

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

757669

151669

TRAFİK KAZALARININ ANALİZİ

Makine Müh. Tarık RECEP

FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları Programında
Hazırlanan

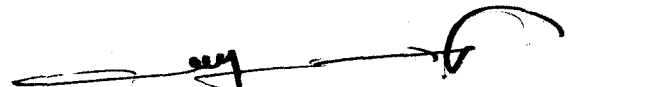
YÜKSEK LİSANS TEZİ



Tez Danışmanı : Prof. İrfan Yavaşlıol



Prof. Dr. Oğhan Deniz



Prof. Dr. Aydın ERKEL

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ÖNSÖZ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1 GİRİŞ.....	1
2 TRAFİK KAZALARI.....	2
2.1 Türkiye ve Dünya'da Motorlu Karayolu Taşıtları ve Trafik Kazalarının Durumu	2
2.2 Kaza Sonuçları.....	9
2.2.1 Ölüm ve Yaralanma ile Sonuçlanan Kazalar	9
2.2.2 Maddi Hasarlar	10
2.2.3 Ulusal Kayıp.....	10
3 TRAFİK KAZALARININ SEBEPLERİ.....	11
3.1 İnsan Faktörü.....	11
3.1.1 İnsanın Normal Fiziksel Özellikleri.....	13
3.1.1.1 Görme Özelliği	13
3.1.1.2 Duyma Özelliği	13
3.1.1.3 Reaksiyon ve Hareket Edebilme Özelliği	13
3.1.2 Geçici Fiziksel Özellikler.....	13
3.1.2.1 Uykusuzluk ve Yorgunluk	13
3.1.2.1.1 Sürücü Yorgunluğu ve Uykusuzluğun Trafik Güvenliğine Etkisi	13
3.1.2.1.2 Direksiyon Başında Yorgunluk ve Uyku Belirtileri	14
3.1.2.1.3 Sürücü Yorgunluğuna Sebep Olan Faktörler	14
3.1.2.1.4 Uykusuzluğun Sürüş Performansı Üzerindeki Etkileri.....	15
3.1.2.1.5 Yorgunluk ve Uykusuzluğa Bağlı Kazalar En Çok Kimleri Tehdit Etmektedir ?	16
3.1.2.1.6 Alınacak Önlemler ve Öneriler	16
3.1.2.2 Alkollü Olma Hali	16
3.1.2.2.1 Alkolün Sürücülük Becerileri Üzerindeki Etkisi.....	16
3.1.2.2.2 Ülkemizde Yasal Alkol Sınırı	17
3.1.2.2.3 İçkilerdeki Alkol Oranı	18
3.1.2.2.4 Alkolün Vücuttan Atılması	19
3.1.2.2.5 Alkol Denetimleri	20
3.2 Yol ve Doğa Koşulları Faktörü	20
3.2.1 Yol Faktörü	20
3.2.1.1 Projelendirme ve Yapım Hatalarından Ortaya Çıkan Faktörler	21
3.2.1.2 İşletme ve Bakım Eksikliğinden Doğan Faktörler	21
3.2.2 Doğa Koşulları.....	22
3.2.2.1 Karlı ve Buzlu Yol.....	22
3.2.2.2 Islak Yol.....	22
3.2.2.3 Rüzgar	22
3.2.2.4 Sis, Duman ve Toz.....	22

3.2.2.5	Doğal Olaylar	22
3.2.2.6	Aydınlık Durumu	22
3.3	Taşıt Faktörü	23
3.3.1	Aktif Güvenlik	23
3.3.1.1	Algılama Güvenliği (Görmek ve Görülmek)	24
3.3.1.2	Sürücü Konumu (Kondisyon Güvenliği)	24
3.3.1.3	Kumanda ve Kontrol Güvenliği	26
3.3.1.4	Seyir Güvenliği	27
3.3.1.4.1	Frenler ve Fren Sistemleri	27
3.3.1.4.1.1	Esas (Ana) Fren Sistemleri	27
3.3.1.4.1.1.1	Servis Freni	27
3.3.1.4.1.1.2	Yardımcı Fren (İmdat Freni)	28
3.3.1.4.1.1.3	Park Freni (Tespit Freni)	28
3.3.1.4.1.2	Yardımcı Fren Sistemleri	28
3.3.1.4.1.2.1	Sürtünmeli Fren Sistemleri	28
3.3.1.4.1.2.2	Diskli Fren Sistemi	28
3.3.1.4.1.2.3	Kampanalı Fren Sistemi	30
3.3.1.4.1.2.4	Diskli Fren Sistemleri ile Kampanalı Fren Sistemlerinin Karşılaştırılması	31
3.3.1.4.1.3	ABS (Anti Blokaj) Fren Sistemi	31
3.3.1.4.1.3.1	ABS Sisteminin Gelişimi	32
3.3.1.4.1.3.2	ABS Sisteminin Özellikleri	32
3.3.1.4.1.3.3	ABS Sisteminin Temel Bileşenleri	35
3.3.1.4.1.3.3.1	Tekerlek Hız Sensörleri	35
3.3.1.4.1.3.3.2	Elektronik Kontrol Ünitesi	36
3.3.1.4.1.3.3.3	Hidrolik Modülatör	37
3.3.1.4.1.3.3.4	ABS Sisteminden Beklenenler	38
3.3.1.4.1.3.3.5	ABS Freni Takılı Taşıtta Etkili Kullanım İçin Yapmamız ve Yapmamamız Gerekenler	38
3.3.1.4.1.4	Anti Patinaj Sistemi (TCS)	39
3.3.1.4.1.4.1	Giriş	39
3.3.1.4.1.4.2	TCS Sisteminin Temel Bileşenleri	40
3.3.1.4.1.4.2.1	Tekerlek Hız Sensörleri	40
3.3.1.4.1.4.2.2	Elektronik kontrol Ünitesi (EKÜ)	40
3.3.1.4.1.4.2.3	Hidrolik Modülatör	41
3.3.1.4.1.4.2.4	Tekerlek Frenleri	41
3.3.1.4.1.4.3	TCS Sisteminin Çalışma Prensibi	41
3.3.1.4.1.4.4	TCS Sisteminden Beklenenler	42
3.3.1.4.1.5	Elektronik Stabilite Programı (ESP)	43
3.3.1.4.1.5.1	ESP Sisteminin Çalışma Prensibi	43
3.3.2	Pasif Güvenlik	45
3.3.2.1	Dış Pasif Güvenlik	46
3.3.2.1.1	Taşıt Gövdesi (Karoseri)	47
3.3.2.1.1.1	Karoserinin Tarihsele Gelişimi	47
3.3.2.1.1.2	Karoserlerin Sınıflandırılması	47
3.3.2.1.1.2.1	Hacimsel Olarak Sınıflandırma	47
3.3.2.1.1.2.2	Yapısal Olarak Sınıflandırma	48
3.3.2.1.1.2.2.1	Şasi Üzerine Karoserinin (Body On Frame) Eklenmesiyle Oluşan Gövde Yapısı	48
3.3.2.1.1.2.2.2	Yekpare Gövde (Unibody)	49
3.3.2.1.1.3	Gövde (Karoseri) Malzemeleri	51

3.3.2.1.1.4	Taşıt Gövde (Karoseri) Dizaynı	53
3.3.2.1.1.4.1	Önden Darbelerde Gövde Dizaynının Güvenliğe Etkisi	54
3.3.2.1.1.4.2	Yandan Darbelerde Gövde Dizaynının Güvenliğe Etkisi	56
3.3.2.1.1.4.3	Arkadan Darbelerde Gövde Dizaynının Güvenliğe Etkisi	57
3.3.2.1.1.4.4	Dış Gövde Kaplamasının Güvenliğe Etkisi	58
3.3.2.1.1.5	Taşıt Gövdesinin (Karoserinin)Deformasyon Özellikleri	58
3.3.2.1.1.5.1	Önden Darbelerde Deformasyon Özelliği	58
3.3.2.1.1.5.2	Yandan Darbelerde Deformasyon Özelliği	59
3.3.2.1.1.5.3	Arkadan Darbelerde Deformasyon Özelliği	59
3.3.2.1.1.5.4	Devrilme Esnasındaki Deformasyon Özelliği	59
3.3.2.1.1.6	Gövde (Karoseri)Yapısını Tamamlayıcı Elemanlar	60
3.3.2.1.2	Ticari Taşıtlarda Dış Pasif Güvenlik	62
3.3.2.1.2.1	Altına Alma Koruma Düzenekleri	62
3.3.2.1.2.1.1	Ön Altına Alma Koruma Düzenegi	63
3.3.2.1.2.1.2	Arka Altına Alma Koruma Düzenegi	63
3.3.2.1.2.1.3	Yanal Altına Alma Koruma Düzenegi	63
3.3.2.2	İç Pasif Güvenlik	64
3.3.2.2.1	Emniyet Kemerleri	64
3.3.2.2.1.1	Emniyet Kemerlerinin Yan Etkileri	69
3.3.2.2.2	Çocuk Koruma Koltukları	70
3.3.2.2.2.1	Çocuk Koltuğu Çeşitleri	71
3.3.2.2.3	Hava Yastıkları	72
3.3.2.2.3.1	Hava Yastığı Teknolojisinin Eksiklikleri ve Dezavantajları	77
3.3.2.2.3.2	Hava Yastığı ile Emniyet Kemerinin Birarada Bulunmasının Gerekliği ..	78
3.3.2.2.3.3	Gelecekteki Hava Yastığı Teknolojisi	79
3.3.2.2.3.4	Yandan Gelen Darbelere Karşı Kullanılan Hava Yastığı Teknolojisi	80
3.3.2.2.4	Koltuk Kafalıkları	83
3.3.2.2.5	Arka Koltuk Dayanakları	84
3.3.2.2.6	Direksiyon Sistemi	85
4	GÜVENLİK SİSTEMLERİNDEKİ ELEKTRONİK GELİŞMLER	87
4.1	Hava Yastığı Teknolojisindeki Elektronik Gelişmeler	87
4.2	Kaza Önleme Sistemleri	88
4.3	Şasi Sistemindeki Elektronik Gelişmeler	89
4.3.1	Elektrikli Frenleme Sistemi	89
4.3.2	Elektronik Kontrollü Direksiyon Sistemi	90
4.3.2.1	Elektrikli Direksiyon Sistemi	90
4.4	Gövde Sistemindeki Elektronik Gelişmeler	90
4.4.1	Taşıt Konforunda Sağlanan Gelişmeler	91
4.4.2	Gösterge Panelindeki Teknolojik Gelişmeler	91
4.4.3	Taşıt Bilgi ve Seyir Sistemleri	92
5	ÇARPIŞMA TESTLERİ	93
5.1	Ön Darbe Testleri	94
5.2	Yan Kapı Mukavemet Testi	97
5.3	Arkadan Çarpma Testi	99
5.4	Tavan Mukavemet Testi	100

6	TRAFİK KAZALARININ ANALİZİ	104
6.1	Trafik Kaza Analizlerinin Amacı	104
6.2	Trafik Kaza Analizlerinin Yapılmasında Karşılaşılan Güçlükler	105
6.3	Trafik Kaza Analizlerinde Uygulanan Sistematik Prosedürler	106
6.4	Trafik Kazalarının Analiz Edilmesi	107
6.5	Analizin Yapılabilmesi İçin Olay Yerinden Gerekli Bilgilerin Toplanması	108
6.5.1	Kazaya Karışan Taşıtların İncelenmesi	109
6.5.1.1	Taşıtlarda Meydana Gelen Hasarın Belirlenmesi	110
6.5.2	Yol Üzerindeki İzlerin Tespiti	111
6.5.2.1	Kayma İzleri	112
6.5.3	Kaza Alanının Ölçülmesi ve Ölçekli Kroki Hazırlanması	113
6.5.3.1	Kaza Alanının Ölçülmesi	113
6.5.3.2	Ölçekli Kaza Krokisi Hazırlanması	114
6.5.4	Kaza Alanının Fotoğraflarının Çekilmesi	115
7	TRAFİK KAZA ANALİZLERİNDE KUVVET BAĞLANTI FAKTÖRÜ VE SÜRTÜNME KATSAYISININ İNCELENMESİ	117
7.1	Giriş	117
7.2	Sürtünme Kuvveti ve Sürtünme Katsayısının Tanımı	117
7.2.1	Taşıt Ağırlığının Sürtünme Kuvvetine Etkisi	118
7.2.2	Dinamik ve Statik Sürtünme	119
7.2.3	Kayma Yüzeyinin Sürtünme Kuvvetine Etkisi	119
7.2.4	Hızın Sürtünme Kuvvetine Etkisi	120
7.2.5	Sıcaklığın Sürtünme Kuvvetine Etkisi	120
7.3	Kuvvet Bağlantı Faktörünün Tanımı	120
7.3.1	Taşıt Tipleri ile Kuvvet Bağlantı Faktörü Arasındaki İlişki	121
7.3.2	Yerçekimi ile Kuvvet Bağlantı Faktörü Arasındaki İlişki	121
7.3.3	Gerçek Bir Kaza Esnasında Oluşan Kuvvet Bağlantı Katsayısının Belirlenmesi	122
7.4	Sürtünme Dairesi	122
7.5	Taşıt Kaydırma Testleri	124
7.5.1	Herhangi Bir Özel Ekipman Kullanmadan Yapılan Taşıt Kaydırma Testi	124
7.5.2	Yol İşaretleyici ve Radar Kullanılarak Yapılan Taşıt Kaydırma Testi	125
7.5.3	Akselerometre Kullanılarak Yapılan Taşıt Kaydırma Testi	126
7.5.4	Test Lastiğinin Kaydırılması	126
8	TRAFİK KAZALARINDAKİ TAŞIT DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ	128
8.1	Giriş	128
8.2	Çarpışma Esnasındaki Taşıt Hareketleri	130
8.2.1	Hareket Halindeki Bir Taşıtın Sabit Bir Taşıta Çarpması	134
8.2.2	Hareket Halindeki Bir Taşıtın Duran Bir Taşıta Çarpması	135
8.2.3	Hareket Halindeki İki Taşıtın Çarpışması	137
8.3	Taşıtlarda Oluşan Hasar	139
8.3.1	Hasar ve Hareket Arasındaki İlişki	139
8.3.2	Hasar ve Hız Arasındaki İlişki	140
8.3.3	Hasar ve İtme Kuvveti Arasındaki İlişki	140

8.3.4	Temas Hasarı Bölgeleri.....	140
8.4	Çarpışma Analizi	141
8.5	Sistematik Prosedür	143
9	TRAFİK KAZALARINDA SÜRÜŞ KONTROLÜNÜN İNCELENMESİ.....	145
9.1	Giriş	145
9.2	Lastiklere Etki Eden Kuvvetler	145
9.2.1	Merkezkaç Kuvveti.....	145
9.2.2	Kayma Açısı	151
9.3	Taşıta Etki Eden Kuvvetler	153
9.3.1	Ön Takımlar Geometrisi	158
9.3.1.1	Kamber Açısı.....	158
9.3.1.2	Ön Dingil Pimi (Kingpin) Açısı	159
9.3.1.3	Kaster Açısı	159
9.3.1.4	Toe-In Boyu	160
9.3.1.5	Toe-Out Açısı	161
9.3.2	Ön ve Arka Lastiklerdeki Kenar Kuvvetleri	162
9.3.3	Viraj Karakteristiklerinin Değiştirilmesi	164
9.3.4	Sağ ve Sol Lastiklere Etki Eden Merkezkaç Kuvveti.....	166
9.4	Taşıt Hızının Belirlenmesi İçin Gerekli Denklemler.....	169
9.4.1	Yanal Kayma Açısı Gözönünde Bulundurularak Taşıt Hızının Belirlenmesi	169
9.4.2	Yanal Kayma Açısı ve Frenleme Gözönünde Bulundurularak Hız Hesaplanması.....	172
	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	177
	KAYNAKLAR	179
	ÖZGEÇMİŞ	181

SİMGE LİSTESİ

α	Kayma açısı
α_{lf}	Sol ön tekerlek kayma açısı
α_{lr}	Sol arka tekerlek kayma açısı
α_{rf}	Sağ ön tekerlek kayma açısı
α_{rr}	Sağ arka tekerlek kayma açısı
δ_l	Sol tekerlek dönüş açısı
δ_r	Sağ tekerlek dönüş açısı
θ	Kuvvet vektörü ve hareket yönü arasındaki açı
β	Yanal kayma açısı
μ	Sürtünme katsayısı
γ	z eksenine bağlı olarak, lastiğin merkez düzleminin eğimi
ϵ	Geri sıçrama katsayısı
ΣF_y	y eksenindeki kuvvetlerin toplamı
ΣF_z	z eksenindeki kuvvetlerin toplamı
ΣM_{cm}	Kütle merkezine göre momentlerin toplamı
a	İvmelenme
a_x	Boylamsal ivmelenme
a_y	Yanal ivmelenme
C_α	Viraj sertliği
$C_{\alpha f}$	Ön lastik viraj sertliği
$C_{\alpha r}$	Arka lastik viraj sertliği
f	Kuvvet bağlantı faktörü
f_x	Boylamsal kuvvet bağlantı faktörü
f_y	Yanal kuvvet bağlantı faktörü
F	Yatay kuvvet
F_x	Maksimum frenleme kuvveti
F_{xb}	Frenleme kuvveti
F_{xd}	Sürüş kuvveti
F_{xs}	F_x 'in merkezkaç kuvvetle aynı yönde etkiyen bileşeni
F_{xsy}	F_{xs} 'in yatay yönde etkiyen bileşeni
F_{xsz}	F_{xs} 'in düşey yönde etkiyen bileşeni
F_{cc}	Merkezkaç kuvvetin kütle merkezindeki etki hattı
F_{cent}	Merkezkaç kuvvet / Merkezcil kuvvet
F_{clf}	Sol ön tekerlekteki merkezkaç kuvvet ve viraj kuvvetinin etkime hattı
F_{clr}	Sol arka tekerlekteki merkezkaç kuvvet ve viraj kuvvetinin etkime hattı
F_{crf}	Sağ ön tekerlekteki merkezkaç kuvvet ve viraj kuvvetinin etkime hattı
F_{crr}	Sağ arka tekerlekteki merkezkaç kuvvet ve viraj kuvvetinin etkime hattı
F_{Flf}	Sol ön lastiğe etki eden sürtünme kuvveti
F_{Flr}	Sol arka lastiğe etki eden sürtünme kuvveti
F_{Frf}	Sağ ön lastiğe etki eden sürtünme kuvveti
F_{Frr}	Sağ arka lastiğe etki eden sürtünme kuvveti
F_{yf}	Ön aksta, lastiklerdeki sürtünme nedeniyle oluşan viraj kuvveti
F_{yr}	Arka aksta, lastiklerdeki sürtünme nedeniyle oluşan viraj kuvveti
F_{ys}	Maksimum viraj kuvvetinin, merkezkaç kuvveti dengeleyen bileşeni
F_{ysy}	F_{ys} 'in yatay bileşeni
F_{ysz}	F_{ys} 'in düşey bileşeni
G	Yerçekimi ivmesi
G	Eğim (%)

h	Düsey mesafe
$k.m$	Kütle merkezi
l	Dingil mesafesi
l_f	Kütle merkezinin ön akstan uzaklığı
l_r	Kütle merkezinin arka akstan uzaklığı
l_y	Kütle merkezinin taşıtın kenerlarından olan uzaklığı
l_z	Kütle merkezinin yerden yüksekliği
m	Kütle
M_x	x eksenine göre moment
M_y	y eksenine göre moment
M_z	z eksenine göre moment
P	Moment
P_1	Teorik dönüş merkezi
P_2	Olası dönüş merkezi
r	Yarıçap
S_x	Lastiğin boylamsal olarak kayması
w	Ağırlık
w_f	Ön akstaki ağırlık
w_{fi}	Ön iç tekerlek üzerindeki ağırlık
w_{fo}	Ön dış tekerlek üzerindeki ağırlık
w_r	Arka akstaki ağırlık
w_{ri}	Arka iç tekerlek üzerindeki ağırlık
w_{ro}	Arka dış tekerlek üzerindeki ağırlık
w_{sx}	Boylamsal hızlanma esnasında ön ve arka akslar arasında dağılan ağırlık
w_{xf}	Boylamsal hızlanma esnasında ön lastiklerden her birine etki eden ağırlık
w_{xr}	Boylamsal hızlanma esnasında arka lastiklerden her birine etki eden ağırlık
z	Kütle merkezinin yerden yüksekliğinin (l_z), dingil mesafesine oranı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	Elektromekanik koltuk kontrol ayarı.....	26
Şekil 3.2	Disk fren ve elemanları	29
Şekil 3.3	Çeşitli disk fren tipleri.....	30
Şekil 3.4	Kampanalı frenlerin yapısı	30
Şekil 3.5	ABS kontrol çevrimi ve sistemin genel şeması	33
Şekil 3.6 a	Tekerlek hız sensörlerinin yapısı	35
Şekil 3.6 b	Tekerlek hız sensörleri kutup iğnesi yerleşim şekilleri	36
Şekil 3.7	Elektronik kontrol ünitesi	37
Şekil 3.8	Hidrolik modülatör.....	37
Şekil 3.9	Anti-patinaj sistemi	41
Şekil 3.10	TCS sistemlerinde elektronik kısma valfi kontrolü	42
Şekil 3.11	ESP kontrol sistemi	43
Şekil 3.12	ESP sisteminin çalışma prensibi	44
Şekil 3.13	Karoserilerin hacimsel olarak sınıflandırılması	48
Şekil 3.14	Taşıyıcı yapı (şasi) üzerine monte edilen karoseri.....	49
Şekil 3.15	Tek gövdeli taşıtın genel görünümü	50
Şekil 3.16	Sonlu elemanlar yöntemiyle taşıtların deformasyon analizi.....	54
Şekil 3.17	Bir kaza esnasında motor bloğunun aşağıya doğru eğilmesi	54
Şekil 3.18	Emniyet çatalı şasi.....	55
Şekil 3.19	Körüklü şasi	56
Şekil 3.20	Yandan çarpışmalar için otomobillerde alınan tedbirler	59
Şekil 3.21 a	Farklı araç tiplerinde kullanılan dört farklı tampon tipi	62
Şekil 3.21 b	Yaygın iki tip tampon sönümleyicisi.....	62
Şekil 3.22	Devre anahtarlı ön gerdirme sistemi	67
Şekil 3.23	İki noktalı pasif emniyet kemeri	68
Şekil 3.24	Kapıya monte edilmiş 2 noktalı pasif emniyet kemeri.....	68
Şekil 3.25	Kapıya monte edilmiş 3 noktalı pasif emniyet kemeri.....	69
Şekil 3.26	Çocuk koltuğunun görünümü	71
Şekil 3.27	Direksiyon simidine yerleştirilen ön hava yastığının test edilmesi.....	72
Şekil 3.28	Honda SRS sensörleri.....	73
Şekil 3.29	Elektromekanik sensör	74
Şekil 3.29 a, b	Elektronik ve elektromekanik sensörlü hava yastığı sisteminin parçaları.....	74
Şekil 3.30	Kesiti alınmış bir hava yastığı içerisindeki elemanlar.....	76
Şekil 3.31	Ön hava yastığının şişerek açılması	77
Şekil 3.32	Emniyet kemeri gerdirme sistemleri ve ön hava yastıklarının birarada bulunduğu yolcu geri tutma sistemleri.....	79
Şekil 3.33	Yan hava yastığı.....	80
Şekil 3.34	Yan hava yastığının sürücü koltuğu içerisindeki yerleşimi	81
Şekil 3.35	Yan hava yastığı modülü	81
Şekil 3.36	Piroteknik tip sensör ünitesi.....	82
Şekil 3.37	Yan hava yastığının (SIPSABAG) patlayarak açılması	83
Şekil 3.38	Koltuk kafalığının doğru ve yanlış pozisyonları.....	84
Şekil 3.39	Saab aktif koltuk kafalığı.....	84
Şekil 3.40 a	Dişli çubuk mekanizması.....	85
Şekil 3.40 b	Ortadan tahrikli ve darbe sönümleyicili dişli çubuk mekanizması	85
Şekil 3.41	Kaçık eksenli direksiyon sistemi.....	84
Şekil 4.1	Yapısında çarpışmaları önleyici bir kamera ve lazer-radar içeren; GPS navigasyon, otomatik yol rehberi ve trafik bilgi sistemine sahip olan, "Prometheus" projesiyle üretilmiş Citroen markalı bir otomobil	88

Şekil 4.2	Elektrikli direksiyon sistemi bileşenleri	90
Şekil 5.1	Çarpışma tipleri ve yüzdesel olarak dağılımları	93
Şekil 5.2	Kaza simülasyonu test düzeneği	94
Şekil 5.3	Taşıtın sabit bir bariyere önden çarpması	94
Şekil 5.4	Önden çarpışmalarda direksiyonun mankene etkisinin belirlenmesi çin yapılan test	95
Şekil 5.5	Yan kapı mukavemet testi	97
Şekil 5.6	Taşıtların yan kenarlarının bir sütuna çarptırılması testi	99
Şekil 5.7	Test taşıtının, sürücü koltuğunun olduğu taraftan bir sütuna çarptırılması testi sonucunda taşıtta meydana gelen deformasyonlar	99
Şekil 5.8	Arkadan çarpma testi	100
Şekil 5.9	Tavan mukavemet testi	101
Şekil 5.10	Taşıt devrilme testi	101
Şekil 5.11	Ön yüzey darbe testi	102
Şekil 6.1	Dönen bir lastiğin yol üzerinde oluşturduğu izler	111
Şekil 6.2	Ön lastiklerin kayma izlerinin gösterilmesi	113
Şekil 6.3	X noktasında somut olmayan bir referans noktası oluşturmak için kullanılan bordür taşı uzantıları, a ve b	114
Şekil 6.4	Ölçekli diyagram oluştururken nesnelerin konumlarını belirleyebilmek amacıyla olay yerinden üçgenleme metoduyla alınan ölçümler	115
Şekil 6.5	Fotoğraf makinesi konumları	116
Şekil 7.1	Tekerleklerdeki kayma oranına bağlı kuvvet/ağırlık oranının değişimi	119
Şekil 7.2	Otomobillerde hız-sürtünme katsayısı arasındaki ilişki	120
Şekil 7.3	Kilitlenmiş tekerleklerin kayması sonucunda elde edilen izler	123
Şekil 7.4	Taşıt lastiklerinin yol üzerinde (A) bıraktığı izler	123
Şekil 7.5	Sürtünme dairesinde tekerlekler üzerine etki eden kuvvetlerin gösterimi	124
Şekil 7.6	Yol işaretleyicinin taşıt üzerinde takıldığı bölgenin gösterilmesi	125
Şekil 7.7	Akselerometrenin taşıt içerisindeki yerleşiminin gösterilmesi	126
Şekil 7.8	Komple bir tekerleğin çekilmesiyle gerçekleştirilen kaydırma testi	127
Şekil 7.9	Kesilip içerisine beton doldurulmuş lastikle yapılan kaydırma testi	127
Şekil 8.1	Sabit bir nesneye kütle merkezi doğrultusunda çarpan bir taşıtta meydana gelen olaylar	130
Şekil 8.2	Taşıt üzerine etki eden merkezci kuvvetlerin gösterimi	131
Şekil 8.3	Taşıta etki eden eksantrik kuvvetlerin gösterilmesi	132
Şekil 8.4	Duran bir taşıta etki eden merkezci kuvvetin gösterimi	132
Şekil 8.5	Duran bir taşıta hareketli bir taşıtın çarpması hali	133
Şekil 8.6	Yana doğru savrulan bir taşıtın sabit bir nesneye çarpması hali	133
Şekil 8.7	Eksantrik bir çarpışma sonucunda yönü değişen taşıtın gösterimi	134
Şekil 8.8	Hareketli taşıtın duran taşıta çarpması hali	135
Şekil 8.9	Hareketli taşıtın duran taşıta çarpması hali	135
Şekil 8.10	Hareketli bir taşıtın durmakta olan diğer bir taşıta belli bir açıyla merkezi bir şekilde çarpması	136
Şekil 8.11	Hareketli taşıtın durmakta olan taşıta eksantrik bir şekilde çarpması	136
Şekil 8.12	Biri yüksek diğeri düşük hızlı iki taşıtın 90°lik bir açıyla uç uca çarpışması	137
Şekil 8.13	Biri yüksek diğeri düşük hızlı iki taşıtın 90°lik bir açıyla uç uca çarpışması	138
Şekil 8.14	Hızları aynı iki taşıtın uç uca eksantrik olarak çarpışması	138
Şekil 8.15	Çarpışan farklı iki taşıtta aynı hasarın meydana gelmesi hali	139
Şekil 8.16	Kuvvet etkisi altındaki bölgelerde meydana gelen hasarın gösterimi	142
Şekil 8.17	Taşıtların önden çarpışmaları esnasındaki maksimum temas konumları	142
Şekil 8.18	Taşıtların önden çarpışmaları esnasındaki ilk temas konumları	142
Şekil 8.19	Taşıtların önden çarpışmaları esnasındaki son temas konumları	143

Şekil 9.1	Taşıtlardaki sabit yönlü sürüş kontrol koordinat sisteminin gösterimi	145
Şekil 9.2	Taşıtların kütle merkezinin taşıt üzerindeki yerinin gösterimi	146
Şekil 9.3	SAE tarafından önerilen standart lastik eksen sistemi	147
Şekil 9.4	Sürtünme dairesinde maksimum sürtünme kuvvetinin gösterimi	148
Şekil 9.5	Frenleme kuvvetinin sürtünme dairesinde gösterimi	148
Şekil 9.6	Sürüş kuvvetinin sürtünme dairesinde gösterimi	149
Şekil 9.7	Merkezkaç kuvvetinin (yanıl kuvvet) sürtünme dairesinde gösterimi	149
Şekil 9.8	Merkezkaç kuvveti ve frenleme kuvvetinin bileşkesinin sürtünme dairesinde gösterimi	150
Şekil 9.9	Merkezkaç kuvveti ve sürüş kuvvetinin bileşkesinin sürtünme dairesinde gösterimi	150
Şekil 9.10	Frenleme kuvveti ve merkezkaç kuvvetinin, tekerlekteki yüzdesel kayma oranına bağılı değışimi	151
Şekil 9.11	Bir lastiğe etki eden kayma ve sürüş açılarının gösterilmesi	152
Şekil 9.12	Kayma açısı ile lastikte meydana gelen yatay kuvvet arasındaki ilişki	153
Şekil 9.13	Kayma meydana gelmediğı durumlarda taşıtların dönme merkezinin bulunması	154
Şekil 9.14	Taşıtlarda doğırlu kontrol düzeneğı ve rotlar arasındaki açı değışiminin gösterimi	155
Şekil 9.15	Taşıtların lastiklerine etki eden kuvvetlerin olası dönüş merkezine olan uzaklığının gösterimi	156
Şekil 9.16	Lastiğe etki eden kuvvetlerin gösterimi	157
Şekil 9.17	Kamber açısının gösterimi	159
Şekil 9.18	Kaster açısının gösterimi	160
Şekil 9.19	Toe-in boyunun gösterimi	161
Şekil 9.20	Dönüş esnasındaki toe-out açısı	162
Şekil 9.21	Taşıtların dönüşü esnasında toe-out açısının sağılanması	162
Şekil 9.22	Sağı doğıru dönen bir taşıta etki eden kuvvetler	163
Şekil 9.23	Düz yolda ilerleyen bir taşıtların, taşıtların ağırlığının tekerleklerle dağılımı	166
Şekil 9.24	Sola doğıru dönüş yapan bir taşıtta oluşan atalet kuvvetlerine bağılı olarak tekerleklerle etki eden kuvvetlerin gösterilmesi	166
Şekil 9.25 a, b	Farklı lastik tiplerine göre taşıtların üzerine etki eden yüke bağılı viraj kuvvetinin değışimini gösteren grafik	167
Şekil 9.26	Taşıtların üzerinde yanıl kayma açısının (β) gösterilmesi	170
Şekil 9.27	Eğımlil bir yolda ilerleyen bir taşıta etki eden kuvvetler	170
Şekil 9.28	β yanıl kayma açısıyla ilerleyen bir taşıta etki eden kuvvetler	171
Şekil 9.29	β yanıl kayma açısıyla ilerleyen bir taşıta etki eden maksimum merkezkaç kuvveti ve merkezkaç kuvveti dengelemek için kullanılan bileşeni	173
Şekil 9.30	β yanıl kayma açısıyla kayan bir taşıta etki eden frenleme kuvveti ve merkezkaç kuvvetle aynı yöndeki bileşeni	173
Şekil 9.31	θ açılı eğımlil bir yolda bulunan taşıta etkiyen kuvvetlerin gösterimi	174

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Ülkemizdeki yolcu ve yük taşımacılığının ulaştırma türleri arasındaki dağılımı	2
Çizelge 2.2	Motorlu kara taşıtlarının yıllara göre sayısal artış oranları	3
Çizelge 2.3	Ülkemizde meydana gelen trafik kazalarına ilişkin değerler	3
Çizelge 2.4	Çeşitli ülkelerdeki otomobil sayılarının ağır vasıta sayılarına oranları	4
Çizelge 2.5	Yolcu taşımacılığında ulaşım türlerini kullanma oranları (yüzdesel olarak)	5
Çizelge 2.6	Ülkemizde son yıllarda meydana gelen trafik kazalarına ilişkin değerler	6
Çizelge 2.7	1980-2000 yılları arasında meydana gelen kazalardaki ölü sayılarının dağılımı	6
Çizelge 2.8	1980-2000 yılları arasında meydana gelen kazalardaki yaralı sayılarının dağılımı	7
Çizelge 2.9	1998, 1999 ve 2000 yıllarında ölü sayılarının aylara göre dağılımı	7
Çizelge 2.10	1998, 1999 ve 2000 yıllarında yaralı sayılarının aylara göre dağılımı	8
Çizelge 2.11	1999 yılında karayolu kullanıcı kategorilerine göre ölüm oranları	8
Çizelge 2.12	Türkiye, İngiltere, Fransa ve Japonya'da (1990-1999) yılları arasındaki nüfus ve trafik	9
Çizelge 3.1	Kaza faktörleri analiz cetveli	11
Çizelge 3.2	Alkol düzeyinin hesaplanması ve alkol-kan oranları	18
Çizelge 3.3	Alkolün vücut ve davranışlar üzerindeki etkisi	18
Çizelge 3.4	İçinde yaklaşık olarak 12 gram alkol bulunan içki miktarlarını gösteren şekil	19
Çizelge 3.5	Trafik kazalarına karışan taşıt cinsleri ve kaza sonuçları	23
Çizelge 3.6	Alternatif plastik malzemeler(çeliklerin yerine kullanılan)	52
Çizelge 5.1	Porsche güvenlik geliştirme departmanının düzenlediği önden çarpışma testleri	96
Çizelge 5.2	Porsche güvenlik geliştirme departmanının düzenlediği yanal çarpışma testleri	98
Çizelge 5.3	Porsche güvenlik geliştirme departmanının düzenlediği arkadan çarpma testleri ve devrilme testi	100

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum tez çalışmam boyunca ilgi, bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren ve bu tezin tamamlanması için gerekli koşulları sunan başta sayın hocam Prof.İrfan Yavaşlıol'a, hayatım boyunca beni her türlü konuda destekleyen ve bu tezin tamamlanabilmesi için maddi manevi her türlü desteği sağlayan aileme ve tüm dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Tezin ilk bölümünde; trafik kazalarının tanımı yapılmış, Türkiye ve Dünyadaki trafik kazalarının durumu incelenmiş, birbiriyle kıyaslanmıştır. Trafik kazalarının sebepleri ayrıntılarıyla incelenmiş, özellikle trafik kazalarında en önemli unsur olan insan faktörü ve çoğu zaman ihmal edilen taşıt faktörü ayrıntılarıyla ele alınmıştır. Aynı zamanda yol ve çevresel faktörlerin, kaza oluşumundaki etkisine de kısaca değinilmiştir. Taşıt güvenliği konusu ele alınmış; taşıtlardaki aktif güvenlik (ABS, TCS, ESP vb.) ve pasif güvenlik (emniyet kemerleri, hava yastıkları vb.) ayrıntılarıyla incelenmiştir. Taşıt güvenlik sistemlerindeki elektronik gelişmelerden bahsedilmiştir. Taşıtların darbe dayanımlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen kaza testlerine de değinilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde; kaza analizinin gerekliliği konusundan ve kaza analizi yöntemlerinden bahsedilmiştir. Kaza alanından, kaza analizinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için gerekli bilgilerin ne şekilde toplanması gerektiği ve bu kanıtların bir bütün halinde nasıl değerlendirileceği anlatılmıştır. Kazanın oluşumu esnasındaki taşıt davranışları ve taşıtlara etkiyen kuvvetler incelenmiş, taşıt stabilitesinin nasıl sağlanabileceği üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Taşıt güvenliği, aktif güvenlik, pasif güvenlik, kazaların sebepleri, kaza analizi, sürüş kontrolü.

ABSTRACT

In the first part of this thesis; description of traffic accidents has done and the situation of traffic accidents in Turkey and the countries all around the World has been examined, a comparison between Turkey and these countries has been made. Reasons of the accidents have been investigated in detail, especially the human being which is the most important factor in traffic accidents and the vehicle factor, the importance of which is usually neglected. Moreover; the role of the highways and the environmental factors on the accidents have been shortly mentioned. Vehicle safety; active (ABS, TCS, ESP etc.) and passive safety (seat-belts, airbags etc.) have been examined in detail. Electronic developments on vehicle safety systems and some tests which have been made to determine the impact (crash) resistance of the vehicles.

In the second part of this thesis; necessity of the traffic accident reconstruction and the methods for accident reconstruction have been mentioned. Also in this part; method of gathering clues and evaluating them in relation with each other for an accurate accident reconstruction have been explained. At the instant of crash; vehicle behaviors and the forces acting on them have been investigated and how to get the vehicle stability has been explained.

Keywords: Vehicle safety, active safety, passive safety, accident causes, accident reconstruction, driving control.



1. GİRİŞ

Karayolu taşımacılığında büyük bir öneme sahip olan taşıtların icadından bu yana, gün geçtikçe trafik kazaları sonucunda meydana gelen ölümler, yaralanmalar ve kalıcı sakatlıkların artması, kazaların yaşandığı ülkelerde hem maddi hem de manevi zararlara yol açmaktadır. Bu durum o ülkelerin ekonomilerine, iş gücüne ve ailevi yapısına büyük bir darbe vurmaktadır.

Otoyollarda meydana gelen kazalar hakkında yapılan kapsamlı güvenlik değerlendirmelerinin ve trafikteki insan rolünün tartışılmasıyla birlikte, taşıt güvenliği konusu da ana gündem haline gelmiştir. Otomobil çağının başlangıcında en önemli hedef motorlu taşıtların işletme güvenliğini ve yol standartlarını arttırarak sürücünün gideceği yere makul bir sürede varmasını sağlamaktır. Trafik yoğunluğundaki ve taşıt hızlarındaki artış, otomobil üreticilerini özellikle 1.Dünya Savaşı'ndan sonra araçlardaki sürüş ve frenleme davranışlarını geliştirmeye yöneltmiştir.

Trafik güvenliği konusundaki gelişmelere rağmen, 2.Dünya Savaşı'ndan sonra meydana gelen kaza oranları bütün endüstrileşmiş uluslarda önemli oranlarda artmıştır. Artan kaza oranlarına paralel olarak kaza sebepleri, kaza tipleri ve kaza sonuçlarının analiziyle alakalı sistematik araştırmalar son kırk yıldır yapılmaktadır.

Ülkemizde ulaşım amacıyla daha çok karayolunun tercih edilmesi; taşıt trafiğinin ve dolayısıyla da trafik kazalarının artışına neden olmuştur. Trafik kazalarının meydana gelmesinde etkili başlıca faktörler; insan, taşıt, yol ve çevre faktörleridir. T.C İçişleri Bakanlığı, Emniyet Genel Müdürlüğünce her yıl yayınlanan Trafik İstatistik Yıllığı'na göre ülkemizde; kazaların meydana gelmesinde insan faktörünün %98, taşıt faktörünün %1.65 ve yol ve çevre faktörünün %0.35 oranında etkili olduğu söylenmektedir. Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da yayınlanan istatistik verilerine göre ise insan faktörünün %70-90, yol ve çevre faktörünün % 20-30, taşıt faktörünün ise % 10-12 oranında etkili olduğu görülmektedir.

Ülkemizde taşıt, yol ve çevre faktörünün trafik kazlarındaki etkisinin bu kadar düşük gösterilmesi kaza analizlerine gerekli önemin verilmemesi ve konu ile ilgili ayrıntılı çalışmalar yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Hazırlanan bu tezin amaçlarından biri de kaza analizlerine bir açıklık getirilmesi, bu sayede insanların bir nebze de olsa trafik kazalarının öneminin farkına varması ve bundan sonra trafik kazalarının analizi konusunda yapılacak çalışmalara bir zemin hazırlanmasıdır.

2. TRAFİK KAZALARI

Karayolu üzerinde hareket halinde olan bir ya da birden fazla aracın karıştığı, ölüm, yaralanma ve maddi hasarla sonuçlanan olaylara “Trafik Kazaları” denir. Uygarlık ve teknolojinin hızlı gelişimine paralel olarak çağımızda hızlı giden araçlara gerek duyulmuş, buna bağlı olarak da çok hızlı hareket eden motorlu taşıtlar üretilmiştir.

Taşıt sayısındaki artış trafik kazalarındaki artışı da beraberinde getirmiş, sayısı ve sürati artan motorlu taşıtlar yaşantımızın vazgeçilmez bir parçası olurken, trafik kazası sonucu yaralanma, sakatlık, ölüm ve ekonomik kayıplar da artmıştır.

2.1 Türkiye ve Dünyada Motorlu Karayolu Taşıtları ve Trafik Kazalarının Durumu

Bugüne kadar yapılan bütün çalışmalara rağmen, ülkemiz, trafik güvenliği açısından oldukça geri kalmış ülkeler arasındadır. Yol güvenliğinin en önemli ölçütü trafik kazalarıdır ve bu açıdan bakıldığında istenilen seviyelere ulaşamadığımız açıkça görülmektedir. Bunun da en önemli sebebi, karayolu güvenliğinin sağlanması için ulaştırılması istenen hedeflerin tam ve doğru olarak belirlenememesi, konuya çözüm getirmesi gereken kurum ve kuruluş sayısının çok fazla olması ve bunlar arasında bir yetki karmaşasının bulunması, yasal düzenlemelerde ve bunların uygulanmasında karşılaşılan eksikliklerin zamanında giderilmemesi ve her şeyden önce ulaştırma sistemleri arasında dengeli bir paylaşımın bulunmamasıdır.

Ülkemizde gerçekleştirilen yolcu ve yük taşımacılığının çok büyük bir kısmı karayolları ile yapılmaktadır. Diğer ulaştırma türleri ise bu dağılımdan çok az pay almaktadırlar. Çizelge 2.1’de ülkemizdeki yolcu ve yük taşımacılığının ulaştırma türleri arasındaki dağılımı görülmektedir.

Çizelge 2.1 Ülkemizdeki yolcu ve yük taşımacılığının ulaştırma türleri arasındaki dağılımı [2]

ULAŞTIRMA SİSTEMİ	1993				1994				1995			
	ton.km $\times 10^6$	%	yolcu.km $\times 10^6$	%	ton.km $\times 10^6$	%	yolcu.km $\times 10^6$	%	ton.km $\times 10^6$	%	yolcu.km $\times 10^6$	%
KARAYOLU	97,843	91.1	146,029	94.2	95,020	91.2	140,743	94.2	112,515	92.5	155,202	94.8
DEMİRYOLU	8511	7.9	7147	4.6	8338	8.0	6335	4.2	8632	7.1	5797	3.5
DENİZYOLU	981	0.8	53	0.1	587	0.6	47	0.1	276	0.2	61	0.1
HAVAYOLU	152	0.2	1724	1.1	198	0.2	2268	1.5	231	0.2	2666	1.6
TOPLAM	107,107	100	154.95	100	104,143	100	149,393	100	121,654	100	163,726	100

Çizelge 2.2 Motorlu kara taşıtlarının yıllara göre sayısal artış oranları [2]

YILLAR	KAYITLI	DİĞER	TOPLAM	YILLIK ARTIŞ (%)	
	OTOMOBİL	TAŞITLAR		OTOMOBİL	TOPLAM
1989	1.310.257	1.146.431	2.456.688	—	—
1990	1.649.879	1.331.343	2.981.222	14,99	12,09
1991	1.864.344	1.442.980	3.307.324	13	10,94
1992	2.181.388	1.574.749	3.756.137	17,01	13,57
1993	2.619.852	1.760.211	4.380.063	20,1	16,61
1994	2.861.640	1.849.566	4.711.206	9,23	7,56
1995	3.058.511	1.926.820	4.985.331	6,88	5,82

Yolcu ve yük taşımacılığının büyük bir kısmının karayollarında yapılması, motorlu taşıt ve otomobil sayısında da artışlara neden olmaktadır. Bu artış; beraberinde kent yaşamı ve ulaştırma sistemlerinin verimliliğini etkileyen büyük sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunların başında da trafik kazaları gelmektedir. Bu konuda hazırlanan istatistikler incelendiğinde, trafik kazalarının her geçen gün daha çarpıcı boyutlara ulaştığı görülmektedir. 1993 verilerine göre, günde ortalama 572 kaza meydana gelmekte ve bu kazalarda yaklaşık 18 kişi hayatını kaybetmekte, 286 kişi de yaralanmaktadır.

Çizelge 2.3 Ülkemizde meydana gelen trafik kazalarına ilişkin değerler
(Camkesen, 1998)

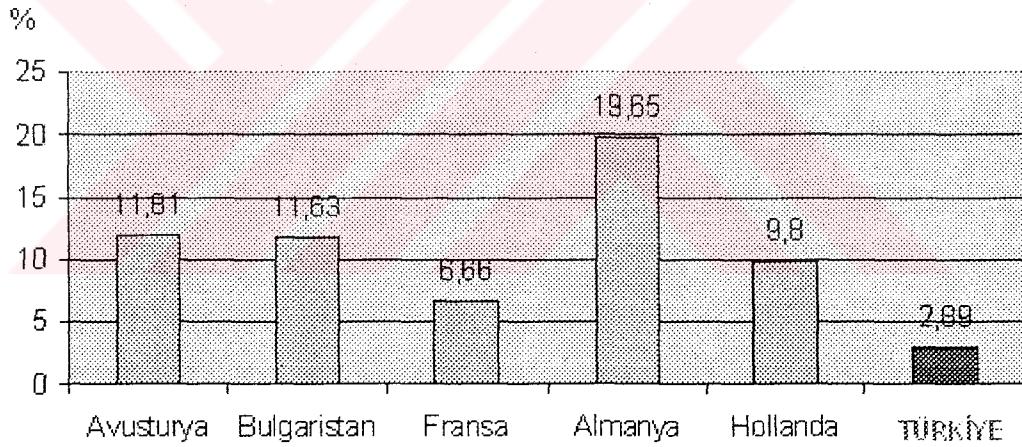
YIL	TOPLAM			BİN NÜFUS BAŞINA			BİN TAŞIT BAŞINA		
	KAZA	ÖLÜ	YARALI	KAZA	ÖLÜ	YARALI	KAZA	ÖLÜ	YARALI
1985	63,473	5477	49,058	1,26	0,11	0,98	41,31	3,56	31,93
1986	92,468	7278	71,445	1,8	0,14	1,39	55,11	4,34	42,58
1987	110,207	7661	80,456	2,1	0,15	1,53	60,81	4,23	44,4
1988	107,651	6848	79,243	2	0,13	1,48	55,11	3,51	40,56
1989	103,758	6352	79,928	1,89	0,12	1,46	49,37	3,02	38,03
1990	115,295	6317	87,668	2,06	0,11	1,56	48,86	2,68	37,15
1991	142,145	6231	90,52	2,48	0,11	1,58	54,23	2,38	34,53
1992	171,741	6214	94,824	2,93	0,11	1,62	57,29	2,07	31,63
1993	208,823	6457	104,33	3,49	0,11	1,74	59,26	1,83	29,61
YIL	tş.km. 10 ⁶			yolcu.km. 10 ⁶			ton.km. 10 ⁶		
	KAZA	ÖLÜ	YARALI	KAZA	ÖLÜ	YARALI	KAZA	ÖLÜ	YARALI
1985	3,4	0,29	2,63	0,69	0,06	0,54	1,39	0,12	1,08
1986	4,44	0,35	3,43	0,95	0,07	0,73	1,91	0,15	1,47
1987	4,79	0,33	3,5	0,98	0,07	0,72	1,87	0,13	1,37
1988	4,38	0,28	3,23	0,87	0,06	0,64	1,72	0,11	1,27
1989	3,9	0,24	3	0,79	0,05	0,61	1,56	0,1	1,2
1990	4,26	0,23	3,24	0,85	0,05	0,65	1,75	0,1	1,33
1991	5,46	0,24	3,47	1,21	0,04	0,67	2,54	0,1	1,4
1992	6,05	0,22	3,34	1,35	0,04	0,67	1,94	0,09	0,97
1993	6,78	0,21	3,39	1,36	0,05	0,7	1,98	0,06	1,12

Çizelge 2.3'den de görüldüğü gibi, trafik kazalarının yıllara göre değişimi oldukça çarpıcıdır. 1985 yılında toplam kaza sayısı 63.473 iken, bu rakam sekiz yıl içinde 3.5 kat artarak 208.823 değerine ulaşmıştır. 1988-1989 yılları arasında hafif bir düşüş gösteren kazalar daha sonraki yıllarda hızla artmıştır.

Ülkemizde karayolu ile yolcu ve yük taşımacılığının ulaştırma türleri içindeki payı % 90'nın üzerindedir. Avrupa ve Amerika'da taşımacılık sektörü bizdeki gibi karayolu taşımacılığı üzerinde yoğunlaşmamış; denizyolu, havayolu ve demiryolu gibi ulaşım türlerine de önem verilmiştir. Örneğin yolcu taşımada karayolunu kullanma oranı; ABD'de % 27,2, Almanya'da % 58.2 olmasına rağmen Türkiye'de % 95'tir.

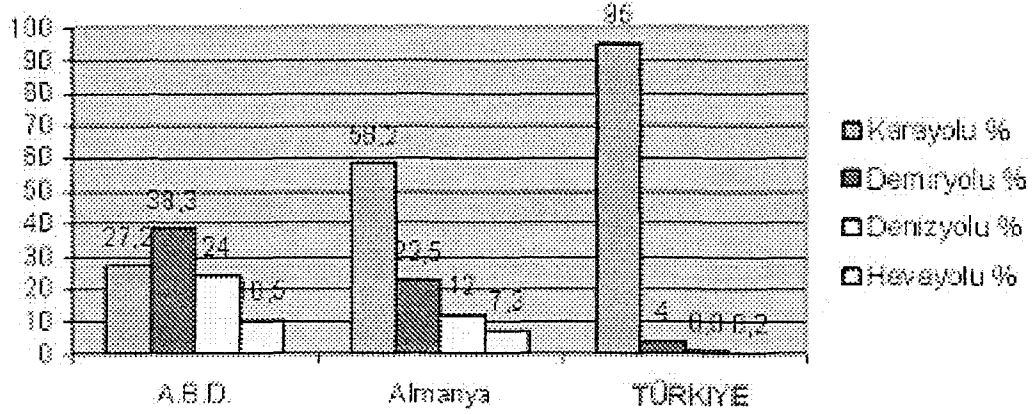
Karayolunun fazla kullanılmasının tabii sonucu olarak toplam taşıt sayısı içindeki ağır vasıtaların oranı da bir hayli yüksektir. Bir ağır vasita başına düşen otomobil sayısı Almanya'da 19,65, Avusturya'da 11,81 ve Bulgaristan'da 11,63 iken Türkiye'de bu oran 2,89'dur.

Çizelge 2.4 Çeşitli ülkelerdeki otomobil sayılarının ağır vasita sayılarına oranları[2]



Karayolu kullanımının yüksek olması ve ağır vasita sayılarının çokluğu genel olarak trafik kazalarının artmasına neden olduğu gibi kazaya karışan ağır vasita sayısını, ağır vasita kazalarındaki ölü ve yaralı sayılarını da arttırmaktadır.

Çizelge 2.5 Yolcu taşımacılığında ulaşım türlerini kullanma oranları (yüzdesel olarak) [2]



Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Eğitim ve Araştırma Daire Başkanlığınca hazırlanan karayolu trafik istatistikleri 2000 yılı ön verilerine göre Türkiye karayollarında 466.375 (maddi hasarlı dahil) trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazalar sonucunda 3.941 kişi yaşamını yitirmiş ve 114.089 kişi yaralanmıştır.

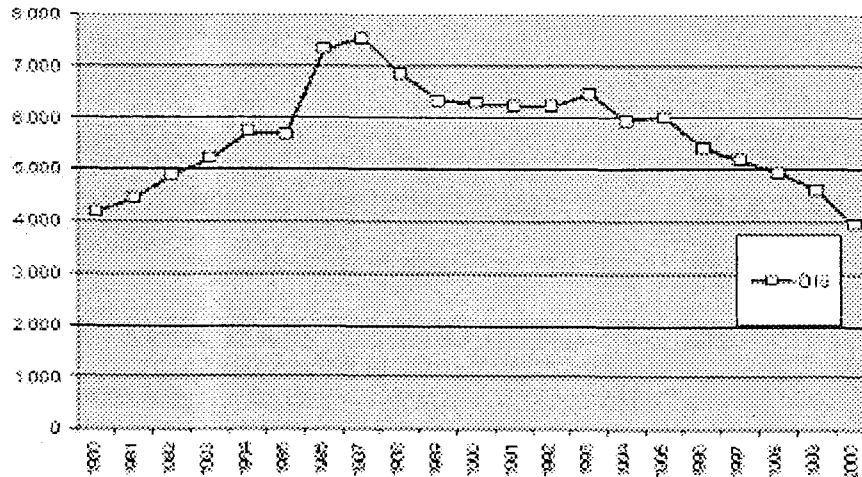
Ülkemizde yapılan bir araştırmada trafik kazalarının neticesinin sadece ölüm ve yaralanmalarla sınırlı kalmadığı, trafik kazası sonucunda mağdur ve yakınları psikolojik rahatsızlıklara (Bunalım, korkular, hazım şikayetleri, öğ alma isteği, hafıza kaybı, uykusuzluk vb.) sahip olmakta, işinde ve eğitiminde başarısız (yaralılarından % 28'inde kaza nedeniyle iş verimliliğinin azaldığı, % 14,4'ünün ise iş değişikliği yaptığı tespit edilmiş) olmakta ve eşiyle-ailesiyle, arkadaşlarıyla, meslektaşlarıyla ilişkilerinin olumsuz yönde etkilendiği tespit edilmiştir. (Yaralıların; % 10,2'sinin arkadaşlarıyla, % 6,8 'inin ailesiyle ilişkileri bozulmaktadır).

Araç sayısı, sürücü sayısı ve nüfustaki artışla doğru orantılı olarak 1980-2000 yılları arasında karayolu trafik kazalarında da sürekli bir artış olmuştur. Ancak, trafik denetimi, mühendisliği, eğitimi ve kaza sonrası ilk yardım ve acil yardım hizmetlerinin geliştirilmesinin yardımıyla ölü sayısında 1987 yılından sonra bir düşüş görülmeye başlamıştır.

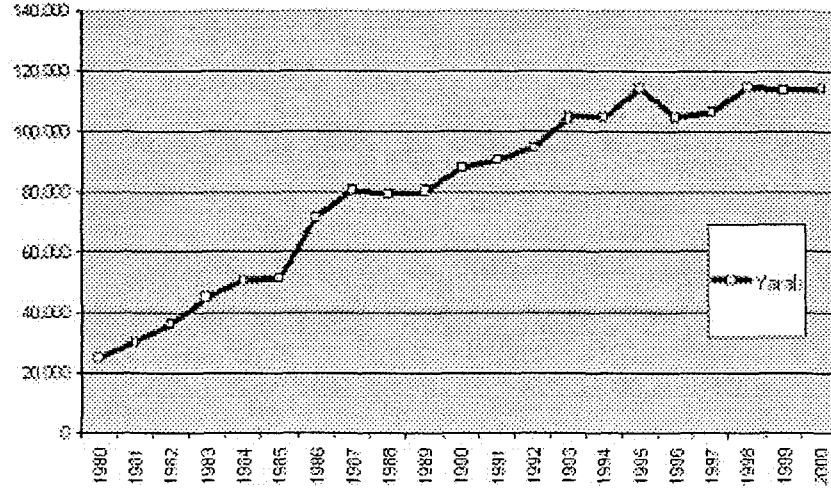
Çizelge 2.6 Ülkemizde son yıllarda meydana gelen trafik kazalarına ilişkin değerler [2]

Yıllar	Araç Sayısı	Sürücü Sayısı	Kaza Sayısı	Ölü	Yaralı
1980	1.684.019	2.619.554	36.914	4.199	24.608
1981	1.785.758	2.764.635	40.953	4.441	29.744
1982	1.887.878	2.897.771	46.249	4.884	35.976
1983	2.018.608	3.031.200	55.208	5.201	44.769
1984	2.186.515	3.198.492	60.840	5.731	50.521
1985	2.375.141	3.474.643	65.831	5.680	51.586
1986	2.653.715	3.835.279	92.625	7.315	71.264
1987	2.987.215	4.502.055	110.207	7.530	80.321
1988	3.313.005	4.919.156	107.651	6.846	79.174
1989	3.655.090	5.519.101	103.758	6.332	80.013
1990	4.091.888	6.235.196	115.295	6.286	87.693
1991	4.487.259	6.778.291	142.145	6.231	90.520
1992	5.055.968	7.465.559	171.741	6.214	94.824
1993	5.799.718	8.162.959	208.823	6.457	104.330
1994	6.228.016	8.794.743	233.803	5.942	104.717
1995	6.635.938	9.388.630	279.663	6.004	114.319
1996	7.109.926	10.242.628	344.641	5.428	104.599
1997	7.539.728	11.297.235	387.533	5.181	106.146
1998	8.359.636	12.277.101	440.149	4.935	114.552
1999	8.837.403	13.151.950	438.338	4.596	109.899

Çizelge 2.7 1980 – 2000 yılları arasında meydana gelen kazalardaki ölü sayılarının dağılımı[2]

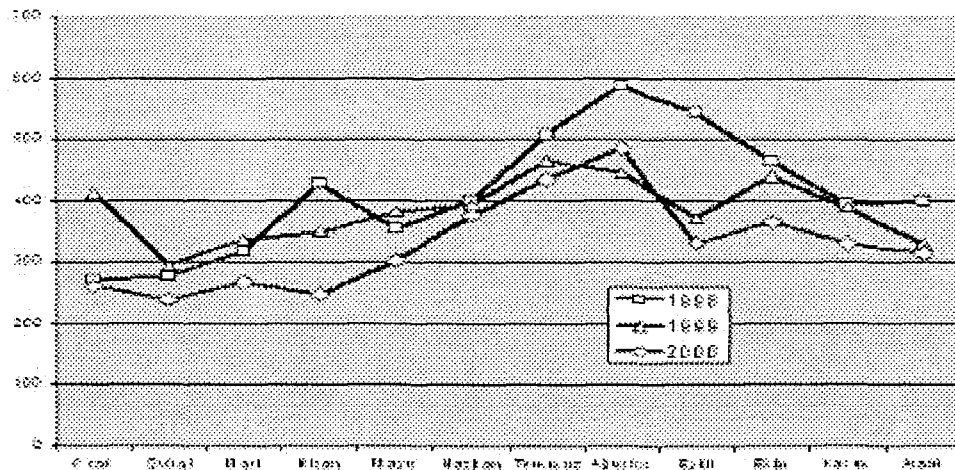


Çizelge 2.8 1980 – 2000 yılları arasında meydana gelen kazalardaki yaralı sayılarının dağılımı[2]

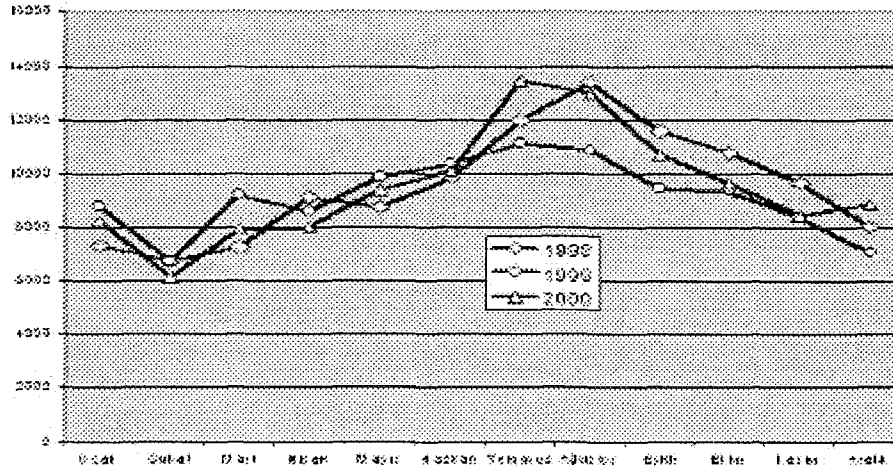


1998, 1999 ve 2000 yıllarındaki kazaların aylara göre dağılımına baktığımız zaman yaz mevsiminde kış mevsimine göre önemli ölçüde bir artış görülmektedir. Havaaların ısınmaya başlamasıyla birlikte tatil beldelerine yönelen insanlar özellikle şehirlerarası yollarda bir trafik yoğunluğu meydana getirmektedir. Bu yoğunluğun neticesinde meydana gelen şehirlerarası kazalarda ölüm ve yaralanma riski de artmaktadır. Yine grafikten anlaşılabacağı üzere uzun süreli tatil dönemlerinde de karayollarında trafik kazaları sonucu meydana gelen ölüm ve yaralanmalarda önemli bir artış görülmektedir.

Çizelge 2.9 1998, 1999 ve 2000 yıllarında ölü sayılarının aylara göre dağılımı [2]

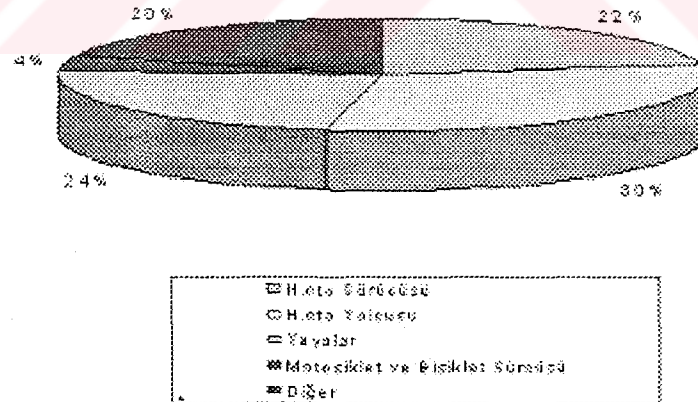


Çizelge 2.10 1998, 1999 ve 2000 yıllarında yaralı sayılarının aylara göre dağılımı [2]



Çizelge 2.11'den de anlaşılacağı üzere karayolu üzerinde ölen yayalar % 24 gibi yüksek bir orana sahiptir. Çıkan bu sonuç karayolu trafik güvenliğinin artırılmasında yayalar için de önemli çalışmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca hususi otomobil sürücülerinin ve yolcularının ölüm oranının yüksek olması da karayolunda kullandığımız hususi otomobillerin daha güvenli bir şekilde üretilmesi gerektiğini ve sürücü eğitiminin kazaların önlenmesinde ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2.11 1999 yılında karayolu kullanıcı kategorilerine göre ölüm oranları [2]



DİĞER: Minibüs, kamyonet, kamyon, çekici, otobüs, traktör, arazi taşıtı, özel amaçlı taşıt, iş makinesi, tır, askeri araç, tanker, tren, jip ve at arabası.

Çizelge 2.12 Türkiye, İngiltere, Fransa ve Japonya'da (1990-1999) yılları arasındaki nüfus ve trafik [2]

		1990	1999	Değişim %
İngiltere	Nüfus*1.000	56.000	57.800	3,21
	Araç sayısı*1.000	24.673	28.368	14,98
	Kaza sayısı	258.000	235.000	-8,91
	Ölü sayısı	5.217	3.423	-34,39
Fransa	Nüfus*1.000	56.304	58.967	4,73
	Araç sayısı*1.000	26.678	33.416	25,26
	Kaza sayısı	162.573	124.524	-23,40
	Ölü sayısı	10.289	8.029	-21,97
Japonya	Nüfus*1.000	123.611	126.486	2,33
	Araç sayısı*1.000	78.113	88.602	13,43
	Kaza sayısı	643.097	850.363	32,23
	Ölü sayısı	11.227	9.006	-19,78
	Sürücü sayısı*1.000	60.909	73.793	21,15
TÜRKİYE	Nüfus*1.000	56.136	64.337	14,61
	Araç sayısı*1.000	4.092	8.837	115,96
	Kaza sayısı	55.771	63.515	13,89
	Ölü sayısı	6.286	4.596	-26,89
	Sürücü sayısı*1.000	6.235	13.152	110,94

2.2 Kaza Sonuçları

2.2.1 Ölüm ve Yaralanma ile Sonuçlanan Kazalar

Trafik kazaları sonucunda meydana gelen can kaybının yanısıra, kazada ölen kimselerin geride bıraktığı insanlar da bu olaydan etkilenmektedir. Nitekim olayda, bir anne, bir baba, bir çocuk, bir arkadaş veya bir yakın kimse, bir dost ölmüştür. Bu olayın diğer fertlerde acı ve üzüntüsü ve ayrıca bu üzüntünün de kendi içindeki sonuçları gözükecektir. Sosyal ve psikolojik yönden ailedeki ve belirli bir iş ve arkadaş çevresindeki eksiklik kendini hissettirecektir. Bir kimsenin eşsiz, bir ana ve babanın çocuksuz veya bir çocuğun babasız kalması; ölen kişinin ailesinin mevcut düzenini ister istemez değiştirecektir. Bu değişim; sosyal, psikolojik veya parasal yönden olabilir. Sosyal ve psikolojik değişime örnek olarak; anne ve babasıyla birlikte yaşayan bir çocuğun kazadan sonra anne ya da babasız kalması ve

dolayısıyla yetişme şeklinin değişmesini verebiliriz. Parasal yşnden ise, aileye gelir sağlayan bir kimsenin şlşmş ile aile maddi destekten yoksun kalmaktadır.

Yaralanma ile sonuçlanan kazalarda yaralanan kişilerin iş gşremezlik durumu ve bunun neticesinde meydana gelen gelir azalması kişinin sosyal ve psikolojik yaşamını olumsuz etkiler. Yaralanma sonucunda kişinin vşcudunun gşrşnen bir bşlgesinde kalıcı bir iz meydana gelmişse ya da kişi organlarından birini (kol, bacak vb.) kaybetmişse bu durum onun ruhsal bunalıma girmesine neden olabilir.

2.2.2 Maddi Hasarlar

Trafik kazası sonunda taşıtlarda, sabit cisimlerde veya eşyalarda meydana gelen hasarın, taraflara bir maddi kşlfet yşkleyeceği aıktır. Bu kşlfet, parça bedeli ve onarım bedeli olarak ortaya çıkan parasal kayıp ve bunların oluşturacağı zaman ve iş kaybı olacaktır.

2.2.3 Ulusal Kayıp

Taşıtların onarımında çoğu zaman yurt dışından gelen orijinal parçaların kullanılması nedeniyle her yıl belirli bir miktar para yurt dışına gitmektedir. Kaza sonucunda yaralanan ya da sakat kalan kişilerin belirli bir sşre ya da hiç çalışamaması, o şlkenin iş gşcşnşn azalmasına dolayısıyla da ekonomik yşnden zayıflamasına neden olur.

3. TRAFİK KAZALARININ SEBEPLERİ

Trafik kazalarının sebeplerini şu başlıklar altında sıralayabiliriz;

- İnsan faktörü,
- Yol ve doğa koşulları faktörü,
- Taşıt faktörü

Bu faktörler kaza istatistiklerine göre çeşitli oranlarda dağılmaktadır.

Çizelge 3.1 Kaza faktörleri analiz cetveli (DİE, 1997)

YILLAR	KAZA %					
	Araç	Şoför	Yolcu	Yol	Yaya	Toplamı
1992	1,8	88,4	0,3	0,2	9,3	100,0
1993	1,7	90,1	0,2	0,2	7,8	100,0
1994	1,2	91,5	0,2	0,7	6,4	100,0
1995	1,0	91,9	0,1	2,0	5,0	100,0
1996	1,1	88,2	1,5	0,4	8,8	100,0
1997	0,6	96,6	0,2	0,0	2,6	100,0

3.1 İnsan Faktörü

Kazalara neden olan en önemli faktör; sürücü, yolcu ya da yaya olarak trafiğe çıkan insandır. Ülkemizde ve diğer ülkelerde meydana gelen kaza istatistikleri incelendiğinde insan faktörü birinci sırada yer almaktadır. Kazalardaki insan faktörü yaklaşık olarak % 90-95 civarındadır.

İnsanların kurallara uymaması kazaların en önemli sebeplerindendir. Kurallara uymayanların denetlenmesi ve cezalandırılması gerekir. Kural dışı davranışların eğitim yetersizliğinden olduğu düşünülürse, yolu ve taşıtı kullanan insanın eğitilmesine önem verilmelidir. Eğitim geniş çapta olup sürücü, yaya, yolcu, trafik polisi, çocuk, yaşlı gibi birçok kişiyi kapsamalıdır.

Yolu kullanan olarak insanın yaşı, beden yapısı, görme-işitme-reaksiyon yetenekleri kazalarda etkili olan fiziksel özellikleridir. Yorgunluk, hastalık, psikolojik durum, alkollü olma, vb. hususlar kazaya neden olan geçici fiziksel özelliklerdir. Sosyal yapı, eğitim düzeyi, zeka yapısı, çevre koşullarına uyabilme yeteneği, tecrübe ve bilgi düzeyi kazalara sebebiyet verebilecek diğer özellikler olarak sıralanabilir.

Sürücü, yaya ve yolcuların trafikteki hal ve davranışlarının trafik kazalarının oluşumunda büyük bir etkisi vardır. Sürücü, yaya ve yolcuların kazalara sebebiyet veren hal ve davranışları şunlardır;

Sürücülere ait sebepler

1. Kırmızı ışıktta geçmek,
2. Karşı şeride tecavüz etmek,
3. Arkadan bir başka taşıta çarpmak,
4. Hatalı şerit değıştirmek,
5. İlk geçiş hakkını vermemek,
6. Hatalı dönüş yapmak,
7. Hatalı duraklama yapmak ve park etmek,
8. Park halindeki araca çarpmak,
9. Aşırı sürat yapmak,
10. Dur işaretinde durmamak,
11. Hatalı yük ve yolcu indirmek,
12. Trafiğe uygun olmayan araç kullanmak,
13. Alkollü araç kullanmak.

Yolcuya ait sebepler

1. Taşıttan sarkmak,
2. Taşıta habersiz binmek veya inmek,
3. Hareket halindeki taşıttan yere atlamak,
4. Yolcunun hasta veya sarhoş olması,
5. Açık yük üzerinde seyahat etmek,
6. Taşıttın dışında seyahat etmek (çamurluk vb.).

Yayaaya ait sebepler

1. Kırmızı ışıktta geçmek,
2. Araçlara ilk geçiş hakkını vermemek,
3. Yola birdenbire, aniden çıkmak,
4. Duran taşıttın önünden ve arkasından yola çıkmak,
5. Yol ortasında yürümek, oturmak, oynamak,
6. Hareket halindeki araca asılmak, binmek,
7. Yayanın sarhoş olması,
8. Yayanın kör ve sağır olması.

3.1.1 İnsanın Normal Fiziksel Özellikleri

3.1.1.1 Görme Özelliği

Seyir esnasında, kaza meydana gelmeden tedbir alma ve uyarıları fark etmede insanın görme yeteneğinin büyük bir rolü vardır. Görme yeteneğinin herhangi bir nedenle (yaşlılık, karanlık, göz kamaşması vb.) azalması kazalara sebebiyet vermektedir.

3.1.1.2 Duyma Özelliği

Düzgün işitme özelliği, gerek şoförler ve gerekse yayalar için görme yeteneği kadar önemlidir. İşitme duyusunun görmeye kıyasla avantajı; belirli bir açı veya yönle ilişkisinin olmaması, dezavantajı ise tesir veya algılama sahasının daha küçük oluşudur. Şoför ve yaya için; bir taşıtın motor sesi ve korna ikazı her yönden duyulabilir. Ancak algılama ve tedbir alma süresi, görmeye oranla daha uzun olmaktadır.

3.1.1.3 Reaksiyon ve Hareket Edebilme Özelliği

İnsanlarda normal reaksiyon süreleri genellikle birbirine yakın değerlerdedir. Normalde 0.5-0.8 saniye olarak kabul edilen bu sürede, görme ve duyma yeteneği büyük bir rol oynar.

Bir tehlike anında alınan tedbirleri uygulamak için geçen süreye “tedbir reaksiyon süresi” denir. Tedbir reaksiyon süresi; şoförler için kornaya basma, direksiyon çevirme, fren yapma ve yayalar için ise yolu geçme, yola girmeme veya geriye kaçma süresidir.

3.1.2 Geçici Fiziksel Özellikler

Yorgunluk, hastalık ve alkollü olma gibi, olumsuz yanları zamanla geçen durumlardır.

3.1.2.1 Uykusuzluk ve Yorgunluk

3.1.2.1.1 Sürücü Yorgunluğu ve Uykusuzluğun Trafik Güvenliğine Etkisi

Birçok kişi alkollü araç kullanmanın ne kadar tehlikeli olduğunun farkında olmakla birlikte, yorgun ve uykusuz araç kullanmanın da en az alkollü araç kullanmak kadar tehlikeli olduğu ve en önemli kaza nedenlerinden biri olduğu gerçeğini yeterince bilmemekte ya da göz ardı etmektedir. Oysa, uykusuzluk, tıpkı alkol ve uyuşturucunun etkisindeyken olduğu gibi sürücülük performansını olumsuz etkilemekte ve ciddi trafik kazalarına neden olmaktadır.

ABD Ulusal Karayolları Güvenlik Dairesi (NHTSA) verilerine göre yorgun ve uykusuz araç kullanmaya bağlı her yıl yaklaşık 100.000 kaza (tüm kazaların yaklaşık % 1.5’i) ve yılda yaklaşık 1500 ölüm (tüm ölümlü kazaların % 4’ü) meydana gelmektedir. Uykusuzluk ve bunun sonucunda meydana gelen yorgunluk hali sürücünün taşıt sürüş yeteneğini azaltır.

Sürücünün reflekslerinde zayıflama meydana gelir.Yorgunluk ile taşıt sürücüsünde dikkat ve anlayış noksanlığı görülür ki bu da bilinç kaybına neden olur.

3.1.2.1.2 Direksiyon Başında Yorgunluk ve Uyku Belirtileri

Direksiyon başındayken yorgunluk ve uykusuzluğun basit belirtileri vardır. Bunlar;

- Gözlerin karıncalanması,
- Sırt ağrıları,
- Esneme,
- Başı dik tutmakta güçlük çekme,
- Gözleri belirli bir noktaya odaklamada güçlük çekme,
- Trafik işaretlerinin atlanması ya da hatırlanmaması gibi belirtiler sayılabilir.

3.1.2.1.3 Sürücü Yorgunluğuna Sebep Olan Faktörler

Özellikle ticari araç ve ağır vasıta şoförleri olmak üzere sürücülerin yorgun ve uykusuz olarak direksiyon başına geçme nedenleri incelendiğinde, uykusuz araç kullanmaya bağlı olan faktörlerin dört temel grup altında toplandığı görülmektedir. Bunlar:

- **Zaman**

Günün hangi saatlerinde ve ne kadar süreyle araç kullanıldığı, yorgunluğu ve uykusuzluğu belirleyen en temel faktör olarak görülmektedir. Araştırma bulgularına göre; 8-9 saatten fazla araç kullanıldığında, yorgunluk ve dikkat dağılmasına bağlı ciddi sorunlar başlamakta, sürücülük performansı olumsuz etkilenmekte ve kaza riski önemli ölçüde artmaktadır. Özellikle kamyon sürücülerinin yorgunluğa ve uykusuzluğa bağlı olarak daha fazla kazalara sebebiyet verdiği görülmektedir. Her yıl kat edilen mesafeye ek olarak, birçok kamyon sürücüsü vücudun en uykulu ve yorgun olduğu zamanda, gece araç kullanmaktadır. Ülkemizde, karayolu ile yük taşımacılığının diğer taşıma sistemleri içindeki payının % 90 olduğu, yolcu taşımacılığının ise % 95 olduğu ve ölümlü trafik kazalarının % 13.9'unun ağır vasıta kazaları olduğu göz önünde bulundurulduğunda, ağır vasıta sürücülerinin önemli bir risk oluşturduğu anlaşılmaktadır.

- **Direksiyon başına geçmeden önce uykusuz kalmak ya da yeterli uyku uyumamak**

Yapılan araştırmalara göre genelde ortalama 16 saatten fazla uykusuz kalma sonucunda, sürüş performansında önemli derecede düşüş meydana gelmekte ve bu durum sürücünün kaza yapmasına sebep olmaktadır.

- **Uyku bozukluğu**

Ağır vasıta sürücülerinde görülme sıklığı daha fazla olan çeşitli sağlık sorunlarına bağlı (uyku apne sendromu, narkolepsi vb.) uyku bozuklukları, sürücülerin direksiyon başında uyuya kalmalarına neden olmaktadır.

- **Çevresel faktörler**

Yollarda uyarıcı önlemlerin alınmamış olması, iklim koşullarının elverişsiz olması ya da sürücülerin ihtiyaç duyduklarında dinlenme uyku molalarına olanak sağlayacak tesis veya mola yerlerinin bulunmayışını da yorgunluğu artıran önemli faktörler arasında sayabiliriz.

3.1.2.1.4 Uykusuzluğun Sürüş Performansı Üzerindeki Etkileri

Uykusuzluk, sürücülerin sürüş performanslarını olumsuz yönde etkilediğinden en önemli kaza nedenlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Uykusuzluğun sürüş performansı üzerindeki etkilerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- **Daha fazla tepki zamanı:**

Uykusuzluk, optimum tepki zamanlarını azaltmakta ve orta derecede uykulu sürücülerde sürüş performansını azaltarak, tehlike anında zamanında durabilmelerini engellemektedir.

- **Genel dikkat düzeyinin azalması :**

Sürücüler yaşları ve fiziksel durumları ne olursa olsun, her 90-120 dakikada bir dikkat azalmasına maruz kalırlar. Uykusuzluk ise dikkat azalmasını arttıran en önemli etkenlerden biridir. Sürücülük gibi dikkate dayalı işlemlerdeki performans uykusuzluğa bağlı olarak düşmekte, tepkisizlik süreleri veya gecikmiş tepkilerin süreleri artmaktadır. Uyku ihtiyacı olan kişi direksiyonda daha çabuk yorulmakta, zamanla dikkati azalmakta ve direksiyon başında uyuya kalarak kazaya neden olabilmektedir.

- **Bilgi işlemede bozukluk :**

Uykusuzluk; tıpkı alkol ve uyuşturucunun etkisi altındayken olduğu gibi, tepki zamanı, dikkat, algılama, muhakeme ve koordinasyon gibi zihinsel becerileri olumsuz yönde etkilemekte ve kazaya neden olmaktadır. Uykulu ve yorgun bir sürücü, çevreden gelen bilgileri uyanık bir sürücüyle aynı hızda ve aynı doğrulukta algılayamamakta, değerlendirememekte ve tehlike anında kazayı önleyebilmek için yeterince hızlı tepki verememektedir.

3.1.2.1.5 Yorgunluk ve Uykusuzluğa Bağlı Kazalar En Çok Kimleri Etkilemektedir?

- Özellikle ağır vasıta sürücüleri olmak üzere, dinlenmeden uzun süre araç kullanan sürücüler,
- Sık sık gece yolculuğu yapan sürücüler,
- Uyku bozukluğu olan sürücüler (kronik uykusuzluk, narkolepsi veya uyku apnesi gibi gündüz aşırı derecede uykusuzluk yaratan bozukluklar),
- Uyku getiren ilaç kullanan sürücüler,
- Vardiya sistemiyle çalışanlar.

3.1.2.1.6 Alınacak Önlemler ve Öneriler

Uykusuz ve yorgun araç kullanmaya karşı alınacak önlemler ya doğrudan uykusuz araç kullanmamayı amaçlayan ya da uykusuzluk meydana geldikten sonraki durumu düzeltmeye yöneliktir. Yeterli uyku uyuyarak uykusuzluğu önlemek herhangi bir telafi edici önlemden hem daha kolaydır hem de daha etkilidir. Uyku geldikten sonra alınan önlemlerin etkisi çok fazla sürmemektedir. En fazla sürücülerin uyuyabilecek bir yer bulmalarına yetecek kadar bir süre için etkili olabilmektedir.

Kafein alımı, radyo dinlemek, araçtan inip kısa bir yürüyüş yapmak, camı açmak vb. geçici önlemler kesinlikle iyi bir uyku alışkanlığının yerini almamalı ve uykusuz sürücülerin gidecekleri yerlere güvenle varmalarını sağlayacak etkili yöntemler olarak düşünülmemelidir.

3.1.2.2 Alkollü Olma Hali

3.1.2.2.1 Alkolün Sürücülük Becerileri Üzerindeki Etkisi

Bilimsel araştırmalar alkolün hiç bir seviyesinin sürücülük için güvenli olmadığını göstermektedir. Bütün ülkeler yasal alkol limitini belirlerken konuyu tıbbi, psikolojik ve sosyal yönüyle değerlendirerek bir karara varmakta, belli bir riski kabul ederek bu limitleri belirlemektedirler. Motorlu araç sayısının artmaya başladığı 1900'lü yılların ilk dönemlerinde, hızla oluşan trafik kurallarının yanı sıra, giderek alkollü sürücülük için de önlem alma ihtiyacı hissedilmiştir. Başlangıçta bu sınırın ne olması gerektiği ve nasıl ölçüleceği konusunda sorunlar yaşanmışsa da dünyada özellikle konuyu inceleyen bilimsel çevrelerin görüşü her zaman kan-alkol sınırının daha da aşağıya çekilmesi yönünde olmuştur. Bir başka deyişle yasal limitin altında olmanın sadece trafik cezasını engellediği, ancak can güvenliğini garantilemediği kabul edilmektedir.

Alkolün etkileri açısından yaş, cinsiyet, sürücülük deneyimi gibi bazı faktörlere bağlı olarak bireyler arasında farklılıklar görülmekteyse de, bunlar güvenli sürücülüğü garantileyecek kadar büyük farklar olmadığı gibi, tartışmalı sonuçlar olarak değerlendirilmektedirler. Bununla birlikte genel olarak araştırmalar 0.2 promil düzeyinden itibaren alkol düzeyi arttıkça sürücülük üzerinde olumsuz etkilerinin de arttığı yönünde birleşmektedir. Bu sınır kimi ülkeler tarafından kabul edilmiş bulunmaktadır.

3.1.2.2.2 Ülkemizde Yasal Alkol Sınırı

Ülkemizde ticari araç sürücüleri ve kamu hizmetinde çalışan sürücülerin alkollü olarak trafiğe çıkmaları tümüyle yasaklanmış, diğer sürücüler içinse yasal sınır olarak bir litre kanda yarım gram alkole eşit olan, 0.50 promil belirlenmiştir. Bu halk arasında yanlış bir biçimde "yüzde elli alkollü olmak" diye ifade edilmekte, hatta bunun mümkün olduğu sanılmaktadır. Bu tümüyle yanlış bir bilgidir. Bu yanlışlık genellikle promil değerinin nasıl hesaplandığının iyi bilinmemesinden kaynaklanmaktadır.

Promil hesabında alkolün ağırlığı, kanın ise hacmi dikkate alınarak bir orantı kurulur. Örneğin 0.50 promil 100 mililitre kanda 50 miligram alkol bulunduğunu gösterir ve buradan gidilerek, $50:100=0.50$ promil kabul edilir. Ağırlığı hacme oranlamak matematiksel olarak çok mantıklı değilse de, karmaşık ve çok küçük sayılarla uğraşmak zorunda bırakmadığı için tercih edilen bir ifade biçimidir. Eğer hacim oranları dikkate alınacak olursa, 0.50 promilin gerçekte kanda %0.025 oranında alkole eşit olduğu (on binde 2.5 !) görülür. İnsan vücudu yüzde elli alkol oranı bir yana, %0.5 oranında alkole bile (binde 5 ya da bir litre kanda 4 gram alkol bulunması) tolerans göstermekte çok zorlanır, hatta bu düzeydeki kan-alkol oranı pek çok kişide ölüme yol açar.

Çizelge 3.2 Alkol düzeyinin hesaplanması ve alkol-kan oranları [2]

ALKOL DÜZEYİNİN HESAPLANMASI ve ALKOL-KAN ORANLARI			
ÖLÇÜM DEĞERİ	promil hesabı (miligram alkol / mililitre kan)	1 Litre kanda ne kadar alkol var	hacim olarak kandaki alkol oranı*
0.2 Promil	20 mg alkol/100 ml kan (20:100=0.2)	0.2 gram alkol	%0.025 (binde 0.25 alkol)
0.5 Promil	50 mg alkol/100 ml kan (50:100=0.5)	0.5 gram alkol	% 0.063 (binde 0.63 alkol)
0.8 Promil	80 mg alkol/100 ml kan (80:100=0.8)	0.8 gram alkol	% 0.1 (binde 1 alkol)
1 Promil	100 mg alkol/100 ml kan (100:100=1)	1 gram alkol	% 0.13 (binde 1.3 alkol)
1.5 Promil	150 mg alkol/100 ml kan (150:100=1.5)	1.5 gram alkol	% 0.19 (binde 1.9 alkol)
2 Promil	200 mg alkol/100 ml kan (200:100=2)	2 gram alkol	% 0.25 (binde 2.5 alkol)
3 Promil	300 mg alkol/100 ml kan (300:100=3)	3 gram alkol	% 0.38 (binde 3.8 alkol)
4 Promil	400 mg alkol/100 ml kan (400:100=4)	4 gram alkol	% 0.5 (binde 5 alkol)
5 Promil	500 mg alkol/100 ml kan (500:100=5)	5 gram alkol	% 0.6 (binde 6 alkol)
* 1 mililitre alkolün ağırlığı 0.789 gram, 1 gram alkolün hacmi 1.268 mililitredir			

Çizelge 3.3 Alkolün vücut ve davranışlar üzerindeki etkisi [2]

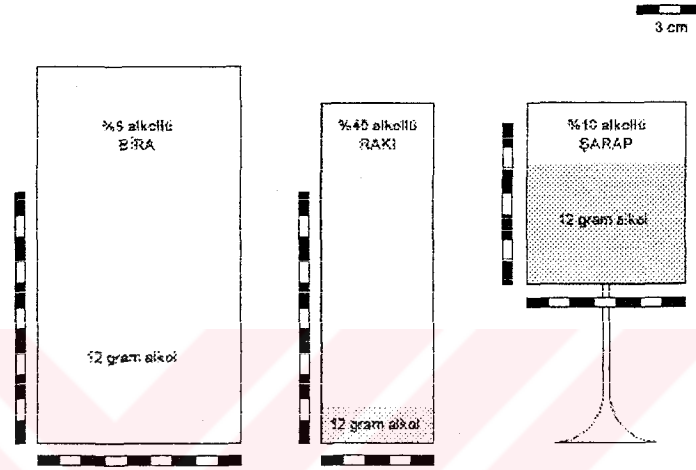
ALKOLÜN VÜCUT ve DAVRANIŞLAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	
ÖLÇÜM DEĞERİ	VÜCUT VE DAVRANIŞ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ
0.2 Promil	ruh halinin değişmesi, vücut ısısında hafif bir yükselme, davranışlar üzerindeki kontrolün azalması
0.5 Promil	belirgin bir gevşeme, dikkatin azalması, koordinasyon ve muhakeme bozukluğunun başlaması. YASAL SINIR
0.8 Promil	koordinasyon, algı ve muhakemede belirgin bozulma, tepki zamanının, kendini kontrol etme becerisinin zarar görmesi
1 Promil	sarhoşluk belirtileri, muhtemel mahcup edici davranışlar, bir an neşeli bir an üzgün olmak gibi ruh halinde gidip gelmeler
1.5 Promil	ayakta durma, yürüme ve konuşmada güçlük çekme, denge ve koordinasyonun kaybedilmesi, belirgin olarak sarhoşluk hali
2 Promil	ağrı ve diğer fiziksel duyuların azalması, ağlama ve gülme arasında gidip gelmek gibi belirgin duygusal tutarsızlıklar
3 Promil	reflekslerin azalması, bilinçte bulanıklık, pek çok kişiye bilinç kaybı

3.1.2.2.3 İçkilerdeki Alkol Oranı

Bir çok içkide bulunan alkol oranı (içkinin alkol derecesi) çok farklıdır ve bu nedenle ne kadar alkol alındığının belirlenmesi çok güç olabilir. Ayrıca alkolün vücutta yakılması zaman isteyen bir iştir ve bu da kişinin vücut ağırlığı, karaciğerinin büyüklüğü, genel sağlık durumu başta olmak üzere pek çok faktöre göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle bir çok kişi aldığı alkol miktarı konusunda yanılgıya düşmektedir.

Vücudunda 6 litre kan bulunduğunu varsaydığımız bir yetişkinin kan dolaşımına 3 gram alkol karışması halinde yasal sınıra ya çok yaklaştığı ya da aştığı düşünülebilir. Aşağıda, içinde yaklaşık olarak 12 gram alkol bulunan içki miktarları belirtilmiştir. Bu içkilerin içerdiği alkol miktarı göz önünde bulundurulduğunda bir yetişkinin tehlikeli bir sürücü haline gelmesinin çok zor olmadığı görülür. Özellikle "hafif" içki olduğu düşünülerek bira ve şarabın çok fazla içilmesinin sürücülerini çok zor durumda bırakabileceğine dikkat edilmelidir.

Çizelge 3.4 İçinde yaklaşık olarak 12 gram alkol bulunan içki miktarlarını gösteren şekil [2]



3.1.2.2.4 Alkolün Vücuttan Atılması

Pek çok kişi alkol aldıktan sonra kahve içerek, egzersiz yaparak ya da biraz kestirerek alkolün vücuttan atılmasını hızlandırabileceğini düşünür. Oysa bunların alkolün yakılması üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Bunun için karaciğerin çalışmasına ve zamana ihtiyaç vardır.

Alkol alındıktan sonra muhakeme yeteneği, algılayış giderek bozulurken bunun sonucunda sürücülük becerileri azalmakta, buna karşılık yine bozulan muhakeme yeteneği ve azalan duygusal kontrol nedeniyle kendine güvende yersiz bir artış meydana gelmektedir. İşte bu çelişkili değişim, sürücülük için daha da tehlikeli bir duruma yol açmaktadır. Bu nedenle alkol aldıktan sonra ne yapacağını düşünmek yerine, içmeye başlamadan önce bazı kararlar almak daha yararlı olabilir. Bu kararlar arasında eğer araç kullanılacaksa hiç içmemek, eğer içilecekse araç kullanacak bir kişi bulmak en mantıklı olanıdır. Özellikle eğlenmek için dışarıya çıkılan akşamlarda özel araç kullanmak yerine taksi ya da toplu taşıma araçlarını tercih etmek uygun olacaktır.

3.1.2.2.5 Alkol Denetimleri

Alkol denetimlerinde yapılan iş, kanda ne kadar alkol bulunduğunun belirlenmesi ve bu miktarın sürüş esnasında tehlike yaratacak düzeyde olup olmadığına karar verilmesidir. Alkol denetimlerinin hangi hallerde, nasıl yapılacağı ve neye göre karar verileceği yasa ve yönetmeliklerle belirlenmiştir. Sürücünün alkollü olabileceğinden şüphe duyulduğunda ya da rutin alkol kontrolleri sırasında; alkol metreyle ölçüm yapılabileceği gibi, alkol metrenin bulunmadığı hallerde görevliler tarafından sürücünün durumuyla ilgili gözlemlerin kaydedildiği bir alkol test raporu da düzenlenebilir. Ölçüm ya da gözlem sonucunda sürücünün, 0.50 promil düzeyinin üzerinde alkollü ve araç kullanamayacak durumda olduğu belirlenirse gerekli cezai işlemler yapılır. (Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği).

3.2 Yol ve Doğa Koşulları Faktörü

3.2.1 Yol Faktörü

Yollar; trafik kazalarının meydana gelmesinde önemli bir etkidir. Ülkemizde yol faktörünün trafik kazalarındaki payı çok fazladır. Yapılan kaza istatistiklerine göre ülkemizde meydana gelen trafik kazalarındaki yol faktörü, % 0.21 olarak tespit edilmiştir.

Ülkemizde yapılan kaza istatistiklerinde yol faktörünün düşük olmasının sebebi; Trafik Kazası Tespit Tutanaklarının hazırlanmasındaki eksiklikler ve yetersizliklerdir. Amerika'da yapılan bir araştırmada yolun trafik kazalarına etkisinin % 36 olduğu belirtilmektedir.

Yolun trafik kazalarındaki rolünün incelenmesinde şu hususlar gözönünde bulundurulmaktadır;

- Yol kaplamasının cinsi,
- Projelendirme ve yapım hatalarından ortaya çıkan faktörler,
- İşletme ve bakım eksikliğinden doğan faktörler.

Yol Kaplamasının Cinsi

Yol kaplamasının cinsi; taşıtın normal, sarsıntısız ve konforlu bir seyri için önem taşır. Kaplama cinsi ve niteliği; tekerlek ile yol sathı arasındaki sürtünme üzerinde de rol oynar. Bu durum taşıtların frenlemelerinde, durmalarında, yavaşlamalarında ve viraj dönüşlerinde önem kazanır. Yol kaplama cinsleri şunlardır;

- **Bitümsüz hafif kaplamalar**

Ortalama günlük trafik hacmi birkaç yüz araç olan yollarda kullanılır. Ayrıca daha fazla trafiği olan yollarda, temel veya alt temel tabakası olarak kullanılırlar. Kum- kil yollar, çakıl yollar vb. bu gruba girer. Bu cins kaplamaların özelliği; her türlü hava koşullarından etkilenebilmesi ve çabuk bozulabilmesidir.

- **Bitümlü esnek kaplamalar**

Bitümlü esnek kaplamalar agregata ile bitümlü bağlayıcıdan oluşur. Bitümsüz hafif kaplamalara oranla daha pahalı olmasına karşın, düzgün yüzeyli, daha sıkı ve geçirimsiz (su, toz vb. geçirmeyen) bir kaplama elde edileceği için daha çok tercih edilirler.

- **Rijit kaplamalar**

En gelişmiş kaplama tipi olup yüke dayanıklı, konforu fazla, kayma katsayısı yüksek, toz yapmaz ve uzun ömürlüdür. Beton ve beton-asfalt yollar bu sınıfa girer.

- **Parke yollar**

Ağır trafiği taşıyabilecek bir yol kaplama tipidir. Genellikle şehir içi yollarında kullanılmakta ve sürtünme katsayısının yüksek olması nedeniyle tercih edilmektedir.

3.2.1.1 Projelendirme ve Yapım Hatalarından Ortaya Çıkan Faktörler

Yol projelendirme ve yapım hatalarından ortaya çıkan faktörler şunlardır;

- Rampa ve inişlerde fazla eğim,
- Yatay-düşey kurplarda görüş mesafesinin yetersiz olması,
- Ters ya da yanlış verilen deşerler (eğimler),
- Yol üzerindeki eş düzey kavşakların sıklığı.

3.2.1.2 İşletme ve Bakım Eksikliğinden Doğan Faktörler

- Düşey ve yatay işletmelerin durumu,
- Yol şerit çizgilerindeki eksiklikler,
- Trafik tanzim ve yol bilgi işaretlerinin durumu,
- Yaya kaldırımı ve banketlerdeki bozukluklar,
- Aydınlatma eksiklikleri,
- Yoldaki bakım ya da işaret çalışmalarında yapılan işaret eksikliği.

3.2.2 Doğa Koşulları

3.2.2.1 Karlı ve Buzlu Yol

Normal yola kıyasla tekerlek ile yol sathı arasındaki sürtünmeyi, direksiyon sevk ve idare hakimiyetini büyük ölçüde azaltan, frenle durmayı güçleştiren bir faktördür. Karlı ve buzlu yollar özellikle virajlarda, hızla seyreden taşıtların savrulmasına neden olabilir. Bu nedenle virajlara yaklaşıldığında sürücünün taşıtı yavaşlatması gerekir.

3.2.2.2 Islak Yol

Yağmur yağışı veya başka bir nedenle, yol sathının ıslanmasıyla yol ile taşıt tekerleği arasındaki sürtünme katsayısı azalır ve taşıt kayabilir. Taşıtin kaymaması için yağmurlu veya herhangi bir nedenle ıslanmış yollarda (motorin, fuel-oil, yemeklik sıvı yağ vb. yola dökülmesiyle) düşük seyir hızı ile seyahat edilmelidir ve ani frenlemelerden kaçınılmalıdır.

3.2.2.3 Rüzgar

Yönüne ve şiddetine göre, taşıtin hızını ve dengesini etkiler. Yanlardan esmesi halinde, taşıtin sağa ve sola savrulmasına sebebiyet verir. Bu nedenle sürücü direksiyona iyi hakim olmalıdır.

3.2.2.4 Sis, Duman ve Toz

Görüş mesafesinin büyük ölçüde azalmasına yol açar. Taşıt güvenliğinin sağlanması için düşük bir hızla seyir şarttır.

3.2.2.5 Doğal Olaylar

Ani olarak meydana geldiğinde önlenmesi mümkün olmayan faktörlerdir. Örneğin; ani bir çığ inmesi, kaya düşmesi, sel basması veya yol çökmesi karşısında sürücünün hemen hemen alabileceği hiçbir önlem bulunmamaktadır.

3.2.2.6 Aydınlik Durumu

Bu faktörün, sürücülerin dikkat ve göz yorulması üzerinde büyük rol oynadığı görülmektedir.

- **Gündüz vakti** : Görüşün açık olduğu ve seyir için en uygun olan durumdur.
- **Gece karanlığı** : Görüş mesafesine uygun hızla seyir halinde olumsuz bir durum görülmez.
- **Alaca karanlık** : Gün batışı ve gün doğumu zamanlarında rastlanan bu durumda genellikle hem görüş mesafesi azalmakta, hem de far ışığı bu gibi durumlarda yetersiz kalmaktadır. Bu gibi durumlarda taşıtların düşük bir hızda sürülmesi gerekir.

3.3 Taşıt Faktörü

Karayolu trafiğinin en önemli unsurlarından biri de taşıtlardır. Sürücü ne kadar deneyimli, hava ve yol koşulları ne kadar uygun olursa olsun, taşıttan kaynaklanabilecek bir kusur bu iyi koşulları ortadan kaldırıp kazalara neden olmaktadır.

Çizelge 3.5 Trafik kazasına katılan taşıt cinsleri ve kaza sonuçları (Çakır, 1998)

	Kazaya karışan taşıt	Ölü	Yaralı	Maddi hasar 000 TL.
Toplam	521331	6004	114319	9917246068
Otomobil	356013	2575	56216	6621245728
Minibüs	29129	236	6213	454269058
Otobüs	24045	514	6066	488752600
Kamyon	44226	576	7515	1267445731
Kamyonet	43300	160	5226	697210742
Motosiklet	10328	263	9184	562245595
Çekici	3004	35	308	113103950
Traktör	3397	208	1781	95216200
Diğer	5495	160	2733	8812365
Cinsi belirlenemeyenler	2399	1477	19077	35693814

3.3.1 Aktif Güvenlik

Aktif güvenlik; kazaların önlenmesi için taşıtlarda alınması gereken tedbirleri içerir. Kaza önleme sistemlerinin geliştirilebilmesi için kaza oluşum koşullarının ve nedenlerinin bilinmesi gerekir. Bu nedenle kazalar tekrar kurgulanmalı ve incelenmelidir.

Kaza esnasında kontrolünü kaybeden sürücünün davranışları, taşıtın bir tepkisiyle (taşıtın herhangi bir şekilde hareketi ile) sonuçlanır ve bu tepki sürücünün yeni bir davranış göstermesine neden olur. Bu olay kaza olana dek kısır bir döngü içerisinde devam eder. Sürücü ve taşıtın her ikisi de hareket kabiliyetlerini etkileyen yoldaki çeşitli aksaklıklardan ve çevresel faktörlerden (yol dizaynı, trafik tıkanıklığı, yol yüzeyinin durumu, hava, zaman vb.) etkilenirler.

Aktif güvenlik etken akıllı sistemler (ABS, TCS, ESP vb.) bir kaza tehlikesi anında taşıtların düzgün bir şekilde hızlandırılma ve yavaşlatılmasını sağlamak amacıyla geliştirilmişlerdir. Taşıtlardaki aktif güvenliğin artırılması amacıyla bazı araçlarda bu sistemlerden birkaçının birleştirilerek ortak kullanımına gidilmiştir.

Aktif güvenlik; algılama güvenliği, kumanda ve kontrol güvenliği, seyir ve fren özellikleri gibi hususların bir bütünüdür.

3.3.1.1 Algılama Güvenliği (Görmek ve Görülmek)

Modern taşıtlar, sürücünün optik olayları kolay algılayabilmesini sağlayabilecek yapıda imal edilmektedirler. Kirişler, tavan, motor kapağı, bagaj kapağı vs. sürücünün görüş alanını etkileyen unsurlardır.

Dikiz aynalarının şekli, yeri ve boyutları; sileceklerin özellikleri, camlar, göstergeler ve bunların özellikleri, taşıtın aydınlatma ve sinyal donanımı, far menzili, görüş uzaklığı, far aydınlatma mesafesi, fizyolojik kamaşma hususu ve akustik uyarıyı sağlayan kornanın teknik özellikleri de algılama güvenliğini oluşturan diğer konulardır. Bunlar çeşitli standartlarda belirlenmiştir.

3.3.1.2 Sürücü Konumu (Kondisyon Güvenliği)

Taşıt dizaynında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi taşıt içerisinde sürücüyü daha az yoracak ve sürüş konforunu arttıracak özelliklerin sağlanmasıdır. Kondisyon güvenliği; bir sürücünün algılama fonksiyonlarını sürekli yerine getirebilecek şekilde olmasını sağlayan önlemlerin tümünü kapsar. Örneğin; taşıt yolcularının titreşim, gürültü, iklimik koşullar vb. nedenlerle maruz kaldıkları psikolojik gerginliğin mümkün olduğunca azaltılmasına çalışılır.

İnsanın biyolojik bir varlık olarak taşıt içerisinde kaplayacağı hacim, taşıt içerisindeki donanımlara kolaylıkla erişebileceği ve başarı ile denetleyebileceği uzaklığın sınırları bellidir. Eğer sürücü taşıt içerisinde oturduğu koltukta rahat değilse ve kontrol paneline ulaşmakta zorlanıyorsa, taşıtı kullanırken tükettiği enerji nedeniyle zamanla yorgunluk hissetmeye başlar. Yorgunluk ile psikolojik özellikler de yitirmeye başlar. Sürücü bu durumda yaptığı işe karşı (taşıt kullanımına karşı) bıkkınlık duyar. Bu da çeşitli kazalara sebebiyet verir.

Antropometrik (insan bedenine ait ölçülerin, sistemli bir şekilde derlenip aralarındaki ilişkilerin saptanması) verilere uygun tasarlanmış sürücü kabini, yol emniyeti ve rahatlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla taşıt üreticileri birçok çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalardan en önemlisini taşıttaki gürültü ve titreşimlerin azaltılması oluşturmaktadır.

Gürültünün insanlar üzerindeki fizyolojik etkilerinin başlıcaları, kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeği büyümesi ve uykusuzluk olarak tespit edilmiştir. Bunların çoğu kısa süren etkileridir. Yalnız stres ve uykusuzluk, gürültünün uzun süreli fizyolojik etkilerindendir. Ayrıca migren, ülser, gastrit vb. hastalıkların ortaya çıkmasında gürültünün de önemli etkisi olabileceği ileri sürülmektedir. Ancak gürültünün, bu hastalıkların baş göstermesinde doğrudan etkili olduğu henüz

kanıtlanmamıştır .Gürültünün psikolojik etkilerinin başında ise, sinir bozukluğu, korku, rahatsızlık, tedirginlik, yorgunluk, zihinsel etkinliklerde yavaşlama ve iş veriminin azalması gelmektedir.

Gelişmekte olan ve özellikle gelişmiş ülkelerdeki sorunlardan biri de trafik gürültüsüdür. Taşıtların hareketleri sonucu ortaya çıkan bu gürültü, motor gürültüsü, şasi ve kaportadan kaynaklanan gürültüler, frenlemeden doğan gürültü, tekerleklerin yol yüzeyi ile temasından doğan gürültü ve taşıtın oluşturduğu hava anaforundan ileri gelen gürültü gibi bileşenlerden oluşur.

Taşıtlarda gürültü kontrolü, gürültü kaynaklarının çokluğu ve yayılım yollarının çeşitliliği nedeniyle çözümü zor bir akustik problemdir. Hem ses hem de titreşimler taşıtın bütün gövdesi ve donanımları üzerinden yayılmaktadır. İlk önce yapılması gereken gürültü kaynaklarını tespit etmek ve bunların gürültü seviyelerini azaltmaya veya uygun frekanslara kaydırmaya çalışmaktır.

Uygulanan gürültü azaltma yöntemlerini iki grupta toplayabiliriz. Bunlar;

- Sessiz çalışan parçaların geliştirilmesi ve gürültü kaynaklarının yalıtılması
- Yahtıcı veya gürültü önleyici malzemelerin vasıtasıyla gürültünün sönümlemesidir.

Taşıtlardan kaynaklanan titreşimlerin frekansı (1-25) Hz seviyelerine kadar ulaşabilmektedir. Gövde (karoşeri), koltuklar ve direksiyon vasıtasıyla yolculara iletilen bu titreşimler onların sallanmasına, güçlüğü konuşmasına vb. etkilere yol açabilirler. Sürekli titreşime maruz kalan kimselerde psikolojik bozukluklara rastlanmaktadır. Yolcu kabinine aktarılan titreşimlerin en aza indirilebilmesi için taşıtlarda gelişmiş amortisör ve süspansiyon sistemleri kullanılmaktadır. Ayrıca karoşeri yapısı da titreşimlerini sönümleyecek elastikiyette üretilmektedir.

Taşıt gövdesi mümkün olan en iyi doğrultu dengesini sağladığı gibi aynı zamanda yoldaki engebeleri sönümleyerek, sürücünün konforlu bir şekilde seyahat etmesine olanak sağlamalıdır. Taşıt üreticileri taşıtın gövdesini şekillendirirken insan faktörünü baz almalıdırlar. Sürücü; gaz, fren ve debriyaj pedallarını, vites kolunu sanki vücudunun bir parçasıymış gibi kullanabilmelidir. Ayrıca kumanda elemanlarını rahatlıkla görebilmeli ve istediği zaman rahatlıkla ulaşabilmelidir.

Koltuktan sürücüye iletilen sinyaller hayati önem arz eder. İnsan vücudu yanal kuvvet ve açısal hız değişimlerine karşı çok hassastır. Bu hassasiyet bize, otomobilin yola tutulmasının limit değere ulaştığı, artık rotasını koruyamayacak duruma geldiğini algılamamıza yarar. Bu

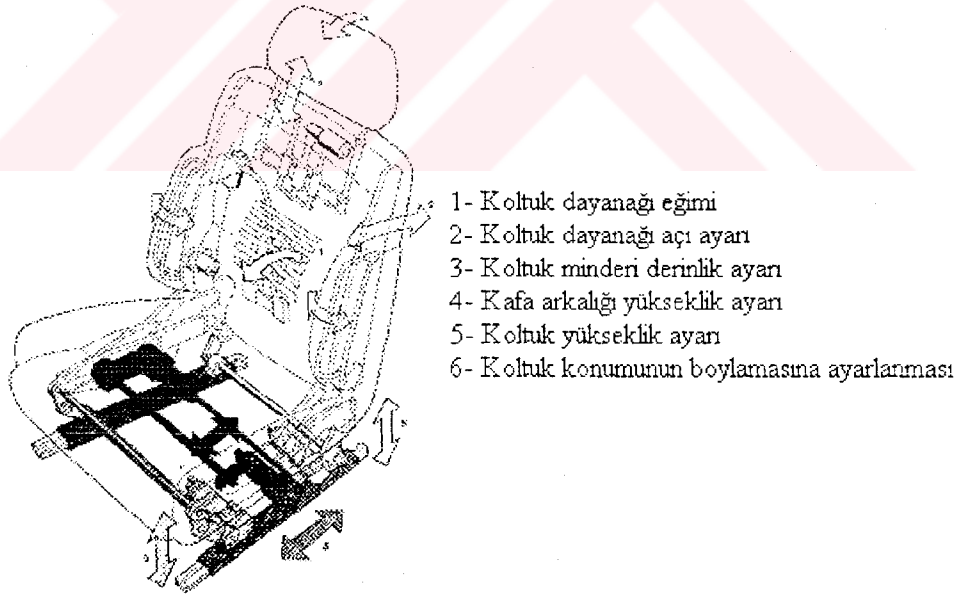
sebepten sürücünün kalçası otomobilin ağırlık merkezine yaklaştırılmalıdır. Bu taşıtın hareketinin daha kolay hissedilmesini ve reaksiyon zamanının kısaltılmasını sağlar.

3.3.1.3 Kumanda ve Kontrol Güvenliği

Taşıt kontrol panellerine ve ekipmanlarına kolay erişim sağlanması ve sürücünün bu ekipmanları rahatlıkla kullanabilmesi için sürücü koltuğu ve çevresinde (direksiyonda, gösterge panelinde vb.) gerekli olan optimum düzenlemelerin yapılmasıyla taşıtın güvenli bir şekilde kontrolü sağlanmış olur. Buna örnek olarak; direksiyon simidinin belirli bölgelerine yerleştirilen düğmelerle radyo-teyp ve cd çaların kontrol edilmesi, camların otomatik olarak açılıp kapanması, koltuğun konumunun değiştirilmesini gösterebiliriz.

Sürücü koltuğu özellikle uzun süre otomobil kullanımında büyük önem arz eder. Bu yüzden tasarımı; mühendisler, ergonomi uzmanları, doktorlar ve test sürücülerinin ortak çalışmaları ile yapılmalıdır. Koltuk ayarları fonksiyonel olmalıdır. Sürücü koltuğa oturduğu zaman kendi ölçülerine göre tam ve rahat bir konumlandırma yapabilmelidir.

Gerekli kumanda ve kontrol güvenliğinin sağlanmasıyla seyir esnasında sürücünün gerginliği azaltılmış olur.(Bosch, 2000)



Şekil 3.1 Elektromekanik koltuk kontrol ayarı (Bauer, 1995)

3.3.1.4 Seyir güvenliği

Taşıtlarda seyir güvenliği; taşıtın tekerlek süspansiyonu, yaylanması, yönlendirilmesi (direksiyon sistemiyle) ve frenleme özellikleri göz önünde bulundurularak birbiriyle uyumlu şasi ve süspansiyon sistemlerinin tasarlanıp üretilmesi sayesinde sağlanır.

Taşıtlarda uygun bir aks aralığı, alçak ağırlık merkezi, uygun aks yükü dağılımı, kontrolsüz yönelmeye yol açmayan frenleme, bütün tekerleklerde elektronik fren kontrolü (ABS, ASR, ESP vb.), retarder kullanımı gibi faktörler seyir güvenliğinde çok büyük bir önem taşırlar.(Bosch, 2000)

3.3.1.4.1 Frenler ve Fren Sistemleri

Frenler bir cismin hareketini durdurmak ya da hareketini azaltmak için kullanılan aygıtlardır. Frenlerin çoğu döner mekanik parçalar üzerine etki yaparak mekanik, hidrodinamik ya da elektriksel yolla kinetik enerji soğururlar.(Çakır, 1998)

En yaygın fren türü olan mekanik (sürtünmeli) frenlerde kinetik enerji ısıya dönüştürülerek yok edilir; bu düzeneklerde sabit bir sürtünme elemanı, hidrolik veya pnömatik yolla döner bir kampanaya ya da diske bastırılarak mekanik sürtünme oluşturulur. Kampanalı (tamburlu) frenlerin sürtünme elemanları, bir yüzü içbükey pabuçlardır; disk frenlerinde ise yastıklardan ya da halka biçimindeki kelepçelerden yararlanılır. Bu elemanlar organik maddelerden, metalden ya da seramikten yapılabilir; çoğunlukla da asbest kullanılır.

Otomobillerde olduğu gibi tek bir merkezden birkaç fren birden harekete geçirilecekse, bütün tekerleklerde eşit frenleme etkisini elde etmek zordur. Bu nedenle bütün frenlerde aynı yağ basıncıyla etki eden hidrolik kumanda sistemi kullanılır.

Fren sistemleri; esas fren sistemleri ve yardımcı fren sistemleri olmak üzere iki grupta toplanabilir.

3.3.1.4.1.1 Esas (Ana) Fren Sistemleri

Bütün taşıtlarda kullanılan, sürekli olmayan fren sistemleridir. Bu sistemler; servis freni (ana fren), yardımcı fren (imdat freni) ve park freninden (tespit freni) meydana gelmektedirler.

3.3.1.4.1.1.1 Servis Freni (Ana Fren)

Servis freni sürücüyü taşıtın hareketini kumanda edebilmesi ve taşıtı güvenli, çabuk ve etkin bir şekilde durdurmasına olanak vermelidir. Servis freninin etkisi kademelendirilebilir olmalıdır. Sürücü frenlemeyi, oturduğu yerden ellerini direksiyondan ayırmadan sağlamalıdır.

3.3.1.4.1.1.2 Yardımcı Fren (İmdat Freni)

Yardımcı fren, ana fren devre dışı kaldığında taşıtı uygun bir mesafede durdurabilmelidir. Etkisi kademelendirilmiş olmalıdır. Sürücü frene oturduğu yerden ve en az tek elle direksiyon hakimiyetini kaybetmeden erişebilmelidir.

3.3.1.4.1.1.3 Park Freni (Tespit Freni)

Sürücü olmaksızın da aracı yokuş ve inişlerde hareketsiz tutabilmelidir. Fren yalnız mekanik bağlantılarla basılmış halde tutulabilmelidir. Sürücü, park frenini oturduğu yerden kumanda edebilmelidir. Park freni, kumandası kademelendirilebiliyorsa, yardımcı fren olarak da sayılabilir.

3.3.1.4.1.2 Yardımcı Fren Sistemleri

Sürekli kullanılan fren sistemleridir. Çalışma prensiplerine göre yardımcı fren sistemleri ikiye ayrılırlar. Bunlar;

- Sürtünmeli (mekanik) frenler (kampanalı, diskli frenler)
- Sürekli frenler (motor freni, egzoz freni ve retarder)

3.3.1.4.1.2.1 Sürtünmeli Fren Sistemleri

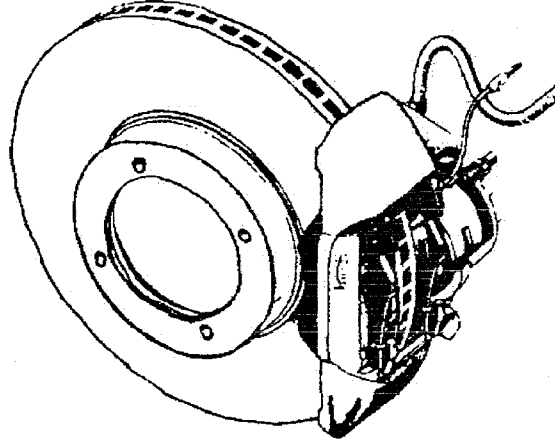
Taşıtlarda tekerlek freni olarak sürtünmeli frenler kullanılır ve şu işlevleri yerine getirirler:

- Fren momentinin oluşturulması,
- Enerji değişiminin gerçekleşmesidir (Kinematik veya potansiyel enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesi ve bu ısının atılması).

Sürtünmeli frenler diskli ve kampanalı olmak üzere ikiye ayrılırlar.(Pamukçu, 1997)

3.3.1.4.1.2.2 Diskli Fren Sistemi

Diskli frene; sürtünme temas yüzeyinin küçük olmasından dolayı “spot”freni de denir. Disk fren sistemi sabit bir kaliper ile bu kaliper üzerine yerleştirilen fren balatası, fren pabuçları, fren hidrolik silindiri ve pistonlardan ibarettir.



Şekil 3.2 Disk fren ve elemanları(Pamukçu, 1997)

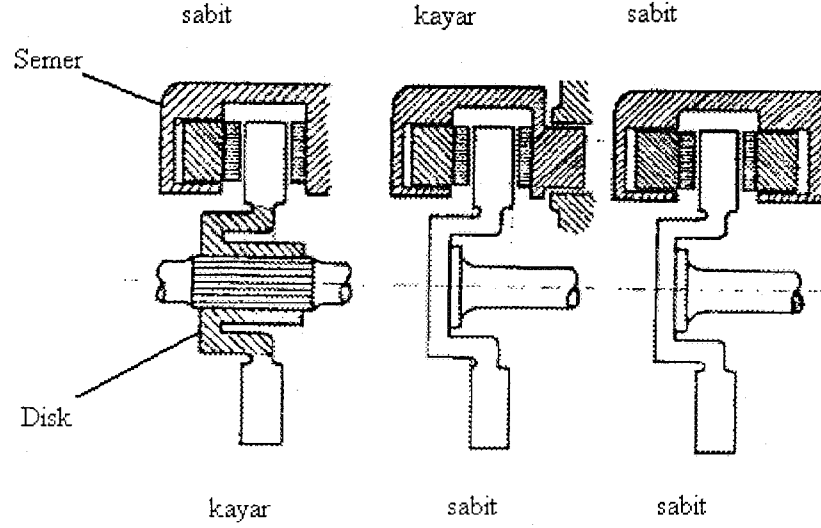
Diskli frenlerde tekerlekle eş eksenli olarak monte edilmiş bir metal disk tekerlekle birlikte dönmektedir. Semer adı verilen ve tekerlek askı kollarına bağlı olan bir parça, genellikle diski bir köşesinden kavrar. Diski çepeçevre kavrayan semerler de mevcuttur. Semerin iç kısımlarında diskin iki yüzeyine yaslanan balatalar frenleme sırasında hidrolik basınç ile diski her iki yönden eşit kuvvetle sıkıştırırlar.

Disklin semer tarafından örtülü olmayan kısımları hava akımlarına açık bulunduğundan kolayca soğutulmaktadır. Çamur veya balata tozları merkezkaç kuvvetle ya da hava akımıyla temizlenir. Disk kaba kirlenmelere karşı bir çamurluk sacı ile korunmaktadır.

Disk frenler konstrüktif yapılarına göre farklı tiplere ayrılırlar. Disk frenlerin gelişmesi, sabit semerli tip disk freni ile başlamıştır. Günümüzde kayar semerli konstrüksiyon; kayma bölgelerinin korozyon ve kirden iyi korunabiliyor olması nedeni ile daha çok tercih edilmektedir.

Sabit semerli disk frenlerde; eksenel yönde hareketsiz olarak monte edilmiş olan semerin her iki yanında karşılıklı duran fren silindirlerindeki hidrolik basınçları eşittir. Disklin eksenel yöndeki balanssızlığı pistonların hareketi ile dengelenir.

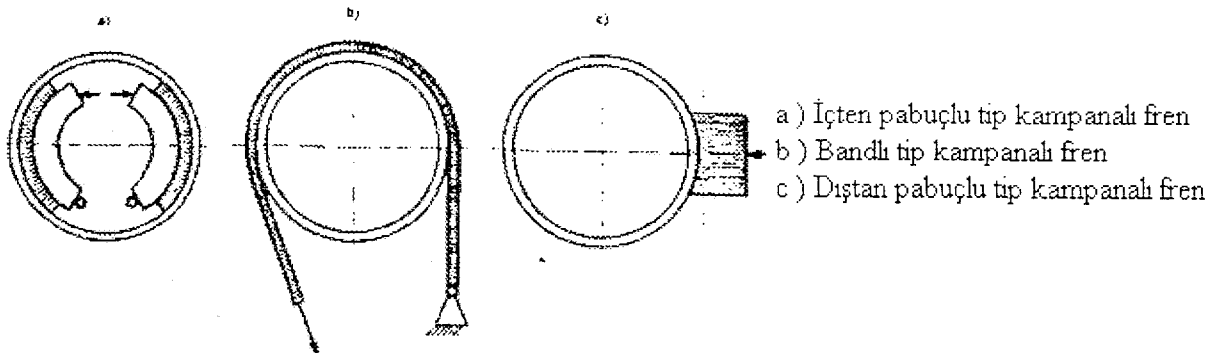
Bütün sürtünmeli frenlerde balatalar aşındığından bir boşluk ayarı gerekmektedir. Böylece balatanın diske her zaman çok yakın durması sağlanır. Kampanalı frenlerde boşluk ayarı elle yapılabilmekte iken disk frenlerde bu ayar otomatik olarak sağlanmaktadır.



Şekil 3.3 Çeşitli disk fren tipleri(Pamukçu, 1997)

3.3.1.4.1.2.3 Kampanalı Fren Sistemi

Kampanalı bir fren; fren siper tablası, fren pabucu, pabuç geri getirme yayı ve fren kampanası gibi elemanlardan oluşmaktadır. Kampanalı frenlerde fren yüzeyi silindiriktir. Çeşitli tipleri olmakla birlikte taşıtlarda genellikle içten pabuçlu olanları kullanılmaktadır. Kampanalı fren sistemlerinde fren pedalına basıldıktan sonra merkezi silindirde oluşan basınç tekerlek fren silindirlerine kadar iletilir. Tekerlek fren silindirlerinin pistonlarının hareket etmesiyle bu basınç itme kuvvetleri halinde pabuçlara iletilir ve pabuçlar açılarak dönmekte olan kampanaya temas ederler. Pabuçlar üzerlerindeki balatalar vasıtasıyla temas ettikleri kampanayı sürtünmenin etkisiyle durdurur.



Şekil 3.4 Kampanalı frenlerin yapısı

3.3.1.4.1.2.4 Diskli Fren Sistemleri ile Kampanalı Fren Sistemlerinin Karşılaştırılması

Günümüzde disk frenler özellikle otomobillerin ön akslarında ve bazı modellerin arka akslarında da kullanılmaktadır. Ayrıca ağırlığı 7.5 tonun altında olan ticari taşıtların ön akslarında da disk fren kullanımı artmaktadır. Otomobillerin büyük bir kısmının arka aksları ve ticari taşıtların çoğunun ön ve arka akslarında kampanalı frenler bulunmaktadır. Diskli frenlerle kampanalı frenler arasındaki farkları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Kampanalı frenlerde baskı kuvveti disk frenlerindeki orana daha düşüktür.
- Diskli frenler ısınmadan doğan sürtünme kayıplarına daha dayanıklıdır.
- İç çevrim oranının büyük olmasından dolayı kampanalı frenlerde baskı kuvveti ve buna bağlı olarak pedal kuvveti de daha düşük olduğundan otomobillerde ek bir kuvvetlendirici düzeneğe gerek kalmamaktadır. Bu da kampanalı frenlerin kullanıldığı bir sistemin daha ucuz olmasını sağlamaktadır.
- Diskli frenlerin balata ve pabuçları daha çabuk değiştirilebilir, servis zamanı azdır.
- Balata basıncının düşük olması balata üzerindeki aşınmaları azaltmaktadır. Bu husus özellikle yılda kat edilen yol miktarı yüksek olan ağır taşıtlarda disk fren kullanılmamasının ana nedenlerinden biridir. Aşınmanın fazla olması, balataların sık sık değiştirilmesine yol açmaktadır.
- Bir fren diski kampanaya oranla daha hafiftir.

3.3.1.4.1.3 ABS (Anti-Blokaj) Fren Sistemi

ABS, blokaj önleyici sistem anlamına gelmektedir. ABS'nin ilk görevi, frenleme esnasında tekerleklerin kilitlenmek üzere olduğu anı belirlemek ve kilitlenmeye engel olmaktır. ABS sistemi, taşıt tekerleklerinin hızlarının sürekli olarak ölçülüp ortalama taşıt hızının saptanmasını sağlar. Sensörlerin yardımıyla belirlenen taşıt hızı ve tekerlek hızı bilgileri frenlerin kontrolünde kullanılır. Frene basıldığında lastikler kaymaya başlar. ABS sistemi kayma oranına bağlı olarak tekerleklerdeki kilitlenmenin ne zaman oluşacağını belirler ve bunu engellemek için hidrolik basıncı azaltır. Tekerlekler taşıt hızından daha düşük bir hızda olsa bile kilitlenmeden yuvarlanmaya (öteleme + dönme) devam eder ve böylece taşıt stabilitesi sağlanır.

3.3.1.4.1.3.1 ABS Sisteminin Gelişimi

Taşıtların fren yapması esnasında kilitlenen yada kilitlenmek üzere olan ön veya arka tekerlek, taşıtın frenleme esnasındaki kontrolünü güçleştirmektedir. ABS (anti-blokaj sistemi) taşıtların frenleme esnasındaki doğrusal stabilitenin ve kontrolünü sağlayabilmek amacıyla geliştirilmiştir.

İlk ABS 1952’li yıllarda Dunlop firması tarafından “Maxaret”adıyla o zamanki uçaklarda kullanılmaya başlanmıştır. ABD’de birçok üretici firmanın ABS sistemlerini geliştirme çabaları sonucunda 1969 yılında ilk olarak “Thunderbird” adlı bir otomobilde ABS sistemi kullanıldı. Bu araçta Ford ve Kelsey Hayes tarafından geliştirilen ve sadece arka aks kontrolünün yapıldığı bir sistem kullanılıyordu.

Avrupa’da 1970’lerin ortalarına doğru elektronik alanındaki gelişmelere paralel olarak “Bosch” firması ilk defa bir mikro işlemci içeren ABS sistemi dizayn etti. 1980’li yılların sonlarına doğru hemen hemen tüm otomobil üreticilerinin lüks modellerinde ABS fren sistemi bulunmaktaydı. 1991 yılında ise üretilen otomobillerin yaklaşık 1/3’nde ABS bulunuyordu. ABS sistemlerinin tüm taşıtlarda uygulanamayışının sebebi pahalı bir sistem olmasıydı. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak günümüzde ABS fren sistemlerinin fiyatı makul oranlara kadar düşürülmüştür. Örneğin GM firması 350 \$’a mal olan bir ABS sistemi geliştirmiştir. Günümüzde ABS daha çok bazı özel araçlarda ve hafif kamyonlarda kullanılmaktadır.

3.3.1.4.1.3.2 ABS Sisteminin Özellikleri

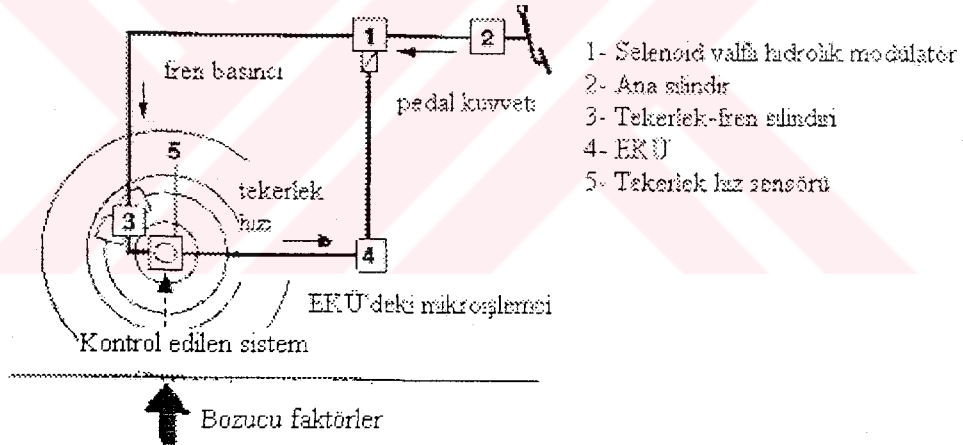
ABS sistemi frenleme esnasında tekerleklerin kilitlenmesini önler. Sürücünün normal fren sistemleriyle (kampanalı fren, disk fren vb.) yaptığı sert frenleme tekerleklerin kilitlenmesine ve taşıtın kaymasına neden olur. Kilitlenen arka tekerlekler taşıtın dengesini bozarken, kilitlenen ön tekerlekler de direksiyon hakimiyetinin kaybolmasına neden olur. Özellikle bu durum ıslak ve kaygan yollarda daha da artar. Kaygan yollarda veya ani frenlemede sürücünün fren pedalına uyguladığı kuvvet tekerlekleri kilitlenme noktasına getirebilir. Bu noktada ABS devreye girerek ilgili tekerleğin fren basıncını, pedal kuvvetinden bağımsız olarak düşürür. Sürücü fren pedalına normal frenleme koşullarında gerektiği kadar veya ani frenleme durumlarında tümüyle basar. Bu durumda ABS’siz bir taşıtta tekerlek fren basıncı sürekli artar, kuvvet bağlantı katsayısına bağlı olarak bir süre sonra da tekerleklerin hızı aniden düşerek tekerlekler kilitlenir. ABS sistemi olan bir taşıtta ise tekerlekler kilitlenme eğilimine girdiklerinde ABS frenlemenin kontrolünü ele alarak fren kuvvetini pedal

kuvvetinden bağımsız hale getirir ve optimum koşullarda pedal kuvveti düşünceye veya taşıt duruncaya kadar fren basıncı ayarlanarak frenleme sürdürülür.

Taşıt fren sistemleri üzerinde uzun yıllardır süren araştırmalar, yüksek hızlarda bile optimum fayda sağlayacak güçlü sistemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Geliştirilen bu sistemler olağan kullanım koşullarında çabuk ve etkin bir frenleme sağlarlar. Ancak bazı kritik koşullarda (ıslak veya kaygan yüzeyler, sürücünün panik reaksiyonları vb.) yapılan frenleme, tekerleklerin bloke olmasıyla sonuçlanabilir.

Tekerleklerin bloke olması taşıtın doğrultu kontrolünün kaybolması veya taşıtın savrulması yoldan çıkmasına sebep olabilir. ABS sistemlerinin önemi bu tip durumlarda ortaya çıkmaktadır. Sistem tekerleklerin kararsız bölgeye girdiğini algılayarak devreye girer, fren basıncı artırımını durdurur veya fren basıncını azaltır.

Kuru, ıslak ve buzlu yüzeylerde ABS kullanılmasıyla, tüm tekerlekleri bloke olmuş (ABS fren sistemi olmayan) taşıta göre daha kısa durma mesafeleri elde edilmektedir. Tüm yol şartlarında ABS'nin esas yararı taşıt stabilitesini ve doğrultu kontrolünü sağlamasıdır.



Şekil 3.5 ABS kontrol çevrimi ve sistemin genel şeması(Driving Safety Systems, 1999)

Dört tekerlekte ya da yalnızca arka tekerleklerde etkili olan iki tip ABS sistemi mevcuttur. Dört tekerleğe de etki eden ABS sistemleri binek otomobillerinde ve birçok kamyonette kullanılmaktadır. Yalnızca arka tekerleklere etki eden ABS fren sistemleri ise özellikle kamyonetler için dizayn edilmiştir.

ABS fren sistemleri her ne kadar otomobillerde giderek yaygınlaşmakta ise de özellikle yük taşıtları için büyük önem taşımaktadırlar.

Yük taşıtlarında taşıtın boş ve yüklü haldeki ağırlıkları arasındaki fark oldukça fazladır. Tekerleklerin üzerine etki eden yük durumu değiştiğinde belirli bir frenleme kuvvetini elde

etmek için uygulanması gereken fren basıncı da aynı oranda değişmektedir. Örneğin yüklü taşıtın tekerleklerini bloke etmeden frenleyebilecek bir pedal kuvveti, yüksüz bir taşıtın tekerleklerini bloke etmek için yeterli olabilmektedir. Bu da sürücünün kritik durumlarda doğru fren yapmasını güçleştirmektedir.

Römorklu taşıtlarda frenleme esnasında tekerleklerin bloke olması esnasında birbirine eklemle bağlı olan bölümlerin kontrolü mümkün olamamaktadır. Ya çekici doğrultusunu kaybedip römorka doğru kaymakta ya da römork yanlara doğru kayarak arkadan gelen taşıtlar için tehlike oluşturmaktadır.

ABS'ler taşıtın fren sistemine uygulanan kontrol şekillerine göre değişik tiplere ayrılmaktadır. Bunlar:

Tekil kontrol: Bu kontrol şeklinde her bir tekerlek diğerinden bağımsız olarak yol ile arasındaki bağlantı katsayısına uygun frenleme yapmaktadır. Böylelikle en yüksek frenleme ivmesinden faydalanılmaktadır. Ancak tekil kontrol ön aks tekerleklerine uygulandığında, ani bir frenleme sırasında sağ ve sol tekerlekler arasındaki bağlantı katsayıları farkı büyük ise bu farkla orantılı ani direksiyon momentleri ortaya çıkmakta, dolayısıyla direksiyon hakimiyeti güçleşmektedir.

Yumuşatılmış tekil kontrol: Prensipte olarak tekil kontrolde olduğu gibi her tekerlek ayrı ayrı en uygun frenlemeyi yapmaktadır. Ancak bir aksın sağ ve sol tekerlekleri arasında büyük bir kuvvet bağlantı katsayısı farkı varsa başlangıçta her iki tekerlekte düşük katsayıya göre fren yapmakta, ancak katsayısı yüksek olan tekerleğin fren basıncı gecikmeli olarak yavaş yavaş artırılarak uygun değere yükseltilmektedir. Bu süreç yüksek sürtünme katsayılı taraftaki tekerlek kilitlenme aşamasına gelinceye kadar sürer, ardından da tekil kontrol devam eder. Böylelikle yalnız başına tekil kontroldeki ani direksiyon momentleri sakıncası giderilmiş ve direksiyon hakimiyeti iyileştirilmiş olmaktadır.

Düşük katsayıya göre kontrol: Bu tip kontrolde her aks için bir tane basınç kontrol ventili kullanılmakta, dolayısıyla sağ ve sol tekerleklerin fren basınçları eşit olmaktadır. Devir sayısı kontrolü her iki tekerlekte de yapılmakta ancak fren basıncı yol ile arasındaki kuvvet bağlantı katsayısı düşük olan tekerleğe göre kontrol edilmektedir. Bu kontrol tipinde, sağ ve sol tekerleklerde farklı bağlantı katsayıları söz konusu ise küçük olan katsayıya göre fren yapıldığından mümkün olan frenlemenin tümünden yararlanılmaktadır. Bunun sonucunda durma mesafesi uzar. Avantajı ise yüksek yan kuvvet potansiyeli ve savrulma momentinin

ortadan kaldırılmasıdır. Böylece ani ortaya çıkacak direksiyon momenti ve aracın savrulma tehlikesi ortadan kaldırılmış olur.

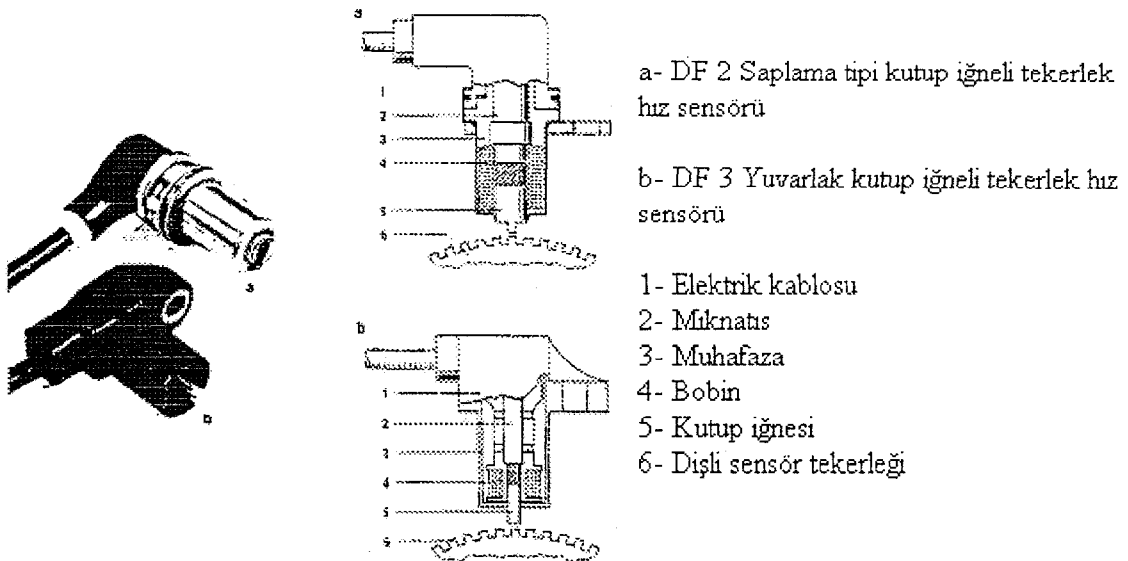
3.3.1.4.1.3.3 ABS Sisteminin Temel Bileşenleri

3.3.1.4.1.3.3.1 Tekerlek Hız Sensörleri

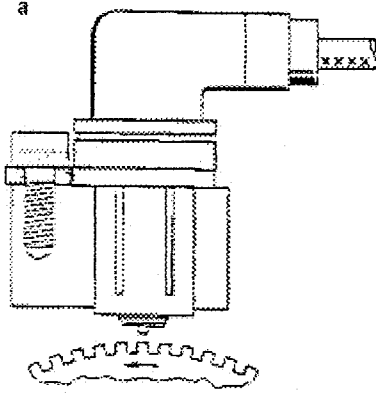
Tekerlek hız sensörleri, taşıtların tekerlek hızlarını ölçer ve ölçülen bu dataları elektronik kontrol ünitesine (EKÜ) gönderir.

ABS elektronik kontrol ünitesinde, taşıtın tekerlek hızları karşılaştırılarak ortalama bir hız değeri belirlenir ve taşıtın bu hızla hareket ettiği kabul edilir. Her bir tekerleğin hızı ortalama taşıt hızı referans alınarak düzenlenir. Yani taşıt hızından düşük hızdaki tekerlekler hızlandırılır; yüksek hızdaki tekerlekler de fren kuvveti uygulanarak yavaşlatılır. Bu sayede bütün tekerleklerin hızı aynı olur.

Elektromanyetik tekerlek hız sensörü bir mıknatıs çubuğun üzerine sarılmış bobin mekanizmasından meydana gelir. Mıknatıs çubuğun bir ucu kutup iğnesi vazifesini görürken diğer ucu da tekerlek hız ölçüm sinyallerinin EKÜ'ye gönderilmesini sağlar. Kutup iğnesi, dişli sensör halkasıyla radyal veya eksenel bir şekilde aynı hizaya getirilecek bir şekilde yerleştirilmiştir. Tekerlek göbeğine veya şafta monte edilen sensör halkasının dişlileri bir sinyal üretici olarak çalışır. Dişler kutup iğnesinin hizasından geçerken sürekli değişen manyetik alan sebebiyle sargı (bobin) üzerinde değişken gerilimler (sinyaller) meydana gelir. Bu şekilde elde edilen sinyaller EKÜ'ye gönderilir.

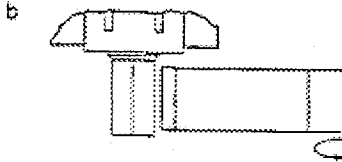


Şekil 3.6 a Tekerlek hız sensörlerinin yapısı(Nunney, 1998)

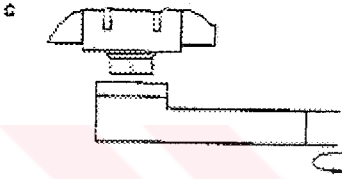


a) Saplama tipi kutup iğneli hız sensörünün radyal yerleştirilmesi

b) Rombus (eşkenar) tipi kutup iğneli hız sensörünün eksenel yerleştirilmesi



c) Yuvarlak kutup iğneli hız sensörünün radyal yerleştirilmesi

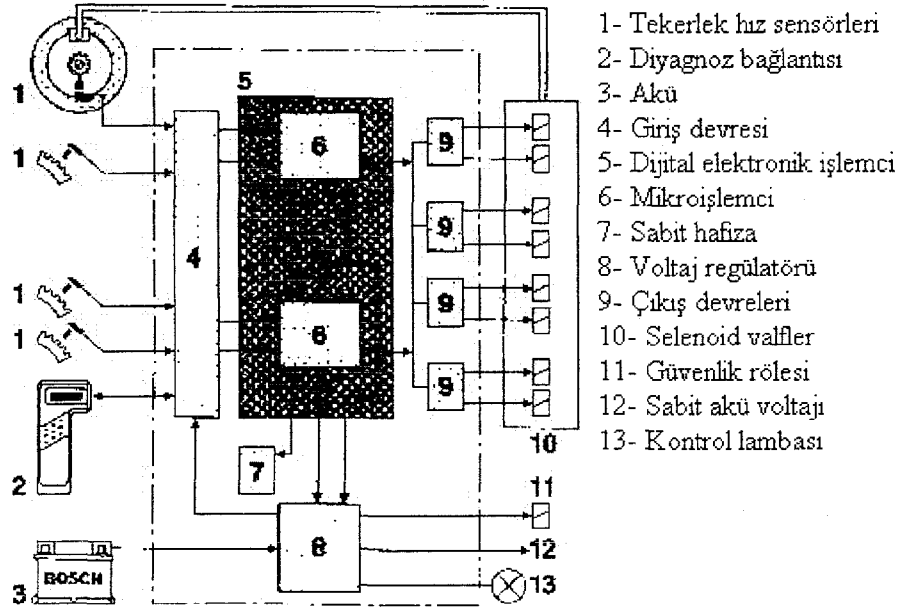


Şekil 3.6 b Tekerlek hız sensörleri kutup iğnesi yerleşim şekilleri(Nunney, 1998)

3.3.1.4.1.3.3.2 Elektronik Kontrol Ünitesi

Hidromekanik ABS'ler hariç tüm ABS sistemlerinde hız sensörlerinden gelen sinyalleri alan ve bunları sistem modülatörleri için gerekli komutlara dönüştüren mikro işlemcili bir elektronik kontrol ünitesine (EKÜ) ihtiyaç vardır. Elektronik kontrol ünitesindeki elektronik devreler vasıtasıyla tekerlek hız sensörlerinden gelen sinyaller sayılar olarak tekerleğin açısal hızı ve açısal ivmesi hesaplanabilmektedir. Bütün tekerleklerin açısal hızlarının ve ivmelerinin karşılaştırılması yoluyla bir referans açısal hız ve ivme değeri belirlenir. Bu sınır değerler EKÜ'nün hafızasında depolanır. Seyir esnasında her bir tekerleğin ayrı ayrı açısal hızları ve açısal ivmeleri elektronik devre hafızasında bulunan bu sınır değerlere göre kontrol edilir. Eğer tekerleklerden herhangi birinde referans hız değerinden sapma meydana gelmişse EKÜ ürettiği sinyallerle basınç kontrol ventillerini kumanda etmekte ve böylelikle sistemde uygun şekilde basınç azalması ya da artırılması gerçekleşmektedir.

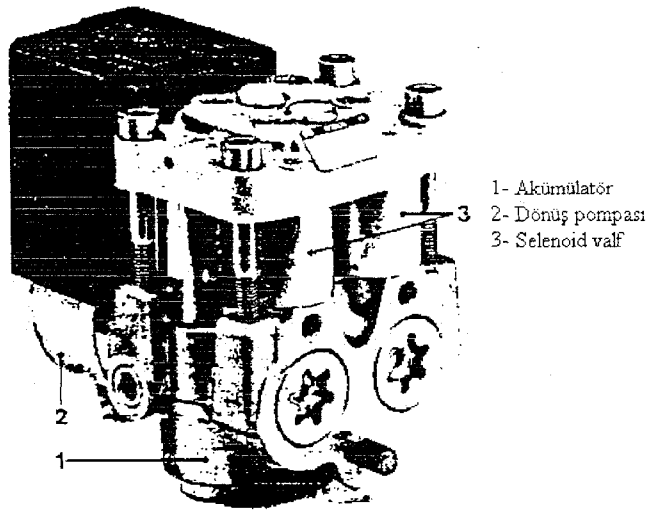
EKÜ'nün hızlı çalışması ve hassasiyetiyle frenleme kuvveti yol şartlarına bağlı olarak saniyede 3-12 kez düzenlenir. Bu sayede kontrollü bir frenleme sağlanır.



Şekil 3.7 Elektronik kontrol ünitesi (EKÜ)(Bauer, 1995)

3.3.1.4.1.3.3.3 Hidrolik Modülatör

Hidrolik modülatör; elektronik kontrol ünitesinden aldığı kontrol sinyalleriyle, yapısındaki selenoid valfleri harekete geçirerek , sürücünün hareketlerinden (fren pedalına sonuna kadar basma vb.) bağımsız olarak frenleme esnasındaki optimum fren basıncını (pnömatik veya hidrolik basıncı) ayarlar. Hidrolik modülatör EKÜ ile tekerlek-fren silindirleri arasına yerleştirilmiştir. Hidrolik modülatör ayrı bir basınç kaynağından beslenir. Basınç kaynağı elektromekanik sistemlerde, elektrik motoru tahrikli bir pompadır ve 14-17.5 MN/m² değerleri arasında bir basınç üretir.



Şekil 3.8 Hidrolik modülatör (Bosch)

3.3.1.4.1.3.3.4 ABS Sisteminden Beklenenler

ABS fren sisteminden beklenenleri şu şekilde sıralayabiliriz;

- Her türlü yol şartında doğrultu kontrolü ve taşıt stabilizesini sağlamalıdır.
- Tekerlek ile yol arasındaki sürtünme katsayısından maksimum derecede faydalanacak şekilde frenleme yapılmasını sağlamalıdır. Taşıtın doğrultu kontrolünün ve stabilizesinin korunması, frenleme mesafesinin azaltılmasından daha önemlidir.
- ABS kontrol sistemi taşıtın ulaşabileceği tüm hız değerlerinde etkin bir şekilde çalışmalıdır. Alt sınır yürüme hızı olarak kabul edilmiştir. Tekerlek kilitlenmesi yürüme hızının altındaki hızlarda kritik bir faktör olmaktan çıkmaktadır.
- Sistem zemin üzerindeki farklılıklara çabuk adapte olmalıdır. Örneğin kuru bir yol üzerindeki buz öbekleri sonucu oluşabilecek tekerlek kilitlenmesine ve dolayısıyla kısa bir süre için de olsa doğrultu kontrolü ve seyir stabilizesinin bozulmasına sistem engel olmalıdır.
- Ayrık sürtünme katsayılı (μ -split; yolun bir tarafı buz, diğer tarafı da kuru vb.) yol şartında, frenleme esnasında oluşabilecek savrulma momentini en acemi sürücünün dahi karşılayabileceği mertebelere düşürmelidir.
- Viraj dönerken yapılan frenlemede mümkün olan en kısa frenleme mesafesi sağlanırken taşıtın stabilizesi ve doğrultu kontrolü kaybolmamalıdır. Burada sistemden istenen, araç hızını virajı emniyetle alınacak hızın altına güvenli bir şekilde çekmesidir.
- Bir uyarı devresi ABS sisteminin çalıştığını sürekli olarak takip ederek bir hata oluştuğunda sürücüyü ikaz etmelidir.

3.3.1.4.1.3.3.5 ABS Freni Takılı Taşıtta Etkili Kullanım İçin Yapmamız ve Yapmamamız Gerekenler

ABS frenini, etkili bir şekilde kullanabilmemiz için dikkat etmemiz gereken hususlar şunlardır;

- ABS ile donatılmış taşıtlardaki fren mesafesi diğer araçlara göre daha kısa olmasına rağmen, bu farklılık yol koşullarına ve diğer faktörlere göre değişeceğinden, önümüzdeki araçla olan takip mesafesini korumamız gerekir.

- Karlı yollarda ABS ile donatılmış taşıtlardaki fren mesafesi diğer araçlara göre daha kısa olmasına rağmen, taşıt daha düşük hızlarda kullanılmalıdır.
- ABS'yle bile ani frenleme sırasındaki direksiyon hareketleri, frenleme yapılmadığı zamanlara göre çok fazla farklılık göstermez. Bu nedenle direksiyonu dikkatli kullanmalıyız.
- ABS'li taşıtlar kullanılmadan önce yeterince pratik yapılmalıdır. Fren pedalında oluşan titreşimler, normal frene alışmış bir sürücüyü korkutabilir. Bu nedenle taşıtı karayolunda kullanmadan önce boş park ve arazilerde , iyi ve kötü hava koşullarında kullanarak ABS frenine alışmamız gerekir.
- ABS frenlerinin fren mesafesinin diğer frenlere oranla daha kısa olmasına güvenip insanların can ve mal güvenliğini tehlikeye atacak şekilde taşıt kullanımından (virajları hızlı dönmek, uygunsuz şerit değiştirmek vb.) kaçınmalıyız.
- ABS'li taşıtlarda frenleme esnasında ayağımızı fren pedalından çekmemeliyiz. ABS sistemi, tekerleklerin kilitlenmemesi için gerekli fren basıncını kendiliğinden ayarlar.
- ABS bile doğal fizik kurallarının taşıt üzerinde işlemlerini önleyemez. Örneğin; virajlara fazla hızlı girmek ya da diğer bir aracı çok yakından takip etmek sonucunda meydana gelen kazaları önleyemez. Böyle durumlarda güvenlik önlemlerini uygulamak, hıza karar vermek ve doğru fren yapmak sürücünün işidir.

3.3.1.4.1.4 Anti-Patinaj Sistemi (TCS)

3.3.1.4.1.4.1 Giriş

Kritik sürüş koşulları yalnızca ani ve sert frenlemede oluşmaz. Özellikle kaygan ya da eğimli yüzeylerde kalkış esnasında ve viraj alınırken taşıtta gaz pedalına aşırı basılması sonucunda meydana gelen tekerlek patinajı da kritik durumların (kayma, savrulma vb.) oluşmasına sebep olur. Bu gibi durumlarda sadece sürücünün kumandası taşıtın stabilizasyonunu sağlamada yeterli olmayabilir.

Önden çekişli taşıtlarda tekerleklerin patinaj yapması durumunda, sürücü, taşıtın doğrultu kontrolünü direksiyon hareketleri ile sağlayamayacaktır. Arkadan itişli taşıtlarda tekerleklerin patinaj yapması ise taşıtın arkasının kontrolsüz olarak savrulmasına neden olacaktır.

Patinaj, lastiklerin aşınmasına ve tahrik sistemi elemanlarına aşırı ve darbeleri yükler etki etmesine sebep olur. Patinaj yapan bir tekerlek aniden yola tutunduğunda diferansiyel

dişlerine çok büyük yükler darbe etkisiyle etki etmektedir. TCS sistemi kullanılan taşıtlarda bunun önüne geçilmiş olur.

Tekerleklerin yanal kuvvet taşıma kapasitesi frenlemede tekerleklerin bloke olmasıyla kaybolurken aynı etki aşırı moment uygulanmış bir tekerleğin patinaj yaptığı durumda da ortaya çıkmaktadır. TCS sistemi tekerleğe etki eden döndürme momentini, lastikten yola iletebilecek kuvvet sınırına uygun olarak ayarlayarak patinajı önlemektedir.

Tekerleğe etki eden döndürme momenti şu şekilde ayarlanmaktadır;

- Gaz kelebeğinin kısılması yoluyla motora müdahale edilerek güç, dolayısıyla tork azaltılır.
- Patinaj yapan tekerleğe fren momenti uygulanır.

Her iki yöntemin uygulanmasında da ABS sistem bileşenlerine ilaveler yapılarak elde edilen sistemler kullanılmaktadır. Mercedes-Benz ile Robert Bosch firmaları arasında varılan bir anlaşmayla ABS sistemiyle entegre (iç içe) yapıda üretilen TCS (Traction Control System) sistemleri 1987 yılından itibaren ASR (Antriebs-Schubf-Regulung) sistemleri olarak adlandırılmıştır.(Fenton, 1995)

3.3.1.4.1.4.2 TCS Sisteminin Temel Bileşenleri

Her ne kadar TCS sisteminde, ABS sistemindeki bileşenler kullanılsa da bazı bileşenlerin ABS sistemindekinden farklı görevleri vardır.

3.3.1.4.1.4.2.1 Tekerlek Hız Sensörleri

Aynen ABS sistemlerindeki gibi; tekerlek hız sensörleri, taşıtların tekerlek hızlarını ölçer ve ölçülen bu dataları elektronik kontrol ünitesine (EKÜ) gönderir.

3.3.1.4.1.4.2.2 Elektronik Kontrol Ünitesi (EKÜ)

ABS sistemlerindeki elektronik devrelere, TCS sistemlerine özgü bir takım devrelerin yerleştirilmesiyle elde edilmiştir. EKÜ’de; tekerlek hız sensörlerinden gönderilen sinyaller vasıtasıyla, her bir tekerlekteki kayma oranı hesap edilir ve tekerleklerden herhangi birinde normalden fazla bir kayma değerine rastlanırsa TCS sistemi devreye girer.

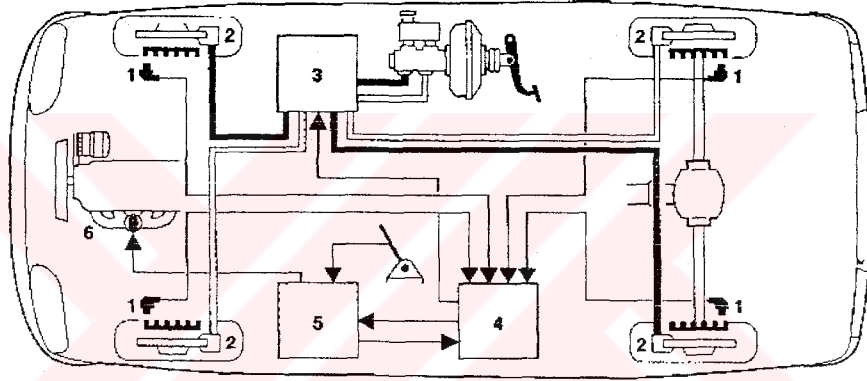
Tekerlek hız sensörlerinden gönderilen sinyaller birbiriyle paralel çalışan iki mikro işlemci ünitesinde değerlendirilir ve burada fren tork kontrolünü gerçekleştiren selenoid valfler ile hidrolik modülatör tedarik pompasının kumanda edilebilmesi için gerekli komutlara dönüştürülür.

3.3.1.4.1.4.2.3 Hidrolik Modölatör

Hidrolik modölatör; elektronik kontrol ünitesinden aldığı kontrol sinyalleriyle, yapısındaki selenoid valfleri harekete geçirerek , sürücünün hareketlerinden bağımsız olarak frenleme esnasındaki optimum fren basıncını (pnömatik veya hidrolik basıncı) ayarlar. ABS dönüş pompası fren akışkanını ana silindirden çeker ve TCS sistem basıncını oluşturur. Bunun anlamı; tahrik tekerleklerindeki fren silindirlerine sürücünün hiçbir müdahalesi olmadan fren basıncının uygulanabilmesidir.

3.3.1.4.1.4.2.4 Tekerlek Frenleri

Hidrolik modölatör tarafından tekerlek fren silindirlerine uygulanan frenleme basıncı ile; fren balatalarının, fren kasnağı veya fren disklerine baskı yapması sağlanır.



Şekil 3.9 Anti-patinaj sistemi (Bauer, 1999)

1. Tekerlek hız sensörleri 2. Tekerlek frenleri 3. ABS / TCS hidrolik modölatör
4. ABS / TCS elektronik kontrol ünitesi 5. EKÜ 6. Gaz kelebeği

3.3.1.4.1.4.3 TCS Sistemlerinin Çalışma Prensibi

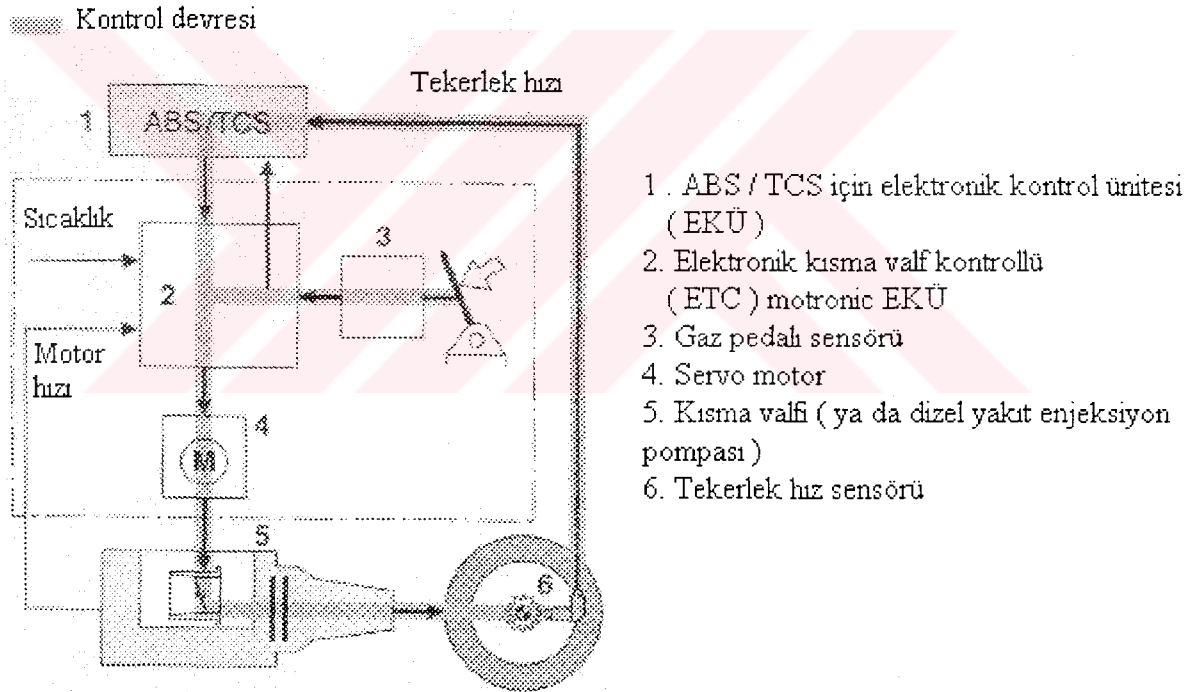
Tahrik tekerlekleri kayma eğilimi gösterdiğinde, TCS sistemi taşıtın itme kuvvetini; tekerleklerdeki kayma oranını ve tekerleklerin hızlanma ya da azalma değerlerini göz önünde tutarak kontrol eder.

Tekerleklerde yer alan hız sensörleri; taşıt seyir halindeyken EKÜ'ye tekerleklerin hızlarıyla alakalı sinyal gönderir. Sürücü gaz pedalına bastığında motor döndürme momenti ve dolayısıyla da tekerlek döndürme momenti (torku) artar. Tekerlek torku yola tamamiyle aktarılabilirse, taşıt hiçbir sorunla karşılaşmadan kolaylıkla hızlanabilir. Eğer tekerlek torku, yola fiziksel olarak aktarılabilecek tork değerini aşarsa, tahrik tekerleklerinden en az birinin hızı artar ve bu tekerlekler patinaj yapma eğilimi gösterir. TCS sistemi bu esnada ya tahrik

tekerleklerindeki döndürme momentini kontrol altına alarak ya da patinaj yapan tekerleğe fren momenti uygulayarak patinajı engeller. Bu sayede taşıt stabilizasyonu sağlanır.

Gaz pedalı sensörü; pedalın pozisyonunu elektrik sinyaline dönüştürür. EKÜ'de programlanmış bazı parametreler ve diğer sensörlerden (örneğin; sıcaklık, motor hızı sensörleri vb.) gelen sinyaller, bir elektrikli servo motor için kontrol voltajına dönüştürülür. Servo motor; tekerlek torkunu değiştiren gaz kelebeğini veya dizel enjeksiyon pompası kontrol kolunu harekete geçirir.

Tekerlek hız sensörlerinden TCS sistemine ihtiyaç duyulduğuna dair bir sinyal alındığında EKÜ modülatöre kumanda ederek, hidrolik akümülatörden sağlanan yüksek basınçtaki fren akışkanının, patinaj yapan tekerleğin fren silindrine gitmesini sağlar. Modülatör valfi, tekerlekteki patinaj eğilimi geçinceye kadar fren hattı basıncını sabit tutar. Daha sonra tekerleği serbest bırakır.



Şekil 3.10 TCS sistemlerinde elektronik kısma valfi kontrolü(Bauer, 1995)

3.3.1.4.1.4.4 TCS Sisteminden Beklenenler

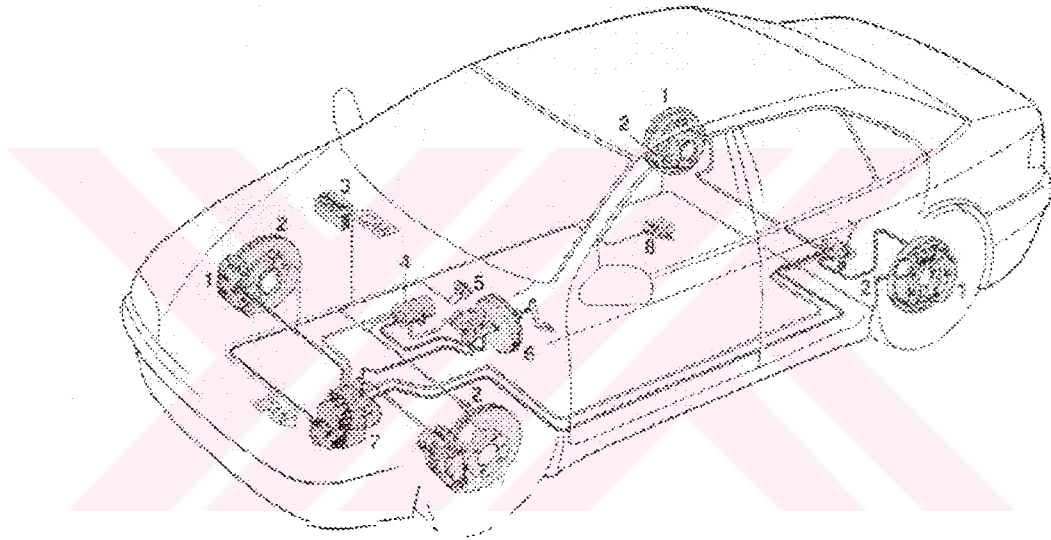
TCS sisteminin şu şartları sağlaması beklenir;

- Her türlü yol şartında tahrik tekerleklerinin patinaj yapmasını önlemelidir.
- Sistem sürücünün kumandası dışında motora ilave gaz vermemelidir.

- Sistem çok çabuk devreye girebilmelidir.
- Virajlarda gaza aşıırı basılrsa dahi sistem devreye girerek emniyetli bir sürüşü garanti etmelidir.
- Sistem arızalandığında veya aktif halde iken sürücüyü uyarmalıdır.(Fenton, 1995)

3.3.1.4.1.5 Elektronik Stabilite Programı (ESP)

Elektronik stabilite programı (ESP), aynı zamanda taşıt dinamik kontrolü (VDC) olarak da bilinmektedir. ESP; enine doğrultudaki taşıt stabilitesini arttırarak taşıtın yana kaymasını önemli bir ölçüde azaltır. Taşıtın seyri esnasında, frenlere sert bir şekilde veya kademeli olarak basılması gibi kritik koşullarda taşıtın doğrusal stabilitesini sağlar.



Şekil 3.11 ESP kontrol sistemi(Bauer, 1999)

1. Tekerlek frenleri
2. Tekerlek hız sensörleri
3. EKÜ
4. Şarj pompası
5. Direksiyon açısı sensörü
6. Ana silindirli fren basınç arttırıcı
7. Fren basınç sensörlü hidrolik modölatör
8. Akselerometreli sapma sensörü

3.3.1.4.1.5.1 ESP Sisteminin Çalışma Prensibi

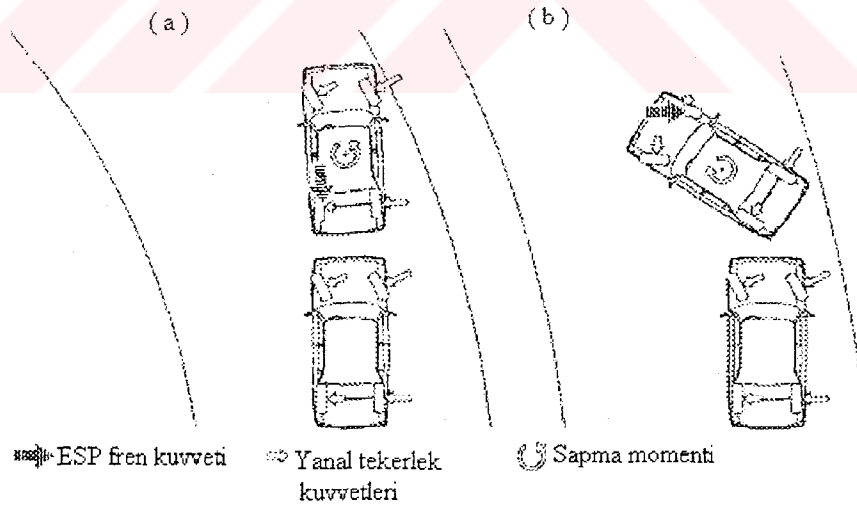
ABS ve TCS sistemlerindeki benzer bir şekilde ESP sistemlerinde de tekerleklere etkiyen kuvvetler (özellikle yanal tekerlek kuvvetleri) ve tekerleklerdeki kayma oranları göz önünde bulundurularak virajlarda dönme esnasında taşıtların stabilizasyonu sağlanır.(Fenton, 1995)

Robert Bosch ve Mercedes-Benz tarafından ortaklaşa işbirliğiyle geliştirilen bu sistemde sürücünün taşıtı yönlendirdiği doğrultuyla, taşıtın seyri esnasında izlemiş olduğu doğrultu

sürekli olarak mukayese edilir. Sürücünün belirlediği doğrultudan bir sapma meydana gelirse EKÜ bunu farkeder ve otomatik olarak ya frenlere müdahale ederek ya da motor gücünü ayarlayarak, tekerleklerle etkiyen yanal kuvvetlerin tekerlekler arasında dağılımını sağlar. Taşıtların her an izlemiş olduğu doğrultuyu saptayıp, bunu sürücünün isteğiyle karşılaştırmak zor olduğundan ESP sistemlerinde, ABS / TCS sistemlerindeki EKÜ, hidrolik modülatör ve tekerlek hız sensörlerine ek olarak diğer bazı bileşenlere de gerek duyulur. Bu bileşenler şunlardır;

- Sapma oranı sensörü,
- Direksiyon açısı sensörü,
- Yanal ivmelenme sensörü (akselerometre) veya G sensörü,
- Fren basınç sensörü.

Sistemde kullanılan sensörler; ESP'nin düzgün bir şekilde çalışması için gerekli bilgileri toplayarak sinyaller vasıtasıyla elektronik kontrol ünitesine gönderir. EKÜ'ye gelen sinyaller; hidrolik modülatörün ve elektromekanik motor kontrol ünitesinin idaresini sağlayacak komutlara çevrilir. Bu sayede tekerleğe etki eden döndürme momenti ve frenleme kuvveti ayarlanarak taşıtın stabil bir şekilde virajı dönmesi sağlanır.



Şekil 3.12 ESP sisteminin çalışma prensibi(Smith, 2002)

(a) Ön tekerleklerin virajın dışına doğru kayması

- Arka sol tekerleğin frenlenmesiyle taşıt yörüngesine geri dönecektir.

(b) Taşıtın arka kısmının virajın dışına doğru kayması

- Ön sağ tekerleğin frenlenmesiyle taşıtın stabilitesi sağlanacaktır.

Taşıtlar virajlarda dönerken tekerleklerin dönme kabiliyeti azalmaktadır ve bu durum taşıt tekerlekleri ile yol yüzeyi arasındaki çeki ya da frenleme kuvvetlerinin artması esnasında taşıtın ön kısmının ya da arkasının geniş açıyla dönmesine neden olmaktadır.

Virajı dönerken bir taşıtın ön lastikleri virajın dışına doğru kaymaya, dolayısıyla da hareket doğrultusundan sapmaya başlarsa ESP sistemi otomatik olarak devreye girer ve arka sol tekerleğe fren uygular. Bu sayede taşıtın doğrultusundan sapmasına neden olan moment değeri kontrol altına alınır.

Eğer virajı dönerken taşıtın arkası virajın dışına doğru kaymaya başlarsa ESP sistemi yine devreye girerek bu defa ön sağ tekerleğe fren uygular ve böylece taşıtın stabilizasyonu sağlanır. (Smith, 2002)

ESP sistemi sadece taşıta virajlarda etkiyen yanal kuvvetleri düzenlemekle kalmaz, aynı zamanda taşıtların hızla şerit değiştirmelerinde optimum seyir stabilitesini sağlar.

3.3.2 Pasif Güvenlik

Taşıtın ani frenlemesi veya kaza anında, sürücü ve yolcuların bu durumdan etkilenmemesi veya en az zararla atlatabilmesi için yapılan uygulamalardır. Her ne kadar tedbir alınsa da kazalar oluşmaktadır. Bu kazalar sonucu oluşan zararları, yaralanmaları ve ölümleri en aza indirmek için taşıtlarda alınması gereken güvenlik önlemlerini içeren (hava yastığı, emniyet kemeri, tampon, çamurluk, kaput vb.) pasif güvenlik sistemleri, aktif güvenlik sistemlerini destekleyici nitelik taşımaktadır. (Ahlatcı, 1996)

Pasif güvenlik sistemleri özellikle 1980'li yılların başından itibaren meydana gelmesi kaçınılmaz kazalarda zararı en aza indirme amacıyla geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sayede kazalar sonucundaki ölüm ve yaralanma oranlarında önemli düşüşler kaydedilmiştir.

Pasif güvenliğin en iyi şekilde sağlanabilmesi için aşağıda belirtilen güvenlik bileşenlerinin bir arada hedeflenen uyumu, aşağıda belirtilen hususların yerine getirilmeleriyle gerçekleştirmeleri gereklidir.

- Sert (dayanıklı) yolcu kabini,
- Ön ve arka deformasyon bölgeleri,
- Yanal koruma sistemleri (Köpük malzeme yastığı, travers, yan dikmeler (payandalar), pencere yeri takviyesi vb.),
- Yayaların ve iki tekerlekli sürücülerin korunması için geliştirilen sistemler (cam sileceklerinin gizlenmesi, yağmur oluklarının ve kapı kollarının gömme şeklinde

yapılması vb.)

- Kapı emniyet kilitleri, kapı menteşeleri ve kapı yan traversi,
- Katlanabilir direksiyon mili, teleskobik direksiyon sistemi,
- Pasif emniyet kemeri sistemi, ön gerdirmeli üç noktalı otomatik emniyet kemeri, emniyet kemeri gerdirme sistemi,
- Ön ve yan hava yastıkları, diz yastığı. (Psarianos, 1995)

Taşıtlardaki pasif güvenlik sistemleriyle ilgili olarak; trafiğe çıkan bir kimsenin korunması için alınan önlemlerin (taşıt gövdesinin güçlendirilmesi, tampon sistemleri vb.), trafikteki diğer bir katılımcıya güvenlik riski yaratmaması gerekmektedir. Bununla birlikte yüksek darbe dayanımı sayesinde çarpışma testlerinde başarı sağlayan taşıt gövdesi dizaynları, kaza esnasında yayalara ve iki tekerlekli sürücülere zarar verebilir. Bu nedenle trafikteki kaza risklerini ve yaralanmaları giderek azaltmak için bir güvenlik ortaklığı sağlanması şarttır.

Taşıt gövdesi tasarımında hem taşıt içerisindeki yolculara hem de taşıtın dışarısındaki yaya ve iki tekerlekli sürücülere zarar verilmemesi için optimum bir gövde sertliği sağlanmalıdır.

Taşıt gövdesinin, bir kaza esnasında içerisindeki yolculara hayatta kalabilmeleri için yeterli boşluk sağlamaması halinde, taşıt içerisine bir hava yastığı yerleştirilmesi hiçbir anlam ifade etmez. Aynı şekilde, yolcu kabininin sağlam bir yapıya sahip olması araç içi güvenliğin sağlanması konusunda temel şarttır ve kaza esnasında güçlendirme sistemlerinin yeterli etkiyi sağlayamadığı durumlarda azda olsa bir avantaj sağlar.

Pasif güvenlik sistemleri; dış pasif güvenlik, iç pasif güvenlik ve karoserinin deformasyon özellikleri olmak üzere üç ana bölümde incelenir.(Psarianos, 1995)

3.3.2.1 Dış Pasif Güvenlik

Dış pasif güvenlik; taşıtın dışarısında bulunan trafikteki tüm katılımcıların yaralanma şiddetini en aza indirmeyi amaçlayan, taşıtla ilgili tüm tedbirleri içerir.Meydana gelen bir kaza esnasında bir taşıt tarafından çarpılan yayalar, bisiklet ve motosiklet sürücülerinin yaralanma şiddetini minimum seviyeye indirecek, taşıtların dizaynıyla alakalı bütün çalışmaları kapsar.

Dış pasif güvenliği belirleyen faktörler ;

- Taşıt gövdesinin (karoserinin) deformasyon özelliği,
- Taşıt gövdesinin (karoserinin) şekli.

Dış taşıt gövdesi dizaynında ilk hedef çarpışmanın başlangıcındaki zararı minimum seviyeye indirmektir. Kazalarda en şiddetli yaralanmalar, yayalara taşıtın ön kesiminin çarpmasıyla oluşur. Bu durumda taşıtın dış formunun ve dış boyutlarının taşıt dışarısındaki yolculara zarar vermeyecek formda dizayn edilmesi gerekir. Örneğin iki tekerlekli taşıtlarla otomobiller arasındaki çarpışmalar sonucunda oluşabilecek yaralanma ve ölümlerin en aza indirebilmek için, otomobilin dış gövdesinde, iki tekerlekli taşıtların bazı özellikleri göz önünde bulundurularak birtakım dizayn değişiklikleri yapılabilir. Bu değişiklikler arasında; plastik tamponların kullanımı, tamponların yapısında köpük kullanılması, motor kaputunun esnek yapılması, cam sileceklerinin gizlenmesi, yağmur oluklarının ve kapı kollarının gömme şekilde yapılması, taşıtın dış köşelerinin yuvarlatılması ve aynaların kapanabilir şekilde düzenlenmesi sayılabilir. Genel olarak taşıtların ön kısmı; daha küçük ve hafif taşıtlarla önden çarpıştıkları zaman, diğer taşıttaki yolculara zarar vermeyecek şekilde dizayn edilmelidir.(Psarianos, 1995)

3.3.2.1.1 Taşıt Gövdesi (Karoseri)

3.3.2.1.1.1 Karoserinin Tarihsel Gelişimi

19.yy'ın başlarına kadar taşıtlarda gövde dizaynında, taşıyıcı yapı (şasi) üzerine karoseri (ince sac levhalardan oluşan yapı) eklenmek suretiyle, taşıt gövdesi elde edilmekteydi. Yani gövdeyi oluşturabilmek için bir şasiye ve de onun üzerini örtecek bir karoseriye ihtiyaç vardı. 1920'li yılların sonlarına doğru Amerikan "Budd" firması Dodge otomobillerinde, "yekpare gövde" dizaynının temellerini oluşturan çalışmalar yapmıştır. "Budd" firmasının yapmış olduğu bu çalışmalarda gövde tamamıyla çelik levhaların kaynak yöntemiyle birleştirilmesiyle imal edilmiştir.

Yekpare kabuk yapıya sahip taşıtların gerçek anlamda dizaynı, 1930'lu yılların ortasında Fransız "Citroen" firmasıyla, Amerikan "Budd" firmasının yapmış olduğu bir ortak çalışmayla gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmayla hem yük taşıyabilen hem de darbelere dayanımlı, rijit bir gövde yapısı elde edilmiştir. Bu sayede şasiye gerek kalmamıştır.

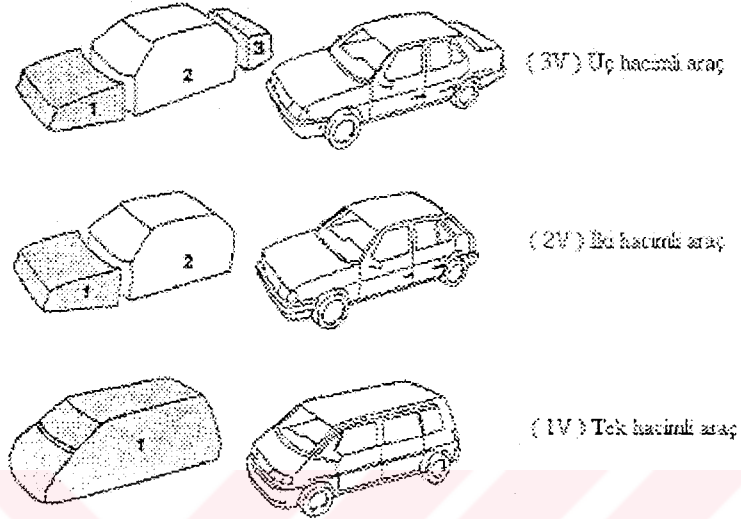
3.3.2.1.1.2 Karoserlerin Sınıflandırılması

Karoserler hacimsel ve yapısal olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar.

3.3.2.1.1.2.1 Hacimsel Olarak Sınıflandırma

Karoseriler yapısal olarak bir, iki veya üç hacimden oluşurlar. Bu sınıflandırmadaki numaralar; aracın motor bölümü, yolcu bölümü ve bagaj bölümü olarak iki veya üç ayrı bölümden oluştuğunu göstermektedir.

- (3V) üç hacimli bir araç, üç tam parçaya ayrılabilir bir araç,
 - (2V) iki hacimli bir araç, iki tam parçaya ayrılabilir bir araç,
 - (1V) tek hacimli bir araç ise bir tam parçadan oluşan araç olarak tanımlanmaktadır.
- (Tofaş, 1999)



Şekil 3.13 Karoserilerin hacimsel olarak sınıflandırılması(Tofaş, 1999)

3.3.2.1.1.2.2 Yapısal Olarak Sınıflandırma

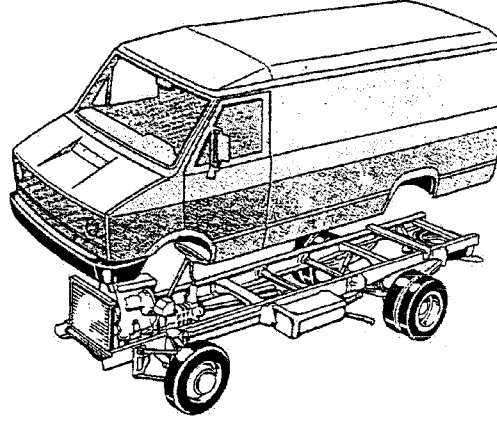
Günümüzde taşıt gövdesi üretimi için iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan biri, yekpare kabuk yapısına sahip gövde tasarımı, bir diğeri de şasi üzerine karoserinin monte edilmesiyle elde edilen gövde yapısıdır. Her iki dizaynında hangi taşıtta kullanılacağına bağlı olarak avantajları ve dezavantajları vardır.

3.3.2.1.1.2.2.1 Şasi Üzerine Karoserinin (Body On Frame) Eklenmesiyle Oluşan Gövde Yapısı

Otomobilin icadından beri kullanılmakta olan bir yöntemdir. Şasi; üzerine elastiki elemanlar aracılığıyla bütün mekanik aksamın bağlandığı traversler ve şasi saclarından oluşur. Şasinin üzerine aracın dış kısmını oluşturan karoseri civatalanmak suretiyle monte edilmiştir. Şasi, taşıtın diğer elemanlarını üzerinde taşımaktadır.

Bu tip bir dizaynda, karoserinin dayanıklılık fonksiyonu yoktur. Karoseri, sadece yolcular için gerekli olan oturma yerini, motorun yerleşimi için motor bölümünü, yüklerin yerleşimi için bagaj bölümünü ve taşıtın dış görünümünü belirler.(Tofaş, 1999)

Bu tip bir dizaynın tercih edilmesinin nedeni, üretiminin kolay olmasıdır. Taşıt gövdesi (karoseri) ve taşıyıcı yapı (şasi) ayrı ayrı üretilerek daha sonra birbirine monte edilirler.



Şekil 3.14 Taşıyıcı yapı (şasi) ve üzerine monte edilen karoseri(Tofaş, 1999)

3.3.2.1.1.2.2.2 Yekpare Gövde (Unibody)

Yekpare gövdeli taşıtlarda karoseriler değişik form ve kalınlıklarda saclardan oluşan tek bir metal ünitelerden meydana gelmektedir. Bu gövde araca, gerek dışarıdan alacağı darbeler ve gerekse dış yapısı açısından gereken önlem ve özellikleri verecek seviyede olmalıdır. Bunun içindir ki gövde sahip olduğu estetik görünümünün yanında dış etkenlerden kaynaklanabilecek (yol, yaya, bariyer, başka bir araç vb.) burulma ve bükülmelere karşı güçlü olmak zorundadır.

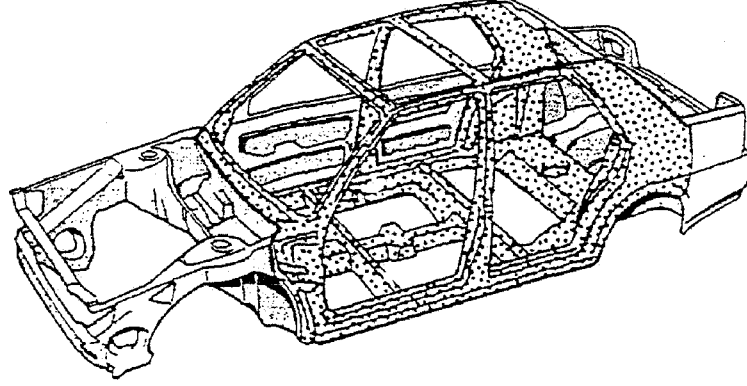
Günümüzde en yaygın olarak kullanılan gövde dizaynıdır. Çelik sac bileşenlerinin üzerine gövde panellerinin kaynak edilmesiyle oluşturulur. Bireysel parçalar; kaynak yönteminden başka aynı zamanda yapıştırma yöntemiyle de birleştirilebilir.

Bu tip bir karoseri dizaynında taşıtın tipine bağlı olarak karoseri yüzeyi üzerinde beşbine yakın nokta kaynağı uygulanmaktadır. Ön çamurluklar, kapılar, motor kaputu ve bagaj kapağı gibi parçalar, karoserinin destekleyici yapısı üzerine civatalanmak suretiyle monte edilirler.

Gövdenin tabanı, ön kısmında motoru taşıma görevi bulunan iki adet kare kesitli şasi kolları ile güçlendirilmiştir. Ayrıca tabanın altında vida veya kaynak bağlantıları ile yine gövdeyi kuvvetlendiren bir veya birden fazla şasi takviye sacları bulunmaktadır.(Tofaş, 1999)

Bu tip konstrüksiyonlarda gövdenin yapısı kaza esnasında değişken direnç gösterecek şekilde imal edilmiştir. Bu amaçla gövde yapısında dayanımı arttırıcı yüksek gerilime mukavim çelik ve benzeri malzemeler kullanılmaktadır. Ayrıca gövde yapısında bulunan bazı elemanlar (A, B, C ve D payandaları, enine ve boyuna kirişler, traversler vb.) taşıt yapısının direncini ve taşıtın rijitliğini artırır.(Bosch, 2000)

A desteği (payandası, dikmesi), ön cam ve taşıtın ön tavanını destekler. Aynı zamanda taşıt tavanını güçlendirerek yolcuları kazalara karşı korur. A desteğinin sürücünün görüşünü engellemeyecek kadar ince ve dayanıklı olması gerekir. B desteği, taşıtın yan orta tarafında ve yan kapıların birleştiği kısımda yer alır. Orta dikme olarak da adlandırılır. Tavanı rocker panele (kıvrılmış bar) bağlar. C desteği, taşıtın arka penceresini veya taşıtın arka tarafını destekler.



Şekil 3.15 Tek gövdeli taşıtın genel görünümü(Tofaş, 1999)

Karoserilerde bulunması gereken özellikler şunlardır;

Rijitlik:

Kapılar, kaput ve bagaj kapağındaki boşluklarda meydana gelen plastik deformasyonu en aza indirgeyebilmek için karoserinin burulma ve eğilme rijitliğinin mümkün olduğunca yüksek olması istenir. Karoseri rijitliğinin, taşıt titreşim karakteristiği üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır.

Titreşim (vibrasyon) karakteristikleri:

Tekerlekler, süspansiyon sistemi, motor ve dişli çark mekanizmaları, işletilmeleri esnasında taşıt bünyesindeki yapısal elemanlarda ve karoseride titreşimlere neden olurlar. Eğer titreşimler esnasında rezonans meydana gelirse, sürüş konforu bozulur.

Titreşime maruz kalan karoseri ve karoseriyle bağlantılı elemanların doğal frekansı, karoseri çeper kalınlıklarının ve kesitlerinin değiştirilmesi ile ayarlanabilir. Böylece rezonans oluşumu önlenmiş olur.

İşletme integrasyonu (bütünlüğü):

Taşıt hareket halindeyken karoseriye etki eden dinamik yükler, karoseride yapısal çatlamların ve kaynak bölgelerinde bozulmaların başlangıcına neden olabilir. Dinamik yükler altında çalışan vites dişlileri, direksiyon sistemi ve motor ünitesi, taşıtlarda dinamik gerilimlerden en çok etkilenen bölümleridir.(Bosch, 2000)

Kazalar esnasında taşıtta oluşan gerilmeler:

Kaza esnasında taşıt karoserisine aktarılan kinetik enerji, mümkün olduğunca deformasyon işine dönüştürülerek absorbe edilmelidir. Böylece yolcu kabinine gelen deformasyon azaltılmış olur.

Tamir kolaylığı:

Hafif kazalarda dahi çabucak zarar gören karoseri elemanları kolaylıkla tamir edilebilir veya değiştirilebilir olmalıdır.(Örneğin; dış gövde panellerine taşıt içerisinden ulaşım, civatalara ulaşım, mafsal yerlerinin uygun bir şekilde yerleştirilmesi vb.)

3.3.2.1.1.3 Gövde (Karoseri) Malzemeleri

Çelik sac

Genellikle gövdedeki parçalar, soğuk işlem görmüş ve çeşitli kalınlıklardaki çelik sac levhalardan oluşmaktadır. Taşıt gövde yapısında farklı kalınlıklarda çelik sac kullanılır. Sac parçaların çoğu (0.75-1) mm kalınlığı arasında olmasına karşın (0.6-3) mm arasında olanları da vardır. Çeliğin sertliği, dayanımı, ucuzluğu ve tel haline gelebilme gibi pozitif özellikleri göz önünde tutulduğunda, taşıt gövde yapısında alternatif malzemelerin kullanımı henüz mümkün görünmemektedir.

Yüksek gerilmelere maruz kalan gövde yapı elemanlarında yüksek dayanımlı, düşük alaşımlı sac kullanılır. Bu malzemelerin yüksek dayanımı, kalınlıklarının azalmasına olanak sağlar.

Alüminyum

Motor kaputu, bagaj kapağı gibi gövde elemanlarında taşıt ağırlığını azaltmak amacıyla alüminyum kullanılabilir.

Plastikler

Gövde yapısında çeliklerin yerine plastiklerin kullanımı bazı sınırlı durumlarda gerçekleştirilmektedir. Çeliklerin yerine kullanılan alternatif plastik malzemeler ve kullanım alanları Çizelge 3.6'da gösterilmektedir.

Otomotiv sektöründe plastik malzeme kullanımı; bir taraftan geri dönüşümlü malzeme olarak kullanılabilmesi, diğer taraftan da kaza esnasında yumuşak bir tampon vazifesi görmesi nedeniyle tercih edilmektedir.

Sentetik malzeme olarak meydana getirilen plastik malzemeler, termoplastikler ve sert plastik malzemeler olmak üzere iki sınıfa ayrılır:

Termoplastikler; ABS'den oluşan (Akrilonitril – Butilen – Stiren), PP (Polipropilen), BYBLEND (Polikarbonat + ABS), PE (Polietilen)

Sert plastik malzemeler; BMC (Bulk Moulding Compounds) ve SMC (Soliding Molding Compounds)

Çizelge 3.6 Alternatif plastik malzemeler (çeliklerin yerine kullanılan)(Tofaş, 1999)

Uygulama örnekleri	Malzeme	Kısaltma	Uygulama yöntemi
Yük taşıma bileşenleri Örneğin; tampon kirişi	Cam-fiber malzemeleriyle güçlendirilmiş termoplastikler	PP-GMT	Basınçlı enjeksiyon
Kaplamalar Örneğin; spoyler, radyatör ızgarası vb.	Cam-fiber malzemeleriyle güçlendirilmiş termoplastikler	PP-GMT	Enjeksiyon döküm Güçlendirilmiş enjeksiyon döküm
Ayrı taşıt gövde bileşenleri; Örneğin; motor kaputu, çamurluk, bagaj kapağı vb.	Poliüretan	PUR	
	Poliamid, Polipropilen Polietilen	PA PP PE	
Koruyucu döküm parmaklıkları	Polivinilklorid Etilen-propilen-termopolimer	PVC EPDM	Enjeksiyon döküm / ekstrüzyon
Enerji sönmüleyici köpük	Poliüretan Polipropilen	PUR PP	Reaksiyon köpüğü

Diğer malzemeler

Genellikle gövdedeki parçalar, soğuk işlem görmüş ve çeşitli kalınlıklardaki çelik sac levhalardan oluşmaktadır. Bununla birlikte aracın gövdesini oluşturan sacdan başka değişik malzemelerde vardır. Bunlar;

- Alüminyum veya alüminyum alaşımlı levhalar; bunlar perçin veya kaynakla birleştirilirler.
- Cam elyafı kaplamalar, tampon ve bagaj kapısı yapımında kullanılmaktadır.
- Lifli cam ve karbon elyafı gibi karışık materyaller; eposidik bir kalıp içerisine daldırılıp, daha sonra arı peteği tipinde alüminyum ve paslanmaz çelik vs. gibi çeşitli malzemelerden oluşan panellere dönüştürülerek kullanılmaktadır.(Tofaş, 1999)

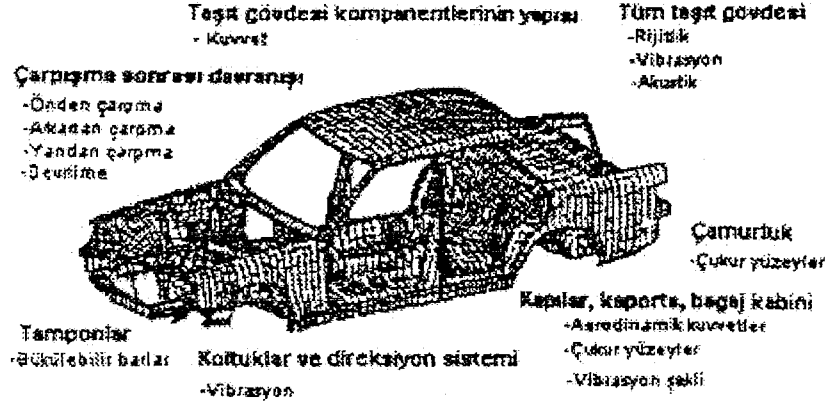
3.3.2.1.1.4 Taşıt Gövde (Karoseri) Dizaynı

Taşıt güvenliğiyle yakından ilgili olan taşıtların gövde dizaynında, ilk olarak dikkat edilecek husus yolcu kabininin oldukça sağlam üretilmesidir. Yolcu kabininin sağlamlığı tek başına yeterli değildir. Aynı zamanda taşıtın ön ve arka yapısının ve kapılarının da yeterli enerji absorbe etmesiyle, yolcu kabininin güvenliği dolayısıyla taşıttaki yolcuların güvenliği garanti altına alınmış olur.

Güvenlik kafesi, ezilme veya büzülme bölgeleri, taşıt yapısının güvenliğini sağlayan önemli faktörlerdir. Fakat ne büzülme bölgesinin uzunluğu ne de taşıt gövdesinin rijitliği, taşıt güvenliği için tek başına bir anlam ifade etmez. Burada önemli olan nokta çarpışma anında taşıttaki deformasyon bölgelerinin, dizayn aşamasında belirlendiği oranlarda ezilip büzülerek deforme olmasının sağlanması ve yolcu kabine mümkün olduğunca az bir zarar gelmesini sağlamaktır. Trafik kazalarında yolcuların korunmasının önemi nedeniyle otomobil üreten firmalar bu durumu yaptıkları kaza deneylerinde göz önüne almaktadırlar. Bu sayede gerçek kazalar esnasında taşıt gövdesinin dayanım sınırı belirlenmektedir.(Psarianos, 1995)

Taşıt gövdesinin dış kısmında kullanılan çelik sac levhaların çentik etkisine karşı yüksek bir oranda sertliğe sahip olması ve yüzey kalitesinin yüksek olması istenir. Aynı zamanda çelik sac levhaların darbe dayanımı yüksek olmalı ve bir kaza esnasında sac levhaların kırılıp, parça parça olmaması ve yaralanma şiddetini çok yüksek oranlara çıkarmaması gerekir.

Kaza esnasında taşıt gövdesi ve yapısının nasıl davranış göstereceği, taşıt dizaynının ilk aşamasını oluşturmaktadır. Sonlu elemanlar metodu ile taşıt gövdesinin statik ve dinamik dayanım hesapları yapılabilmektedir. Taşıt iskeleti (destek yapısı), elastik davranışı bilinen ve formüle edilebilen irili ufaklı parçalara ayrılmaktadır (yataklar, kabuklar ve diğer katı elemanlar vb.). Daha sonra bu elemanlar birbirleri ile uyum içerisinde bir araya gelerek taşıt gövdesini oluşturmaktadırlar. Taşıt gövdesine uygulanan sonlu elemanlar metoduyla gövde yaklaşık olarak 10000 parçaya ayrılıp gerilim analizleri yapılmakta ve taşıt gövdesinde oluşan deformasyonun şekli belirlenmektedir.(Bosch, 2000)

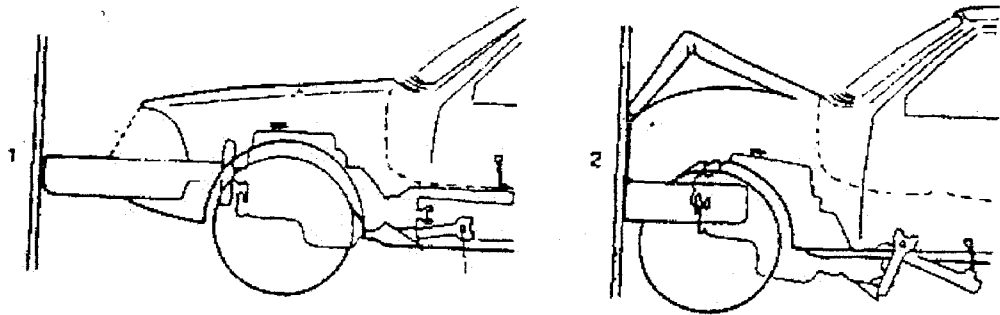


Şekil 3.16 Sonlu elemanlar yöntemiyle taşıtların deformasyon analizi
(Bosch, 2000)

3.3.2.1.1.4.1 Önden Çarpışmalarda Gövde Dizaynının Güvenliğe Etkisi

Taşıtın ön yapısı; sadece kazalar esnasında nadir bir durum teşkil eden rijit bir duvara (engele) çarpma koşulu için değil, aynı zamanda farklı kütlelere sahip iki taşıtın önden çarpışmaları koşulu da göz önünde bulundurularak dizayn edilmiştir. İki taşıtın birbiriyle önden çarpışması esnasındaki davranışları hesaba katılarak dizayn edilmiş taşıtlarda, her iki taşıtın darbe alan bölgelerindeki enerji dağılımlarının birbiriyle makul derecede olması için gereken önlemler dizayn aşamasında alınmıştır.

Önemli bir güvenlik problemi de çoğu durumda taşıtın ön bölgesindeki yapı içerisine yerleştirilmiş motor transmisyon bloğundan kaynaklanır. Önden çarpışmalarda motor transmisyon bloğunun aşağı doğru uygun bir ölçüde döndürülmesi sağlanarak, yolcu kabini içerisine itilmesi engellenir. Şekil 3.17’de bu konuya uygun bir çözüm sunulmaktadır. Önden çarpışmalarda motorun aşağıya doğru itilmesi, taşıtın bünyesinde mevcut olan metalik parçaların yolcu kabini içerisine girmesini engeller.



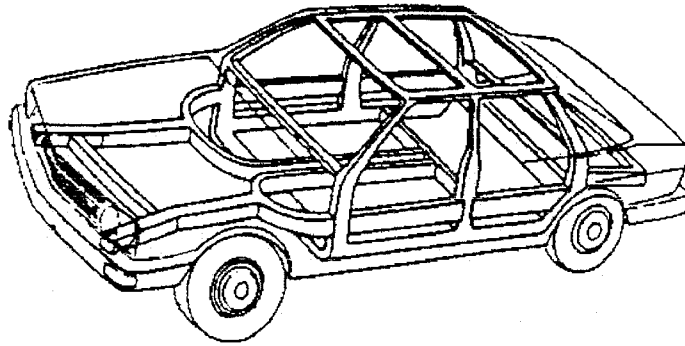
Şekil 3.17 Bir kaza esnasında motor bloğunun aşağıya doğru eğilmesi (Psarianos, 1995)

Önden darbe enerjisi şekil değiştirebilen ve boylamasına uzanan bir kiriş yapıyla absorbe edilebilir. İki dizayn şekli mevcuttur:

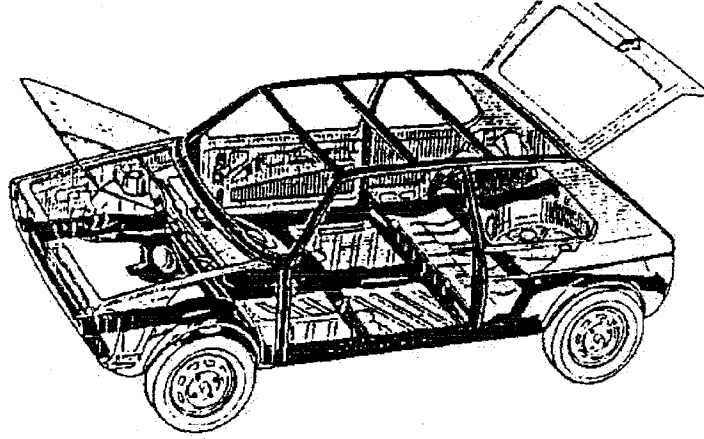
- Boylamasına uzanan kirişler eğilebilir özelliktedir. Taşıtın önden çarpışması esnasında meydana gelen eğilme momentlerinden dolayı, taşıtta kesin deformasyonlar meydana gelir. Deformasyon bölgeleri seçilen kesitlerle belirlenir (atalet momentleri).
- Sac levhaların bulunduğu bölgelerin sertleştirilmesiyle normal kuvvetlerin etkisi altındaki herhangi bir bölgede boylamsal doğrultuda deformasyonlar oluşabilir.

Araçların birbirine kısmi olarak bindirme yaptığı önden çarpışmalarda taşıtların dizaynında taşıtların her birinde oluşan karşılıklı kuvvetleri, taşıtların doğrudan darbe alan bölümlerine gelmeyecek şekilde, birbirlerine yöneltmek önemlidir. Bu sayede bir bölgede oluşabilecek aşırı gerilme ve sonucunda meydana gelebilecek bölgesel deformasyonlardan kaçınılır. Örneğin; Mercedes-Benz firması taşıt gövdelerinin içine üç kollu, güçlendirilmiş ve boylamasına uzanan çatalımsı kirişler yerleştirmektedir. Öndeki boyuna kirişler doğrusaldır ve tampona kadar uzanmaktadır. Bu kirişler çarpışmada çok önemli bir rol oynarlar. Çarpışma esnasında kinetik enerjinin büyük bir kısmını yutabilmeleri için özel şekilde yapılırlar. Bunun için iki yöntem vardır. Bunlar; katlanma ve bükülme yöntemleridir. Yapılan deneylerde katlanma yönteminin bükülmeye oranla eşit kesitlerde yaklaşık beş misli daha fazla enerji yuttuğu gözlenmektedir.

Çatalsı yapıdaki kirişler, yolcular için iyi bir koruma sağlamak amacıyla deformasyon kuvvetlerini otomobilin zeminine, transmisyon tüneline ve yanıl desteklere yönlendirmektedirler.(Demirsoy, 1991)



Şekil 3.18 Emniyetli çatallı şasi(Demirsoy, 1991)



Şekil 3.19 Körüklü şasi(Demirsoy, 1991)

Sık rastlanan ön yan darbeler veya noktasal darbeler, sadece rijit çapraz parmaklıklarla absorbe edilebilir. Darbe kuvvetleri taşıtın ya zemin yapısına ya da diğer yapısal bölgelere yönlendirilir. Genellikle ön yan darbelerde taşıtın kompozit yapıdaki ön gövdesi, sürücünün ve ön koltukta oturan yolcunun ayaklarının bulunduğu güvenlik kafesini korumak için, yeterli derecede rijit bir yapıya sahip olmalıdır. Ön yan çarpışmalarda vücudun alt bölümlerinin yaralanmasına sık rastlanmaktadır. Bunu engellemek amacıyla birtakım tedbirler alınmaktadır. Örneğin taşıt pedalının katlanıp kırılması; çarpma esnasında ön tekerleklerin, sürücü ve önde oturan yolcunun ayaklarının bulunduğu kafes bölgesine girmesinin önlenmesi vb.(Demirsoy, 1991)

Ön camın ve gösterge panelinin altındaki çapraz kirişler, hem yandan çarpmalarda önemli rol oynamakta, hem de önden çarpışmalarda çeşitli elemanların (motor vb.) yolcu kabininin içerisine girmesini önlemekte ve bu sayede yolcu kabininin daralmasına engel olmaktadır.

3.3.2.1.1.4.2 Yandan Darbelerde Gövde Dizaynının Güvenliğe Etkisi

Önden darbelerden sonra en çok rastlanan çarpışma tipi yandan darbelerdir. Genellikle en ciddi yaralanmalar yolcu kabininin, başka bir taşıta veya ağaç, direk vb. bir engele direkt çarpmasıyla meydana gelir.(Bosch, 2000)

Yandan çarpışmalarda sınırlı genişliklerinden dolayı otomobilleri, önden çarpışmalarda olduğu gibi, rijit yolcu kabini ve deformasyon bölgesi olarak ikiye ayırmak mümkün değildir. Yandan gelen darbelerde taşıt içerisindeki sürücü ve yolcuların korunmasında hayati önem taşıyan nokta, taşıtın sağ ve sol yan tarafındaki gövde yapısının sağlamlaştırılması ve deformasyon başlangıcında düzgün kuvvet dağılımının sağlanmasıdır. Darbe alan taşıtın kenar yapısının daha sağlam imal edilmesiyle, kendisine yandan çarpan taşıtın kabin içine

sokulma hızı azaltılır. Hızdaki bu değişim sayesinde darbe alan taşıttaki yolcular üzerine etkiyen kuvvet azalır.

Kapılarda çift çelikli çubukların (barların) kullanılması ve B desteğinin (merkezi destek) güçlendirilmesiyle yolcu kabininin sağlamlığı artırılmış olur. B desteğine bir darbe sonucunda etki eden kuvvetler; B desteğinde ve kapı alt kenar kirişlerinde meydana gelen deformasyonlarla absorbe edilebilir. Taşıtların yanal bölgedeki sertliklerinin artırılmasında, A ve C desteklerinde dizayn güçlükleriyle karşılaşmadan bir düzenleme yapılmalıdır. Bu yüzden yanal darbeler sonucunda taşıta etkiyen kuvvetler, kapı alt kirişleri ve kapılar içerisine yerleştirilen çelik çubuklar vasıtasıyla destekler arasında iletilmelidir. Bu sayede bir desteğe etkiyen kuvvetin, bütün desteklere dağıtılmasıyla deformasyon etkisi azaltılmış olur.

Modern taşıtların dizaynında gösterge panelinin altında ve iki A desteği (ön destekler) arasında kullanılan çapraz emniyet kirişleri, taşıtın ön bölgesindeki sertliğin artırılmasını sağlar. Bu tip kirişler VW tipi otomobillerde kullanılmıştır. Çapraz emniyet kirişleri, taşıtın yanal doğrultudaki serbest bükülme uzunluğunu azaltmak için gösterge panelinin altındaki merkezi tünele bağlanmıştır.

Kapı alt kenar kirişleri sertleştirilmiştir ve sadece yanal darbelerde değil önden darbelerde de yüksek güvenlik sağlar. Kapılar üzerine gelen direkt darbelerde pencerelerin açılıp kapanmasını sağlayan elektrik motoru gibi komponent bileşenlerin yer değiştirmesi, yolcular üzerine etkiyen gerilimi (baskı kuvvetini) azaltır. Koltukların yan kısımlarının sertliğinin artırılması, kapıların içerisinde dolgu maddesi içeren uygun kaplamaların (sertliği sağlamak amacıyla) kullanılması, gövde iskelet yapısının güçlendirilmesi sayesinde, yandan çarpmalarda yolcular üzerine etkiyen gerilimin önemli bir oranda azalması sağlanır. Parçalanmayan (kırılmayan) plastiklerin yolcu kabinindeki bileşenlerde kullanılmasıyla yolcuların yaralanma riski azaltılmaktadır.(Psarianos, 1995)

3.3.2.1.1.4.3 Arkadan Darbelerde Gövde Dizaynının Güvenliğe Etkisi

Taşıtların arka kısımlarının yapısında da aynen ön kısımlarında olduğu gibi boyuna kirişler yer almaktadır. Arka boyuna kirişler, arka camın altındaki ve aks bölgesindeki çapraz kirişler; arkadan bir darbe alınması esnasında taşıtta meydana gelen deformasyonun azaltılmasını ve yeterli miktarda enerji yutulmasını sağlarlar. Yakıt deposunun ve yakıt doldurma bölümünün yeri doğrudan bir darbeye maruz kalmayacak şekilde dizayn edilmelidir. Bunun için en uygun yer olarak, arka aksın üzeri veya arka koltuğun altı seçilebilir.

3.3.2.1.1.4.4 Dış Gövde Kaplamasının Güvenliğe Etkisi

Dış gövde kaplama parçalarının dizaynının trafik güvenliği açısından çok ciddi sonuçları vardır. Taşıtın dış gövdesinde yer alan çıkıntı parçaların, yayalar ve iki tekerlekli sürücüler için bir tehlike oluşturmaması gerekir. Aynı zamanda yere yakın konumda dizayn edilmiş tamponlar, tersinir özellikte şekil değiştirebilen elastiki ön yapı, yumuşak dolguyla desteklenen motor kaputları, otomobil ön cam çerçevesindeki ve otomobilin çatı kenarındaki dolgular (örneğin polimer malzemeler), plastik tamponların kullanımı, tamponların yapısında köpük kullanılması, motor kaputunun esnek yapılması, cam sileceklerinin gizlenmesi, yağmur oluklarının ve kapı kollarının gömme şekilde yapılması, taşıtın dış köşelerinin yuvarlatılması ve aynaların kapanabilir şekilde düzenlenmesi, yayaları ve iki tekerlekli sürücülerini, kazalarda darbelerin öldürücü etkisinden korur.

Yaya kazalarında amaç yayaların, taşıt tarafından gelen bir darbeye düzgün bir şekilde itilmesinin sağlanmasıdır. Diz eklemleri gibi kritik vücut bölgeleri direkt darbeye maruz kalmamalıdır. Kafa darbeleri taşıt yüzeyine taşıtın mümkün olan en düşük hız seviyesinde ve mümkün olabilen en yatay açıda gelmelidir.

Bir bisikletli ile otomobil arasında meydana gelen önden çarpışmalarda düşük hızlarda bile bisikletlinin kafası, otomobil ön camına veya A desteğine çarpmaktadır. Çarpışma esnasında bazı bisikletliler yanal doğrultuda bisikletten sıçramakta ve kafalarını otomobilin tavan çerçevesi ön kirişine vurmaktadırlar. Bu nedenle otomobillerdeki bu bölgelerin daha esnek bir şekilde imal edilmesi gerekir.

3.3.2.1.1.5 Taşıt Gövdesinin (Karoserinin) Deformasyon Özellikleri

3.3.2.1.1.5.1 Önden Darbelerde Deformasyon Özelliği

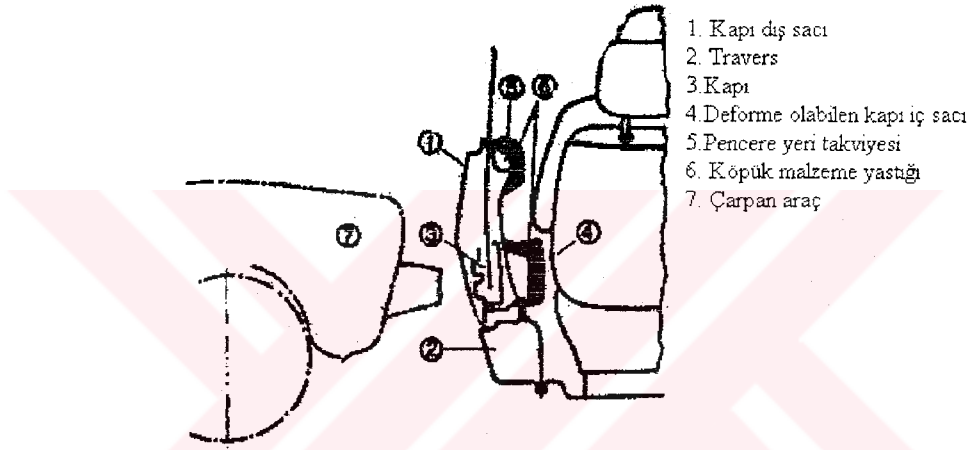
Taşıt kazalarından en sık rastlanılanı önden çarpışmalardır. Önden çarpışmalarda kinetik enerji; tamponların, taşıtın ön kısmının ve çok şiddetli kazalarda aynı zamanda yolcu kabinin ön kısmının deforme olmasıyla absorbe edilir. Akslar, tekerlek çerçeveleri (tekerlekleri içerisinde barındıran karoseri kısmı) ve motor, çarpışmalar esnasında oluşan deformasyon mesafelerini sınırlandırır.

Yeterli deformasyon mesafesi ve çarpışmalarda ezilip bükülebilen yapı elemanlarının varlığı sayesinde, yolcu kabinindeki ivmelenme en aza indirgenir. Taşıt dizaynına (karoseri şekli, taşıtın sürülme şekli ve motor pozisyonu), kütlesi ve boyutuna bağlı olarak, 50 km/h'lik bir hızla rijit bir bariyere çarpan bir taşıtın ön kısmında (0.4-0.7)m arasında kalıcı bir deformasyon bölgesi meydana gelir.(Bosch, 2000)

3.3.2.1.1.5.2 Yandan Darbelerde Deformasyon Özelliği

Önden çarpışmalardan sonra en sık rastlanan çarpışma tipidir. Döşeme ve yapısal elemanların enerji yutma kapasitelerinin sınırlı olması ve buna bağlı olarak yolcu kabininde meydana gelen yüksek orandaki deformasyondan dolayı, taşıt içerisindeki yolcuların yaralanma riski çok yüksektir. (Bosch, 2000)

Yandan çarpışmalarda; taşıtın yanal iskelet yapısının dayanımı, (payanda-kapı bağlantıları, üst/alt payanda (destek) noktaları), karoseri zeminindeki enine kirişlerin yük taşıma kapasitesi ve iç kapı panellerinin dizaynı, taşıt içerisindeki yolcuların yaralanma riskini büyük bir oranda etkiler.(Psarianos, 1995)



Şekil 3.20 Yandan çarpışmalar için otomobillerde alınan tedbirler(Demirsoy, 1991)

3.3.2.1.1.5.3 Arkadan Darbelerde Deformasyon Özelliği

Arkadan darbe alan bir taşıtta, yolcu kabininde meydana gelen deformasyon en az seviyede olmalıdır. Çarpışma sonucunda darbe alan taşıtın kapıları hala açılabilmelidir. Arka bagaj kapağının kenarı; taşıtın arka camından, yolcu kabininin içerisine girecek kadar sokulmamalıdır. Aynı zamanda yakıt sistemi bütünlüğü korunmalıdır.(Çakır, 1998)

3.3.2.1.1.5.4 Devrilme Esnasındaki Deformasyon Özelliği

Taşıtların devrilmesi esnasında içerisindeki sürücünün ve yolcuların hayatta kalabilmesi için gerekli mesafenin varlığı çok önemlidir. Devrilme esnasında taşıtın tavanında gereğinden fazla bir çökme meydana gelirse, taşıt içerisindeki yolcuların yaralanma riski kaçınılmazdır. Bunun en önemli nedeni kafaya alınacak olan darbelerdendir. Kafaya gelen bir darbe sonucunda taşıt içerisindeki yolcu beyin travması geçirebilir. Bu da o yolcunun ölümüne neden olabilir.

Bahsedilen bütün bu nedenlerden dolayı taşıtların, tavan çerçeveleri ve bu çerçevelerin yan dikmeleriyle (A, B, C ve D destekleri) olan bağlantıları deformasyonlara karşı dayanıklı olmalıdır. Tabii ki çatı çerçevesinin ve desteklerin sağlam yapılması tek başına yeterli değildir. Aynı zamanda yolcuların emniyet kemeri takmış olmaları gerekir. Bu sayede yolcuların aracın içinde sağa sola çarpması engellenir.

3.3.2.1.1.6 Gövde (Karoseri) Yapısını Tamamlayıcı Elemanlar

Dış döşeme

Taşıtların dış kısımlarının döşenmesinde, dış darbe şeritlerinde, dış kenarlarda ve taşıtların aerodinamik özelliklerini arttırmak için kullanılan spoyler gibi bileşenlerde plastik malzemelerin kullanılması tercih edilmektedir. Uygun plastik malzemenin seçilmesinde uygulanan kriter; malzemenin esnekliği, yüksek sıcaklıkta formunu koruyabilmesi, lineer genleşme katsayısı, çiziklere, kimyasallara ve çentik etkisine karşı dayanımı, yüzey kalitesi ve boyanabilirliği gibi özellikleridir.

Camlar

Otomobil ön camlarının ve kapı camlarının yapımında insanların can güvenliği açısından, kırıldığı zaman parçalanmayacak camlar kullanılır. Bu amaçla güvenlik camı denen, iki cam türü geliştirilmiştir. Sertleştirilmiş güvenlik camı (SGC), düz camı yumuşama sıcaklığına yakın bir sıcaklığa kadar ısıttıktan sonra üstüne soğuk hava ya da gaz püskürtüp birdenbire soğutarak elde edilir. Böylece bükülmelere ve darbelere karşı büyük bir dayanıklılık kazanan cam, kırıldığında küçük küp biçiminde, kenarları içbükey olduğu için çok kesici olmayan parçalara ayrılır. Bazı ülkelerde otomobil ön camı olarak kullanılan sertleştirilmiş camın en büyük sakıncası, darbeye karşı adi camdan 5-6 kat daha dayanıklı olmasıdır. İnsanın kafatası kemiğinden daha dayanıklı olan bu camlar, çarpma anında sürücü ve yolcuların yaralanmasına yol açabilir. Bu nedenle, daha dayanıksız olan ama kırıkları çok kesici olmayan yaprak cam veya katmanlı cam, otomobil ön camı olarak kullanılmaya daha uygundur.

Bu tür camlarda, aralarına ince bir plastik katman yerleştirilen iki cam levha sıcaklık ve basınç altında birbirine yapıştırılır. Buradaki plastik katman çok ince olmasına rağmen çok dayanıklıdır ve şiddetli bir darbede cam kırılrsa bile bu katman sağlam kalır, cam kırıklarında plastik katmana yapışık kaldığı için etrafa saçılmaz.

Genel olarak taşıt camlarının bileşimi şu şekildedir:

% 72 SiO_2

% 14 Na_2O

% 10 CaO

% 4 MgO 'dir.

Kapı kilitleri

Kapı kilitlerinin pasif güvenlik sistemleri içerisinde önemli bir rolü vardır. Meydana gelen bir kaza sonucunda kapı kilitlerinin ve dolayısıyla kapıların kolay açılabilir olması gerekir. Kapı kilitleri, yayalarla olan çarpışmalarda, yayaların yaralanmasını önlemek amacıyla kapı içerisine gömme şeklinde yapılır.

Yapılan bazı testlerle (ECE-R 11 ve FMVSS 206 vb.) kapı kilitlerinin;

- Tam kilitli ve yarı kilitli pozisyonları,
- Boylamasına 12 kN'luk ve enine 10 kN'luk yüklemelerdeki güvenilirlikleri,
- Boylamasına veya enine gerçekleştirilen 30 g'lık bir atalet yükünde sağladıkları güvenilirlikleri test edilir.

Tamponlar

Önden ve arkadan çarpışmalardaki yaralanma oranları, kazalardaki toplam yaralanmaların 2/3'ne eşittir. Bu yaralanmaları en aza indirgeyebilecek bir tampon sisteminin varlığı her taşıt için gereklidir. Çarpışmalar esnasında tamponlar darbeye ilk maruz kalan yapı elemanlarıdır. Bu nedenle tamponlar taşıt dışındaki insanlara zarar vermeyecek oranda rijit ve darbeleri belli bir oranda sönümleyebilecek kadar da esnek yapılmalıdır. Tamponlar sayesinde ön ve arkadan çarpışmalardaki darbe enerjisinin bir kısmı sönümlenebilmektedir.

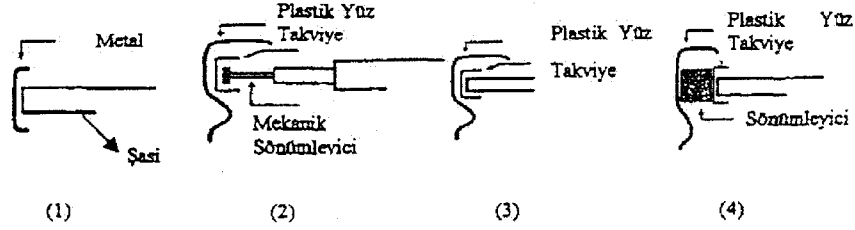
Tasarlanan bir tampon sisteminden bir çarpışmada beklenen fonksiyonlar şöyle sıralanabilir;

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

Günümüzde kullanımı yaygın olan dört ana tip tampon bulunmaktadır. Bunlar;

- Metal dış yüzeyli tampon

- Plastik dış yüzey + takviye çekirdeği
- Plastik dış yüzey + takviye çekirdeği + mekanik sönümleyici
- Plastik dış yüzey + takviye çekirdeği + köpük veya pul peteği türü malzemeli sönümleyici

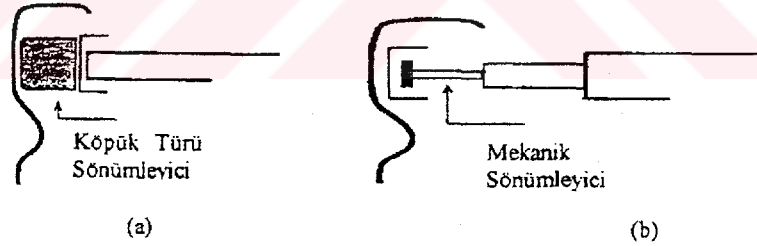


Şekil 3.21 a Farklı araç tiplerinde kullanılan dört farklı tampon tipi(Özyurt, 2003)

Tampon bileşenlerinden en önemlileri sönümleyiciler ve takviye çekirdekleridir.

Sönümleyiciler :

Görevleri çarpma sırasında enerji yutmak olan bu bileşen özellikle düşük hızla çarpmalarda çok etkilidir. Sönümleyici çeşitleri, köpük ve bal peteği biçimindeki metal dışı polipropilen, poliüretan ve düşük yoğunluklu polietilen sönümleyicilerdir.



Şekil 3.21 b Yaygın iki tip tampon sönümleyicisi(Özyurt, 2003)

Takviye çekirdeği :

Takviye çekirdeği çarpmada kinetik enerji yutulmasına yardımcı olur ve aracın geri kalanının hasar görmemesini sağlar ve güvenlik kafesini korur.

3.3.2.1.2 Ticari Taşıtlarda Dış Pasif Güvenlik

3.3.2.1.2.1 Altına Alma Koruma Düzenekleri

Günümüzde neredeyse bütün kamyonlar ve treylerler, daha küçük boyuttaki taşıtların (otomobiller vb.) bir çarpışma esnasında altlarına girmesini engelleyecek koruma düzenekleriyle donatılmışlardır. Bu kurala uymayan bazı istisnalar da vardır. Örneğin yarı

römorklu traktörler, uzun yüklerin taşınmasında kullanılan iki tekerlekli römorklar (treylerler) ve inşaat alanında kullanılan kamyonlar vb.(Fenton, 1995)

3.3.2.1.2.1.1 Ön Altına Alma Koruma Düzeneği

Kaza analizlerine göre kamyonlar ve otomobiller arasındaki önden çarpışmaların, yüksek oranda hasarla sonuçlandığı ortaya çıkmıştır. Bu gerçek, kamyonlar ve otomobiller arasındaki kütle, şekil ve sağlamlık farkı ile birbirlerine göre olan yüksek çarpışma hızlarıyla bağlantılıdır. Bu tip kazalarda genellikle otomobil, kamyonun sürücü kabininin altına girer. Kamyonun ön kısmının, otomobilin yolcu kabininin içerisine doğru sokulmasıyla, ölümcül kazalar meydana gelebilir. Bu yüzden kamyonlarda ön altına alma koruma düzeneği bulunması oldukça normaldir.

Kamyonlardaki ön altına alma koruma düzeneği, bir kaza esnasındaki enerjiyi depolar. Daha etkili güvenlik sağlanması ve çarpışma kuvvetlerinin enerji yutan altına alma düzeneklerinin sayesinde basit, sert bir tampona oranla daha fazla azaltılması, enerji absorpsiyonlu ön korumaların tercih edilmesindeki başlıca nedenlerdendir.(Fenton, 1995)

3.3.2.1.2.1.2 Arka Altına Alma Koruma Düzeneği

Arka altına alma koruma düzeneği, taşıtların arka kısmına, yol yüzeyinden 550 mm yükseklikteki bir mesafede monte edilirler. Bu koruma düzeneği sayesinde taşıtın, bir kamyonu arkadan çarpması durumunda kamyon platformunun (kasası, tablası) altına girmesi engellenmiş olur. Bütün arazi taşıtlarında katlanabilir arka altına alma koruma düzenekleri kullanılır. Bunun nedeni bu düzeneklerin aracın yol yüzeyi ile arasındaki mesafeyi azaltmasıdır. (Fenton, 1995)

3.3.2.1.2.1.3 Yanal Altına Alma Koruma Düzeneği

Yanal altına alma koruma sistemleri, kaza araştırmacıları tarafından uzun zamandan beri önerilmektedir. Bu sistemler kaza esnasında yayaların, iki tekerlekli taşıt sürücülerinin, otomobillerin, kamyon vb. ticari taşıtların, yol yüzeyi ile taşıt döşemesi (zemini) arasındaki boşluğa (ticari taşıt dingilleri arasındaki bölgeye) girmesini engelleyerek, hem çarpan taşıttakilerin feci bir şekilde yaralanmalarını, hem de çarpılan taşıtın devrilmesini engeller.

Yanal koruma sistemlerinin diğer bir avantajı da ıslak yol yüzeyi koşullarında arkadan gelip sollamak isteyen taşıtın görüş koşullarını arttırmasıdır. Taşıt lastikleri tarafından yol yüzeyinden sıçratılan suyun büyük bir kısmı taşıt boyunca neredeyse taşıta yapışık bir şekilde hava akımıyla sürüklenir ve arkadaki aracın camına yapışır. Yanal koruma sistemleri bir şekilde yoldan sıçrayan suyun hava akımına kapılıp sürüklenmesini engeller. (Fenton, 1995)

3.3.2.2 İç Pasif Güvenlik

İç pasif güvenlik kavramı; bir kaza esnasında taşıt içerisindeki yolculara etki eden ivmelenmeleri ve kuvvetleri en aza indirmek için taşıtlarda alınması gereken bütün önlemleri kapsar. Taşıtlarda alınan bu önlemlere; yeterli hayatta kalma mesafesinin sağlanması ve kaza sırasında yolcuların taşıt dışarısına rahatlıkla çıkarılabilmesinde kritik rol oynayan uygun taşıt bileşenlerinin (kapı, koltuklar vb.) dizaynını örnek olarak verebiliriz.

Emniyet kemeri ile başlayan ve kırılabilir direksiyon, koltuk kafalıkları, arka koltuk dayanakları, hava yastıkları ile devam eden iç pasif güvenlik sistemleri, bu konuya büyük önem veren ve bu alanda öncü olan Saab, Mercedes gibi firmaların geliştirdiği sistemlerin zamanla diğer firmalar tarafından da otomobillere uygulanmasıyla yaygınlaştı. Bu firmalar, iç pasif güvenlik sistemlerinin gerçek bir kazada ne oranda bir yolcu güvenliği sağlayabileceğini saptayabilmek ve gerekli görüldüğü takdirde bu sistemler üzerinde bazı iyileştirmeler yapmak amacıyla mankenler kullanarak çeşitli kaza testleri gerçekleştirmektedirler.(Psarianos, 1995)

3.3.2.2.1 Emniyet Kemerleri

Emniyet kemerlerinin yararları, kaza kategorilerinin (çarpma, devrilme vb.) hepsinde görülmektedir. Fakat ölüm ve yaralanmaların en çok meydana geldiği çarpma / çarpışma kazalarındaki yararları daha dikkat çekicidir.

Çarpma sonucu savrulan bir eşya da olsa insan bedeni de olsa eninde sonunda bir engelle durdurulur. Bir çarpma anında araç saniyenin ilk on salisesinde durmakta ise de eğer emniyet kemeri takılı değilse direksiyon, kontrol paneli ya da ön cam tarafından durdurulana kadar araç içindeki eşyalar ve araçta bulunan kişilerin bedenleri aynı hızdaki hareketlerine devam edeceklerdir. Düşük hızlarda bile ani durma ve çarpmalarda insan vücuduna itici yönde çok büyük bir kuvvet etkimektedir. Bu kuvvet önlenmediği zaman sürücü ve yolcular kafa ve göğüslerini otomobilin çeşitli bölgelerine (direksiyon, ön cam vb.) çarpmaktadırlar. Bu da ölümcül kazalara sebebiyet vermektedir. Bu yüzden ön koltuklarda hem şehir içinde hem de şehir dışında emniyet kemerlerinin kullanılması ABD ve Avrupa'da yasal zorunluluktur. Arka koltukta emniyet kemerini takmadan oturan yolcular ani frenleme esnasında ön koltuklara çarparlar. Bazı durumlarda arka koltuklarda oturanlar ön koltuğun üzerinden fırlayarak ön koltuktakilerin ciddi bir şekilde yaralanmalarına neden olabilirler, hatta ön camdan bile fırlayabildikleri gözlemlenmektedir. Bu yüzden günümüzde arka koltuklarda da emniyet kemerinin bulundurulması ABD ve Avrupa'da yasal zorunluluk haline getirilmiştir.(Fenton, 1995)

Doğru takılmış bir emniyet kemeri insan bedenini:

- Çarpma etkisiyle vücutta meydana gelen sarsıntının kademe kademe azalmasını sağlayarak,
- Kaza anında meydana gelen çarpma etkisini vücut yapısındaki en güçlü noktalara yönelterek,
- Çarpma etkisinin vücutta tek noktada toplanmayıp dağılmasını sağlayarak,
- Çarpma / çarpışma anında koltuktan fırlamayı engelleyerek,
- Hassas ve en önemli organların yer aldığı kafa ve omuriliğin herhangi bir yere çarpmasını önleyerek korumaktadır.

Emniyet kemeri halen pasif güvenlik sistemlerinin içinde en yaygın olarak kullanılandır. Maliyeti ucuz ve yasal olarak zorunlu olduğu için en pahalısından en ucuzuna kadar tüm otomobillerde standart olarak bulunur. Yapılan test ve istatistiklerde, kazalarda çok etkin bir koruma sağladığı kanıtlanmıştır. Yapılan deneyler göstermiştir ki; 7 km / h'den daha az hızda gerçekleşen kazalarda yolcu kolları ve ayakları ile vücut hareketlerini kontrol edebilir. Daha yüksek hızlarda ise yolcunun başı veya vücudunu taşıtın ön tarafına çarpma riski artar. 50 km/h hızla hareket eden bir taşıtın bir engele çarpması halinde, taşıt içindeki yolcular emniyet kemerini takmamaları halinde bir binanın dördüncü katından (yaklaşık 10 m'lik bir yükseklik)düşme olayını yaşarlar.

Günümüzde taşıtlarda kullanılan başlıca emniyet kemeri tipleri şunlardır:

- 2 noktalı pasif emniyet kemerleri (Kalça-omuz bağlantılı emniyet kemerleri),
- 3 noktalı pasif emniyet kemerleri,
- Atalet makaralı, ön gerdirmeli 3 noktalı otomatik emniyet kemerleri,

Avrupa ve ABD'de yapılan araştırmalar sonucunda emniyet kemerlerinin etkileri hakkında ulaşılan bazı çarpıcı sonuçlar şunlardır;

- 3 noktalı emniyet kemerleri, otomobilde seyahat edenlerin yaralanma risklerini % 45, kamyonetlerde de % 60 oranında azaltmaktadır.
- Ölümlü kazalarda emniyet kemeri kullananların %24.8'i hiç zarar görmeden kazayı atlattırken, emniyet kemeri kullanmayanlarda bu oran % 6.3'tür.
- İleri düzey araştırmalarda arka koltukta emniyet kemeri kullanımının, arka koltukta

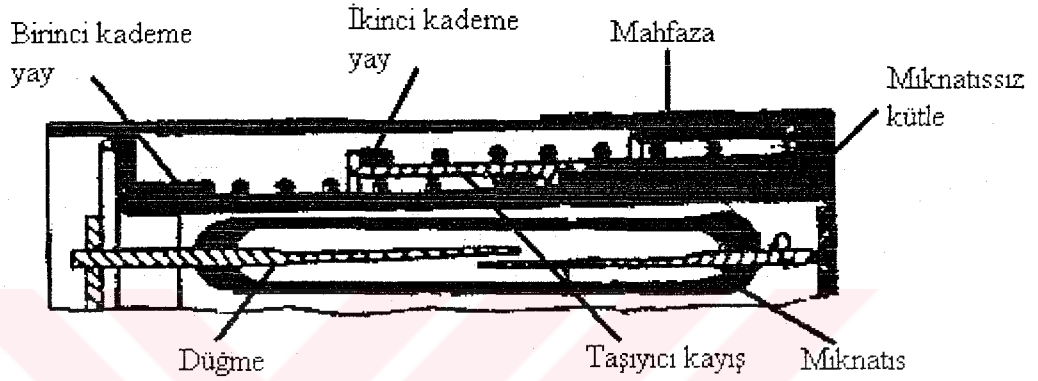
meydana gelen ölüm ve yaralanmaların 2/3'nün ve ön koltukta ölümlerin ise % 6'sını önlediği saptanmıştır. Bütün ağır yaralanmalarda ise, arka koltuk emniyet kemerleri yaralanmanın şiddetini % 50 oranında azaltmaktadır.

- TRL (İngiltere Ulaşım ve Araştırma Laboratuvarı) analizleri, ön koltuk yolcularının tamamına yakınının emniyet kemeri takmasına karşılık, daha düşük oranda emniyet kemeri kullanan arka koltuk yolcularının yaralanma riskinin 2 kat, fırlatılma riskinin ise 7 kat daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Emniyet kemeri takmamış arka koltuk yolcuları en çok kafa, yüz ve boyun zedelenmelerine maruz kalmaktadır. Arka koltuk yolcularının en büyük yaralanma nedeni fırlatılmalarıdır.
- Emniyet kemeri kullanımının zorunlu olduğu ülkelerdeki ölüm ve yaralanma oranları, kullanımın zorunlu olmadığı ülkelere göre % 40 daha azdır.
- Avustralya'nın bir eyaleti olan Viktorya'da emniyet kemeri kullanımı 1970 yılında zorunlu hale getirilmiştir. Bundan 4 yıl sonra 1974 istatistiklerinde ölümlerde % 37'lik azalma, yaralanmalarda % 41'lik azalma ve omurilik zedelenmelerinde ise % 27'lik azalma meydana gelmiştir.
- 1995'te Amerika'da ise emniyet kemerleri 9797 kişinin, çocuk koltukları ise 279 çocuğun hayatını kurtarmıştır. Kanada'da, 1989'dan bu yana emniyet kemerleri 2400 kişinin hayatını, 55000 kişiyi yaralanmasını önlemiş, sosyal ve sağlık maliyetlerinde 3 milyon dolar tasarruf sağlamıştır. 1995 yılında ölümlü kazalarda, koruma sistemi kullanmayanların (emniyet kemeri, araç koltuğu vb.) % 25'i aracın dışına fırlatılmıştır.

Sarma otomatiği (geri çekici makara, retraktör) mekanizmasına sahip 3 noktalı kemerler (atalet makaralı ön gerdirmeli 3 noktalı pasif emniyet kemerleri), en sık kullanılan emniyet kemeri tipidir. Sarma otomatiği, taşıtın frenlemesi esnasında veya bir yere çarpıp yavaşlaması (ivmesinin azalması) esnasında, yavaşlama ivmesi belli bir değere ulaştığında, kemerin hareketini sağlayan geri çekici makarayı kenetler. Kemer ön gerdirme sisteminin kullanılmasıyla, yolcuların daha iyi bir şekilde korunması sağlanabilir. Ön gerdirme sisteminin etkili bir şekilde yolcuları koruyabilmesi için 10 ms gibi kısa bir sürede devreye girmesi gerekir.

Emniyet kemeri gerdirme sistemleri, 3 noktalı otomatik emniyet kemeri sistemlerinin geliştirilmesiyle elde edilmiştir. Bu sistemde emniyet kemerinin gevşekliği azaltılarak ciddi kazalarda yolcunun ileriye doğru olan hareketi sınırlandırılır. Bu sınırlandırmadan dolayı taşıt ve yolcular arasındaki diferansiyel hız azaltılarak yolcular üzerine etkiyen kuvvetler de

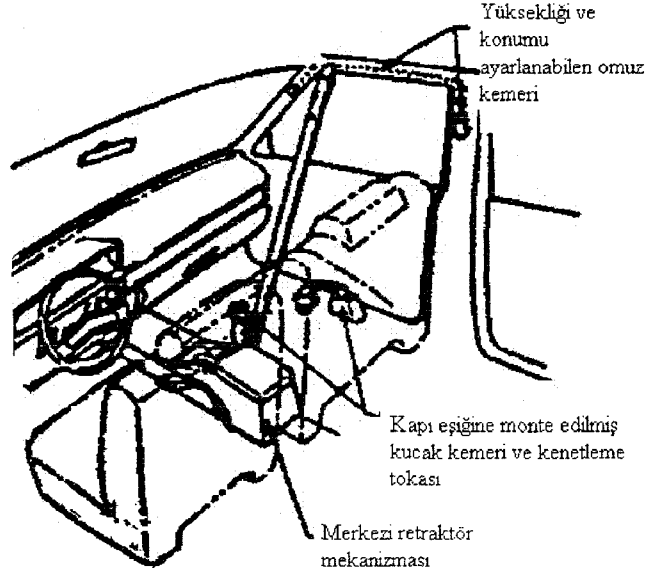
azaltılmış olur. Şekil 3.22’de emniyet kemerlerinin ön gerilmesinde kullanılan, yapısında devre anahtarlı bir sensör içeren ön gerdirme sistemi gösterilmiştir. Ani bir ivmelenme (taşıtın bir yere veya başka bir taşıta çarpmasıyla ya da ani frenleme yapmasıyla) kuvvetinin etkisi altında, ön gerdirme sisteminin mıknatısı, devre anahtarının üzerinde konumlanana kadar yayın olduğu yöne doğru sapar. İvmelenme kuvveti belli bir büyüklüğe ulaştığında manyetik kuvvet, sinyali dağıtması için düğmeyi harekete geçirir. Düğmenin çalışma süresi ve çalışmaya başlangıç duyarlılığı önceden manyetik kuvvetin belirlenen bir değerine göre ayarlanabilir.



Şekil 3.22 Devre anahtarlı ön gerdirme sistemi(Fenton, 1995)

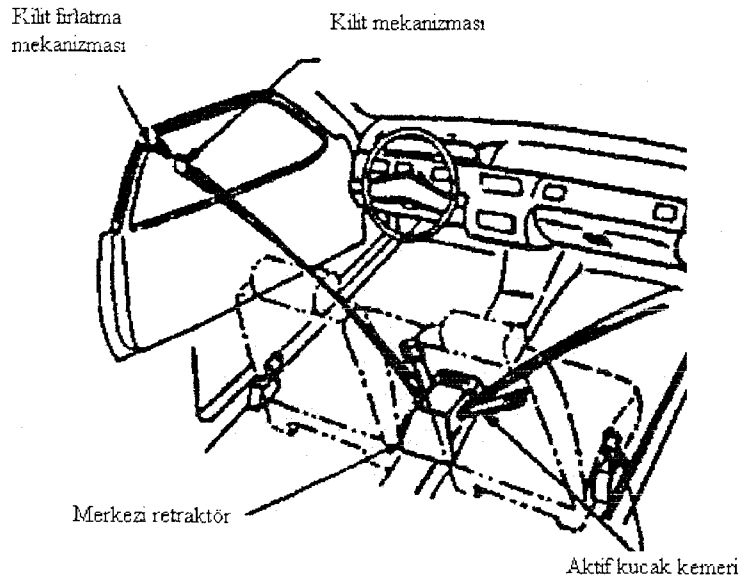
Emniyet kemerlerine entegre edilmiş kemer kuvvet sınırlayıcıları; ani ivmelenmelerde gerginleşen kemerin, kontrollü olarak gevşemesini sağlar. Bu sayede yolcunun göğüs bölgesine etki edecek baskı kuvvetini azaltmış olur.(Fenton, 1995)

Gövdeye monte edilmiş 2 noktalı pasif emniyet kemeri sistemi (Şekil 3.23), taşıt merkezine monte edilen kemer gerdirme sistemi ile taşıtın B desteğine yerleştirilmiş üst kemer çengelinden oluşur. Bu sistemde diz yastıklarının kullanımı önerilmektedir. Üst kemer çengeli yolcunun taşıta girişini kolaylaştırmak ve değişik boylardaki yolcular için rahat emniyet kemeri konumu sağlamak amacıyla taşıtın üst çatı iskeleti hizasındaki bir yolu izleyerek konum değiştirebilir.(Fenton, 1995)



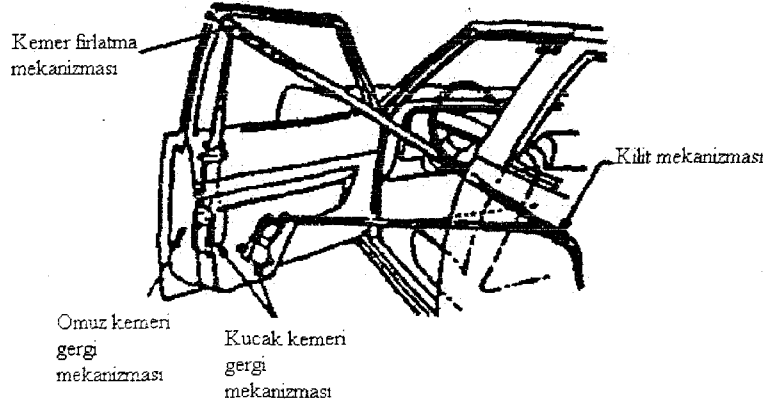
Şekil 3.23 İki noktalı pasif emniyet kemeri(Fenton, 1995)

Kapıya monte edilmiş 2 noktalı pasif emniyet kemeri sisteminde (Şekil 3.24), merkezi tünele veya tünelin yakınına monte edilmiş kemer gerdirme sistemi kullanılır. Aynı zamanda kapıda, acil bir durumda kemeri serbest bırakmak (salıvermek) için kullanılan bir kilit (mandal) mevcuttur. Bu sistemde de diz yastıklarının kullanımı önerilmektedir. Kemerin üst kilit bağlantısı, taşıt kapısı açıldığında yolcuların içeriye giriş çıkışını kolaylaştırmak amacıyla kapı üzerine monte edilmiştir. Bu sistemde ve gövdeye monte edilmiş 2 noktalı pasif emniyet kemeri sisteminde değişen yolcu boyutlarına bağlı olarak yolcuları kazalardan korumak zorlaşmaktadır.



Şekil 3.24 Kapıya monte edilmiş 2 noktalı pasif emniyet kemeri(Fenton, 1995)

Bahsedilen bu iki sisteme alternatif olan bir diğer sistem de 3 noktadan kapaıya monte edilmiş pasif emniyet kemeri sistemidir. Bu sistemde kapaıya monte edilmiş kalça ve omuz için toplam 2 adet kemer gergi mekanizması mevcuttur (Şekil 3.25). Bu sistemde diz sabitleyicileri (tutucuları) genellikle önerilmemektedir.



Şekil 3.25 Kapaıya monte edilmiş 3 noktalı pasif emniyet kemeri(Fenton, 1995)

3.3.2.2.1.1 Emniyet Kemerlerinin Yan Etkileri

Emniyet kemeri kullanımı ölüm ve ağır yaralanma oranını azaltmış,trafik kazası yaralanmalarının çehresini değiştirmiş olmasına rağmen yaralanma riskini ortadan kaldıramamıştır. Emniyet kemerlerinin 1960'lerden itibaren kullanılmaya başlanması ile beraber değişik tipte yaralanmalar meydana gelmiştir.

Kucak-omuz tipi (2 noktalı pasif emniyet kemerleri) emniyet kemerlerinde kucak (karın) ve omuz üzerinden olmak üzere insan vücudu iki bölgeden sarılmaktadır. Kemerin kucak bölgesinde kalan kısmının; mide, ince barsak, karaciğer, dalak ve bel omurları yada omurilik yaralanmasına neden olması durumuna "emniyet kemeri sendromu"denir. Emniyet kemerleri, kimi zaman ölümcül yaralanmalara neden olabilmektedir. Emniyet kemeri kullanmayanlarda en çok görülen karın yaralanmaları, karaciğer ve dalak gibi organların yırtılmasıdır. Kemer kullanımıyla bu yaralanmalar azalırken kalın ve ince barsak gibi içi boş olan organların yaralanmaları artmıştır. Bunun sebebinin karın duvarı ve iç organların kemer ile omurga arasında sıkışması ve iç basınçlarının ani olarak artması olduğu düşünülmektedir.

3 noktalı pasif emniyet kemerleri çarpma anında darbe etkisini direkt olarak vücuda aktarmakta; köprücük ve göğüs kemiği, boyun ve göğüs omurlarında kırık; kalp, karın ve boyun damarlarında yaralanma ve omuz çıkıklarına yol açmaktadır.

Emniyet kemerlerinin yetişkinlerin vücut yapıları esas alınarak üretilmesinden dolayı, emniyet kemerlerinin yanlış takılmasından dolayı çocuklarda meydana gelen yaralanmalar gün geçtikçe artmaktadır. Kucak-omuz kemerlerinin dizaynının çocuklara uygun olmayışı ve çocukların omuz kemerlerinin üstüne yaslanması veya koltuk altından geçirmeleri nedeniyle boyun ve yüz bölgelerinde yaralanmalar meydana gelebilir. Eğer emniyet kemerini takacak kişilerin (çocuklar ve minyon yapılı bayanlar) boyutları kemerin takılması için uygun değilse; kemer kişinin vücudu üzerinde rahatlıkla hareket eder bu da kemerin, kişinin boynunun etrafına dolanarak boğulmasına yada boynunun kopmasına neden olabilir. Çocukların iskelet yapıları henüz gelişme aşamasında olduğundan, yetişkenlere oranla daha zayıf ve kırılgandır. Çocuklarda daha az gelişmiş olan omurganın arka bağları daha kolay yırtılır. Bu sebeplerden dolayı çocukların taşıtlarda çocuk koltuklarıyla sabitlenmeleri daha uygundur.

Sonuç olarak emniyet kemeri uygun kullanıldığı takdirde, yaralanma ve ölüm oranlarını azaltmaktadır. Özellikle çocuklarda emniyet kemeriyle meydana gelen yaralanmaların, boğulma ve ölüm oranlarının azaltılması için kemer dizaynları yeniden gözden geçirilmeli, vücuda iletilen kuvveti daha iyi dağıtacak şekilde dizayn edilmelidir.(Psarianos, 1995)

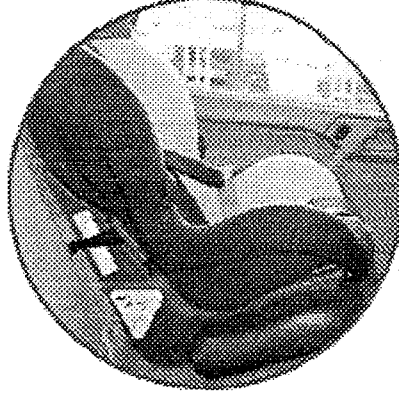
3.3.2.2.2 Çocuk Koruma Koltukları

Emniyet genel müdürlüğü verilerine göre 2001 yılında tüm kazalar içinde ölümlü ve yaralanmalı kazalara karışan 0-15 yaş arası çocukların toplam sayısı 7413'tür. Bu sayı ölümlü ve yaralanmalı kazaya karışan toplam yolcuların (sürücüler hariç) %16'sını oluşturmaktadır. Bu çocukların %32'si 0-5 yaş arasındadır.

Bu ölüm ve yaralanmaların bir çoğunun çocuk koltuğu ve emniyet kemeri kullanarak önlenmesi mümkündür. Bununla birlikte birçok ebeveyn koruma sistemlerini yanlış kullanarak çocuklarını riske atmaktadırlar. Uzmanlar çocuk koltuklarının % 80-90'ının, araçlara yanlış monte edildiklerini veya yanlış kullanıldığını düşünmektedir.

Çocuk koruma koltukları; taşıtın hızla bir yere çarpması esnasında üzerinde oturan çocuğa etkiyen kuvvetlerin kademeli olarak azalmasını sağlar. Doğru monte edilmiş çocuk koltukları, çarpma sonrası taşıtın durmasıyla, taşıtın mevcut hızıyla ilerleyen çocuğun bedeninin de durmasını sağlar ve biryerlere (taşıt içerisindeki diğer yolculara, koltuklara vb.) çarpmasını engeller.

Çocuk koltukları, darbe etkisini vücudun belli bir kısmına yönlendirmeyip, bu etkiyi vücudun daha güçlü bölgelerine (kalça kemiği, sırt ve omuz) dağıtarak darbe etkisini azaltma görevini görür. [2]



Şekil 3.26 Çocuk koltuğunun görünümü[2]

3.3.2.2.2.1 Çocuk koltuğu çeşitleri

Bebek koltukları (1 yaşına ve 8-9 kg'a kadar olan çocuklar için)

Bebek koltukları doğumdan 8-9 kg ve 1 yaşına kadar olan çocuklar için dizayn edilmiştir ve otomobillere arkaya bakacak şekilde monte edilir. Bebek koltuğunun arkaya bakmasının nedeni kazalarda hassas kafa ve boyun yapısına sahip olan bebeğin daha iyi korunması içindir. Çünkü kaza anındaki darbe etkisi bebeğin kafa ve boyun kısmına göre daha güçlü olan arka kısmına yöneltilecektir. Koltuk aynı zamanda bebeğin kafasının öne çarpıp çarpmaması için ön tarafa tam dayanmamalıdır. Bu koltuklar bebeklerin kendi kendine hareket edebileceği döneme kadar kullanılmalıdır. [1]

Hareketli çocuk koltukları (0-4 yaş grubu ve 0-16 kg'a kadar olan çocuklar için)

8-9 kg'ı geçen çocukların arkaya dönük veya öne bakacak şekilde taşınabilmelerini sağlayacak hareket kabiliyetine sahiptir. Bu koltuklardan bazıları 1 yaşının altındaki çocuklar için arkaya bakar durumda da kullanılmaktadır. Bu tür koltuklarda çocuklar 9 kg'dan 18 kg'a ve 4 yaşına kadar öne bakacak şekilde oturmalıdır. Daha sonra bir üst düzey koruma sistemi kullanılması önerilmektedir. [1]

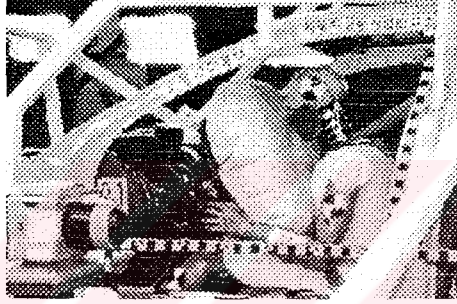
Destek koltukları (4-8 yaş grubu ve 28-30 kg'a kadar olan çocuklar için)

Bu koltuklar 4 yaşından büyük ve 28-30 kg'a kadar olan çocuklardan boy ve kilo olarak hareketli koltukları kullanamayacak ve henüz emniyet kemeri de kullanmaya hazır olmayanlar için geliştirilmiştir. Destek koltukları yalnızca çocuğu korumakla kalmaz, kemerlerin rahatla takılıp kullanılmasını ve çocuğun camdan dışarısını seyredebilmesini de

sağlar. Destek koltuğunda yalnızca iki noktalı kemer varsa koruyucular kullanılmalıdır. Destek koltukları, koruyucuların iki ve üç noktalı kemerlerle birlikte kullanılabileceği şekilde tasarlanmıştır. Arkası yüksek olan destek koltuklarının, hassas kafa ve boyun yapısını daha iyi koruduğu belirlenmiştir. [1]

3.3.2.2.3 Hava Yastıkları

Hava yastıkları taşıtların önden ve yandan çarpışmalarında yolcu güvenliğinin sağlanması amacıyla tasarlanmış pasif güvenlik sistemleridir. Sürücü için direksiyonun içine, yandaki yolcu için otomobil ön paneline yerleştirilen hava yastıkları; şiştiğinde sürücü ile direksiyon, ayrıca öndeki yolcu ile ön panel arasında koruyucu bir yastık oluşturmak, sürücünün başını direksiyon simidi veya gösterge paneline çarpmasını engellemek amacıyla geliştirilmiştir.



Şekil 3.27 Direksiyon simidine yerleştirilen ön hava yastığının test edilmesi[1]

İlk hava yastığı, 1985 model Ford Tempas otomobillerinde uygulanmıştır. Hava yastığının bu ilk uygulamalarında kazanılan tecrübeler ışığında 1989'da Ford Lincoln Continental otomobillerinde çift hava yastığı standart bir donanım olarak sunulmaya başlanmıştır. Günümüzde kullanılan otomobillerin birçoğunda hava yastığı standart bir donanım olarak sunulmaktadır.

Hava yastığı sistemi dört ana parçadan oluşur. Bunlar; darbe sensörü, hava yastığı, hava yastığı şişiricisi ve elektronik modüldür. Hava yastığı sisteminin temel parçaları aynı olmakla birlikte hava yastıklarının her bir otomobildeki çalışma şartları farklıdır. Bunun en önemli sebepleri;

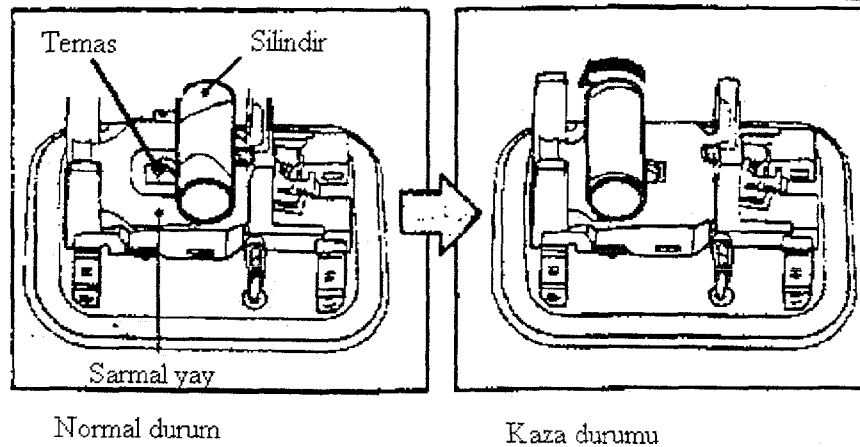
- Farklı darbe sensörlerinin kullanımı ve sensörlerin yerleşimindeki farklılık,
- Farklı gaz jeneratörlerinin kullanımı (hava yastığı şişirme pompası) ve hava yastığı şişirme oranlarındaki farklılık,
- Farklı hava yastığı boyutları,
- Farklı elektronik modüllerin kullanımı,

- Patlama (hava yastığının şişmesi) için farklı darbe hızlarının seçilmesidir.

Darbe sensörleri, hava yastığı sisteminin en önemli parçasıdır. Hava yastıkları, otomobillerin çarpışma bölgelerine yerleştirilmiş bir veya birkaç sensörün uyarısı ile açılır. Çarpışmanın algılanması ve hava yastığının şişmesini sağlayan sensör sistemleri elektronik veya elektromekanik tipte olabilir.

Elektromekanik tip sensörlerin yapısında bir tüp ve bunun içinde mıknatısla tutulan bir bilye vardır. Bir çarpma veya darbenin etkisiyle taşıt belli bir ivmelenmeyle yavaşladığında, bilye, üzerine etkiyen ön gerilme kuvvetini yenerek serbest kalır ve mekanik bir anahtarı açarak elektrik devresini kapatır. Şu anki sistemlerde en az iki sensör aracın ön çarpma bölgelerine yerleştirilir. Bunların bir uzantısı da yolcu kabinine yerleştirilmiştir. Buradaki sensör bir patlayıcıyı ateşler. Oluşan yanma gazları hava yastığının içine dolarak şişmesini sağlar.

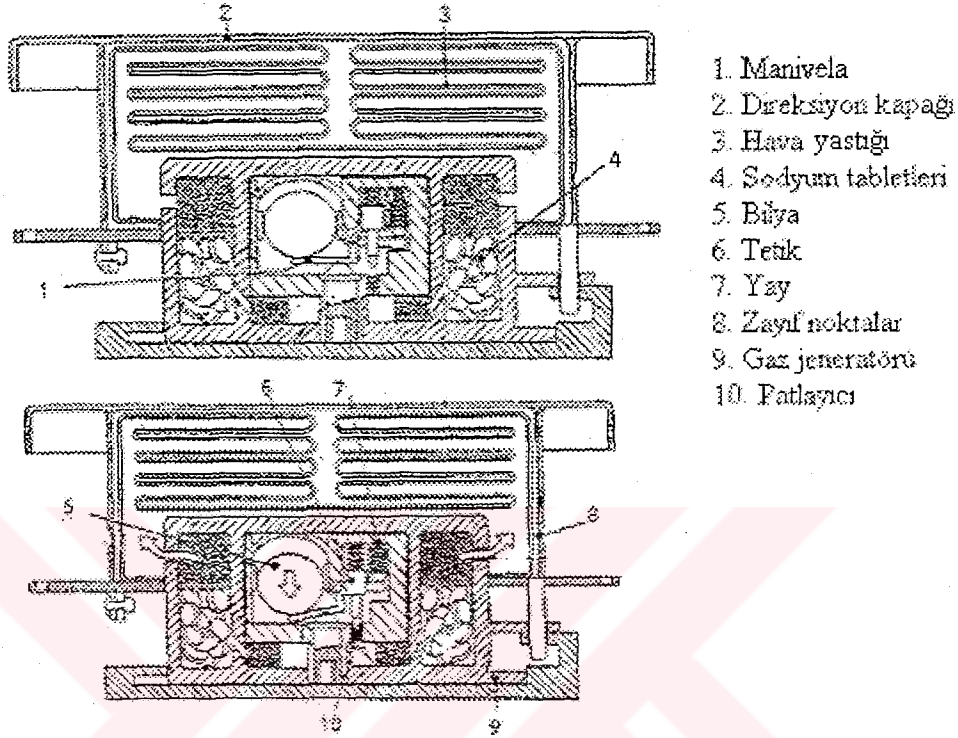
Elektromekanik tip sensörlere örnek olarak Honda firmasının geliştirmiş olduğu hava yastığı sistemlerinde kullanılan SRS sensör ünitelerini verebiliriz. Bu sistemde otomobilin her iki yanında gövdenin ön uç kısımlarına SRS sensör üniteleri yerleştirilmiştir. Sistem, kapalı bir mahfaza içerisine yerleştirilmiş bir sarmal yay, silindir ve alt levhadan oluşmaktadır. 12 g'lik ivmenin üzerindeki bir değerde silindir düğmeyi harekete geçirir. Ön koltukta oturan yolcuların arasındaki merkezi tüneldeki diagnostik ünite içerisine birbirine benzer iki sensör yerleştirilmiştir. Bu sensörler; motor kaputunun bulunduğu bölgedeki ivme değerinin, taşıtın ön kısmı bir yere çarptığında 2g'ye ulaşmasıyla devreye girer.



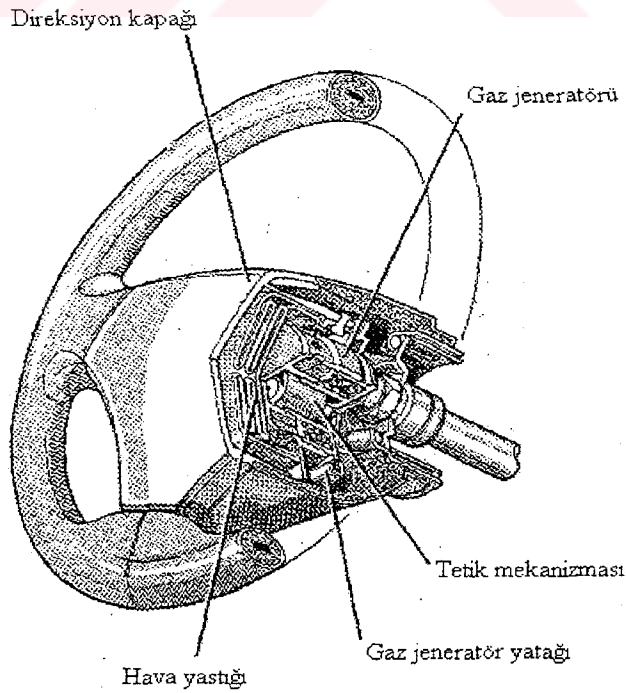
Şekil 3.28 Honda SRS sensörleri(Fenton, 1995)

Amerikan "Breed" firmasının geliştirmiş olduğu bir başka tip elektromekanik sensör ünitesini harekete geçiren düzenek Şekil 3.29'da gösterilmiştir. Bu sensörlerde önden gelen bir darbe ile taşıt 4 g'nin üzerinde bir ivmeyle yavaşlarsa, bilye yayın bulunduğu yöne doğru ilerler.

Bilya hareketi esnasında temas ettiği manivela kolunu ileriye doğru iter. Böylece manivela koluyla temas halindeki ateşleme iğnesi harekete geçirilir (tetiğine basılır). Tetik, patlayıcıyı ateşler ve kimyasal reaksiyon etkisi ile sodyum tabletlerinden gaz çıkışı olur. Oluşan nitrojen gazı, gaz jeneratöründen çıkıp, hava yastığının içine dolar.(Fenton, 1995)

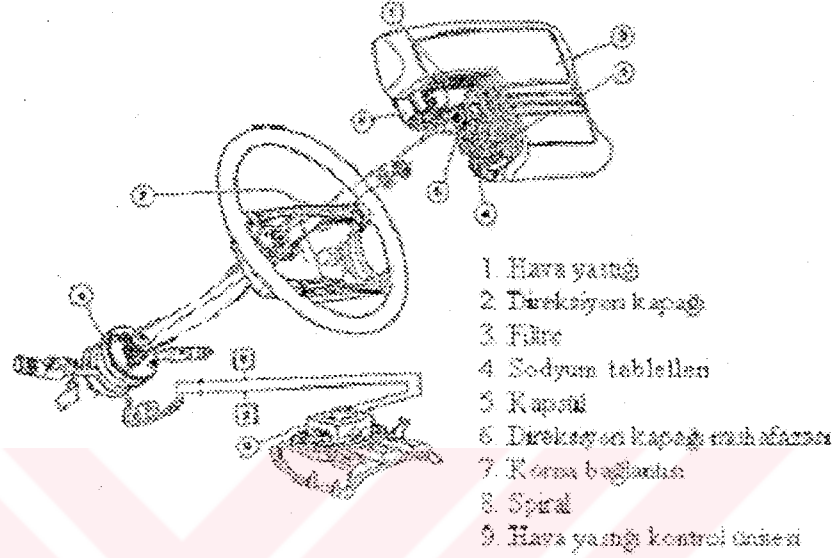


Şekil 3.29 Elektromekanik sensör(Tofaş, 1999)



Şekil 3.29 a Elektromekanik sensörlü bir hava yastığı sisteminin parçaları(Tofaş, 1999)

Elektronik sensörlü (uyarımlı) hava yastığı sistemleri; otomobilin yaklaşık 28 km/h'lık bir hızla sert bir bariyere çarpmasına denk gelen bir yavaşlama ivmesi değerinde devreye girer. Hava yastığı içerisindeki darbe algılayıcı sensörler, gönderdikleri elektriki sinyaller ile kapsülün ateşlenmesini sağlar. Ateşlenen kapsül; önünde bulunan sodyum tabletlerini kimyasal reaksiyona sokarak gaz oluşumunu sağlar.(Fenton, 1995)

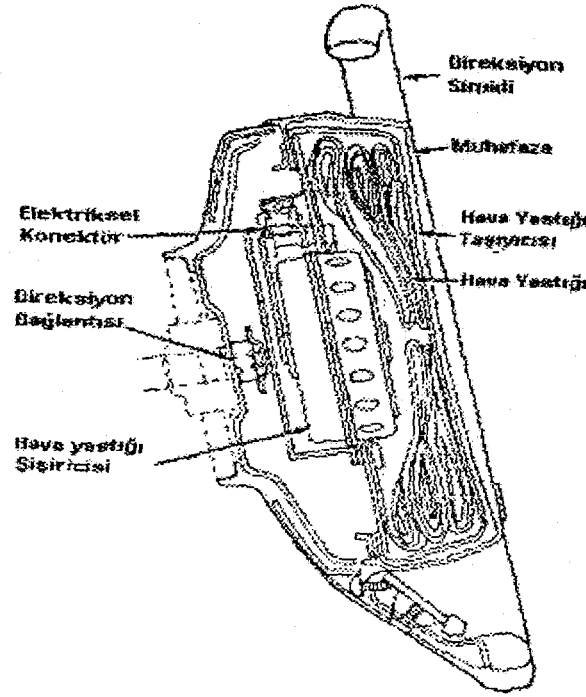


Şekil 3.29 b Elektronik sensörlü hava yastığı sistemi(Tofaş, 1999)

Direksiyonun göbek kısmındaki (ortasındaki) hava yastığını şişirmeye yarayan pompa; bir tutuşturucu (ısıtıcı ve zirkonyum potasyum perklorat) ve bir nitrojen jeneratöründen (sodyum nitrat) oluşur. Otomobilin çarpışma sensörleri darbeyi algıladığında 1 ms içerisinde hava yastığı şişirme pompasına (ateşleyiciye) bir sinyal göndererek harekete geçirir ve pompa içindeki kimyasalların yanmasıyla nitrojen gazı üretilir. Nitrojen gazı 60 l'lik hacme sahip hava yastığını 40-50 ms içinde tamamen doldururken aynı zamanda iki adet hava deliğinden de bir miktar gaz salıverilmektedir. Bunun nedeni hava yastığının şişerken sürücünün yüzüne sert bir şekilde çarpmasını engellemektir.(Tofaş, 1999)

Hava yastığının iç kısmı kauçuk kaplamadan, dış kısmı ise naylon bir örtüden ibarettir. Hava yastıklarının dışı; sağlamlığı, sürtünmeye karşı dayanıklılığı ve uzun sürede eskimesi nedeniyle naylondan yapılmaktadır. Hava yastığının içine dolan gaz akışının kontrolünün sağlanması amacıyla hava yastıklarının içleri kauçukla kaplanmıştır.(Bebek, 1997)

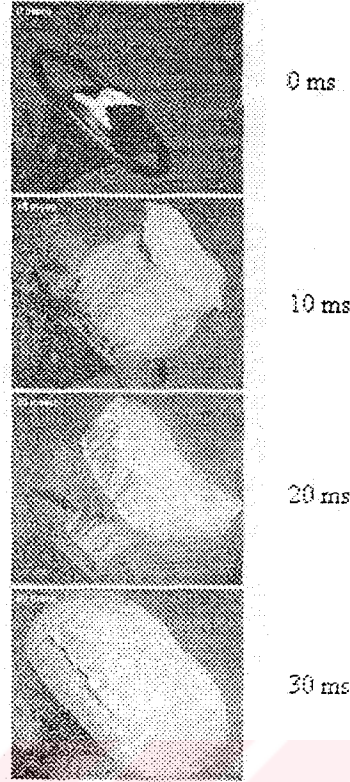
Sürücü hava yastığı dairesel bir formdadır ve içine 60 l gaz alabilecek kadar bir hacme sahiptir. Ön koltukta oturan yolcular için tasarlanan hava yastıkları damla formundadır ve hacimleri sürücü hava yastığının 2-3 katı kadardır. Sürücü hava yastığı direksiyon simidinin göbeğine yerleştirilen özel bir plastik muhafaza içinde katlanmış bir halde bulunur.



Şekil 3.30 Kesiti alınmış bir hava yastığı içerisindeki elemanlar(Bebek, 1997)

Hava yastıkları genellikle taşıtın 15-25 km/h'den daha büyük hızlarda bariyerlere çarpması esnasındaki darbenin etkisiyle açılırlar. Hava yastığının şişmesi için gerekli minimum darbeye "patlama eşiği" denir. Patlama eşik değeri, firmaların hava yastığının şişmesini istediği çarpışma hızlarına göre değişmektedir. Patlamanın bu eşik değerlerinden sonra gerçekleşmesi istenir. Örneğin; Ford firmasının yapmış olduğu taşıt dizaynlarında hava yastığının şişmesi için gerekli olan eşik değeri, taşıtın 22 km/h'lik bir hızla bariyerlere çarpmasıdır. Bir de hava yastıklarının kesinlikle şişmesi istenen değer (13 km/h) vardır. 13 km/h'lik hız değeriyle eşik değeri arasındaki herhangi bir çarpışma hızı değerinde hava yastığı şişebilmektedir. Şişmenin gerçekleşeceği hızın azlığı veya çokluğu, kullanılan sensörlerin hassasiyeti ve taşıttaki yerleşimiyle alakalıdır. Hava yastığında zamanlama çok önemlidir. Önden bariyerlere çarpma esnasında hava yastığının devreye girme süresi maksimum 100 ms'dir. Çarpışmanın algılanması, çarpışmadan sonra ilk 20 ms'de, hava yastığının tamamen şişmesi 50-70 ms'de olur. (Bauer, 1999)

Hava yastıklarının bir çarpışma esnasında şişmesi için yüksek eşik değerleri seçilmişse, hava yastığının açılmamasından yada geç açılmasından dolayı yolcular zarar görebilir. Düşük eşik değerlerinde ise hava yastıklarının çok düşük hızlardaki çarpışmalarda dahi açılması da yolculara zarar verebilir. Bu nedenle optimum bir eşik değerinin belirlenmesi gerekir.



Şekil 3.31 Ön hava yastığının şişerek açılması(Bauer, 1999)

3.3.2.2.3.1 Hava Yastığı Teknolojisinin Eksiklikleri ve Dezavantajları

Hava yastıkları yaklaşık olarak ortalama saatte 20 km'nin üzerindeki hızlarda meydana gelen çarpışmalarda devreye girmektedirler. Hava yastığının görevini yerine getirebilmesi için, içinde tutulduğu hazneden yaklaşık 320 km/h'e eşit bir hızla çıkması gerekir. Bu özellikle çocuklar olmak üzere, hava yastığına yakın oturan kişilere zarar verebilecek çok büyük bir güç anlamına gelir. Bu nedenle hava yastığının açılması esnasında yaralanmalar meydana gelebilir. Özellikle yüzde, hava yastığı içerisindeki sıcak gazlardan kaynaklanan yanmalar, ufak sıyrıklar oluşmaktadır. Şiddetli çarpışmalardaki ölüm ve yaralanma gibi sonuçlarla karşılaştırılamayacak kadar önemli olmayan bu yaralar, düşük hızlardaki kazalarda önem kazanmaktadır. (Ahlatçı, 1996)

Hava yastığı aracın ön koltuğunda seyahat etmekte olan küçük çocuklar için bir tehdit oluşturmaktadır. Çalışmalar, araçta yolcular için hava yastığı olsun olmasın çocukların arka koltukta oturmalarının daha güvenli olduğunu göstermektedir. Ön koltukta oturan çocuklar eğer emniyet kemeri uygun olmayan bir şekilde bağlanmışsa, emniyet kemeri yoksa, doğru pozisyonda oturmuyorlarsa ya da emniyet kemerinin doğru bağlanması için boyları çok küçükse ölümcül bir risk altındadırlar. Bir çarpma anında kolayca öne fırlayabilirler ve şişmekte olan hava yastığı başlarına yada boyunlarına şiddetle çarpabilir. Bir çocuk asla ön

koltukta geriye dönük çocuk koltuğu içerisinde seyahat etmemelidir. Çünkü çocuk koltuğu bu durumda fırlayan hava yastığına çok yakın bir konumdadır ve bu durumda taşıtın yapmış olduğu bir kazada hava yastığının sıkıştırdığı bebeğin boğularak ölmesi gibi olaylarla karşılaşmaktadır.[2]

Hava yastıklarından kaynaklanan yaralanmaları en aza indirebilmek için yapılması gerekenleri şu şekilde sıralayabiliriz;

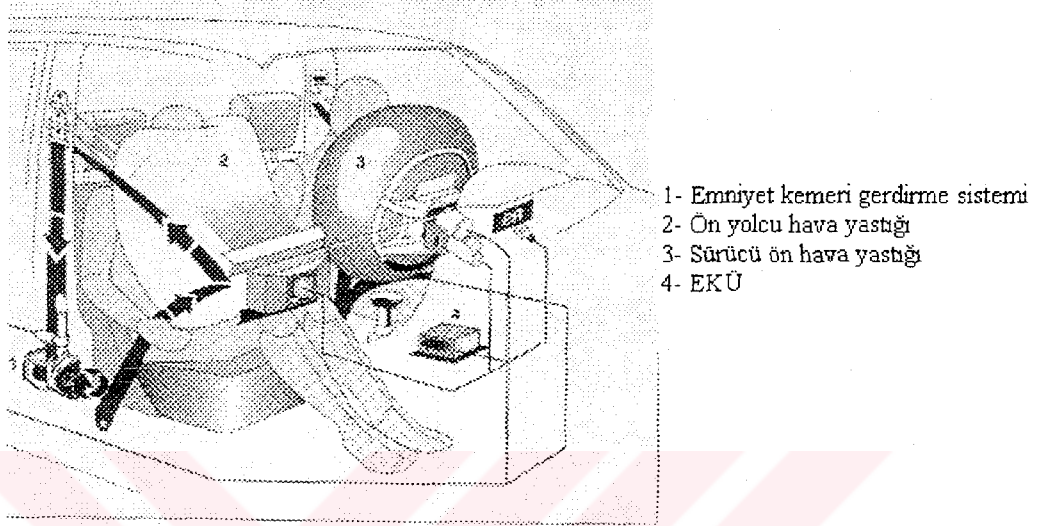
- Çocuklar yaş ve boylarına en uygun olan çocuk koltuklarında kemerleri bağlı olarak arka koltukta oturmalarıdır.
- Sürücü ve tüm yetişkin yolcular, özellikle boyu 165 cm'den az olanlar, emniyet kemerini doğru bir biçimde bağlamalıdır ve ön koltuk yeterince geriye çekilmiş olarak seyahat etmelidirler.
- Sürücü direksiyondan en az 25 cm uzaklıktaki bir mesafede oturmalıdır.
- Emniyet kemeri her zaman ve doğru biçimde takılmalıdır.
- Eğer hava yastıkları devre dışı bırakılmamışsa, ön koltukta asla yüzü geriye bakan çocuk koltuğu kullanılmamalıdır.
- Eğer direksiyon ayarlanabiliyorsa başa doğru değil de göğse doğru konumlandırılmalıdır.

3.3.2.2.3.2 Hava Yastığı İle Emniyet Kemerinin Birarada Bulunmasının Gerekliliği

Alman ADAC-Motorworld kulübü tarafından başlatılan bir araştırma; otomobili hava yastığıyla donatılmış sürücülerin, emniyet kemerini önemsemeyip takmaması nedeniyle 2.2 milyon Alman otomobil sürücüsünün hayatını tehlikeye attığını açığa çıkarmıştır.

ADAC-Motorworld kulübü, hava yastıklarıyla donatılmış iki benzer arabanın 50 km/h'lık bir hızdaki çarpışma testlerini gerçekleştirmiştir. Testte kullanılan otomobil içerisindeki mankenlerden sadece birisinin emniyet kemeri takılıyken diğer araçtaki mankenin emniyet kemeri takılı değildir. Yapılan bu testler sonucunda emniyet kemeri takmayan mankene çarpışma esnasında etkiyen kuvvetler belirlenmiş ve yolcuların ne gibi zararlara uğrayabileceği saptanmıştır. Emniyet kemeri takan yolcular kaza esnasında sadece ezikler ve hafif yaralanmalara maruz kalırlarken, emniyet kemeri takmayan yolcularda göğüs kafesinde, ayaklarda, kalça eklemlerinde, diz kapaklarında kırıklara ve derin vücut yaralarına rastlanmaktadır. Hava yastıklarına rağmen; dizlerin, kalça eklemlerinin ve leğen kemiğinin özellikle emniyet kemeri tarafından korunduğu ifade edilebilir. Ayrıca yolcuların taşıtın dışına fırlaması emniyet kemeri kullanımıyla engellenir.

Hava yastığının trafik kazası esnasında yeterli koruma sağladığına inanmak yanlıştır. Hava yastığı sadece emniyet kemerine ek bir güvenlik elemanıdır ve emniyet kemerinin yerini hiçbir zaman tutamaz. Kazalar üzerinde yapılan araştırmalarla en az ölümcül yaralanmaların % 50'si ve diğer ciddi yaralanmaların % 87'sinin emniyet kemerinin kullanılmasıyla önlenebileceği saptanmıştır.(Bebek, 1997)



Şekil 3.32 Emniyet kemeri gerdirme sistemleri ve ön hava yastıklarının bir arada bulunduğu yolcu geri tutma sistemleri(Bauer, 1995)

3.3.2.2.3.3 Gelecekteki Hava Yastığı Teknolojisi

Gelecekte akıllı hava yastığı adı verilen bir sistem kullanılacaktır. Geliştirilecek olan bu hava yastığı sisteminde hava yastığının şişme esnasındaki enerjisi ve hızı; kaza esnasındaki darbe enerjisine, taşıttaki yolcuların boyutlarına ve yolcuların hava yastığına olan oturma mesafelerine göre ayarlanacaktır. Bu sistemlerde sürücü ve yolcuların emniyet kemeri takıp takmadıkları belli algoritmalar ile algılanır ve çarpışmanın şiddeti de göz önüne alınarak hava yastığının doğru durumlarda açılması sağlanır. (Bauer, 1995)

ABD Boston Üniversitesindeki bilim adamları da şimdiden bir akıllı hava yastığı sistemi geliştirmişlerdir. Bu yeni teknik; koltuk döşemesinin içerisine yerleştirilen ve uzay araştırmalarında kullanılan “smart skin”adı verilen yaprağımsı bir yapıdan oluşmakta olup, bu sistem sayesinde koltuk üzerinde oluşan baskı kuvveti bir elektrik sinyaline dönüştürülerek bir bilgisayara aktarılıyor ve yolcunun pozisyonu ile ağırlığı hesaplanabiliyor. Bir kaza esnasında sistem, yolcunun yaralanmaması (bir yere çarpmaması) için 5 ms’lik bir sürede hava yastığının şişirilmesi için gereken momentum değerini hesaplıyor.

3.3.2.2.3.4 Yandan Gelen Darbelere Karşı Kullanılan Hava Yastığı Teknolojisi (SIPSBAG)

Yan hava yastığının özelliği; kaza anında göğüs kafesini ve içerisinde yer alan hayati organları (kalp, akciğer vb.) koruyarak zarar görmesini engellemektir. Yan hava yastıkları, ön hava yastıklarından bağımsız olarak çalışır.(Ahlatçı, 1996)

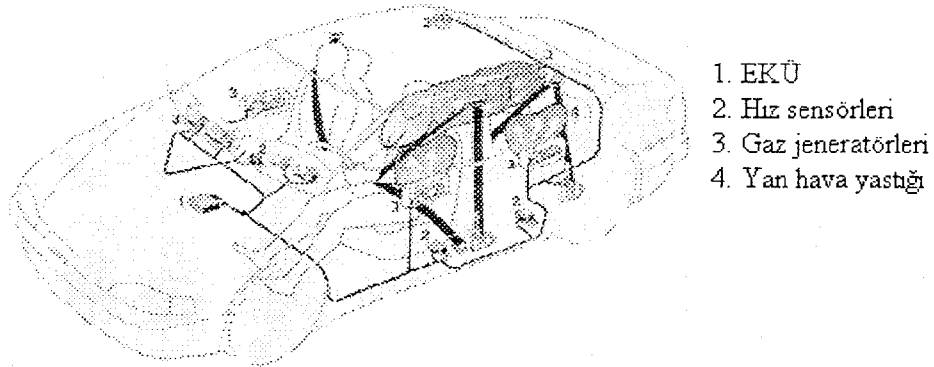
Bu tip bir hava yastığı sistemi üç ana kısımdan oluşur. Bunlar;

- Hava yastığı modülü,
- Sensör ünitesi,
- Ateşleme kablosudur. (Hava yastığı modülüyle sensör ünitesini birbirine bağlar.)

Yan hava yastığı sistemi; ön koltuğun sırt dayanağının döşemesi içerisine monte edilmiştir. Sistemin toplam ağırlığı 1 kg'dır.

Sürücü koltuğuna monte edilmiş yan hava yastığı sisteminin avantajları şunlardır;

- Sürücünün oturma pozisyonu ne olursa olsun hava yastığı koltuğa monte edilmiş olduğundan daima sürücüyle aynı konumda kalır. Bu da yolcunun pozisyon dışı kalarak hava yastığından yararlanamaması durumunu ortadan kaldırır.
- Her şey koltuk döşemesi içerisine monte edildiğinden, hava yastığının koltuk dışında hiçbir bağlantısı yoktur.
- Sistem sabotajlardan etkilenmez. Örneğin; birisinin yan kapıya tekme atması ile hava yastığı devreye girmez.(Bebek, 1997)



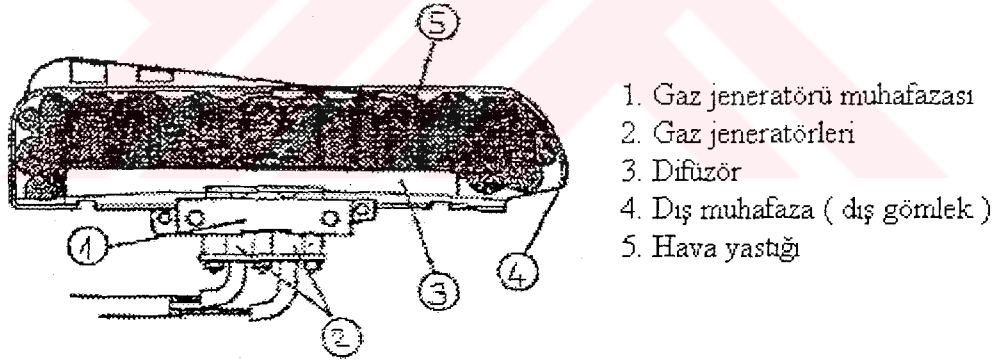
Şekil 3.33 Yan hava yastığı(Bauer, 1999)

SIPSBAG Hava Yastığı Modülü

SIPSBAG hava yastığı modülünün yapısında; her biri 2gr nitro selüloz taşıyan iki gaz jeneratörü, gaz jeneratörlerini içine alan bir muhafaza, bir hava yastığı, gaz jeneratörlerinden gelen gazı bir miktar soğutmak ve soğuyan gazın hava yastığı içerisinde dağılımını sağlamak için kullanılan bir difüzör ile yastığı korumak ve katlamak için kullanılan bir dış gömlek mevcuttur



Şekil 3.34 Yan hava yastığının sürücü koltuğu içerisindeki yerleşimi(Bebek, 1997)



Şekil 3.35 Yan hava yastığı modülü(Bebek, 1997)

Gaz jeneratörleri hava yastığı tarafından çepeçevre sarılmış olan difüzörün merkezine yerleştirilir. Sistemde itici gaz olarak nitro selüloz kullanılır. Gaz jeneratörleri 2 ms'lik gecikme ile bir biri ardına ateşlenir. Bu gecikmenin sebebi yastık üzerinde oluşan yükü azaltmak ve itici gazın akışı için yeterli zaman sağlamaktır. Gaz jeneratörleri ateşleme sonrası ürettikleri gazı difüzöre gönderirler. Difüzör, gazı yastığa dağıtır. Ateşlemeden sonra toplam 7 ms içinde hava yastığı şişmiş olur. Hava yastığı naylondan yapılmış ve içi silikon ile kaplanmıştır. Silikon yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması ve ince bir tabaka kaplaması nedeniyle tercih edilir. Hava yastığı şiştiğinde yaklaşık olarak 12 l'lik bir hacim kaplar ve

içerisindeki gazı boşaltmak amacıyla iki adet 15 mm çapında tahliye deliği kullanılır. Hava yastığı koltuk içerisindeki muhafazanın içine katlanarak yerleştirilir.

Sensörler

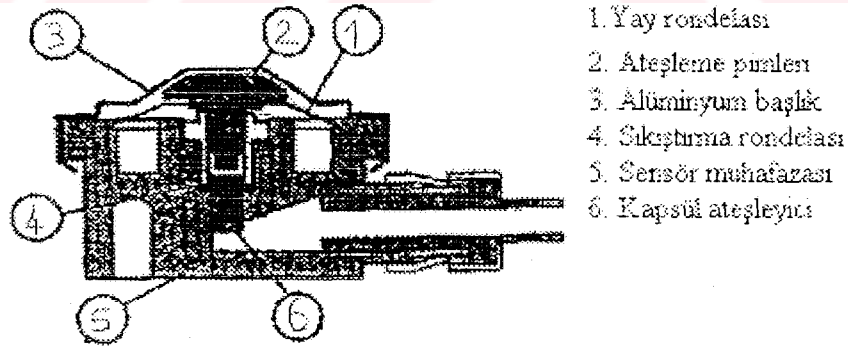
Yan hava yastıklarını uyaran sensörler koltuğun kapıya bakan tarafına yerleştirilirler. Yandan bir darbe esnasında otomobilin kapısı içeriye doğru yumulduğunda sensörler aktif duruma geçer. SIPSBAG sistemlerinde iki tip sensör kullanılmaktadır. Bunlardan biri mekanik tip diğeri de piroteknik tip sensörlerdir.

Mekanik sensörler ateşleme iğnesi ve patlayıcı bir kapsülden oluşur. Darbe esnasında ateşleme iğnesi patlayıcı kapsülü ateşler. Oluşan alev 2000 m/s hız ile ateşleme kabloları vasıtasıyla hava yastığını şişiren gaz jeneratörlerine iletilir.

Piroteknik tip sensörlerin ateşleme yapabilmesi için taşıtın yan kapısına belirli bir hız değeriyle çarpılması gerekir. Çarpma esnasında yan kapıya etki eden kuvvet belli bir değere ulaştıktan sonra sensörler ateşleme yapmaktadır.

Sensörlerin ateşleme yapabilmesi için;

- Hız > 2 m/s,
- Kuvvet > 500 N,
- Strok (kapının, yolcu kabininin içersine doğru olan hareket mesafesi) > 2 mm olmalıdır.



Şekil 3.36 Piroteknik tip sensör ünitesi(Bebek, 1997)

Piro Kablo:

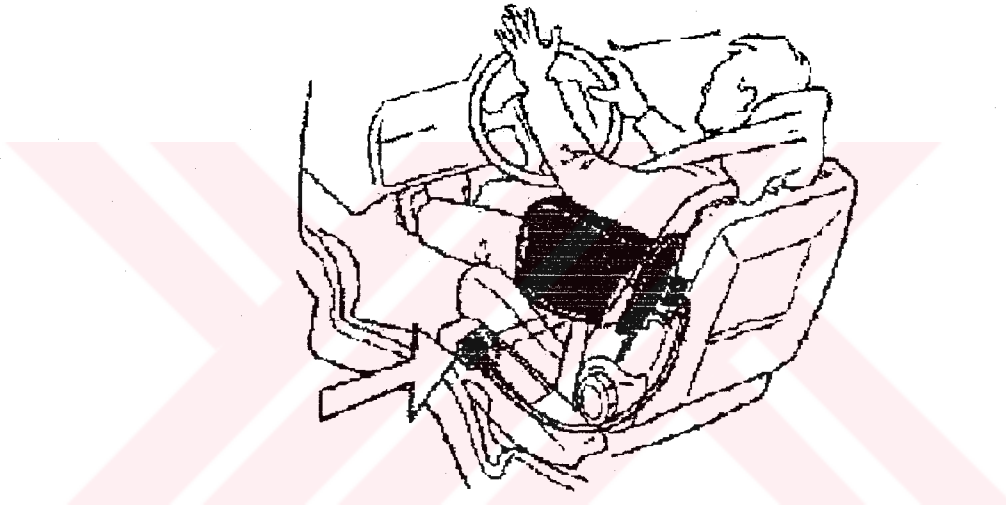
Sensörler tetiklendiği sırada meydana gelen sinyaller, sensörler ile hava yastığı arasındaki bağlantıyı sağlayan piroteknik kabloları vasıtasıyla yaklaşık 2000 m/s'lik bir hızla gaz jeneratörlerine iletilirler.

Sürücü Koltuğu ve Kapılar

Yan hava yastığının (SIPSBAG) başarısı, sistemin diğer parçalarıyla olan uyumlu çalışmasına bağlıdır.

Hava yastığı patlayarak açıldığında (şiştiğinde), koltuk arka dayanağı döşemesinin üst yan tarafında yer alan dikişleri açar. Yastık patlıyarak açıldığında Şekil 3.37'deki gibi kapıdan uzaklaşacak şekilde, ileriye doğru hareket eder.

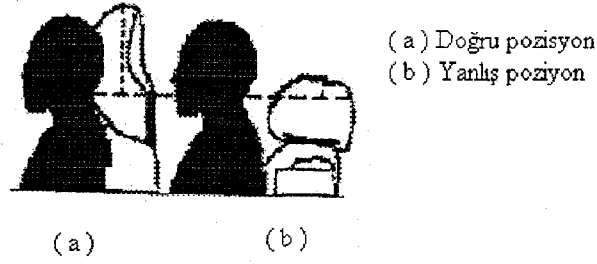
Koltuk arka dayanakları, içlerine hava yastığı modülü yerleştirilebilecek bir şekilde dizayn edilmelidir. Koltuk arka dayanaklarının köpük malzemesi üzerine bir oyuk açılarak hava yastığı modülünün yerleştirilmesi için yer açılır.



Şekil 3.37 Yan hava yastığının (SIPSBAG) patlayarak açılması(Bebek, 1997)

3.3.2.2.4 Koltuk Kafalıkları

Koltuk kafalıkları; bir taşıta arkadan çarpıldığında yolcunun başının geriye doğru olan hareketinden kaynaklanabilecek boyun zedelenmelerini azaltır. Günümüzdeki taşıtların büyük bir kısmı koltuk kafalıklarıyla donatılmış olmasına rağmen; montajı esnasında doğru yerleştirilmemiş veya yolcu tarafından yükseklik ayarı doğru yapılmamış kafalıklar yaralanmalara sebebiyet vermektedir. Sürücünün veya yolcunun başı, kafalığın en üst seviyesiyle aynı hizada olmalıdır. Kafalığın yüksekliği, kafalığın merkezi göz hizasına gelecek şekilde ayarlanmalıdır. Koltuk kafalıkları doğru ayarlandığı zaman koruma sağlayabilir. Sırt ile koltuk arka dayanağı arasına yastık veya minder koyulması halinde baş ile kafalık arasındaki mesafe artacağından koltuk kafalığı yeterli korumayı sağlayamaz.



Şekil 3.38 Koltuk kafalığının doğru ve yanlış pozisyonları(Bebek, 1997)

Bazı otomobil firmaları koltuk kafalıklarının güvenliğini arttırmak amacıyla çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmalara örnek olarak Volvo ve Saab firmalarının yapmış oldukları çalışmaları gösterebiliriz. Saab'ın en son geliştirdiği aktif koltuk kafalıkları, kaza anında öne ve yukarıya doğru hareket ederek boynu sabitleyerek zedelenmesini engeller(Psarianos, 1995)



Şekil 3.39 Saab aktif koltuk kafalığı(Psarianos, 1995)

3.3.2.2.5 Arka Koltuk Dayanakları

İç pasif güvenlikle ilgili bir diğer önemli konu da arka koltuk dayanaklarının sağlamlığıdır. Özellikle steysin vagon otomobillerde arka bagajda yer alan yükler ölümcül kazalara sebebiyet vermektedir. Eğer bagajdaki yükler bir şekilde sabitlenmezse, bir çarpışma esnasında yolcu kabininin içerisine girip yolcuları yaralayabilir.

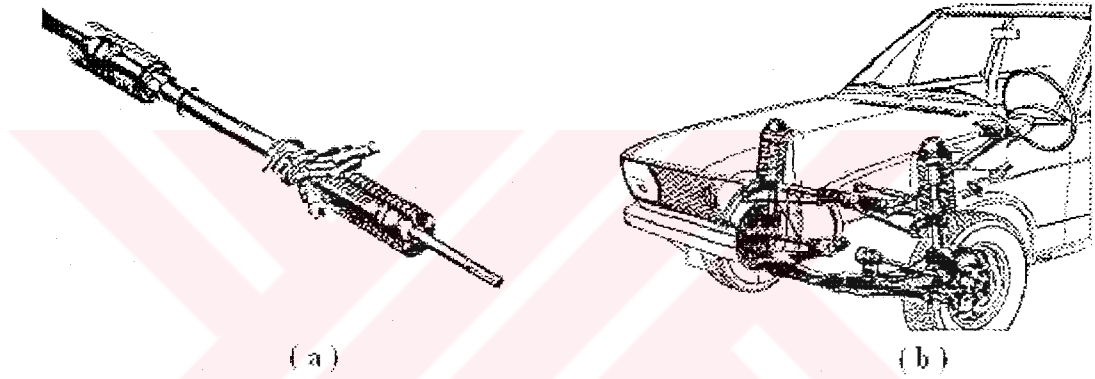
Yuvarlanma hadisesiyle sonuçlanan kazalarda otomobil içerisindeki yolcuların çoğu zaman kendi bagajları nedeniyle öldükleri görülmektedir. Bu nedenle otomobil içerisindeki yüklerin bazı aparatlarla (kanca vb.) sabitlenmesi gerekir.

Otomobillerin arkasındaki katlanabilir arka koltuk dayanaklarıyla birlikte çaprazlamasına yerleştirilmiş çelik barlar (çubuklar), bagajdaki yüklerin yolcu kabinine girmesini engelleyen güvenli bir bariyer oluştururlar.(Fenton, 1995)

3.3.2.2.6 Direksiyon Sistemi

Hareket halindeki bir taşıtın yönlendirilmesinde kullanılan bir sistemdir. Günümüzde daha çok dişli çubuk ve servo direksiyon sistemleri kullanılmaktadır.

Dişli çubuk sistemlerinin ucuz olması ve basit bir yapıya sahip olması, tercih edilmesindeki en önemli etkenlerdir. Bu sistemlerin verimi yüksektir ve kumanda edilen tekerleklerle direkt teması vardır. İstenilen kumanda elastikliğinin sağlanabilmesi için direksiyon milinde lastik elemanlar kullanılır. Konforlu taşıtlarda genellikle ilave bir darbe sönümleyici kullanılır. Tahrik pinyonu ortaya veya herhangi bir tarafa konulabilir. Böylelikle tekerleklerde ortadan veya yandan tahrik alınabilir.



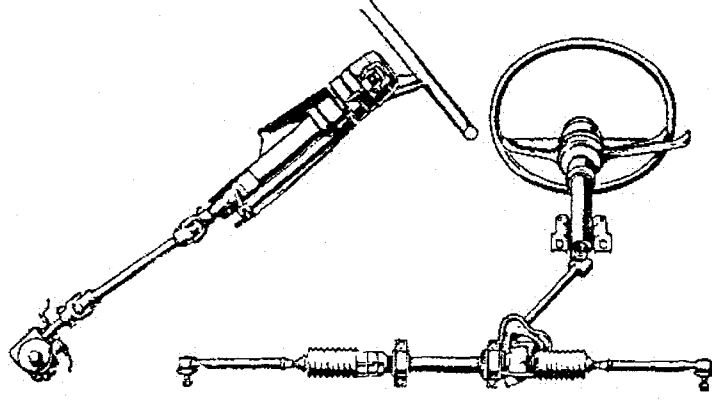
Şekil 3.40 (a) Dişli çubuk mekanizması(Çakır, 1998)

(b) Ortadan tahrikli ve darbe sönümleyicili dişli çubuk mekanizması(Çakır, 1998)

Servo direksiyonlarda elastikiyet dişli çubuk mekanizmasına oranla daha fazladır. Servo direksiyonların en önemli görevi, direksiyonu çevirmek için gerekli kuvveti azaltmaktır. Özellikle park etme esnasında sürücünün direksiyon kontrolü için harcadığı kuvvetini önemli ölçüde azaltır. Servo direksiyonun enerji kaynağı hidrolik, basınçlı hava veya elektrik olabilir. Genellikle hidrolikli servo direksiyon kullanımı tercih edilmektedir.

Direksiyon mili ve direksiyon simidinden doğan yaralanmaları en düşük seviyede tutabilmek için taşıtlarda; enerji yutan, deformasyon oranı yüksek, katlanabilir elemanlar kullanılmaktadır.

Bir taşıtın önden çarpışması esnasında sürücüye direksiyondan aktarılacak kuvveti en aza indirmek ve direksiyon milinin yolcu kabininin içerisine sokulmasını önleyebilmek amacıyla, katlanabilir veya kaçık eksenli direksiyon sistemi kullanılır. (Çakır, 1998)



Şekil 3.41 Kaçık eksenli direksiyon sistemi(Çakır, 1998)

4. GÜVENLİK SİSTEMLERİNDEKİ ELEKTRONİK GELİŞMELER

Gelecek yüzyılda taşıtlardaki aktif ve pasif güvenliğin artırılması, elektronik sistemlerin taşıtlarda etkin bir şekilde kullanılmasıyla sağlanacaktır. Günümüzde hava yastıklarında ve ABS sistemlerinde sensörler vb. çeşitli elektronik sistemler kullanılmaktadır. Kaza önleme sistemleri ve yol takip radarı gibi aktif güvenliğı sağlayan elektronik sistemler şu an geliştirilme aşamasındadır ve önümüzdeki yıllarda taşıtlarda uygulanmaya başlanacaktır.

4.1 Hava Yastığı Sistemindeki Elektronik Gelişmeler

Ön hava yastıklarındaki elektronik gelişmeler; elektronik kontrol ünitelerinin (EKÜ) boyutlarının küçültülmesi ve darbe algılayıcı sensörlerin EKÜ'nün içerisine yerleştirilmesi gibi konular üzerinde yoğunlaşmıştır. Sensörlerin ve EKÜ'nün bir arada (bütünleşik bir yapıda) kullanılmasıyla kablolar ve bağlantı elemanlarının kullanımına son verilmiştir. Hava yastıklarında taşıtların yavaşlamasını algılayan akselerometrelerin (hızlanma ölçücüler) kullanımı gittikçe artmaktadır.

Her ne kadar hava yastıklarında nitrojen gazı üretilmesi için genellikle katı propellant kullanılmakta ise de günümüzde elektronik kontrollü selenoid bir valfle hava yastığına bağlantısı sağlanan bir silindir içerisinde sıkıştırılmış inert gazların (Argon vb.) kullanımı yavaş yavaş yaygınlaşmaktadır. Bu sayede hava yastıklarının şişme hızı, küçük çocukların veya narin yapılı yolcuların (bayanlar vb.) yüzüne çarparak zarar vermeyecek bir şekilde ayarlanmış olur. Ön koltuklara yerleştirilen ve yolcu yükseklikleri ile ağırlıklarını algılayan sensörlerin kullanılmasıyla hava yastıklarının performansı artırılmaktadır.

Tüm taşıt kazalarının yaklaşık üçte biri yandan çarpışmalar şeklindedir. Taşıtlarda yandan alınan darbelerde; yolcuların yaralanma riskini azaltmak amacıyla yan darbe hava yastıkları kullanılmaktadır. Yan darbe hava yastıklarının hızlı bir şekilde şişmesi gerekliliğı taşıt üreticilerinin karşılaştığı en önemli dizayn problemidir. Ön darbe hava yastıklarının 100 ms gibi bir süre içerisinde şişmesi gerekirken bu süre yan darbe hava yastıklarında 20 ms'e düşmektedir. Yan darbe hava yastıklarının kısa sürede şişmesini sağlamak amacıyla hızlı ve yanlışsız bir şekilde ölçüm yapabilen yan darbe sensörleri kullanılmaktadır. Bir çok üretici firma bu amaçla mikro yapıda akseloremetreler geliştirmiştir. Bu akseloremetreler yan kapı çerçevelerinin içine ve şasi üzerinde değişik bölgelere yerleştirilerek hava yastığının yanlış bir zamanda şişmesi önlenmektedir.

Yandan darbelerde kullanılan bir diğer sensör tipi de mikro yapıdaki basınç sensörleridir. Bu sensörler yan kapıların içerisindeki boşluklara yerleştirilirler. Kapı bir darbe aldığı anda

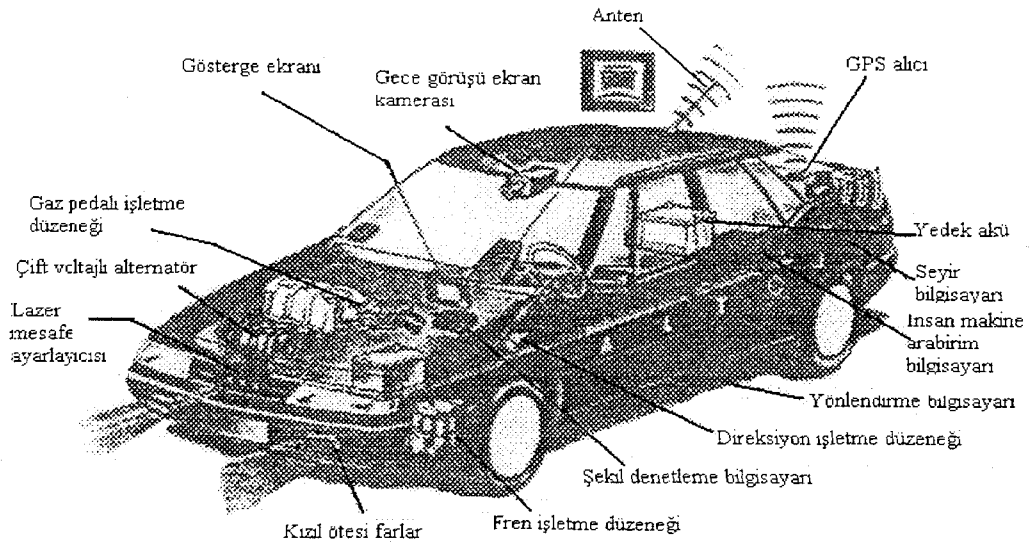
içerisindeki hava boşluğunda meydana gelen basınç değişimini algılayan sensörler, çok kısa bir sürede bu sinyali hava yastığı ünitesine gönderirler.(Smith, 2002)

4.2 Kaza Önleme Sistemleri

Taşıtlar; gelecekte aynen uçaklarda olduğu gibi otomatik olarak, sürücünün acil durumlarda ve yoğun trafik koşulları haricinde herhangi bir müdahalesi olmadan kontrol edilebilecektir. Sürücüler acil durumlarda alarm veya benzer aletlerle uyarılacaktır. Bu tip taşıtlarda kullanılacak olan bilgisayar ve elektronik sistemleri günümüz şartlarında pahalıdır. Önümüzdeki yıllarda bu sistemlerin maliyetinin azalmasıyla taşıtlarda uygulanmasına başlanacaktır.

1990'lı yıllardan günümüze dek radar, lazer ve mikroişlemci teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak kaza önleme sistemlerinin üretimi alanındaki çalışmalarda hız kazanmıştır. Bu sistemlerden birkaçının beraber kullanıldığı taşıt seyir kontrol sistemleri (Cruise Control Systems) sayesinde sürücünün hiçbir müdahalesi olmadan taşıtın belirtilen bir doğrultuda ve belirtilen bir takip mesafesinde kalması sağlanır. Mercedes-Benz ve Honda firmalarının geliştirmiş olduğu daha gelişmiş bir sinyal algılama sistemine sahip seyir kontrol sistemleri bazı otomobil modellerinde kullanılmaktadır. Bu sistemler otomobillerin kavisli bir yolda hareketini sağlamakta, yola inmek üzere olan yayaları saptamakta ve yoldaki engelleri fark ederek taşıtın gerekli olan manevraları yapmasını sağlamaktadır.

Fransa'da gerçekleştirilen ve "Prometheus"adı verilen bir projeyle çok fonksiyonlu bir seyir kontrol ünitesi içeren taşıt geliştirilmiştir. (Smith, 2002)



Şekil 4.1 Yapısında çarpışmaları önleyici bir kamera ve lazer-radar içeren, GPS navigasyon, otomatik yol rehberi ve trafik bilgi sistemine sahip olan, "Prometheus" projesiyle üretilmiş Citroen marka bir otomobil (Smith, 2002)

Kazaların önlenmesi amacıyla yapılan diğer iki proje üzerindeki çalışmaları da yine bir Fransız otomobil firması olan “Renault” yapmaktadır. Bu projelerden ilki; otomobil içerisine entegre edilmiş ve sürücünün soluk alış verişleriyle ölçüm yapan ilk prototip niteliğindeki alkol ölçüm cihazıdır. Aşırı alkol tüketimi sürücünün görüş yeteneğini zayıflatır, tehlikeleri sezmelerini engeller, refleksini yavaşlatır ve kaza yapmasına sebebiyet verir. Bu yeni sistemle sürücü kendi kendine kanunların yasakladığı oranda alkol kullanıp kullanmadığını kolayca ve güvenilir bir şekilde test edebilir.

İkinci proje de sürücünün seyir esnasında direksiyonda uykuya dalmasını engellemek amacıyla geliştirilmiştir. Taşıtın hız göstergesinin ve diğer göstergelerinin bulunduğu gösterge paneline yerleştirilen ve sürücünün karşısında yer alan küçük bir kamerayla, sürekli sürücünün göz kapakları kontrol edilir. Göz kapakları kapandığı anda sistem, sürücünün uykuya daldığını anlar ve sürücüyü uyandırmak için alarmı çalıştırır. Alarmdan çıkan ses sayesinde sürücü uyandırılmış olur.

“Renault” firması geliştirmiş olduğu bu iki sisteme yorulma önleyici sistem adını vermiştir ve önümüzdeki birkaç yıl içerisinde taşıtlarda standart ekipman olarak kullanılacaktır. Bu sistemlerin ilk uygulamaları “Renault”nun ürettiği kamyon ve otobüslerde kullanılacak ve daha sonra da otomobillerde kullanılmaya başlanacaktır.

4.3 Şasi Sistemlerindeki Elektronik Gelişmeler

4.3.1 Elektrikli Frenleme Sistemi

Elektrikli frenleme sistemlerinin kullanılmasıyla; geleneksel olarak kullanılan hidrolik fren sistemi ortadan kalkmaktadır. Elektrikli frenleme sistemlerinde tekerleklere monte edilmiş ve gerekli frenleme kuvvetini oluşturan küçük elektrik motorları, doğrudan bir elektronik kontrol ünitesi (EKÜ) tarafından kontrol edilirler. Elektronik kontrol ünitesinde kullanılan bir yazılım sayesinde taşıtın seyir koşulları ölçülebilir. EKÜ; yol kavrayışındaki, sevk açısındaki, motoru yüklemedeki vb.değişimleri karşılamak amacıyla her bir tekerlekteki frenleme kuvvetini kontrol eder.

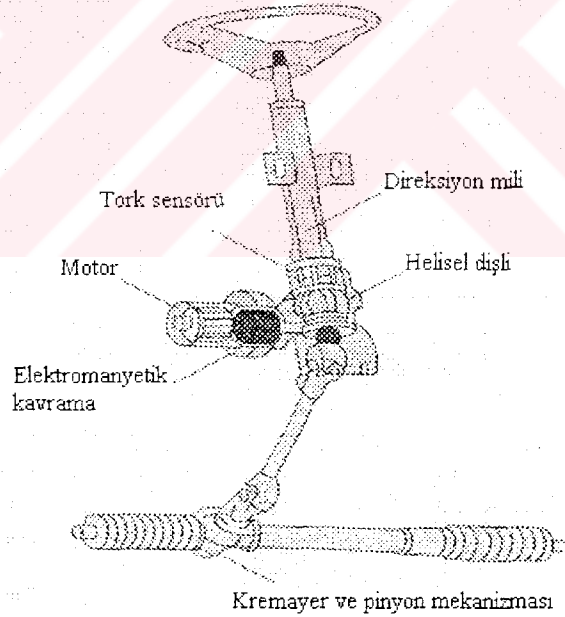
Elektrikli frenleme sistemlerinin günümüzde kullanışlı olmayışının başlıca sebebi; küçük, güçlü ve hızlı tepki verebilen, hidrolik fren sistemlerindeki eşdeğer bir performans gösteren elektrik motorlarının üretilmesindeki güçlülüdür. Diğer bir sebepte; sistemin basit elektriksel hatalardan dolayı düzgün çalışmayıp kazalara sebebiyet verebilmesidir.

4.3.2 Elektronik Kontrollü Direksiyon Sistemi (PAS)

Elektronik kontrollü direksiyon sistemleri hidrolik, hibrid ve elektrikli olmak üzere üç çeşittir. Bu sistemlerin ortak amacı direksiyonun döndürülmesi için uygulanan kuvvetin azaltılmasıdır. Taşıtların hızı arttığında, lastiklerle yol yüzeyi arasında oluşan adhezyon kuvvetinin azalmasıyla, direksiyon simidinin döndürülmesi için gerekli kuvvet azalmaktadır.

4.3.2.1 Elektrikli Direksiyon Sistemi

Direksiyon sistemindeki kremayer ve pinyon dişlisi grubuna akım; elektrik motoru, elektromanyetik kavrama ve motor devrini azaltan dişli kutusu kombinasyonu tarafından aktarılır. Motor torku doğrudan pinyon dişli miline veya kremayer miline uygulanır. Taşıtı sevk etmek için harcanan efor, hidrolik sistemdekine oranla daha fazladır. Elektrikli direksiyon sistemlerinin hidrolik sistemlere oranla montajı daha ucuzdur ve sistem daha güvenilirdir. Hidrolik sistemlerde; direksiyon simidinin döndürülmediği durumlarda dahi hidrolik pompa sürekli çalışır halde tutulmalıdır. Elektrikli direksiyon sisteminde ise sadece direksiyon simidi döndürüldüğünde elektrik gücü harcanır. (Smith, 2002)



Şekil 4.2 Elektrikli direksiyon sistemi bileşenleri (Smith, 2002)

4.4 Gövde Sistemlerindeki Elektronik Gelişmeler

Gövde sistemleri; taşıt içerisindeki güvenlik, konfor ve rahatlığı arttırmak amacıyla yolcu kabininin içerisine yerleştirilen bütün sistemleri içermektedir. Son yıllarda bu alanda hızlı teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. (Smith, 2002)

4.4.1 Taşıt Konforunda Sağlanan Gelişmeler

Günümüzde kullanılan taşıtlarda koltuk pozisyonları ve açıları taşıt yolcuları tarafından istenen şekilde ayarlanabilmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte önümüzdeki yıllarda, içerisinde basınç haritalama sistemi içeren koltukların kullanılmasıyla, sürüş esnasında üzerine etki eden basınç değişimine bağlı olarak koltuk konumları sürekli olarak değişebilecektir.

Amerikan otomobillerinin % 90'nda klima kullanılmaktadır ve Avrupa'da da taşıtlarda klima kullanımı gittikçe artmaktadır. Klima teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak birtakım sensör ünitelerinin taşıtlara eklenmesiyle birlikte taşıt kabinindeki konfor şartları arttırılmaktadır. Örneğin; yolcu kabini içerisine yerleştirilen solar radyasyon ve sıcaklık sensörleri sayesinde, soğuk hava kabin içerisinde istenilen bölgelere sevk edilebilmekte ve böylece kabin içinde sıcak bölgelerin oluşumu engellenmektedir. Ayrıca yolcuların isteğine bağlı olarak taşıt içerisindeki değişik bölgelerde değişik sıcaklıklar oluşturulabilmektedir.

Önümüzdeki 10-15 yıl içerisinde otomobillerde üretimine geçilecek diğer bir konfor özelliği de taşıt kabininde hissedilen aktif gürültüyü yok etme (ANC) sistemidir. ANC sisteminde kabin içerisine yerleştirilen mikrofonlar vasıtasıyla oluşan gürültünün bir örneği alınmakta ve bu gürültünün ters dönüşümü (inversiyonu) yapıldıktan sonra güçlü hoparlörler vasıtasıyla tekrar kabin içerisine gönderilmektedir. Bu sayede kabin içerisindeki gürültüler sönümlenebilmektedir. ANC sistemiyle daha çok (50-200) Hz arasındaki düşük frekanslı gürültüler (karoseri gürültüsü ve motordan yayılan düşük frekanslı titreşimler) sönümlenmektedir.

4.4.2 Gösterge Panelindeki Teknolojik Gelişmeler

Çok uzun zamandan beri otomotiv endüstrisinde gösterge paneli üzerindeki çalışmalar sürdürülmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda gösterge panelinin görüntüsünün otomobil ön camına yansıtılması sağlanmıştır. Bu uygulama sadece iki otomobilde gerçekleştirilebilmiştir. Bunun en önemli sebebi güçlü güneş ışığında gösterge paneli görüntüsünün görülmesindeki zorluktur. Bu problemi çözmek için araştırmacılar çalışmalarına devam etmektedirler. Yakın bir gelecekte gösterge panelinin görüntüsü ön cama yansıtılabilecektir.

Gösterge panellerinde uygulanan bir diğer yenilikte programlanabilen LCD (likit-kristal) gösterge panellerinin kullanılmasıdır. Bir mikrokontrol ünitesi; içerisindeki yazılım talimatlarına uygun olarak gösterge panelindeki görüntüleri (şekilleri) oluşturmaktadır.

Örneğin; LCD gösterge paneli, taşıtın normal seyri esnasında takometreyi ve hız göstergesini göstermektedir. Motor sıcaklığı normal değerinin üstüne çıktığında takometre göstergesinin yanında sıcaklık müşiri şeklini de oluşturur.

4.4.3 Taşıt Bilgi ve Seyir Sistemleri

Seyir sistemleri üzerindeki çalışmaların sonucunda ilk kez Japon otomobil firmaları taşıt seyir (navigasyon) sistemlerini 1997 model Nissan Cima, Honda Legend ve Mitsubishi Galant modelleriyle dünyaya tanıtmıştır. Navigasyon sistemleri; global yer belirleme sistemli (GPS) uydu alıcısı ve yüksek duyarlılığa sahip jiroskop ünitesinden oluşmaktadır.

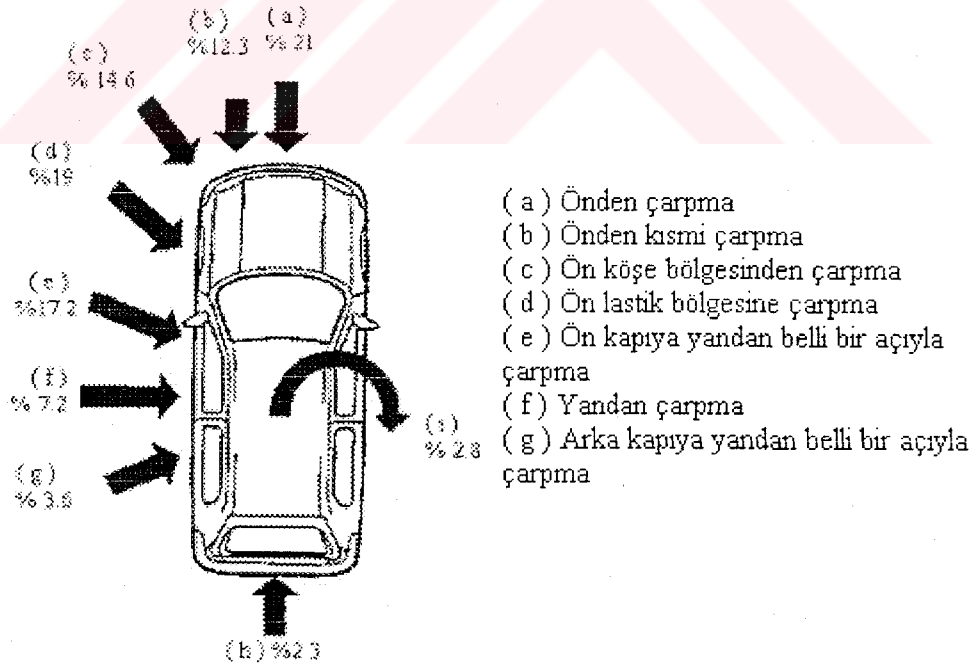
Karmaşık yapıları bir bilgisayar sistemi, uydudan gelen ve taşıtın kendi bünyesindeki sensörlerden aldığı giriş verilerini kullanarak taşıtın bulunduğu yeri belirleyerek LCD panelinde göstermektedir. LCD gösterge paneline önceden yüklenmiş bir harita üzerinde taşıtın seyri gösterilmekte, taşıtın gideceği konum gözönünde bulundurularak taşıtın seyri ile alakalı talimatlar kullanılan bazı oklar ve semboller vasıtasıyla LCD gösterge panelinden sürücüye aktarılmaktadır.

Sürücünün istediği yere en kısa ve en çabuk yoldan ulaşabilmesi, trafik durumunun dikkate alınıp en uygun yolun belirlenmesiyle mümkündür. Bu da ancak o ülkede ulusal yol bilgi sisteminin kullanılmasıyla mümkündür. Günümüzde şu ana kadar sadece Japonlar tarafından böyle bir sistem geliştirilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Görüntülü bilgi ve iletişim sistemi (VICS) adı verilen sistemle merkezi bir kontrol odasında toplanan çeşitli trafik ve hava durumu bilgileri, yola yakın bölgelere yerleştirilmiş radyo istasyonlarının yayınlarıyla ve kızıl ötesi bağlantılarla taşıtlara iletilmektedir. VICS alıcısına sahip taşıtlar; sürücülere gidecekleri güzergahta yapılan yol çalışmalarını, park yerlerini, kazaları, kötü hava koşullarını vb.bilgileri LCD gösterge panelleri vasıtasıyla göstermektedirler.

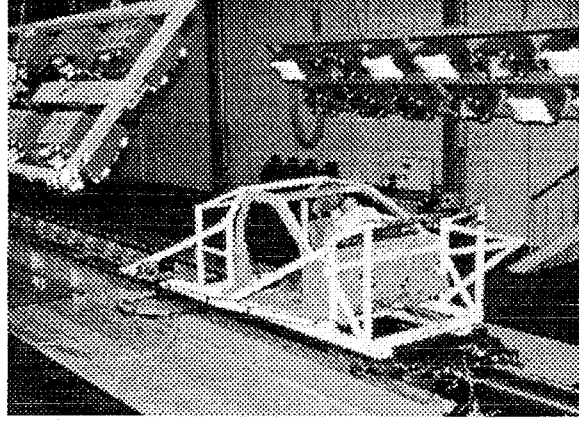
Japon hükümetinin yapmış olduğu çalışmalar sonucunda VICS sisteminin; ülke petrol tüketimini % 5 oranında azalttığı ve buna bağlı olarak hava kirliliğinin de azaldığını açığa çıkarmıştır. Üretim teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak navigasyon sistemlerinin maliyetlerinin azalmasıyla yavaş yavaş bütün ülkeler bu sistemi kullanmaya başlayacaklardır.

5. ÇARPIŞMA TESTLERİ

Trafik kazalarındaki ölüm ve yaralanma oranlarının gün geçtikçe artması, taşıt güvenliğinin sağlanması problemini ortaya çıkarmıştır. Günümüzde birçok otomobil firması otomobillerini piyasaya sürmeden önce ürettikleri prototipler üzerinde ve / veya üretim sonrasında crash-test adı verilen birtakım kaza testleri uygulamaktadırlar. Kaza testlerinin amacı; taşıtların ne düzeyde bir güvenlik sağladığını kanıtlamaktır. Kaza testlerinde elde edilen veriler, sonlu elemanlar metodu ile bir bilgisayar simülasyonu haline getirilmektedir. Daha sonra simülasyon sonuçları değerlendirilerek taşıtların kazalardaki davranışları tespit edilir. Testler sonucunda eğer taşıtların çeşitli standartlarda belirlenen güvenlik değerlerini sağlamadığı saptanırsa taşıt üzerinde gerekli düzenlemeler yapılmaktadır. Bu testler güvenlik açısından taşıtların birbirleriyle olan karşılaştırmalı değerlendirmelerine olanak sağlamaktadır. Kaza testlerinin en önemli avantajı; kazaların oluşumunu gerçeğe en yakın şekilde tasvir etmesidir. Çeşitli kaza tipleri düşünüldüğünde otomobil üreticilerinin kaza tiplerinin tümünü bir simülasyon testinde gerçekleştirmeleri mümkün değildir. Taşıtlarda kazalara neden olan etkenler ve kazalar esnasındaki taşıt hızları, kazadan kazaya farklılık gösterir. Şekil 5.1'de 1991 yılında Volkswagen otomobilleriyle yapılan kazalarda meydana gelen çarpışma tipleri ve yüzdesel olarak dağılımları gösterilmektedir.(Psarianos, 1995)



Şekil 5.1 Çarpışma tipleri ve yüzdesel olarak dağılımları(Psarianos, 1995)



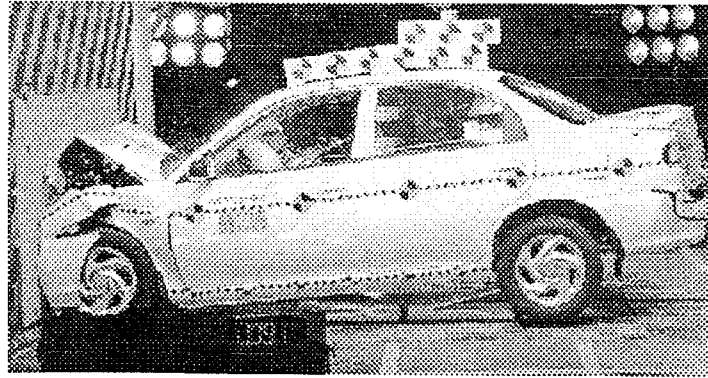
Şekil 5.2 Kaza simülasyonu test düzeneği[1]

Sürücü ve sağ ön yolcu koltuğu; trafik kazalarında, taşıtların çarpışması sonucunda ölümlerin en fazla gerçekleştiği bölgelerdir. Kazalarda ölümlerin % 50'si otomobillerin önden çarpışmasından ve % 30'u sol veya sağ yan darbelerden kaynaklanmaktadır.

Model geliştirme çalışmaları esnasında hazırlanan prototiplerin denenmesi önemli bir husustur. Model karoseri belli standartlara göre muhtelif şekillerde testlere tabii tutulur. Bu testler şunlardır;

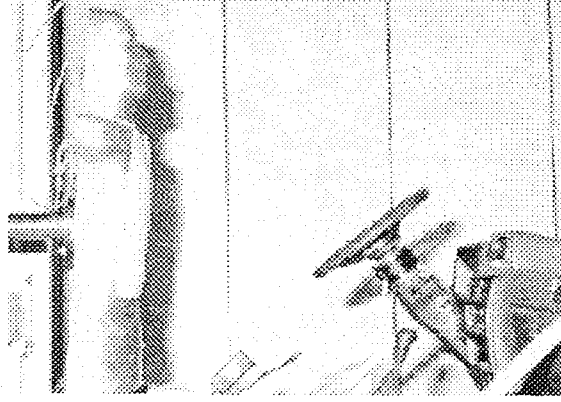
5.1 Ön Darbe Testleri

Taşıt kazalarından en sık rastlanılanı önden çarpışmalardır. Bu nedenle bu kazalar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak ve elde edilen bilgilere göre daha dayanıklı taşıtlar üretebilmek için yasal şartnamelerle birtakım ön darbe testleri zorunlu kılınmıştır. Taşıtların önden çarpması durumunda; tamponların ve karoserinin mukavemeti, 4 km/h ve buna karşılık gelen FMVSS 215 ve ISO 2958 standart çarpışma testlerine göre kontrol edilir. Bütün dünyada önden çarpışma testleri 30 mph (48.3 km/h) hızla sabit ve rijit bir bariyere dik veya taşıtın yatay eksenine 30°'lik bir açı yapacak kadar eğimle çarpma şeklinde uygulanır. Kullanılan rijit bariyerler SAE standartlarında belirtilmiştir.(SP-1666)



Şekil 5.3 Taşıtın sabit bir bariyere önden çarpması[1]

Yasal düzenlemelerde (FMVSS 203 ve 204) 48.3 km/h'lik bir hızla önden darbelerde direksiyon çubuğunun (milinin) üst kısmının sürücüyeye doğru hareketinin maksimum 127 mm olacağı belirlenmiştir. 24.1 km/h'lik bir hızla önden çarpmalarda da test mankeninin direksiyona çarpma sınırı olarak 1111 daN değeri saptanmıştır. Bu değerin üstündeki bir çarpma kuvvetinde sürücü zarar görebilir.



Şekil 5.4 Önden çarpışmalarda direksiyonun mankene etkisinin belirlenmesi için yapılan test[1]

Taşıtın ön bölümü çarpışma esnasında kinetik enerjinin büyük bir kısmını yutmaktadır. Bunu yeterli bir düzeyde gerçekleşip gerçekleşmediği testlerle kontrol edilir. Kuvvet kaptörleri yardımıyla deformasyon kuvveti, yol kaptörleri yardımı ile de deformasyon miktarı ölçülür. Bu testler statik ve dinamik olmak üzere ayrı ayrı yapılabilir. İvmelenme ölçümleri ve yüksek hız filmlerinin değerlendirilmesiyle taşıtların deformasyon özelliği tam anlamıyla analiz edilebilir. Taşıt yolcularının simülasyonu için kullanılan çeşitli boyutlardaki mankenlerle çarpışma esnasında (dummies) baş, göğüs ve uyluk bölgelerinde meydana gelen ivmelenmeler belirlenebilir. Baş ivmelenme değerleri; baş yaralanma kriterinin (HIC) belirlenmesinde kullanılır. Mankenlerin kullanıldığı testlerden elde edilen değerlerle, standartlarda belirtilen değerler kıyaslanarak dizayn edilen taşıt içerisindeki yolcuların zarar görüp görmeyeceği tespit edilir. Eğer yolcular biomekanik gerilim değerlerini aşan değerlerde kuvvetlere maruz kalıyorlarsa taşıt dizaynında gerekli düzenlemeler yapılarak bu değerler aşağıya çekilmeye çalışılır.

Taşıtların rijit bir bariyere çarptırılması testiyle aynı ağırlıktaki, ön yapısı aynı sertlikte olan ve aynı darbe hızıyla taşıtların önden çarpışması veya taşıtın sert bir duvara çarpması simüle edilebilir. Meydana gelen kazaların hepsi sert bir duvara çarpma veya aynı ağırlıktaki taşıtların çarpışması şeklinde değildir. Çoğu kazalarda, sürücülerin kaza esnasında yapmış oldukları direksiyon manevraları nedeniyle taşıtlar birbirleriyle önden kısmi bir temasla

çarpışmalar. Taşıtların yüksekliği, genişliği ve uzunluğuna bağlı olarak ön kısımlarının farklı yapısal bölgelerden imal edilmelerinden dolayı; kazalarda taşıtların farklı özellikteki yapısal bölgeleri birbiriyle çarpışır. Oluşan deformasyonlar taşıtların ön bölümlerinin bölgesel sertliğine bağlıdır. Bu durumu daha iyi modelleyebilmek için 1990'dan bu yana ön darbe testleri Çizelge 5.2'de 8.durumda görüldüğü gibi %40'lık bir çarpışma payıyla şekil değiştirebilen bir bariyere çarpma şeklinde gerçekleştirilmektedir.

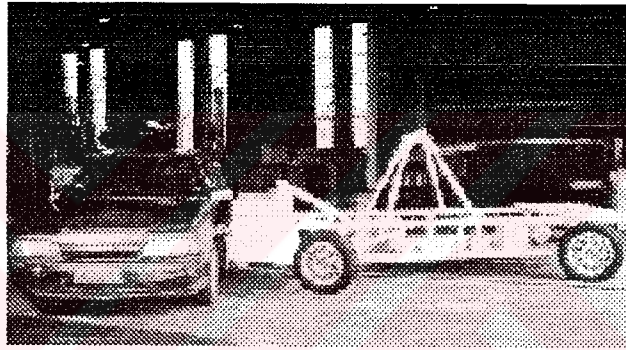
Çizelge 5.1 Porsche güvenlik geliştirme departmanının düzenlediği önden çarpışma testleri(Psarianos, 1995)

Durum	Kaza Tipi	Çarpışma Şekli	Hız (Km/h)	Taşıt Yüklü	Test Sebebi
1	0°		4-8	Test ağırlığı	Tampon
2	0°		15-28	2 yolcu ve ek yük	Sensör dizaynı, taşıtın yapısal davranışı
3	0°		48.3-56.4	5 yolcu ve ek yük	Yolcu üzerine etki eden kuvvetler, taşıtın yapısal davranışı, benzin deposunun sağlamlığı, yolcu kabini
4	30° sol / sağ		25-53	2 yolcu ve ek yük	Sensör dizaynı, taşıtın yapısal davranışı, yolcu üzerine etki eden kuvvetler, benzin deposunun sağlamlığı, yolcu kabini
5	30° sol / sağ kayma önleyici düzenek		50	2 yolcu ve ek yük	Sensör dizaynı, yolcu üzerine etki eden kuvvetler, benzin deposunun sağlamlığı, yolcu kabini
6	% 40 kısmi çarpışma		15	1 yolcu	Tamir masrafı
7	% 40 oranında kısmi çarpışma		50	2-3 yolcu ve ek yük	Yolcu üzerine etki eden kuvvetler, taşıtın yapısal davranışı, benzin deposunun sağlamlığı, yolcu kabini, sensör dizaynı
8	% 40 şekil değiştirebilen bariyer		56	2 yolcu ve ek yük	Yolcu üzerine etki eden kuvvetler, taşıtın yapısal davranışı, benzin deposunun sağlamlığı, yolcu kabini, sensör dizaynı
9	Merkezi veya kısmi olarak bir direğe çarpma		50	2 yolcu ve ek yük	Yolcu üzerine etki eden kuvvetler, taşıtın yapısal davranışı, benzin deposunun sağlamlığı, yolcu kabini, sensör dizaynı
10	Taşıt taşıt çarpışma		50-80	2 yolcu ve ek yük	Yolcu üzerine etki eden kuvvetler, taşıtın yapısal davranışı, benzin deposunun sağlamlığı, yolcu kabini, sensör dizaynı

Önden çarpışmalarda şekil değiştirebilen bariyerlerin kullanılmasıyla çarpışma analizi daha sağlıklı yapılabilir. Rijit bir bariyere çarpma esnasında darbe enerjisi, sadece bariyere çarpan taşıt tarafından absorbe edilir. Şekil değiştirebilen bir bariyere çarpma esnasında ise taşıtın farklı yapısal bölgelerine bağlı olarak deformasyon enerjisinin dağılımı gözlemlenir.

5.2 Yan Kapı Mukavemet Testi

Taşıt yolcularının sıklıkla karşılaştıkları önden çarpışmalarda, emniyet kemeri sistemleri ve hava yastıkları sayesinde iyi bir şekilde korunmaları, yanal çarpışmalardaki yaralanma oranlarına, önden çarpışmalara oranla daha fazla rastlanmasına neden olmuştur. Bu nedenle geçmiş birkaç yıldan beri taşıt içerisindeki yolcuların yandan gelen darbelerden zarar görmesini engellemek amacıyla yapılan araştırma çalışmaları taşıt gövde, menteşe, kapı ve kilit kombinasyonlarının sağlamlığı üzerinde yoğunlaşmıştır.(Ereke, 1988)



Şekil 5.5 Yan kapı mukavemet testi[1]

Amerika ve Avrupa’da uygulanan yanal darbe testleri şunlardır:

- **FMVSS 214 Quasistatic Kapı Çarpışma Testi**

Bu testte; taşıt gövdesinde bulunan kapıların, kilitlerin, menteşelerin ve kapıları çevreleyen karoserinin mukavemetini test etmek amacıyla, rijit bir kuvvet silindiri kapıya doğru bastırılır. Taşıtın kapısında 457.2 mm’lik bir çökme meydana gelinceye kadar bu işleme devam edilir. Bu esnada oluşan kuvvet ve deformasyon miktarı bir x-y yazıcısında çizdirilir.

Taşıt kapılarının; silindirin bastırılmasıyla kapılarda meydana gelen 152.4 mm’lik bir ilk çökme anında 10 kN’luk, 304.8 mm’lik bir çökmede de 15.6 kN’luk bir dayanım sağlaması gerekir. Kapıda meydana gelen 304.8-457.2 mm arasındaki çökmelerde elde edilen maksimum çarpışma dayanımı, 1590 kg’dan hafif taşıtlarda taşıtın yan bölgesinin ağırlığının iki katından daha fazla olmalıdır.(SP-1666)

- **FMVSS 214 Dinamik Çarpışma Testi**

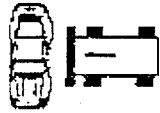
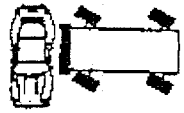
Bu testte 1365 kg'lık bir bariyer (alüminyum bal peteği yapısındaki), 54 km/h'lik bir hızla test edilecek taşıtın kapılarına 27° lik bir açıyla çarptırılmaktadır. Kullanılan bariyerin taşıt tamponlarıyla aynı yüksekliğe tekabül eden bölgesi sertleştirilmiştir. Taşıtın yan tarafındaki darbe alan bölgede sürücü koltuğuna ve arka koltuğa, yandan gelen darbelerde kullanılan Amerikan tipi mankenler (US-SID) yerleştirilmiştir. Test esnasında mankenlerin kaburga kemiğinin ve göğüs kemiğinin bulunduğu bölgede meydana gelen ivmelenme değerleri 85 g'yi, leğen kemiğinin bulunduğu bölgedeki ivmelenme değeri de 130 g'yi aşmamalıdır.

Uygulanan bir başka testte de 4000 lb'lik (yaklaşık 1818 kg) rijit bir bariyer, test edilecek taşıtın yan taraflarına 32 km/h'lik bir darbe hızıyla çarptırılır. Nispeten taşıta göre daha ağır olan bariyer, daha düzgün bir yüzeye sahiptir.(SP-1666)

- **ECE-R 95 Dinamik Yan Darbe Testi**

950 kg ağırlığındaki şekil değiştirebilen bir bariyer, duran (sabitlenmiş) bir taşıtın yan kapılarına 90° lik bir açıyla ve 50 km/h'lik bir hızla çarpmaktadır. Bariyerin (alüminyum bal peteğimsi bir yapıya sahip, uçları sertleştirilmiş) taşıta çarptığı taraftaki sürücü koltuğuna Avrupa tipi bir manken (EURO-SID) yerleştirilmiştir.(SP-1666)

Çizelge 5.2 Porsche güvenlik geliştirme departmanının düzenlediği yanıl çarpışma testleri(Psarianos, 1995)

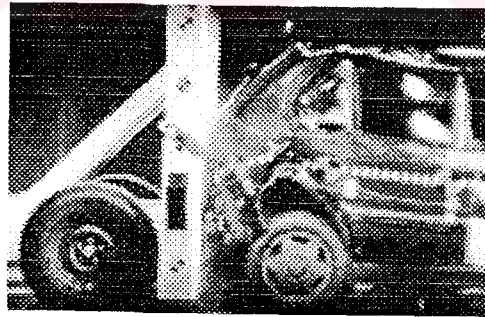
Durum	Kaza tipi	Çarpışma Şekli	Hız (km/h)	Taşıt Yüğü	Test Sebebi
1 USA	90° sol / sağ 1800 kg		32-35	1 yolcu ve ek yük	Benzin deposunun sağlamlığı, yolcu üzerine etki eden kuvvetler, taşıt yapısı
2 USA	27° 1365 kg		54	1-2 yolcu ve ek yük	Benzin deposunun sağlamlığı, yolcu üzerine etki eden kuvvetler, taşıt yapısı, yolcu kabini
3 Avrupa	90° sol / sağ 950 kg		50	1 yolcu ve ek yük	Benzin deposunun sağlamlığı, yolcu üzerine etki eden kuvvetler, taşıt yapısı, yolcu kabini

- **Taşıtların Yan Kenarlarının Bir Sütuna Çarptırılması Testi**

Kazalarda taşıtların yan taraflarından bir direğe (telefon direği, aydınlatma lambası, elektrik direği vb.) çarpması sonucunda taşıt sürücülerinde ve yolcularda önemli yaralanmalar

Çizelge 5.3 Porsche güvenlik geliştirme departmanının düzenlediği arkadan çarpma testleri ve devrilme testi(Psarianaos, 1995)

Durum	Kaza Tipi	Çarpma Şekli	Hız (km/s)	Tamir Yolu	Test Şekli
1	180°		4-8	Test ağırlığı	Tampon
2	180° 1100 kg		38-52	-2 yolcu ve ek yük -5 yolcu -Test ağırlığı	Benzin deposunun sağlamlığı, taşıt yapısı, yolcular üzerine etki eden kuvvetler, yolcu kabini
3	180° 1100 kg		48-52	2 yolcu ve ek yük	Benzin deposunun sağlamlığı, taşıt yapısı, yolcular üzerine etki eden kuvvetler, yolcu kabini
4	45° sol / sağ 1800 kg		50	2 yolcu ve ek yük	Benzin deposunun sağlamlığı, taşıt yapısı, yolcular üzerine etki eden kuvvetler, yolcu kabini
5	90°lik kasma çarpma 1100 kg		10	1 yolcu	Tamir masrafları
6	Taşıt/Taşıt		50-80	2 yolcu ve ek yük	Benzin deposunun sağlamlığı, taşıt yapısı, yolcular üzerine etki eden kuvvetler, yolcu kabini
7	Devrilme		48-52	2 yolcu ve ek yük	Benzin deposunun sağlamlığı, taşıt yapısı, yolcular üzerine etki eden kuvvetler, yolcu kabini

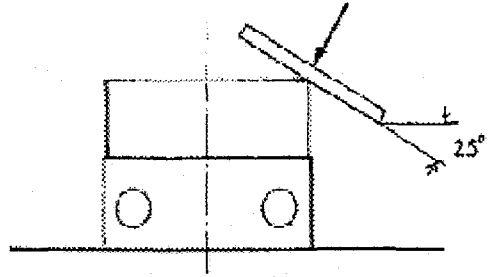
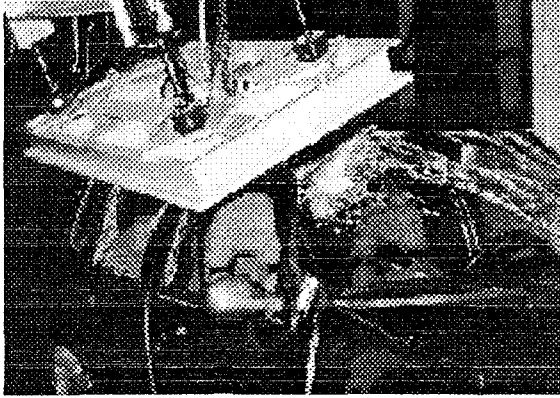


Şekil 5.8 Arkadan çarpma testi[1]

5.4 Tavan Mukavemet Testi

Tavan mukavemetinin kontrolü için eğik bir çelik plaka 25° eğimle sağ veya sol tavan kenarından bastırılır. (Şekil 5.9). Bu testlerde yine kuvvet-deformasyon miktarı ilişkisi incelenir ve kaptörler vasıtasıyla ilgili değerler ölçülür. Tavan mukavemet testinde plaka 12.7 mm/s hızla tavana doğru bastırılır. Tavanın deformasyonu 127 mm'ye ulaştığında basma

kuvveti 22.25 kN'a veya ağırlığının 1.5 katına ulaşmalıdır. Bu iki değerden hangisine daha önce erişilir ise o değer esas alınır.

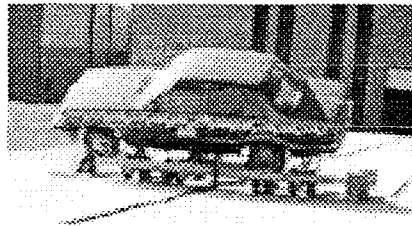


Şekil 5.9 Tavan mukavemet testi(Ereke, 1988)[1]

Bundan başka ayrıca taşıtın yana doğru yuvarlanması (devrilmesi) ile ilgili testler de yapılabilir. Bu tesler tavan mukavemeti bakımından fikir vermektedir.(Ereke, 1988)

Taşıtların devrilmesiyle ilgili olarak yapılan testleri iki kategoride toplayabiliriz. Bunlar;

1. Benzin deposunun sızdırmazlığı; taşıtın ekseni etrafında 90° lik açılarla döndürülmesiyle test edilir. Taşıt, her bir 90° lik açıyla geldiği konumda 5 dakika kadar bekletilir. Bu yöntemle benzin sızıntısını engelleyecek olan yerçekimi valfleri test edilmiş olur. Bu valfler; taşıt hafif eğimli bir konumda olsa bile motora yakıt beslemesini kesmektedir. Aksi takdirde taşıtların devrildiği kazalarda sızan yakıt nedeniyle yangın tehlikesi doğabilir.
2. Yolcu davranışlarının test edilmesi amacıyla taşıtlara dinamik devrilme testi uygulanır. Bu testte taşıt 23° lik bir eğime sahip bir kızak üzerine yerleştirilir. (Çizelge 5.3'de 7.durum). Kızak 48 km/h'lik bir hızla hareket ettirilir ve daha sonra belirlenen bir ivmeyle yavaşlatılır. İşlem sonunda taşıt, kızak üzerinden devrilir.



Şekil 5.10 Taşıt devrilme testi[1]

Üstü açılabilir otomobillerde ve üstü açık arazi taşıtlarında (jipler vb.), devrilme esnasında taşıt içerisindeki yolcuların zarar görmemesi için bu tip taşıtlarda birtakım koruma sistemleri geliştirilmiştir. Üstü açılabilir otomobillerde; otomobil ön camını çevreleyen gövde yapısı

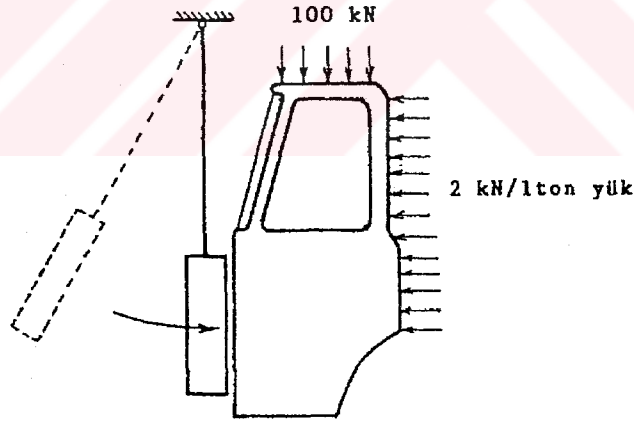
(A desteği vb.) ve otomobilin arka koltuklarının arkasındaki bölüme sabitlenen devrilme çubuğu (rollover bar), devrilme koruma sistemi olarak kullanılmaktadır. Üstü açılır otomobillerin klasik modellerinde; devrilme esnasında otomobil karoserisinin içine girebilen devrilme çubuğu veya uzayabilen koltuk kafalıkları kullanılmaktadır. Bu sayede sürücülerin ve yolcuların başlarının yere çarparak ciddi şekilde yaralanmaları önlenmiş olur.

Avrupa ekonomik topluluğu (ECE) kurallarına göre benzer testler kamyonlar için sürücü kabinlerinde de yapılır. Müsaade edilir toplam ağırlığı 7000 kg'ın üzerindeki yük taşıtlarının sürücü kabinleri için yapılması gereken üç zorunlu kabin testi vardır. Bunlar:

- a) Ön yüzeyden darbe gelmesi (çarpışma)
- b) Tavan mukavemeti
- c) Arka yüzeyden darbe gelmesi (yük kayması) olarak sıralanabilir.

a) Ön yüzeyden darbe gelmesi

Sabit bir noktadan asılı bir sarkaç, ucundaki homojen olarak dağılmış bir ağırlıkla kabin ön yüzeyine çarptırılır. Darbe şiddeti kabin yatay eksenine paralel ve tam karşıdan yatay olarak etki eder. Uygulanan enerji 4500 mkp'dur.



Şekil 5.11 Ön yüzey darbe testi(Ereke, 1988)

b) Arka yüzeyden darbe gelmesi

Kamyon sürücü kabini arka yüzeyi taşıyan beher ton yük başına 2kN'luk bir yüklemeye tabi tutulur. Yükleme paralel ve arka yüzeye yayılmış olarak uygulanır. Testler yapılırken kabin şasiye monte edilir ve taşıtla şaside yere sabit bir şekilde bağlanır. Test esnasında kabinin şasiye bağlanan noktalarında deformasyon ve yırtılmalara müsaade edilir. Ancak yine testler

esnasında kapıların açılmaması ve kabin içinde insanın sıkışmadan içinde durabileceği bir hacmin kalması gerekir.

c) Tavan mukavemeti

Tavan mukavemeti için prensip olarak toplam ağırlığın yarısı kadar bir yük kullanılır, ancak bu yük hiçbir zaman 10 tonu geçemez. Tavan kontrolünde yapılan yüklemede gelen yükün tavan yüzeyine eşit olarak dağıtılması gerekir.



6. TRAFİK KAZALARININ ANALİZİ

6.1 Trafik Kaza Analizlerinin Amacı

Trafik kaza analizlerinin amacı kazaların niçin oluştuğundan ziyade eldeki bilgiler doğrultusunda kazaların nasıl oluştuğunun belirlenmesidir. Kaza analizlerinde kazaların neden oluştuğu incelenmez. Bunun için neden analizlerinin yapılması gereklidir. Trafik kaza analizleri sırasıyla şu aşamaları içerir;

- Kazanın rapor edilmesi,
- Kaza alanından bilgi toplanması,
- Analizin esasları,
- Profesyonel kaza analizi,
- Neden analizi.

Rapor hazırlanması, bilgi toplanması ve teknik araştırma sıradan işlemlerdir. Trafik kazası analizlerinde amaç problemlerin çözümü için izlenecek yolların belirlenmesidir.

Kaza analizlerinde amaç; kaza esnasında meydana gelen olayların kronolojik bir sırayla az çok detaya girilerek anlatılmasıdır. Olayların anlatımında kazaya karışan her bir taşıtın veya yayanın yoldaki konumu, hızı, karşılaşma ve çarpışma yönü, hareket yönü, dönüşü, yavaşlaması veya hızlanması gibi özellikleri göz önünde bulundurulur.

Kaza analizlerinde taşıtların ve/veya yayaların, kaza meydana gelmeden önceki ve kaza esnasındaki hareketleri ve konumları ile ilgili tanımlamalar, sürücülerin taşıtları kullanma şeklinin ve yayaların davranışlarının doğru olup olmadığı hakkında detaylı bilgi edinilmesine olanak sağlar. Örneğin; taşıtların birbiriyle çarpıştığı kazalarda, taşıtların birbirlerine göre hızları ve konumları kazaların açığa kavuşturulmasında önemli bir rol oynar.

Kaza analizlerinde bazen taşıtları kimlerin kullandığı bir problem oluşturabilir. Sürücünün taşıtı kullandığını inkar etmesi ve görgü tanıklarından alınan ifadeler doğrultusunda taşıtları kimlerin kullandığı tespit edilemeyebilir. Bu gibi durumlarda kazalar sonucunda meydana gelen yaralanmalar, vücutların konumları ve hatta taşıtların hasar analizleri, sürücülerin tespit edilmelerini kolaylaştırır.

Yaralanmaların belirlenmesi de kaza analizlerini gerekli kılar. Yapılan kaza analizleriyle; yolcuları geri tutma sistemlerinin (emniyet kemerleri, hava yastıkları vb.) kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak yaralanmaların ne şekilde değişeceği hakkında fikir edinilir.

6.2 Trafik Kaza Analizlerinin Yapılmasında Karşılaşılan Güçlükler

Trafik kaza analizlerinin her kaza için yapılabileceğini düşünmek yanlıştır. Bunun nedeni kaza analizlerini sınırlandırıcı bazı engellerin bulunmasıdır. Bu engeller;

- **Eldeki bilgilerin az ve yetersiz olması :**

Trafik kaza analizlerindeki en önemli faktör elde edilen bilgilerin kalitesi ve miktarıdır. Elde yeterli miktarda ve uygun nitelikte bilgilerin olmayışı ya da eldeki bilgilerin inandırıcı olmaması halinde yapılan kaza analizlerinin hiçbir anlamı kalmaz. Bazen çok küçük bir ayrıntının elde edilememesi yüzünden analiz yapmak imkansızlaşır. Örneğin; önden çarpışan iki aracın karda yapmış oldukları kazanın fotoğrafları incelendiğinde; kar üzerindeki çarpışma izleri açıkça görülmesine rağmen, yolun karla kaplı olması sonucu yolun orta çizgisi ve yol kenar çizgileri görünmemektedir. Bu sebeplerden dolayı eğer bir görgü tanığı yoksa, kaza esnasında hangi aracın yanlış konumda olduğunu ispatlamak mümkün değildir.

- **Kaza analizini yapan kişinin tecrübesiz olması :**

Kaza analizlerinde kaza analizini yapan kişinin (eksperin) tecrübesi büyük önem taşımaktadır. Aynı bilgi birikimine sahip kaza eksperlerinden tecrübesi daha fazla olan diğerine oranla kazaya çok daha gerçekçi bir şekilde yaklaşarak kaza hakkında daha iyi bir yorum yapabilir. Kaza eksperinin tecrübesini belirleyen üç ana faktör şunlardır;

- 1) Kazayla ilgili bilgileri değerlendirme yeteneğinin olması (kaza yerindeki izlerin, çekilen fotoğrafların vb. incelenmesiyle doğru bir yorum yapılabilmesi),
- 2) Eksperin fizik, dinamik, psikoloji, optik ve matematik konularında bilgi birikimine sahip olması,
- 3) Bir gerçeğe bir görüş arasındaki farkı anlama yeteneğine sahip olmasıdır.

Bazen kaza eksperisi kendisinin de cevaplayamayacağı can alıcı bazı durumlarla karşılaşabilir. Böyle bir durumda konu hakkında daha çok bilgisi olan bir kişiden yardım alması gerekebilir.

- **Kaza analizi için gerekli zamanın kısıtlı olması ve analizin masraflı olması :**

Harcanılan zaman ve yapılan masrafin fazla oluşu kapsamlı bir analizin yapılmasına mani olmakta ve kaza analizini sınırlandırmaktadır. Örneğin bir kaza analizinde taşıt farının yanıp yanmadığını tespit etmek yüksek bir maliyet ve uzun bir zaman gerektirmez. Fakat kaza analizinde bazı özel yol testlerinin, uzun süreli çizim ve hesaplamaların yapılması gerekiyorsa analiz maliyetleri ve zamanı artar.

• **Kazanın yorumunun yapılabilmesi için gerekli analiz yöntemlerinin çokluğu :**

Pratik olarak ne kadar analiz gerektiği, analizin büyüklüğünü belirlemektedir. Kimi zaman yorumlanması zor kompleks kazaların nasıl oluştuğuna dair ayrıntılı bir açıklama yapılması gerekebilir. Bu gibi durumlarda kaza eksperleri kaza mahallinden elde ettiği verilere ek olarak, bazı yol testlerine gereksinim duyabilir. Ayrıca kazaya karışan taşıtların servislerde parçalanıp incelenmesi de gerekebilir. Bütün bu bilgilerin toplanıp bir araya getirilmesi ve değerlendirilmesi çok zordur, beceri gerektirir.

6.3 Trafik Kaza Analizlerinde Uygulanan Sistematik Prosedürler

Tipik bir trafik kazası analizinde yapılan işlemler şu şekilde özetlenebilir;

- Her bir taşıtın ölçekli ve tercihen kaza sonrası krokiyle aynı ölçekte bir taslağı çizilmelidir.
- Her bir taşıtın hasarı (veya hasar fotoğrafları) incelenerek, hasarlar taslak üzerinde gösterilmelidir.
- Taslak üzerinde temas hasarının genişliği belirtilmelidir.
- Temas bölgesindeki en fazla hasarın bulunduğu nokta belirlenmelidir ve daha sonra taşıt parçasının o duruma gelmesi için uygulanan kuvvetin yönü tahmin edilmeli ve bu kuvvet taslak üzerinde ok işareti ile gösterilmelidir. Bu işlemin düzgün olarak yapılabilmesi için, hasarın değişik görüş noktalarından incelenmesi gerekir.
- İtme kuvvetinin kütle merkezine göre yeri belirlenmelidir. Böylece taşıtların çarpışmaları esnasında meydana gelen döndürme momenti değeri hesaplanabilir. Taslak üzerinde eğimli bir ok ile taşıtın kütle merkezi etrafında dönme yönü belirtilmelidir.
- Taşıtlar taslak üzerinde maksimum temas konumunda bir araya getirilmelidir.
- Çarpışmaya katılan taşıtların dönme yönü ve oranı karşılaştırılmalıdır. Bu şekilde ilk temas ile maksimum temas arasında taşıtlar arasındaki açı değişimi belirlenebilir. İlk temas konumunu belirlemek amacıyla orijinal (hasarsız) taslakların konumları ayarlanmalıdır.
- Aynı işlem taşıtların ayrılma sırasındaki konumlarının belirlenmesi için yapılmalıdır.
- Kaza sonrası durum krokisi incelenerek, taşıtların ilk temas konumunun belirtileri incelenmeli, özellikle lastik izlerindeki düzensizlikler ve sabit nesneler üzerindeki izler belirlenmelidir.

- Her bir taşıtın maksimum birleşme konumundan son konumuna ne şekilde hareket ettiği belirlenmelidir. Taşıtın ne şekilde dönmesi ve hareket etmesi gerektiği göz önünde bulundurulmalı, hatta kuvvetin yönü tekrar analiz edilmelidir.
- Kazaya ait bütün işaretler incelenmeli, kazaya ait olmadığı düşünülenlerin sebebi açıklanmalıdır.

6.4 Trafik Kazalarının Analiz Edilmesi

Trafik kazaları kimi zaman çok karmaşık bir yapı almaktadır. Komplike kazalarda; iki taşıtın birbiriyle çarpıştığı basit kazalarda olduğu gibi sadece bazı temel fizik ve matematik kanunlarının kullanılması kazanın analizinde yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda eksperden beklenen en önemli özellik; yüksek bir hayal gücüne sahip olması ve elde edilen bilgiler arasında bir ilişki kurup yorum yapabilmesidir. Kaza analizi adeta bir yap bozun parçalarını birleştirmeye benzer. Kazalardan edinilen bilgileri, yap bozun parçalarına benzetebiliriz. Yap bozda uygun parçaların bir araya getirilmesiyle sonuçta nasıl bir şekil elde edilebiliyorsa, kazalardan da edinilen bilgilerin doğru bir şekilde bir araya getirilmesiyle kazanın nasıl oluştuğu hakkında bir karara varılabilir.

Kazalardan elde edilen kanıtlar kazadan kazaya farklılık gösterir. Kanıtlar, kaza analizini yapan kişinin direkt kontrolü altında değildir. (kaza eksperinin kanıtları koruması veya hatırlaması dışında). Kanıtlar bir kez toplandıktan sonra o kaza olayı için bir daha değişmemelidir. Kaza sonrasında elde edilen kanıtların çekilen fotoğraflarla ve ölçüm yapılan bazı değerlerle (tekerlek fren izi mesafesi vb.) korunmaması bu kanıtların daha sonra kaybolmasına ve bir daha elde edilememesine sebebiyet verir. Örneğin; kar yağışının olduğu bir yerde meydana gelen bir kazada, taşıtın hareketlerini belirleyen izler kar yağışıyla kapanabilir. Kaza kanıtlarının eksikliği ise kaza analizinin geçerliliğini azaltır.

Kaza kanıtları içerisinde; kaza sonrası kazaya karışan taşıtların son konumları, lastik izleri, yol işaretleri, taşıtlardaki hasar gibi ayrıntılar yer alır. Kaza araştırmasını yapan görevli (polis vb.); ilk önce daha sonra yapılacak detaylı kaza analizi için gerekli olan ön bilgiyi (kanıtları) toplamalıdır. Kaza analizi için gerekli olan kanıtlar bir yandan toplanırken, bir yandan da kazazedeleri kurtarmak ve kaza alanı ile yoldaki taşıtlar arasında bir güvenlik bölgesi oluşturmak gerekir. Daha sonra detaylı kaza analizinin yapılabilmesi ve bu arada kanıtların yok olmasını önlemek için; kaza sonrası taşıtların pozisyonlarının, çarpışma noktalarının boya ile işaretlenmesi gerekir. Boyama işlemini yapmadan önce kaza alanındaki kanıtların fotoğrafını çekmek gerekir. Ayrıca kaza alanından alınacak olan fren izi, uzaklık

gibi ölçümler çok önemlidir. Hata oranını azaltmak için, kaza yerinde mümkün olduğunca çok ölçüm yapılmalıdır.

Taşıtta meydana gelen hasarın kaza alanında tespit edilmesi şart değildir. Kazazedeyi taşıt içerisinden çıkartmak için taşıt karoserinin kesilmesi ve parçalanması gibi işlemler ile kaza yapan taşıtın taşınması esnasında oluşabilecek ekstra hasar durumları dışında, kaza yapan taşıt üzerinde meydana gelen hasar haftalarca, yıllarca bozulmadan kalır. Bu nedenle kaza eksperleri arasında, kaza yapan taşıt üzerinden alınan hasar doğrultusunda kaza analizini yapmak daha yaygın bir yöntemdir. Yalnızca taşıt hasarı hesaba katılarak yapılan kaza analizleri; kaza alanından kanıtların elde edilemediği durumlarda son çare olarak kullanılmalıdır. En mantıklısı hem taşıt üzerindeki hasardan hem de kaza alanından elde edilen bilgiler doğrultusunda kaza analizinin yapılmasıdır.

Kaza analizine hazırlık olarak yapılması gereken diğer aşama ise taşıt hareketlerinin tespit edilmesidir. Bu özellikler daha sonra Newton'un kanunlarına bağlı olarak hareket denklemleri içerisinde yer alırlar.

Kaza analizi tekniğinin seçimi daha çok kaza analizini yapacak olan kişinin tecrübesine ve analizi basitleştirmek için yaptığı kabullere bağlıdır.

Trafik kazalarının analizi çok kapsamlı bir konudur ve ayrıntılı bir kaza analizi için şu prosedürlerin yerine getirilmesi gerekir;

- Trafik kazalarında olay yerinden bilgilerin toplanması,
- Kazalardaki taşıt davranışlarının belirlenmesi,
- Trafik kazalarındaki taşıt hızlarının hesaplanması,
- Trafik kazalarındaki sürüş kontrolünün incelenmesi,
- Trafik kazalarındaki yolcu davranışlarının incelenmesi,
- Taşıt-yaya kazalarının incelenmesidir.

6.5 Analizin Yapılabilmesi İçin Olay Yerinden Gerekli Bilgilerin Toplanması

Olay yerine ulaşan yetkililer sürücülerini sorgulamalı mevzuatlara uygun bir şekilde kaza ile ilgili bilgiler elde edilmelidir. Kaza alanında veya daha sonraki araştırmalar sırasında görgü tanıklarıyla görüşülmelidir. Yolun fiziksel durumu belirlenmeli ve sürücünün karşılaşmış olabileceği durumlar göz önünde bulundurulmalıdır.

6.5.1 Kazaya Karışan Taşıtların İncelenmesi

Taşıtın incelenmesi esnasında bulunan arızaların kazanın sonucunda mı oluştuğunu ya da kazaya neden mi olduğunu belirlemek gerekir. Gerekirse aracın daha uygun bir yerde uzmanlar tarafından incelenmesi gerekir. Kazaya karışan taşıtlarda incelenmesi gereken bileşenler şunlardır;

- **Gaz pedalı**

Kontrolden çıkmış bir taşıtta etkin bir faktör olabileceğinden dolayı gaz pedalına basarak herhangi bir hata olup olmadığını kontrol etmek gerekir. Gaz pedalından karbüratöre giden bağlantıyı görsel olarak ve elle çalıştırarak kontrol etmek gerekir. Elle kontrolde gaz kelebeği kumanda kolu çekilerek, kelebek birkaç defa açılıp kapatılır. Böylece kelebeğin hatalı çalışmasına neden olabilecek herhangi bir engel olup olmadığı kontrol edilmiş olur.

- **Frenler**

Frenleri kontrol ederek, çarpışma öncesi frenlerde bir noksanlık olup olmadığı belirlenmelidir. Yol üzerinde, çarpışma noktasına doğru herhangi bir fren izine ait bir belirti ve sürücünün frene basmaması için bir gerekçe yoksa, bu kazanın sebebinin ortaya çıkarılmasında çok önemlidir.

Fren arızaları genellikle fren hidroliği kaybı sonucu oluşur. Tekerleri, diğer sistem parçalarını yerinden sökmeden fren sisteminin genel durumunu ve herhangi bir arızanın sebebinin belirleyebilmek için bir dizi test yapılması gerekir. Fren hortum ve boruları yıpranma veya yırtılma sonucu ya da dış etkiler nedeniyle çatlayabilir. Fren hidrolik sisteminde herhangi bir arıza varsa çarpışma noktasından önce, yol boyunca, frenlerin uygulanmasına etki edebilecek herhangi bir sıvı kaybı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Aynı zamanda, hortum ve borulardaki bir hasarın çarpışma sonucu oluşup oluşmadığını belirlemek amacıyla, çarpışma noktasında herhangi bir sıvı kaybı olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Pedal geri hareketi azsa, fren pedalı geri hareketinin tam olarak sağlanıp sağlanmadığını tespit etmek gerekir. Ana merkez içerisindeki hidrolik miktarı ve ana silindirden tekerleklere giden borular kontrol edilmelidir. Her bir tekerin iç kısımlarında herhangi bir hidrolik sızıntısı bulunup bulunmadığı da kontrol edilmelidir. Eğer lekeler varsa o tekere ait silindirde herhangi bir çatlak olup olmadığı belirlenmelidir. Lekeler genellikle tekerlek silindirinin hasarlı veya uzun bir süredir çatlak olduğunu gösterir. Tekerleğin iç kısmının üzerinde bulunan taze sıvı, tekerlek silindirindeki hasarın yeni meydana geldiğini ve frenin yakın bir zamanda uygulandığını gösterir.

Frenlere uzun süre basılması (ayağın fren pedalı üzerinde tutulması veya yokuş aşağı giderken motor freni yerine sürekli fren pedalına basılması vb.) nedeniyle kampanalar ısınır ve bu durum frenleme etkinliğinin zayıflaması veya kaybolmasıyla sonuçlanır. Kaza olasılığı bu gibi durumlarda kaçınılmazdır.

Servo fren sistemlerinin yeterliliğinin kontrolü için hidrolik fren sisteminde uygulanan prosedüre ek olarak güç kontrol ünitesi de kontrol edilmelidir.

- **Egzoz sistemi**

Taşıtların egzoz sistemi; egzoz manifoldundan çıkan artık gazların katalitik konvertör gibi birtakım temizleyici ünitelerden geçirildikten sonra taşıtın dışarısına, havaya atılmasını sağlarlar. Egzoz dumanı; CO gazı içeren, renksiz, kokusuz ve zehirleyici bir gazdır. CO gazı egzoz sisteminin hasara uğramış ve koroze olmuş kısımlarından ve bağlantısı düzgün yapılmamış kısımlarından egzoz sistemi dışına sızabilir. Sızan egzoz gazları taşıt gövdesi üzerinde korozyon nedeniyle oluşmuş deliklerden, taşıt gövdesi aralıklarından vb. yerlerden taşıt kabini içine girer. Egzoz gazı içerisindeki CO'nin solunması sonucunda yetersiz oksijenden dolayı CO zehirlenmesi meydana gelir. CO zehirlenmesi sonucunda beyne yeterli O₂'nin ulaşmaması nedeniyle beyinde hasar meydana gelebilir.

6.5.1.1 Taşıtlarda Meydana Gelen Hasarın Belirlenmesi

Taşıt karoseri üzerindeki hasarı incelerken, arıza hasar ile temas hasarı arasındaki farkı belirleyebilmek çok önemlidir. Arıza hasarın temas hasarı olduğu sonucuna varmak; kaza analizlerinde, taşıtın çarpışmalar sonucunda yoldaki konumunu belirlemede hatalara sebebiyet verir. Daha önceden oluşan hasarlar belirlenmezse; taşıtlarda tespit edilen hasarların normal değerlerinden fazla alınarak hesaba katılmalarından dolayı, kazaya karışan taşıtların yol üzerindeki konumlarının belirlenmesinde ve taşıtların kaza anındaki tahmini hızlarının hesaplanmasında hata yapılabilir. Taşıtların çarpışması sonucunda ve daha önceden oluşmuş hasarlar ayrı ayrı tespit edilmelidir. Böylece kaza analizinde yanlış bir yorum yapılması engellenir. Yeni oluşan hasarları daha önceden oluşmuş hasarlardan ayıran en belirgin özellikleri; temiz ve yağdan arınmış olmaları ve hasar bölgelerinde zamanla oluşan renk solmalarının gözlemlenmemesidir.

Taşıtın çarpıştığı diğer bir taşıt veya objeyle temas halindeki konumunu belirleyebilmek amacıyla öncelikle darbenin alındığı bölgenin belirlenmesi gerekir. İlk temas esnasında, taşıtın diğer taşıt veya nesneye göre konumunu belirleyebilmek için taşıtta belirlenen hasarın,

Çarpışmanın olduğu diğer taşıt veya nesneyle karşılaştırılması gerekmektedir. İkincil ve daha sonraki temas hataları da aynı şekilde karşılaştırılmalıdır.

Taşıtların temas halindeki konumlarının bir diyagram üzerinde yeniden oluşturulabilmesi için her bir taşıtın birincil (ilk darbenin alındığı nokta) ve ikincil (taşıtın ikinci bir darbeyi aldığı nokta) temas bölgelerinin ayrı diyagramlar üzerinde gösterilmesi gerekmektedir. Diyagramlar; hasarlı parçaların ölçülebilmesi ve kaza karakteristiklerinin düzgün bir şekilde yansıtılabilmesi için uygun bir  l  kle hazırlanmalıdır.

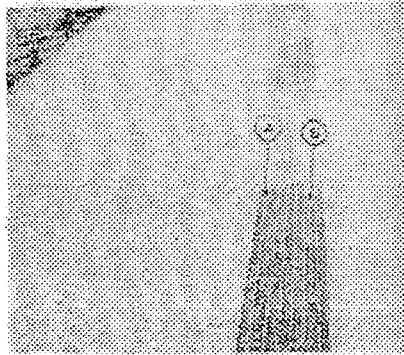
Yol  zerindeki levha ve diğer işaretler üzerindeki hasarlar incelenmeli ve taşıtlardaki hasarlarla karşılaştırılmalıdır.

Darbe alan taşıt karoseri üzerindeki lastik izleri, kazaya karşıan diğer taşıtların lastik izleriyle karşılaştırılmalıdır. Çarpışma esnasında çarpışan taşıtların boya ları birbirine bulaşabilmektedir. Bu sayede iki veya daha fazla taşıtın karıştığı kazalarda hangi taşıtların birbirine çarptığı saptanabilir.

6.5.2 Yol  zerindeki İzlerin Tespiti

Yolda oluşan lastik izlerinin fiziksel görünüşünden taşıt ve hızıyla ilgili bilgiler edinilebilir. Lastik izleri dikkatlice incelenerek yorumlanamadığı takdirde elde edilecek sonuçlar araştırma ile ilgili olarak yanlış sonuçlara neden olabilir.

Yolda bulunan lastik izlerinin incelenen trafik kazasına ait olup olmadığının belirlenmesi önemlidir. Eğer mümkünse her lastik izi onu oluşturan lastikle eşleştirilmelidir. Bu genellikle lastik izinin siyah çizgilerinin sayılması yardımıyla yapılır. Kaza yerinde kayma izleri veya lastik izleri oluşturan bir taşıt, genellikle lastik izlerinden belirli bir mesafe uzaklıkta durmuş vaziyette bulunur.



şekil 6.1 Dönen bir lastiğin yol üzerinde oluşturduğu izler(Rivers, 1997)

Bir süratlenme izi; motorun aniden aşırı hızlanmasından dolayı çekiş tekerleklerine patinaj yaptırmasıyla oluşur. Oluşan lastik izinin başlangıcında kenarlarda ince, koyu bir çizgi oluşur. Lastik yüzeyinin izleri genellikle belirgindir. Yapılan bir denemeyle lastiğin bıraktığı izin kayma veya boşa dönme izi olup olmadığı belirlenir. Lastiğin bütün çevresi boyunca oluşan sıyrılmış bir yüzey, lastiğin bir hızlanma etkisi altında boşa döndüğünü gösterir. Eğer lastik çakıl veya kumlu bir yüzeyde boşa dönüyorsa lastik çevresi boyunca izler oluşur.

Aşırı hızla viraja giren taşıtlar yörüngelerini kaybedip, yolun dışına doğru savrulacaklardır. Viraj dışına savrulan bir taşıtın yol üzerinde bıraktığı lastik izleri eğri bir çizgi şeklindedir. Kısmen ön, dış lastik izlerinde hareli izler belirgindir. Savrulma izinin başlangıcı çok dardır.

Hareket halindeki havası inmiş bir lastik yüzeyinin dış kenarlarında oldukça düzgün, koyu, ince, birbirine paralel iki iz meydana gelir.

Kireç, gevşek çakıl veya kumla kaplı bir yolda kayan veya savrulan bir lastik yol üzerinde kazıma izleri bırakır. Yağmurlu havalarda veya yolun ıslak olduğu diğer durumlarda bu kazıma izleri belirgin değildir. Yol yüzeyi kurumadan, bir taşıtın kaydığı veya savrulduğu anlaşılamaz.

Çamur veya kar gibi yumuşak bir zeminde yuvarlanan bir lastik, oluk şeklinde izler bırakır. Yumuşak bir zeminde ilerleyen, kayan veya savrulan bir lastik önündeki maddeleri iterek, hendek ya da oluk oluşturur.

Çim üzerinde ilerleyen bir lastik, lastiğin genişliği boyunca çimleri ezip, düzlük oluşturur. Kayan veya savrulan bir lastik çim köklerini sökerek yumuşak toprak yüzeyinde oluk oluşturur.

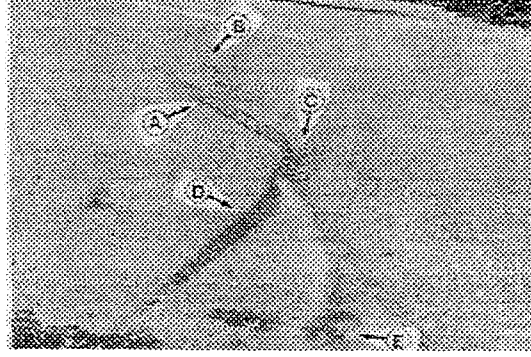
6.5.2.1 Kayma İzleri

Taşıt hızlı bir şekilde seyir halindeyken, bir tehlike anında, sürücü frene aniden bastığında taşıt hareketine devam ederken lastikler yol üzerinde kayarak belirgin bir kayma izi oluşturur. Kayma izleri; frenleme ya da çarpışma esnasında kilitlenen tekerleklerin, yol yüzeyine sürtünmesiyle oluşan izlerdir.

Bir taşıt aniden fren yaptığında taşıt ağırlığı taşıtın ön kısmına doğru yığılır. Ağırlığın öne doğru yığılması sonucunda ön lastiklerin orta kısmı çukurlaşır ve taşıt ağırlığının büyük bir bölümü lastiğin dış kenarları tarafından taşınır. Ön lastiklere uygulanan bu ekstra ağırlık lastik sürtünme yüzeyinde deformasyonlara neden olur.

Taşıtların düz bir şekilde kayması sonucunda yol yüzeyinde oluşan kayma izleri lastik genişliğindedir. Ancak taşıtın ön ya da arka kısmının sağa veya sola doğru savrularak kaymasıyla yol üzerinde oluşan lastik izleri, normal boyutlarından daha büyüktür.

Asfalt yol yüzeylerinde oluşan kayma izleri; kayan lastiklerin ısınmasıyla yola aktarılan ısı nedeniyle asfaltın yumuşaması sonucunda lastik izlerinin yola geçmesiyle meydana gelir.



Şekil 6.2 Ön lastiklerin kayma izlerinin gösterilmesi(Rivers, 1997)

Kayma ve savrulma izleri ıslak yol yüzeylerinde belirgin değildir. Su, lastiği soğuttuğundan sürtünme sonucunda asfaltın erimesine neden olacak ısı meydana gelmez. Toz, kir veya kum gibi yabancı maddelerle kaplanmış yol yüzeylerinde, taşıtların kaymasıyla meydana gelen izler daha sonra bahsedilen bu yabancı maddelerin üzerlerini örtmesiyle kapanabilir. Bu nedenle kaza bölgesinde belirgin kayma izleri yoksa sadece frenlerin uygulanmadığı düşüncesiyle hareket edilmemelidir.

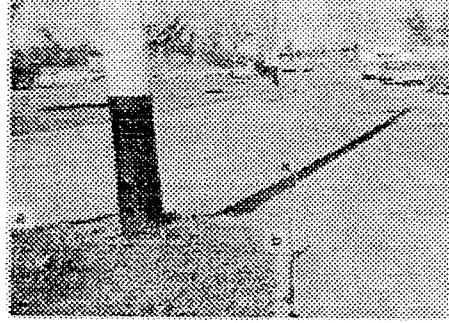
Kayma izleri; frenin uygulandığı yerin, fren izlerinin başladığı noktadaki taşıtın minimum hızının, taşıtın yol üzerindeki konumunun, taşıtın hareket yönünün ve tekerlek frenlerinde bir arıza olup olmadığının tahmininde (tekerleklerin frenleme esnasındaki davranış özelliklerini yol üzerindeki kayma izlerinden belirleyerek) önemli bir rol oynar. Kayma izlerinin bulunması, yorumlanması ve kaydedilmesinin nasıl yapılması gerektiği bilinmiyorsa başarılı bir analiz gerçekleştirilemez.

6.5.3 Kaza Alanının Ölçülmesi ve Ölçekli Kroki Hazırlanması

6.5.3.1 Kaza Alanının Ölçülmesi

Kaza sonrasında yapılacak analizler için, kaza alanında gerekli ölçümler yapılarak, ölçekli bir kaza krokisi hazırlanır. Kroki hazırlanmasındaki amaç; kaza alanında analizlerin yapılması için yeterli zamanın olmayışıdır. Trafiğin tıkanmaması için kazaya karışan taşıtların bir an evvel yoldan çekilmesi gerekir. Hazırlanan krokiler ve yapılan ölçümlerle kaza analizleri sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir.

Kaza alanından alınan ölçümlerin orada bulunan taşıtlar, canlılar ve diğer nesneler arasındaki mesafeleri doğru bir şekilde belirtmesi gerekir. Kimi zaman kaza alanının topografyası (eğimi, yükseltisi, eğim açısı vb.) alınacak ölçümleri güçleştirmektedir. Bu gibi durumlarda kaza eksperinin bir uzmandan (jeodezi ya da inşaat mühendisi) yardım alması gerekebilir.



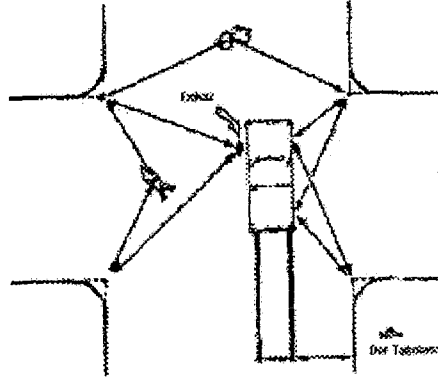
Şekil 6.3 X noktasında somut olmayan bir referans noktası oluşturmak için kullanılan bordür taşı uzantıları, a ve b(Rivers, 1997)

Kaza alanlarından gerekli ölçümler alınmadan önce ilk iş olarak yaralılarla ilgilenilmelidir. Daha sonra yapılacak ilk iş kısa bir süre içerisinde kaybolabilecek izlerin (lastik izleri vb.) ölçümlerinin alınmasıdır. Bu işlem de yapıldıktan sonra sıra taşıtların ve diğer objelerin (trafik levhalarının konumu; ağaç, direk gibi görüşü engelleyebilecek nesneler vb.) konumlarının belirlenmesi için ölçümlerin alınmasına gelir. Güvenlik sebeplerinden dolayı ölçümler mümkün olduğu kadar yol köşelerinden alınmalıdır. Bu durumda taşıtların ve nesnelerin konumları yollardaki köşe noktalar referans alınarak kroki üzerine çizilmektedir.

6.5.3.2 Ölçekli Arazi Krokisi Hazırlanması

Arazi krokisi; ölçümlerin kaydedilmesi için kullanılan, kaza bölgesine ait, elle çizilmiş ve bölgenin özelliklerini gösteren bir haritadır. Arazi krokilerinde ölçümler bir referans noktasından alınmalıdır. Referans noktası sabit bir nesne, ağaç, trafik levhası, yolların kesişim noktası vb. olabilir.

Kaza alanına ulaşıldıktan sonra en kısa sürede ölçekli bir arazi krokisi hazırlanması gerekir. Bu kroki üzerinde kan, çamur, kar, su içinde bulunan lastik izleri ve diğer kısa ömürlü izler (uzun süre kalıcı olmayan izler) belirtilmelidir. Benzer şekilde kaza alanından uzaklaştırılacak olan yaralı ve ölülerin, taşıtların ve diğer nesnelerin de konumlarının hazırlanan ölçekli kroki üzerinde işaretlenmesi gerekir. Kroki üzerine yapılan işaretlemeler bir sarı kalem kullanılarak kaza alanındaki nesneler üzerinde de yapılmalıdır.



Şekil 6.4 Ölçekli diyagram oluştururken nesnelerin konumlarını belirleyebilmek amacıyla olay yerinden üçgenleme metoduyla alınan ölçümler(Rivers 1997)

Bir arazi krokisi; öncelikli olarak yolun ana hatları, taşıtlar, ölümler ve yaralıları, yol kusurları ve diğer nesnelerin kroki üzerinde işaretlenmesiyle oluşturulur. Daha sonra ölçümler yapılarak bu kroki üzerinde belirtilir.

Ölçümlerin yapılacağı sıfır noktaları; yangın musluğu, ağaç, direkler, köprü ayağı vb. sabit veya belirgin referans noktaları göz önünde bulundurularak tespit edilmelidir. Kesişme noktalarında köşe noktaları, sabit referans nokta olarak kullanılabilir. Kaldırım köşeleri yuvarlaksa, kaldırımın kenar çizgileri uzatılarak, uzatma çizgilerinin kesiştiği nokta belirlenir ve bu nokta yol üzerinde işaretlenerek referans noktası olarak kullanılır.

6.5.4 Kaza Alanının Fotoğraflarının Çekilmesi

Kaza alanının fotoğraflanmasıyla; eksperin kaza alanında yaptığı incelemeye ek olarak, daha sonra analizlerde kullanılmak üzere belirgin ve gerçekçi bir kaza kaydı sağlanmış olur. Fotoğraf çekilmesi, olay yerinde yapılacak olan ölçümlerin yapılmayacağı anlamına gelmez. Kaza fotoğrafları; görgü tanıklarının ve kaza eksperinin sözlü ve yazılı ifadelerini doğrulayıcı ve destekleyici bir nitelikte olmalıdır. Bu amaçla, çekilen fotoğrafların uygun bir konumdan ve uygun bir açıyla çekilmiş olması gerekir. Çekilen fotoğraflar iki veya daha fazla kaza kanıtının birbirleriyle karşılaştırılabilmesine olanak sağlar. Ayrıca kaza alanında bulunan tanıkların veya polislerin olay anını hatırlamalarına yardımcı olur.

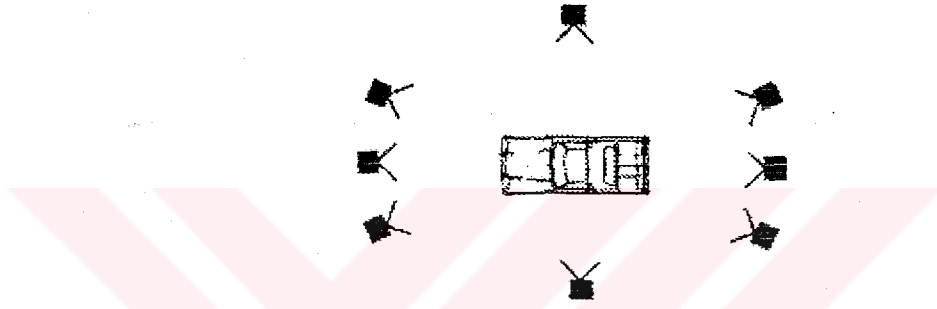
Kazaların fotoğraflanmasında asıl önemli nokta kaza alanında nelerin fotoğrafının çekileceğidir. Bunun için de deneyim önemlidir.

Kaza alanına gelen görevliler mümkün olduğu kadar fazla açıdan fotoğraf çekmelidir. Bu sayede kısa zamanda kaybolması muhtemel olan izlerin daha sonra incelenmesine olanak sağlanmış olur. Eğer bir delilin fotoğrafının çekilebilmesi için yerinden oynatılması

gerekiyorsa delil yerinden oynatılmadan önce yeri bir tebeşirle işaretlenir. Böylelikle yeri değiştirilen delil tekrar eski yerine konulabilir.

Taşıt ve yayaların; yol kenarları, şerit ve yaya geçitleri ile ilişkilerinin çekilen fotoğraflarda görülmesi sağlanmalıdır. Fotoğraflarda; taşıt plakaları, taşıt hasarları, yol durumu, yol işaretlemeleri, görüşe engel olan nesneler, trafik kontrol düzenekleri, kayma ve lastik izleri ve diğer izler de görülmelidir.

Şekil itibariyle birbiriyle eşleşen (bir yap bozun parçaları gibi birbirini tamamlayan) hasarlar, yol yüzeylerinde oluşan hasarlar ve bunları oluşturan taşıt parçaları, taşıtların kopan parçaları vb. parçaların fotoğrafı çekilmelidir.



Şekil 6.5 Fotoğraf makinesi konumları(Rivers, 1997)

Taşıtların fotoğrafları; yan kenarlarından, önden, arkadan ve çapraz köşelerinden, taşıtlarda hasar olup olmadığını göstermek amacıyla çekilmelidir. Eğer taşıtlarda bir hasar varsa oluşan hasarı detaylı bir şekilde görüntüleyebilmek amacıyla taşıtların yakından çekilmiş fotoğraflarına ihtiyaç vardır.

Fotoğraflar yalnızca delilleri belirlemek amacıyla değil, bazı delillerin olmadığını göstermek amacıyla da çekilebilir. Örneğin kaza alanında görüşü engelleyecek bir şeyin olmadığını göstermek için fotoğraf çekilebilir.

7. TRAFİK KAZA ANALİZLERİNDE KUVVET BAĞLANTI FAKTÖRÜ VE SÜRTÜNME KATSAYISININ İNCELENMESİ

7.1 Giriş

Frenleme sonucu taşıtın yavaşlama ivmesinin belirlenmesi trafik kaza analizinin önemli konularından biridir. Taşıtın yavaşlama ivmesi ile birlikte yavaşlarken kat ettiği yol biliniyorsa taşıtın ilk hızı aşağıdaki denklem vasıtasıyla hesaplanabilir :

$$v_i = \sqrt{v_e^2 - 2ad} \quad (7.1)$$

v_i : taşıtın ilk hızı (m/s)

v_e : taşıtın son hızı (m/s)

a : taşıtın ivmelenme değeri (m/s²)

d : taşıtın hızlanma ya da yavaşlama mesafesi (m)

Taşıtın hızlanma/yavaşlama ivmesinin belirlenmesi oldukça güçtür. Bir taşıtın hızlanma ya da yavaşlama ivmesi; taşıtın yol ile arasındaki kuvvet bağlantı faktörüne (f) ve sürtünme katsayısına (μ) bağlıdır. Kuvvet bağlantı faktörünün ivmelenme ile arasındaki ilişkiyi veren denklem şu şekildedir :

$$a = fg \quad (9.2)$$

f : boyutsuz kuvvet bağlantı faktörü

g : yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)

Bu bölümde kuvvet bağlantı faktörü ve sürtünme katsayısının nasıl elde edildiği incelenmektedir. Sürtünme katsayısı lastik ile yol yüzeyi arasındaki yavaşlatıcı kuvvetle ilgiliyken, kuvvet bağlantı faktörü bütün taşıtın yavaşlamasıyla ilgilidir. Kuvvet bağlantı faktörü ve sürtünme katsayısı bütün dört tekerlekli taşıtlar için genellikle aynıdır. Bununla birlikte motosiklet ve ağır taşıtlarda (kamyonlar, tırlar vb.) kuvvet bağlantı faktörü değeri çoğu zaman dört tekerlekli taşıtlardan farklı olabilir.

7.2 Sürtünme Kuvveti ve Sürtünme Katsayısının Tanımı

Sürtünme kuvveti; birbiriyle temas halinde olan iki yüzey arasında harekete karşı oluşan direnç kuvvetidir. Sürtünme katsayısı bir yüzey üzerinde kayan bir cisme etki eden sürtünme kuvvetinin cisim ile kayma yüzeyinin birbirine bastıran normal kuvvete oranıdır. Sürtünme katsayısı ve sürtünme kuvveti arasındaki ilişki şu denklemle gösterilir :

$$\mu = F / w \quad (4.3)$$

μ : sürtünme katsayısı

F : sürtünme kuvveti (N)

w: normal kuvvet (N) (Cisim düz bir yüzey üzerinde kayıyorsa cismin ağırlığına, eğik bir yüzey üzerinde kayıyorsa cismin ağırlığının düşey bileşenine eşittir.)

Trafik kazalarının analizinde genellikle üç çeşit sürtünme dikkate alınır. Bunlar;

- Statik Sürtünme

Kayma başlangıcındaki sürtünmedir ve $\mu = F / w$ (4.3) denklemi ile gösterilir. Duran bir cismi harekete geçirmek için hareket eden bir cisme oranla daha fazla kuvvet harcanır. Düz bir zeminde sürtünme kuvvetini yenip duran bir cismi harekete geçirmek için harcanan F yatay kuvveti, cismin kaymaya başladıktan sonra hareketini devam ettirebilmek için harcanandan daha fazladır.

- Dinamik Sürtünme

Cisme kayma sırasında uygulanan sürtünmedir. $\mu = F / w$ (4.3) formülüyle ifade edilir. Bu formülde F; kayma sırasında uygulanan kuvvet olup, statik sürtünmenin hesaplanmasında kullanılan F yatay kuvvetinden daha düşük değerdedir.

- Yuvarlanma Sürtünmesi

Taşıtın seyri esnasında, frenleme yapılmadığı durumlarda ortaya çıkan direnç kuvvetleridir. Bu değerler genellikle çok düşüktür ve çoğu kaza analizinde yuvarlanma sürtünmesinin etkisi göz önünde bulundurulmaz. Yuvarlanma sürtünmesi daha çok lastik dizaynında kullanılmaktadır.

7.2.1 Taşıt Ağırlığının Sürtünme Kuvvetine Etkisi

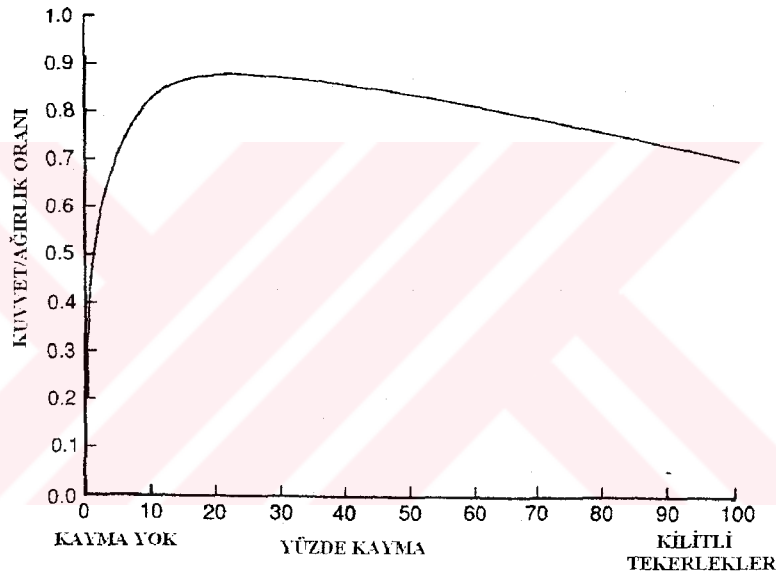
Düz bir yüzey üzerinde ani frenleme esnasında tekerlekleri kilitlenmiş bir halde kayan bir otomobile yük (ağırlık) eklendiğinde, yatay sürtünme kuvvetinde bir artış meydana gelir. Taşıt ağırlığının % 20 arttığı bir durumda; yatay sürtünme kuvvetinin de aynı aranda artmasını beklemeliyiz. Asfalt bir yol üzerinde frenleme esnasında, tekerlekleri kilitlenmiş ve aynı lastiklere sahip otomobillerde oluşan sürtünme kuvvetleri otomobillerin boyutlarına göre

Kamyonlar ile otomobiller kıyaslandığında; kamyonların ağırlığının otomobillerden çok daha fazla olması ve kamyon tekerlekleri ile otomobil tekerlekleri arasındaki farklar nedeniyle frenleme esnasında aynı sürtünme değerlerinin elde edilmesi beklenemez.

7.2.2 Dinamik ve Statik Sürtünme

Frenleme esnasındaki statik sürtünmeden dinamik sürtünmeye geçişi anlayabilmek için frene basıldığı andan itibaren taşıt tekerleklerin yola tutunma kuvvetlerinin incelenmesi gerekir. Bu durum Şekil 7.1’de gösterilmektedir.

Frene basıldığında artan frenleme kuvvetiyle tekerlekler; asfalt yola tutunma (yolu kavrama) özelliklerini kaybetmeye ve kaymaya başlar. Tekerleklerdeki kayma oranı arttıkça yola tutunmaları için gerekli süre azalmaktadır. Tekerlekler kilitlendiği andan itibaren, taşıt tamamen kaymaya başlar ve taşıt kontrolü sağlanamaz. Şekil 7.1’de de görüldüğü gibi sürtünme kuvveti maksimum değerine tekerleklerde % (10-20)’lik bir kayma gerçekleştiğinde ulaşmaktadır.



Şekil 7.1 Tekerleklerdeki kayma oranına bağlı kuvvet/ağırlık oranının değişimi(Fricke, 1990)

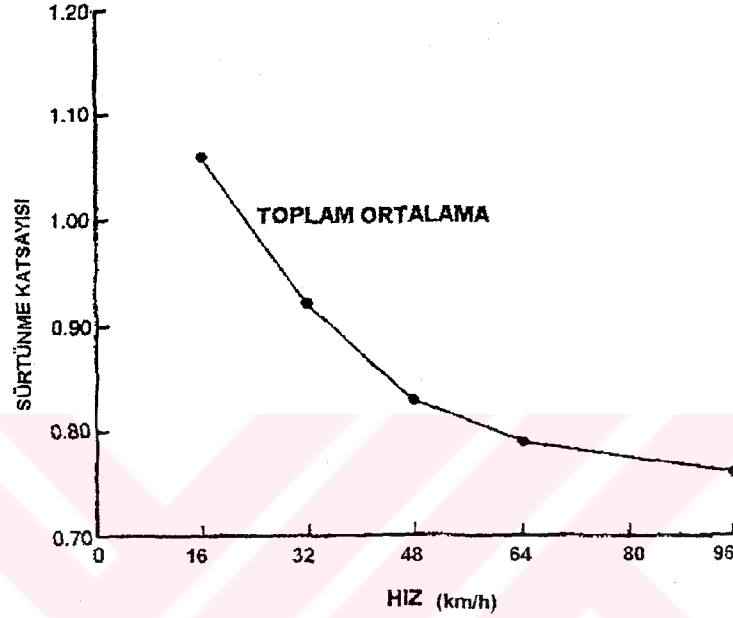
7.2.3 Kayma Yüzeyinin Sürtünme Kuvvetine Etkisi

Bazı durumlarda otomobil lastiği ile asfalt yol arasındaki temas yüzeyinin artması daha yüksek bir değerde sürtünme kuvvetinin elde edilmesini sağlar. Kabak lastiklerle (lastik dış yüzeyindeki olukları zamanla sürtünmeden kaynaklanan ısıyla eriyen) temiz, kuru ve sert bir yüzey üzerinde daha yüksek bir değerde kayma kuvveti elde edilebilir. Kabak lastiklerle buz üzerinde yüksek bir oranda sürtünme sağlanabilir.

Islak asfalt üzerinde kabak lastik kullanımı sonucu lastik ile yol yüzeyi arasındaki temasın kesilmesi (aquaplaning) sonucunda taşıt kayabilir ve bir kazaya neden olabilir. Yivli (oluklu) lastiklerin kullanılmasıyla yol zeminindeki ıslak tabaka oluklar içerisindeki kanallardan dışarıya atılır. Böylece taşıtların kayması engellenmiş olur.

7.2.4 Hızın Sürtünme Kuvvetine Etkisi

Sürtünme kuvveti alanında yapılan çalışmalar neticesinde Şekil 7.2'deki gibi bir hız-sürtünme katsayısı grafiği elde edilmiştir. Grafiği incelendiğimizde; taşıt hızı arttığında ortalama sürtünme katsayısının azaldığı görülmektedir. Ortalama sürtünme katsayısındaki azalma taşıtın (16-48) km/h değerlerinde daha hızlı, (48-96) km/h değerlerinde de daha yavaş gerçekleşmektedir.



Şekil 7.2 Otomobillerde hız-sürtünme katsayısı arasındaki ilişki(Fricke, 1990)

7.2.5 Sıcaklığın Sürtünme Kuvvetine Etkisi

Çok yüksek değerlerde sıcaklık değişimleri sağlanmadığı müddetçe sıcaklığın sürtünme katsayısı üzerinde fazla bir etkisi yoktur. Hava sıcaklığının artmasıyla birlikte sürtünme katsayısı ve dolayısıyla sürtünme kuvveti de bir miktar artacaktır. Kuru, asfalt bir yüzey üzerinde (45-80)°F'lık bir sıcaklık değişiminde, sürtünme katsayısı değeri 0.1 oranında artış göstermektedir. Islak bir yüzeyde sürtünme katsayısının sıcaklıkla artışı; kuru, asfalt bir yüzeydekine oranla daha azdır.

7.3 Kuvvet Bağlantı Faktörünün Tanımı

Kuvvet bağlantı faktörü; taşıtın hızlanması ya da yavaşlaması için gerekli kuvvetin taşıtın ağırlığına oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Kuvvet bağlantı faktörünün formülü;

$$f = F / w \quad (7.4)$$

f : kuvvet bağlantı faktörü

F : Hızlanma ya da yavaşlama için gerekli kuvvet (N)

w : taşıtın ağırlığı (N)

Sürtünme katsayısı ve kuvvet bağlantı faktörü formülleri aynıdır. Bu nedenle sürtünme katsayısında taşıtın yol üzerinde kayması gerekliken, kuvvet bağlantı faktöründe böyle bir zorunluluk yoktur. Kuvvet bağlantı faktörü kayma gerçekleşmese bile taşıt tekerleklerinin yolla teması halinde her an mevcuttur. Kuvvet bağlantı faktörünün ve sürtünme katsayısının değeri taşıtların bütün tekerleklerinin kilitlendiği ve taşıtın kaydığı durumlarda birbirine eşit olacaktır.

7.3.1 Taşıt Tipleriyle Kuvvet Bağlantı Faktörü Arasındaki İlişki

Düz bir zemin üzerinde arka tekerleği kilitlenmiş ve ön tekerleği frenleme olmaksızın dönen bir motosikletin arka tekerleği yol üzerinde kaymaktadır ve motosikletin arka tekerleğindeki yavaşlatma kuvveti sürtünme katsayısına bağlıdır. Yolla temas halindeki bütün tekerlekler frenleme yapmadığından, motosiklet üzerindeki kuvvet bağlantı faktörü; arka tekerlek ve yol arasındaki sürtünme katsayısıyla aynı değildir. Kuvvet bağlantı faktörünün değeri sürtünme katsayısından daha azdır.

Motosikletlerde olduğu gibi traktör ve yarı römorklu taşıtların her bir aksına farklı kuvvet bağlantı faktörü etkiyebilir. Akslardan birindeki tekerlekler tamamen kilitlenebilirken, diğer akstaki tekerlekler yol üzerinde tam bir kayma (%100 kayma) yapmazlar. Bir akstaki iki tekerleğin her biri farklı kuvvet bağlantı katsayısına sahip olabilir fakat bütün taşıta etkiyen kuvvet bağlantı faktörünün değeri tektir.

Çarpışma sonrası hasarlı taşıtlar tamamen durmadan önce bir miktar daha yollarına devam ederler. Tekerlekler çarpışma sonucunda genellikle sıkışmış olacağından, dönmezler. Aynı zamanda hasarlı taşıtlar son konumlarına gelirken genellikle dönerler. Çarpışma sonucunda kütle merkezi etrafında dönen bir taşıtta; taşıtın dönmesi sona erene kadar kuvvet bağlantı faktörünün değeri sürekli olarak değişecektir.

7.3.2 Yerçekimi ile Kuvvet Bağlantı Faktörü Arasındaki İlişki

Taşıtlardaki ivmelenme, kuvvet bağlantı faktörü ve yerçekimi ivmesi arasındaki ilişkinin gösterildiği (7.2) formülünden kuvvet bağlantı faktörü çekildiğinde;

$$f = a / g \quad (7.5)$$

olduğu görülür. Bu denkleme göre, kuvvet bağlantı faktörü; taşıt ivmesinin yerçekimi ivmesine oranıdır. Serbest düşme esnasında taşıtın ivmesi, yerçekimi ivmesine eşittir ($a = g$).

Bu durumda; kuvvet bağlantı faktörü 1 olmaktadır. $f = F / w$ (9.4) eşitliğinden de kuvvet bağlantı faktörünün 1 olabilmesi için ivmelenme kuvvetinin taşıtın ağırlığına eşit bir değerde olması gerektiği anlaşılmaktadır.

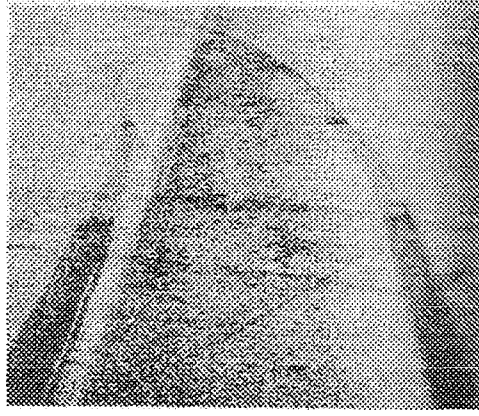
7.3.3 Gerçek Bir Kaza Esnasında Oluşan Kuvvet Bağlantı Katsayısının Belirlenmesi

Gerçek bir kaza anında oluşan kuvvet bağlantı katsayısının (sürtünme katsayısı) belirlenebilmesi için kullanılan yöntemler şunlardır;

- Kaza geçiren taşıtın ya da benzer bir taşıtın test edilmek üzere kazanın meydana geldiği yerde kaydırılması.
- Test tekerleğinin kaydırılması
- Yolun incelenmesinde Karayolları Dairesi'nde mevcut olan kayma numaralarının kullanılması.
- Tablolardaki sürtünme katsayılarına bakılıp incelenen kaza durumuna uygun değerlerin seçilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılmasıdır.
- Her bir metodun sağlamış olduğu fayda ve taşıtın incelenmesi esnasında meydana getirdikleri problemler farklıdır. Kullanılacak yöntemlerin belirlenmesinde zamanın, maliyetin, trafiğin kesintiye uğratılmasının ve güvenliğin büyük bir etkisi vardır.

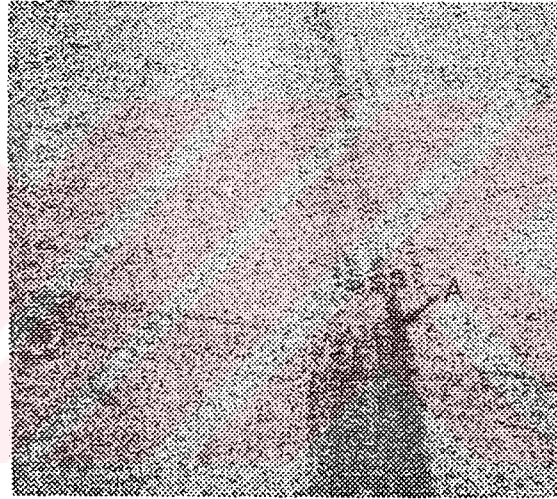
7.4 Sürtünme Dairesi

Normalde bir taşıtta oluşan kuvvetlerin tamamı taşıt tekerlekleri ile yol yüzeyi arasındaki temas yüzeyinden transfer edilmektedir. Taşıtların kullanımı esnasında sürücünün direksiyonu çevirmesiyle ön lastikler döndürüldüğünde; lastik düzlemi ile otomobilin hareket doğrultusu arasındaki kayma açısından kaynaklanan bir yanal kuvvet oluşur. Frenleme esnasında lastikler ve yol arasındaki kayma % 100'lük bir seviyeye ulaşabilir. Bu esnada taşıtın doğrultusunu kontrol edebilmek için yeterli bir sürtünme kuvveti kalmamıştır. Örneğin; Şekil 7.3'de gösterilen kayma izleri bir taşıtın sert bir şekilde frenlenmesi esnasında tekerleklerin kilitlenmesiyle meydana gelmiştir. Tekerlekler kilitlendikten sonra direksiyon sert bir şekilde sola doğru çevrilmiş olmasına rağmen, taşıtın yönünde bir değişiklik meydana gelmemiş ve taşıt ileriye doğru olan hareketine devam etmiştir. Elde edilebilecek sürtünme kuvvetlerinin tamamı frenleme esnasındaki % 100'lük bir kayma olayının oluşumunda kullanılmıştır.



Şekil 7.3 Kilitlenmiş tekerleklerin kayması sonucunda elde edilen izler(Fricke, 1990)

Şekil 7.4'da; Şekil 7.3'deki tekerlek izlerinin devamı gösterilmektedir. A noktasında sürücü fren pedalından ayağını çekmiştir. Bu durumda taşıt derhal direksiyonun çevrildiği yöne doğru dönmeye başlamış ve yoldan sapmıştır.

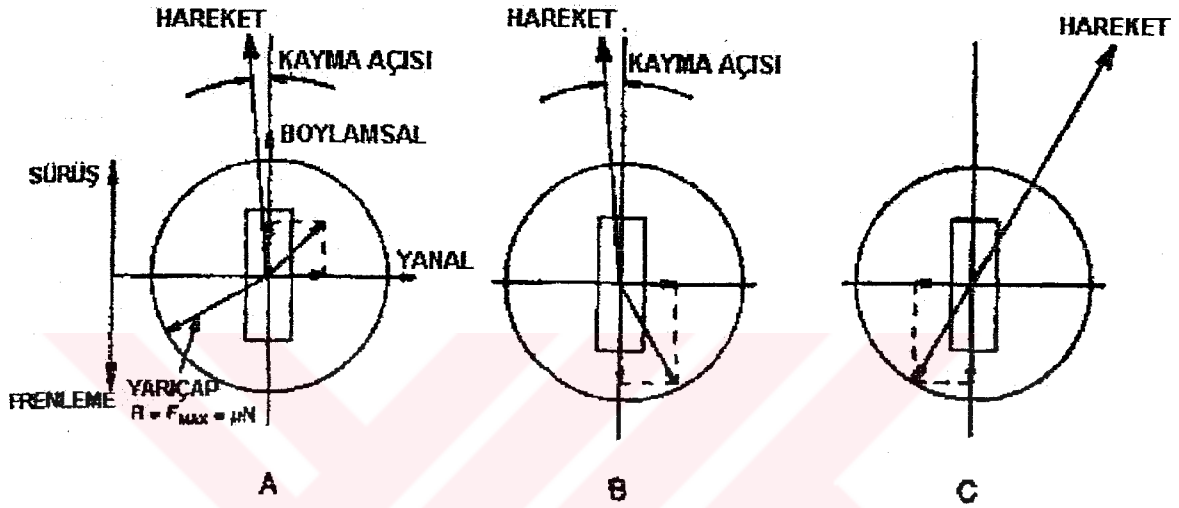


Şekil 7.4 Taşıt lastiklerinin yol üzerinde (A) bıraktığı izler(Fricke, 1990)

Sadece arka tekerleklerinde frenler bulunan bir otomobilde; ön tekerlekler dönmeye devam ederken ani bir frenlemenin etkisiyle arka tekerleklerin ikisi de kilitlenebilir. Ön tekerlekler dönebildiğinden, ön tekerleklerin üzerine yanıl sürtünme kuvvetleri etkimeye devam eder. Arka tekerlekler kilitlenmiş olduğundan, taşıtın arka kısmının yanlara doğru kaymasını önleyecek etkili bir sürtünme kuvveti meydana gelmez.

Eğer yolda bir eğim varsa arka tekerlekler frenleme esnasında kilitlendiklerinde eğimin olduğu yöne doğru kayacaklardır. Arka tekerleklerin kilitlenmesiyle birlikte taşıtın arkası yana doğru kaymaya başladığında, eğer taşıt yeterli bir hızdaysa istikameti yönünde 180° döner. Taşıtın dönmesinin sebebi arka tekerleklerin kilitlenmesi esnasında oluşan merkezkaç kuvvetleridir.

Tekerleklere uygulanan kuvvetler Şekil 7.5'deki gibi sürtünme dairesi adı verilen bir diyagram üzerinde gösterilebilir. Sürtünme dairesi üzerinde tekerleklere etkiyen yanal ve boylamsal kuvvetler çizilen vektörler vasıtasıyla belirtilmektedir. Boylamsal kuvvetler sürüş ya da frenlemeyi; yanal kuvvetler ise taşıtın doğrultu kontrolünü temsil etmektedir. Elde edilebilecek maksimum sürtünme kuvveti, sürtünme dairesi üzerindeki yarıçap kadardır. Bileşke kuvvetin doğrultusu; yanal ve boylamsal doğrultularda taşıt tekerleklerine ne kadar bir kuvvet uygulandığını göstermektedir.



Şekil 7.5 Sürtünme dairesinde tekerlekler üzerine etki eden kuvvetlerin gösterimi
(Fricke, 1990)

Şekil 7.5 A'da tekerlek üzerine sürüş ve doğrultu kontrolünü belirleyen sürtünme kuvvetleri etki etmektedir. Bu yanal ve boylamsal kuvvetlerin bileşkesi; mümkün olabilen maksimum sürtünme kuvvetinden daha düşük bir değerdedir.

Şekil 7.5 B'de tekerlek üzerine yanal kuvvet ve frenleme kuvveti etki etmektedir. Elde edilen bileşke kuvvet maksimum sürtünmeye yakın bir değerdedir.

Şekil 7.5 C'de tekerlek kilitlenmiştir ve tekerleğe etki eden sürtünme kuvveti, hareket vektörü ile aynı doğrultuda fakat ters yönlere sahiptir.

7.5 Taşıt Kaydırma Testleri

7.5.1 Herhangi Bir Özel Ekipman Kullanmadan Yapılan Taşıt Kaydırma Testi

İdeal bir test yoldaki kaza izlerine neden olan taşıtın (çok zarar görmemişse); kazanın meydana geldiği yerde, aynı yük ve aynı yüzey koşullarında sürülmesi ile gerçekleştirilir. Testte kullanılan taşıt; kaza izlerine neden olduğu düşünülen bir hız değerinde sürülür. Test

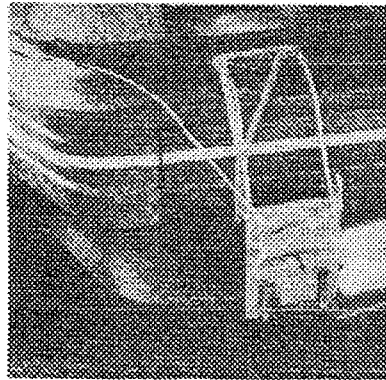
esnasında güvenli sürüş hızının üzerine çıkılmaz. Taşıt kazanın olduğu noktaya ulaştığında hızı sabitlenir ve o anda hız göstergesinden okunan değer not edilir. Tam kazanın gerçekleştiği nokta üzerinde frene sert bir şekilde basılır, direksiyon sabitlenir ve taşıt durana kadar bu şekilde beklenir. Taşıt durduktan sonra taşıttan inilerek, yol üzerinde oluşan kayma izleri ölçülür. Daha sonra bu test işlemi tekrarlanır.

Birinci ve ikinci test sonucunda bulunan değerler karşılaştırılır ve ikisinin arasında maksimum %10'luk bir fark mevcutsa test doğru bir şekilde yapılmıştır. Eğer fark % 10'dan daha fazlaysa uygun değerler elde edilinceye kadar test işlemi tekrarlanır.

Kayma testlerinden düzgün sonuçlar elde edilmesi oldukça güçtür. Taşıt hızının ayarlanması ve hız göstergesinden takip edilerek hızın sabit bir şekilde tutulmasını sağlamak oldukça zordur. Test esnasında karşılaşılan asıl zorluk frenlere hızlı ve güçlü bir şekilde basılmasıdır. Eğer frenlere çok yavaş ya da çok güçlü bir şekilde basılırsa, tekerlekler kilitlenmeden ve kaymaya başlamadan önce, taşıt hızında önemli bir düşüş meydana gelir. Hız düşüşünden dolayı; yol üzerinde normalde elde edilmesi gereken kayma izi uzunluğundan daha kısa izler meydana gelir. Hesaplanan sürtünme kuvveti değeri ise, normal değerinden daha fazla olur.

7.5.2 Yol İşaretleyici ve Radar Kullanılarak Yapılan Taşıt Kaydırma Testi

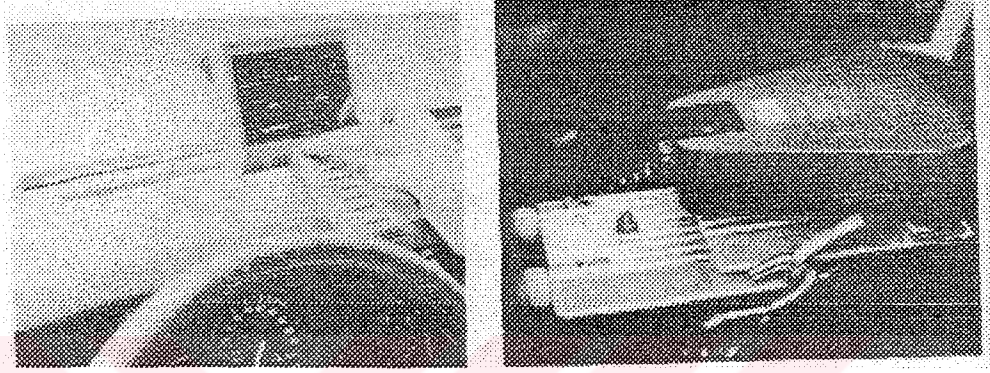
Genellikle tekerleklerin kaymaya başladığı anı belirlemek kolay değildir. Kayma izinin başlangıcı; kaymanın ilerleyen safhalarında olduğu kadar belirgin (koyu renkte) değildir. Bu nedenle taşıtın ön tamponuna yerleştirilen yol işaretleyicisi (tampon silahı) denen bir aygıt sayesinde frene basılır basılmaz, yol üzerine bir boya maddesi püskürtülür. Bu sayede kayma izinin başlangıcı tespit edilebilir. Yol işaretleyicilerin elektrik sinyalleriyle ve atalet kuvvetleriyle çalışan elektronik ve mekanik tipleri mevcuttur. Frene basıldığı ilk andaki taşıt hızını tespit edebilmek için test taşıtlarında radar da kullanılabilir.



Şekil 7.6 Yol işaretleyicinin taşıt üzerinde takıldığı bölgenin gösterilmesi(Fricke, 1990)

7.5.3 Akselerometre Kullanılarak Yapılan Taşıt Kaydırma Testi

Trafiğin yoğun olduğu yollarda kayma testlerinin yapılabilmesi için akselerometreler (hızlanma ölçücü) kullanılır. Trafik yoğunluğunun azaldığı bir anda gazı basılarak taşıtın hızı artırılır ve istenilen hız değerine ulaşıldığında frene basılır. Bütün bu işlemler esnasında akselerometre; taşıtın zamana göre hızını, kaymanın başlangıç anını, frenin uygulandığı anı ve kayma mesafesinin uzunluğunu hafızasına kaydeder. Daha sonra bu veriler bir bilgisayara aktarılabilir.

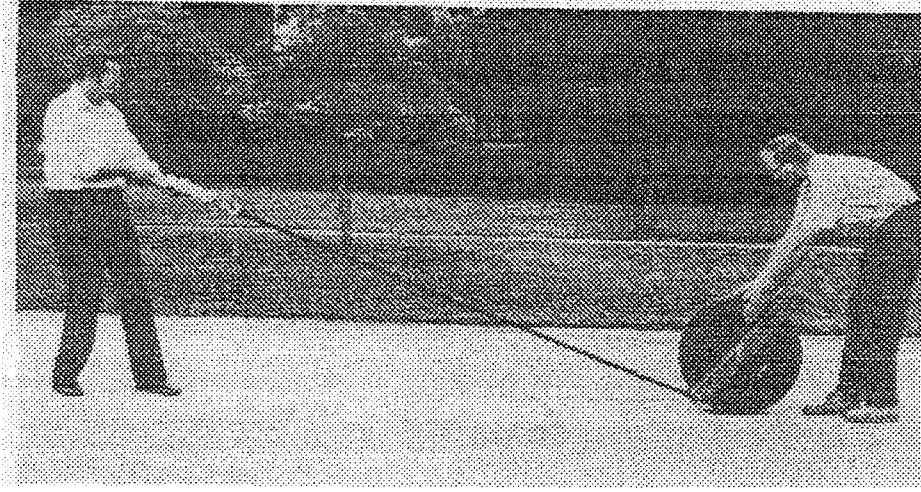


Şekil 7.7 Akselerometrenin taşıt içerisindeki yerleşiminin gösterilmesi(Fricke, 1990)

7.5.4 Test Lastiğinin Kaydırılması

Test lastiğinin çekilerek kaydırılması ile ilgili çeşitli yöntemler vardır. Komple bir tekerlek çekilerek (Şekil 7.8) ya da kesilmiş bir lastiğin içine beton doldurularak çekilmesi (Şekil 7.9) yoluyla test işlemleri iki şekilde gerçekleştirilir.

Her iki yöntemde de lastikler üzerine etkiyen yükler, normal otomobil lastiklerinin taşıdığı yük değerlerinden daha azdır. Plastik lastiklerin sürtünme kabiliyetlerinin üzerlerine etki eden yük değeri arttıkça azaldığı kabul edilmektedir. Test lastiklerinin çekilmesi esnasında oluşan ısı kuvvetleri daha azdır. Test lastiklerinin çimen, çakıl ya da diğer yumuşak yüzeylerde kullanılması uygun değildir. Bunun en önemli sebebi; taşıt lastikleri yumuşak zemin üzerinde hareket ederken önlerinde biriken bu malzemelerin kayma karakteristiğini değiştirmesidir.



Şekil 7.8 Komple bir tekerleğin çekilmesiyle gerçekleştirilen kaydırma testi(Fricke, 1990)



Şekil 7.9 Kesilip içersine beton doldurulmuş lastikle yapılan kaydırma testi(Fricke, 1990)

8. TRAFİK KAZALARINDAKİ TAŞIT DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

8.1 Giriş

Taşıt davranışlarının incelenmesindeki amaç taşıtlarda meydana gelen hasardan faydalanılarak taşıtların kaza meydana gelmeden önceki hareketlerini belirlemektir. Trafik kazalarının analizinin en önemli kısmını, çarpışmalarda taşıtların nasıl davrandığı konusu oluşturmaktadır. Bu konu, taşıtların yol üzerindeki konumları, sürücülerin davranışları, ya da çarpışma sonucu yol üzerinde oluşan izler vb. konuların incelenmesiyle açığa kavuşturulabilir. Çarpışmada taşıtların davranışları; çarpışmanın yol üzerindeki konumunu ve sürücülerin hareketlerini belirlemede yardımcı olacaktır. Bir kaza esnasında neler olduğunu anlayabilmek için öncelikle taşıtların çarpışmaları esnasında nasıl bir araya gelip sonuçta ayrıldıklarının çözümlenmesi gerekir. Bu çözümleme işlemi kaza üzerinde çok dikkatli bir çalışma gerektirir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için taşıt hasarıyla ilgili gerekli bilgiler şu yöntemlerle elde edilebilir :

- Taşıtların incelenmesi ve mümkünse taşıt karoseri üzerindeki çökmüş bölgelerin ölçülmesi,
- Taşıtların incelenmesiyle ilgili yapılmış diğer sözlü ve yazılı çalışmalardan faydalanma,
- Uygun şekilde çekilmiş fotoğraflar,
- Taşıtların orijinal ölçüleri,
- İki'den fazla taşıtın karıştığı kazalarda taşıtların çarpışma bölgelerindeki hasarı belirlemek için gerekli olan tekerlek, tampon ve far gibi taşıt parçalarının incelenmesidir.

Kaza eksperleri bir kaza hakkında sonuca varmadan önce inceledikleri kazaları her yönüyle analiz etmelidirler. Kazaya karışan taşıt yolcularının ve çevredeki görgü tanıklarının kaza oluşmadan önceki o kısa anda, kaza anında ve kaza sonrasındaki izlenimleri beklenmedik bir oranda az olmaktadır. Kaza sonrası insanların kaza hakkında hatırladıkları şeyler gerçekte kaza esnasında meydana gelen olayların çok küçük bir kısmıdır. Bütün bu nedenlerden dolayı sadece kazazedelerin ve görgü tanıklarının söyledikleri şeyler bir kaza eksperleri için yeterli olmamalıdır. Fiziksel bulgular ve elde edilen kanıtların ışığında kaza analizini yapan eksperler düşünüp kazanın oluşumuyla ilgili bir sonuca varmalıdırlar.

Kaza esnasındaki taşıtların davranışları incelenerek çarpışma sırasında oluşan itme kuvvetlerinin taşıtları ne şekilde hareket etmeye zorladığı açıklanmaktadır. Taşıt davranışının

belirlenmesi; çarpışmalardaki hız tahmini ve yol üzerindeki çarpışma konumlarının belirlenmesinde gereklidir.

Çarpışma iki ya da daha çok taşıtın ya da taşıtlar ile nesnelerin birbiriyle temasta olduğu olaylar serisidir. Çarpışma olayı iki aşamada meydana gelir. Bu aşamalar şunlardır;

- **İlk temas :**

Çarpışmanın başlangıcıdır. Bu esnada çarpışan taşıtlar arasında itme kuvvetleri oluşmaya başlar.

- **Maksimum birleşme, ayrılma ve durma :**

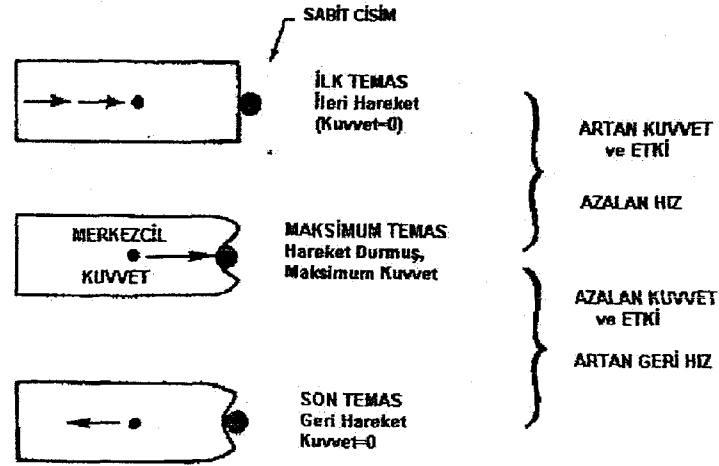
Şekil 8.1'de gösterildiği gibi bir nesnenin merkezinden sabit bir diğer nesneye çarptığını düşünelim. Nesnelerin birbirleriyle ilk temas ettikleri andan itibaren, aralarında maksimum bir birleşme gerçekleşinceye kadar birbirlerinin içerisine doğru olan sokulma ve kuvvet artışı devam edecektir. Nesneler arasındaki birleşme maksimum bir seviyeye ulaştığı bir anda (bu süre çok kısadır) taşıtın hareketi durur. Durmanın gerçekleştiği anda taşıtın ve nesnenin hızları sıfırdır. Daha sonra taşıt; üretildiği malzemenin elastikiyetine (esnekliğine) bağlı olarak geriye doğru hareket eder. Taşıtın geriye doğru olan hareketi esnasında taşıt ile nesnenin birbirine sokulma miktarı ve sokulma anında oluşan kuvvet giderek azalır. Çarptığı nesneden tamamen ayrılincaya (temasları kesilinceye) kadar taşıtın geriye doğru olan hızı artar.

Çarpışma sonucunda çarpışan nesnelerin iç içe sokulmalarının maksimum olduğu bir durum, çarpışan nesneler arasında maksimum bir kuvvetin oluşmasına neden olur. Oluşan bu kuvvet miktarı da nesnelerin çarpışma sonundaki hızlarını belirler.

Motorlu taşıtların gövde yapılarının (karoserinin) elastikiyetleri çok az olduğundan taşıtların çarpışma anında maksimum birleşmelerinden (iç içe sokulmalarından) sonra geriye doğru olan hareketleri (sekmeleri) hemen hemen yok denecek kadar azdır.

Taşıtlar veya diğer nesneler çarpışmadan sonra birleşik halde kalırlarsa; çarpışan nesneler arasındaki kuvvet sıfır olduğunda, nesneler arasında bir ayrılma meydana gelir ya da nesneler tamamen durur. Maksimum birleşme esnasında meydana gelen deformasyonun tümü taşıtta meydana gelen hasarı oluşturmaktadır.

Motorlu taşıt kazalarında çarpışmaya katılan nesnelerden en az birisi motorlu taşıttır. Diğer motorlu taşıt, yaya, bisiklet, sabit nesne ya da yol yüzeyi olabilir.



Şekil 8.1 Sabit bir nesneye kütle merkezi doğrultusunda çarpan bir taşıtta meydana gelen olaylar(Fricke, 1990)

Çarpışmalar iki gruba ayrılabilir. Bunlar;

- **Tam çarpışma :**

Çarpışan yüzeylerin bazı parçaları çarpışma esnasında aynı hıza ulaşırlar. Hareket durduğu anda çarpışan kütleler hala temas halindeyse, temas halindeki bölgelerin hızları aynı olduğundan meydana gelen çarpışma olayı tam bir çarpışmadır. Temas halindeki bölgeler arasındaki hareket aniden durur. Tam çarpışmanın meydana gelmesi çarpışan her iki nesnenin de durmasını gerektirmez.

- **Kısmi çarpışma :**

Kısmi çarpışmalarda; çarpışan yüzeylerdeki hiçbir bölgede aynı hız değerine rastlanmaz. Kısmi çarpışmalarda çarpışma esnasında birleşen bölgeler; taşıtın mevcut olan herhangi bir bileşenini durduracak kadar kuvvetli değildir. Çarpışan taşıtlar çarpışma bölgeleri birbirinden tamamen ayrılıncaya dek hareketlerine devam ederler.

8.2 Çarpışma Esnasındaki Taşıt Hareketleri

Çarpışmalar taşıtlar ve diğer nesneler arasındaki kuvvetleri içerir. Bu kuvvetler; taşıtın hızını, yönünü, eksenini etrafındaki dönme şeklini ya da hepsini birden etkiler. Kaza esnasında meydana gelen çarpışma kuvvetleri; taşıtların hasar görmesine, yayaların yaralanmalarına ve yol üzerinde bazı izlerin oluşmasına neden olurlar.

Çarpışma esnasındaki taşıt hareketlerini örneklemek için kullanılan şekillerde; düz çizgilerle çizilmiş katı nesneler bir taşıtın ilk ve son konumlarını, kesik çizgilerle gösterilenler taşıtların ara ya da son konumlarını, gölgeli veya taralı olan bölgeler duran taşıtları simgelemektedirler.

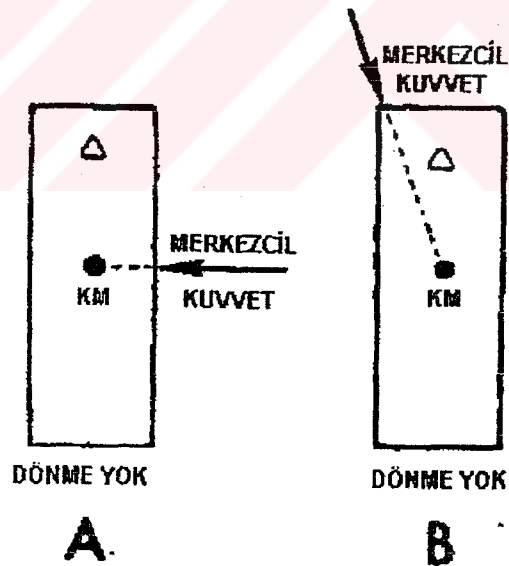
- **Hız değışimi**

Taşıt ve diğeri nesne arasındaki itme kuvveti, bazı taşıt parçalarının çökmesiyle sonuçlanır. Çökme miktarı kuvvetin büyüklüğüne ve taşıt yapısının sağlamlığına bağlıdır. Taşıtların çarpışmaları sonucu hızlarında meydana gelen değışme, çarpışma kuvvetinin büyüklüğüne ve taşıtın kütlesine bağlıdır.

- **Dönme**

İtme kuvveti bir taşıtın hızını değıştirdiği gibi aynı zamanda taşıtın dönmesine ya da spin atmasına da neden olabilir. Dönmenin miktarı itme kuvvetinin büyüklüğü, yönü ve uygulama noktasına bağlıdır. Eğer kuvvet doğrudan taşıtın kütle merkezine doğru uygulanmışsa (Şekil 8.1'deki gibi); taşıt uygulanan kuvvetin doğrultusuna ve yönüne bağlı olarak hızlanır veya yavaşlar.

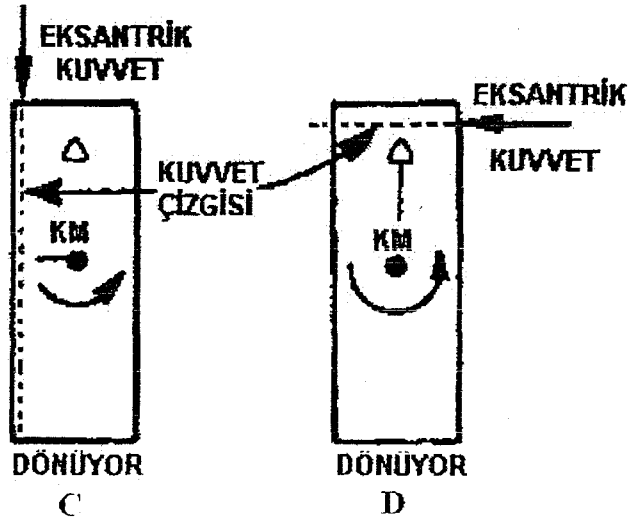
Çarpışmalarda merkez doğrultusundaki kuvvetlerin oluşumuna çok nadir rastlanır. Bu kuvvetler Şekil 8.1'de gösterildiği gibi taşıt merkezine uygulanmak zorunda değildir. Şekil-8.2'de gösterildiği gibi kuvvetler taşıt kütle merkezine yönlendirildiği müddetçe, taşıt üzerinde herhangi bir bölgeye uygulanabilir.



Şekil 8.2 Taşıt üzerine etki eden merkezci kuvvetlerin gösterimi(Fricke, 1990)

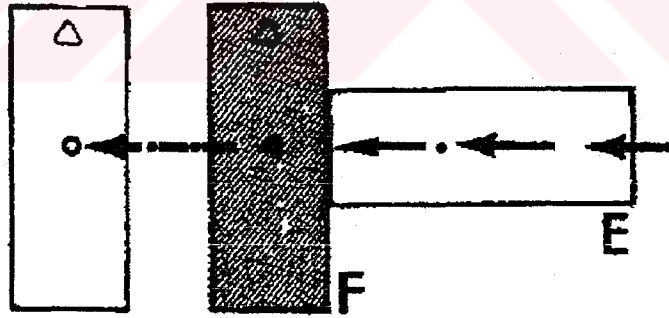
Genellikle çarpışmalarda eksantrik kuvvetler (taşıtın kütle merkezine doğru yönlendirilmemiş kuvvetler) oluşur. Eksantrik kuvvetler etki ettikleri taşıtın bir kenarının diğeri kenarından daha kuvvetli bir şekilde itilmesini sağlar, bu da taşıtın kütle merkezi etrafında dönmesine neden olur. Bir taşıta etki eden eksantrik kuvvetlerin aynı olması durumunda eksantrik kuvvetlerden hangisi taşıtın kütle merkezinden daha uzaktaysa o kuvvet daha büyük bir miktarda döndürme

momenti oluşturur ve dolayısıyla taşıt, kütle merkezi etrafında daha büyük bir açıyla döner. (Şekil 8.3).



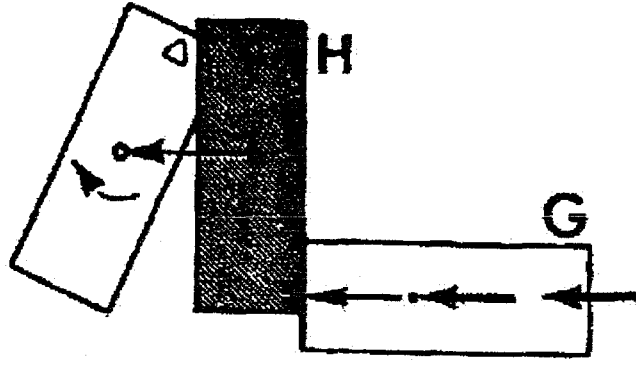
Şekil 8.3 Taşıta etki eden eksantrik kuvvetlerin gösterilmesi(Fricke, 1990)

Bir taşıt sabitlenmiş bir nesneye çarptığında merkeze doğru yönelmiş bir kuvvet oluşursa, taşıt yavaşlar, durur fakat kütle merkezi etrafında dönmez. (Şekil 8.1). Şekil 8.4'de görüldüğü gibi hareket halindeki bir taşıt (E); duran bir taşıta (F) taşıtın merkezi doğrultusunda bir kuvvet oluşturacak şekilde çarparsa, duran taşıtın ileriye doğru hareket etmesini sağlar.



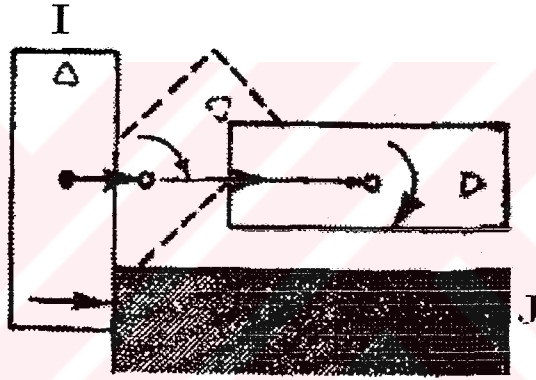
Şekil 8.4 Duran bir taşıta etki eden merkezci kuvvetin gösterimi(Fricke, 1990)

Eğer duran bir taşıta Şekil 8.5'de görüldüğü gibi eksantrik bir kuvvet etki ederse, taşıtın kütle merkezi, çarpan taşıtın (G) hareket yönünde ilerler. Taşıtın darbe alan kenarı diğer tarafa doğru daha hızlı ilerlediğinden, duran taşıt (H) aynı zamanda dönme hareketi de yapar.



Şekil 8.5 Duran bir taşıta hareketli bir taşıtın çarpması hali(Fricke, 1990)

Şekil 8.6’da görüldüğü gibi yana doğru savrulan bir taşıt (I); sabit bir nesneye (J) çarparsa taşıtın merkezi çarpışmadan önce olduğu gibi hareketine devam eder. Taşıtın sabit nesneye çarpan ucu yavaşlarken diğer ucu aynı hızla hareketine devam eder. Dolayısıyla taşıt dönmeye başlar.



Şekil 8.6 Yana doğru savrulan bir taşıtın sabit bir nesneye çarpması hali(Fricke, 1990)

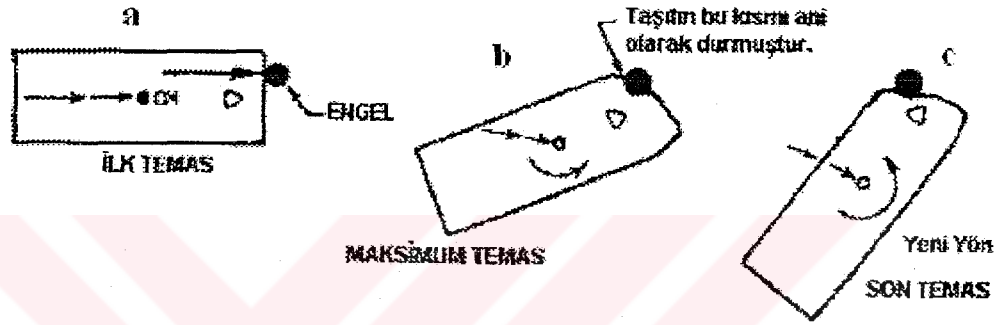
- **Yön değişimi**

Şekil 8.5 ve Şekil 8.6’da darbe alan taşıtların uç kısımlarına uygulanan kuvvetler (eksantrik kuvvetler), bu taşıtların kütle merkezleri etrafında dönmelerini sağlar. Taşıtlar çarptıkları engellerden hemen ayrılarak, kütle merkezlerine uygulanan kuvvetlerle aynı yönde veya normal hareket yönünde ilerlemeye devam ederler. Bu esnada dönme hareketi de yapmaktadırlar.

Çoğu taşıt kazalarında, kuvvet taşıtın ileri hareketiyle oluşur ve taşıtın ön ucu bir engele çarpar. Taşıtların; Şekil 8.1’de görüldüğü gibi, sürüş esnasında pek sık rastlanmayan bir durum olan merkezi çarpışmaları dışındaki çarpışma durumlarında genellikle eksantrik kuvvetler oluşur. Eğer çarpışma esnasında taşıtların temas bölgeleri çok azsa (kısmi çarpışma oluşmuşsa) taşıt çok az bir yön değişimiyle yoluna devam eder.

Kaza anında oluşan eksantrik kuvvet düşük bir değerdeyse ve tam bir çarpışma oluşmuşsa, meydana gelen kaza sonucunda taşıt aynı yönde hareketine devam edemez. Taşıtın bir kenarı durur ve diğer kenar hareketine devam eder. (Şekil 8.7). Taşıt duran kısmı etrafında döner (Şekil 8.7 b) ve ortaya çıkan bu dönme hareketi, taşıtın çarpıştığı nesneden ayrılmadan önce yönünün değişmesine neden olur. (Şekil 8.7 c). Çarpışma sonrası taşıtın yeni bir yönde harekete başlaması, eksantrik çarpışmanın önemli bir sonucudur.

Çarpışma sırasında taşıtın konumu değiştikçe taşıta uygulanan itme kuvvetinin yönü de değişecektir. İtme kuvvetinin uygulandığı bölge de değişebilir ki, bu da kısmi çarpışmanın temel bir karakteristiğidir.



Şekil 8.7 Eksantrik bir çarpışma sonucunda yönü değişen taşıtın gösterimi(Fricke, 1990)

8.2.1 Hareket Halindeki Bir Taşıtın Sabit Bir Taşıta Çarpması

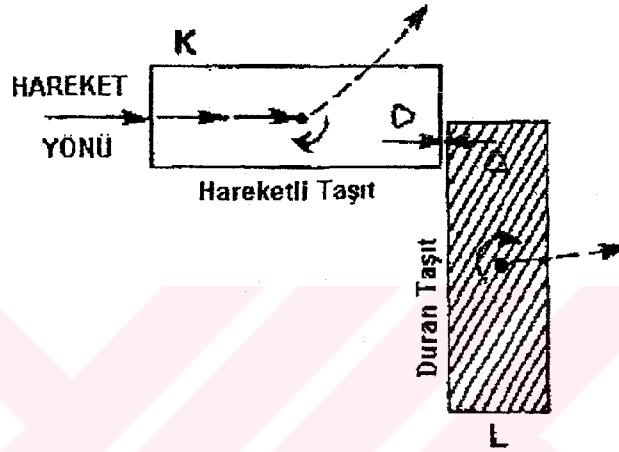
Şekil 8.7’de olduğu gibi hasar fazlaysa ve taşıtın sol ön kısmından arkaya doğru ilerleyen bir çökme meydana gelmişse kuvvet büyük ve eksantriktir. Çöküntünün büyüklüğünden, uygulanan kuvvetin, taşıtın hızını büyük ölçüde değiştirecek kadar büyük olduğu görülmektedir.

Hareket halindeki bir taşıtın sabit bir nesneye çarpmasıyla ilgili olarak çıkartılabilecek sonuçlar şunlardır;

- Bu tip kazalarda kimin çarptığı aşıkardır.
- Çarpışma sırasında oluşan kuvvetin yönü, taşıtın hareket yönüyle aynıdır.
- Çarpışma sonucunda oluşan bütün hasar, taşıtın kendi hareket enerjisinden kaynaklanmaktadır. Bu enerji çarpan taşıtın enerjisinin bir göstergesidir.

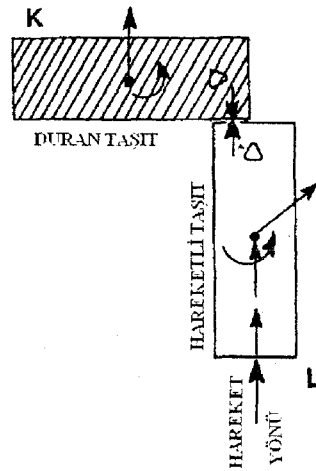
8.2.2 Hareket Halindeki Bir Taşıtın Duran Bir Taşıta Çarpması

Şekil 8.8'de hareket halindeki taşıtın (K), duran bir taşıta (L), dik açıyla çarpması görülmektedir. K'ya uygulanan itme kuvveti sağ ön tarafından, hareketinin tam ters yönünde; L'ye uygulanan kuvvet de L taşıtının sol ön köşesinden, K'nın hareket yönünde etmektedir. K'ya göre L, sabit bir nesne gibi davranır. Çarpışma sırasında K taşıtı yavaşlarken aynı zamanda üzerine etki eden eksantrik kuvvetin etkisiyle de yolun sol tarafına sapar (döner). L; sabit bir nesne olmadığından, üzerine uygulanan kuvvetin etkisiyle ileri doğru itilir. L'ye uygulanan kuvvet oldukça eksantrik olmasından dolayı saat ibresi yönünde hızlıca döner.



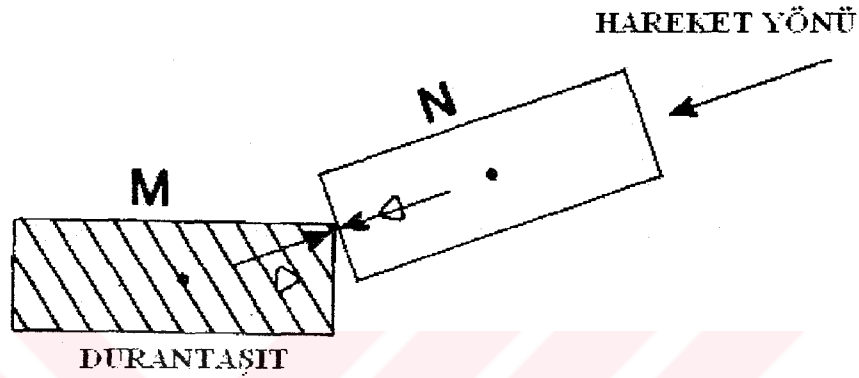
Şekil 8.8 Hareketli taşıtın duran taşıta çarpması hali(Fricke, 1990)

Şekil 8.9'da ise L taşıtı hareketliyken, K taşıtı durmaktadır. L taşıtı durmakta olan K taşıtına çarptığında, L taşıtı yavaşlamakta, K taşıtı da L taşıtının ilerleme doğrultusunda harekete geçmektedir. Bu durumda her iki taşıta da etkiyen eksantrik kuvvetler, taşıtların saat ibresinin tersi yönünde dönmesini sağlar.



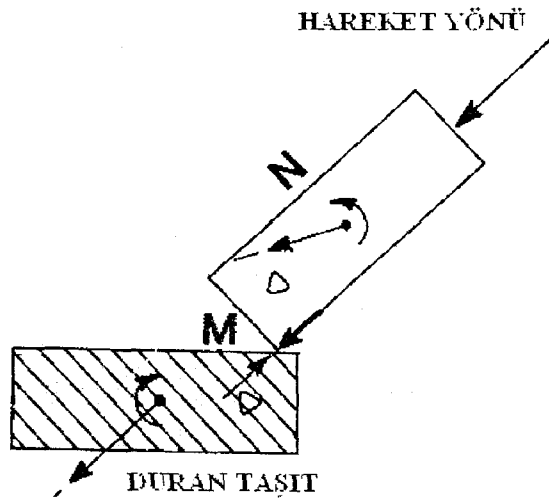
Şekil 8.9 Hareketli taşıtın duran taşıta çarpması hali(Fricke, 1990)

Hareketli taşıt, duran taşıta bir dik açıyla (Şekil 8.8 ve Şekil 8.9’da olduğu gibi) çarpıyorsa, taşıtların kaza esnasında aldıkları darbelerle nasıl hareket edecekleri, çarpışma anındaki konumlarına bağlıdır. Örneğin; Şekil 8.10’da görülen taşıtlar öyle bir şekilde konumlandırılmışlardır ki, hareket halindeki N taşıtı ile durmakta olan M taşıta etkiyen çarpışma kuvvetleri taşıtların merkezleri doğrultusundadır. Çarpışma esnasında hareketli N taşıtı çarpışmadan dolayı yavaşlarken, durmakta olan M taşıtı da geriye doğru hareket etmektedir. Bu durumda taşıtların her ikisi de dönmez.



Şekil 8.10 Hareketli bir taşıtın durmakta olan diğer bir taşıta belli bir açıyla merkezi bir şekilde çarpması(Fricke, 1990)

Şekil 8.11’de de eksantrik bir çarpışma görülmektedir. Bu durumda hareketli N taşıtı durağan haldeki M taşıtının sol ön tarafına çarpmaktadır. Çarpışma sonucunda N taşıtı saat ibresinin tersi yönünde dönerken; M taşıtı da saat ibresi yönünde dönmektedir.



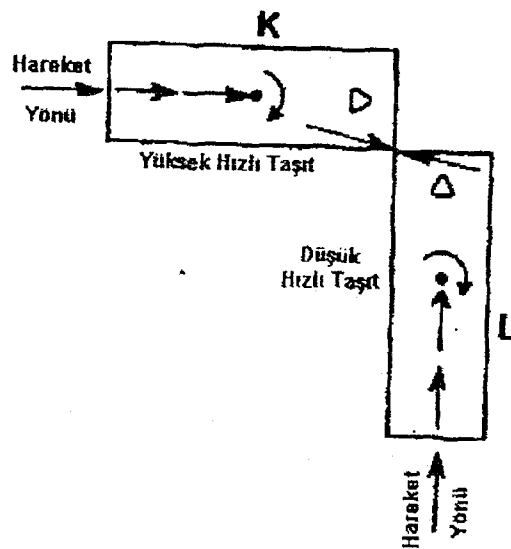
Şekil 8.11 Hareketli taşıtın durmakta olan taşıta eksantrik bir şekilde çarpması(Fricke, 1990)

Duran ve hareket eden iki taşıt arasındaki çarpışmalardan çıkartılabilecek olan kesin sonuçlar şunlardır;

- Hareket halindeki taşıt duran taşıta çarptığından, kimin çarptığıyla alakalı bir sorun oluşmaz.
- Duran taşıta uygulanan ilk kuvvet hareket eden taşıtın yönündedir.
- Hareket eden taşıt yavaşlayacak ve eğer itme kuvveti lastik ve yol yüzeyi arasındaki sürtünmeyi yenebilecek büyüklükteyse, duran taşıt, hareketli taşıtın ilerleme yönünde harekete başlayacaktır.
- İlk temas sonrası taşıtların dönmesi; iki taşıt arasındaki temas noktası, taşıtlar arasındaki açı ve hareketli taşıtın ilerleme yönündeki açısına bağlıdır.
- İki taşıtta oluşan hasar hareketli taşıtın enerjisine atfedilerek, eğer taşıtların her ikisi de çarpışma sonrası fazla hareket etmemişlerse, taşıtlardaki hasarlardan hareketli taşıtın çarpma anındaki hızı hesaplanabilir.

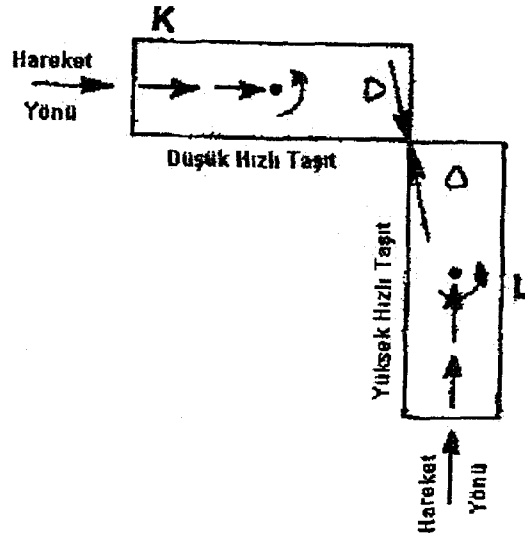
8.2.3 Hareket Halindeki İki Taşıtın Çarpışması

Eğer çarpışma sırasında her iki taşıtta hareket halindeyse, taşıtlar birbirlerinin hız, dönme ve yön değişimine neden olur. Şekil 8.12’de gösterilen K ve L taşıtlarının her ikisi de hareketlidir ve birbirlerine doğru aralarında dik bir açı oluşacak şekilde yaklaşmaktadır. K taşıtı L taşıtına oranla daha hızlı hareket etmektedir. İlk temas halinde oluşan itme kuvvetinin yönü, daha hızlı olan taşıtın hareket yönüne daha yakındır.



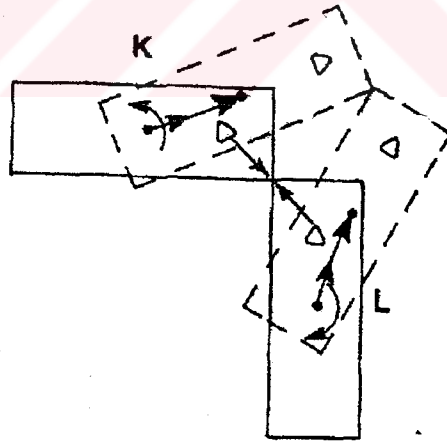
Şekil 8.12 Biri yüksek diğeri düşük hızlı iki taşıtın 90°lik bir açıyla uç uca çarpışması

(Fricke, 1990)



Şekil 8.13 Biri yüksek diğeri düşük hızlı iki taşıtın 90°lik bir açıyla uç uca çarpışması
(Fricke, 1990)

Eğer iki taşıtın hızı aynı olsaydı (Şekil 8.14), her iki taşıta etkiyen kuvvetin yönü de taşıtların hareket yönleriyle aynı açıda olup, aynı yönde olmayacaktı. Şekil 8.14’de iki taşıtın da çarpışma kuvvetleri eksantriktir. Taşıtlar ters yönde dönerler. Çarpışma esnasında taşıtlara uygulanan itme kuvveti düzenli olarak değişir. Maksimum birleşme sırasındaki itme kuvvetinin yönü taşıtların ilk temas anındakiyle aynı değildir.



Şekil 8.14 Hızları aynı iki taşıtın uç uca eksantrik olarak çarpışması (Fricke, 1990)

Hareket halindeki iki taşıtın çarpışması halinde;

- Hangi taşıtın hangisine çarptığının tartışılması gereksizdir, her iki taşıt da birbirine çarpmıştır.
- Diğetine göre yavaş olan ya da hafif olan taşıtın hareketi çarpışmadan daha fazla etkilenir.

- Taşıtlarda meydana gelen hasar kazadan önceki hızlarının bir belirtisi değildir.
- Birçok insan bir çarpışmada ilerleme yönüyle kuvvetin yönünü karıştırmaktadır. Bu ikisi arasındaki farkın hatırlanması çok önemlidir.

8.3 Taşıtlarda Oluşan Hasar

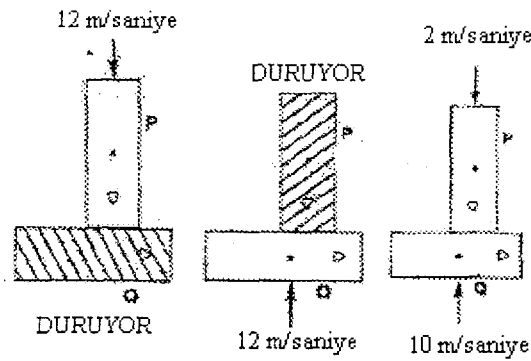
8.3.1 Hasar ve Hareket Arasındaki İlişki

Yalnızca taşıtlardaki hasar yardımıyla, çarpışmaya katılan iki taşıttan hangisinin daha hızlı hareket ettiği belirlenemez. Örneğin; P ve Q olarak adlandırdığımız iki taşıtı ele alalım. P hareketli, Q duruyorken ya da Q hareketli, P duruyorken veya her ikisi de hareketliyken aynı hasar oluşabilir. Çarpışma esnasında her an P'ye etkiyen kuvvet Q'ya etkiyen kuvvetle eşittir fakat ters yöndedir. Temas bölgesinde bulunan parçalardan en zayıf olanları ilk etapta en çok hasarı göreceklardır.

Farklı hızlardaki iki taşıtın çarpışması sonucunda taşıtlarda aynı miktarda hasar oluşabilmesi için şu koşullar gereklidir;

- Taşıtların ilk temas konumu ve temas yüzeyleri aynı olmalıdır.
- Taşıtlar, birbirine aynı doğrultudan yaklaşıyor olmalıdır.
- Taşıtların birbirine yaklaşma hızı aynı olmalıdır.
- Taşıtların kütleleri aynı olmalıdır.
- Taşıtlar aynı yapısal sertliğe sahip olmalıdır.

Şekil 8.15'de iki taşıtın çarpışması sonucunda taşıtlarda aynı miktarda hasarın meydana geldiği durumlar gösterilmektedir. Her üç şekilde de taşıtların ilk temas pozisyonları aynıdır. Çarpışmalar sonucunda taşıtların yol üzerindeki konumları ve hareketleri farklı olmaktadır. Taşıtlarda oluşan hasar; taşıtların yola göre değil birbirlerine göre olan hareketlerini belli eder.



Şekil 8.15 Çarpışan farklı iki taşıtta aynı hasarın meydana gelmesi hali (Fricke, 1990)

8.3.2 Hasar ve Hız Arasındaki İlişki

İki taşıtın çarpışmasında, çarpışan taşıtlara etkiyen kuvvetler eşit ve ters yönde olduğundan daha sağlam olan taşıt daha az hasar görür. Taşıtların hasar görmesinde hareketli ya da duruyor olmalarının bir etkisi yoktur.

8.3.3 Hasar ve İtme Kuvveti Arasındaki İlişki

İlk temasta, bir taşıtın diğer bir taşıt veya nesneye uyguladığı kuvvet sonucu, taşıt parçaları itme kuvveti yönünde ezilmeye başlar.

Çarpışma ilerledikçe, taşıtlar, değişik oranlarda ya da değişik yönlerde dönerler. Dolayısıyla sonuçta taşıtlar arasındaki kuvvetlerin yönü değişir. Taşıt parçalarının ezilmeleri yönünde uygun bir değişim oluşur. Maksimum birleşme anında taşıtlar arasındaki kuvvet en üst seviyesindeyken ezilmenin yönü, çarpışan taşıtların son yönünü ve sonuçta taşıtların birbirine ne şekilde sokulduğunu gösterir. Bundan sonra kuvvet azalır, taşıt parçaları elastik olmadığı için deformasyon kalır. Çarpışma sonrası görülen hasar, ilk temas sırasındaki değil, maksimum birleşme sırasındaki yönü belirtir. Bir çarpışmadaki maksimum deformasyon ve son deformasyon arasında küçük farklılıklar olabilir.

8.3.4 Temas Hasarı Bölgeleri

Çarpışma sırasında taşıtın diğer bir nesneyle temasta olan kısımları rahatlıkla anlaşılabilir, ancak çarpışmanın tam olarak ne şekilde olduğunun belirlenmesi zor olabilir.

Eğer temas hasarı lekeli, kazıntılı veya aşınmış ise temas sırasında yüzeyler arasında hareket oluşmuştur. Temas hasarından biri küçük veya kısa, diğeri büyükse, taşıtların kenetlenmesi sırasında hareket veya kayma oluşmuştur. Sabit bir nesneyle çarpışmada bu durum belirgindir. Bir taşıt köşe bölgesiyle diğer bir taşıtın yan tarafına çarparsa, köşedeki hasar sadece birkaç santim genişliğinde olurken, diğer taşıttaki hasar taşıtın yan kısmının 10 cm veya daha fazla uzunlukta bir bölgesini etkileyebilir.

Taşıtlardan biri üzerinde uzun, diğesinde de kısa temas hasarı bölgesinin bulunması genellikle yanal çarpışma ve kısmi çarpışmaların meydana geldiği kazaları akla getirmektedir.

8.4 Çarpışma Analizi

Çarpışma analizlerinde ilk etapta çarpışmanın yorumlanabilmesi için gerekli en güvenilir bilgi taşıtlarda meydana gelen hasar ve bu hasarların boyutlarıdır. Bir çarpışma olayında taşıt davranışlarının belirlenebilmesinin ilk basamağı her bir taşıtın yaklaşık olarak ölçekli bir taslağının çizilmesidir. Her bir diyagramda hasarı, temas hasarı bölgesini ve an kuvvetin yönünü belirtmek gerekir.

Bu diyagramlarda maksimum birleşme sırasındaki kuvvetin yönü bir okla gösterilmelidir. Okun ucu maksimum etkileşimin olduğu, en fazla kuvvetin uygulandığı noktaya yerleştirilmelidir. Taşıt diyagramındaki ok temel kuvvetin yönünü belirtir. Bu kuvvet maksimum birleşmedeki kuvvetin miktarı ve yönüdür. Daha basit olarak bu kuvvet, itme kuvveti olarak adlandırılabilir.

Çarpışma sırasında taşıtlar arasındaki kuvvetin büyüklüğü düzenli olarak değişmektedir. Bir saniyeden az bir sürede, sıfırdan, maksimum temas noktasında en üst seviyesine ulaşır ve tekrar sıfıra düşer. Kuvvetin yönü de değişebilir, ancak bu değişiklik büyüklüğünde olduğu kadar yüksek miktarda olmaz.

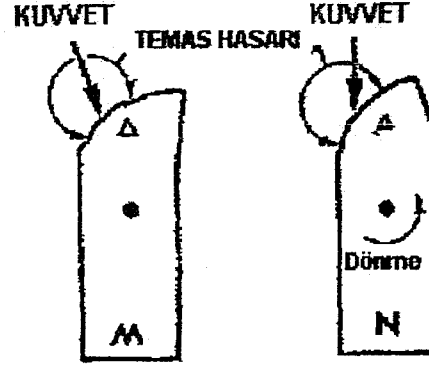
İtme kuvvetinin büyüklüğünün; taşıtların incelenmesinden veya resimlerden yaklaşık bir değerde belirlenebilmesi kolay değildir. Özellikle temas hasarının, arızı hasardan ayrılabilmesi ve maksimum etkileşim noktasının belirlenmesi çok zordur. İtme kuvvetinin yönünün belirlenmesinin en iyi yolu far gibi belirli parçaların maksimum temas sonucu konumlarının belirlenerek, daha sonra boylamsal ve yanal yer değişiminin normal konumundan ölçülmesidir.

Her bir taşıtın değerine göre maksimum temas konumu bu şekillerden elde edilebilir. Bu işlemin iki basit kuralı vardır;

- Her bir taşıtın temas hasarı bölgesindeki en büyük çöküntü, diğer taşıtın temas hasarı bölgesindeki en büyük çöküntüye karşılık gelmelidir.
- İtme kuvveti yönleri aynı eksen üzerinde olmalıdır; taşıtlardan birine uygulanan itme kuvveti, diğerine uygulanan itme kuvvetinin tam tersi yöndedir.

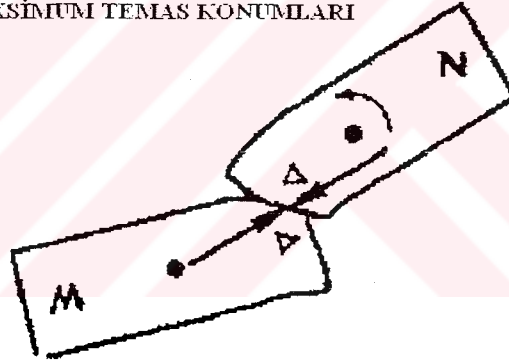
Maksimum temas konumunu belirlemenin en kolay yolu taşıtlardan birinin taslağını aydıngere çizip, diğer taslağın üzerine yerleştirerek, yukarıdaki kurallarda belirtilen durumlar oluşana kadar ayarlamaktır. Bu şekilde, Şekil 8.16'daki iki taslak birleştirilerek Şekil 8.17'deki gibi maksimum temas diyagramı oluşturur. Bu özel durumda; N'e eksantrik kuvvet etki ederken, M'e etki eden kuvvet eksantrik değildir. Eksantrik kuvvetin etkidiği N dönerken,

M dönmez. Bu sebeple, taşıtlar arasındaki açı çarpışma sırasında değişir. İlk temas konumu Şekil 8.18’de görüldüğü gibi olacaktır. N taşıtı çarpışma esnasında döneceğinden ilk temas anındaki açı daha düşüktür. Taşıtların ayrılmadan önceki konumu Şekil 8.19’da görülmektedir. N taşıtı; diğer taşıttan daha fazla döneceğinden konumu da daha fazla değişecektir.



Şekil 8.16 Kuvvet etkisi altındaki bölgelerde meydana gelen hasarın gösterimi (Fricke, 1990)

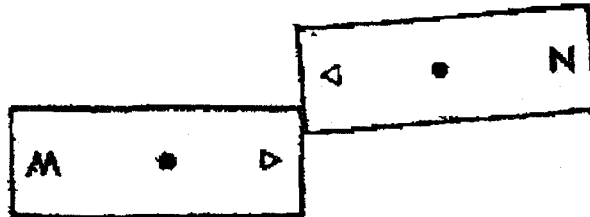
MAKSİMUM TEMAS KONUMLARI



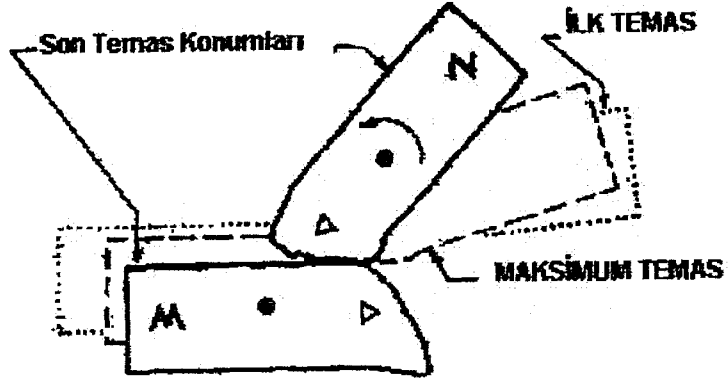
Şekil 8.17 Taşıtların önden çarpışmaları esnasındaki maksimum temas konumları

(Fricke, 1990)

İLK TEMAS KONUMLARI



Şekil 8.18 Taşıtların önden çarpışmaları esnasındaki ilk temas konumları (Fricke, 1990)



Şekil 8.19 Taşıtların önden çarpışmaları esnasındaki son temas konumları (Fricke, 1990)

İki taşıtta oluşan hasardan çarpışma sırasında birbirlerine göre nasıl hareket ettikleri belirlenebilirken, ikisinin de hızı hakkında hiçbir şey söylenemez. Hasarın büyüklüğünden, taşıtların birbirlerine ne kadar hızla yaklaştıkları hakkında fikir edinilebilmesine karşın, hangisinin ne kadar hızla gittiği hakkında tahmin yapılamaz.

Çarpışma sırasında her zaman için taşıtlar arasındaki kuvvetler eşit ve ters yöndedirler. Eğer taşıtlar benzerse ve kuvvetlerin eksantrikliği eşitse taşıtların çarpışma sırasındaki dönme miktarları da aynı olacaktır. Bu durum simetrik çarpışma olarak adlandırılabilir. Eğer taşıtlar arasındaki kuvvetlerin eksantrikliği eşitse fakat taşıtlar benzer değilse, eşit kuvvetlerin taşıtlar üzerindeki etkisi aynı değildir. Hafif bir taşıt ağır bir taşıta oranla daha fazla etkilenir ve daha çok döner. Hasar miktarının fazla olduğu taşıtın yapısı daha zayıftır. Hasar miktarı o taşıtın hızı hakkında hiçbir bilgi vermez.

Çarpışma analizleri tek başına kazaların nedeni hakkında bir sonuca ulaşılmasında yetersizdir.

Taşıtların çarpışma esnasındaki davranışlarının analizi, yapılan diğer analiz yöntemleriyle birlikte anlam taşımaktadır. Örneğin; yolda bulunan izlerden iki taşıtın çarpışması ile ilgili bir teori oluşturulursa, bu teori taşıt hareketlerinin çarpışma analizi sonucu elde edilen bilgilerle karşılaştırılarak test edilebilir.

8.5 Sistematik Prosedür

Tipik bir trafik kazası analizinde yapılan işlemler şu şekilde özetlenebilir;

- Her bir taşıtın ölçekli ve tercihen kaza sonrası krokiyle aynı ölçekte bir taslağı çizilmelidir.
- Her bir taşıtın hasarı (veya hasar fotoğrafları) incelenerek, hasarlar taslak üzerinde gösterilmelidir.
- Taslak üzerinde temas hasarının genişliği belirtilmelidir.

- Temas bölgesindeki en fazla hasarın bulunduğu nokta belirlenmelidir ve daha sonra taşıt parçasının o duruma gelmesi için uygulanan kuvvetin yönü tahmin edilmeli ve bu kuvvet taslak üzerinde ok işareti ile gösterilmelidir. Bu işlemin düzgün olarak yapılabilmesi için, hasarın değişik görüş noktalarından incelenmesi gerekir.
- İtme kuvvetinin kütle merkezine göre yeri belirlenmelidir. Böylece taşıtların çarpışmaları esnasında meydana gelen döndürme momenti değeri hesaplanabilir. Taslak üzerinde eğimli bir ok ile taşıtın kütle merkezi etrafında dönme yönü belirtilmelidir.
- Taşıtlar taslak üzerinde maksimum temas konumunda bir araya getirilmelidir.
- Çarpışmaya katılan taşıtların dönme yönü ve oranı karşılaştırılmalıdır. Bu şekilde ilk temas ile maksimum temas arasında taşıtlar arasındaki açı değişimi belirlenebilir. İlk temas konumunu belirlemek amacıyla orijinal (hasarsız) taslakların konumları ayarlanmalıdır.
- Aynı işlem taşıtların ayrılma sırasındaki konumlarının belirlenmesi için yapılmalıdır.
- Kaza sonrası durum krokisi incelenerek, taşıtların ilk temas konumunun belirtileri incelenmeli, özellikle lastik izlerindeki düzensizlikler ve sabit nesneler üzerindeki izler belirlenmelidir.
- Her bir taşıtın maksimum birleşme konumundan son konumuna ne şekilde hareket ettiği belirlenmelidir. Taşıtın ne şekilde dönmesi ve hareket etmesi gerektiği göz önünde bulundurulmalı, hatta kuvvetin yönü tekrar analiz edilmelidir.
- Kazaya ait bütün işaretler incelenmeli, kazaya ait olmadığı düşünülenlerin sebebi açıklanmalıdır.

9. TRAFİK KAZALARINDA SÜRÜŞ KONTROLÜNÜN İNCELENMESİ

9.1 Giriş

Taşıtın seyir esnasındaki kontrolünün sağlanması için yapılan manevraların analizinin daha iyi yapılabilmesi için taşıt dinamiğinin bilinmesi gerekir. Taşıt dinamiğinden faydalanılarak kazanın oluşumundan önce sürücünün yaptığı davranışlar ve bu manevralardaki hız değerleri hesaplanabilmektedir.

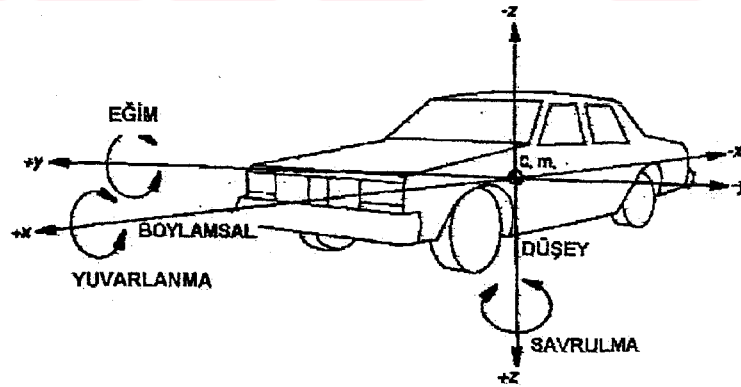
Taşıta etkiyen bütün sürüş, frenleme ve merkezkaç kuvvetleri lastikler ile yol yüzeyi arasındaki temas yüzeyinden kaynaklanmaktadır. Lastiklere etkiyen kuvvetlerin taşıtın viraj alması sırasında önemli etkisi vardır. Bu kuvvetlerin anlaşılması, taşıtın bir virajdan dönüşü esnasında taşıt üzerine etkiyen tüm kuvvetlerin incelenmesini kolaylaştıracaktır.

Taşıtın viraj alması esnasında taşıta etkiyen kuvvetlerle ilgili elde edinilen bilgiler; taşıtın hızını tahmin etmek için gerekli denklemlerin geliştirilmesinde kullanılır. (Fricke, 1990)

9.2 Lastiklere Etki Eden Kuvvetler

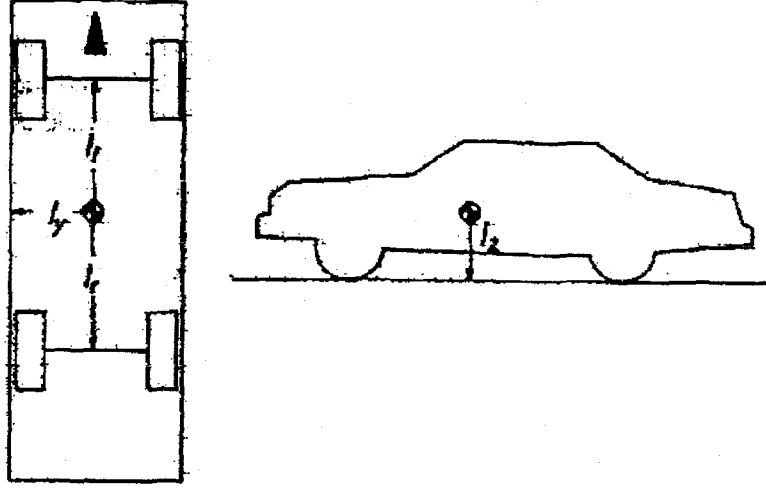
9.2.1 Merkezkaç Kuvveti

Bir taşıt tekerleğinin merkezkaç kuvveti oluşturma şekli ve bu oluşumu etkileyen sebepler çok karmaşıktır. Bu nedenle merkezkaç kuvvetlerinin oluşumunun daha iyi anlaşılabilmesi için lastiklerin genel yapısı, özellikleri hakkında bir bilginin olması ve taşıt koordinat sistemini çok iyi bir şekilde bilmemiz gerekir.



Şekil 9.1 Taşıtlardaki sabit yönlü sürüş kontrol koordinat sisteminin gösterimi. (Fricke, 1990)

Şekil 9.1’de standart bir taşıtın sabit yönlü kontrol koordinat sistemi gösterilmiştir. Bu koordinat sistemi taşıtın boylamasına (x), yanal (y) ve düşey (z) referans eksenlerini oluşturur.



Şekil 9.2 Taşıtın kütle merkezinin taşıt üzerindeki yerinin gösterimi. (Fricke, 1990)

Şekil 9.2’de taşıtın kütle merkezi koordinat sisteminin merkezidir. Ön aks ve kütle merkezi arasındaki mesafe l_f , arka aks ve kütle merkezi arasındaki mesafe l_r , kütle merkezi ve yer arasındaki mesafe l_z ve kütle merkezi ile taşıtın yan kenarı arasındaki mesafe l_y ’dir.

$$\{F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z\} = f(r_r, \Omega, \gamma, r, v) \quad (9.1)$$

F_x, F_y, F_z : x, y, z yönünde taşıt lastiğine etki eden kuvvetler

M_x, M_y, M_z : x, y ve z eksenleri yönündeki momentler

r_r : üzerine yük binmiş bir tekerleğin yuvarlanma yarıçapı

Ω : tekerleğin dönme eksenini etrafındaki açısal hızı

γ : tekerleğin merkezi düzleminin, z eksenine göre eğilme açısı

r : tekerleğin dönme esnasında izlediği yörüngenin yarıçapı

v : lastiğin x-y düzlemindeki temas yüzeyi merkezinin hız vektörü

Yalnızca x ve y yönündeki kuvvetler F_x ve F_y ve M_z momentinden oluşan lastik çekişi göz önüne alınarak (9.1) denklemi basitleştirildiğinde şu eşitlik elde edilir;

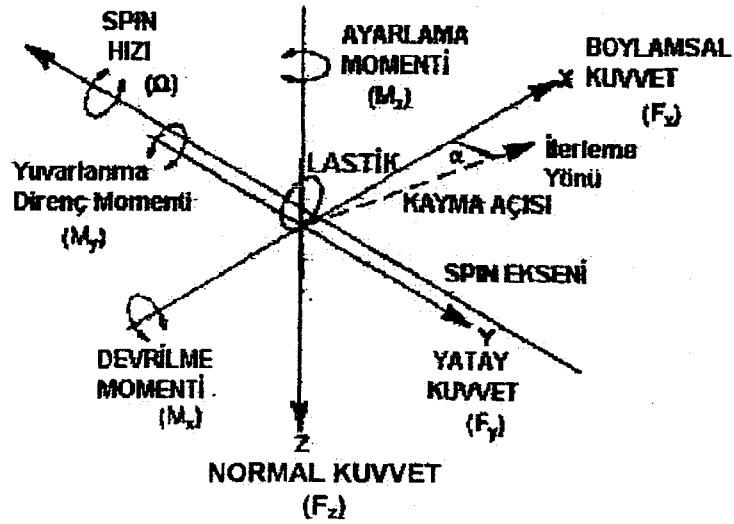
$$\{F_x, F_y, M_z\} = f(F_z, \alpha, \gamma, r, S_x, v_x, \mu) \quad (9.2)$$

α : kayma açısı

S_x : tekerleğin kayma mesafesi

V_x : tekerleğin yol ile temas ettiği yüzeydeki hız vektörünün x yönündeki bileşeni

μ : sürtünme katsayısı



Şekil 9.3 SAE tarafından önerilen standart lastik eksen sistemi. (Fricke, 1990)

Kayma açısı (α), lastiğin hareket ettiği yön ve lastiğe etki eden boylamsal kuvvet (F_x) arasındaki açıdır. Lastik bir kayma açısıyla yuvarlanırken bir merkezkaç (yatay) kuvveti (F_y) oluşturur. Eğer lastik bir sürüş kuvvetine (F_{xd}) veya frenleme kuvvetine (F_{xb}) maruz kalırsa oluşabilecek merkezkaç kuvveti (F_y) azalır. Şekil 9.4’de lastiği çevreleyen dairenin yarıçapı maksimum sürtünme kuvvetini (F_F) belirten bir vektördür.

Maksimum sürtünme kuvvetinin değeri aşağıdaki denklem vasıtasıyla bulunur:

$$F_F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (9.3)$$

denklemlerle gösterilebilir.

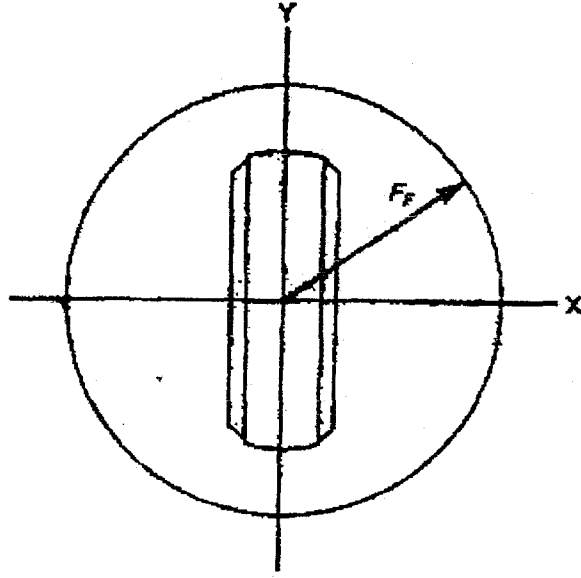
F_F : sürtünme kuvveti (N)

F_x : boylamsal kuvvet (N)

F_y : merkezkaç kuvveti (N)

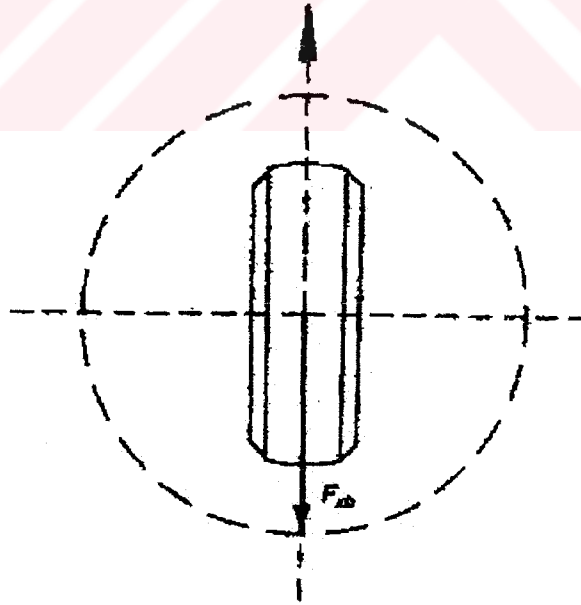
Bir lastik sürüş kuvvetine (F_{xd}), frenleme kuvvetine (F_{xb}), merkezkaç kuvvetine (F_y), merkezkaç ve sürüş kuvvetlerinin bileşimine maruz kalabilir. Bütün bu kuvvetler vektörel büyüklüklerdir ve bu vektörlerin değerleri maksimum sürtünme kuvvetini (F_F) geçemez.

Şekil 9.4’de, lastiği çevreleyen dairenin yarıçapı, maksimum sürtünme kuvvetini (F_F) belirten bir vektördür.



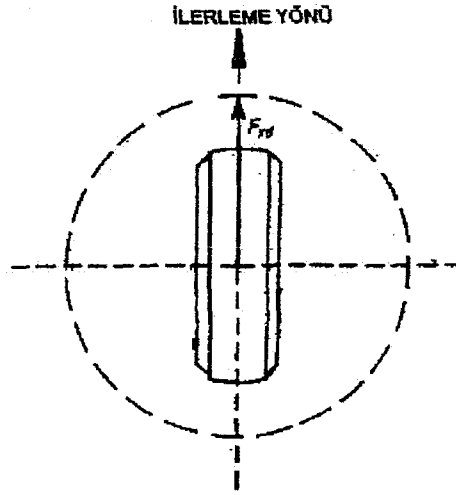
Şekil 9.4 Sürtünme dairesinde maksimum sürtünme kuvvetinin gösterimi. (Fricke, 1990)

Şekil 9.5’de frenleme kuvvetine bağlı olarak kayan bir lastik görülmektedir. Frenleme esnasında kayan bir lastikte; taşıtın boylamsal doğrultuda yavaşlaması için gerekli olan maksimum sürtünme kuvveti kullanılacaktır. Frenleme nedeniyle kuvvet vektörü geri istikamet yönünü göstermektedir.

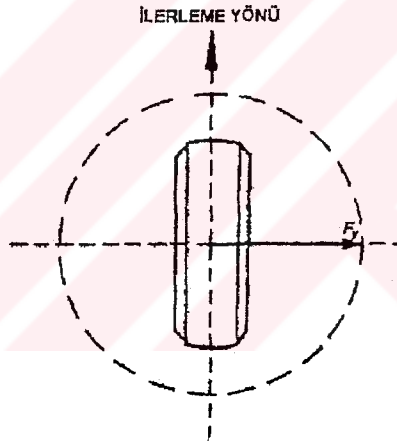


Şekil 9.5 Frenleme kuvvetinin sürtünme dairesinde gösterimi. (Fricke, 1990)

Şekil 9.6'da sürüş kuvvetine bağlı olarak hızla dönen bir lastik görülmektedir. Taşıtın doğrusal bir istikamette hızlanabilmesi için, maksimum sürtünme kuvveti harcanmıştır.



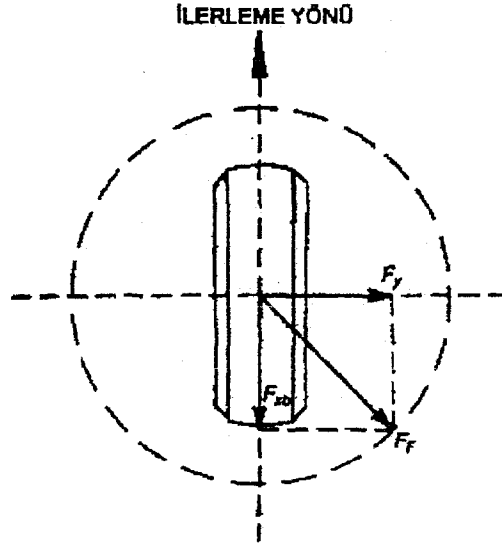
Şekil 9.6 Sürüş kuvvetinin sürtünme dairesinde gösterimi.(Fricke, 1990)



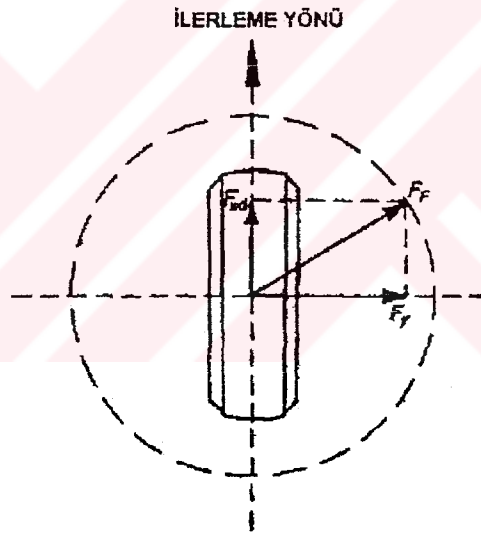
Şekil 9.7 Merkezkaç kuvvetinin sürtünme dairesinde gösterimi.(Fricke, 1990)

Şekil 9.7'de gösterilen lastik serbest olarak dönerek maksimum merkezkaç kuvveti oluşturmaktadır. Vektör, dönüş yarıçapının merkezine doğru yönelmiştir ve lastiğe dik bir doğrultudadır.

Sürtünme kuvveti aynı zamanda merkezkaç kuvveti ile birlikte frenleme ya da sürüş kuvvetinin birleşimi şeklinde de kullanılabilir.



Şekil 9.8 Merkezkaç kuvveti ve frenleme kuvvetinin bileşkesinin sürtünme dairesinde gösterimi. (Fricke, 1990)



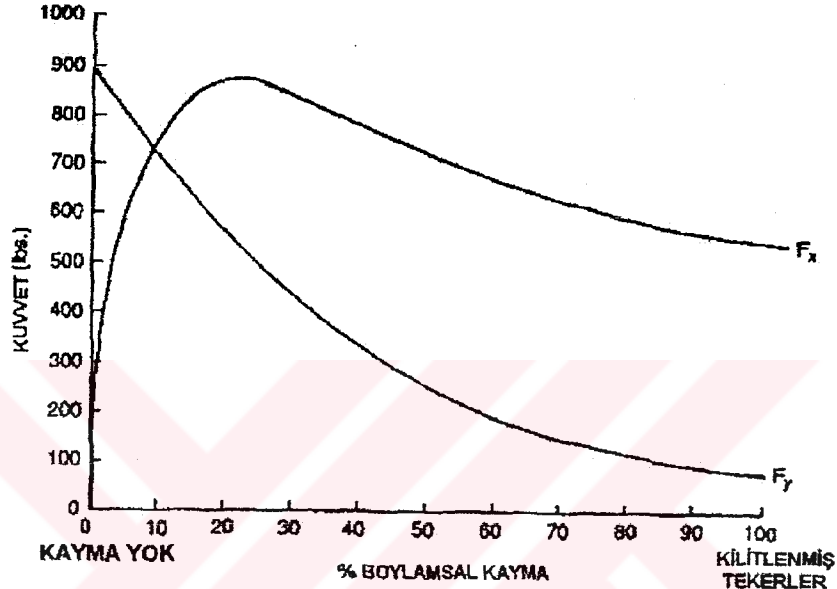
Şekil 9.9 Merkezkaç kuvveti ve sürüş kuvvetinin bileşkesinin sürtünme dairesinde gösterimi. (Fricke, 1990)

Şekil 9.8'de lastik; merkezkaç ve frenleme kuvvetine, Şekil 9.9'da ise merkezkaç ve sürüş kuvvetlerine maruz kalmaktadır. $F_F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ (9.3) denkleminde de gösterildiği gibi lastiğe etkiyen yanal ve boylamsal kuvvetlerin bileşkesi elde edilebilen sürtünme kuvveti (F_F) değerini geçemez.

Sürtünme dairesi; bir taşıtın tekerlekleri kilitlendiğinde taşıtın doğrultu kontrolünün sağlanamama sebebini açıkça ortaya koymaktadır. Frenleme esnasında sürtünme kuvvetinin

tamamının taşıtın yavaşlatılmasında kullanılmasından dolayı tekerleklere etki eden yanal kuvvetler (merkezkaç kuvvetleri) karşılanamaz. Bu durumda taşıt yana doğru savrulmaya başlar ve sürücü taşıtın kontrolünü sağlayamaz.

Şekil 9.10'da frenleme kuvveti (F_x) ve merkezkaç kuvvetinin (F_y), tekerlekteki yüzdesel kayma oranına bağlı değişimi gösterilmektedir. Tekerleklerin kilitlendiği ve % 100'lük bir kaymanın olduğu bir durumda merkezkaç kuvveti sıfıra yakın bir değer almaktadır.

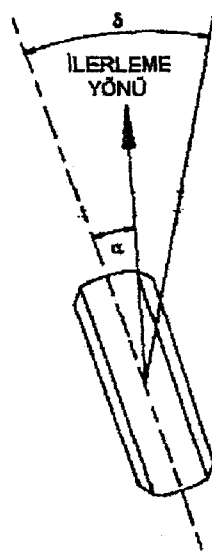


Şekil 9.10 Frenleme kuvveti ve merkezkaç kuvvetinin, tekerlekteki yüzdesel kayma oranına bağlı değişimi.(Fricke, 1990)

9.2.2 Kayma Açısı

Kayma açısı (α), lastiğin uç bölgesinin gösterdiği yön ile lastiğin ilerleme yönü arasındaki açıdır. Lastik, direksiyon aracılığıyla döndürüldüğünde sürüş açısı (δ) adı verilen bir açıyla dönüş yapar. Taşıtın dönüşü esnasında lastiklerde bir kayma meydana gelirse; lastiğin kendi yatay eksenini doğrultusunda ilerlemesi yerine kayılan bölgeye doğru ilerlemeye zorlanması sonucu, yol ile olan temas bölgesinde bir deformasyon oluşur. Oluşan bu deformasyon beraberinde lastiğe etki eden yanal bir kuvvet (F_y) meydana getirir. Kayma açısı ne kadar büyük olursa oluşan yanal kuvvet (merkezkaç kuvveti) de o derecede büyük olur. Virajda ön ve arka lastikler farklı kayma açılarıyla ilerler. Bazen bu açılar eşit olabilir.

Şekil 9.11 bir ön lastiğin sürüş açısı (δ) ve kayma açısını (α) göstermektedir.



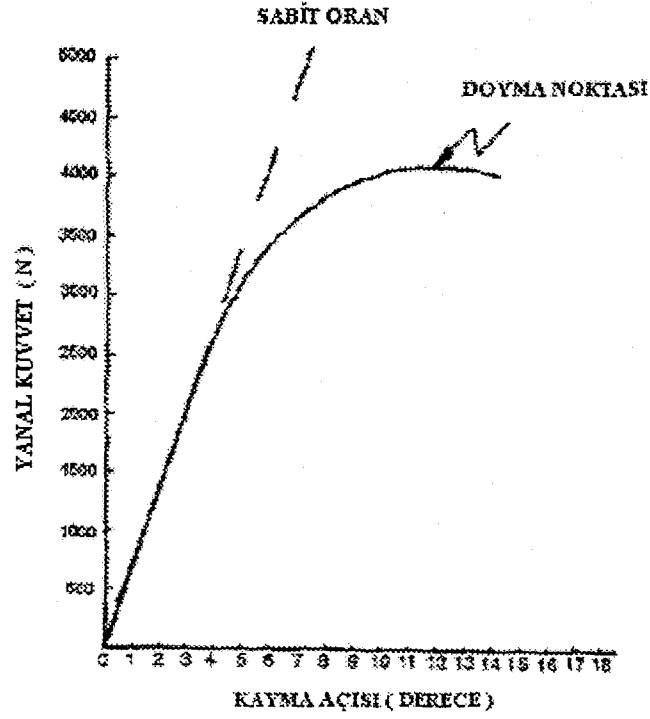
Şekil 9.11 Bir lastiğe etki eden kayma ve sürüş açılarının gösterilmesi. (Fricke, 1990)

Lastiğin viraj sertliği (C_α); belirli bir lastiğin, her bir derece kayma açısı için oluşturduğu yanal kuvvetin miktarı olarak tanımlanır. Viraj sertliği düz bir yolda serbestçe dönen bir lastiğin; yanal kuvvetinin değişiminin sıfır kayma açısına göre oranıdır. Viraj sertliği; lastiğe göre farklılık gösterir. Lastiğin yapısına, basıncına, yapısındaki bileşenlere, boyutuna ve üzerinde taşıdığı yük miktarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Viraj sertliği ve kayma açısı; yanal kuvvetin hesaplanmasında kullanılır. Yanal kuvvet (merkezkaç kuvvet);

$$F_y = C_\alpha \alpha \quad (9.4)$$

şeklinde hesap edilir.

Bir lastiğin kayma açısına bağlı olarak oluşturabileceği merkezkaç kuvveti sınırlıdır. Şekil 9.12’de belirli bir lastik için kayma açısı ile yanal kuvvet arasındaki ilişki gösterilmektedir. Belirli bir yük ve sürtünme katsayısında, kayma açısı arttıkça merkezkaç kuvveti de sabit bir oranda artmaktadır. Belirli bir noktadan sonra merkezkaç kuvvetindeki artış azalmaya başlar ve en sonunda belirli bir değere ulaşıldıktan sonra, kayma açısında artış olmasına rağmen merkezkaç kuvvetinde bir değişiklik olmaz. Bu değer kritik kayma açısı ya da doyma noktası olarak adlandırılır. Bu noktadan sonra 90°’ye ulaşınca kadar merkezkaç kuvveti yavaş yavaş azalır. 90°’lik kayma açısına sahip bir lastik tamamen kayma yapan kilitlenmiş bir lastikle aynı davranışı gösterecektir. Normal manevralar esnasındaki kayma açıları (3-5)° arasındadır. Azami çekiş gücüyle gerçekleştirilen manevralardaki kayma açıları (10-145)° arasındadır.



Şekil 9.12 Kayma açısı ile lastikte meydana gelen yanıl kuvvet (merkezkaç kuvveti) arasındaki ilişki.(Fricke, 1990)

9.3 Taşıta Etki Eden Kuvvetler

Newton'un birinci hareket kanununa göre, bir taşıt harekete başladığında, dışarıdan bir kuvvet etkimediği sürece, doğrultusunda bir sapma meydana gelmeden düz bir şekilde yoluna devam etme eğilimindedir. Taşıtın dönebilmesi için üzerine bir kuvvet etki etmesi gerekir. Taşıtın dönmesini sağlayan kuvvet; taşıtın döndüğü virajın merkezine doğru yönelen yanıl (merkezci) bir kuvvettir. Bu kuvvet; pozitif eğim açısına sahip bir yolda, taşıt ağırlığının lastik ile yol yüzeyi arasında oluşturduğu kuvvetin etkisiyle meydana gelir.

Merkezkaç kuvveti; genellikle dairesel bir yörüngede hareket eden bir taşıt üzerine etki eden kuvvetlerin daha kolay anlaşılabilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Merkezkaç kuvveti, taşıtın düzgün bir şekilde yoluna devam edebilmesi için; taşıtın kütlesi, hızı ve dönme yarıçapından faydalanılarak hesaplanan bir atalet kuvvetidir.

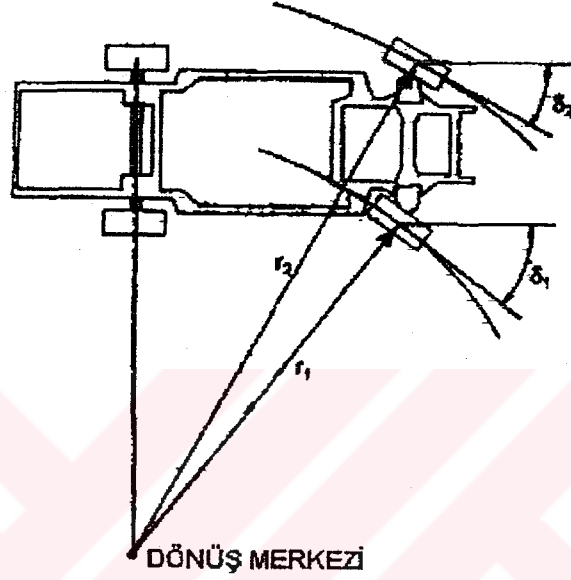
Merkezkaç kuvvet, merkezci kuvvete ters kuvvet olarak kabul edilir. Bu iki kuvvetin dengede olduğu durumlar için;

$$F_{cent} = wv^2 / gr \quad (9.5)$$

olarak gösterilebilir.

Atalet kuvveti; frenleme yapılmadığı durumlarda, tekerlekler ile yol arasında oluşan sürtünme kuvvetinden daha küçükse, taşıt virajı rahatlıkla döner. Aksi takdirde, taşıt yana doğru kaymaya başlayacak ve yolun dışına sapacaktır.

Bir virajdan güvenli bir şekilde dönülebilmesi için gerekli olan sürtünme kuvveti; kayma açısına maruz kalan lastikler tarafından üretilir. Taşıtın kontrol mekanizması; gerekli kayma açısını oluşturacak şekilde ön lastikleri döndürerek gerekli viraj kuvvetlerini oluşturur.

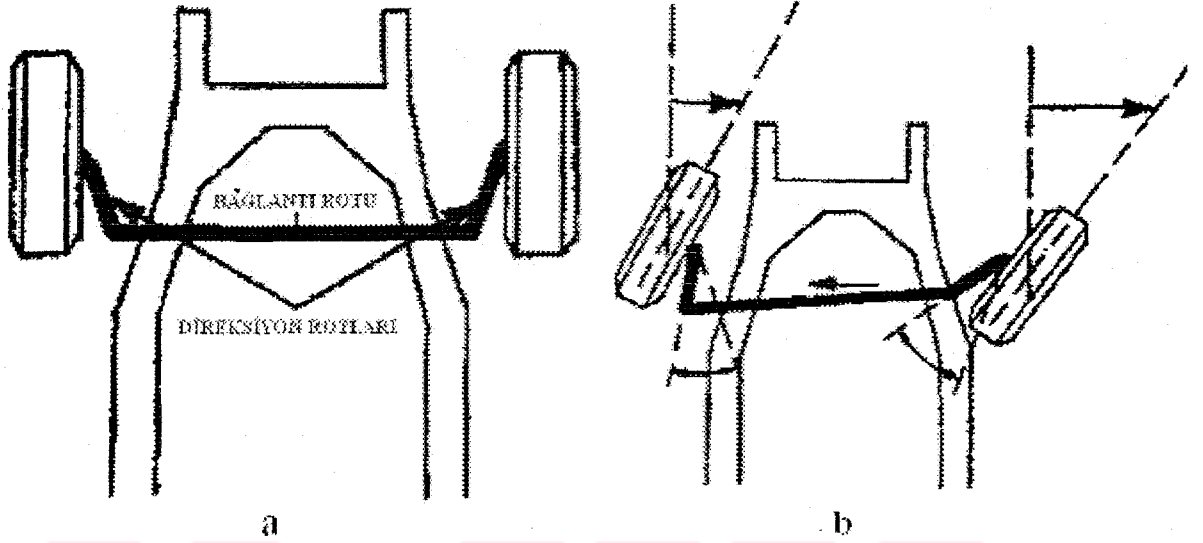


Şekil 9.13 Kayma meydana gelmediği durumlarda taşıtın dönme merkezinin bulunması.(Fricke, 1990)

Şekil 9.13'te sağa doğru dönüş yapan bir taşıt görülmektedir. Kayma olmaksızın gerçekleştirilen bir dönüşte, taşıtın dönme merkezi, ön lastiklerden virajın içine doğru çizilen dikmelerin kesiştiği noktadır. Kaymanın olmadığı durumlarda taşıtın iç tekerleği dış tekerleğe oranla daha keskin bir sürüş açısıyla döndüğünden dolayı, dış tekerlek iç tekerleğe oranla daha büyük bir dönüş yarıçapında döner. Dış teker ve iç tekerin sürüş açıları arasındaki fark, taşıtın viraj dönüş açısıdır ($\delta_1 - \delta_2$).

Gerekli dönüş açısını belirleyebilmek amacıyla çoğu taşıt üreticileri tarafından kullanılan yöntem Ackermann prensibidir. Şekil 9.14'de Ackermann prensibinin uygulaması görülmektedir. Şekil 9.14 a'da görüldüğü gibi taşıtın ön tekerlekleri, ön dingil piminin etrafında serbestçe dönebilen, doğrultu kontrol düzeneğine bağlantı rotu ve direksiyon rotları ile tutturulmuştur. Her iki dingil piminin ucunda birbirlerine bir bağlantı çubuğu (rotu) ile bağlanan direksiyon rotları mevcuttur. Direksiyon; Şekil 9.14'b de gösterildiği gibi sağa doğru çevrildiğinde bağlantı çubuğu (rot) sola doğru kayar ve ön tekerlekler sağa doğru

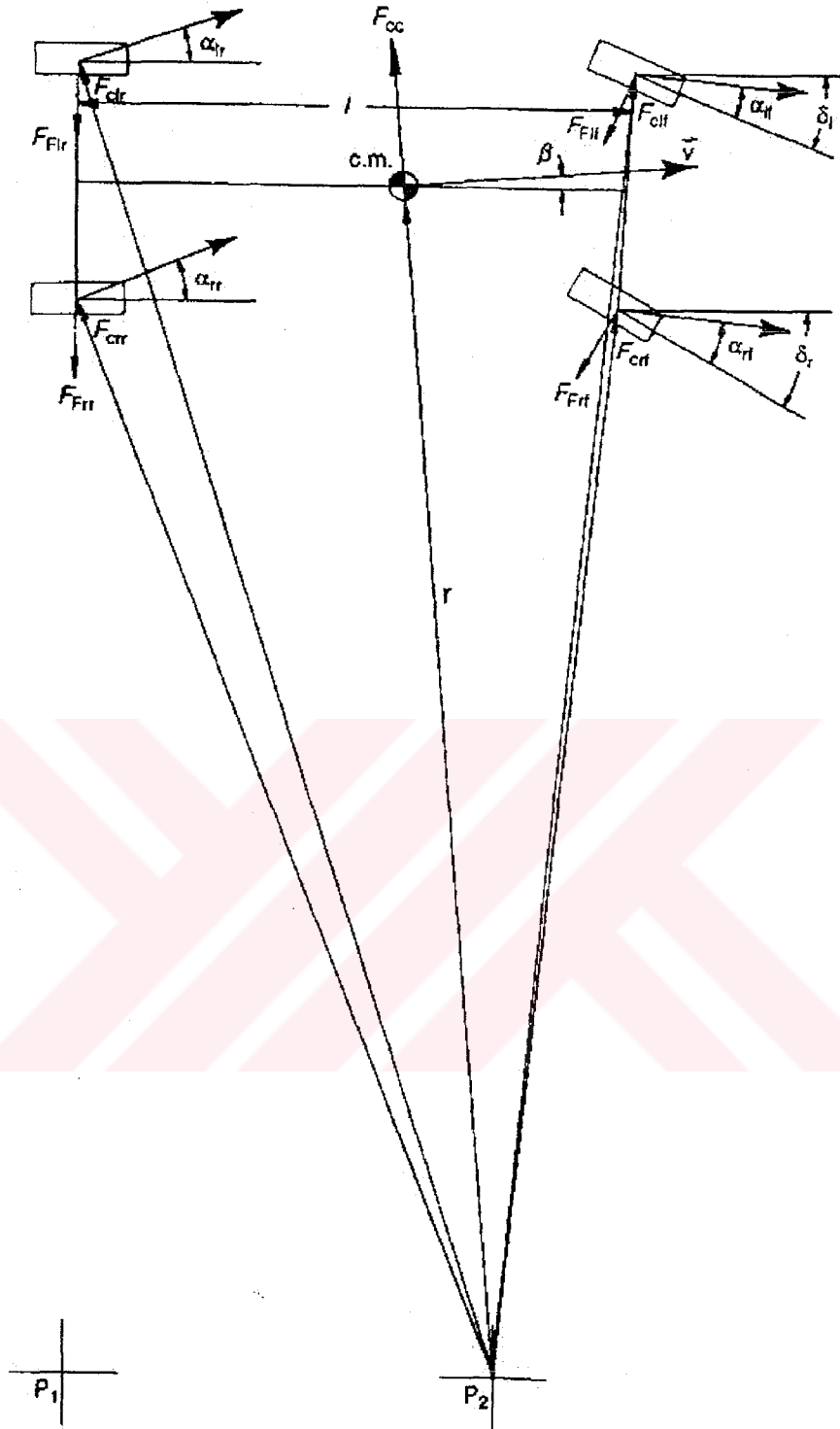
dönmeye başlar. Her iki direksiyon rotu ve bağlantı rotu arasındaki açılar değişmeye başlar. Bu hareket sağ iç tekerlekte, sol dış tekerleğe göre daha fazla değişimle sonuçlanır ve böylece dış tekerlek daha büyük bir dönme yarıçapıyla döner. Aynı durum sola dönüşte de geçerlidir.



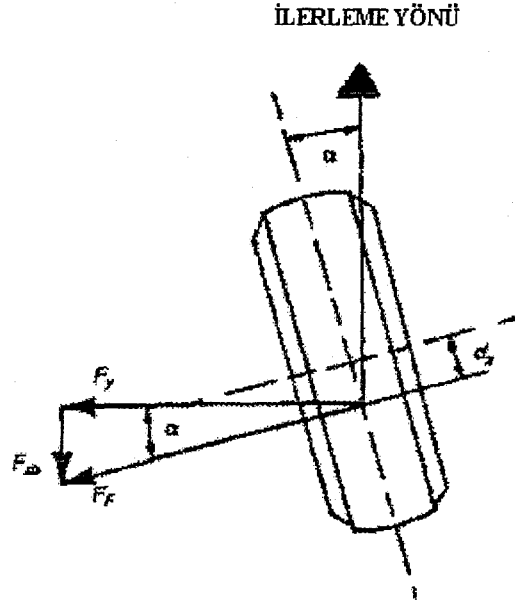
Şekil 9.14 Taşıtlarda doğrultu kontrol düzeneği ve rotlar arasındaki açı değişiminin gösterimi.(Fricke, 1990)

Ackermann prensibiyle, taşıt lastiklerinde kayma meydana gelmeden güvenli bir dönüş sağlanabilmesi için taşıtın belli bir hız limitinin altında seyretmesi gerekir.

Şekil 9.15 ve 9.16'da sürtünme kuvvetinin lastiklere dik bir şekilde etki ettiği görülmektedir. Lastiklerin kayma açısı (α); merkezkaç kuvvetinin (F_y) lastiklere etki ettiği noktadaki kuvvet vektörünün, lastiğin yol ile temas ettiği merkezin hareket doğrultusuna dik olmasını sağlar. Merkezkaç kuvveti; lastik ile yol yüzeyi arasındaki temas bölgesinin merkezine etki eder. Tekerleğin merkezi ile merkezkaç kuvvetinin etki ettiği nokta arasındaki mesafe (d_x) pnömatik hat olarak adlandırılır ve kayma açısını azaltmaya çalışan ve kendi kendini düzenleyen bir moment (M_z) oluşturur. Lastiklerin kayma açıları birleşerek Şekil 9.15'deki taşıtın virajın içine doğru hareket etmesine neden olan yanal kayma açısını (β) oluşturur.



Şekil 9.15 Taşıt lastiklerine etki eden kuvvetlerin olası dönüş merkezine olan uzaklığının gösterimi. (Fricke, 1990)



Şekil 9.16 Lastiğe etki eden kuvvetlerin üstten görünümü.(Fricke, 1990)

Sürtünme kuvveti; merkezkaç kuvveti (F_y) ve çekiş kuvvetinin (F_{xb}) bileşkesidir. (Şekil 9.16)

Şekil 9.16'daki ön lastik sürtünme sınırındaysa, merkezkaç kuvvetinin değeri;

$$F_y = F_F \cos \alpha \quad (9.6)$$

ve çekiş kuvvetinin değeri de;

$$F_{xb} = F_F \sin \alpha \quad (9.7)$$

olmaktadır.

Eğer ön veya arka lastik sürtünme sınırındaysa; sürtünme kuvvetinin değeri maksimum olarak alınır ve $F_F = w\mu$ denklemi;

$$F_y = w\mu \cos \alpha \quad (9.8)$$

$$F_{xb} = w\mu \sin \alpha \quad (9.9)$$

denklemlerine dönüştürülür.

9.3.1 Ön Takımlar Geometrisi

Ön tekerlekleri şasiye bağlamaya yarayan oldukça karışık şekilli mafsallar, rotlar ve yaylandırma sisteminin hepsine birden ön takımlar denir. Taşıtı istenilen doğrultuda hareket ettirmeye yarayan direksiyon; otomobilin ve içinde bulunanların yol üzerinde sarsılmadan gidebilmelerini temin eden yaylandırma (süspansiyon) ve bunları birbirine bağlayan rot, dingil vb. kısımların hepsi taşıtın ön tarafında toplanmış olduğundan, bir otomobilde en çok hırpalanan bölge burasıdır.

Bir taşıta ön tarafından bakacak olursak, ön tekerleklerin düşey bir düzlemde bulunmadıklarını ve aynı zamanda ön tekerleklerin içe doğru dönük olduğunu görürüz. Ön tekerleklerle bunları bağlayan parçalar ve şasi arasında meydana gelen çeşitli açılar arasındaki bağıntıya ön takımlar geometrisi denir. Otomobillerde, bu çeşitli açılarının uygulanmasındaki başlıca gaye, taşıtın kolay sevk ve idaresi, dönüşlerde stabilite sağlanması ve kullanım kolaylıkları olduğu kadar, lastiklerin aşınmasını önlemektir.

Ön takımlar arasındaki bu açılar düzgün bir şekilde verilmeyecek ya da birinin açısı bozulacak olursa, en ufak bir virajda ön tekerleklerin ses çıkardığı, direksiyonun ağırlaştığı ve direksiyonun çevrildiği tarafta kalmaya çalıştığı görülür. Bunun sonucunda lastikler yan taraflarından hızlı bir şekilde aşınır.

Ön takımlara verilen açılar birbirine bağımlıdır. Bunlardan herhangi birinin ayarı bozulacak olursa, diğerleri de bozuk ve görevini yapamaz hale gelir. Bu sebepten ön takımların ve bunlara verilmiş olan açılarının ayarı birlikte yapılmalıdır.

Ön takımlar geometrisi ile ilgili faktörler; dördü açı ve bir tanesi de uzunluk cinsinden olmak üzere beş tanedir. (Pamukçu, 1997)

9.3.1.1 Kamber Açısı

Ön lastiklerin yere temas ettiği noktadan çizilen dikey ile ön lastik eksen çizgisi arasında kalan açıya “kamber açısı” denir. Diğer bir ifadeyle kamber açısı; lastiğin üst kısmının lastiğin kendi düşey eksenine göre içe veya dışa doğru olan eğimidir. Kamber açısı; lastiklerin üst kısımlarının aracın dışına doğru yöneldiği (ön lastiklerin üst kısımlarının birbirinden uzaklaştığı) durumda pozitif, içeri doğru yönelmesi durumunda ise negatiftir. Genellikle kamber açısının değerinin çok küçük bir pozitif değerde (1°den küçük) olması istenir. Çünkü; taşıt yolda yüklü olarak hareket ederken, yük tesiriyle ön lastikler dikey vaziyete gelir. Eğer taşıtın kamber açısı sıfır yapılmış olsaydı, taşıtın yüklenmesi halinde negatif bir kamber açısı meydana gelirdi. Taşıt yüklü haldeyken ön lastiklerde pozitif veya negatif kamber açısı

bulunacak olursa lastikler kısa bir zamanda kenarlarından aşınır. Lastiklere kamber açısının verilmesindeki amaç, lastik yüzeyinin düzgünlüğünü korumaktır.



Şekil 9.17 Kamber açısının gösterimi.(Pamukçu, 1997)

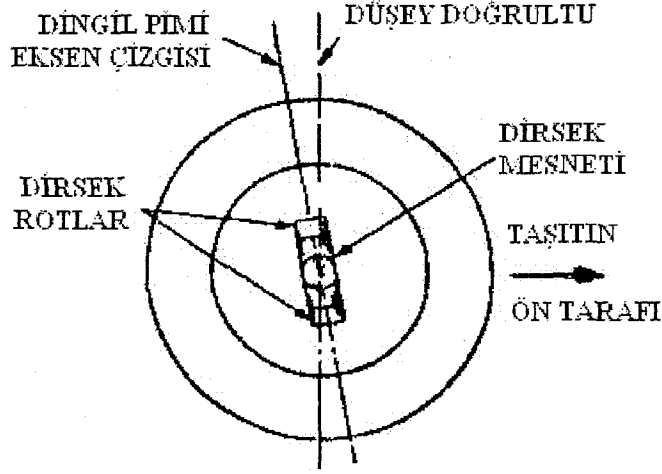
9.3.1.2 Ön Dingil Pimi (Kingpin) Açısı

Dingil piminin, ön lastiğin düşey doğrultusuyla arasındaki açı (taşıt merkezine doğru yönelmiş) değeridir (Şekil 9.17). Dingil pimine verilen bu açının sebepleri ve sağladığı faydalar şunlardır:

- Direksiyonun stabilitesini ve daha kolay hareket ettirilmesini temin etmek.
- Lastiklerdeki aşınmayı azaltmak
- Kamber ve kaster açılarının küçülmesini ve dönüş sonrasında tekerleğin tekrar eski konumuna (düz doğrultuya) gelmesini sağlamak.

9.3.1.3 Kaster Açısı

Dingil pimi; taşıtın merkez çizgisine doğru içeriye eğik yapılacağı gibi, bir de bu pim otomobilin ön veya arkasına doğru eğik olabilir. Kaster açısı; ön dingil milinin lastiğin düşey doğrultusuyla (eksenile) yaptığı açıdır. Dingil piminin düşey eksene nazaran arkaya doğru eğik olması haline pozitif kaster denir. Bu durumda dingil piminin merkez çizgisi; yol yüzeyini ön tekerlek merkez çizgisinin ön tarafında keseceği için, pozitif kaster açısı direksiyon stabilitesini temin eder. Dingil pimine uygulanan ileri itme kuvvet çizgisi, merkez çizgisine etki eden yol mukavemetinin ön tarafındadır. Bu durumda ön tekerlekler kasterin arkasından gelmektedir. (Pamukçu, 1997)



Şekil 9.18 Kaster açısının gösterimi.(Pamukçu, 1997)

Her iki ön tekerlekte pozitif kaster açısı bulunduğu takdirde, virajlardan dönüş esnasında taşıt viraj dışına doğru gitmeye zorlanır. Buna karşılık ön tekerleklerin kaster açısı negatif ise dönüş manevralarında taşıt kolaylıkla viraja girmeye çalışır.

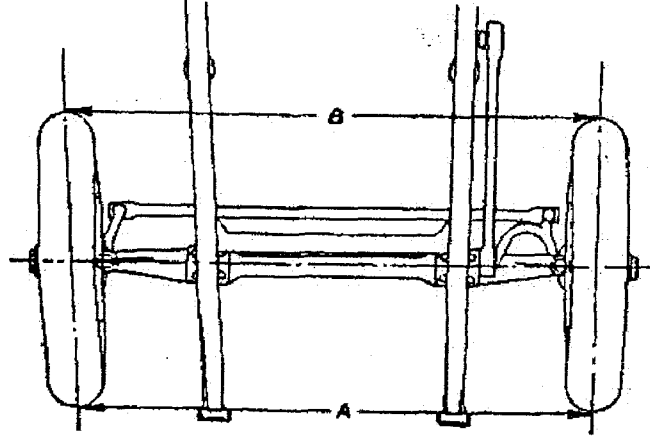
Pozitif kaster ön tekerlekleri Toe-in vaziyetine getirmeye, yani ön tekerlekler arasındaki mesafenin ön tekerleklerin arka kısmındaki mesafeye oranla daha küçük olmasını sağlar. Kaster açısı negatif ise tekerlekler Toe-out'a zorlanır.

Pozitif kaster açısı, tekerlekleri yolda düz tutmaya yardım eder. Bu nedenle dönüş yapabilmek için direksiyona daha büyük bir kuvvetin etki ettirilmesi gerekir.

Taşıtların virajları kolaylıkla dönebilmeleri için günümüzde üretilen otomobillerde ve özellikle kamyonlarda kaster açısı negatif alınır. Böylelikle direksiyon daha kolay hareket ettirilebilir. Bu şekilde viraj alındıktan sonra tekerleklerin düz bir hizaya gelebilmesi dingil pimi açısıyla sağlanır.

9.3.1.4 Toe-In Boyu

Şekil 9.19'dan da görüleceği gibi ön tekerleklerin ön kısmı arka tarafına oranla daha kapalıdır. Yani A uzunluğu B'den daha azdır. Ön tekerleklerin ön ve arka tarafındaki uzaklık farkına Toe-In boyu denir.



Şekil 9.19 Toe-in boyunun gösterimi.(Pamukçu, 1997)

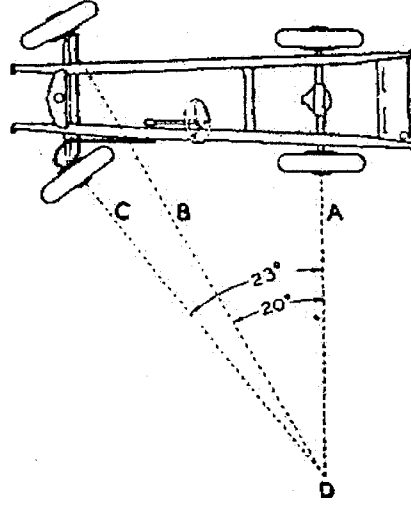
Kamber açısının etkisiyle ön tekerlekler şasiden ayrılarak dönmeye çalışır. Dolayısıyla tekerleklerin iç tarafları daha çok yol almak mecburiyetindedir. Bunun neticesinde lastikler daha çabuk aşınır. Tekerleklerde Toe-In boyunun sağlanmasıyla tekerleklerin virajlarda rahatça dönebilmesi ve direksiyon stabilitesi sağlanmış olur. Aynı zamanda tekerleklerin virajlarda yana doğru kaymalarının önüne geçilmesi ile lastiklerin aşınması da önlenmiş olur.

Kamber açısı ne kadar büyük olursa Toe-In de o kadar fazladır. Kamber açısı çok küçük bir değerdir ve dolayısıyla Toe-In ölçüsü de $L = 1.5$ mm civarındadır. Çok küçük olan bu değere ön takımların ayarlanmasında dikkat edilmelidir.

9.3.1.5 Toe-Out Açısı

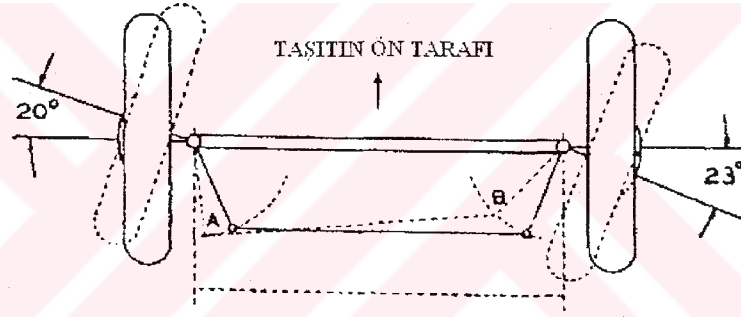
Toe-out (direksiyon geometrisi), dönüş esnasında şasi ile ön tekerleklerin oluşturduğu açılar arasındaki farktır. Taşıt bir virajı alırken içte kalan tekerleklerin daha büyük bir açı ile dönmesi gerekir. Bunun nedeni taşıtın iç tarafında kalan tekerleklerin dıştakilere oranla virajlarda daha küçük bir yarıçap üzerinde hareket etmeleridir.

Şekil 9.20'den de görüldüğü gibi taşıt bir dönüş yaparken iç taraftaki ön tekerlek şasi ile 23° lik bir açı oluşturduğu halde, viraj dışında kalan tekerlek 20° lik bir açı ile hareket etmektedir. Ancak her iki tekerleğin dönme merkezi D aynı kalmaktadır.



Şekil 9.20 Dönüş esnasındaki toe-out açısı.(Pamukçu, 1997)

Dönüşlerde her iki ön tekerlek arasındaki açı farkı; direksiyon rotları ile ara rot ve pitman rotu arasında uygun bir bağıntı temin edilerek sağlanır. Bu durum Şekil 9.21’de görülmektedir.

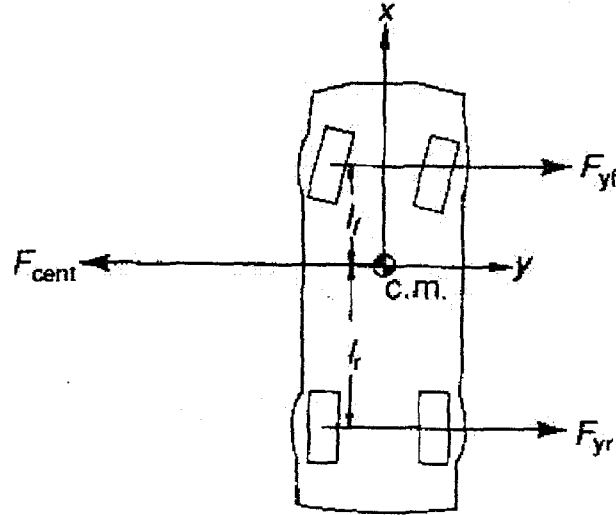


Şekil 9.21 Taşıtın dönüşü esnasında toe-out açısının sağlanması(Pamukçu, 1997)

Sağa dönüş yapmak üzere rot sola doğru hareket ettirildiği zaman sol mafsallara sola doğru sürülür ve böylece ara rot ile sol direksiyon rotu arasında hemen hemen bir dik açı meydana gelir. Rotun sağ tarafı ise yalnız sola doğru hareket etmekle kalmaz, aynı zamanda ileriye doğru sürülür. Bunun sonucunda sağ ön tekerlek sola nazaran biraz daha fazla döndürülmüş olur.

9.3.2 Ön ve Arka Lastiklerdeki Kenar Kuvvetleri

Şekil 9.22 ‘de sağa dönen bir taşıta etki eden kuvvetler görülmektedir. Lastiklerin oluşturduğu sürtünme kuvveti, merkezkaç kuvvete eşitse, taşıt istenilen yarıçapla dönebilecektir. Sürtünme kuvveti; ön lastikler (F_{yf}) ve arka lastikler (F_{yr}) tarafından oluşturulması gereken viraj kuvvetleridir.



Şekil 9.22 Sağa doğru dönen bir taşıta etki eden kuvvetler(Fricke, 1990)

$$F_y = F_{yf} + F_{yr} \quad (9.10)$$

dır. Bu kuvvetler merkezkaç kuvvetin etkidiği, taşıtın kütle merkezinin belirlenmesiyle bulunur. y eksenini boyunca etki eden kuvvetler;

$$\sum F_y = 0 = F_{yf} + F_{yr} - F_{cent} \quad (9.11)$$

veya

$$F_{cent} = F_{yf} + F_{yr} \quad (9.12)$$

olur.

Kütle merkezine göre momentlerin toplamı;

$$\sum M_{cm} = 0 = F_{yr} l_r - F_{yf} l_f \Rightarrow F_{yf} l_f = F_{yr} l_r \quad (9.13)$$

olarak elde edilir. Bu denklem F_{yr} için çözülürse;

$$F_{yr} = F_{yf} l_f / l_r \quad (9.14)$$

ifadesi oluşur. Bu denklemdeki F_{yr} değeri (9.10)'da yerine konulur ve F_{yf} için çözülürse;

$$F_{yf} = (F_{cent} l_r) / (l_f + l_r) \quad (9.15)$$

ifadesi elde edilir.

$l = l_f + l_r$ denliğini (9.15) denkleminde yerine konulursa;

$$F_{yf} = F_{cent} l_r / l \quad (9.16)$$

denklemini elde edilir.

$l_r / l = x_r$ ve $l_f / l = x_f$ 'dir. Bu değerler (9.16) denkleminde yerine konursa;

$$F_{yf} = F_{cent} x_r \quad (9.17)$$

denklemini elde edilir. Arka aksdaki kuvvet için aynı yöntemle aşağıdaki denklem elde edilebilir;

$$F_{yr} = F_{cent} x_f \quad (9.18)$$

Newton'un ikinci hareket denklemi olan $F = ma$ eşitliği merkezkaç kuvvet, ağırlık ve yanal hızlanma cinsinden yeniden yazılırsa;

$$F_{cent} = (w / g) a_y \quad (9.19)$$

elde edilir. Dairesel bir yolu izleyen bir nesnenin yanal hızlanması $a_y = v^2 / r$ 'dir.

Yanal hızlanma değeri (9.19)'da yerine konulursa;

$$F_{cent} = (w v^2) / (g r) \quad (9.20)$$

denklemini elde edilir. F_{cent} değeri (9.17) ve (9.18)'de yerine konulursa;

$$F_{yf} = (w v^2 x_r) / (g r) \quad (9.21)$$

$$F_{yr} = (w v^2 x_f) / (g r) \quad (9.22)$$

denklemleri elde edilir.

9.3.3 Viraj Karakteristiklerinin Değiştirilmesi

(9.21) ve (9.22) denklemleri ön ve arka dingillerdeki taşıtın dönmesi esnasında meydana gelen kuvvetleri hesaplamak amacıyla kullanılırlar. Her iki denklemde de dingil mesafesi ve taşıtın kütle merkezinin ön veya arka dingile olan mesafesi kullanılmaktadır. Bu iki uzunluk; ön dingil ağırlığı (w_f), arka dingil ağırlığı (w_r) ve toplam ağırlığın bir fonksiyonudur. Her iki dingildeki ağırlığın toplam taşıt ağırlığına oranı;

$$w_f / w = x_r \quad (9.23)$$

ve

$$w_r / w = x_f \text{ 'dir.} \quad (9.24)$$

Boylamsal hızlanma sırasında ön ve arka akslara dağılan ağırlık;

$$w_{sx} = w a_x z / g \quad (9.25)$$

olarak ifade edilmektedir.

Sürüşe bağlı olarak yanal yük transferi olmadığı kabul edilerek boylamsal hızlanma esnasında her bir lastiğe etkiyen ağırlık miktarı;

$$w_{xf} = (w_f - w_{sx})/2 \quad (9.26)$$

veya

$$w_{xf} = (w_f - wa_x z / g) / 2 \quad (9.27)$$

ve her bir lastik için;

$$w_{xr} = (w_r + wa_x z / g) / 2 \quad (9.28)$$

olarak bulunur.

(9.27) ve (9.28) denklemlerinden anlaşıldığı gibi boylamsal hızlanma sırasında ön ve arka dingillerdeki ağırlık ve bu ağırlıklardan dolayı da taşıtın viraj eğrisini izleme eğilimi de değişebilir. Frenleme kuvveti, sürüş kuvveti ve aşırı yük lastiğin oluşturduğu merkezkaç kuvvetini azaltır ve böylece boylamsal hızlanma değerine tam olarak ulaşmak zorlaşır.

(9.21) ve (9.22) denklemleri (9.4) denklemi ile birlikte kullanılarak, verilen bir viraj sertliği (C_α) değeri için gerekli merkezkaç kuvvetini oluşturacak kayma açısı (α) hesaplanabilir;

$$F_y = C_\alpha \alpha \quad (9.29)$$

$$F_{yf} = C_{\alpha f} \alpha_f \quad (9.30)$$

$$F_{yr} = C_{\alpha r} \alpha_r \quad (9.31)$$

$$C_{\alpha f} \alpha_f = (wv^2 x_r) / (gr) \quad (9.32)$$

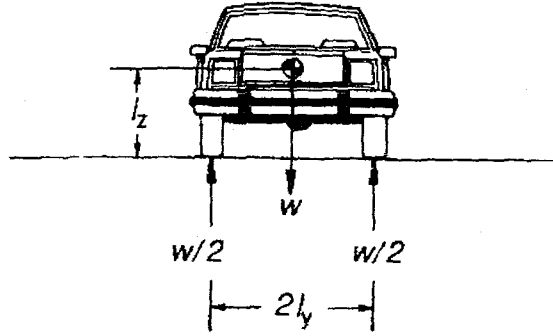
$$C_{\alpha r} \alpha_r = (wv^2 x_f) / (gr) \quad (9.33)$$

$$\alpha_f = (wv^2 x_r) / (gr C_{\alpha f}) \quad (9.34)$$

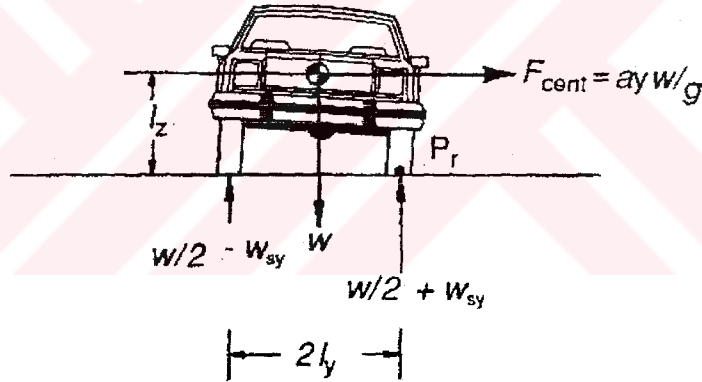
$$\alpha_r = (wv^2 x_f) / (gr C_{\alpha r}) \quad (9.35)$$

9.3.4 Sağ ve Sol Lastiklere Etki Eden Merkezkaç Kuvveti

Bir taşıt; Şekil 9.23'de görüldüğü gibi ileri doğru hareket ederken, sol ve sağ tekerlek üzerindeki ağırlık genellikle eşittir. Fakat aynı taşıt sola doğru dönüş yapıyorsa Şekil 9.24'de görüldüğü gibi taşıtın kütle merkezine sağa doğru bir atalet kuvveti etki eder. Bu atalet kuvveti; sağ lastiklerin dış kısmında taşınan ağırlığın (w_o) artmasına ve sol lastiklerin iç kısmında taşınan ağırlığın (w_i) azalmasına neden olur.

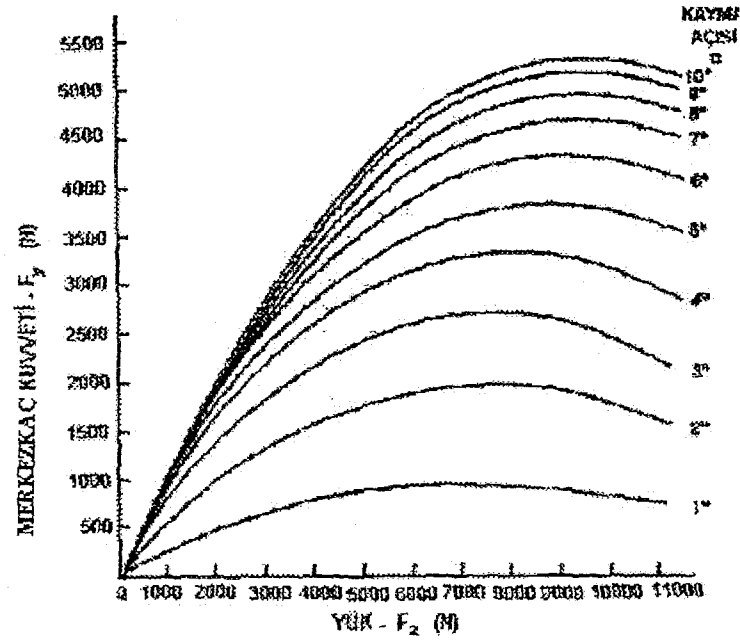


Şekil 9.23 Düz yolda ilerleyen bir taşıtın, taşıt ağırlığının tekerleklere dağılımı. (Fricke, 1990)

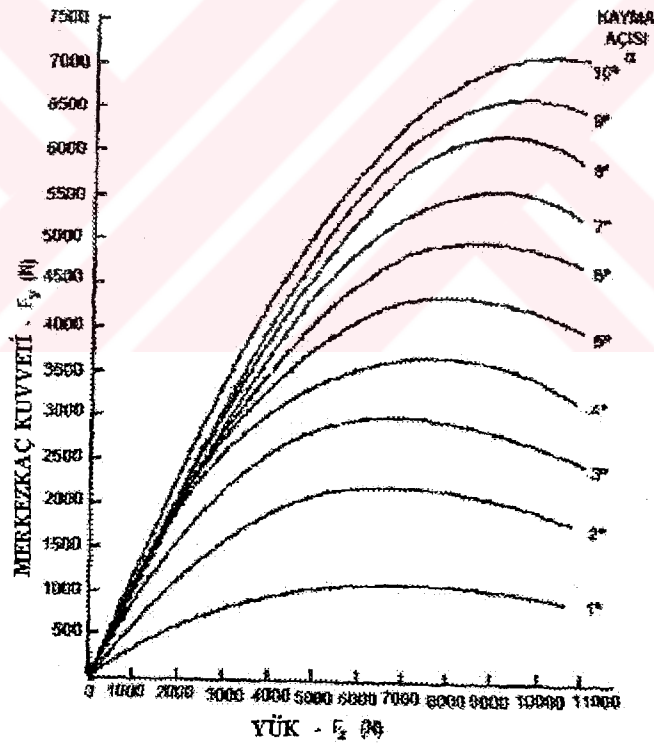


Şekil 9.24 Sola doğru dönüş yapan bir taşıtta oluşan atalet kuvvetlerine bağlı olarak tekerleklere etki eden kuvvetlerin gösterilmesi. (Fricke, 1990)

Dış lastiklerde oluşan ekstra ağırlık dönüş sırasında iç lastiklere oranla daha fazla merkezkaç kuvvetleri oluşturmalarına neden olur. Dönüş esnasında merkezkaç kuvvetinde, dış lastiklerin sebep olduğu artış, iç lastiklerin sebep olduğu düşüşle tamamen dengelenemez.



(a)



(b)

Şekil 9.25 a, b Farklı lastik tiplerine göre taşıt üzerine etki eden yüke bağlı merkezkaç kuvvetinin değişimini gösteren grafik. (Fricke, 1990)

Şekil 9.25 a ve Şekil 9.25 b'den de görüldüğü gibi sabit kayma açısında artan taşıt yüküne bağlı olarak merkezkaç kuvvetinde giderek bir artış meydana gelmekte ve daha sonra belli bir pik değerden sonra düşüş gözlenmektedir. Bu durum bir lastikte; yüke (F_z) bağlı olarak meydana gelebilecek yanal kuvvetlerin bir sınırı olduğunu göstermektedir.

Spor ve yarış otomobillerinde kütle merkezinin yere mümkün olduğu kadar yakın, dingil genişliğinin uzun ve süspansiyonların diğer taşıtlara göre daha sert olmasının bir nedeni, yük değişiminin taşıtın virajlardaki dönüş yeteneği üzerindeki etkisidir. Kütle merkezinin yere yakın olması ve dingil genişliğinin uzunluğu, yük değişimini sınırlandırır.

Taşıtın bir kenarından diğerine kayan yük miktarı (w_{sy}), süspansiyon etkisi göz ardı edilerek, dış lastiklerin momentleri (P_r) toplanarak hesaplanabilir. Şekil 9.24'den;

$$\sum M_{pr} = 0 = (w l_y) - (w/2 - w_{sy}) 2l_y - (a_y w l_z) / g \quad (9.36)$$

Bu deklemler w_{sy} için çözülürse;

$$w_{sy} = (w a_y l_z) / (g 2l_y) \quad (9.37)$$

denklemler elde edilir. (9.37) denklemleri yardımıyla, yanal hızlanmaya maruz kalan bir taşıtın, ön iç ve dış lastiklerin (w_{fi} ve w_{fo}) ve arka iç ve dış lastiklerin (w_{ri} ve w_{ro}) üzerindeki yük hesaplanabilir. Bu değerler şunlardır;

$$w_{fi} = w_f / 2 - (w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (9.38)$$

$$w_{fo} = w_f / 2 + (w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (9.39)$$

$$w_{ri} = w_r / 2 - (w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (9.40)$$

$$w_{ro} = w_r / 2 + (w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (9.41)$$

Yük transferi yalnızca yanal hızlanmaya bağlı olarak değil boylamsal hızlanmaya bağlı olarak da oluşabilir. (9.27), (9.28), (9.38), (9.39), (9.40) ve (9.41) denklemleri; taşıtların ani virajlardaki dönüşleri ve taşıtların hızlanmaları esnasında her bir taşıta etki eden ağırlığı belirleyebilmek için birleştirilmişlerdir.

$$w_{fi} = (4w_f g l_y - 2l_y w a_{xz} - w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (9.42)$$

$$w_{fo} = (4w_f g l_y - 2l_y w a_{xz} + w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (9.43)$$

$$w_{ri} = (4w_r g l_y + 2l_y w a_{xz} - w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (9.44)$$

$$w_{ro} = (4w_r g l_y + 2l_y w a_x z + w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (9.45)$$

9.4 Taşıt Hızının Belirlenmesi İçin Gerekli Denklemler

Taşıtın yanal olarak kaymaya başlayacağı hız kritik hızdır. Bu hız merkezkaç kuvvet merkezci kuvvete eşit olduğunda oluşur.

$w\mu = wv^2 / gr$ denklemi hız için çözüldüğünde elde edilecek hız, taşıtın yanal kaymaya başlayacağı hızdır. Bu hız değeri;

$$v = \sqrt{gr\mu} \quad (9.46)$$

şeklinde gösterilir. Bu denklemde eğim göz önünde bulundurulmamıştır. Kayma yönündeki eğim göz önünde bulundurulursa taşıtın yanal kayma hızı;

$$v = \sqrt{gr(\mu + g)/(1 - \mu g)} \quad (9.47)$$

denklemine dönüşecektir.

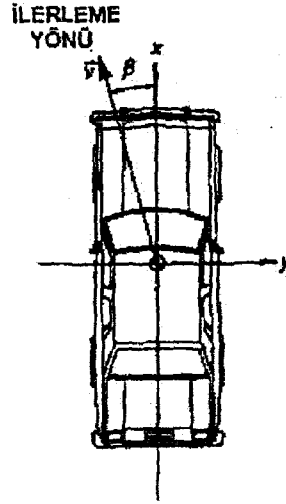
Kayma yönündeki eğim % 10'dan az ise hız belirlenmesinde eğimin temel bir etkisi yoktur. Eğer eğim (G) değeri düşükse yanal kayma hızı denklemi:

$$v = \sqrt{gr(\mu + G)} \quad (9.48)$$

halini alır.

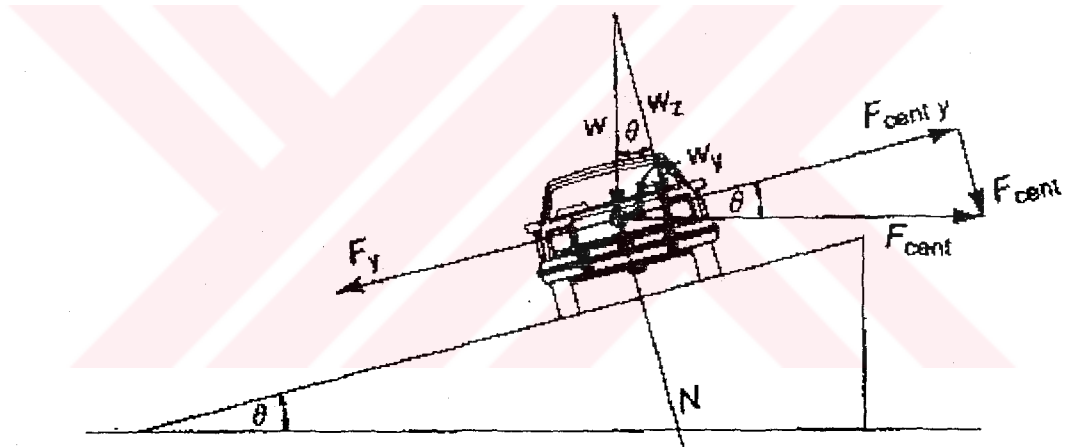
9.4.1 Yanal Kayma Açısı Gözönünde Bulundurularak Taşıt Hızının Belirlenmesi

Yanal kayma açısı (β) taşıtın duruş yönü (x eksen) ve hareket yönü arasındaki açı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 9.26). Taşıt savrulmaya başladığında yanal kayma açısı küçüktür. Savrulma sırasında açı artar. Yanal kayma açısındaki bu artış, lastiklerin daha fazla kaymasına ve daha az dönmesine neden olarak taşıtın frenleme sırasında olduğundan daha fazla yavaşlamasını sağlar. Lastiklerin daha fazla kayması ve daha az dönmesi kenar kuvveti için gerekli sürtünme kuvvetini azaltır.



Şekil 9.26 Taşıt üzerinde yanal kayma açısının (β) gösterilmesi.(Fricke, 1990)

Hız belirlenmesi sırasında yanal kayma açısını göz önünde bulundurmamak amacıyla bir denklem oluşturulabilir. Bu denklem oluşturulurken eğim de göz önünde bulundurulacaktır.



Şekil 9.27 Eğimli bir yolda ilerleyen bir taşıta etki eden kuvvetler.(Fricke, 1990)

Şekil 9.27'de θ açılı, eğimli bir yolda ilerleyen bir taşıtın önden görünümü verilmektedir. Ağırlık (w) ve merkezkaç kuvvet (F_{cent}), yatay ve dikey bileşenlerine ayrılmıştır. Normal kuvvet (N) yüzeye dik bütün kuvvetlerin bileşkesini, F_y ise yüzeye paralel bütün kuvvetlerin bileşkesini göstermektedir. Bileşke kuvvetlerin değerleri :

$$\text{Düşeyde : } F_{centz} = F_{cent} \sin \theta \quad (9.49)$$

$$w_z = w \cos \theta \text{ 'dır.}$$

$$\text{Yatayda : } F_{centy} = F_{cent} \cos \theta \quad (9.50)$$

$$w_y = w \sin \theta \text{ 'dır.}$$

Düşey yöndeki kuvvetlerin toplamı;

$$\sum F_z = 0 = F_{centz} + w_z - N \quad (9.51)$$

(9.49) denklemindeki değerler, (9.51) denkleminde yerlerine konulursa;

$$\sum F_z = 0 = F_{cent} \sin \theta + w \cos \theta - N \quad (9.52)$$

denklemini elde edilir. Bu denklem N için çözülürse;

$$N = F_{cent} \sin \theta + w \cos \theta \quad (9.53)$$

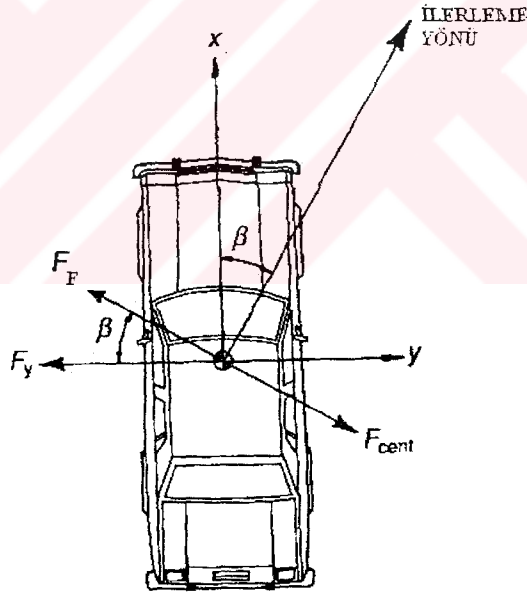
denklemini bulunur. Yatay yöndeki (y) kuvvetlerin toplamı;

$$\sum F_y = 0 = F_{centy} - w_y - F_y \quad (9.54)$$

Bu denklem F_{centy} için çözülürse;

$$F_{centy} = w_y + F_y \quad (9.55)$$

elde edilir.



Şekil 9.28 β yanal kayma açısıyla kayan bir taşıta etki eden kuvvetler.(Fricke, 1990)

Şekil 9.28; Şekil 9.27'deki taşıtın üstten görünümünü simgelemektedir. Bu şekilde yanal kuvvet (F_{centy}), kenar kuvveti (F_y) ve sürtünme kuvveti (F_F) sembolleriyle gösterilmiştir.

$$F_y = F_F \cos \beta \quad (9.56)$$

$$F_{centy} = F_{cent} \cos \theta \quad (9.57)$$

$$w_y = w \sin \theta \quad (9.58)$$

Bu denklemler (9.55) denkleminde yerlerine konulduğunda;

$$F_{cent} \cos\theta = w \sin\theta + F_F \cos\beta \quad (9.59)$$

denklemini elde edilir.

Sürtünmenin tanımından elde edilen $F_F = N\mu$ denklemi (9.59) denkleminde yerine konulduğunda;

$$F_{cent} \cos\theta = N\mu \cos\beta + w \sin\theta \quad (9.60)$$

ifadesi elde edilir. (9.53) denklemindeki N değeri (9.60) denkleminde yerine konulursa;

$$F_{cent} \cos\theta = (F_{cent} \sin\theta + w \cos\theta)\mu \cos\beta + w \sin\theta \quad (9.61)$$

elde edilir.

Eşitlik açılarak her iki taraftan $\mu F_{cent} \sin\theta \cos\beta$ çıkarılırsa;

$$F_{cent} (\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta) = \mu w \cos\theta \cos\beta + w \sin\theta \quad (9.62)$$

Eşitliğin iki tarafı da ($\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta$) ile bölünürse;

$$F_{cent} = (\mu w \cos\theta \cos\beta + w \sin\theta) / (\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta) \quad (9.63)$$

elde edilir.

(9.5) denkleminde daha önce bulunmuş olan $F_{cent} = wv^2/gr$ değeri ile (9.63) denklemini birbirine eşitlenirse;

$wv^2/gr = (\mu w \cos\theta \cos\beta + w \sin\theta) / (\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta)$ ifadesi elde edilir. Bu denklem v için çözülürse;

$$v = \sqrt{[gr(\mu \cos\beta + \sin\theta) / (\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta)]} \quad (9.64)$$

denklemini elde edilir.

9.4.2 Yanal Kayma Açısı ve Frenleme Gözönünde Bulundurularak Hız Hesaplanması .

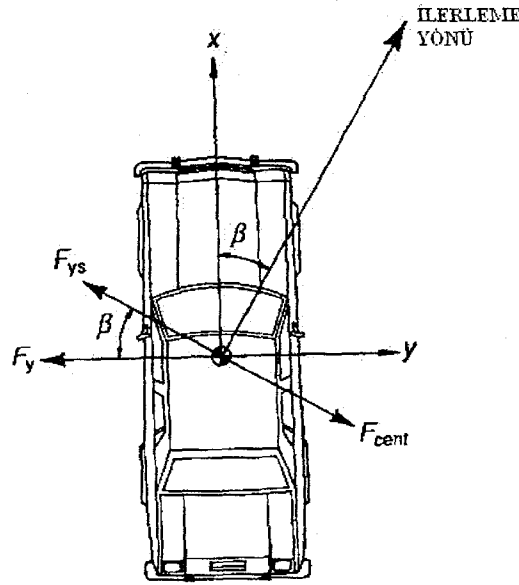
Şekil 9.29 ve 9.30'da; belirli bir kayma açısıyla (β) ilerleyen bir taşıtın üstten görünüşleri gösterilmektedir. Maksimum kenar kuvveti (F_y), kenar kuvvetinin merkezkaç kuvvetini dengelemek için kullanılan bileşeni F_{ys} olarak gösterilmiştir. F_{ys} 'nin değeri;

$$F_{ys} = F_y \cos\beta \quad (9.65)$$

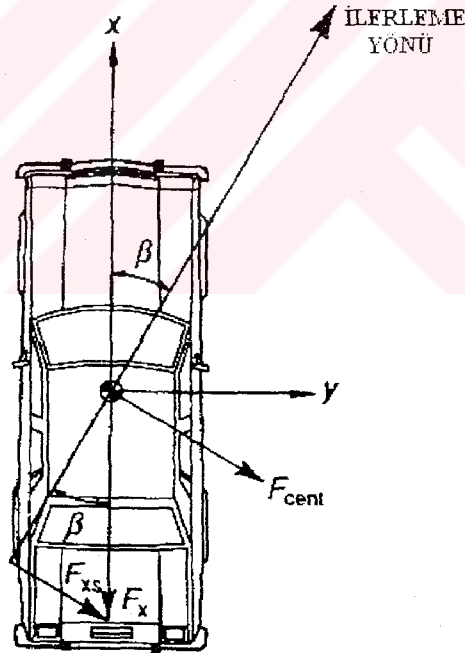
Şekil 9.29'da maksimum frenleme kuvveti (F_x) ve F_x 'in merkezkaç kuvvetle aynı yönde etkiyen bileşeni F_{xs} olarak gösterilmiştir. F_{xs} 'in değeri;

$$F_{xs} = F_x \sin \beta$$

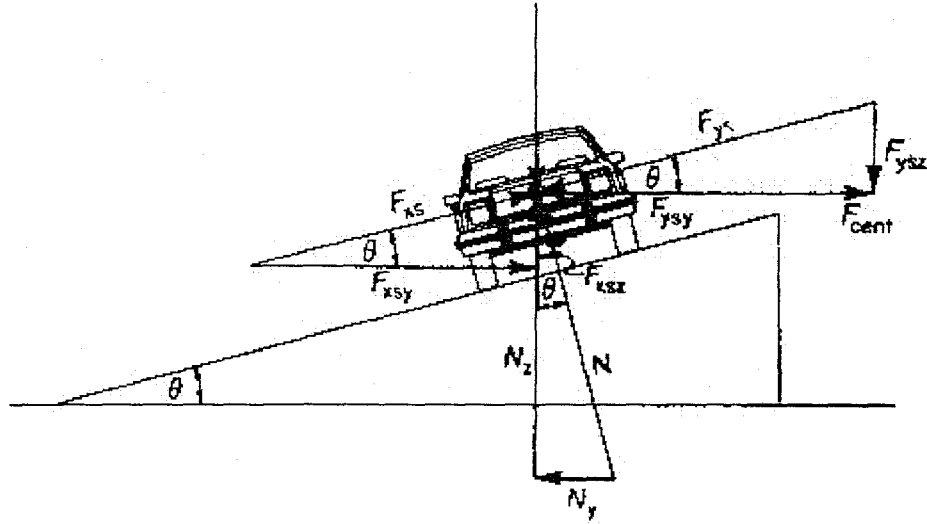
(9.66)



Şekil 9.29 β yanal kayma açısıyla kayan bir taşıta etki eden maksimum viraj kuvveti ve merkezkaç kuvveti dengelemek için kullanılan bileşeni. (Fricke, 1990)



Şekil 9.30 β yanal kayma açısıyla kayan bir taşıta etki eden frenleme kuvveti ve merkezkaç kuvveti ile aynı yöndeki bileşeni. (Fricke, 1990)



Şekil 9.31 θ açılı eğimli bir yolda bulunan taşıta etkiyen kuvvetlerin gösterimi. (Fricke, 1990)

Genellikle savrulma ile hız belirlenmesinde eğim de hesaba katılmaktadır. Şekil 9.31’de görülen kuvvet bileşenlerinin değerleri şunlardır;

$$\text{Düşeyde; } F_{ys} = F_{ys} \sin \theta; F_{xs} = F_{xs} \sin \theta; N_z = N \cos \theta \quad (9.67)$$

F_{ys} ve F_{xs} değerlerini (9.65) ve (9.66) denklemlerinden faydalananarak (9.67) denkleminde yerine koyarsak;

$$F_{ysy} = F_y \cos \beta \cos \theta \quad (9.68)$$

$$F_{xsy} = F_x \sin \beta \cos \theta \quad (9.69)$$

denklemlerini elde ederiz.

Düşeydeki (z) kuvvetlerinin toplamı;

$$\sum F_z = 0 = w + F_{ys} - F_{xs} - N_z \quad (9.70)$$

olarak elde edilir.

Bu denklemi N için çözümlersek;

$$N = (w + F_y \cos \beta \sin \theta - F_x \sin \beta \sin \theta) / \cos \theta \quad (9.71)$$

denklemini elde edilir. Yataydaki (y) kuvvetlerinin toplamı;

$$\sum F_y = 0 = F_{cent} + F_{xsy} - F_{ysy} - N_y$$

$$\sum F_y = 0 = F_{cent} + F_x \sin \beta \cos \theta - F_y \cos \beta \cos \theta - N \sin \theta \quad (9.72)$$

elde edilir. Bu denklemi F_{cent} için çözümlersek;

$$F_{cent} = F_y \cos \beta \cos \theta + N \sin \theta - F_x \sin \beta \cos \theta \quad (9.73)$$

deklüğünü elde ederiz. (9.5) denkleminde daha önce bulunmuş olan $F_{cent} = wv^2/gr$ değeri ile (9.73) denklemini birbirine eşitler ve v için çözersek;

$$v = \sqrt{\{gr[(F_y/w)\cos\beta - (F_x/w)\sin\beta(\sin\theta\tan\theta + \cos\theta) + \tan\theta]\}} \quad (9.74)$$

denklemini elde ederiz.

Newton'un ikinci hareket kanunundan;

$F = ma$ ve $m = w/g$ oluşunu biliyoruz. Kütle değerini ikinci hareket kanununda yerine koyarsak;

$$F = (w/g)a \quad (9.75)$$

olarak elde ederiz Bu denklemi boylamsal kuvvet için, boylamsal kuvvet cinsinden tekrar yazarsak;

$$F_x = wa_x/g \quad (9.76)$$

denklemini elde ederiz.

$F = a / g$ kuvvet bağlantı faktörü denklemini, boylamsal kuvvet bağlantı faktörü olarak boylamsal hızlanma cinsinden yazarsak;

$f_x = a_x / g$ ve bu eşitliği (9.76) denkleminde yerine koyarsak;

$$F_x = w.f_x \quad (9.77)$$

denklemini elde ederiz. Benzer olarak aynı denklemler yatay hızlanma cinsinden de kurulabilir. Bu durumda

$$F_y = w.f_y \quad (9.78)$$

olacaktır.

F_x ve F_y 'nin yeni değerleri (9.74) denkleminde yerine konulursa;

$$v = \sqrt{\{gr[(f_y \cos \beta - f_x \sin \beta)(\sin \theta \tan \theta + \cos \theta) + \tan \theta]\}} \quad (9.79)$$

eğer yol aşağıya doğru eğimliyse;

$$v = \sqrt{\{gr[(f_y \cos \beta - f_x \sin \beta)(\cos \theta - \sin \theta \tan \theta) + \tan \theta]\}} \quad (9.80)$$

$F_F = w\mu$ ve $F_F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ denklemleri birbirine eşitlenerek F_x ve F_y 'nin (9.77) ve (9.78)'deki değerleri bu eşitlikte yerine konulur ve elde edilen yeni eşitlik f_y için çözümlenirse;

$$f_y = \sqrt{\mu^2 - f_x^2} \quad (9.81)$$

denklemini elde edilir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye ve Dünyada motorlu karayolu taşıtlarının sayısındaki artış, giderek büyüyen ve sonuçta önemli maddi ve manevi kayıplara sebep olan trafik kazalarındaki artışı da beraberinde getirmiştir.

Trafik kazaları sonucunda insan bedeninde meydana gelebilecek zararları (kalıcı sakatlık vb.) en aza indirebilmek için kazalara yol açan sebeplerin (insan, taşıt, yol ve doğa koşullarının) ayrıntılı bir şekilde incelenip belirlenmesi ve bu sebeplerin çözümü için bir takım çalışmaların yapılması gerekir. Hava koşulları hariç diğer tüm sebepler, trafik kazalarının azaltılması yönünde yapılacak olan çalışmalar ile çözümlenebilir. Bu çalışmaların başında ilk sırayı kaza nedenlerinin tespiti almaktadır.

Kaza nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Dikkatsizlik
- Tedbirsizlik
- Trafik kurallarına aykırı davranmak
- Acemilik
- Sevk ve idare hatası
- Teknik arıza
- Bilgisizlik
- Alkollü, yorgun ve hasta olma halleri
- Yol ve hava şartları
- İşaretleme ve uyarı yokluğu ya da yetersizliği

Kaza nedenlerine bakıldığında; önemli bir kısmının taşıtlarda meydana gelen bir takım teknik arızalarda dahil, insan faktörünün etkisiyle meydana geldiği görülmektedir. İnsan faktörünün trafik kazalarındaki etkisinin azaltılabilmesi için; trafik eğitiminin desteklenmesi ve yaygın bir şekilde uygulanması, sürücü adaylarının ehliyet alma koşullarının iyileştirilmesi ve bu sayede bilinçli,usta sürücülerin yetiştirilmesi, trafik denetimlerinin sıklaştırılarak uygulanan cezaların arttırılması vb. çalışmalar yapılabilir.

Trafik istatistiklerine bakıldığında, yol ve çevre faktörlerinin oranı çok azdır. Halbuki ülkemizde bu durum gerçekte böyle değildir. Yol ve çevre faktörünün etkisi daha fazladır. Yol ve çevre faktörlerinin kazalardaki etkisinin azaltılmasında; yolun geometrik yapısında ve fiziksel standartlarında bir iyileştirme sağlanması, işaretleme ve uyarıcı levhaların yeterli hale getirilmesi, bakım ve onarımlarının zamanında yapılması vb. önlemler etkili olacaktır.

Karayolu ulaşımında riskleri en aza indirebilmek için; taşıtlarda sadece yasa ve yönetmeliklerin öngördüğü minimum şartlar değil, mümkün olduğunca fazla taşıt güvenliğini arttırıcı donanımların da bulunması gerekir. Bu bakış açısından yola çıkan taşıt üreticileri, taşıtlardaki aktif ve pasif güvenlik sistemlerini geliştirmek için çeşitli çalışmalar yapmaktadırlar.

Kaza sonunda sürücü ve yolcuların en az zararla kazayı atlatabilmeleri için geliştirilen güvenlik sistemleri arasında; ön ve yan hava yastıkları, aktif gergili emniyet kemerleri, aktif kafa arkalıkları, taşıt gövdesi üzerindeki darbe emici bölgeler, enerji yutucu ön ve arka tamponlar vb. gelişmeleri sayabiliriz. Yakın bir zamanda elektronik alanındaki gelişmelere paralel olarak sensörlerle donatılmış taşıtlar kullanılacaktır. Bu sensörler sayesinde taşıt içerisinde ve dışarısında oluşabilecek her türlü değişimler (yola inmek üzere olan ve

sürücünün göremeyeceği bir konumda duran yayanın farkedilmesi, frenlerde, lastiklerde veya başka herhangi bir taşıt aksamında meydana gelebilecek hasarlar vb. belirlenmesi) kazanın oluşumundan önce farkedilebilecektir.

Taşıt donanımlarının çeşitli elemanlarında meydana gelebilecek arızalar, trafik kazalarına neden olabilmektedir. Taşıtlardaki teknik sorunlardan kaynaklanan trafik kazalarına karşı alınacak ilk önlem; sürücünün, kullandığı taşıt hakkında eğitilmesinden geçmektedir.

Taşıtlarda donanım parçalarından herhangi birinde meydana gelecek bir arıza, diğer tertibatların da işleyişini etkileyecektir. Örneğin; lastik havalarının az veya fazla olması, ön takımlarda arızalar meydana getirecektir. Bu durum bakım ve kontrolün önemini anlatmakta ve en ufak bir arızanın bile ihmal edilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Trafik kaza analizleri; kaza nedenlerinin ortaya çıkarılmasında önemli bir rol oynar. Kaza sonrası düzenlenecek olan analiz raporlarından alınacak olan kayma izi, fren izi, çarpışma açısı, yol ve hava koşulları, taşıtların yönü gibi bilgiler kazaların nedenlerini ortaya çıkaran en önemli faktörlerdir.



KAYNAKLAR

- Ahlatcı, M., (1996), "Otomotiv Teknolojisindeki Gelişmeler", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Enerji Makineleri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Bauer, H., Boer A., Cypra A. (1995), "Automotive Electric/Electronic Systems", Stuttgart, R. Bosch; Warrendale, PA: SAE.
- Bauer, H., (1999), "Driving-Safety Systems", Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany.
- Bebek, G., (1997), "Kaza Esnasında Taşıtta Meydana Gelen Deformasyon ve Bunun Yolcuya Olan Etkisinin Etüdü, Alınabilecek Önlemler", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Enerji Makineleri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Bosch, (2000), "Automotive Handbook 5th Edition", Robert Bosch, GmbH.
- Camkesen, N., (1998), "Trafik Kaza Analizleri ve Tahmin Modelleri", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul.
- Çakır, K.Ü., (1998), "Taşıt Tekniği Yönünden Seyir Güvenliği", İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Demirsoy, M., (1991), "Motorlu Araçlar", Birsan Yayınevi, Cilt:3.
- Ereke, İ.M., (1988), "Şasi ve Karoseri Tasarımı Ders Notları", İTÜ Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Erkaya, K., (2001), "Taşıt Tekniğindeki Son Gelişmeler Çerçevesinde Fren ve Diferansiyel Düzenlerinin Otomatik Kontrol Kriterlerinin Belirlenmesi ve İncelenmesi (ABS+ASR)", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Enerji Makineleri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Fenton, J., (1995), "Handbook of Vehicle Design Analysis", Mc Graw-Hill Publications
- Fricke, L.B., (1990), "Traffic Accident Reconstruction", Volume 2 of The Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern University, Traffic Institute.
- Happien, J., Smith, F., (2002), "An Introduction to Modern Vehicle Design", Butterworth-Heinemann Publications, Jullian-Happien Smith, SAE International.
- Nunney, M.J., (1998), "Light and Heavy Vehicle Technology", Oxford, England; Woburn, MA: Butterworth-Heinemann.
- Özyurt, S., (2003), "Hafif Ticari Araç Tamponlarının Bilgisayar Destekli Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Otomotiv Anabilim Dalı, İstanbul.
- Pamukçu, S., (1997), "Trafik Kazalarında Teknik Sorunlar", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul.
- Psarianos, B., Ruediger, L., Theodor, M., (1995), "Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook", Mc Graw-Hill Handbooks.
- Rivers, R.W., (1997), "Technical Traffic Accident Investigators' Handbook", A Level 3 Reference, Training and Investigation Manual, Second Edition, Charles Thomas Publisher Ltd., Springfield, Illinois, USA.
- SP-1666, (2002), "Accident Reconstruction", SAE International Papers.
- Tofaş, (1999), "Taşıtlarda Karoseri ve Güvenlik Sistemleri", Tofaş Teknik Eğitim Merkezi Yayınları.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.kotsa.or.kr

[2] www.trafik.gov.tr



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 22.04.1980

Doğum yeri İstanbul

Lise 1994-1998 Çağlayan Lisesi

Lisans 1998-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2002-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Enerji Programı

