kompozitler, vurucu şekli.

INFLUENCE OF THE IMPACTOR SHAPE ON THE IMPACT RESPONSE OF COMPOSITE LAMINATES

ABSTRACT

Influence of the impactor shape on the impact response of E-glass/epoxy laminates is investigated herein. Using a drop weight test rig, specimens were impacted using steel 90° and 120° conical, 24mm and 12 mm in diameter hemispherical, pyramidal impactors. Plate specimens consisting of 18-ply for tests (180x50 mm) with a nominal thickness (7 mm) were used. Force-time data obtained from experiments were interpreted. Furthermore, overall damage areas caused by the impactor were evaluated.

Keywords: low-velocity impact, plastic matrix composites (PMCs), impactor shape.

1. GİRİŞ

Yüksek mukavemet ve rijitlik değerlerine sahip olan kompozit malzemeler yüksek performans gerektiren uygulamalarda yapısal malzemeler olarak kullanılmaktadır. Darbeli yüklemdeki davranışı nedeni ile kompozitler özelliklerinin tam kullanılamaması problemini doğurur. Bakım sırasında takım düşürülmesi nedeniyle oluşan düşük hızlı çarpmalar rutin muayene sırasında tespiti güç olan darbe hasarına yol açtığından inceleme konusudur. Bu hasarlar tabaka ayrılması gibi iç hasarlar ile arka

yüz ayrılmalarına yol açabilir ve bu hasarlar %60 oranlarına kadar mukavemette azalmaya neden olur [1–7]

Yakın geçmişteki araştırmalarda vurucu şekli olarak yarı-küresel uç kullanılmıştır. Bununla beraber bakım sırasında, kompozit panel üzerine düşürülen bir takım yarı-küresel gibi kör uçlu değildir. Yarı-küresel uçlu vurucunun yanında bazı araştırmacılar düz uçlu ve konik uçlu vurucu gibi diğer vurucu şekillerini de kullanmışlardır. Bu deneyler çok değişik şartlar altında yapıldığından kompozit tabakaların darbe cevabını birçok parametre etkilemesi nedeniyle bunların arasında kıyas yapmak imkânsızdır. Vurucu şeklinin etkisinin dikkate alındığı araştırmalar daha çok yüksek hızlı darbe ile ilgili olanlardır. Örneğin bir zırhın darbe direnci mermi şekillerinin balistik dayanma limitine kadar araştırmayı gerektirir. Şu bilinmektedir ki yüksek hızlı darbelerde numunelerin cevabı yerel olurken, düşük hızlı darbelerde numunenin cevabın genel olmaktadır. Bu durum numunelerin farklı davranmasına neden olmaktadır.

Lee ve ark. [8] basitçe desteklenmiş sıcak pres kompozit (SMC) tabakalar üzerinde düşük hızlı darbe deneyleri yapmışlardır. Çalışmalarında konik, düz, yarı-küresel ve yarı-silindirik vurucular kullanmışlardır. Bu vurucuları 2,4 mm kalınlığındaki numunelere 54,5 J başlangıç çarpma enerjisiyle darbe yapmada kullanmışlardır. Düz ve yarı-küresel vurucular benzer hasar mekanizmaları ve numune üzerinde benzer enerji yayılma seviyeleri üretmiştir. Yarı-silindirik vurucu düşey olarak ilerleyen bir çatlak doğurmuştur. Yarı-silindirik vurucuya nazaran düz ve yarı küresel vurucular yerel bir batmaya yol açmıştır. Ayrıca darbeden kaynaklanan hasar mekanizması türlerinin numunenin enerji yayma kapasitesinden etkilendiği de bulunmuştur.

Kim ve Goo [9] sonlu eleman analizi yöntemi ile vurucu burun uzunluğunun vurucu yarıçapına oranını değiştirerek cam elyaf takviyeli plastiklerin darbe cevabına etkisini modellemişlerdir. Denenen oranlar 0.1, 1 ve 10 dur. Oran azaldıkça (vurucu köreldikçe) en büyük kuvvet artmakta ve darbe süresi azalmaktadır.

Mitreviski ve ark. [10] ince dokuma karbon epoksi tabakaların darbe cevabına vurucu şeklinin etkisini araştırmışlardır. Yarı-küresel, oval ve konik (hepsi 12mm çapında) vurucular kullanarak deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Konik vurucuyla darbe yapılan numuneler enerjinin çoğunu soğurmuş ve yerel nüfuziyet doğurmuştur. Beklendiği gibi yarı-küresel vurucu en büyük ve en yüksek temas kuvveti ve en düşük temas süresini doğurmuştur.

Kompozit malzemelerin düşük hızlı darbe cevabının araştırıldığı çalışmalar göstermektedir ki farklı geometriye sahip vurucular numune üzerinde farklı hasar alanları oluşturmakta ve farklı hasar mekanizmaları ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle kompozit malzemelerin düşük hızlı darbe cevabı araştırılırken tek vurucu geometrisi yeterli değildir. Farklı geometrilere sahip vurucular kullanılarak araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada 7 mm kalınlığındaki cam-epoksi tabakalı kompozit numunelere farklı geometrilere sahip vurucularla düşük hızlı darbeler yapılmıştır. Kullanılan vurucular 24 mm yarı-küresel, 12 mm yarı-küresel, 90° konik, 120° konik ve 120° piramit uç olmak

üzere beş farklı geometriye sahiptir. Deneyler sonucu birbirlerinden farklı kuvvet-zaman değişimi ve hasar alanları elde edilmiştir. Bu sonuçlar değerlendirilmiştir.

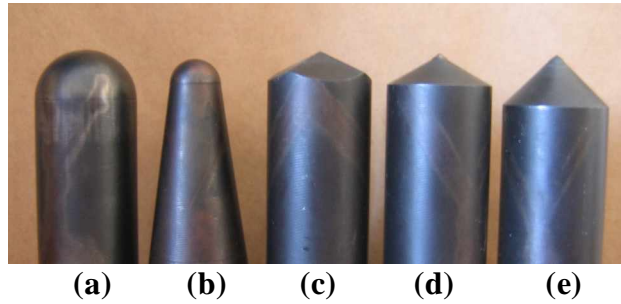
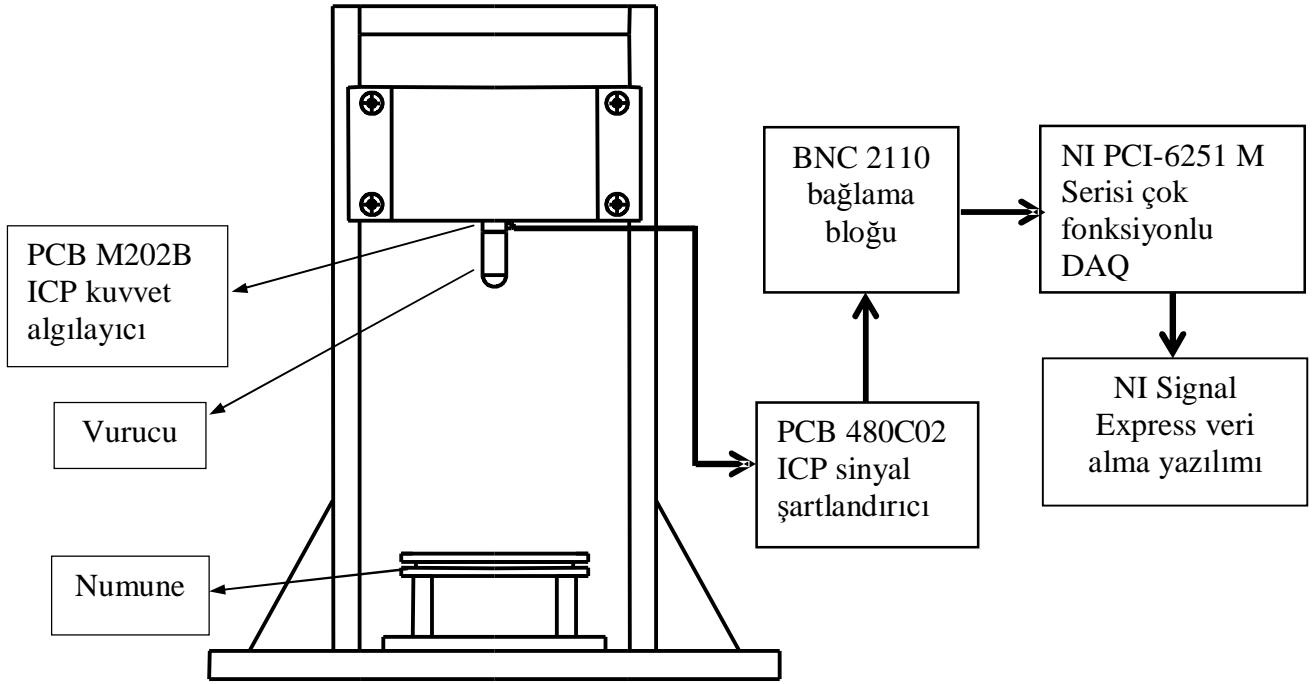
2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1 Malzemeler

Bu çalışmada 18 tabakadan oluşan E-camı/epoksi tabakalı kompozit malzemeler kullanılmıştır. Tek yönlü takviyelendirilmiş tabakacıklar $[0^\circ, -45^\circ, +45^\circ, 0^\circ, 90^\circ, 0^\circ, +45^\circ, -45^\circ, 0^\circ]_s$ şeklinde düzenlenerek kompozit malzeme üretilmiştir. Çalışmalarda 180×50 mm boyutlarında iki tarafı serbest iki tarafı ankastre kompozit levhalar kullanılmıştır ve darbe her bir levhanın merkezine yapılmıştır.

2.2 Mekanik Deneyler

Bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu laboratuvarında geliştirilen özel bir ağırlık düşürme test cihazı kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 2. (a) 24 mm yarı-küresel, (b) 12 mm yarı-küresel, (c) piramit, (d) 120° konik ve (e) 90° konik uçlu vurucular.

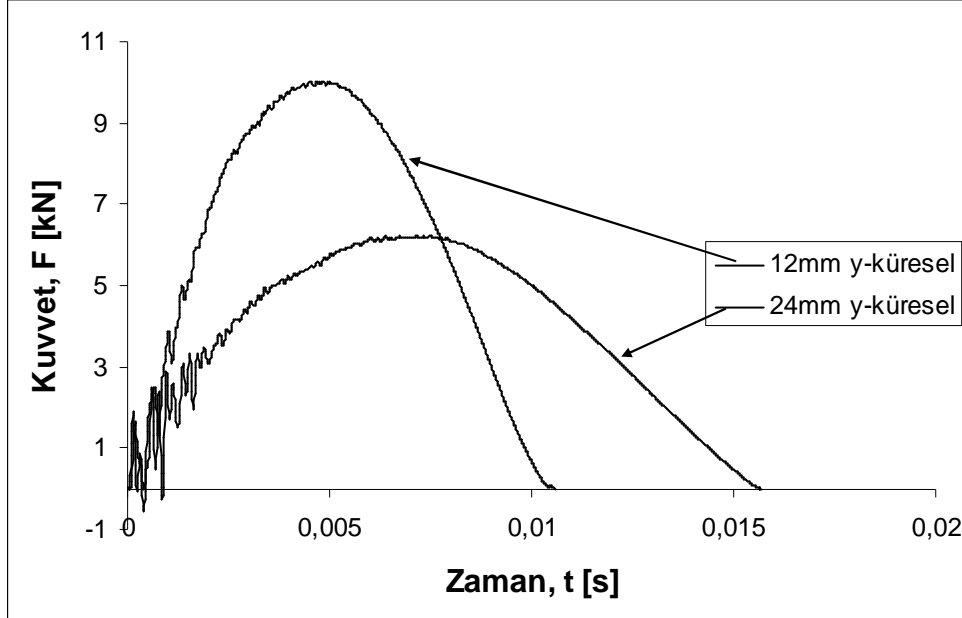
Farklı şekillerdeki vurucular (Şekil 2) ile deney numunelerine düşük hızlı darbeler yapılmıştır. Darbe sonucu kuvvetin zamana göre değişimini veren grafikler elde edilmiştir. Ayrıca darbe sonunda ortaya çıkan hasar bölgeleri incelenmiştir.

3. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA

3.1 Vurucu ile Deney Numunesi Arasındaki Temas Kuvvetleri

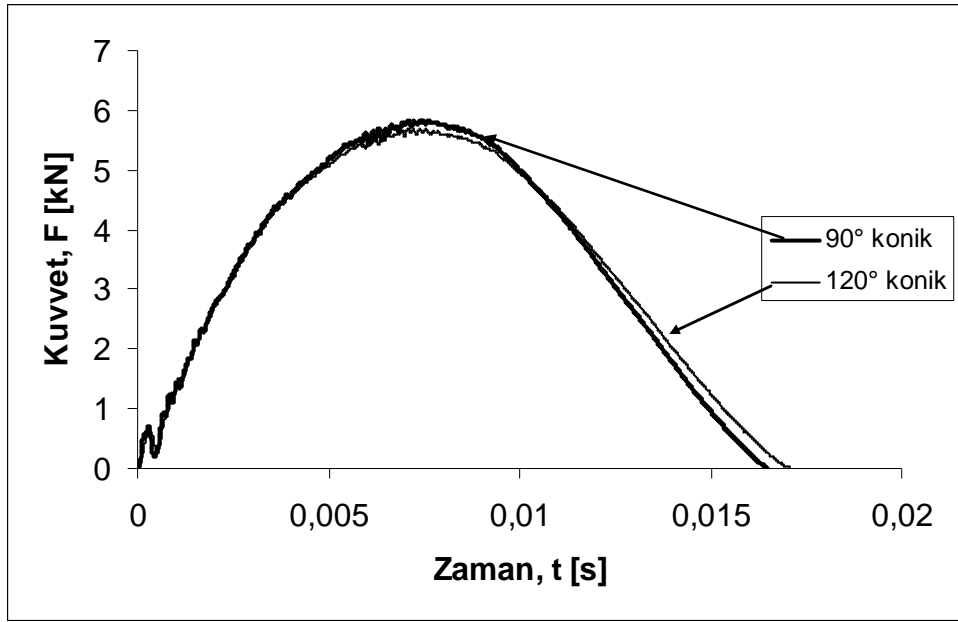
Düşük hızlı darbe deneyleri 2.5 m/s çarpma hızında 20 kg kütleli vurucu ile yapılmıştır. Bu çalışmada sadece ilk darbenin etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla ilk darbeden sonra vurucu tutulmuştur.

Elde edilen kuvvet–zaman değişimlerinin çingirak eğrisi şeklinde olduğu görülmektedir. Bütün şekillerde kuvvet hızla artarak bir azami kuvvet değerine ulaşmaktadır ve daha sonra sıfıra düşmektedir. Şekil 3 te yarı küresel uçlu vurucularla yapılan deneylerde elde edilen kuvvet-zaman grafiği görülmektedir. Grafikte darbenin başlangıcında bir salınım meydana geldiği görülmektedir. Bu durum numunenin merkezi üzerinde hasar mekanizması oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca darbe başlangıcında numunede meydana gelen titreşim sonucunda kuvvet algılayıcı üzerinde bir normal kuvvet oluşturduğu ve bunun sonucu olarak darbe başlangıcında salınım meydana geldiği düşünülmektedir. Kuvvet en yüksek değerine ulaşmaya kadar hasar oluşumunun hızla devam ettiği düşünülmektedir. 12 mm çaplı yarı-küresel uç ile yapılan deneyde en büyük temas kuvveti gözlenmiş buna bağlı olarak ta temas süresi daha az olmuştur.



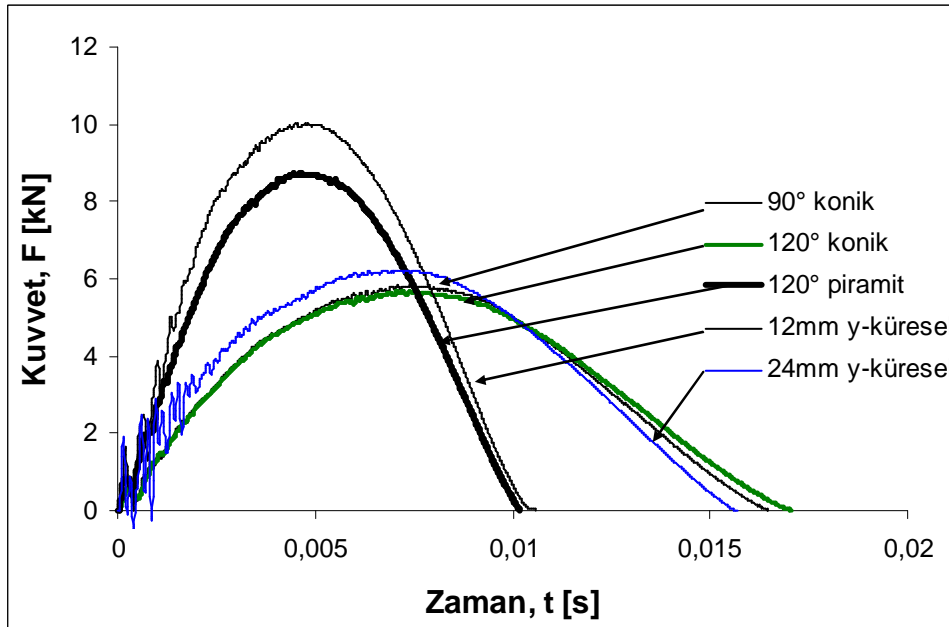
Şekil 3 Yarı-küresel uçlu vurucularla yapılan deneylerdeki temas kuvveti–zaman değişimi

90° ve 120° konik vurucularla gerçekleştirilen darbe deneylerindeki kuvvetin zamana bağlı değişimi Şekil 4 te görülmektedir. Grafikten de açıkça görüleceği üzere temas kuvveti 90° olanda en büyük iken (5.84 kN) 120° olanda çok az düşüktür (5.703 kN).



Şekil 4 Konik uçlu vurucularla yapılan deneylerdeki temas kuvveti–zaman değişimi

Beş değişik ucun (90° ve 120° konik, 24 mm ve 12 mm çaplı yarı-küresel ve 120° piramit) etkisinin beraberce görüldüğü kuvvet-zaman değişimleri Şekil 5 te verilmiştir. Bu grafikte en büyük temas kuvvetinin 12 mm yarıçaplı uca ait olduğu, bunu piramit ucun takip ettiği görülmektedir. Bu ikisi ayrı tutulmak kaydıyla diğer uçlardaki en büyük temas kuvvetleri ve temas süreleri literatürde kaydedilenlerle bir uyum göstermektedir [10].

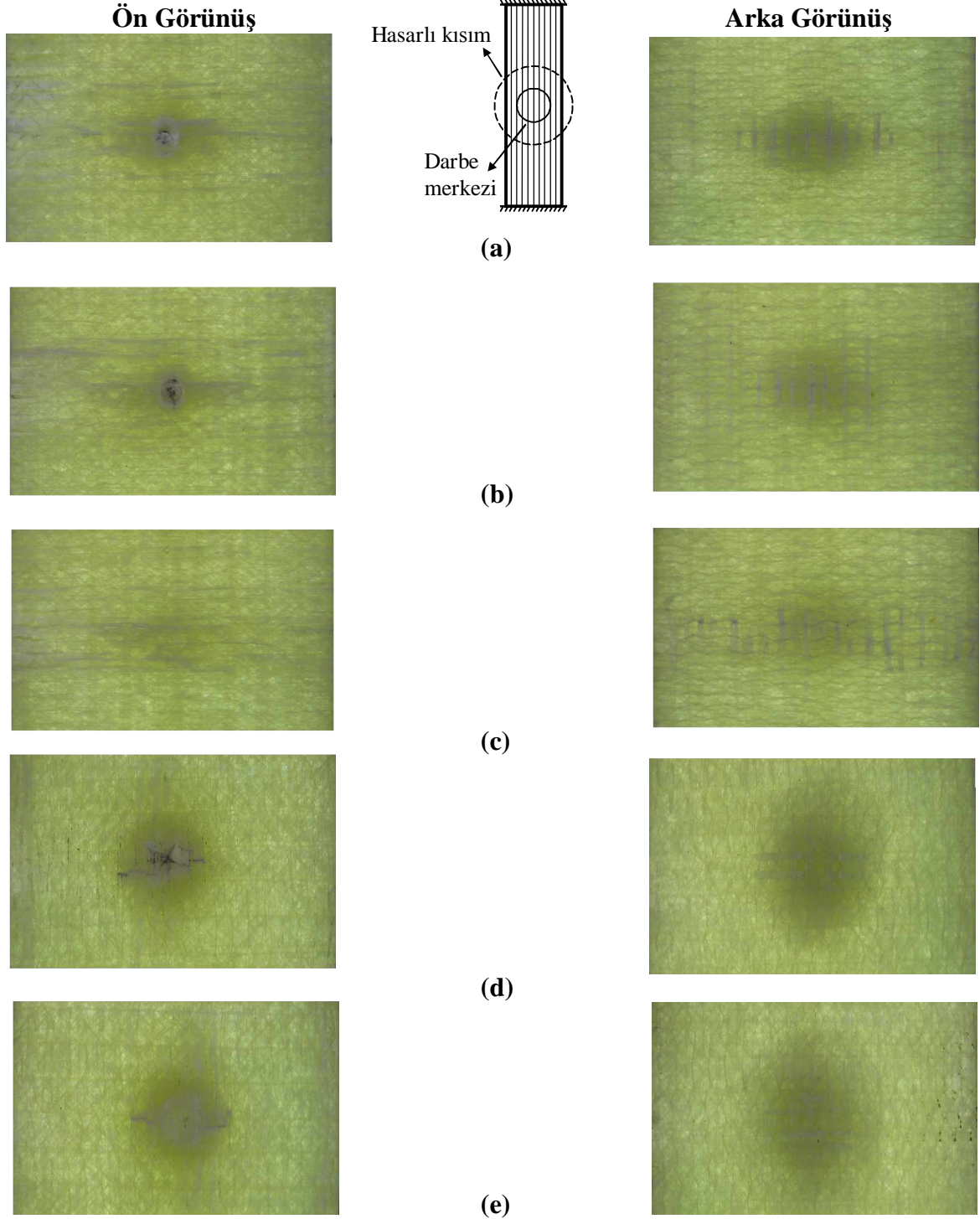


Şekil 5 Değişik vurucularla yapılan deneylerdeki temas kuvveti–zaman değişimi

3.2. Düşük Hızlı Darbede Hasar Bölgeleri

Kevlar ve cam/epoksi kompozitlerde gelişen hasarlar numune arkasından ışık tutulmak suretiyle belirlenir. Delaminasyonların boyutu ve şekli ile mevcut olan matris çatlakları

göz ile belirlenebilir [11]. Deney numunelerine darbe yapıldıktan sonra ön ve arka bölgelerinin ışık altında yüksek çözünürlükte fotoğrafları çekilmiştir. Şekil 6'da numunelerdeki ön ve arka hasar bölgeleri görülmektedir.



Şekil 6 (a) 90° konik uç (b) 120° konik uç (c) 24 mm yarı-küresel uç (d) Piramit uç (e) 12 mm yarı-küresel uç kullanılarak oluşan ön ve arka hasar bölgeleri

Düşük hızlı darbe yapılan bütün deney numunelerinde, darbeye maruz ön yüzeydeki hasarın arka yüzeyden daha az olduğu görülmektedir. Buna ilaveten en büyük temas kuvvetinin meydana geldiği deney numunesinde en büyük hasar oluşmuştur (Şekil 6.e). Ön yüzeyde darbe sonucu basmadan kaynaklanan hasarlar oluşurken, arka yüzeyde çekmeden kaynaklanan hasarlar oluşmaktadır. Çekmeden kaynaklanan hasarlar daha fazladır.

4. SONUÇLAR

Ağırlık düşürme test cihazı kullanılarak, 90° ve 120° konik, 24 mm ve 12 mm çaplı yarı-küresel ve 120° piramit uca sahip vurucularla 180x50mm boyutlarındaki numuneler üzerine düşük hızlı darbe yapılmıştır. Deneylerde elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Yarı-küresel uç ile yapılan deneylerde uç yarıçapı azaldıkça en büyük temas kuvveti artmış ve temas süresi de azalmıştır.
2. Aynı çaplı uçlarda (24 mm) en büyük temas kuvveti sırasıyla 120° piramit, yarı-küresel, 90° konik ve 120° konik uçlarda oluşurken temas süreleri de küçükten büyüğe olmak üzere aynı tertipte gerçekleşmiştir.
3. Düşük hızlı darbe yapılan bütün deney numunelerinde, darbeye maruz ön yüzeydeki hasarın arka yüzeyden daha az olduğu görülmüştür.
4. En büyük temas kuvvetinin meydana geldiği deney numunesinde en büyük hasar oluşmuştur.

KAYNAKLAR

1. Abrate S. "Impact on laminated composite materials". **Appl Mech Rev**, 44(4), 155-90, 1991.
2. Caprino G. "Residual strength prediction of impacted CFRP laminates". **Composite Materials**, 18:508-18, 1984.
3. Davies GAO, Hitchings D, Zhou G. "Impact damage and residual strengths of woven fabric glass/polyester laminates". **Composite Part A: Appli Sci Manuf**, 27A: 1147-56, 1996.
4. Cantwell WJ, Morton J. "Comparison of the low and high velocity impact response of CFRP". **Composites**, 20(6):545-51, 1989.
5. Prichard JC, Hogg PJ. "The role of impact damage in post-impact compression testing". **Composites**, 21(6):503-9, 1990.
6. Hitchen SA, Kemp RMJ. "The effect of stacking sequence on impact damage in a carbon fibre/epoxy composite". **Composites**, 26(3):207-14, 1995.
7. Benzeggagh ML, Benmedakhene S. "Residual strength of a glass/ polypropylene composite material subjected to impact". **Composite Science and Technology**, 55:1-11, 1995.
8. Lee SM, Cheon JS, Im YT. "Experimental and numerical study of the impact behavior of SMC plates". **Composite Structure**, 47:551-61, 1999.
9. Kim SJ, Goo NS. "Dynamic contact responses of laminated composite plates according to the impactor's shapes". **Composite Structure**, 65(1):83-90, 1997.
10. Mitrevski, T., Marshall, I.H., Thomson, R., Jones, R. Whittingham, B., "The Effect of Impactor Shape on the Impact Response of Composite Laminates". **Composite Structures**, 67, 139-148, 2004.
11. Abrate, S., **Impact on Composite Structures**. Cambridge, Cambridge University Pres, 1998.