

68108

**ABS (ANTI-LOCK BRAKE SYSTEM) ETKİLERİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**


Muzaffer Hakan YARDIM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(MAKİNA EĞİTİMİ)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Ağustos 1997
ANKARA**

Muzaffer Hakan YARDIM tarafından hazırlanan ABS (ANTI-LOCK BRAKE SYSTEM) ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım


Doç. Dr. Duran ALTIPARMAK
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

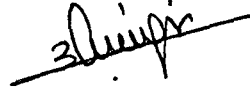
Başkan : Prof. Dr. Mustafa BALCI



Üye : Doç. Dr. Duran ALTIPARMAK



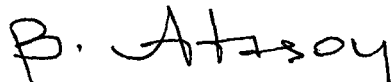
Üye : Yrd. Doç. Dr. Yakup İGİNGÜR



Üye :

Üye :

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



İÇİNDEKİLER

	<i>Sayfa</i>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ABS VE ÖZELLİKLERİ	
2.1. Tarihçesi.....	14
2.2. Lastiğin Yola Tutunma Kuvveti ve Kayma.....	14
2.3. ABS Yapısı ve Çalışma Prensibi.....	19
2.3.4. Binek taşıtı için hidromekanik ABS.....	19
2.3.1.1. Hidromekanik ABS’de normal frenleme.....	20
2.3.1.2. Frenleme basıncının düşürülmesi.....	20
2.3.1.3. Frenleme basıncının yükseltilmesi.....	22
2.3.4. Otomobiller için hidrolik / elektrik ABS’nin yapısı.....	23
2.3.2.1. Hız sensörü ve uyarıcı.....	23
2.3.2.2. Elektronik kontrol ünitesi.....	24
2.3.2.3. Hidro / elektrik modülatör.....	24
2.3.3. Otomobiller için hidrolik /elektrik ABS’nin çalışması.....	25
2.3.3.4. Normal frenleme şartları.....	25
2.3.3.5. Basıncın sabit tutulması.....	27
2.3.3.6. Basıncın düşürülmesi.....	27
2.3.3.7. Basıncın yükseltilmesi.....	28
2.3.8. Ticari araçlar için hava / elektrik ABS.....	28
2.3.4.1. Basıncın yükseltilmesi.....	29
2.3.4.2. Basıncın düşürülmesi.....	31
2.3.4.3. Basıncın sabit tutulması.....	33

2.4	İki Tekerlekte ABS'nin Düzenleme Süreçleri.....	34
3.	ABS SİSTEMİNİN TAŞITA ETKİLERİ	
3.1.	Giriş.....	37
3.2.	ABS'de Uygulanan Kontrol Teknikleri.....	39
3.2.3.	Bağımsız kontrol tekniği.....	39
3.2.4.	Select-low kontrol tekniği.....	39
3.2.5.	Select-high kontrol tekniği.....	39
3.3.	ABS Çalışma Şartları.....	40
3.4.	Taşıtlarda Frenleme ve Durma Mesafesi.....	43
3.4.1.	Fren basınç dağılımı.....	43
3.4.2.	Durma mesafesi.....	45
3.4.3.	Durma mesafesine etki eden faktörler.....	49
3.4.4.	ABS performansının değerlendirme esasları.....	52
3.5.	Farklı Yüzeylerin Taşıtların Kararlılığına Etkisi.....	54
3.6.	Kar ve Buzda ABS Frenlerinin Denenmesi.....	55
3.6.1.	Deney şartları.....	55
3.6.2.	Deney sonuçları.....	56
4.	BASINÇ REGÜLASYONLU SİSTEMİN BİNEK TAŞITLARINA UYGULANABİLİRLİĞİ	
4.1.	Basınç Regülasyonlu Mekanik ABS.....	60
4.2.	Basınç Regülasyonlu Mekanik ABS'nin Binek Taşıtlarında Denenmesi.....	61
4.2.1.	Deney taşıtı.....	61
4.2.2.	Deney şartları.....	62
4.2.3.	Deneylerin yapılışı.....	64
4.2.4.	Deney sonuçları ve değerlendirme.....	65
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
	KAYNAKLAR.....	73
	EKLER.....	77
	ÖZGEÇMİŞ.....	80

**ABS (ANTI-LOCK BRAKE SYSTEM) ETKİLERİNİN
DENEYSSEL OLARAK İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Muzaffer Hakan YARDIM

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ağustos 1997**

ÖZET

Taşıt frenleme performansını geliştirmeye yönelik en önemli sistemlerden birisi Antilock Braking System (ABS)'dir. Aktif emniyet sistemi olarak kabul edilen bu sistem, her türlü yol ve sürüş şartlarında taşıt kararlılığı da sağlamaktadır. Taşıtlarda frenleme sırasında tekerleklerin kilitletmesinin olumsuz etkileri bilinmektedir. Özellikle kaygan yollarda yapılan panik frenleme, hem durma mesafesi kontrolünü ve hem de direksiyon kontrolünü ortadan kaldırmaktadır. Emniyetli bir frenleme amacıyla ticari taşıtların yanı sıra binek taşıtlarında da yaygın olarak ABS kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar, ABS kullanılan taşıtlarla ABS kullanılmayan taşıtların fren performansı ve taşıt kararlılığı yönünden farklılıklarını ortaya koymaktadır. Yapılan bu deneysel çalışmada, hidrolik basınç regülatörü gibi çalışan bir anti blokaj sisteminin etkileri araştırılmıştır. Deneyler, bu sistemin özellikle kaygan yol şartlarında panik frenlemede etkili olduğunu, ancak kuru yol şartlarında frenleme performansını düşürdüğünü göstermektedir.

Bilim Kodu : 225.06.01

Anahtar Kelimeler : Frenleme, ABS, Kararlılık, Fren Performansı, Taşıt

Sayfa Adedi :80

Tez Yöneticisi : Doç.Dr. Duran ALTIPARMAK

**AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECTS OF ABS
(ANTI-LOCK BRAKE SYSTEM)
(M.Sc. Thesis)**

Muzaffer Hakan YARDIM

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
August 1997**

ABSTRACT

One of the most important development to improve vehicle braking performance is Antilock Braking System (ABS) .It is known that locked wheels of a vehicle during braking have undesirable effects. Especially in case of panic braking in wet and slippery roads, the vehicle would be out of control. ABS has been used for safety stopping in passenger cars as well as commercial vehicles. Researches showed that the differences between the vehicles with and without ABS in related to the stopping distance and stability. In this experimental study, the effects of anti blockage system worked as hydraulic regulator have been investigated. The results showed that the system would be effective for especially slippery roads with panic braking but it reduces brake performance on dry road conditions.

Science code :225.06.01

Key Words :Braking, ABS, Stability, Brake performace, Vehicle

Page number :80

Adviser : Doç.Dr.Duran ALTIPARMAK

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Doç.Dr. Duran ALTIPARMAK beyefendiye, deney Şartlarının hazırlanıőında yardımlarını esirgemeyen Zile Belediyesi “İtfaiye Müdürü” A.Ruhi KALELİ beye, denemelere aracı ve Őahsen emeğiyle katılan Zile MYO “Teknisyeni” arkadaőım Mahir ÜNER beye teşekkür etmeyi bir borç biliyorum. Bu seviyeye gelmemde üzerimde hakları olan bütün hocalarıma da en derin ve kalbi saygılarımı sunuyorum. Tezimin her aőamasını benimle paylaőan aileme de ayrıca, teşekkür ediyorum.



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. 1991-1994 Yılı'nın kaza, ölü, yaralı ve maddi hasar dağılımı.....	12
Çizelge 1.2. Araç kusurları ve oranları.....	13
Çizelge 2.1. Lastiklerin yol üzerindeki tutunma katsayıları.....	16
Çizelge 3.1. Buzlu yolda çekiş testleri.....	57
Çizelge 3.2. Asfalt yol testleri tek otomobil, tek cins lastik.....	58
Çizelge 3.3. Asfalt yolda iki taşıt farklı lastik deney sonuçları.....	59
Çizelge 4.1 Deney taşıtının teknik özellikleri.....	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Motor gücü ile fren gücünün karşılaştırılması.....	2
Şekil 1.2. Frenlenen taşıta etkiyen kuvvetler.....	3
Şekil 1.3. Arka tekerleklerin kilitlenmesine bağımlı doğrultu kaybı.....	7
Şekil 1.4. Fren çabası dağılımının otomobil fren performansına etkisi.....	10
Şekil 2.1. Frenleme kuvveti katsayısı ile tekerlek kayması arasındaki ilişki.	18
Şekil 2.2. Stop kontrollü fren sisteminin (SCS) genel görünüşü.....	19
Şekil 2.3. Hidromekanik ABS’de normal frenleme.....	20
Şekil 2.4. Hidromekanik ABS’de basıncın düşürülmesi.....	21
Şekil 2.5. Frenleme basıncının yükseltilmesi.....	22
Şekil 2.6. Manyetik hız sensörü ve uyarıcı.....	23
Şekil 2.7. Otomobiller için ABS’nin çalışma konumları.....	26
Şekil 2.8. Ticari araçlar için ABS’de basınç yükseltilmesi.....	30
Şekil 2.9. Havalı / elektrikli ABS’de basınç-zaman karakteristiği.....	31
Şekil 2.10. Ticari araçlar için ABS’de basıncın düşürülmesi.....	32
Şekil 2.11. Ticari araçlar için ABS’de basıncın sabit tutulması.....	33
Şekil 2.12. İki tekerlekte ABS’nin düzenleme süreçleri.....	36
Şekil 3.1. Uygulanan pedal kuvvetlerine göre ön tekerlek hızlarındaki değişme.....	42
Şekil 3.2. Tekerlek kayma oranı ve ivmesinin zamana bağlı değişimleri.....	43

Şekil	Sayfa
Şekil 3.3. Önden ve arkadan çekişli otomobil için tipik bir frenleme basıncı değişim eğrisi.....	44
Şekil 3.4. Tipik bir sürtünme / kayma karakteristiği.....	47
Şekil 3.5. Değişik kontrol teknikleri için elde edilen durma mesafeleri.....	51
Şekil 3.6. Farklı yol yüzeylerinin frenleme kuvvetine etkisi.....	51
Şekil 3.7. Değişik yüzey kalitesindeki yolda frenleme etkisi.....	53
Şekil 3.8. Değişik yol yüzey kalitesinin taşıt kararlığına etkisi.....	55
Şekil 4.1. Basınç regülasyonlu mekanik ABS'nin yapısı.....	60
Şekil 4.2. Mekanik ABS'nin deney taşıtına bağlanması.....	61
Şekil 4.3. 50 km/h hızda kuru zemin durma mesafesi.....	65
Şekil 4.4. 50 km/h hızda kuru zemin durma süreleri.....	66
Şekil 4.5. 70 km/h hızda kuru zemin durma mesafesi.....	66
Şekil 4.6. 70km/h hızda kuru zemin durma süreleri.....	67
Şekil 4.7. 90 km/h hızda kuru zemin durma mesafesi.....	67
Şekil 4.8. 90 km/h hızda kuru zemin durma süreleri.....	68
Şekil 4.9. 50 km/h hızda ıslak asfalt zeminde durma mesafesiler.....	68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler, indisler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Akım şiddeti (Amper)
a	İvme (m/s^2)
F	Kuvvet (N)
f	Direnç katsayısı
G	Ağırlık (N)
g	Yerçekimi ivmesi (m / s^2)
h	Yükseklik (m)
I	Dönel atalet momenti (kgm^2)
i	Transmisyon oranı
K	Kinetik
k	Frenleme kuvveti oranı
l	Akslar arası uzaklık (m)
M	Tork (Nm)
m	Kütle (kg)
n	Devir (1/min, d/d)
O	Dönme merkezi
P	Güç, basınç (kW, bar)
R	Direnç (N)
r	Yarıçap (m)
S	Durma mesafesi (m)
s	Kayma (%)
t	Zaman (s)
V	Taşıt hızı, hacim (km/h, m^3)
v	Hız (m /s)
W	İş, dinamik yük (J, N)
w	Ağırlık dağılım faktörü
α	Eğim açısı, açısal ivme (derece,rad/s)
λ	Tekerlek kayma oranı (%)
μ	Sürtünme katsayısı
η	Verim
θ	Açısal yerdeğiştirme (rad)
.	

İndisler

a
b
c
D
E
e
f
g
l
max
min
o
p
r
ro
S
st
t
tr
v
w
x,y,z

Açıklama

Aks, ivme, aerodinamik, cevap
Frenleme
Santrifuj
Durma ile ilgili
Enerji
Efektif, eşdeğer
Ön
Ağırlıkla ilgili
Kayıp
En fazla
En az
İlk, dış, geçiş
Basınçla ilgili
Arka, reaksiyon
Yuvarlanma
Kayma, statik durma
Sertlik, yokuş
Üst, tahrik
Transmisyon
Taşıt
Tekerlek, rüzgar
Koordinatlar

Kısaltmalar

ABS
H-ABS
I-ABS
M+S
N-ABS
SY
SYT

Açıklama

Anti-lock Brake System
Select-high tekniğinin ön tekerleklerde uygulandığı araç
Select-low tekniğinin arka tekerlekler için uygulandığı araç
Çamur ve kar lastiği
ABS kullanılmayan taşıt
Saat yönü
Saat yönü tersi

1. GİRİŞ

Frenler, hareket halinde bulunan taşıtları yavaşlatmak, durdurmak ve duran taşıtların da mevcut konumlarını korumak için kullanılırlar. Frenleme kuvveti de, hareket halinde bulunan bir taşıtın hızını kesip yavaşlatmak veya durdurmak için uygulanan kontrollü bir kuvvettir.

Motorlu taşıt frenlerinin genellikle sürtünme prensiplerinden yararlanılarak çalıştığı bilinmektedir. Frenleme sırasında uygulanan kuvvetin etkisiyle pabuçlar kampanaya karşı açılarak veya diskli frenlerde olduğu gibi dönen diske karşı itilerek balata ile kampana; balata ile disk arasında sürtünme meydana getirilir. Sürtünme kuvvetinin yavaşlatma etkisi ile tekerlekler yavaşlayıp durur; böylece taşıt frenlenmiş olur.

Hareket halinde bulunan her cismin sahip olduğu enerjiye kinetik enerji denilmektedir. Bir taşıt ta, hareketi sırasında belli bir kinetik enerjiye sahiptir. Buna göre

$$K_E = \frac{1}{2} m V_o^2 \quad (1.1)$$

eşitliği yazılabilir.

Bu ifadeden anlaşılacağı gibi kinetik enerji, taşıt hızının karesiyle doğru orantılı olarak artar. Taşıtın hızı, bir an için iki kat artarsa ($V_o=2V_1$) kinetik enerji de dört misli artar. Dolayısıyla,

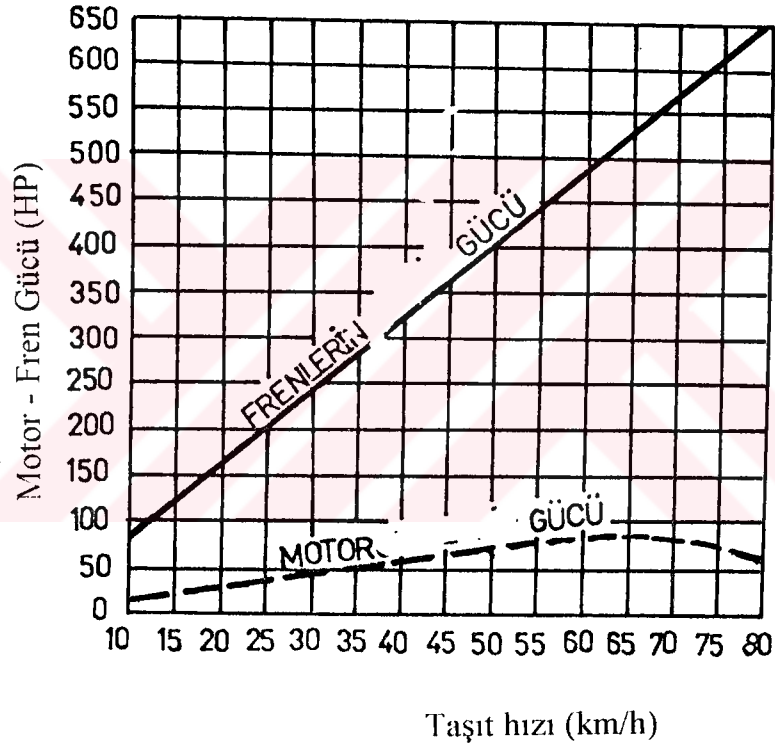
$$K_E = 2mV_1^2 \quad (1.2)$$

değerine erişir. Bu ifade 1.1. eşitliğinin tam dört katıdır. Taşıtın frenlerinin, hızın karesiyle doğru orantılı olarak artan bu kinetik enerjiyi yenmeleri gerekir.

Şekil 1.1'de bir otomobilin motor gücü ile fren gücü karşılaştırılmış olarak gösterilmiştir. Gücü 80 HP olan bir motor, taşıtın hızını kalkıştan 36 saniye

sonra 130 km'ye çıkarabilir. Buna karşılık frenler tam uygulandığı zaman meydana gelen fren gücü 130 km/h hızla giden taşıtı 4,5 saniyede durdurabilir. Durdurma için geçen zaman, duran aracı hızlandırmak için geçen zamanın 1 / 8'i olmaktadır (Crouse, 1966). Bu orantı, frenlemeden doğan gücün motor tarafından üretilen gücün yaklaşık 8 katı olduğunu ifade eder.

Bu gücü, kampana / disk ile fren balataları arasında oluşan sürtünme kuvveti meydana getirmektedir.



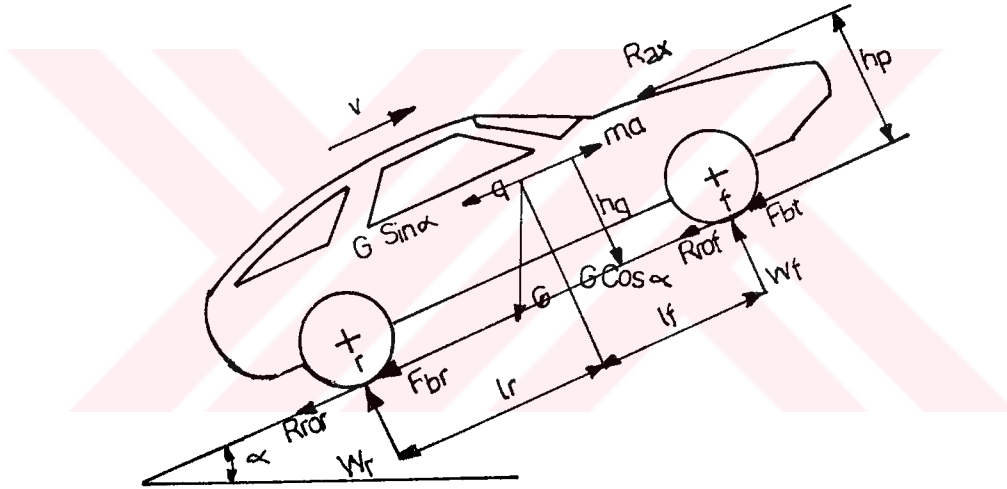
Şekil 1.1. Motor gücü ile fren gücünün karşılaştırılması (Crouse, 1966)

Frenleme performansı taşıtın güvenliğini etkileyen en önemli karakteristiklerden biridir. Günümüzde, taşıt güvenliğine verilen önemin artmasının sonucu olarak, daha etkili frenleme sistemlerinin geliştirilmesi çabaları yoğunlaşmıştır.

Frenleme sonucu yavaşlamakta olan iki dingilli bir taşıta etkiyen kuvvetler, Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Yavaşlatıcı temel kuvvet, taşıtın fren sistemi tarafından geliştirilen ve lastikle zemin arasındaki etkileşime bağlı olarak ortaya çıkan F_{bnet} kuvvetidir. Geliştirilen frenleme kuvveti, tutunma kuvvetinden küçükse frenleme kuvveti,

$$F_b = \frac{M_b - \sum I\alpha}{r_w} \quad (1.3)$$

olmaktadır. Burada M_b frenleme torku (Nm); I tekerlek dönel atalet momenti (kgm^2), α açısal ivme (rad/s^2); r_w tekerlek yuvarlanma yarıçapı (m) dir.



Şekil 1.2. Frenlenen taşıta etkiyen kuvvetler (Kuethe,1986)

Taşıtı yavaşlatıcı toplam kuvvet, frenleme kuvvetinin yanı sıra; yuvarlanma, aerodinamik, yokuş ve tranmisyon dirençlerinin toplamıdır.

$$F_{br} = F_b + R_{r0} + R_a \pm R_{st} + R_{tr} \quad (1.4)$$

Eşitlikteki tranmisyon direnci (R_{tr}), diğerlerine oranla çok küçük olduğundan, genellikle ihmal edilmektedir.

Doğrusal hareket halindeki taşıtın arka dingiline olan ağırlık transferinin aksine, frenleme sırasında arka dingilden ön dingile ağırlık transferi söz konusudur.

Ön ve arka tekerleklerin zemine temas noktalarına göre moment alınarak arka ve ön dingile etkiyen normal yükler belirlenebilir.

$$W_{fi} = \frac{1}{l} [G_a \cdot l_r - h_g (\pm R_{st} - R_i + R_a)] \quad (1.5)$$

$$W_{ri} = \frac{1}{l} [G_n \cdot l_f + h_g (\pm R_{st} - R_i + R_a)] \quad (1.6)$$

Yola paralel kuvvetlerin eşitliğinden

$$R_i \pm R_{st} - R_a - R_{ro} - F_b = 0 \quad (1.7)$$

Yeniden düzenlenerek ;

$$R_{st} - R_i + R_a = - (F_b + R_{ro}) \quad (1.8)$$

yazılabilir. $G_n \cong G$ alınır ve 1.5 nolu eşitlik, 1.3. ve 1.4 nolu eşitliklerdeki yerine yazılırsa;

$$W_{fi} = \frac{1}{l} [G \cdot l_r + h_g (F_b + R_{ro})] \quad (1.9)$$

$$W_{ri} = \frac{1}{l} [G \cdot l_f + h_g (F_b + R_{ro})] \quad (1.10)$$

olur.

Maksimum frenleme kuvvetinin hesaplanmasında, tüm modern taşıtların dört tekerleği de frenle donatıldığından, yalnızca dört tekerlekten frenlenen taşıt değerlendirilecektir.

Dört tekerlekten frenleme durumundaki maksimum frenleme kuvvetinin belirlenmesinde, toplam taşıt ağırlığı dikkate alınır.

Maksimum net frenleme kuvveti için;

$$F_{bnetmax} = W \cdot \mu_{max} \quad (1.11)$$

yazılabilir.

Toplam taşıt ağırlığı dikkate alındığında;

$F_{bnet} = G \cdot \mu_{bmax} = F_b + R_{ro}$ olacaktır. Bu eşitlik, (1.6) ve (1.7) no'lu eşitliklerdeki yerlerine yazılırsa, ön aksta;

$$W_{fl} = \frac{1}{l} (G \cdot l_r + G \cdot h_g \cdot \mu_{max}) \quad (1.12)$$

Ve arka aksta ;

$$W_{nl} = \frac{1}{l} (G \cdot l_f - G \cdot h_g \cdot \mu_{max}) \quad (1.13)$$

olur.

Dört tekerlekten frenlemedeki ağırlık dağılım faktörleri ise; ön akslarda,

$$W_{bf} = \frac{l_r + h_g \cdot \mu_{max}}{l} \quad (1.14)$$

arka akslarda ;

$$W_{br} = \frac{l_f - h_g \cdot \mu_{max}}{l} \quad (1.15)$$

olur.

Taşıttın, maksimum frenleme kuvvetini geliştirebilmesi için, ön ve arka dingil kuvvet dağılım oranı ;

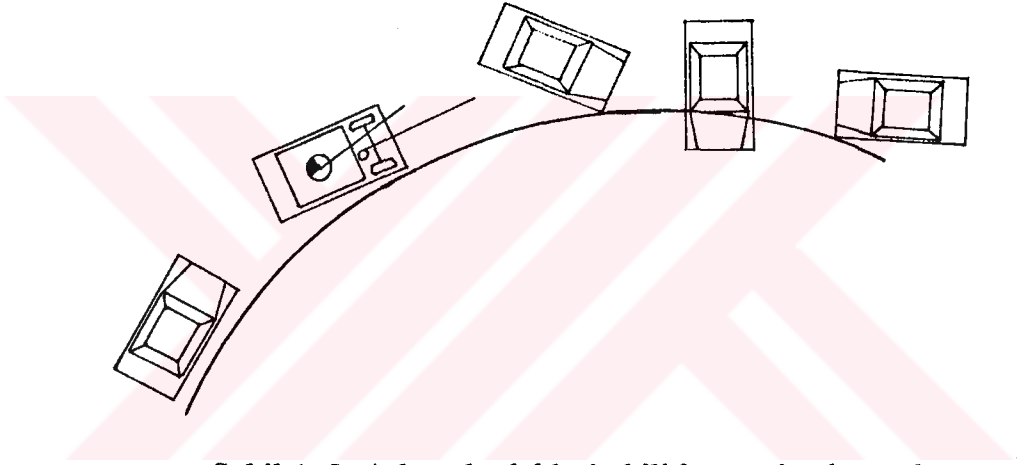
$$\frac{F_{bfmax}}{F_{brmax}} = \frac{W_{bf}}{W_{br}} = \frac{l_r + h_g \cdot \mu_{max}}{l_f - h_g \cdot \mu_{max}} = \frac{k_{bf}}{k_{br}} \quad (1.16)$$

olmalıdır.

Burada, ön ve arka dingillerdeki frenleme kuvvetinin toplam frenleme kuvvetine oranları, fren sistemi dizaynı ile belirlenmektedir.

Normal koşullardaki kısmi frenlemede, yani maksimum frenleme kuvveti uygulanmadığında; fren kuvveti dağılımı, tekerleklerin kilitlenmesi açısından kritik bir faktör değildir. Dikkate alınması gereken koşul, güvenlik veya panik frenlemedir. Panik frenleme koşulunda, eğer fren kuvveti dağılımı ideal değilse, ya ön yada arka tekerlekler önce kilitlenecek, sürüş güvenliğinin kaybolması gibi tehlikeli bir durum ortaya çıkacaktır.

Arka tekerlekler önce kilitlendiğinde taşıtın doğrultu kararlılığı kaybolur. Bu durum, Şekil 1.3' de açıklanmaktadır.



Şekil 1. 3. Arka tekerleklerin kilitlenmesine bağımlı doğrultu kaybı(Çetinkaya, 1995)

Şekil 1.3'de, fren kuvveti ile atalet kuvvetinin etkisindeki bir taşıtın, arka tekerleklerin önce kilitlenmesi durumundaki davranışı gösterilmiştir. Arka tekerlekler kilitlendiğinde, arka tekerleklerin yan kuvveti kaybolur. Bu durumdaki taşıta; yanal rüzgar, santrifüj kuvvet, yolun eğimi gibi faktörlerin etkisiyle, hafif bir yan kuvvet etkidiğinde, ön dingilin sapma merkezine göre bir sapma momenti oluşur. Sapma arttıkça, sapma moment kolu da artarak, sapma ivmesinin artmasına neden olur. 90° den sonra sapma moment kolu giderek küçülür. Ancak; sapma, taşıtın 180° dönüşüne kadar sürebilir.

Ön tekerleklerin önce kilitlenmesi, direksiyon kontrolünün kaybolmasına neden olur. Ancak; ön tekerleklerin önce kilitlenmesi doğrudan kararlılığının kaybolmasına neden olmaz. Çünkü, bu koşuldaki taşıtın atalet kuvveti; arka dingilin ön dilgile göre sapma merkezinde bir kendini düzeltme torku geliştirir. Bu ise, taşıtı tekrar düz doğrultuya getirmeye çalışır. Direksiyon kontrol kaybı, sürücünün frenleri hafifçe bırakması ile önlenir. Arka tekerlekler kilitlendiğinde ise, açısal sapma belirli bir değeri aştıktan sonra, frenler tamamen bırakılsa bile kontrol artık sağlanamaz. Bu sonuca göre, arka tekerleklerin önce kilitlenmesi daha tehlikeli bir durumdur. Kaygan zeminlerde, frenleme kuvveti düşüktür ve böyle bir zeminde seyretmekte olan taşıtın kinetik enerjisi daha yavaş kaybolur. Bu tür bir zemindeki doğrudan kaybı da, daha uzun mesafeli ve daha ciddi olacaktır. Konunun önemi nedeniyle, arka tekerleklerin önce kilitlenmesiyle ilgili değişik şartlarda yapılacak deneylere ihtiyaç vardır (Slibar, 1978).

Analizi basitleştirmek amacıyla, frenlenen taşıta sadece frenleme ve yuvarlanma direncinin etki ettiği varsayılırsa;

$$F_b + G \cdot f_{ro} = F_{bf} + F_{br} + G \cdot f_{ro} = m \cdot a \quad (1.17)$$

yazılabilir. Bu eşitlik, 1.6 ve 1.7'de yerine yazılarak;

$$W_f = \frac{G}{l} \left(l_r + \frac{a}{g} \cdot h_g \right) \quad (1.18)$$

$$W_r = \frac{G}{l} \left(l_f - \frac{a}{g} \cdot h_g \right) \quad (1.19)$$

eşitlikleri elde edilebilir.

Fren kuvvetleri, fren sisteminin dizaynına ve fren tekerlek silindiri alanlarına bağlı olarak belirlenir ve aşağıdaki eşitliklerle ifade edilir.

$$F_{bf} = k_{bf} \cdot F_b = k_{bf} \cdot G \left(\frac{a}{g} - f_{ro} \right) \quad (1.20)$$

ve

$$F_{br} = k_{br} \cdot F_b = (1 - k_{bf}) \cdot F_b = (1 - K_{bf}) \cdot G (a/g - f_{ro}) \quad (1.21)$$

Ön tekerlekler;

$$F_{bf} \cong W_f \cdot \mu_{ro} \quad (1.22)$$

koşulunda kilitleneceğinden 1.14 ve 1.16 eşitlikleri 1.18 eşitliğinde yerine yazarak ;

$$k_{bf} G \left(\frac{a}{g} - f_{ro} \right) = \mu_{ro} G \cdot \left(\frac{l_r}{l} + \frac{a}{g} \cdot \frac{h_g}{l} \right) \quad (1.23)$$

ve

$$\left(\frac{a}{g} \right) f = \frac{\mu_{ro} \cdot l_r}{l} + \frac{k_{bf} \cdot f_{ro}}{k_{bf}} - \frac{\mu_{ro} \cdot h_g}{r} \quad (1.24)$$

benzer şekilde;

$$\left(\frac{a}{g} \right) r = \frac{\mu_{ro} \cdot l_f}{l} + \frac{(1 - k_{bf}) f_{ro}}{l} - \frac{k_{bf} + \mu_{ro} \cdot h_g}{l} \quad (1.25)$$

elde edilir.

1.21 ve 1.22 eşitliklerinin karşılaştırılmasıyla;

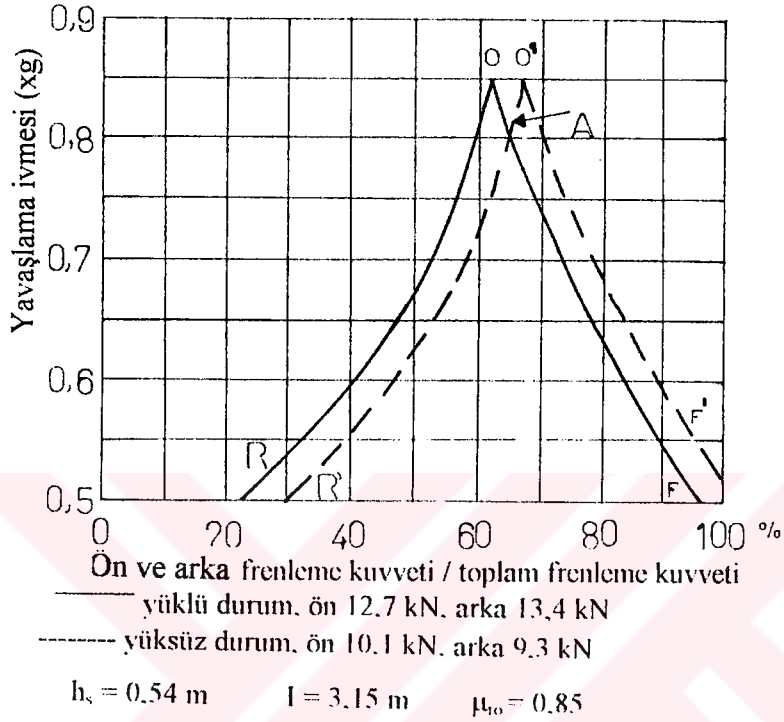
$$(a/g) f_f < (a/g) f_r \quad (1.26)$$

koşulunda ön tekerlekler,

$$(a/g) f_r < (a/g) f_f \quad (1.27)$$

koşulunda ise, arka tekerlekler önce kilitlenir. Burada (a) yavaşlama ivmesi, (g) yerçekimi ivmesi, (f_f) ön tekerlek direnç katsayısı ve (f_r) arka tekerlek direnç katsayısıdır.

Şekil 1.4'de bir otomobilin yüklü ve yüksüz durumdaki frenleme karakteristiklerinin, ön-arka dingilindeki frenleme çabası / toplam frenleme kuvveti oranına bağlı değişimleri görülmektedir.



Şekil 1. 4. Fren çabası dağılımının otomobil fren performansına etkisi (Giles, 1969)

Değerler, 0.85 yol tutunma katsayısı koşullarına göre dir. Düz çizgiler yüklü, kesik çizgiler de yüksüz koşullarda; taşıtın herhangi bir tekerleğinde kilitleme olmaksızın, başarabileceği yavaşlama ivmesi oranlarını (g birim olarak) temsil etmektedirler. RO ve R'O' çizgileri, taşıtın arka tekerlekleri kilitlenmeksizin taşıtın başarabileceği yavaşlama ivmesi sınırlarını, OF ve O'F' çizgileri ise, taşıtın ön tekerlekleri kilitlenmeksizin başarabileceği yavaşlama ivmesi sınırlarını temsil etmektedir.

Şekil 1.4' ün yardımıyla, otomobilin değişik çalışma koşullarındaki frenleme karakteristikleri belirlenebilir. Örneğin; frenleme sistemi, toplam frenleme kuvvetinin %60'ı ön tekerleri etkileyecek şekilde dizayn edilirse, yüklü otomobillerde arka tekerlekler ön tekerlerden önce kilitlenecekler ve kilitlemenin hemen öncesinde taşıtın sağlayabileceği en yüksek yavaşlama ivmesi 0,78g kadar olacaktır. Diğer yandan sistem, ön tekerleklere etkileyecek frenleme kuvveti oranı %80 olacak şekilde dizayn edilirse; yüklü otomobilde ön tekerlekler önce kilitlenir ve kilitlemenin hemen öncesinde 0,64g kadar en yüksek yavaşlama ivmesi sağlanabilir. Şekil 1.4'e göre en avantajlı frenleme yeteneğinin sağlandığı koşulun, 0,85g'lık maksimum yavaşlama ivmesiyle ve 0,85 yol tutunma katsayısında elde edildiği görülmektedir. Bunun sağlanması için, yüklü taşıtta %62, yüksüz taşıtta ise %67'lik ön-arka frenleme kuvveti / toplam frenleme kuvveti oranı gereklidir. Yüklü ve yüksüz durumdaki en avantajlı fren kuvveti dağılımı arasındaki fark %5'dir. Bu durumda yüklü ve yüksüz durumların her ikisi için, en avantajlı frenleme kuvveti dağılım oranının karşılaştırılması gerekmektedir. Bunun için, genellikle R'O' ile OF çizgilerinin kesişme noktası seçilmektedir. Şekil 1.4'de bu nokta A ile işaret edilmiştir. Bu nokta seçildiğinde, otomobilin ön-arka frenleme kuvveti / toplam frenleme kuvveti oranı %64.5'dir. Otomobil yüklü ve yüksüz durumunda, herhangi bir tekerleğinde kilitleme olmaksızın, 0,85 yol tutunma katsayısı ile 0,82 g'lık bir yavaşlama ivmesi sağlayabilir.

Yukarıdaki analizden de anlaşılacağı gibi, frenleme işlemi karmaşık bir işlemdir. Yük, taşıt tasarım parametreleri ile yol yüzeyi koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Bu durumda, sabit fren kuvveti dağılımlı bir taşıtta, maksimum yavaşlama ivmesi için gerekli maksimum ön tekerlek ve arka tekerlek kuvvetleri, ancak belirli bir yükleme durumunda elde edilebilir.

Günümüzde, frenleme performansını geliştirmek, direksiyon kontrolü ve taşıtın doğrusal kararlılığını sağlamak amacıyla, tekerlek kilitlenmesini önleyici sistemler kullanılmaktadır.

Yüksek teknoloji altında üretimi yapılan taşıtlarda kullanılan bu kilitlenmeyi önleyici sistemler; genel olarak Anti-lock Brake System (ABS) adıyla anılmaktadır.

Günümüz taşıtlarının yüksek konfor ve hareket kabiliyetlerinin yanı sıra, güvenli uzaklık ve sürede durabilmeleri trafik güvenliği açısından çok önemlidir. ABS gibi gelişmiş fren ve süspansiyon sistemlerinin kazaların azaltılmasında önemli bir unsur olduğu açıktır.

Çizelge 1.1’de; 1991 - 94 yıllarının kaza, ölü, yaralı ve maddi hasar dağılımı, Çizelge 1.2’de ise araç kusurları verilmiştir.

Çizelge 1.1. 1991-1994 Yılıının kaza, ölü, yaralı ve maddi hasar dağılımı(Em.Gn. Müd.,1996)

YILLAR	KAZA	ÖLÜ	YARALI	MADDİ HASAR (1000 TL.)
1991	142145	6231	90520	666 474 453
1992	171741	6214	94824	1 162 058 830
1993	208823	6457	104330	2 271 308 469
1994	233803	5942	104717	4 790 854 586

Çizelge 1.1’de görüldüğü gibi, sadece 1994 yılı içerisinde toplam 233803 kaza olmuştur. Bu kazalar sırasında 5942 vatandaşımız hayatını kaybetmiş; 104714 vatandaşımız yaralanmış ve 4 790 854 586 000 TL’de maddi hasar meydana gelmiştir.

Çizelge 1.2. Araç kusurları ve oranları (Em. Gn. Müd.,1996)

ARAÇ KUSURLARI	ŞEHİR İÇİ		ŞEHİR DIŞI		TOPLAM	
	SAYI	%	SAYI	%	SAYI	%
TOPLAM	1410	100,00	1415	100,00	2825	100,00
FREN PATLAMASI	595	42,19	149	10,53	744	26,33
ROT ÇIKMASI	79	5,60	77	5,44	156	5,52
LASTİK PATLAMASI	345	24,46	933	65,93	1278	45,23
IŞIK KUSURLARI	80	5,67	30	2,12	110	3,89
AKS KUSURLARI	41	2,90	41	2,89	82	2,90
DİĞER KUSURLAR	270	19,14	185	13,07	455	16,10

Çizelge 1.2’den yararlanarak 1994 yılı trafik kazaları araç kusurları ve oranları açısından analiz edildiğinde, şehir içi kazalarının %42.19 gibi yüksek bir oranla fren arızaları sonucu meydana geldiği görülmektedir.

Bütün bu sonuçlar; fren sisteminin, insan ve taşıt güvenliği açısından ne derece önemli olduğunu bir kez daha göstermektedir. Özellikle, fren patlaması kusurunun en önemli nedenlerinden biri, çeşitli yol ve yük şartlarında yapılan panik frenlemesidir. Yine bilindiği gibi panik frenlemesi ABS’siz taşıtlarda bütün tekerlekleri kilitlenmeye zorlamaktadır.

Bu çalışmada, ABS ile donatılmamış taşıtlara, günümüzde adapte edilen ve bir tür mekanik ABS olarak tanıtımı yapılan fren basınç regülatörlerinin frenleme

performansı açısından hangi ölçüde olumlu bir özellik kazandırdıkları araştırılacaktır.



2. ABS VE ÖZELLİKLERİ

2.1. Tarihçesi

Bu sistem için ilk patent müracaatı 1920'de olmuştur. 1940 yılında geliştirilmek istenmiş ancak sistem tamamen mekanik olduğundan sonuç alınamamıştır. 1960 ve 1965 yılında elektronğin gelişmesi ile yeniden ele alınmış ancak yaklaşık 1000 devre elemanı gerektirdiğinden yine uygulanamamıştır. 1974 yılında elektronikte gelişmenin hızlanması ve güvenilir olması, entegre devrelerin icadı ile yeniden ele alınmış, yaklaşık 100 devre elemanı ile imal edilerek kullanılabilir hale getirilmiştir. 1978 yılından beri ise seri olarak Daimler, BMW ve Audi'de kullanılmaktadır.

2.2. Lastiğın Yola Tutunma Kuvveti ve Kayma

Bir taşıt, trafik güvenliği açısından, doğrultu ve direksiyon kontrolünü kaybetmeden, yüküne ve yol durumuna bağımlı olmaksızın ve uygun mesafede durabilmelidir. Bunun sağlanabilmesi için, tüm yük durumları ve fren oranlarında, tekerlekler arasında belirli bir fren kuvveti dağılımı gereklidir. Fren kuvvetinin, tekerleklerle yol arasında müsaade edilebilir kaymaya uygun dağılımı, otomatik fren kontrol sistemleri ile mümkün olmaktadır.

Hidrolik veya vakum yardımcı fren sistemlerinde frenlemeden sonra tekerlek ve yol şartlarına göre daha kısa sürede kilitleme eğilimi görülür. Normal bir durma sağlanması için bu tür kilitleme istenmeyen bir durumdur. Bunu önlemek için klasik fren sistemlerinde fren pedalına sürekli basmak yerine, pompalama olarak da bilinen kısa aralıklarla fren pedalına basıp bırakmak şeklindeki bir hareket gerekmektedir. Bu frenleme tekniğı kaygan bir yolda her

sürücünün başarı ile gerçekleştireceği bir uygulama değildir. Bunun uygulanması ve başarı şansı, yol şartlarına ve pedalı kontrol etmeye çalışan insan hatalarına bağlı olarak değişir.

Bir ABS'de ise frenlemenin en uygun şartlarda yapılması sürücünün becerisine bağlı değildir. Tekerlekteki kilitlenmeyi önlemek için kilitlenme eğiliminin başladığı anda alınan sinyal yardımı ile o tekerleğe gelen hidrolik basınç kontrol edilmektedir. Bu şekilde, fren tatbik edildiğinde kayma eğilimi gösteren tekerlekteki hidrolik basınç azaltılırken aracın yavaşlaması da etkili olarak sağlanmış olur.

Taşıtın hareket yönünde yere uygulayabileceği maksimum kuvvet, tahrik kuvveti ve yuvarlanma direnç kuvvetine bağlı olarak;

$$F_{net} = F_t - R_{ro} \quad (2.1)$$

ve maksimum yol tutunma katsayısı ve dinamik aks yüküne bağlı olarak,

$$F_{net} = \mu_{romax} \cdot W \quad (2.2)$$

kadardır.

Tekerlekle yol arasında kaymalı harekette ise;

$$F_{net} = \mu_s \cdot W \quad (2.3)$$

olacaktır.

Yuvarlanma sırasındaki tutunma katsayısı kayma sırasındaki tutunma katsayısından yüksektir:

$$\mu_{romax} \geq 1,2\mu_s \quad (2.4)$$

Buna göre, yuvarlanan bir tekerleğin zemine uyguladığı frenleme kuvveti, kayan bir tekerleğe oranla daha büyük olacaktır. Bundan başka, kayan

tekerleğin yol yüzeyine tutunması da kötüleşir. Bunun sonucu olarak, zemin temas alanında, tekerleğin yön kontrolü için gerekli olan, yanıl kuvvetlerin oluşturulması zorlaşır (Çetinkaya,1995).

Çizelge 2.1 de; çeşitli hız, yol ve lastik durumlarındaki μ_{ro} değerleri görülmektedir.

Çizelge 2.1 Lastiklerin yol üzerindeki tutunma katsayıları (Çetinkaya, 1995)

Taşıt hızı km/h	Lastiğin durumu	Yolun durumu				
		Kuru	Islak,su derinliği 0,2 mm	Şiddetli yağmur, su derinliği 1 mm	Su derinliği 2 mm	Buzlu
50	Yeni	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 ve
	Aşınmış*	1,0	0,5	0,4	0,25	daha az
90	Yeni	0,8	0,6	0,3	0,05	"
	Aşınmış*	0,95	0,2	0,1	0,05	"
130	Yeni	0,75	0,55	0,2	0	"
	Aşınmış*	0,9	0,2	0,1	0	"

* 1 mm diş derinliği kalıncaya kadar aşınmış

Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi, tekerlekle yol arasındaki sürtünme katsayısı; taşıtın hızına, lastiklerin durumuna ve yol koşullarına bağımlıdır. Çizelgedeki değerler, iyi durumdaki asfalt yol içindir. Tekerleklerin kilitlendiği durumlardaki kayma tutunma katsayıları, yuvarlanma tutunma katsayılarından genellikle daha düşüktür.

Lastiğin; yola temas ettiği yüzeyde ve hareket yönünde, bir kuvvet oluşturabilmesi için, bir miktar kayması zorunludur. Bir tekerlek frenleme sırasında, taşıtın katettiği yoldan daha az bir mesafe katedecektir. Kayma miktarları; lastiğin ve yolun durumu ile taşınan yük miktarı ve tahrik kuvvetine bağlıdır.

Frenleme kayması;

$$\lambda_b = \frac{\theta_0 - \theta}{\theta} = \frac{V_v - V_w}{V_v} \quad (2.5)$$

eşitlikleriyle belirlenebilir.

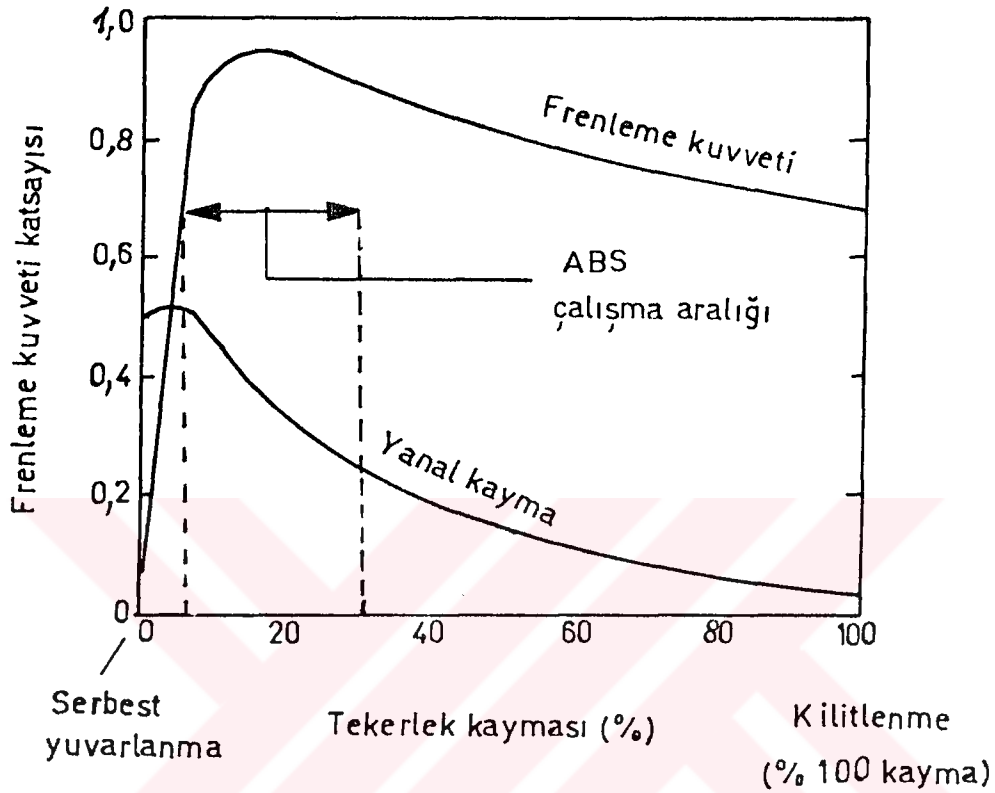
$\lambda_b = \%0$ olursa tekerlek serbest yuvarlanır.

$\lambda_b = \%100$ durumunda da tekerlek kilitlenmiş olur.

Yol yüzeyi ile tekerlek arasında herhangi bir kayma olmuyorsa, tekerlek çevresel hızı ile araç hızı eşit demektir. Fren tatbik edildiğinde, tekerlek çevresel hızı, araç hızına göre daha düşük olur. Aradaki fark ise yol yüzeyi ile lastik arasındaki kayma sebebiyle ortaya çıkar. Frenleme sonunda, relatif hızların eşit olduğu zamanlarda tekerlek yol yüzeyinde tamamen yuvarlanarak hareket etmektedir. Tekerlek dönerek hareket etmediği halde araç hareket ediyorsa, tekerlek kilitlenmiştir. Optimum frenleme ve dolayısıyla yavaşlamaya ulaşmak için lastik tekerleğin yola temas yüzeyi ile yol yüzeyi arasındaki etkileşimin çok büyük olması gerekir.

Bunun için de bu iki temas yüzeyinde bir miktar kayma olması lazımdır. Yüksek bir frenleme kuvveti için yaklaşık %15 kayma gereklidir (Şekil 2.1). Diğer yandan, frenleme esnasında kolay bir direksiyon hareketi için de tekerlek ve temas yüzeyi arasında minimum bir kayma olması istenir. Bu durumda, frenleme kuvvetinin artması ile kolay direksiyon için ihtiyaç duyulan

yanal dirençlerin düşmesi arasında bir çelişki görülebilir. Ancak birçok kaymayı önleyici sistemler %8 ile %30 arasında bir tekerlek kayma aralığında çalışacak şekilde dizayn edilmiştir.



Şekil 2.1 Frenleme kuvveti katsayısı ile tekerlek kayması

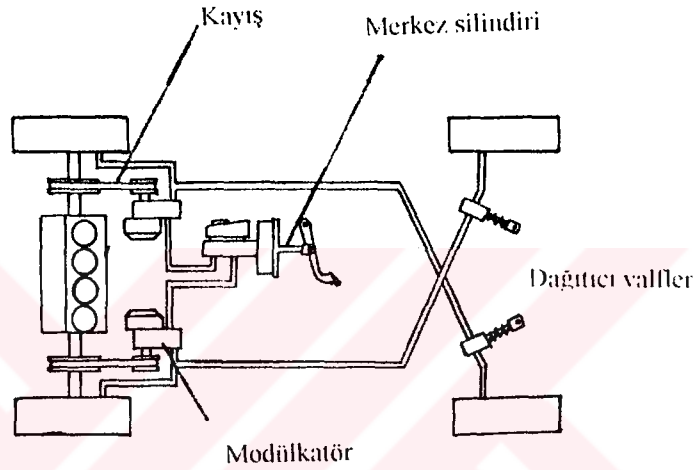
arasındaki ilişki (Heisler, 1989)

2.3. ABS Yapısı ve Çalışma Prensipleri

2.3.1. Binek taşıtı için hidromekanik ABS

Bu sistemin iki modüler ünitesi vardır. Bu ünitelerin her biri volan tipi hız düşürme sensörü, pistonlu bir pompa ve basınç modülatöründen oluşmaktadır (Şekil 2.2.). Her biri modülatör, yanında bulunduğu tekerleğin frenini kontrol ettiği gibi, karşı çaprazında bulunan tekerleğin de frenini kontrol eder. Modüler sensör, bir kayış-kasnak aracılığıyla döndürülür ve tekerlek devrinden

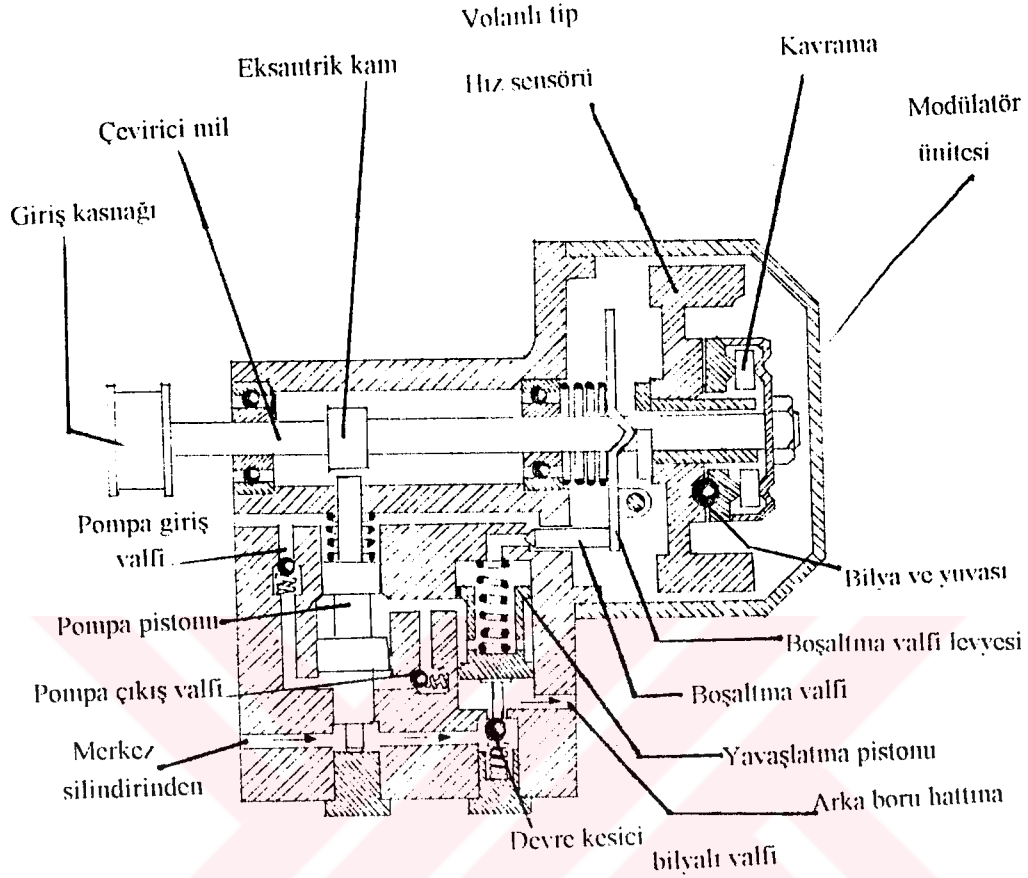
2,8 kat daha hızlıdır. Volan tipi sensör, ön tekerlekler yavaşlamaya başladığında devreye girer ve belirleyici olur. Buna bağlı olarak da modülatör ilgili fren devresindeki basıncı düşürür. Tekerlek devri arttığında pompa basıncı devreye girerek frenleme kuvvetinin tekrar maksimum seviyeye ulaşmasını sağlar. Bu basınç düşme ve artma işlemi, aracın yavaşlamasını sağlamak ve tekerleğin kilitlenmesini önlemek için saniyede 5 defaya kadar tekrarlanabilir.



Şekil 2.2. Stop kontrollü fren sisteminin (SCS) genel görünüşü (Heisler,1989)

2.3.1.1. Hidromekanik ABS'de normal frenleme

Normal frenleme şartları altında , merkez silindirinden çıkan hidrolik akışkan devre kesici valften geçerek tekerlek silindirine ulaşır. Boşaltma valfi kapalı durumda ve pompa pistonu yay yardımı ile eksantrik kamdan uzak pozisyonundadır (Şekil 2.3).

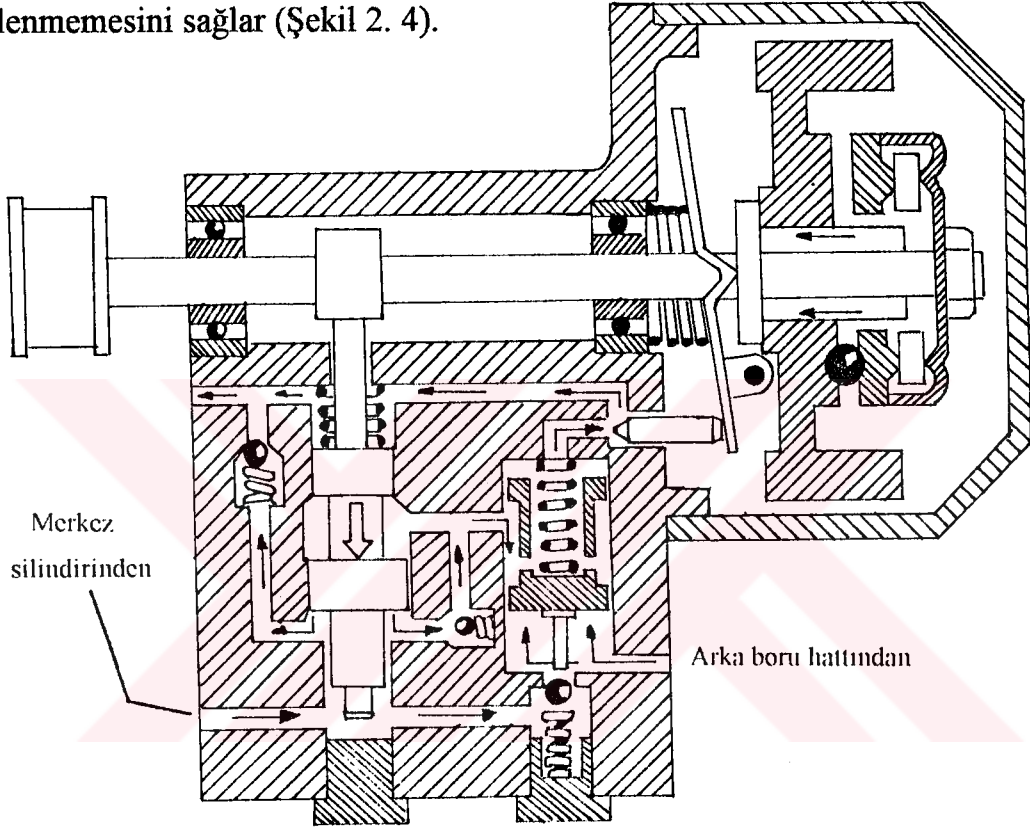


Şekil 2. 3. Hidromekanik ABS’de normal frenleme (Heisler, 1989)

2.3.1.2. Frenleme basıncının düşürülmesi

Ön tekerleğin ve dolayısıyla aksın hızındaki azalma tekerleklerin kilitleme anı için belirlenmiş sınırı aştığında sensör volanının hızı, ataleti sebebiyle aks hızını geçer. Bu sırada kavrama bilyaları yuvası içerisinde hareket ederek sensör volanı ileri doğru kaydırır. Buna bağlı olarak boşaltma valfi açılmış olur. Bu supabın açılması ile yavaşlatma pistonunun üzerindeki akışkan basıncı aniden düşer. Pistonun diğer taraftaki fren devre basıncı hem pompalama pistonu, hem de yavaşlatma pistonunu yukarıya doğru iter. Her iki pistonun üst yüzeylerindeki hidrolik, depoya geri döner. Yavaşlatma pistonunun yukarı doğru hareket etmesinin en büyük etkisi, devre kesici bilyalı

valfin kapanmasına yol açmasıdır. Böylece merkez silindiri çıkışı ile tekerlek silindiri hidrolük devre hattı birbirinden ayrılmış olur. Sonuç olarak, yavaşlatma pistonu altındaki hazne genişleyerek tekerlek silindirine giden hidrolük basıncın hızlı bir şekilde azalmasını, dolayısıyla tekerleklerin kilitlememesini sağlar (Şekil 2. 4).

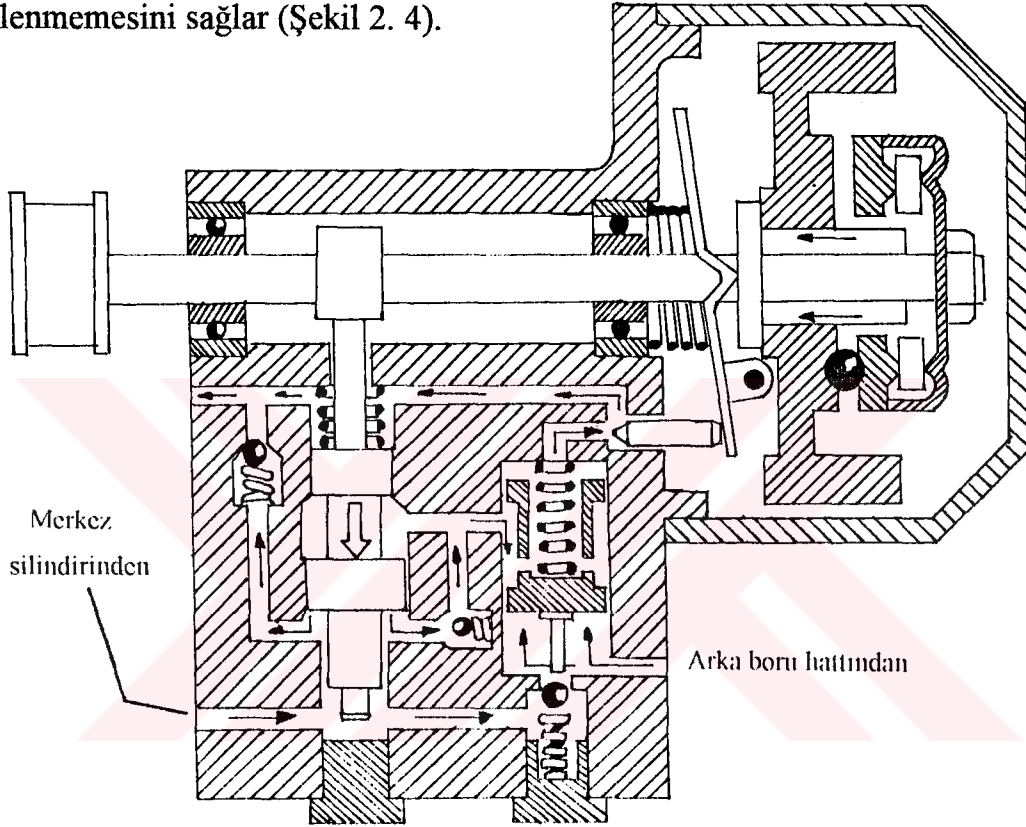


Şekil 2. 4. Hidromekanik ABS'de basıncın düşürülmesi (Heisler, 1989)

2.3.1.3. Frenleme basıncının yükseltilmesi

Basıncın düşmesi ile fren serbest duruma gelir ve tekerlek hızının halen düşmekte olan sensör volanı hızına ulaşmasına müsaade eder. Döndürücü mil(aks) ve sensör volanı yaklaşık olarak aynı hıza eriştiğinde kavrama bilyaları yuvaları içinde kayarak boşaltma valfi çubuğunu harekete geçirir. Buna bağlı olarak boşaltma valfi kapanır. Sensör volanı tekrar aks devrine ulaşmaya zorlanır. Aynı zamanda pompalama pistonu çalışmaya başlar.

valfin kapanmasına yol açmasıdır. Böylece merkez silindiri çıkışı ile tekerlek silindiri hidrolik devre hattı birbirinden ayrılmış olur. Sonuç olarak, yavaşlatma pistonu altındaki hazne genişleyerek tekerlek silindirine giden hidrolik basıncın hızlı bir şekilde azalmasını, dolayısıyla tekerleklerin kilitlememesini sağlar (Şekil 2. 4).

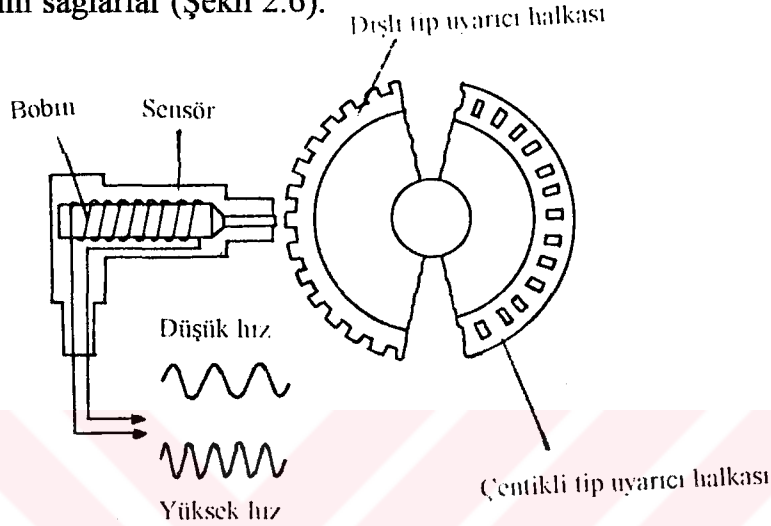


Şekil 2. 4. Hidromekanik ABS'de basıncın düşürülmesi (Heisler, 1989)

2.3.1.3. Frenleme basıncının yükseltilmesi

Basıncın düşmesi ile fren serbest duruma gelir ve tekerlek hızının halen düşmekte olan sensör volanı hızına ulaşmasına müsaade eder. Döndürücü mil(aks) ve sensör volanı yaklaşık olarak aynı hıza eriştiğinde kavrama bilyeleri yuvaları içinde kayarak boşaltma valfi çubuğunu harekete geçirir. Buna bağlı olarak boşaltma valfi kapanır. Sensör volanı tekrar aks devrine ulaşmaya zorlanır. Aynı zamanda pompalama pistonu çalışmaya başlar.

etki eder. Uyarıcı, üzerine çıkıntılı kanallar açılmış bir halka veya dişli şeklinde çentikler açılmış bir çember olabilir ve dönen tekerlek poryası üzerine veya şafta monte edilebilir. Uyarıcı çevresine açılmış yarık ve kanallar, tekerlek devrine göre belirli bir sinyal frekansının elektronik kontrol ünitesine iletilmesini sağlarlar (Şekil 2.6).



Şekil 2. 6. Manyetik hız sensörü ve uyarıcı

Tekerlek ve uyarıcı dönerken uyarıcı üzerindeki dişli çıkıntı ve girintileri (kanalın boş ve dolu kısımları) sensörün manyetik alanından geçerler. Daimi mıknatis üzerinde sarılı bobin, uyarıcının dönüşü ile değişen magnetik alan yoğunluğunu algılar ve üzerinde, frekansı tekerlek devri ile orantılı olan değişken voltajlı gerilim indüklenir. Bu gerilim frenlemeye bağlı kalmaksızın tekerlekler döndükçe kontrol ünitesine iletilir. Hız sensörü ile ölçülen tekerlek hızı elektronik kontrol ünitesi için yavaşlama ve hızlanma durumunu gösteren sinyaller sağlar. Kontrol ünitesinin toplayıp işlediği her bir tekerlek için hız sensörü sinyalleri, yaklaşık araç hızına eşit olan tek referans hızı gösterir. Referans hız ile her bir tekerleğin hızı arasındaki farklılık yol-tekerlek kayma sinyalini verir. Yani tekerleğin kilitlenmeye eğilimini gösterir.

2.3.2.2. Elektronik kontrol ünitesi

Bu kontrol ünitesinin fonksiyonu, sinyali almak, amplifiye etmek, işlemden geçirmek ve selenoid kontrollü valflere enerji sağlamak ve çalıştırmaktır. Minimum tekerlek hız düşmesi ve maksimum hız artışını optimum frenleme için değerlendirerek tekerlek silindir devrelerindeki hidrolik basıncı ayarlayan her tekerleğe ait selenoid kontrol valfi için gereken akımı sağlar (2-5A). Böylece ilgili tekerleğe ait selenoid valf çalıştırılarak devre basıncı sabit tutulur. 5A akım gönderilmesi halinde hidrolik modülatör geri akış pompasını çalıştırarak basıncı düşürmesi mümkün olmaktadır (Şekil 2.7).

2.3.2.3. Hidro / elektrik modülatör :

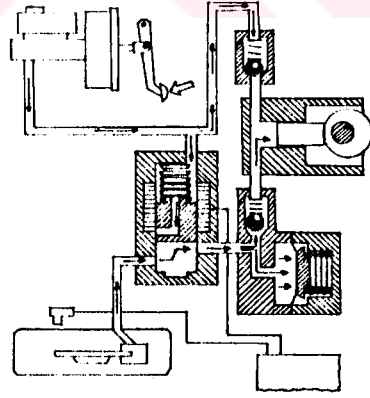
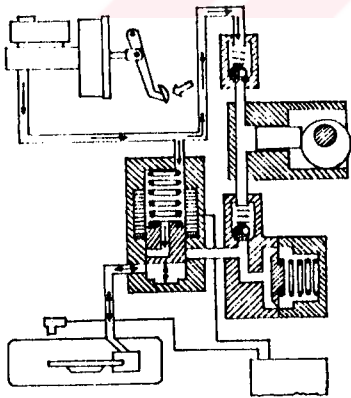
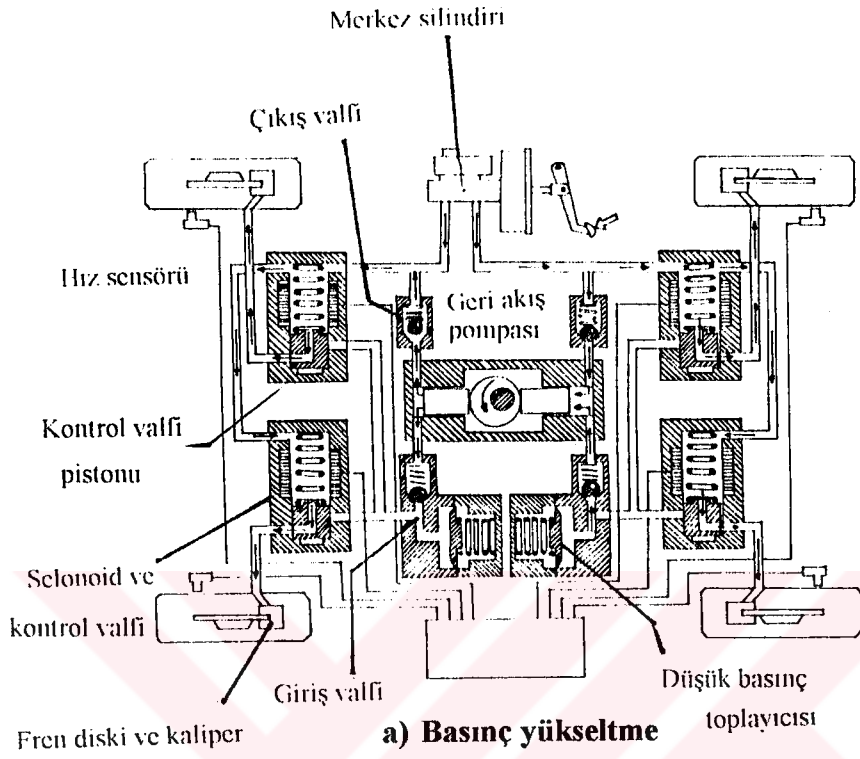
Bu ünite, her bir tekerlek için kullanılan toplayıcı ve bir elektrik motorundan hareket alan geri dönüş silindir pompasını üzerinde bulundurur. Selenoid valfi yarım veya tam olarak açılıp, kontrol ünitesinin devrelerini etkiler. Merkez silindirinden tekerlek silindirine giden akışkanı saniyede bir çok defa (4-10) durdurabilir. Düşük basınç toplayıcısı, selenoid valf geri dönüş kanalını açtığı anda tekerlek silindirine giden hidrolik borularındaki basınç aniden azalır. Bu, diyafram odasının genişlemesi ile çıkışa giden akışkan absorbe edilmesi sonucunda sağlanır. Giriş ve çıkışında bilyalı supap bulunan geri dönüş akış pompası, düşük toplayıcı basıncını merkez silindiri çıkışına, dolayısıyla tekerlek silindirine gönderir. Bu yolla tekerlek silindiri akışkan basıncının, yol şartları ile relatif olarak değişen optimum frenleme şiddeti bağlantısı kurulmuş olur (Şekil 2.7).

2.3.3. Otomobiller için hidrolik / elektrik ABS'nin çalışması

Aşağıda sistemin çalışması tek tekerlek üzerinde düşünülerek açıklanmıştır.

2.3.3.1. Normal frenleme şartları

Normal frenleme şartları altında selenoid çalışmaz durumdadır. Endüvi supabı geri getirme yayı vasıtasıyla en düşük pozisyonda tutulmaktadır. Fren uygulandığında hidrolik akışkan merkez silindirinden tekerlek silindirine selenoid endüvi tipi supabın merkez pasajından geçerek iletilir. Bu durum aracı yavaşlatmayı sağlayan kaliper pistonuna karşı oluşan basıncın gerekli seviyeye ulaşmasına kadar devam eder (Şekil 2.7. a).



Şekil 2. 7. Otomobiller için ABS'nin çalışma konumları (Heisler,1989)

2.3.3.2 Basıncın sabit tutulması

Tekerlekteki hız düşmesi önceden belirlenen değere ulaştığında, hız sensörü, tekerleğin kilitlenme tehlikesine karşı elektronik kontrol ünitesine sinyal gönderir. Kontrol ünitesi çok ani olarak küçük bir elektrik akımını (2-3A) uygun selenoid valfine iletir. Bunun akabinde selenoid kabini kısmen enerjilendirilerek endüvi supabını yukarı kaldırır (Şekil 2.7.b). Dolayısıyla merkez silindirinden tekerlek silindir hattına giden akışkan yolu kapanmış olur. Böylece fren boruları ve tekerlek silindirindeki basınç sabit tutulmuş olur.

2.3.3.3. Basıncın düşürülmesi

Tekerlek sensörü, normalin üzerinde hız azalması dolayısıyla sinyal vermeye devam ederse, muhtemel bir kilitlenmeyi önlemek için kontrol ünitesi selenoid bobinine gönderdiği akımını artırır (5A). Buna bağlı olarak da endüvi valfi daha yukarı kaldırılmış olur. Daha önce devrede belirli bir basıncı bulunan hidrolik akışkan supap açılır açılmaz basınç düşürücü toplayıcıya kaçacaktır. Aynı anda toplayıcı sarj edilirken fazla akışkan giriş supabı üzerinden geri dönüş pompasına gider. Böylece toplayıcı yoluyla boşaltılan akışkan, merkez silindiri çıkışına verilir. Bunun sonucu olarak da devredeki basınç azalarak tekerleğin yeniden hızlanması sağlanır. Tekerlek yeniden yolu kavrayarak hızını artırır. Bu işlem devam ederken yani akışkan merkez silindiri çıkış hattına pompalanırken, fren pedalında daha düşük fren reaksiyon basıncı hissedilir (Şekil 2.7. c).

2.3.3.4. Basıncın yükseltilmesi

Hızı azalan tekerlek tekrar hızını artırmağa başlar başlamaz sensör, kontrol ünitesine sinyal göndererek selenoide giden akımı keser . Geri getirme yayı, anında selenoid valfini en düşük pozisyona iter. Dolayısıyla bir kere daha merkez silindiri irtibatlandırılmış ve bunun sonucu olarak da frenleme olur

(Bkz.Şekil 2.7.a). Selonoid valfi frenleme ve freni serbest bırakma duyarlılığı, titreşim regülasyonu gibi düşünüldüğünde saniyede 4-10 arasında değiştiği söylenebilir.

2.3.4. Ticari araçlar için hava / elektrik ABS

Bilindiği gibi ABS, her tekerleğe ait sensör ve uyarıcılardan meydana gelir. Bu sensörler tekerleklerin hızlanmasını ve yavaşlamasını denetleyerek; frekansları tekerlek hızları ile orantılı olarak değişen alternatif gerilim üretirler.

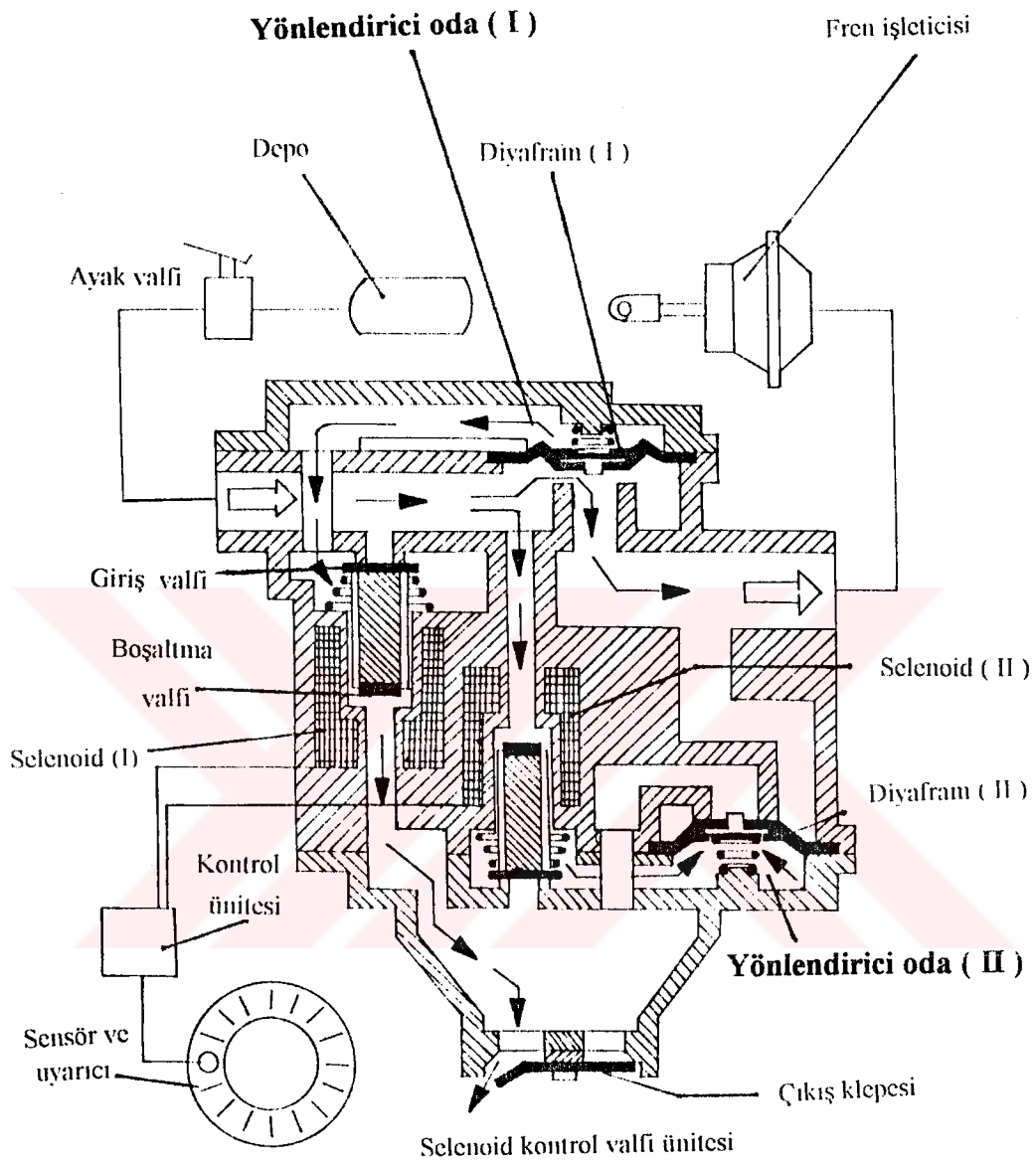
Şekil 2.6' da gösterilen her bir tekerlekteki sensörler, frenleme sırasında sürekli olarak tekerlek hızlarını ölçerler. Bu sinyaller, tekerleklerin kilitlemesi durumuna duyarlı olan elektronik kontrol ünitesi iletilir. Sinyaller ani olarak selenoid kontrol valfine yöneltilir ve hava hattını açarak optimum frenlemeyi sağlar.

Her bir tekerlek lastik, lastikle yol arasındaki tutunma-kavrama şartlarına uygun olarak kontrol edilir. Bu yolla taşıtın, mümkün olan en kısa süre içinde ve taşıtın dengesini bozmadan durmasını sağlar.

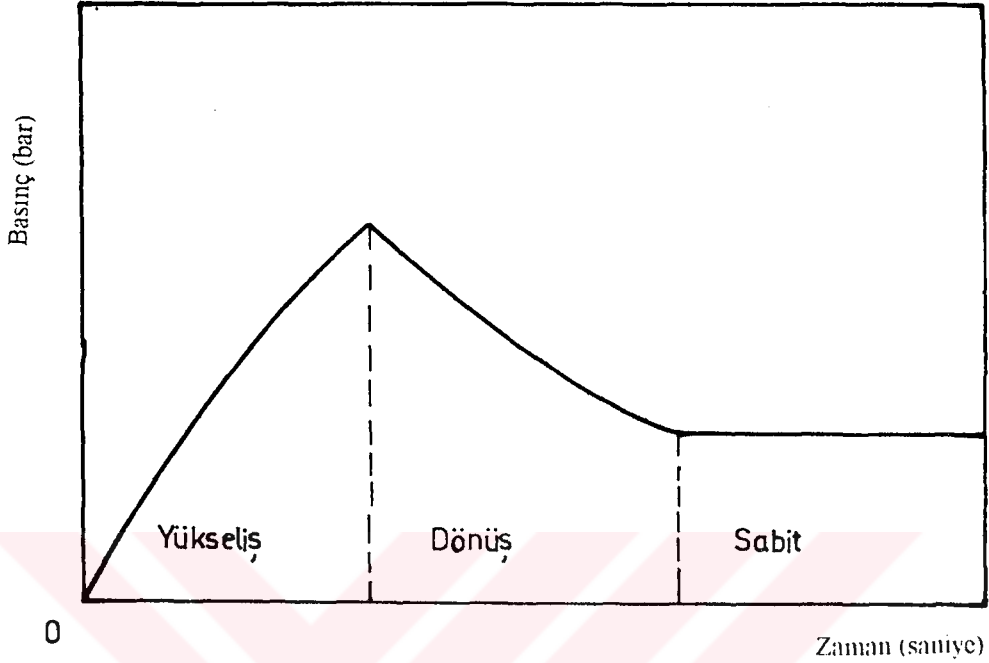
2. 3. 4. 1. Basıncın yükseltilmesi

Fren pedalına basıldığında, başlangıçta akım iletmeyen selenoid endüvileri yaylar vasıtasıyla dış pozisyonda tutulurlar (Şekil 2-10). Dolayısıyla ilk selenoidin (I) giriş supabı kapalı, çıkış supabı, yani boşaltma supabı açık durumdadır. Diğer taraftan ikinci selenoidin(II) giriş supabı açık ve boşaltma supabı kapalı durumdadır (Bkz.Şekil 2.8).

Bu şartlar altında basınçlı hava, yönlendirici odaya (I) boşaltılır ve ayak pedalı ile ayaktan kumanda edilen valften gelen hava, selenoid kontrol valfin (II) girişine iletilir. Bu basınçlı hava diyafram (I) çıkış pasajına, oradan da tekerlek frenleme mekanizmasına gelir. Basınçlı hava aynı zamanda yönlendirici odayı da (II) doldurarak diyaframı kapatır ve havanın dışarı çıkmasını önler. Sonuç olarak; fren pedalına basmakla basınçlı havanın pedal valfinden geçirilerek selenoid kontrol valfi aracılığı ile tekerleklere gidişi denetlenmiş edilmiş olur.



Şekil 2. 8. Ticari araçlar için ABS’de basınç yükseltilmesi(Heisler,1989)



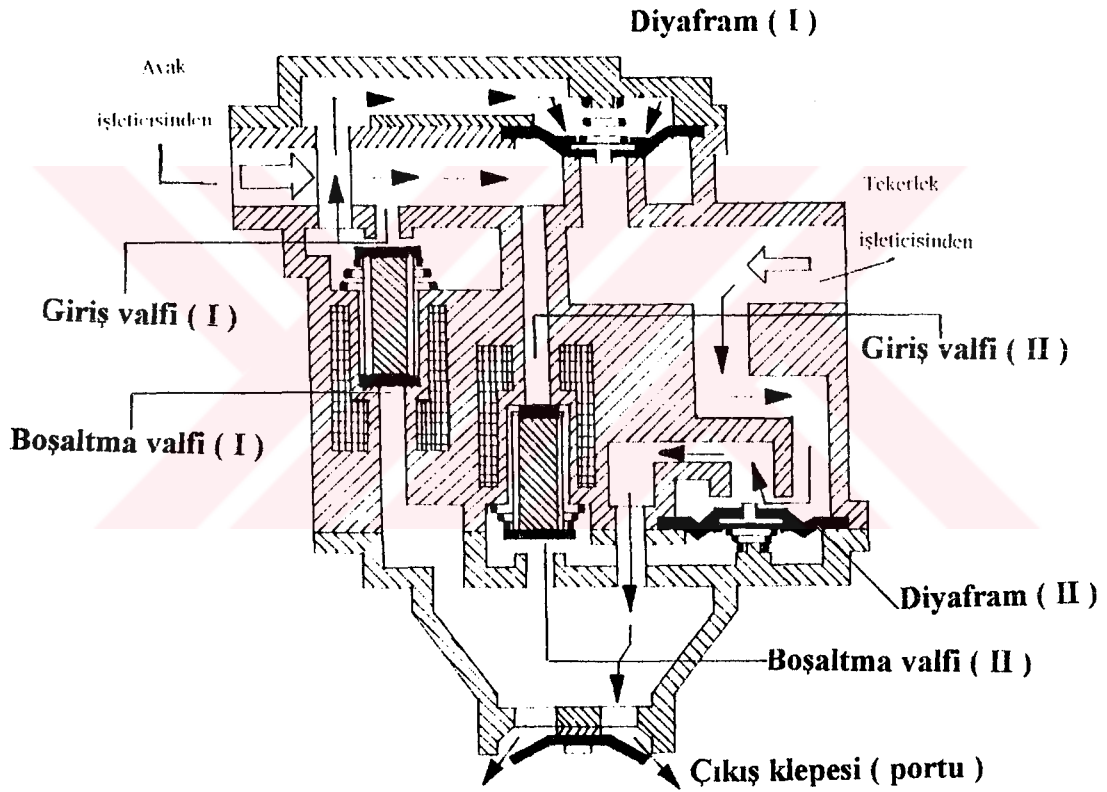
Şekil 2.9. Havalı /elektrikli ABS’de basınç-zaman karakteristiği(Heisler, 1989)

2.3.4.2. Basıncın düşürülmesi

Tekerlek hızı frenleme etkisiyle düşer düşmez, yani tekerlek kayma başlangıcı değerinin üzerine çıktığında, sensör bu bilgiyi elektronik kontrol ünitesine iletir. Kontrol ünitesi de selenoid kontrol valf ünitesine sinyal göndererek tekerlek frenleme mekanizmasına giden havanın basıncının düşürülmesi sağlanır (Şekil 2.10) .

Her iki selenoid devresi de akımla beslenir ve II. giriş valfi kapanıp II. boşaltma valfi açılırken I. giriş valfide açılır. Açık olan I. giriş valfi havanın yönlendirici odaya girmesine ve basıncın artmasına yol açar. Böylece diyafram

(I)'in çıkış pasajını kapatarak ayak pedalı valfi yoluyla gelen havanın tekerlek işleticisine geçmesini engeller. Aynı anda II:selenoidin giriş valfi kapatılıp boşaltma valfi açılır. Böylece tekerleklerden gelen basınçlı havanın II.diyafram çıkış pasajına geçici olarak bağlanarak II.yönlendirici oda üzerinden boşaltılmış olur. Dolayısıyla bu şekilde geri dönen hava, frenleme hattındaki havanın basıncını düşürür. Yani frenleme kuvveti azalmış olur (Şekil 2-10).

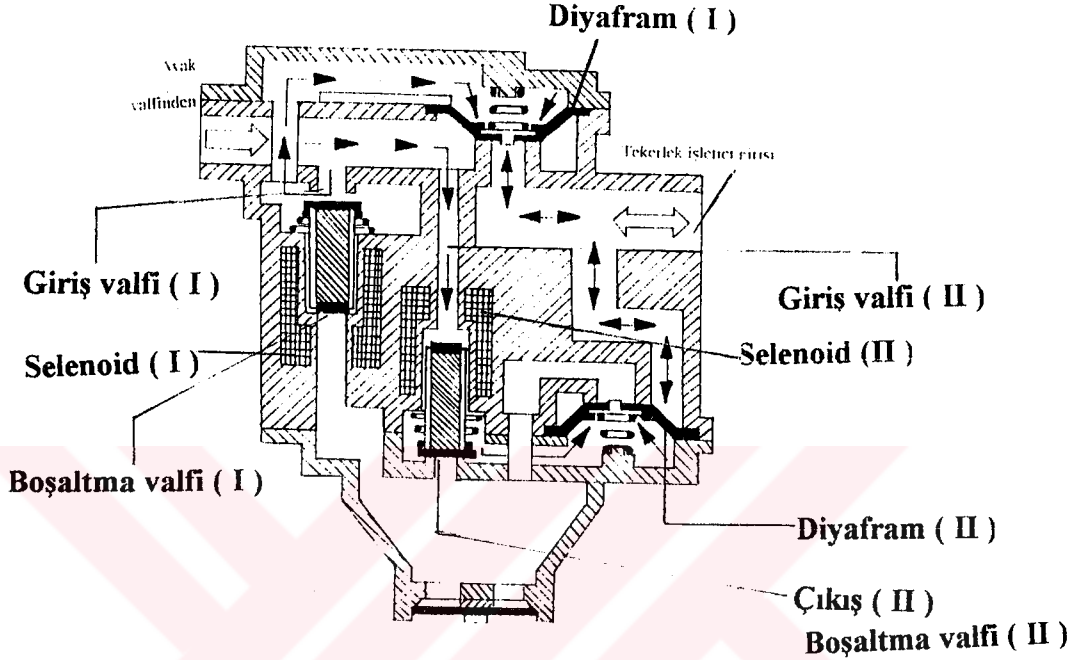


Şekil 2.10. Ticari araçlar için ABS'de

basıncın düşürülmesi (Heisler,1989)

2.3.4.3. Basıncın sabit tutulması

Tekerlek hızının belirli bir değere ulaşmasıyla devrede bulunan sensör bunu elektronik kontrol ünitesine iletir ve daha sonra kontrol ünitesi selenoid kontrol valfine sinyal göndererek fren mekanizmasında artı kalan havanın basıncı sabit tutulur.



Şekil 2-11. Ticari araçlar için ABS'de basıncın sabit tutulması (Heisler, 1989)

I. selenoidin devre akımı değişmezken, selenoid (II)'nin akımı kesilir. Bu şekilde selenoid (I)'in giriş valfi açık ve boşaltma valfi kapalı olarak kalır. I. giriş valfi basınçlı havanın I. yönlendirici odaya geçmesine müsaade eder ve bu şekilde diyafram (I) fren mekanizmasına giden çıkış pasajını kapatır.

Selenoid (II)'deki akımın kesilmesinden sonra geri dönüş yayı etkisiyle hareket eden endüvi, giriş valfi (II)'yi açar ve çıkış valfi (II)'yi kapatır. Fren pedalı valfinden gelen sıkıştırılmış hava bu durumda açık giriş valfi

(II)'ye akar ve diyafram (II)'nin alt kısmına dolar. Sabit bir basınçta sıkıştırılmış hava, kapalı olan diyafram (I) ve (II) ile tekerlek hava hattı arasında hapsedilmiş olur. Bu hava hattı basıncı, tekerlek hızının başlangıç

değerinin üzerine çıkıldığında sensörün sinyal göndermesine kadar aynen korunur. Tekerlekteki hız değişmesine bağlı olarak gönderilen sinyal, elektronik kontrol ünitesinin selenoid kontrol valfine kumanda etmesini sağlar ve valfi basınç yükseltme konumuna getirir.

2.4. İki tekerlekte ABS'nin düzenleme süreçleri

ABS iki tekerlekte de her bir tekerleğin şartlarına göre fren basınçlarını müstakil olarak düzenler. Yani bir tekerlekte fren basıncını yükseltirken aynı anda diğer bir tekerlekteki fren basıncını düşürebilir. Bu ifade Şekil 2.12'de görülmektedir.

Zaman	Tekerlek-1	Tekerlek-2
t_0	Fren sürecinin başlaması, t_1 'e kadar basınç yükseltilmesi.	Tekerlek-1'deki gibi.
t_1	Basınç sabitlenir çünkü, P_2 basıncı düşürülür.	Tekerlek hızının düşürülmesi nedeniyle kilitlenme tehlikesi, t_2 'ye kadar basınç düşürülür.
t_2	t_3 'e kadar basınç yükseltilmesi çünkü P_2 basıncı şimdi sabittir.	Tekerlek hızı düşmesi sonu, basınç t_5 'kadar sabit tutulur.
t_3	Tekerlek hızının düşmesi nedeniyle	Basınç sabit tutulur, tekerlek hızlandırılır.

	kilitlenme tehlikesinin azaltılması.	
t_4	Tekerlek hızının düşebileceği son nokta. Basınç t_6 'ya kadar sabit tutulur.	Basınç sabit tutulur, tekerlek hızlandırılır.
t_5	Basınç sabit tutulur. Tekerlek tekrar hızlandırılır.	Tekerlek hızlandırılması yeterlidir. t_6 'ya kadar P_2 basıncının kademeli yükseltilmesi.
t_6	Tekerlek hızlandırılması yeterlidir. t_9 'a kadar kademeli basınç yükseltilmesi.	Basınç sabit tutulur, tekerlek hızının düşürülmesi.
t_7	Basınç sabit tutulur çünkü, P_2 basıncı düşmektedir.	Tekerlek hızının düşmesi nedeniyle kilitlenme tehlikesi, t_8 'e kadar basıncın düşürülmesi.
t_8	t_9 'a kadar basınç yükseltilmesi, tekerlek hızının düşmesi.	Tekerlek hız düşmesi sonu, basınç sabit tutulur.
t_9	Basınç t_{10} 'a kadar sabit tutulur, tekerlek hızı	Basınç sabit tutulur, tekerlek

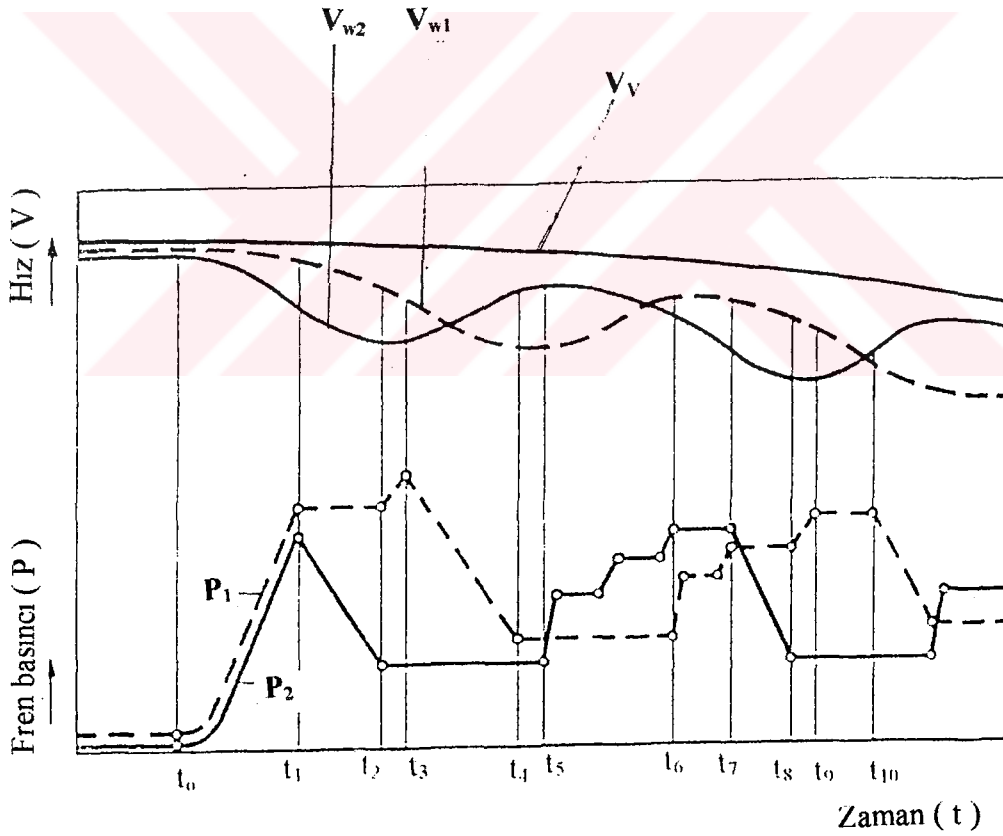
düşürülür.

hızlandırılır.

t_{10}

Tekerlek hızının düşmesi
nedeniyle kilitleme
tehlikesi.

Basınç sabit tutulur,
tekerlek hızlandırılır.



Şekil 2.12. İki tekerlekte ABS'nin düzenleme süreçleri

3. ABS SİSTEMİNİN TAŞITA ETKİLERİ

3.1. Giriş

Bütün muhtemel şartlar için hareket halindeki taşıtlarda aranan üç özellik,

a - Aracın kararlı, düzgün hareketi (doğrusal veya dönüş sırasında)

b - Direksiyon kontrolü,

c - Frenlemeden sonra kısa mesafede duruş olarak sıralanabilir.

Bu üç önemli özelliğin sağlanabilmesi frenleme veya yavaşlama anında tekerleklerin kilitlenmemesine bağlıdır. Frenleme sisteminden beklenen fonksiyon, aracın özellikle kaygan yol şartlarında uygun bir mesafede durmasını temin etmesidir. Önceleri pek fazla dikkat çekmeyen durma mesafesi, ABS uygulamalarından sonra araştırmacıların yoğun olarak üzerinde çalıştıkları bir konu olmuştur (Sturn, 1988). Çeşitli yol ve zemin şartlarında ABS kullanan taşıtlarla ABS'siz taşıtların fren durma mesafelerinin ve kararlılığının karşılaştırılması, fren performanslarının önemli bir göstergesi olmaktadır. Bu nedenle değişik tip ABS ve fren sistemleri kullanan taşıtların durma mesafelerini karşılaştırma çalışmaları ilgi çekmiştir. Bununla ilgili kapsamlı bir çalışma, Oppenheimer (1988) tarafından gerçekleştirilmiştir. 1980'li yıllarda başlıca iki tip ABS kullanılmakta idi. Bunlardan biri sadece arka tekerlekleri kontrol eden sistem, diğeri ise dört tekerleği ayrı ayrı kontrol eden sistemdi. Sadece arka tekerlekleri kontrol eden sistem, her ne kadar araç kararlılığını ve direksiyon kontrolünü büyük ölçüde geliştirse de, ön tekerleklerin kilitlenmesi durumunda ortaya çıkabilecek direksiyon kontrolü riskini tamamen ortadan kaldıramamıştır.

Dört tekerleğin kontrol edildiği antilock fren sistemi, panik frenleme sırasında araç kararlılığı ve direksiyon hakimiyeti sağlaması bakımından etkili bir emniyet sistemi olarak kabul edilmektedir (Satoh, 1983).

Çeşitli ABS dizaynları ve kontrol teknikleri üzerinde de ciddi araştırmalar yapılmış, taşıtların kararlılığı ve durma mesafelerine bu değişik sistemlerin etkileri üzerinde durulmuştur. Satoh ve Shiraishi (Satoh, 1983) geliştirdikleri tekerlek kontrol yönteminde ön ve arka tekerlekleri aynı anda kontrol etme özelliğine sahip olan basitleştirilmiş bir tekniği denemişlerdir. Bu kontrol tekniğini ön tekerleklerden alınan en az kayma sinyali ve arka tekerleklerden alınan en yüksek kayma sinyali ile ön ve arka tekerleklerin kontrolünü esas almaktadır. Dört tekerleğin ayrı ayrı kontrol edildiği tekniğin kullanılması ile panik frenleme süresince bile araç kararlılığının ve direksiyon hakimiyetinin korunduğu gözlenilmiştir. Ancak, pürüzlü (kaba yüzeyli) yollarda ve bazı şartlarda bütün ABS sistemleri, ABS kullanmayan taşıtlara göre daha uzun durma mesafesi verebilmektedir.

ABS'nin asıl fonksiyonu, ıslak zeminlerde, karlı ve buzlu yollarda ortaya çıkmaktadır. Çünkü tekerlek ile yol arasındaki sürtünme katsayısı (adhesion), kilitlenmeye etki eden ve dolayısıyla durma mesafesini belirleyen bir özelliktir (Bosh, 1986). Böyle yollarda yeterli direksiyon kontrolü, panik frenleme durumunda daha da önem kazanmaktadır. Çünkü, kaygan yollarda panik frenleme ABS'siz bir taşıt için daha uzun durma mesafesine neden olduğu gibi, direksiyon kontrolü de tamamen ortadan kaldırabilir.

3.2. ABS de Uygulanan Kontrol Teknikleri

Tekerleklerin kontrol edilmesi, frenleme esnasında sağ ve sol tekerleklerde meydana gelebilecek kilitlenmeyi önlemek maksadı ile frenleme torklarının kontrol edilmesidir. Yeterli direksiyon kontrolü ve taşıt kararlılığı için değişik kontrol teknikleri önerilmiştir.

Bu amaçla aşağıda izah edilen başlıca üç teknik kullanılmaktadır.

3.2.1 Bağımsız kontrol tekniği

Sağ ve sol tekerleklerin frenleme torklarının bağımsız olarak kontrol edildiği tekniktir.

3.2.2.Düşük duyarlı (Select-low) kontrol tekniği

Sağ ve sol taraftaki tekerleklerin aynı anda kontrol edilmesidir. Bu kontrol tekniğinde, tekerleklerden alınan sinyallerden ilk kilitleme eğilimi gösteren tekerleğin her iki durumuna göre her iki tekerleğin de devre basıncı kontrol edilir. Bu durumda tekerleğin birinde optimum frenleme kuvvetinden daha düşük bir frenleme kuvveti meydana gelebilir.

3.2.3.Yüksek duyarlı (Select-high) kontrol tekniği

Her iki taraftaki tekerleklerin kilitlemeden sonra aynı anda kontrolünü esas alır. Böyle bir kontrol tekniğine, bir taraftaki tekerleğin kilitlemesi önlenirken

diğer taraftaki tekerlek halihazırda kilitlenmiş olabilir. Geçici de olsa bu kilitlenme araç kontrolünü olumsuz etkileyecektir.

Yukarıda belirtilen üç teknikten genellikle ilk ikisi kullanılmaktadır. Yüksek duyarlı (select-high) kontrol yöntemi dört tekerlek için kullanılmamaktadır. Çünkü tekerleklerden birinin kısa bir süre için kilitlenmesi, o tekerlekteki yanal kuvveti azaltarak direksiyon kontrolü ve taşıt kararlılığını olumsuz yönde etkileyecektir.

Yüksek duyarlı kontrol tekniğinin kullanıldığı bir taşıtta eğer yol yüzeyi sürtünme katsayısı (μ tutunma katsayısı) diğer tarafa göre daha düşük ise μ 'nün düşük olduğu tarafın geçici olarak kilitlenmesine neden olabilir. Dönüşlerde ise iç tekerlek üzerine gelen yükün azalması dolayısıyla yol yüzeyi homojen sürtünme katsayısına sahip olsa bile bu tekerleklerde kilitlenme görülebilir.

Bu tekniğin uygulanmasında taşıt kararlılığı ve direksiyon kontrolü az da olsa olumsuz yönde etkilenmekte, buna karşılık durma mesafesi açısından özellikle pürüzlü yollarda olumlu bir sonuç ortaya çıkmaktadır (Sato, 1983).

3.3. ABS Çalışma Şartları

ABS çalışma şartlarını belirleyen bazı standart değerler aşağıdaki gibi formülüze edilebilir:

$$\lambda > \lambda_0 \quad (3.1)$$

$$a_w < a_0 \quad (3.2)$$

λ Tekerlek kayma oranı

$$\lambda = 1 - V_w / V \quad (3.3)$$

λ_0 = Referans standart kayma oranı

V_w = Tekerlek çevresel hızı (m/s)

V = Taşıt hızı (m/s)

a_w = Tekerlek çevresel ivmesi (m/s^2)

a_0 = Referans standart tekerlek çevresel ivmesi (m/s^2)

Genellikle referans standartlar

$$\lambda_0 = \%10 \quad (3.4)$$

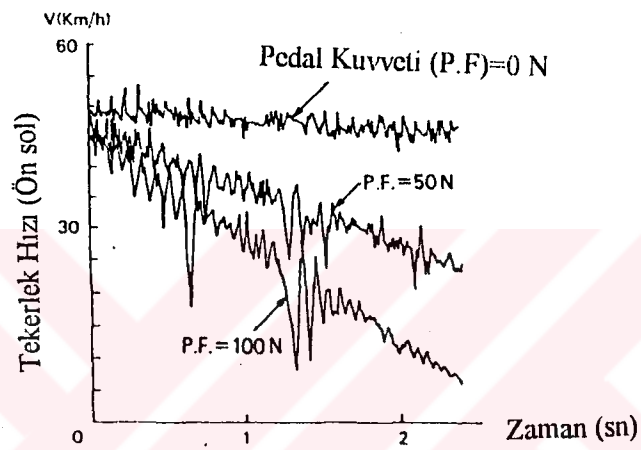
$$a_0 = 9.8 \sim 15 \text{ m/s}^2 \quad (3.5)$$

arasında değişir.

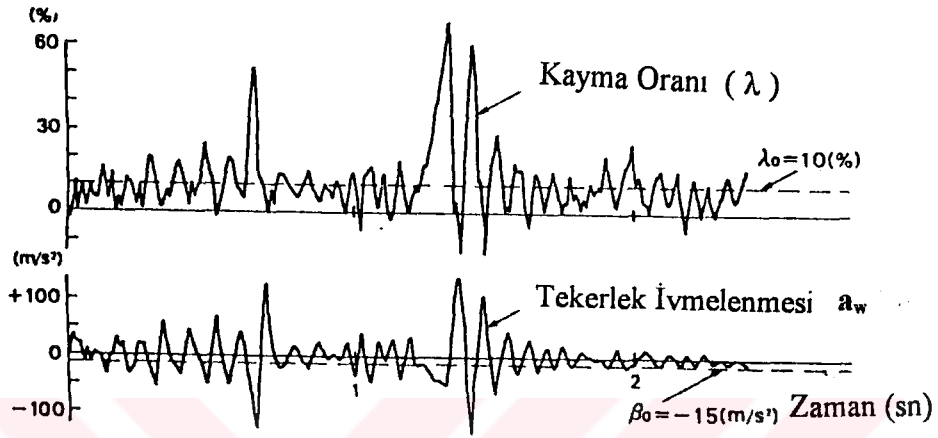
Pürüzlü yüzeyli bir yolda, lastik tekerlek tırnakları ve yol yüzeyi arasında frenleme sırasında meydana gelen değişken temaslar sonucu değişken tekerlek hızları ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.1'de çok pürüzlü yüzeyli yolda ABS'siz denenen test aracında değişik pedal kuvvetleri için ortaya çıkan tekerlek hız değişimleri görülmektedir. Burada kilitlenmeyi önlemek için en fazla 100 N'luk pedal kuvveti tatbik edilmiştir. Sonuçlardan çıkarılan λ ve a_w değerlerindeki değişmeler ise Şekil 3.2'de görülmektedir.

Şekil 3.2'den de anlaşılacağı gibi (3.1) ve (3.2) numaralı formülle gösterilen ABS çalışma şartları, bu deneyde ABS'siz ve kilitlenme olmadan yapılan frenlemeyle bile ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, halihazırda kullanılan bir

ABS'nin pürüzlü bir yolda kilitleme şartları oluşmadan bile tekerleklerdeki frenleme torkunu kontrol ederek durma mesafesini uzatabileceği görülmektedir.



Şekil 3.1. Uygulanan pedal kuvvetlerine göre ön tekerlek hızlarındaki değişim (Satoh, 1983)



Şekil 3.2 .Tekerlek kayma oranı ve ivmesinin zamana bağlı değişimleri (Sato, 1983)

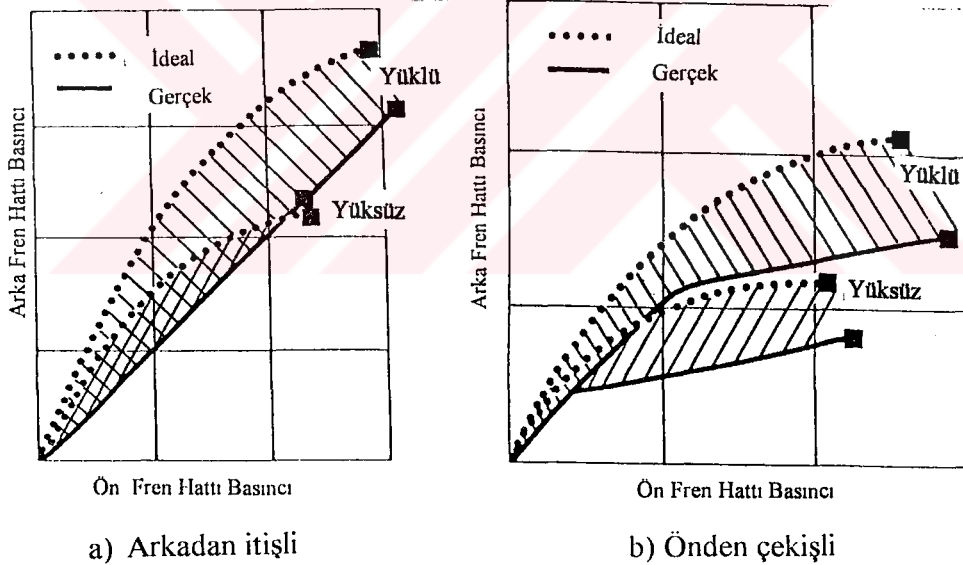
3.4. Taşıtlarda Frenleme ve Durma Mesafesi

3.4.1. Fren basınç dağılımı

Pratikte dört tekerlekli bir otomobilin bütün tekerleklerinin aynı ölçüde tutunma / sürtünme değerine ulaşma ve eşit olarak optimum frenleme sağlaması mümkün değildir. Çünkü aracın frenlemesi esnasında aracın yükünün ön tarafa kayması nedeni ile ön tekerleklere daha yüksek , arka tekerleklere ise daha düşük fren basıncı gereklidir. Ancak fren merkez silindirinden ayak pedalı vasıtasıyla ön ve arka tekerleklere iletilen fren

basıncı eşit olmaktadır. Bunun yanı sıra her tekerleğin aynı tutunma - zemin şartlarında bulunması nadiren rastlanılan bir durumdur.

Bütün düşük tutunma katsayılı frenlemelerde ön tekerlekler, yüksek tutunma katsayılı frenlemelerde ise arka tekerlekler diğerlerinden daha önce kilitlenme eğilimi göstermektedir. Optimum frenleme performansını gerçekleştirmek için taşıtların başlıca iki yük durumunda denenmesi gerekir : a) sadece sürücünün bulunduğu yük şartı, b) tam yüklü durum. Her iki durum için çok taraflı fren basıncı dağılımlarına ihtiyaç vardır. Şekil 3.3'de ön ve arkadan çekişli iki ayrı araç için fren basıncı dağılımları gösterilmiştir. Çeşitli frenleme yönergeleri, arka tekerleklerin çeşitli yavaşlama ivmelerinde kilitlenmesini yasaklamıştır. Arka tekerleklerin kilitlenmesini önlemek amacıyla bazen düzenleme valfleri kullanılabilir.



Şekil 3. 3. Önden ve arkadan çekişli otomobil için tipik bir frenleme basıncı değişim eğrisi (Oppenheimer, 1988)

Şekil 3. 3'de görüldüğü gibi ideal fren basıncı eğrisi ile gerçek eğri arasında belirgin bir fark vardır. Bu fark, özellikle tam yüklü araçlarda daha da fazladır. Bu farklılık, gerçek fren performansının ideal optimum frenleme ile

karşılaştırmalı olarak tahminini ortaya koyar ve yol - yüzey şartları ve diğer faktörlere bağlı olarak çok büyük değişiklik gösterebilir. Mesela belirli yol - yüzey şartlarında gerçek durma mesafesi, ideal durma mesafesine çok yakın olabilir (Oppenheimer, 1988).

3.4.2. Durma mesafesi

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 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. Reaksiyon süresinin kısaltılmasına yönelik yapılan incelemelerde yavaşlama ivmesinin ve dolayısıyla durma mesafesinin nasıl kısılacağı gösterilmiştir (Decker, 1986).

(V) İlk hızı ile hareket eden bir taşıt için durma mesafesi aşağıdaki gibi formülize edilebilir (Oppenheimer, 1988).

$$S_D = a.V + bV^2$$

Burada S_D durma mesafesi, V taşıt ilk hızı, a ve b sabitlerdir.

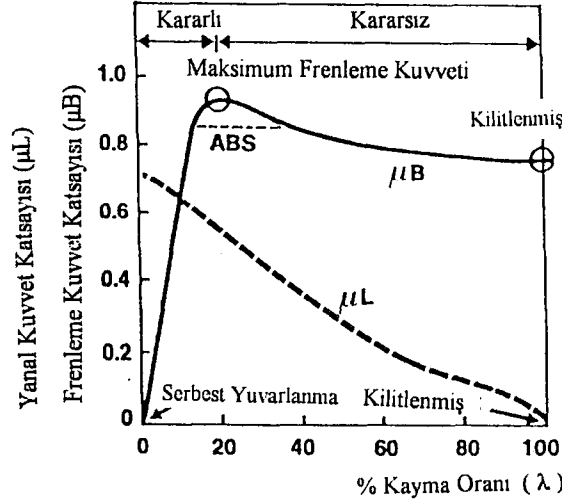
Eşitlikteki ilk terim reaksiyon süresi ile ilgilidir. Durma mesafesini etkileyen bu terim, sürücünün belirli bir zamanda pedal kuvvetini uygulama kabiliyetine ve fren sisteminin bu kuvvete cevap vermesine bağlıdır. Ancak aynı veya

benzer tip araçların karşılaştırılmasında reaksiyon süresi dikkate alınacak kadar önemli olmayabilir.

İkinci terim bV^2 ise yavaşlama ivmesi ile ilgili terimdir. Teorik olarak en kısa durma mesafesi, maksimum yavaşlama ivmesi ile mümkündür. Ancak tekerleklerden biri veya birkaçının kilitlenmesi durumunda maksimum yavaşlama ivmesi elde edilmeyebilir.

Tekerleklerin kilitlenmesi ve buna bağlı olarak durma mesafesinin değişmesi, tekerlek-yol arasındaki sürtünme 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 sürtünme veya tutunma karakteristiklerinin anlaşılması gerekir (Bosh, 1986). Şekil 3.4'de tekerlek kayma oranı ile yanıl kuvvet katsayısı ve frenleme kuvveti katsayısı arasındaki ilişki gösterilmektedir. Grafikte görüldüğü gibi, frenleme başladığında frenleme kuvvetini oluşturan fren basıncı artar ve taşıt hızı azalır. Taşıt hızı ile tekerlek hızı arasındaki fark (brake slip) maksimum sürtünme katsayısı / kayma değerine ulaşınca kadar artar. Bu da kararlı ve kararsız bölge arasındaki limiti gösterir. Bu maksimum frenleme kuvvetinden sonra frenleme basıncı artsa bile yol ile tekerlek arasında meydana gelen frenleme kuvvetinde bir artış olmaz. Kaymanın (0) olduğu yerde tekerlek yanıl kuvveti optimum değerde, maksimum frenleme kuvvetinin meydana geldiği yerde ise yeterli değerdedir. Ancak %100 kayma anında, yani tekerleğin tam olarak kilitlendiği sırada yanıl kuvvet ihmal edilecek kadar azdır. Bu durum, ön tekerleğin kilitlenmesi halinde direksiyon hakimiyetinin; arka tekerleğin kilitlenmesi halinde ise taşıtın doğrusal kararlı hareketinin kaybolacağını göstermektedir. Kilitlenme anındaki tutunma (adhesion), maksimum frenleme kuvvetinin

meydana geldiği tutunma değerinden daha düşüktür. İyi bir ABS, frenleme kuvvetini sürekli olarak maksimum tutunma sürecinde muhafaza eden sistemdir.



Şekil 3. 4. Tipik bir sürtünme / kayma karakteristiği
(Oppenheimer, 1988)

Fren performansını belirlemek amacı ile 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 tekerleğinde kilitlenme başlangıcına geldiği anda "ideal durma mesafesi" elde edilebilir. 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.

Şekil 3.4'de görülen tipik bir sürtünme / kayma eğrisinden anlaşılacağı gibi, yukarıda sözü edilen durma mesafesini sağlamada uygulanan kuvvetin artırılması tekerleklerden biri veya daha fazlasının kilitlenmesine yol açacak ve frenleme performansı düşecektir. Buna bağlı olarak da direksiyon kontrolü azalacaktır.

Durma mesafelerinin 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 için de kullanılmaktadır.

b)Kilitlenmiş tekerleklerde 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 gösterirse de, özellikle arka tekerleklerin kilitlenmesi sonucu aracın yön değiştirmesi veya tamamen dönmesi gibi olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu sırada direksiyon kontrolüde tamamen ortadan kalkmaktadır.

c)ABS durma mesafesi: ABS, acil durumlarda maksimum fren pedal kuvvetinin uygulanması halinde araç kararlılığını, direksiyon kontrolü sağlayarak aracın makul bir mesafede durmasını sağlar. Bazı şartlar için kilitlenmiş tekerleklere nazaran durma mesafesini de kısaltır. Ancak, ABS'nin araç durma mesafesini kısaltmadaki etkinliği, frenleme kuvveti dağılımına, yol - tekerlek tutunma karakteristiğine ve ABS verimine bağlıdır.

3.4.3. Durma Mesafesine Etki Eden Faktörler

Durma mesafesine etki eden başlıca üç faktör vardır. Bu faktörler,

- a) Fren sistemi ile ilgili faktörler
- b) Tekerlek / Yol - zemin şartları ve çevre şartları ile ilgili faktörler,
- c) Sürücü ile ilgili faktörler

Ön ve arka tekerleklerin kontrol yöntemlerindeki değişikliğin ve yol - zemin şartlarının durma mesafesi ve taşıt kararlılığına etkileri yapılan deneylerle açıkça ortaya konulmuştur.

Denemelerde kullanılan üç değişik aracın özellikleri :

- 1) N - ABS : ABS kullanılmayan araç,
- 2) H - ABS : Select - high tekniğinin ön tekerleklerde uygulandığı araç,
- 3) I - ABS : Select - low tekniğinin arka tekerlekler için uygulandığı

araçtır.

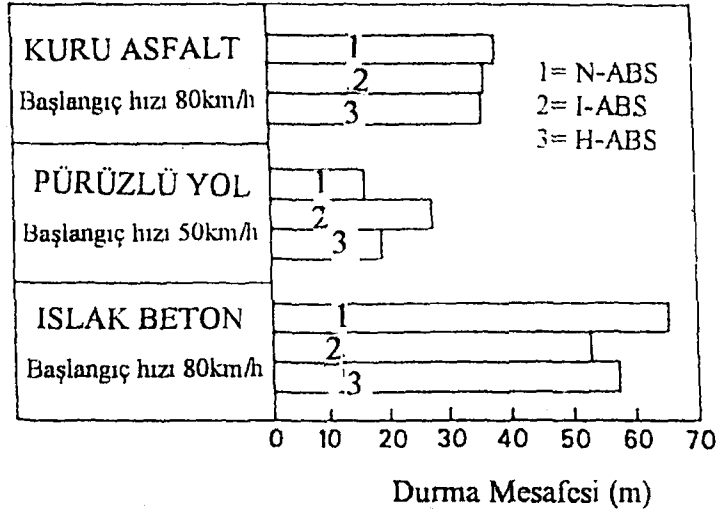
Bu araçla ön tekerlekler birbirinden bağımsız olarak kontrol edilmektedir(Satoh, 1983).

Bu üç tekniğin kullanıldığı araçların değişik yol - zemin şartlarında denenmesi ile çeşitli durma mesafeleri elde edilmiştir. Şekil 3. 5'de görüldüğü gibi kuru asfalt yolda yapılan deneyde I - ABS ve H - ABS kullanan taşıtların durma mesafeleri birbirine çok yakın ve N - ABS'ye göre daha kısadır. Islak beton yolda 80 km / h ilk hızda H - ABS I - ABS'ye göre daha uzun mesafede durmaktadır. Buna karşılık N - ABS'ye göre yani ABS'siz bir taşıta göre de %10 kadar daha kısa durma mesafesine sahiptir.

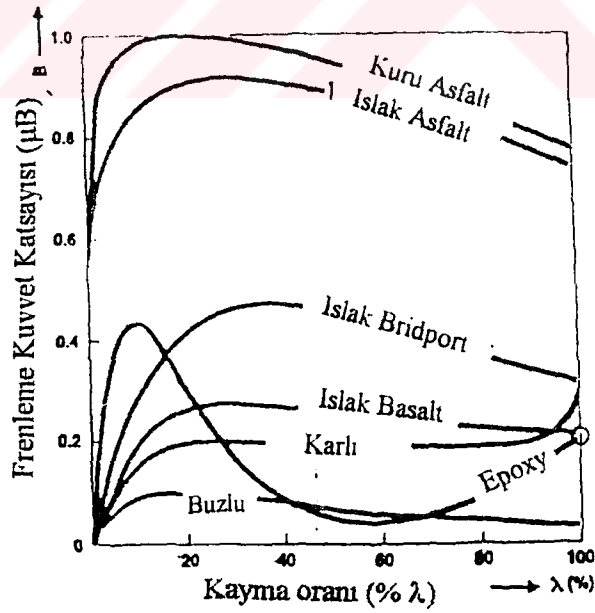
Pürüzlü yol şartlarında I - ABS ve H - ABS'nin N - ABS'ye göre daha uzun mesafede durdukları gözlenmektedir. Burada H - ABS'nin I - ABS'ye göre durma mesafesi yönünden avantajlı görülmesinin sebebi, ön tekerleklerde yüksek duyarlı (select - high) tekniğinin kullanılması ve bu tekniğin pürüzlü yollarda daha etkili olmasıdır. Pürüzlü yollarda ABS kullanılan bir taşıtın, normal fren sistemi kullanan taşıta göre çok az farkla daha uzun mesafede durmasının başlıca iki nedeni vardır :

a) Normal, düzgün yüzeyli bir yolun aksine pürüzlü bir yolda yol ile lastik tekerlek arasındaki sürtünme(tutunma)katsayısı çok yüksek olduğundan, kilitleme anındaki tekerlek en yüksek tutunma katsayısı ile yüzeye sürtünürken, aracın daha kısa mesafede durmasını sağlayarak ABS ile kontrol edilen tekerleklere göre daha etkili bir frenleme ortaya koymaktadır. Maksimum frenleme kuvvetini ve buna bağlı olarak durma mesafesini değiştiren değişik yol yüzeylerinin etkisi Şekil 3.6'daki eğrilerle ifade edilmiştir. Bu grafikte görüldüğü gibi değişik zemin ve yol şartları, değişik sürtünme / kayma eğrileri vermektedir. Zemin şartlarına göre çok farklı frenleme kuvveti katsayısı ortaya çıkmaktadır. Yol - tekerlek tutunma değerlerini ve buna bağlı durma mesafelerini etkileyen diğer şartlar, tekerleklere gelen düşey yükler, tekerlek dış derinliği, zemindeki su seviyesi gibi faktörlerdir.

b) ABS'nin pürüzlü yüzeylerde tekerlekleri kontrol etmesi sırasında, sürekli değiştirilen (tutulup serbest bırakılan) tekerlek devri, yani zaman zaman azaltılan frenleme kuvveti dolayısıyla durma mesafesi daha uzun olmaktadır. Bu durum, "yüksek duyarlı" olarak bilinen ve her iki taraftaki tekerleği kilitlemeden sonra kontrol eden teknikte değiştirilebilir. Ve kısa durma mesafesi sağlanabilir.



Şekil 3. 5. Değişik kontrol teknikleri için elde edilen durma mesafeleri (Satoh, 1983)



Şekil 3. 6. Farklı yol yüzeylerinin frenleme kuvvetine etkisi (Oppenheimer, 1988)

3.4.4. ABS performansının değerlendirme esasları

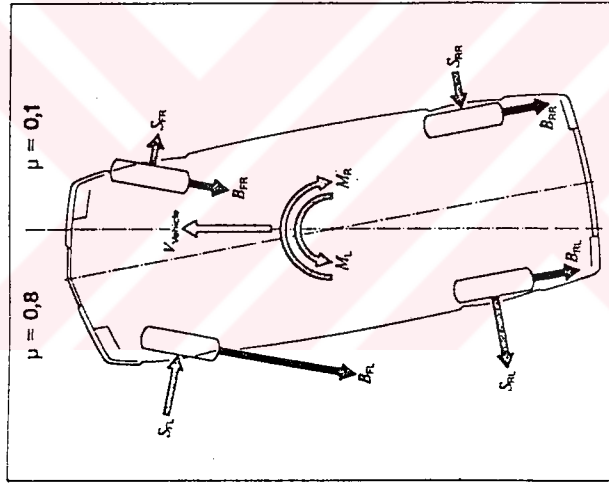
ABS kullanan bir taşıt ile ABS kullanmayan taşıt arasındaki frenleme performansını karşılaştırmak için iki yöntem kullanılır:

1) Aynı taşıt üzerinde ABS'li ve ABS'siz yapılan testler : Değişik yol şartlarında ve taşıt hızlarında yapılan bu testlerde karşılaştırma yapabilmek için iki önemli parametre dikkate alınmalıdır. Bunlardan birincisi, ABS'siz taşıtta sürücüye bağlı olarak değişen frenleme kuvveti dağılımı; ikinci parametre ise ABS verimidir. Eğer ABS performansını ABS'siz taşıta göre çok yüksek görülyorsa bu durum, ABS'siz taşıtta gerçek frenleme kuvveti dağılımının iyi olmadığını gösterir. Bunun tersi gerçekleştiğinde ise ABS'siz taşıtta frenleme kuvveti dağılımının iyi olduğu söylenebilir. Ancak bu, ABS veriminin düşük olduğu anlamına gelmez. Sağlıklı bir değerlendirme için değişik yol şartlarında değişik test ve ölçümlere ihtiyaç duyulabilir (Oppenheimer, 1988).

2) Değişik taşıtlar ve yol - yüzey şartlarında yapılan : Bu tür testlerde ABS'li ve ABS'siz taşıtların karşılaştırılması için yine iki parametre dikkate alınır. Bunlardan ilki, tekerlek ve yol yüzeyi arasında oluşan en yüksek tutunma faktörü / kilitlemiş tekerlekte oluşan tutunma faktörü oranıdır. Diğer parametre ise ABS verimidir. Test sonuçları, ABS kullanan taşıtın ABS'siz taşıta göre daha uzun mesafede durduğunu gösteriyorsa, bunun iki nedeni olabilir: 1- ABS verimi düşüktür, 2 - ABS'siz taşıtta kilitlemiş tekerlekler ile yol arasında tutunma faktörü çok yüksektir. Bu, çok pürüzlü yollarda görülebilecek bir sonuçtur.

Genellikle en yüksek / kilitlenmiş tekerlek tutunma katsayısı oranı 1/1 ile 2/1 arasında değişmektedir. Eğer ABS'siz taşıtta belirli bir yüzeye de kilitlenmiş tekerleğin tutunma faktörü ABS'li taşıt tekerleğinde meydana gelen tutunma faktörüne eşit veya daha yüksekse ABS'siz daha kısa bir mesafede durabilecektir.

Bu tür deneylerin, tecrübeli sürücülerle ve durma mesafesi ölçme standartlarına uygun olarak hazırlanmış taşıtlarla yapılması gerekmektedir. Ancak bu şekilde fren performansının bir göstergesi olan fren durma mesafesi hakkında anlamlı sonuçlar elde edilebilir.

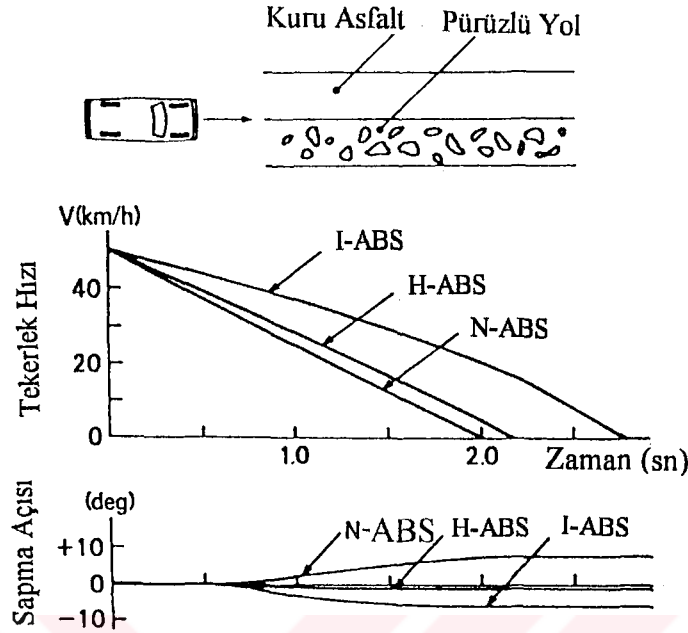


Şekil 3. 7. Değişik yüzey kalitesindeki yolda frenleme etkisi (Bosh, 1986)

3.5. Farklı Yüzeylerin Taşıt Kararlılığına Etkisi

Değişik sürtünme katsayılarında ikiye ayrılmış yolda frenleme yapan taşıtın yön değiştirmesi veya yalpalaması kaçınılmazdır. Sürekli bir frenleme operasyonunda sürtünme katsayısının büyük olduğu tarafa doğru (araç düşey eksenini etrafında oluşan moment dolayısıyla) yalpa ve çekme meydana gelecektir. Bu yön değiştirme veya yalpa momentini kısmen ortadan kaldırmak için, sürtünme kuvvetinin yüksek olduğu tekerlek fren basıncını kontrol eden bir teknik geliştirilmiştir. Bosh firması tarafından ilk defa 1984'de uygulanan bu tekniğin taşıt kararlılığı etkili olduğu gözlenmiştir (Jonner, 1986). Böyle bir kontrolün olmadığı ABS'li taşıtta meydana gelen yalpa momenti ve yön değiştirme Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Burada değişik yol sürtünme katsayılarında ($\mu=0.8$ ve $\mu= 0.1$) ikiye ayrılmış yolda , V taşıt hızında tekerleklerde meydana gelen frenleme kuvvetleri (B), yanal kuvvetler (S) ve sol tarafa doğru oluşan yalpa momentine (M_L) karşılık taşıtı tekrar kararlı pozisyona getirmeye çalışan moment (M_R) gösterilmiştir.

Bölüm 3.2.'de açıklanan kontrol tekniklerinin kullanıldığı taşıtların yol denemelerinden elde edilen sonuçlar Şekil 3.8'de gösterilmiştir(Satoh, 1983). Taşıtın bir tarafındaki tekerleklerin kuru asfalt, diğer tarafındakilerin ise pürüzlü yüzeyde hareket ettiği testler, 50 km/h hızda, tam frenleme ve direksiyonun düz durumda kilitlenmesi ile yapılmıştır. Şekil 3.8.'deki eğrilerde, araç kararlılığı ve durma mesafesinin nasıl etkilendiği üç değişik sistem için gösterilmektedir.



Şekil 3. 8. Değişik yol yüzey kalitesinin taşıt kararlılığına etkisi (Sato, 1983)

3.6. Kar ve Buzda ABS Frenlerinin Etkisi

3.6.1. Deney şartları

Deney, dört tekerleği de ABS ile kontrol edilen 1990 model bir otomobil üzerinde yapılmıştır. Frenlemeden önceki başlangıç hızı ortalama 50 km/h'dir. Sürücü otomobil tamamen duruncaya kadar, olabildiğince sert panik frenlemesi uygulamıştır.

İlk deney yolu buz yarışları için kullanılan özel bir parkurdur. Yol yüzeyi bazı alanlarda engebeli ve arızalı; bazı alanlarda da düzgündür. Yüzey defalarca eritilip ve daha sonra tekrar dondurularak stabilize bir yol ile aynı özelliklere sahip olması sağlanmıştır. İkinci test yüzeyi ise, yeni ve temiz bir asfalt ile kaplanmış bir otobandır. Denemeler kar yağışı sırasında ve yağıştan hemen

sonra yapılmıştır. Ortalama yavaşlama ivmesi, Valentine Araştırma G-Analizörü ile ölçülmüştür (Eddie, 1994).

3.6.2. Deney sonuçları

Parkur testleri kısmen güneşli bir günde, gün ilerledikçe artan bir sıcaklıkta yapılmıştır. Denemelerin başında hava sıcaklığı -5.9°C ve sonundaki hava sıcaklığı da $+2.0^{\circ}\text{C}$ 'dir.

Her bir test çiftinde, ABS frenlerine sahip bir aracın, ABS'ye sahip olmayan aynı teknik özellikteki diğer bir araca göre bariz üstünlüklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Çizelge 5.1'de görüldüğü üzere en düşük yavaşlama oranı gün sonunda kar lastikleri ile 0.10 g olarak kaydedilmiştir. En yüksek yavaşlama oranı gün başında sıcaklık minimumdayken kar lastikleri ile 0.27 g olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 3.1. Buzlu yolda çekiş testleri

Lastik Tipi	ABS Konumu	Buz Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Hava Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Tekrar Sayısı	Ortalama Yavaşlama Oranı (g)	
					Max.	Min.
Kar*	Açık	-5.4	-5.9	4	0.27	0.15
Kar*	Kapalı	-5.4	-5.9	3	0.21	0.15
Yazlık**	Açık	-5.2	-3.1	6	0.20	0.13
Yazlık	Kapalı	-5.2	-3.1	3	0.16	0.15
Mevsimlik***	Açık	-3.6	0.0	6	0.19	0.12
Mevsimlik	Kapalı	-3.6	0.0	4	0.16	0.12
Kar	Açık	-1.9	2.0	2	0.15	0.13
Kar	Kapalı	-1.9	2.0	1	0.10	0.10

*Kar Lastikleri: Nokia Hakkapilitta 10,185 R 14 M+S, dış derinliği : 7.5 mm, lastik hava basıncı : 1.93 bar

**Yazlık Lastik : Michelin x Gtv., 195 60 R 11 ; dış derinliği : 4,5 mm; lastik basıncı 165 bar

***Mevsimlik Lastikler: Yokohama A+4, 195 60 R 14 M+S, dış derinliği 7.0 mm, lastik hava basıncı : 1.93 bar

Bu aynı test dizisi sırasında, en düşük sıcaklıkta kar lastikleri ile yapılan denemelerde yavaşlama oranı 0.15 g olarak kaydedilmiştir.

Buz üstünde, yazlık lastiklerin çekişi, kış lastiklerinin çekişinden sadece bir miktar düşük olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 3.2’de gösterilen ikinci test serisi bir otoban üzerinde yapılmıştır. Kar, asfalt üzerinde 10 mm’lik bir kalınlık oluşturacak şekildeyken denemeler gerçekleştirilmiştir.

Ortalama yavaşlama ivmesi, deney dizisinin başında ABS’nin açık olduğu konumda 0.21 g, ABS devreden çıkarılarak testin sonunda, en yüksek 0.32 g arasında değişmiştir. ABS açık ve kapalı iken aralarındaki yavaşlama oranları farkı, deney dizisinin başındayken sonundakine göre daha fazladır. Bu, ABS çalışırken yüksek sıcaklıkların, daha büyük bir yavaşlama oranı kaybına sebep olduğunu gösterir (Eddie, 1994)

Çizelge 3.2. Asfalt yol testleri tek otomobil, tek cins lastik

Lastik Tipi	ABS Konumu	Buz Sıcaklığı (°C)	Hava Sıcaklığı (°C)	Tekrar Sayısı	Ortalama Yavaşlama Oranı (g)	
					Max.	Min.
Kar	Açık	-2.2	-3.0	2	0.22	0.21
Kar	Kapalı	-2.2	-3.0	2	0.26	0.26
Kar	Açık	-5.0	-5.9	4	0.28	0.27
Kar	Kapalı	-5.0	-5.9	2	0.32	0.30

Çizelge 3.3'te gösterilen en son deney dizisinde aynı tip iki otomobil kullanılmıştır. Otomobillerden biri kar lastikleri ve diğeri tüm mevsimler için uygun lastikler ile techizatlandırılmıştır. Deney yeni yağmış ve üzerindeki karı temizlenmemiş bir yolda yapılmıştır. Taşıtlar yan yana test edildiğinde, mevsimlik lastikler, kar tipi lastiklerin yavaşlama oranının, sadece yaklaşık % 65'ine ulaşabilmışlerdir.

Çizelge 3.3. Asfalt yolda iki taşıt farklı lastik deney sonuçları

Lastik Tipi	ABS Konumu	Buz Sıcaklığı (°C)	Hava Sıcaklığı (°C)	Tekrar Sayısı	Ortalama Yavaşlama Oranı (g)	
					Max.	Min.
Kar	Açık	-0.8	-1.2	2	0.24	0.24
Kar	Kapalı	-0.8	-1.2	2	0.29	0.28
Mevsimlik	Açık	-0.8	-1.2	2	0.16	0.15
Mevsimlik	Kapalı	-0.8	-1.2	2	0.21	0.16

Tüm lastik tipleri, ABS kullanılmadığında daha yüksek bir yavaşlamaya ulaşmışlardır. ABS çalışır konumunda iken lastikler kar üzerinde belirgin yol blokları ile ilerlemişlerdir. ABS, tekerleklerin kilitlenmesini önlediği gibi, lastiklerin karı asfalt üzerine çökertmesine de engel olmuşlardır.

Bazı şartlar altında ABS'li taşıtlar, ABS kullanılmayan bir taşıta göre frenlemede açık bir üstünlük sağlamıştır. Taze, gevşek ve ıslak karlı yollarda ise bunun tersi görülmüştür. ABS ile çalışan taşıtlarda daha uzun duruş mesafesi vardır. ABS'nin sürücüye direksiyon kontrolü verdiği düşünülürse, durma mesafesinin tek başına frenleme performansını gösterir bir parametre

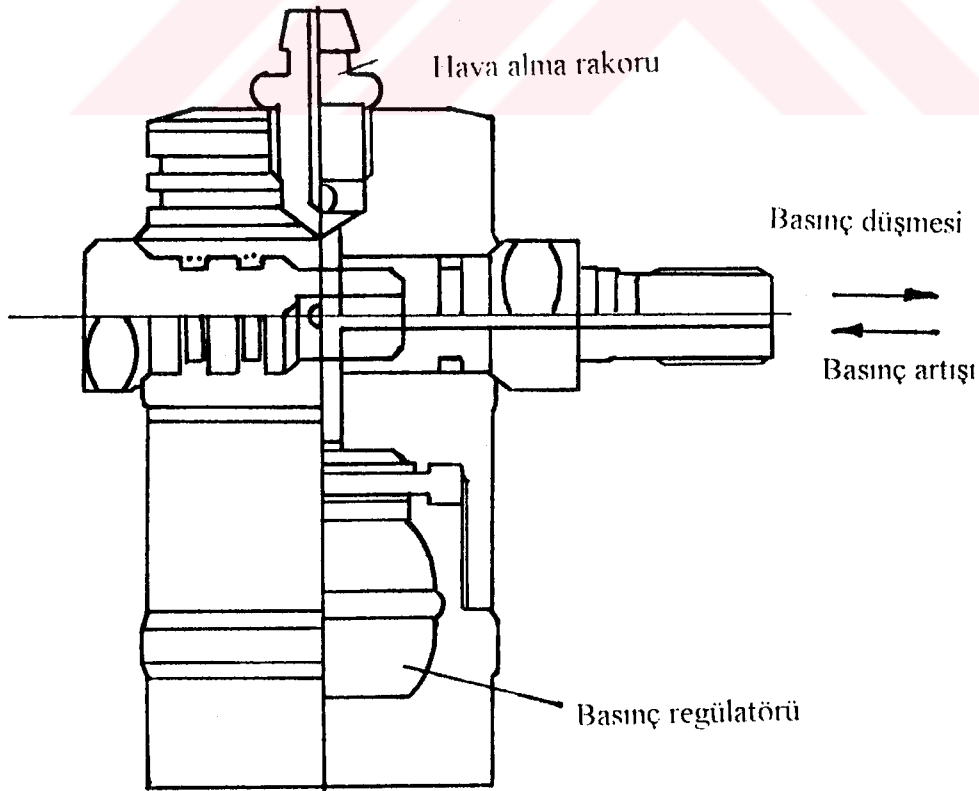
olmadığı anlaşılacaktır. Dengeli olarak, ABS, kış şartlarında belirgin bir güvenlik avantajı sağlar.



4.BASINÇ REGÜLASYONLU SİSTEMİN BİNEK TAŞITLARINA UYGULANABİLİRLİĞİ

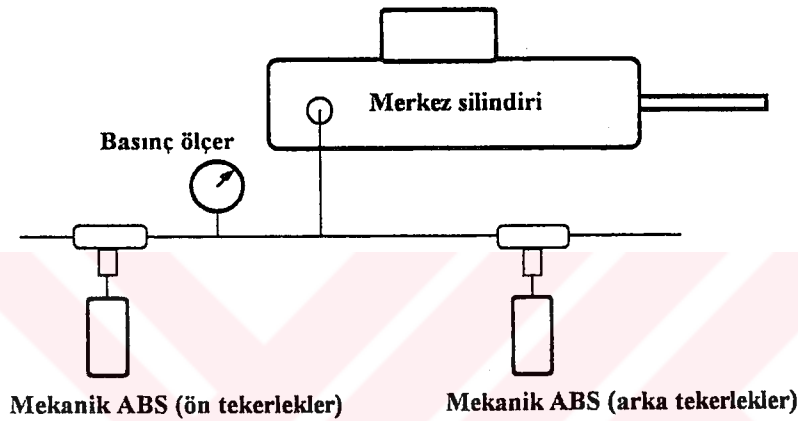
4. 1. Basınç Regülasyonlu Mekanik ABS

Basınç regülasyonlu mekanik ABS'nin çalışma prensibi Hydro-Equalizer olarak ifade edilebilir. Merkez silindrinde elde edilen hidrolik basınç, her dört tekerlekte, hıza bağlı olmaksızın eşitlenip, dengelenmektedir. Mekanik ABS olarakta bilinen bu düzenek, mevcut hidrolik fren sistemini gaz kontrollü bir hidrolik sisteme dönüştürür. Fren pedalına bir kuvvet uygulandığında meydana getirilen hidrolik devre basıncının etkisiyle ve basınç regülatöründeki gazın sıkışabilirliği oranında, farklı hız sınırları için frenleme süresince 60-140 kez basınç dalgalanması sağlar. Bunun sonucunda da her bir tekerlekte fren devre basınçları kontrol edilir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Basınç regülasyonlu mekanik ABS'nin yapısı

Mekanizma, taşıt üzerinde herhangi bir değişiklik yapmadan kolaylıkla bağlanabilmektedir. Böyle bir sistemin deney taşıtının fren sistemine bağlantısı şematik olarak Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Montaj sonrası görülen önemli bir fark, fren pedalında kolay hissedilir bir yumuşamanın meydana gelmesidir.



Şekil 4. 2. Mekanik ABS'nin deney taşıtına bağlanması

4. 2. Basınç Regülasyonlu Mekanik ABS'nin Binek Taşıtlarında Denenmesi

4. 2. 1. Deney taşıtı

Deney aracı olarak, üzerinde orjinal bir kilitlemeyi önleyici tertibat bulunmayan bir taşıt kullanılmıştır. Taşıtın bazı teknik özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Denemenin amacı, farklı yol yüzeylerinde mekanik ABS’li ve ABS’siz şartlarda durma mesafesi ve durma süresi ölçülerek; mevcut mekanizmanın frenleme performansına olan etkilerini görmektedir.

Çizelge 4.1. Deney taşıtının teknik özellikleri

ÖZELLİK	AÇIKLAMA
Markası ve Tipi	Renault-16
Motor Hacmı	1600 cc
Silindir Adedi	4
Fren Sistemi	Hidrolik - Vakum Yardımlı
Fren Mekanizması	Önler Disk - Arkalar Kampana
Fren Merkez Silindiri Çapı	22 mm
Vites Kutusu	Birleşik Tip, 4 ileri, 1 geri
Tahrik Biçimi	Önden Çekişli
Lastik Ebadı ve Tipi	175 R14- Yazlık
Lastik Hava Basınçları	Önler 1.9 bar; Arkalar 2.2 bar

Denemelerde, frenleme kuvvetinin kontrol edilebilmesi için fren merkez silindiri ile mekanizma arasına bir basınç ölçer bağlanmıştır. Bu, değişik frenlemelerde, önemli bir parametre olan merkez silindirinin işletme basıncını ölçme ve kıyaslama imkanı vermektedir.

4.2.2. Deney şartları

Deney şartları, ISO 6597 Yol Taşıtlarının Hidrolik Fren Sistemlerinde Frenleme Performansının Ölçme Esasları'nı belirleyen standarttan yararlanılarak tespit edilmiştir. Deneyler, 50, 70 ve 90 km/h taşıt hızlarında ve 5, 10, 15, 20, 25 bar işletme basınçları altında gerçekleştirilmiştir. Taşıt, bu üç hız kademesinde seyir halindeyken, belirtilen basınçlar ayrı ayrı uygulanmıştır.

Yol deneyleri güzergahı, Zile - Çekerek yolu 3. Km Hacılar Kövü mevki olarak belirlenmiştir. Zemin asfalt olup, pürüzlü yol niteliği taşımaktadır. Hava sıcaklığı, ISO 6597’de de belirtildiği gibi 35°C’nin altında olduğu zamanlarda ölçümler yapılmıştır. Ölçme işlemlerinde yardımcı araçlar olarak; taşıt hız göstergesi, şerit metre, dijital kronometre ve basınç ölçer kullanılmıştır.

Deneyler sırasında yağış olmadığından, ıslak yol deneyleri için, Zile Belediyesi’nin yardımıyla, deney güzergahı itfaiye aracı ile ıslatılarak, yapay bir ıslak zemin elde edilmiştir. Yol güzergahının aynı zamanda Tokat - Yozgat çevre yolu olması sebebiyle yoğun bir trafik akışına sahiptir. Özellikle ağır tonajlı nakliye taşıtlarının yoğun olarak geçmesi nedeniyle yolun kayganlığını uzun süre koruma zorluğu ile karşılaşmıştır. Dolayısıyla, bu sınırlı zaman aralığı içinde ıslak yol deneyleri, sadece 50 km/h hızda, 15 ve 20 bar fren basınçlarında ve yaklaşık 35 - 40 bar’a ulaşan panik fren basıncında yapılmıştır.

Denemeler sırasında muhtemel bir kaza durumu da göz önünde bulundurularak, panik frenlemeleri, hem kuru, hem de ıslak yol yüzeyleri için, taşıt 50 km/h hızla hareket ederken gerçekleştirilmiştir. Belirtilen mazeret nedeni ile doğrultu sapma miktarı da ölçülememiştir.

4. 2. 3. Deneylerin yapılışı

Deney safhalarında hep aynı sürücüden yararlanılmıştır. Taşıta, deney yapılacak hız kazandırıldıktan sonra, bir süre daha bu hızda gidilerek tüm taşıt organlarının mevcut hıza uyumu sağlanmıştır. Sürücü, bir süre, fren pedalına

farklı kuvvetler uygulayarak, farklı sistem basıncı elde etmek için çalışmıştır. Bu çalışma neticesinde, deney anında, istenilen basıncın belirlenmesinde zorluk çekilmemiştir.

Taşıt ön tekerlekleri, kabul edilen referans noktasına geldiğinde, fren pedalına arzu edilen sistem basıncı elde edilinceye kadar bir kuvvet uygulanmıştır. Frenleme anında bu basınç sabit tutulmuştur. Motor ile güç aktarma oranları arasındaki bağlantı, frenleme boyunca kesilmemiştir.

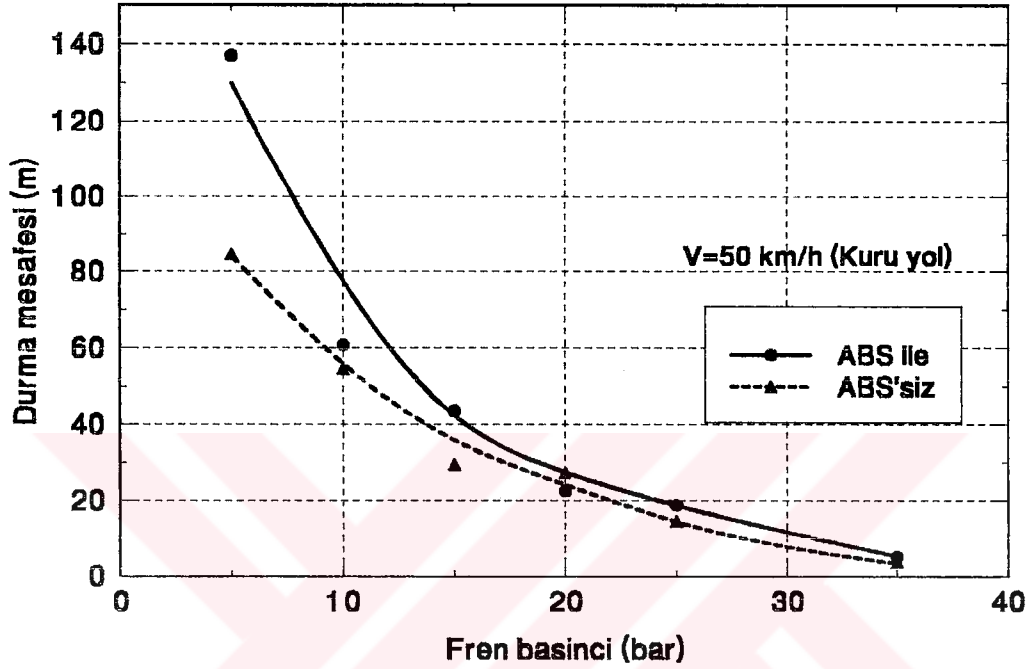
Frenlemenin başlamasıyla birlikte aynı anda kronometre işletilerek taşıt duruncaya kadar geçen süre ölçülmüştür. Taşıt durduktan sonra, ön tekerleklerin bulunduğu yer ile referans nokta arasındaki uzaklık şerit metre ile ölçülerek, durma mesafesi belirlenmiştir.

Yukarıda belirtilen işlemler, yol kuru ve ıslak durumda iken hem ABS'li hem de ABS'siz şartlar için ayrı ayrı uygulanmıştır. Bu işlemler her ölçüm için üçer kez tekrarlanarak ortalaması alınmıştır.

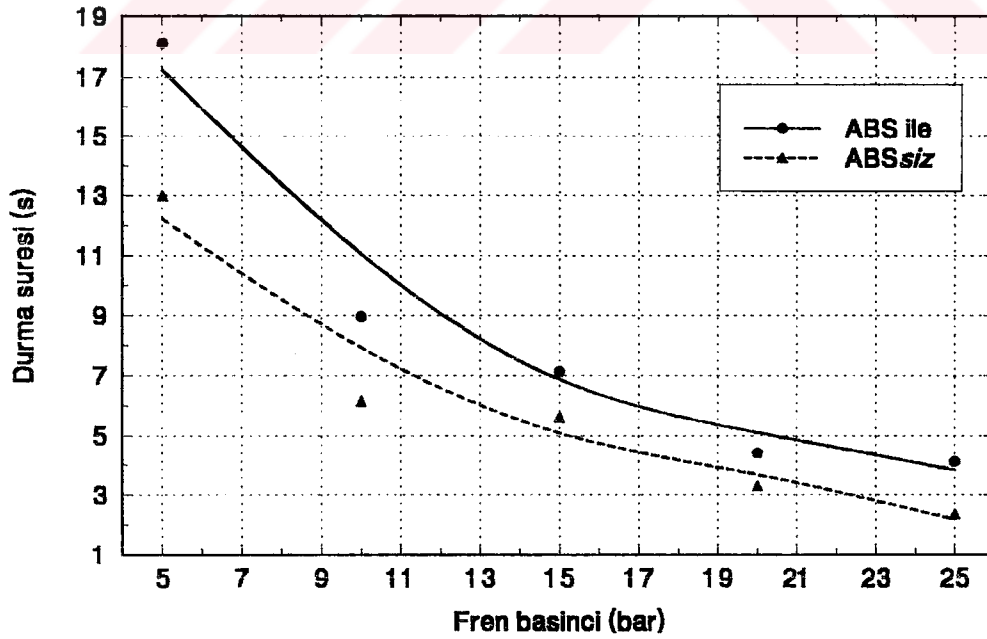
4. 2. 4. Deney sonuçları ve değerlendirme

Değişik taşıt hızlarında ve frenleme şartlarında elde edilen deney sonuçları, kuru yol ve 50 km/h hız için Şekil 4.3 ve Şekil 4.4; 70 km/h hız için Şekil 4.5 ve Şekil 4.6; 90 km/h hız için ise Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'deki grafiklerde değişik fren basınçlarına karşılık gelen durma mesafeleri ve süreleri gösterilmiştir. Islak yol için sadece 50 km/h taşıt hızı kullanılmış ve elde edilen durma mesafeleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Grafiklerde, basınç regülasyonlu mekanik ABS'nin kullanıldığı durumdaki ve normal şartlardaki durma

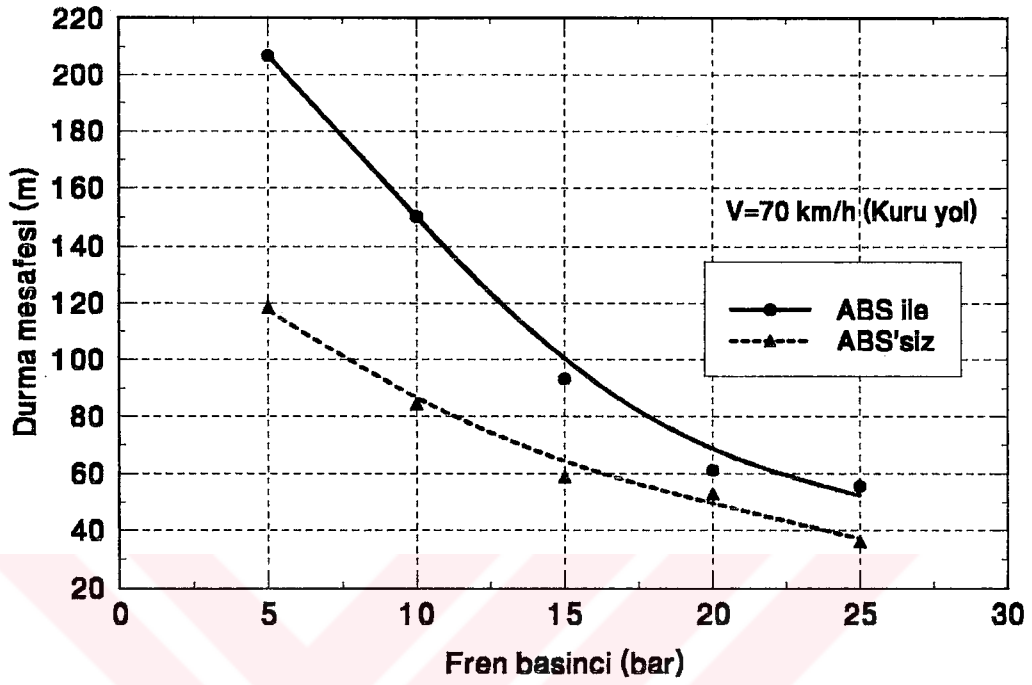
mesafeleri karşılaştırılmıştır. Ölçüm sonuçları detayları ayrıca çizelgeler halinde Ek-1'de gösterilmiştir.



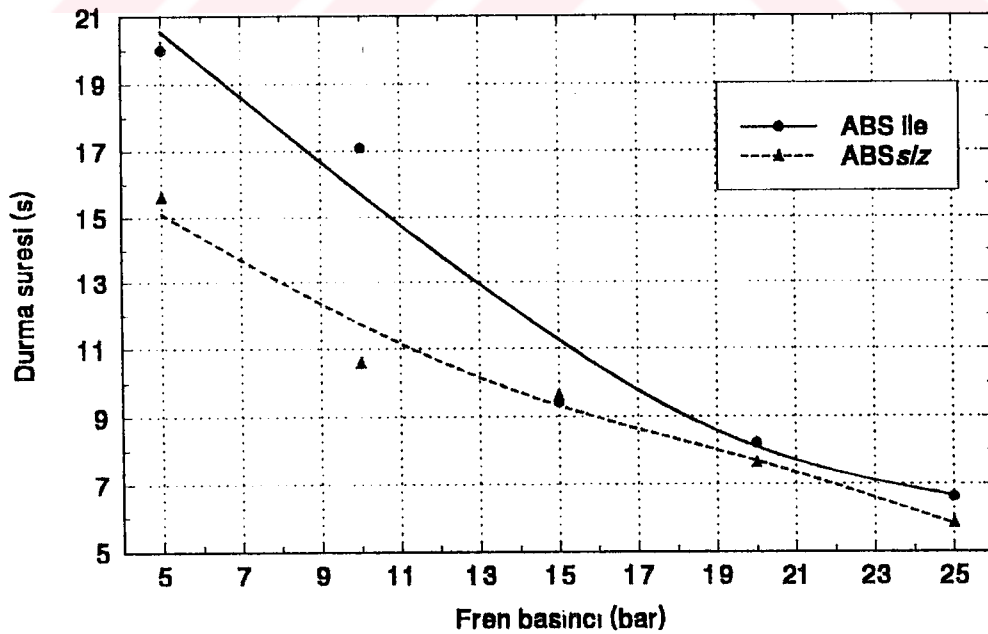
Şekil 4.3. 50 km/h hızda kuru zemin durma mesafeleri



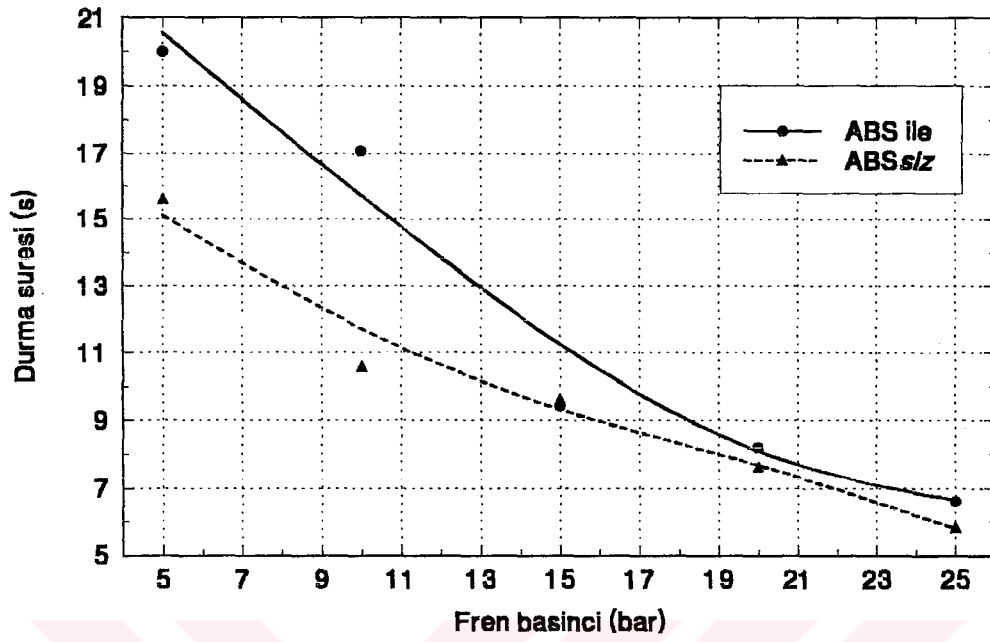
Şekil 4.4. 50 km/h hızda kuru zemin durma süreleri



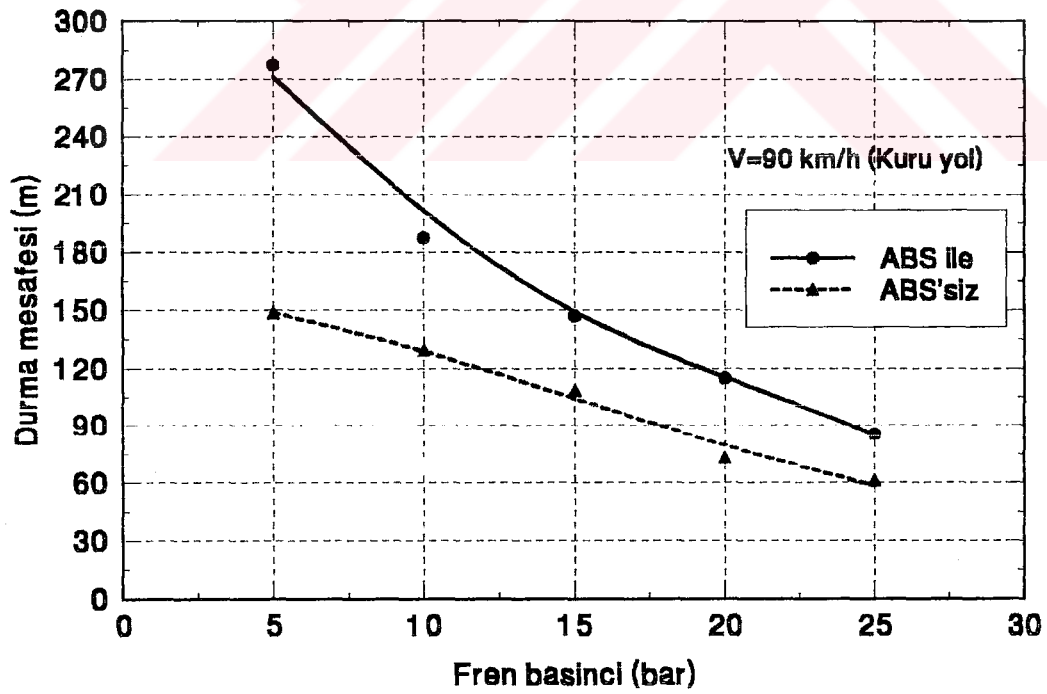
Şekil 4.5. 70 km/h hızda kuru zemin durma mesafesi



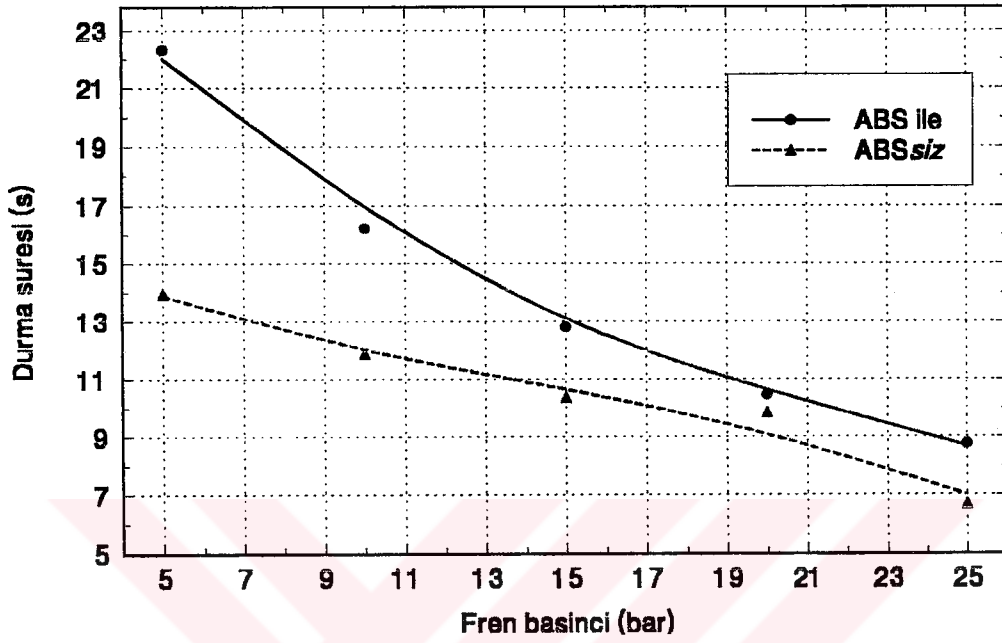
Şekil 4.6. 70 km/h hızda kuru zemin durma süreleri



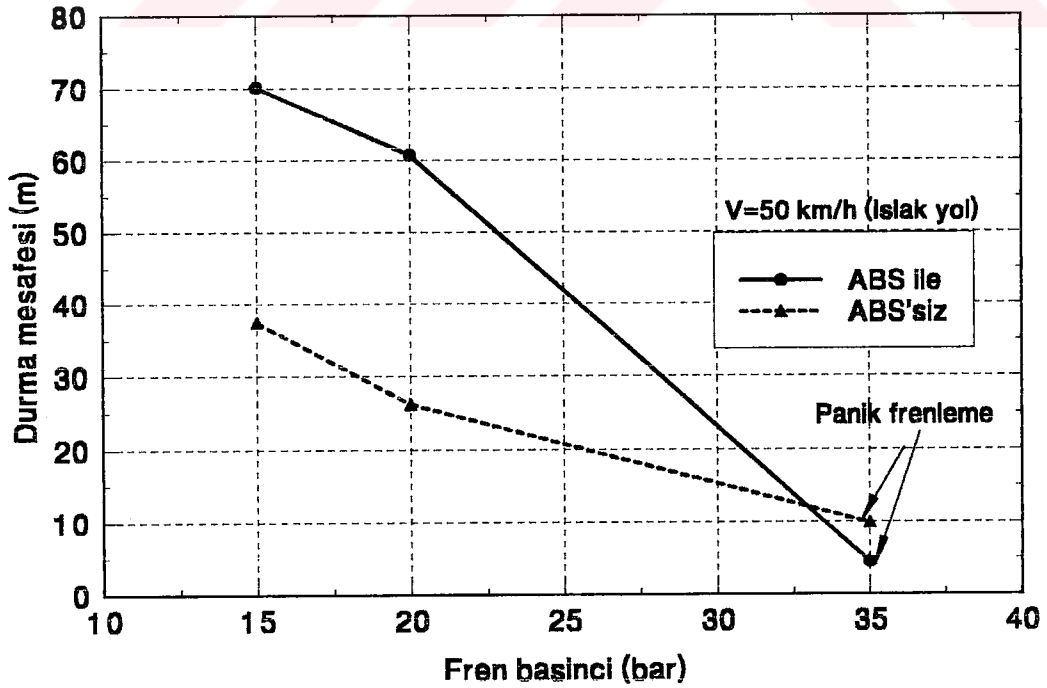
Şekil 4.6. 70 km/h hızda kuru zemin durma süreleri



Şekil 4.7. 90 km/h hızda kuru zemin durma mesafeleri



Şekil 4.8. 90 km/h hızda kuru zemin durma süreleri



Şekil 4.9. 50 km/h hızda ıslak asfalt zeminde durma mesafeleri

Ölçme sonuçları incelendiğinde, kuru ve ıslak zeminde değişik hızlarda yapılan normal frenlemeler için, basınç regülatörlü mekanik ABS kullanılan taşıtın verdiği durma mesafesinin, bu sistemin kullanılmadığı aynı taşıta göre daha uzun olduğu görülmektedir. Şekil 4.3., 4.5., 4.7., ve Şekil 4.9.'da görüldüğü gibi bu farklılığın, düşük fren devre basınçlarında arttığı; buna karşılık yüksek basınçlarda çok azaldığı gözlenmiştir. Bu da, kuru ve nispeten pürüzlü bir yolda ABS'li taşıtta etkili bir frenleme kuvvetinin oluşmadığını ifade etmektedir.

Elektronik kontrollü bir ABS kullanan taşıt bile pürüzlü yoldaki frenlemede, ABS kullanmayan aynı taşıta göre daha uzun durma mesafesi verebilmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri, kilitlenme eğilimi gösteren tekerleğin fren devre basıncının elektronik kontrol ünitesi tarafından çok kısa bir süreyle de olsa düşürülmesidir. Böylece; basıncın kontrol edilmesi, yeterince yüksek sürtünme katsayılı bir zeminde maksimum frenleme kuvvetinin azalmasına neden olmaktadır.

Şekil 4.3'de gösterilen, kuru ve pürüzlü yol şartlarında yapılan panik frenlemede ise yine mekanik ABS'li durma mesafesinin ABS'siz duruma göre az farklı da olsa daha uzun olduğu görülmüştür. Kuru pürüzlü yüzeylerde anlık olarak artıp, azalan tekerlek çevresel hızı; bir başka ifade ile zaman zaman azaltılan frenleme kuvveti sebebiyle durma mesafesi daha uzun olmaktadır. Ancak, düşük sistem basınçlarına göre, panik frenlemede mekanik ABS'li taşıtla ABS'siz taşıtın durma mesafeleri arasındaki farkın çok azalmasına neden olarak, yüksek sistem basıncında mekanik ABS'nin gaz absorpsiyon özelliğinin azalması gösterilebilir.

Kuru yol şartlarında yapılan deneyler sırasında, araç dışından yapılan gözlemlerde basınç regülasyonlu mekanik ABS'siz durumda tekerleklerin kilitlendiği ve yaklaşık durma mesafesi kadar da frenleme izi olduğu görülmüştür. ABS'li denemelerde ise tekerleklerde bir kilitlenme olmamıştır.

Şekil 4.9'da verilen ıslak zemin şartlarındaki panik frenleme sırasında ABS'li durma mesafesinin ABS'size göre daha kısa olduğu belirlenmiştir. Dışarıdan yapılan gözlem sırasında da ABS'li durumda tekerleklerin kilitlenmediği ve yuvarlanarak durdukları görülmüştür. Bu durum, yuvarlanma sırasındaki tutunma katsayısının, kayma sırasındaki tutunma katsayısından daha yüksek olduğunu açıkça göstermektedir. Kaygan bir zeminde, frenleme sonucu kilitlenmiş bir tekerlekle yol arasında çok düşük bir frenleme kuvveti meydana geleceği açıktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Taşıt fren sisteminin en önemli fonksiyonu, yeterli durma mesafesi ve düz veya dönüş hareketlerinde kararlılık (direksiyon kontrolü) sağlamasıdır. Bunun için tekerleklerin kilitlenmeden frenleme yapmasına imkan veren ABS kullanılmadığıdır.

Taşıtın aktif kontrolünü sağlayan elektronik ABS'nin maliyeti taşıt fiyatının % 5-10'u kadardır(Hattwing, 1985).

Durma mesafesi, bir taşıtın fren performansının önemli bir göstergesidir. Değişik fren sistemlerinin verimlerini belirtmek amacı ile fren durma mesafelerinin karşılaştırılmasına ilişkin deneyler, yararlı sonuçlar ortaya koymaktadır. Ancak daha sağlıklı değerlendirmeler yapmak için aynı taşıtın ve aynı tekerleklerle yapılan deneylerin bile değişik yol şartlarında tekrarlanması gerekmektedir.

Arka frenlerin durma mesafesine etkisi, otomobillerde ve özellikle önden çekişli araçlarda nisbeten daha azdır. Arka tekerleklerin kilitlenmesinin, araç kararlılığı üzerinde çok olumsuz etkisi vardır. Taşıtın takla atmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, ön tekerlekler için select-high, arka tekerlekler için select-low kontrol tekniğinin kullanıldığı ABS, yeterli taşıt kararlılığı ve direksiyon kontrolü sağladığı gibi, kaygan yol şartlarında durma mesafesini de kısaltma özelliğine sahiptir.

Ancak günümüz binek taşıtlarında, yukarıda belirtilen kontrol tekniklerinin kullanıldığı ABS'lerin yanı sıra, ön tekerleklerin bağımsız, arka tekerleklerin ise select-low tekniikle kontrol edildiği ABS'ler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ulaşımında, kara yolu kullanımının yüksek olduğu ülkemizde, trafik kazaları ülke sorunları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizdeki otomobil üreticisi firmalar, başta yasaların zorunluluk getirmemesi, taşıt maliyetini yükseltmesi nedenleri ile piyasaya sundukları taşıtları elektronik ABS'ler ile donatmamaktadırlar. Bunun üzerine sürücüler daha ekonomik, daha pratik yollardan fren performansını yükseltecek alternatif arayışlara yönelmektedirler.

Yapılan bu deneysel araştırmayla, alternatif ABS olarak piyasada pazar bulan, basınç regülasyonlu mekanik ABS'nin, panik frenleme sırasında tekerlek kilitlenmesini önlediği, ıslak ve kaygan yolda fren performansını artırdığı fakat; kuru zeminde ve normal frenlemelerde performansı düşürdüğü görülmektedir.

Bir tür fren basınç regülatörü gibi çalışan bu sistem, elektronik kontrollü ABS'nin fonksiyonlarından birini yani, tekerlek kilitlenmesini önleyip, kaygan yol şartlarında kısmen etkili olmaktadır. Ancak; normal yol şartlarında normal frenlemelerde fren pedalını yumuşatıp, durma mesafesini uzattığı tespit edilmiştir. Değişik yol ve fren basıncı şartlarında mekanik ABS'nin tekerleklerin kilitlenmesini önlemesi, frenleme performansı açısından bir avantaj gibi görülebilir. Yine de; mekanizmanın taşıt kararlılığı ve direksiyon kontrolü üzerindeki etkinliğini ortaya koymak için, deney parametrelerinin daha geniş tutulacağı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Altıparmak, D., Salman, S., 1994, "ABS (Antilock Brake System) Yapısı ve Çalışma Prensipleri", **Endüstriyel Teknoloji**, 1(1).

Bleemann, H-W., Burdorf, J., Grünberg, H-E., Timtner, K., Weise, L., 1983, "The First Compact 4 - Wheel Anti-Skid System with Integral Hydraulic Booster", **SAE paper**, No: 83-0483.

Bleemann, H-W., Fennel, H., Graber, J., Seibert, W. W., 1986, "Traction Central System with Teves ABS Mork-II", **SAE paper**, No : 86-0506.

Braham, J., 1994, "Wanted: ABS, ACS & Air Bags", **Machine Design**, March 21.

Crouse, W-H., 1966, "Automotive Chassis And Body " (Çev. İ. Anlaş), **Mc Graw-Hill Book Company** ,Inc 2, 465 - 468.

Çetinkaya , S., 1995, "Taşıt Mekaniği", 100-115, Ankara.

Decker, H., Emig, R., Graunel, I., Engfer, O., 1996, "State of The Art and Future Prospects of Braking Control in Europe", **SAE paper**, NO : 861962.

Decker, H., Emig, R., Reisch, B., 1992, ZF Retarder in Commercial Vehicles", **SAE paper**, NO : 922452.

Eddie, R., 1994, "Anti-lock Brakes on Snow and Ice",

Automotive Engineering, April 1994.

Gerstenmeler, J., 1986, "Traction Control-An Extension of The Anti-lock Braking system", **SAE paper**, NO: 86-1033.

Giles, J.G., 1969, "Vehicle Operation and Testing", **Liffe Books Ltd.**, London .

Gohring, E., 1988, "Electronic Traction Control System ASR and its Integration in the Anti-Lock Braking Systems ABS to From a Safety System ABS/ASR for Commercial Vehicles", **SAE paper**, NO: 88-1137.

Hattwing, P., 1985, "Cost-Benefit Analysis Of Simplified ABS", **SAE paper**, NO: 85-0053.

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

Hidetoshi, S., Sasaki, N., Nakaura, T., Kume, M., Tanako , H., 1992, "Acceleration Sensor for ABS", **SAE paper**, No : 92-0472.

Hoffman , D. Dick, 1992, "The Corvette Acceleration Slip Regulation (ASR) Application with Preloaded Limited Slip Differential", **SAE paper**, No: 92-0642.

Howard, G., 1986, "Automobile Aerodynamics, Theory and Praticce for Road and Track", **Osprey Pub. Ltd.**, London.

- Jonner, W-D., Czinczel-A., 1986, "Upgrade Levels of The Bosch ABS"
SAE paper, No: 85-0508.
- Kidd, S., Sakai, T., Thomson, N., Tribe, R., Prosser, S., 1991, "Speed-Over-Ground Measurement", **Automotive Engineering**, June 1991.
- Kramer, D., Roper, D., Trachman, E., 1987, "Drive Axle Antilock for Heavy Vehicles stability", **SAE paper**, NO : 87-1572.
- Kuethé, A., Chow, C.Y., 1986, "Foundations of Aerodynamics-Bases of Aerodynamic Design", **John & Sons Inc.**, New York .
- Leiber, H., Czinczel, A., 1983, "Four Years of Experince with 4-Wheel Antiskid. Brake System", **SAE paper**, NO: 83-0481.
- Maisch, W., Jonner, W-D., Sigl, A., 1987, "ASR - Traction - Control - A Logical Extension of ABS ", **SAE paper**, No: 87-0337.
- Oppenheimer, P., 1986, "Antilock Braking Regulations", **SAE paper**,
NO: 86-0507.
- Oppenheimer, P., 1988, "Comporing Stopping Capabiity of Cars with and Without Anti Lock Braking System ABS", **SAE paper**,
NO : 88-0324.
- Petersen, E., Reinecke, E., Liermann, R., 1986, "Anti-Lock Braking System

With Integrated Drive Slip Control for Commercial Vehicles”,
SAE paper, NO : 86-1961.

Satoh, M., Shiraishi, S., 1983, “ Performance of Antilock Brakes with
Simplified Control Technique”, **SAE paper**, No: 83-0484.

Schreck, H., Kucher, H., Reisch, B., 1992, “ZF Retarder in Commercial
Vehicles”, **SAE paper**, No: 92-2452.

Slibar, A., Spinger, H., 1978, “The Dynamics of Vehicles on Roads and
Tracks”, **Swets and Zeitlinger**, Amsterdam .

Steven, M. M., 1988, “Two Functions, One Microcontroller Four-Wheel ABS
and Ride Control Using No: 8OC196KB”, **SAE paper**, No: 88-1138.

Sturm, R., 1988, “Brakes and ABS on Four-Wheel Drive Vehicles,
SAE paper No: 88-0321.

EK-1

Çizelge 1. 50 km/h hızda kuru zeminde ölçüm sonuçları

Sıra No	Fren Basıncı (bar)	Durma Süresi ABS'li (s)	Durma Süresi ABS'siz (s)	Yavaşlama İvmesi ABS'li (m/s^2)	Durma Mesafesi ABS'li (m)	Durma Mesafesi ABS'siz (m)	Yavaşlama ivmesi ABS'siz (m/s^2)
1	5	18,11	12,97	0,76	136,9	84,5	1,07
2	10	8,96	6,14	1,55	60,7	54,6	2,26
3	15	7,13	5,6	1,95	43,5	29,4	2,47
4	20	7,4	3,29	3,15	22,4	27,1	4,21
5	25	4,13	2,34	3,36	18,6	14,3	5,93

Çizelge 2. 70 km hızda kuru zeminde ölçüm sonuçları

Sıra No	Fren Basıncı (bar)	Durma Süresi ABS'li (s)	Durma Süresi ABS'siz (s)	Yavaşlama İvmesi ABS'li (m/s^2)	Durma Mesafesi ABS'li (m)	Durma Mesafesi ABS'siz (m)	Yavaşlama ivmesi ABS'siz (m/s^2)
1	5	20	15,59	0,97	206,9	118,4	1,25
2	10	17,07	10,59	1,14	150,3	84,5	1,84
3	15	9,43	9,62	2,06	93,3	58,8	2,02
4	20	8,2	7,62	2,37	61,2	52,7	2,55
5	25	6,6	5,83	2,94	55,5	25,9	3,33

Çizelge 3. 90 km hızda kuru zeminde ölçüm sonuçları

Sıra No	Fren Basıncı (bar)	Durma Süresi ABS'li (s)	Durma Süresi ABS'siz (s)	Yavaşlama İvmesi ABS'li (m/s^2)	Durma Mesafesi ABS'li (m)	Durma Mesafesi ABS'siz (m)	Yavaşlama ivmesi ABS'siz (m/s^2)
1	5	22,33	13,95	1,11	277,3	148,5	1,79
2	10	16,22	11,88	1,54	187,3	129,53	2,10
3	15	12,8	10,36	1,95	147	108,3	2,41
4	20	10,45	9,83	2,39	114,7	72,8	2,54
5	25	8,75	6,67	2,85	85,3	61,2	3,74

Çizelge 4. 50 km/h hızda kuru zeminde panik frenleme sonuçları

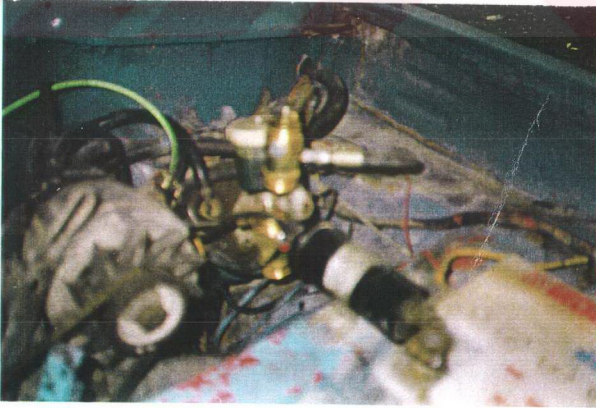
Sıra No	Fren Basıncı (bar)	Durma Süresi ABS'li (s)	Durma Süresi ABS'siz (s)	Yavaşlama İvmesi ABS'li (m/s^2)	Durma Mesafesi ABS'li (m)	Durma Mesafesi ABS'siz (m)	Yavaşlama ivmesi ABS'siz (m/s^2)
1	35	1,96	1,08	7,08	4,97	3,65	12,85

Çizelge 5. 50 km hızda ıslak zeminde panik frenleme sonuçları

Sıra No	Fren Basıncı (bar)	Durma Süresi ABS'li (s)	Durma Süresi ABS'siz (s)	Yavaşlama İvmesi ABS'li (m/s^2)	Durma Mesafesi ABS'li (m)	Durma Mesafesi ABS'siz (m)	Yavaşlama ivmesi ABS'siz (m/s^2)
1	15	7,95	7,07	1,75	70,10	37,42	1,97
2	20	5,15	4,94	2,70	60,70	26,20	2,81
3	35	2,07	3,46	6,70	4,44	9,87	4,01

EK-2

Basınç reügülasyonlu sistemin deney taşıtına bağlantısının gösterilmesi.



ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında Tokat'ta doğmuşum. İlk ve orta öğrenimimi Tokat'ta tamamladım.1986 yılında Gazi Üniversitesi Tek. Eğt. Fak. Makine Eğt. Böl. Otomotiv Ana Bilim Dalı'ndan mezun oldum.1986-1993 yılları arasında sırasıyla Kayseri Çıraklık Eğitim Merkezi ve Merkez End.Mes. Lis.'inde teknik öğretmen olarak görev yaptım. 1993 Ekim ayından itibaren Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Zile MYO' da öğretim görevlisi olarak çalışmaktayım. Evli ve dört çocuk babasıyım.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ