

TAŞITLARDA DÜŞEY YÜKÜN
FRENLEME MESAFESİNE ETKİSİNİN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih BACAĞ

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2006

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞITLARDA DÜŞEY YÜKÜN
FRENLEME MESAFESİNE ETKİSİNİN ANALİZİ

Fatih BACAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

AFYONKARAHİSAR
2006

Fatih BACAĞ'ın yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “**Taşıtlarda Düşey Yükün Frenleme Mesafesine Etkisinin Analizi**” başlıklı bu çalışma lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

16 /08 /2006

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Osman ELDOĞAN
(Başkan)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN
(Danışman)

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇOLAKOĞLU

Jüri Üyesi :

Jüri Üyesi :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....Gün
vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TAŞITLARDA DÜŞEY YÜKÜN FRENLEME MESAFESİNE ETKİSİNİN ANALİZİ

Fatih BACAK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Bölümü

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

Motorlu taşıtların aktif güvenlik sistemlerinin biri olan fren sistemleri ve sistem performansına yönelik araştırmalar yoğun olarak devam etmektedir. Fren performansının ve durma mesafesinin doğru tespit edilmesi için çeşitli deney yöntemleri ve deney standartları geliştirilmiştir. Bu çalışmada fren performansına etki eden faktörlerden düşey yükün frenleme mesafesine olan etkileri araştırılmış ve yapılan deneylerden matematiksel bir model elde edilmiştir. Taşıtlarda sürücü dışında yolcu ve/veya yükün bulunması, frenleme performansı üzerinde etkili olması dolayısıyla durma (frenleme) mesafesini arttırması kaçınılmazdır. Yapılan çalışmada altı binek ve iki ticari olmak üzere toplam sekiz taşıt kullanılmıştır. Binek taşıtlardan üçü ABS'li, diğerleri ABS'siz olarak seçilmiştir. Ticari taşıtlardan biri ABS'li, diğeri ABS'siz olarak seçilmiştir. Taşıtların ağırlıkları boş olarak 900–1300 kg arasında değişmektedir. Standartlara uygun olarak 50, 80, 90 ve 120 km/h hızlarda seri deneyler yapılmıştır. ABS fren sistemine sahip ve yüksüz (boş) taşıtların daha kısa mesafede durdukları belirlenmiştir.

2006, 114 sayfa

Anahtar kelimeler: Frenleme performansı, Yol deneyleri, Durma mesafesi
Taşıtların ağırlığı.

ABSTRACT

Ms.Sc

ANALYSIS OF VERTICAL LOAD WHICH EFFECTS TO BRAKING DISTANCE IN VEHICLE

Fatih BACAĞ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

Brake systems which are a part of active safety systems of motor vehicle and their performance have been investigated. Various methods of test and Standards of test were improved in order to determine correctly brake performance and stopping distance. In this study, factors affected to brake performance, effects of vertical load which affects braking distance were investigated and a mathematical model was obtained from test which made. Being passenger and/or load except driver in motor vehicles increases stopping (braking) distance. Load is effective on brake performance. In experiments, six automobiles and two panels van were used. Three of the six automobiles and one of the panel vans have ABS braking system. Free weigh of these vehicles are between 900 kg and 1300 kg. Serial tests which are suitable standards at 50, 80, 90 and 120 km/h speeds were tested. Vehicle which have ABS and are without loads stopped in shorter distance.

2006, 114 pages

Key Words: Brake performance, Brake tests, Stopping distance, Weight of vehicle.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Fren Sistemleri.....	8
2.1.1. Fren çeşitleri.....	9
2.1.1.1. Servis freni	9
2.1.1.2. Yardımcı fren (ikincil fren).....	9
2.1.1.3. Park freni	9
2.1.1.4. Egzoz freni	10
2.1.1.5. Yavaşlatıcılar (Retarderlar).....	10
2.1.1.6. ABS fren sistemi.....	10
2.1.2. Fren sisteminin enerji kaynağı ile ilgili tanımlar	13
2.1.2.1 Yardımcı kuvvetli enerji kaynağı	14
2.1.2.2. Yabancı kuvvetli enerji kaynağı.....	14
2.1.2.3. Atalet kuvvetli enerji kaynağı	14
2.1.3. Sürtünmeli Frenler.....	15
2.1.3.1. Diskli frenler.....	16
2.1.3.2. Kampanalı frenler	17
2.1.4. Hidrolik fren sistemleri.....	18
2.1.5. Havalı fren sistemleri.....	18
2.1.6. Fren enerjisi.....	18

2.2. Frenlemenin Seyri	21
2.3. Frenleme Faktörü (Fren İyilik Derecesi)	23
2.4. Frenleme ve Durma Mesafesi	27
2.5. Fren Verimi.....	34
2.6 Frenleme Performansı ve Performansa Etki Eden Faktörler	37
3. FREN SİSTEMİ DENEYLERİ VE STANDARTLARI.....	42
3.1. Fren Sistemi Elemanlarının Deneyleri	42
3.2. Fren Sisteminin Performansını Ölçme Deneyleri	43
3.2.1. Deneylerde kullanılan terimler.....	43
3.2.2. Yol deneyleri.....	44
3.2.2.1. Servis freni soğuk fren etkinlik deneyi (Tip O Deneyi)	48
3.2.2.2. Servis freni etkinlik kaybı deneyi (Tip I Deneyi).....	50
3.2.2.3. Deney sonuçları ile referans değerlerinin karşılaştırılması.....	51
3.2.2.4. Diğer deney çeşitleri	53
3.2.3. Cihaz üzerinde yapılan deneyler	54
3.2.3.1. Tamburlu tip fren deney cihazı	54
3.2.3.2. Platformlu tip (Düz zeminli) fren deney cihazı.....	56
3.4. Taşıt Fren Sistemleri İle İlgili Tanım ve Yönetmelikler	57
3.4.1. Araç sınıfları ve fren düzenleri	58
3.4.1.1. L sınıfı araçlar	58
3.4.1.2. M sınıfı araçlar	58
3.4.1.3. N sınıfı araçlar	59
3.4.1.4. O sınıfı araçlar	59
3.4.1.5. LTT ve diğer araçlar	59
4. MATERYAL VE METOT.....	60
4.1. Deney Şartları	60
4.2. Deneyde Kullanılan Ekipmanlar.....	61
4.3. Deneyin Yapılışı	70
5. BULGULAR	72
5.1. Matematiksel Model.....	90
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR.....	94

TEŞEKKÜR.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	99
EKLER.....	100
Ek-1 : Taşıtların yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri ve süreleri tabloları ..	102
Ek-2 : Deneylerde kullanılan taşıtların ve karayolunun genel görünümü.....	110

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A	Taşıtın enine kesit alanı, m ²
A _F	Disk veya kampana yüzey alanı, m ²
a _y	Yavaşlama ivmesi, m/s ²
c	Özgül ısı kapasitesi, Nm/kgK
c _w	Hava direnç katsayısı
F	Frenleme kuvveti, N
FA	Arka aks fren kuvveti, N
FA _y	Ayak kuvveti, N
FB	Taşıt ivme kuvveti, N
FK	Kol kuvveti, N
FL	Hava direnci, N
FÖ	Ön aks fren kuvveti, N
FR	Yuvarlanma kuvveti, N
fR	Yuvarlanma direnç katsayısı
FSt	Yokuş kuvveti, N
FT	Tekerlek tahrik kuvveti, N
Fx	Tekerlek çevre kuvveti, N
Fz	Tekerlek yükü, N
g	Yer çekim ivmesi, m/s ²
G	Taşıtın toplam ağırlığı, N
GF	Disk veya kampana ağırlığı, N
k	Aktarma organlarının toplam verimi, %
n	Frenleme tekrar sayısı
p	Yol eğimi, ° (Derece)
P	Frenleme gücü, J/s
PM	Motor gücü, W
P ^s	Fren sistemindeki basınç, bar
PT	Tekerlek Gücü, W

P^b	Olması gereken sistem basıncı, bar
Q	Isı akımı, J/s
S	Yol, m
S_d	Durma mesafesi, m
S_f	Frenleme mesafesi, m
S_g	Gerçek durma mesafesi, m
S_{id}	İdeal durma mesafesi, m
S_{min}	Minimum durma mesafesi, m
t	Periyot, bir frenleme çevrimi için geçen süre, s
T_a	Tepki gösterme süresi, s
T_b	Tahrik yükselme süresi, s
T_r	Reaksiyon süresi, s
T_s	Sistem basıncı yükselme süresi, s
T_v	Tam frenleme süresi, s
T	Sıcaklık, K, °C
V	Taşıt hızı, m/s
W	İş, J
Z	Frenleme faktörü
λ	Kayma, %
ρ	Yoğunluk, kg/m ³
χ	Ağırlık merkezi yüksekliğinin akslar arasındaki uzaklığa oranı
I	Dönen kütlelerin atalet momenti, kgm ²
α	Isı iletim katsayısı, Jm ² /K
μ	Tekerlekle yol arasındaki sürtünme katsayısı
Ψ	Araç ağırlığının statik arka aks yüküne oranı
Φ	Toplam fren kuvvetinin arka aks fren kuvvetine oranı
η_f	Fren verimi, %
μ_g	Kızaklama anında tutunma katsayısı
μ_h	Tekerlek kilitlenmeden önceki tutunma katsayısı

İNDİSLER

A	Tepki gösterme süresi, s
B	Tahrik yükselme süresi, s
R	Reaksiyon süresi, s
S	Sistem basıncı yükselme süresi, s
V	Tam frenleme süresi, s

KISALTMALAR

ABS	Anti-lock Braking System (Kilitlenmeyi önleyici sistem)
AİTM	Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
DVP	Design Verification Plans (Dizayn Tanımlayıcı Planlar)
DTV	Disks Thickness Variation (Disklerdeki kalınlık Değişimi)
ECE R13	Economic Commission for Europe Regulation (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliği)
EC	European Commission (Avrupa Topluluğu Yönetmeliği)
FMVSS	Federal Motor Vehicle Safety Standarts (Federal Motor Taşıt Güvenlik Standartları)
ISO	International Standarts Organization (Uluslararası Standartlar Organizasyonu)
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administrations (Uluslararası Karayolu Trafik Güvenliği Yönetimi)
NCAP	New Car Assessment Program (Yeni Araçlarla İlgili Bilgi Edinme Programı)
OSA	National Organization for Automotive Safety (Uluslararası Otomotiv Güvenlik Organizasyonu)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Taşıtlarda kullanılan fren çeşitleri.....	9
Şekil 2.2. Tipik bir sürtünme / kayma karakteristiği	11
Şekil 2.3. ABS devre şeması.	11
Şekil 2.4. Değişik kontrol teknikleri için bulunan durma mesafeleri	12
Şekil 2.5. ABS sistemi parçaları.....	13
Şekil 2.6. Bir fren donanımının fonksiyonel akış şeması	13
Şekil 2.7. Fren donanımlarının işlevsel bölümlerine göre sınıflandırılması	14
Şekil 2.8. Fren sistemi parçaları	15
Şekil 2.9. Fren diski	16
Şekil 2.10. Fren Kampanası	17
Şekil 2.11. Frenleme gücünün, sabit ivme hali için zamana bağlı değişimi	20
Şekil 2.12. Fren sıcaklık artışının çevre sıcaklığına göre zamana bağlı değişimi. 21	21
Şekil 2.13. Frenlemenin yavaşlama ivmesi, hız ve zamana bağlı değişimi.	23
Şekil 2.14. Tekerleğin tutunma katsayısına bağlı olarak kayma eğrisi	25
Şekil 2.15. Farklı zeminlerdeki tutunma katsayısına bağlı olarak kayma eğrileri 25	25
Şekil 2.16. İyilik derecesine bağlı durma mesafesi uzama oranları	26
Şekil 2.17. Frenleme esnasında tekerlekte oluşan kuvvetler.....	34
Şekil 2.18. Sürtünme katsayısının sıcaklığa bağlı olarak deneyden sonuçları.....	38
Şekil 3.1. Hidrolik ölçüm yapan Tamburlu fren deney cihazı ve parçaları	55
Şekil 3.2. Platform (Düz zemin) fren deney cihazı	56
Şekil 4.1. Renault 11 GTS genel görünümü.....	62
Şekil 4.2. Peugeot 307 genel görünümü	63
Şekil 4.3. Peugeot Partner genel görünümü	64
Şekil 4.4. Volkswagen Caddy genel görünümü	65
Şekil 4.5. Renault 9 Broadway genel görünümü.....	66
Şekil 4.6. Renault 19 Europe gelen görünümü.....	67
Şekil 4.7. Ford Focus genel görünümü	68
Şekil 4.8. Renault Megane genel görünümü	69
Şekil 5.1. Yüksüz taşıt hızı-frenleme mesafesi grafikleri.	72

Şekil 5.2. Yüksüz taşıt hızı-frenleme süresi grafikleri.....	73
Şekil 5.3. Yüklü taşıt hızı-frenleme mesafesi grafikleri.	73
Şekil 5.4. Yüklü taşıt hızı-frenleme süresi grafikleri.....	75
Şekil 5.5. Renault 11 GTS taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.	756
Şekil 5.6. Renault 11 GTS taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.....	756
Şekil 5.7. Peugeot 307 Comfort taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri	757
Şekil 5.8. Peugeot 307 Comfort taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.....	78
Şekil 5.9. Peugeot Partner taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.	79
Şekil 5.10. Peugeot Partner taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.....	79
Şekil 5.11. Volkswagen Caddy taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri. ...	80
Şekil 5.12. Volkswagen Caddy taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.....	81
Şekil 5.13. Renault 9 Broadway taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri. .	81
Şekil 5.14. Renault 9 Broadway taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.	82
Şekil 5.15. Renault 19 Europe taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.....	82
Şekil 5.16 Renault 19 Europe taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.	82
Şekil 5.17. Ford Focus taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.	85
Şekil 5.18. Ford Focus taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.....	85
Şekil 5.19. Renault Megane taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.	86
Şekil 5.20. Renault Megane taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.....	87
Şekil 5.21. Değişik hız şartlarında kuru bir yoldaki durma mesafesi grafiği.....	88
Şekil 5.22. K.G.M ile yüksüz yapılan deney sonuçlarının karşılaştırılması.	89
Şekil 5.23. ABS'siz taşıtın ölçülen ve hesaplanan frenleme mesafesi grafikleri. .	91
Şekil 5.24. ABS'li taşıtın ölçülen ve hesaplanan frenleme mesafesi grafikleri. ...	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Durma mesafesinin fren verimi ve araç hızına göre değişimi	36
Çizelge 3.1 T.S.5880 de belirtilen fren deneyleri.....	45
Çizelge 3.2. Araçların sınıflarına göre sağlamaları gereken sınır şartları.....	46
Çizelge 3.3. Araçların sağlamaları gereken ortalama frenleme ivmeleri.....	47
Çizelge 3.4. Tip O deneyinde araçların sağlamaları gereken durma mesafeleri...	49
Çizelge 3.5. Tip I deney koşulları.....	51
Çizelge 4.1. Deneylerde kullanılan taşıt lastiklerinin özellikleri	61
Çizelge 4.2. Renault 11 GTS marka taşıtın özellikleri.	62
Çizelge 4.3. Peugeot 307 Comfort 1.4 marka taşıtın özellikleri.	63
Çizelge 4.4. Peugeot Partner Van 190D marka taşıtın özellikleri.	64
Çizelge 4.5. Volkswagen Caddy marka taşıtın özellikleri.	65
Çizelge 4.6. Renault 9 Broadway marka taşıtın özellikleri.....	66
Çizelge 4.7. Renault 19 Europe marka taşıtın özellikleri.	67
Çizelge 4.8. Ford Focus marka taşıtın özellikleri.....	68
Çizelge 4.9. Renault Megane marka taşıtın özellikleri.	69
Çizelge 5.1. Değişik hız şartlarına göre kuru ve düz yoldaki durma mesafeleri...	88
Çizelge 5.2. K.G.M' nin değişik hızlarda durma mesafeleri ve durma süreleri...	89
Çizelge 5.3. Matematiksel model parametreleri.....	90

1.GİRİŞ

Taşıtlarda fren sistemlerinin kullanılmasının amacı, hareket halindeki taşıtı kısa sürede ve güvenli bir şekilde durdurmaktır. Bununla birlikte hareketsiz halde duran taşıtın sabit kalmasını sağlamaktır.

Hareketli bir taşıt, hızı itibariyle kinetik enerjiye ve konumu itibariyle de potansiyel enerjiye sahiptir. Frenleme esnasında taşıtın sahip olduğu kinetik enerji, sürtünme elemanları ve tekerleklerde ısı enerjisine dönüşür. Frenleme süresince taşıtın kararlılığını koruması, frenleme ve pedal kuvveti değişimleri, durma mesafesi, tekerlek yol etkileşimi, fren elemanlarında aşınma gibi faktörler, üreticilerin fren sistemleri ile ilgili olarak dikkate alması gereken önemli hususlardır.

Taşıtın frenleme, ivmelenme ve dönüş manevralarındaki kuvvet iletimi tekerlek vasıtası ile sağlanır. Tekerleğin yola temas yüzeyinde meydana gelen tahrik kuvveti, frenleme için de belirleyici bir faktördür. Frenleme esnasında, balata ile kampana veya disk yüzeyinde oluşan sürtünme kuvveti, tekerlekle yol arasındaki tutunma kuvveti ile doğrudan ilişkilidir. Tutunmanın zayıf olduğu şartlarda frenleme kuvveti de değişecektir (Limpert 1999).

Emniyetli ve etkili frenleme şartları için tekerlek-yol etkileşiminin (ıslak, karlı, buzlu) yanı sıra fren sisteminin mekanik ve hidrolik aksamının durumu, balatalar, taşıtın düz yolda veya viraj da iken frenlemenin yapılması, taşıtın yük durumu ve sürücü gibi faktörler de oldukça önemlidir. Yani fren sistemi her türlü koşulda görevini yerine getirebilmelidir (Altıparmak 2001).

Frenleme fonksiyonlarının yerine getirilmesi ve yaptıkları işlem bakımından üç çeşit fren sistemi vardır. Bunlar (Altıparmak 2001);

- a. Taşıtın yavaşlatılması veya durdurulmasını sağlayan, asıl frenleme fonksiyonunu yerine getiren, “servis freni”

- b. Fren sistemindeki bir arıza durumunda devreye giren “ikinci veya acil durum” fren sistemi
- c. Duran bir aracı yerine tespit için kullanılan “park freni” dir.

Fren sistemlerinin görevlerini yerine getirip getirmediğini anlamak için fren performans deneyleri yapılmaktadır. Bu deneyler gerek günümüz şartları içerisinde firmaların birbirleri ile rekabetleri, gerekse modern taşıtların hız ve güçlerinin artması ile buna paralel olarak ilerleyen trafik kazalarının oranını azaltmak için zorunluluk haline gelmiştir. Ülkeler kendi sınırları içerisinde üretim yapan araç firmalarına, araçlarını kullanıma sunabilmeleri için fren performans deneylerini yapmalarını şart koşmuştur (AİTM. 2004).

Ülkelerin belirlemiş oldukları standartlar ve üye oldukları toplulukların standartlarına göre fren performans deneyleri farklılık göstermektedir. Fakat temel olarak hepsinin yöntem ve sınırlılıkları ortaktır. Sonuçta önemli olan aracın sahip olduğu fren sistemlerinin normal kullanım esnasında veya panik frenleme anında yeterli performansı göstermesinin belirlenmesidir (AİTM. 2004).

Otomotiv firmaları ürettikleri taşıtların fren performanslarını taşıtın uluslar arası standartlarına göre tespit etmekte ve yol deneyleri ve cihaz deneylerini yaparak fren performansını tespit ederek taşıtları kullanıma sunmaktadır. İmal edilen taşıtların üretim esnasındaki fren performansını koruyabilmesi, lastiklerin ve balataların aşınması gibi nedenlerden dolayı taşıtın uzun süre koruması mümkün değildir. Kullanım sonucunda belirli bir zaman sonra aracın frenleme performansı değişebilir. Hem fren sisteminde yapılan bakım-onarım işlemlerinden sonra, hem de araçların periyodik olarak yapılan fenni muayeneleri esnasında performanslarının tekrar kontrol edilmesi gerekir.

Hızla gelişen rekabet şartları içerisinde ve özellikle trafik kazalarının insanlar üzerinde büyük etki yapması sonucu yol deneyleri ve cihaz deneyleriyle yapılan fren performans testleri üreticiler tarafından önem kazanmaktadır. Ayrıca kanunların öngördüğü zorunluluklarla birlikte üretici firmalar, özel bazı kuruluşlar

tarafından verilen güvenlik amaçlı sertifikaları almak amacı ile bu deneyleri yaptırmaktadırlar.

Fren performans deneyleri amaçları ve yapılış şartları bakımından iki ana gruba ayrılmaktadır.

1. Yapılış amaçları bakımından;

- Kanunlarla ülkelerin üretici firmalara zorunluluk haline getirdiği deneyler
- Firmaların güvenlik amaçlı yaptırdıkları sertifika deneyleri
- Üretici firmaların kendi içlerinde araştırma geliştirme çalışmalarını sırasında yaptıkları deneyler
- Fenni muayene esnasında yapılan fren performans deneyleri

2. Yapılış şekli ve şartları bakımından;

- Yol deneyleri
- Test cihazları üzerinde yapılan deneyler

Cihaz üzerinde yapılan deneyler daha kısa sürede yapılması, pratik olması, özel alanlar gerektirmemesi, seri üretim anında kullanımının uygun olması, maliyetinin ucuz olması gibi nedenlerden dolayı yol deneylerine göre daha çok tercih edilmektedir. Aynı zamanda cihaz deneyleri üreticiler tarafından yapılan yol deneylerinin sonuçlarının kontrol edilmesi için de kullanılır (Düzgün 2002).

Yol deneyleri firmaların üretim aşamasında, taşıta etki eden faktörlerin bir kısmının(sürücü, yol yüzeyi, hava şartlar, v.b.) oluşturularak yapılmasından dolayı cihaz deneylerine göre daha güvenilir deneylerdir. Fakat seri üretim aşamasında bütün taşıtlarda yol deneylerini yapma imkânı çok zor olduğundan örnekleme taşıt üzerinde fren performans deneyleri yapılarak diğer araçların fren performansı cihaz deneyleri ile tespit edilmektedir. Bu deneyler birbirleri için referans teşkil

etmelerinden dolayı birbirlerini tamamlayıcı özellik taşımaktadır. Günümüz taşıtlarında yaygın olarak kullanılan ABS fren sistemlerinin performans deneyleri günümüzde cihaz deneyleri ile yapılamamaktadır. Bu sebeple gelişmiş fren sistemlerinin kullanıldığı taşıtların fren performans deneyleri yol deneyleri ile sağlanmaktadır. Yol deneylerinde elde edilen değişik parametrelerin ve analizlerin cihaz deneylerinde kullanılamaması yol deneylerine farklılık getirmektedir. Örneğin değişik zemin şartlarının, hava koşullarının, aerodinamik etkilerinin oluşturulması cihaz deneylerinde güç olmaktadır.

Yol deneyleri yapıldıkları özel alanlar ve özel ekipmanlardan dolayı büyük maliyet gerektiren deneylerdir. Üretim için yol deneylerinin kanuni zorunluluklar nedeniyle zorunlu hale getirildiği ülkelerde yol deneyleri yapma imkânlarını üreticilere sunan veya kendileri yapan özel deney merkezleri kurulmuştur. Firmalar devlet onayı ile yeterlilik belgeleri verebilme yetkisine sahiptir. Aynı zamanda çok büyük maliyetlerle yapılan yol deneyleri firmalar içinde birer gelir kaynağı olmuştur. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde bu deneyler Amerikan Ordusu tarafından "U.S. Army Aberdeen Test Center" de yapılmaktadır (Garrot and Mazzae 1999).

Bu çalışmada, durma mesafesine etki eden parametrelerden taşıt ağırlığının frenlemeye olan etkisi araştırılmıştır. ABS'li ve ABS'siz taşıtların yüklü ve yüksüz durumda elde edilen sonuçların güvenilir bir şekilde değerlendirilebilmesi için uluslararası nitelikli olan ISO ve ulusal nitelikli olan TSE standartları temel alınmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda ABS'li ve ABS'siz taşıtların yüklü ve yüksüz durumlarında durma mesafesine etkisi incelenmiş, elde edilen veriler birbirleri ve yönetmelikler ile karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Taşıt üzerindeki fren sisteminin performansının analiz edilmesi için fren testleri yapılmaktadır. Bu testler ulusal ve uluslararası yönetmeliklerin ve kanunların belirlediği kriterlere göre yapılmaktadır. Fren performans testlerini yol testleri ve cihaz üzerinde yapılan testler olarak iki gruba ayrılabilir. Yol testleri, cihaz üzerinde yapılan fren performans testlerine oranla daha güvenilirdir. Aracın fren sistemini ve dolayısıyla durma mesafesini ve süresini sürücü, hava durumu, yol yüzeyi, yük gibi birçok faktör etkilemektedir ve bu etkenler cihaz üzerinde tam olarak sağlanamamaktadır.

Yol testlerinin cihaz üzerinde yapılan testlere oranla daha verimli olmasına karşın, yol testlerinde kullanılan ekipmanların maliyetinin yüksek olması ve yol deneylerinin riskli olması bu testlerin yapılabilirliğini güçleştirmektedir.

Yol deneylerinde kullanılan ekipmanlar genellikle beşinci tekerlek, pedal kuvveti ölçme aparatı, yavaşlama ivmesi ölçüm cihazı, fren sistemi sıcaklığını ölçen termometre, fren sistemi basıncını ölçen manometre ve taşıt hızını ölçen takometre kullanılır. Bu testler biri beşinci tekerlek yöntemidir. Beşinci tekerlek taşıtın arka kısmına monte edilir. Beşinci tekerlek vasıtasıyla taşıtın durma mesafesi tespit edilebilmektedir. Diğer yol deney yöntemi, referans noktaya göre frenlemedir. Deneyin yapılacağı pist üzerinde bir referans noktası seçilir. Taşıt bu referans noktasına ulaştığında frenleme yapılır. Taşıtın durduğu nokta ve bu referans noktası arasındaki mesafe ölçülerek durma mesafesi tespit edilebilmektedir.

Cihaz üzerinde yapılan testlerde ise tamburlu tip ve platformlu tip fren test cihazları kullanılmaktadır.

Fren performansı ve durma mesafesi ile ilgili yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir;

Bayrakçeken H., geliştirdiği fren test cihazı ile fren performans analizi yaparak, frenleme performansını etkileyen faktörleri incelemiştir. Frenleme kuvvetlerini ölçmek için, hidrolik olarak çalışan bir fren test cihazını elektro–mekanik hale dönüştürerek, fren testlerinin diğer cihazlara göre daha hassas ve doğru bir şekilde yapılmasını, frenleme esnasındaki değişikliklerin hassas olarak görülebilmesini sağlamıştır. Hata payı son derece küçük çıkmıştır. Geliştirdiği cihaz ile frenleme sırasındaki, fren kuvveti değişiklikleri eř zamanlı olarak görülebilmekte, kayıt edilebilmekte ve gerektiği zaman tekrar kullanılabilir. Cihazdan elde edilen fren kuvvetleri gerek teorik olarak (sihirli formül) daha önceden yapılmış çalışmalar ile gerekse uygulamalı olarak başka cihazlarla karşılaştırılmış ve ölçüm sonuçlarının doğruluğu kanıtlanmıştır (Bayrakçeken 2002).

Düzgün M., fren performansının belirlenmesinin en önemli etken olan durma mesafesini ve durma mesafesine etki eden faktörleri incelemiştir. Durma mesafesinin ve süresinin belirlenmesi için maksimum hızın % 30, 55, 80 i ve sadece 80 km/h hızlarda fren yol deneyleri yapmıştır. Her hız için 60, 120, 180, 240, 300, ve 350 N pedal kuvvetlerinde deneyler yaparak, her frenleme için durma mesafesini ve durma zamanı ölçmüştür. Deney sonuçları diğer yapılan deney sonuçları ve ulusal ve uluslararası yönetmeliğe ve standartlara uygunluk göstermiştir (Düzgün 2002).

Kontbilek M., yol yüzeyi ve eğimdeki fren kuvvetini ölçmek için fren test cihazı tasarlamış ve üretimi yapılarak değişik tiplerdeki araçların fren kuvvet ölçümleri ve analizleri yapmıştır. Doğrusal veya yanal eğimli yol şartları ile değişik yol yüzeylerinde ki frenleme etkileri araştırmış, frenleme performansındaki farklılıklar tespit etmiştir. Fren test cihazı değiştirilebilir tamburlu ve diğer cihazlardan farklı olarak zeminden yüksek iki platform üzerinde yapmıştır (Kontbilek 2005).

Oppenheimer P., ABS sistemi bulunan ve bulunmayan taşıtların durma mesafeleri konusunda araştırma yapmış, ABS sisteminin frenleme sırasındaki kuvvet dağılımını nasıl etkilediğini, tekerlek ve yol arasındaki sürtünmenin önemini,

frenleme sırasında tekerleklerin kilitlenmesinin, durma mesafesini artırdığını tespit etmiştir (Oppenheimer 1999).

Loh W.Y. kapalı devre simülasyonu ile bir simülasyon programı geliştirmiştir. Testlerinde HIL (Hardware in the Loop Simulation) adında kapalı devre simülasyonu kullanmıştır. HIL donanımı, mekanik donanım, elektronik kontrol donanımı, simülasyon için araç modeli ve donanım ve sistem entegrasyonu için sistem yazılımını kapsamaktadır. Durma mesafesi hesabı için üç boyutlu dinamik araç modeli, fren sistemi, fren sisteminin bağlandığı dinamometre, elektronik kontrol ünitesi ve Pro-Link ve RT-Lab entegrasyon sistemi kullanılmıştır. Deneysel olarak 100 km / h hızda ve 3 MPa fren basıncında yapılmıştır. Bu yöntemle bilgisayar simülasyonları ve entegrasyon programları ile fren performans testlerinin yapılmasında yeni bir teknik geliştirmiştir (Loh 2003).

Altıparmak D. taşıtlarda tekerlek kilitlenmesinin durma mesafesi ve taşıt kararlılığına etkisini incelemiştir. ABS'li ve ABS'siz taşıtların durma mesafesini karşılaştırmış ve ABS'de uygulanan kontrol tekniklerini önermiştir. Farklı yüzeylerin taşıt kararlılığına etkisini araştırmıştır. Durma mesafesinin fren performansının bir göstergesi olduğuna ve tekerleklerin kilitlenmeden frenlemenin gerçekleştiği ABS sisteminin gerekliliği sonucuna varmıştır (Altıparmak 1996).

Bayrakçeken ve Altıparmak, fren kuvvet analizini deneysel ve matematiksel model ile yapmıştır. Hidrolik fren test cihazını elektronik hale dönüştürmüştür. Geliştirilen model ile değişik tekerlek-yol şartlarındaki fren kuvvetlerinin doğru bir şekilde hesaplanmasını sağlamıştır. Frenleme kuvvetini doğrudan etkileyen, lastik tırnak derinliği, zemin şartlarının değişimi, lastik hava basıncı, vb etkenlerin formüle edilmesi sağlamıştır. Frenleme kuvvetinin kayma oranına göre değişimi; bir parametre değişirken diğer parametreler sabit alınarak hesaplanmıştır (Bayrakçeken ve Altıparmak 2005).

Bayrakçeken ve Altıparmak, frenleme kuvvetlerini ölçmek için, hidrolik olarak çalışan, tamburlu tip bir fren test cihazı elektro–mekanik hale dönüştürmüştür. Fren testlerinin diğer cihazlara göre daha hassas, güvenilir şekilde yapılması, frenleme esnasındaki fren kuvveti değişikliklerin ayrıntılı olarak görülebilmesi ve elde edilen verilerin bilgisayar ortamında değerlendirilmesi imkanı elde etmiştir (Bayrakçeken ve Altıparmak 2003).

Düzgün ve arkadaşları, fren sistemi testleri ve bu testlerin cihazlar yardımıyla ne şekilde yapıldığı araştırmıştır. Farklı yöntemlerle ölçüm yapan cihazların karşılaştırılmasını yapmıştır. Tamburlu tip fren test cihazlarının diğer cihazlara göre daha üstün olduğu tespit etmiştir (Düzgün vd. 2003).

Bayrakçeken ve Düzgün, fren mesafesi ve fren veriminin analizini yaparak, frenleme mesafesi ve fren verimi için kullanılan matematiksel modeller ile bu modeller arasındaki farklılıklar ortaya koymuştur (Bayrakçeken ve Düzgün 2005).

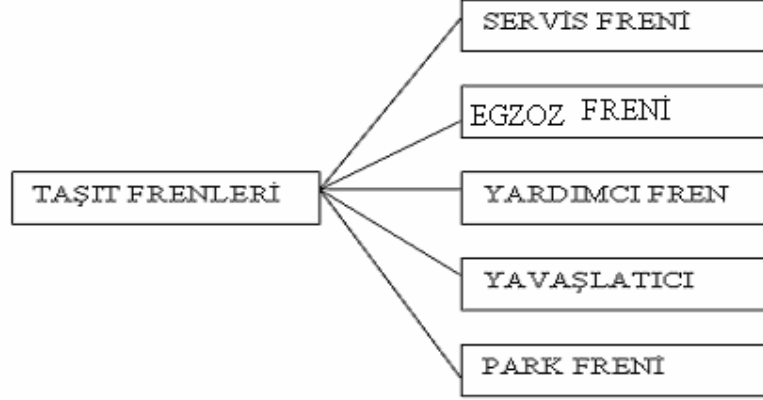
Huang S. and Ren W., taşıtın doğrusal kontrolünün sağlanması için bir algoritma geliştirerek çekiş ve frenlemenin optimizasyonunu gerçekleştirerek hesaplanan biri fren diğeri gaz olan iki kontrol prensibini incelemişlerdir. Bu hesaplanan iki kontrol sinyalini gaz kelebeğinin yada fren sisteminin aktif olup olmayacağını belirlemek için kullanmışlardır. Kontrol prensiplerinin sonuçlarını taşıtın frenlemesini ve çekişini düzenlemek için göstermişlerdir (Huang and Ren 1999).

2.1. Fren Sistemleri

Frenler, motorlu taşıtların emniyetini sağlayan düzenlerdendir. Hareket halindeki taşıtı yavaşlatmak ve durdurmak, taşıtın hızını kontrol altında bulundurmak ve diğer taraftan duran aracı yerinde tespit etmek üzere kullanılırlar. Bu görevleri yerine getirmek için frenleme kuvvetine gerek vardır. Fren donanımları bu kuvveti oluşturur.

Motorlu taşıtlarda frenleme kuvvetini meydana getiren fren mekanizmaları genellikle sürtünme kuvvetlerinden yararlanarak çalışırlar (Anlaş 1990).

2.1.1. Fren çeşitleri



Şekil 2.1. Taşıtlarda kullanılan fren çeşitleri (Düzgün 2002).

2.1.1.1. Servis freni

Ana fren, sürücüye taşıtın hızını kumanda edebilmesi ve emniyetli, çabuk ve etkin şekilde durdurmasını sağlar. Kademeli bir yapıdadır. Sürücü, frenlemeyi taşıt içerisinde kolaylıkla sağlayabilir.

2.1.1.2. Yardımcı fren (ikincil fren)

Yardımcı fren, ana fren devre dışı kaldığında devreye girer ve aracı uygun bir uzaklıkta durdurabilir. Bu frenin kullanılma amacı, ana fren üzerinde oluşabilecek arıza halinde, aracı durdurmaya yardımcı olabilmektir. Taşıt üzerindeki ikinci bir sistem olabileceği gibi, park freni de aynı görevi yapabilmektedir.

2.1.1.3. Park freni

Park freni, sürücü olmadığı zaman, taşıtı hareketsiz tutar. Park freni, etkisi kademeli ise, yardımcı fren olarak da sayılabilir.

2.1.1.4. Egzoz freni

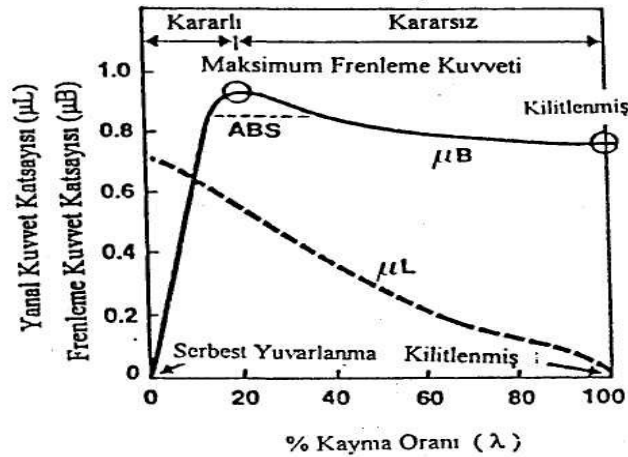
Egzoz çıkışı engelleyerek, taşıtın hızını motordan yararlanarak azaltılmasını sağlayan frenlemedir.

2.1.1.5. Yavaşlatıcılar (Retarderlar)

Motor freni ve servis frenleri dışında, enerji emerek veya depolayarak taşıtın hızının azaltılmasında kullanılan motor kompresyon yavaşlatıcısı, vites kutusu çıkışında kullanılan hidrolik yavaşlatıcı, sıkıştırılmış hava yavaşlatıcısı ve motor egzoz kompresyon yavaşlatıcısı gibi düzenlerdir.

2.1.1.6. ABS fren sistemi

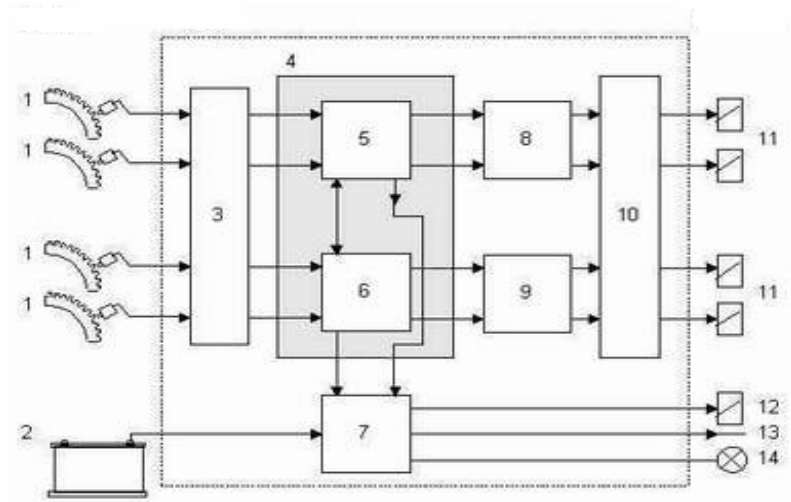
Her türlü yol ve sürüş koşullarında frenleme sırasında tekerleklerin kilitlememesini sağlayan bir düzendir. Böylece taşıt kararlılığı ve direksiyon hâkimiyetinin korunması sağlanmaktadır.



Şekil 2.2. Tipik bir sürtünme / kayma karakteristiği (Altıparmak 1996).

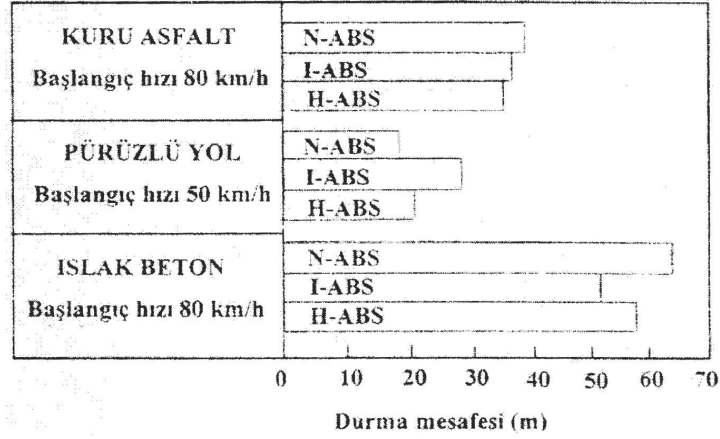
Şekil 2.2.'de tekerlek kayma oranı ile yanıl kuvvet katsayısı ve frenleme kuvveti katsayısı verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi, frenleme başlangıcında frenleme kuvvetini oluşturan fren basıncı artar ve taşıt hızı azalır. Taşıt hızı ile tekerlek hızı arasındaki fark (brake slip) maksimum sürtünme katsayısı kayma değeriine ulaşınca kadar artar. Buda kararlı ve kararsız bölge arasındaki limiti gösterir. Taşıtın ön tekerleklerinin kilitlenmesi halinde direksiyon hakimiyeti kaybolur. Arka tekerleklerin kilitlenmesi halinde taşıtın doğrusal kararlı hareketi kaybolur. Kilitlenme anındaki tutunma, maksimum frenleme kuvvetinin meydana geldiği tutunma değeriinden daha düşüktür. İyi bir ABS, frenleme kuvvetini sürekli olarak maksimum tutunma civarında muhafaza eden sistemdir (Altıparmak 1996).

Dört-tekerlek ABS, tekerlek kilitlenmesini önleyerek, sürücülere acil frenleme durumlarında kararlılık ve yön kontrolü sağlamaktadır. İlk kez 1936 yılında Almanya'da geliştirilmiş ve patenti alınmıştır. ABS, her tekerleğin yakınında dönme hızını algılayarak tekerleklerin çekiş kaybettiği ve kilitlenmek üzere olduğunu algılayan sensörlere sahiptir. Elektronik kontrol ünitesi (ECU-Electronic Kontrol Unit) bu sinyalleri değerlendirerek, fren basıncını değiştirmek yoluyla tekerlek kilitlenmesini önleyen hidrolik kontrol ünitesine (HCU-Hydraulic Kontrol Unit) komutlar gönderir.



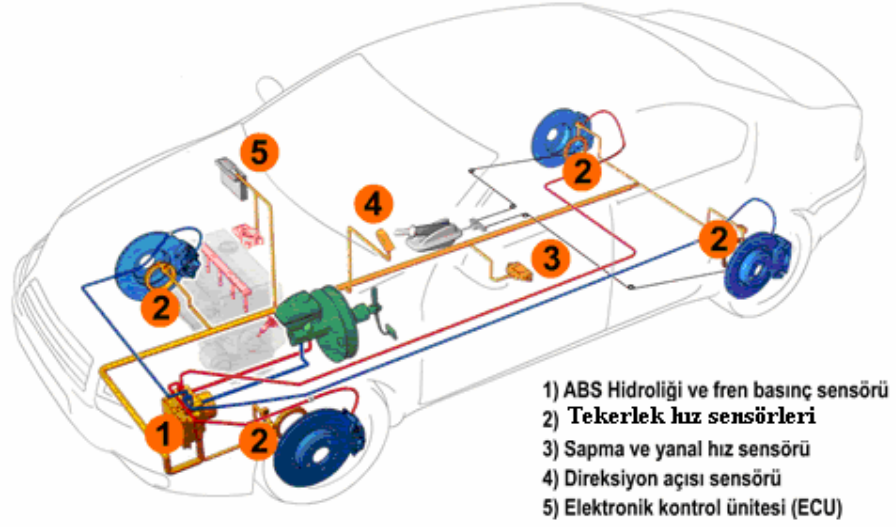
Şekil 2.3. ABS devre şeması.

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1- Tekerlek hız sensörleri | 8- Çıkış devresi (1) |
| 2- Batarya | 9- Çıkış devresi (2) |
| 3- Giriş devresi | 10- Çıkış kademesi |
| 4- Dijital kontrollere | 11- Solenoid valfler |
| 5- LSI devresi (1) | 12- Güvenlik rölesi |
| 6- LSI devresi (2) | 13- Sabit batarya voltajı |
| 7- Voltaj sabitleyici / hata hafızası | 14- indikatör ampulü |



Şekil 2.4. Değişik kontrol teknikleri için bulunan durma mesafeleri (Altıparmak 1996).

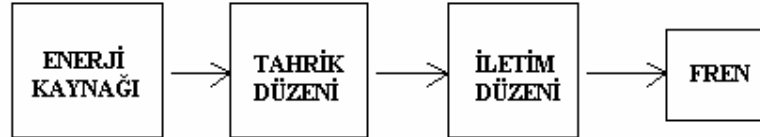
- a-) N-ABS: ABS kullanılmayan taşıt,
- b-) H-ABS: Select-high tekniğinin ön tekerleklerde uygulanması,
- c-) I-ABS: Select-low tekniğinin arka tekerlekler için uygulanması



Şekil 2.5. ABS sistemi parçaları.

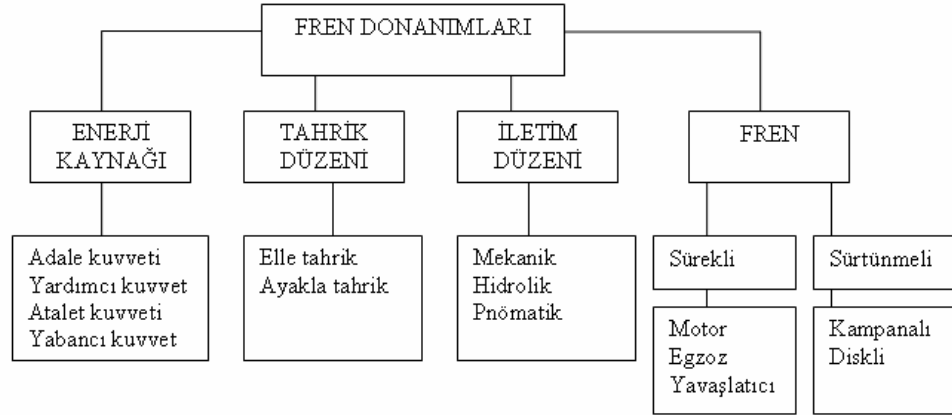
ABS frenleme ivmesini ve taşıtın stabilitesini koruduğundan dolayı birincil güvenlik sistemidir ve kazalardan kaçınılması için geliştirilmiştir (NHTSA 2000).

2.1.2. Fren sisteminin enerji kaynağı ile ilgili tanımlar



Şekil 2.6. Bir fren donanımının fonksiyonel akış şeması (Düzgün 2002).

Bir fren donanımının fonksiyonu yerine getirme durumu, Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi bir akış diyagramı şeklinde gerçekleşir. Fren donanımlarının elemanlarının tiplerine göre sınıflandırılması Şekil 2.7.'deki gibidir. Bu sınıflandırmanın bazı elemanları ile ilgili tanımlar şöyledir;



Şekil 2.7. Fren donanımlarının işlevsel bölümlerine göre sınıflandırılması
(Düzgün 2002).

2.1.2.1 Yardımcı kuvvetli enerji kaynağı

Takviyeli fren düzeni; sürücü tarafından uygulanan ve aktarılan fren kuvvetine ilave başka bir enerji kaynağından sağlanan ilave destek düzendir.

2.1.2.2. Yabancı kuvvetli enerji kaynağı

Yabancı kuvvetli fren düzeni; sürücünün yönlendirdiği ve aktarılan kuvvetin tamamen başka bir enerji kaynağından sağlanmasıyla oluşan düzendir. Bu kuvvet kaybolduğunda sadece kas gücüyle bu düzeni çalıştırmak olanaksızdır.

2.1.2.3. Atalet kuvvetli enerji kaynağı

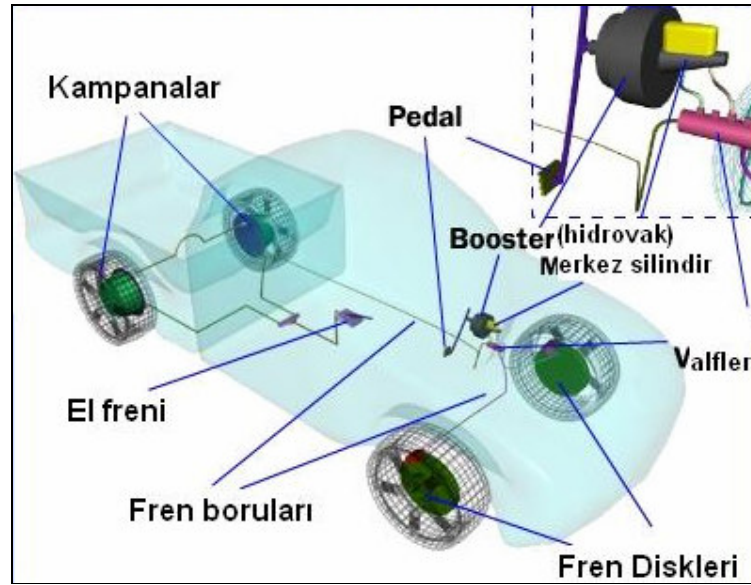
Ataletle frenleme düzeni; römorkun çekiciye yaklaşmasından doğan kuvvetlerin kullanıldığı frenlemedir.

2.1.3. Sürtünmeli Frenler

İki sürtünme çiftini birbirine basan sıkma kuvveti, taşıt sürücüsünün kas kuvveti ile bir kuvvet deposu (yabancı kuvvetle çalışan fren sistemi) ile veya her iki kuvvet kaynağı ile elde edilmektedir. Her üç sistemde de kuvvet mekanik olarak sıkma tertibatlarına iletilir (Göktan vd. 1995).

Sürtünmeli fren sistemlerinde esas olarak kuvvetin tatbik düzenleri, kuvvetin iletim ve sıkma tertibatlarından meydana gelmektedir. Frenler genel olarak tekerlek frenleri olarak yapılırlar; Dönen kısım tekerlek ile bağlanmıştır. Fakat frenin bir tahrik mili yardımıyla da tekerleğe bağlanması (enine yön vericili tekerlek askı sistemi) mümkündür (Göktan vd. 1995).

Taşıtlarda bütün tekerlekler frenlenmektedir.” Şanzıman frenleri “ kuvvet iletim sistemi üzerine bağlanmıştır ve kardan mili ile diferansiyel üzerinden tekerleklere tesir etmektedirler (Göktan vd. 1995).



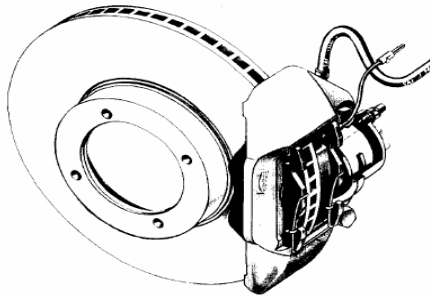
Şekil 2.8. Fren sistemi parçaları.

Taşıtlarda tekerlek freni olarak sürtünmeli frenler kullanılmaktadır. Genel olarak doğudan doğruya tekerleğe bağlı olan bu frenler iki ana fonksiyonu yerine getirirler.

1. Fren momentinin oluşturulması,
2. Enerji değişiminin gerçeklenmesi (kinetik veya potansiyel enerjinin ısı enerjisine dnştirlmesi ve bu ısının atılması).

2.1.3.1. Diskli frenler

Prensip olarak tekerlekle eř eksenli olarak monte edilmiş olan metal bir disk tekerlekle birlikte dönmektedir. Semer adı verilen ve tekerlek askı kollarına bağlı olan bir parça diski genel olarak bir köşesinden kavrar. Ender olarak diski çepeçevre kavrayan semerler de mevcuttur. Semerin iç kısımlarında diskin iki yüzeyine yaslanan balatalar frenleme sırasında hidrolik basınç ile diski her iki yönden eşit kuvvetle sıkıştırırlar. Diskin semer tarafından örtülü olmayan kısımları hava akımlarına açık bulunduğundan kolayca soğutulmaktadır. Çamur ve balata tozları merkezkaç kuvvetle ya da hava akımı ile temizlenirler. Disk kaba kirlenmelere karşı bir amurluk saçı ile korunmaktadır. şekil 2.9.'de bir disk fren görülmektedir (Göktan vd. 1995).



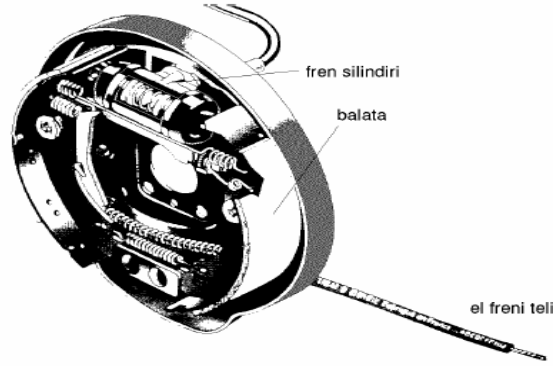
şekil 2.9. Fren diski (Göktan vd. 1995).

Diskli frenlerin avantajları (Çetinkaya 1999);

- a) Isıdan kurtulma kolaylığı.
- b) Her iki dönüş yönünde de aynı frenleme torkunu sağlamaları.
- c) Yüzeylerindeki yabancı maddelerden kolay kurtulurlar.
- d) Disk pabucu üzerindeki basınç dağılımı kampanalının pabucuna oranla daha düzgün olduğundan, daha kararlıdır.
- e) Yüksek hızlardaki frenlemede ani kavrana eğilimleri daha düşüktür.

2.1.3.2. Kampanalı frenler

Kampanalı frenlerde fren yüzeyi silindirikdir. Çeşitli tipleri olmakla birlikte karayolu taşıtlarının tekerlek frenlerinde içten pabuçlu olanlar kullanılmaktadır. Bantlı frenler genellikle otomatik vites kutularında, dıştan pabuçlu frenler ise raylı taşıtlarda bulunmaktadır. Kampanalı bir frenin ana parçaları kampana, pabuçlar, baskı düzeni ve taşıma düzenidir. Kampana, işletme şartlarının gerektirdiği mukavemet ve ısıl özellikleri sağlamak üzere konstrükte edilen bir elemandır. Şekil 2.10.'da bir kampanalı fren görülmektedir (Göktan vd. 1995).



Şekil 2.10. Fren Kampanası (Göktan vd. 1995).

2.1.4. Hidrolik fren sistemleri

Hidrolik fren sistemleri, taşıtın frenleme kuvvetinin oluşması için hidrolik yağ basıncından yararlanır. Fren sistemi Pascal'ın prensibine dayanır. Pascal'a göre, bir kabın içine konulmuş bulunan sıvının üzerine bir kuvvet uygulandığında sıvı bunu kabın çeperlerine aynı şiddette iletir. Hidrolik fren sistemlerinde sistem basıncını sağlayan merkez silindiri, fren boruları, tekerlek silindirleri bulunur. Hidrolik fren sistemleri diğer fren sistemlerine göre (mekanik ve havalı) tepki süresi daha kısadır. İmalatı daha kolay ve sistem olarak daha ucuzdur.

2.1.5. Havalı fren sistemleri

Hidrolik sistemin aynısı olarak çalışan havalı fren sistemi genellikle ağır taşıtlarda kullanılmaktadır. Havalı fren sistemlerinde hidrolik sistemlerde kullanılan hidrolik yağı yerine, basınçlı hava tekerlek silindir pistonlarına etkir ve taşıtın balataları fren diskine veya kampanasına baskı yaparak taşıtı yavaşlatır.

2.1.6. Fren enerjisi

Fren sistemleri enerji dönüştürücü sistemlerdir. Taşıtın sahip olduğu kinetik ve potansiyel enerjiyi ısı ve sürtünme enerjisine dönüştürürler.

Yokuş aşağı sabit hızda (yavaşlama ivmesi sabit) giderken yapılan frenleme, yeterli olduğu sürece motor kompresyonu ile sağlanır. Ayrıca ağır taşıtlar için egzoz freni, yavaşlatıcı gibi sistemler de aynı fonksiyonu görmektedir. Ancak, bu şekilde sağlanan frenlemenin yeterli olmadığı durumlarda normal servis frenleri kullanılır.

Yüksek yavaşlama ivmelerinde ve durmak için yapılan frenlemelerde, motor kompresyonu, egzoz freni ve yavaşlatıcı ile durma işlemi sağlanamaz. Bu durumda sürücü tarafından kumanda edilen ve taşıtın bütün tekerleklerine etki eden servis freni kullanılır.

Diğer bir fren sistemi olan park freni ise aracın yol üzerinde hareket etmemesi için belirli bir çevresel kuvvet uygulayarak aracı sabit tutmaktadır. Çevresel kuvvetin büyüklüğü yokuş eğimine bağlı olarak değişebilmektedir.

Taşıtın hareketi için gerekli olan tekerlek gücü aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$P_T = F_T V \quad (2.1)$$

$$F_T = F_R + F_L + F_{St} + F_B \quad (2.2)$$

$$P_T = (F_R + F_L + F_{St} + F_B) V \quad (2.3)$$

şeklinde yazılır. Bu eşitlikte P_T , tekerlek gücünü, F_T tekerlek tahrik kuvvetini, F_R yuvarlanma kuvvetini, F_L hava direncini, F_{St} yokuş kuvvetini, F_B taşıt ivme kuvvetini, V taşıt hızını ifade etmektedir.

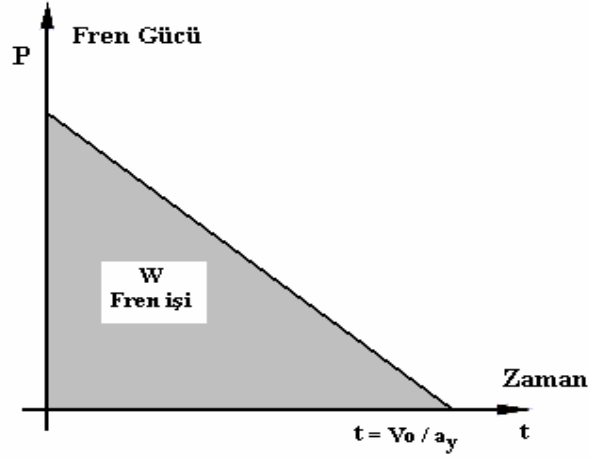
Motor kompresyonu ve yavaşlatıcılardan elde edilen frenleme gücü (P_M / η_k) gerekli frenlemeyi sağlayamıyorsa, geri kalan güç servis frenlerinden (P), elde edilir. Yani;

$$P_T = P + \frac{P_M}{\eta_k} \quad (2.4)$$

bağıntısı ile servis frenlerin sağlayacağı güç ifade edilir.

$$P = P_T - \frac{P_M}{\eta_k}$$

$$P = [f_R + p + (a_y \frac{I}{g})] G V + (c_w A \frac{\rho}{2} V^3) - (\frac{P_M}{\eta_k}) \quad (2.5)$$



Şekil 2.11. Frenleme gücünün, sabit ivme hali için zamana bağlı değişimi (Gökten vd. 1995).

Sabit hızla (sabit yavaşlama ivmesi ile) yokuş aşağı inişlerde fren gücü düşük ancak fren işi çok büyük olmaktadır, durma esnasındaki frenlemede ise fren gücü büyüktür. Bunun nedeni durma süresinin kısa olmasından dolayı yapılan işin küçük olmasıdır.

Şekil 2.11. de taralı alan sabit ivme durumunda oluşan frenlemede yapılan işi verir. Aynı zamanda frenleme esnasında oluşan ısının analizi yapılacak olursa, ısının zamana bağlı değişimi Şekil 2.12.'de görülmektedir. (P) frenleme gücü nedeniyle birim zamanda açığa çıkan ısının bir kısmı depolanmakta (Q_{depo}), kalan kısmı ise konveksiyonla havaya atılmaktadır ($Q_{konveksiyon}$) (ışınım yoluyla atılan ısı ihmal edilebilir).

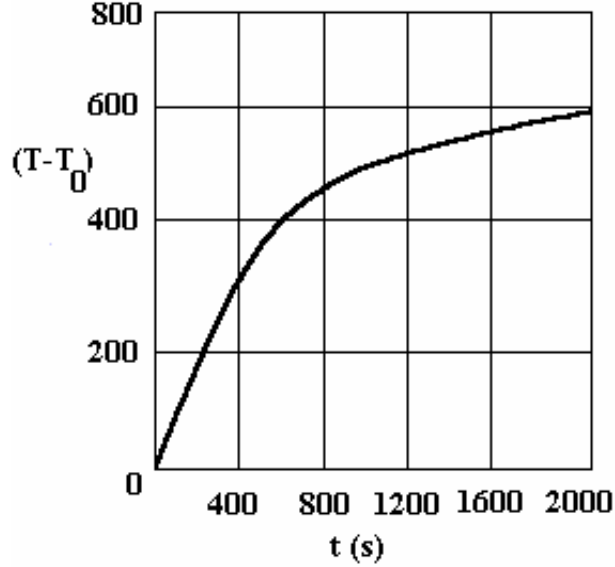
Hesaplamalarda kolaylık olması amacı ile frenin homojen olarak (T) sıcaklığında ısındığı kabul edilirse;

$$P = Q_{depo} + Q_{konveksiyon} \quad (2.6)$$

$$P = c G_F T + \alpha A_F (T - T_0) \quad (2.7)$$

yazılabilir. Bu eşitlikte (c) özgül ısı kapasitesi, (G_F) fren disk veya kampana ağırlığı, (α) ısı iletim katsayısı, (A_F) ısıveren yüzey alanı, (T_0) ise çevre

sıcaklığıdır. Şekil 2.10.' da örnek bir taşıtın eğimli bir yolda yokuş aşağı sabit hızda giderken yapılan frenleme anındaki (frenleme gücü sabit) sıcaklık artışı görülmektedir (Göktan vd. 1995).



Şekil 2.12. Fren sıcaklık artışının çevre sıcaklığına göre zamana bağlı değişimi ($V = 40 \text{ km/h}$) (Göktan vd. 1995).

2.2. Frenlemenin Seyri

Frenlemenin zamana bağlı değişimi Şekil 2.13.'de görüldüğü gibi, çeşitli büyüklüklerin değişimi ile ifade edilir.

Sürücünün gaz pedalından ayağını çekip fren pedalı üzerine koymasına kadar geçen süre 0,3–1,7s değerleri arasında değişim gösterir ve bu süre reaksiyon zamanı (t_r) olarak adlandırılır (Çetinkaya 1999).

Reaksiyon süresini etkileyen faktörler iki gruba ayrılır. Bunlar;

I. Kişisel faktörler: Sürücünün psikolojik ve fiziki durumu, sürüş yeteneği, alışılmış refleks ve başka şeylerle ilgilenme gibi faktörler,

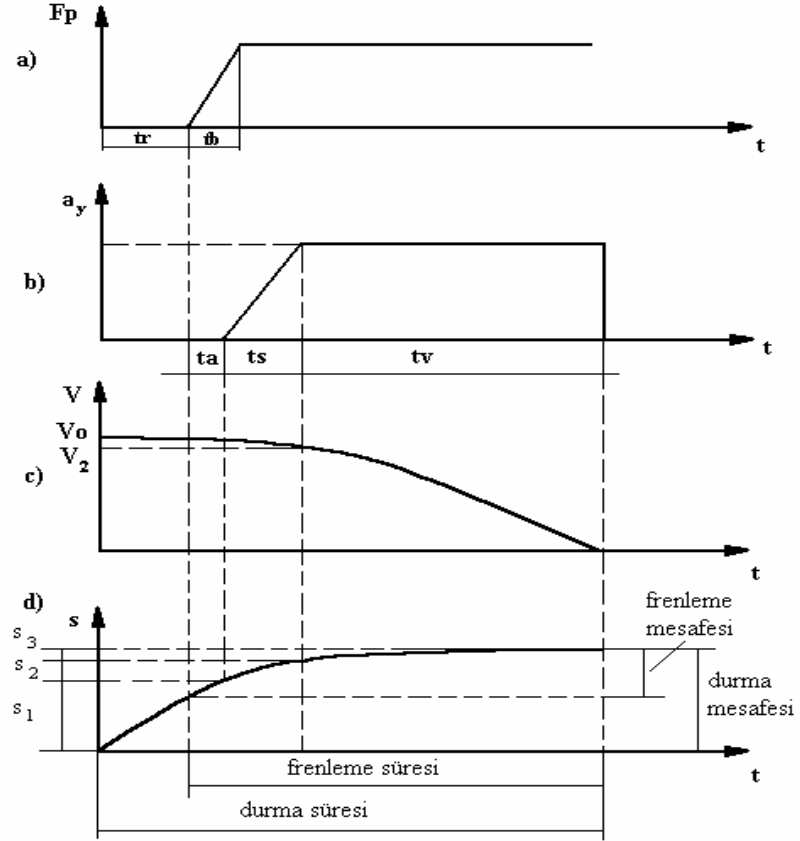
II. Dış faktörler: Trafiğin durumu, görüş açısı, mekanik ve hidrolik aksamın durumu, yol ve hava şartları gibi faktörlerdir.

Sürücünün ayağını fren pedalına koyduktan sonra pedal kuvvetinin maksimum değerine ulaşması 0,03–0,8 s arasında olup bu süre fren tahrik süresi (t_b) olarak tanımlanır.

Sürücünün fren pedalına bastıktan sonra sistemin tepki gösterme zamanı (t_a) yaklaşık olarak 0,036–0,054 s civarındadır (Çetinkaya 1999).

Frenleme ivmesinin maksimum değerine ulaşmasına kadar geçen süre (t_s) olup bu süre içerisinde sistem basıncı artış gösterir.

Sistem basıncının yükselme süresinin sonundan itibaren sabit pedal kuvveti nedeni ile frenleme ivmesi de sabittir. Sabit ivme ile frenlemenin devam ettiği zaman tam frenleme süresi (t_v) olarak tanımlanır.



Şekil 2.13. Frenlemenin yavaşlama ivmesi, hız ve zamana bağlı değişimi (Göktaş vd. 1995).

(t_r) Reaksiyon süresi, (t_b) Tahrik yükselme süresi, (t_a) Tepki gösterme zamanı, (t_s) Sistem basıncı yükselme süresi, (t_v) Tam frenleme süresi, (V_0) Başlangıç hızı.

2.3. Frenleme Faktörü (Fren İyilik Derecesi)

Yavaşlama ivmesinin yerçekimi ivmesine oranına frenleme faktörü (z) adı verilir.

$$z = \frac{a_y}{g} \quad (2.8)$$

Frenleme faktörü tekerleklerde oluşan toplam frenleme kuvvetinin, taşıt ağırlığına oranı şeklinde de ifade edilir (Bosch 1995).

$$z = \frac{F}{G} \quad (2.9)$$

$F_{x\ddot{o}}$, F_{xa} ön ve arka aks fren kuvvetleri olduğundan, toplam frenleme kuvveti

$$F_T = F_{x\ddot{o}} + F_{xa} \quad (2.10)$$

$$F_{x\ddot{o}} + F_{xa} = G z \quad (2.11)$$

yazılır. Bağlantıya yol ile tekerlek arasındaki tutunma katsayıları da eklenirse

$$\mu_{\ddot{o}} F_{z\ddot{o}} + \mu_A F_{za} = G z \quad (2.12)$$

elde edilir. Frenleme faktörü ve tutunma katsayısı sürücünün fren pedalına uyguladığı kuvvete, yolun ve tekerleğin tutunma karakterine ve fren momentinin akslara dağılımına bağlıdır. Şekil 2.14. ve 2.15.' de ön ve arka tekerleklerin tutunma katsayısına bağlı olarak, tekerlek kayma eğrilerinin değişimi gösterilmiştir. Frenleme kayması(λ), taşıt hızı (V_a) ile tekerlek çevresel hızı (V_t) arasındaki farkın taşıt hızına oranına denir ve;

$$\lambda = \frac{V_a - V_t}{V_a} \quad (2.13)$$

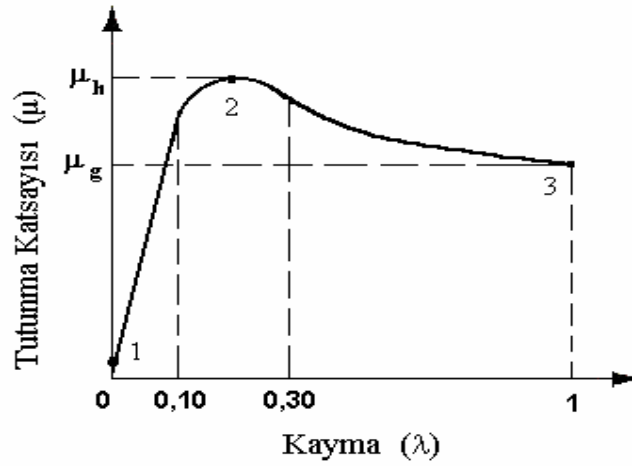
eşitliği ile ifade edilir.

Şekillerdeki (μ_h) tutunma katsayısının en büyük değer aldığı, kaymanın ise %10-30 civarında olduğu, (μ_g) ise kaymanın yüzde yüze yakın olduğu tekerleğin kızıkladığı andaki tutunma katsayısıdır.

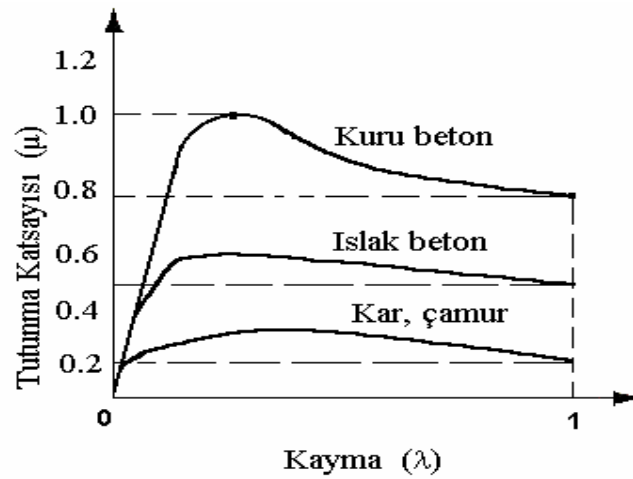
(1) durumunda taşıtın bütün tekerlekleri μ_h değerine erişmeden küçük bir kayma ile yuvarlanmaktadır. Bu normal frenleme halidir ve $z < z_{max}$ durumdadır.

(2) durumunda tekerlekler tutunma katsayısı sınırlarına erişmiş olup frenleme faktörü en büyük değerine ulaşmıştır. $z = z_{\max}$ durumundadır. Bundan dolayı $z = \mu_h$ eşitliği oluşur.

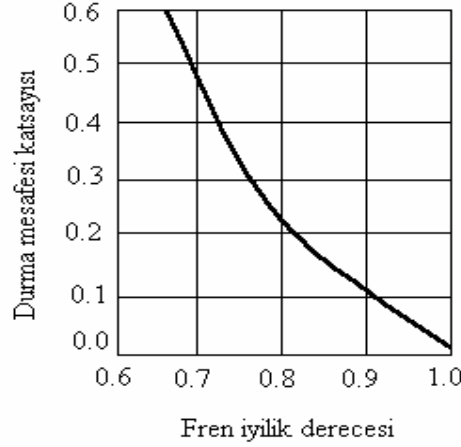
(3) durumlarında ise ön ve arka tekerleklerin her ikisi de bloke olmuş durumda ve $z < z_{\max}$ durumundadır. Fakat burada $z = \mu_g$ eşitliği oluşur bundan dolayı taşıtın bütün tekerlekleri kilitlenmiş ve taşıt doğrusal olarak kaymaktadır.



Şekil 2.14. Tekerleğin tutunma katsayısına bağlı olarak kayma eğrisi (Göktan vd. 1995).



Şekil 2.15. Farklı zeminlerdeki tutunma katsayısına bağlı olarak kayma eğrileri (Göktan vd. 1995).



Şekil 2.16. İyilik derecesine bağlı durma mesafesi uzama oranları (Göktan vd. 1995).

Şekil 2.16.'daki grafik iyilik derecesinin (frenleme faktörünün) düşük olmasının durma mesafesini uzattığını ortaya koymaktadır.

Durma mesafesi katsayısı şeklindeki ifade;

$$\frac{S_{\min} - S_{id}}{S_g} = \frac{S_{\min} - S_{id}}{v_0^2 / 2 \cdot \eta \cdot g} \quad (2.14)$$

eşitliği ile ifade edelebilir. (S_{id}) ideal durma mesafesidir. (S_{\min}) taşıtın sağlaması gereken minimum durma mesafesidir. (S_g) ise gerçek durma mesafesidir.

Deneyler esnasında taşıtın tam yüklü olması frenleme kuvvetinin buna bağlı olarak frenleme faktörünün tam olarak tespit edilmesi için gerekli bir durum olmasının yanı sıra, deneyler esnasında sistem basıncı ölçülerek, extrapolasyon yöntemi ile frenleme faktörünü (2.15) eşitliği ile tespit etmek de mümkün olur (Bosch 1995).

$$z = \frac{F \cdot (P_b - 0,4 \cdot bar)}{Gz \cdot (P_s - 0,4 \cdot bar)} \quad (2.15)$$

P_b = Olması gereken sistem basıncı

P_s = Deney esnasındaki sistem basıncı

2.4. Frenleme ve Durma Mesafesi

Taşıtın kısa sürede ve etkili bir şekilde durdurulmasını amaçlayan bir frenlemede, fren sistemi performansının temel değerlendirme noktası olarak durma mesafesi alınır. Frenleme işleminin başlamasında itibaren taşıtın durmasına kadar geçen sürede taşıtın almış olduğu toplam yol: frenleme esnasındaki alınan yol ile sürücünün reaksiyonu süresinde alınan yolun toplamıdır. “Toplam durma mesafesi” olarak adlandırılan bu mesafenin çeşitli nedenlerle uzaması veya kısılması, frenleme performansının önemli bir göstergesidir.

Taşıtın sahip olduğu ağırlık, tekerleklerde oluşan frenleme kuvveti, tasarım boyutları (kampana veya disk yarıçapları, merkez ve tekerlek silindirlerinin ölçüleri, fren pabuçlarının ölçüleri ve malzemeleri), balataların durumları, fren hidrolik ve mekanik aksamının durumu, fren sisteminin kullanıldığı süre, lastiklerin durumu (lastik basınçları, lastik ölçüleri), süspansiyon sisteminin durumu (yaylanma, şoklar), tekerlek yol etkileşimi durma mesafesine önemli derecede etki eden faktörlerdir (Essers and Von Glasner 1998).

Belirli bir hızla hareket eden taşıtın gerek panik frenleme, gerekse normal frenleme anından duruncaya kadar aldığı yol, durma mesafesi olarak tanımlanabilir. Frenlemeden sonra taşıtın durma ve yavaşlama süresince etkili bir faktör olan toplam frenleme süresi; reaksiyon süresi, aktif frenleme süresi ve serbest bırakma süresi olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan reaksiyon süresi, başlangıç intikal süresi ile fren basıncı oluşma süresinin toplamı olarak değerlendirilebilir.

Tekerleklerin kilitlemesi ve buna bağlı olarak durma mesafesinin değişmesi, tekerlek-yol arasındaki sirtünme katsayısına (adhesion) ve frenleme kuvveti dağılımına bağlıdır. Optimum durma mesafesinin değişik yol ve zemin şartlarında analiz edilebilmesi için frenlenen lastik tekerlek üzerinde meydana gelen kuvvetlerin ve yol-tekerlek arasındaki sirtünme veya tutunma karakteristiklerinin anlaşılması gerekir.

Fren performansını belirlemek amacıyla yapılan çeşitli karşılaştırmalar için değişik fren durma mesafeleri de tanımlanmıştır. Bunlar (Altıparmak 1996);

- a- Sürücüye bağlı durma mesafesi
- b- Tekerlekleri bloke olmuş taşıt için durma mesafesi
- c- ABS'li taşıt için durma mesafesi

olarak ifade edilebilir. Durma mesafesi karşılaştırmaları için eşit şartların sağlanması gerekir. Her bir durma mesafesi için esas olan, optimum frenleme kuvveti ve kısa reaksiyon süresinin sağlanmasıdır.

Durma mesafesinin ABS'li ve ABS'siz araçlar için karşılaştırıldığı testlerde, sürücünün becerisi özellikle kaygan yollarda çok önemlidir. Sürücüye bağlı durma mesafesinin tespiti, standartlara ve yönergelere uygunluğun tespiti içinde kullanılmaktadır. ABS'nin araç durma mesafesini kısaltmadaki etkinliği, frenleme kuvveti dağılımına, yol-tekerlek tutunma karakteristiğine ve ABS verimine bağlıdır.

Durma mesafesine etki eden birçok faktör vardır. Bunlar (Altıparmak 1996);

- a- Fren sistemi ile ilgili faktörler,
- b- Tekerlek/Yol-zemin şartları ile ilgili faktörler,
- c- Sürücü ile ilgili faktörler
- d- Taşıt ağırlığı ile ilgili faktörler olarak sıralanabilir.

Belirli bir hızla hareket eden taşıtın gerek panik frenleme, gerekse normal frenleme anından, duruncaya kadar aldığı yol da, durma mesafesi olarak tanımlanır. Frenlemeden sonra taşıtın durma ve yavaşlama sürecinde etkili bir faktör olan, toplam frenleme süresi; reaksiyon süresi, aktif frenleme süresi ve serbest bırakma süresi olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan reaksiyon süresi, başlangıç intikal süresi ile fren basıncının oluşması süresinin toplamı olarak değerlendirilebilir (Altıparmak 1999).

Fren performansını belirlemek amacıyla yapılan çeşitli karşılaştırmalar için değişik fren durma mesafeleri de tanımlanmıştır. Bunlar;

a. Sürücüye bağlı durma mesafesi: Sürtünme katsayısı/kayma eğrisinin dört tekerlek için en üst noktada bulunduğu, yani dört tekerleğin de kilitlenme başlangıcına geldiği anda “ideal durma mesafesi” elde edilir. Bu da aracın herhangi bir yüklenme durumunda sadece dört tekerleğin aynı anda optimum frenleme performansına sahip olduğu yol şartlarında mümkün olabilir. Bunun dışındaki şartlarda ya ön tekerlekler, ya da arka tekerlekler birbirinden farklı anlarda kilitleneceğinden optimum frenleme performansı sağlanamaz. İşte bu şartlarda sürücünün elde ettiği duruş mesafesi “sürücüye bağlı durma mesafesi” olarak adlandırılır (Altıparmak 1996).

Yukarıda söz edilen durma mesafesini sağlamada uygulanan kuvvetin artırılması tekerleklerden biri veya daha fazlasının kilitlenmesine yol açacak ve frenleme performansı düşer. Buna bağlı olarak da direksiyon kontrolü azalır.

b. Kilitlenmiş tekerleklerle durma mesafesi: Genellikle panik frenleme esnasında pedal kuvvetine bağlı olarak frenleme basıncını kontrol etmek mümkün değildir. Bu durumda tekerleklerin kilitlenmesi kaçınılmazdır. Durma mesafesi, yol şartlarına göre farklılık gösterse de, özellikle arka tekerleklerin kilitlenmesi sonucu aracın yön değiştirmesi veya tamamen dönmesi gibi olumsuz durumlar ortaya çıkar. Bu sırada direksiyon kontrolü de tamamen ortadan kalkar (Altıparmak 1996).

c. *ABS durma mesafesi*: ABS acil durumlarda maksimum fren pedal kuvvetinin uygulanması halinde araç kararlılığını, direksiyon kontrolünü sağlayarak aracın makul bir mesafede durmasını sağlar. Bazı şartlar için kilitlemiş tekerleklere oranla durma mesafesini de kısaltır. Ancak ABS'nin araç durma mesafesini kısaltmadaki etkinliği frenleme kuvveti dağılımına, yol-tekerlek tutunma karakteristiğine ve ABS verimine bağlıdır (Altıparmak ve Koca 2000, Oppenheimer 1999).

Durma mesafesi analizi yapacak olursak toplam durma mesafesi Şekil 2.13d'de gösterilen S_{d1} , S_{d2} ve S_{d3} yollarından meydana gelir (Kropac and Jaroslav 1990).

a) V_0 sabit başlangıç hızı ile $t_r + t_a$ sürede kat edilen yol:

$$S_{d1} = V_0 (t_r + t_a) \quad (2.16)$$

b) t_s süresince kat edilen yol sırasındaki ivme:

$$a_y = \left(\frac{a_y}{t_s}\right) t \quad (2.17)$$

şeklinde değişmektedir. Buna göre hız için;

$$V = V_0 + \int \left(\frac{a_y}{t_s}\right) t dt = V_0 + \left(\frac{a_y}{2t_s}\right) t^2 \quad (2.18)$$

yazılacak olursa yol için de;

$$S_{d2} = \int_0^{t_s} V dt = V_0 t_s + \left(\frac{a_y}{6}\right) t_s^2 \quad (2.19)$$

ifadesi bulunur .

c) Tam frenleme süresi t_v boyunca frenleme ivmesi sabittir. Taşıt hızının değişimi

$$V = V_2 + a_y \int dt = V_2 + a_y t \quad (2.20)$$

bağıntısı ile ifade edilebilir. Burada V_2 , Şekil 2.13c'de görüldüğü gibi t_v süresinin başlangıcındaki hız olup;

$$V_2 = V_0 + \left(\frac{a_y}{2}\right) t_s \quad (2.21)$$

şeklinde hesaplanır. t_v süresi sonunda hız sıfıra düşer. Buna göre t_v ;

$$t_v = \frac{V_2}{a_y} = \left(\frac{V_0}{a_y}\right) - \left(\frac{t_s}{2}\right) \quad (2.22)$$

ve bu süre boyunca kat edilen yol,

$$S_{d3} = \int_0^{t_v} V dt = V_2 t_v + \left(\frac{a_y}{2}\right) t_v^2 \quad (2.23)$$

$$S_{d3} = -\left(\frac{1}{2} a_y\right) \left[V_0^2 + \left(\frac{a_y^2}{4}\right) t_s^2 + V_0 a_y t_s\right] \quad (2.24)$$

şeklinde hesaplanır. Durma mesafesi için aşağıdaki ifade yazılır.

$$S_{dtopl} = S_{d1} + S_{d2} + S_{d3} \quad (2.25)$$

$$S_{dtopl} = V_0 \left(t_r + t_a + \frac{t_s}{2}\right) - \left(\frac{V_0^2}{2a_y}\right) + \left(\frac{a_y}{24}\right) t_s^2 \quad (2.26)$$

Sistem basınç yükselme süresinin normal değerleri için ifadenin üçüncü terimi ihmal edilirse

$$S_{dtopl} = V_0 \left(t_r + t_a + \frac{t_s}{2} \right) + \left(\frac{V_o^2}{-2a_y} \right) \quad (2.27)$$

elde edilir. Durma süresi ise

$$t_{topl} = t_r + t_a + t_s + t_v \quad (2.28)$$

$$t_{topl} = \left(t_r + t_a + \frac{t_s}{2} \right) + \left(\frac{V_o^2}{-a_y} \right) \quad (2.29)$$

şeklinde ifade edilir.

Panik frenlemede durma mesafesinin mümkün olduğu kadar kısa olması istenir. Bu durumda sürücü elinden geldiğince hızlı reaksiyon gösterecek ve taşıtını mümkün olan maksimum yavaşlama ivmesi $-a_{y \max}$ ile frenleyecektir. Buna bağlı olarak minimum durma mesafesi (2.27) bağıntısında ivme olarak $-a_{y \max}$ kullanılarak hesaplanabilir. Maksimum frenleme ivmesi sürücünün yeteneğine, lastik tekerleklerle yol arasındaki tutunmaya ve fren kuvvetlerinin akslara dağılımına bağlıdır.

Hareket halindeki bir taşıtın sahip olduğu kinetik enerji, servis frenleri veya yardımcı fren sistemleri ile ısı enerjisine dönüştürülür. Servis frenlerinin sağladığı enerjiye destek olarak, transmisyon, hava direnci, yol ve tekerlekler arasındaki yuvarlanma direnci gibi diğer faktörler eklenebilir. Ancak bu kısımda yapılacak analizde bu faktörler dikkate alınmamıştır.

(V) ilk hızı ile hareket eden bir taşıt için durma mesafesi aşağıdaki gibi formülize edilir.

$$S_d = a.V + b V^2 \quad (2.30)$$

Burada (S_d) durma mesafesi, (V) taşıt ilk hızı, (a ve b) sabitlerdir. Eşitlikte ilk terim reaksiyon süresi ile ilgilidir. Durma mesafesini etkileyen bu terim, sürücünün belirli bir zamanda pedal kuvvetini uygulama kabiliyetine ve fren sisteminin bu kuvvete cevap vermesine bağlıdır. Ancak aynı veya benzer tip araçların karşılaştırılmasında reaksiyon süresi dikkate alınacak kadar önemli değildir.

İkinci terim (bV^2) ise yavaşlama ivmesi ile ilgili terimdir. Teorik olarak en kısa durma mesafesi, maksimum yavaşlama ivmesi ile mümkündür. Ancak tekerlerden biri veya birkaçının kilitlemesi durumunda maksimum yavaşlama ivmesi elde edilemez. Tekerleklerin kilitlemesi ve buna bağlı olarak durma mesafesinin değişmesi tekerlek-yol arasındaki sürtünme katsayısına (adhesion) ve frenleme kuvvet dağılımına bağlıdır (Oppenheimer 1999).

Fren performansının en önemli göstergesi, frenlemeden sonra sağlanan kısa bir durma mesafesidir. Bu da maksimum yavaşlama ivmesi ile mümkündür. Frenleme verimini % 100 kabul ederek hareket denklemi uygulandığında yaklaşık durma mesafesinin farklı bir ifadesi de aşağıdaki eşitliktir (Limpert 1999).

$$V^2 = V_0^2 - 2 \cdot a_y \cdot S_d \quad (2.31)$$

Durma anında son hız (0) olacağından,

$$0 = V_0^2 - 2 \cdot a_y \cdot S_d \quad (2.32)$$

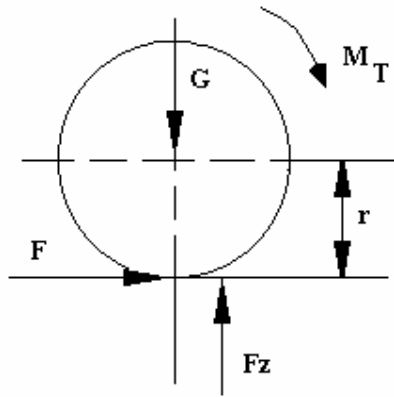
$$S_d = \frac{V_0^2}{2 \cdot a_y} \quad (2.33)$$

2.5. Fren Verimi

Aracın durma mesafesine etki eden faktörlerden birisi de fren verimidir. Fren verimini etkileyen faktörler;

Fren pedalına uygulanan kuvvet, aracın üzerindeki yük, tekerlek yarıçapı, fren sisteminin tasarım boyutları, frenleme yüzeyleri arasındaki sürtünme katsayısı (balata-kampana veya disk), yol ile lastik arasındaki sürtünme katsayısı, yol yüzeyinin durumu, hava şartlarıdır.

Frenleme ile araç tekerleklerinin hareketine zıt bir kuvvet oluşturulur. Bu kuvvet, aracı durdurmak veya hızını azaltmak için uygulanan direnç “Frenleme kuvveti (F)” olarak bilinir. Şekil 2.17.’ de tekerlek üzerinde oluşan kuvvetler görülmektedir.



- M_T : Tekerlek momenti
 G : Taşıt ağırlığı
 r : Tekerlek yarıçapı
 F_z : Yolun tepki kuvveti
(Tekerlek yükü)
 F : Frenleme kuvveti
 $\mu = F / F_z$ dir.

Şekil 2.17. Frenleme esnasında tekerlekte oluşan kuvvetler.

Değişik fren verimi yaklaşımları mevcuttur. Bu yaklaşımlardan birisi şu şekildedir (Heisler 1989).

$$\eta = \frac{F}{G} \cdot 100 \quad (2.34)$$

Bu fren verimi ifadesinde F toplam ortalama frenleme kuvvetini G ise toplam taşıt ağırlığıdır. Buna göre yaklaşık frenleme mesafesi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$S_f = \frac{V^2}{2g \cdot \eta} \quad (2.35)$$

Otomobillerde ön tekerlek frenleri arkaya oranla daha büyük bir frenleme kuvveti oluşturacak şekilde tasarımlanır. Ön frenlerin daha büyük bir frenleme gücü meydana getirmeleri istenir. Bu bakımdan ön frenlerin ortalama % 55–60, arka frenlerin ise, % 40–45 verim ile frenleme yapmaları sağlanır (Çetinkaya 1999).

Frenleme kuvveti, frenleme yapılan aracın toplam ağırlığına eşitse buradaki frenleme verimi % 100'dür. Fakat pratikte frenleme verimi % 100'den küçüktür. Bunun sebebi de tekerlekle yol arasında mükemmel bir kavrama teması olmaması ve çok etkili olmayan fren sistemidir.

Diğer bir fren verimi yaklaşımı da, sürtünen yüzeyler arasında (kampana-balata, disk-pabuç) meydana gelen sürtünme kuvvetinin normal yüklere oranıdır (Limpert 1999).

$$\eta = \frac{F}{N} \quad (2.36)$$

Çizelge 2.1. de durma mesafesinin taşıt hızı ve fren sisteminin verimine göre değişimini görülmektedir. Fren verimi azaldıkça aynı hızda olmasına rağmen taşıtın durma mesafesi artış göstermektedir. Bununla birlikte zaten taşıt hızı arttıkça taşıtın hareket halinde sahip olduğu kinetik enerjiden dolayı, hızının karesi ile orantılı olarak değişen bir durma mesafesi ortaya çıkmaktadır. Bunu kısaca şu eşitlikle ifade edilebilir;

$$F. S_d = \frac{1}{2} mV^2 \quad (2.37)$$

Fren verimini, frenleme faktörü ve tutunma katsayısı cinsinden ifade edecek olursak (2.38) deki gibi bir eşitlik kullanılmaktadır. Burada (z_{\max}) tekerlekler kilitlemeden önceki kritik frenleme faktörüdür (Bosch 1995).

$$\eta = \frac{z_{\max}}{\mu} \quad (2.38)$$

Çizelge 2.1. Durma mesafesinin fren verimi ve araç hızına göre değişimi (Heisler 1989).

Taşıt Hızı	Fren verimine bağlı olarak durma mesafesinin değişimi (m)					
	% 100	% 90	% 80	%70	%60	%50
10	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
20	1.6	1.8	2.0	2.3	2.7	3.2
30	3.6	4.0	4.5	5.1	6.0	7.2
40	6.4	7.1	8.0	9.1	10.7	12.8
50	10.0	11.1	12.5	14.3	16.7	20.0
60	14.4	16.0	18.0	20.6	24.0	28.8
70	19.6	21.8	24.5	28.0	32.7	39.2
80	25.6	28.4	32.0	36.6	42.7	51.2
90	32.4	36.0	40.5	46.3	54.0	64.8
100	40.0	44.4	50.0	57.1	66.7	80.0

Günümüz taşıtları üzerindeki fren donanımlarının verimleri yaklaşık olarak şöyledir (Anlaş 1990);

Hidrolik Frenler	% 80 - % 70
Mekanik Frenler	% 80 - % 60
Havalı frenler	% 75 - % 50
Römorklu aracın hava frenleri	% 70 - % 45
Vakum yardımcı güç frenleri	% 70 - % 50
Römorklu aracın vakum yardımcı frenleri	% 70 - % 45

Bu verimleri taşıtın ağırlığı, tekerleklerin yarıçapı, uygulanan pedal kuvvetini artırıcı sistemlerin performansı gibi faktörler önemli derecede etkiler.

2.6 Frenleme Performansı ve Performansa Etki Eden Faktörler

Frenleme esnasında taşıtın güvenliğini ve kararlılığını etkileyen en önemli karakteristik frenleme performansıdır. Birçok parametreye bağlı olarak değişim gösteren frenleme performansı fren sisteminin durumunu ortaya koyan en önemli göstergedir. Frenleme performansını etkileyen faktörler üç ana başlıkta toplanır. Bunlar (Düzgün 2002);

- Dizayn şartları
- Çalışma şartları
- Arıza durumları

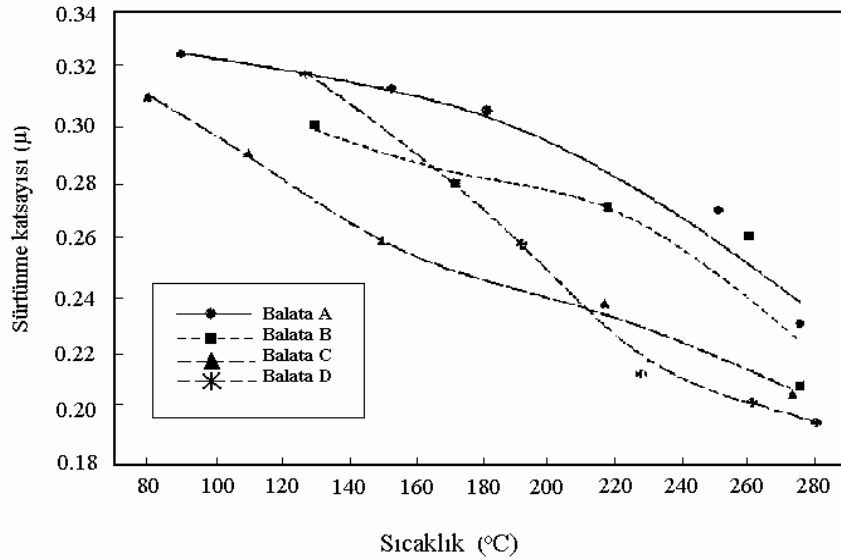
Dizayn şartları içerisinde, taşıt henüz proje aşamasında iken, kullanılacak fren sisteminin dizayn hesaplamaları yapılırken gerekli olan frenleme kuvvetlerini oluşturabilecek bir yapı tasarlanır. Gerek sistem elemanlarının boyutları gerekse malzeme ve içerikleri istenilen performansa uygun bir şekilde oluşturulur. Burada fren sistemi elemanlarının boyutlarını etkileyen önemli faktörlerin başında; taşıtın sahip olduğu kütle, taşıtın değişik şartlarda sağlayabileceği hız, yolcu veya yük kapasitesi gelir. Bunların yanı sıra frenleme esnasında oluşacak ısı ve taşıtın çalıştığı ortamın sıcaklığı gibi faktörlerde malzeme seçiminde etkili olduğundan, proje aşamasında sistem performansını etkileyen faktörler arasında sıralanır.

Çalışma şartları içerisinde ise özellikle tekerlek yol etkileşimi önemli bir rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra frenleme esnasında sistem parçalarında oluşan ısı bu kısımda da ele alınır.

Aynı zamanda aşırı ısının sistem performansını kötü yönde etkilemesinin yanı sıra aşırı soğuk havalarda da fren sistemi kendinden beklenen performansı gösteremez.

Kanada Ulaştırma bakanlığının 2000 yılında yaptığı bir açıklamada (Tony 2000) “Aşırı soğuk havalarda yeterli bir sıcaklığa kadar fren sistemi parçaları ısıtılmadan kullanılan taşıtlarda durma mesafesi gözle görülür bir şekilde artmaktadır” şeklinde ifade edilmektedir.

Isının fren sistemi elemanları üzerindeki etkisi dolayısı ile performansa etkileri şöyle ifade edilir. Frenlerin çalışması esnasında fren pabucu ile kampana veya disk arasında bir sürtünme gücünün meydana gelmesi ile bir ısı enerjisi üretimi ve yayılması olmaktadır. Frenleme esnasında üretilen sürtünme ısı, balata ile disk veya kampana arasında oluşan basınç dağılımını etkilediğinden bunun sonucu olarak fren performansı hesaplamalarını da etkiler. Bununla birlikte balata ile sürtünme yüzeyi arasındaki oluşan ısı sürtünme faktörünü etkilediğinden performansa etki eden en önemli faktörlerden birisi olmaktadır. Sürtünme katsayısının yapılan deneyler sonucunda sıcaklığa göre elde edilmiş değişimi Şekil 2.18.’ de görülmektedir (Altıparmak 2001).



Şekil 2.18. Sürtünme katsayısının sıcaklığa bağlı olarak deneyden sonuçları (Altıparmak 2001).

Fren sistemi üzerinde oluşan arıza durumları ise sistemin üretimden sonra sahip olduğu performansa etki etmektedir. Fren sistemi arızalarını iki farklı şekilde ele

alınabilir. Birinci olarak fren performansına etki eden arızalar, ikinci olarak ise aracın konforuna etki eden arızalardır.

Performansa veya konfora etki eden arızalar taşıt hareket halinde olmadığı zamanlarda genellikle sürücüler tarafından fark edilemez. Ancak normal frenleme veya acil durumlarda panik frenleme yapıldığında fark edilir. Ayrıca fren sisteminin taşıt üzerinde kompakt bir görünümde olması ve sistem elemanlarının gözle görülememesi, kullanım durumunda performansın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Genel olarak performansa etki eden ve sıkça karşılaşılan arızalar şöyle sıralanabilir;

- Taşıtın bir tarafa çekmesi
- Frenlerin çok hassas ve ani olarak tutması
- Hızlanma sırasında ivmelenmeye karşı aşırı derece tepki
- Fren pedalının zayıflığı veya hassasiyetinin kaybolması
- Frenleme sırasında fren pedalında titreşim
- Frenleme için uygulanan pedal kuvvetinin yeterli olmaması ve daha fazla pedal kuvvetine ihtiyaç duyulması

Bu arızaların muhtemel sebepleri (Altıparmak 2001);

Frenlerin çok hassas ve ani olarak tutması yanlış balata kullanımı, pabuçların ayarsızlığından, kampana yüzeylerinin çizilmiş olmasından ve balataların greslenmesinden veya yağlanmasından kaynaklanabilir.

Yağ veya benzeri maddelerle ıslanmış frenler, frenlemeyi kötü yönde etkileyeceğinden fren performansını da olumsuz etkiler. Yağ, balataların kampana veya diske karşı olan sürtünmesini azaltır. Tekerlek bağlantılarından, diferansiyelden, akslardan vb. gelen yağ frenlemenin başarısız olmasına neden olur.

Dizayn ve çalışma şartları içerisinde performansa büyük etkisi olan ısı, arıza şartları içerisinde de performansa etki etmektedir. Fren pabuçlarında oluşan aşırı

ısı sonucunda kampana veya diskin dönmesini engelleyerek frenleme performansını olumsuz yönde etkiler. Bu durum daha çok frenler çok kullanıldığı zamanlarda ortaya çıkar, panik frenlemenin uzun sürmesi sırasında ve frene uzun süre basılı tutulduğunda da ortaya çıkar.

Taşıtın istenilen mesafede durabilmesi için iyi bir frenlemenin, iyi bir frenlemenin olabilmesi içinde fren sistemi elemanlarının malzemelerinin istenilen özelliklerde olması gereklidir. Aşırı ısı fren sistemi elemanlarının malzemelerini sertleştirerek, yumuşaklıklarını ortadan kaldırır. Sonuçta fren sistemi elemanlarının verimi düşer. Buna bağlı olarak da frenleme verimi düşme gösterir. Ayrıca malzemeler arasındaki sürtünme katsayısı ısı ile değişim gösterdiğinden etkisi büyük olmaktadır (Altıparmak 20001).

Motor vakumundaki azalma, vakum veya güç ünitesinde meydana gelen verim düşüklükleri fren sistemi güç ünitesini bundan dolayı da fren performansını olumsuz yönde etkiler.

Frenleme sırasında taşıtın bir tarafa çekmesi, fren hidroliğindeki eksiklik veya özellik kaybından, fren kablolarındaki donma veya ayarsızlıktan, fren pabuçlarında, kampana veya disklerde bulunan yağ, gres gibi unsurların etkisinden ve sistemdeki parçaların bazılarının görevlerini tam yapamamalarından dolayı oluşur (Altıparmak 2001).

Fren hidroliğinin eksikliğinden dolayı kaynaklanan fren pedalındaki zayıflık, ayrıca fren merkez veya tekerlek silindirlerindeki paslanma ve ayarsızlıklarda performansa olumsuz yönde etki etmektedir.

Frenleme sırasında fren pedalında meydana gelen titreşim genellikle aşınma ve fazla ısıdan kaynaklanır. Isı ve mekanik aşınma kampana veya disklerde çizik, eğilme, çarpılma ve aşınmalara sebep olur. Bu eğiklikler titreşime sebep olur. Titreşimler fren pedalına etki ettiği gibi fren sisteminin tamamını da etkiler.

Genellikle kampana ve disklerdeki yenileştirme işlemlerinden sonra bu titreşimler ortadan kalkar (Altıparmak 2001).

Hızlanma veya ivmelenme esnasında, hızlanmaya karşı tepki fren halatlarındaki ayarsızlıklardan dolayı oluşur. Ayar değeri gereğinden az olduğunda arızanın fark edilmesi zordur.

Aracın konforu yönünden etkili olan arızalar diğer arızalar kadar performansa etki etmezler. Bu arızalardan bazılarını şöyle sıralayabiliriz;

- Frenleme boyunca tutunma sesi ve metal-metal sürtünme sesi.
- Frenleme boyunca diskli frenlerde ortaya çıkan ses.

Frenleme boyunca meydana gelen tutunma ve sürtünmenin performansa etkisi az olmaktadır. Daha ziyade bu ses aracın konforu veya sürücünün rahatı açısından etkili olmaktadır. Fren balataları, kampana veya disklerde meydana gelen aşınmalar çeşitli şekillerde sese sebebiyet vereceklerdir.

Frenleme sırasında diskli frenlerde ortaya tiz bir ses çıkmaktadır. Diskli fren balataları yerlerine tutturulurken belli bir basınçla tutturulurlar, bazen bu tutunma zayıflayabilir durma sırasında ki tiz sesin sebebi budur (Torbjornsen 2002).

Fren sisteminin performansını ölçme deneyleri yapılış şekilleri bakımından fren performans testleri yol ve cihaz testleri olarak 2 ana grupta toplanır. Ulusal nitelikli TSE ve uluslararası ISO standartları baz alınarak test yöntemleri incelendiğinde yol testlerine ait (TS 7963, TS 7964, TS 9075, TS 9076, TS 9078, TS 8891, TS 8645, TS 8270, TS 3512) standartlar görülmektedir.

3. FREN SİSTEMİ DENEYLERİ VE STANDARTLARI

Fren sistemlerinin deneylerinin nasıl yapılacağı yönetmelik ve standartlarda belirtilmiştir. Çeşitli kurum ve kuruluşların kendilerine göre belirledikleri standartlar vardır. Fakat uluslararası nitelikte ISO ve ulusal olan TSE standartlarındaki deney çeşitlerine göre fren sistemi deneyleri 2 ana başlıkta toplanır.

- a. Fren sistemi elemanlarının ayrı ayrı deneyleri ve bunların performansa etkileri.
- b. Taşıt hareket halinde iken fren performansını belirlemek için yapılan deneylerdir.

3.1. Fren Sistemi Elemanlarının Deneyleri

Fren sistemi elemanları olarak ifade edilen fren balataları, diskler, kampanalar, fren hortumları, fren sıvısı, fren sıvısı depoları ve birçok elemanın kendilerine ait deneyleri bulunmaktadır. Standartlara bağlı olarak yapılan deneyler (TSE);

- a. Balata sıkıştırılabilirlik deneyi (TS 7963)
 - b. Balata kesme deneyi (TS 7964)
 - c. Balatanın su, tuzlu su, yağ ve fren sıvısına karşı dayanımı deneyi (TS 9075)
 - d. Balataların malzeme sürtünme özelliklerinin küçük deney parçaları ile değerlendirilmesi ve korozyon sebebi tespiti deneyi(TS 9076)
 - e. Balatalarda açık viraj deneyi (TS 9078)
 - f. Hidrolik sıvısı, disk ve kampana özellikleri ile ilgili deneyler (TS 8891)
 - g. Fren merkez silindiri deposu ve diyafram contası standardı deneyi (TS 8645)
 - h. Fren merkez silindiri (Hidrolik) deneyi (TS 8270)
 - i. Fren borularındaki basınçlar ve frenlemenin etkinliği deneyi (TS 3512)
- şeklinde sıralanır.

3.2. Fren Sisteminin Performansını Ölçme Deneyleri

Yapılış şekilleri bakımından fren performans deneyleri yol ve cihaz deneyleri olarak 2 ana grupta toplanır. Ulusal nitelikli TSE ve uluslararası ISO standartları baz alınarak deney yöntemleri incelendiği zaman standartların yol deneylerine göre tespit edildiği, cihaz deneyleri için ise belirli bir standardın oluşturulmadığı görülmüştür. Cihaz deneylerinde kullanılan prosedür ve değerlendirme kriterlerini testlerde kullanılan cihazın üretici firması tarafından belirlendiği anlaşılmıştır.

3.2.1. Deneylerde kullanılan terimler

Yüklü Taşıt: Taşıtın yüksüz ağırlığı ile taşımakta olduğu sürücü, hizmetli, yolcu ve eşyanın toplam ağırlığıdır.

Azami Ağırlık: Taşıtın güvenle taşıyabileceği azami yük ile birlikte ağırlığıdır.

Yüksüz Taşıt: Deney başlangıcında, üzerinde insan veya eşya (yük) bulunmayan ve yakıt deposu dolu olan bir taşıtın taşınması zaruri alet ve ekipman donanımı (fabrikasınca verilen istetme, krika ve anahtarlar) ile birlikte toplam ağırlığıdır.

Deney sırasında, bu ağırlığın 200 kg kadar aşılmasına müsaade edilir. Bu ise bir sürücü, bir gözücü (deneyi takip eden kişi) ve deney cihazlarının ağırlığıdır.

Soğuk Fren: Diskin ve kampananın dış yüzeyinin sıcaklığı 100 °C' nin altında olduğu durumdur.

Başlangıç Tepki Zamanı: Pedal kuvvetinin uygulanmaya başlanmasından frenleme kuvvetinin etkisini göstermeye başladığı ana kadar geçen zamandır.

Frenleme Zamanı: Frenleme kuvvetinin etkisini gösterdiği andan itibaren, frenleme kuvveti belli bir değere ulaşmaya kadar geçen zamandır.

3.2.2. Yol deneyleri

Yol deneyleri yapıları bakımından bütün standart ve yönetmeliklerde benzer şartlarda ve şekillerde yapılır. TSE standartlarında yol deneyi çeşidi oldukça fazladır (Çizelge 3.1.). Buna rağmen ülkemizde uygulanan Araçların İmal ve Montajı hakkındaki yönetmelikte (2002) bu deneylerin bazıları şart koşulmuştur. Yönetmeliklere göre yol deneyleri üç ana başlıkta toplanır. Bunlar;

- Tip O Deneyi (Soğuk frenle olağan deney)
- Tip I Deneyi (Etkinlik kaybı deneyi)
- Tip II Deneyi (Yokuş aşağı iniş deneyi)
 - Tip II a Deneyi (M3 sınıfı araçlar için)

Tip II Deneyi (Yokuş aşağı iniş deneyi) Avrupa Topluluğu Yönetmeliği (EC) ve Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliklerinde (ECE R13) zorunlu hale getirilmiştir. Fakat ülkemizdeki Araçların İmal ve Montajı hakkında Yönetmelikte (AİTM) ise zorunlu değildir (EC., ECE.).

Deneylerde yol yüzeyi düzgün, kuru ve tutucu olmalı. % 1'e kadar eğimli kısa yokuş ve inişlere müsaade edilecek, atmosferik basınç 0,991 ile 1,017 bar arasında, hava sıcaklığı 0 °C ile 34 °C arasında olmalıdır. Deney sırasında sonuçları etkileyecek bir rüzgâr veya deneyi etkileyecek hava şartları bulunmamalıdır. Rüzgâr hızı ortalama 5 m/s' yi geçmemelidir. Deney başlangıcında lastikler soğuk olmalı ve taşımakta olduğu statik yüke uygun basınçta şişirilmelidir. Deneyler, araç türüne göre belirtilen yük durumunda ve hızda yapılır. Eğer aracın maksimum hızı yapısal nedenlerle deney hızının altındaysa; deney, aracın ulaştığı maksimum hızda yapılır.

Çizelge 3.1 T.S.5880 de belirtilen fren deneyleri (TSE).

Deney no	Deneyin adı
1.	Servis freni soğuk etkinlik deneyi
2.	Yüksüz frenleme deney grubu
Hazırlık deneyleri	
3.	Reaksiyon zamanı ölçüm için hazırlık deneyi
4.	Zayıflama deneyi için hazırlık deneyi
İkincil fren kısmı arıza deneyleri	
5.	Devre arıza deney grubu
Enerji arıza deneyleri	
6.	Güç takviye arıza deneyi
7.	Motor durma arıza deneyi
Müstakil ikinci frenleme sistemi deneyleri	
8.	Yüksüz frenleme deney grubu
9.	Yüklü frenleme deney grubu
Servis fren sistemi kısmi arıza deney grubu	
10.	Devre arıza deneyi
11.	Güç takviye arızası deneyi
12.	Motor durma arızası deneyi, servis fren zayıflama deneyi
13.	Sıcak fren verim deneyi
14.	Alternatif deney işlemi
El freni statik yokuşta tutma ve dinamik etkinlik deneyi	
15.	Statik yokuşta tutma deneyi
16.	Dinamik etkinlik deneyi
17.	Servis fren tepki zamanı ölçüm deneyi

Frenlerin sağlamaları gereken kantitatif koşullar yönetmeliklerde ayrıntılı tanımları yapılmış deneyler ve sınır değerleri ile kontrol edilir. Deneylerde performans, başlangıç hızına bağlı durma mesafeleri, ve yavaşlama ivmeleri ile ölçülür. Ayrıca 3.2, 3.3 , nolu Çizelgelerde, uygulanan kuvvet, basınç ve ortalama frenleme ivmesi için belirlenmiş sınır değerleri verilmiştir. Park freni için ise tespit eğimi bütün araçlarda %18, yalnız çekicinin frenlediği römorklarda %12 olmalıdır.

Çizelge 3.2. Araçların sınıflarına göre sağlamaları gereken sınır şartları (Göktaş vd. 1995).

		Servis Freni	İmdat Freni	Tespit Freni	
		F_{Ay}, F_K, P	F_{Ay}, F_K, P	F_{Ay}, F_K, P	
Uygulanan en büyük kuvvet (N) Basınç (bar)	Otomobil	500	700	700	
		---	---	---	
		---	6.5	6.5	
	Minibüs	500	700	700	
		Otobüs	400	600	600
	Kamyonet	---	6.5	6.5	
		Kamyon	500	700	700
		Çekici	400	600	600
	Römork	---	---	---	
		600		600	
		6.5	---		

F_{Ay} : ayak kuvveti

F_K : kol kuvveti

P : yabancı kuvvetli frenlerde frenleme devrelerindeki hava basıncıdır.

Çizelge 3.3. Araçların sağlamaları gereken ortalama frenleme ivmeleri (EC).

	Servis Freni	Ortalama frenleme ivmesi (m/s ²)
Otomobil	5.8	
Minibüs	2.9	
Otobüs	5.0 *	
Kamyonet	2	
Kamyon, Çekici	4.4 *	
Römork	4	

(*) EC ve ECE R13'e göre

Hazırlık deneyleri

Yapılacak deneylere temel bilgi sağlamak için hazırlık deneyleri yapılır. Deneylerde manometre ve pedal kuvveti ölçme cihazları kullanılır.

Reaksiyon Zamanı Ölçümü İçin Hazırlık Deneyi

Her servis fren devresine, manometre ve pedal kuvvetini ölçme cihazı, önceden belirlenen en düşük frenleme yeteneğinin elde edildiği tekerleğe en yakın aksın üzerine yerleştirilir. Deneyler yapılırken fren reaksiyon zamanları ölçülür.

Zayıflama Deneyi için hazırlık deneyi

Zayıflama deneyi 3 m/s² yavaşlama ivmesi sağlayan sabit bir pedal kuvvetiyle yapılır. Pedal kuvveti deneylerde, araç yüklü iken ve motor en yüksek vitesleyken (hız artırıcı özel ilave vitesler hariç) en büyük hızın % 80' inden, en büyük hızın % 40 'ına düşünceye kadar sabit tutulur.

Eğer en büyük hızın % 80'i 120 km/h'i aşarsa, ani duruşlar 120 km/h'den 60 km/h'e düşüne kadar olan aralıkta yapılır.

Pedal kuvveti veya hat basıncı doğrudan deneylerden veya interpolasyon yoluyla tespit edilir.

3.2.2.1. Servis freni soğuk fren etkinlik deneyi (Tip O Deneyi)

Deney aracı Çizelge 3.4. de belirtilen hızlarda, motor boşta ve motor devredeyken ayrı ayrı en uygun ortalama yavaşlama ivmesi ve durma mesafesini tespit etmek için frenlenir. Deneyin yapılışında şartlar ve prosedür bakımından TS ve ISO standartları arasında fark bulunmamaktadır. Ayrıca Çizelge 3.4. belirtilen değerler haricinde standartlarda belirtilen farklı hızlarda da frenleme işlemi yapılarak durma mesafeleri tespit edilir. Hazırlık deneyleri haricinde fazla bir deney yapılmamalıdır. Çünkü toplam durma sayısındaki fazlalık, deney cihazlarında ve ısı ölçümünde kullanılan cihazlarda önemli değişimler ortaya çıkarabilir.

Deneye başlamadan önce fren balataları düzgünce yerleştirilir ve fren doğru olarak ayarlanır. Bütün lastikler deneyleri tamamlayabilecek ilk halinin en az yüzde 50'si lastik tırnak derinliğine sahip olmalı, önceden belirlenen boyut ve tipe uymalı ve gerekli basınca kadar şişirilmelidir. Hava şartları sonuçlara tesir ettiğinden uygun şartlar sağlanamazsa deneyler yapılmamalıdır.

—Yüksüz Frenleme Deney Grubu

- Taşıt, 80 km/h hızla giderken ve motor boştayken
- Taşıt uygun viteste ve en büyük hızın % 30'una yakın bir süratle giderken,
- Taşıt uygun viteste ve en büyük hızın % 55' ine eşit bir süratle giderken, (Bu hız 140 km/h 'i aşmamalıdır.)
- Taşıt uygun vitese takılı ve büyük hızın % 80'ine eşit bir süratle giderken, (Bu hız 140 km/h 'i aşmamalıdır.) frenleme yapılır ve durma mesafeleri tespit edilir.

Çizelge 3.4. Tip O deneyinde araçların sağlamaları gereken durma mesafeleri (EC, ECE).

	Durma mesafesi (m)				
	Otomobil M1	Otobüs M2, M3	Kamyonet N1	Hafif hizmet kamyonu N2	Ağır hizmet kamyonu N3
Başlangıç hızı V (km/h)	80	60	70	50	40
Servis freni (m)	68 50.7 *	40 36.7 *	53 53.1 61.2 **	29 29.2 36.69 **	20 19.9 36.69 **
s (1)	$0.15 V + (V^2/115)$				
İmdat freni (m)	120 93.3 *	71 64.4 *	96 95.7 123.3 **	50 51 71.6 **	34 33.8 71.6 **
s (1)	$0.15 V + (2V^2/115)$				

(*) EC ve ECE R13'e göre

(**) ECE R13'e göre

(1) Yapısal nedenlerle tablodaki (V) hızına ulaşamayan araçlarda en fazla durma mesafesi.

— *Yüklü Frenleme Deney Grubu*

- Taşıt en büyük hızın % 30' una eşit bir hızda giderken ve motor devredeyken
- Taşıt en büyük hızın % 55' ine eşit bir hızda giderken ve motor devredeyken
(Bu sırada hız 100 km/h aşmamalıdır.)
- Taşıt en büyük hızın % 80' ine eşit bir hızda giderken ve motor devredeyken
(Bu durumda hız 140 km/h aşmamalıdır.)

frenleme yapılı ve durma mesafeleri tespit edilir.

3.2.2.2. Servis freni etkinlik kaybı deneyi (Tip I Deneyi)

Deney ard arda yapılan frenlemeler şeklindedir. Frenlerin sürekli kullanımı esnasındaki frenleme sisteminin etkinliğinin tespit edilmesi amacı ile yapılır. Deney yüklü araçlar için, üç ayrı aşamadan oluşmaktadır

1. Pedal kuvvetinin tespit edilmesi.
2. Üst üste frenleme ile ısıtma prosedürü
3. Sıcak frenlerle frenleme verimliliği deneyi

a) Isıtma prosedürünün en son frenleme aşaması tamamlandıktan hemen sonra, araç, uygun olduğu kategoride, mümkün olduğu kadar çabuk şekilde servis frenleme sistemi için belirtilen deney hızına hızlandırılır.

b) Son frenleme aşamasının tamamlandığı 60 s içerisinde yüklü durma şartları altında bir durma yapılır. Servis frenleme sisteminin etkinliği olması gereken değerlerin %80'inden daha az çıkarsa sistem performansı iyi değildir.

c) Eğer frenleme esnasında "a ve b" ye ulaşılamazsa, bu deney hemen tekrar edilebilir veya "a" şartları altındaki yeni bir ısıtma prosedürü izlenir.

Tip I deney koşullarını Çizelge 3.5.'de araç sınıflarına göre gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Tip I deney koşulları (Göktaş vd. 1995).

	V ₁ km/h	V ₂ km/h	Δt s	(n)
M1	80 % V _{max} ≤ 120	0.5 V ₁	45	15
M2	80 % V _{max} ≤ 100	0.5 V ₁	55	15
N1	80 % V _{max} ≤ 120	0.5 V ₁	55	15
M3,N2,N3	80 % V _{max} ≤ 60	0.5 V ₁	60	20
L3	80 % V _{max} ≤ 120	0.5 V ₁	35	10
L4,L5	80 % V _{max} ≤ 120	0.5 V ₁	45	10

V₁ = Frenleme başlangıcındaki hız

V₂ = Frenleme sonundaki hız

V_{max} = Taşıtın maksimum hızı

(n) = Frenleme tekrar sayısı

Δt = Periyot, bir frenleme çevrimi için geçen süre

3.2.2.3. Deney sonuçları ile referans değerlerinin karşılaştırılması

Referans frenleme verimi (% olarak)

a. Durdurma mesafesi cinsinden

$$S_d < aV + \left(\frac{V^2 100}{bx} \right)$$

b. Yavaşlama ivmesi cinsinden

$$a_y > \left(\frac{a_{ym} x}{100} \right)$$

Deney sonucu bulunan frenleme verimi

a. Durdurma mesafesi cinsinden

$$S_{dx} < \left(\frac{S_d - aV_0}{x} \right) 100 + a.V$$

b. Yavaşlama ivmesi cinsinden

$$a_{yg} > \left(\frac{a_y x}{100} \right)$$

İşaret ve semboller

V = Taşıtın frenleme başlangıcındaki deney hızı (% olarak V_{max}), km/h

V_{max} = Taşıtın önceden belirlenen en büyük hızı, km/h

x = Gerekli olan verim yüzdesi

S_{dx} = Gerekli olan durma mesafesi, m

a_{yg} = Gerekli olan ortalama tam yavaşlama ivmesi, m/s^2

a,b = Durma mesafesi formül katsayıları (0,1;150 sırasıyla),

a_{ym} = Öngörülen tam ortalama yavaşlama ivmesi, m/s^2

S_d = Tespit edilen durma mesafesi, m

V_0 = S_d ' a karşılık başlangıçta taşıt deney hızı, km/h

a_y = Frenleme sonucu elde edilen yavaşlama ivmesi, m/s^2

Üretim aşamasında bütün deneyler yapılırken, muayene amaçlı deneylerde ve sertifikalandırma deneylerinde genel olarak servis freni soğuk fren etkinlik deneyi (Tip O Deneyi) yapılmaktadır.

3.2.2.4. Diğer deney çeşitleri

Üretim halinde faaliyet gösteren farklı otomobil şirketleri ürettikleri veya proje aşamasındaki araçlara birçok farklı deneyler yapmaktadırlar. Deneyler ve standartları devletlerinin emrettiği şekilde, eğer ülkelerdeki ilgili kurumlar bir standart önermiyorsa kendilerinin belirledikleri standartlar ölçüsünde yapılmaktadır.

Firmalar tarafından istenilen deneyler

Genelde aynı tip deneylerin uygulanması istenir; ancak her deneyin arasında bir miktar ihtiyaç ve şartları bakımından farklar vardır. Her firma kendine ait bilgilere dayanarak deneylerini yaptırır. Bu deneyler örnek deneyler olmakla birlikte bunlardan farklı deneylerde bulunmaktadır (Eaton 2001).

Deneylerde kullanılan cihazlar

- Bilgi kaydetme sistemi
- Manometre
- Yavaşlama ivmesi ölçüm cihazı
- Ön ve arka disk, kampana sıcaklık ölçümü için termocouple.
- Pedal kuvveti ölçme cihazı
- Fren sıvısı sıcaklığı ölçmek için termocouple

I. Fren hazırlık deneyi

Fren hazırlık deneyi kesinlikle gerekli bir deney değildir. Daha çok birçok deneyden önce yapılması gereken, deney öncesi hazırlıktır. Bunun gerekçesi deney amaçları için etkili ve istikrarlı disk ve kampana parlaklığının yanı sıra uygun çalışma sıcaklığı ile başlamaktır.

II. Eğimli yolda tırmanma deneyi

Servis fren sisteminin yüksek ısılarda ve düzgün olmayan dağlık arazide kullanılarak denenmesi ile yapılan bir deneydir.

III. Fren sıvısı kaynama noktası testi

Fren sıvısının kaynama sıcaklığını tespit etmek için yapılan bir deneydir. Taşıt belirli bir eğimden adım adım aşağı inerken fren sıvısının sıcaklığını belirlemek için yapılır. Aşınmış balatalar, rekorlardaki kaçaklar, sızıntılar ve diğer zararlar kontrol edilir ve rapor hazırlanır.

IV. Şehir trafik rotası deneyi

Balataların aşınma ve ses karakteristiklerini ölçmek için yapılan bir deneydir. Aranılan sesler cızırtı, sürtünme ve sessiz inleme şeklindedir

3.2.3. Cihaz üzerinde yapılan deneyler

Cihaz üzerinde yapılan deneyler, kullanılan cihazların özelliklerine göre, kendi aralarında iki sınıfta toplanır. Bunlar;

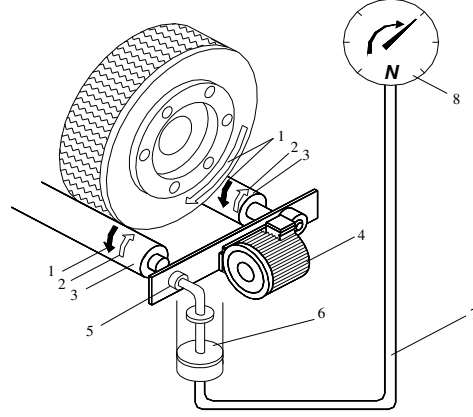
- Tamburlu tip fren deney cihazı
- Platformlu tip (Düz zeminli) fren deney cihazı

3.2.3.1. Tamburlu tip fren deney cihazı

Tamburlu tip fren test cihazında her tekerlek için ayrı, birbirine bağlı olarak hareket eden iki adet silindir şeklinde çapları eşit tambur bulunur. Aracın tekerleği iki tambur arasına çıkartılarak frenleme işlemi gerçekleştirilir. Tamburlara hareket

veren bir elektrik motoru vardır ve motor üzerine bağlı bulunan bir kol bulunmaktadır. Tamburlara hareket verildikten sonra araç içerisindeki sürücü frenleme yapar. Bu esnada tamburların dönme yönüne ters yönde bir moment oluşur. Kol vasıtası ile ters yönde oluşan moment ölçme ünitesine iletilir. Oluşan momente tekerlek ile tambur arasındaki kayma miktarı eklendiği zaman tekerleklerde oluşan frenleme momenti bulunur.

Ölçme ünitesi hidrolik veya elektronik olarak işlev görerek, ters yönde oluşan momenti tespit edilmesini sağlar (Şekil 3.1.).



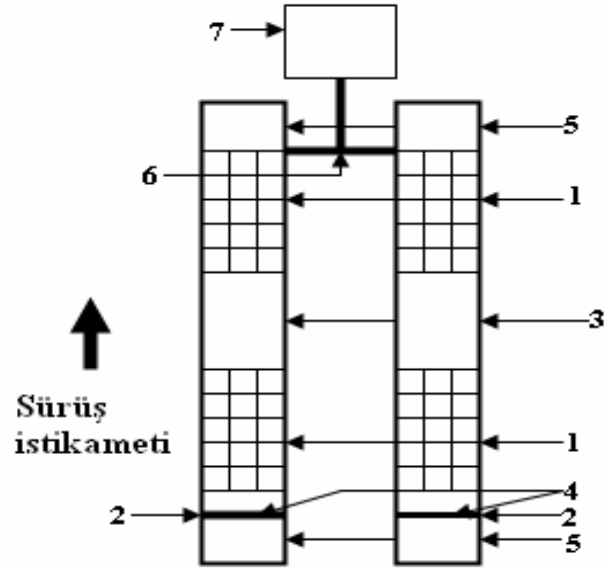
Şekil 3.1. Hidrolik ölçüm yapan Tamburlu fren deney cihazı ve parçaları

1. Fren momenti 2. Döndürme momenti 3. Tambur çifti
4. Devri değiştirilebilir elektrik motoru 5. Moment kolu
6. Hidrolik kuvvet ölçüm kutusu 7. Hidrolik borusu
8. Fren kuvveti gösterge cihazı (HPRL 2002).

3.2.3.2. Platformlu tip (Düz zeminli) fren deney cihazı

Düz zeminli fren deney cihazı Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi dört adet tutunma katsayısı yüksek düz platformlardan meydana gelmiştir. Platformların uç noktalardan sabitlendiği yerlerden belirli bir miktar boşluk bırakılarak hareket etmesi sağlanmıştır.

Taşıt ortalama 10-15 km/h hızla platformlar üzerine çıkarılarak frenleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu esnada hareket edebilen platformların uç noktalarına yerleştirilmiş olan yük hücreleri (LoadCell) bilgisayar ünitesine bu çarpma hızını sinyal olarak göndermekte ve bilgisayar ekranından kuvvet olarak okunmaktadır (Eta 2000).



Şekil 3.2. Platform (Düz zemin) fren deney cihazı (Paul et al. 1990).

1. Platformlar
2. Ağırlık göstergeleri
3. Pürüzsüz platform
4. Platform bağlantıları
5. Dayanma rampası
6. Bağlantı kabloları
7. Bilgisayar ekranı

3.4. Taşıt Fren Sistemleri İle İlgili Tanım ve Yönetmelikler

Taşıtların, trafik güvenliğine uyma zorunluluğu nedeniyle yapım-uygulama aşamasında çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından belirlen ve kısmen zorunlu olan yönetmelik ve yasalara uyulması gerekmektedir. Bu tür yönetmelikler, ulusal ve uluslararası olarak sınıflandırılabilir.

Ülkemizde de, araçların trafiğe çıkabilmeleri için gerekli koşulları tarif eden ulusal nitelikli bir yönetmelik mevcuttur. Ülkemizdeki belli başlı ulusal ve uluslararası yönetmelikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılır (AİTM. 2004).

- a) Avrupa Topluluğu Yönetmeliği (EC-71/320) [Avrupa Topluluğu Yönetmeliği].
- b) Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliği (ECE R-13) [Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliği].
- c) AİTM Yönetmeliği"-Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik, T.C.Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, (Ulusal nitelikli).

Ülkemiz için geçerli olan ulusal yönetmeliğin fren konusuyla ilgili bölümleri büyük ölçüde ECE R-13'ü kapsamakla birlikte içerik açısından ECE R-13 'e göre bazı eksikleri vardır. Diğer iki yönetmelikteki bölümler, EC-71/320 ve ECE R-13, birkaç küçük farkın dışında birbirlerini hemen hemen kapsarlar. Bütün yönetmeliklerde, frenlerle ilgili bölümler aynı ortak ana başlıklara sahiptir. Bunlar;

- a) Araçların sınıflandırılması,
- b) Frenlerle ilgili tanımlar,
- c) Araçlarda bulunması gerekli fren düzenleri,
- d) Fren düzeninin sağlanması gerekli koşullar,
- e) Fren deneyleri ve sınır değerleri olarak sıralanır.

3.4.1. Araç sınıfları ve fren düzenleri

Taşıtlar genel olarak

- L Sınıfı (L1,L2,L3,L4,L5)
- M Sınıfı (M1,M2,M3)
- N Sınıfı (N1,N2,N3)
- O Sınıfı (O1,O2,O3,O4,O5)

Şeklinde sınıflandırılır (AİTM. 2004);

3.4.1.1. L sınıfı araçlar

4'den az tekerleği bulunan motorlu taşıtlardır. Kendi aralarında tekerlek sayısı, motor silindir hacmi ve azami hızı bakımından beş sınıfa ayrılırlar;

3.4.1.2. M sınıfı araçlar

Asgari üç veya dört tekerlekli olup, yolcu taşımaya yönelik motorlu taşıttır. Kendi aralarında üç sınıfa ayrılırlar;

- M1 Sınıfı: sürücü dahil azami sekiz oturma yeri olan ve azami yüklü ağırlığı 3500 kg'ı geçmeyen yolcu taşımaya yönelik motorlu taşıtlardır.
- M2 Sınıfı: sürücü dahil azami sekizden fazla oturma yeri olan ve azami yüklü ağırlığı 5000 kg'ı geçmeyen yolcu taşımaya yönelik motorlu taşıtlardır.
- M3 Sınıfı: M2 sınıfı ile aynı fakat azami yüklü ağırlığı 5000 kg'ı geçen yolcu taşımaya yönelik motorlu taşıtlardır.

M sınıfı araç olan otomobil, minibüs, kamyonet, kamyon, otobüs, çekici, arazi taşıtı ve özel amaçlı taşıtlarda birbirinden bağımsız, biri ana fren, diğeri ise park freni olmak üzere en az iki fren düzeninin bulunması şarttır.

3.4.1.3. N sınıfı araçlar

Asgari üç veya dört tekerlekli olup, azami yüklü ağırlığı 1000 kg'ı geçen ve yapısı bakımından yük taşımaya yönelik motorlu taşıttır. Kendi aralarında üç sınıfa ayrılırlar;

- N1 Sınıfı: azami yüklü ağırlığı 3500 kg'dan az veya eşit olan yük taşımaya yönelik motorlu taşıttır.
- N2 Sınıfı: azami yüklü ağırlığı 3500 kg'dan büyük 12000 kg' dan küçük veya eşit olan yük taşımaya yönelik motorlu taşıttır.
- N3 Sınıfı: azami yüklü ağırlığı 12000 kg'dan büyük olan yük taşımaya yönelik motorlu taşıttır.

N sınıfı araçların fren düzenleri de M sınıfı araçların fren sistemi yeterliliklerini sağlamalıdır.

3.4.1.4. O sınıfı araçlar

Römork veya yarı römork motorsuz taşıtlardır. Kendi aralarında dört sınıfa ayrılırlar;

3.4.1.5. LTT ve diğer araçlar

Lastik tekerlekli traktörlerde (LTT), soğuk frenlerle ve pedala en fazla 60 N bir kuvvet uygulaması ile $2,4 \text{ m/s}^2$ lik bir yavaşlama ivmesi sağlanmalıdır.

Diğer araçlar olarak tanımlanan tek akslı çekicilerde, arıza durumunda en az bir tekerleği frenleyebilen bir düzen bulunmalıdır.

4. MATERYAL VE METOT

Yol deneyleri T.S 5880 ve ISO 6597 standartlarındaki soğuk fren etkinlik deneyi prosedürüne göre yapılmıştır. ABS'li ve ABS'siz altı binek taşıt ve ABS'li ve ABS'siz iki ticari taşıtların yüklü ve yüksüz durumlarda farklı hız ve taşıtlarda yapılan deneyler ile frenleme mesafeleri ve frenleme süreleri tespit edilmiştir. Deneyler ABS'li ve ABS'siz binek ve ticari araçların yüklü ve yüksüz durumdaki fren performansını analiz etmek için gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan deney yönteminin güvenilirliği, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olan deney sonuçları ile boş durumdaki deney sonuçlarının karşılaştırılması sonucu ortaya çıkmaktadır.

4.1. Deney Şartları

Deney esnasında taşıt yüklü ve yüksüz durumda ve soğuk frenlerle frenleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Frenleme 300N olan ortalama pedal kuvvetinde gerçekleştirilmiştir. Tüm hızlarda panik frenleme şeklinde frenleme gerçekleştirilerek, bu esnada geçen süre de frenleme süresi olarak tespit edilmiştir. Deneyde İzmir İli Çiğli İlçesi sınırlarında bulunan Organize Sanayi Bölgesi Yolu kullanılmıştır. Hava sıcaklığı yaklaşık 25 ° C'dir. Deneyler kuru zemin ($f = 0,60-0,70$) şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deney esnasında 1988 Model Renault 11 GTS, 2006 Model Peugeot 307 Comfort 1,4, 1995 Model Renault 9 Bradway, 1999 Model Renault 19 Europe 1.4, 2001 Model Ford Focus 1.6 ve 2002 Model Renault Megane RTE marka binek taşıtlar ile 2005 Model Peugeot Partner Van 190D ve 2005 Model Volkswagen Caddy marka ticari taşıtlar kullanılmıştır. Deneyler sürücü ile birlikte dört kişiyle yapılmıştır. Yüklü yapılan deneylerde binek taşıtlar için 300 kg (boş duruma göre yaklaşık % 34'e kadar ilave edilmiştir), Peugeot Partner Van 190D ve Volkswagen Caddy ticari taşıtlar için

450 kg (boş duruma göre yaklaşık % 36'e kadar ilave edilmiştir) bagaj yükü uygulanmıştır. Deneyler standartlara uygun olarak (TSE, ISO, EC, ECR 13) 50, 80, 90 ve 120 km/h hızlarda yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Deneylerde kullanılan taşıt lastiklerinin özellikleri

Model	Lastik ebadı	Basınç (PSI)	Tırnak derinliği (mm)
Renault 11 GTS	175 R 13	28	3
Peugeot 307	195 R 15	30	3,4
Peugeot Partner	175/65 R 14	32	3,2
Volkswagen Caddy	195/65 R 15	32	3,2
Renault 9	165 R 13	28	3
Renault 19	175 R 13	28	3
Ford Focus	195/60 R 15	30	3,1
Renault Megane	185/60 R 15	30	3,2

4.2. Deneyde Kullanılan Ekipmanlar

Deney esnasında frenlemenin başladığı noktadan taşıtın durduğu yere kadar olan mesafeyi ölçmede kullanılan şerit metre, frenlemenin başladığı andan itibaren geçen frenleme süresini tespit etmek için kullanılan kronometre, taşıtın sahip olduğu hızı belirlemede kullanılan taşıt üzerindeki takometre kullanılmıştır. Yüklü yapılan testlerde binek taşıtlar için birim kütlesi 25 kg olan 12 adet ağırlık ve ticari taşıtlar için birim kütlesi 25 kg olan 18 adet ağırlık kullanılmıştır. Frenleme esnasında frenlemenin başladığı nokta referans çizgisiyle belirlenmiştir. Frenleme taşıt bu boyalı çizgiye geldiği esnada başlamaktadır. Bu nokta frenlemenin başlangıç noktası olmaktadır. Taşıtın durduğu nokta ile boya ile işaretlenen nokta arası frenleme mesafesi olarak tespit edilmektedir. Deney taşıtlarının özellikleri Çizelge 4.2 - 4.9 de belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Renault 11 GTS genel görünümü

Çizelge 4.2. Renault 11 GTS marka taşıtın özellikleri.

Marka	Renault
Model	11GTS 1988
Max. Taşıt Hızı (km/h)	165
Motorun Yeri ve Konumu	Motor önde taşıt eksenine dik
Boş Ağırlık (kg)	885
Max. Ağırlık (kg)	1350
Tekerlek Boyutları	175 R 13
El Freni Tipi	Mekanik elle kumandalı
Vites Sayısı	5 ileri 1 geri
Çekiş Tipi	Önden çekişli
Fren Sistemi	Ön Fren Arka Fren
	Disk Kampana
ABS Sistemi	Yok



Şekil 4.2. Peugeot 307 genel görünümü

Çizelge 4.3. Peugeot 307 Comfort 1.4 marka taşıtın özellikleri.

Marka	Peugeot
Model	307 Comfort 1.4 2006
Max. Taşıt Hızı (km/h)	172
Motorun Yeri ve Konumu	Motor önde taşıt eksenine dik
Boş Ağırlık (kg)	1249
Max. Ağırlık (kg)	1650
Tekerlek Boyutları	195 R 15
El Freni Tipi	Mekanik elle kumandalı
Vites Sayısı	5 ileri 1 geri
Çekiş Tipi	Önden çekişli
Fren Sistemi	Ön Fren Arka Fren
	Disk Disk
ABS Sistemi	Var



Şekil 4.3. Peugeot Partner genel görünümü

Çizelge 4.4. Peugeot Partner Van 190D marka taşıtın özellikleri.

Marka	Peugeot
Model	Partner Van 190D 2005
Max. Taşıt Hızı (km/h)	147
Motorun Yeri ve Konumu	Motor önde taşıt eksenine dik
Boş Ağırlık (kg)	1165
Max. Ağırlık (kg)	1965
Tekerlek Boyutları	175/65 R 14
El Freni Tipi	Mekanik elle kumandalı
Vites Sayısı	5 ileri 1 geri
Çekiş Tipi	Önden çekişli
Fren Sistemi	Ön Fren Arka Fren
	Disk Kampana
ABS Sistemi	Yok



Şekil 4.4. Volkswagen Caddy genel görünümü

Çizelge 4.5. Volkswagen Caddy marka taşıtın özellikleri.

Marka	Volkswagen
Model	Caddy 2005
Max. Taşıt Hızı (km/h)	166
Motorun Yeri ve Konumu	Motor önde taşıt eksenine dik
Boş Ağırlık (kg)	1406
Max. Ağırlık (kg)	2235
Tekerlek Boyutları	195/65 R 15
El Freni Tipi	Mekanik elle kumandalı
Vites Sayısı	5 ileri 1 geri
Çekiş Tipi	Önden çekişli
Fren Sistemi	Ön Fren Arka Fren
	Disk Disk
ABS sistemi	Var



Şekil 4.5. Renault 9 Broadway genel görünümü

Çizelge 4.6. Renault 9 Broadway marka taşıtın özellikleri.

Marka	Renault
Model	9 Broaway 1995
Max. Taşıt Hızı (km/h)	170
Motorun Yeri ve Konumu	Motor önde taşıt eksenine dik
Boş Ağırlık (kg)	890
Max. Ağırlık (kg)	1350
Tekerlek Boyutları	165 R 13
El Freni Tipi	Mekanik elle kumandalı
Vites Sayısı	5 ileri 1 geri
Çekiş Tipi	Önden çekişli
Fren Sistemi	Ön Fren Arka Fren
	Disk Kampana
ABS sistemi	Yok



Şekil 4.6. Renault 19 Europe gelen görünümü

Çizelge 4.7. Renault 19 Europe marka taşıtın özellikleri.

Marka	Renault
Model	19 Europe 1.4 1999
Max. Taşıt Hızı (km/h)	170
Motorun Yeri ve Konumu	Motor önde taşıt eksenine dik
Boş Ağırlık (kg)	945
Max. Ağırlık (kg)	1395
Tekerlek Boyutları	175 R 13
El Freni Tipi	Mekanik elle kumandalı
Vites Sayısı	5 ileri 1 geri
Çekiş Tipi	Önden çekişli
Fren Sistemi	Ön Fren Arka Fren
	Disk Kampana
ABS sistemi	Yok



Şekil 4.7. Ford Focus genel görünümü

Çizelge 4.8. Ford Focus marka taşıtın özellikleri.

Marka	Ford
Model	Focus 1.6 2001
Max. Taşıt Hızı (km/h)	185
Motorun Yeri ve Konumu	Motor önde taşıt eksenine dik
Boş Ağırlık (kg)	1235
Max. Ağırlık (kg)	1645
Tekerlek Boyutları	195/60 R 15
El Freni Tipi	Mekanik elle kumandalı
Vites Sayısı	5 ileri 1 geri
Çekiş Tipi	Önden çekişli
Fren Sistemi	Ön Fren Arka Fren
	Disk Disk
ABS sistemi	Var



Şekil 4.8. Renault Megane genel görünümü

Çizelge 4.9. Renault Megane marka taşıtın özellikleri.

Marka	Renault
Model	Megane RTE 2002
Max. Taşıt Hızı (km/h)	198
Motorun Yeri ve Konumu	Motor önde taşıt eksenine dik
Boş Ağırlık (kg)	1115
Max. Ağırlık (kg)	1525
Tekerlek Boyutları	185/60 R 15
El Freni Tipi	Mekanik elle kumandalı
Vites Sayısı	5 ileri 1 geri
Çekiş Tipi	Önden çekişli
Fren Sistemi	Ön Fren Arka Fren
	Disk Kampana
ABS sistemi	Var

4.3. Deneğin Yapılışı

Yol deneylerinde; standartlara uygun olarak 50, 80, 90 ve 120 km/h hızlarda deneyler gerçekleştirilmiştir. Her hız için ortalama 300 N pedal kuvveti alınmıştır. Deneğin gerçekleştirildiği yolun tutunma katsayısı (f) 0.60–0.70 civarındadır.

Deneğin taşıtları deneylerden önce, fren sistemlerinin kontrolü, sürücünün deney şartlarına motivesi ve sistem elemanlarının deney sıcaklığına ulaşması için 3 ayrı duruş şeklinde frenlenmiştir. Frenleme esnasında motor ile vites kutusu arasındaki hareket kesilerek, frenleme olayı motorun boş konumunda yapılmıştır. Deneyler süresince hiçbir yavaşlatıcı kullanılmamıştır. Frenleme esnasında frenleme durumunun önceden belirlendiği ve frenlemeye hazırlıklı olarak beklenmesinden dolayı reaksiyon süresi en aza inmiştir.

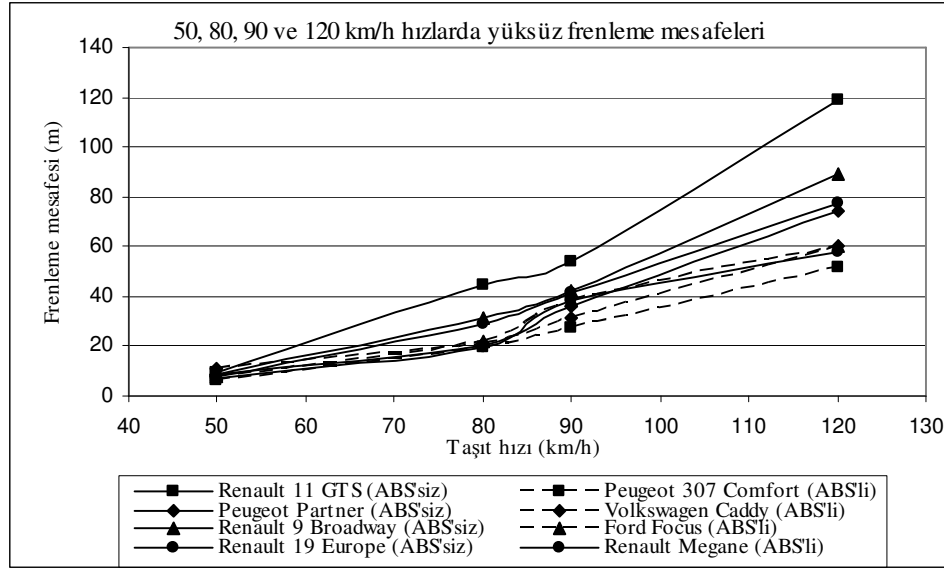
Deneğin önce taşıtların yüksüz durumunda gerçekleştirilmiştir. Taşıtlar belirtilen hızlara ulaştığında hızı sabit tutularak referans noktasına yaklaşmıştır. Referans çizgisinde taşıtların frenine ve debriyajına panik frenleme şeklinde basılmıştır. Bu anda kronometrelerde çalıştırılmıştır. Taşıtlar tamamen durmasıyla kronometreler durdurulmuş ve frenleme süresi tespit edilmiştir. Frenleme süresini ölçümü için iki adet kronometre kullanılmıştır ve bu iki kronometrenin ortalama değeri alınarak hata payı en aza indirilmeye çalışılmıştır. İki kronometre arasındaki değerler birbirine yakın çıkmadığı zaman deneyler tekrarlanmıştır. Frenleme mesafesi ise aracın durduğu nokta ve referans çizgisi arasındaki mesafenin şerit metreyle ölçülmesi ile tespit edilmiştir. Daha sonra belirtilen hızlarda binek taşıtların bagajına 300 kg, ticari taşıtların bagajına 450 kg ağırlık yerleştirilerek deneyler tekrar yapılarak frenleme mesafeleri ve frenleme süreleri tekrar ölçülmüştür.

ABS'li ve ABS'siz taşıtların fren performans testinde kullanılmasıyla frenleme mesafeleri karşılaştırılmış ve bununla birlikte taşıtlara yük uygulayarak, yüklü durumdaki taşıtların frenleme mesafeleri ve süreleri incelenmiştir. Bu testlerle

taşıt ağırlığının frenleme mesafesine etkisi araştırılmıştır. Genel olarak uygulanan deney yöntemi üretim aşamasından sonra taşıtların muayene amaçlı yapılan deneylerinde kullanılabilir bir yöntemdir. Aynı zamanda üretim aşamasında yeni tasarlanan bir taşıtın farklı durumlarda ki frenleme performansını tespit etmede de kullanılabilir bir yöntemdir.

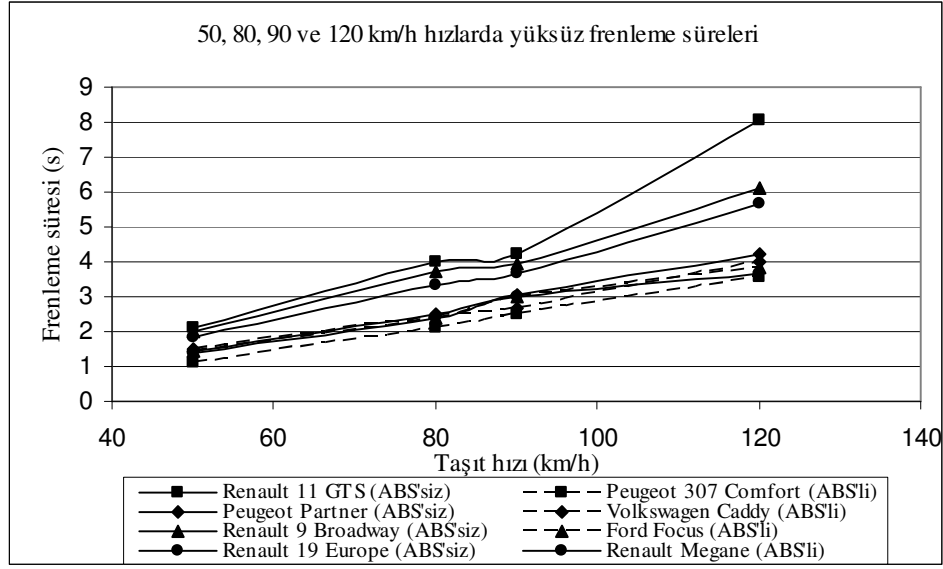
5. BULGULAR

50, 80, 90, 120 km/h hızlarda yapılan deneylerde taşıtların yüksüz ve yüklü konumda frenleme mesafeleri ve frenleme süreleri tespit edilerek, yüksüz durumdaki taşıt hızı- frenleme mesafesi ve taşıt hızı-frenleme süresi grafikleri üzerinde ifade edilmiştir (Şekil 5.1, 5.2). Yüklü konumdaki frenleme mesafeleri ve frenleme süreleri ise Şekil 5.3 ve 5.4 de gösterilmiştir.



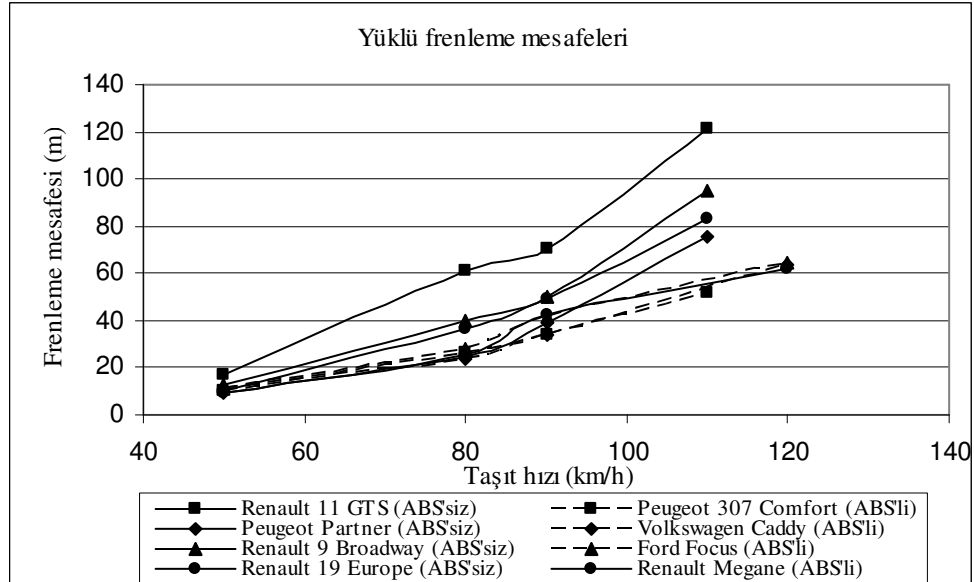
Şekil 5.1. Yüksüz taşıt hızı-frenleme mesafesi grafikleri.

Taşıtların yüksüz durumunda gerçekleştirilen testlerde tüm taşıtlarda belirtilen referans noktasına kadar 50, 80, 90, 120 km/h hızlara ulaşılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda ABS'li taşıtların ABS'siz taşıtlara oranda daha kısa mesafede durdukları gözlemlenmiştir. Bunun başlıca sebebi ABS'li taşıtların daha yeni ve iyi fren donanımına sahip olmalarının yanında ABS'li taşıtlarda tam frenleme gerçekleşmesidir. Yani ABS'siz taşıtlarda yüksek hızlarda yapılan panik frenlemede taşıt tekerleklerinin kilitlenmesi söz konusudur. Taşıtların tekerleklerinin kilitlenmesi, taşıtların frenleme mesafesini uzattığı belirlenmiştir. Yedi taşıtlarla yapılan testlerde en uzun frenleme mesafesi Renault 11 GTS de gerçekleşmiştir. Bu taşıtların fren sistemleri diğer taşıtlara göre daha eski olması taşıtların daha uzun mesafede durmasına neden olmaktadır.



Şekil 5.2. Yüksüz taşıt hızı-frenleme süresi grafikleri.

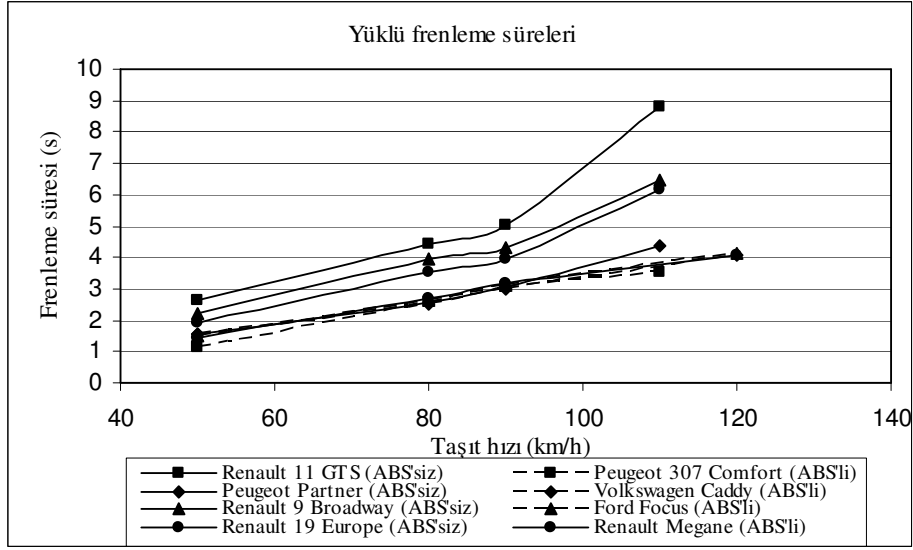
Yüksüz durumda yapılan yol testlerinde frenleme mesafesi sonuçlarına paralel olarak frenleme süreleri de aynı eğilimi göstermiştir. ABS'li taşıtların ABS'siz taşıtlara oranla daha kısa sürede durdukları belirlenmiştir. Yine Renault 11 GTS taşıtı en uzun sürede duran taşıt olmuştur.



Şekil 5.3. Yüklü taşıt hızı-frenleme mesafesi grafikleri.

Yüklü yapılan yol testlerinde Renault 11 GTS, Peugeot 307 comfort, Renault 9 Broadway, Renault 19 Europe, Ford Focus 1.6 ve Renault Megane RTE taşıtlarına 300 kg yük uygulanmış ve Peugeot Partner ve Volkswagen Caddy taşıtlarına 450 kg yük uygulanmıştır. Renault 11 GTS, Peugeot 307 Comfort, Peugeot Partner, Renault 9 Broadway, Renault 19 Europe ile 50, 80, 90 ve 110 km/h hızlarda testler gerçekleştirilmiştir. Volkswagen Caddy, Ford Focus ve Renault Megane RTE ile testler 50, 80, 90 ve 120 km/h hızlarda yapılmıştır. Yüksüz durumda yapılan testlerde alınan sonuçlar gibi, yüklü durumda yapılan testlerde de ABS'li taşıtların ABS'siz taşıtlara oranla daha kısa mesafede durdukları belirlenmiştir. Ancak yüklü durumda yapılan testlerde 50 km/h hızda farklı taşıtların birbirlerine yakın değerlerde durdukları saptanmıştır. Bunun nedeninin taşıt hızının az olmasından dolayı ABS sisteminin devreye girmemesidir. Çünkü ABS sistemi taşıt tekerleklerinin hızları arasındaki fark yaklaşık % 30 olduğunda devreye girmektedir. 50 km/h hızlarda taşıt üzerindeki yükün taşıtın kinetik enerjisi üzerinde yüksek hızlara oranla önemsenmeyecek miktarda etkisinin olması, frenleme mesafesini çok az miktarda arttırmaktadır. 50 km/h'den daha yüksek hızlarda Renault 11 GTS taşıtının frenleme mesafesinin çizdiği eğride ani bir yükseliş olmuştur. Taşıt bagajındaki yükün getirdiği ilave kinetik enerji fren donanımları yeni olmayan bu taşıtın frenleme mesafesini büyük oranda arttırmıştır. Renault 9 Broadway ve Renault 19 Europe taşıtlarının frenleme mesafeleri birbirlerine yakın eğriler oluşturmuştur. Peugeot Partner taşıtı ABS'siz taşıtlar içerisinde değişik hızlarda en kısa frenleme mesafelerine sahip olan taşıttır. Peugeot 307 Comfort ve Volkswagen Caddy taşıtları ağırlıkları arasında fark olmasına rağmen frenleme mesafesi noktaları birbirlerine yakın oldukları saptanmıştır. Renault Megane taşıtı ile Ford Focus taşıtı birbirine yakın frenleme mesafelerinde durmalarına karşın Ford Focus taşıtı ABS'li taşıtlar arasında en uzun frenleme mesafelerine sahip araçtır.

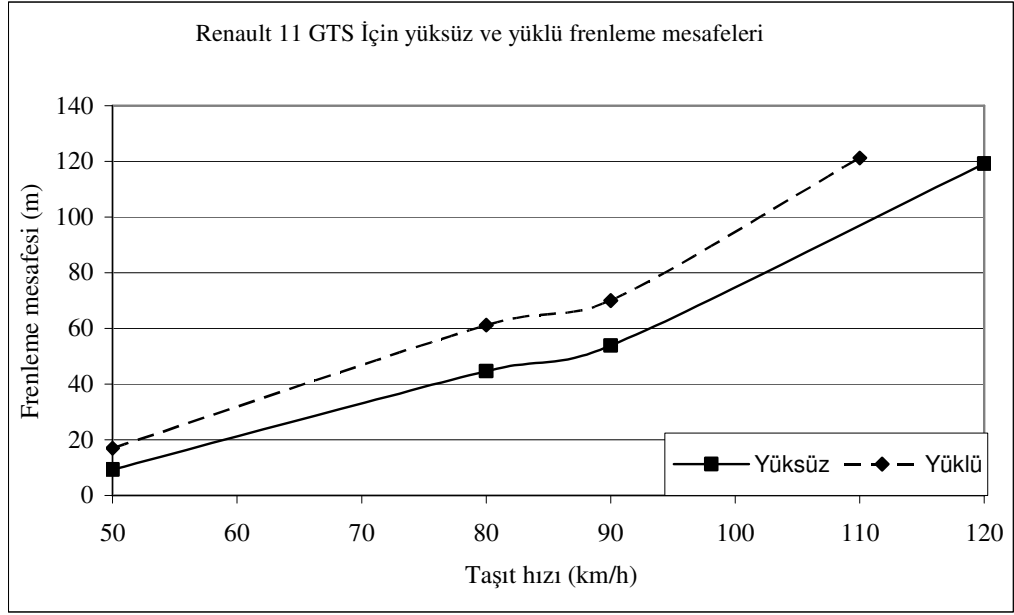
Yüksüz ve yüklü yapılan testlerde elde edilen sonuçlardan da görülebildiği gibi yüklü durumda yapılan yol testlerinde frenleme mesafesi yüksüz yapılan testlere oranla daha fazladır.



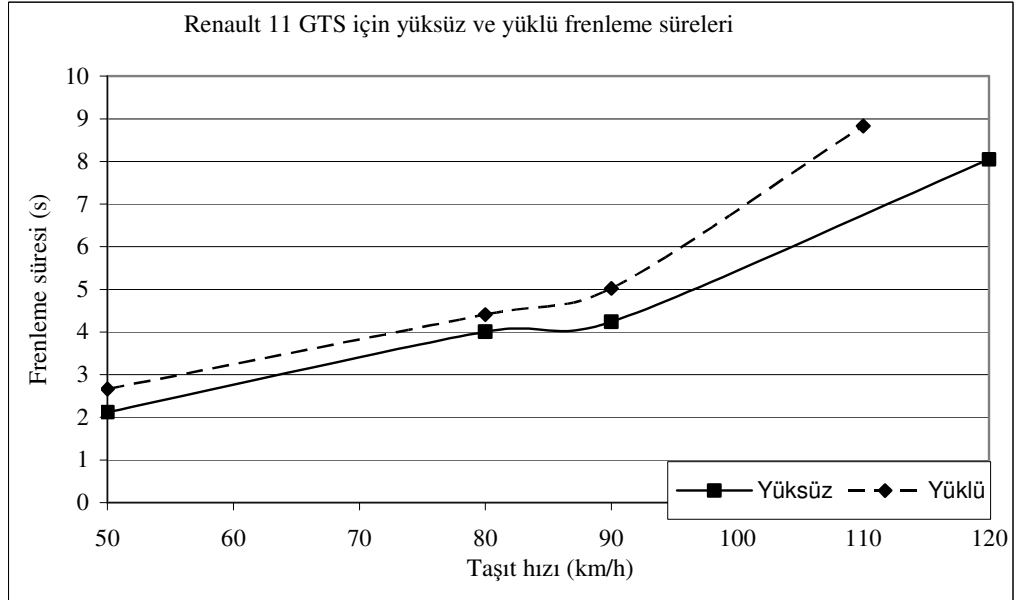
Şekil 5.4. Yüklü taşıt hızı-frenleme süresi grafikleri.

Yüklü yapılan yol testlerinde alınan frenleme süreleri sonuçları, frenleme mesafesi sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. 50 km/h hızda tüm taşıtların frenleme süreleri birbirine yakındır. Yüksek hızlarda ABS'li taşıtlar ABS'siz taşıtlara oranla daha kısa sürede durdukları saptanmıştır.

Frenleme durumunda taşıtın yük transferinde değişiklikler meydana gelmektedir. Frenleme yapıldığı zaman taşıtın yük dağılımı ön aksa doğru kaymaktadır. Bundan dolayı taşıtların ön tekerleklerindeki frenleme kuvveti arka tekerleklere göre daha fazla olması istenir. Bu çalışmada yapılan testlerde, yüklü durumda taşıta eklenen ilave yük taşıtın yük dağılımına etki etmiştir. Frenleme esnasında taşıtın ön kısmına etki eden yük, arka tekerleklerin yol yüzeyine tutunmasını azaltmış ve taşıt kararlılığına negatif etki etmiştir. Renault 11 GTS' de yük dağılımındaki dengesizlik daha fazla etkin olmuştur. Yüksek hızlarda yapılan panik frenlemede taşıt kararlılığını korumak zor olmaktadır.



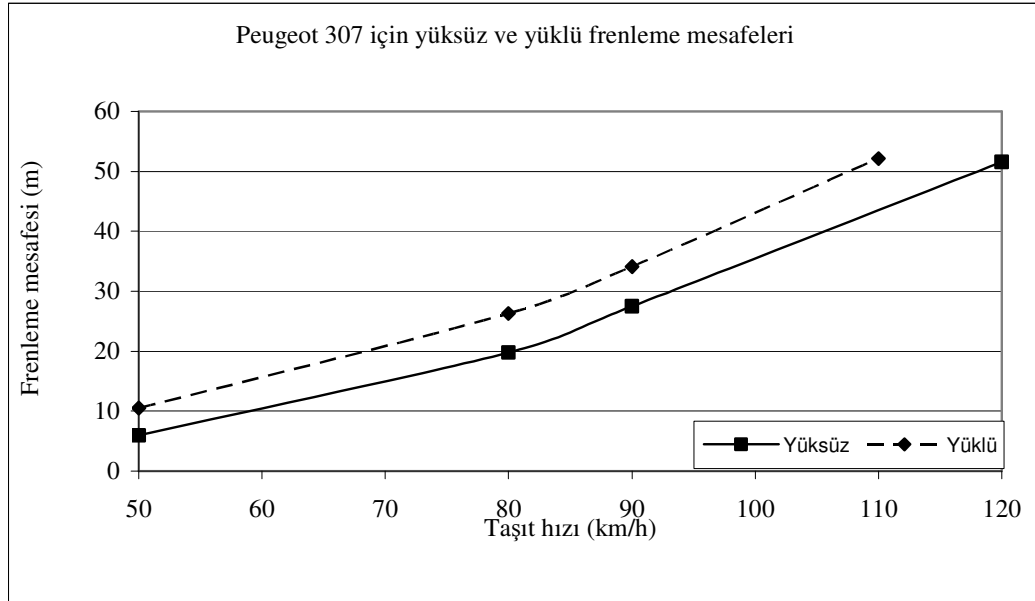
Şekil 5.5. Renault 11 GTS taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.



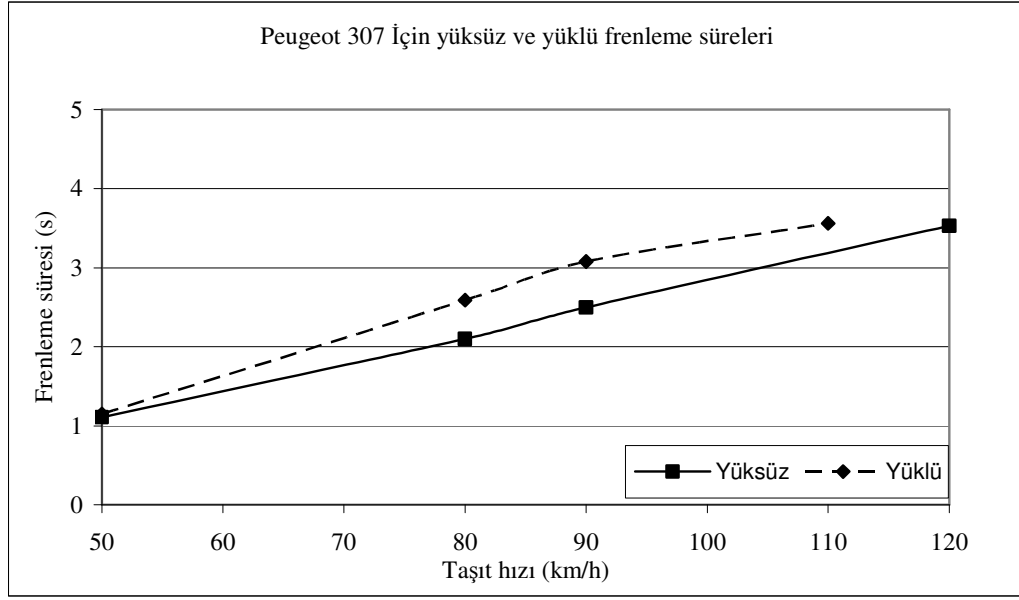
Şekil 5.6. Renault 11 GTS taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.

Taşıt testin başlangıç hızı olan 50 km/h hızda yüklü ve yüksüz durumda frenleme mesafeleri birbirlerine yakındır. Bunun nedeni taşıtın hızının artmasıyla taşıt üzerindeki yükün taşıtın kinetik enerjisinde arttırmasıdır. Bu artış taşıt freni üzerine ilave bir yük getirir. Yüksek taşıt hızlarında artan kinetik enerjiden dolayı

taşıtın frenleme mesafesinde belirgin bir artış olmaktadır. Grafikteki her iki eğimin aynı eğrilikte gitmemesinin nedeni taşıt tekerleklerinin panik frenlemede kilitlemesidir. Frenleme mesafesi gibi frenleme süreleri de taşıtın yüklü durumunda artmaktadır(Şekil 5.5., 5.6.). 50 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz durumdakinden daha az olduğu saptanmıştır. Ancak 80, 90 ve 110 km/h hızlarda yüklü frenleme mesafeleri yüksüz frenleme mesafesine oranla daha fazla olduğu görülmektedir. 50 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %82 fazladır. 80 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %37 daha fazladır. 90 km/h hızda ise yüklü frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %30 daha fazladır. 110 km/h hızda % 1,7 yüklü frenleme mesafesi, yüksük frenleme mesafesinden fazladır. Düşük hızlarda(50 km/h), yüksüz durumdaki frenleme mesafesine oranla yüklü durumdaki frenleme mesafesi %82 fazla iken, yüksek hızlarda (110 km/h) % 1,7 artmaktadır.

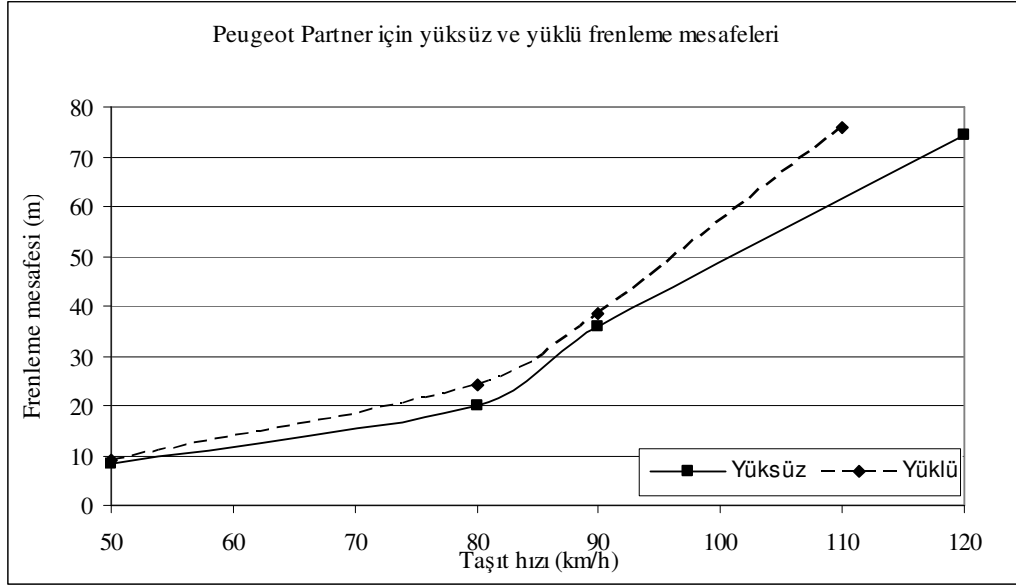


Şekil 5.7. Peugeot 307 Comfort taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.

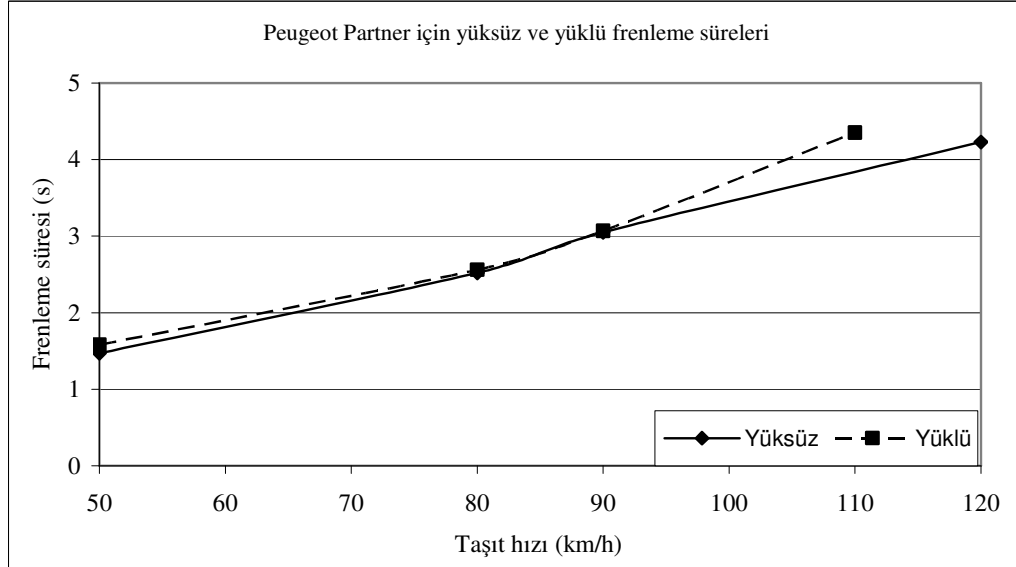


Şekil 5.8. Peugeot 307 Comfort taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.

Peugeot 307 Comfort taşıtı yüklü ve yüksüz durumda düzgün bir frenleme mesafesi eğrisi Şekil 5.7.'de görülmektedir. Yüklü ve yüksüz durumdaki eğriler aynı paralellikte artmaktadır. Taşıt üzerindeki yükün artması taşıtın daha uzun mesafede durmasına neden olmaktadır. Taşıt ABS fren sistemine sahip olduğunda, taşıt tekerleklerinde kilitlenme olmamıştır. Bunun sonucunda doğrusala yakın artışlar olmaktadır. Taşıtın yüklü ve yüksüz durumdaki frenleme süreleri de yük arttıkça artmaktadır(Şekil 5.7., 5.8.). 50 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %75 daha fazla olduğu saptanmıştır. 80 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %32 daha fazladır. 90 km/h hızda ise yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %24 daha fazla olduğu belirlenmiştir. 110 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden %1fazladır.



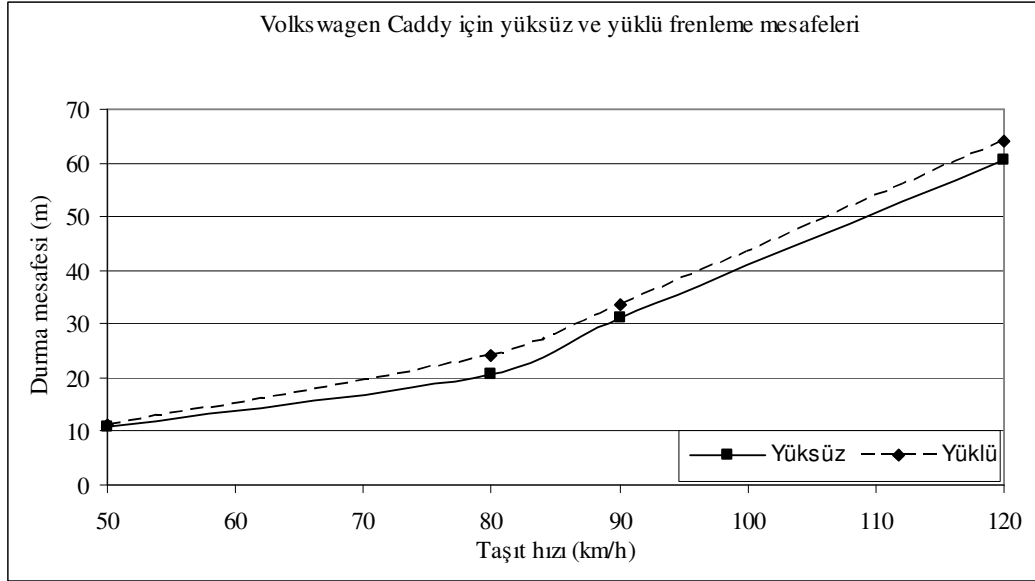
Şekil 5.9. Peugeot Partner taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.



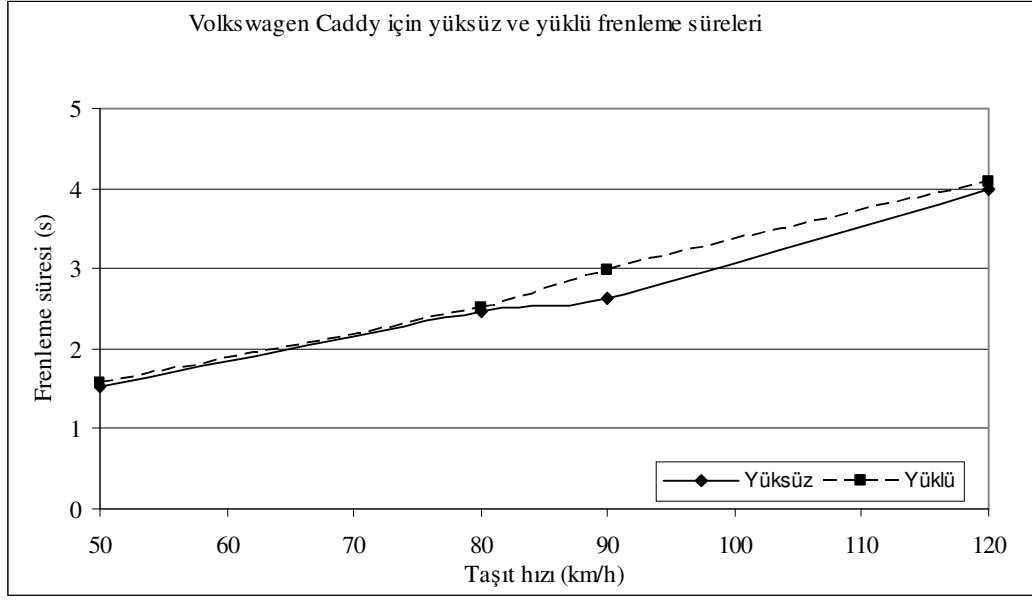
Şekil 5.10. Peugeot Partner taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.

50 km/h hızda taşıtın yüklü ve yüksüz durumda frenleme mesafeleri arasında çok az fark vardır. Hızın 90 km/h üzerine çıktığında frenleme mesafesi de yükten dolayı bir artış olmaktadır. Bu taşıtta yüklü ve yüksüz durumda frenleme

mesafeleri birbirlerine çok yakındır. Peugeot Partner ticari bir taşıt olmasından dolayı yüklü olmasından negatif etkilenme önemsenmeyecek kadar azdır. Peugeot Partner taşıtının frenleme mesafeleri ve frenleme süreleri grafikleri benzerlik göstermektedir(Şekil 5.9., 5.10.). 50 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %7 daha fazladır. 80 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesine yaklaşık %20 daha fazladır. 90 km/h hızda yapılan test de yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %7 daha fazla olmaktadır. 110 km/h hızda ise yaklaşık % 2 fazla olduğu görülmektedir.

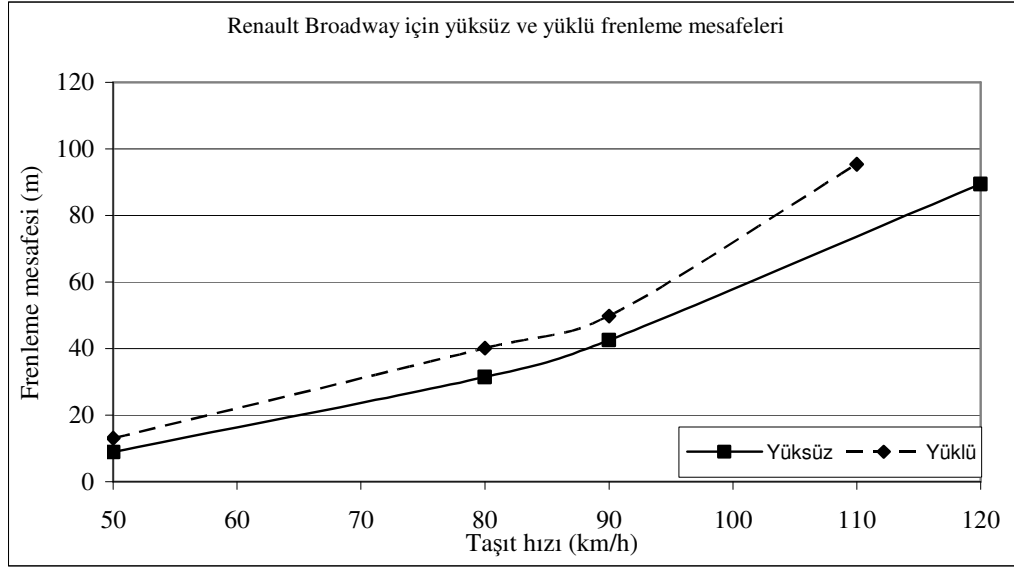


Şekil 5.11. Volkswagen Caddy taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.

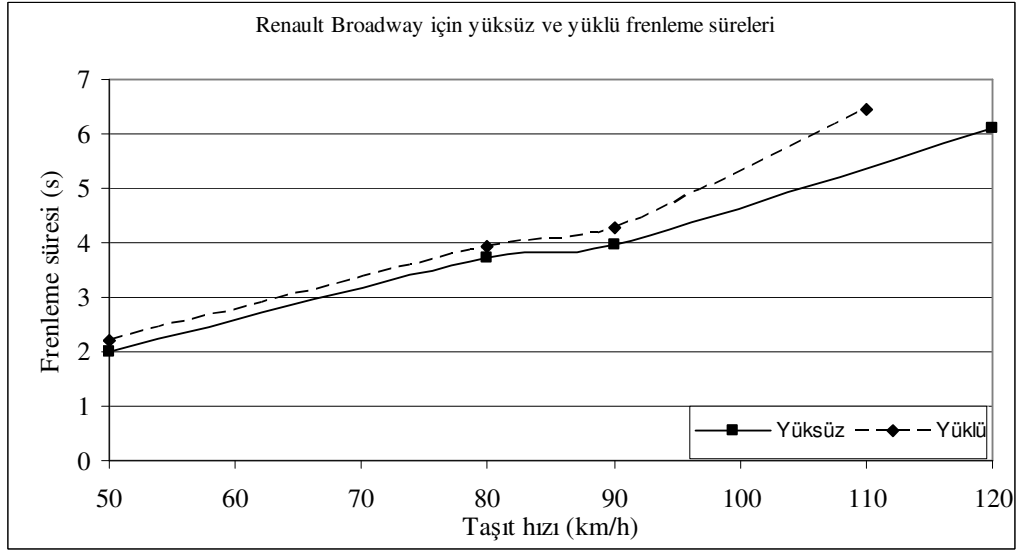


Şekil 5.12. Volkswagen Caddy taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.

Diğer taşıtlarda görüldüğü gibi Volkswagen Caddy taşıtında da 50 km/h hızda frenleme mesafeleri birbirlerine çok yakındır. Hız artışıyla birlikte yüklü durumdaki frenleme mesafesi yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden daha fazla olmaktadır. ABS sisteminin taşıt tekerleklerinin kilitlememesine olanak sağlaması, taşıtın yüksüz ve yükü durumunda frenleme mesafeleri üzerinde bir kararlılık sağlamaktadır. Frenleme mesafeleri ve frenleme süreleri Şekil 5.11. ve 5.12.' de görülmektedir. 50 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %0,9 daha fazladır. 80 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %16 daha fazla olmuştur. 90 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %7 daha fazladır. 120 km/h hızda ise yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %5 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



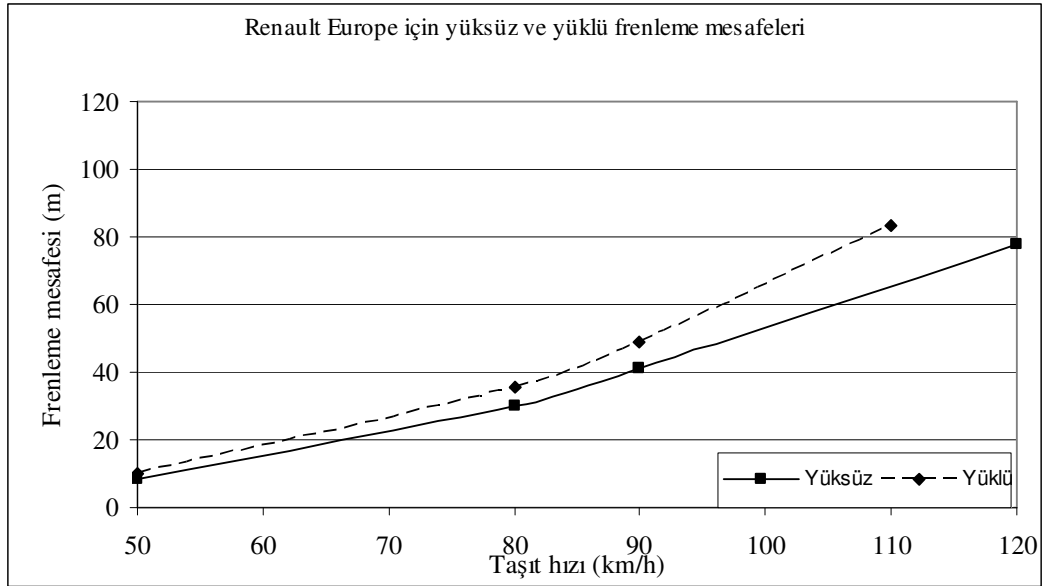
Şekil 5.13. Renault 9 Broadway taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.



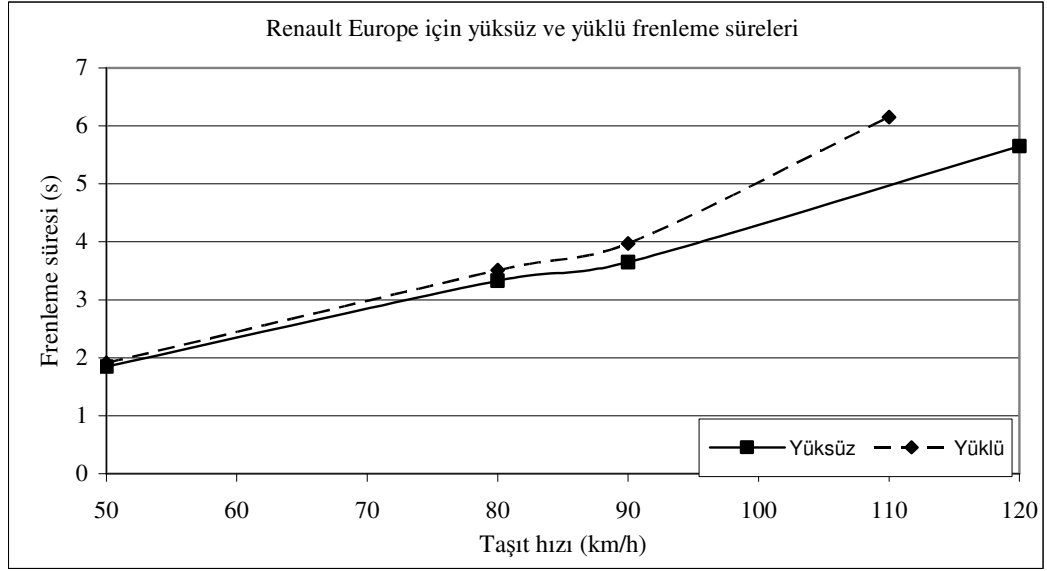
Şekil 5.14. Renault 9 Broadway taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.

50 km/h hızda yüklü ve yüksüz durumda frenleme mesafeleri birbirlerine yakındır. Hızın yükselmesiyle birlikte artan kinetik enerjiden dolayı taşıtın frenleme mesafesinde belirgin bir artış olmaktadır. 80 km/h ve üzerindeki hızlarda taşıt tekerleklerinin kilitlenmesinden dolayı eğrilerde bir sapma gözlenmektedir. Taşıt üzerindeki yükün etkisi taşıtın frenleme mesafesini uzattığı açık olarak şekil

5.13.'de görülmektedir. Frenleme mesafesi gibi frenleme süreleri de taşıtın yüklü durumunda artmaktadır(Şekil 5.14.). 50 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz durumdakinden daha az olduğu saptanmıştır. Ancak 80, 90 ve 110 km/h hızlarda yüklü frenleme mesafeleri yüksüz frenleme mesafesine oranla daha fazla olduğu görülmektedir. 50 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %46 fazladır. 80 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %27 daha fazladır. 90 km/h hızda ise yüklü frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %17 daha fazladır. 110 km/h hızda ise % 6 fazladır. Düşük hızlarda(50 km/h), yüksüz durumdaki frenleme mesafesine oranla yüklü durumdaki frenleme mesafesi %46 fazla iken, yüksek hızlarda (110 km/h) %6 artmaktadır.

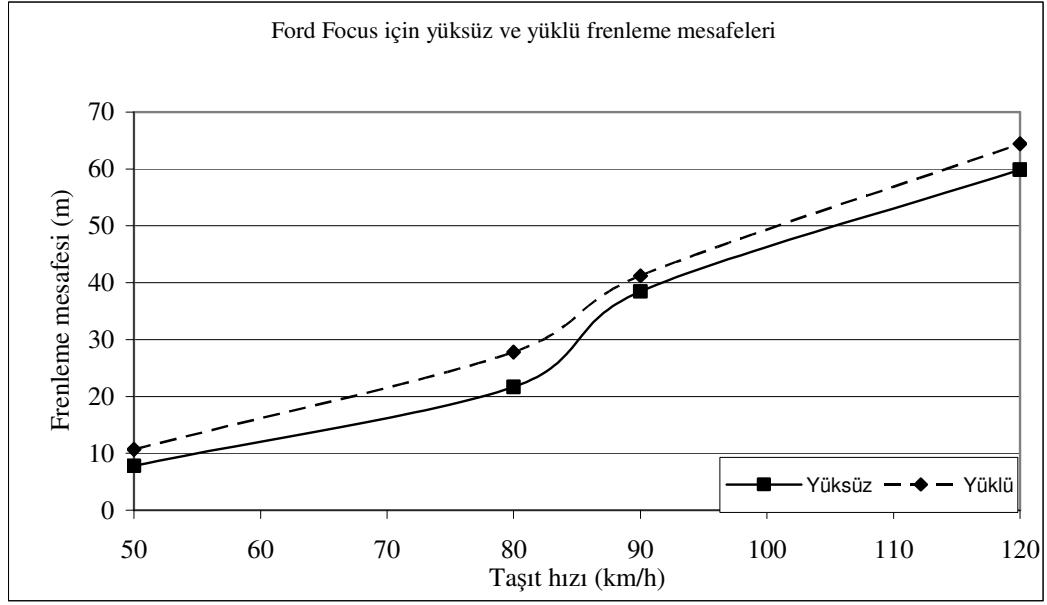


Şekil 5.15. Renault 19 Europe taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.

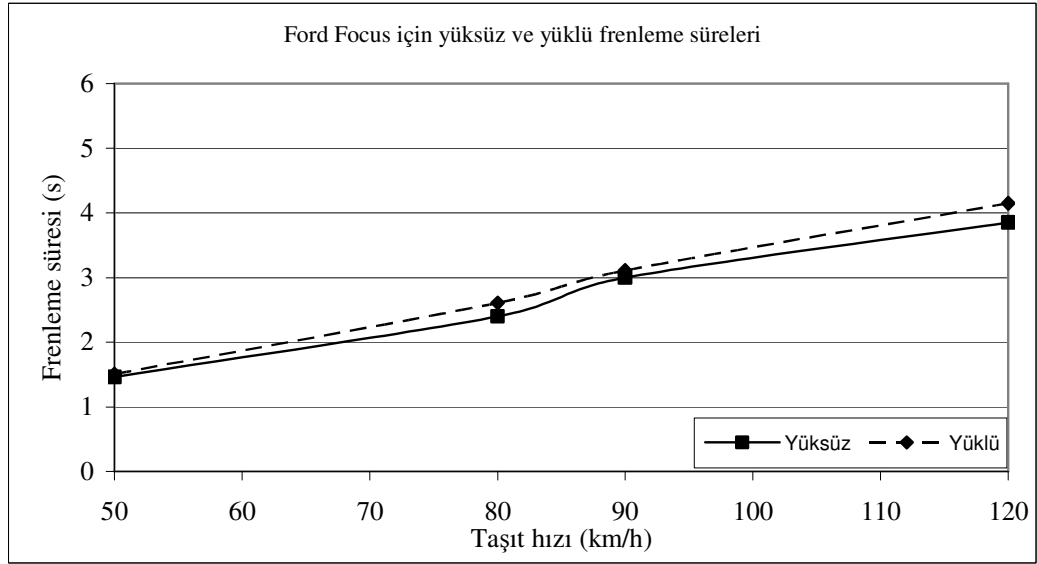


Şekil 5.16. Renault 19 Europe taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.

Renault 19 Europe taşıtı Renault 9 Broadway taşıtıyla benzer eğriler çizmektedir. Testin başlangıç hızında yüksüz ve yüklü frenleme ve durma mesafeleri birbirine yakın, 50 km/h'dan yüksek hızlarda taşıtın kinetik enerjisinin artmasıyla frenleme üzerine getirdiği ilave yükten dolayı frenleme mesafeleri ve sürelerinde artış meydana gelmektedir. Özellikle 80 km/h hızın üstüne çıkılmasıyla, taşıtın yüklü frenleme mesafesinde, yüksüz frenleme mesafesine göre önemli bir artış Şekil 5.161 da görülmektedir. Frenleme mesafesi gibi frenleme süresi de taşıt ağırlığının artmasıyla yükselmektedir (Şekil 5.16). Renault 19 Europe taşıtı için 50 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %26 fazladır. 80 km/h hızda yüklü durumdaki frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %19 daha fazladır. 90 km/h hızda ise yüklü frenleme mesafesi, yüksüz durumdaki frenleme mesafesinden yaklaşık %18 daha fazladır. 110 km/h hızda ise %7 fazladır. Düşük hızlarda (50 km/h), yüksüz durumdaki frenleme mesafesine oranla yüklü durumdaki frenleme mesafesi %16 fazla iken, yüksek hızlarda (110 km/h) %7 artmaktadır.



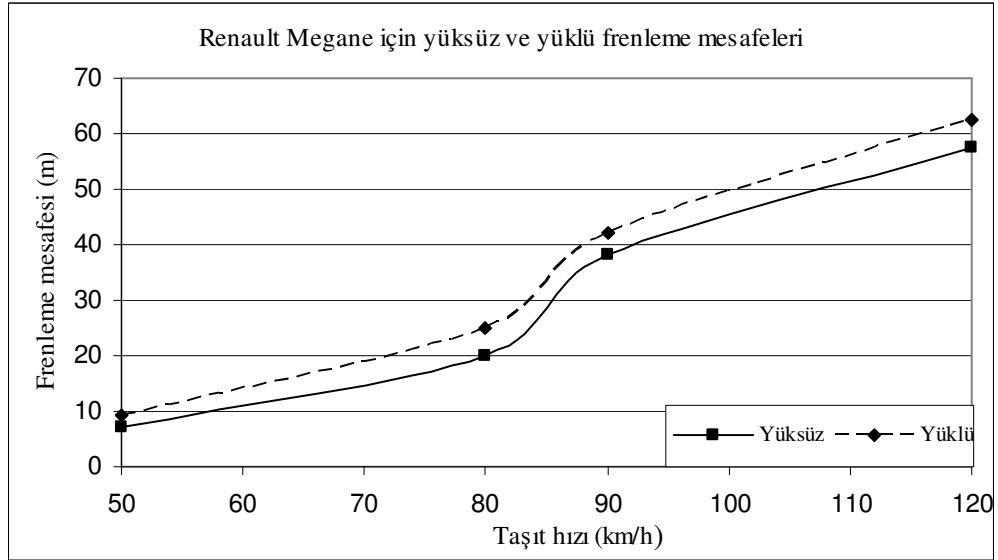
Şekil 5.17. Ford Focus taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.



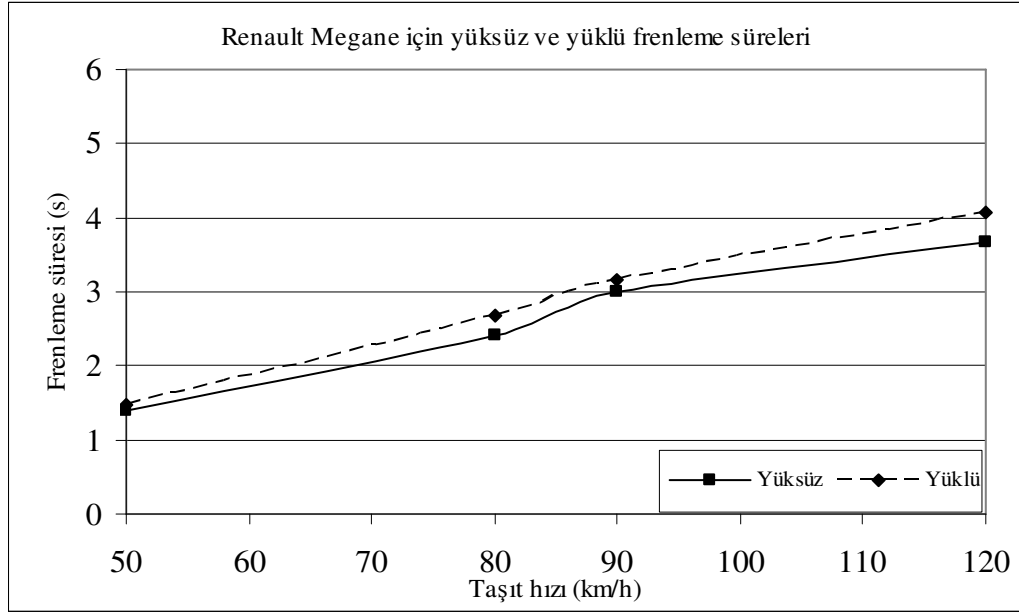
Şekil 5.18. Ford Focus taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.

Ford Focus taşıtı yüklü ve yüksüz durumda birbirlerine yakın frenleme mesafesi eğrisi çizmiştir. Yüklü ve yüksüz durumdaki eğriler aynı paralellikte artmaktadır. Taşıt üzerindeki yükün artması taşıtın daha uzun mesafede durmasına neden

olmaktadır. Taşıt ABS fren sistemine sahip olduğunda, taşıt tekerleklerinde kilitleme olmamıştır. Taşıtın yüklü ve yüksüz durumdaki frenleme süreleri de yük arttıkça artmaktadır(Şekil 5.17., 5.18.). 50 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %37 daha fazla olduğu saptanmıştır. 80 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %28 daha fazladır. 90 km/h hızda ise yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %7 daha fazla olduğu belirlenmiştir. 120 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden %7 fazladır.



Şekil 5.19. Renault Megane taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri.

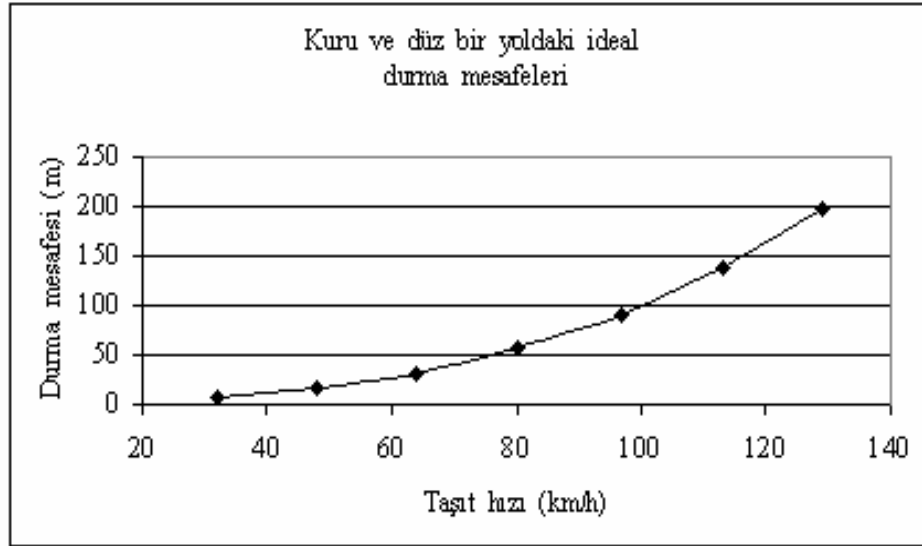


Şekil 5.20. Renault Megane taşıtının yüksüz ve yüklü frenleme süreleri.

Renault Megane taşıtı yüklü ve yüksüz durumda birbirlerine yakın frenleme mesafesi eğrisi çizmiştir. Taşıt üzerindeki yükün artması taşıtın daha uzun mesafede durmasına neden olmaktadır (Şekil 5.19., 5.20.). Taşıt ABS fren sistemine sahip olduğunda, taşıt tekerleklerinde kilitleme olmamıştır. Taşıtın yüklü ve yüksüz durumdaki frenleme süreleri de yük arttıkça artmaktadır (Şekil 5.19., 5.20.). 50 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %30 daha fazla olduğu saptanmıştır. 80 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %26 daha fazladır. 90 km/h hızda ise yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden yaklaşık %9 daha fazla olduğu belirlenmiştir. 120 km/h hızda yüklü frenleme mesafesi, yüksüz frenleme mesafesinden %8 fazladır.

Çizelge 5.1. Değişik hız şartlarına göre kuru ve düz yoldaki durma mesafeleri (Çetinkaya 1999).

Taşıt hızı (km/h)	Durma mesafesi (m)
32	7,6
48	16,8
64	32,0
80	57,1
97	91,4
113	138,1
129	198,1

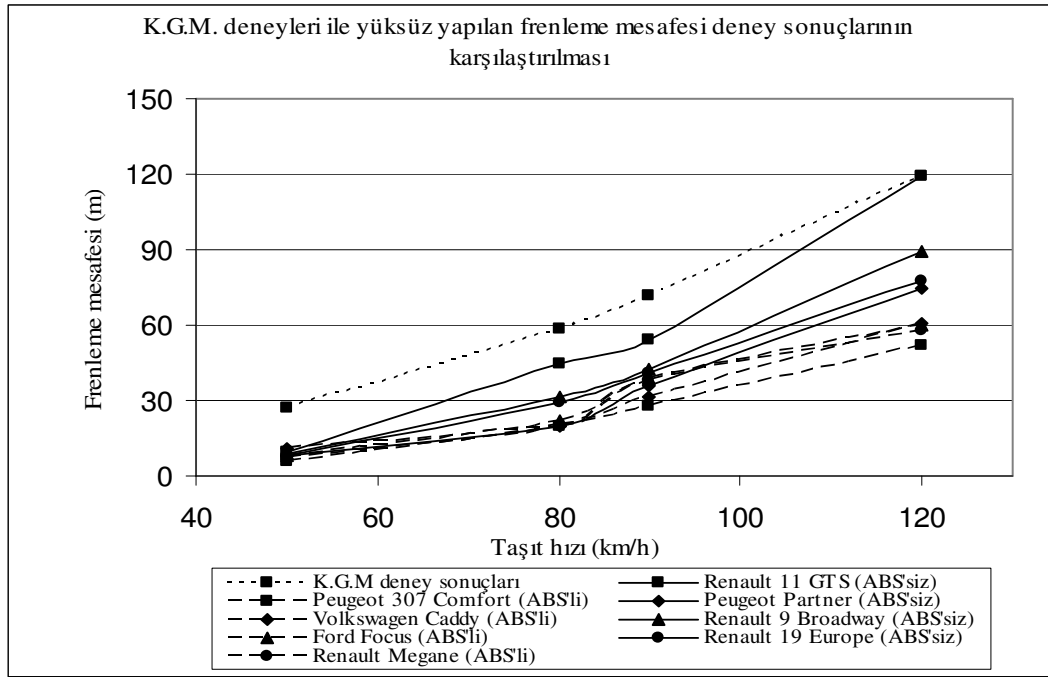


Şekil 5.21. Değişik hız şartlarında kuru bir yoldaki durma mesafesi grafiği (Çetinkaya 1999).

Karayolları Genel Müdürlüğü ekiplerinin yaptığı deneyler sonucunda ise elde edilen değerler Çizelge 5.2. de gösterilmiştir. Deneyin yapıldığı yolun tutunma katsayısı 0.60 civarında belirtilmiştir.

Çizelge 5.2. K.G.M' nin değişik hızlarda durma mesafeleri ve durma süreleri (KGM. 2002).

Taşıt hızı (km/h)	Durma mesafesi (m)	Durma süresi(s)
40	18,8	1,88
50	26,8	2,35
60	36,1	2,83
70	46,7	3,33
80	58,6	3,77
90	71,9	4,24
100	86,3	4,71
110	102,2	5,19
120	119,4	5,66



Şekil 5.22. K.G.M ile yüksüz yapılan deney sonuçlarının karşılaştırılması.

Şekil 5.22.'de Karayolları Genel Müdürlüğü deneyleri ile yol testlerinde kullanılan taşıtların test sonuçları görülmektedir.

K.G.M deney sonuçları, testlerde kullanılan taşıtlardan elde edilen test sonuçları ile karşılaştırıldığında K.G.M deneylerinde elde edilen durma mesafesi tüm taşıtların frenleme mesafesinden uzun olduğu belirlenmiştir. Taşıtların özelliklerinin farklı olması ve K.G.M. deneyleri durma mesafesini, bu çalışmada yapılan testler frenleme mesafesini gösterdiğinden dolayı K.G.M. deneylerinde elde edilen sonuçlar, testlerde elde edilen sonuçlardan farklı çıkmıştır.

5.1. Matematiksel Model

Bu model de en küçük kareler metodu kullanılmıştır. Maksimum hata oranı ABS'siz taşıtlar için % 9, ABS'li taşıtlar için % 16'dır.

$$S_f = A.V^b$$

Çizelge 5.3. Matematiksel model parametreleri

A		
	ABS var	ABS yok
Yüklü	0,0026	0,0007
Yüksüz	0,0004	0,0003
b		
	ABS var	ABS yok
Yüklü	$3,9496.G^{-0,0853}$	$283,74.G^{-0,6663}$
Yüksüz	$2,4877.G^{0,0004}$	$101.46.G^{-0,5353}$

Taşıtların hızı 50-120 km/h aralığında alınmıştır.

Örnek: 50 km/h hızda, 15350 N yüklü ağırlığa sahip ve ABS'li bir taşıtların frenleme mesafesi yapılan deney sonucunda 10.3 m olarak ölçülmüş, geliştirilen matematiksel model ile 10.09 m olarak hesaplanmıştır.

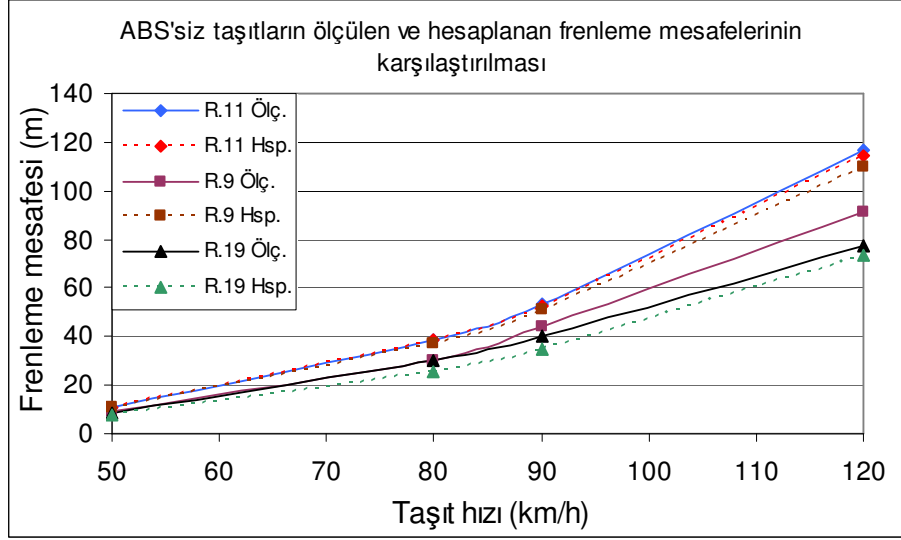
$$S_f = A.V^b$$

$$b = 3.9496 * G^{-0.0853} = 3.9496. 15350^{-0.0853} = 2.1124$$

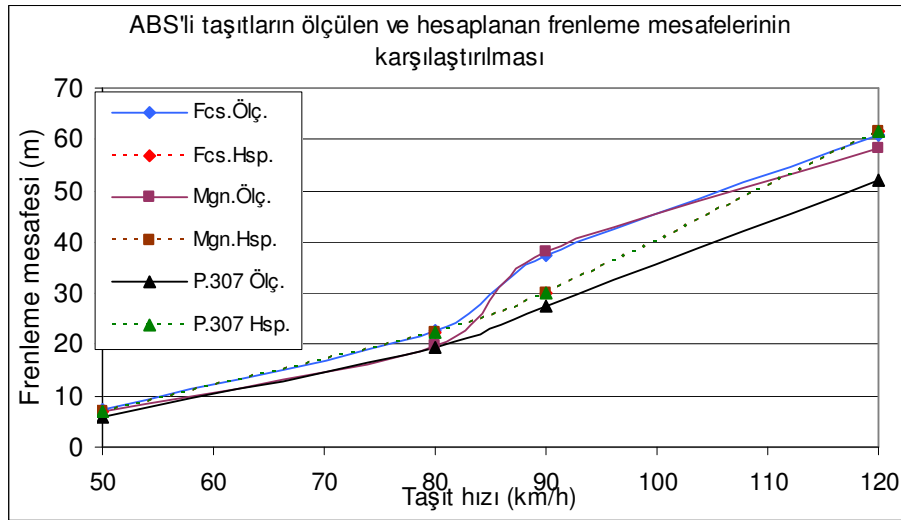
Tablo 5.3'den A değeri: 0,0026, b değeri: 2,1124

$$S_f = 0,0026 * 50^{2,1124}$$

$$S_f = 10,09 \text{ m' dir.}$$



Şekil 5.23. ABS'siz taşıtların ölçülen ve hesaplanan frenleme mesafesi grafikleri.



Şekil 5.24. ABS'li taşıtların ölçülen ve hesaplanan frenleme mesafesi grafikleri.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Motorlu taşıtlarda üretim ve üretim sonrasında yapılan fren performans deneyleri taşıt güvenliği açısından oldukça önemlidir. Deneyler yapılırken uyulması gereken standartlar ISO ve TS olarak incelendiğinde aralarında deney çeşitleri ve yöntemleri olarak fark görülmemektedir.

Yapılış şekillerine göre fren performans deneyleri; yol ve cihaz üzerinde yapılan deneyler olarak sınıflandırılmaktadır. Fren performans deneylerinde temel değerlendirme kriteri frenleme mesafesidir. Cihaz üzerinde yapılan deneylerinin özelliklerine bakıldığı zaman, yol deneylerinin cihaz deneylerine göre daha maliyetli, daha zor ve daha çok zaman gerektirdiği tespit edilmiştir. Bu durum yol deneylerinin, özellikle üretici firmalar tarafından seri üretim aşamasında her taşıt için uygulanmasının zor olduğunu, cihaz üzerindeki deneylerin her taşıta, yol deneylerinin ise belirli aralıklarla üretilen taşıtlara uygulanma durumunu ortaya çıkarmaktadır. Fakat yol deneyleri daha kesin ve güvenilir sonuçlar vermesi sebebi ile üretimin aşamalarında cihaz deneylerinin yerine kullanılmaktadır. Yol deneyleri gerçek şartlarda yapıldığından daha doğru sonuçlar vermektedir.

Durma mesafesi üzerinde etki eden parametrelerden biri olan taşıt ağırlığı, taşıtın kinetik enerjisini artırmaktadır. Taşıtın kinetik enerjisinin artmasıyla fren sistemine ek bir yük getirmektedir. Fren sistemi artan kinetik enerjiyi yenmek için daha fazla kuvvete ihtiyaç duymaktadır. Fren sistemi değişik koşullar için farklı frenleme kuvvetine sahip olmadığından dolayı, taşıt üzerindeki yükün artmasıyla istenilen ölçüde işlevini yerine getiremez. Artan taşıt yükü, frenleme mesafesini artırmaktadır.

Yapılan çalışmada; yol testlerinde taşıta ilave yük uygulayarak taşıt ağırlığı istenilen ölçüde artırılmıştır. Taşıt ağırlığının artmasıyla birlikte taşıtın frenleme mesafesi de artma göstermiştir. Frenleme süreleri de, frenleme mesafesi gibi taşıt yükünün artırılmasıyla uzamıştır.

Yapılan yol testlerinde ticari ve binek taşıtlar kullanılmıştır. Yüksüz ve yüklü durumda ABS'siz binek taşıtlar ABS'siz ticari taşıttan daha uzun mesafede ve sürede durduğu saptanmıştır. ABS'li binek taşıtlarda, ABS'li ticari taşıta göre daha uzun mesafede ve sürede durmaktadır.

Taşıtların fren sistemlerinin ve ağırlıklarının farklı olmasına rağmen düşey yük dışındaki frenleme performansını etkileyen unsurlar dikkate alınmayarak deneyler yapılmıştır

ABS'siz taşıtlarda boş ağırlığa göre yaklaşık % 34, ABS'li taşıtlarda da boş ağırlığa göre yaklaşık % 25 yük ilave edilmesiyle frenleme mesafesi ABS'siz taşıtlarda taşıt hızına göre değişmekle birlikte, örneğin 90 km/h hızda yaklaşık % 20, ABS'li taşıtlarda aynı hızda yaklaşık % 12 artmaktadır. Düşük hızlarda, örneğin 50 ve 80 km/h hızlarda yükün etkisi frenleme mesafesini yüksek hızlara oranla daha fazla arttırmaktadır.

Ticari taşıtlarda, yüksüz durumda yapılan testlerde elde edilen sonuçlar binek taşıtlardan elde edilen değerlere oldukça yakındır. Frenleme mesafesi olarak; ticari taşıtlar, boş ağırlıklarına oranla yüklü durumda binek taşıtlara göre daha az etkilenmektedir. Örneğin 90 km/h hızda yüklü ABS'li ticari taşıt, yüksüz duruma göre frenleme mesafesi % 7 artmaktayken, ABS'li binek taşıtlar da % 12 artmaktadır.

Bu çalışmada taşıt ağırlığının frenleme mesafesine etkisi incelenmiştir. Taşıt üzerindeki yük dengesi ve/veya düşey yükün taşıt üzerindeki yeri gibi diğer parametrelerin frenleme mesafesi üzerindeki etkileri ile farklı tipteki ABS sistemlerinin değişik yük durumundaki davranışları analiz edilebilir.

KAYNAKLAR

Altıparmak D., 1996, "Taşıtlarda Tekerlek kilitletmesinin Durma Mesafesi ve Kararlılığa Etkisi", Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi 5(1-2), Sayı 95-106, Ankara.

Altıparmak, D., 1999, "Karayolu Taşıtlarında Kullanılan Teknik Donanımın Trafik Kazalarını Önlemedeki Rolü", II. Ulaşım ve Trafik Kongresi-Sergisi Bildiriler Kitabı, Ankara, s139-148.

Altıparmak, D., 2001, "Fren Sistemleri", Dizayn Matbaacılık, Ankara.

Altıparmak, D., Koca, A., 2000, "Taşıtlarda tekerlek kilitletmesi ve kaymasının durma mesafesi kararlılığına etkisi", Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Dergisi Yıl 3 Sayı 4, Karabük.

Anlaş, İ., 1990, Şasi 1, M.E.B. Basımevi, İstanbul.

Avrupa Topluluğu Yönetmeliği, 70/320/ECE.

Bayrakçeken H., 2002, "Motorlu Taşıtlarda Fren Performans Analizi ve Geliştirilen Fren Test Cihazında Uygulanması", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Bayrakçeken H., Altıparmak D., 2003, "Frenleme Kuvveti ve Geliştirilen Fren Test Cihazında Frenleme Kuvvetinin Ölçülmesi", 3. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Ankara.

Bayrakçeken H., Altıparmak D., 2005, "Taşıtlarda Frenleme Kuvveti Analizi için Matematik Modelleme ve Deneysel Bir Çalışma", Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, sayı 18(3), Ankara.

Bayrakçeken H., Düzgün M., 2005, “Taşıtlarda Fren Verimi ve Frenleme Mesafesi Analizi”, Politeknik Dergisi, sayı 2, s. 153-160, Ankara.

Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliği, ECE Regulation 13.

Braking System, 1995, Robert Bosch GmbH , Stuttgart, Germany.

Çetinkaya, S.,1999, Taşıt mekaniği, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti, Ankara.

Düzgün, M., 2002, “Motorlu Taşıtlarda Fren Deney Yöntemleri ve Performans Kriterlerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Düzgün, M., Altıparmak, D., Bayrakçeken, H., 2003, “Motorlu Taşıtlarda Fren Kuvvetinin Ölçümü ve Fren Kuvveti Ölçme Cihazları”, 3. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Ankara.

Eaton, R. 2001, Foundation Brake Vehicle Testing, ME458 Term Project, University of Michigan, U.S.A.

Essers, U., Von Glasner, E.C., 1988, “The Braking Performance of Commercial Vehicles While Cornering With and Anti-lock system”, SAE Paper 881823, Warrandale SAE Engineers.

Eta Takım Tezgahları San. Ve Tic. A.Ş., 2000, Arex Modüler Sistem Fren Test Cihazı Kullanma Klavuzu, İzmir.

Garrott, W.R. and Mazzae A.N. ,1999, An Overwiev of the NHTSA Light Vehicle ABS Resarch Program, SAE paper 1999-01-1286, Warrandale SAE Engineers.

Göktan, A., Güney, A., Ereke, M., 1995, Taşıt Frenleri, İ.T.Ü. Makine Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı, İstanbul.

Heisler, H.,1989, Advanced Vehicle Technology, London.

HPRL Head Protection Research Laboratory, 2002, Test Report, California U.S.A.

Huang S., Ren W., 1999, “Vehicle Longitudinal Control Using Throttles and Brakes”, Robotics and Autonomous Systems 26, P. 241-253

Karayolları Genel Müdürlüğü, 2002, www.kgm.gov.tr/trafik.htm, Ankara.

Kontbilek M., 2005, “Motorlu Taşıtlarda Değişken Yol-Eğim Şartlarındaki Fren Kuvvetlerinin Ölçümünü Yapabilen Fren Test Cihazı Tasarım ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Kropac, O., Jaroslav, S., 1990, Braking distances of vehicles in fluenced by random pavement unevennesses, Vehicle System Dynamics, Czechoslovakia.

Limpert, R., 1999, Brake Design and Safety, Second Edition, Society of Automotive Engineers inc. United States of America.

Loh, W.Y., 2003, “Hardware In The Loop Simulation Chassis System Applications” Vehicle Design Research & Advanced Engineering, Ford Motor Company, U.S.A.

NHTSA Light Vehicle Antilock Brake Systems Research Program Task 5, Part 1, Ağustos 2000, Final Report, U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington U.S.A.

Oppenheimer, P., Comparing stopping capability of cars with and without antilock braking systems (ABS), SAE Paper 880324. SAE Engineers.

Paul, G., Marting and Nick J. Colarelli,1990, Low Speed Plate Brake Tester, SAE Tecnicl Paper 901701, Hunter Engineering Company.

Tonny, C.,2000, “ Cold Weather Affects Brake Performance”,The Ottawa Citizen Online, Canada.

Torbjornsen, T.,2002, “ The Importance of Brake Performance”, America’s Car Show, Buffalo. NewYork.

TS, 7963, 7964, 9075, 9076, 9078, 8891, 8645, 8270, 3512 Numaralı Standartlar, Ankara.

TS, 1998, Karayolu taşıtlarının frenleme performansını ölçme metotları– Otomobiller için, TS 5880, Ankara.

T.C. Sanayii ve Ticaret Bakanlığı, 2004, “Araçların İmal, Tadil, Montajı Hakkında Yönetmelik” , Resmi Gazete 21 Ekim 2004 – 25620, Ankara.

<http://auto.howstuffworks.com/brake.htm>, 09.04.2006.

<http://www.obitet.com/ABS.html>, 09.04.2006.

<http://www.teknikogretmen.5u.com/ABS.html>, 04.04.2004.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN' e, bölüm başkanımız değerli hocam Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN' e, Makine Eğitimi Bölümü Öğretim Üyeleri ve Araştırma Görevlerine, testler de bana yardımcı olan sevgili arkadaşlarım Mahir YILDIZ' a, Sadık ŞAHİN' e, Durmuş KARTAL' a, Evren MİROĞLU' a, Murat KARAKUŞ' a, Turgut AKKAYA' a ve çalışmalarım esnasında manevi destekleri ile beni yalnız bırakmayan çok değerli anneme, babama, ablama, kız arkadaşıma ve ev arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında İzmir-Karşıyaka'da doğan Fatih BACAĞ, İlk ve Orta öğrenimini İzmir'de tamamladı. İzmir Motor Meslek Lisesinden 1998 yılında mezun oldu. 1999–2000 Eğitim Öğretim yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitim Bölümü Otomotiv Öğretmenliği programına yerleşti. 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılı içerisinde makine imalatı yapan Totomak Mak. San. firmasında çalıştı. Aynı yılın ekim ayında Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü'nde Yüksek Lisans Eğitimine başladı. Halen Yüksek Lisans Eğitimine devam etmektedir.

EKLER

ÇİZELGELER

Çizelge E-1. Renault 11 GTS için elde edilen değerler	102
Çizelge E-2. Peugeot 307 Comfort 1.4 (ABS'li) için elde edilen değerler.....	103
Çizelge E-3. Peugeot Partner Van 190D için elde edilen değerler.....	104
Çizelge E-4. Volkswagen Caddy (ABS'li) için elde edilen değerler	105
Çizelge E-5. Renault Broadway (ABS'siz) için elde edilen değerler.....	106
Çizelge E-6. Renault Europe (ABS'siz) için elde edilen değerler	107
Çizelge E-7. Ford Focus (ABS'li) için elde edilen değerler	108
Çizelge E-8. Renault Megane (ABS'li) için elde edilen değerler	109

ŞEKİLLER

Şekil E-1. Renault 11 GTS'nin fotoğrafı	110
Şekil E-2. Peugeot 307 Comfort 1.4'ün fotoğrafı	110
Şekil E-3. Peugeot Partner Van 190D'nin fotoğrafı.....	111
Şekil E-4. Volkswagen Caddy'nin fotoğrafı.....	111
Şekil E-5. Renault Broadway'in fotoğrafı	112
Şekil E-6. Renault Europe'un fotoğrafı	112
Şekil E-7. Ford Focus'un fotoğrafı.....	113
Şekil E-8. Renault Megane'nin fotoğrafı.....	113
Şekil E-9. Deney yapılan karayolunun fotoğrafları.....	114

Ek-1 : Taşıtların yüksüz ve yüklü frenleme mesafeleri ve süreleri tabloları

Çizelge E-1. Renault 11 GTS için elde edilen değerler.

Hız Km/h	Frenleme (yüksüz) Süresi (s)	Frenleme (yüksüz) Mesafesi (m)
50	2,12	11
80	4,01	39
90	4,24	53
120	8,05	117
Hız Km/h	Frenleme (yüklü) Süresi (s)	Frenleme (yüklü) Mesafesi (m)
50	2,66	15,7
80	4,41	56
90	5,02	66,6
110	8,83	119

Çizelge E-2. Peugeot 307 Comfort 1.4 (ABS'li) için elde edilen değerler.

Hız Km/h	Frenleme (yüksüz) Süresi (s)	Frenleme (yüksüz) Mesafesi (m)
50	1,11	5,98
80	2,10	19,3
90	2,5	27,6
120	3,53	52,2
Hız Km/h	Frenleme (yükü) Süresi (s)	Frenleme (yükü) Mesafesi (m)
50	1,15	10
80	2,59	26,3
90	3,08	34,1
110	3,56	53,13

Çizelge E-3. Peugeot Partner Van 190D için elde edilen değerler.

Hız Km/h	Frenleme (yüksüz) Süresi (s)	Frenleme (yüksüz) Mesafesi (m)
50	1,47	8,4
80	2,52	20,1
90	3,05	35,85
120	4,23	74,43
Hız Km/h	Frenleme (yükli) Süresi (s)	Frenleme (yükli) Mesafesi (m)
50	1,58	9
80	2,56	24,25
90	3,07	38,65
110	4,35	75,9

Çizelge E-4. Volkswagen Caddy (ABS'li) için elde edilen değerler.

Hız Km/h	Frenleme (yüksüz) Süresi (s)	Frenleme (yüksüz) Mesafesi (m)
50	1,52	11
80	2,46	20,75
90	2,64	31,3
120	4	60,5
Hız Km/h	Frenleme (yükli) Süresi (s)	Frenleme (yükli) Mesafesi (m)
50	1,58	11,1
80	2,51	24,18
90	2,97	33,6
120	4,08	64

Çizelge E-5. Renault Broadway (ABS'siz) için elde edilen değerler.

Hız Km/h	Frenleme (yüksüz) Süresi (s)	Frenleme (yüksüz) Mesafesi (m)
50	2,01	8,9
80	3,74	30
90	3,95	44
120	6,1	91,4
Hız Km/h	Frenleme (yükli) Süresi (s)	Frenleme (yükli) Mesafesi (m)
50	2,2	14,1
80	3,94	46,3
90	4,29	62,4
110	6,45	103,9

Çizelge E-6. Renault Europe (ABS'siz) için elde edilen değerler.

Hız Km/h	Frenleme (yüksüz) Süresi (s)	Frenleme (yüksüz) Mesafesi (m)
50	1,85	8,3
80	3,33	29,8
90	3,65	40,2
120	5,65	77,6
Hız Km/h	Frenleme (yükli) Süresi (s)	Frenleme (yükli) Mesafesi (m)
50	1,91	11,7
80	3,51	34,2
90	3,97	46,2
110	6,15	83,8

Çizelge E-7. Ford Focus (ABS'li) için elde edilen değerler.

Hız Km/h	Frenleme (yüksüz) Süresi (s)	Frenleme (yüksüz) Mesafesi (m)
50	1,46	7,2
80	2,4	22,55
90	3	37,2
120	3,85	60,93
Hız Km/h	Frenleme (yükli) Süresi (s)	Frenleme (yükli) Mesafesi (m)
50	1,51	10,3
80	2,61	25,2
90	3,11	40,8
120	4,15	63

Çizelge E-8. Renault Megane (ABS'li) için elde edilen değerler.

Hız Km/h	Frenleme (yüksüz) Süresi (s)	Frenleme (yüksüz) Mesafesi (m)
50	7,02	
80	19,83	
90	38,35	
120	57,49	
Hız Km/h	Frenleme (yükli) Süresi (s)	Frenleme (yükli) Mesafesi (m)
50	9,15	10,7
80	25,1	29
90	42,01	37,3
120	62,35	68,8

Ek-2 : DeneYlerde kullanılan taşıtların ve karayolunun genel görünümü.

Renault 11 GTS



Peugeot 307 Comfort



Peugeot Partner



Volkswagen Caddy



Renault 9 Broadway



Renault 19 Europe



Ford Focus



Renault Megane



Deney ortamı 1



Deney ortamı 2

