



XIX. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ

24-28 Ağustos 2015, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

KOMPOZİT TÜPÜN YARILMA VE DEFORMASYONLA ENERJİ SÖNÜMLEME ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL VE SAYISAL İNCELENMESİ

Dursun MERİÇ¹, Hasan Gedikli² ve ³Hüseyin İPEK

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, A. Kanca MYO, Trabzon

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Trabzon

³ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ABSTRACT

In this study, energy absorption characteristics of composite tubes, with splitting and deformation mechanisms, numerically and experimentally were investigated under static conditions. The composite tubes were made of Al6063 and St52 materials. To investigate the splitting behaviour of the tubes, lower dies with different tapered angles of 0°, 15°, 30° and 45° were used. In addition to, numerical analyses were performed, and the results were compared with the experimental results. It was shown from the results that the initial peak forces decreased with increasing taper angle and by using the composite tubes.

ÖZET

Bu çalışmada, statik eksenel yükleme şartları altında kompozit tüplerin yarıma ve deformasyon mekanizmaları ile enerji sönmleme özellikleri deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Kompozit tüpler Al6063 ve St52 malzemelerinden yapılmıştır. Tüplerin yırtılma davranışını etkisini incelemek amacıyla 0°, 15°, 30° ve 45° koniklik açısına sahip alt kalıplar kullanılmıştır. İlave olarak, sayısal analizler yapılarak deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmalar sonucunda alt kalıp açısının artması ve kompozit tüpün kullanımı ile pik kuvvetin düştüğü görülmüştür.

GİRİŞ

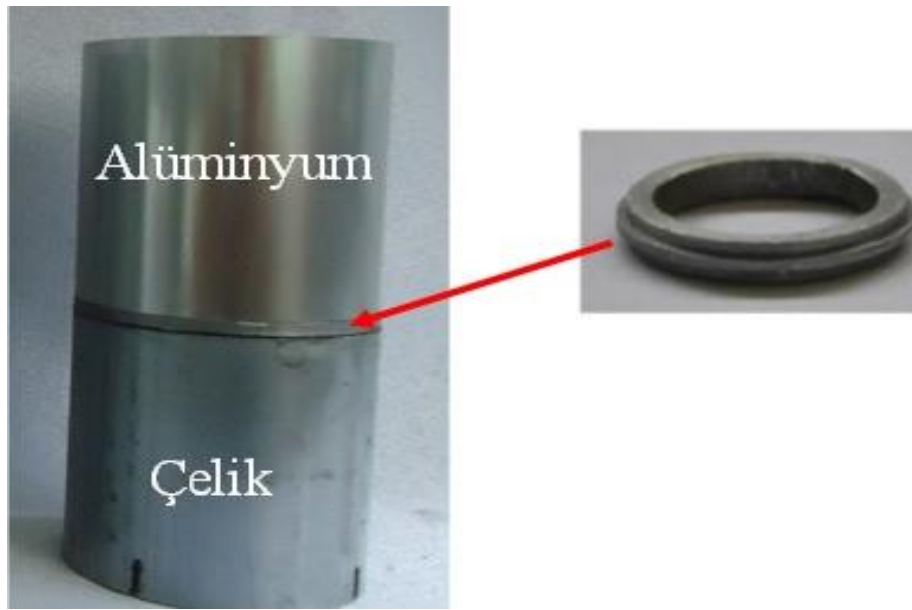
Artan motorlu araç sayısına bağlı olarak meydana gelen kaza sayısı, ölüm ve yaralanma oranları artmaktadır. Bu nedenle kaza anında yolcu, kargo ve araç güvenliği gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Kazanın oluşumunu ve kaza sonucu oluşacak zararları önlemek için çeşitli güvenlik tedbirleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu önlemler, aktif ve pasif güvenlik önlemleri şeklinde sınıflandırılmaktadır [1]. Aktif güvenlik, sürücünün kazadan kaçınması için taşıtın kontrol ve frenleme yeteneklerini artıracak şekilde bilgilendirme sistemleri ve kaza ihtimalini sezip aracı bu durumdan çıkaracak şekilde devreye giren kontrol algoritmalarını içerir. Pasif güvenlik ise bir kaza ile karşılaşılması durumunda, kazanın olumsuz etkilerini mümkün olduğunca azaltmak amacıyla araç üzerinde alınan malzeme

değişikliği önlemi ve yapısal iyileştirmeler gibi tasarım önlemleridir. Pasif güvelik önlemlerinin en yaygın uygulamalarından biri de araç gövdesinde, ön ve arka tampon arkasında kullanılan ince cidarlı tüpler ve yapılardır [2-3].

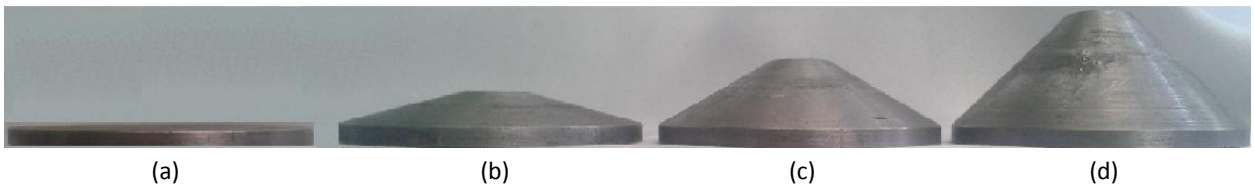
MALZEME VE METOT

Deneysel Çalışmalar

Deney numuneleri; 1.5 mm cidar kalınlığında, 40 mm çapında, 39 mm uzunluklu Al6063 ve 39 mm uzunluklu çentikli St52 malzemelerinden toplamda 80 mm uzunluğunda olacak şekilde hazırlanmıştır. Al6063&St52 deney numuneleri **Şekil 1**'de verilen 2 mm kalınlığa sahip ara aparat ile birleştirilmiştir. Deney numunesinin alt uç kısmına malzemenin hasarını kolaylaştırmak için 5 mm uzunluğunda ve 2 mm genişliğinde eşit açılarda dört adet çentik açılmıştır. Ayrıca kompozit tüpün yırtılarak enerji sönümlemesi araştırmak için **Şekil 2**'de görülen farklı koniklik açlarına (0° , 15° , 30° , 45°) sahip alt kalıplar kullanılmıştır.



Şekil 1. Ara aparatlı kompozit numune



Şekil 2. Alt kalıplar: 0° (a), 15° (b), 30° (c), 45° (d)

Al6063&St52 deney numuneleri için statik basma deneyleri, MTS Criterion 45 Serisi Elektromekanik Ünlversal Çekme/Basma Test makinasında farklı kalıp açıları ($\lambda=0^\circ$, $\lambda=15^\circ$, $\lambda=30^\circ$, $\lambda=45^\circ$) kullanılarak yapılmıştır. Deneyler 10 mm/dak sabit çene hızında gerçekleştirilmiştir.

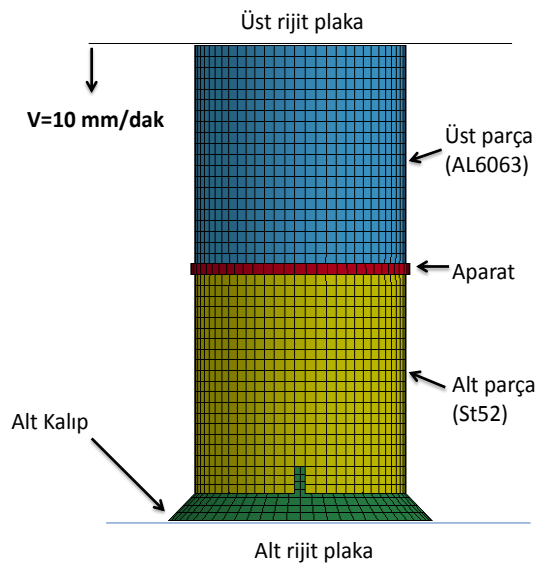
Sayısal Çalışmalar

Şekil 3'de Al6063&St52 tüplerin sonlu elemanlar modeli görülmektedir. Sayısal analizler deneylere uygun olarak farklı alt kalıp açıları (0° , 15° , 30° , 45°) için statik yükleme şartları altında yapıldı. Bütün tüp yüzeyleri dörtkenarlı $2 \times 2 \text{ mm}^2$ düzgün kabuk (Shell) ağ yapısıyla modellenirken üst rijit plaka $8 \times 8 \text{ mm}^2$ kabuk elemanla modellenmiştir. Farklı koniklik açlarına sahip (15° , 30° ve 45°) alt kalıplar için de rijit malzeme özellikli 600 kabuk eleman kullanılmıştır. Tüplerin sayısal analizlerinde **Tablo 1**'de malzeme sabitleri verilen Johnson-Cook malzeme modeli kullanılmıştır [4].

Tablo 1. Alüminyum Al6063 ve çelik St52 malzemeleri için Johnson-Cook malzeme sabitleri [4]

Malzeme	Johnson-Cook Malzeme Sabitleri					Lineer Malzeme Özellikleri		
	A (MPa)	B (MPa)	C	n	m	E (MPa)	ρ (kg/m ³)	ν
Al6063	159.28	111.87	0,011	0,350	1,34	72	2700	0,3
St52	286	147.95	0,0476	0,282	0,553	200	7800	0,3

Statik analizlerde üst rijit plakaya düşey aşağı yönlü 10 mm/dak'lık sabit çene hızı tanımlanmıştır. Üst rijit plaka ile tüp ve tüp ile kalıp arasındaki temas için *Contact_Nodes_To_Surface temas algoritması kullanılmıştır. Statik ve dinamik sürtünme katsayıları sırasıyla 0.2 ve 0.1 olarak alınmıştır. Sonlu elemanlar modelinde kullanılan tüm şekil değiştirebilir bölgelerde dokuz integrasyon noktalı Belytschko-Tsay Shell eleman formülasyonlu kabuk elemanlar kullanılmıştır. Yarılma ilerlemesini modellemek amacıyla *MAT_ADD_EROSION kartı ile efektif plastik şekil değiştirme değeri 0.1'e gelen elemanların silinmesi sağlanmıştır.

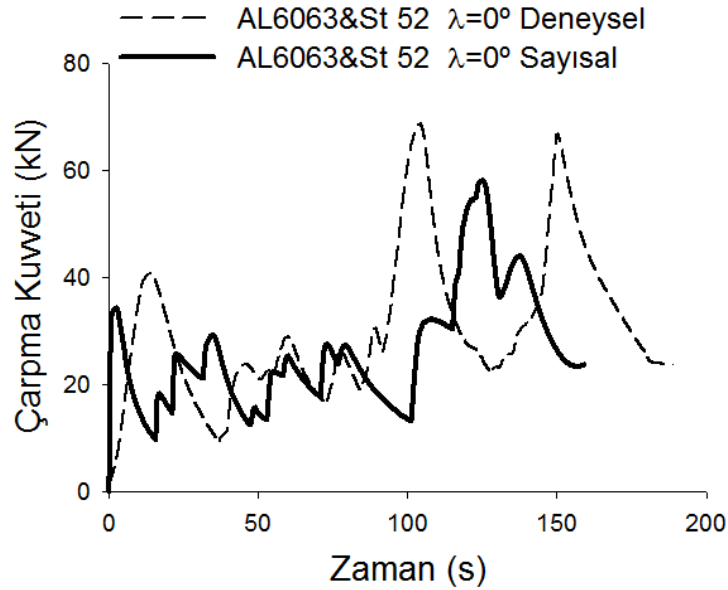


Şekil 3. Al6063&St52 tüplerin sonlu elemanlar modeli

BULGULAR VE İRDELEME

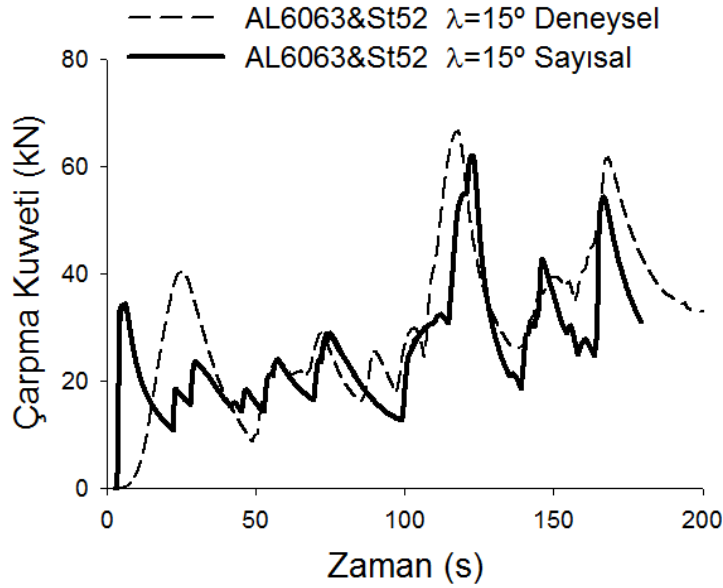
Statik Analizler için Kuvvet-Zaman Grafikleri

Şekil 4' de statik şartlar altında Al6063&St52 tüplerin, alt kalıp açısı 0° için deney ve sayısal analiz sonuçları görülmektedir. Al6063 ve St52 den oluşan tüpte Al6063'ün dayanımı St52'ye göre daha düşük olduğundan deformasyon ilk olarak Al6063'den yapılmış kısımda başlamış ve sonrasında St52'den yapılan tüp deforme olmuştur. Tüpün Al6063 malzemeden yapılmış kısmı için pik kuvvet, deneyde 14.20'nci saniyede 40.70 kN olarak elde edilmişken sayısal analizde 1.54'inci saniyede ve 33.97 kN olarak gerçekleşmiştir. Al6063'ün deformasyonu sonrasında St52'den yapılmış tüp deformasyona başlamıştır. Deneyde 104.25'inci saniyede 68.69 kN ile pik kuvvet oluşurken sayısal analiz için 124.75'inci saniyede 58.24 kN olmuştur.



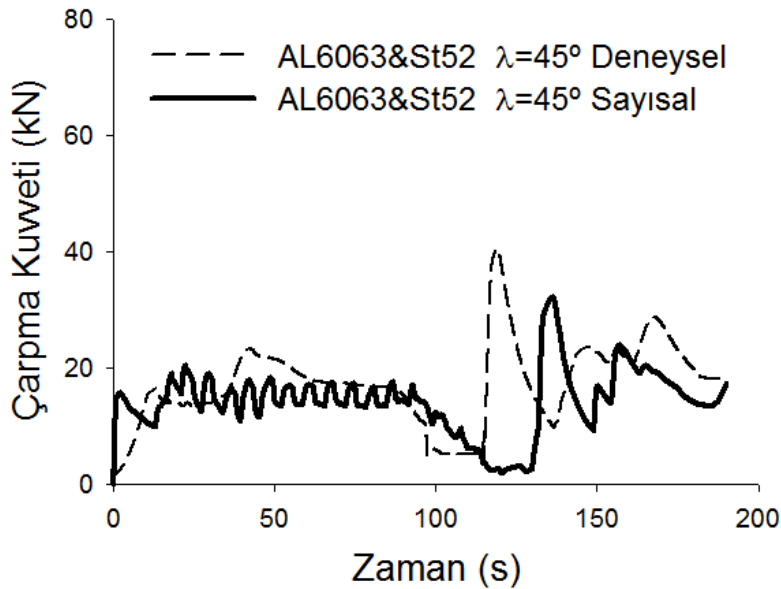
Şekil 4. 0° alt kalıp açılı Al6063&St52 tüp için çarpma kuvveti-zaman grafiği

Şekil 5' da ise alt kalıp açısı 15° olan Al6063&St52 tüplerin sayısal ve deneysel çarpma kuvveti-zaman grafikleri verilmektedir. Tüpün Al6063 kısmının deformasyonu sürecinde deneyde pik kuvvet 40.48 kN elde edilmişken sayısal analiz için pik kuvvet 34.42 kN elde edilmiştir. St52 ve $\lambda=15^\circ$ için gerçekleşen durumda olduğu gibi burada da kalıp ile tüpün arasındaki sürtünmeden dolayı kıvrım oluşmamış ve deformasyon halka oluşarak gerçekleşmiştir. Al6063'ün maksimum deformasyona ulaştığında tüpün St52 malzemeden yapılmış kısmı deformasyona başlaması için kuvvet artmıştır. Tüpün ikinci kısmı için deneyde pik kuvvet 117.50'nci saniyede 66.72 kN olurken sayısal analizde 122.60 'ıncı saniyede 62.07 kN olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 5. 15° alt kalıp açılı Al6063&St52 tüp için çarpma kuvveti-zaman grafiği

Şekil 6' da, alt kalıp açısı 30° olan Al6063&St52 tüplerin sayısal ve deneysel çarpma kuvveti-zaman grafikleri görülmektedir. Tüp ilk olarak ast kısmı olan St52'den deformasyona başlamıştır. Burada deney için pik kuvvet 28.50 kN olurken sayısal analizde 19.25 kN olarak gerçekleşmiştir. Çatlak ilerlemesi sonrası St52'den yapılmış tüp tamamen deforme olmuş ve sonrasında aparat ile kalıp temasa geçmiştir. Bu andan itibaren Al6063'den yapılmış tüp halka şeklinde deformasyona başlamıştır. Deney sonuçlarında pik kuvvet 40.81 kN olarak gerçekleşirken sayısal analiz için pik kuvvet 34.20 kN olmuştur.

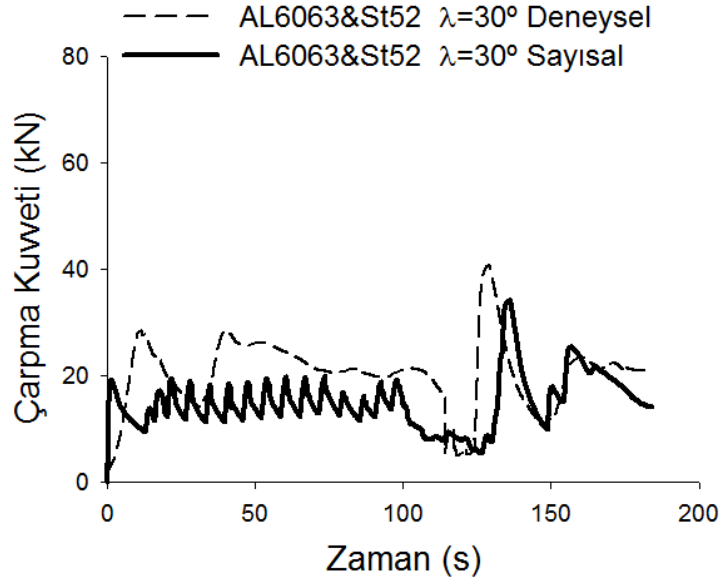


Şekil 6. 30° alt kalıp açılı Al6063&St52 tüp için çarpma kuvveti-zaman grafiği

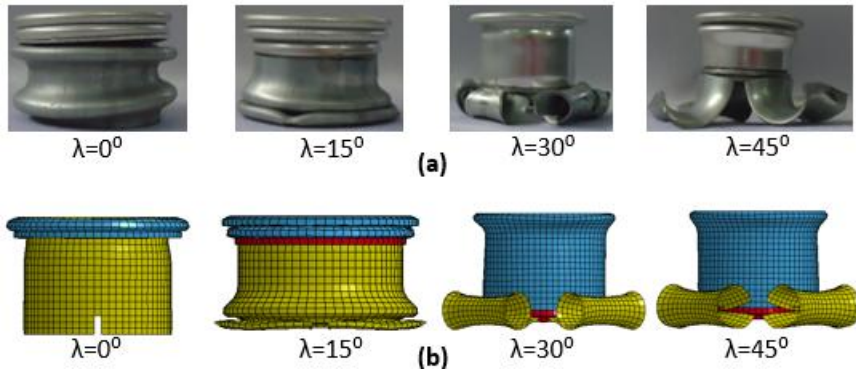
Şekil 7' de ise alt kalıp açısı 45° olan Al6063&St52 tüplerin sayısal ve deneysel çarpma kuvveti-zaman grafikleri verilmektedir. Bu deney ve analizde ilk önce tüpün St52 kısmı deformasyona maruz kalmış, sonrasında tüpün Al6063 kısmı halka oluşumu şeklinde deforme olmuştur. Tüpün St52'den yapılmış alt kısmı için pik kuvvet değerleri deneyde 23.34 kN olurken sayısal analizde

19.12 kN olarak gerçekleşmiştir. St52'den yapılmış tüp tamamen deformasyona maruz kaldığında kalıp ile aparat arasında temas başlamış ve bu süreçte tüpün Al6063'ten yapılmış kısmı deformasyona başlayana kadar kuvvet yatay bir seyir izlemiştir. Tüpün Al6063 kısmı için pik kuvvet deneyde 40.52 kN olurken sayısal analizde 32.22 kN olmuştur.

Şekil 8' de Al6063&St52 tüplerin $\lambda=0^\circ$, $\lambda=15^\circ$, $\lambda=30^\circ$ ve $\lambda=45^\circ$ koniklik açıları için deneysel ve sayısal durum sonucunda oluşan deformasyon durumları görülmektedir.



Şekil 7. 45° alt kalıp açılı Al6063&St52 tüp için çarpma kuvveti-zaman grafiği



Şekil 8. Al6063&St52 tüplerin $\lambda=0^\circ$, $\lambda=15^\circ$, $\lambda=30^\circ$ ve $\lambda=45^\circ$ kalıp açıları için deformasyon şekilleri: a) deneysel ve (b) sayısal

SONUÇLAR

Bu çalışmada statik yükleme şartlarında düz tüplerin enerji sönmüleme davranışı 0, 15, 30, 45 alt kalıplar kullanılarak deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. Deney ve analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Alt kalıp açısının artması ile başlangıç maksimum kuvvet değerleri düşmüş; 0° , 15° , 30° ve 45° için başlangıç maksimum kuvvet değerleri sırasıyla 40.76 kN, 38.98 kN, 28.51 kN ve 16.04 kN olarak gerçekleşmiştir.

2. Benzer şekilde alt kalıp açısının artması ile ikinci maksimum kuvvet değerleri düşmüş; 0°, 15°, 30° ve 45° için sırasıyla 68.70 kN, 66.72 kN, 40.82 kN ve 40.28 kN olmuştur.
3. Alt kalıp açısının artması ile sönmölenen enerji değerleri azalmış ve 0°, 15°, 30° ve 45° için sırasıyla 1.37 kJ, 1.25 kJ, 0.64 kJ ve 0.59 kJ olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Öztürk, İ. Ve Kaya, N., Otomobil Ön Tampon Çarpışma ve Optimizasyonu, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 13 (2008) 119-127.
- [2] Nagel G., *Impact and Energy Absorption of Straight and Tapered Rectangular Tubes*, Doktora Tezi, Queensland University of Technology, Avustralya, 2005.
- [3] Alghamdi AAA., Collapsible impact energy absorbers: an overview, *Thin-Walled Structures*, 39, 2 (2001) 189-213. doi:10.1016/S0263-8231(00)00048-3
- [4] D.Meriç *Farklı Malzemelerden Yapılmış Tüplerin Statik Ve Dinamik Yükler Altında Enerji Sönümleme Karakteristiklerinin Deneysel Ve Sayısal Olarak Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2014