

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPONLARININ
BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Seçkin ÖZKURT

Anabilim Dalı: Makina Mühendisliği

Programı: OTOMOTİV

OCAK 2003

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPONLARININ
BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Seçkin ÖZKURT

(503991124)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Haydar LİVATYALI

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Doğan GÜNEŞ

Yrd.Doç. Dr Şafak YILMAZ

OCAK 2003

ÖNSÖZ

Bu çalışma sırasında benden değerli bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen çok değerli Hocam Yrd.Doç.Dr Haydar LİVATYALI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Seçkin ÖZKURT

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
SUMMARY	vi
KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
1 GİRİŞ	1
1.1 Tez Çalışmasının Amaçları ve Yaklaşımı	1
1.2 Tez İçeriği	3
2 TİCARİ ARAÇLARDA TAMPON TASARIMI	4
2.1 Giriş	4
2.2 Tampon Sistemleri ve Bileşenleri	5
2.2.1 Tampon Sistemleri	5
2.2.2 Tampon Bileşenleri	6
2.3 Tampon Tasarımından Beklenen Özellikler	8
2.3.1 Güvenlik Standartları	8
2.3.2 Çarpma Deneyleri	9
2.3.3 Diğer Deneyler	12
2.3.4 Beklenen Diğer Fonksiyonellikler	12
2.3.5 Tampon Sistemlerinde Gelişmeler	13
3 HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ	18
3.1 Tampon Sisteminin Çarpma Gereksinimlerini Karşılama	20
3.2 Tampon Sisteminin Değişik Şartlar Altında Araç Ömrü Boyunca Beklenen Performansı Sağlama	27
4 SONLU ELEMANLAR YÖNETİMİ İLE TAMPON YAPISAL ANALİZİ	28
4.1 SEY Tanımı, Yararları ve Yaklaşımı	28
4.2 Vaka Analizleri	31
4.2.1 Hafif Ticari Araç Arka Tamponu	31
4.2.2 Minibüs Arka Tamponu	39

5	STANDART YAVAŞ ÇARPMA ANALİZİ	44
5.1	Hafif Ticari Araçların Tabi Tutulduğu Arkadan Yavaş Çarpma Testleri ve onay Kriterleri	44
5.1.1	Kuzey Amerika Yavaş Çarpma Deneyleri	44
5.1.2	Avrupa, Avustralya ve Japonya’da Uygulanan Yavaş Çarpma Deneyleri	45
5.2	Yavaş Çarpma Testleri İçin Göz Önünde Bulundurulması Gereken Tasarım Kriterleri	46
5.3	Tez Çalışmasında Ele Alınan HTA Tamponunun Arakadan Yavaş Çarpma Deneyleri	47
6	SONUÇLAR VE ÖZET	49
6.1	Çalışma Özeti	49
6.2	Genel Değerlendirme ve Öneriler	50
	KAYNAKLAR	51
	Ekler	53
	ÖZGEÇMİŞ	70

HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPONLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI

ÖZET

Minibüs, panelvan, minivan, pikap ve benzeri hafif ticarî araçlarda kullanılan tamponların yasa koyucular ve araç üreticileri tarafından belirlenen güvenlik, estetik, hafiflik ve düşük maliyet gibi özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. Günümüzde, özellikle otomotiv üreticilerinin oluşan rekabetçi ortam içerisinde, aracın doğru tasarlanması için harcamaları gereken zaman ve para gittikçe azalırken, bütün diğer parçalar gibi tamponun da en kısa sürede ve istenen fonksiyonlara sahip olarak tasarlanıp şartnamelere uygunluğunun onaylanması büyük zaman kazandırıcı ve maliyet düşürücü bir olgudur. Bu süreci en kısa zamanda ve en doğru biçimde tamamlayabilmek için tasarım yöntemi ve özelliklerini doğru öngörmek esas olmalıdır.

Yapılan çalışmada hafif ticarî araçlar için tasarlanan tampon sistemlerinin önemi ve beklentiler ve sistemlerin hangi fonksiyonellikleri yerine getirmesi gerektiği ortaya konmuştur. Bu fonksiyonelliklerin detaylarına inilmiş ve bu konuda çeşitli ülkelerde geçerli yönetmelik ve tüzükler incelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonraki bölümde tampon sistemlerindeki teknik yenilikler ele alınmıştır. Potansiyel hata türleri ve etkileri yaklaşımla tampondan beklenen fonksiyonelliklerde oluşabilecek aksaklıklar ve çözüm yollarını ortaya koyan bir rapora yer verilmiştir. Çalışmanın diğer bölümünde ise sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, seçilen iki tampon için, basamak yükleme analizi yapılmıştır. Ayrıca bu iki tampon için, şartnamelerde geçen basamak yükleme deneyi için bir deney düzeneği hazırlanmış ve deney sonunda elde edilen bilgiler analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Tampon sistemlerinin tabi tutulduğu yavaş çarpma testleri ve kabul kriterleri ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Bu testlerden, ele alınan vakalardan biri olan hafif ticari araç tamponunun test sonuçları değerlendirilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar, değerlendirmeler ve önerilere yer verilmiştir.

THE COMPUTER AIDED DESIGN OF LIGHT COMMERCIAL VEHICLE BUMPERS

SUMMARY

The bumper systems used on light commercial vehicles such as vans, minivans and pick-up trucks must have some functionalities that are defined by the laws, regulations and corporation specifications, and that are related to safety, durability, manufacturability, serviceability and low cost. It's crucial to make the right design, in the shortest time, at the least cost while having all the required functionality. To reach this target, it is essential to determine the functionalities and performance criteria at earlier phases of design.

In this study, the functionalities that are required from the bumper systems designed for light commercial vehicles are investigated and determined. These functionalities are detailed. Safety regulations and laws are investigated for various countries and companies. The developments in bumper systems are detailed in the same chapter. Failure modes and recovery actions for six functionality criteria are investigated utilizing the potential failure modes and effect analysis (FMEA) approach. In the following chapter, static loading analysis using finite element method (FEM) is conducted. The analyses using the commercial FEM program ANSYS are performed on two different bumper systems of two light commercial vehicles simulating vertical step loading. In addition, step loading tests are realized using a special test rig designed and built for these tests and the results are compared with the results obtained from the FEM analysis. In the next chapter, low speed crash tests that are performed in different regions and defined by laws and some automotive firm standards are detailed. The acceptance and design criteria for these tests are also listed. In the last chapter, results of the analysis and the tests are evaluated and some recommendations for future work are listed.

KISALTMALAR

SEY (FEM) :	Sonlu Elemanlar Yöntemi
HTA :	Hafif Ticari Araç
MA :	Minibüs Arka
HTEA (FMEA):	Hata Türü Etkileri Analizi
TA:	Ticari Araç
IGES:	Initial Graphic Exchange Specification

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Avrupa ve Kuzey Amerika’da Yürürlükte olan Yavaş Çarpma Standartları [6]	8
Tablo 2.2: Kuzey Amerika ve Avrupa’da Uygulanan Hızlı Çarpma Standartları.....	10
Tablo 3.1: Hafif ticari araç tampon sistemi potansiyel hata türleri ve etkileri.....	23
Tablo 3.1: Hafif Ticari araç tampon sistemi potansiyel hata türleri ve etkiler.....	25
Tablo 4.1: HTA Tamponunda kullanılan St 14 sacın mekanik özellikleri.....	31
Tablo EK1-15: Hafif ticari araç tampon sistemi potansiyel hata türleri ve etkileri.....	55

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Tez çalışmasına konu olan hafif ticarî araç.....	2
Şekil 2.1: Farklı Araç Tiplerinde Kullanılan 4 farklı Tampon Tipi.....	5
Şekil 2.2: Tampon Sistemlerinde Kullanılan, Takviye Çekirdeği Tipleri	7
Şekil 2.3: Önden Rijit Bariyere Çarpma Test Düzeneği	11
Şekil 2.4: Basamak Yükleme Deneyi.....	11
Şekil 2.5: 1985 model Chevrolet Silverado (büyük boy kamyonet) ön tamponu	14
Şekil 2.6: Ford F150 kamyonet (pikap) ön tamponu	14
Şekil 2.8: Yaygın iki tip tampon sönümleyicisi	16
Şekil 3.1: HTA tamponu Şasi Bağlantı Yüzeyi.....	20
Şekil 3.2: HTA tamponu ve arka parça arasındaki boşluk	21
Şekil 3.3: Yavaş çarpma sırasında tamponun yukarı kalkmasını önleyen ek takviye braketleri	21
Şekil 3.4: Takviye braketleri ilave edilmiş HTA tamponu	22
Şekil 4.1: Hafif ticari araç arka tamponu geometrik modeli.....	31
Şekil 4.2: Hafif ticari araç arka tamponu ayak basılması analizi yükleme durumu	32
Şekil 4.3: HTA tamponu modeli sınır şartları ve uygulanan kuvvetler.....	33
Şekil 4.4: 1400 N kuvvet altında HTA tamponu z eksenini yer değiştirmeleri	33
Şekil 4.5: 1400 N kuvvet altında HTA tamponu gerilme değerleri.....	34
Şekil 4.7: 2100N kuvvet altında HTA tamponunda mm cinsinden z eksenini yer değiştirmeleri	35
Şekil 4.8: 2100 N kuvvet altında HTA tamponu gerilme değerleri.....	35
Şekil 4.9: 2100N kuvvet altında HTA tamponu eşdeğer birim şekil değiştirme değerleri...	36
Şekil 4.10: 2100 N ve 1400 N kuvvet altında HTA tamponu yer değiştirme değerleri	36
Şekil 4.11: Basamak Yükleme Deney düzeneği modeli	37
Şekil 4.12: Basamak Yükleme Deney düzeneği.....	37
Şekil 4.13: Basamak yükleme deneyine tabi tutulan HTA tamponu	38
Şekil 4.14: HTA tamponu deney ve analiz sonuçları karşılaştırılması	38
Şekil 4.15: Ağ yüzeyi örülmüş MA tamponu ANSYS modeli	40
Şekil 4.16: 1400 N yük altında ortaya çıkan z yönündeki yer değiştirme değerleri	40
Şekil 4.17: 1400 N yük altında hesaplanan gerilme değerleri.....	41
Şekil 4.18: 1400 N yük altında ortaya çıkan eşdeğer birim şekil değiştirme değerleri.....	41
Şekil 4.19: MA tamponu 1400 N-2100 N yükleme analiz sonuçlarının karşılaştırması.....	42
Şekil 4.20: MA tamponu Ayak basma deney düzeneği	42
Şekil 4.21: MA tamponu ayak basma deneyi ölçüm şekli.....	43

Şekil 4.22: MA tamponu deney ve analiz sonuçları karşılaştırılması	43
Şekil 5.1: Engel ile yapılan yavaş çarpma testi sonrası engel-gövde mesafesi	46
Şekil 5.2: Bariyer ile yapılan yavaş çarpma testi sonrası bariyer-gövde mesafesi	47

1 GİRİŞ

1.1 Tez Çalışmasının Amaçları ve Yaklaşımı

Ülkemizde son yıllarda otomotiv sektöründeki projelerin bir bölümünü oluşturan ve pazar payı giderek genişleyen hafif ticari araç (HTA) sınıfı karayolu taşıtları, çoğunlukla dış kaynaklı mühendislik kullanılarak tasarlanmakta ve yurt içindeki fabrikalarda imal edilerek tüketiciye sunulmaktadır. Son yıllara kadar bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli mühendislik hizmetlerinin doğrudan yurt dışından alındığı gerçeği göz önüne alındığında, taşıt ve taşıtı oluşturan parçaların tasarımı ve tasarımın geçerli kılınması aşamaları konusunda ülkemizde derin bilgi ve tecrübe bulunmadığı açıktır. Yapılan yüksek lisans tez çalışması eksikliğin hissedildiği bu bölümden seçilerek, daha fazla yarar sağlanması amaçlanmıştır.

Hafif ticari araçlarda arka tampon, aracın üzerinde görünür olması, emniyet sağlayıcı bir parça olması, son yıllarda üzerine eklenen bir takım ekipmanlarla fonksiyonelliğinin artmış olması ve olası bir kaza veya çarpma anında hasarın başladığı ve taşıtın bütünündeki hasarın seyrini belirleyen parça olması dolayısı ile çok kritik bir parçadır. Hafif ticari araçlarda kullanılan ön ve arka tamponların aracın trafiğe çıkacağı ülkelerin yasa, tüzük ve yönetmelikleri ve üretici firma standartları tarafından belirlenen bir takım kıstaslara uygun olarak tasarlanıp imal edilmeleri gerekmektedir [1].

Üretimden önceki safha olan tasarım süreci, programın gidişini belirleyen en önemli safhadır. Bu özelliği ile tasarım, proje zamanlamasını, proje maliyetini ve pazar payını, dolayısıyla katma değeri belirler. İyi bir arka tampon tasarımında göz önünde bulundurulması gereken ölçütler bir çok gövde ve dış görünüm parçasına göre daha detaylı ve daha fazla sayıdadır. Tasarımın en başından itibaren, yasalar, uluslararası standartlar ve üretici firma tarafından belirlenen kriterlerin bilinmesi ve üretimin geliştirilmesi ile geriye dönüşü çok pahalı, zaman kaybettirici ve prestij sarsıcı olabilen hatalardan uzak durulmuş olacaktır [1].

Herhangi bir hafif ticari aracın arka tamponu tasarlanırken; emniyet, performans, fonksiyonellik, estetik, konfor, imal edilebilirlik, montaj kolaylığı, tamir kolaylığı ve tasarım esnekliği gibi özelliklerin göz önünde bulundurulması gereklidir [2].

Otomobil gövde parçaları gibi arka tamponda da tasarımın ilk aşamalarında, sonlu elemanlar yöntemine (SEY) başvurularak, tasarımın statik mukavemet ve çarpma mukavemeti bakımından kendinden beklenen fonksiyonları yerine getirdiği büyük ölçüde güvence altına alınabilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak ortaya konulan tasarım, klasik mukavemet hesaplarıyla yapılması çok zor, zaman alıcı veya imkansız olan hesapların yapılmasına sağlamaktadır. Yöntem son yıllarda büyük gelişmeler kaydetmiş ve birçok kullanımı basitleştirilmiş ticarî sonlu elemanlar programları, diğer birçok sektörde olduğu gibi, otomotiv sektöründe de kullanılmaktadır. Bu yolla tasarım sonucunda ortaya çıkan mamulde onay testlerinde oluşabilecek başarısızlıklar öngörülebilme, geri besleme yoluyla erken safhalarda önlem alınabilmektedir. Böylece yöntem zaman kazandırıcı ve maliyet düşürücü rol oynamaktadır [3].

Ortaya konulan tez çalışmasında hafif ticari araç tampon sistemleri için tasarım, prototip ve seri imalat parçasının onay aşamalarının tespiti ve istenen özelliklere sahip yenilikçi tampon sistemleri için bilgisayar destekli tasarım yöntemi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Buna bağlı olarak, SEY'nin tasarım aşamasından sonra etkin bir biçimde kullanılarak seri üretime geçiş süresinin azaltılabileceği görüşünün doğrulanması amaçlanmıştır.

Tez çalışmasında yaklaşım olarak; tampon sistemlerinde son yıllarda yaşanan yeniliklerin belirlenmesi, HTA arka tampon sistemlerinden beklenenlerin araştırılması ve bu fonksiyonelliklerin irdelenmesi, bu fonksiyonellikleri güvence altına alan yönetmelik, tüzük ve şartnamelerin araştırılması, seçilen örnek HTA (Şekil 1.1) arka tamponunun statik şartlarda maruz kalacağı yüklemelerin ANSYS SE ticarî programı ile mukavemet analizlerinin yapılması yöntemi seçilmiştir.



Şekil 1.1: Tez çalışmasına konu olan hafif ticarî araç

1.2 Tez İçeriği

Bu Giriş bölümünden sonra gelen tezin 2. Bölümünde iyi bir tasarımın önemi ve tampon tasarımında beklenen özellikler ile ilgili detaylara inilmiş, HTA arka tampon sistemlerinin tasarımı, testleri, imalat yöntemleri ile ilgili yenilikler ve çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

3. Bölümde tampon sisteminde çıkabilecek olası hataları öngörmek için olası hata türleri ve etkileri yaklaşımıyla hazırlanan raporun tez çalışması içerisinde uygulamalarla bağlantılı iki fonksiyon detaylandırılmıştır. Diğer fonksiyonların incelenmesi ekler bölümüne bırakılmıştır. Bu bölümde ayrıca, tampon sistemi içinde oluşabilecek hataların hangilerinin ne şekilde çözümlenebileceği hakkında bilgiler verilmiştir.

4. ve 5. Bölümlerde genel olarak sonlu elemanlar yöntemi ve seçilen iki ayrı tip arka tamponun çeşitli analizlerinde kullanılacak olan ticari sonlu elemanlar yazılımı ANSYS hakkında genel bilgi verilmiştir. 4. Bölümde hafif ticari araç ve minibüs arka tamponlarının statik analizleri ve yapılan bir takım deneyler detaylandırılmıştır. 5. Bölümde ise ticarî araç tamponları için standart çarpma deneyleri ve simülasyonları açıklanmıştır. 6. ve son bölümde yapılan çalışmanın bir özeti, sonuçlar ve genel değerlendirmeden sonra önerilere yer verilmiştir.

Ekler bölümünde ise tampon sisteminden beklenen bütün fonksiyonellikler ve bu fonksiyonları yerine getirirken ortaya ne tür hataların çıkabileceği bunların etkileri ve sistem içinde bu sorunların nereden kaynaklandığının olası hata türleri ve etkileri yaklaşımıyla ortaya koyan bir rapor sunulmuştur. Bu rapor sistemdeki olası hataları öngörüp önlem almak ve acil eylem planlamaları için çok önemlidir.

2 TİCARİ ARAÇLARDA TAMPON TASARIMI

2.1 Giriş

Günümüzde üretilen taşıt araçları üreticilerin bu araçları hangi ülkeye sattıklarına bağlı olarak farklı yönetmelik ve tüzüklerle değerlendirilmekte ve detaylı tasarımda kayda değer farklılaşmalar ortaya çıkabilmektedir. Bu, araç üreticilerinin satışın yapıldığı tüm bölgelerin yasal şartlarına uymaları gereğini doğurmaktadır (Homologasyon). Ancak trafiğe çıkan özel bir araç değilse bu araçların bir ön ve bir arka tampon sahibi olmaları gereği, dünyanın hemen her yerinde yasalar tarafından tanımlanmıştır [4]. Bütün dünya üzerindeki talep göz önüne alındığında, ön ve arka tamponun tasarım, prototip, onay ve üretim safhalarının her birinin çok özenle yürütülmesi gereken kritik bir parça olduğu kolayca anlaşılabilmektedir. Bu safhalardan en kritiği ise bütün fonksiyonellikleri ve performans sonuçlarını doğrudan etkileyecek olan tasarım safhasıdır. Tasarlanan bir tampon sisteminden beklenen fonksiyonlar şöyle sıralanabilir; [5]

Bir çarpma esnasında;

- Araç yapısı içerisindeki enerji akışını yönlendirerek, hava yastığı algılayıcılarını ve çarpma performansını optimize etmek.
- Düşük hızla çarpmalarda aracı fonksiyonel hasarlardan korumak.

Normal kullanımda;

- Araç sitiline uygun olarak görünüş yönünden memnuniyet verici olmak
- Bütünlüğünü ve sağlamlığını araç ömrü boyunca koruyabilmek
- Ayak ile basma gibi statik yükleme şartlarına dayanıklı olmaktır.

2.2 Tampon Sistemleri ve Bileşenleri

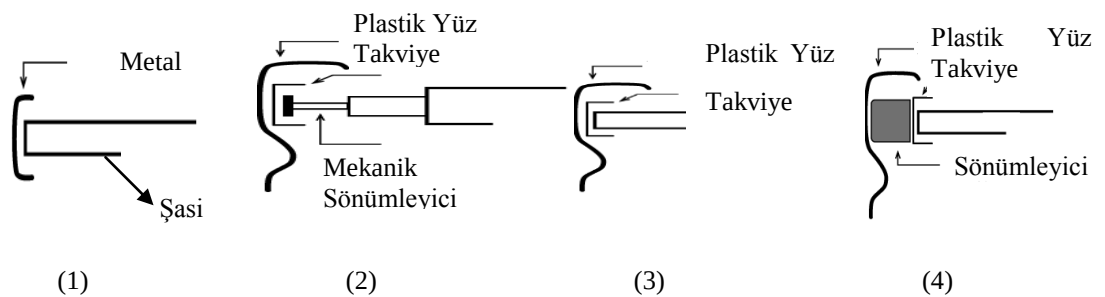
2.2.1 Tampon Sistemleri

Tampon düşük hızlı çarpmalarda herhangi bir hasara karşı araç gövdesini koruyan sistemdir. Tampon sistemleri plastik tampon yüzü, sönümleyiciler, metal dış yüzey ve takviye çekirdeklerinden oluşurlar [5].

2.2.1.1 Sistem Seçimi

Tasarımda seçilecek tampon sistemine karar verilirken göz önünde bulundurulması gereken ana faktör, tampon sisteminin firma şartnamelerinde belirtildiği kadar enerji sönümlüyor olması ve bunun sonucunda da belirli hızlarda zarar görmeden kalmasında ağırlık, üretebilirlik, montaj edilebilirlik, maliyet ve servis edilebilirlik diğer önem verilmesi gereken faktörlerdir. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi günümüzde kullanımı yaygın olan 4 ana tip tampon bulunmaktadır [5].

- 1- Metal dış yüzeyli (metal facebar) tampon
- 2- Plastik Dış Yüzey + Takviye Çekirdeği
- 3- Plastik Dış Yüzey + Takviye Çekirdeği + Mekanik Sönümleyici
- 4- Plastik Dış Yüzey + Takviye Çekirdeği + Köpük veya Pul Peteği Türü Malzemeli Sönümleyici



Şekil 2.1: Farklı Araç Tiplerinde Kullanılan 4 farklı Tampon Tipi

2.2.2 Tampon Bileşenleri

2.2.2.1 Tampon Yüzü

Plastik tampon yüzü 1970'lerden sonra binek araçlarında yaygın olarak kullanılan ve aracın kendi rengine boyanabildiğinden kullanıcıya daha estetik bir görüntü sunan bileşendir. Şekil 2.1'deki tampon yüzleri, birkaç zorunluluğu yerine getirmek üzere tasarlanmışlardır. Bunlar düşük hava direnci, motor odası rüzgar sirkülasyonu, estetiklik, üretilebilirlik ve ağırlık kısıtlamalarıdır. Tampon yüzeylerinin üretiminde üç ana malzeme kullanılır; polipropilen, poliüretan ve polikarbonat. Tampon yüzleri genellikle plastik enjeksiyon kalıplarında üretilirler [5].

2.2.2.2 Sönümleyiciler

Görevleri çarpma sırasında enerji yutmak olan bu bileşen özellikle düşük hızla çarpmalarda çok etkilidir. Sönümleyici çeşitleri, köpük ve bal peteği biçimindeki metal dışı polipropilen, poliüretan ve düşük yoğunluklu polietilen sönümleyiciler eğer metalik ise bunlara amortisör denir. Ancak mekanik sönümleyiciler hem çok ağır hem de kısıtlı miktarda enerji yutabilmektedirler. Bazı tampon sistemlerinde ise takviye çekirdeği enerji yutmaya müsait tasarlandığı için ayrıca bir sönümleyici kullanılmasına gerek kalmamaktadır.

2.2.2.3 Metal Dış Yüzeyler

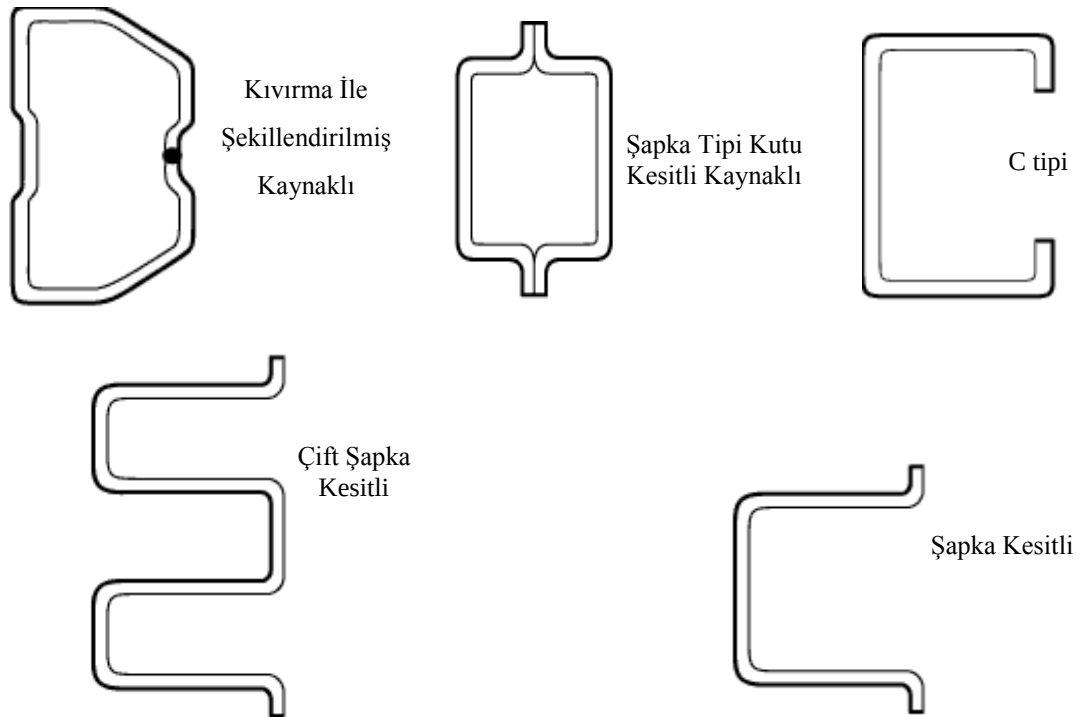
Şekil 2.1'de görüldüğü gibi bunlar çelik saclardan pres ve kalıp kullanılarak derin çekme, sıvama, kesme ve bükme yöntemlerinden biri veya belli bir sıraya göre birkaçı kullanılarak imal edilir ve üzerlerine çelik veya plastik bir çok parça monte edilebilir. Bunların malzemesi alüminyum da olabilmekle birlikte çoğu zaman imal edilebilirlik ve dayanım açılarından orta veya düşük mukavemetli kalın çelik saclardan yapılmaktadır. Şekillendirme işleminden sonra parça yüzü krom-nikel kaplama veya galvaniz kaplama ve boya yapılarak korozyondan korunmaktadır.

2.2.2.4 Takviye Çekirdeği

Takviye çekirdeği, tampon sistemi içerisinde kilit görev üstlenip, sistemi araç gövdesine bağlayan ve statik ve dinamik zorlamalara karşı görevini yerine getirmesini sağlayan bileşendir. Takviye çekirdeği çarpmada kinetik enerji

yutulmasına yardımcı olur ve aracın geri kalanının hasar görmemesini sağlar ve kafesi korur.[5]

Preste çeşitli şekillendirme işlemleri ile üretilen çekirdekler, hem yüksek üretim hacmi için, hem de karmaşık şekillere izin verdiği için avantajlıdır. Ancak parça geometrisi ve imalat yöntemi seçimi malzemenin şekillendirilebilirliği ile ilgilidir. Eğer ağırlığı düşük tutma açısından yüksek mukavemetli çelikler, kullanılması gerekiyor ise, preste soğuk şekillendirmeden farklı imalat yöntemlerine başvurulabilir. Kaynaklı imalat veya sıcak (veya yarı-sıcak) şekillendirme bunlardan ikisidir.[5]



Şekil 2.2: Tampon Sistemlerinde Kullanılan, Takviye Çekirdeği Tipleri

2.3 Tampon Tasarımından Beklenen Özellikler

2.3.1 Güvenlik Standartları

Araç tamponlarının güvenlik standartları ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir. Genel olarak Kuzey Amerika tampon performans standartları Avrupa'dakilere göre daha katıdır. Buna bağlı olarak, Kuzey Amerika'daki tamponlar, Avrupa'dakilere göre daha mukavimdirler. Avrupalı tasarımcıların daha ön planda tuttıkları kriter ise tampon sisteminin kolay servis edilebilirliğidir [6].

Tablo 2.1'de görüldüğü gibi, Kuzey Amerika'da 4 km/s'lik hızda (yavaş) çarpmalarda kalıcı hasar görmemesi gereken tamponlar istenir. Yüksek hızlı çarpmalarda ise bu tamponların bütün çarpma enerjisini emmeleri yasalar tarafından beklenmez ve tasarımlar bu doğrultuda yapılır. Fakat yüksek hızlı çarpmalar sırasında gelen enerjinin %15'ini yutacak tampon sistemlerinin geliştirilmesine çalışılmaktadır [6].

Tablo 2.1: Avrupa ve Kuzey Amerika'da Yürürlükte olan Yavaş Çarpma Standartları [6]

KUZEY AMERİKA	SINIRLAMALAR	AVRUPA	SINIRLAMALAR
4 km/s 8 km/s (Kanada)	- Görünür ve Emniyet parçalarında hasar istenmez. - Bir miktar hasara izin verilir	4 km/s	Far ampüllerinin kırılmasına izin verilir.
TAMPON HASAR MALİYETLERİNİN TESPİTİ İÇİN			
8 km/s ile - Önden Bariyere - Arkadan Bariyere - Önden Açılı Bariyere - Arkadan Açılı Bariyere	Maliyet bir nota dönüştürülür ve araç tanıtılırken resmi sitelerde kamuoyuna duyurulur.	15 km/s ile Önden sürücü tarafından deforme olabilen alüminyum bir bariyere vurulur	Maliyet ve ek olarak servis edilebilme performansı bir nota dönüştürülür ve araç tanıtılırken resmi sitelerde kamuoyuna duyurulur.

2.3.2 Çarpma Deneyleri

2.3.2.1 Yavaş Çarpma Deneyi

Yavaş çarpma testleri 4 km/s ve 8 km/s olarak iki ayrı hızda çeşitli özelliklere sahip engellere aracın önden ve arkadan vurdurulmasıyla yapılan testlerdir. Şu an için 4km/s hızla rijit bir bariyere ya da direğe vurma deneylerinde, tampon sisteminin gözle görülür bir kalıcı hasara uğramaması beklenir. Bunun yanında emniyet parçası olmayan veya dışarıdan görünmeyen parçaların hasarına izin verilir [6].

8 km/s'lik yavaş çarpmalarda ise aracın ön ve arka bölgesinde meydana gelen hasar maliyete dönüştürülür. Bu maliyet ve onarım kolaylığı bir nota dönüştürülerek, potansiyel müşterilere çeşitli kanallardan sunulur. Bu maliyet ve servis edilebilirlik testleri Avrupa'da 15 km/s hızla rijit olmayan, alüminyum veya metal dışı bir malzemeden bir bariyere vurularak yapılır. Testler;

- Önden bariyere,
- Arkadan bariyere,
- Önden açılı bariyere,
- Arkadan açılı bariyere

çarpma şeklinde 4 değişik tipte yapılır [6].

2.3.2.2 Hızlı Çarpma Deneyi

Tasarım aşamasında yapılan performans ağırlıklı gelişmelere paralel olarak emniyet unsurlarında yapılan iyileştirmeler müşteri isteklerinin ötesine geçebilmek açısından yüksek hızlı çarpmalar için kanun koyucular tarafından herhangi bir sınırlama olmasa da önemlidir. Aracın çarpışma emniyeti çok yönlü bir yaklaşımı gerektirmekte olup çok sayıda parametre arasından bir optimizasyona gidilmesi gerekmektedir. Bu parametreler çarpışma esnasında yolcuların davranışı aracın ezilebilirliği ve ezilme sınırı ve aracın diğer araçlara verebileceği hasardır [3].

Çarpışma anında öndeki veya arkadaki deformasyonun yolcu bölümüne ilerlemesi ve bu deformasyon anında doğan atalet kuvvetleri ile yolcuları bir anda büyük bir hız ile

önlerindeki cisimlere gövde ve başlarını çarpmaları en korkutucu durumdur. Bu durumun engellenmesi için tampon sistemlerinin içerisinde bulunan sönümleyicilerin enerjiyi dengeli ve sürekli bir biçimde sönümlemesi gerekmektedir. Bu yüzden tasarımlarda dikkat edilmesi gereken bileşen daha çok sönümleyicilere doğru kaymaktadır [3].

Kuzey Amerika’da binek otomobilleri, çok amaçlı taşıtlar (multi purpose vehicle, MPV), kamyonetler ve otobüsler için çarpma deneyinde araç 48km/s hızla önden rijit bir bariyere çarptırılır. Bu deneyler tamamen üreticinin aracın performansını belirlemek ve müşteriye bilgi vermek amacıyla yaptırılmaktadır. Elde edilen verileri sürücü ayak sıkışmaları ve diz kırılmalarıdır. Yapılan yan çarpma testlerinde ise araç 32km/s’lik hızla her iki taraftan çarptırılarak performans incelenir [6].

Tablo 2.2: Kuzey Amerika ve Avrupa’da Uygulanan Hızlı Çarpma Standartları

KUZEY AMERİKA IIHS	SINIRLAMALAR TESPİTLER	AVRUPA	SINIRLAMALAR
48 km/s ile • Önden Rijit bariyere vurma	Tamponların yuttuğu enerji ve çarpmanın yolcu kabinine kadar uzanan parçalar üzerindeki etkisi tespit edilir.	56km/s ile Önden sürücü tarafından deforme olabilen alüminyum bir bariyere vurulur	Tamponların yuttuğu enerji ve çarpmanın yolcu kabinine kadar uzanan parçalar üzerindeki etkisi tespit edilir.
32 km/s ile • İki taraftan yan çarpma (Sağ ve Sol)	• Hava Yastığının reaksiyonu • Kapı içi takviye performansları		

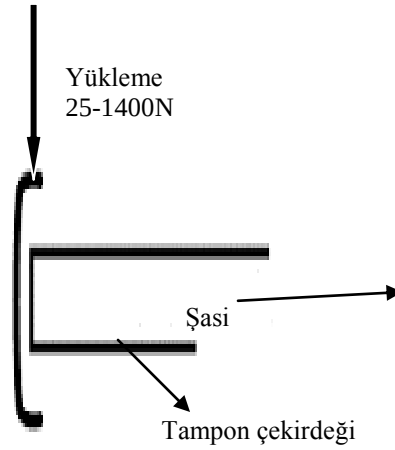


Şekil 2.3: Önden Rijit Bariyere Çarpma Test Düzenegi

2.3.2.3 Basamak Yükleme Deneyi

Müşterilerin basamak olarak kullanabileceği tampon yüzeyleri 25 N'luk bir ön yükleme ve 1400 N'luk düşey bir kuvveti 1 sn ve 3000 defa tekrar sonrasında, aşağıda sıralanan deformasyon türlerine uğramadan kalmalıdır [7-11];

- Çıplak gözle görülebilen yüzey hasarı,
- Azamî 25 mm dinamik sehim,
- Azami 6 mm kalıcı sehim,
- Bağlantılarda hasar. (Kaynak, perçin, vida vb.)



Şekil 2.4: Basamak Yükleme Deneyi

2.3.3 Diğer Deneyler

Onay aşamasında uygulanan diğer deneyler aşağıdaki gibidir:[11]

- Kar banketine vurma testi
- Basma yüzeyi sürtünme testi,
- Çarpma sırasında tampon sisteminin bağlı olduğu şasi parçasının performans testi,

Tamponun çarpma dışında farklı dış koşullara duyurabildiğinin onayı ise aşağıdaki testlerle yapılır.

- Güneş Işığı Direnci
- Hızlandırılmış Korozyon Testi
- Tuz Spreyi Testi
- Tampon Boya Rengi Uyumu Testi
- Boya Adhezyon Testi
- Boya Su Direnci Testi
- Taşla Boya Zedeleme Testi
- Boya Çözücü Direnci Testi
- Yüksek Basıncı Su ile Yıkama Testi
- Egzoz Boşluğu Testi
- Bağlantı Elemanları Sınırlamalarına Uygunluk Testi
- Yapışkan Bantla Boya Kaldırma Testi

2.3.4 Beklenen Diğer Fonksiyonellikler

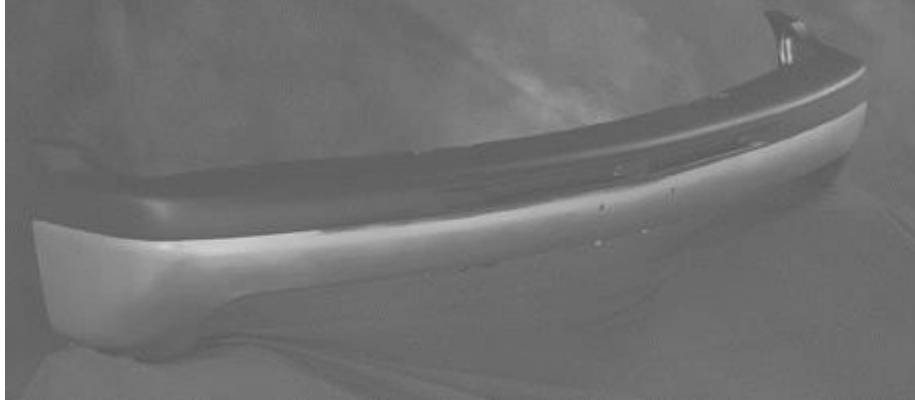
- Estetik Görünüm

- Hava Direnci
- Çeki Demiri İşlevliği
- Dayanıklılık
- İmal Edilebilirlik
- Montaj Edilebilirlik
- Servis Edilebilirlik
- Konfor(Gürültü,Titreşim)[11]

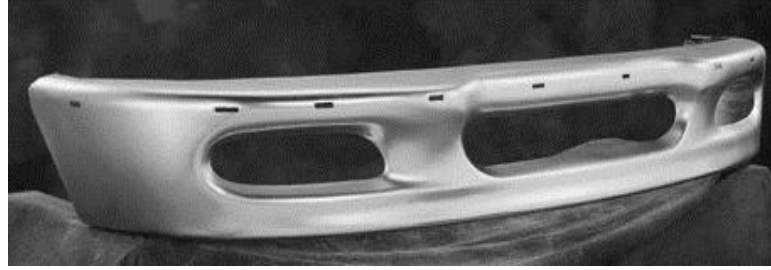
2.3.5 Tampon Sistemlerinde Gelişmeler

Tampon sistemleri 1970'ler ve sonrasında büyük değışikliklere uğramıştır. Yönetmelik, tüzük ve firma şartnamelerindeki taleplerin artışı ve detaylandırılması ile birlikte yeni tasarımlar ortaya konmuştur. 1970'lerde görünür yüzü plastik olan ve içinde takviye çekirdeği olan tamponlar sahneye çıkmış ve tamamı %100 krom kaplı çelik sac tamponlar, üzeri plastik kaplı araç renginde boyanabilen tamponlara dönüşmüştür. Kamyonet, minivan ve spor araçlarının da hızlı gelişimi ile mühendislik dünyasının gözünde iki tip tampon sistemi oluşmuştur. Bunlardan biri binek otomobiller, diğeri ise kamyonet, minibüs vb. ticarî araçlar için olan sistemlerdir. Emniyet kısıtlamaları ise tampon çekirdeğinin aracın yapısal yük taşıyan parçalarından biri halini almasına neden olmuştur [1].

1997 yılı içerisinde Kuzey Amerika ülkelerinde 28 milyon adet tampon bileşeni üretilmiştir. Bunların %76 sı çelik sac, %17,6 sı kompozit malzeme, %6,4 ü ise alüminyum parçalardır. Yapılan sistemlerden 11.5 milyonu plastik yüz kaplı, takviye çekirdeğinden, 5.7 milyonu krom kaplı metal yüzlü sistem ve geriye kalan 4 milyon tampon ise boyanmış metal yüzlü sistemden oluşmaktadır [5].



Şekil 2.5: 1985 model Chevrolet Silverado (büyük boy kamyonet) ön tamponu



Şekil 2.6: Ford F150 kamyonet (pikap) ön tamponu

2.3.5.1 Aracı Hafifletici Çalışmalar

Tamponu hafifletici tasarım seçenekleri üç ana grupta toplanmaktadır: Yüksek mukavemetli veya düşük özgül ağırlıklı malzeme, uç-uca (kaynakla) ekli sac levha, elastik malzeme ve mekanik sönümleyicilerin kullanımı.

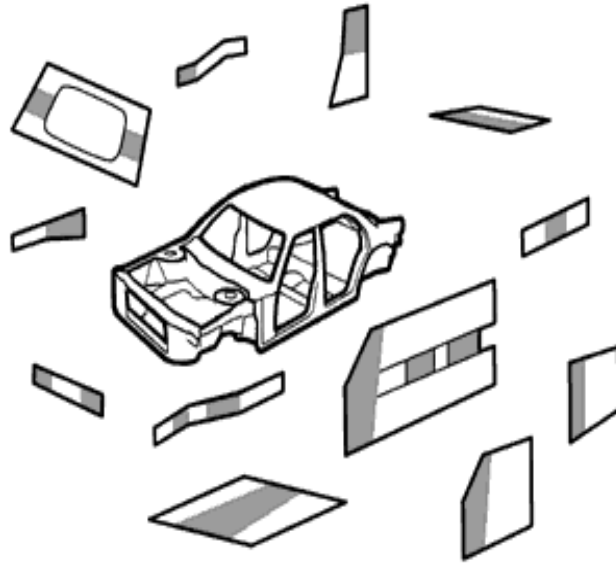
Yüksek Mukavemetli Malzeme Kullanımı:

1970'lerden sonra tampon sistemlerinde kullanılan malzemelerde de büyük değişiklikler yaşanmıştır. Aracın performansının artışı hedefi doğrultusunda, yakıt ekonomisi ve araç ağırlığında yapılacak herhangi bir düşüş, proje mühendisleri için çok önemli hale geldi. Yüksek dayanımlı ve ultra yüksek-dayanımlı çeliklerin bu uygulamalarda kullanılması ile aynı fiziksel dayanımı daha ince saclarla elde etmek mümkün hale gelmiştir [8]. Bunun yanında, çelik ile kıyaslandığında özgül ağırlığı yarı yarıya düşük olan alüminyum ve magnezyum alaşımlarının kullanımı için de çalışmalar devam etmektedir.

Uç Uca Ekli Sac Levha Kullanımı:

Uç uca kaynak ile eklenmiş (tailor welded blank) sac levha, 2 ya da 3 adet, biri birinden farklı kalınlıklara ve/veya fiziksel özelliklere sahip olan sac levhaların birbirine lazer, plazma vb. hassas kaynak yöntemleri ile birleşmelerinden oluşan levhadır. Çeşitli kalınlık ve özellikteki sacların kaynakla birleştirilmesi, şekillendirme işlemlerinden önce (yassı halde) yapılmakta (Şekil 2.7), ona göre tasarlanan özel kalıplarda şekillendirme sonucu sac parça üreticilerine bir çok faydalar getirmektedir [9]. Bunlar;

- Parça azaltılması
- Ağırlık azaltılması
- İmalat takımlarının azaltılması
- Üretim maliyetlerinin düşürülmesi
- Yapısal bütünlüğün artırılması
- Uygun malzeme özelliklerinden daha etkin yararlanılması
- Daha az malzeme kullanılması
- Daha az fire verilmesi
- Çarpma güvenilirliğinde artması
- Tasarım ve geliştirme zamanının azaltılması.



Şekil 2.7: Uç-uca kaynakla ekli sacların otomobilde tipik kullanım yerleri [9]

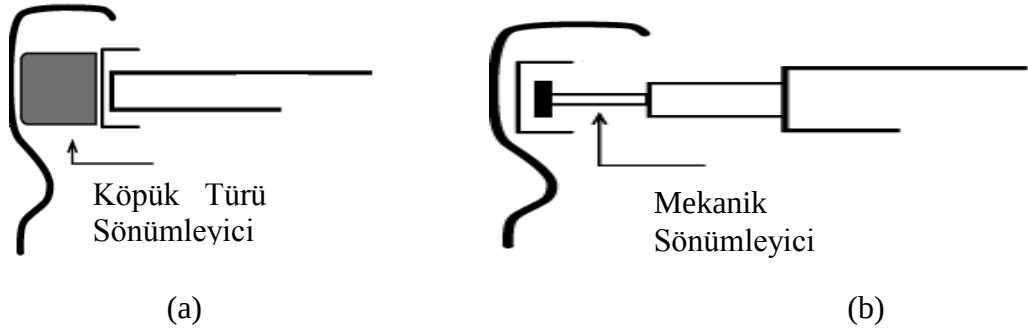
Elastik Malzemeler ve Mekanik Sönümleyiciler:

Günümüzde yasal olarak sadece düşük hızlar için bazı sınırlamalar getirirse de, üretici firmalar müşteri memnuniyetini attırmak adına tampon sistemlerinin yüksek hızlarda da enerji sönümlemesi için tasarımlarını geliştirmektedirler.

Enerji sönümlemek için şu an 3 tip tasarım mevcuttur [5]:

- Mekanik sönümleyiciler,
- Köpük veya bal peteği şeklinde, metal dışı sönümleyiciler,
- Takviye çekirdeğinin sönümleme yapacak şekilde tasarlanması.

Köpük veya bal peteği şeklinde olan sönümleyiciler 3 farklı malzemeden yapılmıştır: Polipropilen, poliüretan veya düşük yoğunluklu polietilen (Şekil 2.8). Mekanik sönümleyiciler daha ağır olmaları ve daha düşük sönümleme yeteneğine sahip oldukları için daha nadir kullanılmaktadır. Bazı tampon sistemlerinde ise takviye çekirdeğinin çarpma sırasında uygunsuzluk yaratmayacak şekilde deforme olması sağlanır. Böylece herhangi bir sönümleyiciye ihtiyaç duyulmaz [5].



Şekil 2.8: Yaygın iki tip tampon sönümleyicisi

2. 3. 5. 3 Tasarım Ortaklığı Gelişimi

Diğer otomobil parçaları gibi tampon sistemleri de daha önceki yıllarda otomotiv ana sanayi firmaları tarafından tasarlanır ve imal edilirdi. Sadece eski modellerin yedek parça imalatı için yan sanayi firmalarına görev verilme yoluna gidilirdi. Önceleri Japonya’da, 1990’lı yıllardan itibaren Avrupa ve Amerika’da otomotiv ana sanayi

firmaları sadece kritik gördükleri parçalarda imalatı üstlenip, tasarım ve imalat, tampon sistemleri tasarımı konusunda mühendislik altyapısı ve tecrübe birikimi güçlü uzman firmalara (tasarım ortağı, design partner) güvenmektedirler. Bu tür yan sanayi firmaları, bütün tasarımı ve detayları ortaya çıkarmakla kalmayıp aynı zamanda onay testlerini de gerçekleştirmektedirler. Ana sanayinin buradaki görevi sadece imalatçıya ana tasarım sınırlarını vermektir. Günümüzde bu tasarım ortaklığı gittikçe yayılmakta ve otomotiv üreticilerini büyük külfetlerden kurtararak maliyet düşüşü ve kalite iyileşmesi sağlamaktadır [10].

3 HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Tampon sisteminin yapılan testlerinde kanun, tüzük ve yönetmelikler ve firma standartlarını yakalamadaki başarısızlıkların sebepleri öngörülmesi ve tedbirler alınmalı veya acil eylem planları hazırlanmalıdır. Bu öngörüler sayesinde bütün fonksiyonellikler açısından optimize edilmiş tampona ulaşmak için yapılabilecek eylemler firma içi talimatlarla ve kullanılan bazı kalite sistemleri çerçevesinde belirli bir sistematığa bağlı kalınarak planlanır. Bu planlama genelde tasarım, imalat ve kalite deneyimi olan farklı kişilerin bir araya gelmesi ile oluşan gruplar tarafından yapılır ve raporlanır.

Hazırlanan rapor üretim sektöründe farklı adlarda ve biçimde kullanılan ‘Potansiyel Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) Raporudur. Bir numaralı HTA tamponu için bu tez çalışmasının yazarının da bulunduğu bir grupça hazırlanan HTEA raporu bu bölümde tanıtılmış ve tam metin tezin Ek-1 kısmında sunulmuştur. Raporda tampon sisteminin araç üzerinde yerine getirmekle yükümlü olduğu, aşağıda sıralanan dokuz adet fonksiyon ele alınmıştır.[7]

1. Yasal Standartlar, pazar güvencesi ve firma standartlarındaki, çarpma testi gereksinimlerine uymak.
2. Aracın görüntüsünü desteklemesi ve kaliteli bir görüntü ortaya çıkarması.
3. Değişik şartlar altında araç ömrü boyunca beklenen performansı sağlaması.
4. Tampon kaygan yüzeyinin minimum olması.
5. Değişik doğal çevre şartlarında araç ömrü boyunca istenen performansı göstermesi.
6. Homologasyon gereksinimlerini karşılamak.

7. Servis edilebilirlik yeteneği.
8. Montaj, imalat, proses ve sevkiyat için uygunluk
9. Tampon sisteminin aracın üzerindeki bütün parçalar ve sistemlerle uyum içinde olması.

Bu tez çalışmasında, bir numaralı fonksiyon ‘Yasal Standartlar, pazar güvencesi ve şirket standartlarındaki, çarpma testi gereksinimlerine uymak’ başlığı altında yapılan kontroller kısmında yer alan onay testleri ile kontrol HTA tamponu takılan araca uygulanmıştır. Bölüm 5.3’de HTA üreticisi firmanın yurtdışında yaptırdığı bu çarpma deneyi sonrası elde edilen sonuçlar yasal kısıtlamalar ve şartname gerekleri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

Tez çalışmasında üzerinde durulan başka bir fonksiyon ise üç numaralı fonksiyon olan ‘Değişik şartlar altında araç ömrü boyunca beklenen performansı sağlamasıdır. Bu bölümde de kontrol yöntemi olarak öngörülen sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak firma standartlarında anlatıldığı gibi ayak basma testi bilgisayar ortamında Bölüm 4.2.1.1’de gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Bölüm 4.2.1.2’de hazırlanan bir deney düzeneğinde tampon sistemi firma şartnamelerinde belirtildiğı gibi üstten kuvvet uygulamak suretiyle zorlanmış ve meydana çıkan deformasyonlar şartname gerekleri ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde tez çalışması içerisinde detaylı olarak incelenen çarpma testleri ve tamponu üstten yükleme testlerini, tasarımın kontrol edilmesinde yöntem olarak seçen iki fonksiyon olası hata türleri ve etkileri yaklaşımıyla incelenmiş ve detaylandırılmış, sonuçlar. Tablo 3. 1 ve Tablo 3. 2 de sunulmuştur.

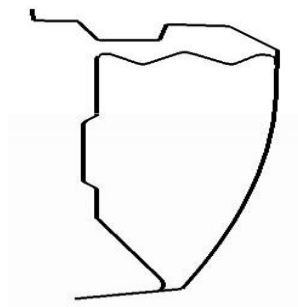
Olası hata türleri ve etkileri analizinin bazı kalite standartlarınca belirlenen şeklinde yukarıdaki tablolara ek olarak hata türünün önemini, hata türünün gerçekleşme olasılığını belirten iki ayrı sütun bulunmaktadır. Bunun yanı sıra önlemlerin kim tarafından ne zaman alınması gerektiğı ve önlem alındıktan sonra ortaya çıkan durumun belli bir sistematığe göre değerlendirildiğı bir bölüm mevcuttur.

3.1 Tampon Sisteminin Çarpma Gereksinimlerini Karşılması

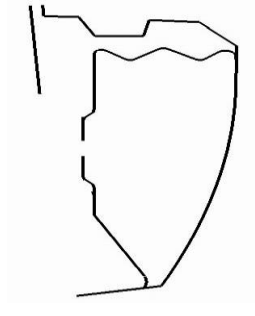
Tablo 3.1’de araç üzerindeki tampon sisteminden beklenen özelliklerin birincisi olan yasal ve firma standartlarına uyumlu, pazar güvencesi sağlayacak şekilde çarpma gereksinimlerini karşılması incelenmiştir. Tabloda olası hata türü sütununda, sistemin nasıl bir hata verebileceği yazılmıştır. Olası hata etkisi sütununda ise ortaya çıkabilecek bu hatanın hangi olguları nasıl etkileyeceği maddeler halinde verilmiştir. Olası hatanın sebebi ve mekanizmanın başarısızlığı sütununda hatanın ana kaynağının neresi olduğu ve nerden kaynaklanabileceği öngörülmüştür. Bu sütunda sistemi oluşturan alt sistemlerdeki yada parçalardaki hataya sebebiyet verebilecek her türlü uygunsuzluk sıralanabilir. Yapılan kontroller kısmında hataya sebebiyet verebileceği düşünülen parça veya sistemlerin kontrol yöntemleri sıralanmıştır. Alınabilecek veya tavsiye edilen önlemler bölümünde hatanın ortaya çıkmaması için yapılması gerekenler sıralanmıştır.

Şekil 3.1’de incelenen tamponun bağlantı ve sönümleyici braketlerinden alınan kesitler görülmektedir. Tampon sisteminin araca olan bağlantısı braketin orta bölgesinde bulunan düzlemsel bölgeden cıvata bağlantısı ile yapılmaktadır. Çarpma testi sırasında gelecek darbe ile birlikte sistem bağlantı elemanlarını zorlayarak düzlemsel bölgenin kösesi üzerinde dönmeye çalışacaktır. Bu sebeple bu düzlemin büyütülmesi olası bir dönmeyi engelleyebilir.

Şekil 3.2’de ise bağımsız olan çizgi tamponun korumakla yükümlü olduğu sistemin bir kesitidir. Çarpma esnasında tamponun deformasyonu kabul edilebilir sınırlarda da olsa bu mesafenin yetersiz kalışı hem tampon hem de korunacak sistemi hasara uğratabilir. Bu sebeple bu mesafenin optimize edebilmesi gereklidir.

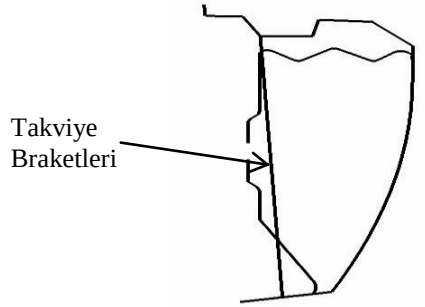


Şekil 3.1: HTA tamponu Şasi Bağlantı Yüzeyi



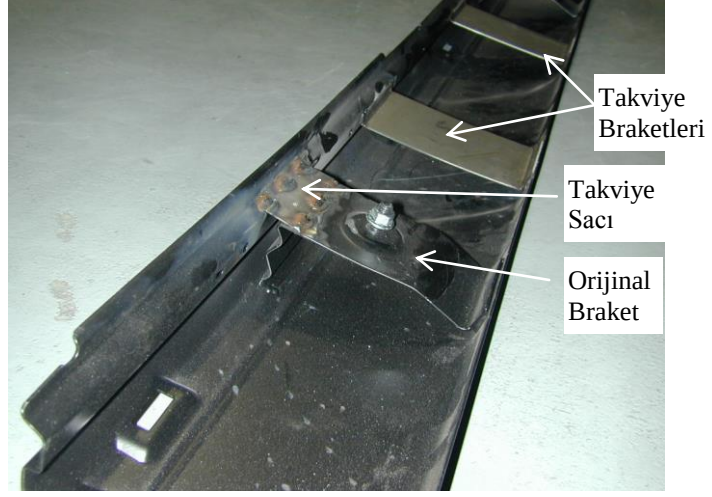
Şekil 3.2: HTA tamponu ve arka parça arasındaki boşluk

Şekil 3.1 ve 3.2’de görüldüğü gibi tamponu şasiye bağlayan ve sönümlleme görevini üstelenen braketin üzerinde bir zikzak form mevcuttur. Bu formla parçanın nerelerden deformasyona uğrayacağı ve darbenin hangi deformasyonlar sonucu emileceği belirlenir. Eğer çarpma testlerinde veya SEY kullanarak yapılan analizlerde yetersiz sönümlleme sonucu deformasyon istenmeyen bölgelerde oluşursa, bu bölgelerin derinliğinin artırılması gereklidir. Eğer sönümlleme elemanlarının tamamen deforme olmasına rağmen başka bölgelerde hala deformasyonlar var ise bu kez form derinlikleri azaltılıp emilen enerjinin artması sağlanmalıdır [2].



Şekil 3.3: Yavaş çarpma sırasında tamponun yukarı kalkmasını önleyen ek takviye braketleri

Çarpma testlerinde tampon sisteminin Şekil 3.3’te görülen üst kısmının darbe sonucu yukarıya doğru kalkması ve hemen üzerinde bulunan arka kapıların açılmasına izin vermemesi olası bir hata türüdür[7]. Bu durumda tampon sisteminin optimize edilmiş rijitliğini bozmadan alt ve üst kesitleri birbirine bağlayan ilave takviye braketleri sisteme dahil edilebilir. Şekil 3.4’te bu tür braketlerin ilave edildiği tampon gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Takviye braketleri ilave edilmiş HTA tamponu

Tablo3.1HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TİRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
1	. Tampon Çekirdeği . Enerji . Plastik Yüz . Yasal Standartlar, pazar güvenesi ve şirket standartlarındaki çarpma testi gereksinimlerine uymak. NOT:Uygulanacak yasalar araçların satıldığı ülkelere göre farklılık gösterir.	. Korunması gereken parçalarda Kabul edilemez . deformasyonlar ve/veya gömünür bölgedeki kaplamada Kabul edilemez zarar. . Orneğin,Yitilmiş çatlamış ve kopmuş parçalar	. Yasal standartlara uygunluzluk. . Şirket standartlarına uygunluzluk. . Güvence notunun düşmesi . Yüksek servis masrafları	. Sistemin çekirdeğini oluşturan parçanın elastikiğinin yetersizliğı. . Nervürler . Boşaltmalar . Cilantılar . Flanslar . Malzeme kalınlığı.	. Tasarımın gözden geçirilmesi . SEY ile kontrol . Onay testleri . Malzeme seçimi.	
				. Malzeme Özellikleri . Çekirdek ve sönmüleyiciler için . Elastisite modülünün çok yüksek veya . Malzemenin zeysek olması. . Malzemenin yoğunluğunun yüksek / düşük olması.	. SEY ile kontrol . Onay testleri . Malzeme seçimi.	
				. Çekirdek, sönmüleyici ve kaplamaların araca uygunluz bağlantısı, . Bağların braketleri uygunluz . Civatalar uygunluz. . Kaynak yüzünden malzeme özelliklerinin bozulması	. Civatalara belirli testlerin yapılması . Testler. . SEY modeli	
				. Korunması gereken aksamların yerlerinin uygunluzluğu; . Uygunluz aralıklar . Esneme için yeterli mesafe bulunmaması	. SEY modeli . Testler	
				Korunması gereken parça / sistemin mukavemeti	. Parça / sistemin SEY modeli. . Parçaların onay testleri. . Parçaların geometrik doğuluğu.	

Tablo3.1 devam HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Baskı	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
1	Tampon Çekirdeği Emeri Sönümleyici Plastik Yüz Yasal Standartlar, pazar güvencesi ve şirket standartlarındaki çarpma testi gereksinimlenmeye uymak. NOT:Uygulanacak yasalar araçların satıldığı ülkelere göre farklılık gösterebilir.	Korunması gereken parçalarda Kabul edilemez deformasyonlar ve/veya götürür bölgedeki kaplamada Kabul edilemez zarar. Örneğin,Yırtılmış çatlamış ve kopmuş parçalar		Çekirdek ve sönümleyicinin uygunsuz tasarımı. Parçaların kesit yanlışlığı. Sürümne yanlışlığı. Form deliklerinin yetersiz veya fazla olması. Çekirdeğin çok rijit olup şaseye zarar vermesi. Çekirdeğin izin verileden fazla burulma veya dönmesi	SEY modeli Onay testleri	
				Sistemin üzerinde plastik parça uygunsuzlukları. Zayıf Birleşme Bölgeleri Keskin köşeler. Çentik etkisi yaratacak köşe ve dönmüşler. Esneme beklenen yerlerde uygunsuz kesitler. Uygunsuz geçişler. Artık iç genilmeler. Komşu parçalarla uygunsuz temas.	Plastik akış analizi Onay Testleri	
				Sönümleyicinin uygunsuz şekli yüzünden çekirdeğin deforme olması. Sönümleyici ve çekirdeğin oturma yüzeylerinin uygunsuzluğu.	SEY modeli Onay testleri	

Tablo 3.2 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TİPİLERİ VE ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başansızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
3	Değişik şartlar altında araç ömrü boyunca beklenen performansı sağlaması.	Plastik kaplama, çekirdek sönmüleyici ve braketlerin dinamik ve statik zorlanmalara karşı düşük dirençli olmaları.	. Müşteri memnuniyetsizliği . Garanti kapsamı.	. Yüksek titreşim yaratacak, kötü yol, demiryolu, geçişler ve uyandırma	. Dayanıklılık testleri. . Kötü yol dayanıklılık testleri.	
		. Sarımtı somuncu gevşeyip titreşim ses yapmaları.		Normal sürüş şartları dolayısı ile oluşan düşük genlikli titreşimler.	. Dayanıklılık testleri.	
		. Civataların, somunların zaman içerisinde gevşemesi. . Parçaların düşmesi veya yuvalarından				
		Ayak basma yüküne bağlı olarak tampunun üst kısmının çökmesi.	Müşteri memnuniyetsizliği	Yetersiz konstrüksiyon	. SEV modeli. . Onay testleri. . Tasarımın incelenmesi.	
		Kaplamanın, yabancı cisimler tarafından çizmek, sırtmek, çarpmak suretiyle yapılan zarara karşı	Müşteri memnuniyetsizliği	Görünür yüzeylerde taş çarpma izleri görülmesi.	. Taş çarpma testleri. . Kaplama onay testleri.	
				Araba yıkanmaması sebebiyle hasar oluşumu.	. Araç yıkama testleri. . Boya ve kaplama testleri.	
				Tümsekler, çukurlar ve karb ankettler yüzünden hasar oluşumu.	. Onay testleri. . Dayanıklılık testleri.	

Tablo 3.2 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başansızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
3	Değişik şartlar altında araç ömrü boyunca beklenen performansı sağlaması.	. Plastik kaplama, çekirdek sömünleyici ve braketlerin dinamik ve statik zorlanmalara karşı düşük dirençli olmaları. . Sarsıntı sonucu gevşeyip titreşim ses yapmaları. . Cıvataların, somunların zaman içerisinde gevşemesi. . Parçaların düşmesi veya yuvalarından	. Müşteri memnuniyetsizliği . Garanti kapsamı.	. Yüksek titreşim yaratacak, kötü yol, demiryolu, geçişler ve uyandırma	. Dayanıklılık testleri. . Kötü yol dayanıklılık testleri.	
				Normal sürtüş şartları dolayısıyla oluşan düşük genlikli titreşimler.	. Dayanıklılık testleri.	
		Ayak basma yüküne bağlı olarak tamponun üst kısmının çıkması.	Müşteri memnuniyetsizliği.	Yetersiz konstrüksiyon.	. SEY modeli. . Onay testleri. . Tasarımın incelenmesi.	
		Kaplamanın, yabancı cisimler tarafından çizmek, sırtmek, çarpmak suretiyle yapılan zarara karşı	Müşteri memnuniyetsizliği.	Görünür yüzeylerde taş çarpma izleri görülmesi.	. Taş çarpma testleri. . Kaplama onay testleri.	
				Araça yllanmaması sebebiyle hasar oluşumu.	. Araç yllama testleri. . Boya ve kaplama testleri.	
				Tümsekler, çukurlar ve karbaneler yüzünden hasar oluşumu.	. Onay testleri. . Dayanıklılık testleri.	

3.2 Tampon Sisteminin Değişik Şartlar Altında Araç Ömrü Boyunca Beklenen Performansı Sağlaması

Tablo 3.2’de tampon sisteminin değişik şartlar altında araç ömrü boyunca beklenen performansı sağlaması yine olası hata türleri ve etkileri yaklaşımıyla incelenmiştir. Yaklaşım esasları Bölüm 3.1’de anlatılmıştı. Tabloda daha detaylı incelenecek olası hata, ayak basma yüküne bağlı olarak tamponun üst kısmının çökmesidir. Hatanın sebebi sistemin yetersiz konstrüksiyon olup etkisi doğrudan müşteri memnuniyetsizliği olarak ortaya çıkar. [7]

Ayak basma yükü ile sistemin zorlanması tez çalışmasında detaylı olarak incelenmiştir. Bölüm 4.2.1.1 ve 4.2.2.1’de incelenen her iki tampon sistemi için SEY ile analiz ve Bölüm 4.2.1.2 ve 4.2.2.2’de ise standartlarda anlatıldığı gibi bir düzenek ile deneyler yapılmış sonuçlar açıklanmıştır.

Bu kuvvetin etkisiyle tamponda oluşacak sehim firma şartname gereklerini sağlayamayacak boyutlarda olursa, sistemin Şekil 3.3’te görülen alt ve üst bölümünü birleştirilecek ve böylece oluşan çökme veya esneme azaltılabilir.

4 SONLU ELEMANLAR YÖNETİMİ İLE TAMPON YAPISAL ANALİZİ

4.1 SEY Tanımı, Yararları ve Yaklaşımı

Sonlu elemanlar yöntemi; karmaşık olan problemlerin daha basit alt problemlere ayrılarak her birinin kendi içinde çözülmesiyle tam çözümün bulunduğu bir analiz yöntemidir. Metodun üç temel niteliği vardır; ilk olarak, geometrik olarak karmaşık olan çözüm bölgesi sonlu elemanlar olarak adlandırılan basit geometrik alt bölgelere ayırır. İkincisi her elemandaki, sürekli fonksiyonlar, cebirsel polinomların lineer kombinasyonu olarak tanımlanabileceği kabul edilir. Üçüncü kabul ise, aranan değerlerin her eleman içinde sürekli olan tanım denklemlerinin belirli noktalardaki değerleri elde edilmesinin problemin çözümünde yeterli olmasıdır. Kullanılan yaklaşım fonksiyonları interpolasyon teorisinin genel kavramları kullanılarak polinomlardan seçilir. Seçilen polinomların derecesi ise çözülecek problemin tanım denkleminin derecesine ve çözüm yapılacak elemandaki düğüm sayısına bağlıdır [12].

Sürekli bir ortamda alan değişkenleri (gerilme, yer değiştirme , basınç, sıcaklık vb.) sonsuz sayıda farklı değerlere sahiptir. Eğer sürekli bir ortamın belirli bir bölgesinin de aynı şekilde sürekli ortam özelliği gösterdiği biliniyorsa, bu alt bölgede alan değişkenlerinin değişimi sonlu sayıda bilinmeyen olan bir fonksiyon ile tanımlanabilir. Bilinmeyen sayısının az ya da çok olmasına göre seçilen fonksiyon doğrusal veya yüksek mertebeden olabilir. Sürekli ortamın alt bölgeleri de aynı karakteristik özellikleri gösteren bölgeler olduğundan, bu bölgelere ait alan denklem takımları birleştirildiğinde bütün sistemi ifade eden denklem takımı elde edilir. Denklem takımının çözümü ile sürekli ortamdaki alan değişkenleri sayısal olarak elde edilir [12].

Sonlu elemanlar yönteminin kullanılması ve bilgisayarların sanayide yaygınlaşmasıyla, dayanımı veya fonksiyonelliği bugüne kadar ancak pahalı

deneysel yöntemlerle incelenebilen bir çok makina sistemi veya bileşeninin (motor blokları, pistonlar vs.) kolayca incelenebilmesi, hatta tasarım ve geometrik modelleme esnasında mukavemet analizlerinin kısa bir sürede yapılarak optimum tasarımın gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir [12].

Sonlu elemanlar yöntemini diğer sayısal yöntemlerden üstün kılan başlıca unsurlar şöyle sıralanabilir:

- a) Kullanılan sonlu elemanların boyutlarının ve şekillerinin değişkenliği nedeniyle ele alınan bir cismin geometrisi aslına çok yakın olarak temsil edilebilir.
- b) Bir veya birden çok delik veya köşeleri olan bölgeler kolaylıkla incelenebilir.
- c) Değişik malzeme ve geometrik özellikleri bulunan cisimler incelenebilir.
- d) Sebep sonuç ilişkisine ait problemler, genel direngenlik matrisi ile birbirine bağlanan genelleştirilmiş kuvvetler ve yer değiştirmeler cinsinden formüle edilebilir. Sonlu elemanlar yönteminin bu özelliği problemlerin anlaşılmasını ve çözülmesini hem mümkün kılar hem de basitleştirir.
- e) Sınır şartları kolayca uygulanabilir.

Sonlu elemanlar yönteminin temel prensibi, öncelikle bir elemana ait sistem özelliklerini içeren denklemlerin çıkartılıp tüm sistemi temsil edecek şekilde eleman denklemlerinin birleştirilerek sisteme ait lineer denklem takımının elde edilmesidir. Bir elemana ait denklemlerin elde edilmesinde değişik yöntemler kullanılabilir. Bunlar arasında en çok kullanılan dört temel yöntem şunlardır:[12]

1-Doğrudan Yaklaşım:

Bu yaklaşım daha çok tek boyutlu ve basit problemler için uygundur.

2-Varyasyonel Yaklaşım:

Bir fonksiyonelin ekstremize yani maksimum ve minimum edilmesi demektir. Katı cisim mekaniğinde en çok kullanılan fonksiyoneller potansiyel enerji prensibi, komplementer (tümleyen) potansiyel enerji prensibi ve Reissner prensibi olarak sayılabilir. Fonksiyonelin birinci türevinin sıfır olduğu noktada fonksiyonu

ekstremize eden değerler bulunur. İkinci türevinin sıfırdan büyük veya küçük olmasına göre bu değer maksimum veya minimum olduğu anlaşılır.

3-Ağırlıklı Kalanlar Yaklaşımı:

Bir fonksiyonun çeşitli değerler karşılığında elde edilen yaklaşık çözümü ile gerçek çözüm arasındaki farkların bir fonksiyonu ile çarpılarak toplamalarını minimize etme işlemine “ağırlıklı kalanlar yaklaşımı” denir. Bu yaklaşım kullanılarak eleman özelliklerinin elde edilmesinin avantajı, fonksiyonların elde edilemediği problemlerde uygulanabilir olmasıdır.

4-Enerji Dengesi Yaklaşımı:

Bir sisteme giren ve çıkan termal veya mekanik enerjilerin eşitliği ilkesine dayanır. Bu yaklaşım bir fonksiyonele ihtiyaç göstermez [12].

Sonlu elemanlar yöntemi ile problem çözümünde kullanılacak olan yaklaşım çözüm işleminde izlenecek yolu değiştirmez. Çözüm yönetimindeki adımlar şunlardır:

- a) Cismin sonlu elemanlara bölünmesi
- b) İnterpolasyon fonksiyonlarının seçimi
- c) Eleman direngenlik matrisinin teşkili
- d) Sistem direngenlik matrisinin hesaplanması
- e) Sisteme etki eden kuvvetlerin bulunması
- f) Sınır şartlarının belirlenmesi
- g) Sistem denklemlerinin çözümü

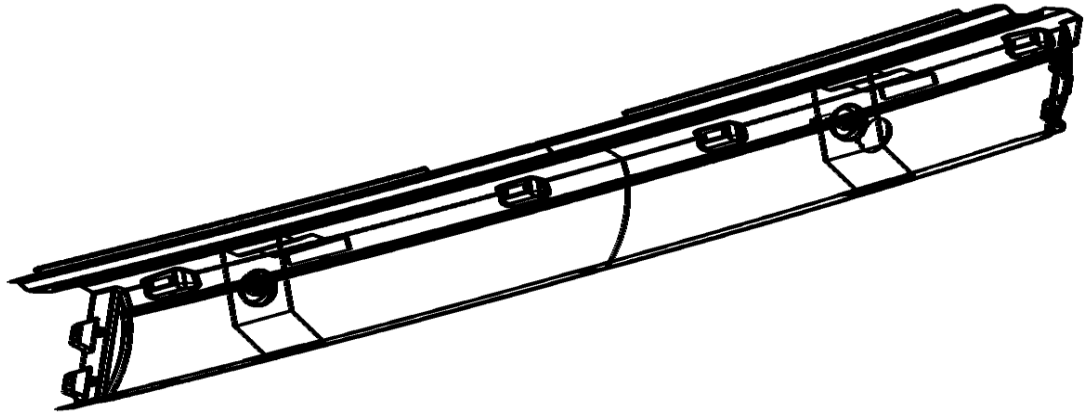
Bu tez çalışmasında kullanılan ANSYS v6.0 programı Amerikan ANSYS Inc. tarafından geliştirilen çok amaçlı ticarî bir sonlu elemanlar paket programıdır [13]. ANSYS ve (ABAQUS, MARC, NASTRAN... gibi) benzeri programların amacı ürün geliştirmede sistem veya bileşen fonksiyonların benzetimi (simülasyonu) ve sanal prototipleme ile ürünlerin piyasaya sürülme süresinin kısaltılması ve yüksek maliyetli sınama-yanılma faaliyetlerini asgarîye indirerek maliyetin düşürülmesidir. Statik ve dinamik yapısal analizin yanında, üç boyutlu ısı, elektromanyetik ve akış analizlerini çoklu fizik etkilerini de hesaba katarak yapabilmektedir. Tampon sistemi geometrik modeli Cimatron v.11 adlı bilgisayar destekli tasarım programından IGES formatında ANSYS’e aktarılmıştır. Sonlu elemanlar ağı oluşturulurken oluşabilecek

sorunları önlemek için mekanik davranışı etkilemeyecek (uçlardaki delikler, slotlar vs.) modelden çıkartılmıştır. Tampon yüzeyi IGES modeli esas alınarak oluşturulan bir splaynın ekstrüde edilmesi ile yeniden oluşturulmuştur. Esasta tampon yüzeyi ile gövdeye birleştiren braketler elektrik punta kaynağı ile birleştirildikleri için, geometrik modelde de ANSYS'in sunduğu birleştirme araçları kullanılarak yekpare bir sonlu eleman ağ sistemi oluşturulmuştur.

4.2 Vaka Analizleri

4.2.1 Hafif Ticari Araç Arka Tamponu

SEY kullanılarak analizleri gerçekleştirilecek olan takviye çekirdeği bir hafif ticari araca aittir. Sac kalınlığı 1.80 mm ve malzemesi derin çekmeye uygun olan St 14 (FePo4) sac malzemedir.



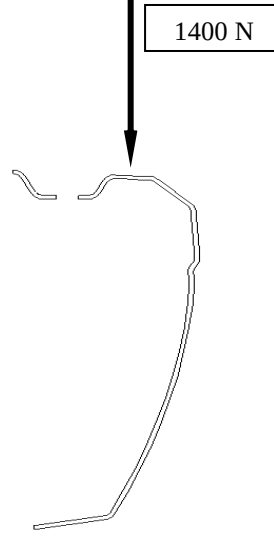
Şekil 4.1: Hafif ticari araç arka tamponu geometrik modeli

Tablo 4.1: HTA Tamponunda kullanılan St 14 sacın mekanik özellikleri

HTA Tampon Malzemesi			Akma Dayanımı	Kopma Dayanımı	Yüzde Uzama
Fepo4 (Soguk hadde düşük karbonlu sac levha) ST14	EN 10130		140-210 Mpa	270-350 Mpa	38

4.2.1.1 Tampon Üst Kısımına Ayak Basılması Analizi

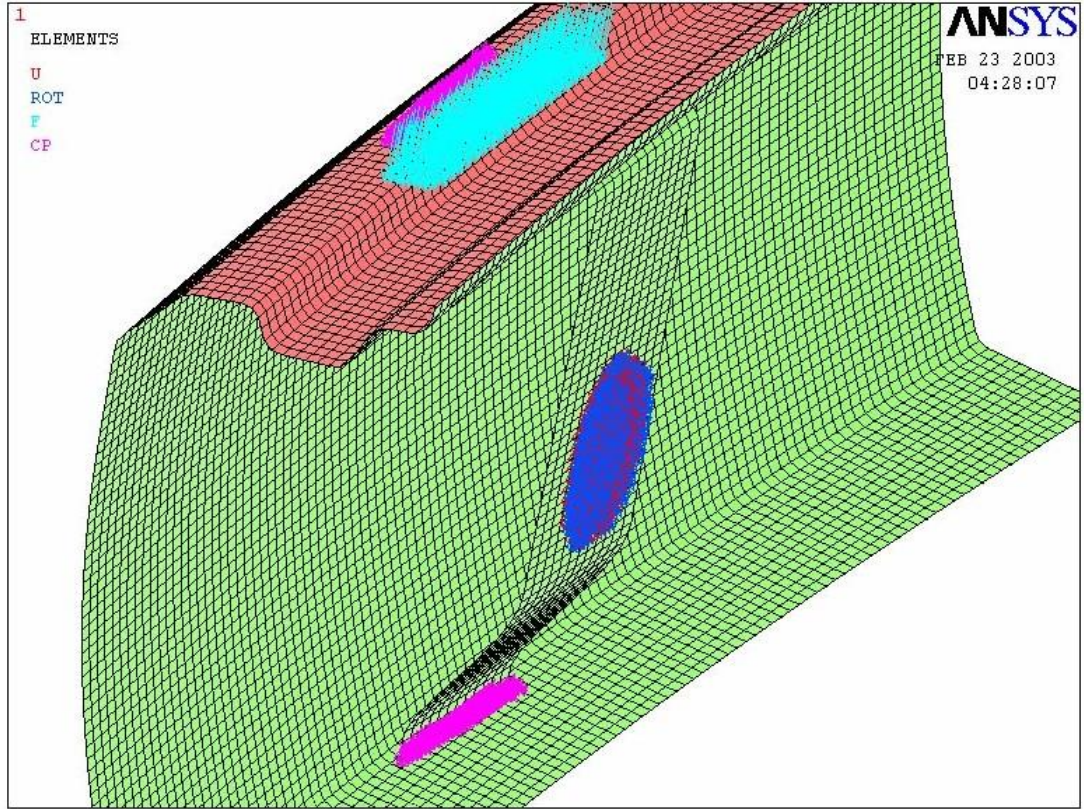
Bölüm 2.3.2.3'te anlatıldığı gibi takviye çekirdeğinin ayak basılacak üst kısmına 1400 N'luk (yaklaşık 143 kg) bir kuvvet uygulanmıştır.



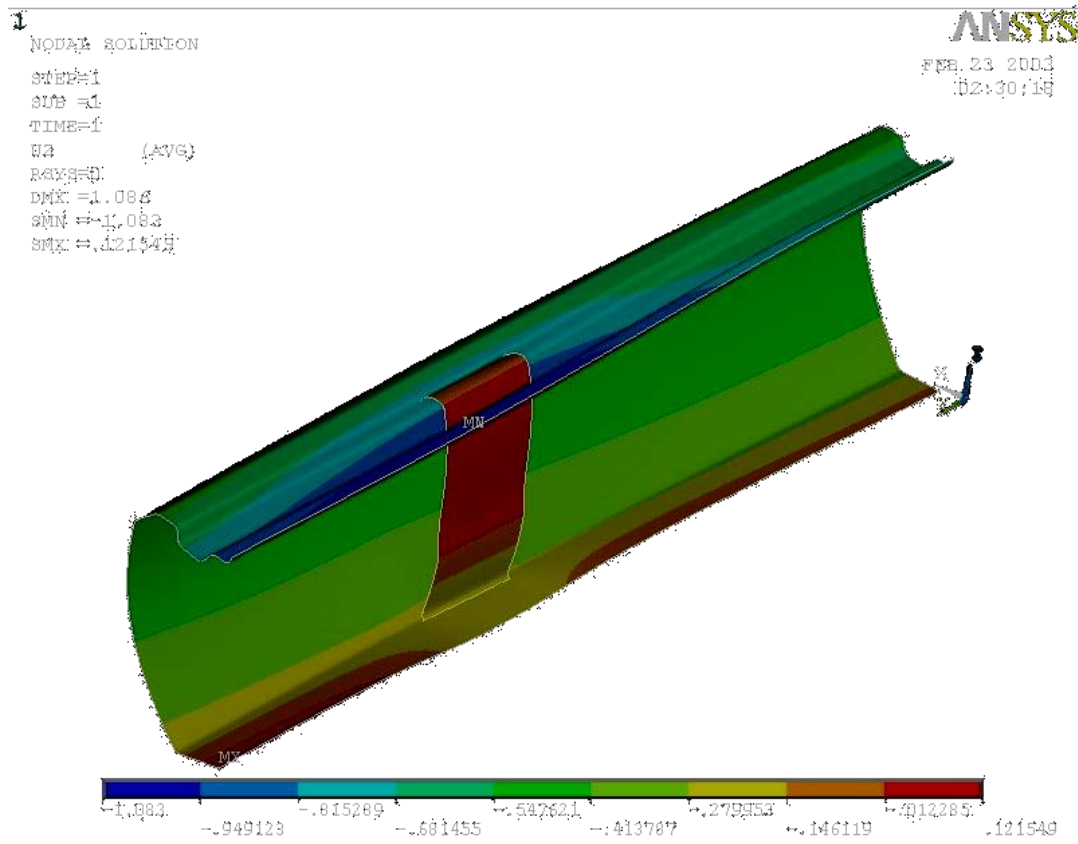
Şekil 4.2: Hafif ticari araç arka tamponu ayak basılması analizi yükleme durumu

Şekil 4.1'de modeli görülen tampon ANSYS programının içine IGES formatında aktarılmıştır. Malzeme sabitleri tanımlanmış ve paçaya SE ağı örülmüştür. Modelde tampon sisteminin araca bağlandığı gibi bağlantı braketlerinin orta noktalarına sıfır yer değiştirme verilmiş, bağlantı braketleri ve tampon çekirdeğinin kaynaklı olduğu bölgeler için kontak tanımlanmıştır. Üst yüzeyine şekil 4.2'de gösterildiği gibi 1400 N'luk bir kuvvet uygulanmıştır. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi parçanın ortası simetri eksenini olarak tanımlanmış ve böylece daha küçük bir ağ ile analiz yapılabilmektedir. Analizi yapılabilir kılmak için ise modelde geometrik olarak bazı basitleştirmelere gidilmiştir.

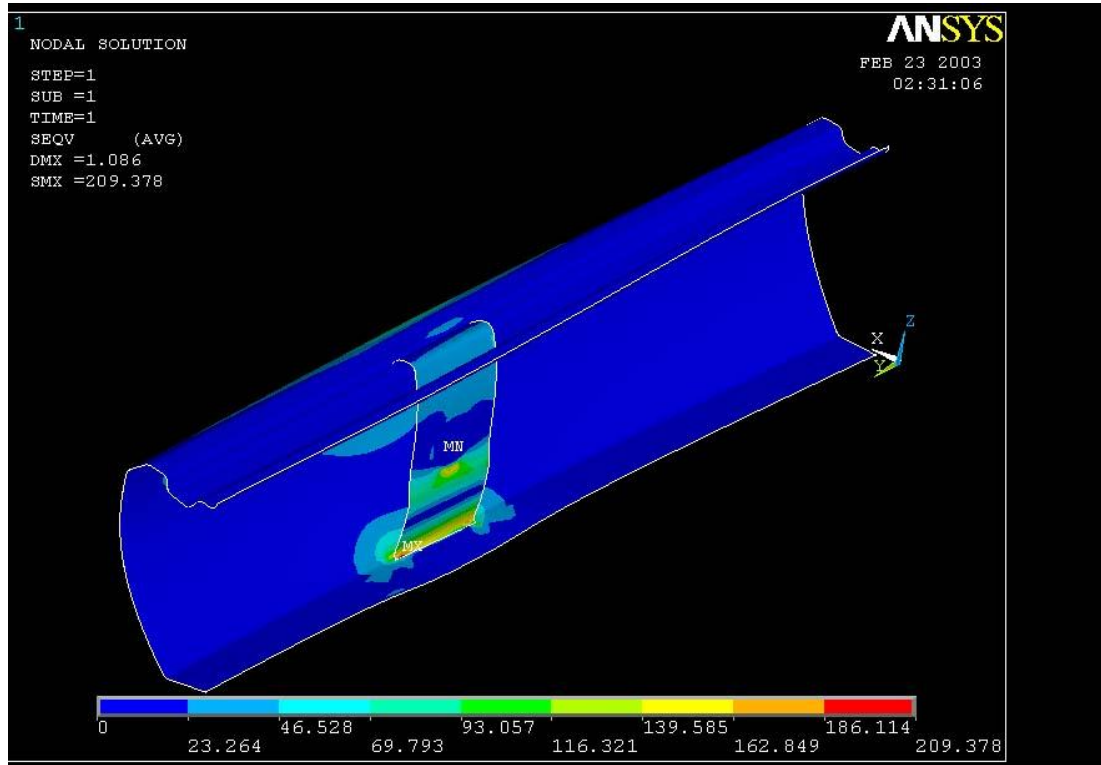
1400 N'luk statik kuvvet ile yapılan doğrusal elastik analiz sonuçları (düğüm noktalarında) yer değiştirme değerleri (mm cinsinden) Şekil 4.4'te, gerilme değerleri Şekil 4.5'te, eşdeğer birim şekil değiştirme ise Şekil 4.6'da görülebilmektedir.



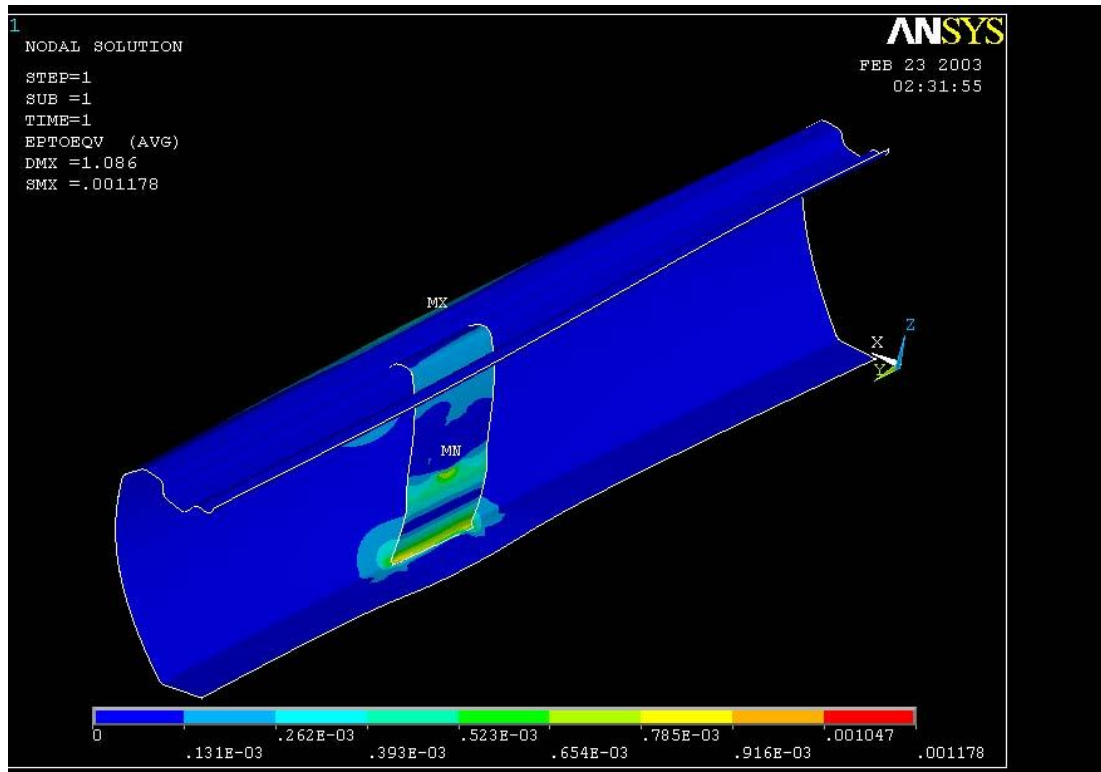
Şekil 4.3: HTA tamponu modeli sınır şartları ve uygulanan kuvvetler



Şekil 4.4: 1400 N kuvvet altında HTA tamponu z eksenini yer değiştirmeleri (mm)

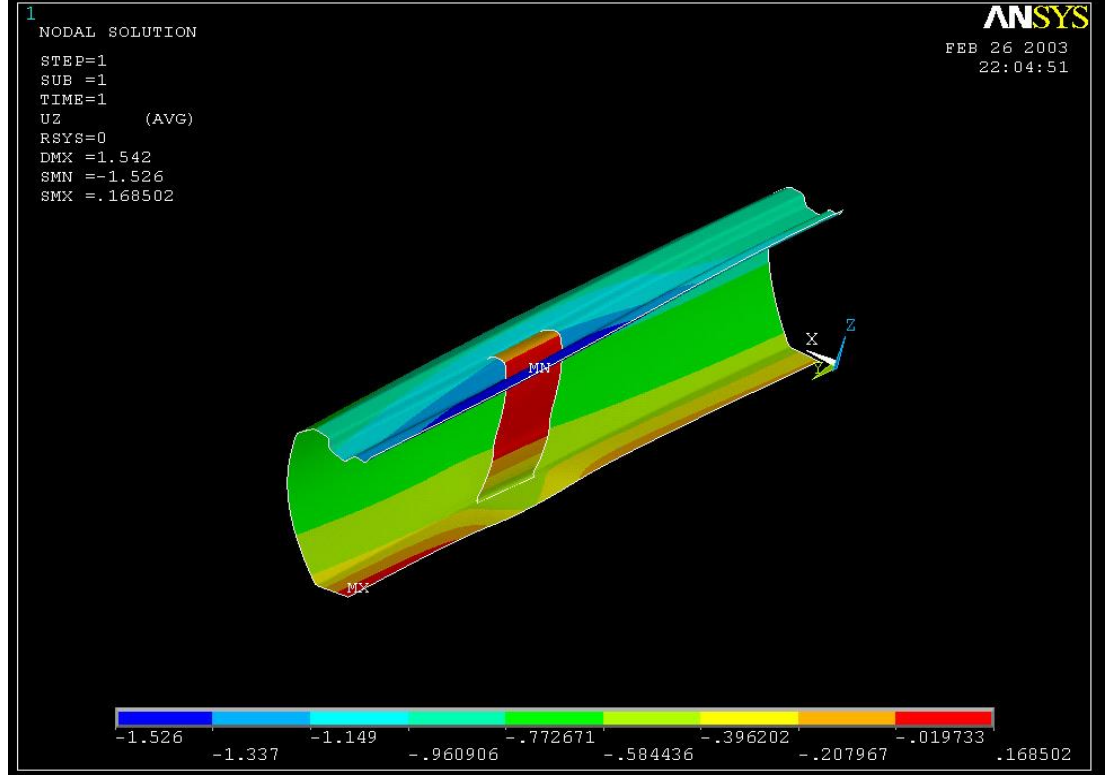


Şekil 4.5: 1400 N kuvvet altında HTA tamponu gerilme değerleri (MPa)

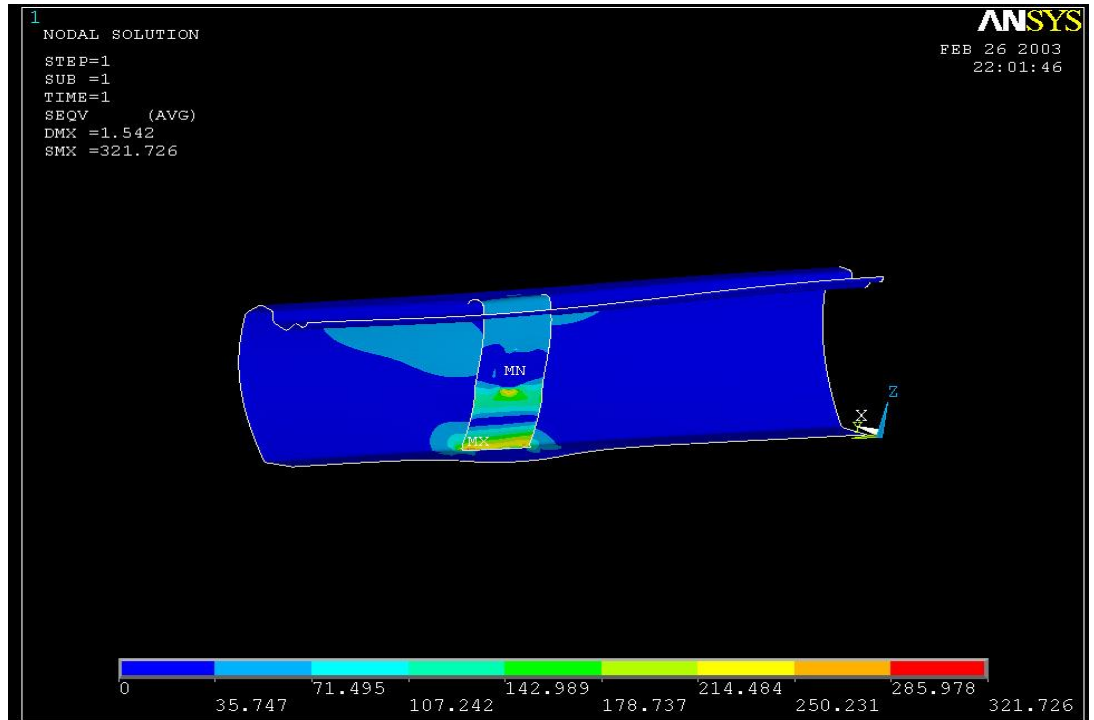


Şekil 4.6: 1400 N kuvvet altında HTA tamponu eşdeğer birim şekil değiştirme değerleri

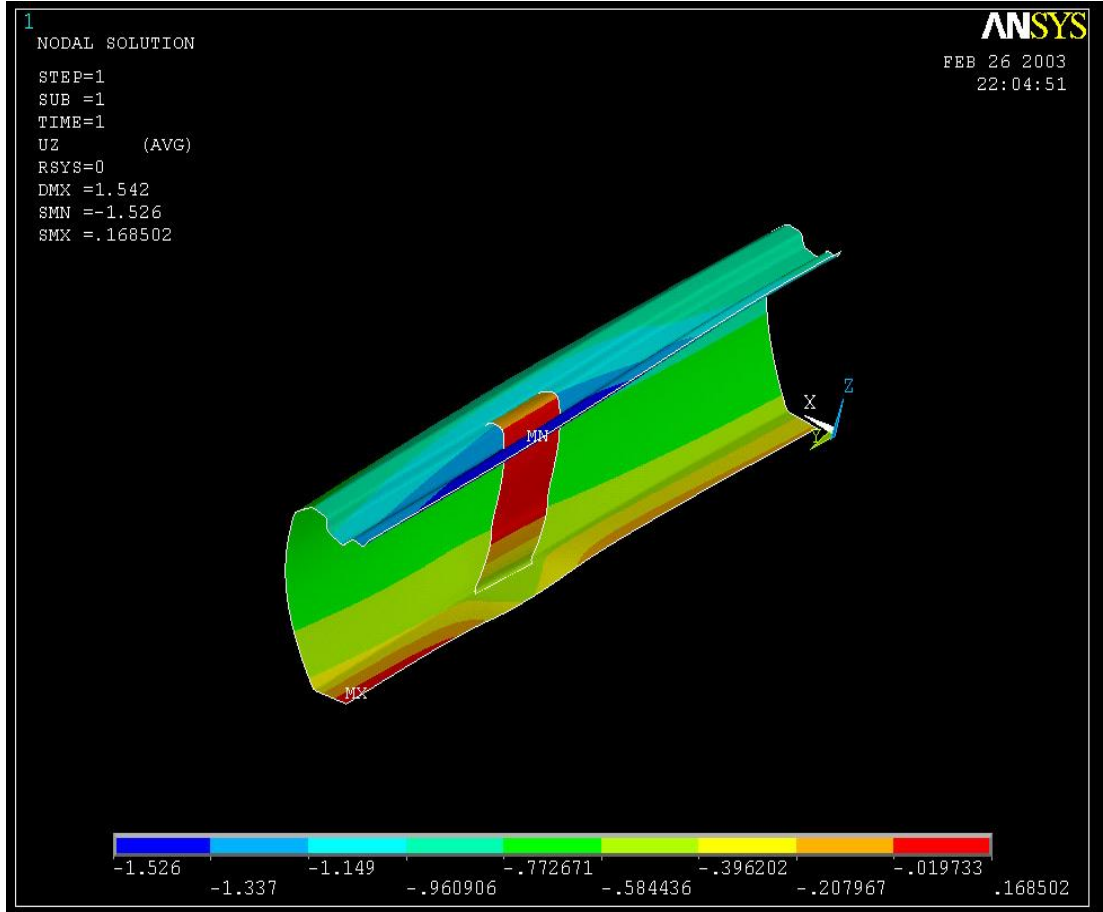
1400 N kuvvet ile yapılan analizden sonra kuvvet 1.5 kat artırılarak 2100 N'a çıkarılmış ve aynı modelle yer değiştirme gerilme birim şekil değiştirme değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.7'de z eksenindeki yer değiştirme değerleri, Şekil 4.8'de ise gerilme değerleri görülmektedir.



Şekil 4.7: 2100 ile HTA tamponunda z eksenı yer değıştirmeleri (mm)

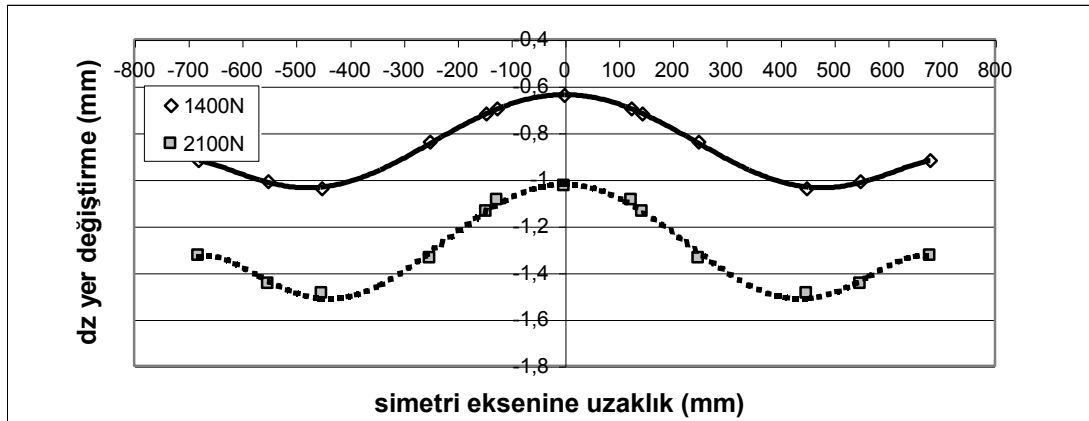


Şekil 4.8: 2100 N kuvvet altında HTA tamponu gerilme değeri (Mpa)



Şekil 4.9: 2100N altında HTA tamponu eşdeğer birim şekil değıştirme değeri (mm)

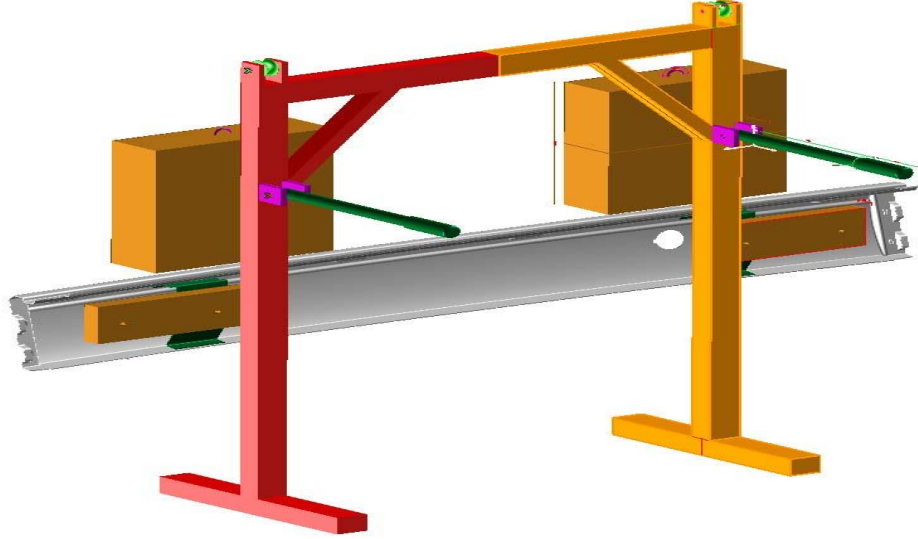
İki farklı kuvvet ile aynı model üzerinde yapılan analizler sonucunda Şekil 4.10'da görülen grafik elde edilmiştir.



Şekil 4.10: 2100 N ve 1400 N kuvvet altında HTA tamponu yer değıştirme değeri (mm)

4.2.1.2 Basamak Yükleme Deneyi

Bölüm 4.4.1.1’de anlatılan analiz sonuçlarının doğruluğunu görmek açısından, tamponun onay testlerinden biri olan basamak yükleme deney talimatlarında belirtildiği gibi bir deney düzeneği tasarlanmış ve hazırlanmıştır (Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13). [11]



Şekil 4.11: Basamak Yükleme Deney düzeneği modeli

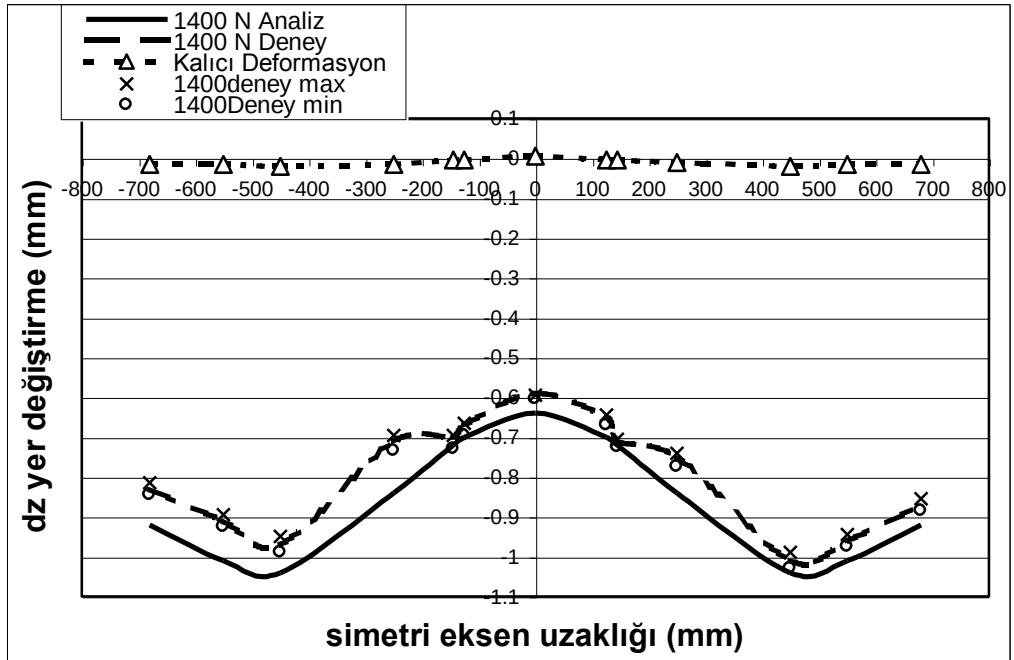


Şekil 4.12: Basamak Yükleme Deney düzeneği



Şekil 4.13: Basamak yükleme deneyine tabi tutulan HTA tamponu

Deney Düzeneği tampon sistemi üzerindeki braketlerin üst kısımlarına her iki taraftan 700 N'luk birer yük uygulanmıştır. Düzeneğin alt kısmına konulan bir komparatör yardımı ile tamponun üst kısmının farklı kesitlerinde ortaya çıkan elastik ve plastik (kalıcı) sehimler Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14: HTA tamponu deney ve analiz sonuçları karşılaştırılması

Şekil 4.14'ten de görüldüğü üzere firma standartlarına göre yapılan deneyler sonucu sehimler firmanın sınırlaması olan 25 mm'nin çok altındadır. Tampon sistemi ayak basma testine göre fonksiyonunu yerine getirebilmektedir. HTA tamponu ayak basma analizinden elde edilen sonuçlar ile yapılan deneyden elde edilen sonuçlar arasında azamî %18 sapma mevcuttur. Analizler sırasında ağ yapısının daha sık yapılması sonuçlar üzerinde yüzde mertebelerinde iyileştirmeler yapmaktadır. Ortaya çıkan bu farklılıklar model üzerinde analizin basitleştirilmesi için yapılan değişiklikler ve deney sonuçlarındaki hataların toplamıdır.

4.2.2 Minibüs Arka Tamponu

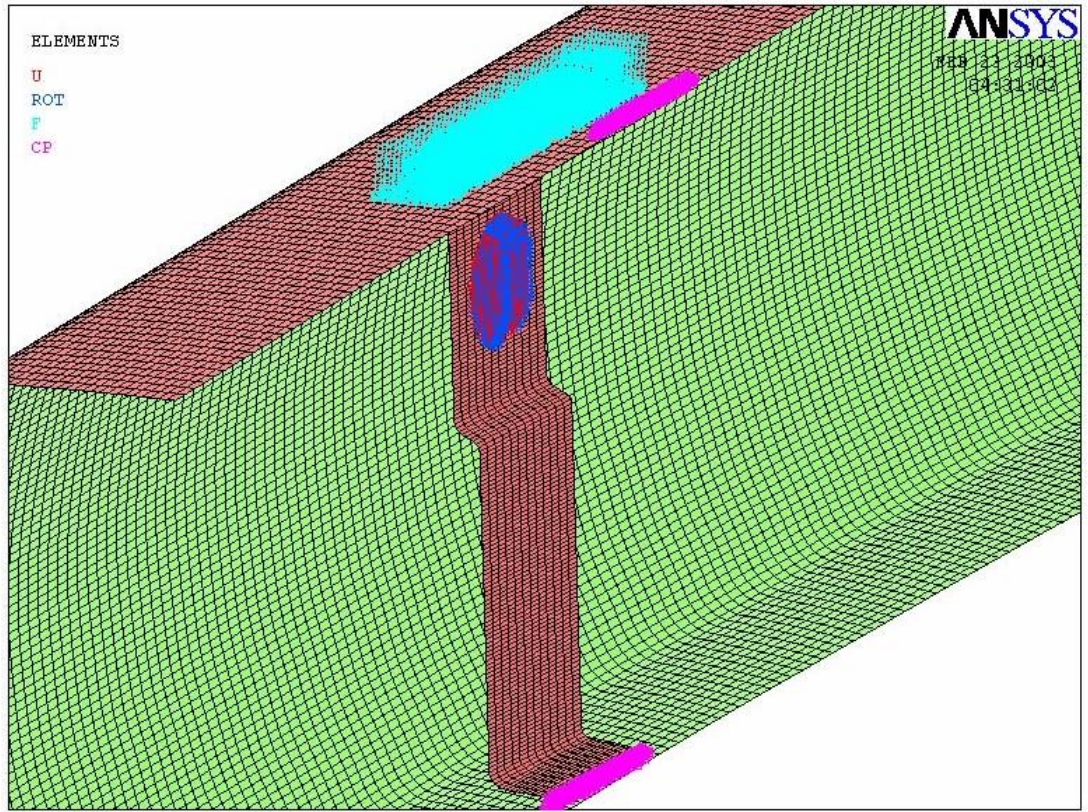
SEY kullanılarak analizi yapılan MA tampon sistemi ise bir minibüse ait olan tampon sistemi takviye çekirdeği ve bağlantı braketlerinden oluşmaktadır. Bu tamponda da sac kalınlığı 1.80 mm olup malzemesi St 14 çelik sacdır. Fakat bu takviye diğer takviyeye göre daha uzundur. Kesiti daha basittir.

4.2.2.1 Tampon Üst Kısımına Ayak Basılması Analizi

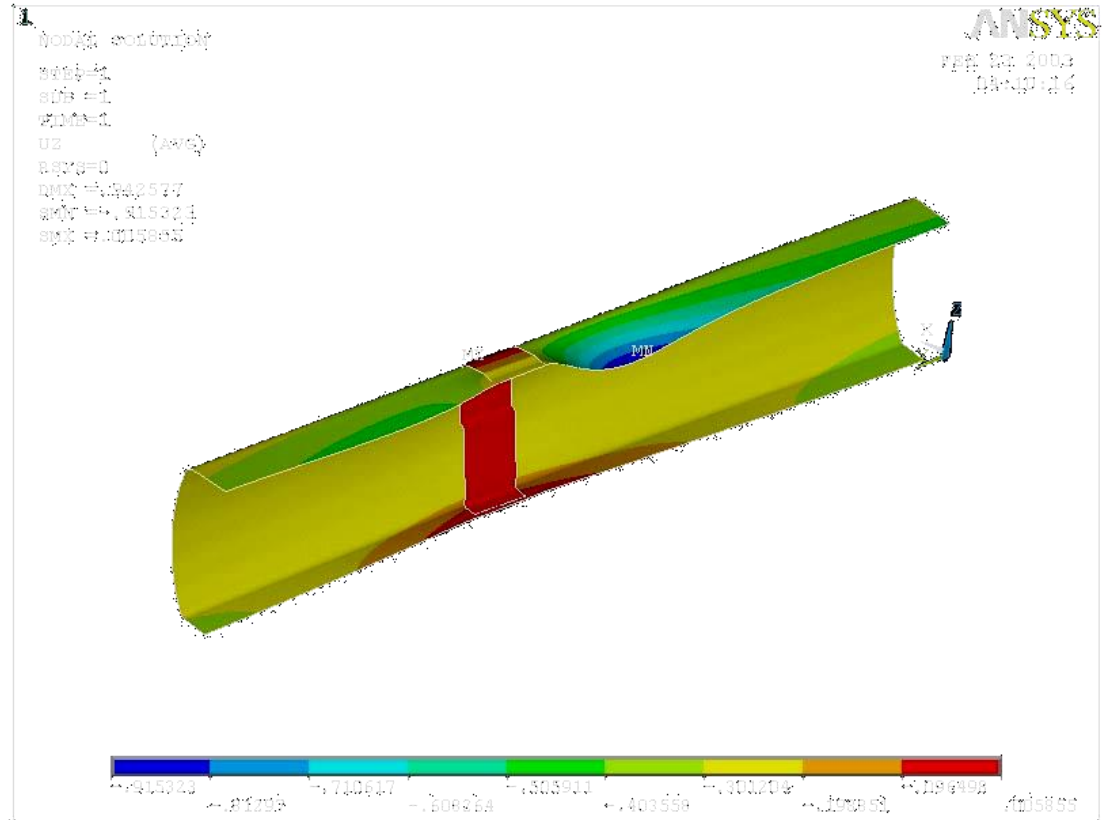
Analiz Bölüm 2.3.1.3'te anlatılan şartlara uygun olarak yapılmıştır. Şekil 4.15'te görülen model ANSYS programına IGES formatında aktarılmıştır.

Analizi yapılan diğer tampon sisteminde olduğu gibi bağlantı braketlerinin orta noktaları olan bölgenin deformasyonu 0 kabul edilmiştir. Bağlantı braketlerinin üzerine 700 N'luk iki adet kuvvet toplam 1400 N belli bir alan üzerine üst bölgeden uygulanmış, ortaya çıkan deformasyonlar ve gerilmeler belirlenmiştir. Şekil 4.16'de 1400 N yük altında ortaya çıkan z yönündeki yer değiştirme değerleri mm cinsinden görülebilmektedir. Şekil 4.17'de gerilme ve Şekil 4.18'da ise eşdeğer birim şekil değiştirme değerleri görülebilmektedir.

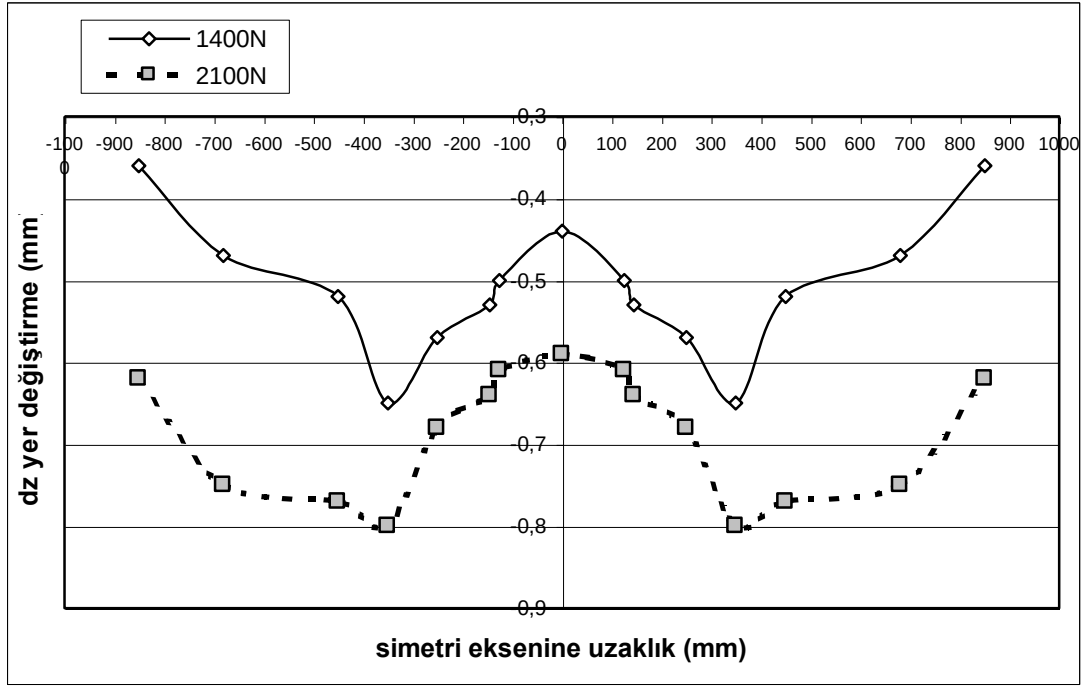
1400 N'luk kuvvet ile yüklenen model, kuvvet 1.5 katına çıkarılarak analiz tekrarlanmış ve yer değiştirmeler gerilme değerleri ve eşdeğer birim şekil değiştirmeler hesaplanmış ve Şekil 4.19'deki değerler elde edilmiştir.



Şekil 4.15: Ağ yüzeyi örülmüş MA tamponu ANSYS modeli



Şekil 4.16: 1400 N yük altında ortaya çıkan z yönündeki yer değiştirme değerleri



Şekil 4.19: MA tamponu 1400 N-2100 N yükleme analiz sonuçlarının karşılaştırması

4.2.2.2 Tamponu Üst Bölgeden Yükleme Deneyi

Bölüm 4.2.1.2’de hafif ticari araç tamponu için yapılan deney düzeneği bu tampon içinde kullanılmıştır (Şekil 4.20 ve 4.21).

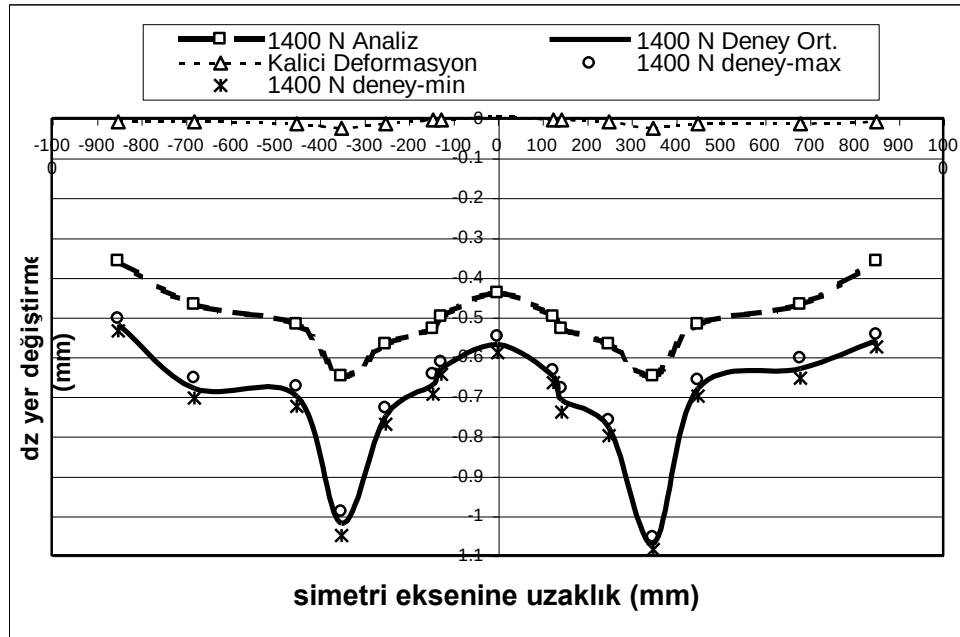


Şekil 4.20: MA tamponu Ayak basma deney düzeneği



Şekil 4.21: MA tamponu ayak basma deneyi ölçüm şekli

Şekil 4.20 ve 4.21’de görüldüğü gibi yapılan deneyler sonucu Şekil 4.22’de belirtilen değerler ortaya çıkmıştır. Görüldüğü üzere sistem ayak basma yükü dolayısıyla ortaya çıkan sehimler açısından daha önce Bölüm 2.3.2.3’de belirtilen gereksinimleri kolaylıkla karşılamaktadır. Şekil 4.22’de ayrıca MA tamponu için 1400 N ile yapılan analiz sonucunda bulunan değerler ile 1400 N yük altında yapılan deneyler sonucunda ortaya çıkan yer değiştirme ve kalıcı deformasyonlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 4.22: MA tamponu deney ve analiz sonuçları karşılaştırılması

5 STANDART YAVAŞ ÇARPMA ANALİZİ

Standart yavaş çarpma deneyleri aracın satılacağı bölgeye göre değişkenlik göstererek, o hızda araç tamponunun korumakla yükümlü olduğu diğer sistemleri koruyup koruyamadığı, çarpma sırasında kriter olan hasar miktarının üzerine çıkıp çıkmadığı veya hasarın ne kadar maliyetle onarılabilceğini ortaya koymak için yapılan deneylerdir. Yavaş çarpma deneylerine yasal sınırlamaların yanında bazı firma sınırlamaları da getirilmiştir.[4]

5.1 Hafif Ticari Araçların Tabi Tutulduğu Arkadan Yavaş Çarpma Testleri ve onay Kriterleri

Hafif ticari araçlar için yapılan deneyleri aracın satılacağı yere göre esasen ikiye ayrılmaktadır. Birincisi Kuzey Amerika Ülkeleri için yapılan testler, diğeri ise Avrupa, Avustralya ve Japonya için yapılan testlerdir.[6]

5.1.1 Kuzey Amerika Yavaş Çarpma Deneyleri

Ford Deney Prosedürleri:[11]

- 4.8 km/s (3.0 mil/s) hızla 30 derece açılı köşeli engele çarpma
- 8.0 km/s (5.0 mil/s) hızla uzunlamasına engele çarpma
- 8.0 km/s (5.0 mil/s) hızla uzunlamasına bariyere çarpma

Bütün çarpma deneyleri için kabul kriterleri:[11]

- Görünen dış yüzeylerde hasar oluşmaması
- Tamponda oluşacak görünür hasarın küçük ve tamir edilebilir olması

- Hiç bir emniyet sisteminin hasargörmemiş olması ve aracın işlevliğinden hiçbirşey kaybetmemesi

Amerikan Federal Yönetmeliği ve Kanada CMVSS 215 Kodlu Yönetmeliği: [15]

- 4.8km/s (3.0 mil/s) hızla 30 derece açılı köşeli engele çarpma
- 8.0 km/s (5.0 mil/s) hızla uzunlamasına engele sadece aracın ortasından çarpma sadece aracın ortasından
- 8.0 km/s (5.0 mil/s) hızla uzunlamasına engele çarpma

Kabul Kriterleri;

- Görünen dış yüzeylerde hasar oluşmaması
- Tamponda oluşacak görünür hasarın küçük ve tamir edilebilir olması

IIHS (Amerikan Institute of Insurance Highway Safety) Deney Prosedürleri:[6]

- 8.0 km/s (5.0 mil/s) hızla uzunlamasına bariyere çarpma
- 8.0 km/s (5.0 mil/s) hızla 30 derece açılı bariyere çarpma
- 8.0 km/s (5.0 mil/s) hızla 180 mm çapında boruya ortadan çarpma

Kabul Kriterleri;

- Aracın her bir çarpma deneyinden sonraki hasar maliyete çevrilir ve kamuoyuna duyurulur.

5.1.2 Avrupa, Avustralya ve Japonya’da Uygulanan Yavaş Çarpma Deneyleri

Ford Deney Prosedürleri[11]

- 2.5 km/s (1.5 mil/s) hızla 30 derece açılı köşeli engele çarpma
- 2.5 km/s (1.5 mil/s) hızla uzunlamasına engele çarpma

- 4.0 km/s (2.5 mil/s) hızla uzunlamasına bariyere çarpma

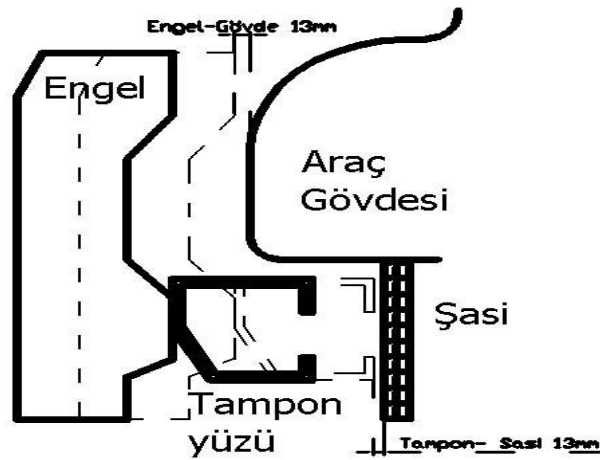
Bütün çarpma deneyleri için kabul kriterleri;

- Görünen dış yüzeylerde hasar oluşmaması
- Tamponda oluşacak görünür hasarın küçük ve tamir edilebilir olması
- Hiç bir emniyet sisteminin hasargörmemiş olması ve aracın işlevliğinden hiçbirşey kaybetmemesi

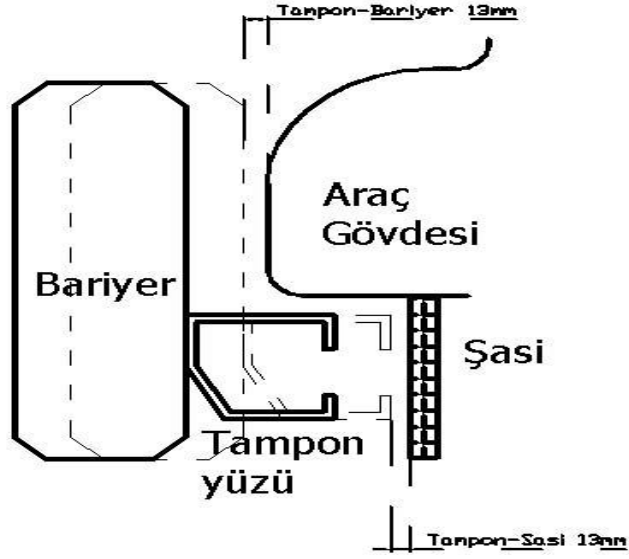
5.2 Yavaş Çarpma Testleri İçin Göz Önünde Bulundurulması Gereken Tasarım Kriterleri

Yavaş Çarpma Testlerinden genel anlamda istenen hasarsızlık yada az hasar kriterine uyulabilmesi açısından sistem tasarlayıcısının en önce düşünmesi gereken birkaç öncelik mevcuttur. Bunlar;

1. Tampon ile arkasındaki şasi arasındaki mesafe.
2. Çarpmadan sonra bariyer veya engel ile araç gövdesi arasındaki en düşük mesafe.
3. Yavaş çarpma deneyinden sonra bagaj kapılarının açılabiliyor olması[2]



Şekil 5.1: Engel ile yapılan yavaş çarpma testi sonrası engel-gövde mesafesi



Şekil 5.2: Bariyer ile yapılan yavaş çarpma testi sonrası bariyer-gövde mesafesi

Tampon sistemini tasarlayan kişi, tasarım sırasında tamponun çarpma sonrasında geleceği yeni konumu düşünmeli ve engel ile gövde arasındaki mesafeyi en az 13 mm olacak şekilde tasarımı ortaya koymalıdır. Şekil 5.1 ve 5.2’de görüldüğü gibi yine araç gövdesi hasar almaz iken tamponunda az hasar almasının yolu tampon dış yüzü ile şasi arasındaki mesafenin en az 13 mm olmasıdır. Çarpmadan sonra bu mesafelerin kalabilmesi için tasarımcının tamponun çarpmadaki davranışını çok iyi irdelemesi gereklidir. Bunun en kolay ise SEY kullanarak tampon sistemi için bu çarpma analizini gerçekleştirmektir.

5.3 Tez Çalışmasında Ele Alınan HTA Tamponunun Arakadan Yavaş Çarpma Deneyleri

İngiltere’de hafif ticarî araç imalatçısı firma tarafından yaptırılan 4 km/s hız ile bariyere çarpma deneylerinde çarpma sonrası tampon çekirdeğinin, bağlantı braketelerinin şasiye bağlandığı noktaların geometrik yeri olan doğruyu eksen kabul ederek, dönmüş olduğu ve arka bagaj kapılarının açılmasını önlediği gözlenmiştir. Bu aracın fonksiyonelliğini etkileyen bir hasar olduğundan test sonucu “başarısız” bulunmuştur. Daha sonra yapılan tasarım değişikliklerinin ardından tekrarlanan yavaş çarpma testlerinden ise başarı sağlanmıştır.[15]

Çarpma testleri sonrasında arka kapıların açılmaması sebebiyle yapılan tasarım değişikliği ile tamponun en üst bölgesinden kapıların açılmasına engel olunan bölüm çıkartılmış ve aynı zamanda tamponun dönmesini engellemek için Şekil 3.4’te görülen takviye braketleri eklenmiştir.[15]

6 SONUÇLAR VE ÖZET

6.1 Çalışma Özeti

Yapılan çalışmada hafif ticari araç tamponlarının tasarımında göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin neler olduğu araştırılmış genel olarak bir tampon sisteminden beklenen fonksiyonellikler belirlenmiştir. Tampon sistemlerinin kullanılacağı araca göre ne gibi farklılıklar gösterdiği, tasarım özelliklerinin yanında yönetmelik, tüzük ve firma içi standartların neler olduğunu açıklığa kavuşturulmuştur.

Ticari araç arka tamponlarında onay aşamaları sırasında yer alan deneylerden en önemlilerinden biri olan üstten ayak basma deneyi ANSYS paket programı ile simüle edilmiş ve çalışma çerçevesinde uygulanan basamak yükleme deneyinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Ticari SEY yazılımı ANSYS ile yapılan basamak yükleme analizleri sonuçları ile deney sonuçları arasında hafif ticari araç (HTA) tamponu için %8 oranında bir farklılık varken minibüs arka (MA) tamponunda ölçüm yapılan noktalar arasında ortalama %25 civarında farklılıklar görülmektedir. Bunun sebebi daha sağlıklı ağ yüzeyi oluşturulması açısından modelin basitleştirilmesi ve deney hataları olabilir. MA tamponunun basamak yükleme analiz sonuçları ile deney sonuçlarının birbirine daha uzak olmasının diğer bir nedeni ise deneyde kullanılan yüklemenin rijit bloklarla sağlandığı halde analiz modelinde ağ yüzeyinde bulunan bu bölgeye ait tüm noktalara bu kuvvetin tek tek dağıtılmasıdır.

Her iki tampon sistemi içinde yapılan ayak basma deneyinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde tamponların her ikisinin de firma gereksinimi olan en çok 25 mm'lik deformasyonların çok altında kaldığı görülmüştür. Fakat söz konusu tampon tasarımını yapan firma tarafından İngiltere’de yapılan yavaş çarpma deneylerinde HTA tampon sisteminin hasara uğrayarak arka kapıların açılmasını engellediği görülmüştür. Bu ilgili yönetmeliklerce istenmeyen bir durum olarak belirtilmiştir ve tasarım değişikliği ile önüne geçilmesi gerekmektedir. Burada başvuru yöntem

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi tampon sistemine ilave braketler eklenmesidir. Böylece sorun çözülmüş ve homologasyon gerekleri karşılanmıştır. [15]

6.2 Genel Değerlendirme ve Öneriler

Emniyet standartları üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda görülmüştür ki Kuzey Amerika'da test standartları Avrupa'da uygulananlara göre daha katıdır. Buna karşılık olarak ise Avrupa'da kullanılan tampon sistemlerinin kolay tamir olma yeteneğine daha çok önem verilmektedir. Bu yüzden Avrupa'daki birleştirmelerde cıvata, saplama vb. sökülebilir bağlantı elemanları kullanılırken Kuzey Amerika'da kaynak bağlantısına daha sık rastlanabilir.

Standartlarda yakın zaman içerisinde bir değişiklik olacağı ve tam hasar dayanımı istenen hızın 4 km/s'tan 8 km/s'e çıkacağı bazı otoritelerce kabul edilmektedir. Bu artış sonucu (basit bir hesapla) çarpışma sırasında tampon tarafından yutulması gereken enerjinin 4 katına çıkacağı düşünülürse, tampon imalatçıları tasarımlarını gözden geçirerek daha esnek ve enerji yutabilen malzemeler ve sistemler kullanmalı, özellikle takviye çekirdeğini maksimum enerji yutabilecek şekilde tasarlamalıdır.

Daha hafif fakat mukavim malzemeler ileriki yıllarda daha yaygın hale gelecek ancak bunu gerçekleştirebilmesi için bu tür malzemelerinin şekillendirilebilirliğinin yeni yöntemlerle artırılması gerekmektedir. Bu bağlamda sıcak veya yarı-sıcak şekillendirme işlemi ile ilgili olarak sanayide tecrübe edinilmesi ve prosesin hızlandırılarak büyük hacimli imalatlara izin verir olması gerekmektedir.

Çalışmanın sonunda varılan en önemli husus ise bilgisayar destekli tasarımın otomotiv sektörüne getirdiği avantajlardır. Özellikle ülkemizdeki otomotiv ana ve yan sanayi kuruluşları gerekli yatırımları yapıp giderek önemi artan tasarım ortaklığı sistemine geçişi sağlamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Peter, W. ,** 1997. North American Bumper System Market, 1997-2001 Model Years, private study, CSM Corporation, 2365 Woodlake Drive, Suite 140.
- [2] **Stanley, A.,** 1999.Design Control Methods for Bumper Systems.Report Hyundai Motor Company
- [3] **Eren, İ.,** 2001. Araçlarda çapma etkisini direk karşılayan kolonların burkulma yükü-enerji yutma optimizasyonu 6. *FİGES kullanıcılar toplantısı, Uludağ, Bursa, Türkiye*, 08-10 Kasım, s.48-59
- [4] **NHTSA,** National Highway Traffic Safety Administration Organization United States Department of Transportation 2002 www.nhtsa.dot.gov
- [5] **Mount, F ,**1994, Automotive Bumpers Materials Manufacturing, Economics, private multi-client study report, Phillip Townsend Associates, Inc. Olive, NJ 07828.
- [6] **IIHS,** 2002, Insurance Institute For Highway Safety, www.iihs.org
- [7] **Üçer, M and Öksüzoğlu, M** 1999 DFMEA report Ford-Otosan Istanbul
- [8] **Kenn, A.,** 1997, Categorization of Dent Resistant, High-Strength and Ultra High-Strength Automotive Sheet Steel, SAE J2340, Inc., 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA, 15096-001.
- [9] **Ernst,A.,** 2000 Tailor Welded Blank Design and Manufacturing Manual, Auto/Steel Partnership, Town Center, Suite 1900, Southfield, MI 48075-1137.
- [10] **Ernst, A.,** 2000-High Strength Steel Bulletin, Edition 5, Auto/Steel Partnership, Town Center, Suite 1900, Southfield, MI 48075-1137.
- [11] **Werner, D.,** 2001 Bumper System Specifications Ford Motor Company
- [12] **Topçu, M. ve Taşgetiren, S.,**1998 Mühendisler İçin Sonlu Elemanlar Metodu, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Matbaası Denizli

- [13] **ANSYS**, 2002 ANSYS User's Manual, ANSYS Inc., CA, USA.
- [14] **FMVSSR** 1998. Federal Motor Vehicle Safety Standarts and Regulations
- [15] **Parikh, B. 2001**, Ford-OTOSAN A.S., Acibadem ISTANBUL Kişisel Görüşme

EKLER

Hafif ticari araç (HTA) tampon sisteminden sağlaması beklenen fonksiyonellikler şunlardır.

1. Yasal Standartlar, pazar güvencesi ve firma standartlarındaki, çarpma testi gereksinimlerine uymak.
2. Aracın görüntüsünü desteklemesi ve kaliteli bir görüntü ortaya çıkarması.
3. Değişik şartlar altında araç ömrü boyunca beklenen performansı sağlaması.
4. Tampon kaygan yüzeyinin minimum olması.
5. Değişik doğal çevre şartlarında araç ömrü boyunca istenen performansı göstermesi.
6. Homologasyon gereksinimlerini karşılamak.
7. Servis edilebilirlik yeteneği.
8. Montaj, imalat, proses ve sevkiyat için uygunluk
9. Tampon sisteminin aracın üzerindeki bütün parçalar ve sistemlerle uyum içinde olması.

Bir kalite sistemine dahil olarak faaliyetlerini sürdüren gelişmiş firmalar tasarladıkları ve üretimini yaptıkları parçaların olası fonksiyonel hataların belirlemede, bu hataların kaynağını bulmada ve alınacak önlemleri belirlemede kalite sistemleri arasında şekil olarak farklılık gösterse de sistematik bir yaklaşımla ‘OLASI HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ ANALİZİ’ yaklaşımını kullanırlar.

HTA tamponunun yukarıda sayılan bu fonksiyonları yerine getirirken oluşabilecek hatalar için alınması gereken önlemleri belirlemekte, de Ford-OTOSAN firması ile HTA tamponunu üretmekle yükümlü olan OPSAN firmalarından yetkililerin bir

araya gelerek oluşturdukları raporun daha önce bölüm 3’te de belirtildiği gibi analiz kısmı dışarıda bırakılarak hazırlanan rapor tablolar halinde ekte sunulmuştur.

Tablo3.1HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÖRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
1	. Tampon Çekirdeği . Enerji . Plastik Yüz . Yasal Standartlar, pazar güvencesi ve şirket standartlarındaki çarpma testi gereksinimlerine uymak. NOT:Uygulanacak yasalar araçların satıldığı ülkelere göre farklılık gösterir.	. Korunması gereken parçalarda Kabul edilemez deformasyonlar ve/veya gömünür bölgedeki kaplamada Kabul edilemez zarar. Örneğin;Yitilmiş çatlamış ve kopmuş parçalar	. Yasal standartlara uygunsuzluk. . Şirket standartlarına uygunsuzluk. . Güvence notunun düşmesi . Yüksek servis masrafları	. Sistemin çekirdeğini oluşturan parçanın elastikliğinin yetersizliği. . Nervürler . Boşaltmalar . Çıkıntılar . Flanslar . Malzeme kalınlığı.	. Tasarımın gözden geçirilmesi . SEY ile kontrol . Onay testleri . Malzeme seçimi.	
				. Malzeme Özellikden . Çekirdek ve sönmüleyiciler için . Elastisite modülünün çok yüksek veya . Malzemenin zeysek olması. . Malzemenin yoğunluğunun yüksek / düşük olması.	. SEY ile kontrol . Onay testleri . Malzeme seçimi.	
				. Çekirdek, sönmüleyici ve kaplamanın araca uygunsuz bağlantısı; . Bağlantı braketleri uygunsuz . Cıvatalar uygunsuz. . Kaynak yüzünden malzeme özelliklerinin bozulması	. Cıvatalara belirli testlerin yapılması . Testler . SEY modeli	
				. Korunması gereken aksamların yerlerinin uygunsuzluğu; . Uygunsuz aralıklar . Esneme için yeterli mesafe bulunmaması	. SEY modeli . Testler	
				Korunması gereken parça / sistemin mukavemeti	Parça / sistemin SEY modeli. . Parçanın onay testleri. . Parçanın geometrik doğruluğu.	

Tablo3.1 devam HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÖRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
1	Tampon Çekirdeği Enerji Sönümleyici Plastik Yüz Yasal Standartlar, pazar güvencesi ve şirket standartlarındaki çarpma testi gereksinimlenmeye uymak. NOT:Uygulanacak yasalar araçların satıldığı ülkelere göre farklılık gösterebilir.	Korunması gereken parçalarda Kabul edilemez deformasyonlar ve/veya gövdenin bölgedeki kaplamada Kabul edilemez zarar. Orneğin,Yitilmiş çatlamış ve kopmuş parçalar		Çekirdek ve sönümleyicinin uygunsuz tasarımı. Parçaların kesit yanlışlığı. Sürünme yanlışlığı. Form deliklerinin yetersiz veya fazla olması. Çekirdeğin çok rijit olup şaseye zarar vermesi. Çekirdeğin izin verilenden fazla burulma veya dönmesi.	SEY modeli Onay testleri	
				Sistemin üzerinde plastik parça uygunsuzlukları. Zayıf Birleşme Bölgesi Keskin köşeler. Çentik etkisi yaratacak köşe ve dönüşler. Esname beklenen yerlerde uygunsuz kesitler. Uygunsuz geçişler. Artık iç genilmeler. Komşu parçalarla uygunsuz temas.	Plastik akış analizi Onay Testleri	
				Sönümleyicinin uygunsuz şekli yüzünden çekirdeğin deforme olması. Sönümleyici ve çekirdeğin oturma yüzeylerinin uygunsuzluğu.	SEY modeli Onay testleri	

Tablo Bk.3 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
2	Araçın görünüşünü desteklemesi ve kaliteli bir görüntü ortaya çıkarması.	Sistemin araç üzerine istenen koordinatlarda oturmaması ve dolayısıyla, boşluklar ve çarpıklıklar ve görünür ayna çizgiler ortaya çıkması.	Müşteri memnuniyetsizliği Görünümlerinde başarısızlık	. Tamponda boyutsal hata veya matematiksel yüzeyde hata	. Tasarım kontrolü. . SC ve CC noktalarının gözden geçirilmesi. . Komşu parçaların üst üste binmesi	
				. Montaj kaçıklıklarının tolere edilemeyecek düzeyde çıkması	. Parça onay testleri . Değişik parçaların bireysel toleransları	
				. Montaj sırasının uygunuz belirlenmesi	. Tasarımın montaja uygun olması . Montaj deneme kiti.	
				. Parçaların örtüşme durumlarının uygunuz seçimi . Kenar-kenar birleşimi. . Boşluklar. . Geçişler	. Tasarımın montaj . Montaj deneme kiti.	
				. Montaj filstürlerinin . Parçalar arasında tolerans içerisindeki değişiklikleri karşılamaması. . Sektör arasında ortaya çıkan farklılaşmaları karşılamaması Kontrol filstürleri ile tutasız olmaları	. Montaj deneme kiti . Kontrol ve kaynak filstürlerinin kontrolü. . Montaj hattındaki yetkililerle değerlendirme.	

Tablo Bk.4 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETİMLERİ

Baslık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebabi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
		Tamponüzerindeki plastik parçanın sistem üzerindeki uygunluğudur.	Müşterinin sistemin için uygunluğudur. Uzun malzeme. Kalitesiz görünüm. Dayanaksız görünüm.	Plastik parçanın geometrisi yüzünden uyulduğu sağlanamaması. Plastik kaplama parçasının geometrik ölçülerinin uygunluğudur. Nervürler. Kanallar. Flanşlar. Görmeler.	Parça / sistemlerin SEY modeli. Parçaların onay testleri. Parçaların geometrik doğruluğu.	
		Görünüm, çöküntü ve kabahtır.	Kötü görünüm.	Plastik parçanın örtüşeceği parçalar tarafından desteklenmesi. Uygunluğudur, çekim ve kaplama geometrisi. Artık toleransların birleşip uygunluğudur yaratması. Çekim ve çekimle ilgili arasındaki uygunluğudur birleşime.	Tasarımın montaj. Deneme üretilmesi. Onay testleri. Malzeme ve parçaların testleri. Prototip araç onay.	
		Asımlı panel yüzeyinde izler görünümü	Müşteri tatmin edilemezliği	Kalıpta çapak, toz vs. bulunması	Görünüm onay testleri.	
		Asımlı görünüm yüzeyinde ayrıma çizgilerinin görünüm olması	Müşteri tatmin edilemezliği. Tasarım hedeflerinin yakalanamaması.	Görünüm gereksinimlerinin takım/ proses yeteneklerini üzerine çıkması	Tasarım onay.	

Tablo B.5 HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Baskı	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başansızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
		Plastik parçanın çarpıklığı.	Uyumsuz birleşme . Montaj hatında montaj zorluğu ortaya çıkarma.	. İnce ve kalın kesitler arasında uygunsuz geçişler	. Kalınlık geçişlerinde uygulanacak standartların	
		. Montaj sonrası parça üzerinde iç genilme kalması zaman içerisinde parçada deformasyon olması	. Montaj fikstürünün parçayı iç genilme bırakacak şekilde uygunsuz montaj etmeye sebep olması . Çevre şartlarına göre (soğuk/sıcak) genleşmeye ve büzüşmeye olarak vermeyen yetersiz boşluk	. Akış aralığı ile plastik kalıbın tasarımının gözden geçirilmesi . Deneme üretilmesi. . Malzeme uzama katsayısının gözden geçirilmesi		
		Plastik parça üzerindeki tutukların belirsizliği.	Müşteri memnuniyetsizliği.	Yeterince keskin olmayan tutuklar.	Tutuk derinliğinin gözden geçirilmesi	
		Yüksek parlaklık veya değişken parlaklık.	Müşteri memnuniyetsizliği	Parçada istenenden daha kalın olarak meydana çıkan alanlar dolayısıyla parlaklığın artışı.	Parça kalınlığının ve farklı kalınlıklar arasındaki geçiş bölgelerinin, imalattan alınan yeni baskımlerle tekrar değerlendirmek.	
				Yetersiz püür derinliği.	Tasarım ofisi ile pütürlülük ve derinliğin değerlendirilmesi.	
				Malzemenin çok parlak olması sebebiyle,	Malzeme değerlendirilmesi	
				pütürlülüğün parlaklık standartlarına eşleşmede etkisiz kalması.		
		Görünür bölgede karşınmış hatlar	Müşteri memnuniyetsizliği.	Kalıp boşluklarının doğru verilmemiş olması.	Plastığın kalıp içinde akışının modellemek ve sonuçlama öngörmek.	

Tablo Ek.6 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebepi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
		Renk solması.	Müşteri memnuniyetsizliği.	Yanlış malzeme kullanımı.	Malzeme değerlendirilmesi.	
		Keskin köşeler	Müşteri memnuniyetsizliği Müşteri yaralanma riski. Operatör yaralanma riski.	Parça radiuslerinin uygunsuzluğu. Takım kalıbın bükme hatlarının radius oluşmasına izin vermiyor.	Minimum radius standartlarına uyulup uyulmadığının kontrolü. Kalıp tasarımının gözden geçirilmesi.	

Tablo Ek-7 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TİRLERİ ve ETKİLERİ

Baslık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
3	Değişik şartlar altında araç ömrü boyunca beklene n performansı sağlanması.	Plastik kaplama, çekirdek sönümleyici ve braketlerin dinamik ve static zorlanmalara karşı düşük dirençli olmaları.	Müşteri memnuniyetsizliği Garanlı kapsamı.	Yüksek titreşim yaratacak, kotu yol, demiryolu, geçişler ve uyardırma	Dayanıklılık testleri. Kötü yol dayanıklılık testleri.	
		Sarsıntı sonucu gevşeyip titreşip ses yaymaları.		Normal sürüş şartları dolayısı ile oluşan düşük genlikli titreşimler.	Dayanıklılık testleri.	
		Cıvataların, somunların zaman içerisinde gevşemesi. Parçaların düşmesi ve ya yuvalarından				
		Ayak basma yüküne bağlı olarak tamponun üst kısmının çökmesi.	Müşteri memnuniyetsizliği.	Yetersiz konstruksiyon.	SEY modeli. Onay testleri. Tasarımın incelenmesi.	
		Kaplamanın, yabancı cisimler tarafından, çizmek, sırtmek, çarpmak suretiyle yapılan zarara karşı	Müşteri memnuniyetsizliği.	Görünür yüzelerde taş çarpma izleri görülmesi.	Taş çarpma testleri. Kaplama onay testleri.	
				Araba yakanması sebebiyle hasar oluşumu.	Araç yıkama testleri. Boya ve kaplama testleri.	
				Tümsekler, çukurlar ve kar banketleri yüzünden hasar oluşumu.	Onay testleri. Dayanıklılık testleri.	

Tablo Ek.8 HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Baskı	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
4		Kaplama ve boyanın, anti-firiz benzin ve yağ temas etmesiyle bozulması.	Müşteri boyanın üzerinde izler, lekeler görür boya ve kaplama koruyuculuğunu bozulması.	Anti firiz, benzin ve hidrolik yağı sebebiyle hasar.	Onaylanmış boya ve kaplama sağlamak.	
		Plastik kaplama, çekirdek ve ya sönümleyicinin çatlaması ve gevşemesi.	Müşteri memnuniyeti sızlığı. Garanti.	Yanlış bağlantı tasarımı. Çok rijit. Çok gevşek.	Bağlantı laboratuvar testleri. Onay testleri.	
				Civataya uygulanan gerilmenin Yanlış civata kullanımı. Yanlış tork değeri seçimi.	Bağlantı laboratuvar testleri. Onay testleri.	
	Tampon kaygan yüzeyinin minimum olması.	Plastik kaplama çok kaygan	Müşteri kayıp düşebilir.	Tampon üzerinde ki plastik kaplamanın yapısal uygunluğunu.	Onay testleri. Deneme sürüşleri.	
5	Değişik doğal çevre şartlarında araç ömrü boyunca istenen performansı göstermesi.	Plastik kaplama, çekirdek, sönümleyicinin termal yada sıcaklık etkileri nedeniyle deforme olup iş görmez hale gelmesi.	Olası çatlaklar, ezilmeler, bükülmeler müşteri tarafından algılanabilir.	Çok yüksek sıcaklık ve direk gümüş ışığına bağlı olarak: Parçanın geometrisinin bozulması. Desteklerin yerleşmesi.	Sıcaklık değişim testleri. Güne ışığı testi. SEY modeli.	
				Komşu parçalar arasında, genleşme katsayılarının farklı olması.	Bu parçaların genleşme katsayılarının karşılaştırılması.	
				Araca bağlantının uygunluğunu.	Tasarımın gözden geçirilmesi. Onay testleri. Bağlantı elemanlarının	
		Plastik kaplama, çekirdek sönümleyicinin normal kullanım sırasında hasara	Müşteri tampon sistemi üzerinde boya ve kaplamada yunusama veya renk atma tesbit edebilir. Müşteri memnuniyeti sızlığı.	UV ışınları sebebiyle oluşan hasar. Su veya rutubet nedeniyle oluşan hasar. Hava şartları yada bir metal etkileri sebebiyle ortaya çıkan hasarlar.	Onaylı boya ve kaplama malzemesi kullanmak. Hızlandırılmış boya ve kaplama testleri.	

Tablo Ek.9 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
6	Homologasyon gereksinimlerini karşılamak.	Aydınlatma gereksinimlerini karşılamak.	Yasa, Pazar ve şirket gereksinimlerine uymama.	. Işğın yeri, görünebilirliği ve gücü. . Plakanın konumu yüksekliği ve ölçülerin yerel kurallara uyması.	. Aracın gideceği ülkede geçerli olan kuralları gözden geçirilmesi.	
		Yaya güvenlik şerhanelelere uyumsuzluk.	Yasa, Pazar ve şirket gereksinimlerine uymama.	. Keskin köşeler ve ya radyusların yaya güvenlik tanımlarına uymaması.	. Aracın gideceği ülkede geçerli olan kuralları gözden geçirilmesi.	
		Aydınlatma veya araç ışıklarının fonksiyonel, dekoratif olmaması veya yasal gereksinimleri karşılamaması.	Yasa, Pazar ve şirket gereksinimlerine uymama.	. Işğın yeri, görünebilirliği ve gücü.	. Aracın gideceği ülkede geçerli olan kuralları gözden geçirilmesi.	
7	Servis edilebilirlik yeteneği.	Tampun sistemi üzerindeki detay parçaların tamir edilebilmesi yada değiştirilmesinin zor olması.	. Montaj hattında tamiratların pahalı olması. . Serviste, yüksek tamirat ve garanti maliyetleri.	. Tampun sistemine müdahale edilebilmesinin sınırlı olması. . Bağlantı metodunun sökölür takılır olması veya zor müdahale edilebilmesi. . Sistem üzerindeki aksesuarların zor sökölüp takılması.	. Tasarımın gözden geçirilmesi. . Montaj hattındaki yetkililerle bağlantı tiplerini gözden	
				. Braket ve plastik kaplama sökölür takılır olmalı ve özellikle plastik parçalar geri dönüşüm için ıskartaya çıkmış sistemden sökölülmeli.	. Servis edilebilirlik kabiliyeti kılavuzu. . Prototiplerin gözden geçirilmesi. . Tasarımı gözden geçirmek.	

Tablo Ek.10 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Baslık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebehi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
8	Montaj, imalat, proses ve sevkiyat için uygunluk.	Montaj edilebilirliği yetersiz.	Yüksek maliyetli montaj. Montaj sırasında hasar verme. Otomasyona uygun olmayan tasarım. Yüksek hassasiyet veya nitelikli operatör ihtiyacı.	Detay parçaların sisteme montajının zorluğu. Uygun olmayan referans yerleri. Kontrolsüz operasyonlar. Özel makina ihtiyacı. Manipulasyon ihtiyacı. Uygun olmayan Tork değerleri.	Ergonomi kılavuzları. İmalat yetkilileri ile gözden geçirmek.	
				Tampon sisteminin aracın üzerindeki komşu parçalar tarafından referanslanması.	Tasarım sırasında montaj aşaması ve referanslarının	
				Braket ve plastik kaplama sökülür takılır olmalı ve özellikle plastik parçalar geri dönüşüm için iskarta ya çıkmış sistemden sökülebilmeli.	Tasarımın gözden geçirilmesi. Montaj hattındaki yetkililerle bağlantı tiplerini gözden	
				Detay parçaların yanlış montajı. Ters-düz / sağ-sol / yukarı-aşağı.	Pako yoke Prototip denemeleri. Tasarımın gözden geçirilmesi.	
	Parçaların üretimi zor. Üretilebilirlik standartlarına uygun değil.	Yüksek proses maliyetleri. Yüksek fire oranları.	Belirlenen toleranslar üretim kabiliyeti açısından uygun değil. Plastik kalıp için uygun olmayan kalıp kilitleri. Çöküntüler. İstenmeyen birleşme çizgileri. Çok sayıda birleşme çizgileri.	Toleransların imalatı ile gözden geçirilerek karara bağlanması. Tasarımın gözden geçirilmesi. Prototip modeller. İmalat ile görüş alış veriş. SEY ile plastik akış analizi ile		

Tablo Ek.11 HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TİRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Sebebi Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
				Boya prosesi için uygun olmayan tasarım.	. Tasarım gözden geçirilmesi. . Prototip modeller. . İmalat ile görüş alış veriş.	
				Takviye ve montaj braketlerinin sac ve çekirdeğin kalıp üretimi ve baskı prosesi açısından uygun olmaması.	. Tasarım gözden geçirilmesi. . Prototip modeller. . İmalat ile görüş alış veriş.	
		Serviyat ve taşıma sistemlerinin destekleyici tasarımın yetersizliği	. Yüksek fire oranları. . Yüksek serviyat maliyetleri.	Tampon sisteminin otomasyon ile taşınması için çok fazla esnek olması.	. Rijitlik için tasarıma bazı parçaların ilavesi. . Otomasyon için referans bölgeler ve parçalar ilave edilmesi.	
				Sistemin çok fazla esnekliğinden taşıma açısından ergonomik olmaması.	Rijitlik için tasarıma ilaveler yapılması.	
				Otomatik taşıma için tampon sisteminin çok büyük olması.	. Montaj otomasyon denemeleri. . Montaj hattı yetkililerinin önlemleri. . Tasarımın gözden geçirilmesi.	
				Serviyat sırasında hasara uğrayabilir olmaları. Taşıma sırasında hasara uğrayabilir olmaları.	. Kasa ve ambalajlama kılavuzları. . Lojistik yetkilileri ile görüş alış veriş.	

Tablo Ek.12 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TÜRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebabi Mekanizmanın Başarılsızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
9	Tampun sisteminin aracın üzerindeki bütün parçalar ve sistemlerle uyum içinde olması.	Hava yastığı sensör gereksinimlerini karşılayamaması.	Yasalara ve şirket gereksinimlerini karşılayamamak.	Tampun sisteminin esnekliğinin uygunsuz belirlenmesi.	SEY modeli. Onay testleri. Malzeme ve performans. Gerilme, şekil değiştirme için kesit analizi.	
				Enerji sönümleyicilerin uygunsuzluğu. Kesit, sürüş, delik, kabartı vs.	SEY modeli. Onay testleri. Malzeme ve performans. Gerilme, şekil değiştirme için kesit analizi.	
				Sönümleyici ile sac çekirdeğinin birbirine uyumsuzluğu. Örtüşen bölgenin uygunsuzluğu.	Onay testleri. Tasarımın gözden geçirilmesi. Bağlantı elemanlarının gözden geçirilmesi.	
				Uygunsuz sac çekirdek rijitliği.	SEY modeli. Onay testleri. Malzeme ve performans. Gerilme, şekil değiştirme için kesit analizi.	
				Tampun sisteminin şaseye zayıf bağlantısı.	SEY modeli. Onay testleri. Malzeme ve performans. Gerilme, şekil değiştirme için kesit	

Tablo Ek.13 HAFİF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TİRLERİ ve ETKİLERİ

Başlık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başarısızlığı	Yapılan Kontroller
				Çekirdeğin fazla hasara uğraması. Dönməsi.	SEY modeli. Onay testleri. Malzeme ve performans testleri. Tasarımın gözden geçirilmesi.
		Motorun hava sirkülasyonu gereksinimlerini karşılamaması.	Motorun fazla ısınması.	Hava giriş ve çıkış kanallarının yetersiz veya uygunuz geometriye sahip olması.	Araç Rüzgar Tuneli Testi.
		Su tahliye sistemini desteklemesi.	Motor bölümüne su girmesi. Yolu kabine su girmesi.	Yetersiz ve / veya uygunuz yalıtım malzemeleri sebebiyle araç yakama veya yağmur zamanı kabine su alması.	Uygun yalıtım metod ve malzemelerinin kullanımı. Su akıntı testleri.
				Uygunuz çamurluk ve paçalık nedeniyle yerdeki suyun seyrı esnasında yola kalınması.	Su tahliye sistemi deneyleri. Suyun kabine veya motor odasına girebileceği muhtemel yolları kapama.
		Firma geri dönüşüm hedeflerine ulaşamaması.	Geri dönüştürülemeyen araçlar.	Geri dönüştürülebilen malzemelerin kullanılmaması.	Tampon sistemi üzerindeki plastiklerin %70'i geri dönüştürülebilmeli. Metal kısımların %100'ü dönüştürülebilmeli.
				Geri dönüştürülecek malzemeler tanımlanması.	Plastiklerin üzerine geri dönüşüm kodlarının yazılması olması.

Tablo Ek.15 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TİRLERİ ve ETKİLERİ

Baslık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başansızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
		Egzoz gazlarının tampion sisteminin bağlantılarına verilmesi.	Yolcular için zehirlenme tehlikesi.	Yetersiz izolasyonun egzoz kaçağına izin vermesi.	. Doğru izolasyon metodunun seçimi. . Deneme üretimlerinde su kaçırma testlerinin yapılması.	
		Araca çekme kancasından çekilirken tampion sistemine hasar verilmesi.	. Müşteri memnuniyetsizliği. . Artan güvenlik maliyetleri.	Tampion sistemini oluşturan parçaların durumlarının araç çekme metoduyla uyumsuzluğu.	. Yapının gözden geçirilmesi. . Deneme üretimleri araç çekme testleri.	

Tablo Ek.15 HAFIF TİCARİ ARAÇ TAMPON SİSTEMİ POTANSİYEL HATA TİRLERİ ve ETKİLERİ

Baslık	Fonksiyon	Olası Hata Türleri	Olası Hata Etkisi	Olası Hatanın Sebebi Mekanizmanın Başansızlığı	Yapılan Kontroller	Alınabilecek Tavsiye Edilen Önlemler
		Egzoz gazlarının tampon sisteminin bağlantılarına verilmesi.	Yolcular için zehirlenme tehlikesi.	Yetersiz izolasyonun egzoz kaçağına izin vermesi.	. Doğru izolasyon metodunun seçimi. . Deneme üretimlerinde su kaçırma testlerinin yapılması.	
		Araça çekme kancasından çekilirken tampon sistemine hasar verilmesi.	. Müşteri memnuniyetsizliği. . Artan güvenlik maliyetleri.	Tampon sistemini oluşturan parçaların durumlarının araç çekme metoduyla uyumsuzluğu.	. Yapanın gözden geçirilmesi. . Deneme üretimleri araç çekme testleri.	

SEÇKİN ÖZKURT'UN ÖZGEÇMİŞİ

Adres: Bizimkent Konutlari Beylikduzu Istanbul, 872 56 63
seckinozkurt@hotmail.com
Doğum Tarihi : 22.05.1977
Uyruk : T.C.

Deneyim	1999----- OPSAN Orjinal Sac Parca Sanayi Proje Muhendisi	İstanbul
Stajlar	1997 MERCEDES BENZ TURK A.S. ▪ İmalat Lojistik ▪ 1998 Inter Service Tekstil Makinalari A.S. ▪ Urun Gelistirme	
Eğitim	▪ İlkokul Fatih Gazi İlkokulu 1985-1989 ▪ Orta Okul Ozel Cavesoglu Koleji 1989-1992 ▪ Lise Ozel Kultur Fen Lisesi 1992-1995 ▪ Istanbul Teknik Universitesi Makina Fakultesi 1995-1999 ▪ Istanbul Teknik Universitesi Makina Fakultesi 1999 - -----	
Seminerler	▪ Sirket ici iletisim M.B.T. ▪ Toplam kalite Oyak Renault ▪ EAQF Oyak Renault ▪ Zaman Planlamasi ve Verimlilik Oyak Renault	
LİSAN BİLGİSİ	▪ İngilizce İleri ▪ Almanca Baslangic	
Bilgisayar Bilgisi	▪ MS Uygulamalari ▪ Cimatron ▪ Auto CAD ▪ Think design ▪ ANSYS	
İlgi Alanları	Futbol, Arabalar ,Bilgisayar	