

Elektrikli Araç Uygulamaları İçin Hafif Kompozit Şase Tasarımı ve Geliştirilmesi

Himmet Özarslan*, Hakan Yavuz*, Fatih Darıcık**¹

*Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Adana.

**Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Adana.

ÖZET

Günümüzde araç teknolojisi fosil yakıtlar ve çevresel etkileri sebebi ile değişime uğramaktadır. Özellikle yapılan çalışmaların hafif ve dayanıklı şase sistemlerinin geliştirilmesine yöneldiği görülmektedir. Bu şekilde, var olan sistemlerde yakıt tasarrufu sağlanır iken, özellikle elektrikle çalışan araç sistemlerinde öne çıkan hafif şase ihtiyacının da karşılanması amaçlanmaktadır. Son yıllarda dünya üzerinde sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan gerilim analizleri mühendislik dünyasına önemli katkılarda bulunmuştur. Özellikle bilgisayar yazılımları yardımı ile şasi üzerinde oluşan gerilim ve deformasyon değerleri çok küçük hata payları ile, gerçeğe yakın değerleri ile hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada, iki kişilik bir otomobil şasesi 3 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Oluşturulan kompozit ve alüminyum malzeme esaslı şase, Ansys paket programında incelenerek analiz edilmiş ve başarı ile şase geliştirilmesi tamamlanmıştır.

Anahtar kelimeler: CFRP Kompozitler, Şasi, Statik Yapı Analizi, Sonlu Elemanlar Metodu

Design and Development of a Light Weight Composite Chassis for Electric Vehicle Applications

ABSTRACT

Today, the vehicle technology is being transformed due to environmental impact of fossil fuel and their uses. Especially studies appear to be directed towards development of lightweight and durable chassis system. In this way, along with achieving fuel economy in existing systems, the need for lightweight chassis for electrically powered vehicles are met. In recent years, stress analysis studies using the finite element method has made significant contributions to the design

¹ Aynı başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

engineering. With the help of a computer software, stress and deformation analysis of a system can be achieved with very small margin of errors at very much realistic values. As a part of the study, a car chassis for two passengers is designed using a CAD software. The developed composite and aluminum based chassis have been analyzed on the ANSYS software and the development of the chassis has been completed successfully.

Key Words: CFRP Composite, Chassis, Static Structural Analysis, FEM

1. GİRİŞ

Temelde, akaryakıt fiyatlarındaki artış, fosil yakıtların sınırlı kaynakları, küresel ısınma ve ortaya çıkan iklim değişikliğinin ana nedeni olan sera gazı emisyonlarındaki artış ile ilgili kaygılar otomotiv sektöründe daha verimli araçlar geliştirilmesine ve üretilmesine yol açmıştır. İçten yanmalı bir motorun tipik bir çalışır durumda, yakıtının çoğunu (%90) aracın şasisini taşımak için kullandığı göz önüne alındığında sadece ortalama % 10'luk yakıtı yolcu taşınması için kullanır. Bu nedenle, şase ağırlığını azaltma araç ağırlığını azaltmak ve genel yakıt tüketimini iyileştirmek için araştırma yönlerinden biridir.

Otomotiv endüstrisi, modern araçlarda ağırlık azalması daha az yakıt tüketimi ve bunun sonucu olarak daha düşük egzoz emisyonlarına yol açtığı için içten yanmalı motorların kullanıldığı araçlarda hafif yapıya odaklandığı görünüyor. Ayrıca akaryakıt fiyatlarındaki artış yakıt tasarruflu otomobillerde önemli rol oynar. Egzoz gazı emisyonlarının azaltılmasına mutlaka sera etkisinin azaltılmasına katkıda bulunacaktır. Dahası, araç daha yüksek yakıt verimliliği ile daha az yakıtla çalışacak şekilde tasarlanmışsa, o zaman kısıtlı yakıt kaynaklarına bağımlılık da azalacaktır.

Gelişmiş malzemeler, performansı ve güvenliği sağlarken, modern otomobillerin yakıt ekonomisinin artırılması için gereklidir. Böylece, hafif bir aracın daha ağır bir araçtan hızlanmak için daha az enerji tükettiği çok açıktır. Bu yüzden, hafif malzemeler kullanılarak hafif araç şasi tasarımı araç verimliliğinin artırılması için büyük bir potansiyel sunuyor. Araç ağırlığındaki %10'luk bir azalma %6-%8'lik yakıt ekonomisi iyileşmesine yol açabilmektedir[1].

Buna ek olarak, bir elektrikli aracın tipik menzili henüz tatmin edici değildir. Enerji depolama sınırlamasından dolayı elektrikli araç sık sık şarj etmeye yol açar. Aracın ağırlığı aracın menzilini sınırlayan anahtar

etkenlerden biri olduğu için aracın ağırlık azalması elektrikli araçlarda batarya kapasitesini arttırmak için potansiyel konulardan biridir. Hafif malzemeler kullanılarak aracın ağırlığını azaltma daha iyi performans sağlar ve aynı zamanda daha uzun mesafeler seyahate olanak sağlar. Herhangi bir araç için hafif malzemeler kullanılırken, onlar elektrikli araçlar için özellikle önemlidir.

Yukarıdaki nedenlerden dolayı, birçok girişim otomotiv parçalarının ağır metal malzemeler yerine hafif malzemeler ile yer değiştirmek için birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir[2,3]. Hafif malzemeleri magnezyum, alüminyum, gelişmiş yüksek dayanımlı çelikler, titanyum ve de cam ve karbon fiberle takviye edilmiş polimer matrisli kompozitleri içerir.

Şasi, aracın ağırlığının azalmasında önemli bir rol oynar. Otomobil şasileri tipik olarak çelik ve çelik alaşımları, alüminyum ve alüminyum alaşımları, magnezyum ve magnezyum alaşımları gibi çeşitli metallerden üretilir. Metal bazlı araç şasilerinin muazzam avantajlarına rağmen, onlar bazı ciddi sınırlamalara katlanır:

- Otomobil şasi ağırlığını artırma
- Şasi ağırlığının artmasından dolayı fazla yakıt tüketimi
- Yakıt tüketiminin artmasından dolayı fazla karbondioksit gazı emisyonu
- Otomobil şasi ağırlığının artmasından dolayı düşük performans seviyesi

Kompozit malzemeler konvansiyonel metal malzemelere kıyasla hafif, yüksek spesifik modüllü, yüksek spesifik mukavemetli, korozyon direnci gibi avantajlarından dolayı otomotiv yapıları için çok dikkat çekmiştir[4,5]. Kompozit malzemeler ağırlıkça metallerden daha hafif malzemelerdir. Bu sebepten dolayı onlar metal malzemelerin yerine şasi tasarımı için tercih edilebilir ve otomotiv endüstrisinde araç parçaları üretimi için gittikçe artan bir öneme sahiptir.

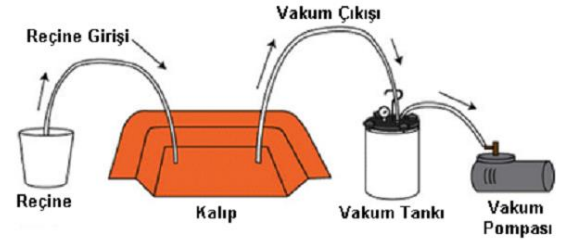
Kompozit malzemeler otomobillerde kullanımının yanı sıra, uzay sanayisinde, F1 yarış arabalarında, inşaat endüstrisinde, spor ekipmanlarında, denizcilik endüstrisinde, müzikal araçlarda ve pek çok diğer mühendislik alanlarında kullanılır. Son zamanlarda, otomobil şirketleri araç ağırlığını azaltmak ve aynı zamanda sürüş menzilin arttırmak için elektrikli araçlarda önemli miktarlarda kompozit malzemeler kullanmıştır. Bu malzemeler aracın tamponu, çamurluğu, yaprak yayı, gövde paneli, koltuğu v.b. gibi çeşitli parçalarında gittikçe artarak kullanılır. BMW tarafından yapılan Megacity elektrikli araç gövde yapısı karbon fiber takviyeli plastik (CFRP) geliştirildi. Böylece, batarya grubu için fazladan 100 kg'lık ağırlık elde edildi[6]. Ayrıca kompozit malzemeler 65 kg'lık şase ağırlığı olan Alfa Romeo C4 gibi spor araçlarda benimsenir[7]. Lexus LFA aracında kompozit malzemeler kullanılarak, alüminyum tasarıma karşı 100 kg'lık ağırlık tasarrufu elde edilmiştir[8].

Sonuç olarak, elektrikli araçlar için hafif şasinin önemi ayrıca önem kazanmaktadır. Bu araçlar için, çeşitli hafif malzemeler aracın ağırlığını azaltmak için onun dayanımını değiştirmeksizin kullanılabilir. Bu çalışmada, elektrikli araçlar için yukarıda bahsedilen gereksinimlere bir cevap olarak bir elektrikli araç şasisi performans için tasarlandı, geliştirildi ve analiz edildi.

2. KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ VE TESTLERİ

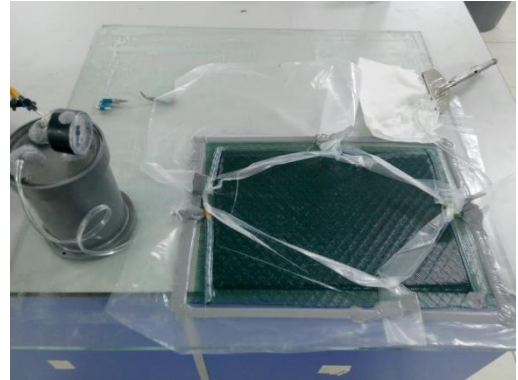
Bu çalışmada tek yönlü 300 g/m² karbon fiber kumaş ve epoksi, polimer matrisli kompozit malzeme üretmek için kullanılır.

DeneySEL çalışmada kullanılan tabakalı kompozit malzemeler vakum infüzyon tekniği yardımıyla hazırlanmıştır.



Şekil 1. Vakum infüzyon tekniği [9]

Vakum infüzyon tekniği dört bölümden oluşur: vakum pompası, vakum tankı, kalıp ve reçine kovası (Şekil 1.). Vakum infüzyon tekniği karmaşık geometrili parça üretimi, yat imalatı, tren ve kamyon gövdelerinin imalatı, rüzgar türbin kanatlarının imalatı gibi pek çok alanda kullanılır. Deneysel çalışma için Şekil 2 de vakum infüzyon tekniği yardımıyla tabakalı kompozit malzeme üretimi yapılmıştır.



Şekil 2. Tabakalı kompozit malzeme üretimi

Üretilen tabakalı kompozit malzemelerden, malzemenin mekanik özelliklerini tespit etmek için deneysel çalışmada kullanılmak üzere deney kuponları elde edildi. Deneysel çalışmada kompozit malzemeden elde edilen mekanik özellikler Tablo 1'de listelenmiştir.

Tablo 1. Kompozit malzemenin mekanik özellikleri

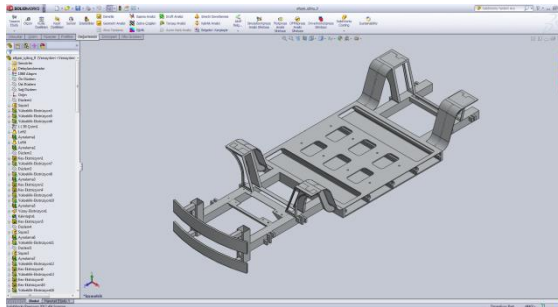
ρ_c	Yoğunluk (g/cm ³)	1,54
E ₁₁	Fiber doğrultusundaki	137

	elastisite modülü (MPa)	
ν_{12}	Poisson oranı	0,3
X_t	Fiber doğrultusundaki çekme mukavemeti (MPa)	1192
S	Kayma mukavemeti (MPa)	59,45

3. TASARIM

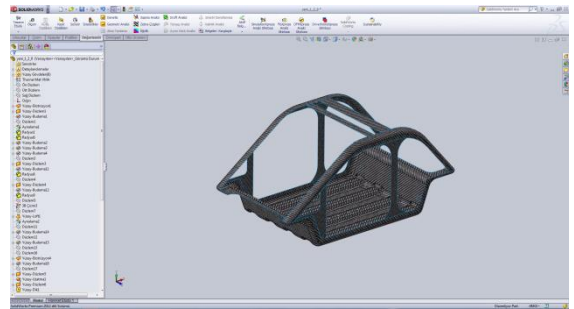
3.1.Şasi Tasarımı

Tasarımı yapılan şasi monokok ve platform tipi şasi yapılarının bir karışımından tasarlanır. Alt şasi tipi bir platform yapıyken, üst şasi monokok bir şasi tipidir. Seçilmiş olan şasi tipi Solid Works paket programında modellenmiştir. Platform şasi alüminyum malzemenen, monokok şasi ise karbon fiber-epoksi kompozit malzemenen tasarlanmıştır. Şekil 3'te gösterildiği gibi, platform şasinin boyutları 3740 mm boy, 1300 mm genişlik ve şasi ağırlığı yaklaşık 160,89 kg gelmektedir.



Şekil 3. Solid Works programında alüminyum platform şasinin genel görünümü

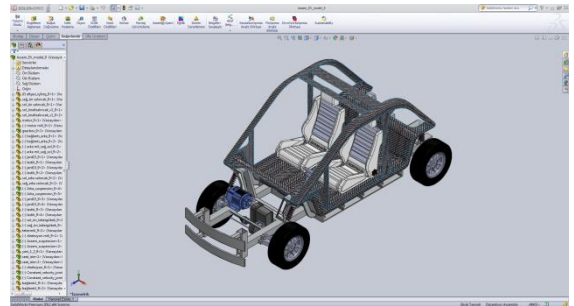
Şekil 4 'te gösterildiği gibi, monokok şasinin boyutları 2611 mm boy, 1400 mm genişlik, 1200 mm yükseklik ve şasi ağırlığı yaklaşık 45 kg gelmektedir.



Şekil 4. Solid Works programında kompozit monokok şasinin genel görünümü

3.2.Elektrikli Araç Modelinin Fiziksel Özellikleri

Bu araç iki kişilik, DC motor, dişli kutusu ve batarya grubunun elektrikli bir araca uygun olarak konumlandırılması yapılarak tasarlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Solid Works programında Elektrikli Arac Modelinin genel görünümü

Bir elektrikli aracın menzili kullanılan batarya tipine ve sayısına bağlıdır. Batarya grubunun ağırlığı 400 kg gelmektedir. Böylece ortalama 169 km'lik menzil mesafesine sahiptir. Elektrikli aracın boyutları 3740 mm boy, 1300 mm genişlik ve 1320 mm yüksekliğe sahiptir.

Ayrıca, dingil açıklığı 2646,5 mm'dir. Toplam Şasi ağırlığı 205,89 kg gelmektedir.

4. ANALİZ

Sonlu elemanlar metodu örneğinin sonlu elemanlar analizi gibi mühendislikteki problemlerin yaklaşık çözümlerini elde etmek için kullanılan sayısal hesaplama tekniğidir. Analizin yapılabilmesi için sonlu elemanlar yöntemiyle çalışan birçok analiz programı mühendislik alanlarında sıkça kullanılmaktadır. Bu programlar ile dayanım, yük, ısı, yorulma ve akış gibi daha birçok analiz yapılabilmektedir.

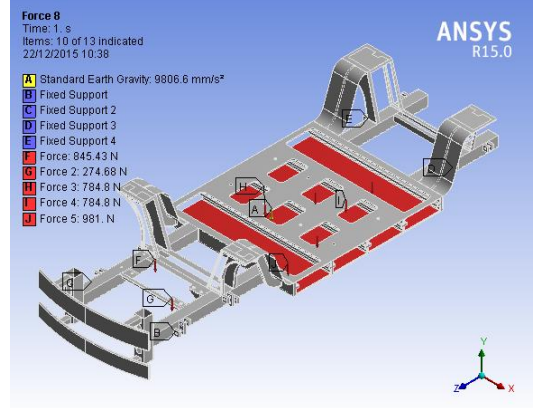
Şasinin sonlu elemanlar analizi, fiziksel modelin bilgisayar destekli tasarımı kullanılarak Ansys Workbench paket programında hesaplanmıştır.

Sürücünün, yolcunun, elektrik motorunun, dişli kutusunun, batarya grubunun ağırlığı ve yerçekimi ivmesinin etkisi şasi analizinde düşünülerek analizi gerçekleştirilmiştir. Bu yükler statik olarak şasi üzerindeki montaj noktalarından uygulanmıştır. Şasinin ön ve arka uçlarındaki salıncak ve süspansiyon bağlantı noktalarından dönmeye ve ötelenmeye karşı sabitlenmiştir. Analizde kullanılan yükler Tablo 2'te sunulmuştur.

Tablo 2. Şasi üzerindeki yükler ve ağırlıkları

Şasi üzerindeki yükler	Ağırlık (kg)
DC Motor	86,18
Dişli kutusu	28
Sürücü ve Yolcu	2x80
Batarya grubu	400

4 farklı yük ve sabitleme bölgesi şasi üzerinde gösterilir (Şekil 6).



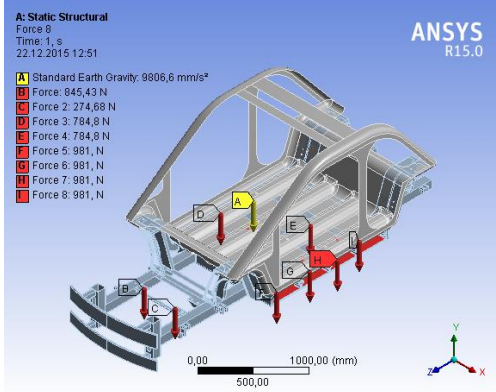
Şekil 6. Yükler ve sabitleme bölgeleri

Platform şasinin analizinde kullanılan malzeme alüminyum alaşımıdır. Bu malzemenin mekanik özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Bu malzeme analiz için Ansys malzeme kütüphanesinden seçilerek tanımlanmıştır.

Tablo 3. Alüminyum alaşımının mekanik özellikleri

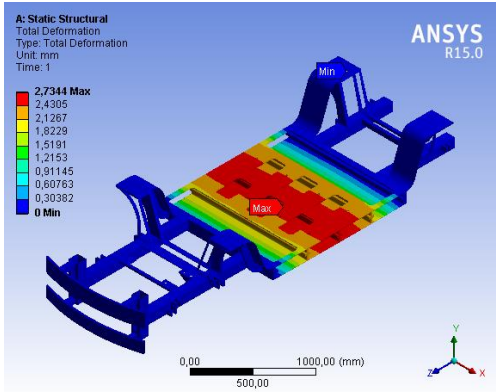
Yoğunluk	2770 kg/m ³
Akma Dayanımı	280 MPa
Elastisite Modülü	71 GPa
Poisson Oranı	0,33

Tasarımı yapılan birleştirilmiş şasinin Ansys paket programında alt ve üst şasilere ayrı ayrı malzeme tanımı yapılarak analizi gerçekleştirildi. Analizde alt şasi olarak platform şasiye alüminyum alaşımı, üst şasi olarak monokok şasiye karbon fiber - epoksi kompozit malzeme tanımı yapıldı. Sadece platform şasiye uygulanan Tablo 2'deki yüklemeler birleştirilmiş şasi üzerinde de uygulanarak analizi yapılmıştır. 4 farklı yük ve sabitleme bölgesi şasi üzerinde gösterilir (Şekil 7).



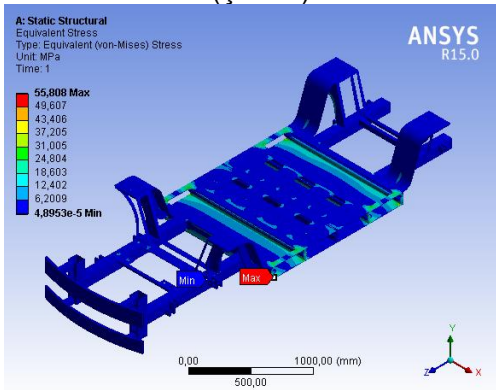
Şekil 7. Yükler ve sabitleme bölgeleri

5. SONUÇ



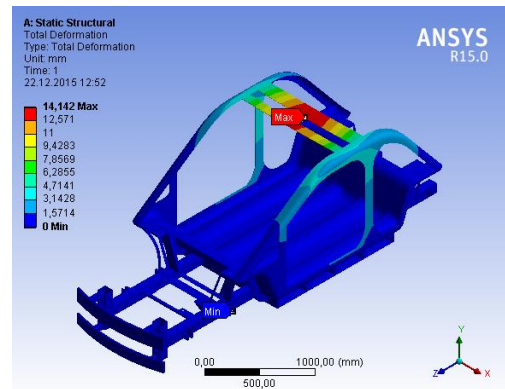
Şekil 8. Platform şasi üzerinde oluşan toplam yer değiştirme

Maksimum yer değiştirme sürücü ve yolcu kabinin zemininde gözlemlenir. Maksimum yer değiştirme 2,7344 mm olarak elde edildi (Şekil 8).



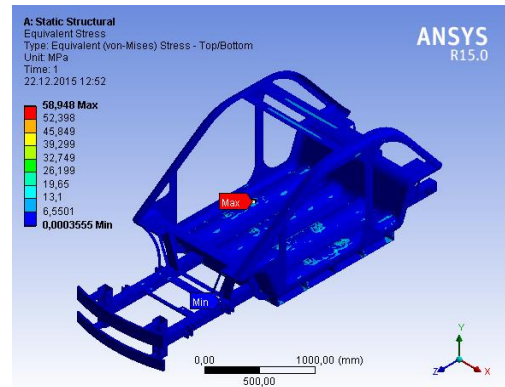
Şekil 9. Platform şasi üzerinde oluşan Von Mises gerilimi

Şasinin maksimum Von Mises gerilme değeri 55,808 MPa olarak gözlemlenmiştir. Bu değer malzemenin akma dayanımı olan 280 MPa değerinden çok düşüktür (Şekil 9).



Şekil 10. Birleştirilmiş şasinin toplam yer değiştirmesi

Maksimum yer değiştirme araç kabinin tavanında gözlemlenir. Maksimum yer değiştirme 14,142 mm olarak elde edildi (Şekil 10).



Şekil 11. Birleştirilmiş şasi üzerinde oluşan Von Mises gerilimi

Şasinin maksimum Von Mises gerilme değeri 58,948 MPa olarak gözlemlenir.

KAYNAKLAR

1. Carpenter, J. A., 2008. Challenges and Opportunities for Automotive Composites, SPE Automotive Composites Conference and Exposition, Troy, MI, USA, CD Rom Proceedings.
2. Badie, M. A, Mahdi, E, Hamouda, A. M. S., 2011. An Investigation into Hybrid Carbon/Glass Fiber Reinforced Epoxy Composite Automotive Drive Shaft. *Materials and Design* , 32, 1485–1500.
3. Kim, D. H., Kim, H. G., Kim, H. S., 2015. Design Optimization and Manufacture of Hybrid Glass/Carbon Fiber Reinforced Composite Bumper Beam for Automobile Vehicle. *Composite Structures* , 131, 742-752.
4. Liu, Q., Lin, Y., Zong, Z., Sun, G., & Li, Q., 2013. Lightweight Design of Carbon Twill Weave Fabric Composite Body Structure for Electric Vehicle. *Composite Structures* , 97, 231-238.
5. McAuley, J. W., 2003. Global Sustainability and Key Needs in Future Automotive Design. *Environ Sci Technol* , 37:5414–6.
6. Jacob, A., 2010. BMW Counts on Carbon Fiber for its Megacity Vehicle. *Journal of Reinforced Plastic Composite* , 54, 38-41.
7. <http://www.fiat500usa.com/2013/09/alfa-romeo-4c-overview.html> (Access Date: 28 October 2015).
8. <http://www.lexus-int.com/models/LFA/wonder-material.html> (Access Date: 28 October 2015).
9. Genç, Ç., Arıcı. A.A., 2008, "Yat İmalatında Kullanılan CTP Malzeme ve İmalat Yöntemleri

Bölüm III: İnfüzyon Yöntemi", *Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi*, Sayı: 178, s.16-21.