

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

85086

TRAFİK KAZALARININ ANALİZ YÖNTEMLERİ

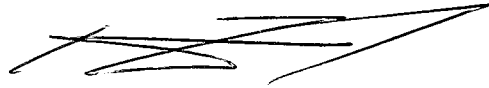
Makina Mühendisi Tayfun SİLİVRİ

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları Programında
Hazırlanan**




YÜKSEK LİSANS TEZİ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tez Danışmanı: Prof. İrfan YAVAŞLIOL



85086

Prof. Dr. Osman Deniz Prof. Dr. Aydın FREL


İSTANBUL, 1999

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Trafik Kazalarında Analizin Amaçları	1
1.2 Trafik Kazalarının Analizinin Yapılmasındaki Sınırlamalar	2
1.3 Trafik Kaza Analizinin Esasları	4
1.4 Trafik Kazalarında Neden Analizi	5
2. TRAFİK KAZALARINDA OLAY YERİNDEN BİLGİLERİN TOPLANMASI	7
2.1 Taşıtın İncelenmesi	7
2.2 Taşıt Hasarı	17
2.3 Yol Üzerindeki İzler	19
2.4 Kayma İzleri	22
2.5 Kaza Alanının Ölçülmesi ve Ölçekli Kroki Hazırlanması	26
2.5.1 Alınması gereken ölçümler	26
2.5.2 Arazi krokisi ve ölçekli diyagram hazırlanması	28
2.6 Kaza Alanının Fotoğraflanması	33
3. TRAFİK KAZALARINDA TAŞIT DAVRANIŞI	36
3.1 Giriş	36
3.2 Çarpışma Sırasında Taşıt Hareketi	38
3.2.1 Hareket halindeki taşıtın sabit nesneye çarpması	43
3.2.2 Hareket halindeki taşıtın duran taşıta çarpması	43
3.2.3 İki taşıtın da hareket halinde olması durumu	44
3.3 Taşıtlarda Oluşan Hasar	45
3.4 Çarpışma Analizi	49
3.5 Sistemik Prosedür	53
4. TRAFİK KAZALARINDA TAŞIT HIZININ HESAPLANMASI	54
4.1 Taşıt Hızının Belirlenmesinde Kuvvet Bağlantı Faktörü ve Sürtünme Katsayısı	54
4.1.1 Sürtünme katsayısı	54
4.1.2 Kuvvet bağlantı faktörü	56
4.1.3 Sürtünme dairesi	57
4.1.4 Düzensiz kayma izlerinden hız tahmini	58
4.2 Düşen, Devrilen veya Takla Atan Taşıtlarda Hız Tahmini	60
4.2.1 Düşme sırasındaki hızın belirlenmesi	60

4.2.2	Devrilme sırasındaki hızın belirlenmesi	64
4.2.3	Takla atma sırasındaki hızın belirlenmesi	66
4.3	Trafik Kazası Analizinde Momentum Uygulamaları	67
4.3.1	Açılı çarpışmaların grafiksel olarak çözülmesi	70
4.3.2	İtme kuvveti	78
4.3.3	Açılı çarpışmaların matematiksel olarak çözülmesi	79
4.3.4	Örnek	80
4.3.5	Özet	84
4.4	Trafik Kazalarında Taşıtlı Hasarı Yardımıyla İş ve Hızın Hesaplanması	85
4.4.1	Taşıtlı hasarından hız tahmini	87
5.	TRAFİK KAZALARINDA SÜRÜŞ KONTROLÜNÜN İNCELENMESİ	88
5.1	Giriş	88
5.2	Lastiklere Etkiyen Kuvvetler	88
5.2.1	Lastik viraj kuvveti	90
5.2.2	Kayma Açısı	96
5.3	Taşıtlı Etkiyen Kuvvetler	95
5.3.1	Yetersiz / Aşırı sürüş	106
5.3.2	Ön ve arka lastiklerdeki kenar kuvvetleri	107
5.3.3	Viraj karakteristiklerinin değiştirilmesi	109
5.3.4	Sağ ve sol lastiklere etkiyen viraj kuvveti	110
5.4	Yanal Kayma İçin Gerekli Hızın Belirlenmesi	115
5.4.1	Viraj yarıçapını belirleme yöntemleri	116
5.4.2	Taşıtlı hızının belirlenmesi için gerekli denklemler	120
5.4.3	Yanal kayma durumu	120
5.5	Özel Durumlarda Detaylı Taşıtlı Hızı Belirlenmesi	121
5.5.1	Yanal kayma açısı gözönünde bulundurularak taşıtlı hızı belirlenmesi	121
5.5.2	Yanal kayma açısı ve frenleme gözönünde bulundurularak hız hesaplanması	125
5.6	Hız Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması	128
5.7	Tehlikeli Durumdan Kurtulmak İçin Yapılan Manevralar	133
6.	TRAFİK KAZALARINDA ÖZEL KONULAR	136
6.1	Taşıtlı Çarpışmalarında, Taşıtlı Bulunan Kişilerin Davranışının Belirlenmesi	136
6.1.1	Taşıtlı incelenmesi	136
6.1.2	Çarpışmalarda taşıtlı ve yolcu davranışının belirlenmesi	140
6.1.3	Yolcuların taşıtlı içinden fırladığı çarpışmalar	144
6.1.4	Devrilen taşıtlı, taşıtlı bulunan kişilerin hareketi	151
6.1.5	Emniyet kemerinin taşıtlı bulunan kişilerin hareketleri ve yaralanmalar üzerindeki etkisi	153
6.2	Taşıtlı ve Yaya Kazalarının Analizi	153
6.2.1	Yol, taşıtlı ve yaralanmalardan bilgi elde edilmesi	154
6.2.2	Taşıtlı yaya kazalarında taşıtlı hızının belirlenmesi	161
6.2.2.1	Takla atma denklemi kullanılarak taşıtlı hızının belirlenmesi	162
6.2.2.2	Düşme denklemi kullanılarak taşıtlı hızının belirlenmesi	162

6.3	Yaya Davranışları	164
6.3.1	Yaya yürüme hızı	165
6.3.2	Yayanın gece görünebilirliği	165
7.	SONUÇLAR	166
	KAYNAKLAR	169
	ÖZGEÇMİŞ	170



SİMGE LİSTESİ

α	kayma açısı
θ	kuvvet vektörü ve hareket yönü arasındaki açı
μ	sürtünme katsayısı
β	yanal kayma açısı
θ	Havalanma açısı
\in	Geri sıçrama katsayısı
μ	Sürtünme katsayısı
γ	z eksenine bağlı olarak lastiğin lastiğin merkez düzleminin eğimi
ΣF_y	y eksenindeki kuvvetlerin toplamı
ΣF_z	z eksenindeki kuvvetler toplamı
δ_l	Sol dönüş açısı
α_{lf}	Sol ön kayma açısı
α_{lr}	Sol arka kayma açısı
ΣM_{cm}	Kütle merkezine göre momentlerin toplamı
δ_r	Sağ dönüş açısı
α_{rf}	Sağ ön kayma açısı
α_{rr}	Sağ arka kayma açısı
a	Hızlanma
a_x	Boylamsal hızlanma
a_y	Yanal hızlanma
C_α	Viraj sertliği
$C_{\alpha f}$	Ön lastik viraj sertliği
$C_{\alpha r}$	Arka lastik viraj sertliği
d	Taşıtın ilerlediği yatay mesafe
d_f	Yayanın düşerken ilerlediği yatay mesafe
d_s	Yayanın sürüklenirken ilerlediği yatay mesafe
d_x	Boylamsal mesafe
d_y	Yanal mesafe
E_D	Taşıtlar tarafından yapılan toplam iş
f	Kuvvet bağlantı faktörü
F	Yatay kuvvet
F_{cc}	Merkezkaç kuvvetin kütle merkezindeki etki hattı
F_{cent}	Merkezkaç / Merkezcil kuvvet
F_{clf}	Sol ön tekerdeki merkezkaç kuvvet ve viraj kuvveti etki hattı
F_{clr}	Sol arka tekerdeki merkezkaç kuvvet ve viraj kuvveti etki hattı
F_{cfr}	Sağ ön tekerdeki merkezkaç kuvvet ve viraj kuvveti etki hattı
F_{crr}	Sağ arka tekerdeki merkezkaç kuvvet ve viraj kuvveti etki hattı
F_{Fif}	Sol ön lastikteğe etkiyen sürtünme kuvveti
F_{Ffr}	Sol arka lastiğe etkiyen sürtünme kuvveti
F_{Fff}	Sağ ön lastiğe etkiyen sürtünme kuvveti
F_{Ffr}	Sağ arka lastiğe etkiyen sürtünme kuvveti
f_x	Boylamsal kuvvet bağlantı faktörü
F_x	Maksimum frenleme sürtünme kuvveti
F_{xb}	Frenleme kuvveti
F_{xd}	Sürüş kuvveti
F_{xs}	F_x 'in merkezkaç kuvvetle aynı yönde etkiyen bileşeni

F_{xsy}	Fxs'in yatay bileşeni
F_{xsz}	Fxs'in düşey bileşeni
F_y	Viraj kuvveti
f_y	Yanal, kuvvet bağlantı faktörü
F_{yf}	Ön akstaki, sürtünme sonucu oluşan viraj kuvveti
F_{yr}	Arka akstaki, sürtünme sonucu 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	Eğim (%)
g	Yerçekimi ivmesi
h	Düşey mesafe
k.m.	Kütle merkezi
KE	Kinetik enerji
l	Dingil mesafesi
l_f	Kütle merkezinin ön akstan uzaklığı
l_r	Kütle merkezinin arka akstan uzaklığı
l_y	Kütle merkezinin kenarlardan yanal 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
PE_h	Potansiyel enerji
r	Yarıçap
S_x	Lastiğin boylamsal kayması
v	Havalanma noktasındaki taşıt hızı
v_c	Birbirine yaklaşma hızı
v_e	Son hız
v_i	En düşük olası ilk hız
v_x	Lastiğin temas noktası merkezindeki hız vektörünün boylamsal bileşeni
w	Ağırlık
W	İş
w_f	Ön akstaki ağırlık
w_{fi}	Ön iç teker üzerindeki ağırlık
w_{fo}	Ön dış teker üzerindeki ağırlık
w_r	Arka akstaki ağırlık
w_{ri}	Arka iç teker üzerindeki ağırlık
w_{ro}	Arka dış teker üzerindeki ağırlık
w_{sk}	Boylamsal hızlanma sırasında ön ve arka akslarda arasında dağılan ağırlık
w_{xf}	Boylamsal hızlanma sırasında ön lastiklerden herbirine etkiyen ağırlık
w_{xr}	Boylamsal hızlanma sırasında arka lastiklerden herbirine etkiyen ağırlık
z	Kütle merkezinin yerden yüksekliğinin, l_z , dingil mesafesine, l, oranı

ÖZET

Bu çalışmada, öncelikle, trafik kazalarının analizi sırasında gerekli bilgilerin kaza alanından ne şekilde toplanması gerektiği anlatılmıştır. Trafik kazasının olduğu bölgede yapılan incelemeler sonucu elde edilen bilgiler ışığında, trafik kazası analizinin ne şekilde yapılması gerektiği incelenmiştir.

İnceleme sırasında, özellikle, trafik kazası sırasında taşıtın davranışı üzerinde durulmuştur ve eldeki bilgilerden taşıtın ne şekilde bir yol izlediği belirlenmeye çalışılmıştır. Trafik kazalarının analizi sırasındaki en önemli konulardan birisi olarak çeşitli yöntemlerle taşıtın hızının belirlenmesi anlatılmıştır. Ayrıca taşıt yaya kazalarının analizinde ne gibi bir yol izlenmesi gerektiği de önemli konulardan birisidir.



ABSTRACT

In this study, first of all, how to collect information needed for analysis of traffic accident from the accident scene is studied. With respect to this information, how to analyse the traffic accident is determined.

Especially, the vehicle behaviour during accident is studied during this study. As one of the most important subjects in traffic accident reconstruction, determining the speed of during collision with different methods is studied. As an important fact, the procedure at vehicle pedestrian accidents is studied.



1. GİRİŞ

Ülkemizde ulaşım amacıyla yaygın bir şekilde karayollarından yararlanılmaktadır. Taşıt trafiğinin artması ile birlikte trafik kazaları oldukça fazlaşmıştır. Trafiğin olumsuz sonuçlarından biri olan trafik kazaları maddi ve manevi kayıpların büyüklüğü ile ülkemizin önemli sorunlarından biri olarak öne çıkmaktadır.

Trafik kazalarının meydana gelmesinde etkili başlıca faktörler taşıt, insan ve yol unsurlarıdır. T.C. İçişleri Bakanlığı, Emniyet Genel Müdürlüğü'nce yayınlanan Trafik İstatistik Yıllığı'na göre, ülkemizde, kazaların meydana gelmesinde insan faktörünün %98, taşıt faktörünün %1.65 ve yol faktörünün ise %0.25 oranında etkili olduğu yönünde bilgiler verilmektedir. Diğer ülkelerde yayınlanan istatistik verilere göre kazaların meydana gelmesinde insan faktörünün %70-90, yol ve çevre faktörünün %20-30, taşıt faktörünün ise %10-12 oranlarında etkili olduğu görülmektedir.

Ülkemizde özellikle taşıt ve yol faktörünün kazalardaki etkisinin bu kadar düşük gösterilmesinin nedeni trafik kazalarının analizinin yapılmasına gerekli önemin verilmemesinden kaynaklanmaktadır.

1.1 Trafik Kazalarında Analizin Amaçları

Trafik kaza analizi kazanın niçin oluştuğunun belirlenmesi olmayıp eldeki bütün bilgiler dahilinde kazanın nasıl oluştuğunun belirlenmesi çabasıdır. Trafik kazasının araştırılmasının kademeleri:

1. Kaza alanında bilgi toplanması
2. Kazanın rapor edilmesi
3. Analizin esasları
4. Profesyonel kaza analizi
5. Neden analizi

Rapor hazırlanması, bilgi toplanması ve teknik araştırma sıradan işlemlerdir. Burada amaç trafik kazası analizinde problemlerin analizi için izlenecek işlemlerin belirlenmesidir.

Kaza sırasındaki olayların anlatılması, çok veya az detaylı, kaza analizinin amacıdır. Bu, kazaya karışan her bir taşıt veya yaya için ;

- yoldaki konumu,

- hızı,
- hareket yönü,
- yavaşlama veya hızlanma,
- dönüş

gibi özelliklerinin belirlenmesini kapsar.

Analizin bir gereği bu detayların, çarpışma sırasında ilk temas gibi, bir zamanda veya konumda veya, ilk temas öncesi veya sonrasında her on saniyede bir şeklinde, kısa aralıklarla bir dizi şeklinde belirlenmesidir. Benzer bir çalışma zaman, yer, hız ve hızlanma diyagramları oluşturulmasıyla sonuçlanacaktır.

Sürüş stratejisi ve tehlikelerden kaçma taktikleri ile ilgili, hareket ve konum gibi tanımlamalar sayesinde analiz sırasında bir sonuca varılabilir. Bu, bir taşıt veya yayanın hızı ve konumu bir diğeriyle veya diğer engel ve işaretlerle ilişkilendirilmesi sonucu gerçekleştirilir.

Trafik kuralı ihlalleri, yol üzerindeki konum, sürat ve dönüş veya duruş gibi sinyal anlamları, sürüş stratejisinin temel kapsamıdır. Kanunlar yaya ve sürücülerin yol üzerinde ne yapması veya yapmaması gerektiğini belirlerler.

Kaza analizinde taşıtı kimin kullandığı da bir problem oluşturabilir. Bazı durumlarda taşıtta bulunan kişilerden hangisinin taşıtı kullandığı tam olarak belirlenemez. Bunun belirlenebilmesi için yaralanma, vücutların konumları ve, hatta, taşıt hasarı analizi yararlı olacaktır.

Yaralanmaların nasıl oluştuğunun belirlenmesi de kaza analizini gerektirir. Kaza sırasında emniyet cihazları kullanılması halinde yaralanmaların ne şekilde farklı olabileceği hakkında fikir edinilebilir.

Kaza analizinde kazanın neden oluştuğu incelenmez. Bunun için neden analizi yapılması gereklidir.

1.2 Trafik Kazalarının Analizinin Yapılmasındaki Sınırlamalar

Kaza analizlerinin her kaza için yapıldığını düşünmek yanlıştır çünkü bunu engelleyici bazı sınırlamalar bulunmaktadır. Bunlar;

1. Eldeki bilgilerin miktarı ve kalitesi
2. Analizi yapan kişinin kabiliyeti
3. Ne kadar analiz gerektiği

4. Zaman ve masrafın uygunluğu

1. Trafik kazalarının analizlerindeki en önemli faktör eldeki bilgilerin kalitesi ve miktarıdır. Çünkü yeterli ve iyi bilgi olmadığı takdirde, hatta eldeki bilginin inandırıcı olmaması halinde yapılan analizin spekülasyondan öte bir şey olması mümkün değildir. Bazen çok küçük bir ayrıntının elde edilememesi yüzünden analiz yapmak imkansızlaşır. Mesela; karşılıklı çarpışmış iki aracın karda yapmış oldukları kazanın fotoğraflarını incelediğimizi düşünelim. Kar üzerinde çarpışma izleri açıkça görülmesine rağmen, yolun karla kaplı olması sonucu yolun orta çizgisi ve yol kenar çizgileri görünmemektedir. Bu sebepten dolayı kaza sırasında hangi aracın yanlış konumda olduğunu ispatlamak mümkün değildir. Çok küçük görünse de bazen bu tür ayrıntıların elde edilememesi analizi imkansız kılmaktadır.

Sonuç olarak; az da olsa, ancak yeterli bilginin olmasıyla analiz için gereken doğru sonuçlar elde edilebilir.

2. Diğer önemli bir faktör ise kaza analizini yapan kişinin nitelikleridir. Aynı miktarda bilgiye sahip olmasına rağmen bir analizci olaylara diğerine oranla çok daha gerçekçi ve tamamlayıcı yaklaşabilir. Bu ancak üç önemli bileşenle olabilir;

- a.) Kazayla ilgili sonuçları görme yeteneğinin olması(yoldaki izlerin, araçtaki hasarın kaza yerinde veya fotoğraftaki durumunun incelenmesiyle ilgili gibi...)
- b.) Analizi yapan kişinin fizik, dinamik, psikoloji, optik ve matematik konularında bilgi birikimine sahip olması,
- c.) Bir gerçekle, bir görüş arasındaki farkı anlama yeteneğinin olması.

Bazen analizi yapan kişi kendisinin cevaplayamayacağı can alıcı bazı sorularla karşılaşabilir. Böyle bir durumda konu hakkında daha çok bilgisi olan bir kişiden yardım alması gerekebilir. Sonuç olarak, bazen bir analiz grup çalışmasını gerektirebildiği gibi, aynı zamanda her analizcinin işini profesyonelce yapmasını gerektiren bir duruma dönüşmektedir.

3. Pratik olarak, ne kadar analiz gerektiği analizin büyüklüğünü belirlemektedir.

Kazanın nasıl oluştuğuna dair komple bir açıklama nadiren gereklidir. Kural olarak, işi kim yaparsa yapsın bazı önemli noktalar belirlenmelidir, aracın hızı, hangi aracın yolun orta çizgisinin neresinde olduğu veya arka lambaların açık veya kapalı oluşu gibi...

Yasaların gerektirdiği bazı kurallara göre trafik kurallarının ihmal edilip edilmediği tespit edilmelidir. Fakat hangi kurala göre yapılırsa yapılsın, olay yerinde veri toplama işlemi aynıdır. Dava açabilmek için yapılan teknik hazırlık analizin gereksinimlerine göre, farklılıklar

gösterebilir. Bu yüzden kaza analizlerinde ilk adım problemi belirlemekle olmalıdır. Bunun anlamı hangi noktaların çözümlendiği ve hangi soruların cevaplandırıldığı mümkün olduğunca belirlenmesidir.

4. Zaman ve masraf da yapılan analizin geniş çapta olmasına bazı kısıtlamalar getirmektedir. Bir analiz sırasında bir araç farının, yanıyor olup olmamasının tespiti maliyet gerektirmezken, analiz bazı özel yol testlerinin yapılmasını ya da aracın parçalarına ayrılmasını veya bazı uzun süreli çizim ve hesaplamaların yapılmasını gerektiriyorsa kısıtlanmak zorunda kalabilir.

1.3 Trafik Kaza Analizinin Esasları

Belirli prosedürler pek çok bilginin bir araya getirilmesiyle oluşturulabilirler. Analiz işlemi çok fazla hayal gücü içerdiğinden ve bilgiler arasında ilişki kurmak gerektiğinden aynı zamanda da bazı temel bilimlerin çok fazla uygulanabilir olmasından dolayı bazı kesin kurallar ve formüller ancak bazı analiz durumlarında kullanılmakla sınırlı kalmaktadır.

Kaza analizinde düşünme şeklinin disipline edilmesi ve analizin amaca yönelik yapılması akılda daima iki şeyi bulundurmaya gerektirir; i) Çözümlenecek noktaların neler olduğu, ii) Temel bilimlerin uygulanabilir yöntemleri.

Kaza analizi adeta bir bozyapın parçalarını orjinal resmi görebilmek için bir araya getirmeye benzer. Eldeki bilgiyi bozyapın parçalarına benzetebiliriz. Veriler arasındaki doğru ilişkiyi bulabilmekle ancak onlardan sonuç çıkarabiliriz.

Aynen bir bulmacada olduğu gibi kaza analizlerinde de elinizde kesin bir tarif veya kural bulunmamaktadır.

Trafik kazalarının analizlerinde azda olsa bazı belirli kuralların olması, bazı önemli yaklaşımlarla problemin geliştirilmesini sağlamıştır. Bu tür yaklaşımlar bazı tipik durumlarda uygulanabilirler ancak bunun tüm olaylarda uygulanmaya çalışılması gülünç durumlar yaratabilir.

Aşağıda açıklanan bazı basamaklar hemen her analizde kullanılabilirken diğerleri genellikle daha az uygulanabilmektedir.

1. Problemin ne olduğunun belirlenmesi
2. Eldeki verilerin tekrar gözden geçirilmesi
3. Daha fazla bilgiye ihtiyaç olup olmadığının tespit edilmesi; eldeki bilginin gözden geçirilmesinden sonra ek bilgiye ihtiyaç duyulup duyulmadığı tespit edilir. Örneğin; bazı fotoğraflara, ölçümlere veya bilgi veren kişinin belirttiklerine ihtiyaç duyulabilir. Bunun yanı

sıra, araçların ağırlıklarına, görgü tanıklarının ayrıntılı bilgisine ve trafik kontrol araçlarının konumuna da ihtiyaç duyulabilir.

4. Kaza sonrası konumun harita edilmesi; sadece arka sinyal lambalarının açık olup olmadığının belirlenmesi gibi durumlarda gereksizdir. Ancak genellikle araçların yoldaki konumlarının belirlenmesi için durum harita edilir.

5. Geriye dönüp çalışmak; kazanın sonuçlarından yola çıkılarak, elde edilen verilerin yeniden gözden geçirilmesiyle olur. Yoldaki lastik izlerinin, araçtaki hasarın, yaralanmaların ve araçların kaza sonrası pozisyonlarının incelenmesiyle elde edilen sonucun birebir karşılaştırılmasıyla olur.

6. Teorilerin test edilmesi; teorinin ifade edilmesi, gerekli bilimsel çalışmanın yapılması, beklenen sonuçlar, bu sonuçların gözlemlenenlerle kıyaslanması ve teorinin kabul veya red edilmesi adımlarıyla gerçekleşir.

Kaza öncesi araçların pozisyonu, hızları, ivmeleri ve gidiş yönleriyle ilgili bazı koşullara sahip olduğumuzu farzedelim. Daha sonra, mekanik kurallarına göre elde edilen bilgileri teoriyi test etmek için kullanalım. Eğer gözlemlerden elde edilen sonuçlar var ise teori desteklenebilir. Çoğu zaman bilgiyi veren kişinin söylediklerine teori gözlemlerle bakmak çok daha uygun bir harekettir. Buradan yola çıkılarak yapılan analizlerle sonuçlardan geri giderek yapılan analizlerin birarada kullanılması da mümkündür.

7. Rapor edilen tüm sonuçların başarılı bir şekilde tanımlandığının düşünülmesi; kazalarda bazı sonuçlar direkt olarak analiz sonuçlarından elde edildiği halde bazı katkısı bulunmayan sonuçlarda yeteri kadar açıklanmalıdırlar.

8. Elde edilen sonuçların test edilmesi; şimdi iki farklı yaklaşımdan aynı sonucun çıkarılıp çıkarılmayacağını ele alalım. Örneğin; zıt yönlerde hareket eden iki aracın çarpışması sonucu yolda bıraktıkları lastik izlerinden elde edilen bir görüşümüz var. Aynı şekilde yoldaki izleri dikkate almadan arabalardaki hasara bakarak bir fikir elde etmeye çalıştığımızı düşünelim. Eğer iki şekilde de aynı sonucu elde edebiliyorsak iki görüş birbirini destekliyor demektir.

9. Sonuçların diyagramlarla, grafiklerle ve tablolarla desteklenmesi; kazada araçların ilk zarar verici andan hemen önceki ve sonraki pozisyonlarının bazı çizimlerle desteklenmesi veya üç-boyutlu modellerle çarpışmanın görüntülenmesi gibi bazı destekleyici unsurlar kullanılabilir.

1.4 Trafik Kazalarında Neden Analizi

Neden analizi trafik kaza analizinin son basamağıdır. Neden analizi yaralanma ve hasarla sonuçlanan kazanın elde edilebilen bütün bilgiler ışığında, oluştuğu zaman ve yerde yol ve

ulaştırma sisteminde olumsuzlukların oluşmasına neden olan etkenlerin birleşimi sonucunda, kazanın niçin oluştuğunun belirlenmesidir.

Neden analizi kazaya neden olmuş olabilecek sũrũcũ veya yol koşullarının belirlenmesinden, kesinlikle, daha fazlasıdır. Kazayla bağlantılı kural ihlallerinin belirlenmesinden de daha fazlasıdır. Çevresel koşullar kazaya yol ağsalar dahi, yalnızca bu koşullar kazaya neden olamazlar. Kaygan bir yũzeyden binlerce řofũr başarıyla geğerken, bir sũrũcũnũn içinde bulunduğu koşullar kaygan yũzeyle baş edebilmesine engel olabilir. Bũyle bir kazayı analiz edebilmek için yalnızca yũzeyin kaygan olduğunu değil, aynı zamanda o sũrũcũnũn içinde bulunduğu taşıtın, kazaya karışmayan sũrũcũ veya taşıtlardan farkının bilinmesi gerekir.



2. TRAFİK KAZALARINDA OLAY YERİNDEN BİLGİLERİN TOPLANMASI

Olay yerine ulaşan yetkililer sürücülerini sorgulamalı ve 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 gözönünde bulundurulmalıdır. Gözlemler sürücünün gözünden yapılmalıdır.

Kaza alanı:

- a. Yol kenarlarında bulunan ve sürücünün görüş açısını kısıtlayan engeller, potansiyel tehlikeler veya trafik kontrol cihazları açısından incelenmelidir. Reklam panolarına, yol köşelerine çok yakın park etmiş taşıtlara, binaların yola yakınlıklarına, çitlere, ağaçlara ve şevlere özellikle dikkat edilmelidir.
- b. Yol üzerindeki engeller veya kusurlar veya taşıtın kontrolden çıkmasına neden olabilecek tümsekler,
- c. Yetersiz veya hatalı yol tasarımı, eğimi, kaldırımı genişliği, virajların eğimi,
- d. Hatalı yerleştirilmiş, kusurlu veya yetersiz trafik kontrol devreleri, trafik ışıkları, uyarı levhaları,
- e. Işıklıdırmanın yetersizliği (Özellikle yaya kazalarında),
- f. Sabit ışıklandırmanın neden olduğu parlaklık
- g. Kaygan yol yüzeyi
- h. Yolun, güneşin ve karşıdan gelen taşıtların farlarına göre konumu

Sürücünün ve yayaların fiziksel ve zihinsel durumu trafik kazasına neden olabilir. Bu gibi durumlar not edilerek, çarpışma sırasındaki ve öncesindeki olaylarla ilişkisi kurulmalıdır.

Alkol ve ilaç kullanımı sürücünün taşıt kullanma yeteneğine etki eder. Alkol ve ilaç etkisi altındaki kişiler diğer sürücülere oranla kazalara karışmaya daha yatkındır.

2.1 Taşıtın İncelenmesi

Taşıtın incelenmesi sırasında bulunan arızaların kazanın sonucunda mı oluştuğunu, yoksa kazaya neden mi olduğunu belirlemek gerekir. Gerekirse aracın daha uygun bir yerde uzmanlar tarafından incelenmesi gerekir.

Taşıtın incelenmesi durumları, pozisyonları ve kaza öncesinde olup olmadığı açılarından aşağıdaki noktaları içermelidir.

- a. Gaz pedalı
- b. Frenler
- c. Kapı kilitleri
- d. Egzoz sistemi
- e. Direksiyon simidi, camlar, ön cam, aksesuarlar vs.
- f. Vites kolu
- g. Korna
- h. Işıklar; sinyal lambaları, yansıtıcılar, v.s.
- i. Yükler ve bağlantılar
- j. Aynalar
- k. Radyo
- l. Yaylar
- m. Hız göstergesi
- n. Direksiyon
- o. Lastikler ve tekerlekler
- p. Pencere ve rüzgarlıklar
- q. Ön cam silecekleri

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 kontrol etmek gerekir. Görsel olarak ve elle çalıştırarak kontrol etmek gerekir. Elle kontrol için gaz kelebeği kumanda kolunu çekerek, kelebeği birkaç defa açıp kapayarak, kelebeğin hatalı çalışmasına neden olan herhangi bir engel olup olmadığını kontrol etmek gerekir. Gaz pedalının hatalı çalışmasına neden olabilecek kumanda kollarını, sıyrılmış bağlantıları, arızalı yayları görsel olarak kontrol etmek gerekir.

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

Fren arızası 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 gerekmektedir.

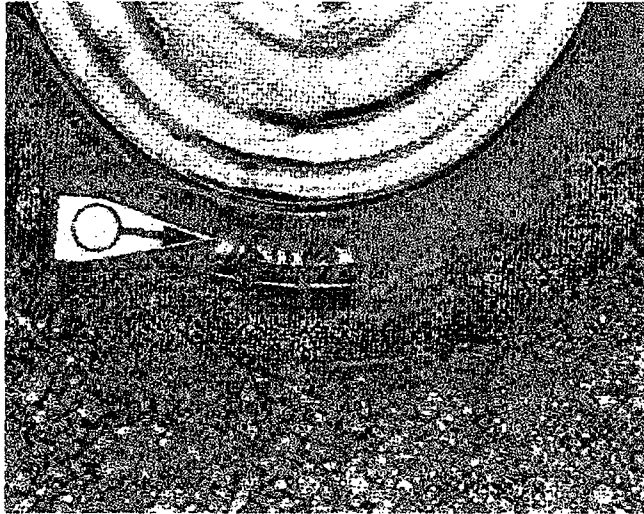
Fren hortum ve boruları yıpranma veya yırtılma sonucu, veya dış etkiler nedeniyle çatlayabilir. Fren hidrolik sisteminde herhangi bir arıza varsa çarpışma noktasından önce, yol boyunca, frenlerin uygulanmasına etki edebilecek herhangi bir sıvı kaybı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Aynı zamanda, hortum 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 ve sağlanabiliyorsa bunun kaç harekette sağlanabildiğini belirlemek gerekir. Ana merkez içerisindeki hidrolik miktarı ve ana silindirden tekerlere 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 teker silindirinin hasarlı veya uzun bir süredir çatlak olup olmadığını belirtir. Tekerin iç kısmının üzerinde bulunan taze sıvı, teker silindirindeki hasarın yeni meydana geldiğinin veya en azından frenlerin yeni uygulandığını belirtir.

Frenler sabit olarak uzun süreli kullanıldığında kampanalar ısınır ve frenleme etkinliğinin zayıflaması veya kaybolmasıyla sonuçlanır.

Park edilmiş taşıtların karıştığı kazalarda el freninin çalışması kontrol edilmelidir.

ABS Fren Sistemleri. Günümüzde, taşıtların bir çoğunda ABS fren sistemi bulunmaktadır. Bu sistem bir bilgisayara monte edilmiş elektrik sensörlerine bağlı olarak çalışmaktadır. Bilgisayar, tekerlerden herhangi birisi kilitlendiğinde, o tekerin fren hidrolik basıncına kumanda ederek,



Şekil 2.1 Tekerin iç kenarında bulunan sıvı lekeleri tekerin fren silindirinde kaçak olduğunu belirtir.

tekerin kilitlenmesini önlemektedir.

Normal olarak, ön tekerler kilitlendiğinde sürücünün taşıtı sürme kabiliyetini yok eder. Arka tekerler kilitlendiğinde aracın arka kısmı kayar, bir taraftan diğer tarafa doğru döner. Bu dönme hareketinin merkezi taşıtın kütle merkezidir ve buna savrulma denir. Genel olarak, bu sistemler tekerlerinin her birinin kilitlenmesini ayrı ayrı kontrol eder veya yalnızca arka tekerleri kontrol ederler. Eğer sistemde herhangi bir arıza meydana gelirse, sistem standart bir hidrolik fren sistemine dönüşecektir.

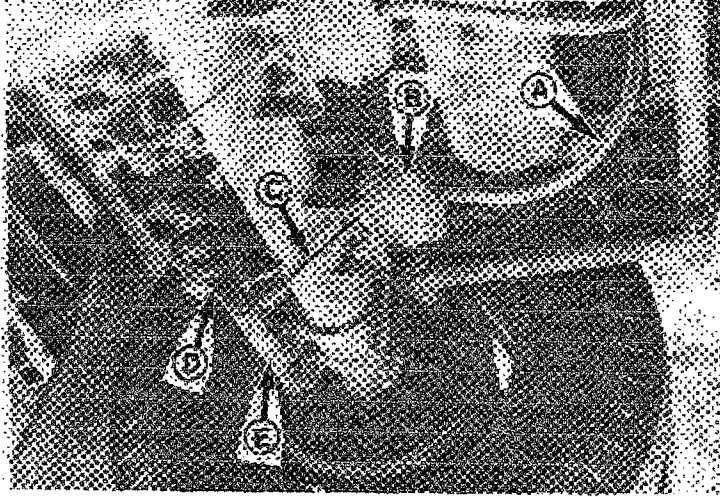
ABS sisteminde, buzlu veya karlı ortamlarda veya su filmi oluşması haricinde tekerin tamamen kilitlenmesi durumu oluşmaz. Bundan dolayı kayma izleri her zaman belirgin olmayabilir, ancak çok yakın incelemelerde yol üzerinde belli belirsiz izler görülebilir. Genel olarak, bu tip bir belirti çok kısa ömürlüdür ve izin üzerinden taşıtların geçmesi sonucunda çok çabuk kaybolabilir. Bu sebepten dolayı kayma izleri haricinde, taşıtın kaydığına dair herhangi bir emare varsa, taşıtta ABS sistemi bulunup bulunmadığı belirlenmelidir.

Servo Fren Sistemleri ana merkez ve fren pedalı arasına yerleştirilen bir diyaframdan oluşur. Diyafram emme manifoldundan vakum alarak, sürücü tarafından basınç uygulanan fren pedalına destek sağlar. Servo fren sisteminin yeterliliğinin kontrolü için hidrolik fren sisteminde uygulanan prosedüre ek olarak güç kontrol ünitesi de kontrol edilmelidir.

Havalı Fren Sistemi beş ana bileşenden oluşmaktadır:

1. Kompresör,
2. Rezervuar
3. Fren pedalı
4. Fren silindirleri
5. Fren pabuçları ve kasnakları

Kompresör havayı depolanacağı rezervuara pompalar. Fren pedalına basıldığında sıkıştırılmış havayı rezervuardan çeker ve bir takım kanallardan ve valflerden geçirerek fren odacığına iletir ve bu kuvvet sıkıştırılmış havayla mekanik bağlantılara ve buradan da fren pabuçlarına ve de kasnaklara iletilir. Ana rezervuar içerisinde bulunan bir hava basıncı ölçeği genellikle taşıtın çamurluğuna yerleştirilir. Yersel kumanda merkezi genellikle taşıtın çalışması için gerekli olan minimum ve maksimum hava basıncı miktarını yönetir. Ayar kolu fren bağlantılarındaki boşluğu alır. Eğer ayar kolu doğru ayarlanmamışsa frenleme etkinliği azalır.



Şekil 2.2 Havalı frene ait arka aks düzeneği. Hava basıncı hava hattından, A, ilerleyerek fren odasına, B, taşınır. Fren odası itme kol, C, ayar kolunu, D, sırayla fren kam milini, E, döndürür.

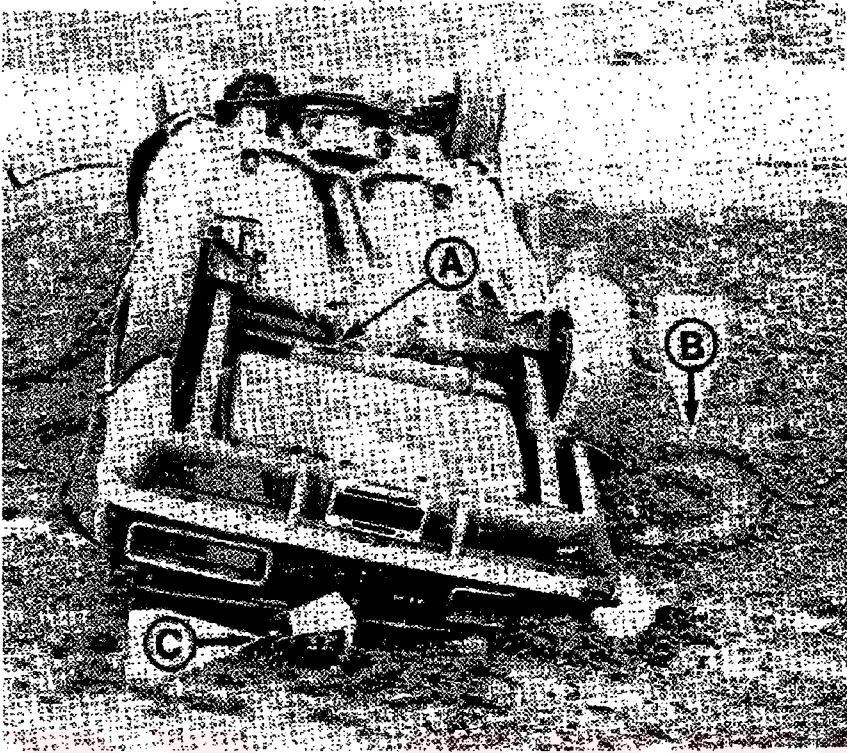
Mümkün olduğu takdirde, kaza bölgesinde yapılacak, havalı fren sisteminin kontrolünde:

- Rezervuar basıncının kontrol,
- Bütün odalardaki itme kolu hareketi,
- Duyulabilir hava kaçakları,
- Hasarlı veya kırık kanallar veya bağlantılar incelenmelidir.

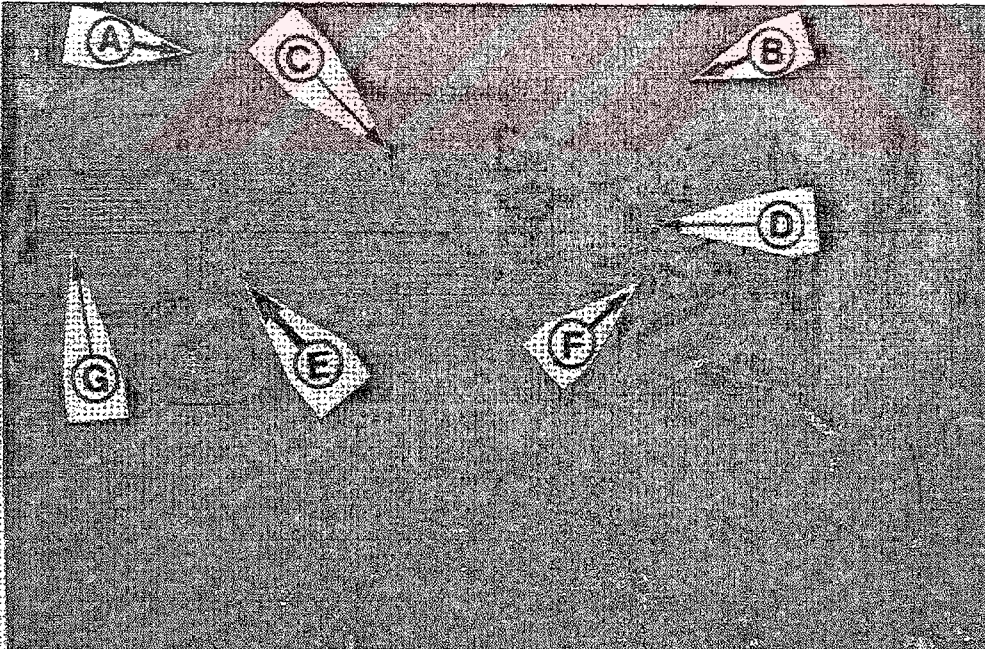
Taşıtta ciddi hasar oluşan veya fren sisteminde teknik inceleme gerektiren durumlarda kalifiye bir elemanın yardımı sağlanmalıdır.

Aracın egzoz sistemi, egzoz manifoldundan çıkan atık gazların yolcu kabini bulunan araçlarda aracın arka kısmına veya ticari araçlarda aracın dış kısmına atılmasını ve taşınmasını sağlar. Egzoz dumanı ;karbon monoksit içeren renksiz , kokusuz ve zehirleyici bir gazdır. Bu gaz egzoz sisteminin hasara uğramış ve koroze olmuş kısımlarından ve uygun olarak bağlantısı yapılmamış ek kısımlarından sistem dışına kaçabilir. Egzoz gazı, araç gövdesi üzerinden korozyon sebebiyle oluşmuş delik kısımlardan,gövde aralıklarından,araç yolcu kabini içindeki zemin döşemenin ve iç döşemenin kötü olarak yapılmasından kaynaklanan sebeplerle kabin içine girebilir.

Otomobil egzoz dumanının içinde bulunan karbonmonoksidin solunması halinde yetersiz oksijenden dolayı beyin hasar görür. Kanın ve beynin şiddetli olarak hasar görmesi ile boğulma sonucu ölüm gerçekleşir. Bununla birlikte bir çok kurbanda kanın ve beynin hasar görmesi ile



Şekil 2.3 Ters dönmüş bir taşıtın incelenmesi hasarlı susturucu, A, gibi kusurları ortaya çıkarır. B’de görülen teker izi taşıtın devrildiği yönü gösterir. C’de görülen boş bira kutusu şoförün bir olasılıkla alkol kullandığını belli eder.



Şekil 2.4 Ters dönmüş bir taşıtın mekanik durumunu incelemeye olanak tanır. Lastikler A ve B’de görülen kayma izleri tekerlerin kilitlendiğini belli eder. Taşıtın alt kısmı çürüyerek, kabin bölümünde bir delik oluşmuştur, C. Direksiyon mili, D, ve fren sıvısı kanalları, E, incelenebilir. Taşıt devrilmeden önceki, yol üzerindeki konumunu belirlemek amacıyla yolda bulunan izler taşıtın hasarlı bölgeleriyle, F, ve yakıt deposu, G, karşılaştırılabilir.

derin komaya girme ve bunu takiben bilinç kaybı vakaları gözlenmiştir.

Bazı otomobillerin hava şartlandırma sistemleri, maksimum soğutma ayarına getirildiği zaman taze dış atmosfer havasını temiz olarak dışarıya veremez. Çoğu araç içindeki havayı sirküle eder ve aynı zamanda gövde üzerindeki açık aralıklardan kabin içine karbon monoksidin emilmesini gerçekleştirir.

Araç içindeki sürücüler, özellikle ağır seyreden trafikte camları açık olarak seyahat ederken trafikteki diğer araç egzoz dumanlarından etkilenebilirler.

Yangınlar . Trafik kazaları araştırmacıları kaza ile ilgili bir çalışma yapmamış veya yangın araştırmaları ile ilgili bir bilgiye sahip olmamış olabilirler ancak, araçta oluşan yangının, kaza anında ansızın oluşabileceğini veya kazadan sonra kasten gerçekleştirilebileceğini kesin olarak belirleyecektir. Bununla birlikte; şüpheli görünen koşulları değerlendirerek, elde edeceği tüm bilgileri ve topladığı kanıtları, yangını oluşturan gerçek kaynağın sebebinin belirlenmesi için, kundaklama işleri araştırmalarına verecek veya yangın işinde deneyimlerini kullanmasını isteyecek ve yardımına gereksinimi olacaktır.

Özellikle tek bir aracın örnek olarak; takla atması, yolun dışına çıkması ve benzeri kaza durumlarında, aracın yangında zarar görmesi veya tahrip olması anında araştırmacı yangın olayının kasten çıkarılabileceği ihtimalini göz önünde bulundurulmalıdır. Aracın yangından dolayı tahrip edilmesinin nedenleri şunlar olabilir;

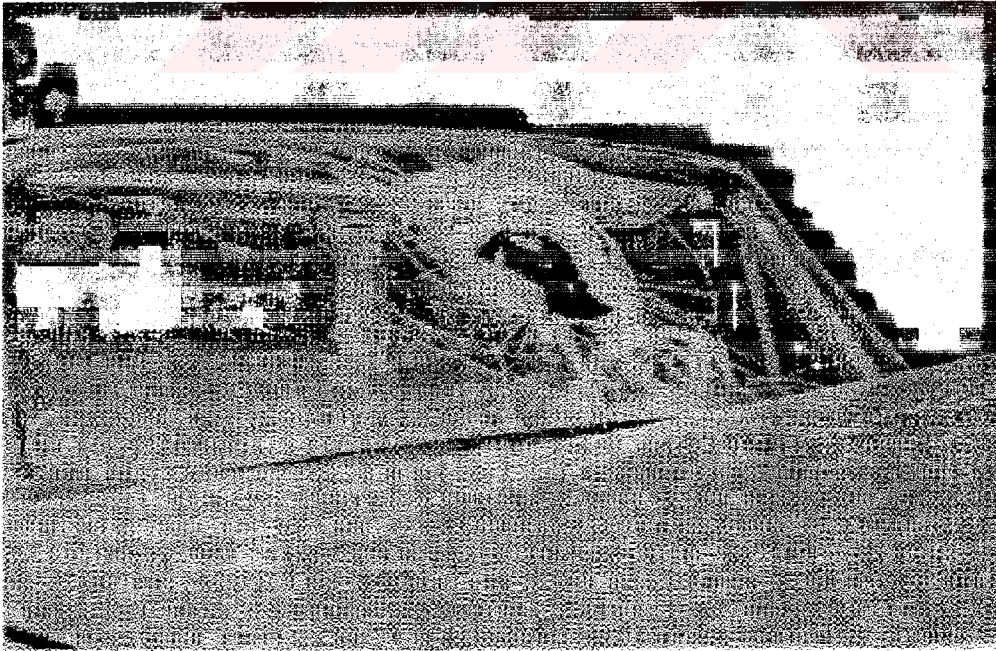
- a. Araç kaza anında zarar görmüştür ve araç sahibi sigortadan aracın yenisini talep edecektir veya iyi bir şekilde tamir ettirmesini isteyecektir.
- b. araç çok kötü durumdadır ve tamiri çok masraflı olmaktadır.
- c. Araç sahibi; borç ödemek, ipotek ve haciz gibi sebeplerden dolayı sigortadan para toplamak istemektedir.
- d. Araç, eşler arasındaki kıskançlık, öç alma veya başka iç problemlerden dolayı tahrip edilmiş olabilir.
- e. Araç; çarpma, araç içinde kan bulunması ve kurşun deliği gibi delillerin örtbas edilmesi için tahrip edilmiştir.
- f. Araç görevli sürücünün, dikkatsiz kullanması veya özensiz tamir edildiği yerleri örtbas etmesi için tahrip edilmiştir.
- g. Araç, akli dengesi bozuk sahibi, sürücüsü veya bir başka kişi tarafından tahrip edilmiştir.

Kundaklama işlemi araştırmacısı şüphelendiği zaman;araç sürücüsü veya sahibi olay yerine yaklaşmadan önce olabildiğince fazla bilgi sahibi olmalıdır.

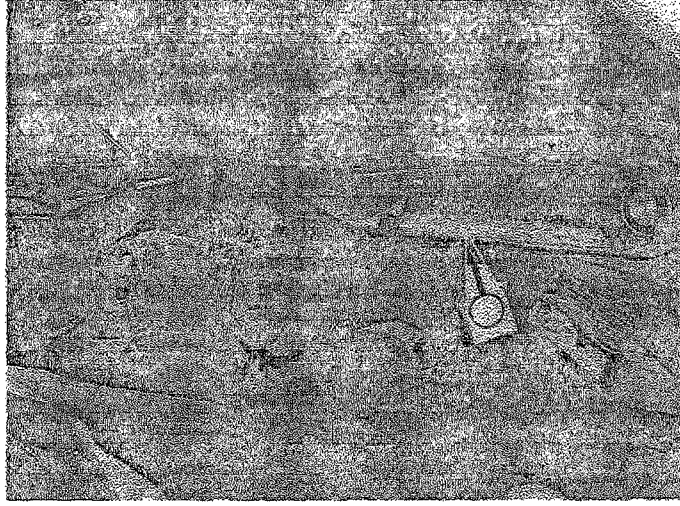
Aracın kaza eseri yanması; araç içinde görünmeyen bir yerde sigara yanması ve elektrik sisteminde kısa devre olması gibi sebepler nadiren de olsa aracın tahrip olmasına sebep vermektedir. Bu tipte yangınlar normalde,düşük ısı değerlerinde olmaktadır. Benzinin veya yangın çıkartıcı maddelerin kullanılması gibi durumlar,yangını hızlandıran ve sıcaklık değerini normalden yüksek değgerlere çıkararak koşullardır. Aracın tavan kısmı,stepne bagajı kapağı,kaput,koltuk ve dingil yaylarının eğilmesi önemsenmelidir. Pencere camları ve yakıt pompaları,karbüratörler ve kurşun kullanarak tamir edilmiş olan gövde parçaları gibi yumuşak metaller,ilk andaki orijinal şekillerini kaybederler.

Araç yangınının olay yeri acil şekilde tetkik edilmelidir. Yangın olayını başlatan ve hızlandıran kibrit kutuları, benzin ve diğer tutuşucu madde tankları veya aracın yakıt tankından sızan veya çıkan benzin dikkate alınmalıdır.

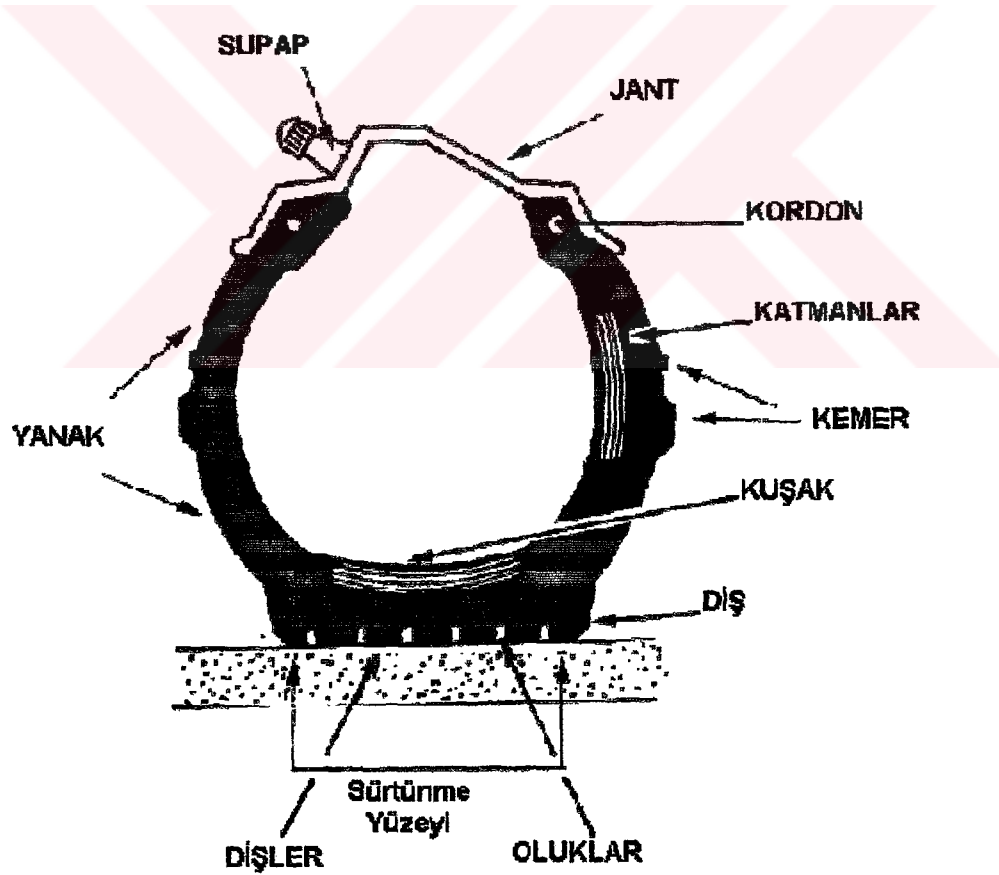
Benzin tankından, yakıt pompasına ve karbüratöre benzin taşıyan boru ve boruların,çatlak,kırık,bağlantılarının çözülmesi ve kurcalanmış durumları tetkik edilmelidir. Eğer; boru hattı, yangının alev almasından önce çözülmüş veya açılmış ve sonra araç yandıktan sonra bağlantısı yapılmışsa; kurum ve diğer enkaz kalıntıları, herhangi bir karmaşanın yangına



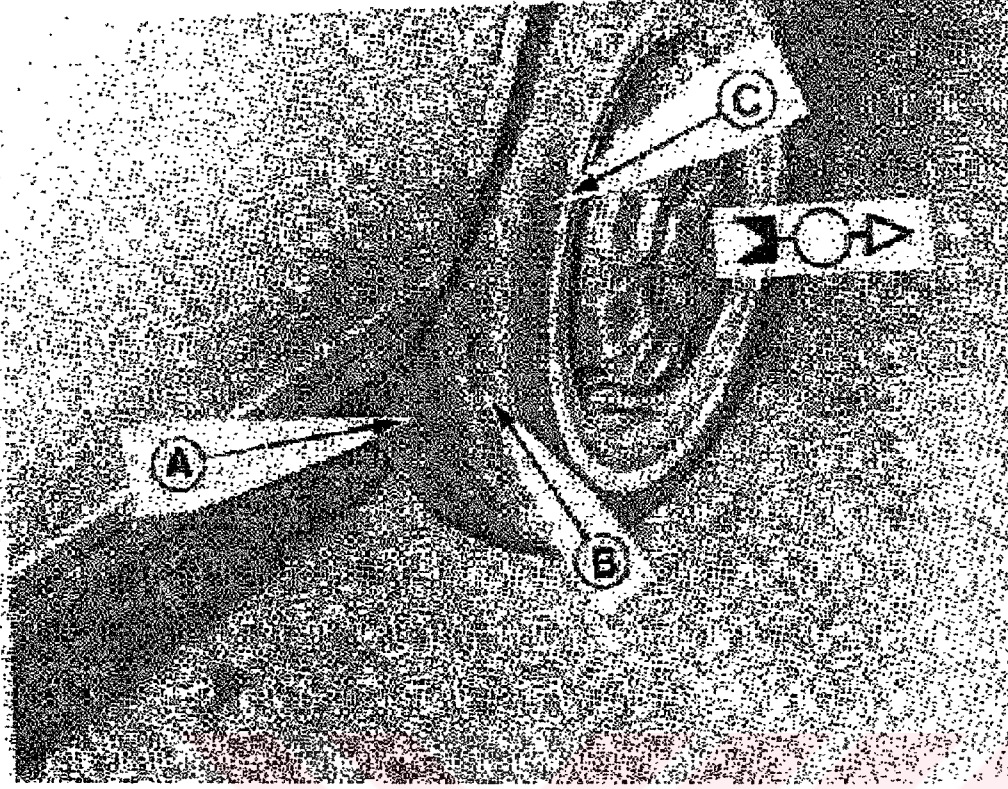
Şekil 2.5 Örümcek açı biçimindeki ön cam hasarı ve dışarı doğru çıkıntı taşıyan içinden bir darbe olduğunu belirtir.. Bu tipte bir hasar sürücüyü veya yolcunun kafası cama çarptığında oluşur...



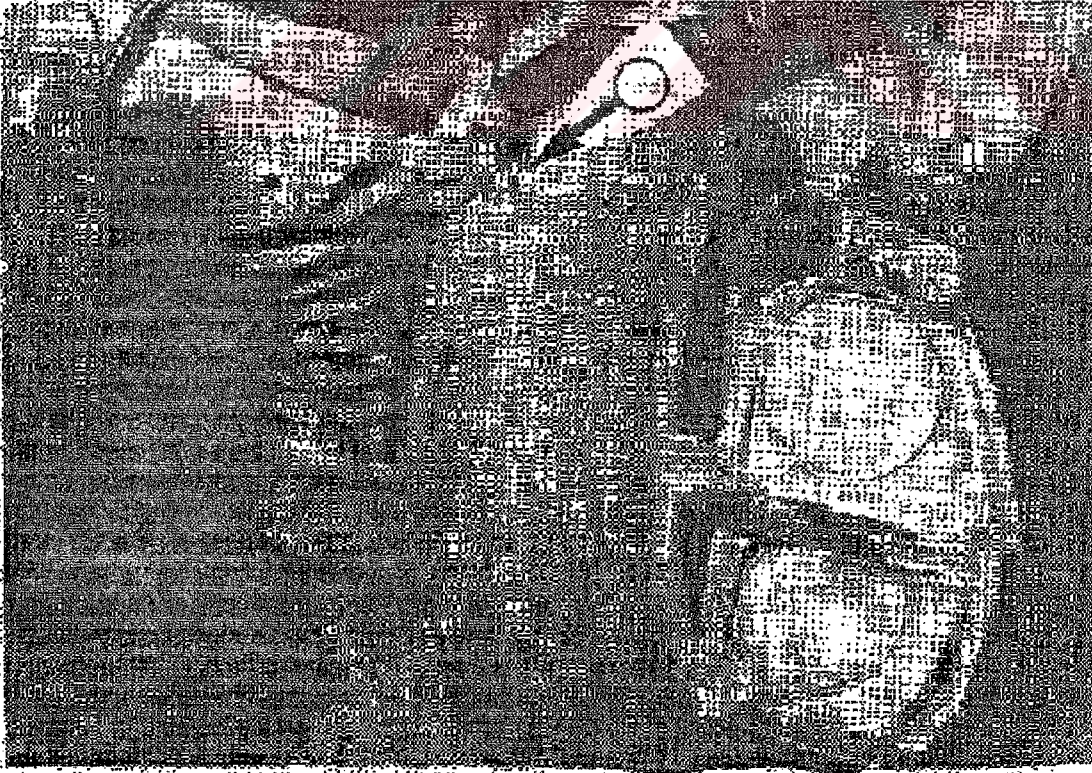
Şekil 2.6 Hız göstergesinden çarpışma anındaki hız belirlenebilir.



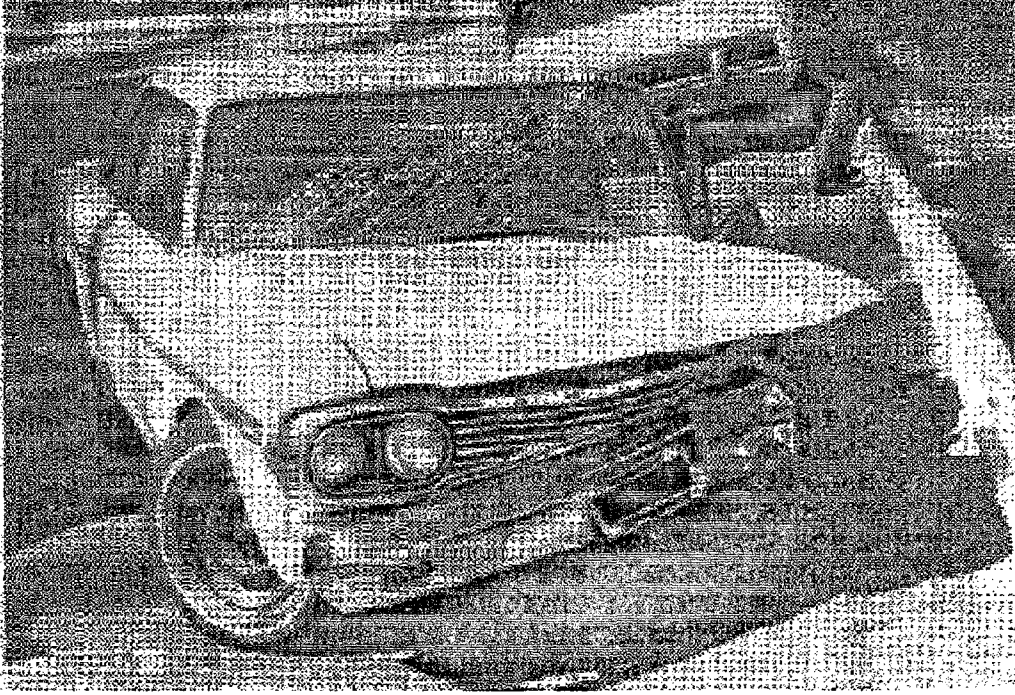
Şekil 2.7 Bir lastiğin bölümleri.



Şekil 2.8 Aşırı yan kuvvetlerin etkisi altında, lastik yanal olarak kayabilir, A ve B. Özellikle çift katlı lastiklerde, kuvvet yeterliyse, lastik yuvarlanarak C’de gösterildiği gibi lastiğin yan yüzeyi yol ile temas edebilir.



Şekil 2.9 Çarpışma sırasında gövdeden kopan bir parçanın lastiği delmesi sonucu hava basıncı kaybı oluşmuştur.



Şekil 2.10 Ön camda oluşan hasar camda radyal, A, ve dairesel, B, çatlakları göstermektedir.

sebebiyet verdiğini göstermektedir. Benzer şekilde, eğer yakıt deposunun kapağı yerinden sökülmüş ve yangından sonra yerine takılmış ise, kapak üzerinde yangına ait iz bulunmaz.

Kaput altına yangının başlamasına sebebiyet veren yerler genellikle, yakıt pompası, karbüratör ve elektrik telleridir. Bu gibi yerlerde yangının başlamasının kanıtı, muhtemelen yangını hızlandırıcı bir maddenin kullanıldığına dair bir kalıntı bırakmamaktadır.

2.2 Taşıt Hasarı

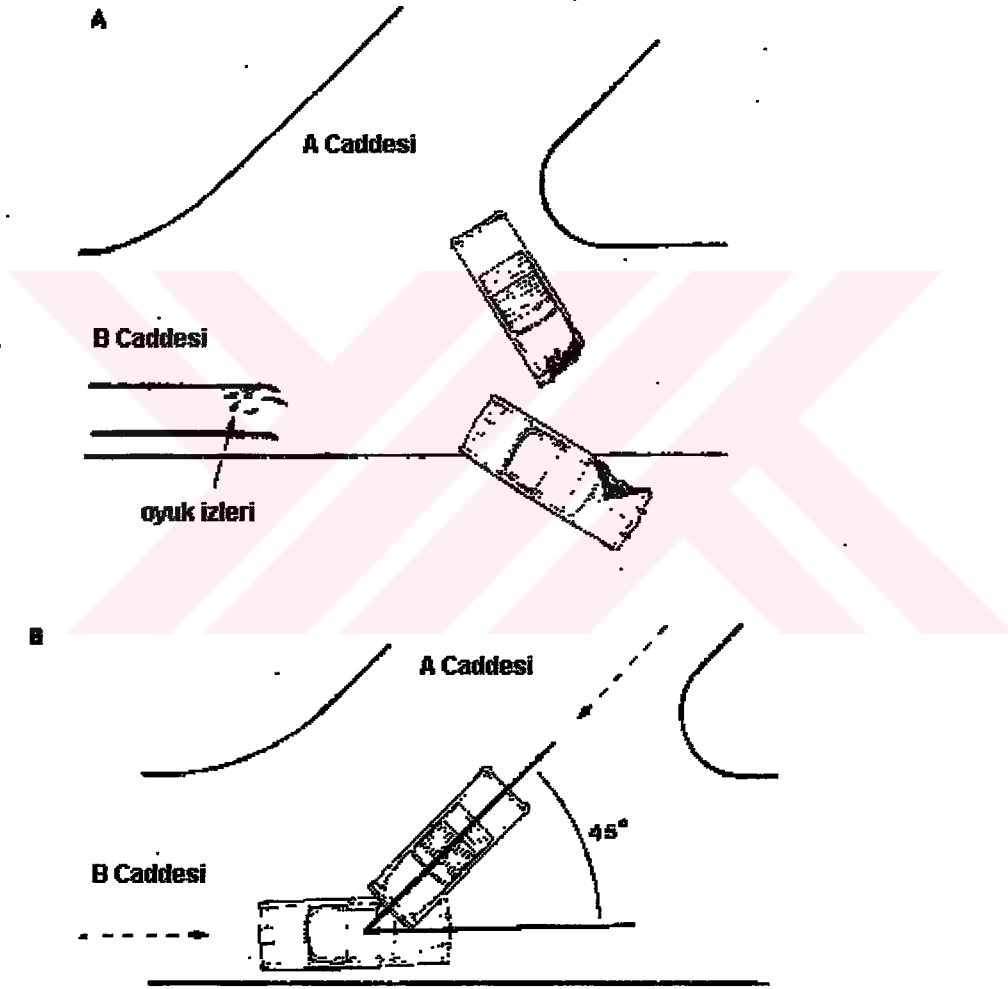
Taşıt kasası üzerindeki hasarı incelerken, arıza hasarı ile temas hasarı arasındaki farkı belirleyebilmek çok önemlidir. Arıza hasarın temas hasarı olduğu sonucuna varmak taşıtın ilk veya ikincil temaslarda yol üzerinde yerleştirilmesinde hatalara sebep olur.

Temas sonucu oluşan hasarlar, daha önceden oluşmuş ciddi hasarlar bulunup, temas sonucu bu hasarlar üzerinde küçük hasarlar oluşmuş olabileceğinden dolayı dikkatlice incelenmelidir. Yeni oluşan hasarlar temiz ve yağdan arınmıştır veya zamanla oluşmuş renk solmaları yoktur. Daha önceden oluşan hasarlar belirlenmezse araçta gözüken hasardan dolayı taşıtların yol üzerinde yerleştirilmesinde, kazaya karışan araçların belirlenmesinde ve araçların tahmini hızlarının hesaplanmasında hatalar yapılabilir.

Taşıt gövdesi üzerindeki lastik izleri şüpheli veya karşıt taşıtların lastikleriyle karşılaştırılmalıdır. Boya döküntüleri şüpheli veya karşıt taşıtların rengine uyabilir. Metal veya

diğer taşıt çıkıntıları diğer taşıtın hasarı veya yayaların yaranmalarıyla karşılaştırılabilir. Bir taşıt tarafından çarpılan yayanın giysisinin izi taşıtın, kısmen tamponun üzerinde bulunabilir. Taşıt üzerinde bulunan benzeri bir emarenin yüksekliği ölçülerek yayanın yaranma bölgesinin yüksekliğiyle karşılaştırılmalı ve taşıt üzerindeki iz, yayanın elbisesiyle karşılaştırılmalıdır.

İlk temas sırasında taşıtın diğer taşıt veya nesneye göre konumunu belirleyebilmek amacıyla taşıtta belirlenen hasarın çarpışmanın olduğu diğer taşıt veya nesneyle karşılaştırılması gerekmektedir. İkincil ve daha sonraki temas hasarları da aynı şekilde karşılaştırılmalıdır.



Şekil 2.11 Çarpışma sonrası durum, A. Dikkatli ölçümler ile çarpışma yönünü belli eden hasar ve yol izlerinin belirtilmesi taşıtların çarpışma sırasındaki konumlarının belirlenmesi mümkün kılmaktadır.

Taşıtın çarpışılan diğer bir taşıt veya objeye temas anındaki konumunu belirleyebilmek amacıyla öncelikle darbenin alındığı bölgenin belirlenmesi gerekir.

Taşıtların temas esnasındaki konumlarının diyagram üzerinde yeniden oluşturmak için her bir taşıtın, birincil ve ikincil temas bölgelerine özel önem göstererek, ayrı ayrı diyagramlarının yapılması gerekmektedir. Diyagramlar hasarlı parçaların ölçülebilmesi ve karakteristiklerinin yansıtılması amacıyla, uygun bir ölçekle hazırlanmalıdır.

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

2.3 Yol Üzerindeki İzler

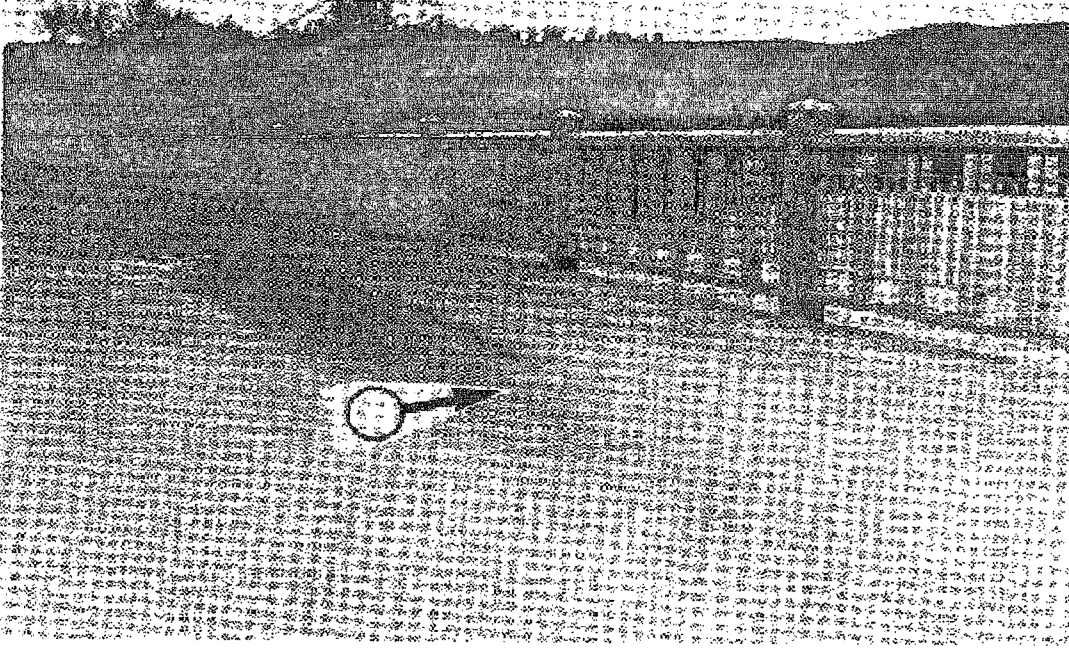
Yolda oluşan lastik izlerinin fiziksel görünüşünden taşıt ve hızıyla ilgili bilgiler edinilebilir. Lastik izleri dikkatlice incelenerek, yorumlanamadığı takdirde elde edilecek sonuçlar araştırma ile ilgili olarak yanlış sonuçlara neden olabilir.

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.

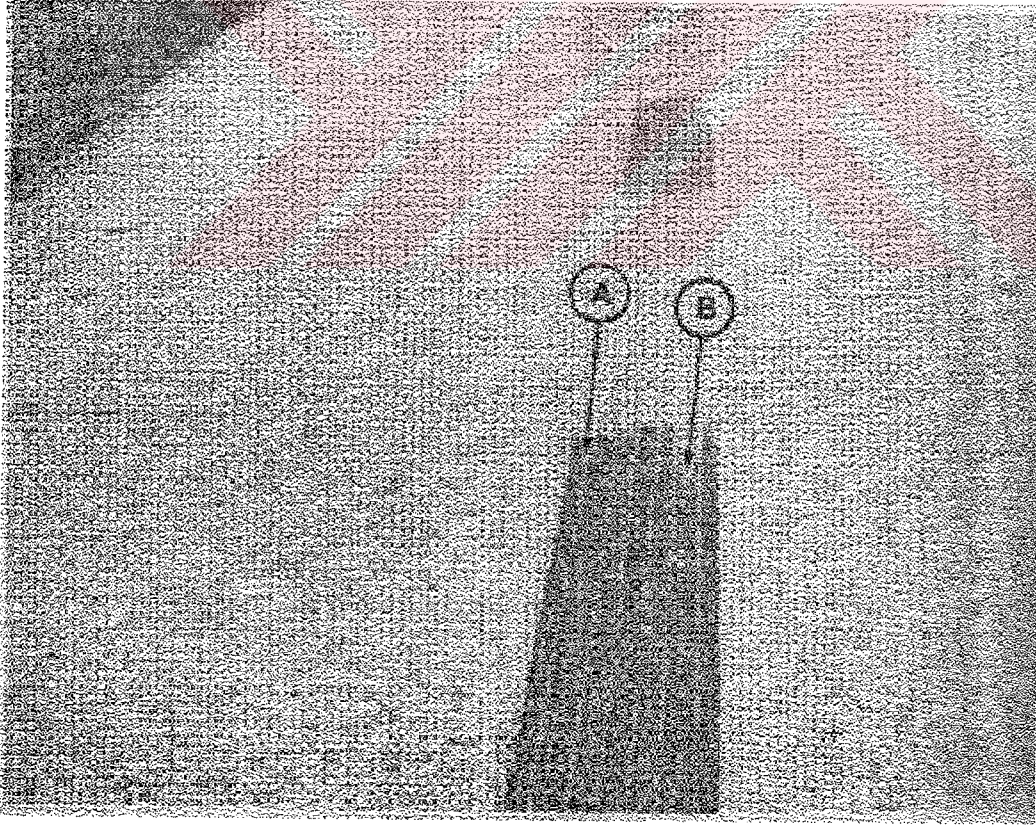
Kaza yerinden çekilen bir hasarlı taşıtın neden olduğu izler kaza anında oluşan izlerle karıştırılmamalıdır.

Kaza yerinde kayma izleri veya lastik izleri oluşturan bir taşıt, genellikle, lastik izlerinden belirli bir mesafe uzaklıkta durmuş vaziyette bulunur. Kaza karışan taşıt, olay yerindeki lastik izleriyle değişik yöntemlerle karşılaştırılmalıdır. Karşılaştırma görgü tanıklarının ve sürücülerin ifadeleri, lastik izleri, kazıma izleri, oluklar, vs. ile yapılabilir. Bunların içerisinde en önemlisi lastik izleridir.

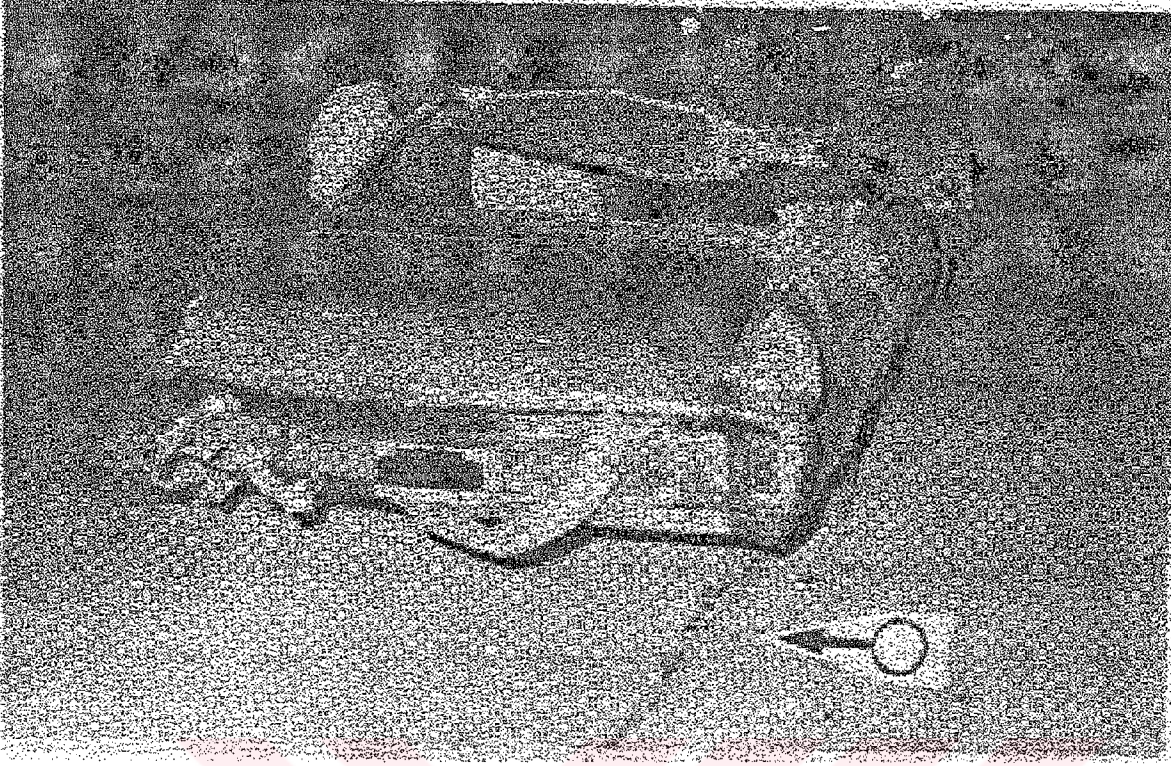
Bir süratlenme izi, motorun aniden aşırı hızlanmasından dolayı çekiş tekerine patinaj yaptırmasıyla oluşur. İzin başlangıcında; aşırı yüklü veya inik lastik izinde olduğu gibi, kenarlarda ince bir koyu çizgi oluşur. Lastik yüzeyinin izleri genellikle belirgindir.



Şekil 2.12 Yoldaki sabit nesneler üzerindeki lastik izleri, sıyrık ve benzeri izler taşıtın ilerleme yönünü belli etmektedir. Benzer işaretler taşıtın neden ters yöne geçtiği sorusunun yanıtını oluşturur.



Şekil 2.13 Dönen bir lastiğin oluşturduğu lastik izleri. A'da lastik yüzeyinin deseni görülmektedir. Koyu çizgilerin sayısı, B, lastik yüzeyinin diş sayısını belli etmektedir.



Şekil 2.14 Kaza sonrası olay yerinde yapılan incelemelerde çekilen bir taşıtın kilitlenmiş tekerinin oluşturduğu kayma izi kaza anındaki kayma izleriyle karıştırılmamalıdır.

Yapılacak bir denemeye lastiğin bıraktığı izin kayma veya boşa dönme izi olup olmadığı belirlenir. Lastiğin bütün çevresi boyunca bulunan bir sıyrılmış yüzey lastiğin bir hızlanma etkisi altında boşa döndüğünü belirtir. Eğer lastik çakıl veya kumlu bir yüzeyde boşa dönüyor ise, lastik çevresi boyunca izler oluşur.

Teker kilitlenmiş olduğu zaman kayan bir lastiğin yolla temasta olan kısmı bir miktar silinir.

Hareli izler a)yanal kayan bir lastik b)yol yüzeyi üzerinde kayan veya savrulan bir lastik arasına girmiş çakıl benzeri maddeler c)yol yüzeyi üzerinde herhangi bir taşıt parçası tarafından oluşturulmuş bir dizi paralel, dar kazıntı veya lastik izleridir. Hareli izler hareket yönünü belirli etmede çok önemlidir. Benzer olarak, kayan, savrulan, boşa dönen teker ince, paralel çizgiler bırakacaktır.

Aşırı hızla viraja giren bir taşıt izlediği yol yörüngesinden çıkacaktır. Yörüngeden çıkan bir taşıt, yol üzerinde oluşan, aynı anda savrulan ve dönen bir lastik tarafından bırakılmış lastik izlerinden belli olur. Lastik izleri eğri bir çizgi şeklindedir ve ön veya dış kısımda bulunan izler daha koyudur. Kısmen ön, dış lastik izlerinde hareli izler belirgindir. Savrulma izinin başlangıcı çok dardır ve taşıtın dönmesine bağlı olarak en azından lastiğin yol ile temas yüzeyinin genişliğine kadar genişlemektedir.

Dönen bir inik lastik, yüzeyinin dış kenarlarında oldukça düzgün, koyu, ince, iki paralel iz bırakır. İnik lastik izine, önerilen miktardan daha az hava basıncı olan bir lastik neden olamaz.

Bir lastik hava kaybeder ve patlak durumunda olduğu gibi yassı bir hale gelirse lastik teker jant çerçevesi altında çarpmaya başlar. Teker döndükçe lastik yan duvarları ve de yüzeyi yol yüzeyiyle temasa başlayarak belirgin lastik çarpma izleri bırakır.

Kireç, gevşek çakıl veya kumla kaplı bir yolda kayan veya savrulan normal veya çivili bir lastik yol yüzeyi 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 ilerleyen dönen bir lastik oluk şeklinde izler bırakır. Yumuşak bir zeminde ilerleyen, kayan veya savrulan bir lastik önündeki maddeleri iterek, hendek veya oluk oluşturur. Çim üzerinde ilerleyen bir lastik, lastiğin genişliği boyunca çimleri ezip, düzlük oluşturur. Kayan veya savrulan bir lastik çim köklerini sökerek yumuşak yüzeyde oluk oluşturur.

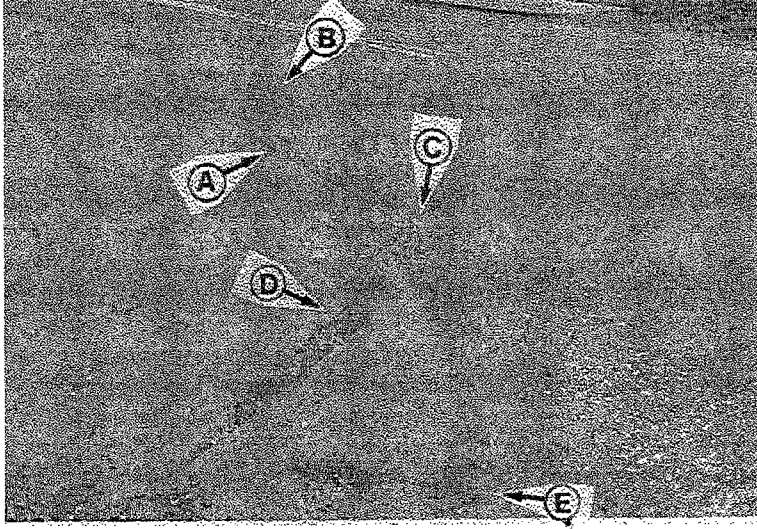
2.4 Kayma İzleri

Frenler uygulandığında, fren pabuçları fren kasnağının iç kısmına doğru genişleyerek, tekerleğin dönmesini durduran sürtünmeye neden olur. Fren sert uygulandığı zaman kasnak, teker ve lastik tek bir ünite şeklinde durur ve fren aynı şekilde uygulanmaya devam ettiği sürece kilitlenirler. Taşıt hareketine devam ederken, lastikler kayar ve çoğunlukla bir kayma izi bırakırlar.

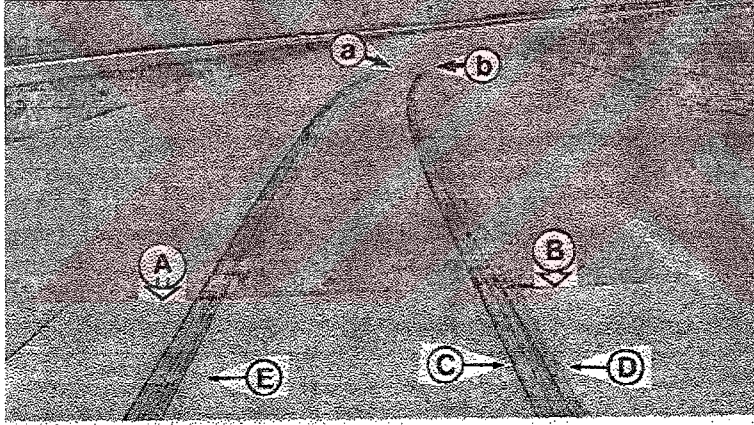
Kayma izleri frenlerin uygulandığı yeri, fren izlerinin- başladığı noktadaki taşıtın minimum hızını, taşıtın yol üzerindeki konumunu, hareket yönünü ve frenleme yeteneğine sahip teker sayısının belirlenmesinde kullanılabilir.

Bazı kayma izlerinin görülmesi çok kolayken diğerleri ayırt edilmeyebilir. Kayma izlerinin bulunması, yorumlanması ve kaydedilmesinin nasıl yapılması gerektiği bilinmiyorsa başarılı bir analiz gerçekleştirilemez. Fren izleri incelenirken göz hizası yol yüzeyinin 60 cm kadar üzerinde bulunmalıdır. Güneş arkadan alınmalıdır. Güneş gözlükleri gün ışığında fren izlerinin daha belirgin görülmesini sağlar.

Kayma izi kilitlenmiş bir teker tarafından bırakılan lastik izleridir. Kilitlenmiş tekerler yalnızca çarpışma öncesi frenleme sırasında değil, çarpışma sırasında kenetlenmeden de oluşabilir.



Şekil 2.15 Ön lastik kayma izi, A. Kayma izinin dış kenarındaki koyu çizgiler frenleme sonucu oluşmuştur. Arka lastik kayma izi, B. Ön lastik izinin yönünde oluşan değişim, C, temas noktasını belirtmektedir. Ön lastik yanallı kayma izi, D, çarpışma sonrası taşıtın yana doğru zorlanması sonucu oluşmuştur. Lastik ovalanma izi, E, lastik katman izleri oluşturarak yana doğru kaydığı sırada oluşmuştur ve oluşturulan lastikle eşlendirilebilir.

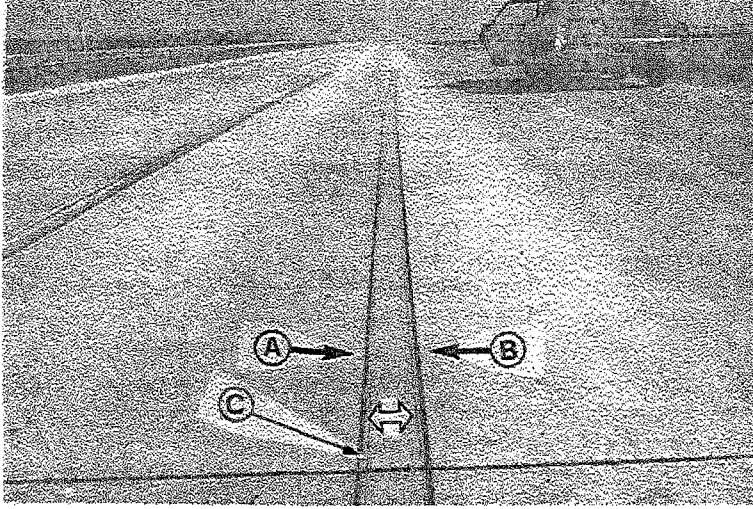


Şekil 2.16 Deverli yol, kayan taşıtın alçak olan tarafa doğru çekmesine neden olur, a ve b. A ve B noktalarından bölünmüş iki farklı yol yüzeyi vardır ve sürtünme katsayıları da farklı olabilir. Ön lastik kayma izleri koyu ve ince çizgilerden, C, belli olmaktadır. Arka lastik kayma izleri, D ve E, daha açık renktir ve bu örnekte bir miktar kaçıktır. Frenlemeye bağlı olarak öne doğru ve deverden dolayı sağa doğru yük yığılması nedeniyle sol arka lastik kayma izi, E, çok siliktir.

Aşırı savrulma veya kayma sırasında, lastik jant çerçevesi altında kıvrılarak lastik yan duvarları bileşke lastik izi bırakırlar.

Yol üzerinde kayan ve dönen bir lastik sürtme izleri bırakır. Hızlanma sırasında kayma, savrulma ve inik lastik izleri şeklinde sürtünme izleri bırakılır.

Bir lastik ovulma izi, çarpışma sırasında kilitlenen veya bloke olan ve taşıt durana veya teker dönmeye başlayana kadar yol üzerinde ilerleyen teker tarafından oluşturulan lastik izidir.



Şekil 2.17 Ağırlığın öne doğru yığılması sonucu lastiğin orta kısmı çukurlaşır ve ağırlığın büyük bölümü lastiğin dış kenarları tarafından taşınır. Lastik deformasyonu aşırı yüklü veya inik lastik şeklindedir. Lastiğin dış kenarları daha fazla ısı oluşturarak A ve B'de gösterildiği gibi iki ince paralel çizgi oluşturur. Aynı sırada arka lastikler aşırı basınçlı bir lastikte olduğu gibi hafifçe havalanır. Düz bir kaymada arka lastik, iki yönlü, okla gösterildiği gibi ön lastik izlerinin ortasında çakışan bir kayma izi oluşturur.

Ovulma izinin başlangıcı genellikle çarpışma noktasının belirlenmesinde yardımcıdır. Kayma yönü teker ile aynı ise ovulma izi düz bir kayma izine benzerdir. Teker kilitliken taşıt yana doğru hareket ediyorsa hareli izler lastik dış kenarı tarafından oluşturulur.

Kayma izleri genellikle düzdür. Ancak taşıt tepelik veya yüksek deverli yolda ilerlerken alçak kenarda bulunan lastikler doğal ağırlık dağılımı sebebiyle daha fazla yük taşırlar. Kayma sırasında tekerler kilitlendiğinde ağırlık ve dever taşıtın alçak veya fazla yük taşıyan kenara doğru sapmasına neden olur.

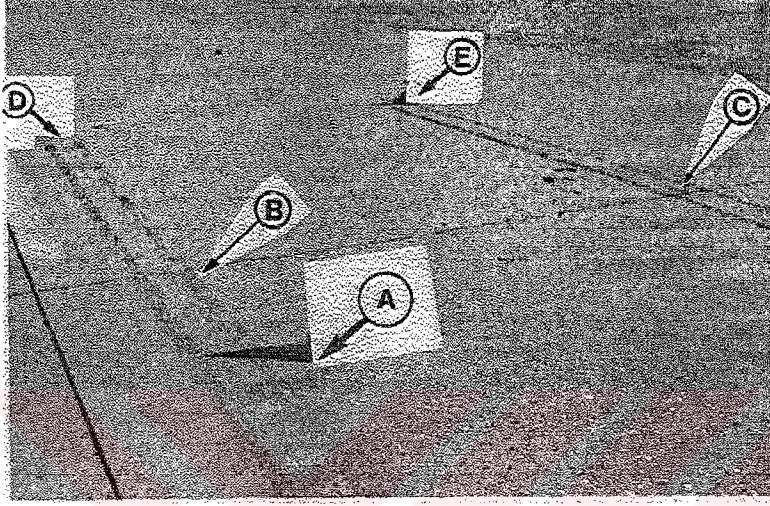
Bir taşıt aniden fren yaparsa veya sürekli fren yapıyorsa taşıt ağırlığı öne doğru yığılır. Ön lastiklere uygulanan bu ekstra ağırlık lastik sürtünme yüzeyinde, inik lastikte olduğu gibi deformasyona neden olur ve bu ekstra yük lastik dış kenarları tarafından taşınır.

Boşa dönen lastiğin kayma izleri taşıtın kendi kütle merkezi etrafında dönmesi (arka tekerler ön tekerlere yön verecek şekilde hareket etmeye başlaması veya taşıta kütle merkezi hattı haricinde, dış bir kuvvet uygulanması) sonucunda oluşur.

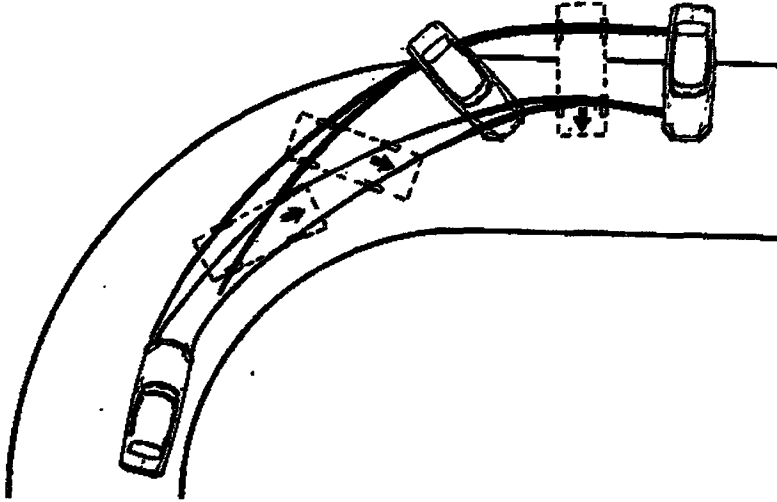
Kaza bölgesinde belirgin kayma izleri yoksa, yalnızca, frenlerin uygulanmadığı düşüncesiyle hareket edilmemelidir.

Ziftli beton yol yüzeyinde bulunan kayma izleri kayan lastiğin oluşturduğu ısı nedeniyle asfalt veya zift yapışması sonucu oluşur. Soğuk ziftli beton yüzeyler normal olarak yumuşayıp yapışmazlar ve bu yüzeylerdeki kayma izleri beton yüzeylerdekine benzer şekilde oluşur.

Kayma ve savrulma izleri ıslak, döşemeli yol yüzeylerinde belli değildir. Daha önce bahsedildiği üzere, ziftli beton yol yüzeylerindeki kayma izleri kayan bir lastiğin ortaya çıkardığı ısıyla



Şekil 2.18 A ve B kayan bir lastiğin oluşturduğu yanmış lastik parçacıklarıdır. Bu parçacıklar kısa ömürlü izlerdir. C'deki kayma izinin ortasında bulunan kısa, siyah damar şeklinde görülen yanmış lastik parçaları yol yüzeyindeki sivri kenara çarpan bir kayan lastik tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 2.19 Lastik izlerinin genişliği ve aralarındaki mesafe taşıtın çeşitli durumlardaki konumunu belirlemeye yardımcı eder.

oluşur. Su, lastiği soğuttuğundan sürtünme sonucu asfaltın erimesine neden olacak gerekli ısı oluşmaz.

Toz, kir veya kum gibi yabancı maddelerle örtülü döşenmiş yol yüzeylerinde kayan bir lastik bu maddeleri yana iterek bir kayma izi bırakır ve daha sonra bu maddeler kayma izlerinin üzerine örtebilir.

Düz bir kaymada, lastik, yüzeyinin genişliğinde bir kayma izi bırakır ve genellikle paralel yüzey kanal izleri oluşur ancak çapraz kanalların izleri çıkmaz. Daha geniş lastik izleri sola veya sağa döndürülmüş, ancak düz bir kaymayı sürdüren taşıtın ön lastikleri tarafından oluşturulur.

Eğer frenler uygulanmadan önce direksiyon çevrilirse, kayma izleri hafif eğimlidir. Bir taşıt kayarken direksiyonu çevirerek yönünü değiştirmek mümkün değildir.

2.5 Kaza Alanının Ölçülmesi ve Ölçekli Kroki Hazırlanması

Kaza alanında, kaza sonrası nesnelere yerli yerine yerleştirirken herhangi bir karışıklığı önlemek, bir ölçek hazırlayabilmek için yeterli ve hassas ölçümlerin yapıldığından emin olunmalıdır.

Alınan ölçümlerin kaza alanında bulunan taşıtlar, canlılar ve diğer nesnelere arasındaki mesafeleri belirtmesi gerekmektedir.

Ciddi veya karmaşık durumlarda olay yerindeki ölçümlerin bir jeodezi veya inşaat mühendisi tarafından alınması uygun olabilir. Bu yapılırken ne tip ölçümlerin gerektiğinin bu şahıslara bildirilmesi gerekmektedir. Bu ölçümler olay yerindeki memurların ölçümlerine ilaveten alınmalıdır.

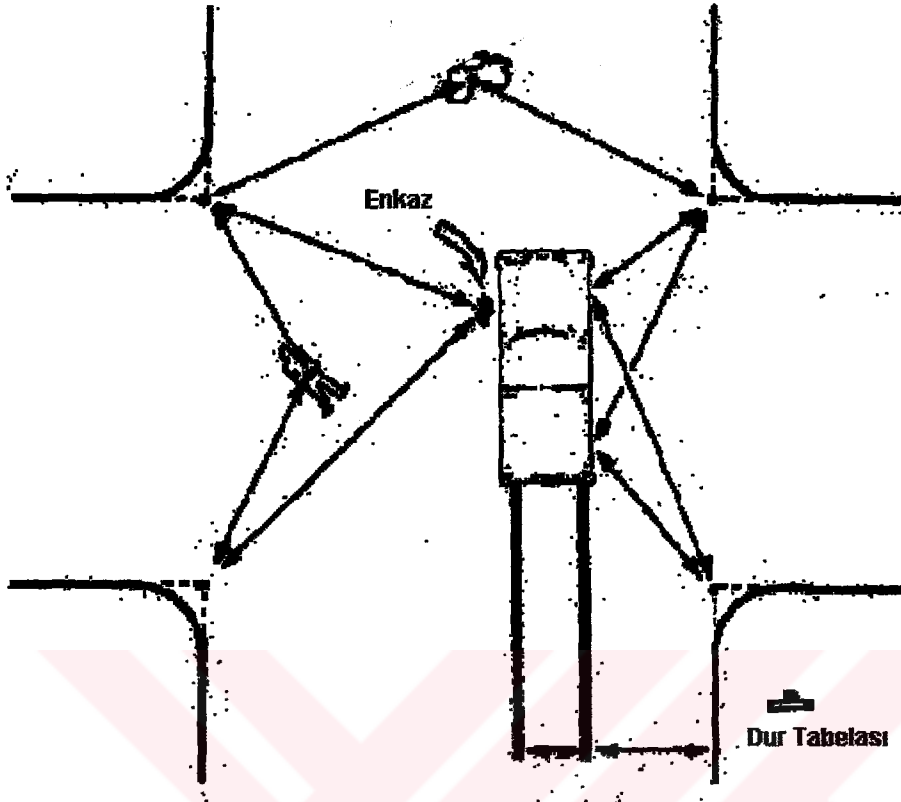
2.5.1 Alınması gereken ölçümler

Olay yerinde bulunan yaralılarla ilgilenildikten ve yerinden kaybolabilecek izlerin ölçümleri alındıktan sonra son konumundan kımıldamamış taşıtların ve diğer objelerin konumları belirlenir.

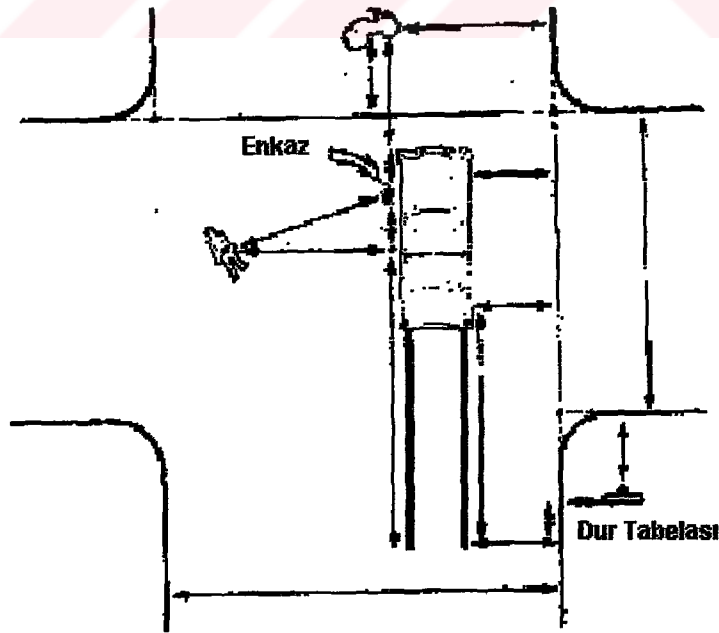
Belirli ölçümler bütün kazalarda yapılmalıdır. Yapılması gereken ölçümlerin yeterliliği kazanın ciddiyetine bağlıdır. Sürücünün sürüş ihlali yaptığı durumlarda da ölçümler alınmalıdır.

Kaza sonrası, genellikle daha sonra gerekmeyecek ölçümler de yapılır. Gerekli olandan daha fazla ölçüm yapılması daha yararlıdır. Ölçümler basit ve çabuk olarak yapılmış olduğundan, daha sonra gerekebilecek tüm ölçümler yapılmalıdır.

Güvenlik sebeplerinden dolayı ölçümler mümkün olduğu kadar yol köşelerinden alınmalıdır.



Şekil 2.20 Ölçekli diyagram oluştururken nesnelerin konumlarını belirleyebilmek amacıyla olay yerinden üçgenleme metoduyla alınan ölçümler.



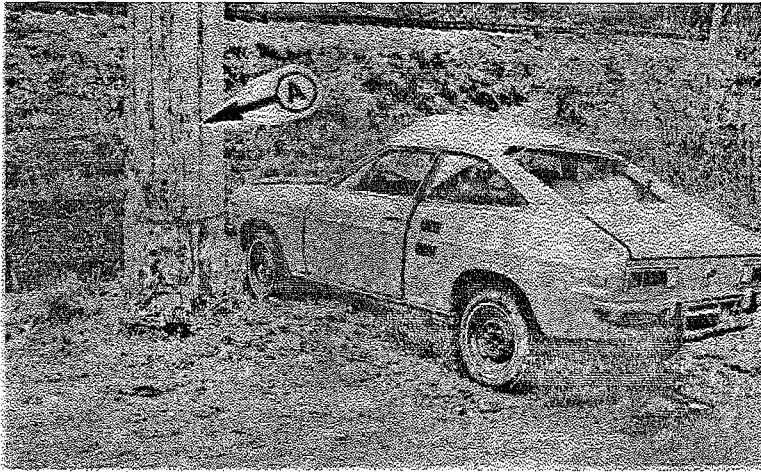
Şekil 2.21 Sorgulama amacıyla kullanılmak üzere kanıtların birbirleriyle ilişkilerini gösteren ölçümlerin alınması.

2.5.2 Arazi krokisi ve ölçekli diyagram hazırlanması

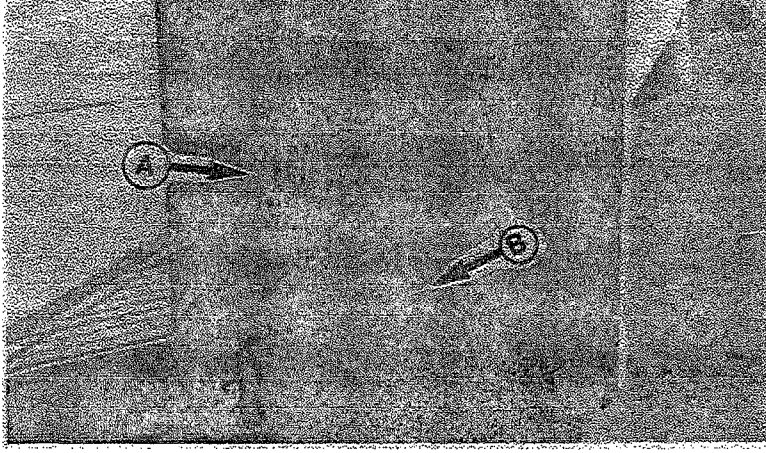
Arazi krokisi genellikle ölçümlerin kaydedilmesi için kullanılan, kaza bölgesine ait, elle çizilmiş ve bölgenin genel özelliklerini gösteren bir haritadır. Bir arazi krokisi için çoğu ölçümler bir referans noktasından alınmalıdır. Referans noktası sabit bir nesne veya nokta olabilir.

Kaza alanına ulaşıldıktan sonra mümkün olan en kısa zamanda bir ilk arazi krokisi hazırlanmalıdır. Bu kroki üzerinde kar, çamur, kan, su içinde bulunan lastik izleri ve diğer kısa ömürlü izler belirtilmelidir. Benzeri şekilde kaza alanından uzaklaştırılması ihtimali bulunan yaralı veya ölülerin, taşıtların ve diğer nesnelere de konumlarının kaydedilmesi gerekmektedir. Benzeri izler sarı marangoz kalemle işaretlenerek, ileride gerekebilecek ölçümlerin yapılabilmesi sağlanmalıdır.

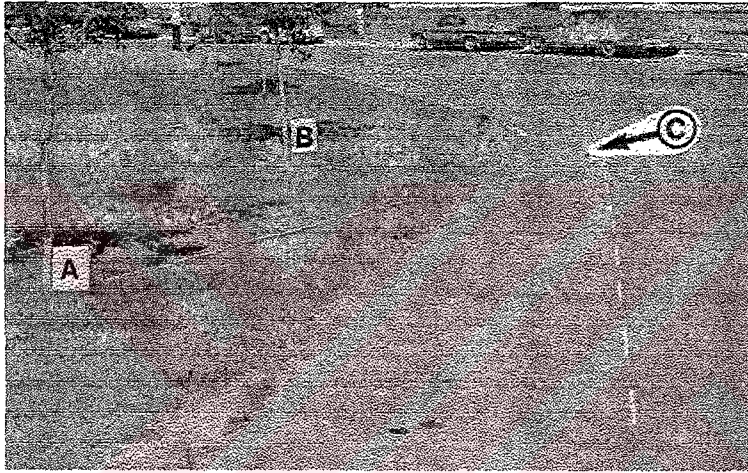
Bir arazi krokisi öncelikle yolun ana hatları ve daha sonra da göreceli olarak diğer her şeyin, taşıtlar, engeller, canlılar, yol kusurları ve diğer nesnelere, gösterilmesiyle oluşturulur. Daha sonra ölçümler yapılarak bu kroki üzerinde belirtilir. Yol kenarları veya bordür taşlarının uzantıları bu ölçümlerde esas olarak alınabilir. Ölçümlerin yapılacağı sıfır noktaları, yangın musluğu, ağaç, kamu direkleri, köprü ayağı gibi, sabit veya belirgin bir referans noktasına bağlanmalıdır. Kesişme noktalarında, köşe noktaları sabit referans noktası olarak kullanılabilir. Kaldırım köşeleri yuvarlaksa, uzatma çizgileriyle, köşe noktaları belirlenerek, yol üzerinde işaretlenir ve referans noktası olarak kullanılabilir.



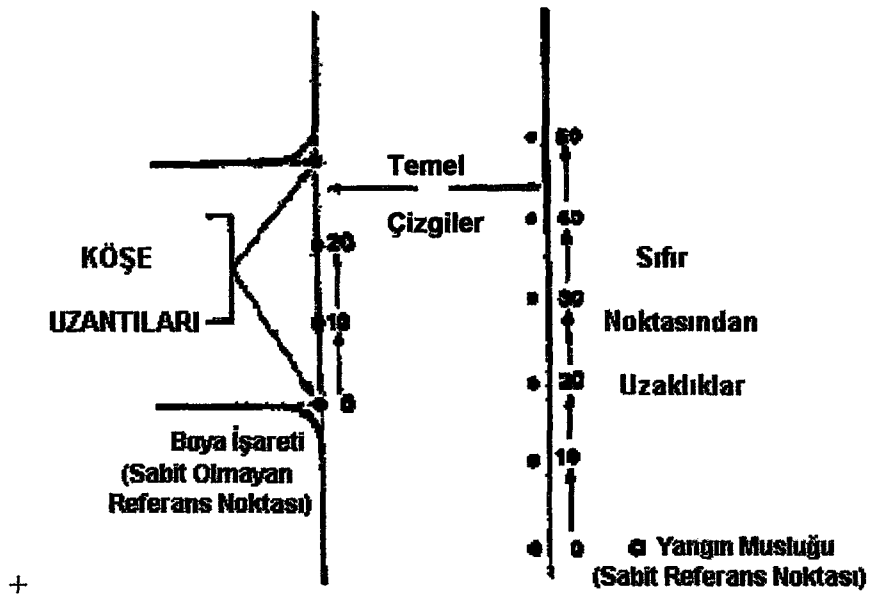
Şekil 2.22 Kazanın konumuyla ilgili somut bir referans noktası oluşturan telefon direği tanıtım numarası, A.



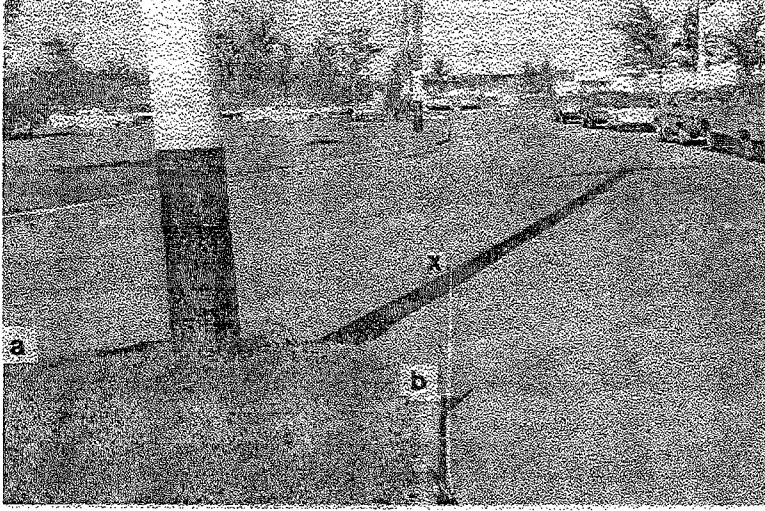
Şekil 2.23 Kazanın konumuyla ilgili somut bir referans noktası olarak kullanılan köprü numarası, A, ve yapım yılı, B.



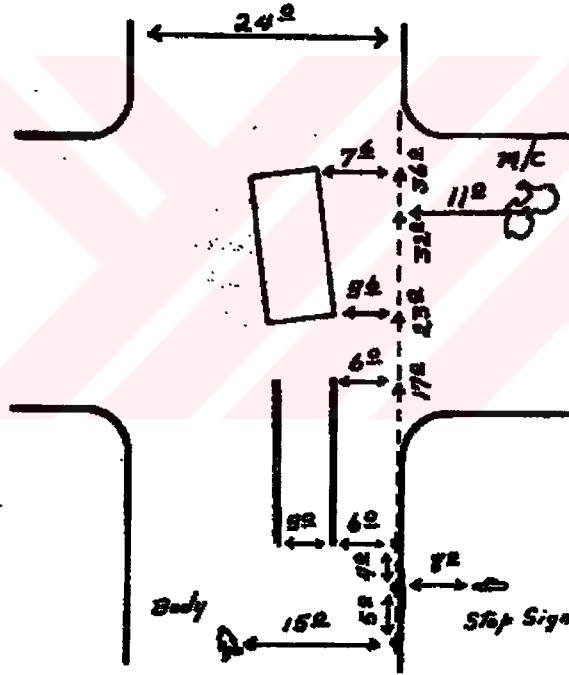
Şekil 2.24 Somut olmayan bir referans noktasının, C, iki somut referans noktasına üçgenleme yoluyla bağlanması.



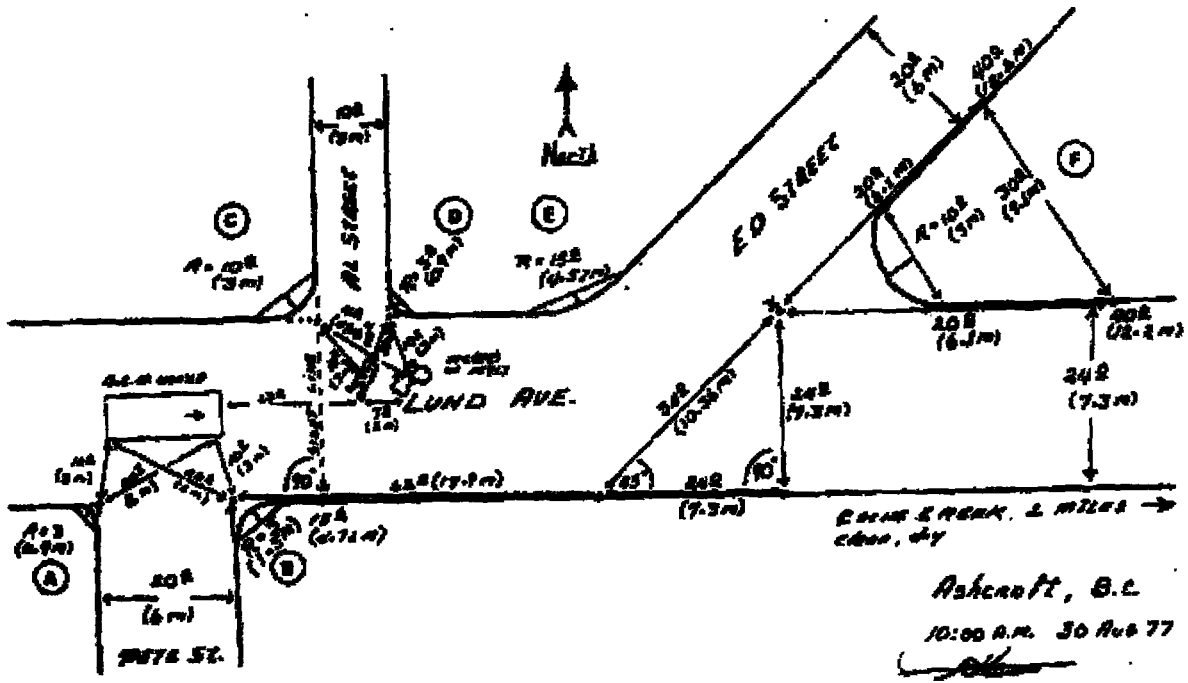
Şekil 2.25



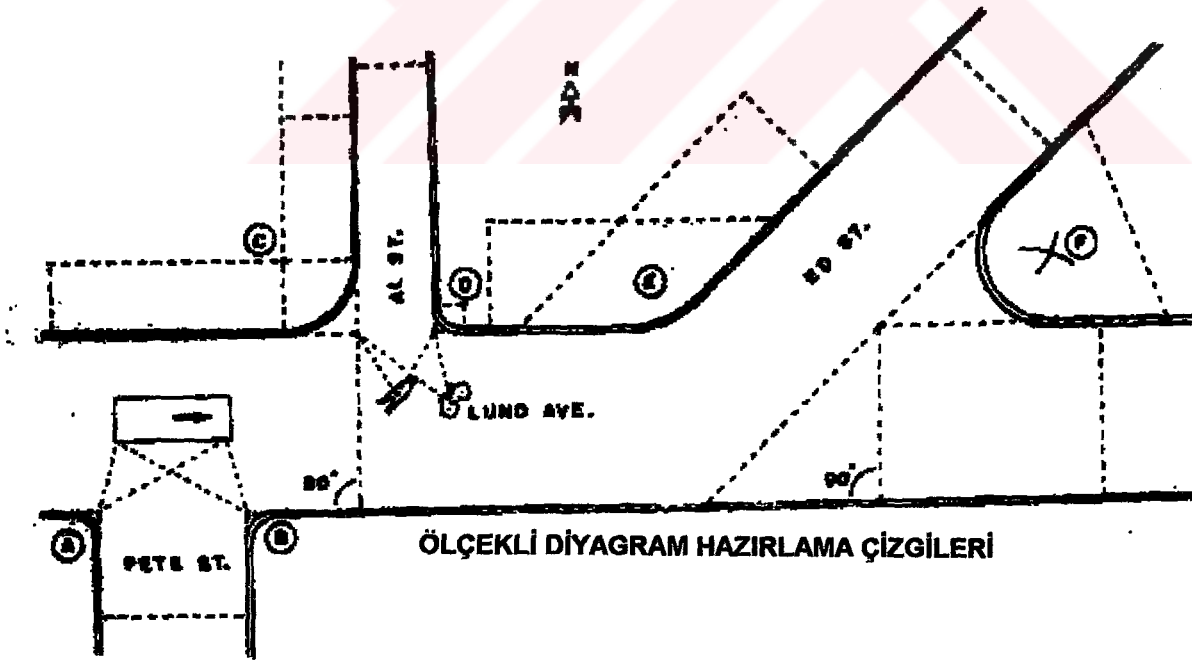
Şekil 2.26 X noktasında somut olmayan bir referans noktası oluşturmak için kullanılan bordür taşı uzantıları, a ve b.



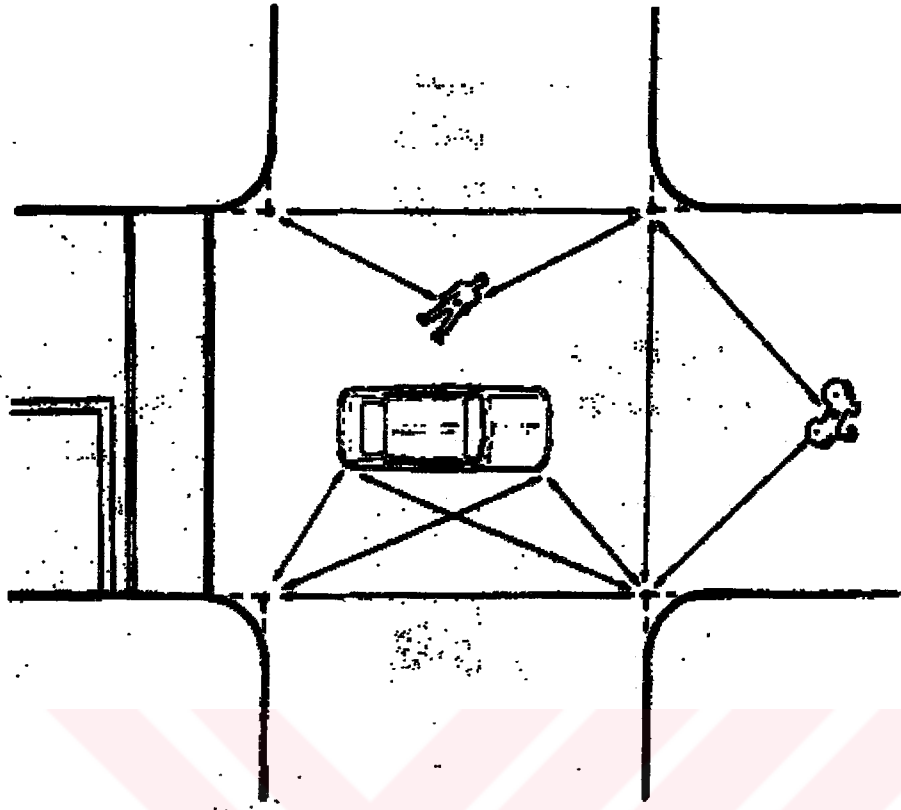
Şekil 2.27 Arazi krokisi üzerinde ölçümlerin kaydedilmesi yöntemi.



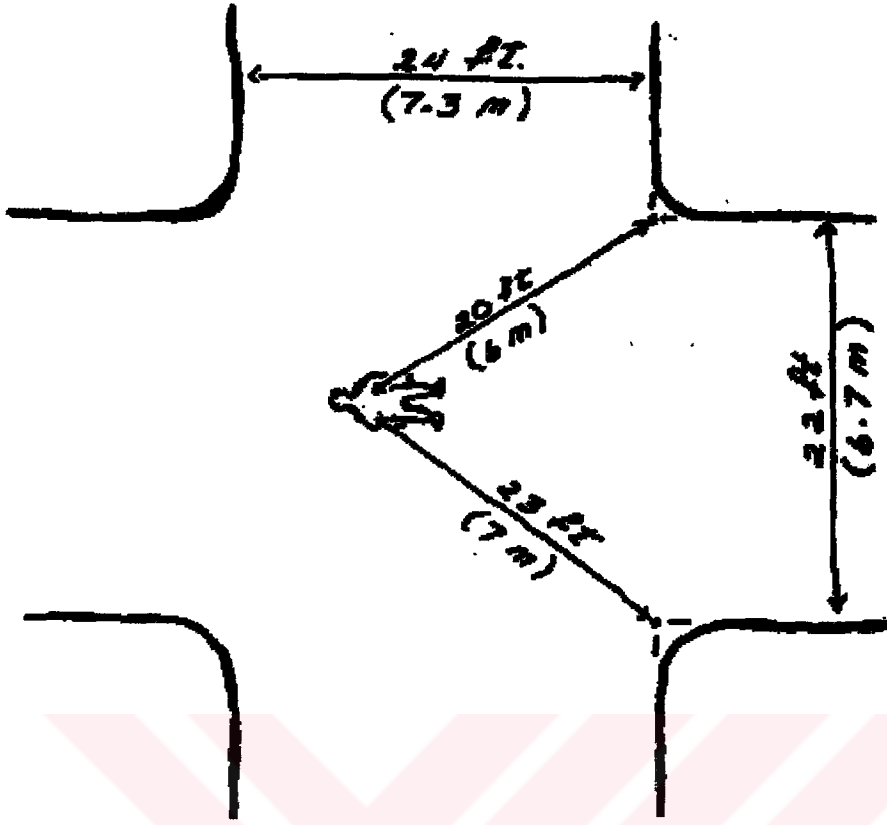
Şekil 2.28



Şekil 2.29



Şekil 2.30 İki somut olmayan referans noktasıyla, iki üçgen kullanarak, taşıtın konumunun sabitlenmesi. Daha küçük nesnelerin konumlarının sabitlenmesi merkezlerinden, üçgenleme metoduyla gerçekleştirilebilir.



Şekil 2.31 Üçgenleme metoduyla küçük bir nesnenin konumunun sabitlenmesi.

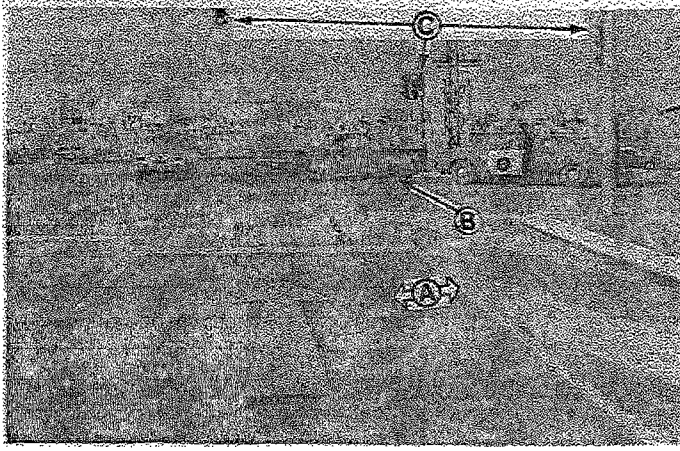
2.6 Olay Yerinin Fotoğraflanması

Olay yerinin fotoğraflanması gözlemlenebilen kaza bilgisi ile ilgili olarak, daha sonra kullanabilmek üzere, belirgin ve doğru bir kayıt sağlayarak sözlü ve yazılı ifadeleri doğrular veya destekler. İki veya daha fazla belirtinin karşılaştırılabilmesine olanak sağlar. Ayrıca olay yerinde bulunan tanıkların veya polislerin olay anını hatırlamalarına yardımcı olur.

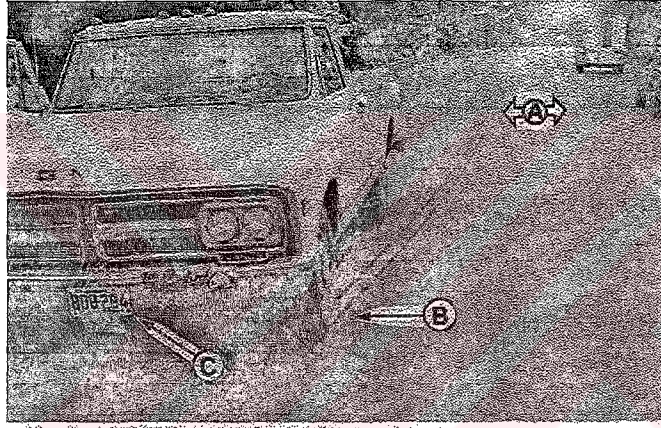
Burada en önemli konu hangi fotoğrafların çekileceğidir. Bunun için de deneyim önemlidir. Her kazada fotoğraf çekilmesi gerekli değildir. Eğer herhangi bir kuşku varsa da o zaman fotoğraf çekilmelidir.

Olay yerine gelen görevliler mümkün olduğu kadar fazla açıdan çekmelidir. Böylece kısa ömürlü izler kaybolmaz. Bir delilin fotoğrafının yerinden oynatılmadan çekilmesi mümkün değilse konumu tebeşirle işaretlenmelidir ki böylece konumunun fotoğrafı da daha sonra çekilebilsin.

Fotoğraf makinası her zaman düz tutulmalıdır. Eğer eğri tutulursa yolda bir eğim olduğu sanılabilir. Taşıt ve yayaların yol kenarları, şerit ve yaya geçitleri ile ilişkilerinin fotoğrafta



Şekil 2.32 Kayma sonucunda, A, taşıtın yol üzerindeki konumunu gösteren bir fotoğraf. Kayma izleri onu oluşturan taşıtla (B) ilişkilendirilmiş ve trafik lambalarının konumu, C, belirtilmiştir.



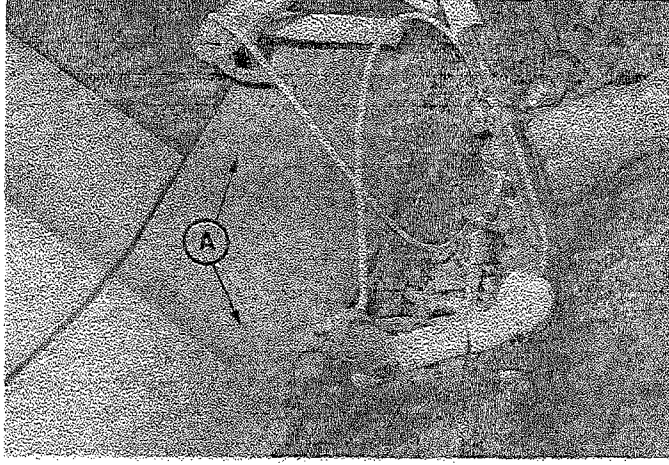
Şekil 2.33 Frenleme sırasında taşıtın yol üzerindeki durumunu (A ve B) ve taşıtın plakasını, C, gösteren bir fotoğraf.

gözükmesi sağlanmalıdır. Fotoğraflarda taşıt plakaları, taşıt hasarları, yol durumu, yol işaretlemeleri, göüşe engel olan nesnelere, trafik kontrol düzenekleri, kayma ve lastik izleri ve diğer izler görülmelidir.

Fotoğraflar yalnızca delilleri belirlemek amacıyla değil bazı belirli delillerin olmadığını göstermek amacıyla da alınmalıdır. Mesela görüşü engelleyecek bir şeyin bulunmadığı gibi.

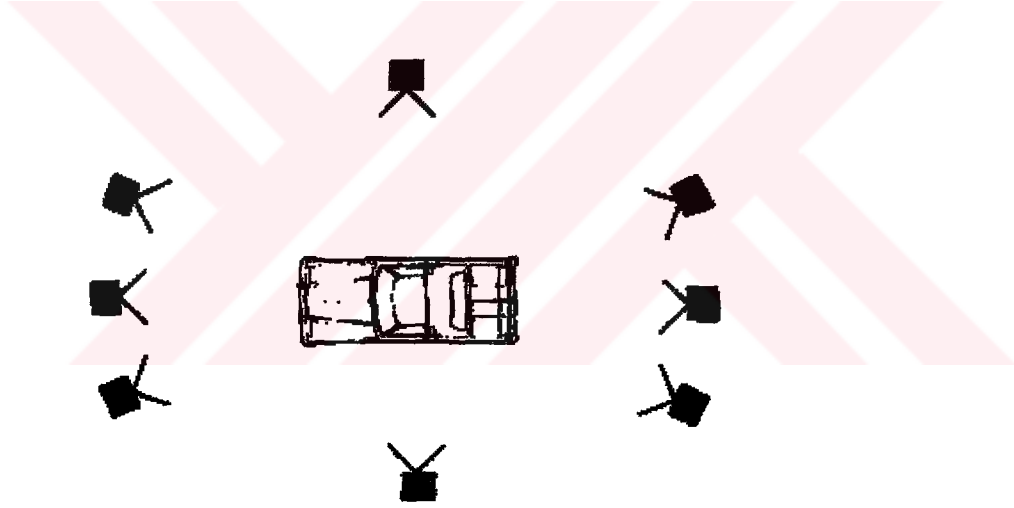
Fotoğraf çekilmesi olay yerinde yapılacak ölçümlerin, hasar ve diğer verilerin alınmamasını gerektirmez.

Birbiriyle eşleşen hasarlar, yol yüzeyinde oluşan hasar ve bunu oluşturan taşıt parçaları, taşıtların kopan parçaları fotoğraflanmalıdır. Yukarıdan çekilebilecek fotoğraflar taşıtlarda bulunan eşleşen hasarların rahatça görülebilmesini sağlar.



Şekil 2.34 Birbiriyle eşleşen hasarlar, A.

Taşıtların fotoğrafları her iki kenar, arka ve önden, hasarın olduğunu ve de olmadığını göstermek üzere çekilmelidir. Hasarı detaylı görüntüleyebilmek amacıyla yakın fotoğraflar da çekilmelidir.



Şekil 2.35 Fotoğraf makinası konumları.

3. TRAFİK KAZALARINDA TAŞIT DAVRANIŞI

3.1 Giriş

Burada amaç, taşıtlarda oluşan hasardan taşıtların çarpışmadan nasıl etkilendiğinin açıklanmasıdır. Trafik kazalarının analizinde, taşıtların çarpışmada nasıl davrandığının belirlenmesi en önemli basamaktır. Bu işlem, taşıtın yol üzerindeki konumu, sürücülerin davranışları veya çarpışma sonucu yol üzerinde oluşan izler dikkate alınmadan, öncelikle yapılmalıdır. Çarpışmada taşıtın davranışı çarpışmanın yol üzerindeki konumunu ve sürücülerin hareketlerini belirlemede yardımcı olacaktır. Taşıtların nasıl çarpıştığının ve son olarak ayrıldığına belirlenmesi çarpışma sırasında neler olduğunu belirleyebilmek için ilk basamaktır.

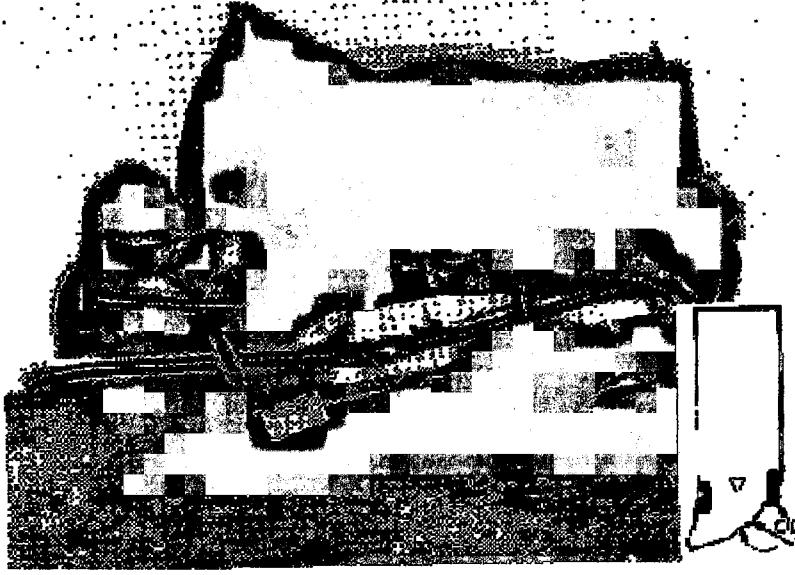
Bu çalışma için gerekli bilgiler genel olarak taşıt hasarıyla ilgilidir:

1. Taşıtların incelenmesi, mümkünse çöküntülerin ölçülmesi. Bu inceleme taşıtın diğer amaçlar için incelenmesiyle birleştirilebilir.
2. Taşıtın incelenmesi ile ilgili diğer raporlar.
3. Fotoğraflar, özellikle uygun şekilde düzenlenmişse, çok yardımcıdır.
4. Taşıtın orijinal boyutları.
5. Teker, tampon, far ve boya döküntüleri gibi taşıt parçaları. Özellikle ikiden fazla taşıtın karıştığı kazalarda çarpma hasarı bölgelerini belirlemek için gerekebilir.

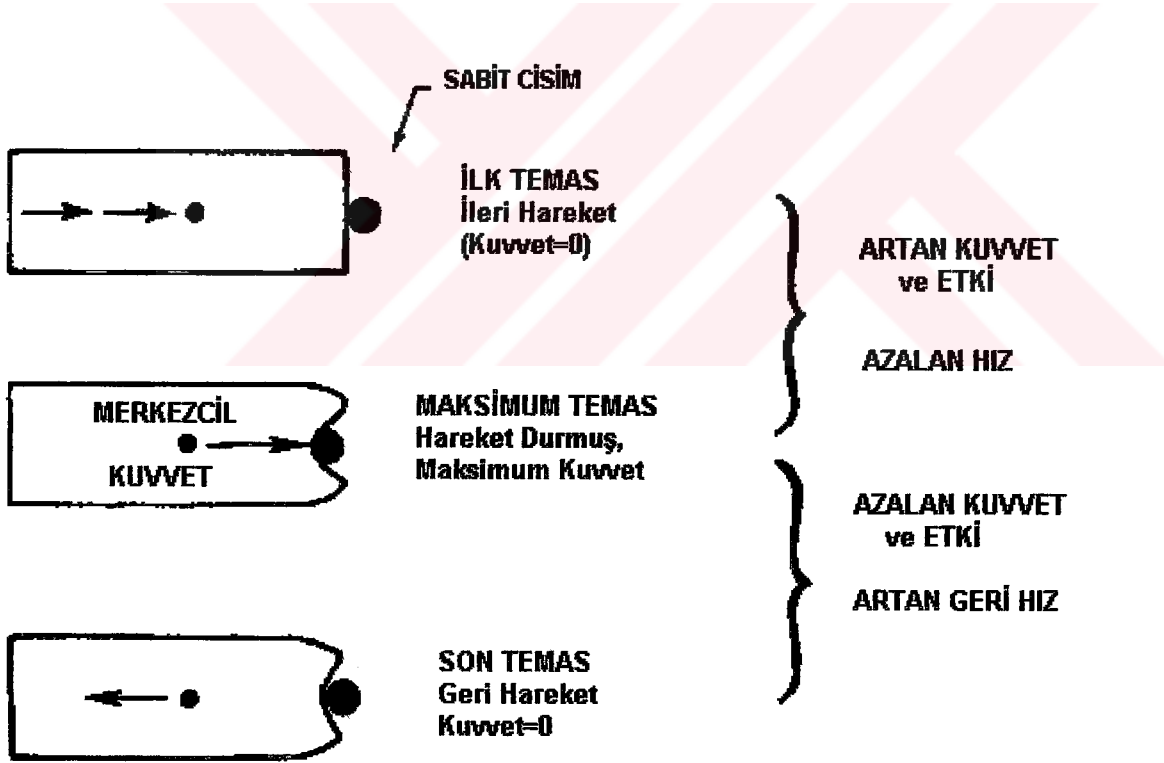
Bu bölümde itme kuvvetlerinin çarpışma sırasında taşıtı ne şekilde hareket etmeye zorladığı açıklanmaktadır. Taşıt davranışının belirlenmesi çarpışmalardaki hız tahmini ve yol üzerinde çarpışma konumlarının belirlenmesinde gereklidir.

Bir çarpışma iki nesnenin birbiriyle temasta olduğu olaylar serisidir.

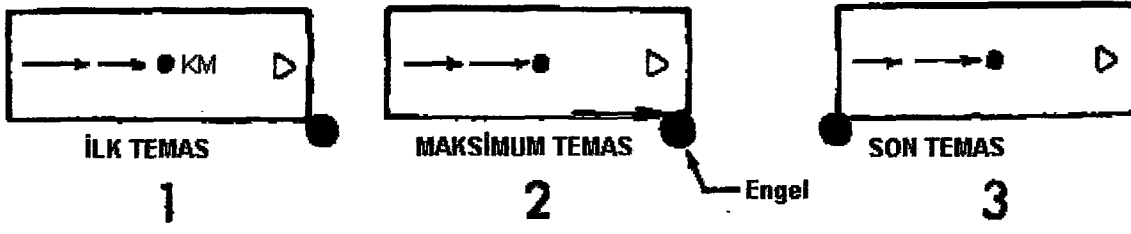
1. İlk temas çarpışmanın başlangıcıdır. Bu anda nesnelar arasında kuvvet oluşmaya başlar.
2. Maksimum birleşme. Şekil 3.1'de gösterilen basit, merkezden, sabit nesneyle çarpışmada, ilk temas sonrasında etkileşim ve kuvvet maksimum birleşmeyle sonuçlanır. Bir an için sabit nesne, taşıt ve taşıtın, kısmen, çarpılan nesneyle temasta olan bölümü maksimum birleşme sırasında durur. O anda taşıt ve nesne aynı hızdadır, yani hızları sıfırdır. Daha sonra taşıtın yapıldığı maddenin elastikiyetine bağlı olarak taşıt geri gider. Çarpışmaya katılan nesnelar ayrıldığında etkileşim ve kuvvet azalır ve son temasa kadar geriye doğru hızı artar. Motorlu taşıtların gövdelerinin elastikiyeti çok azdır, bundan dolayı maksimum birleşme sonrası geri hareketi de çok azdır.



Şekil 3.1 Taşıt hasarı örneği ve deformasyon, temas hasarı, itme kuvveti yönü ve uygulama noktasını gösteren diyagram.



Şekil 3.2 Bir taşıt veya diğer cisim çarpışmaya ilk temas ile başlar, maksimum birleşmeyle devam eder ve ayrılma noktasındaki son temas ile sona erer. Burada komple bir çarpışma gösterilmiştir. Bu, merkezci bir çarpışmadır.



Şekil 3.3 Temas halindeki bölgeler çarpışma esnasında birbirlerine göre harekete devam ediyorsa, bu tam bir çarpışma değildir. Yanal sürtme tam bir çarpışma değildir.

3. Çarpışan nesnel arasındaki kuvvet sıfır olunca, taşıtlar veya diğer nesnel birleşik kalırsa ayrılma veya durma gerçekleşir. Görsel olarak maksimum birleşme sırasındaki deformasyon taşıt hasarı olarak kalır.

Çarpışma iki sınıfa ayrılabilir:

1. *Komple çarpışmada*, çarpışan yüzeylerin bir kısmı çarpışma sırasında aynı hızı kazanırlar. Komple çarpışma, çarpışmaya katılan nesnelere mutlaka yerde durması anlamına gelmez. Şekil 3.2’de bir komple çarpışma görülmektedir.

2. *Kısmi çarpışmada*, çarpışma sırasında yüzeylerin hiçbir önemli parçası aynı hızı kazanmaz.

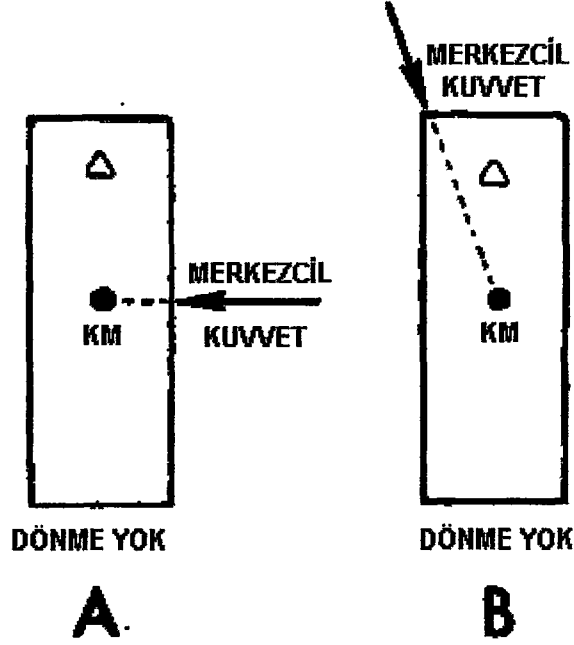
Ters yönde çarpışmalarda komple çarpışma burun buruna, kısmi çarpışma ise yandan çarpmadır.

Motorlu taşıt kazalarında çarpışmaya katılan nesnelere en az birisi motorlu taşıttır. Diğer motorlu taşıt, yaya, bisiklet, sabit nesne veya yol yüzeyi olabilir. Bazı kazalarda aynı taşıt birden çok çarpışmaya karışabilir. Her bir çarpışma az veya çok ayrı olarak ele alınabilir.

3.2 Çarpışma Sırasında Taşıt Hareketi

Çarpışma taşıt ve diğer nesne arasındaki kuvvetleri içerir. Bu kuvvetler, sürtünme kuvvetinin frenleme veya dönme esnasında taşıtın hızını veya yönünü değiştirmesi gibi, taşıtın hızını, yönünü, dönmesini veya hepsini birden etkilerler, ancak çarpma kuvvetleri çok daha şiddetlidir. Sürtünme kuvvetleri yol üzerinde meydana gelen olaylarla ilgili izler bıraktığı gibi, çarpışma kuvvetleri de taşıt hasarı, yayaların yaralanmaları ve yol üzerinde izler oluştururlar.

Aşağıdaki durumları örneklemek için kullanılan şekillerde dolu dış çizgiler taşıtın ilk ve son konumlarını, kesik çizgiler ise ara konumlarını belirtmektedir. Gölge veya taralı bölge duran taşıtı belirtmektedir.



Şekil 3.4 Herhangi bir yönden taşıtın kütle merkezine doğru uygulanan kuvvet taşıtın hızlanmasına veya yavaşlamasına neden olur, ancak dönmesini sağlamaz.

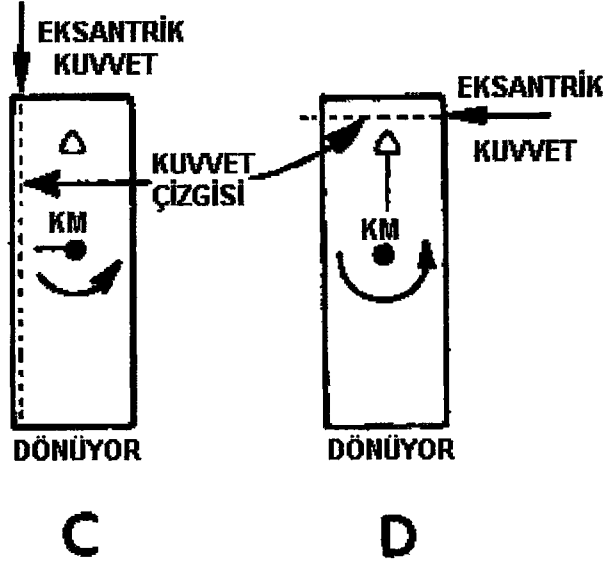
Hız değişimi. Taşıt ve diğer nesne arasındaki itme kuvveti, bazı taşıt parçalarının çökmesiyle sonuçlanır. Bu çökmenin kapsamı;

1. kuvvetin büyüklüğüne ve
2. taşıtın yapısının sağlamlığına bağlıdır. Eğer taşıt Şekil 3.2’de gösterildiği gibi bir nesneye önden çarparsa taşıt yavaşlar ama eğer ona da başka bir taşıt arkadan çarparsa, hızlanır.

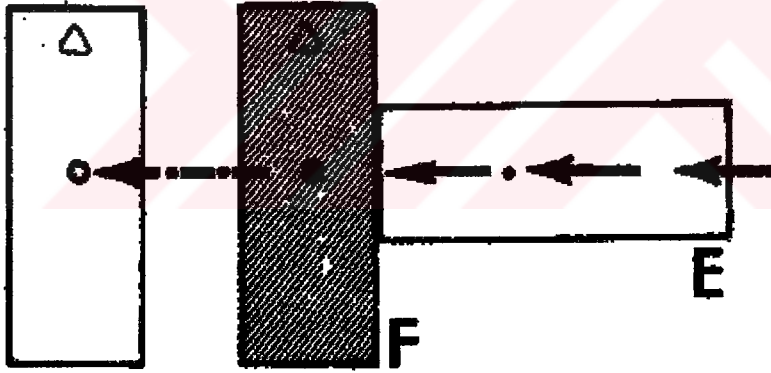
Hızın değişimi kuvvetin büyüklüğü ve taşıtın kütlesine bağlıdır.

Dönme. Hızını değiştirmesinin yanında, itme kuvveti bir nesnenin dönmesine veya spin atmasına neden olabilir. Dönmenin miktarı itme kuvvetinin büyüklüğü, yönü ve uygulama noktasına bağlıdır. Eğer kuvvet direkt olarak kütle merkezine doğru uygulanmışsa taşıt yavaşlar veya hızlanır, ancak dönmez. Bu, merkezlenmiş bir kuvvettir. Genellikle, çarpışma sonucu oluşan kuvvetler az veya ve bu da dönmeye neden olur.

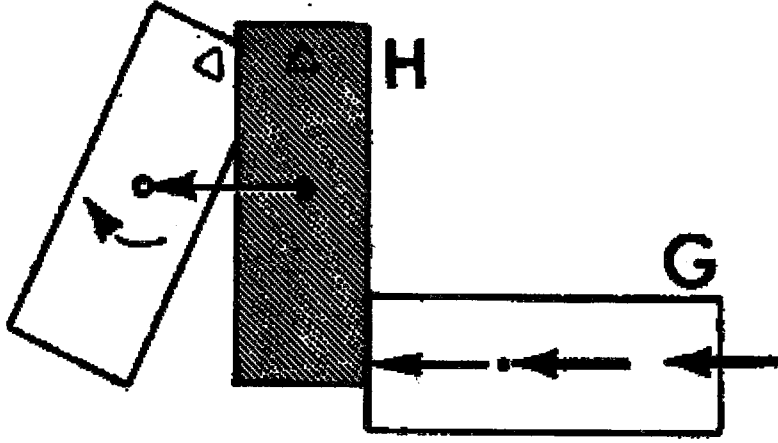
Bir taşıt bir nesneye çarptığında merkezlenmiş bir kuvvet oluşursa, taşıt yavaşlar ve durur, dönmez (Şekil 3.2). Eğer taşıt duruyorsa ve Şekil 3.3’te görüldüğü gibi başka bir taşıt merkezlenmiş bir kuvvet oluşacak şekilde çarparsa, durmakta olan taşıt, F, dönmeden, kuvvet yönünde ileriye doğru itilir. Eğer duran taşıta uygulanan kuvvet Şekil 3.4’de görüldüğü gibi eksantrikse, taşıtın kütle merkezi çarpan taşıtın, G, hareket yönünde ilerler, ama çarpılan kenar diğer tarafa doğru daha hızlı ilerlediğinden, aynı zamanda taşıta bir dönme hareketi verir. Eğer



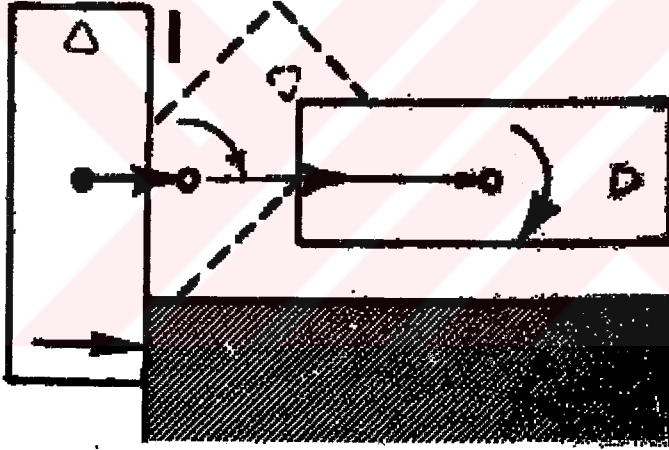
Şekil 3.5 Eksantrik bir kuvvet taşıtın hızlanmasına veya yavaşlamasına neden olur, ancak dönmesine de neden olur. Kuvvet çizgisi kütle merkezinden ne kadar uzaksa dönme de o miktarda fazla olacaktır.



Şekil 3.6 Duran bir taşıta etkiyen merkezci kuvvet, taşıtı kuvvetin yönünde hareket ettirir, ancak dönmeye neden olmaz.



Şekil 3.7 Duran bir taşıta etkiyen Eksantrik kuvvet taşıtı kuvvet yönünde hızlandırır ve hızlıca dönmesine neden olur. olarak merkezden uygulanmışsa, az merkezden uzak uygulanmışsa, çok miktarda dönmeye neden olur.



Şekil 3.8 Sabit bir nesneye eksantrik bir kuvvet oluşturacak şekilde çarpan hareketli bir taşıt hareket yönünde yavaşlar ve döner.

taşıtı, I, Şekil 3.8'de görüldüğü gibi yana doğru ilerlerken sabit bir nesneye, J, çarparsa taşıtın merkezi ilerlemeye devam eder ama çarpılan ucu yavaşlar ve taşıt dönmeye devam eder.

Yön Değişimi. Şekil 3.7 ve 3.8'de kuvvet taşıtın en uç kısmına uygulanmaktadır. Bu kuvvet çok fazla bir dönme hareketi oluşturur ve taşıt çarptığı engelden hemen ayrılarak, taşıtın kütle merkezi uygulanan kuvvetle aynı yönde veya normal hareket yönünde ilerlemeye devam ederken aynı zamanda da dönme hareketi yapar.

Çoğu taşıt kazalarında, kuvvet taşıtın ileri hareketiyle oluşur ve taşıtın ön ucu engele çarpar. Pek sık rastlanmayan tam merkezden çarpışmalar haricinde, taşıt Şekil 3.2’de görüldüğü gibi ileri doğru giderken eksantrik bir kuvvet oluşur. Eğer çarpışma noktası çok azsa ve yalnızca kısmi çarpışma oluşmuşsa taşıt çok az bir yön değişimiyle Şekil 3.3’de olduğu gibi yoluna devam eder.

Diğer taraftan, kuvvet yalnızca az miktarda eksantrikse ve komple çarpışma oluşmuşsa, taşıt aynı yönde hareketine devam edemez. Taşıtın bir kenarı durur ve diğer kenar hareketine devam eder (Şekil 3.9). Taşıt duran kısmı etrafında döner (Şekil 3.9-2) ve ortaya çıkan bu dönme hareketi taşıtın ayrılmadan önce yeni bir yön almasına neden olur (Şekil 3.9-3). Eğer taşıtın Şekil 3.9’daki dönmesi bir kenara yerine yukarı doğru olsaydı, bu bir devrilme veya takla atma olurdu.

Çarpışma sonrası taşıtın yeni bir yönde harekete başlaması eksantrik çarpışmanın önemli bir sonucudur.



Şekil 3.9 Bir taşıt, eğer sabit bir cisme çarparak eksantrik bir kuvvet oluşturursa, taşıt cisim etrafında döner ve bu dönme, taşıta ayrılma öncesinde yeni bir yön kazandırır.

Çarpışma sırasında taşıtın konumu değiştikçe taşıta uygulanan itme kuvvetini yönü de değişecektir. Kuvvetin uygulandığı bölge de değişebilir ki, bu da kısmi çarpışmanın temel bir karakteristiğidir. Kısmi çarpışmada temas halindeki hasarlı bölgelerin birbiri arasındaki hareketi hiçbir zaman durmaz. Temas halindeki bölgeler arasındaki hareket yalnızca komple çarpışmada durur.

3.2.1 Hareket halindeki taşıtın sabit nesneye çarpması

Şekil 3.9'da olduğu gibi hasar fazlaysa ve taşıtın sol ön kısmından arkaya doğru çökme oluşmuşsa kuvvet büyük ve eksantriktir. Çöküntünün büyüklüğünden uygulanan kuvvetin taşıtın hızını büyük miktarda değiştirecek kadar büyük olduğu görülmektedir.

Bu gibi çarpışmalarda:

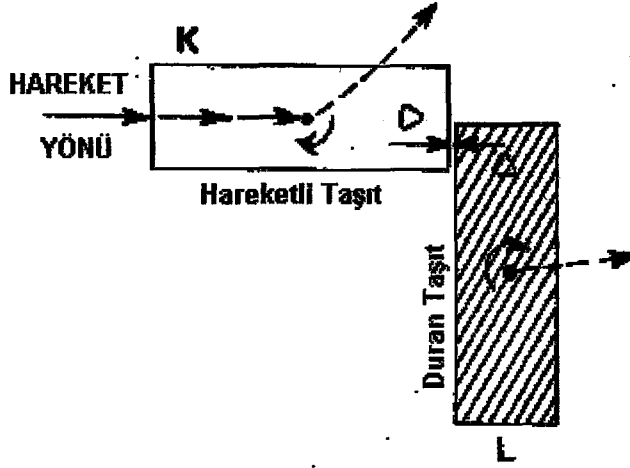
- Kimin çarptığı gibi bir soru yoktur.
- Çarpışma sırasında oluşan kuvvetin yönü taşıtın hareket yönüyle aynıdır.
- Çarpışma sonrası oluşan bütün hasar ve taşıtın hareketinden kaynaklanmaktadır. Bu toplam enerji çarpan taşıtın hızının bir göstergesidir.

3.2.2 Hareket halindeki taşıtın duran taşıta çarpması

Şekil 3.10'da hareket halindeki taşıtın, K, duran bir taşıta, L, dik açıyla çarpması görülmektedir. K'ya uygulanan kuvvet sağ ön taraftan, K'nın hareketinin tam ters yönünde olmaktadır. L'ye uygulanan kuvvet sol ön köşeden, K'nın hareket yönünde olmaktadır. K'ya göre L sabit bir nesne gibi davranır. Çarpışma sırasında K yavaşlar, uygulanan kuvvet eksantrik olduğundan dolayı döner ve sol ön tarafa doğru eğrisel olarak ilerler. L sabit bir nesne olmadığından dolayı, uygulanan kuvvetin yönünde ileri doğru itilir. L'ye uygulanan kuvvet oldukça eksantrik olmasından dolayı saat yönünde hızlıca döner.

Duran ve hareket eden iki taşıt arasındaki çarpışmalarda:

- Hareket halindeki taşıt duran taşıta çarptığından, kimin çarptığıyla ilgili bir soru olamaz.
- Duran taşıta uygulanan ilk kuvvet hareket eden taşıtın hareket 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 üzerindeki temas noktası, taşıtlar arasındaki açı ve hareketli taşıtın ilerleme yönüne göre açısına bağlıdır.
- İki taşıtta oluşan hasar hareketli taşıtın enerjisine atfedilerek, eğer taşıtların ikisi de çarpışma sonrası fazla hareket etmemişlerse, taşıtlardaki hasarlardan hareketli taşıtın çarpma anındaki hızı hesaplanabilir.



Şekil 3.10 K Hareketli ve L duruyorken, ilk temas konumunda L'ye etkiyen kuvvet K'nın hareket yönünde olacaktır. Her ikisi de aynı, saat yönünde, dönecektir.

3.2.3 İki taşıtın da hareket halinde olması durumu

Eğer çarpışma sırasında her iki taşıt ta hareket halindeyse, ikisi de birbirinde hız, dönme ve yön değişimine neden olur. Şekil 3.8'de benzer taşıtlar, K ve L, ikisi de hareketlidir ve birbirlerine göre aynı dik açıyla hareket etmektedirler, ancak K L'den daha hızlı hareket etmektedir. İlk itme kuvvetinin yönü, daha hızlı olan taşıtın (Şekil 3.8'de K, Şekil 3.9'da L) hareket yönüne daha yakındır.

Eğer iki taşıt ta aynı hızda olsalardı (Şekil 3.10), ikisine etkiyen kuvvetin yönü de iki taşıta ve de hareket yönlerine aynı açıyla oluşacaktı, ancak her ikisinin de hareket yönüyle aynı yönde olmayacaktı.

Şekil 3.10'da, iki taşıtın da çarpışma kuvvetleri eksantriktir. Taşıtlar ters yönde dönerler. Çarpışma sırasında taşıtlara uygulanan itme kuvveti düzenli olarak değişir, böylece maksimum birleşme sırasındaki itme kuvveti yönü ilk temas sırasındakiyle aynı değildir.

Eğer hareket eden iki taşıt çarpışırsa:

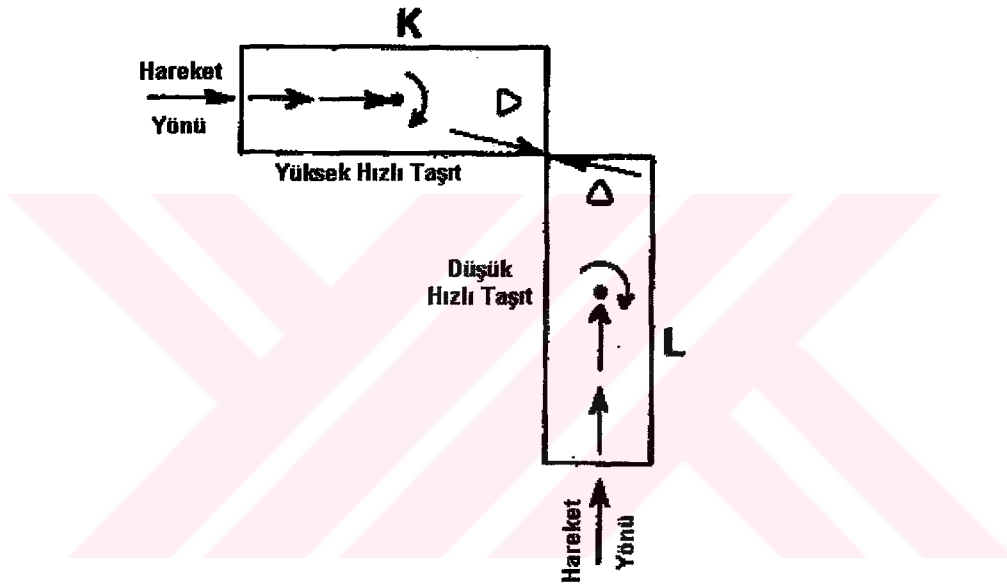
- Hangi taşıtın hangisine çarptığının tartışılması gereksizdir, ikisi de birbirine çarpmıştır.
- Her iki taşıta uygulanan itme kuvvetinin yönü yaklaşma yönleriyle aynı değildir (Aynı veya ters yönde çarpışmalar hariç).
- Yavaş veya hafif olan taşıtın hareketi çarpışmadan diğerine göre daha fazla etkilenmiştir.
- Taşıtlardaki hasar süratlerinin de belirtisi değildir.

Bir çok kişi bir çarpışmada ilerleme yönüyle kuvvetin yönünü karıştırmaktadır. Bu ikisi arasındaki farkın hatırlanması çok önemlidir.

3.3 Taşıtlarda Oluşan Hasar

Hasar ve hareket. Yalnızca taşıtlardaki hasar yardımıyla, çarpışmaya katılan iki taşıttan hangisinin daha hızlı hareket ettiği belirlenemez. P ve Q iki taşıtı ele alalım. P hareketli ve Q duruyorken, ve de Q hareketli P duruyorken veya her ikisi de hareketliyken aynı hasar oluşabilir.

Hasar, taşıttın parçalarını deforme eden çarpışma kuvvetleri tarafından oluşturulur. Çarpışma

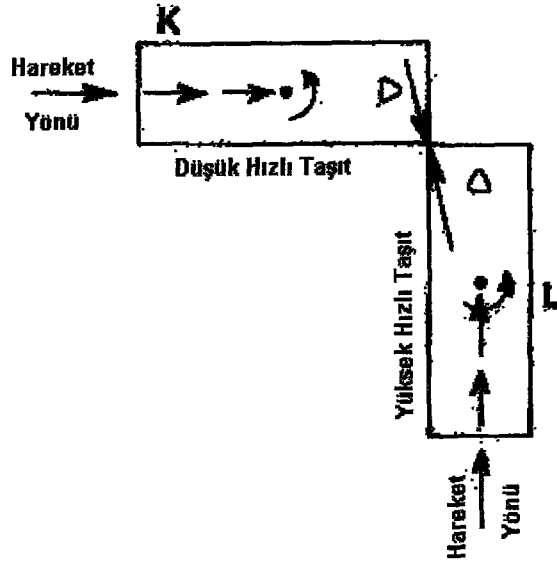


Şekil 3.11 Çarpışma anında her iki taşıttın da hareketli olması halinde etki kuvveti herhangi birinin hareketine bağlı olarak değişmeyecektir. Her bir taşıttın hareketi diğerinin hareketini etkileyecektir.

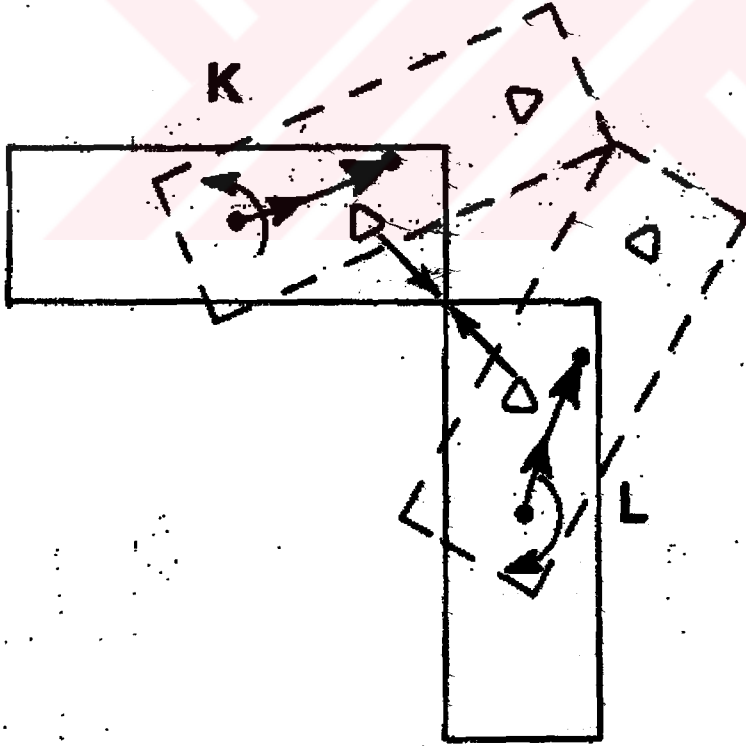
sırasında, her anda, P'ye etkiyen kuvvet Q'ya etkiyen kuvvetle eşit, ancak ters yöndedir. Temas bölgesinde bulunan parçalardan en zayıf olanı öncelikle ve en çok hasar görecektir.

İki taşıttın çarpışmasında değişik taşıttın hızlarıyla aynı hasarın oluşması için üç koşul gereklidir:

1. Taşıtların ilk temas konumu aynı olmalıdır.
2. Taşıtlar birbirlerine aynı yönden yaklaşıyor olmalıdır.
3. Yaklaşma hızı aynı olmalıdır.



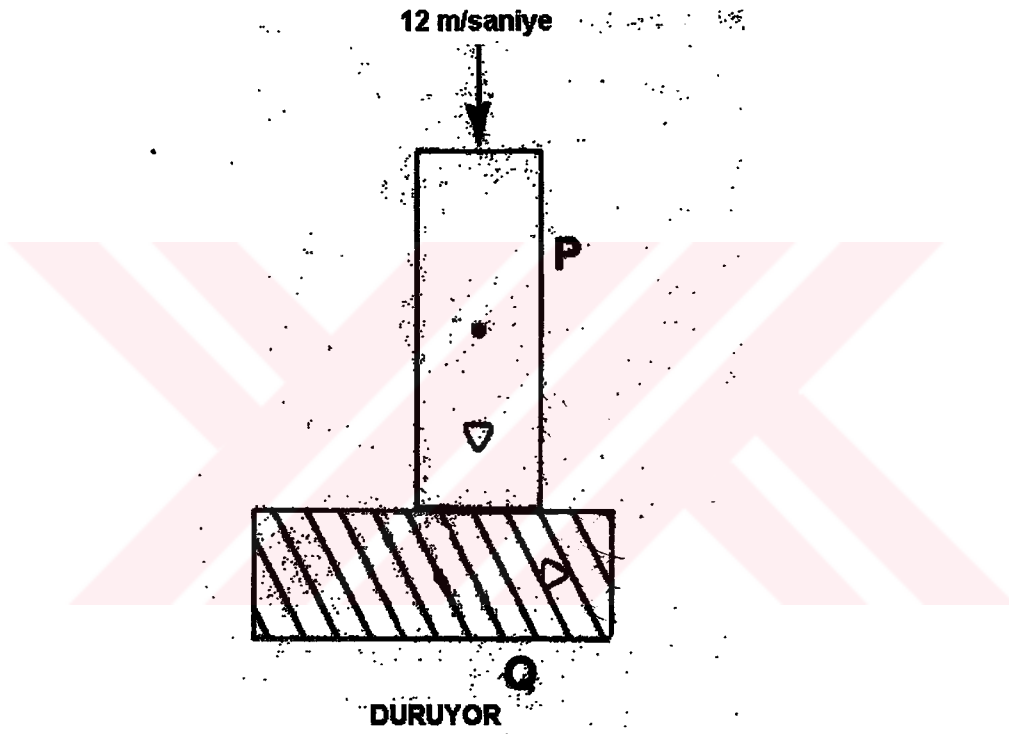
Şekil 3.12 Benzer iki taşıtın dik bir açıyla köşelerden çarpışması sonucunda itme kuvveti daha hızlı olan taşıtın hareketine bağlıdır.



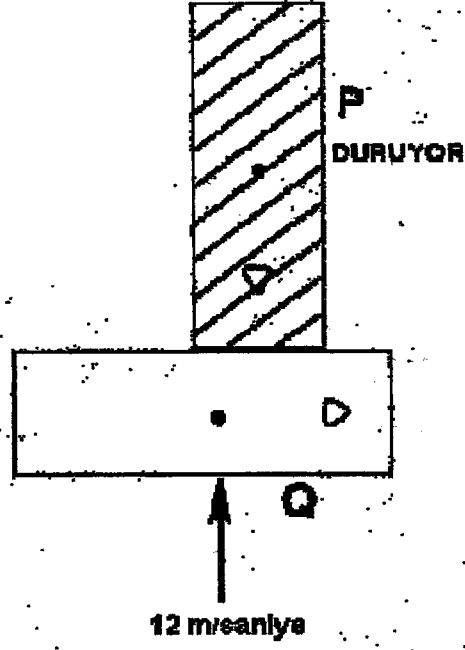
Şekil 3.13 Benzer taşıtların, eşit hızlarla çarpışması durumu.

Şekil 3.14, 3.15 ve 3.16 bunun nasıl olabileceğini göstermektedir. Her üç durumda da sonuç hasarı aynı olacaktır, ancak iki taşıtın yerdeki konumları ve hareketleri farklı olacaktır. Hasar taşıtların, yola göre değil, birbirine göre hareketlerini belli eder. Bunun için ek bilgiler gereklidir.

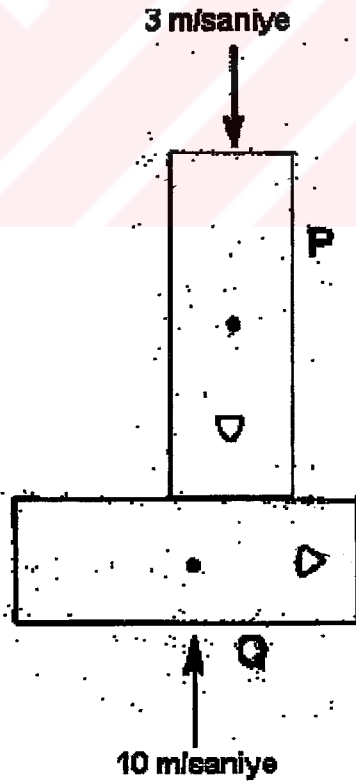
Hasar ve hız. İki taşıtın çarpışmasında, daha sağlam olan taşıt daha az hasar görür. Çarpışan taşıta etkiyen kuvvetler eşit ve ters yönde olduğundan, daha zayıf yapılı olan daha fazla zarar görür. Burada taşıtların hareketli veya duruyor olmalarının da bir etkisi yoktur.



Şekil 3.14 Taşıt P ve Q'ya aynı kuvvet etkiyecektir. Toplam hasar her ikisinin de hızını ve yapısal dayanıklılığını yansıtacaktır.



Şekil 3.15 Yaklaşma oranı ve sonuç hasarı Şekil 3.11'deki örnek ile tamamen aynı olacaktır.



Şekil 3.16 Her iki taşıt ta, Şekil 3.11 ile aynı yaklaşma açısıyla, birbirine yaklaşmaktadır. Sonuç hasarı Şekil 3.11 ve 3.12 ile benzer olacaktır.

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

Çarpışma ilerledikçe, taşıtlar değişik oranlarda veya değişik yönlerde dönerler. Dolayısıyla aralarındaki kuvvetlerin yönü değişir. Taşıt parçalarının ezilmeleri yönünde uygun değişim oluşur. Maksimum birleşme anında taşıtlar arasındaki kuvvet maksimum iken, ezilmenin yönü bir taşıtın son yönünü ve çökmeyi diğerine iletir. 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.

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

Eğer temas hasarı lekeli, kazıntılı veya aşınmış ise temas sırasında yüzeyler arasında hareket oluşmuştur.

Temas hasarından biri küçük veya kısa, diğeri büyüse, kenetlenme sırasında hareket veya kayma oluşmuştur. Sabit bir nesneyle çarpışmada bu durum belirgindir. Bir taşıtın köşesi hareketli bir diğer taşıtın yanından çarparsa köşedeki hasar yalnızca birkaç santim genişliğindeyken, diğer taşıttaki hasar yan kısmın 10 cm veya daha fazla uzunlukta bir bölgesine uzanabilir.

Taşıtlardan biri üzerinde uzun, diğesinde kısa temas hasarı bölgesi genellikle yanal çarpma veya tam olmayan çarpışmayı belirtir.

3.4 Çarpışma Analizi

Başlangıç için en güvenilir bilgi taşıtlardaki hasar ve boyutlarıdır. Belirli bir çarpışmada taşıt davranışının belirlenmesinin 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, 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 büyüklükte olduğu kadar yüksek miktarda olmaz.

İtme kuvvetinin büyüklüğünün, taşıtın incelenmesinden veya resimlerden, yaklaşık olarak 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 diğerine göre maksimum temas konumu bu şekillerden elde edilebilir. Bu işlemin iki basit kuralı vardır:

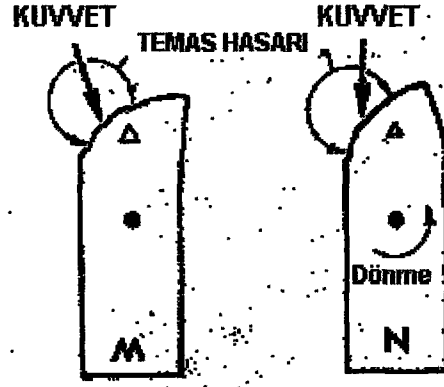
1. Her bir taşıtın temas hasarı bölgesindeki en büyük çöküntü, diğer taşıtın temas hasarı bölgesindeki en büyük çöküntüye karşılık gelmelidir.
2. İtme kuvveti yönleri aynı eksen üzerinde olmalıdır; taşıtlardan birine uygulanan itme kuvveti, diğerine uygulanan itme kuvvetinin tam tersi yöndedir.

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 3.17'deki iki taslak birleştirilerek Şekil 3.18'deki gibi maksimum temas diyagramı oluşturulur. Bu özel durumda, N'ye eksantrik kuvvet etkirken, M'e etkiyen kuvvet eksantrik değildir. Eksantrik kuvvetin etkidiği N dönerken, M dönmez. Bu sebeple, taşıtlar arasındaki açı çarpışma sırasında değişir.

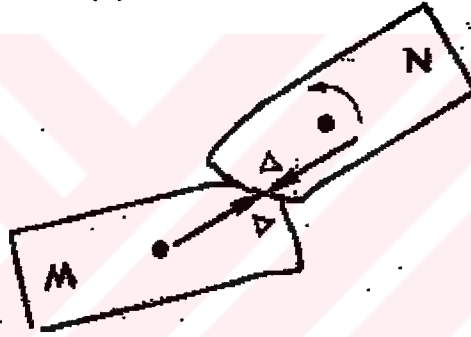
İlk temas konumu, Şekil 3.19'da görüldüğü gibi olacaktır. Taşıt N çarpışma sırasında döneceğinden, ilk temas sırasındaki açı daha küçüktür.

Ayrılma konumu, taşıtlar ayrılmadan önce, yaklaşık olarak Şekil 3.20'de görülmektedir. Taşıt N diğer taşıttan daha fazla döneceğinden konumu da daha fazla değişecektir.



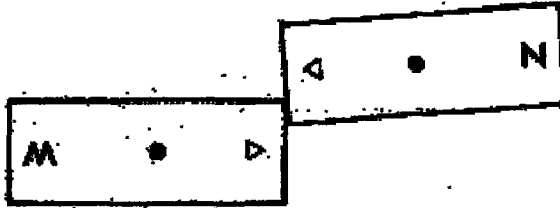
Şekil 3.17 Şekilde taşıtların, izlenimlere bağlı olarak, temas hasarı bölgeleri, itme kuvveti yönleri ve dönmeleri görülmektedir. Bu diyagramlar çarpışma analizinin ilk basamağıdır.

MAKSİMUM TEMAS KONUMLARI

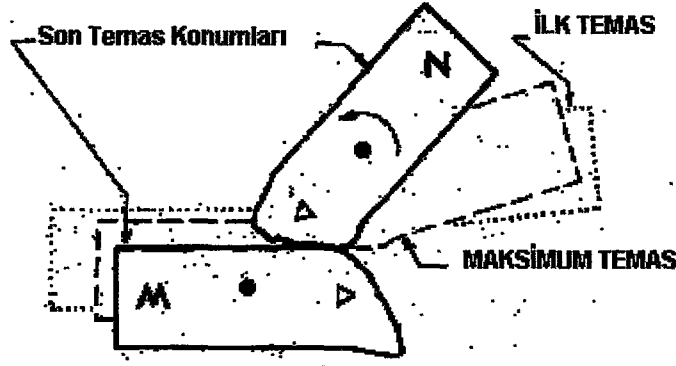


Şekil 3.18 Maksimum temas konumu çökme hasarı ve itme kuvveti diyagramları yardımıyla elde edilmiştir.

İLK TEMAS KONUMLARI



Şekil 3.19 Bir çarpışmada taşıtların göreceli dönmeleri maksimum temas kuvveti yönüne bağlı olarak ilk temas konumlarını belirler.



Şekil 3.20 Taşıtların göreceli dönmeleri, aynı zamanda, ayrılma konularını belirler.

Analizin bu basamağına kadar taşıtların temas sırasında birbirlerine göre konumları hakkında çok şey söylenmesine karşın çarpışma öncesi ve ayrılma sonrasındaki taşıtların hareketleri hakkında hiçbir şey söylenmedi.

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 hızlı yaklaştığı hakkında fikir edinilebilir, ancak hangisinin ne kadar hızlı gittiği hakkında tahmin yapılamaz.

Farklı Taşıtlar. Çarpışma sırasında her zaman için taşıtlar arasındaki kuvvetler eşit ve ters yöndedirler. Eğer taşıtlar benzerse ve kuvvetlerin eksantrikliği eşitse taşıtların çarpışma sırasındaki dönmeleri de aynı olacaktır. Bu durum simetrik çarpışma olarak adlandırılabilir. Eğer taşıtlar arasındaki kuvvetlerin eksantrikliği eşitse, ancak taşıtlar benzer değilse eşit kuvvetlerin taşıtlar üzerindeki etkisi aynı değildir. Hafif bir taşıt ağır bir taşıta oranla daha fazla etkilenir ve daha çok döner. Taşıtların çarpışma sırasında hasar görmüş olması temas öncesi ve temas anında birbirleri arasında hareket oluştuğunu gösterir. Herhangi birinde fazla hasar oluşması hareketin ani olduğunu gösterir. Taşıtlardan birinde fazla hasar olması, o taşıttın hızı hakkında bilgi vermez. Yalnızca fazla hasar gören taşıttın yapısının daha zayıf olduğunu belirtir.

Taşıtların çarpışma sırasındaki hareketlerinin analizi ancak diğer bilgilerle birlikte bir anlam taşımaktadır. Yolda bulunan izlerden iki taşıttın çarpışması ile ilgili bir teori oluşturulursa, bu teori taşıt hareketlerinin çarpışma analizi sonucu elde edilen bilgilerle karşılaştırılarak test edilebilir.

3.5 Sistematiik Prosedür

Tipik bir trafik kazası analizinde, yukarıda anlatılmış olan işlemler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Her bir taşıtın ölçekli ve tercihen kaza sonrası krokiyle aynı ölçekte bir taslağı çizilmelidir.
2. Her bir taşıtın hasarı (veya hasar fotoğraflar) incelenerek, hasarlar taslak üzerinde gösterilmelidir.
3. Taslak üzerinde, Şekil 3.1'de gösterildiğı gibi, temas hasarının genişliğı belirtilmelidir.
4. 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 tasla üzerinde ok işareti ile gösterilmelidir. Bunun düzgün olarak yapılabilmesi için hasarın değişik görüş notalarından incelenmesi gerekir.
5. İtme kuvvetinin kütle merkezine göre yeri belirlenmelidir. Bu, maksimum temas sırasındaki eksantrikliğı verir ve taşıtın dönmesini belirtir. Taslak üzerinde eğimli bir ok ile taşıtın kütle merkezi etrafında dönme yönü belirtilmelidir.
6. Taşıtlar taslak üzerinde maksimum temas konumunda bir araya getirilmelidir.
7. Çarpışmaya katılan taşıtların dönme yönü ve oranı karşılaştırılmalıdır. Bu şekilde ilk temas ile maksimum temas arasında taşıtlar arasındaki açı değışimi belirlenebilir. İlk temas konumunu belirlemek amacıyla orijinal (hasarsız) taslakların konumları ayarlanmalıdır.
8. Aynı işlem taşıtların ayrılma sırasındaki konumlarının belirlenmesi için yapılmalıdır.
9. Kaza sonrası durum krokisi incelenerek, ilk temas konumunun belirtileri incelenmeli, özellikle lastik izlerindeki düzensizlikler ve sabit nesnelere üzerindeki izler belirlenmelidir.
10. Her bir taşıtın maksimum birleşme konumundan son konumuna ne şekilde hareket ettiğı belirlenmelidir. Taşıtın ne şekilde dönmesi ve hareket etmesi gerektiğı gözönünde bulundurulmalı, hatta kuvvetin yönü tekrar analiz edilmelidir.
11. Kazaya ait bütün işaretler incelenmeli, kazaya ait olmadığı düşünölenlerin sebebi açıklanmalıdır.

4. TRAFİK KAZALARINDA TAŞIT HIZININ HESAPLANMASI

4.1 Taşıt Hızının Belirlenmesinde Kuvvet Bağlantı Faktörü ve Sürtünme Katsayısı

Frenleme sonucu taşıtın yavaşlama oranı trafik kazası analizinin önemli ilgi alanlarından biridir.

Taşıtın yavaşlama oranıyla birlikte yavaşlama mesafesi biliniyorsa taşıtın ilk hızı aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir:

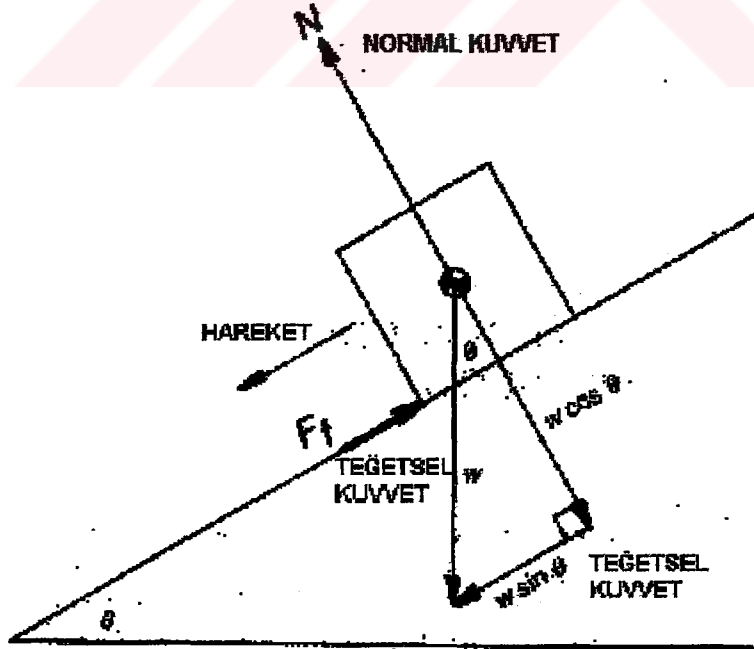
$$v_i = \sqrt{v_e^2 - 2ad} \quad (4.1)$$

$$a = fg \quad (4.2)$$

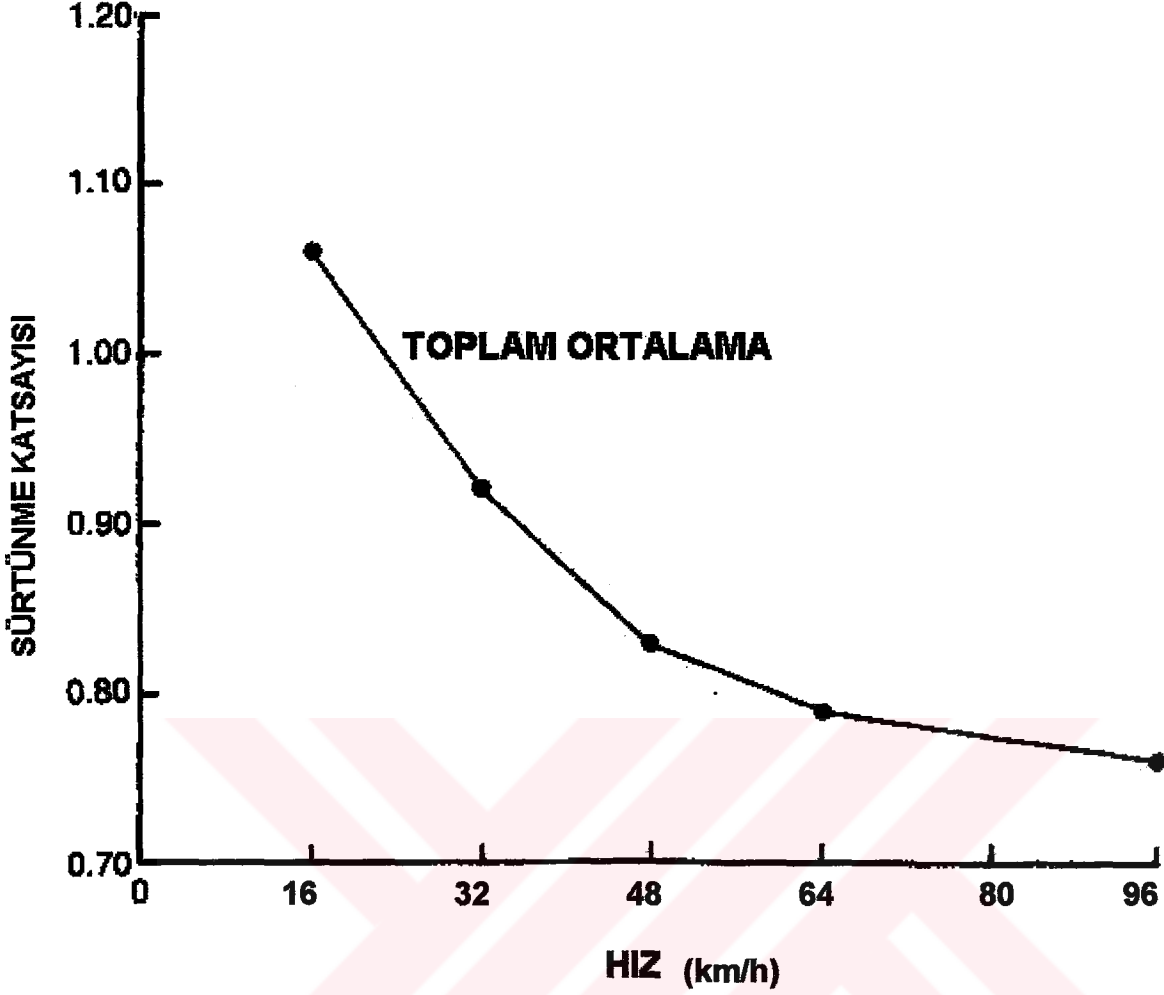
Burada kuvvet faktörü ve sürtünme katsayısının nasıl elde edildiği incelenmektedir. Sürtünme katsayısı lastik-yol arasındaki yavaşlatma kuvvetiyle ilgiliyken, kuvvet yararlanma faktörü bütün taşıtın yavaşlamasıyla ilgilidir. Kuvvet yararlanma faktörü ve sürtünme katsayısı bütün dört tekerli taşıtlar için genellikle benzerdir.

4.1.1 Sürtünme katsayısı

Sürtünme, birbiriyle temas halinde olan iki yüzey arasında harekete karşı oluşan direnç



Şekil 4.1 Taşıta etkiyen kuvvetler



Şekil 4.2 Otomobillerde artan hızla birlikte sürtünme kuvvetinin azaldığı görülmektedir (Fricke, 1990).

kuvvetidir. Sürtünme katsayısı bir yüzey üzerinde kayan bir nesneye uygulanan teğetsel kuvvetin nesne üzerine etkiyen normal kuvvete oranıdır.

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

Trafik kazası analizinde genellikle üç çeşit sürtünme dikkate alınır.

1. Statik sürtünme kayma başlangıcındaki sürtünmedir ve $\mu = F / w$ denklemi ile belirtilir. Bir nesne kaymaya başlayorken, harekete geçirmek için daha fazla kuvvet gereklidir. Düz bir zeminde yatay kuvvet, F , kayma başlangıcında daha büyüktür.

2. Dinamik sürtünme nesneye kayma sırasında uygulanan sürtünmedir. $\mu = F / w$ formülüyle belirtilir, ancak F kayma sırasında uygulanan kuvvet olup, statik sürtünme hesaplanmasında kullanılan, F , yatay kuvvetten daha küçüktür.

3. Yuvarlanma sürtünmesi, taşıt hareket ettiği sırada, frenleme olmadığı anlardaki direnç kuvvetleri karşısında ortaya çıkar. Bu değerler genellikle çok düşüktür ve çoğu kaza analizinde gözönünde bulundurulmaz, ancak yuvarlanma sürtünmesi lastik dizaynı ve diğer dizayn düşüncelerinde önemlidir.

Kayma sürtünmesi için birçok olası koşullar bulunmaktadır. Bu koşulların bazıları asfalt yüzey üzerinde kayan lastik için geçerli olmayabilir.

1. Kayma yüzeyi yataysa, nesneyi kaydırmak için gerekli yatay kuvvet taşıtın ağırlığıyla doğru orantılıdır.
2. Dinamik sürtünme statik sürtünmeden daha azdır.
3. Sürtünme kuvveti kayan nesnenin sürtünme yüzeyinin genişliğine bağlı değildir.
4. Sürtünme kuvveti hıza bağlı olarak değişmez.
5. Sürtünme kuvveti sıcaklığa bağlı olarak değişmez.

4.1.2 Kuvvet bağlantı faktörü

Kuvvet bağlantı faktörü yıllardır trafik kazalarının analizinde kullanılan bir terimdir. Kuvvet bağlantı faktörü hızlanma (yavaşlama) yönünde, hızlanma (yavaşlama) için gerekli kuvvetin taşıtın ağırlığına oranıdır.

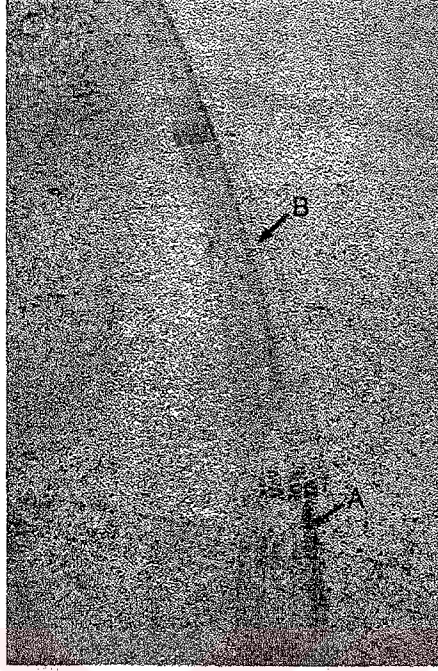
$$f = F / w \quad (4.4)$$

Sürtünme katsayısı ve kuvvet bağlantı faktörü formülleri aynıdır. Sürtünme katsayısında nesnenin yüzey üzerinde kayıyor olması gereklidir. Kuvvet bağlantı faktöründe böyle bir zorunluluk yoktur. Kuvvet bağlantı faktörü ve sürtünme katsayısı taşıtın bütün tekerlerinin kilitlendiği ve düz zemin üzerinde kaydığı durumlarda birbirine eşit olacaktır.

Düz bir zemin üzerinde arka tekeri kilitlenmiş ve ön tekeri frenleme olmaksızın dönen bir motosikletin arka tekerleği yol üzerinde kaymaktadır ve motosikletin arka tekerindeki



Şekil 4.3 Bu fotoğrafta kilitlenmiş lastiklerin kayması sonucu oluşan izleri göstermektedir.



Şekil 4.4 Bu fotoğraf Şekil 4.3’de görülen izlerin devamıdır. Sürücü taşıtı kilitlenmiş tekerlerle kayarken taşıtı döndürmeye başlamıştır. Daha sonra freni bırakmış ve taşıtı savrulmuştur.

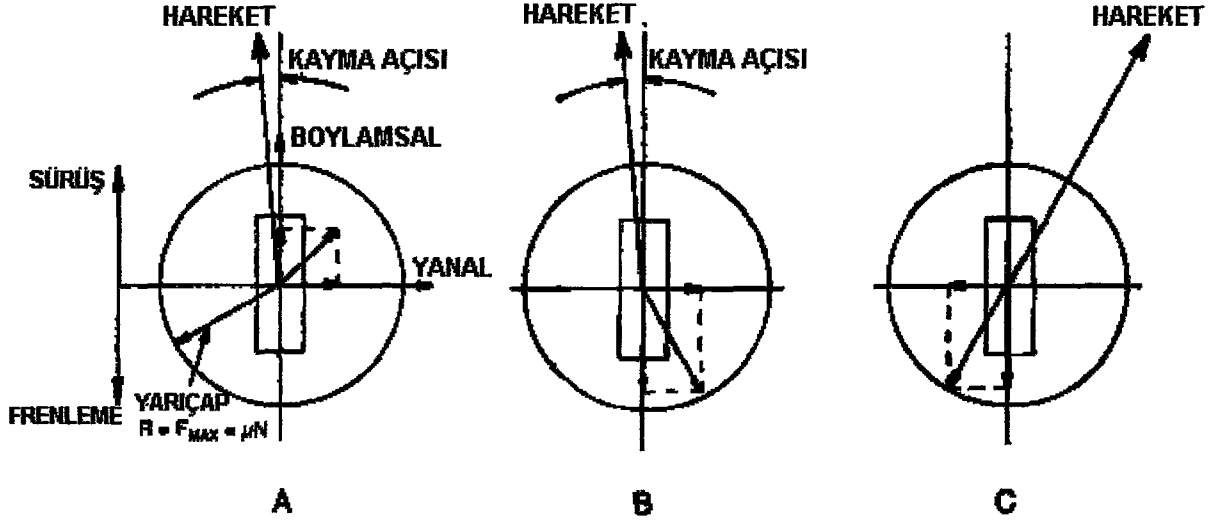
yavaşlatma kuvveti sürtünme katsayısına bağlıdır. Yolla temas halindeki bütün tekerler frenleme yapmadığından, motosiklet üzerindeki kuvvet bağlantı faktörü arka teker ve yol arasındaki sürtünme katsayısıyla aynı değildir ve büyük bir olasılıkla sürtünme katsayısından daha azdır. Motosikletlerde olduğu gibi traktör ve yarı römorklu taşıtların her bir aksında farklı kuvvet bağlantı faktörü etkiyebilir. Tek bir aksa bağlı tekerlere de farklı kuvvet bağlantı faktörü etkimesi de mümkündür, ancak bütün taşıta etkiyen kuvvet bağlantı faktörünün değeri tektir.

Çarpışma sonrası hasarlı taşıtlar durmadan önce bir miktar ilerlerler. Tekerler çarpışma sonucu genellikle sıkışmış olacağından dönmezler. Aynı zamanda hasarlı taşıtlar son konumlarına gelirken genellikle dönerler. Dönen bir taşıtta dönme sırasında kuvvet bağlantı faktörü değişecektir.

4.1.3 Sürtünme Dairesi

Taşıta etkiyen normal kuvvetlerin hepsi lastiklerin yol yüzeyiyle temas yüzeyinden transfer edilmektedir. Rüzgar direnci ve çarpışma kuvvetleri gözönüne alınmamaktadır. Araba sürülürken, tekerler çevrildiğinde, lastik düzlemi ile arabanın hareket yönü arasında bir yanal

kuvvet oluşturulur. Bir araba frenlendiğinde lastikler ve yol arasındaki kayma %100'e erişebilir. Bu noktada taşıtı kontrol edebilmek için belirgin bir sürtünme kalmamıştır.



Şekil 4.5 A'da lastik belirli bir kayma açısıyla yuvarlanmaktadır. Bu mümkün olan maksimum yan kuvveti geçmeyen bir yan kuvvet oluşturur. B'de frenleme kuvvetiyle birlikte kayma açısı mevcuttur. Sonuç kuvveti mümkün olan maksimum sürtünmeye yaklaşmaktadır. C'de teker kilitlenmiştir ve lastik kuvveti hareket vektörü ile aynı hat üzerindedir.

Bir otomobilde, arka tekerlerin ikisi de kilitlenir ve ön tekerler dönmeye devam ederse kararsız bir durum oluşur. Ön tekerler dönebildiğinden, yan sürtünme kuvvetleri etkimeye devam ederler. Arka tekerler kilitlenmiş olduğundan, taşıtın arka kısmının yanlara doğru kaymasını önleyecek etkili bir sürtünme yoktur.

4.1.4 Düzensiz kayma izlerinden hız tahmini

Kaza sonrası yol yüzeyinde dört farklı şekilde kayma izi oluşabilir:

1. Kayma izi mevcut değilse, ancak diğer bazı lastik izleri varsa, bu durumda yol üzerinde herhangi bir frenleme izi yoktur. Bu, frenleme olmadığı anlamına gelmez, yalnızca frenleme tekerleri kilitlemeye yeterli değildir veya kayma izleri yok olmuş olabilir. Eğer taşıtta ABS sistemi mevcutsa, kayma izleri görülmeyebilir.
2. Bütün tekerler tarafından oluşturulan kayma izleri yaklaşık olarak ($\pm\%5$) aynı uzunluktaysa, bu, bütün tekerlerin aniden kilitlendiği ve bütün taşıtın kaydığı anlamına gelir.
3. Bütün tekerlerin oluşturduğu belirgin fren izleri mevcuttur, ancak uzunlukları farklıdır.
4. Tekerlerin sadece bazıları fren izi oluşturmuştur.

Son iki durumda anlatılan fren izleri düzensizdir.

Kayma izlerinden sürat tahmini yapabilmek amacıyla, yavaşlama için kuvvet bağlantı faktörü değerlerinin ve etkidiği mesafenin bilinmesi gerekir.

Düzensiz kayma izlerine bağlı hız belirlenmesinde, genellikle, iki farklı tahmin yapılmaktadır.

1. Ortalama kayma izi uzunluğu bütün tekerlerin kayma mesafesiyle eşittir.
2. En uzun kayma izi uzunluğu bütün tekerlerin kayma mesafesiyle eşittir.

Her iki durumda da kuvvet bağlantı faktörü hesaplamaları için esas olan yolun sürtünme katsayısıdır.

Bütün tekerlerin kayma izi bıraktığı durumlar:

Eğer bütün tekerler kayma izi bırakmışsa:

1. Frenler bütün tekerleri kilitleyebilmektedir,
2. Sürücü fren pedalına gerekli kuvveti uygulamıştır.

Bir veya daha fazla nedenden dolayı fren pedalı basıncı artarken, bazı tekerler öncelikle kilitlenir. Yoldaki farklılıklardan dolayı fren pedal basıncı artarken, en düşük sürtünme katsayılı yüzey üzerinde bulunan teker öncelikle kilitlenir. Diğer şartlar da eşitse, tekerlerdeki ağırlık farklılığından dolayı, en az yük bulunan teker daha önce kilitlenecektir. Çapı daha az olan teker, diğer şartlar eşitse, öncelikle kilitlenir. Lastiğin çapı:

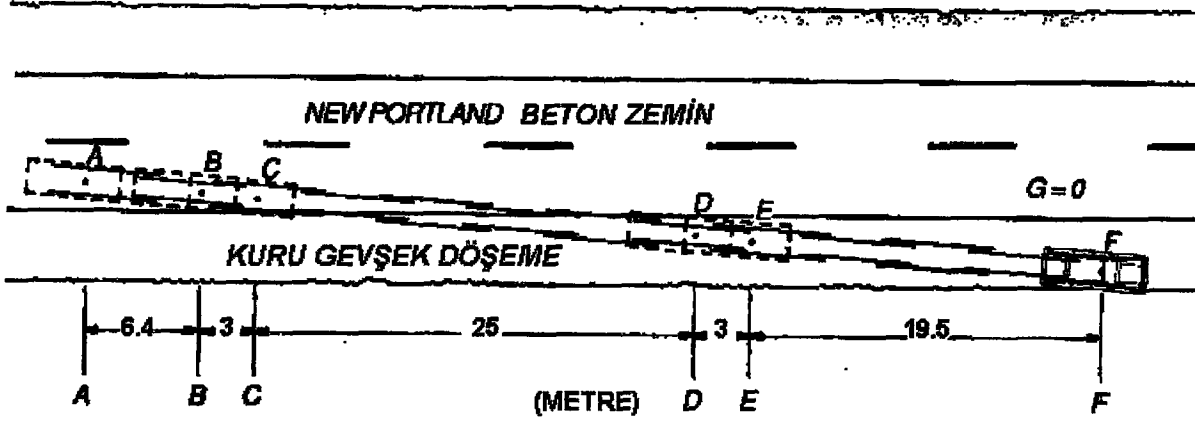
1. Yıpranma,
2. Aşırı yüklemekten dolayı veya lastik inikse, daha düşük olabilir.

Kısmi kayma sırasında kayan lastikler, yolun o noktasında, mümkün olan kuvvet bağlantısının tamamını oluştururlar.

Bazı tekerlerin kayma izi oluşturmadığı durumlar:

Yalnızca bazı tekerler kayma izi oluşturuyorsa, iki durum söz konusudur:

1. Bütün tekerler frenleme yapıyordur, ancak bazıları tekerleri kilitlemeye yeterli değildir,
- Bazı tekerler hiç frenleme yapmıyordur.



Şekil 4.6 İlk hızın daha hassas olarak belirlenebilmesi amacıyla, iki yüzey üzerindeki kayma izlerinin diyagramı, toplam mesafenin bölümlere ayrılması için kullanılmıştır.

4.2 Düşen, Devrilen veya Takla Atan Taşıtlarda Hız Tahmini

Trafik kazalarında taşıtlar genellikle havaya doğru hareket ederler. Bu hareket genellikle düşme, devrilme veya takla atma olarak kabul edilir. Eğer taşıtın ilk havalandığı nokta ve yine ilk temas ettiği nokta biliniyorsa, taşıtın ilk havalandığı andaki hızı belirlenebilir.

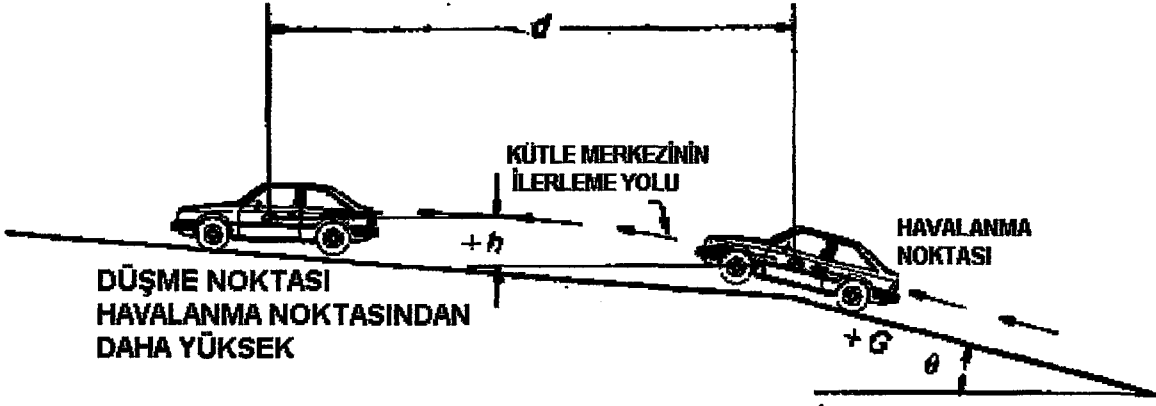
Düşme, taşıt ileri doğru hareket ederken, üzerinde ilerlediği yüzeyden ayrılarak havalanmasıdır. Düşme başladığında taşıt çıkış eğimli, iniş eğimli veya düz bir yüzeyde ilerliyor olabilir. Eğer taşıt çıkış eğimli bir yolda ilerliyorsa, taşıtın yere inme noktası havalanma noktasından daha yüksek olabilir.

Devrilme, taşıt yanal olarak ilerlerken ve lastiklerdeki direnç taşıtın havalanarak havaya doğru hareketine neden olmaya yeterliyse oluşur. Bu hareket özellikle tekerlerin kaldırım taşı veya gevşek yüzeylerdeki oluklara çarpması sonucu oluşur. Her zaman için minimum hızın hesaplanabilmesi için bir ayrılma açısı kabul edilmelidir.

Takla atma devrilmeye benzerdir ancak önden devrilme şeklindedir.

4.2.1 Düşme sırasındaki hızın belirlenmesi

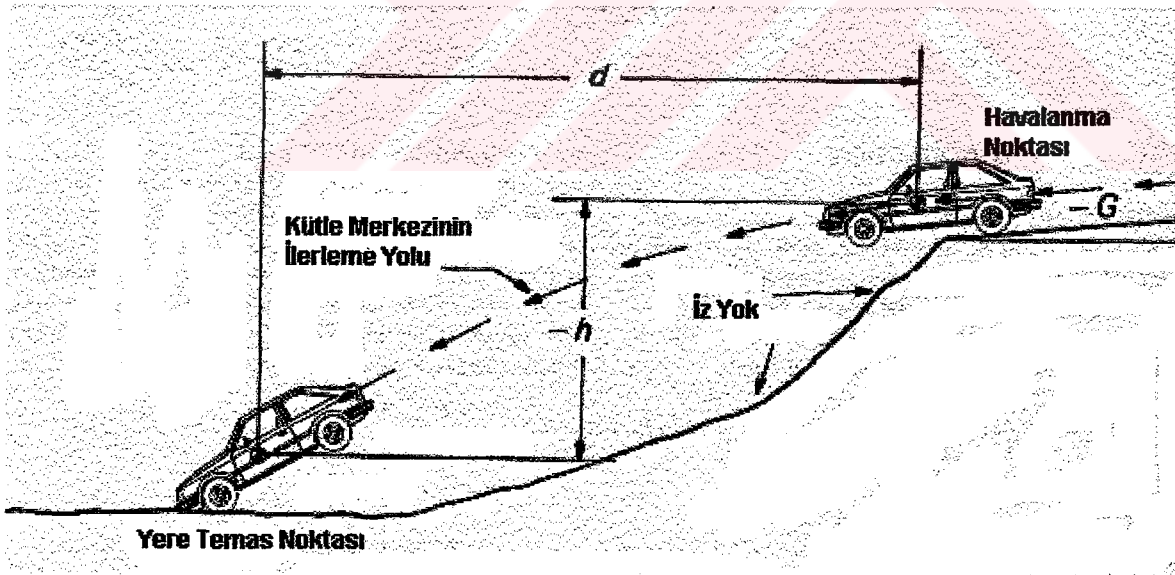
Kaza analizinde hız tahminleri taşıtın yüzeyden ayrılarak, havada bir süre ilerledikten sonra yere indiği durumlarda güvenilir ölçümler yapılmasıyla elde edilir. Bu durum, yol yüzeyinde hiçbir iz bulunmamasıyla belirlenir.



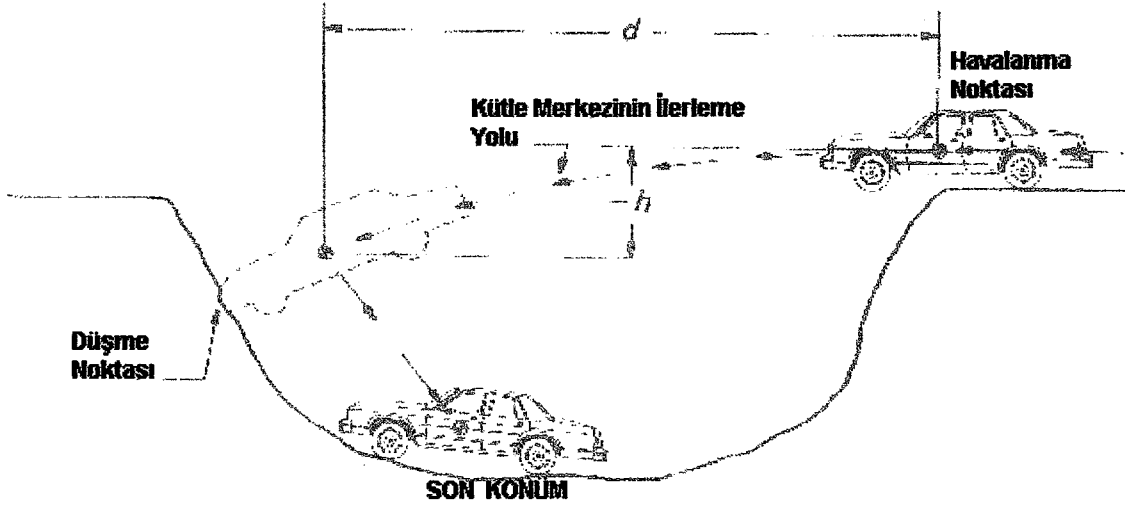
Şekil 4.7 Bir taşıtın havalanarak daha yüksek bir noktaya düşmesi mümkündür. Bunun için havalanma noktasında fazla eğim olması gerekmektedir.

Bir düşme sırasında hemen her zaman, taşıt, sağ kısmı yukarıda olacak şekilde yere iner ve de taşıt indikten sonra devrilebilir veya takla atabilir.

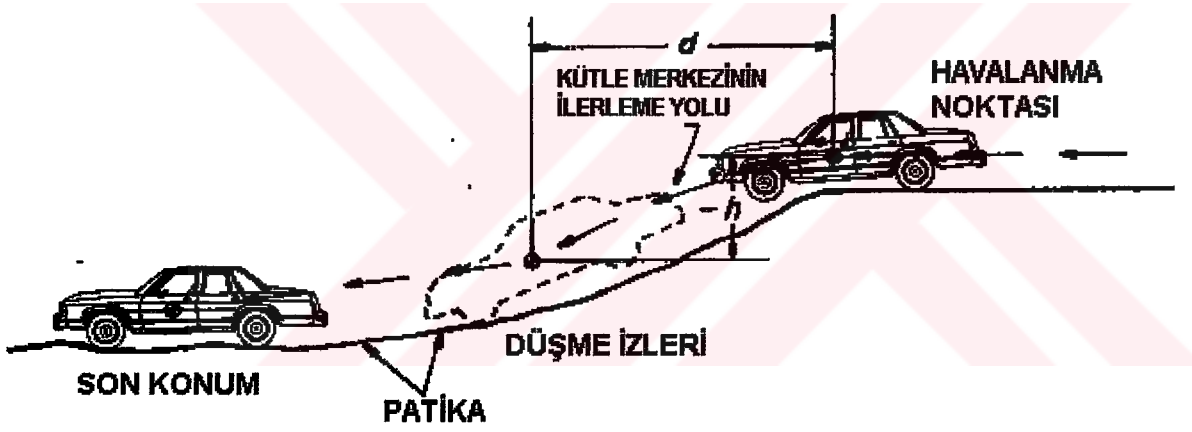
Taşıt havalandıktan sonra yeri terk ettiği andaki yönünde düz bir çizgide ilerler. Yerçekimi kuvveti artan bir düşey hızla yere düşmesine neden olur. Taşıt hızının yatay bileşeni yere indiği andaki ile havalandığı andaki hızı yaklaşık aynı olacaktır. Taşıt havada ilerlerken etkiyen tek kuvvet hava direncidir.



Şekil 4.8 Taşıt yeri terkettiği durumlarda, hız belirlenmesi amacıyla gerekli olan ölçümler kütle merkezinin tekrar yere temas edene kadar katettiği yatay mesafe, d , kütle merkezinin düştüğü yükseklik, h , ve de havalanma noktasının eğimidir, G .



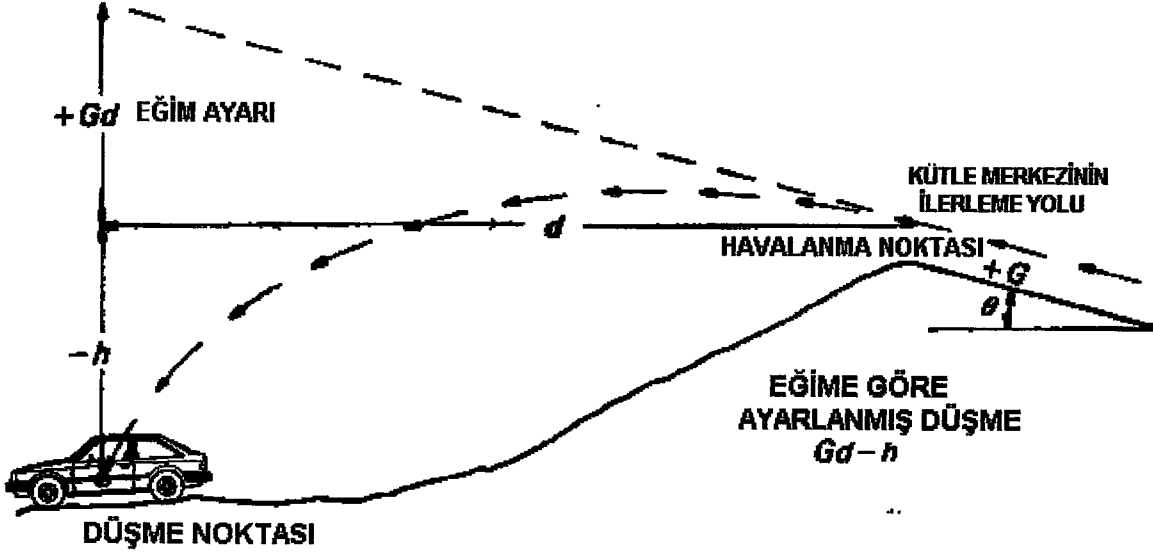
Şekil 4.9 Düşme sonrasında taşıtın son konumu düşme noktası olmayabilir. Bu durumda taşıtın düşme konumu yerde bulunan izlerden ve taşıtın boyutlarından belirlenmelidir.



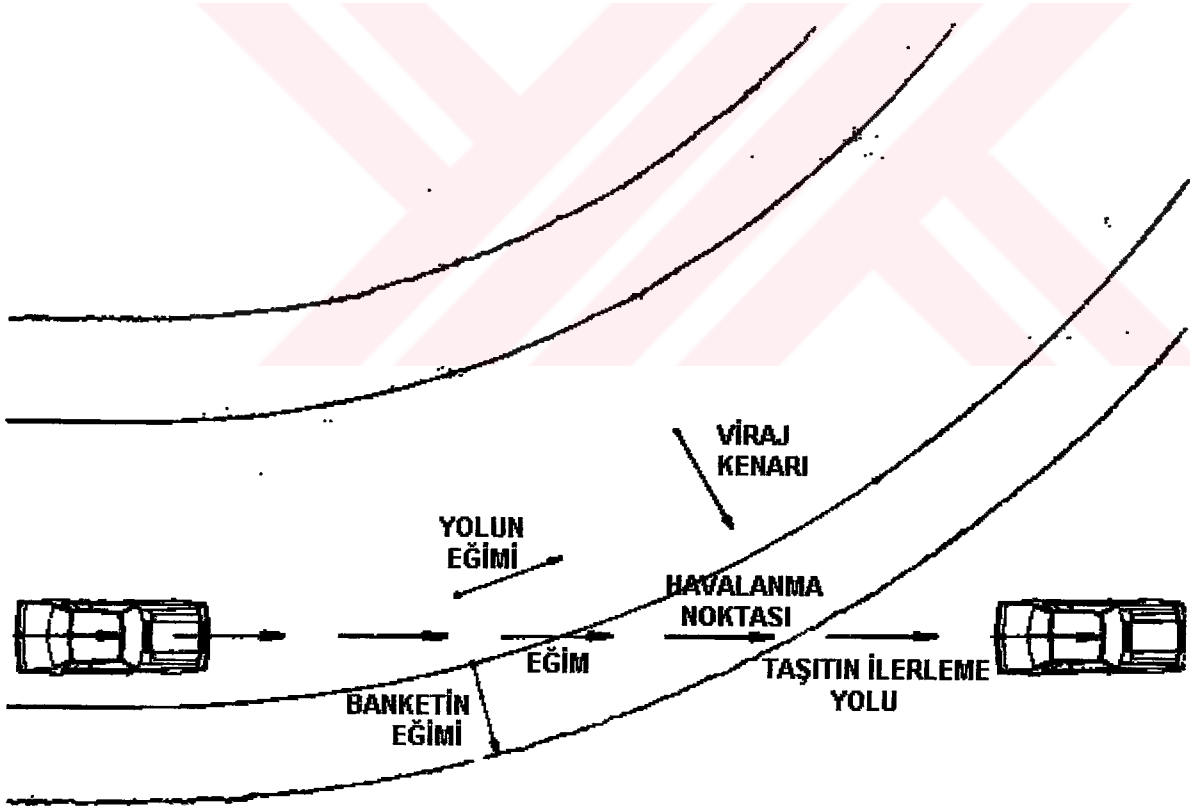
Şekil 4.10 Bir düşme sırasındaki düşey mesafe havalanma ve düşme yüzeyleri arasındaki düşey mesafeyle belirlenir, ancak eğer taşıt eğimli bir yüzeye düşerse düşme sonrası taşıtın ilk yee çarptığı izlerle düzeltme yapılması gerekebilir.

Düşme sırasında taşıtın yatay ve düşey mesafelerde ilerleme süresi belirlenirse taşıtın düşme başlangıcındaki hızı belirlenebilir. Gerekli hesaplamaları yapabilmek için üç değişik bilgiye ihtiyaç vardır:

1. Taşıtın havalandığı ve yere temas ettiği noktalar arasındaki yatay mesafe,
2. Taşıtın havalandığı ve yere temas ettiği noktalar arasındaki düşey mesafe,
3. Taşıt havalanmadan önce ilerlemekte olduğu yolun eğimi.



Şekil 4.11 Havalanma noktası eğimliyse düşme sırasında alınan düşey mesafede bir ayarlama yapılması gerekmektedir. Bu ayarlama yatay mesafenin eğimle çarpılmasıyla bulunur.



Şekil 4.12 Düşme sırasında havalanma noktasının eğimi çok önemlidir. Bu yolun boylamsal eğimi yada banketin deveri değildir. Taşıtin izlediği yolun eğimidir.

Taşıtın havalanma noktasındaki hızının hesaplanması aşağıdaki denklemlerle sağlanabilir:

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos \theta (d \sin \theta - h \cos \theta)}} \quad (4.5)$$

Genellikle havalanma açısı oldukça küçüktür. Çok ender olarak havalanma eğimi %12'den büyüktür. Küçük açılarda $\sin \theta$ ve $\tan \theta$ yaklaşık olarak eşittir ve $\cos \theta$ yaklaşık olarak 1'e eşittir.

Böylece:

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2(dG - h)}} \quad (4.6)$$

Hesaplanan hız taşıtın yerden havalanması ve belirlenen noktada tekrar yere düşebilmesi amacıyla gitmesi gerekli hızdır.

Taşıtın yere ilk temas ettiği andaki konumunu belirlemekte, özellikle eğer dik bir yokuş, su kaplı bir yüzey veya kayalık bir bölgeyse, bazı zorluklar olacaktır.

İlk temas konumunun belirlenebilmesi için:

1. Kütle merkezinin konumunu belirleyebilmek amacıyla taşıt boyutları,
2. Taşıtın ilk düştüğü yeri belirten yerdeki izler,
3. Taşıtın hangi bölgesinin yere ilk temas ettiğini belirten taşıt hasarının bilinmesi gereklidir.

Taşıt yere düştüğünde, taşıtın hasarlı parçaları, kütle merkezinin konumunu belirlemek için, izler ile karşılaştırılmalıdır.

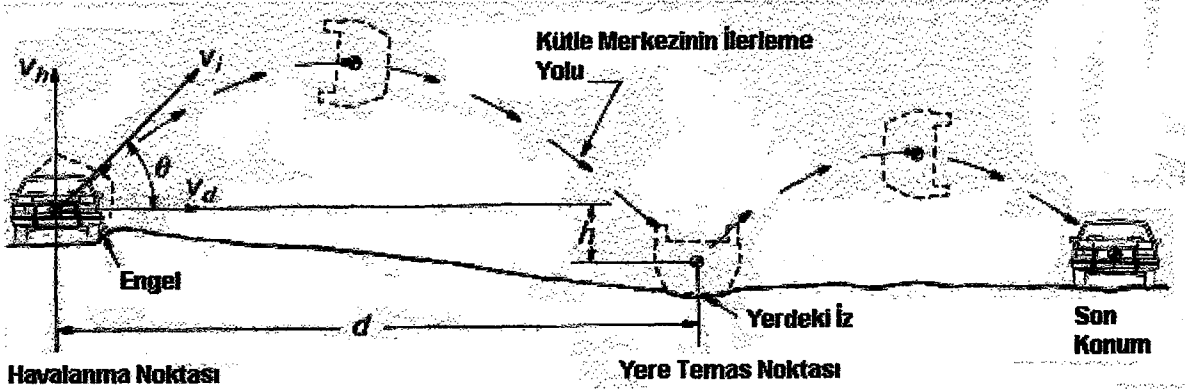
4.2.2 Devrilme sırasındaki hızın belirlenmesi

Eğer yol üzerinde ilerleyen bir taşıt, bir bölümünün ilerlemesini durduran bir nesneye çarparsa, taşıtın diğer kısımları harekete devam etme eğiliminde olacaktır ve bunu ancak duran kısmı etrafında dönerek gerçekleştirebilir. Bu dönme hareketinin oluşması için kütle merkezi yükselmelidir. Taşıtın çok hızlı gitmesi halinde bu dönme hareketi sırasında kütle merkezi ileri doğru hareket ederken aynı zamanda yerçekimine göre yüksek bir oranda yukarı doğru hızlanır.

Devrilme sırasındaki hızın belirlenmesi için aşağıdaki bilgiler gereklidir:

1. Taşıtın havalanmasından yere temasına kadar havada ilerlediği yatay mesafe,
2. Taşıtın kütle merkezinin havalanma ve yere temas arasında aldığı düşey mesafe,

3. Havalanma açısı: Minimum hızın belirlenebileceği açının hesaplanabilmesi için bir denklem kullanılabilir. 45° 'lik bir açı ile havalanma en düşük hızla en fazla yer değiştirmeye neden olacaktır.



Şekil 4.13 Devrilme, taşıt yaklaşık olarak yana doğru kayarken bir engele çarptığı durumlarda oluşur. Taşıt genellikle ters olarak yere düşer ve daha sonra yuvarlanır.

1. Taşıtın havalanmasından yere temasına kadar havada ilerlediği yatay mesafe,
2. Taşıtın kütle merkezinin havalanma ve yere temas arasında ilerlediği düşey mesafe,
3. Havalanma açısı minimum hızın belirlenebileceği açının hesaplanabilmesi için bir denklem kullanılabilir. 45° 'lik bir açıyla havalanma en düşük hızla en fazla yer değiştirmeye neden olacaktır.

Hız hesaplaması için öncelikle taşıtın kütle merkezinin yatay düzlemde ne kadar ilerlediği tahmin edilmelidir. Bunun için taşıtın bazı boyutları ile havalanma ve devrilme konumlarında taşıtın taslağı gerekmektedir. Genellikle taşıtın havada ilerlediği mesafe taşıtın havalandığı yer ile yere değdiği yer arasındaki izlere taşıtın uzunluğu eklenerek bulunur.

Devrilme sırasında kullanılan en genel denklem:

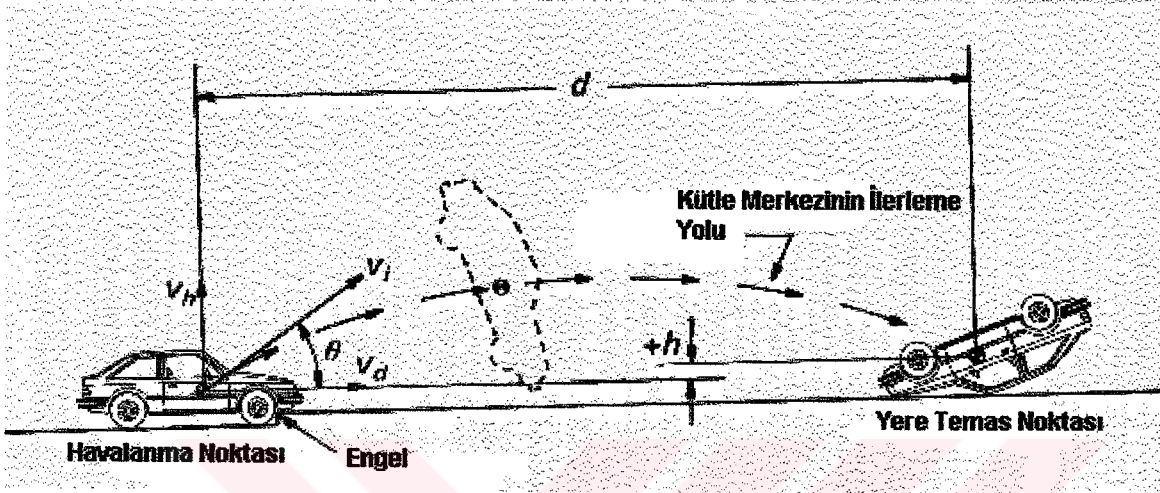
$$v = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos \theta (d \sin \theta - h \cos \theta)}} \quad (4.7)$$

Minimum hızın hesaplanabilmesi için bu hızı sağlayan θ açısının hesaplanması:

$$\theta = 1/2 \cos^{-1} \left[-h / \sqrt{d^2 + h^2} \right] \quad (4.8)$$

4.2.3 Takla atma sırasındaki hızın belirlenmesi

Burada takla atma olarak belirtilen uzunlamasına devrilmedir. Taşıtın takla atması için bir kısmının ileri hareketi durmalıdır. Taşıta etkiyen kuvvet çizgisi kütle merkezinin aşağısında olmalıdır. Taşıtın ön kısmı yere bağlı olarak durur ve diğer kısımları hareketine devam eder. Eğer taşıtın hızı yeterliyse kütle merkezi havalanacak ve taşıt havaya doğru hareket edecektir.



Şekil 4.14 Takla atma, taşıtın ön kısmının bir engele çarparak yer seviyesindeki hareketinin durması sonucu oluşur.

Bir taşıtın takla atabilmesi için taşıtın kütle merkezinin hızlanması yerçekiminden daha fazla olmalıdır. Taşıtın kütle merkezi taşıtın ön kısmının etrafında döner. Bu şartların hepsinin bir anda oluşması zor olduğundan takla atma olayı çok ender oluşur.

Düşme ve devrilme sırasında olduğu gibi, takla atan bir taşıt ta yere konduktan sonra hareket etmeye devam edecektir. Taşıtın kütle merkezinin katettiği yatay ve düşey mesafe yardımıyla taşıtın hızı belirlenebilir.

$$v = d \sqrt{\frac{g}{2 \cos \theta (d \sin \theta - h \cos \theta)}} \quad (4.7)$$

$$\theta = 1/2 \cos^{-1} \left[-h / \sqrt{d^2 + h^2} \right] \quad (4.8)$$

Takla atma sonrası taşıtın yaptığı hareketin hız tahminiyle bir ilişkisi yoktur.

4.3 Trafik Kazası Analizinde Momentum Uygulamaları

Momentum uygulamasının ana nedeni taşıtların birbirleriyle ile temas ettikleri andaki hızlarının belirlenmesidir. Bunu yapabilmek için taşıtların ilk temastan maksimum birleşmeye, ayrılmaya ve son olarak durma konumuna gelirken nasıl hareket ettiklerinin anlaşılması gerekir.

Birbirine etkileyen herhangi bir grup nesnede olay öncesi toplam momentum, olay sonrası toplam momentuma eşittir.

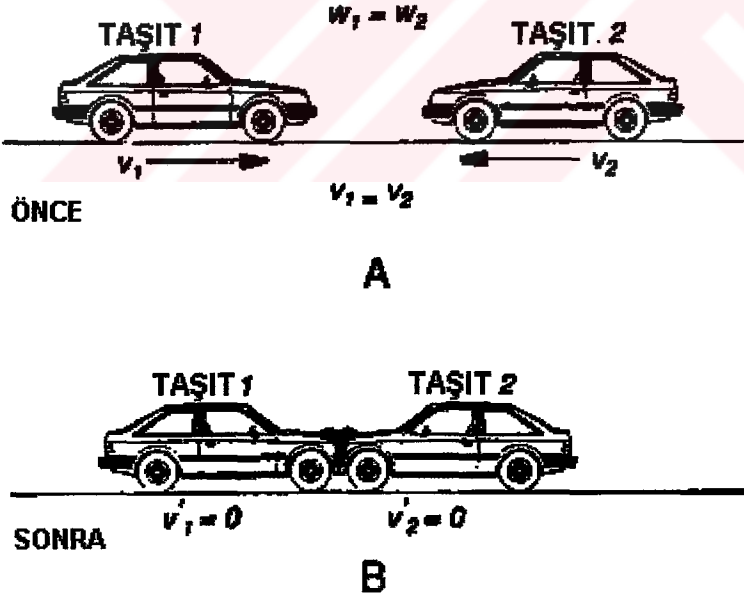
$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \quad (4.9)$$

$$m = w / g$$

$$\Rightarrow \vec{v}_1 w_1 + \vec{v}_2 w_2 = \vec{v}'_1 w_1 + \vec{v}'_2 w_2 \quad (4.10)$$

$$v_1 w_1 + v_2 w_2 = v w + (-v w) = 0$$

Taşıtlar ters yönde hareket ettiğinden iki taşıtların toplam momentumları sıfırdır. Taşıtların tekrar orijinal biçimlerine dönmeye çalışacakları bir geri sıçrama katsayısı oluşur.



Şekil 4.15 Şekilde aynı hız ve ağırlıkta, ters yönde seyreden iki taşıtların çarpışması görülmektedir.

Otomobillerin birbirleriyle çarpışmaları elastik olmayan çarpışma olarak kabul edilebilir. Geri sıçrama katsayısı yalnızca düşük hızdaki çarpışmalarda bir faktör olarak kabul edilir.

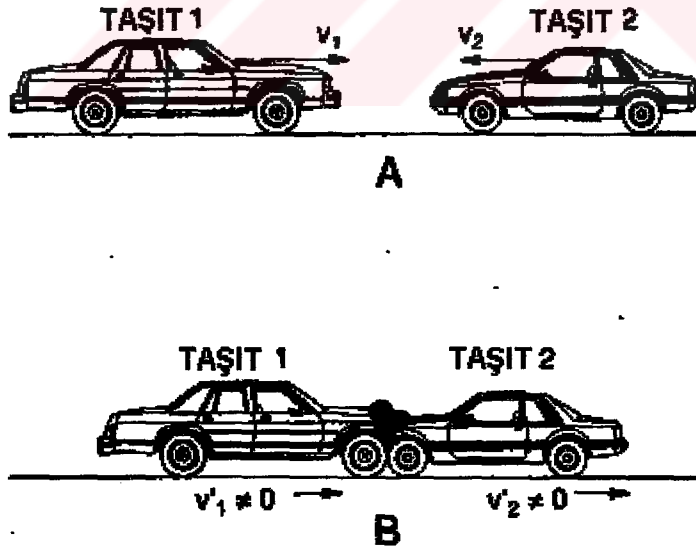
$$\epsilon = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} \quad (4.11)$$

6 m/sn hızla doğuya doğru ilerleyen 2250 kg ağırlığındaki bir taşıt, Taşıt 1, aynı hızla batıya doğru ilerleyen 1125 kg ağırlığındaki Taşıt 2 ile zıt yönde çarpışırlar. Çarpışma merkezlenmiştir ve çarpışma sonrası belirgin bir yanal hareket yoktur. Yönlerden biri +, diğeri - olarak kabul edilir. Çarpışma öncesi momentum:

$$\begin{aligned} v_1 w_1 + v_2 w_2 &= (6)(2250) + (-6)(1125) \\ &= 6750 \end{aligned}$$

Çarpışma öncesi momentum Taşıt 1'in yönünde 6750 birimdir. Çarpışma sonrası iki taşıt ta Taşıt 1 yönünde hareket edecektir. Benzeri bir çarpışmada taşıtların çarpışma sonrası hızları eşittir.

$$v_1' w_1 + v_2' w_2 = v'(w_1 + w_2)$$



Şekil 4.16 Yukarıdaki şekilde farklı ağırlık ve hızdaki, ters yönlerde ilerleyen iki taşıtın çarpışması görülmektedir.

$$v'(w_1 + w_2) = 6750$$

$$v' = 2 \text{ m/sn doğu}$$

Momentumun korunması kanunu uygulanırken öncelikle hasar analizine bağlı olarak taşıtların birbirlerine göre nasıl çarpıştıkları belirlenmelidir. Yol yüzeyi üzerindeki sürtünme izleri, enkaz, kazıntılara bağlı olarak taşıtların nerede çarpıştığı belirlenmelidir.

Çarpışma öncesi her iki taşıtın belirli bir kinetik enerjisi vardır ve çarpışma sonrası iki taşıtın da bir miktar kinetik enerjisi olacaktır. Bu taşıtların çarpışma öncesi kinetik enerjilerinin bir kısmı taşıtlardaki hasarın oluşmasında harcanan toplam iş olmak üzere, bir enerji denklemi yazılabilir:

$$1/2 m_1 v_1^2 + 1/2 m_2 v_2^2 = E_D + 1/2 m_1 (v_1')^2 + 1/2 m_2 (v_2')^2 \quad (4.12)$$

Çarpan, arkadaki, taşıt r olarak ve çarpılan, öndeki, taşıt f olarak belirtilirse taşıt r'nin f'e yaklaşma hızı:

$$v_c = v_r - v_f \quad (4.13)$$

$$m = w / g$$

$$\Rightarrow v_c = \sqrt{\frac{2gE_D(w_r + w_f)}{w_r w_f}} \quad (4.14)$$

Çarpan taşıtın önündeki ve çarpılan taşıtın arkasındaki çakışma taşıtların çarpışma sonrasında, çarpışma öncesinde olduğu gibi aynı yönde ilerlemeleri için yeterli genişlikte olduğundan, çarpışma sonrası hızları eşittir.

Bu özellik yardımıyla:

$$v_r w_r + v_f w_f = v' w_r + v' w_f \quad (4.15)$$

$$v_c = v_r - v_f \quad (4.16)$$

$$\Rightarrow v_r = \frac{v_c w_f}{w_r + w_f} + v' \quad (4.17)$$

Aynı yönde ilerleyen taşıtların çarpışmasında ilk yapılması gereken, ilk temasta taşıtların nasıl çarpıştığını belirlemektir. Eğer her iki taşıtın da çarpışma öncesi ve sonrası hareket yönleri aynı çizgi üzerindeyse aşağdaki şekilde bir analiz gerçekteştirilebilir.

1. Çarpışma sonrası hızlar belirlenmelidir. İki taşıt ta yaklaşık olarak aynı hızla hareket edeceğinden çarpışma sonrası hız için bir tahmin yaparak, analizin hassasiyeti kontrol edilebilir.

Bu analiz için çarpışma sonrası kuvvet bağlantı faktörü belirlenmesi gereklidir.

2. Her iki taşıttaki hasarın oluşması için yapılan iş hesaplanmalıdır.

3. E_D kullanılarak, aşağıdaki formülle yaklaşma hızı belirlenmelidir:

$$v_c = \sqrt{\frac{2gE_D(w_r + w_f)}{w_r w_f}} \quad (4.14)$$

4. Eğer taşıt ağırlıkları biliniyorsa, çarpışma sonrası hızlar ve yaklaşma hızı kullanılarak çarpan taşıttın hızı hesaplanabilir:

$$v_r = \frac{v_c w_f}{w_r + w_f} + v' \quad (4.17)$$

5. Çarpılan taşıttın hızı:

$$v_f = v_r - v_c \quad (4.16)$$

Bu beş kademe tanımlandıktan sonra yapılan tahminin doğruluğu belirlenmelidir:

1. *Taşıtt hasarı.* Bu analizin en önemli kısımlarından bir tanesi taşıtt hasarının oluşmasında kullanılan enerjidir. Bu, analizin en zayıf noktasıdır. Eğer testlerde benzer taşıtlar kullanılırsa, sonuçların güvenilirliği daha fazladır.

2. *Çarpışma sonrası hızlar.* Çarpışma sonrasında taşıtlar son konumlarına hareket ederler. Çarpışma sonrası kuvvet bağlantı faktörü tahminleri, genellikle, birden fazla yüzey üzerinde ilerleme nedeniyle ve ilerlenen belirli yüzeylerle ilgili sürtünme testi bilgisi olmaması nedeniyle karmaşıktır. Yoldan çıkan veya diğer taşıtlara çarpan taşıtların çarpışma sonrası hız tahminleri genellikle daha zordur.

3. *Ağırlık farklılığı.* Taşıtlar arasındaki ağırlık farkı ne kadar az olursa, momentum sonucu daha hassas olacaktır.

4.3.1 Açılı çarpışmaların grafiksel olarak çözülmesi

İki taşıtt arasındaki çarpışmalar çoğunlukla belirli bir açıyla gerçekleşir. Bu çarpışmaların çoğu yaklaşık olarak 90° açıyla oluşur. Eğer taşıtların ağırlıkları yaklaşık olarak aynı ise ve çarpışma

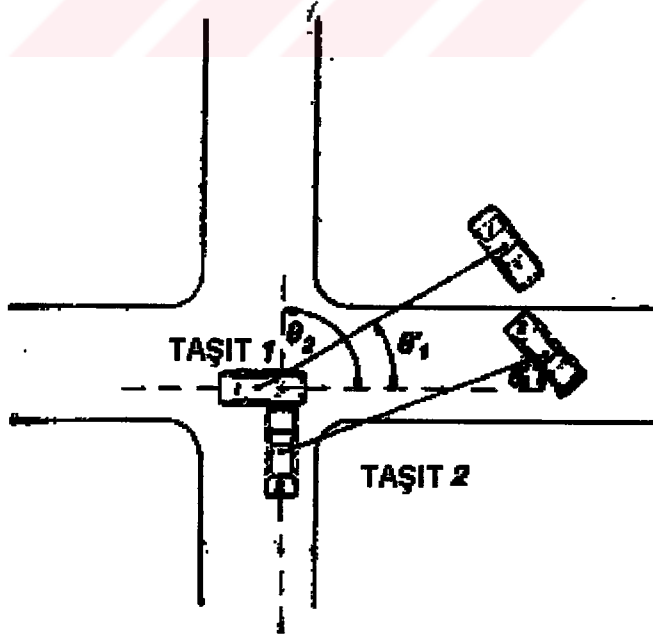
sonrası bir miktar (15m.) ilerliyorlarsa, ilk temas hızlarını belirlemek için momentum analizi kullanılması uygun olacaktır. Bu analizin gerçekleştirilmesi için aşağıdaki bilgiler gereklidir:

1. İlk temas öncesi her bir taşıtın yaklaşma yolu,
2. Çarpışma sonrası her bir taşıtın ayrılma yolu,
3. Her bir taşıtın toplam (yükü) ağırlığı,
4. Her bir taşıtın çarpışma sonrası hızı.

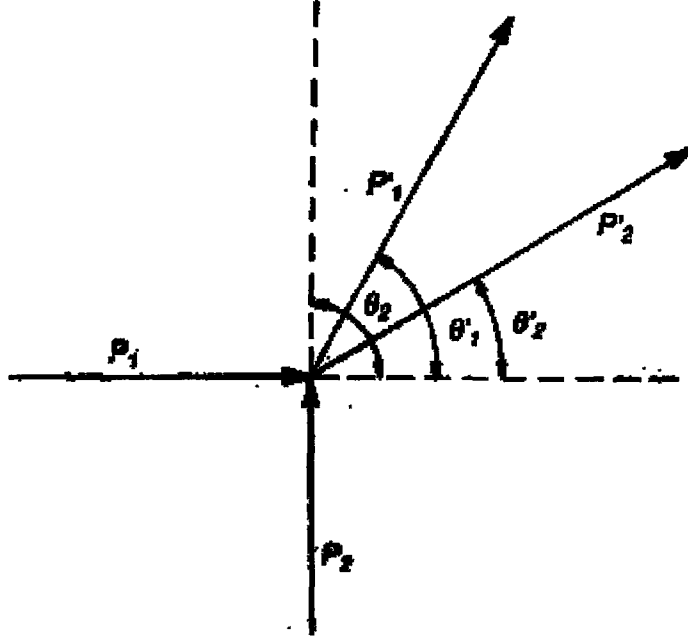
Taşıtların yaklaşma ve ayrılma yolları, yol üzerindeki izler ve taşıt hasar analiziyle belirlenir.

Kütle merkezinin ilerleme yönü. Yaklaşma ve ayrılma açıları taşıtın kütle merkezinin çarpışma öncesi ve sonrası hareket yönüne bağlı olarak belirlenir. Taşıtların nasıl bir araya gelip ayrıldığı belirlendikten sonra açılar ölçülebilir.

Şekil 4.17'de gösterilen diyagram gözönünde bulundurulduğunda taşıtlar temas sonrası son konuma dek düz bir çizgi izlemişlerdir. Bu her zaman için geçerli değildir. Taşıtların ilk olarak nasıl yaklaştıkları ve çarpışma sonrası nasıl ayrıldıkları çok iyi belirlenmelidir. İlk temas esnasında taşıt savrulma halindeyse, kütle merkezinin yolu aracın yönüyle aynı olmayacaktır. Eğer taşıtlar çarpışma sonrası son konumlarına hareket ederken düz bir çizgi izlememişlerse bu durum gözönüne alınmalıdır.



Şekil 4.17 Her bir taşıtın kütle merkezinin çarpışma sonrası düz bir hattaki ilerleme yolu (Her zaman için bu biçimde olmayacaktır).



Şekil 4.18 Şekil 4.17'deki taşıtlara ait çarpışma sonrası momentum açıları.

Şekil 4.18'deki vektör diyagramı çarpışmanın tam öncesi ve sonrasındaki her bir taşıtın kütle merkezinin hareket yönünü belirtmektedir. Taşıtların her zaman için çarpışma sonrasında düz bir çizgi boyunca ilerlediği düşünülmemelidir.

Dik açılı olmayan çarpışmalar. Çarpışma sırasında taşıtlar genellikle birbirlerine dik açıyla yaklaşmazlar. 180° 'ye yakın açılarda çarpışma öncesi hızları çarpışma öncesi açılara çok hassastır.

Hassasiyet analizi. Momentum analizi yapılırken çarpışma öncesi ve sonrası açıların kullanılmasında dikkatli olunmalıdır. Bu açıların doğruluğundan emin olunmalıdır. Belli başlı açılar seçilerek çarpışma öncesi hızların hassasiyeti belirlenebilir. Momentum analizinin 1) çarpışma öncesi açıların 90° 'ye yakın olması halinde 2) taşıtların yaklaşık olarak aynı ağırlıkta ve 3) taşıtların çarpışma sonrası en azından 15 ile 20 m. hareket etmeleri halinde daha az hassas olduğu görülecektir.

Grafik prosedürü. Şekil 4.18'de tipik bir momentum analizinin grafiksel çözümlemesinin yapıldığı bir örnek gösterilmiştir.

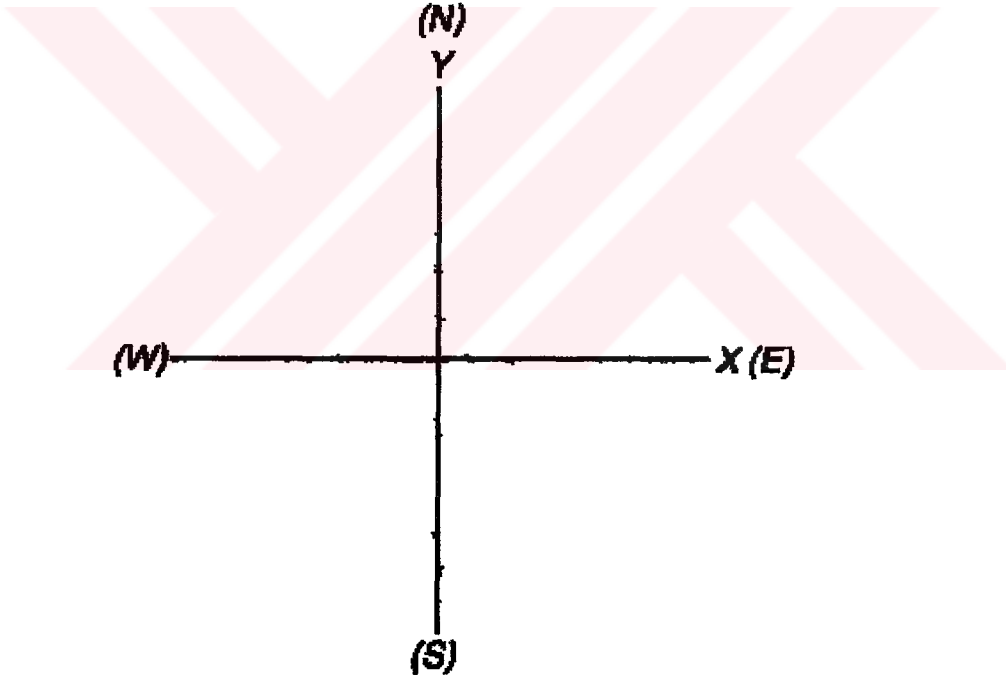
Öncelikle, çarpışma sonrası taşıtların birlikte hareket ettikleri durum gözönüne alınmalıdır. Bu durum için ortak bir çarpışma sonrası açısı tahmin edilebilir.

1. Şekil 4.19'da görüldüğü gibi x ve y eksenleri çizilerek Şekil 4.20'deki gibi x ekseninde 1 no.lu taşıtın yaklaşma yolu çizilir.

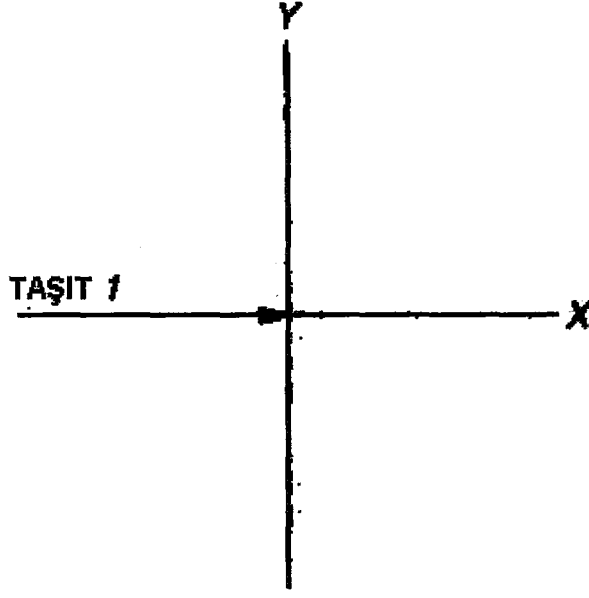
2. Şekil 4.21'de görüldüğü gibi taşıt 2'nin yaklaşma yolu vektörü taşıt 1'e bağlı olarak yerleştirilmelidir
3. Ayrılma vektörünün ucu merkeze yerleştirilir (Şekil 4.22).
4. Taşıt 1 ve 2'nin çarpışma sonrası hızı hesaplanır. Bunun için iki taşıtın da çarpışma sonrası kuvvet bağlantı faktörü ve ilerleme mesafeleri bilinmelidir.
5. İki taşıtın da çarpışma sonrası momentumu hesaplanır:

$$P_R' = v'(w1+w2)$$

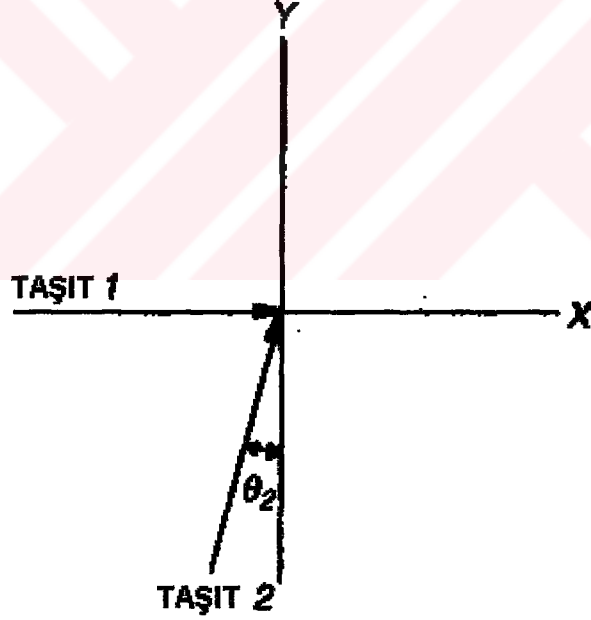
6. Çarpışma sonrası momentum (P_R') için bir ölçek seçilmeli ve hesaplanan momentumlar bu ölçeğe bölünmelidir. Momentum vektörleri en az 2.5 cm olacak şekilde bir ölçek seçilmelidir.
7. Şekil 4.23'de gösterildiği gibi çarpışma sonrası momentum için momentum mesafesi işaretlenir.



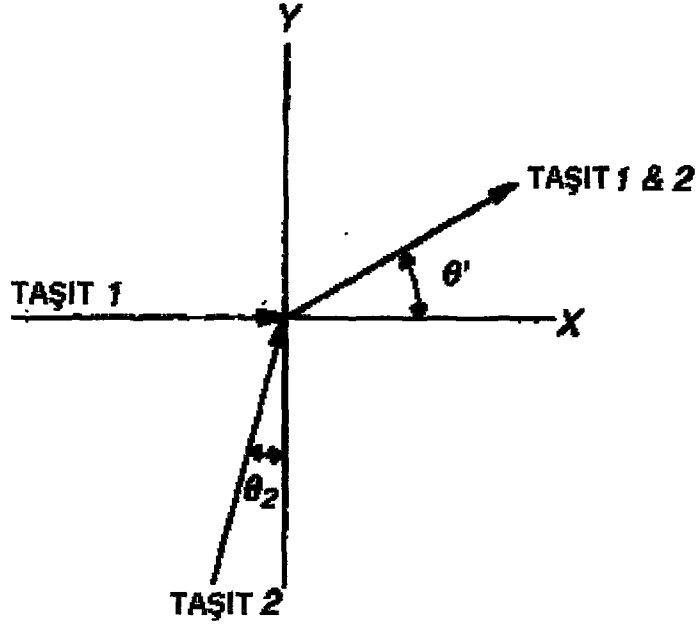
Şekil 4.19 Momentum için grafik prosedürde ilk işlem koordinat sistemi oluşturulmasıdır.



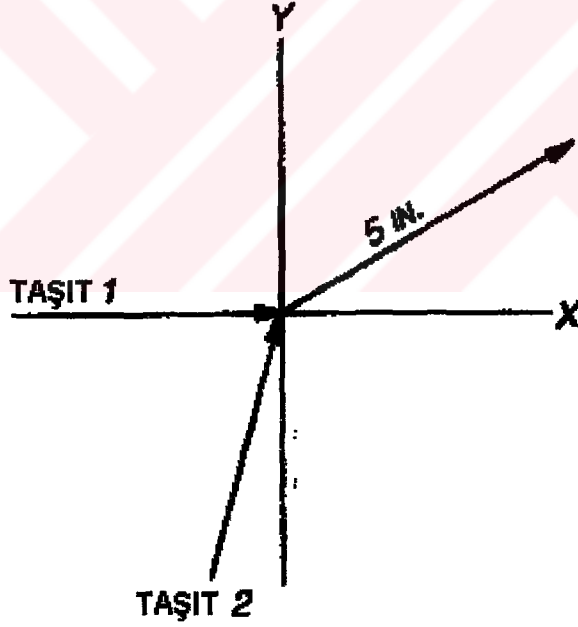
Şekil 4.20 Koordinat sistemi düzenlendikten sonra taşıtın kütle merkezinin ilerleme yolunu uygun açıyla yerleştirilmelidir. Taşıtlardan birinin çarpışma öncesi yaklaşma yolu olarak x ekseninin seçilmesi uygundur.



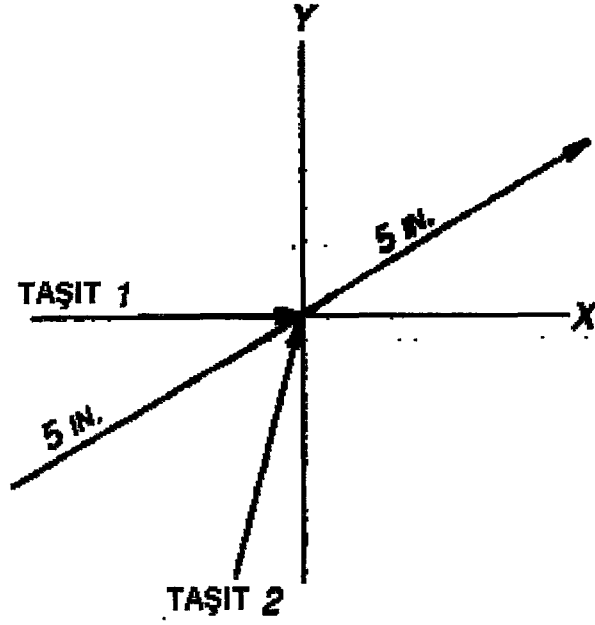
Şekil 4.21 Koordinat sistemine bağlı olarak ikinci taşıtın yaklaşma yolu yerleştirilmelidir.



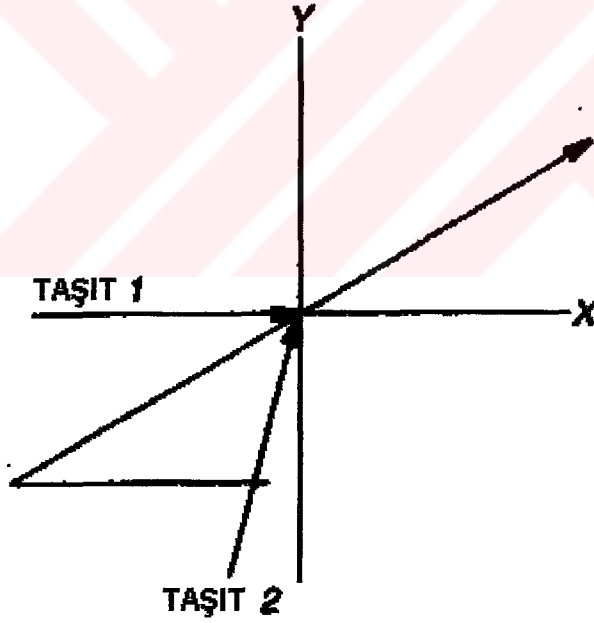
Şekil 4.22 Bu durumda iki taşıt çarpışma sonrası birlikte ilerlemiştir. Şekilde gösterildiği gibi ayrılma açısı koordinat sistemine bağlı olarak çizilmelidir.



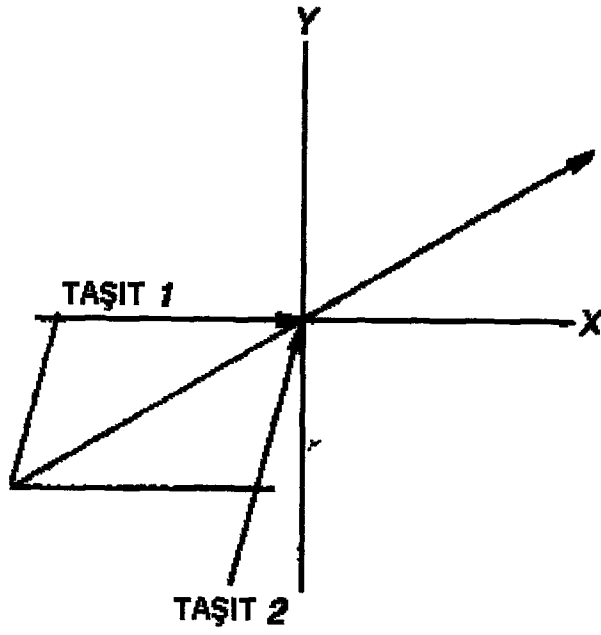
Şekil 4.23 Çarpışma sonrası momentumu belirtmek amacıyla çarpışma sonrası vektörünün uzunluğu uygun olarak ölçeklenmelidir.



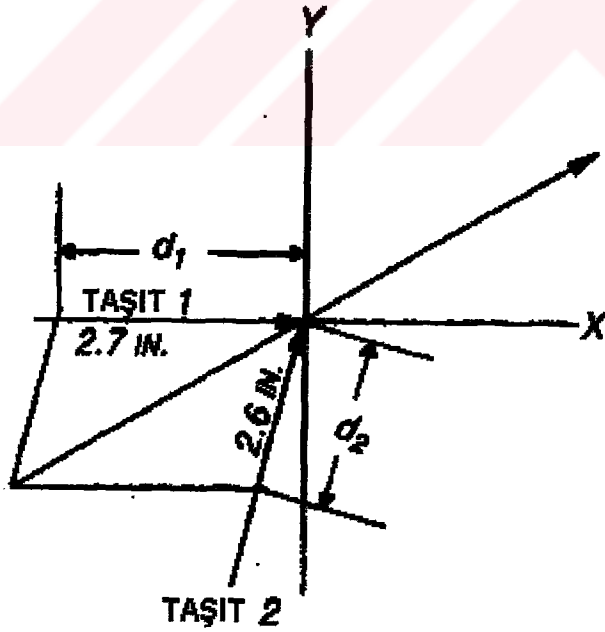
Şekil 4.24 İki çarpışma öncesi hareket yolu arasından çarpışma sonrası momentum çizgisi uzatılmalıdır. Çarpışma öncesi vektörünün uzunluğu çarpışma sonrası vektör toplamına eşittir.



Şekil 4.25 Çarpışma öncesi momentum vektör toplamının ucundan, taşıt 2'nin ilerleme yoluna dek, taşıt 1'in ilerleme yoluna paralel bir çizgi çizilmelidir.



Şekil 4.26 Çarpışma öncesi momentum vektör toplamının ucundan, taşıt 1'in ilerleme yoluna dek, taşıt 2'nin ilerleme yoluna paralel bir çizgi çizilmelidir.



Şekil 4.27 Şekilde görüldüğü gibi, Taşıt 1 taşıt 2'nin momentum uzunlukları ölçülmelidir. Bu uzunluk ölçüle çarpılarak her bir taşıtın çarpışma öncesi hızı hesaplanabilir.

8. Çarpışma sonrası momentum çizgisi merkezden uzatılarak çarpışma öncesi momentum yönleri arasına yerleştirilir.
9. P_R 'nin sonundan taşıt 2'nin momentum çizgisine kadar, taşıt 1'in momentum çizgisine paralel bir çizgi çizilir (Şekil 4.25).
10. P_R 'nin sonundan taşıt 1'in momentum çizgisine kadar, taşıt 2'nin momentum çizgisine paralel bir çizgi çizilir (Şekil 4.26).
11. Her iki taşıt için çarpışma öncesi vektörlerin uzunluğu cm cinsinden ölçülür (Şekil 4.27) ve bu değerler ölçekle çarpılarak taşıt 1 ve taşıt 2'nin çarpışma öncesi momentum değerleri elde edilir.
12. İlk temas anında her iki taşıtın hızları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$v_1 = P_1 / w_1$$

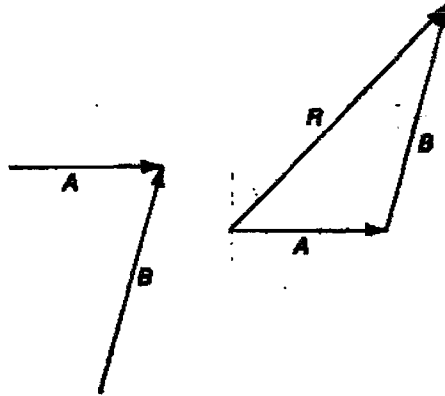
$$v_2 = P_2 / w_2$$

4.3.2 İtme kuvveti

İki taşıtın çarpışması sırasında her bir taşıtın hızı değişir. Her bir taşıtın momentum değişimi aynı, ancak ters yöndedir. Momentumdaki bu değişime itme kuvveti denir. İtme kuvveti birimi N-sn.'dir. İtme kuvveti çarpışma sırasındaki temel kuvvet yönünde oluşur.

Kuvvetin temel yönü maksimum birleşme sırasında iki taşıtın birbirine göre konumlarını belirlemek amacıyla kullanılır. Bu analiz her bir taşıtta bulunan hasara bağlı olarak yapılır. Taşıtların maksimum temas konumlarından ilk temas noktasındaki göreceli konumlarıyla ilgili yorumlar yapılabilir. Bu sonuçlar kaza alanından elde edilen verilerle birlikte kullanılarak, ilk temas noktasında, taşıtlar birbirlerine göre konuşlandırılırlar.

Grafiksel yöntemle itme kuvvetinin yönü belirlenebilir. Aynı düzlemde bulunan iki vektör Şekil 4.28'de gösterildiği gibi ucuca eklenerek toplanabilir.



Şekil 4.28. Bir düzlem üzerinde bulunan vektörler her bir vektörün ucu diğerinin sonuna eklenerek grafiksel olarak toplanabilir.

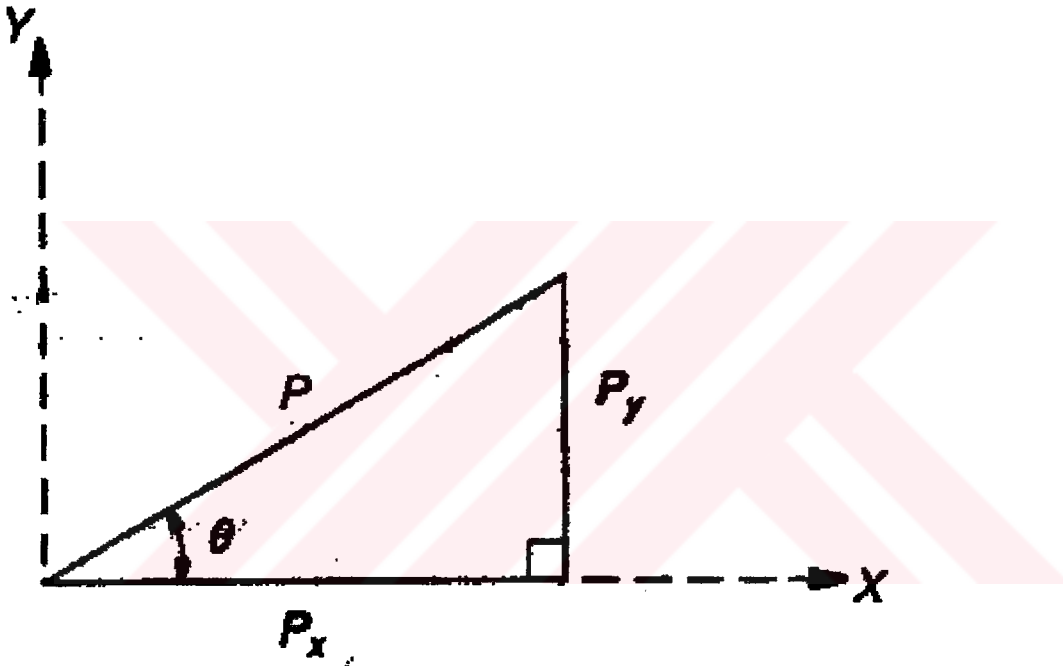
4.3.3 Açılı çarpışmaların matematiksel olarak çözülmesi

Vektör içeren momentum problemleri grafiksel veya matematiksel olarak çözülebilir. Bir momentum probleminin matematiksel olarak çözülmesi daha kolaydır.

Momentum Bileşenleri. İki taşıttan oluşan bir sistemin çarpışma öncesi ve hemen sonrasındaki momentumları korunmuşsa çarpışma öncesi ve sonrası dikdörtgensel bileşenlerinin aynı olması zorunludur. Şekil 4.29'da x ve y bileşenlerine ayrılmış olan P vektörü görülmektedir.

$$P_x = P \cos\theta$$

$$P_y = P \sin\theta$$



Şekil 4.29 Eğer θ açısı biliniyorsa, P vektörü x ve y bileşenlerine ayrılabilir.

Bu veriler kullanılarak çarpışma sonrası momentumun x ve y bileşenleri belirlenebilir.

Genel momentum denklemleri:

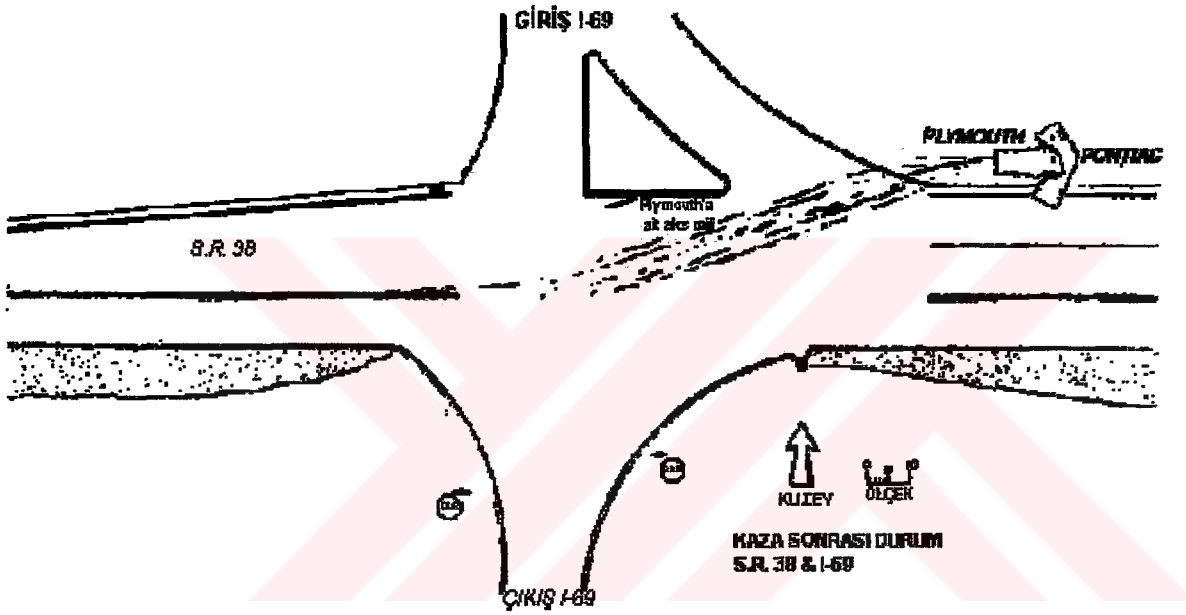
$$v_1 = \frac{v_1' w_1 \cos\theta_1' + v_2' w_2 \cos\theta_2' - v_2 w_2 \cos\theta_2}{w_1 \cos\theta_1} \quad (4.18)$$

$$v_2 = \frac{v_1' w_1 \sin\theta_1' + v_2' w_2 \sin\theta_2'}{w_2 \sin\theta_2} \quad (4.19)$$

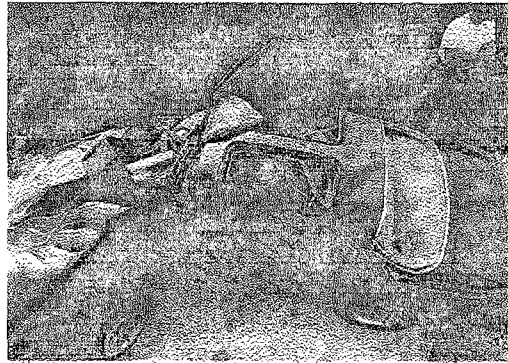
4.3.4 Örnek

Burada çizgisel momentumun korunması kanunu gerçek bir problemde uygulanmıştır. Kaza sonrası krokisi Şekil 4.30'da görülmektedir. Çarpışma sonrası her iki taşıt ta birlikte hareket etmiş ve durmuşlardır. Çarpışma öncesi Plymouth'un bir fren kayma izi bırakmıştır. Bu izin sonu Plymouth'un ilk temas konumu için mükemmel bir emaredir.

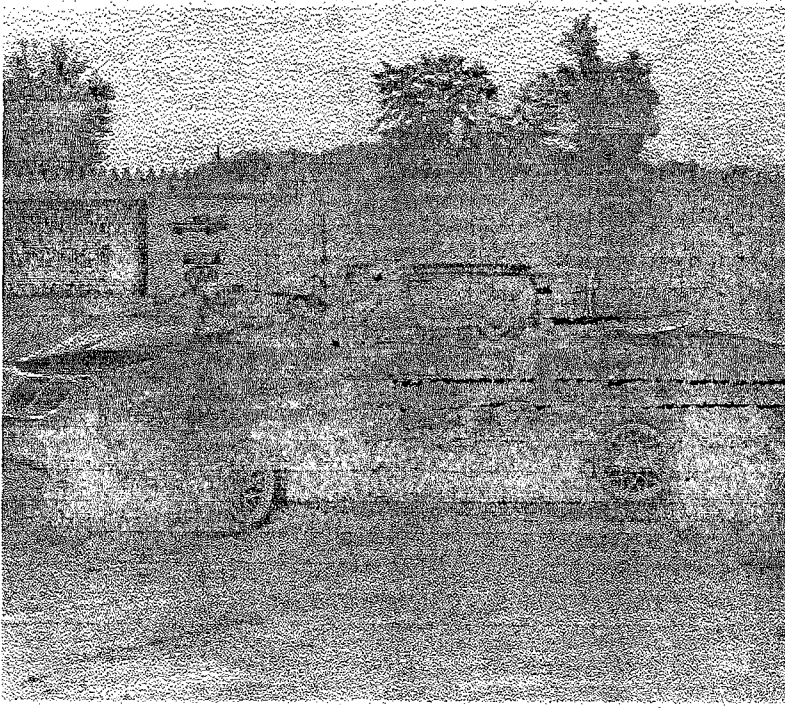
Taşıt Hasar Analizi. Pontiac'ta oluşan hasar Şekil 4.31 ve 4.32'de görülmektedir. Bu hasarları oluşturacak itme kuvvetinin yönü Şekil 4.33'de belirtilmiştir. İtme kuvvetinin yönünden, çarpışma sonucu az miktarda bir dönme beklendiği görülmektedir.



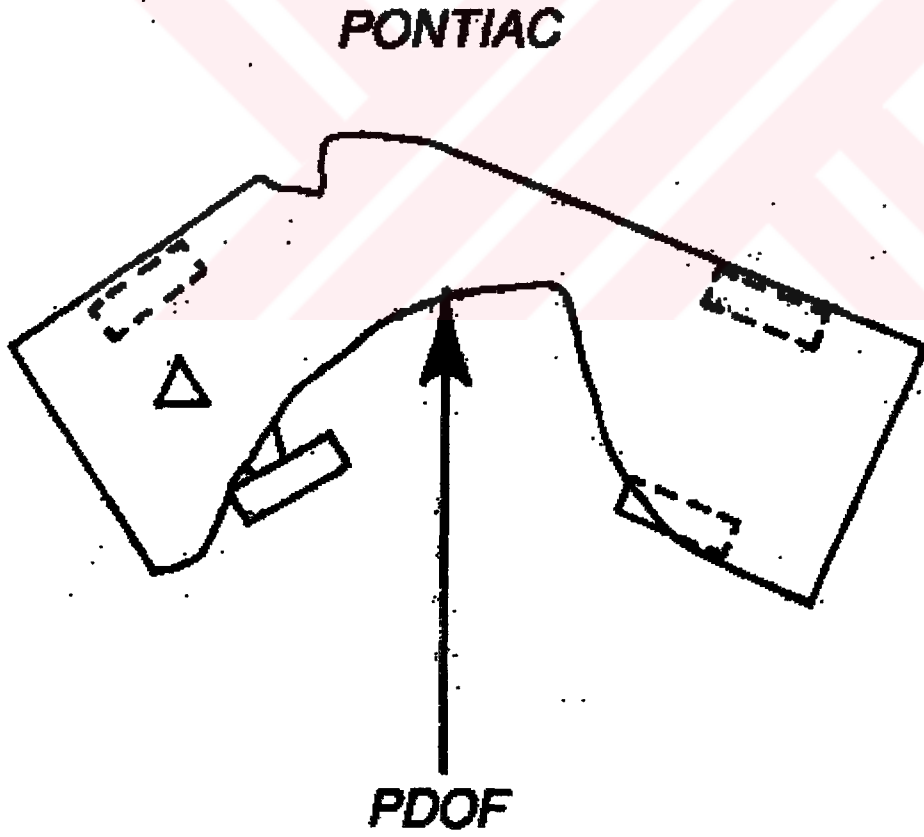
Şekil 4.30 Bir Plymouth ve Pontiac arasındaki kazanın çarpışma sonrası durum haritası görülmektedir.



Şekil 4.31 Pontiac'ta, fotoğrafta belirgin bir biçimde görüldüğü üzere, dikkate değer miktarda çökme meydana gelmiştir



Şekil 4.32 Bu fotoğrafta Pontiac'ta oluşan hasarın genişliği görülmektedir.



Şekil 4.33 Pontiac'ta çarpışma sonucunda oluşan hasar, temel kuvvetin yönü de belirtilerek gösterilmiştir.



Şekil 4.34 Plymouth'ta oluşan temas hasarı tamamen ön kısımdadır.



Şekil 4.35 Çarpışma sonucunda Plymouth'ta belirgin miktarda geriye doğru hareket oluşmuştur.

Plymouth'ta oluşan hasar Şekil 4.34 ve 4.35'de görülmektedir. Bu fotoğraflardan Plymouth'ta bulunan çökmenin geriye doğru olduğu görülmektedir. Ön kısımda sola doğru hafif bir çökme vardır. İtme kuvvetinin yönü Şekil 52'de gösterilmiştir. Bu taşıt için çok az miktarda bir dönme oluşacaktır.

Bu durumda ilk temastan maksimum temasa kadar iki taşıt arasında göreceli olarak çok az miktarda bir dönme oluşacaktır.

Bu durumda ilk temastan maksimum temasa kadar iki taşıt arasında göreceli olarak çok az miktarda bir dönme oluşacaktır. Her iki taşıtın da boylamsal eksenini, yaklaşık olarak, birbirine göre aynı konumda kalacaktır.

Yaklaşma ve Ayrılma Açıları. Yoldaki izler Şekil 54, 55 ve 56'da gösterilmiştir. Kaza sonrası durum haritasında (Şekil 4.30) belirgin izler yerleştirilmiştir. Yoldaki izler ve taşıt hasar analizine bağlı olarak iki taşıtın ilk temas konumları Şekil 57'de belirlenmiştir. Çarpışma sonrasında düz bir çizgide ilerlemişlerdir. Yoldan çıktıktan sonra çarpışma sonrası ilerleme yönleri değişmiştir. Şekil 57'de θ_1 , θ_2 ve θ' açılarının nasıl değiştiği görülmektedir. Şekil 58'de

bu açılar koordinat sistemi üzerinde görülmektedir. Taşıtlar çarpışma sonrasında birlikte ilerlediğinden dolayı sadece bir çarpışma sonrası açı, θ' , gösterilmiştir.

Şekil 58'de gösterilen vektör standart konumda olmadığından (4.18) ve (4.19) bir ayarlama yapılmaksızın kullanılamaz. Taşıt 1'i x eksenine üzerine yerleştirmek için en kolay yol Şekil 58'i Şekil 59'daki gibi 90° döndürmektir. P_2 iletılarak ucu merkeze yerleştirilmelidir. Şimdi vektörler standart konumdadır.

Matematiksel Çözüm:

Çarpışma öncesi hızlar Şekil 59'da gösterilen standart açı konumları, çarpışma sonrası hız ve taşıt ağırlıkları kullanılarak hesaplanabilir. Çarpışma sonrası taşıtlar birlikte ilerlediğinden; $v_1' = v_2'$ ve $\theta_1' = \theta_2' = \theta'$

$$w_1 = 1650 \text{ kg}$$

$$w_2 = 1680 \text{ kg}$$

$$\theta_1 = 0^\circ$$

$$\theta_2 = 275^\circ$$

$$v' = 18.7 \text{ m/sn.}$$

$$\theta' = 290^\circ$$

Öncelikle (4.19) yardımıyla v_2 hesaplanır:

$$v_2 = \frac{v_1' w_1 \sin \theta_1' + v_2' w_2 \sin \theta_2'}{w_2 \sin \theta_2'} \quad (4.19)$$

$$v_2 = 34.5 \text{ m/sn}$$

(4.18) kullanılarak v_1 hesaplanır:

$$v_1 = \frac{v_1' w_1 \cos \theta_1' + v_2' w_2 \cos \theta_2' - v_2 w_2 \cos \theta_2'}{w_1 \cos \theta_1'} \quad (4.18)$$

$$v_1 = 9.85 \text{ m/sn.}$$

Grafiksel çözüm:

Bu problem matematiksel çözümle aynı hassasiyetle grafiksel olarak çözülebilir. Şekil 59'da verilen vektörlerin standart konumda olmaları gerekmez. Şekil 58'de gösterilen açılar bu metodla kullanılırsa arada kullanılan konumlar modifikasyon olmadan çalışacaktır. İlk adım çarpışma sonrası momentumun hesaplanmasıdır. Her iki taşıt ta birlikte hareket ettiğinden sonuç çarpışma sonrası momentumu P' olacaktır.

$$P' = v'(w_1 + w_2)$$

$$= 18.7 (1650+1680)$$

$$= 62,271$$

Diyagramın kağıda sığabilmesi için uygun bir ölçek seçilmelidir. Bu örnekte 1 cm = 10,000 birimdir. Çarpışma sonrası momentum Şekil 60'daki gibi çizilmelidir. Çarpışma öncesi koşulları için paralellogram tamamlanmalıdır. $P_1 = 1.6$ cm, $P_2 = 5.9$ cm'dir.

$$P_1 = 1.6 (10,000)$$

$$P_1 = 16,000$$

$$P_2 = 5.9 (10,000)$$

$$P_2 = 59,000$$

$$v = P/w$$

$$v_1 = 16000/1650 = 9.7 \text{ m/sn}$$

$$v_2 = 59000/1680 = 35.12 \text{ m/sn}$$

Analiz özeti. Bu durum için momentum kullanılarak hız analizi göreceli olarak daha basittir. Çarpışma sonrası ayrılma açılarının belirlenmesi oldukça kolaydır ve taşıtlar birlikte ilerlemişlerdir. Toplanan veri ayrılma açısının hassas olarak belirlenmesine yeterli olduğundan son hızın hassasiyetinin belirlenmesinde, küçük bir aradaki açılar kullanılabilir.

4.3.5 ÖZET

Burada trafik kazası analizinde çizgisel momentumun korunmasının ne şekilde kullanılabileceği anlatılmıştır. Hassas bir momentum analizi yapabilmek için kaza bölgesi ve taşıtlardan elde edilen veriler önemlidir. Momentum analizine başlamadan önce taşıtların ne şekilde çarpıştığı, ayrıldığı ve son konumlarına geldikleri belirlenmelidir. Bu hassas bir şekilde yapılmazsa analiz sonuçları doğru olmayacaktır. Genellikle çarpışma sonrası kuvvet bağlantı katsayıları yüksek alınmaktadır.

Analiz işlemi kusursuz yapıldığı sürece momentum analizinden iyi sonuçlar elde edilebilir. Eğer:

- 1) Taşıtların ağırlıkları birbirine yakınsa,
- 2) Yaklaşma açıları 90°'ye yakınsa ve
- 3) Taşıtlar çarpışma sonrası bir miktar ilerlemişse daha iyi bir sonuç elde edilir. Eğer bu kriterler mevcut değilse giriş verileri değiştirilerek sonuçların hassasiyeti gözlenmelidir. Yaklaşma açısındaki 5°'lik bir sapma taşıt hızını 80 km/h'den 125 km/h'e çıkarıyorsa farklı bir analiz işlemi uygulanmalıdır.

4.4 Trafik Kazalarında Taşıtların Hasarı Yardımıyla İş ve Hızın Hesaplanması

İş, kuvvetin nesneyi değiştirmek için uyguladığı etkidir. İş kuvvet ve uygulandığı mesafenin çarpımına eşittir.

$$W = F \cdot d \quad (4.20)$$

Birimi Newton·metredir.

Eğer kuvvet ve mesafe aynı yönde değilse;

$$W = Fd \cos \theta \quad (4.21)$$

Bir iş yapılarak enerji nesnelere arasında iletilir. Enerji üç genel kategoriye ayrılabilir:

1. Durgun Enerji nesnenin kütlelerinden kaynaklanan enerjidir.
2. Kinetik Enerji bir nesnenin hareketine bağlı olarak sahip olduğu enerjidir. Hareketli bir taşıtlar durgun bir taşıtlara göre daha fazla kinetik enerjiye sahiptir.

Bir taşıtlar hızlanırken aynı zamanda enerjisini artırır. Hareketli bir nesnenin kinetik enerjisi:

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 \quad (4.22)$$

'dir.

Bu denklem taşıtlar durgun konumdan belirli hıza çıkarmak amacıyla gerekli işi hesaplar. Aynı zamanda taşıtların kazandığı enerji miktarıdır. Kazanılan enerji kinetik enerjidir.

Kütle ve ağırlık yerçekimine bağlı olarak hızlanmayla bağlantılıdır:

$$KE = \frac{wv^2}{2g} \quad (4.23)$$

Taşıtlar durgun konuma getirmek amacıyla aynı miktarda iş yapılması ve kazanılan enerjiyle aynı miktarda enerjinin dağıtılması gerekir.

Enerji termik enerjiye dönüştürülerek dağıtılır. Bu lastikler ve yol yüzeyi ile lastikler ve fren sistemi veya basit bir durma sırasında oluşan yuvarlanma direnci sonucu oluşur.

Taşıtlar durma konumuna getirmek amacıyla dönüştürülmesi gerekli kinetik enerji miktarını hesaplayabilmek için:

$$W = wfd \quad (4.24)$$

Bu iki denklem;

$$W = wfd$$

ve

$$KE = \frac{wv^2}{2g}$$

kayma izlerinden hız tahmini yapabilmek amacıyla birlikte kullanılabilir.

$$v = \sqrt{\frac{(2g)(KE)}{w}} \quad (4.25)$$

Sonuç olarak, diğer bütün enerjilerin olduğu gibi, kinetik enerji bir scalar büyüklüktür. Bilinen bir kütlenin kinetik enerjisi hareket yönüne değil, hızının büyüklüğüne bağlıdır. Kinetik enerjideki değişim yapılan işe bağlıdır. İş pozitif ise kinetik enerji artar, negatif ise azalır. Hızlanma oranı kinetik enerjiye bağlı bir faktör değildir.

Potansiyel enerji cismin konumuna bağlı bir enerjidir. Burada potansiyel enerjinin iki şekli anlatılacaktır:

1. Yerçekimsel,
2. Elastiki potansiyel enerji.

Yerçekimsel potansiyel enerji bir nesnenin belirli bir referans düzleminin üzerindeki konumuna bağlı olarak sahip olduğu enerjidir. Referans düzlemi genellikle dünyanın yüzeyidir. Yerçekimsel kuvvet taşıtan ağırlığı, w , ve hareket ettirilen mesafe, h , yüksekliktir.

$$W = wh \quad (4.26)$$

Bu, yerçekimsel potansiyel enerji denklemdir:

$$PE_n = wh \quad (4.27)$$

Yerçekimsel potansiyel enerjideki değişim cismin ilk ve son yüksekliklerinin farkına bağlıdır:

$$\Delta PE_n = w(h_2 - h_1) \quad (4.28)$$

Elastiki potansiyel enerji bir cismin şekline bağlı olarak sahip olduğu enerjidir. Sıkıştırılmış veya açılmış bir yay şeklinden dolayı elastiki potansiyel enerjiye sahiptir. Bu enerjinin büyüklüğü yayı sıkıştırmak veya açmak için yapılan işe bağlıdır.

4.4.1 Taşıt hasarından hız tahmini

Enerji, kayma haricinde, diğer yollarla dağıtılır. Bu, taşıtta oluşan hasar şeklinde oluşur. Hasara bağlı hız tahmini yapabilmek amacıyla, hasarı oluşturan enerji miktarı belirlenmelidir.

Sabit hasar (plastik deformasyon) çarpışma sonrası uygulanan kuvvet kaybolduğunda taşıt üzerinde kalır. Hasarlı taşıt üzerinden yapılan hasar ölçümleri taşıtta oluşan statik hasarı göstermektedir. Çarpışma sırasında taşıtta bir miktar daha fazla hasar oluşacaktır. Bu hasar genellikle dinamik çökme olarak adlandırılacaktır. Çarpışmada, tekrar orijinal şeklini alması için, taşıtta bir tepki oluşacaktır. Bütün ciddi çarpışmalarda geri getirme etkisi belirgin değildir. Yalnızca düşük hızlı çarpışmalarda geri getirme etkisi gözönünde bulundurulmaz.

İş deyimini dağıtılan enerjinin kuvvet ve bu kuvvetin etkideği mesafeyle ilgili olduğunu belirtir. Eğer benzer bir hasarı oluşturabilecek kuvvet miktarı hakkında gerekli bilgi varsa, çarpışma ölçümleri sonucunda mesafe belirlenerek, dağıtılan enerji miktarı hesaplanabilir. Bu enerji miktarı çarpılan taşıtın dinamik kuvvet saptırma karakteristiği ve çarpışma direnci ile ilgilidir. Bir taşıtın dinamik kuvvet saptırma karakteristiği özellikle bariyer çarpışma testleriyle belirlenir.

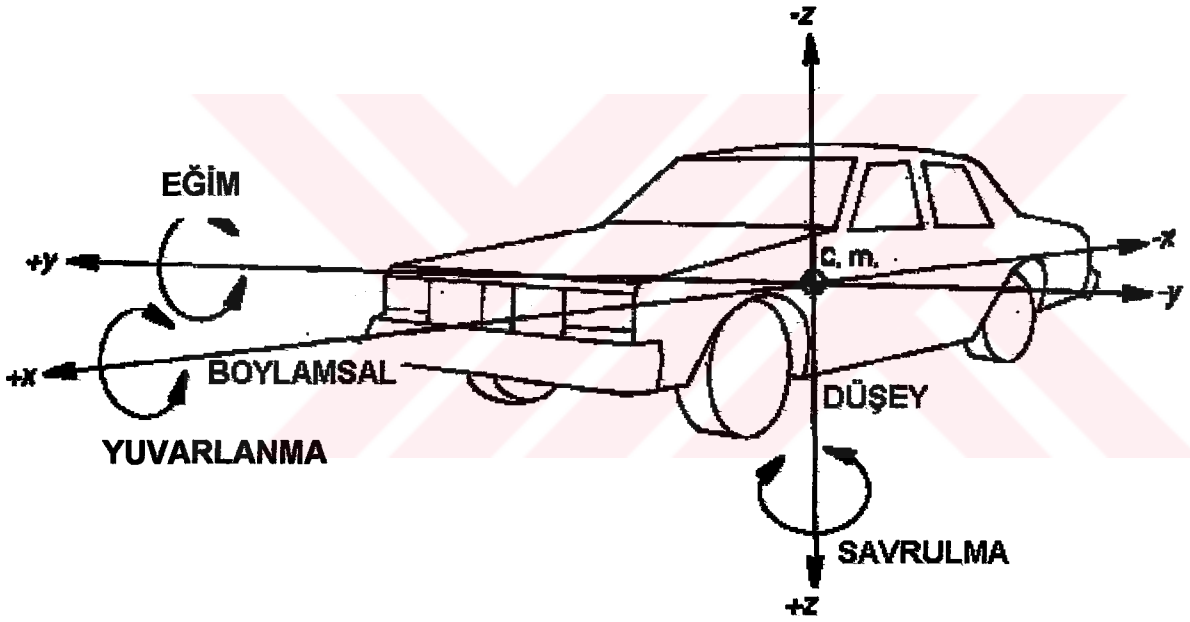
5. TRAFİK KAZALARINDA SÜRÜŞ KONTROLÜNÜN İNCELENMESİ

5.1 Giriş

Burada taşıtın sürülmesi sırasındaki taşıt dinamiği ile ilgili temel bilgiler anlatılmaktadır. Taşıta etkiyen bütün sürüş, frenleme ve viraj kuvvetleri dört lastiğin temas bölgesi ve lastik ile yol teması aracılığıyla dönüştürülmelidir. Lastiklere etkiyen kuvvetlerin taşıtın viraj alması sırasında önemli etkisi vardır. Bu kuvvetlerin anlaşılması, bütün taşıta etkiyen ve virajda ilerleme sırasında dönüştürülen kuvvetlerin incelenmesini kolaylaştıracaktır.

Virajda alma sırasında taşıta etkiyen kuvvetlerle ilgili bilgi taşıtın hızını tahmin etmek için gerekli denklemlerin geliştirilmesinde kullanılır.

Dört tekerden çekiş etkileri burada incelenmemiştir.

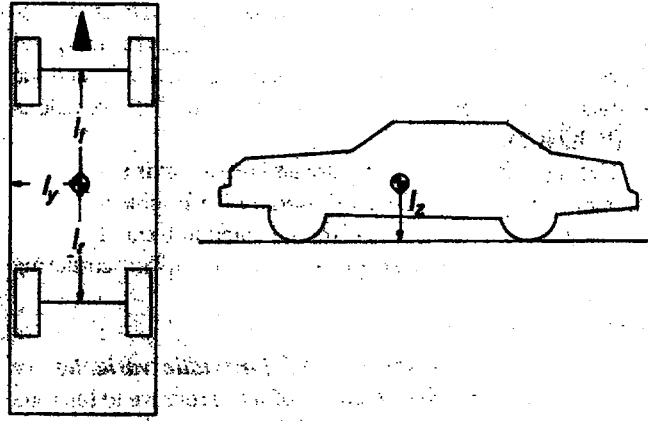


Şekil 5.1 Sabit yönlü kontrol koordinat sistemi standart bir taşıt için boylamsal, enlemesine ve düşey referans eksenleri oluşturur.

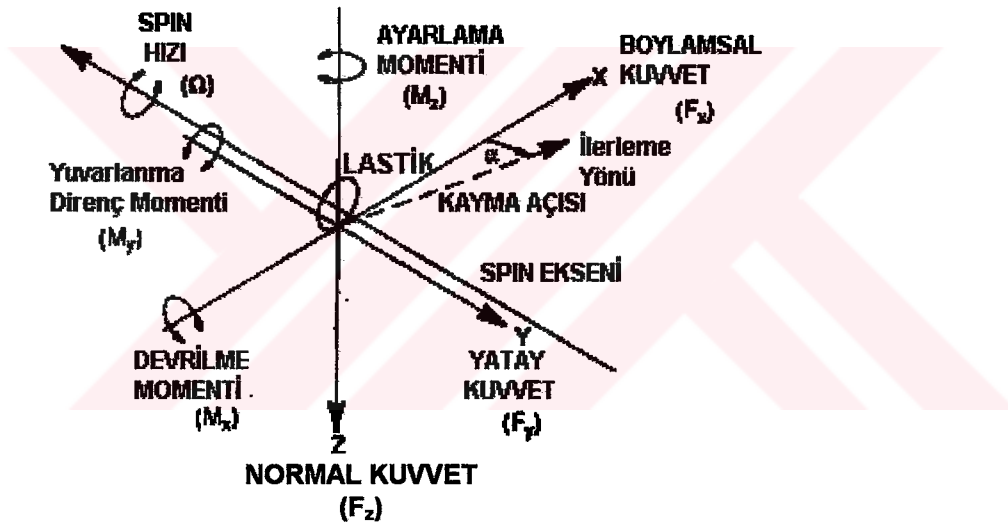
5.2 Lastiklere Etkiyen Kuvvetler

Şekil 5.1'de standart bir taşıtın sabit yönde kontrol koordinat sistemi gösterilmiştir. Bu koordinat sistemi taşıtın uzunlamasına, yanal ve düşey referans eksenlerini oluşturur. Burada taşıtın kütle merkezi koordinat sisteminin merkezidir.

Aşağıdaki denklem lastiğe etkiyen bütün kuvvet ve momentlerin yuvarlanma yarıçapı, r , açılmal hız, Ω , eğim açısı, γ , viraj yarıçapı, r , hız vektörü, v , fonksiyonu olduğunu belirtmektedir.



Şekil 5.2 Taşıtın kütle merkezi taşıt koordinat sisteminin merkezini oluşturur. 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.



Şekil 5.3 SAE (Society of Automotive Engineers) tarafından önerilen standart terminoloji ve lastik eksen sistemi.

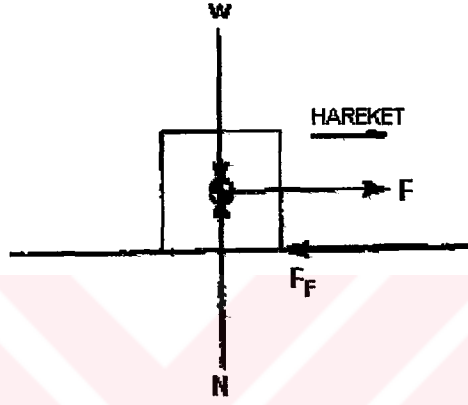
$$\{F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z\} = f(r, \Omega, \gamma, r, v) \quad (5.1)$$

Bu denklem lastiğe etkiyen kuvvet ve momentlerin yuvarlanma yarıçapı, r , açısal hız, Ω , eğim açısı, γ , viraj yarıçapı, r , ve hız vektörüne, v , bağlı olduğunu belirtir. (5.1) yalnızca x ve y yönündeki kuvvetler F_x ve F_y , ve moment, M_z 'ten oluşan lastik çekişi gözönüne alınarak basitleştirilebilir:

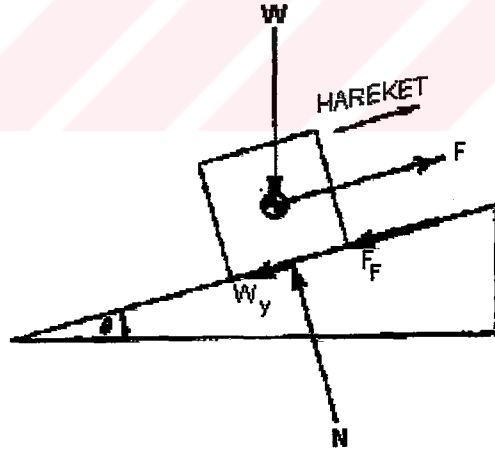
$$\{F_x, F_y, M_z\} = f(F_z, \alpha, \gamma, r, S_x, v_x, \mu) \quad (5.2)$$

5.2.1 Lastik viraj kuvveti

(5.2)'de, F_y , viraj kuvvetini etkileyen değişkenler; F_z , μ , S_x ve $\alpha^{2,3,4}$ 'tür. Z yönündeki kuvvet, F_z , lastik üzerindeki ağırlıktır. Lastik üzerindeki yük veya ağırlık sürtünme katsayısıyla, μ , birlikte sürtünme kuvvetini, F_F , oluşturur. Boylamsal kayma, S_x , F_{xd} ve F_{xb} sürüş ve frenleme kuvvetlerine bağlıdır. F_y , viraj kuvveti oluşumu için mevcut, F_F , sürtünme kuvvetinin miktarını etkilemek amacıyla boylamsal kayma gösterilecektir. α , Kayma açısı lastiğin hareket ettiği yön ve lastiğin paraleli arasındaki açıdır. Lastik bir kayma açısıyla ilerlerken, F_y , viraj kuvveti oluşturur.



Şekil 5.4 Normal kuvvet yüzeye dik olan ve nesneyi iten kuvvet olarak adlandırılır ve düz bir yüzeyde nesnenin ağırlığına eşittir.



Şekil 5.5 Normal kuvvet eğimli bölgelerde dahi yüzeye diktir.

Eğer lastik dönüyorsa, bütün sürtünme kuvveti, F_F , viraj kuvveti, F_y , oluşturmak için hazırdır.

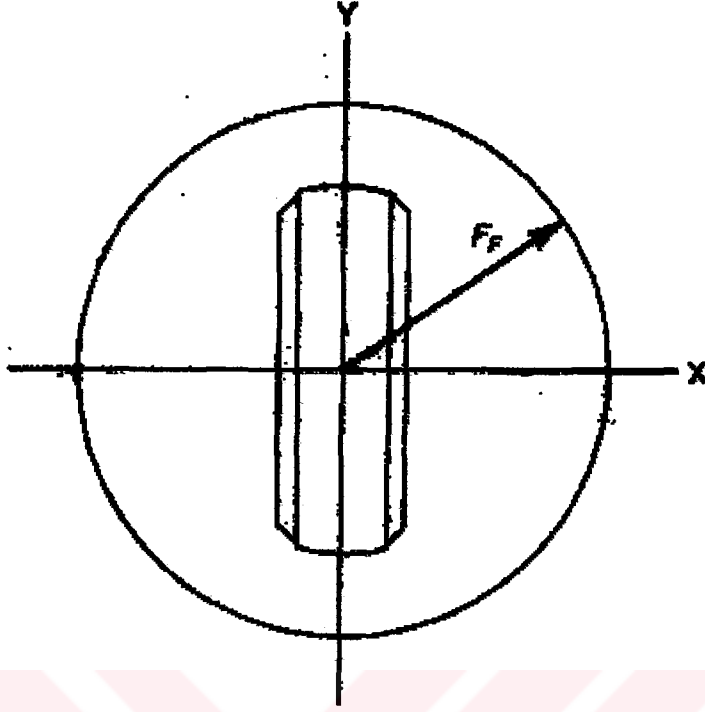
Maksimum sürtünme kuvveti:

$$F_F = N\mu$$

formülüyle hesaplanır. Düz bir yüzey için normal kuvvet, N , Şekil 5.4'te; eğimli yüzey için

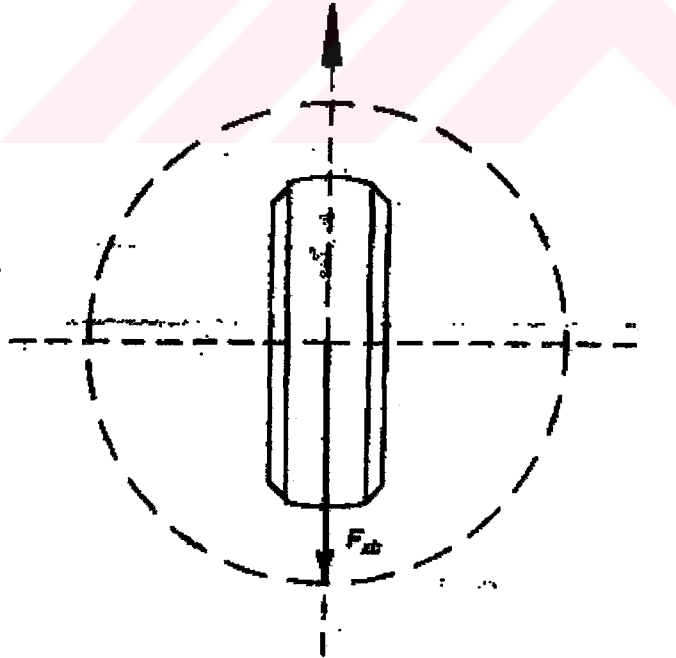
Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Eğer yüzey düzse:

$$F_F = w\mu \quad (5.3)$$

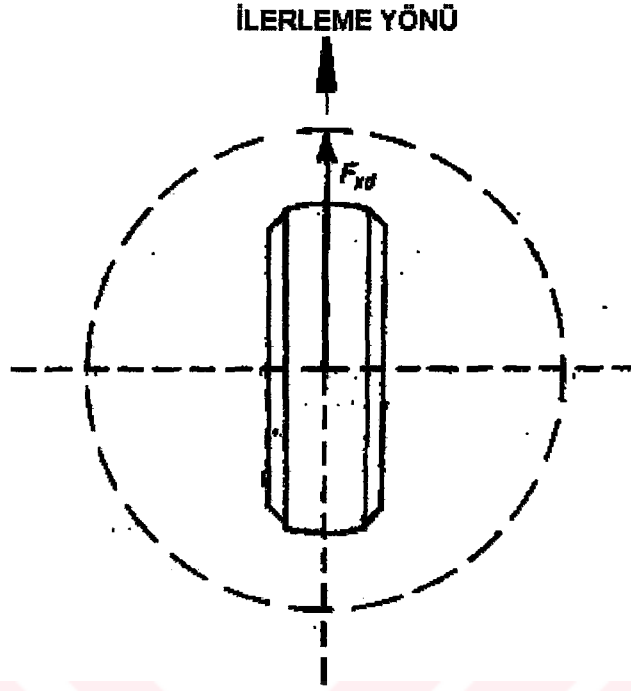


Şekil 5.6 Lastiği çevreleyen sürtünme çemberinin yarıçapı mümkün olan maksimum sürtünme kuvvetini (F_F) belirtir.

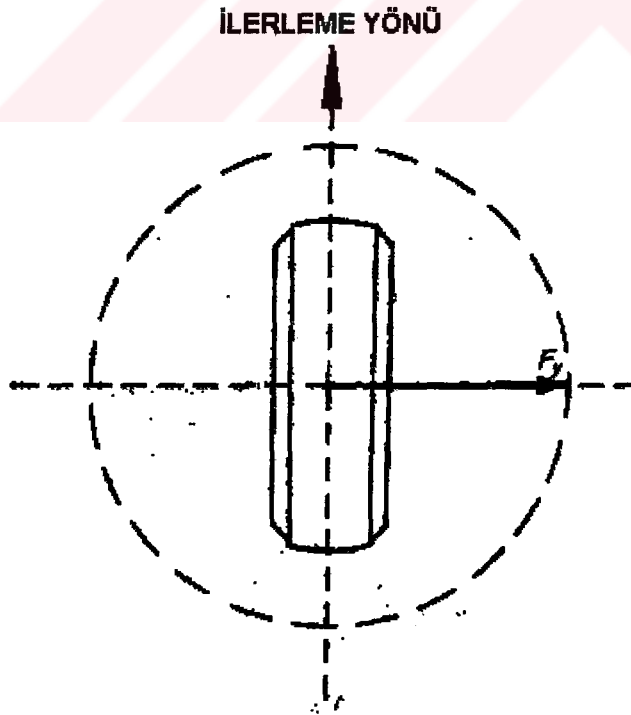
İLERLEME YÖNÜ



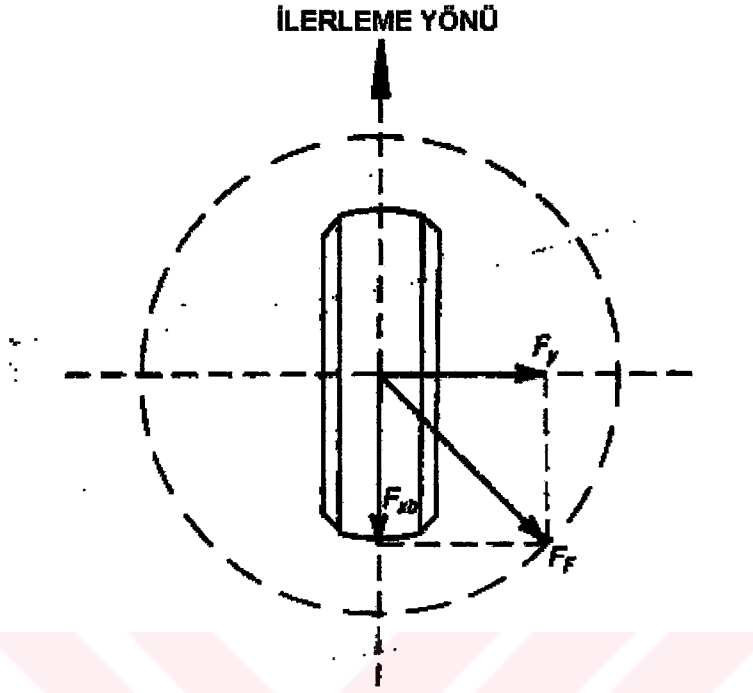
Şekil 5.7 Frenleme kuvvetine (F_{xb}) bağlı olarak kayan bir lastik taşıtı boylamsal olarak yavaşlatmak için mümkün olan bütün sürtünme kuvvetini (F_F) kullanacaktır. Vektör aşağıya doğru (geri) işaretlenmiştir.



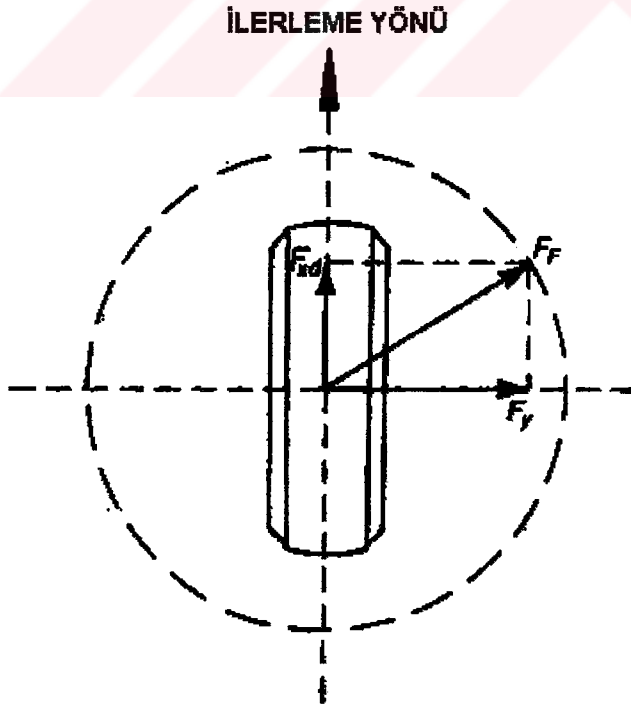
Şekil 5.8 Sürüş kuvvetine (F_{xd}) bağlı olarak spin atan bir lastik, taşıtı sürebilmek için, mümkün olan bütün sürtünme kuvvetini boylamsal olarak kullanacaktır. Vektör yukarı doğru (ileri) işaretlenmiştir.



Şekil 5.9 Maksimum viraj kuvvetini oluşturan, serbestçe dönen bir lastik, taşıtı sürmek için, mümkün olan tüm sürtünme kuvvetini enlemesine kullanacaktır. Vektör eğrinin iç kısmına doğru, lastiğe dik olarak işaretlenmiştir.



Şekil 5.10 Eğer bir lastik viraj kuvveti (F_y) ve frenleme kuvvetine (F_{xb}) aynı anda maruz kalıyorsa, bu kuvvetlerin vektörlerinin toplamı mümkün olan maksimum sürtünme kuvvetini (F_F) geçemez.



Şekil 5.11 Eğer bir lastik viraj kuvveti (F_y) ve sürüş kuvvetine (F_{xd}) aynı anda maruz kalıyorsa, bu kuvvetlerin vektör toplamı mümkün olan maksimum sürtünme kuvvetini (F_F) geçemez.

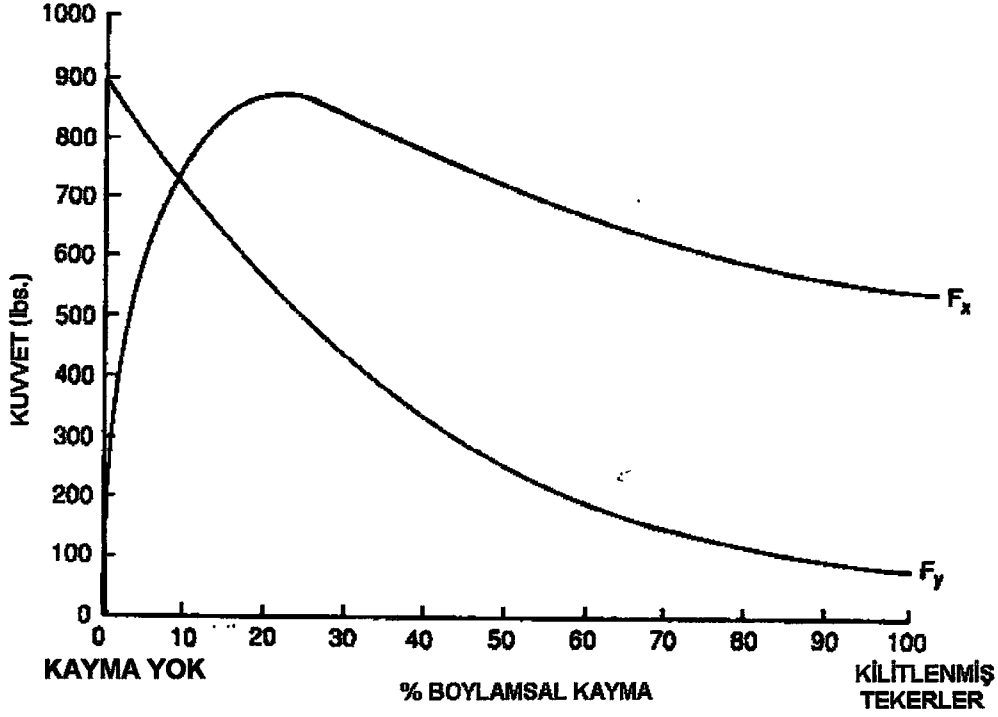
Eğer lastik bir sürüş kuvvetine, F_{xd} , veya frenleme kuvvetine, F_{xb} , maruz kalırsa oluşabilecek viraj kuvveti, F_y , azalır. Şekil 5.6'da lastiği çevreleyen dairenin yarıçapı (5.3)'le belirtilen maksimum sürtünme kuvvetini, F_F , belirten vektördür. Sürüş kuvvetine, F_{xd} , veya frenleme kuvvetine, F_{xb} , viraj kuvvetine, F_y , veya viraj ve fren kuvvetlerinin birleşimine veya viraj ve sürüş kuvvetlerinin birleşimine maruz kalabilir. Bütün bu kuvvetler vektörel büyüklüklerdir ve toplamları elde edilebilir maksimum sürtünme kuvvetini, F_F , geçemez. Bu;

$$F_F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (5.4)$$

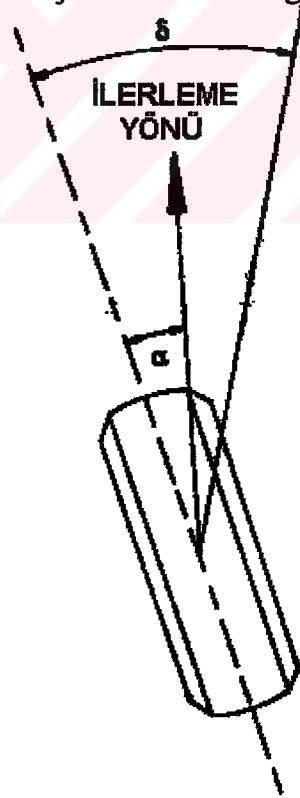
denklemlerle gösterilebilir.

Sürtünme kuvveti: frenleme kuvveti (F_{xb}), sürüş kuvveti (F_{xd}) veya viraj kuvveti (F_y) formunda kullanılabilir. Şekil 5.7'de frenleme kuvvetine bağlı olarak kayan bir lastik görülmektedir. Şekil 5.7'de görülen lastik mevcut bütün sürtünme kuvvetini boylamsal olarak taşıtı yavaşlatmak amacıyla kullanacaktır. Bunun için de vektör ters yönde belirtilmiştir. Kayan bir lastik yalnızca lastiğin hareket yönünün ters yönünde bir direnç oluşturabilir. Şekil 5.8'de sürüş kuvvetine bağlı olarak spin atan bir lastik görülmektedir. Bütün sürtünme kuvveti taşıtı boylamsal olarak iletirmek için kullanıldığından vektör ileri doğru belirtilmiştir. Şekil 5.9'da gösterilen lastik serbest olarak dönerek maksimum viraj kuvveti oluşturmaktadır. Vektör, dönüş yönünün iç kısmında, lastiğe diktir.

Sürtünme kuvveti, aynı zamanda, viraj kuvveti ve frenleme veya sürüş kuvvetinin birleşimi olarak kullanılabilir. Şekil 5.10 ve 5.11'de, lastik bir viraj kuvveti, frenleme kuvveti ve sürüş kuvvetine maruz kalmaktadır.



Şekil 5.12 Frenleme kuvveti (F_x) ve viraj kuvvetinin (F_y) teker kaymasına bağlı % değişimini gösteren grafik, sürtünme kuvvetinin taşıtı yavaşlatmak için kullanıldığını ve viraj kuvvetinin sıfıra gittiğini göstermektedir.



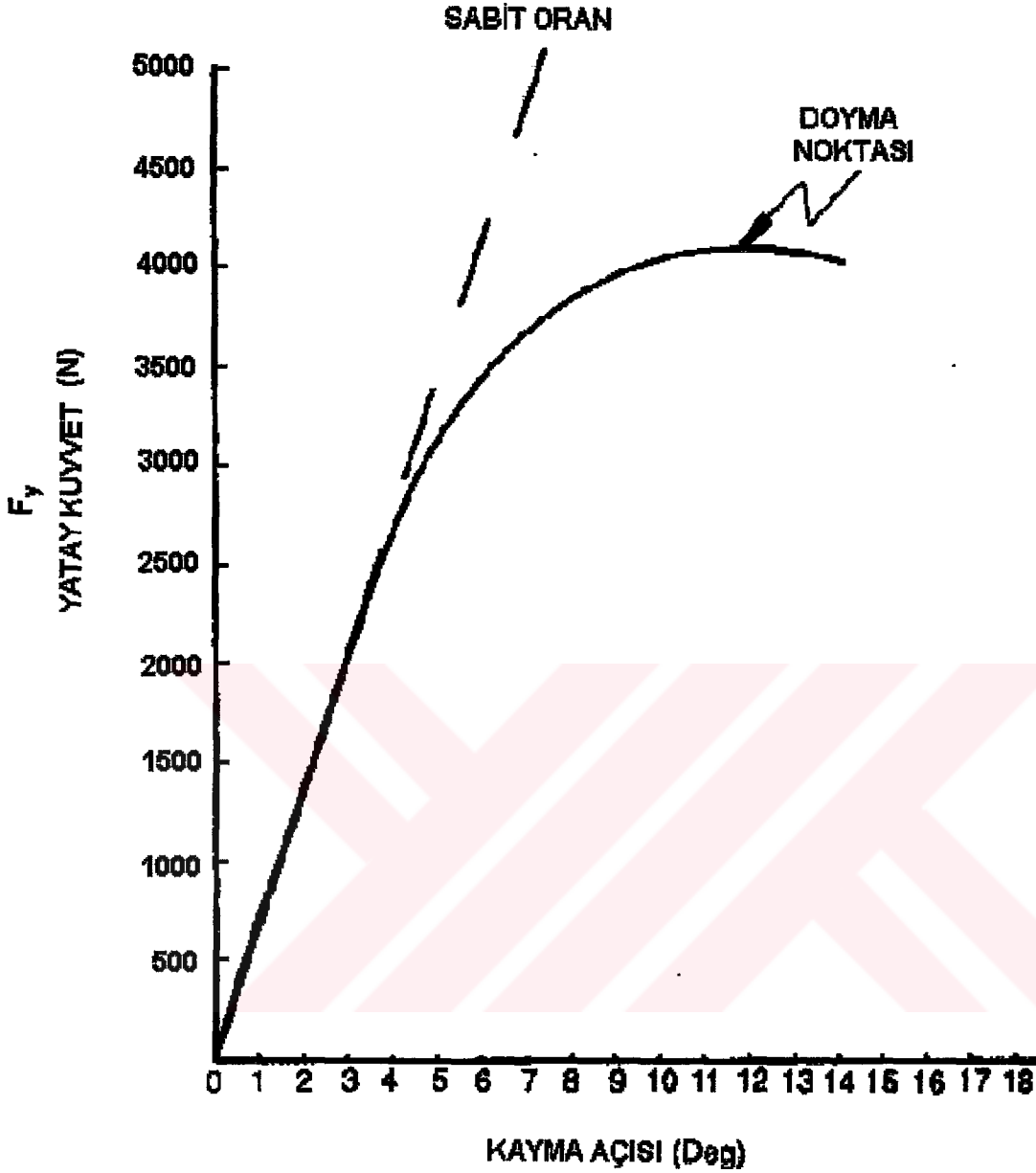
Şekil 5.13 Kayma açısı lastiğin yönü ile lastiğin hareket yönü arasındaki açıdır. Sürüş açısı ise taşıtın yönü ile lastiğin yönü arasındaki açıdır.

5.2.2 Kayma açısı

Kayma açısı, α , lastiğin yönü ve hız vektörü arasındaki açıdır. Lastik sürülürken, sürüş açısı, δ , denilen bir açıyla döndürülür. Lastik döndürüldüğünde bir kayma açısı olduğu zaman çevresi yerine hareket yönünü izlemeye zorlanarak, lastiğin temas bölgesindeki deformasyon sonucunda viraj kuvveti, F_y , oluşur. Kayma açısı ne kadar büyük olursa viraj kuvveti de o kadar büyük olur. Virajda ön ve arka lastikler farklı kayma açısıyla ilerleyeceklerdir. Ama bu açılar nadiren eşit de olabilir. Şekil 5.13 bir ön lastiğin sürüş açısı (δ) ve kayma açısı (α) gösteren üstten görünüşüdür. Belirli bir lastiğin her bir derece kayma açısı için oluşturduğu yanal kuvvet veya viraj kuvvetinin (F_y) miktarı, o lastiğin viraj sertliği (C_α) olarak adlandırılır. Viraj sertliği düz bir yolda serbestçe dönen bir lastiğin yanal kuvvetinin değişiminin sıfır kayma açısına göre oranıdır. Yüksek viraj sertliğine sahip bir lastik belirli bir kayma açısında daha fazla viraj kuvveti oluşturabilir. Viraj sertliği lastiğe göre farklılık gösterir ve lastiğin yapısı, lastik basıncı, yüzey maddesi, boyutu ve taşınan yük miktarının fonksiyonudur. Viraj sertliği ve kayma açısı viraj kuvvetinin hesaplanmasında kullanılabilir:

$$F_y = C_\alpha \alpha \quad (5.5)$$

Bir lastiğin kayma açısına bağlı olarak oluşturabileceği viraj kuvveti sınırlıdır. Şekil 5.14'te belirli bir lastik için kayma açısı ile yanal kuvvet arasındaki ilişki gösterilmektedir. Belirli bir yük, F_z , ve sürtünme katsayısında, μ , kayma açısı arttıkça viraj kuvveti de sabit bir oranda artmaktadır. Bir noktadan sonra viraj kuvveti de az bir oranla artmaya devam edecek ve bir yerde, daha fazla viraj kuvveti oluşturmayacağı bir gelinecektir. Bu nokta kritik kayma açısı veya doyma noktası olarak adlandırılır. Bu noktadan sonra 90 dereceye ulaşıncaya kadar viraj kuvveti yavaş yavaş azalır. 90 derece kayma açısına sahip bir lastik %100 boylamsal kayma yapan kilitlenmiş bir lastikle aynı davranışı gösterecektir. Normal manevralar sırasındaki tipik kayma açıları 3 ile 5 derece arasındadır ve azami çekişe yakın dönüş manevralarındaki kayma açıları 10 ile 145 derecedir.



Şekil 5.14 Kayma açısına bağlı olarak bir lastiğin oluşturabileceği viraj kuvveti sınırlıdır (Fricke, 1990).

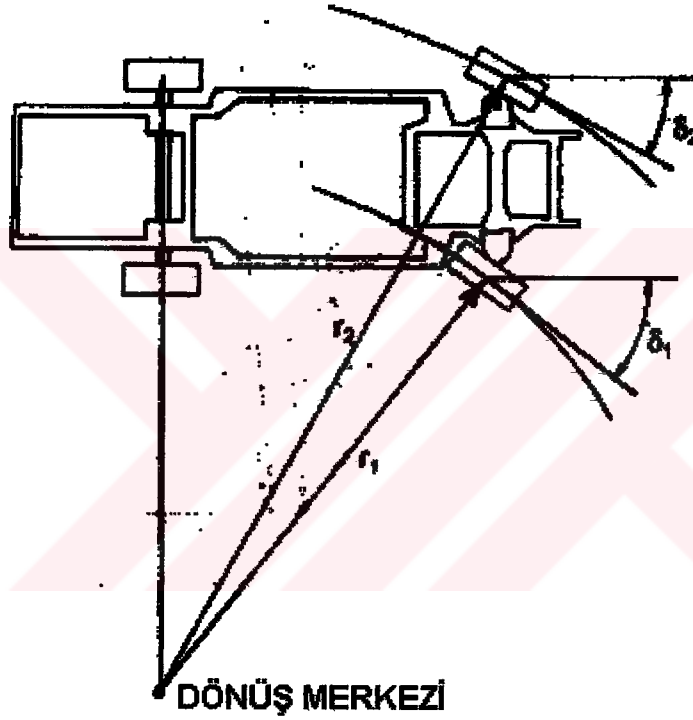
5.3 Taşıta Etkiyen Kuvvetler

Newton'un birinci hareket kanununa göre, bir taşıt harekete başladığında diğer bir kuvvet etkilemediği sürece düz bir çizgide hareket eder. Taşıttın dönmesi için taşıt üzerine bir kuvvet etkimelidir. Taşıttın dönmelerini sağlayan kuvvet taşıttın döndüğü eğrinin merkezine doğru, yanal bir kuvvettir. Bu kuvvet merkezci kuvvet olarak adlandırılır. Bu kuvvet lastik ve yol arasındaki, ve pozitif devali yolda, taşıttın ağırlığının oluşturduğu kuvvetin etkisi sonucu

oluşur. Merkezkaç kuvvet terimi, teknik olarak oluşmamasına rağmen, genellikle dairesel bir yoldaki hareketin daha kolay anlaşılabilmesi amacıyla kullanılır.

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

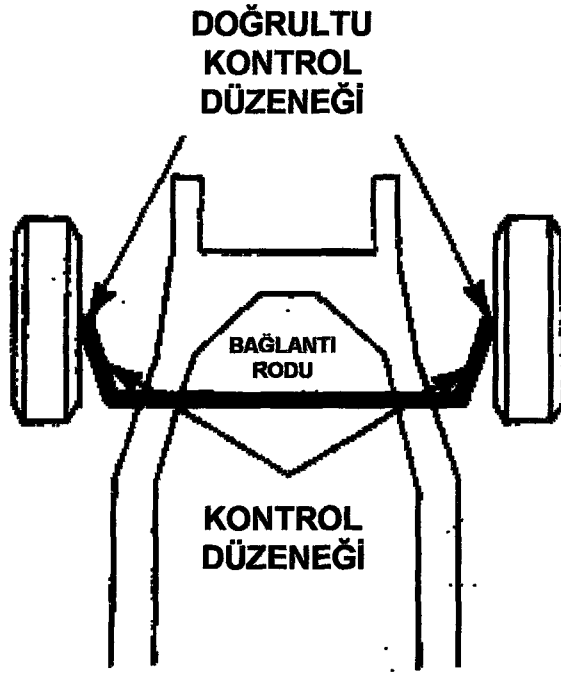
$$F_{cent} = \frac{wv^2}{gr} \quad (5.6)$$



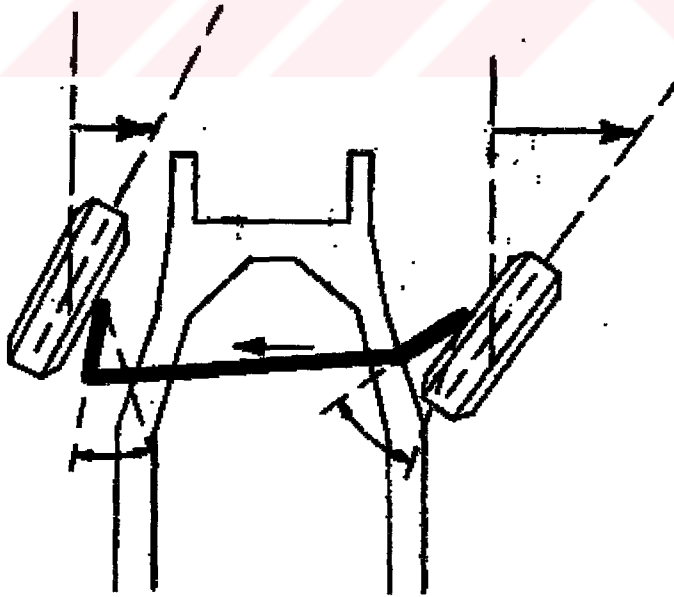
Şekil 5.15 Hiç kayma olmadan bir dönüşün merkezi her bir lastiğe, dönme merkezine doğru, dik çizgiler çizilerek bulunabilir.

Atalet kuvveti, frenleme olmaksızın, mevcut sürtünme kuvvetinden küçükse (merkezkaç kuvvet < merkezci kuvvet) taşıt yolunda gidecektir. Aksi takdirde, taşıt yanal kaymaya başlayacak ve eğriyi izlemeyecektir.

Taşıtı bir viraj boyunca sürmek için gerekli sürtünme kuvveti, bir kayma açısına maruz kaldıkları süre boyunca lastikler tarafından üretilir. Taşıtın kontrol mekanizması gerekli kayma açısını oluşturacak şekilde ön lastikleri döndürerek gerekli viraj kuvvetini oluşturur. Şekil 5.15'te sağa dönüş yapan bir taşıt görülmektedir. Kayma olmaksızın gerçekleştirilen bir dönüşte, dönüş merkezi, merkeze doğru her bir lastiğe dik çizgiler çizilmesi sonucunda bulunur.



Şekil 5.16 Bir taşıtın ön tekerleri ön dingil piminin etrafında serbestçe dönen doğrultu kontrol düzeneğine tutturulmuştur. Her iki düzenek de birbirine paralel olmayan ve bağlantı rotunun birleştiği noktada birbirine yakın olan kontrol düzeneğine sahiptir.



Şekil 5.17 Direksiyon çevrildiğinde bağlantı rotu hareket ettirilir ve tekerler dönmeye başlar. İki kontrol düzeneği ve bağlantı rotu arasındaki açılar değişir. Bu hareket iç tekerlerde, dış tekerlere göre daha fazla değişimle sonuçlanır.

Eğer taşıt dönerken lastiklerden hiçbiri kaymıyorsa dik çizgilerin hepsi tek bir noktada kesişir. Bu ortak kesişme noktası dış lastiğin iç lastiğe göre (r_1) daha geniş bir yarıçapla (r_2) dönmesi sonucu oluşturulur. İç lastik daha geniş bir sürüş açısıyla (δ_1) döndürüldüğünden dolayı dış lastiğin dönüş yarıçapı daha büyüktür. Dış teker (δ_2) ve iç tekerin (δ_1) dönüş yarıçapları arasındaki fark dönüş açısı olarak bilinir ($\delta_1 - \delta_2$).

Gerekli dönüş açısını belirleyebilmek amacıyla çoğu taşıt üreticileri tarafından kullanılan yöntem Ackermann prensibidir. Şekil 5.16 ve 5.17 Ackermann prensibinin tipik bir uygulamasını göstermektedir. Şekil 5.16'da tekerler, ön dingil piminin etrafında bağımsızca dönebilen, doğrultu kontrol düzeneğine tutturulmuştur. Her iki düzeneği de birbirine bir rod ile bağlı olan direksiyon miline sahiptir. Direksiyon, Şekil 5.17'de gösterildiği gibi, sağa döndürüldüğünde rod sola kaydırılır ve tekerler sağa doğru dönmeye başlar. Her iki direksiyon mili ve rod arasındaki açılar, geniş açı, değişmeye başlar. Bu hareket sağ iç tekerde, sol dış tekere göre daha fazla değişimle sonuçlanır ve böylece dış teker daha uzun bir dönme yarıçapı kazanır. Aynı durum sola dönüşte de geçerlidir.

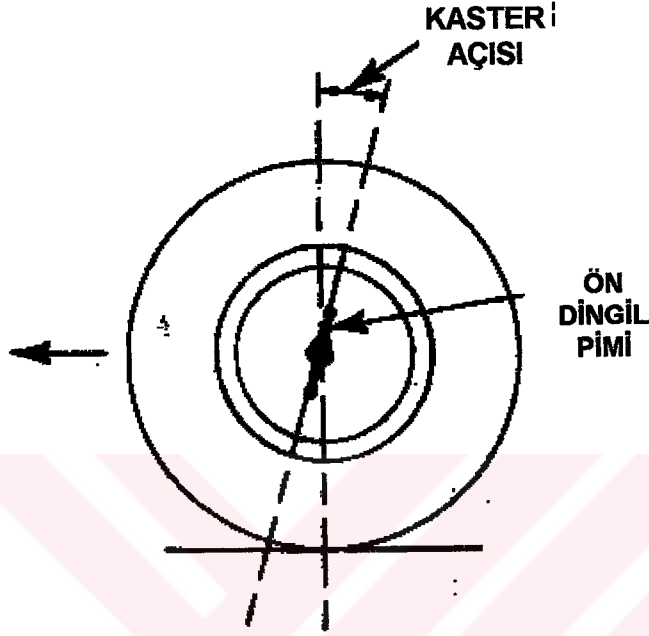
Ackermann prensibi gerçekten kayma olmayan sürüşü, yalnızca üç konumda gerçekleştirebilir: düz ilerleme ve sağa ve sola özel olarak dizayn edilmiş bir açıyla dönme. Taşıt dizayn edildiği belirli bir sağ veya sol açıyla dönerken dahi, yaklaşık olarak kayma olmayan bir sürüş sağlayabilmek için, belirli bir hızın altında seyretmek gerekmektedir. Ancak Ackermann prensibiyle dizayn edilmiş taşıtlar kullanım sırasında oldukça tatminkardır.

Sürüş sistemi direksiyon ve süspansiyon sistemine yerleştirilmiş farklı açılardan oluşur. Beş temel açı:

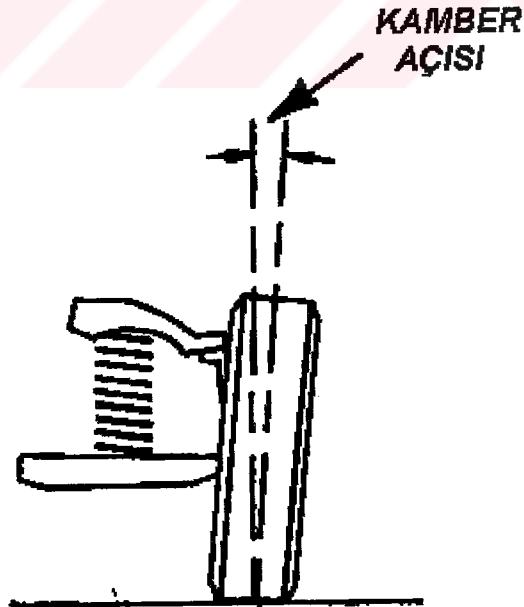
1. Kaster açısı,
2. Kamber açısı,
3. Ön dingil pimi eğimi,
4. Toe-in ve toe-out,
5. Dönüş açısı.

Kaster açısı ön dingil milinin üst kısmının düşeye göre ileri veya geri eğimidir (Şekil 5.18). Pozitif kaster açısı ön dingil piminin geriye doğru eğilmesi (Şekil 5.18) ve negatif kaster açısı da ileri doğru eğilmesi şeklindedir. Kaster açısı taşıtın ileri hareketinin kontrolünü sağlar. Kamber açısı tekerin üst kısmının düşeye göre içe veya dışa doğru eğimidir (Şekil 5.19). Pozitif kamber açısı lastiğin üst kısmının dışarı doğru ve negatif kamber açısı da içeri doğru eğilmesi sonucunda oluşur. Kamber açısının esas amacı lastik yüzeyinin düzgünlüğünü korumaktır.

Ön dingil pimi eğimi, dingil milinin üst kısmının taşıtın merkezine doğru eğimidir (Şekil 5.20). Bu eğim kamber ve kaster açılarının küçülmesini ve dönüş sonrası tekerin tekrar eski konumuna gelmesini sağlar.



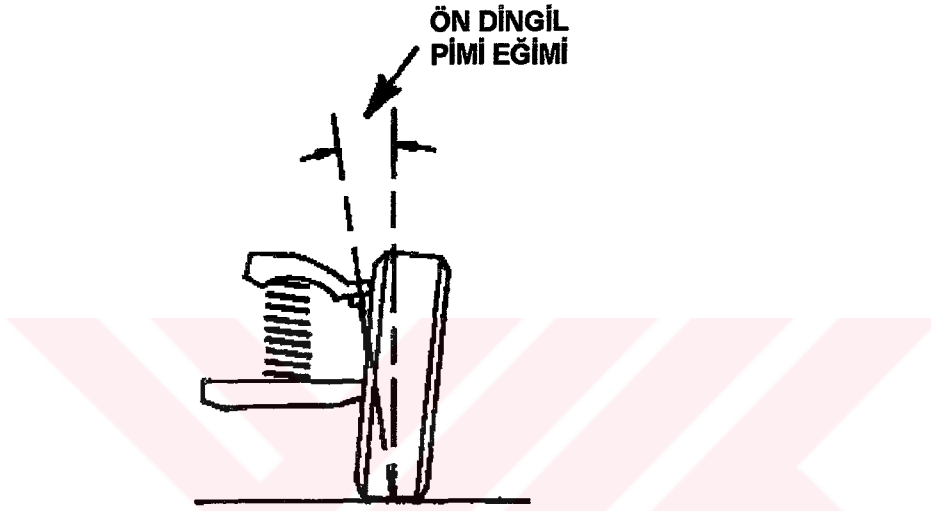
Şekil 5.18 Kaster; ön dingil piminin üst kısmının düşeye göre ileri geri hareketidir.



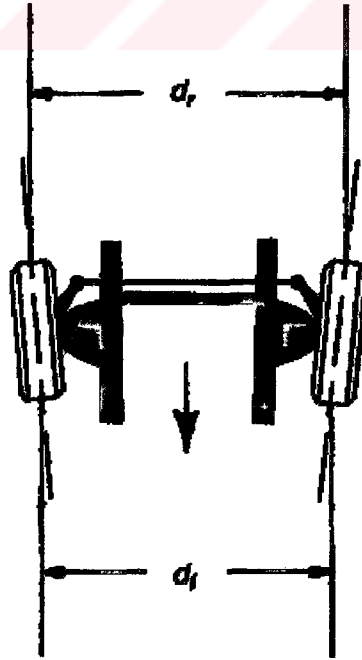
Şekil 5.19 Kamber; tekerin üst kısmının düşeye göre içe veya dışa doğru hareketidir.

Toe-out ve toe-in tekerlerin ön ve arka kısımları arasındaki mesafenin belirli bir yükseklikteki farkıdır. Toe-in tekerlerin yoldaki sürtünme ve direksiyon sisteminin etkisini azaltarak tekerlerin toe-out yönünde ilerlemesini sağlar.

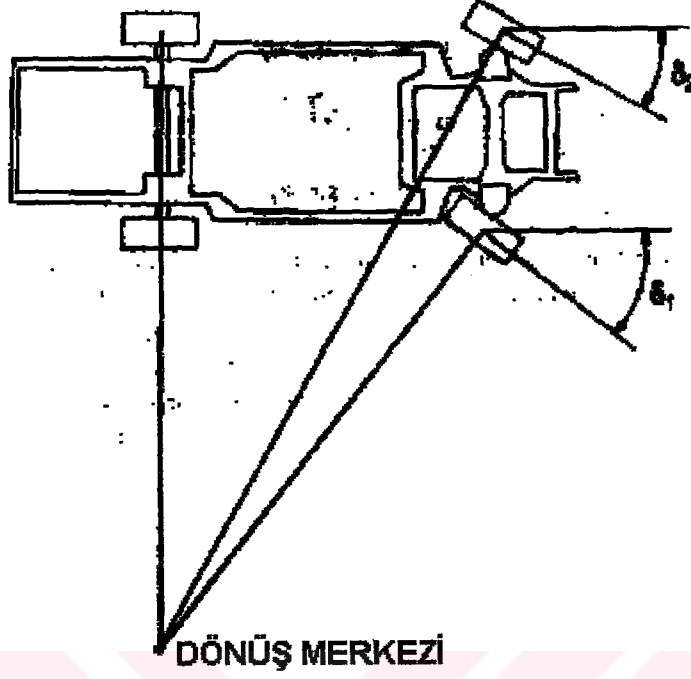
Dönüş açısı, sola veya sağa doğru dönüş esnasında, iç teker dönüş açısı (δ_1) ve dış teker açısı (δ_2) arasındaki farktır (Şekil 5.22). Bu açı genellikle dış tekerin dönme açısının 20° olduğu durumlarda ölçülür.



Şekil 5.20 Ön dingil pimi eğimi, dingil pimi üst kısmının taşıtın merkezine doğru hareketidir.

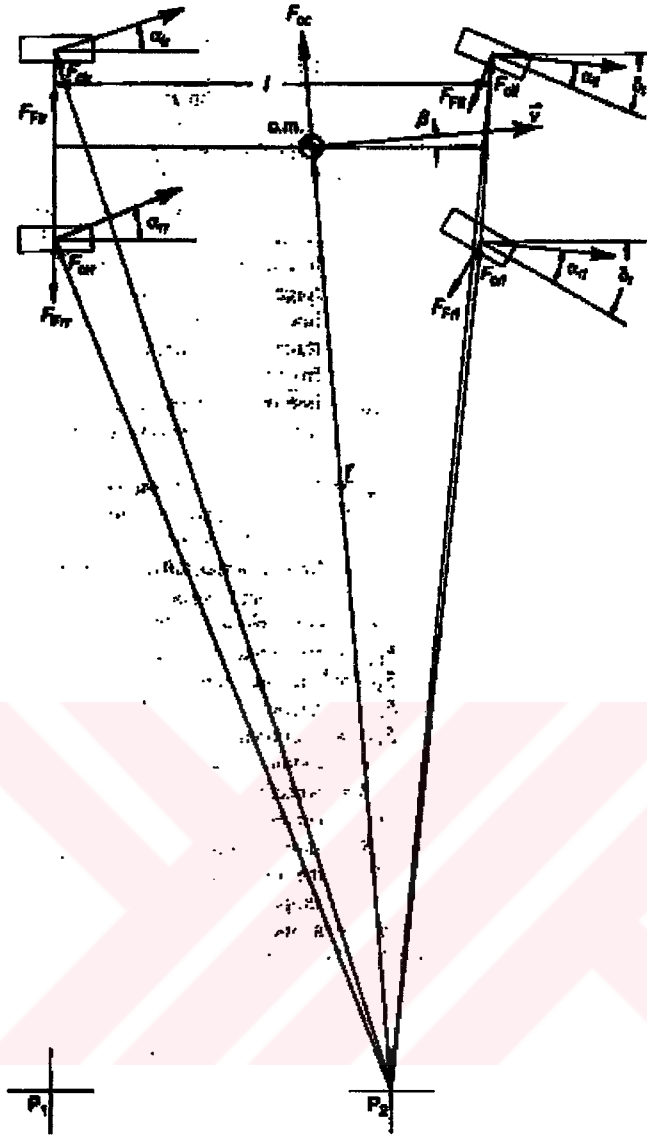


Şekil 5.21 Toe-in ve toe-out tekerlerin ön ve arka kısımları arasındaki açıklığın belirli bir yükseklikteki değeridir.



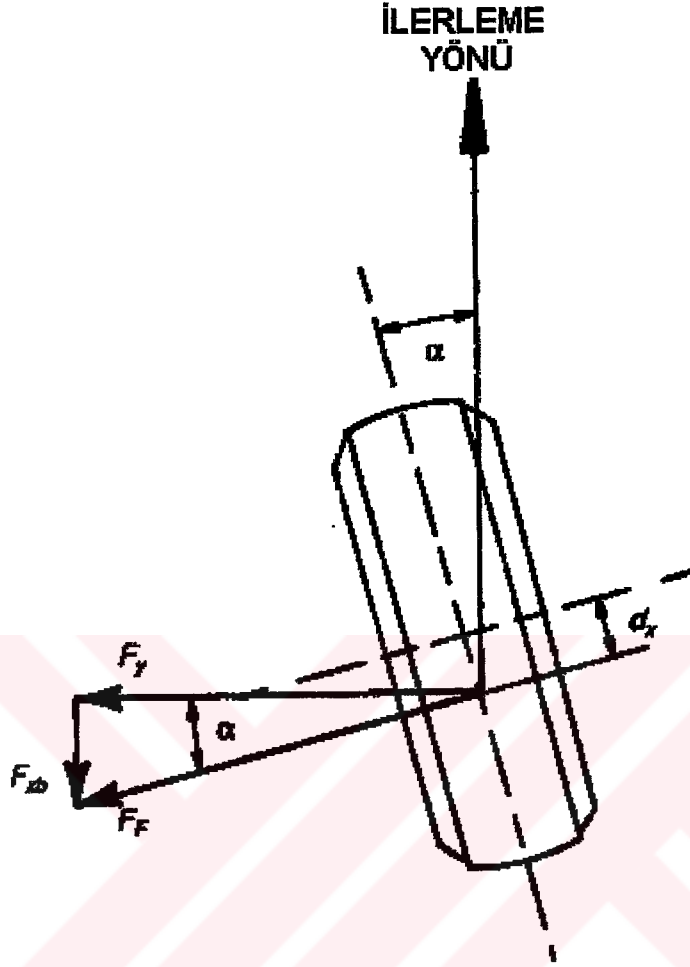
Şekil 5.22 Dönüş yarıçapı; sola veya sağa dönüşte, iç tekerin (δ_1) ve dış tekerin (δ_2) dönüş açıları arasındaki farktır.

Teorik olarak taşıt merkezi Şekil 5.22'de gösterildiği gibi tekerlere dik olarak çizilen çizgilerin kesişme noktası olan bir daire etrafında dönmelidir. Lastiklerde hiç kayma olmadığı durumlarda normal dönme merkezi bu noktadır. Taşıta etkiyen kuvvetler herhangi bir hızda bütün lastiklerin, bir şekilde, kaymasına neden olur. Şekil 5.23'te bir taşıtın frenleme veya sürüş kuvveti olmaksızın sağa dönüş diyagramı ve taşıt üzerine etkiyen kuvvetler ile ortak açılar gösterilmiştir.



Şekil 5.23 Taşıt üzerinde etkiyen kuvvetler bütün lastiklerin, herhangi bir hızda, bir miktar kaymasına neden olarak, olası dönüş merkezinin (P_2) teorik dönüş merkezinden (P_1) bir miktar uzakta oluşmasına neden olur.

Şekil 5.23 ve 5.24'te sürtünme kuvvetinin etki hattının lastiklere dik olduğu görülmektedir. Lastiklerin kayma açısı (α) viraj kuvvetinin etki hattının lastik temas yüzeyinin merkezinin hareket yönüne dik olmasına neden olur. Kenar kuvveti temas yolunun merkezinin arkasında bulunan çarpık yüzeyin merkezine etkir (Şekil 5.24). Bu mesafe (d_x) pnömatik hat olarak adlandırılır ve kayma açısını azaltmaya çalışan kendini ayarlama momenti (M_z) oluşturur. Lastiklerin kayma açıları birleşerek Şekil 5.23'teki taşıtın virajın içine doğru hareket etmesine neden olan, β , yanal kayma açısını oluşturur.



Şekil 5.24 Sürtünme kuvvetinin etki hattı lastiğe dik olarak etkir. Lastiğin kayma açısı (α) viraj kuvvetinin (F_y) etki hattının lastiğin merkezinin ilerleme yönüne dik olmasına neden olur.

Sürtünme kuvveti ve viraj kuvveti arasındaki farklı etki hatları eldeki sürtünme kuvvetinin iki ayrı bileşene ayrılmasına neden olur. Bir bileşen viraj kuvveti, F_y , diğeri ise çekiş kuvveti, F_{xb} 'dir (Şekil 5.24). Şekil 5.24'teki tek ön lastik sürtünme sınırındaysa, viraj kuvvetinin değeri:

$$F_y = F_F \cos\alpha_f \quad (5.7)$$

ve çekiş kuvvetinin (F_{xb}) değeri:

$$F_{xb} = F_F \sin\alpha_f \quad (5.8)$$

tir.

Eğer lastik (ön veya arka) sürtünme sınırındaysa, sürtünme kuvvetinin değeri, F_F , maksimum olarak alınarak:

$$F_y = w\mu\cos\alpha \quad (5.9)$$

$$F_{xb} = w\mu\sin\alpha \quad (5.10)$$

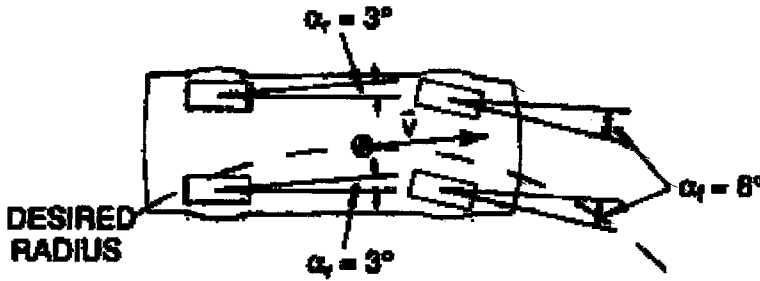
Kuvvet bileşeni, F_{xb} , viraj çekiş kuvveti olarak bilinir. Viraj çekiş kuvveti merkezkaç kuvveti dengelemek için kullanılacak viraj kuvvetini oluşturmak için gerekli sürtünme kuvvetini sınırlayarak viraja girerken taşıtı yavaşlatır.

5.3.1. Yetersiz / Aşırı sürüş

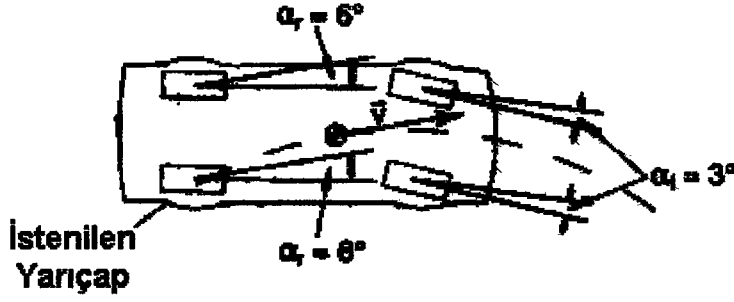
Yetersiz sürülen bir taşıtın ön lastikleri sürtünme viraj kuvveti sınırına arka lastiklerden önce ulaşırlar ($F_{yf} \geq F_{Fr}$). Aşırı sürüş yapılan bir taşıtın arka lastikleri sürtünme viraj kuvveti sınırına ön lastiklerden önce ulaşırlar ($F_{yr} \geq F_{Fr}$). Normal sürüş yapılan bir lastiğin ön ve arka lastikleri sürtünme viraj kuvveti sınırına aynı anda erişirler ($F_{yf} = F_{yr} \geq F_{yf} = F_{Fr}$).

Bir taşıtın yetersiz, aşırı veya normal sürüş eğilimi ön ve arka lastiklerdeki kayma açısı cinsinden tanımlanabilir. Lastikler gerekli kuvveti kayma açısı, α , yoluyla oluştururlar. Eğer ön lastiklerin kayma açısı arka lastiklerden fazlaysa ($\alpha_f > \alpha_r$), taşıt viraja girerken yetersiz sürüş karakteristiği gösterir. Şekil 5.25'te yetersiz sürüş karakteristiği gösteren bir taşıt görülmektedir. Aşırı sürüş eğilimli bir taşıtın arka lastiklerindeki kayma açısı ön lastiklerden fazladır ($\alpha_r > \alpha_f$).

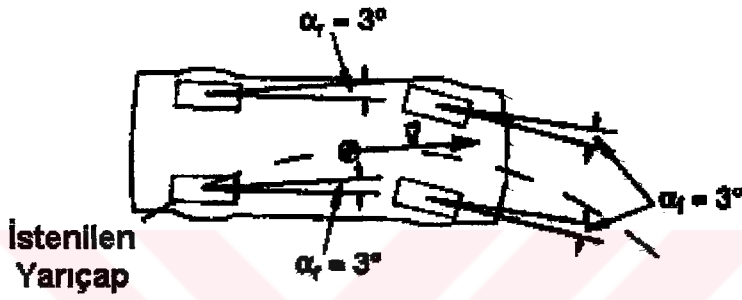
Şekil 5.26'da aşırı sürüş karakteristikli bir taşıt görülmektedir. Normal sürüş karakteristikli bir taşıtın (Şekil 5.27) ön ve arka lastiklerindeki kayma açıları eşittir. ($\alpha_f = \alpha_r$).



Şekil 5.25 Yetersiz sürüş eğilimli bir taşıt ön lastiklerde, arka lastiklere oranla daha fazla kayma açısına ihtiyaç duyacaktır ($\alpha_f > \alpha_r$).



Şekil 5.26 Aşırı sürüş eğilimli bir taşıt arka lastiklerde ön lastiklere oranla daha fazla kayma açısına ihtiyaç duyacaktır ($\alpha_r > \alpha_f$).



Şekil 5.27 Normal sürüş durumundaki bir taşıtın ön ve arka lastiklerinin kayma açıları eşittir ($\alpha_r = \alpha_f$).

5.3.2 Ön ve arka lastiklerdeki kenar kuvvetleri

Şekil 5.28'de sağa dönen bir taşıta etkiyen 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 kuvvetidir (F_y): $F_y = F_{yf} + F_{yr}$. Bu kuvvetler merkezkaç kuvvetin etkideği, taşıtın kütle merkezinin belirlenmesiyle bulunur. y Ekseni boyunca etkiyen kuvvetler:

$$\vec{\Sigma} F_y = 0 = F_{yf} + F_{yr} - F_{cent}$$

veya

$$F_{cent} = F_{yf} + F_{yr} \quad (5.11)$$

Kütle merkezine göre momentlerin toplamı:

$$\oplus \Sigma M_{cm} = 0 = F_{yr} l_r - F_{yf} l_f$$

veya

$$F_{yf} l_f = F_{yr} l_r \quad (5.12)$$

Bu denklem F_{yr} için çözülürse:

$$F_{yr} = F_{yf} l_f / l_r$$

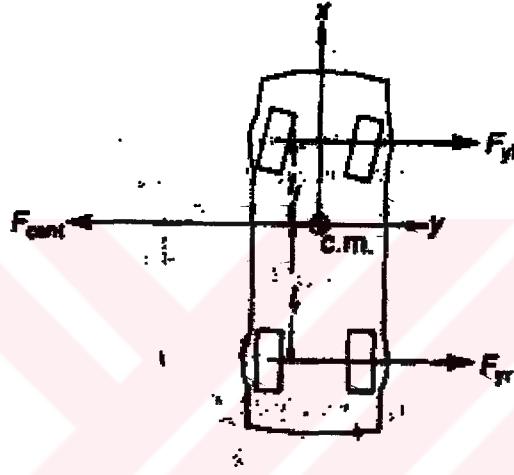
Bu denklemdeki F_{yr} değeri (5.11)'de yerine konulur ve F_{yf} için çözülürse:

$$F_{yf} = (F_{cent} l_r) / (l_f + l_r)$$

$$l = l_f + l_r$$

olduğundan;

$$F_{yf} = F_{cent} l_r / l \quad (5.13)$$



Şekil 5.28 Taşıtın istenilen yarıçapla dönebilmesi için lastiklerin oluşturduğu sürtünme kuvvetinin merkezkaç kuvveti dengelemesi gereklidir. Sürtünme kuvveti ve ön lastikler ve arka lastikler tarafından oluşturulması gereken viraj kuvvetidir. ($F_y = F_{yf} + F_{yr}$)

$$l_r / l = x_r$$

ve

$$l_f / l = x_f$$

Bu değerler (5.13)'te yerine konulursa:

$$F_{yf} = F_{cent} x_r \quad (5.14)$$

Arka akstaki kuvvet için aynı yöntemle:

$$F_{yr} = F_{cent} x_f \quad (5.15)$$

Newton'un ikinci kanunu'na göre:

$$F = ma$$

Bu denklem merkezkaç kuvvet, ağırlık ve yanal hızlanma cinsinden yeniden yazılırsa:

$$F_{cent} = (w/g) a_y \quad (5.16)$$

Dairesel bir yolu izleyen bir nesnenin yanal hızlanması (a_y):

$$a_y = v^2 / r$$

Yanal hızlanma değeri (5.16)'da yerine konulursa:

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

F_{cent} değeri (5.14) ve (5.15)'te yerine konulursa:

$$F_{yf} = (wv^2 x_r) / (gr) \quad (5.17)$$

$$F_{yr} = (wv^2 x_f) / (gr) \quad (5.18)$$

5.3.3 Viraj karakteristiklerinin değiştirilmesi

(5.17) ve (5.18) ön ve arka dingillerdeki viraj kuvvetlerini hesaplamak amacıyla kullanılırlar. Her iki denklem de dingil mesafesi ve taşıtın kütle merkezinin ön veya arka dingille olan mesafesi arasındaki uzunluğu etken olarak kullanmaktadır. Bu iki uzunluk ön dingil ağırlığı (w_f) ve arka dingil ağırlığı (w_r) ve de toplam ağırlığın fonksiyonudur. Her iki dingildeki ağırlığın toplam ağırlığa oranı:

$$w_f / w = x_r \quad (5.19)$$

ve

$$w_r / w = x_f \quad (5.20)$$

Boylamsal hızlanma sırasında ön ve arka akslara dağılan ağırlık:

$$w_{sx} = wa_{xz} / g$$

Sürüşe bağlı olarak yanal yük transferi olmadığı kabul edilerek boylamsal hızlanma esnasında herbir lastiğe etkiyen ağırlık miktarı:

$$w_{xf} = (w_f - w_{sx}) / 2$$

veya

$$w_{xf} = (w_f - wa_{xz} / g) / 2 \quad (5.21)$$

ve herbir lastik için:

$$w_{xr} = (w_r + w \cdot a_{xz} / g) / 2 \quad (5.22)$$

(5.21) ve (5.22)'den anlaşılabilirdiği gibi boylamasına hızlanma sırasında ön ve arka dingillerdeki ağırlık ve bundan dolayı da taşıtın viraj eğrisini izleme eğilimi de değişebilir. Frenleme kuvveti,

sürüş kuvveti ve aşırı yük lastiğin oluşturduğu viraj kuvvetini azaltır ve böylece boylamsal hızlanma değerine tam olarak ulaşmak zorlaşır. Örneğin, çok fazla frenleme yapıldığında, görsel olarak, bütün viraj kuvveti yok olur.

(5.17) ve (5.18), (5.5) ile birlikte kullanılarak, verilen bir viraj sertliği (C_α) değeri için gerekli için viraj kuvvetini oluşturacak, gereken kayma açısı (α) hesaplanabilir:

$$F_y = C_\alpha \alpha \quad (5.5)$$

$$F_{yf} = C_{\alpha f} \alpha_f$$

$$F_{yr} = C_{\alpha r} \alpha_r$$

$$C_{\alpha f} \alpha_f = (wv^2 x_r) / (gr)$$

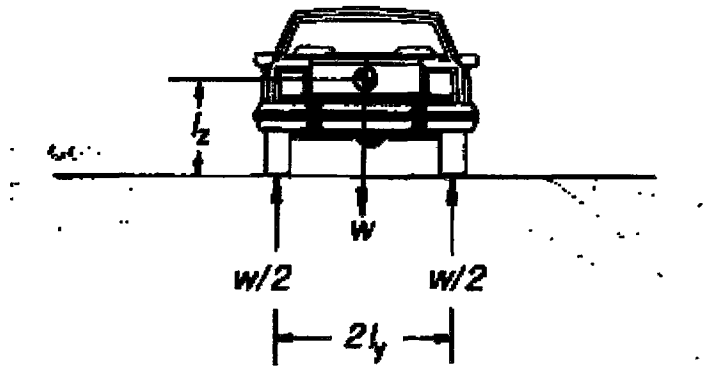
$$C_{\alpha r} \alpha_r = (wv^2 x_f) / (gr)$$

$$\alpha_f = (wv^2 x_r) / (gr C_{\alpha f}) \quad (5.23)$$

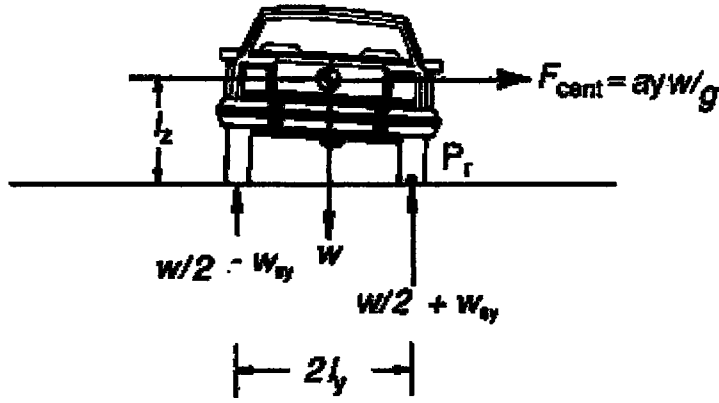
$$\alpha_r = (wv^2 x_f) / (gr C_{\alpha r}) \quad (5.24)$$

5.3.4 Sağ ve sol lastiklere etkiyen viraj kuvveti

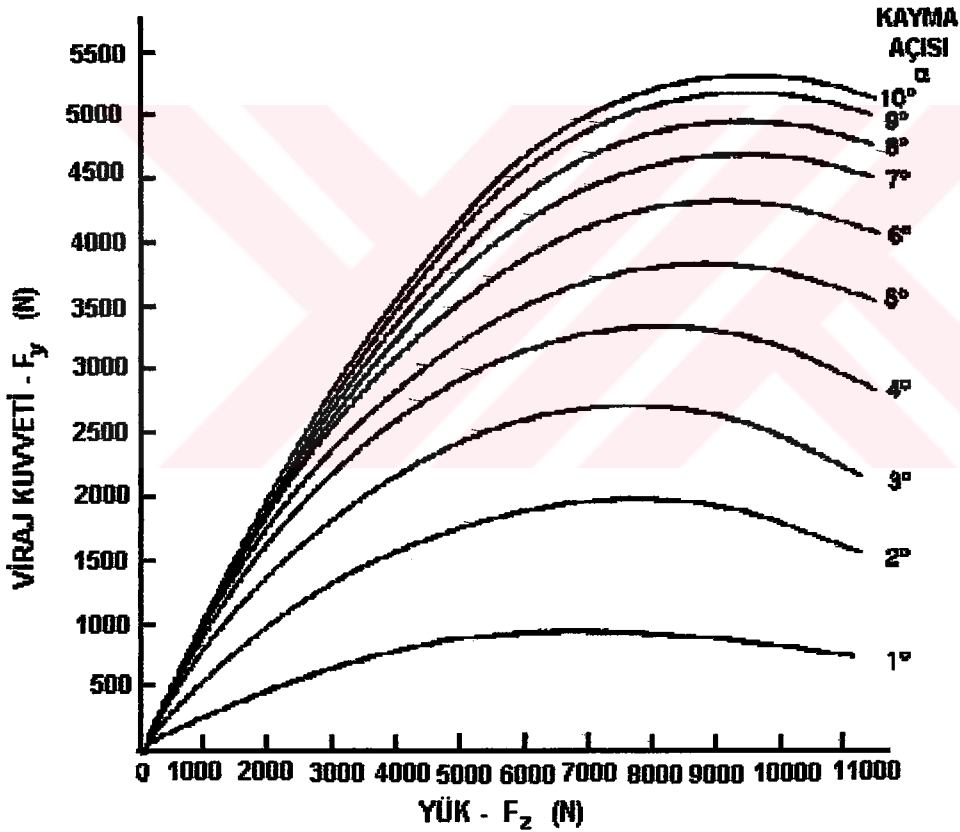
Bir taşıt, Şekil 5.29'da görüldüğü gibi ileri doğru hareket ederken, sol ve sağ lastiklerin üzerindeki ağırlık genellikle eşittir. Ancak aynı taşıt Şekil 5.30'da görüldüğü gibi sola dönüş yapıyorsa, taşıtın kütle merkezine sağa doğru bir atalet kuvveti etkir. Bu atalet kuvveti dış sağ lastiklerde taşınan ağırlığın (w_o) artmasına ve iç sol lastiklerde taşınan ağırlığın (w_i) azalmasına neden olur.



Şekil 5.29 Bir taşıt düz ilerlerken sol ve sağ tekerlerindeki yükler eşit olacaktır.



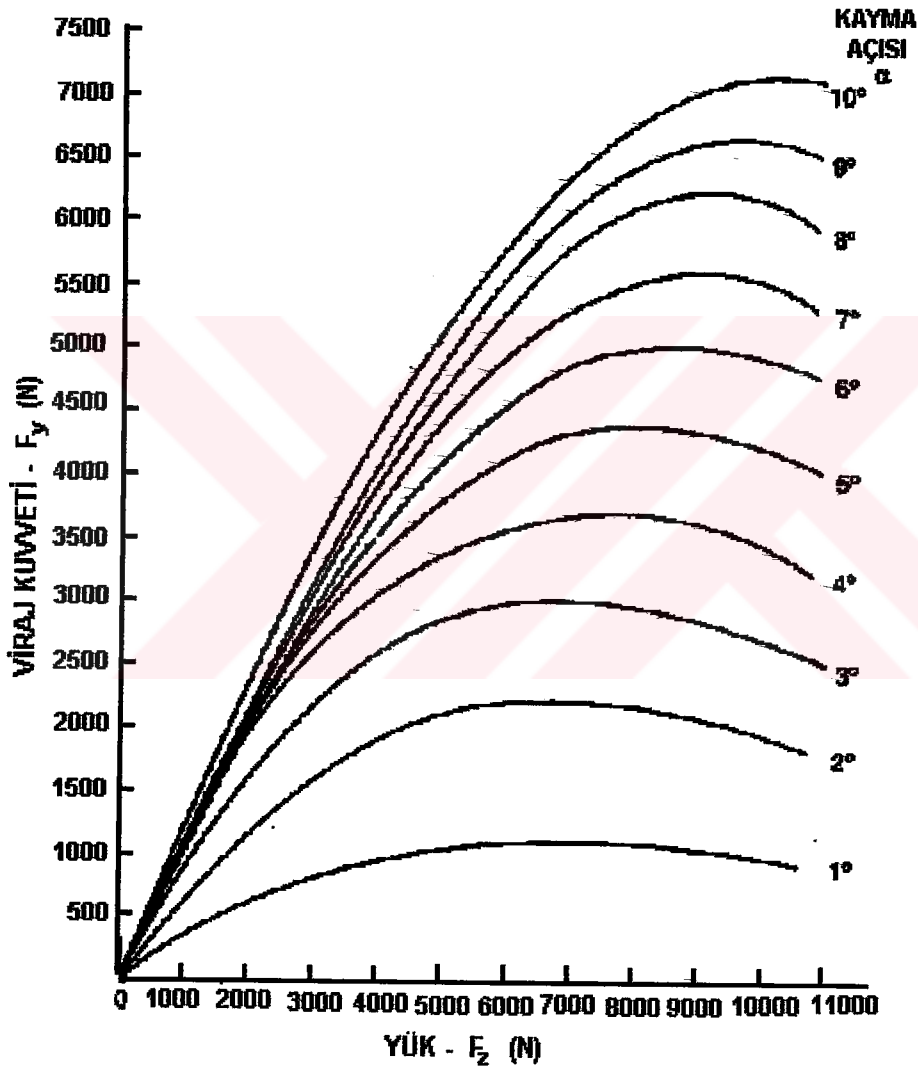
Şekil 5.30 Dönüş yapan bir taşıtın kütle merkezine atalet kuvveti etkimektedir. Bu atalet kuvveti sağ dış lastikte taşınan yükün artmasına ve sol iç lastikte taşınan yükün azalmasına neden olur.



Şekil 5.31 Belirli bir lastik için viraj kuvvetinin (F_y) yüke bağlı değişimini değişik kayma açıları için gösteren grafiğe göre viraj kuvveti artan yüke bağlı olarak, sabit kayma açısında, aniden artmakta ve daha sonra bir miktar azalmaktadır.

Dış lastiklerde oluşan ekstra ağırlık dönüş sırasında iç lastiklere oranla daha fazla viraj kuvveti oluşturmalarına neden olur. Dönüş sırasında viraj kuvvetinde, dış lastikler tarafından oluşturulan artış iç lastiklerdeki düşüşle tamamen dengelenemez. Şekil 5.31 ve 5.32'de değişik kayma açılarında, iki farklı lastik için yüke (F_z) bağlı olarak viraj kuvvetinin (F_y) değişim grafiği

görülmektedir. Artan yüke bağlı olarak, sabit kayma açısında, viraj kuvveti aniden artar ve daha sonra daha düşük bir seviyeye iner. Böylece lastiğe etkiyen yük arttıkça, belirli bir kayma açısında oluşturulan viraj kuvveti artacaktır. Viraj kuvveti yüke bağlı olarak artar, ancak daha sonra azalan bir oranda artmaya başlar ve son olarak da yüke bağlı olarak azalmaya başlar. Bu da lastiğin yüke (F_z) bağlı olarak oluşturabileceği yan kuvvetin bir limitinin olduğunu belirtir. Bundan dolayı olası bir dönüşte oluşturulan ortalama viraj kuvveti, sağ ve sol lastiklere yükün eşit dağıldığı durumlara oranla, bir miktar azalır. Spor ve yarış otomobillerinin kütle merkezinin



Şekil 5.32. Herbir lastiğin sabit kayma açıları için kendine ait yüke bağlı viraj kuvveti değişimi grafiği bulunmaktadır.

yere mümkün olduğu kadar yakın, dingil genişliğinin uzun ve süspansiyonların diğer taşıtlara göre daha sert olmasının bir nedeni yük değişiminin taşıtın viraj karakteristikleri üzerindeki etkisidir. Kütle merkezinin yere yakın olması ve dingil genişliğinin uzunluğu yük değişimini

kısıtlar. Süspansiyonların sert olması, yük değişiminin taşıtın viraj karakteristiklerini fazla değiştirmesini önler.

Taşıtın bir kenarından diğerine kayan yük miktarı (w_{sy}), süspansiyon etkisi gözardı edilerek, dış lastiklerin momentleri (P_r) toplanarak hesaplanabilir. Şekil 5.30'dan:

$$\oplus \Sigma M_{Pr} = 0 = (w l_y) - (w/2 - w_{sy}) 2l_y - (a_y w l_z) / g$$

Bu denklem w_{sy} için çözülürse:

$$w_{sy} = (w a_y l_z) / (g 2l_y) \quad (5.25)$$

(5.25) yardımıyla, yanal hızlanmaya maruz kalan bir taşıtın, ön iç ve dış (w_{fi} ve w_{fo}) lastiklerin ve de arka iç ve dış lastiklerin (w_{ri} ve w_{ro}) üzerindeki yük hesaplanabilir.

$$w_{fi} = w_f / 2 - (w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (5.26)$$

$$w_{fo} = w_f / 2 + (w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (5.27)$$

$$w_{ri} = w_r / 2 - (w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (5.28)$$

$$w_{ro} = w_r / 2 + (w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (5.29)$$

Şekil 5.33 ve 5.34 yük değişimi kavramını grafik olarak açıklamaktadır. Şekil 5.33 duran bir taşıtın lastik temas bölgesini, Şekil 5.34 ise viraj manevrası yapan bir taşıtın lastik temas bölgesini göstermektedir. Şekil 5.33'teki lastik temas bölgeleri yaklaşık olarak eşittir. Şekil 5.34'te, dışta bulunan lastikler, yana yük transferine bağlı olarak durma konumuna göre daha fazla yüklenmişlerdir.

Yük transferi yalnızca yanal hızlanmaya bağlı olarak değil boylamsal hızlanmaya bağlı olarak da oluşabilir. (5.21), (5.22), (5.26), (5.27), (5.28) ve (5.29) taşıtın, ani viraj ve hızlanmalarda, her bir lastiğindeki ağırlığı belirlemek için birleştirilmişlerdir.

$$w_{fi} = (4w_f g l_y - 2l_y w a_{xz} - w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (5.30)$$

$$w_{fo} = (4w_f g l_y - 2l_y w a_{xz} + w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (5.31)$$

$$w_{ri} = (4w_r g l_y + 2l_y w a_{xz} + w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (5.32)$$

$$w_{ro} = (4w_r g l_y + 2l_y w a_{xz} + w a_y l_z) / (4g l_y) \quad (5.33)$$



Şekil 5.33 Duran bir taşıtın dört lastiğine ait temas bölgeleri yaklaşık olarak aynıdır.



Şekil 5.34 Viraj manevrası esnasında, bir taşıtın lastik temas bölgeleri duran taşıta göre daha farklıdır. Dış lastikler iç lastiklere oranla, yanıl yük transferine bağılı olarak daha fazla yüklüdür.

(5.26), (5.27), (5.28) ve (5.29) Şekil 5.31 ve 5.32’de belirtilen bilgilere bağlı olarak bir taşıtın viraj alma performansını belirlemek amacıyla kullanılabilir.

5.4 Yanal Kayma İçin Gerekli Hızın Belirlenmesi

Bir teker, lastik-yol sürtünme yüzeyi boyunca, yoldan aşağı doğru serbest olarak yuvarlanırken, yol yüzeyine göre bir hareket yoktur. Bunun görsel olarak belirlenmesinde buldozer veya askeri tankın paletleri en iyi yöntemdir. Palet yerle temastayken palet yere göre bir hareket yapmaz. Aksine paletin üst kısmı yere göre taşıtın hızının iki katı hızla ilerlemelidir. Bu lastik için de, yalnız farklı ölçekte, bir örnektir.

Yol, fren uygulandığında, lastik üzerinde bir geciktirme gücü oluşturur. Bu andan sonra lastik temas bölgesinin hızı sıfırdan farklıdır, ancak artmaktadır. Lastik fren tarafından bir kere kilitlendiğinde, lastik tamamen kaymaya başlar. Frenleme kayma izleri, yüzey sürtünmesiyle ilgili bilgilerle birlikte taşıtın hızının belirlenmesinde kullanılabilir.

Lastiğin yola bağlı olarak kayması yalnızca frenleme sırasında değil, sürüş sırasında da oluşur. Frenlemeyle birlikte lastik, yol üzerinde kaymadan ilerlemesi için gerekli olan açılmalardan daha yavaş döndüğünden dolayı boylamsal kayma oluşur. Sürüş sırasında oluşan kayma yanaldır ve çoğu zaman belli olmaz. Ancak yüksek hızlardaki viraj manevralarında, lastikler sürtünme sınırlarını aşmış miktarda kayarak taşıtın savrulmasına ve lastik izleri bırakmasına neden olabilir. Bu durumda lastiklerde ihtiyaç duyulan kuvvet, oluşan kuvveti aşar. Şekil 5.9’da görülen sürtünme dairesi, daireden çok elips şeklindedir. Bu da çoğu taşıtın boylamasına sınırdan çok yanal sınır oluşturduğunu gösterir. Savrulan bir taşıtın oluşturduğu izler frenleme izlerinin kullanıldığı şekilde taşıtın hızını belirleme amacıyla kullanılabilir.

Yolda bulunan bir savrulma sürtünmesi izi taşıtın yanal olarak kaydığının belirtisidir ve bu da taşıtın sürtünme sınırını aştığını belirtir. Savrulma izi, aynı zamanda, taşıtın ilerlediği eğriyi belirler. Eğer belirli bilgiler biliniyorsa taşıtın belirli yüzeyde ve savrulma izlerinden belirlenen eğri boyunca yanal kaymaya başlayacağı hız hesaplanabilir.

Gerekli bilgiler. Yanal kayma için gerekli hızın belirlenebilmesi için aşağıdaki bilgiler gereklidir:

1. Yolda gözlenen izlerin savrulma izleri olduğundan emin olunmalıdır.
2. Kayma yönündeki eğim
3. Yol yüzeyinin sürtünme katsayısı
4. Taşıtın izlediği eğrinin yarıçapı

Savrulma izi: eksenine paralel olarak kayan, dönen bir lastik tarafından yol yüzeyinde oluşturulan ovalama izidir.

Kayma yönündeki eğim mevcut deyer ve eğimin birleşimidir. % eğim taşıtın kaydığı yöne paralel olarak ölçülmektedir. Eğer yüzey kayma yönünde yükseliyorsa eğim pozitif, alçalıyorsa negatiftir.

Sürtünme katsayısı temas halindeki iki nesne arasındaki harekete karşı oluşan direnç kuvvetinin onlara etkiyen normal kuvvete oranıdır.

Normal kuvvet yüzeye diktir ve N sembolüyle belirtilir.

Kütle merkezinin ilerleme yolunun oluşturduğu eğrinin yarıçapı belirlenmelidir. Bu yarıçap taşıt tarafından oluşturulan savrulma izlerinden ölçülebilir.

5.4.1 Viraj yarıçapını belirleme yöntemleri

Taşıtı kütle merkezinin ilerlediği yarıçapı hesaplamak amacıyla iki temel yöntem vardır. İlk yöntem ölçümlerin yapıldığı ölçekli bir diyagramın çizilmesini gerektirir. İkinci yöntem kaza alanında ölçümler yapılmasını gerektirir.

İlk yöntemde, eldeki ölçümlerden, Şekil 5.35'de gösterildiği üzere, belirlenen savrulma izlerinden, mümkün olduğunca hassas olarak 1/10 ölçekli olarak çizilmelidir.

Diyagramla aynı ölçekle dingil mesafesi ve dingil genişliğinin çizimi yapılmalıdır. Bu, aydınlar üzerinde teker konumları ve kütle merkezi belirtilen bir taşıt diyagramı olabilir (Şekil 5.36).

Taşıtların teker konumları şekil üzerindeki çakışan lastik izleri üzerinde yerleştirilmelidir (Şekil 5.38). Her konumda taşıtın kütle merkezinin konumu şekil üzerinde işaretlenmelidir.

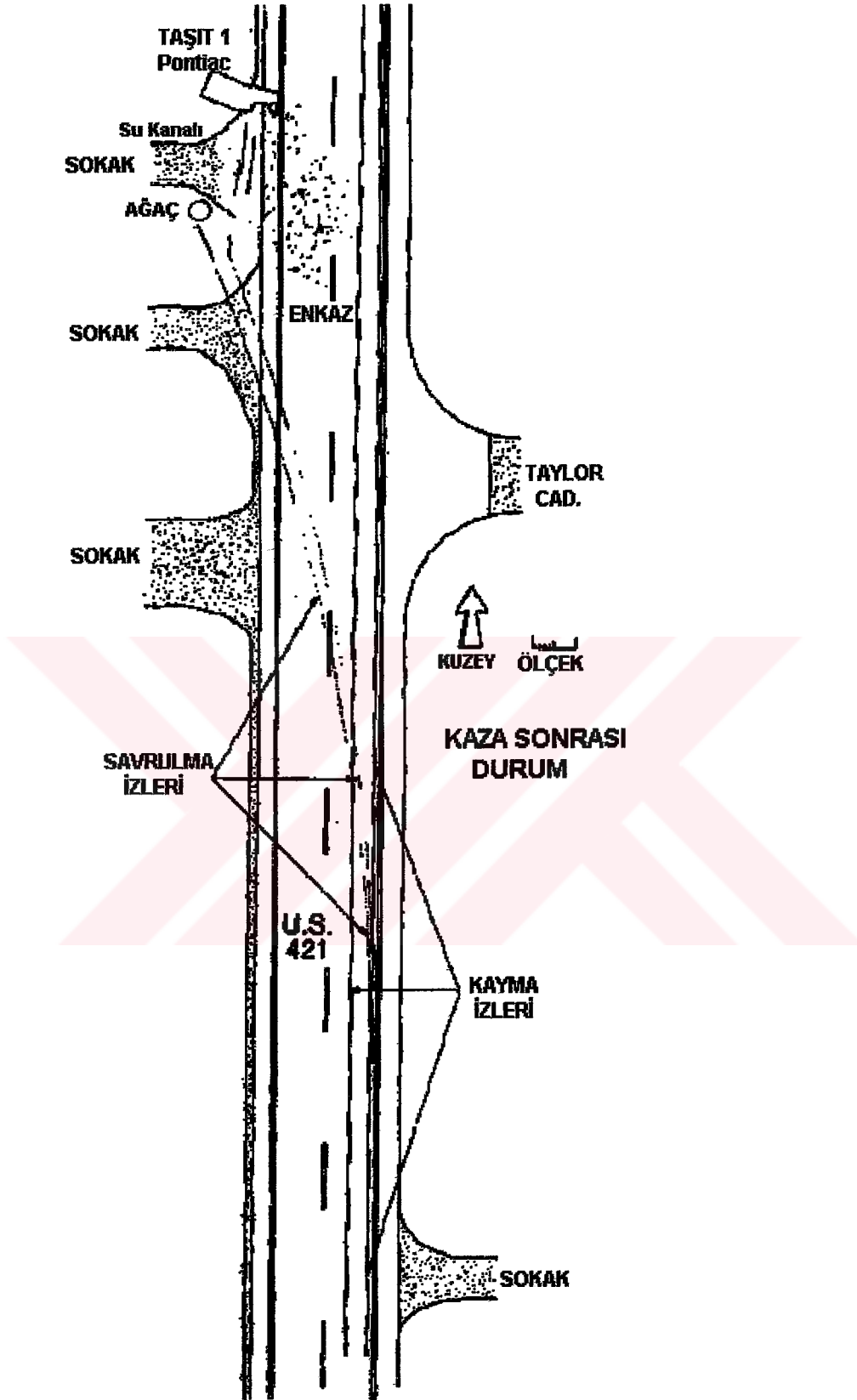
Kütle merkezi konumları taşıtın kütle merkezi yolunu belirleyen düzgün bir eğriyle birleştirilmelidir. Eğri yolunun yarıçapı bir kiriş ve orta ordinat ölçülerek belirlenebilir. Bu ölçümler Şekil 5.38'de gösterilmiştir. Eğri yolunun yarıçapı kiriş ve orta ordinat değerlerinin aşağıdaki denkleme taşınmasıyla hesaplanabilir:

$$r = l^2 / (8h) + h / 2 \quad (5.34)$$

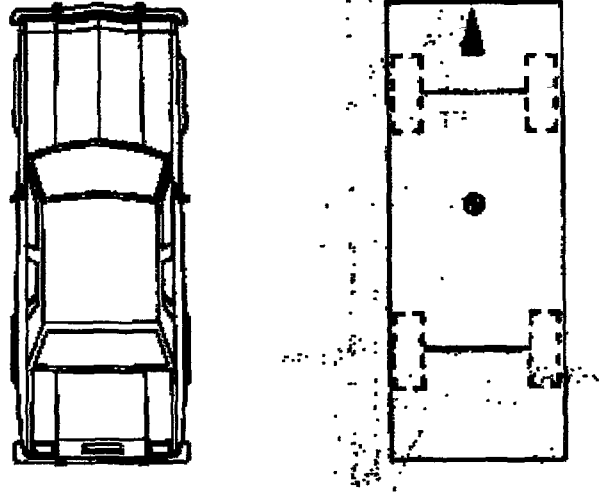
İkinci metot kaza bölgesinde gerekli ölçümleri yapabilmek için kullanılan, taşıt şablonu adı verilen bir ekipmanı gerektirir.

Taşıtların şablonu yardımıyla gerekli ölçümlerin yapılması yukarıdaki yöntemle hemen hemen aynıdır. Taşıtların şablonu savrulma izleri bırakan taşıtların dingil genişliği ve dingil mesafesinin kopyalanması amacıyla kullanılır.

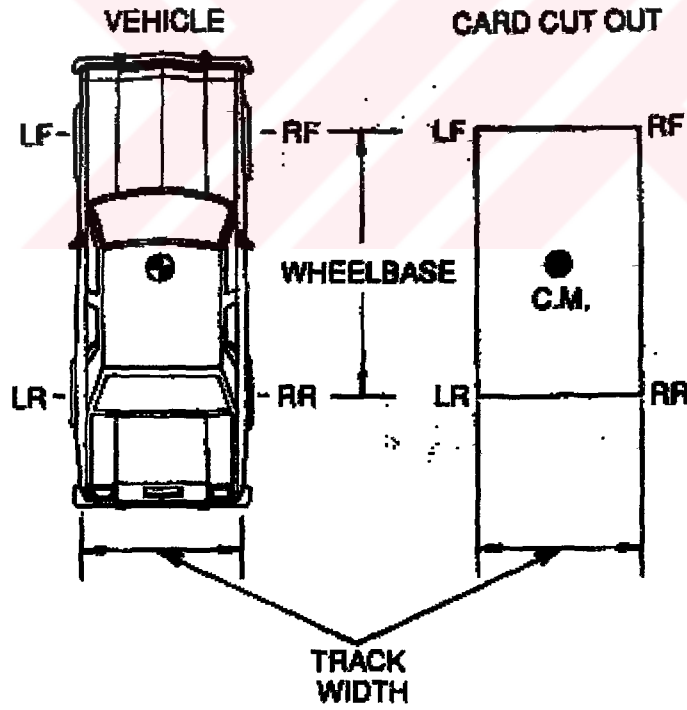
Taşıtların şablonu araştırılan taşıtların dingil genişliği ve dingil mesafesine ayarlandıktan sonra taşıtların kütle merkezinin belirlenmesi amacıyla bir işaretleyici kullanılmalıdır. Taşıtların şablonunun uçları



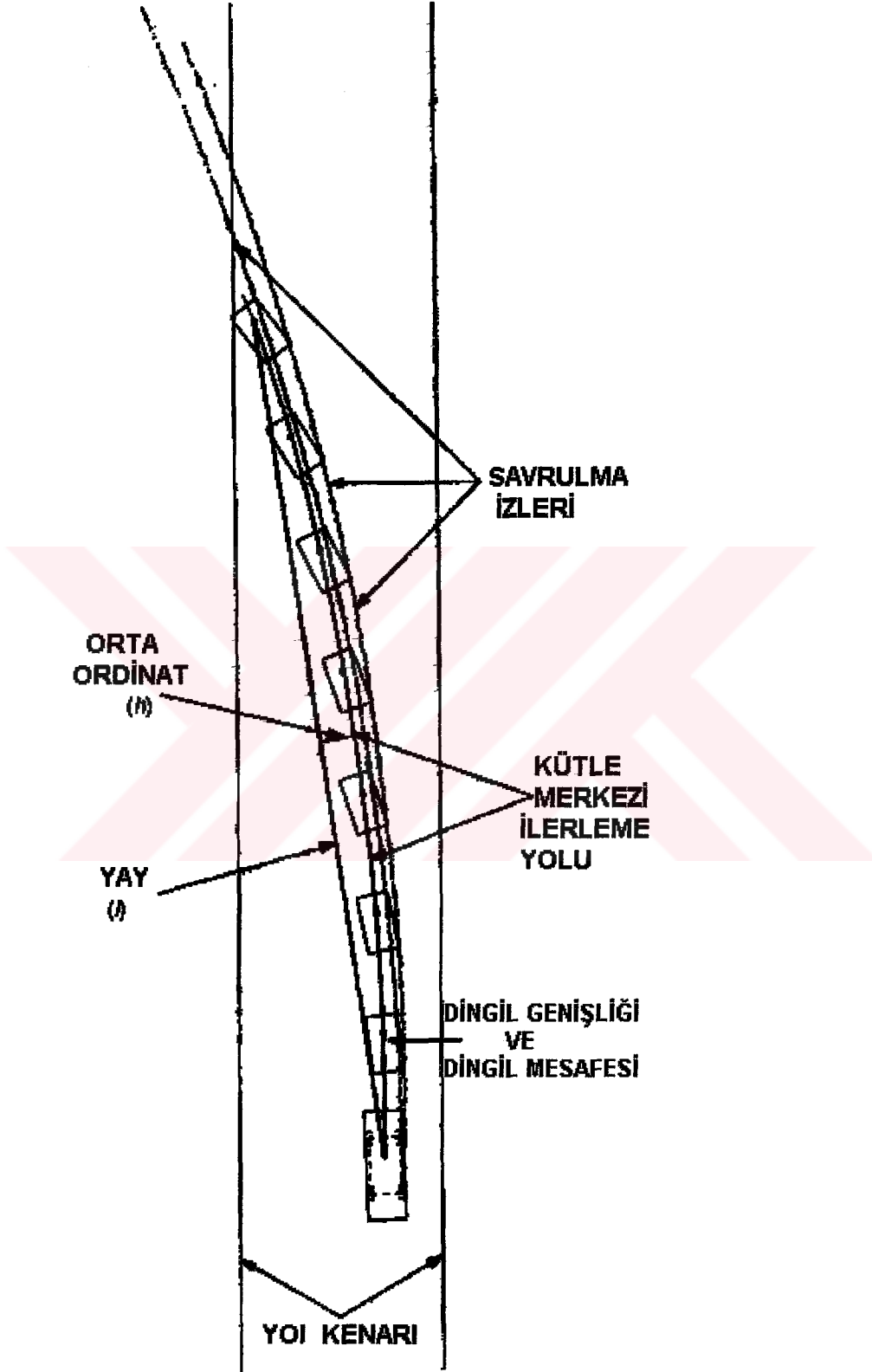
Şekil 5.35 Eldeki ölçümlerden gözlemlenen savrulma izleriyle birlikte olay yerinin 1/10 ölçekli bir diyagramı çizilmelidir.



Şekil 5.36 Diyagram üzerinde taşıtın yolunu belirlemek için aydınır üzerinde taşıtın teker konumlarını ve kütle merkezini de gösteren şekli çizilmelidir.



Şekil 5.37 Taşıt yolunu belirlemek için bir kartondan, uzunluğu dingil mesafesine ve genişliği de dingil genişliğine eşit ve kütle merkezinin olduğu yerde bir delik olan bir şablon hazırlanabilir.



Şekil 5.38 Kütle merkezinin yolunu belirleyebilmek için şablonun teker konumlarını diyagram üzerinde, çakışan lastik izleri üzerine yerleştirmek gerekir.

kaza alanında savrulma izlerinin başlangıcına yerleştirilerek kütle merkezinin konumu yol üzerinde işaretlenir. Bu işlem 15 ile 30 metre ileride tekrarlanır. İki nokta arasında metre çekilir ve bir kiriş oluşturulur. Taşıtların şablonu tekrar savrulma izlerinin üstünde kirişin ortasına yerleştirilir ve orta noktasıyla kütle merkezi arasındaki mesafe orta ordinattır. Kiriş ve orta ordinata ait veriler (5.34)'te kullanılarak taşıtların kütle merkezinin eğri yolunun yarıçapı bulunur.

5.4.2 Taşıtların hızının belirlenmesi için gerekli denklemler:

Taşıtların yanal olarak kaymaya başlayacağı hız kritik hızdır. Bu hız merkezkaç kuvvet merkezci kuvvete eşit olduğunda oluşur. Bu (5.6) ve (5.3)'ün eşitlenmesiyle matematiksel olarak gösterilebilir:

$$w\mu = wv^2 / gr$$

Bu denklem hız için çözüldüğünde elde edilecek hız taşıtların yanal kaymaya başlayacağı hızdır:

$$v = \sqrt{gr\mu} \quad (5.35)$$

Bu denklemde eğim gözönünde bulundurulmamıştır. Kayma yönündeki eğim gözönünde bulundurulursa:

$$v = \sqrt{gr(\mu + G) / (1 - \mu G)} \quad (5.36)$$

Eğer eğim (G) düşükse:

$$v = \sqrt{gr(\mu + G)} \quad (5.37)$$

Küçük değerdeki eğimin hesaplamaya katılmasının hız hesaplanmasında belirgin bir etkisi yoktur. Kayma yönündeki eğim %10'dan az ise hız belirlenmesinde eğimin temel bir etkisi yoktur.

5.4.3 Yanal kayma durumu

Şekil 5.35'de yanal kayma içeren bir kazanın kaza sonrası durum diyagramı görülmektedir. Polis arabası tarafından takip edilen bir Pontiac kuzeye doğru ilerlemektedir. Pontiac doğru yönünde yolu terk edip tekrar yola doğru hareket ederken ağaca çarpmıştır. Takip eden polis arabası frene basmış ve tekerleri kilitlenip durana dek kaymıştır. Polis arabası Pontiac yoldan çıktığı anda aynı hızla ilerlemektedir.

Bu olaydaki sorulardan birisi Pontiac ve polis arabasının hızlarıdır. Pontiac'ın kütle merkezi ilerleme yolunun yarıçapı daha önce anlatıldığı gibi kiriş ve orta ordinat yardımıyla hesaplanmıştır (Şekil 5.38). Kiriş ve orta ordinat ölçümleri (5.34)'te kullanılarak yarıçap

hesaplanmıştır. Sürtünme katsayısını belirleyebilmek için çeşitli testler yapılmış ve 0.80 ile 0.85 arasında bir değer elde edilmiştir. Eğim olmadığı için Pontiac'ın hızının hesaplanması (5.35) ile yukarıdaki veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pontiac için hesaplanan hız 135 ile 145 km/h'tir.

Polis arabasının kütle merkezi dururken 100 metre kaymıştır. Bu değerle, sürtünme katsayısıyla birlikte, polis arabası için 135 ile 145 km/h hız hesaplanmıştır.

Her iki hız tahmini de Pontiac ve polis arabasının 135 ile 145 km/h hızla ilerlediğini desteklemektedir.

5.5 Özel Durumlarda Detaylı Taşıt Hızı Belirlenmesi

Taşıt karakteristiği, lastik özellikleri, taşıt kayma açısı ve fren veya güç uygulanması gibi birçok koşul yanal kayma hızını bir dereceye kadar etkiler.

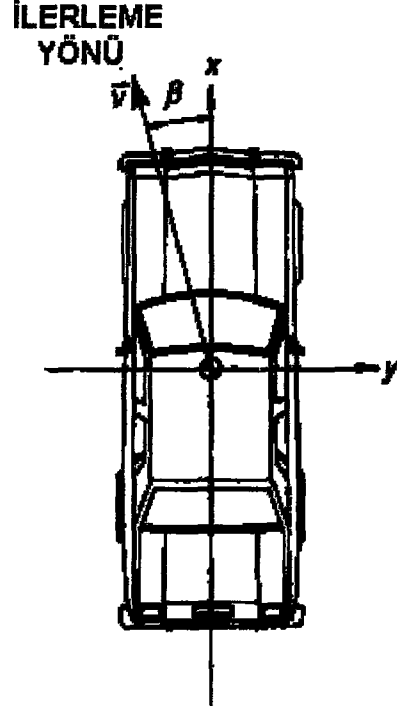
Taşıtın belirli karakteristikleri yanal kayma hızını etkiler ve bir taşıtın savrulma izleri oluşturmadan, diğerine göre daha hızlı viraj almasını sağlarlar. Burada gözönünde bulundurulan tek taşıt karakteristiği kütle merkezinin konumu ve yanal ve boylamsal ağırlık transferiyle bağlantısıdır.

Bir taşıtın viraj alması için gerekli kuvvet lastikler tarafından oluşturulur. Lastiğin özellikleri kuvvetin oluşumunu etkiler.

Bir taşıt yanal kaymaya başladığında eğer teker serbestçe dönüyorsa kayma aksa paraleldir. Ancak aks virajın yarıçapına tam olarak paralel değildir. Çok dikkatli tahminler yapabilmek için yanal kayma açısı (β) için düzeltme yapılabilir. Savrulma başlangıcında yanal kayma açısı küçüktür ve düzeltme belirgin değildir. Yanal kaymayla hız belirlenmesi amacıyla kullanılan denklemlerde, savrulma sırasında boylamsal hızlanma (a_x) olmadığı kabul edilmiştir. Eğer fren veya güç uygulanırsa taşıt daha kolay yanal olarak kayacaktır.

5.5.1 Yanal kayma açısı gözönünde bulundurularak taşıt hızı belirlenmesi

Yanal kayma açısı (β) taşıtın duruş yönü (x eksenini) ve hareket yönü arasındaki açı olarak belirtilir (Şekil 5.39). Taşıt savrulmaya başladığında yanal kayma açısı küçüktür. Savrulma sırasında açı artar (Şekil 5.38). 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. Hız belirlenmesi sırasında yanal kayma açısını gözönünde



Şekil 5.39 Yanal kayma açısı (β) taşıtın yönü ile taşıtın ilerleme yönü arasındaki açıdır.

bulundurmak amacıyla bir denklem oluşturulabilir. Bu denklem oluşturulurken eğim de gözönünde bulundurulacaktır.

Şekil 5.40'da θ açılı, deverli bir yolda bulunan bir taşıtın yanal kesiti görülmektedir. Ağırlık (w) ve merkezkaç kuvvet (F_{cent}) yatay ve dikey bileşenlerine ayrılmıştır. Normal kuvvet (N) yüzeye dik bütün kuvvetlerin toplamını ve F_y yüzeye paralel bütün kuvvetlerin toplamını göstermektedir. Bileşke kuvvetlerin değerleri;

$$\text{Düşey: } F_{centz} = F_{cent} \sin \theta$$

$$w_z = w \cos \theta$$

$$\text{Yatay: } F_{centy} = F_{cent} \cos \theta$$

$$w_y = w \sin \theta$$

Düşey yöndeki kuvvetlerin toplamı:

$$\downarrow + \Sigma F_z = 0 = F_{centz} + w_z - N$$

Bu denklemde F_{centz} ve w_z yukarıdaki denklemlerden yerine konulursa:

$$\downarrow + \Sigma F_z = 0 = F_{cent} \sin \theta + w \cos \theta - N$$

Bu denklem N için çözümlerse:

$$N = F_{cent} \sin \theta + w \cos \theta \quad (5.38)$$

Yatay yöndeki (y) kuvvetler toplamı:

$$\rightarrow + \Sigma F_y = 0 = F_{centy} - w_y - F_y$$

Bu denklem F_{centy} için çözülürse:

$$F_{centy} = w_y + F_y \quad (5.39)$$

Şekil 5.41, Şekil 5.40'da gösterilen taşıtın abartılı yanal kayma açısıyla (β) üstten görünüşüdür.

Yanal kuvvet (F_{centy}), kenar kuvveti (F_y) ve sürtünme kuvveti (F_F) belirtilmiştir. F_y değeri:

$$F_y = F_F \cos \beta$$

$$F_{centy} = F_{cent} \cos \theta$$

$$w_y = w \sin \theta$$

Bu değerler (5.39)'da yerleştirilirse:

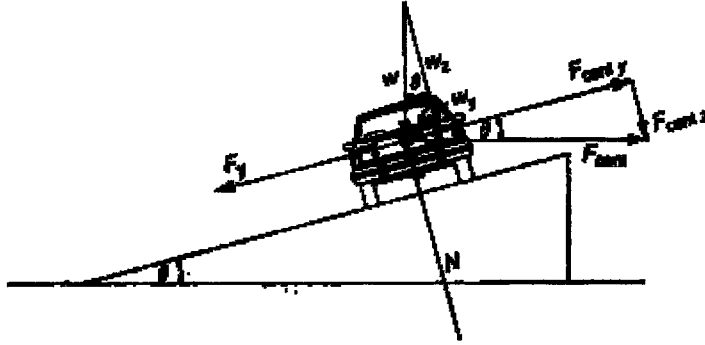
$$F_{cent} \cos \theta = w \sin \theta + F_F \cos \beta$$

Sürtünmenin tanımından:

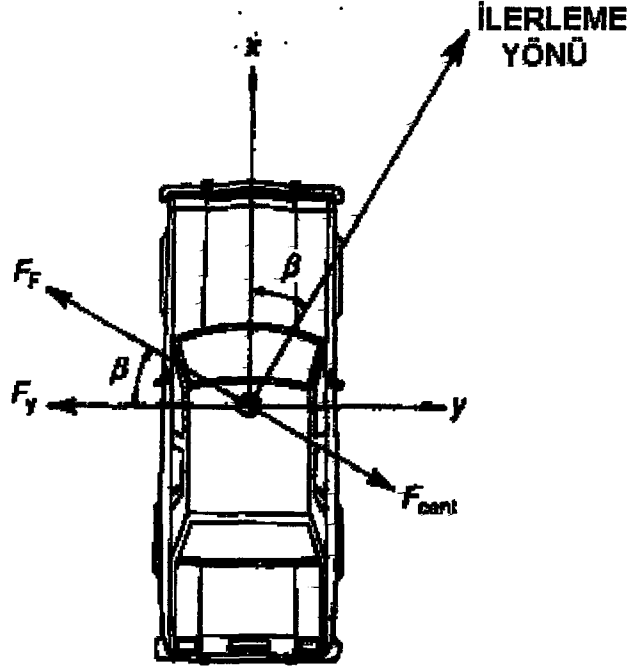
$$F_F = N \mu$$

Bu değer önceki denklemde yerine konulursa:

$$F_{cent} \cos \theta = N \mu \cos \beta + w \sin \theta$$



Şekil 5.40 θ açılı deverli bir yolda bulunan taşıtın kesiti.



Şekil 5.41 β yanal kayma açısıyla ilerleyen bir taşıta etkiyen kuvvetler

(5.38)'deki N değeri yerine konulursa:

$$F_{cent} \cos\theta = (F_{cent} \sin\theta + w \cos\theta) \mu \cos\beta + w \sin\theta$$

Eşitlik açılarak her iki taraftan $\mu F_{cent} \sin\theta \cos\beta$ çıkarılırsa:

$$F_{cent} (\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta) = \mu w \cos\theta \cos\beta + w \sin\theta$$

Eşitliğin iki tarafı da $(\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta)$ ile bölünürse:

$$F_{cent} = (\mu w \cos\theta \cos\beta + w \sin\theta) / (\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta)$$

F_{cent} değeri (5.6)'dan:

$$F_{cent} = wv^2/gr \quad (5.6)$$

İki denklem eşitlenirse:

$$wv^2/gr = (\mu w \cos\theta \cos\beta + w \sin\theta) / (\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta)$$

Bu denklem v için çözülürse:

$$v = \sqrt{[gr(\mu \cos\theta \cos\beta + \sin\theta) / (\cos\theta - \mu \sin\theta \cos\beta)]} \quad (5.40)$$

5.5.2 Yanal kayma açısı ve frenleme gözönünde bulundurularak hız hesaplanması:

Şekil 5.42 ve 5.43'te, abartılı bir yanal kayma açısıyla (β) ilerleyen bir taşıtın üstten görünümünden oluşan görünümünü gözönüne alalım. Maksimum kenar kuvveti (F_y) Şekil 5.42'de gösterilmiştir. Kenar kuvvetinin merkezkaç kuvveti dengelemek için kullanılan bileşeni F_{ys} olarak gösterilmiştir:

$$F_{ys} = F_y \cos \beta \quad (5.41)$$

Şekil 5.43'de maksimum frenleme sürtünme kuvveti, F_x , gösterilmiştir. F_x 'in merkezkaç kuvvetle aynı yönde etkiyen bileşeni F_{xs} olarak gösterilmiştir:

$$F_{xs} = F_x \sin \beta \quad (5.42)$$

Genellikle savrulma ile hız belirlenmesinde çok düşük bir etkisi olmasına rağmen eğim de bu denkleme katılacaktır. Şekil 5.44'de Şekil 5.42 ve 5.43'deki taşıt θ açısıyla deverli bir yolda görülmektedir. Şekil 5.44'de görülen kuvvet bileşenlerinin değerleri aşağıdaki gibidir:

$$\text{Düşeyde: } F_{ys_z} = F_{ys} \sin \theta$$

$$F_{xs_z} = F_{xs} \sin \theta$$

$$N_z = N \cos \theta$$

Yukarıdaki denklemlerde F_{ys} ve F_{xs} 'in değerlerini (5.41) ve (5.42)'den sırasıyla yerine koyarsak:

$$F_{ys_z} = F_y \cos \beta \sin \theta$$

$$F_{xs_z} = F_x \sin \beta \sin \theta$$

$$\text{Yatayda: } F_{y_{sy}} = F_{ys} \cos \theta$$

$$F_{x_{sy}} = F_{xs} \cos \theta$$

$$N_y = N \sin \theta$$

Yukarıdaki denklemlerde F_{ys} ve F_{xs} 'in değerlerini (5.41) ve (5.42)'den sırasıyla yerine koyarsak:

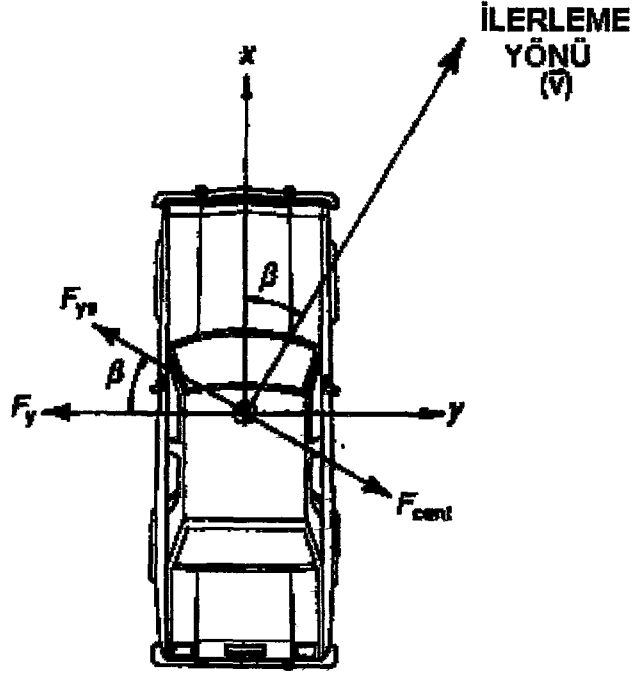
$$F_{y_{sy}} = F_y \cos \beta \cos \theta$$

$$F_{x_{sy}} = F_x \sin \beta \cos \theta$$

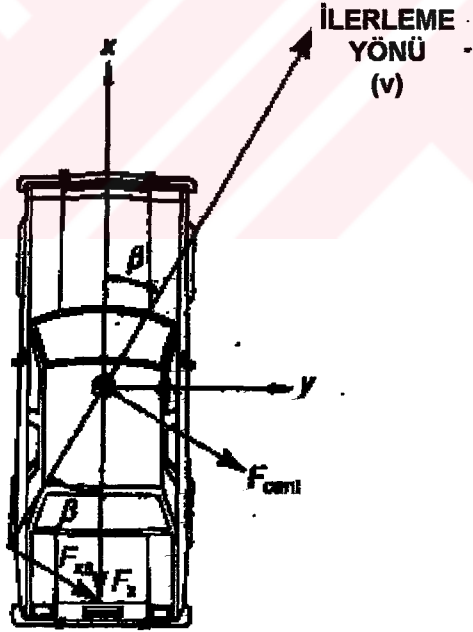
Düşeydeki (z) kuvvetlerin toplamı:

$$\downarrow + \Sigma F_z = 0 = w + F_{ys_z} - F_{xs_z} - N_z$$

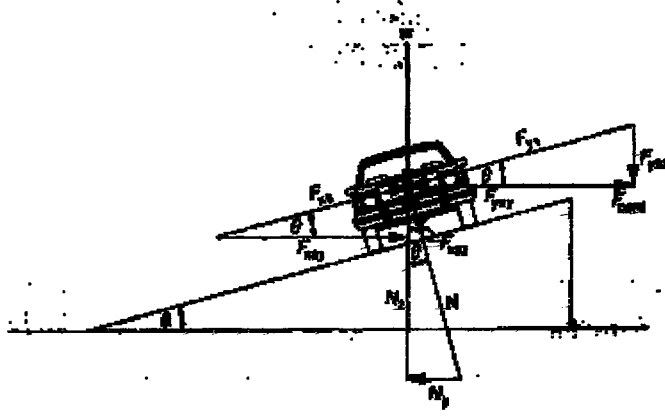
$$\downarrow + \Sigma F_z = 0 = w + F_y \cos \beta \sin \theta - F_x \sin \beta \sin \theta - N \cos \theta$$



Şekil 5.42 β yanal kayma açısıyla kayan bir taşıta etkiyen maksimum viraj kuvveti ve merkezkaç kuvveti dengelemek için kullanılan bileşeni.



Şekil 5.43 β yanal kayma açısıyla kayan bir taşıta etkiyen frenleme kuvveti ve merkezkaç kuvveti ile aynı yöndeki bileşeni.



Şekil 5.44 θ açılı deverli bir yolda bulunan taşıtın kesiti ve etkiyen kuvvetler.

Bu denklemi N için çözümlersek:

$$N = (w + F_y \cos \beta \sin \theta - F_x \sin \beta \sin \theta) / \cos \theta \quad (5.43)$$

Yataydaki (y) kuvvetlerin toplamı:

$$\rightarrow + \Sigma F_y = 0 = F_{cent} + F_{xsy} - F_{ysy} - N_y$$

$$\rightarrow + \Sigma F_y = 0 = F_{cent} + F_x \sin \beta \cos \theta - F_y \cos \beta \cos \theta - N \sin \theta$$

Bu denklemi F_{cent} için çözümlersek:

$$F_{cent} = F_y \cos \beta \cos \theta + N \sin \theta - F_x \sin \beta \cos \theta$$

$$F_{cent} = wv^2/gr \quad (5.6)$$

Bu iki denklemi birbirine eşitler ve v için çözersek:

$$v = \sqrt{\{gr[(F_y / w) \cos \beta - (F_x / w) \sin \beta (\sin \theta \tan \theta + \cos \theta) + \tan \theta]\}} \quad (5.44)$$

Newton'un ikinci hareket kanunundan:

$$F = ma$$

$$m = w/g$$

Kütle değerine ikinci hareket kanununda yerine koyarsak:

$$F = (w/g)a$$

Bu denklemi boylamsal kuvvet için boylamsal hızlanma cinsinden tekrar yazarsak:

$$F_x = wa_x/g \quad (5.45)$$

$$f = a/g$$

kuvvet bağlantı faktörü denklemini boylamsal kuvvet bağlantı faktörü olarak boylamsal hızlanma cinsinden yazarsak:

$$f_x = ax / g$$

Bunu (5.45)'de yerine koyarsak:

$$F_x = wf_x$$

Benzer olarak, aynı ilişkiler yatay hızlanma cinsinden de kurulabilir:

$$F_y = wf_y$$

F_x ve F_y 'nin yeni değerleri (5.44)'de yerine koyulursa:

$$v = \sqrt{\{gr[(f_y \cos\beta - f_x \sin\beta)(\sin\theta \tan\theta + \cos\theta) + \tan\theta]\}} \quad (5.46)$$

Eğer yol aşağı doğru eğimliyse:

$$v = \sqrt{\{gr[(f_y \cos\beta - f_x \sin\beta)(\cos\theta - \sin\theta \tan\theta) + \tan\theta]\}} \quad (5.47)$$

(5.4) ve (5.3) birbirine eşitlenerek F_x ve F_y 'nin yukarıdaki değerleri bu eşitlikte yerine konular ve f_y için çözümlenirse:

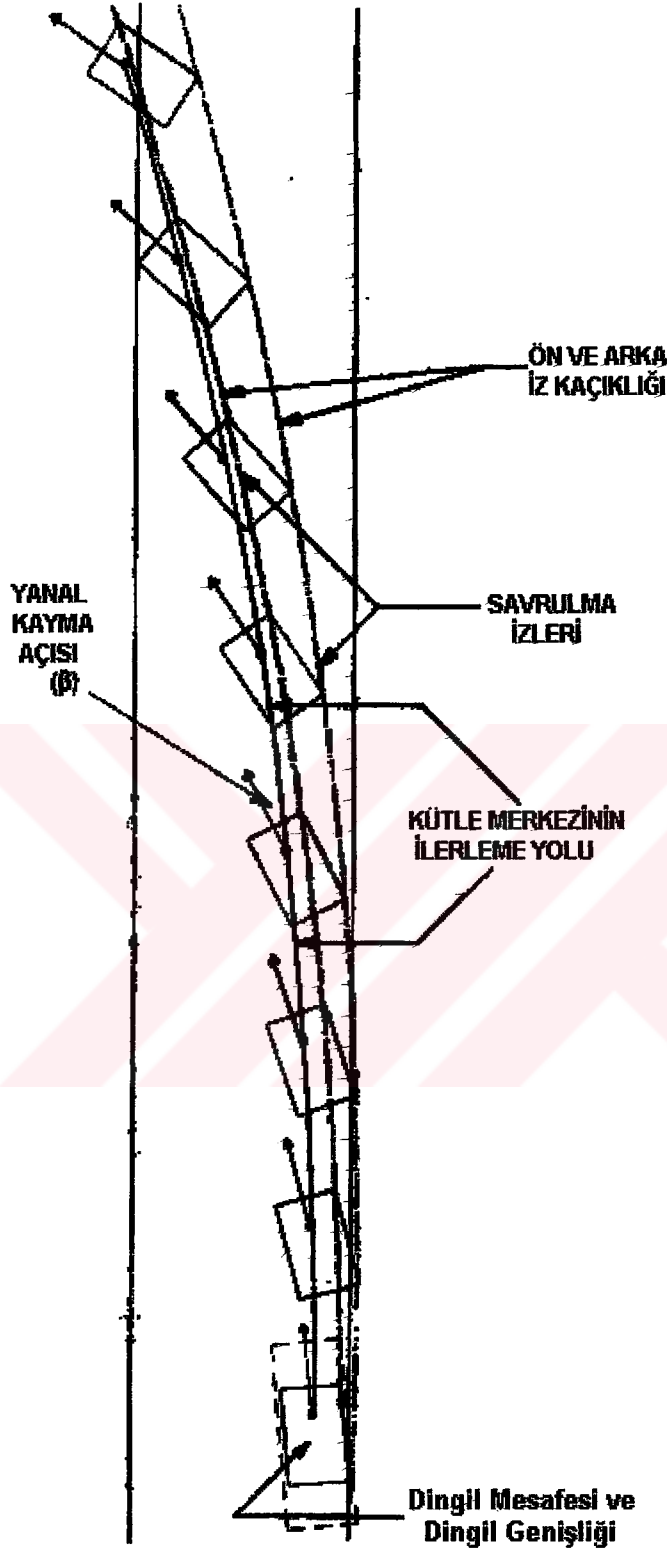
$$f_y = \sqrt{\mu^2 - f_x^2} \quad (5.48)$$

5.6 Hız Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

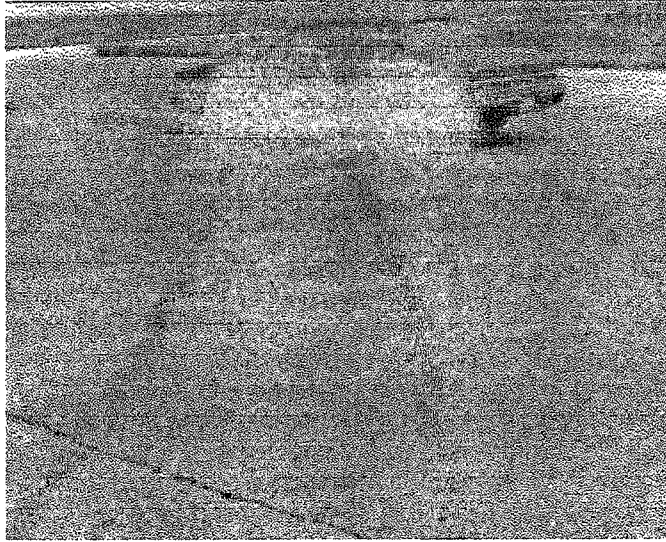
Basit hale getirilmiş (5.36) ve daha detaylı olan (5.46) kullanılarak elde edilen hesaplamalar arasındaki fark 0.5 m/sn.dir. Hafif bir frenleme ve küçük bir yanal kayma açısıyla yapılan hesaplamalarda iki yöntem arasındaki fark fazla değildir.

Eğer kütle merkezinin ilerleme yolunun yarıçapını hesaplamak amacıyla yapılan ölçümler savrulma izlerine yakın, yanal kayma açısının küçük olduğu yerden alınmazsa yöntemler arasındaki fark artar. Yanal kayma açısının etkisini dengelemeye çalışan tek faktör taşıtın hızı ve yarıçapının savrulma ilerledikçe azalmasıdır. Böylece hız tahmini de azalır.

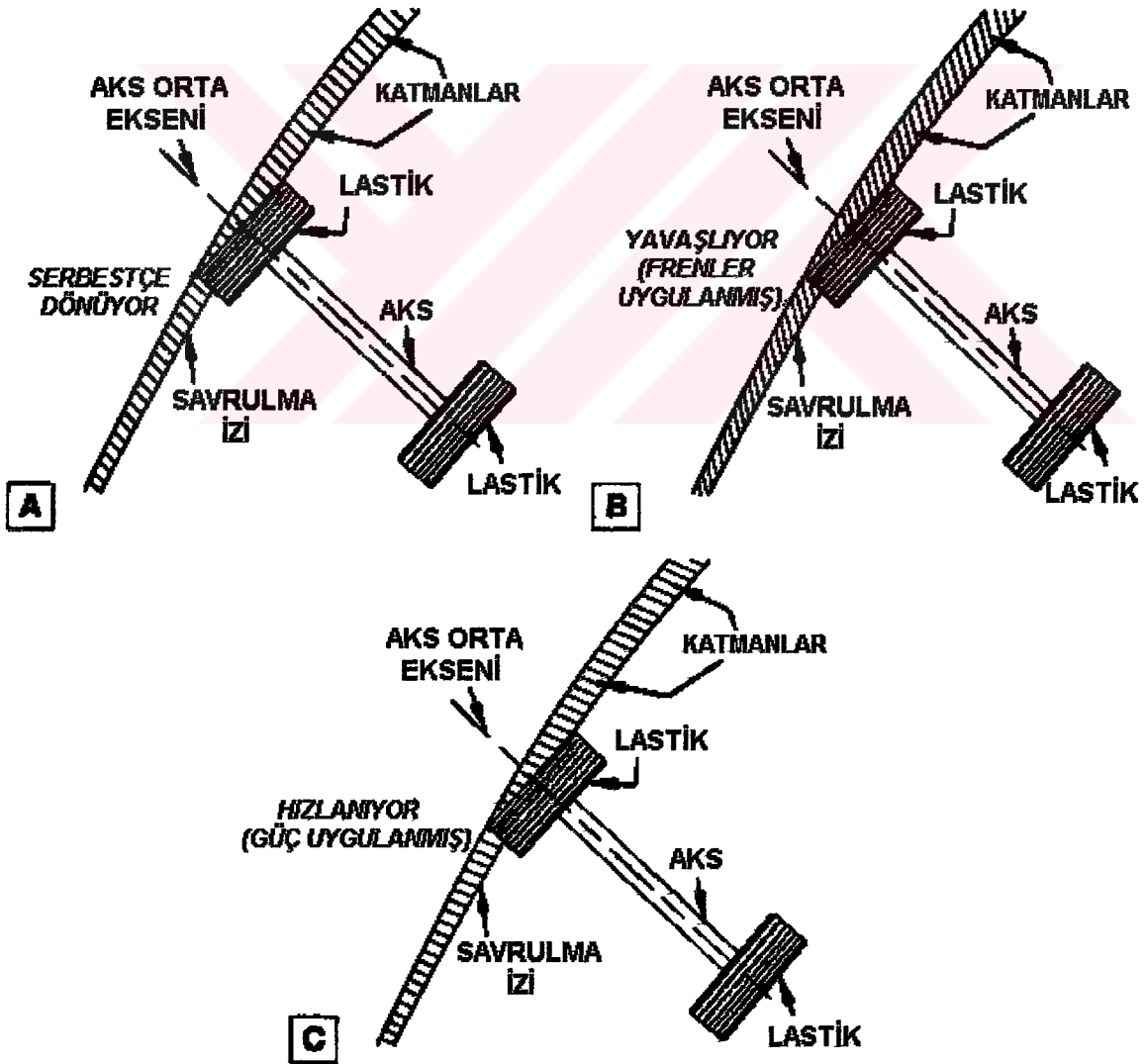
Çoğu durumda mevcut boylamsal hızlanma yoktur ve (5.36) ile hesaplanan hız yalnızca yanal kayma açısı gözönünde bulundurulmuş (5.40) ile hesaplanan hızdan çok az daha yüksektir. (5.40) ve (5.46)'nın kullanılmasındaki temel noksan doğru yanal kayma açısı ve boylamsal hızlanma değerlerinin belirlenebilmesinde yatar. Çoğu durumda ise yanal kayma açısı ve boylamsal hızlanmanın belirlenebilmesi imkansızdır.



Şekil 5.45 Bir taşıt savrulmaya devam ettikçe yanall kayma açısı (β) artar ve sağ ön ve arka lastiklerin savrulma izlerinin arası daha fazla açılır.



Şekil 5.46 Lastik izinin başlangıcı (A) savrulma izidir ve sona doğru, frenler lastikleri kilitleyecek şekilde uygulandığında (B) kayma izi haline dönüşürler.



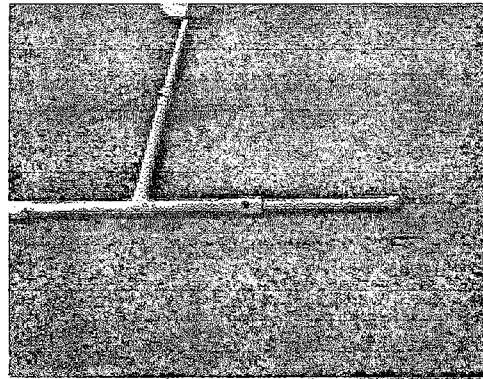
Şekil 5.47 Bir savrulma izinde izlerin oluşumu hızlanan ve serbestçe dönen lastiklerde birbirinden farklıdır.

Sağ ve sol savrulma izleri arasındaki sapma miktarı yanal kayma açısının büyüklüğünü gösterir. Şekil 5.45’de bir savrulma sırasında taşıtın değişik konumlardaki durumu gösterilmiştir. Taşıtın savrulması sırasında yanal kayma açısı (β) artar. Benzer olarak, sağ ön ve arka lastiklerin savrulma izleri daha çok kayma açısının büyüklüğünü belli ederler.

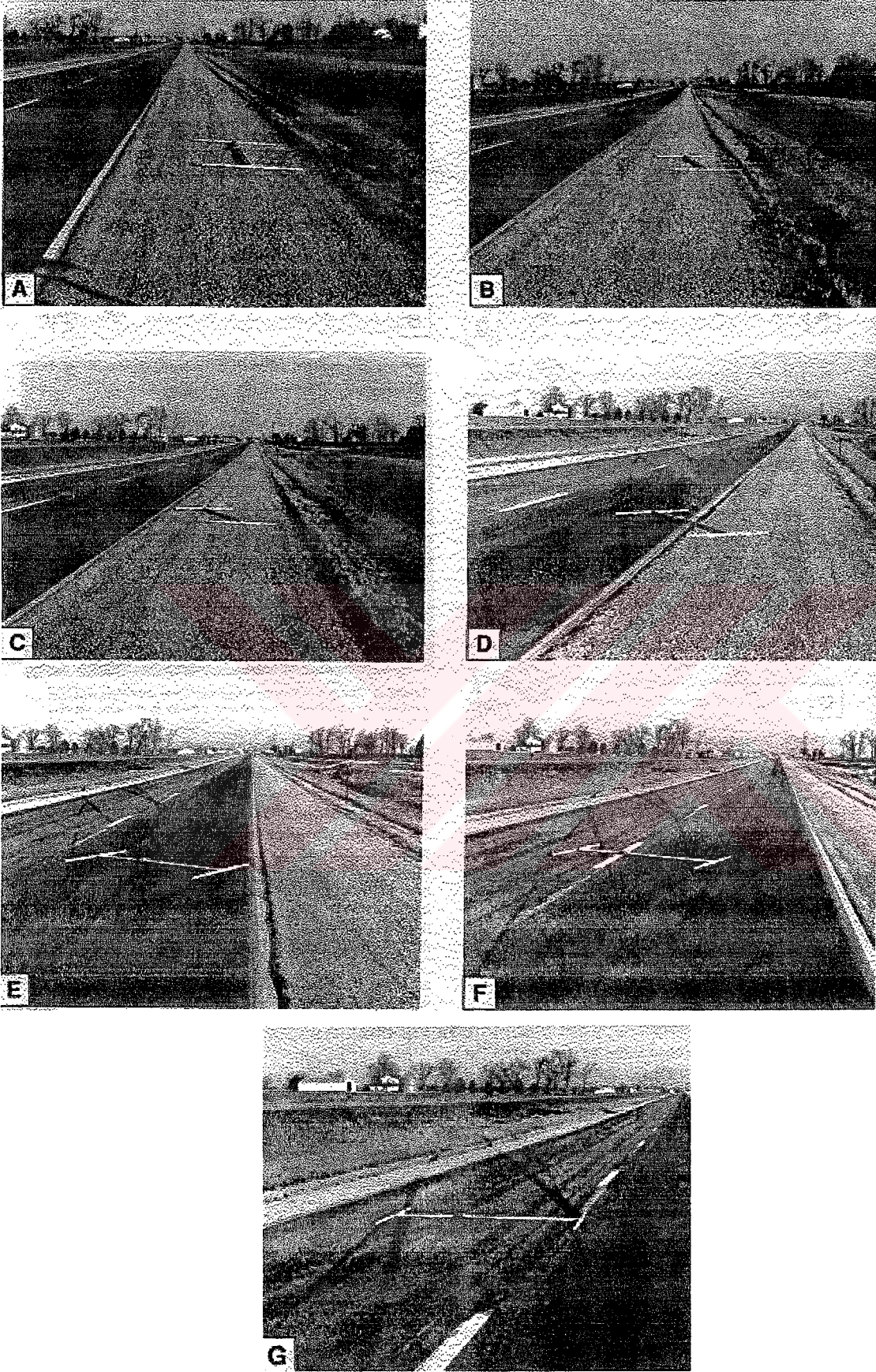
Olası durumlarla ilgili yapılan araştırmalara göre yanal kayan bir taşıtta frenleme veya güç uygulaması nadiren yoktur. Çoğu durumda orta ve yüksek hızlı taşıtlarda güç uygulanması hız hesaplamalarına çok az etkilidir. Ayrıca lastikleri kilitlemeyecek etkideki frenlemeler hız tahminlerini belirgin olarak etkilemez.

Savrulan bir taşıtın sürücüsünün davranışı genelde fren uygulamaktır. Frenlerin uygulanması lastiklerin kilitlenmesi ve kaymayla sonuçlanabilir. Şekil 5.46’da savrulma izi ve kayma izinin birleşimi olan lastik izleri görülmektedir. Lastik izinin başlangıcı savrulma izidir (A). Sonlara doğru ise lastikleri kilitleyecek sertlikte fren uygulandığında kayma izi şeklini (B) alır. Savrulma izinden kayma izine değişim lastik katman izleri arasındaki değişimden belli olmaktadır.

Şekil 5.47’de ise üç değişik savrulma izindeki farklı katman izleri üzerine yerleştirilmiş lastik ve aks görülmektedir. A izi serbest olarak dönen, B izi fren uygulanan ve C izi ise güç uygulanan bir lastik tarafından bırakılmıştır. Eğer lastik serbest olarak dönüyor ve yanal kayıyorsa katman izleri az veya çok lastiğin bulunduğu aksa paralel olacaktır. Bir lastik yavaşlıyor ve yanal kayıyorsa katman izleri lastiğin bulunduğu aksa paralel olmayacaktır. Eğer lastik kilitlenirse katman izleri lastik izlerine paralel olacaktır ve bu bir kayma izidir. Eğer bir lastik hızlanıyor ve yanal olarak kayıyorsa katman izleri lastiğin bulunduğu aksa paralel olmayacaktır.



Şekil 5.48 Savrulma izlerinin lastiğin bulunduğu aksa az veya çok paralel olduğunu belirlemek için kullanılan yöntemlerden biri de taşıt şablonu kullanılmasıdır.

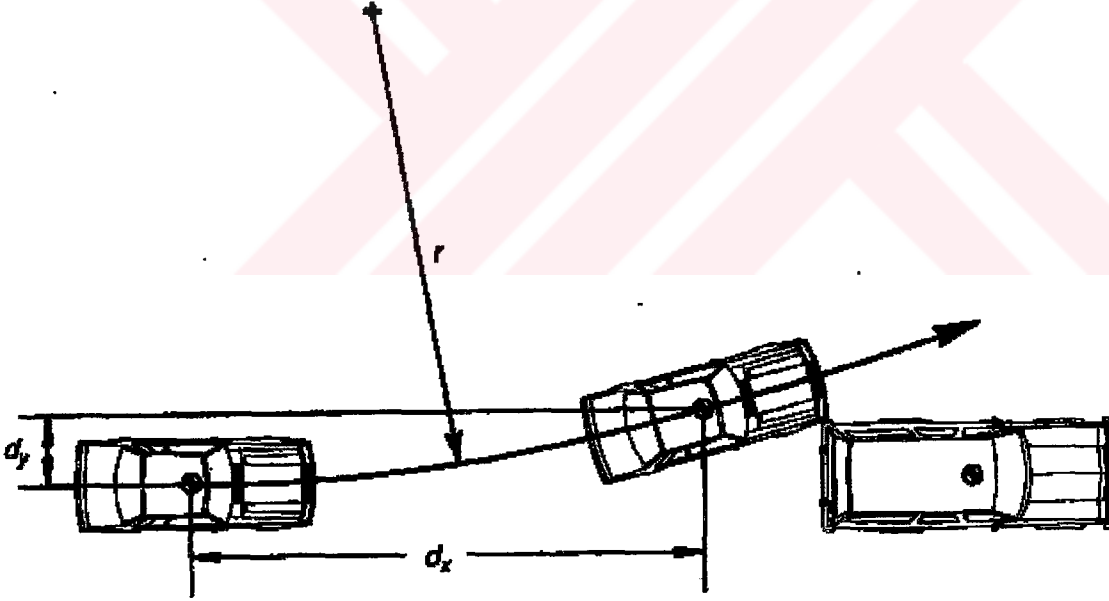


Şekil 5.49 Yanal kaymayı da içeren tipik bir durum dikkatsiz bir sürücünün yoldan çıkarak bankete girmesi ve tekrar yola çıkmaya çalışması sırasında oluşur.

5.7 Tehlikeli Durumdan Kurtulmak İçin Yapılan Manevralar

İleri hareket yapan bir taşıt, bir çarpışmayı önlemek için yavaşlayabilir, hızlanabilir, sağa veya sola dönebilir. Eğer taşıt kilitlenmiş frenlerle yavaşlarsa az veya çok ileri doğru hareket edecektir ve taşıt döndürülemez. Ancak frenler lastikleri kilitleyecek kadar uygulanmamışsa taşıt dönebilir, ancak bu dönüş sınırlıdır. Taşıtın tam yolunun hesaplanabilmesi için taşıt hakkında frenleme miktarı, dönüş açısı, lastik bilgisi ve benzeri çok geniş bilgiler gerekmektedir. Bunlardan bir kısmının kaza oluşumundan sonra bilinebilmesi imkansızdır. Hesaplamalar bir engelden sakınmak için gerekli mesafenin belirlenmesi için kullanılabilir.

Şekil 5.50'de, duran bir taşıttan kaçmak için sola dönüş yapan bir taşıt görülmektedir. Bu manevrayı r yarıçapı ile tamamlayabilmek için gerekli boylamsal mesafe d_x ve taşıtın duran taşıttan sakınmak için ilerlemesi gerekli yanal mesafe ise d_y 'dir. Dönüş manevrasının incelenmesi sonucu orta ordinat d_y 'ye ve yarı yay ise d_x 'e eşittir ve böylelikle yay $2d_x$ 'e eşittir. Bu bilgiler yay (l) ve orta ordinat (h) için (5.34)'de bir araya getirilirse:



Şekil 5.50 Bir taşıtın duran bir taşıta çarpmamak için sola, r yarıçapıyla, dönüş yaparken alması gereken boylamsal mesafe d_x ve yatay mesafe d_y 'dir.

$$r = l^2/8h + h/2 \quad (5.34)$$

$$r = (2d_x)^2/8d_y + d_y/2$$

d_x için çözümlerse:

$$d_x = \sqrt{(2d_y r - d_y^2)} \quad (5.49)$$

(5.35) yarıçap için çözülürse:

$$v = \sqrt{gr\mu}$$

$$r = v^2 / g\mu$$

Sürtünme katsayısı ve yanal hızlanma arasındaki ilişkiden:

$$\mu = a_y / g$$

$$r = v^2 / a_y \quad (5.50)$$

Bir engelden tek bir dönüşte kurtulmak için gerekli boylamsal mesafenin belirlenmesi için diğer bir yöntem Şekil 5.51 yardımıyla bulunabilir:

$$\cos\theta = 1 - d_y/r$$

Bir açının cosinüs değeri basitçe:

$$\cos\theta = 1 - \theta^2/2$$

Bu değer daha önceki denklemde yerleştirilirse:

$$1 - \theta^2/2 = 1 - d_y/r$$

Bu denklemi θ için çözersek:

$$\theta = \sqrt{2d_y / r}$$

Küçük açılar için:

$$d_x \approx r\theta$$

Bu formülden θ 'yı çekip yukarıdaki formülle eşitlersek:

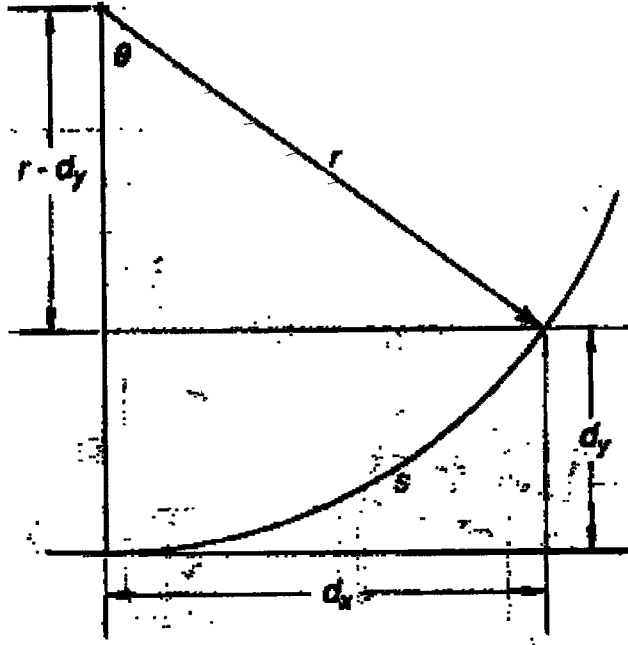
$$d_x = r\sqrt{2d_y/r}$$

Yanal hızlanma (5.50) eşitliği a_y için çözülerek bulunur:

$$a_y = v^2 / r$$

Bu denklemden yarıçapı çekip üstteki denklemde yerine koyarsak:

$$d_x = v\sqrt{2d_y / a_y} \quad (5.51)$$



Şekil 5.51 Bir engelden tek bir dönüşte kurtulmak için gerekli boylamsal mesafeyi (d_x) belirlemek birçok geometrik bağlantı içerir.

6. TRAFİK KAZALARINDA ÖZEL KONULAR

6.1 Taşıt Çarpışmalarında, Taşıtta Bulunan Kişilerin Davranışının Belirlenmesi

Taşıt çarpışmalarında taşıtta bulunanların hareketinin belirlenmesinin amacı:

- Taşıtı kimin kullandığının,
- Çarpışma öncesi taşıtta bulunanların konularının ve
- Emniyet kemerlerinin etkisinin belirlenmesidir.

Trafik kazalarında taşıtı kimin kullandığının belirlenmesi önemli bir konudur. İtham altındaki bir sürücü taşıtı bir başkasının kullandığını iddia edebilir. Sürücü haricindeki bir kişinin taşıtta hangi konumda bulunduğu belirlenmek istenebilir. Diğer bir konu ise emniyet kemerlerinin yaralanmaları önlemesi veya yaralanmalara neden olduğunun belirlenmesidir.

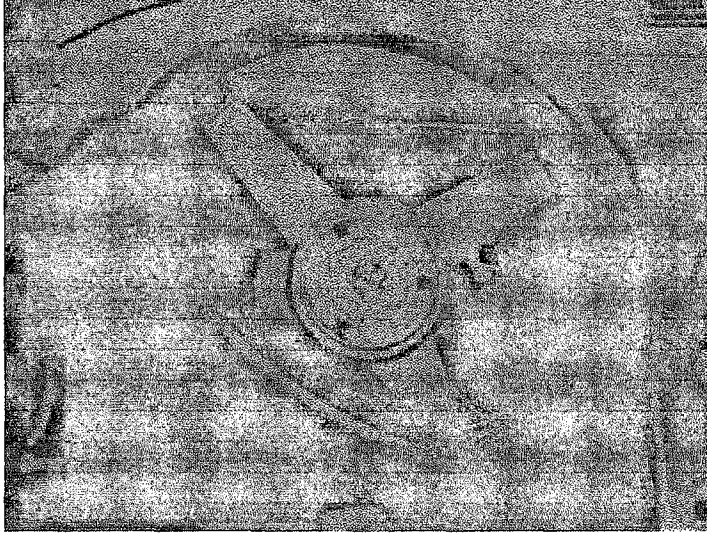
Bu konuların cevaplanabilmesi için kullanılan genel yöntem çeşitli basamakları içerir:

1. Taşıtın iç kısmı, gövdeler ve taşıtın iç kısmı arasında temas olduğunu belirten izler açısından incelenmelidir.
2. Taşıtların ilk temastan maksimum temasa ve daha sonra ayrılmaya ve son konuma kadar olan hareketleri belirlenmelidir.
3. 2. Şıkta belirtilen taşıt hareketlerinden gövdelerin taşıta göre nasıl hareket etmesi gerektiği ve taşıtın hangi parçasının vücutların hangi kısımlarıyla çarpıştığı belirlenmelidir.
4. Yaralanma bilgileri gözden geçirilerek, yaralanmalar ve taşıt iç temas noktalarının eşlendirilmesi yapılmalıdır.
5. 3. Şıktaki sonuçlar 4. şıktaki sonuçlarla karşılaştırılmalıdır. Belirgin farklılıklar yoksa, iki yaklaşım da aynı sonucu vermektedir.

6.1.1 Taşıtın incelenmesi

Kaza sonrasında taşıtlar mümkün olduğu kadar çabuk incelenmelidir. Taşıtın belirli parçalarının nasıl yer değiştirdiğinin belirlenmesi taşıta uygulanan itme kuvvetinin yönünü belirleyecektir. Bu şekilde çarpışma sonucu taşıtın dönüp dönmediğinin ve miktarının belirlenmesi mümkündür. Taşıtın dış kısmında oluşan hasardan çarpışmanın nasıl oluştuğu belirlenebilir.

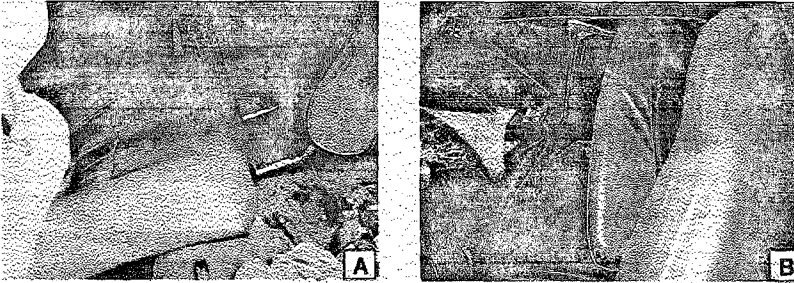
Taşıtın incelenmesinin ikinci bir nedeni taşıtta bulunan kişilerin taşıta göre hareketlerinin belirlenmesidir.



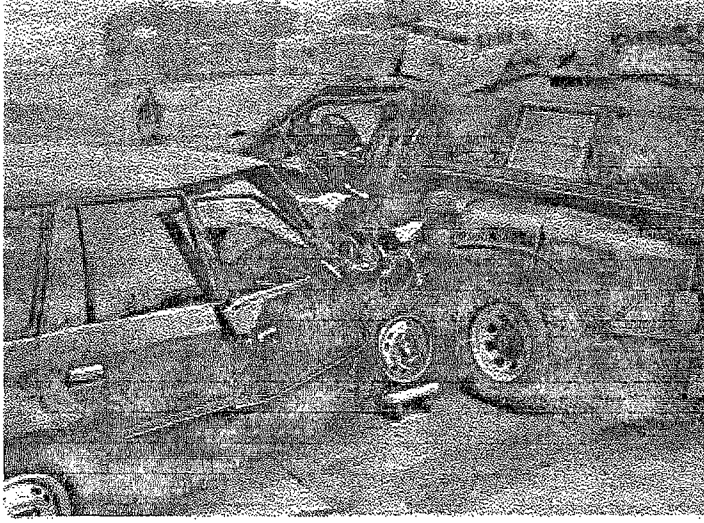
Şekil 6.1 Direksiyon simidinde oluşan hasar belirgin olarak görülmektedir. Taşıt aniden yavaşlamış ve şoför ileri harekete devam ederek direksiyon simidine çarpmıştır.



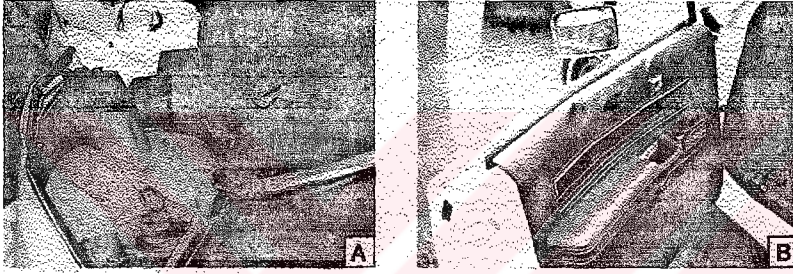
Şekil 6.2 Bu olayda taşıta uygulanan temel kuvvet taşıtın ön kısmının şiddetli bir biçimde sağa doğru hareket etmesine, dolayısıyla yolcunun taşıtın soluna doğru hareket ederek çok sert bir biçimde direksiyon simidine çarpmasına neden olmuştur.



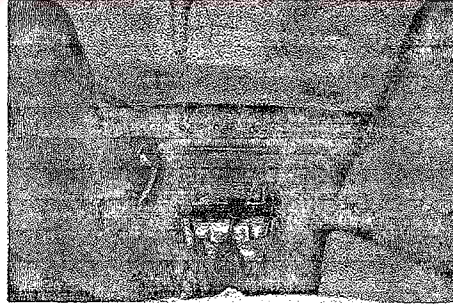
Şekil 6.3 Şekil 6.3A'da koltuk arkalığının geriye hareketi gösterilmiştir. Çarpışma anında arkadan çarpıldığı sırada yalnızca sağ önde yolcu bulunmaktadır. Bu, yolcu taşıta göre arkaya doğru hareket ettiği sırada koltuk arkalığının geriye doğru bükülmesine neden olmuştur. Koltuk arkalığının öne doğru hareketi Şekil 6.3B'de gösterilmiştir. Bu durum önden alınan bir sonucu oluşmuştur.



Şekil 6.4 Kapının dışı doğru bükülmesi taşıtın ön kısmındaki hasar nedeniyle oluşmuştur.



Şekil 6.5 Fotoğraf 6.5A'da bulunan kişi kapı kenarına çok şiddetli biçimde çarpmıştır. Kapının dışı doğru bükülmesi gövdenin teması sonucu oluşmuştur. Fotoğraf 6.5B'de görülen, taşıtta bulunan kişinin çarpması sonucu oluşan hasar 6.5A'dakine göre oldukça azdır.

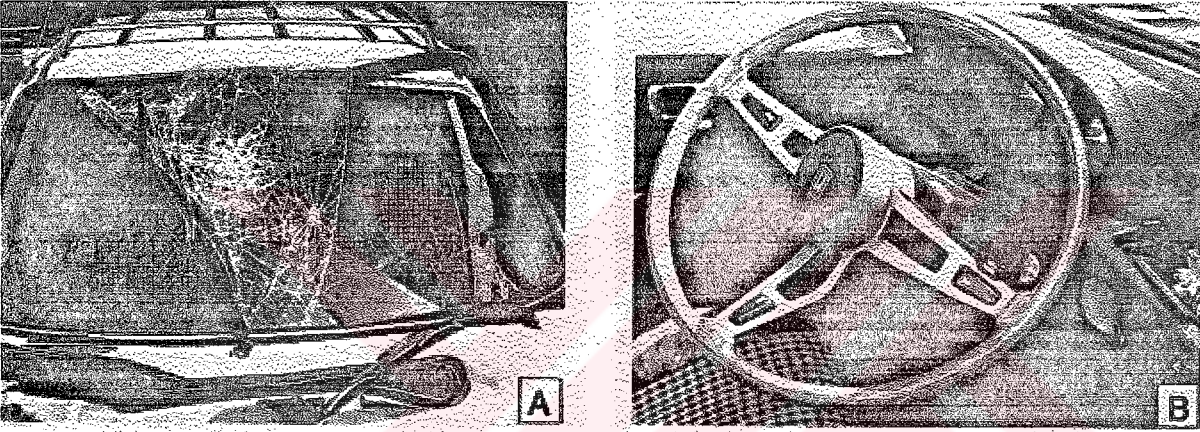


Şekil 6.6 Ön cama kafa çarpması emniyet kemeri kullanılmadığı durumlarda oldukça fazla rastlanılan bir olaydır.

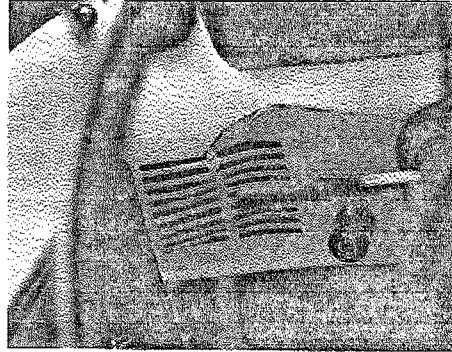
Yolcuların çarpması sonucu hasar gören taşıt parçaları yolcuların hareketinin belirlenmesinde yardımcıdır. Yararlı ipuçları sağlayabilecek iç parçalar:

- Direksiyon,
- Koltuk arkılığı,

- Kapı iç panelleri,
- Ön cam ve diğer camlar,
- Geri görüş aynası,
- Gösterge ve dirsek desteği,
- Vites kolu,
- Ön pano plakası,
- Destekler.



Şekil 6.7 Fotoğraf 6.7A'da ön camın iç kısmına bir vücut çarpmıştır. Fotoğrafta, 6.7B'de görülen bükülmüş direksiyon simidinden sürücünün çarpışma sonucunda sağına doğru hareket ettiği anlaşılmaktadır. Bu durumda sürücünün suratı geri görüş aynasına çarpmış ve ciddi bir göz yaralanması oluşmuştur.



Şekil 6.8 Fotoğrafta görülen ön panel hasarı sürücü diz teması sonucu oluşmuştur.

6.1.2 Çarpışmalarda taşıt ve yolcu davranışının belirlenmesi

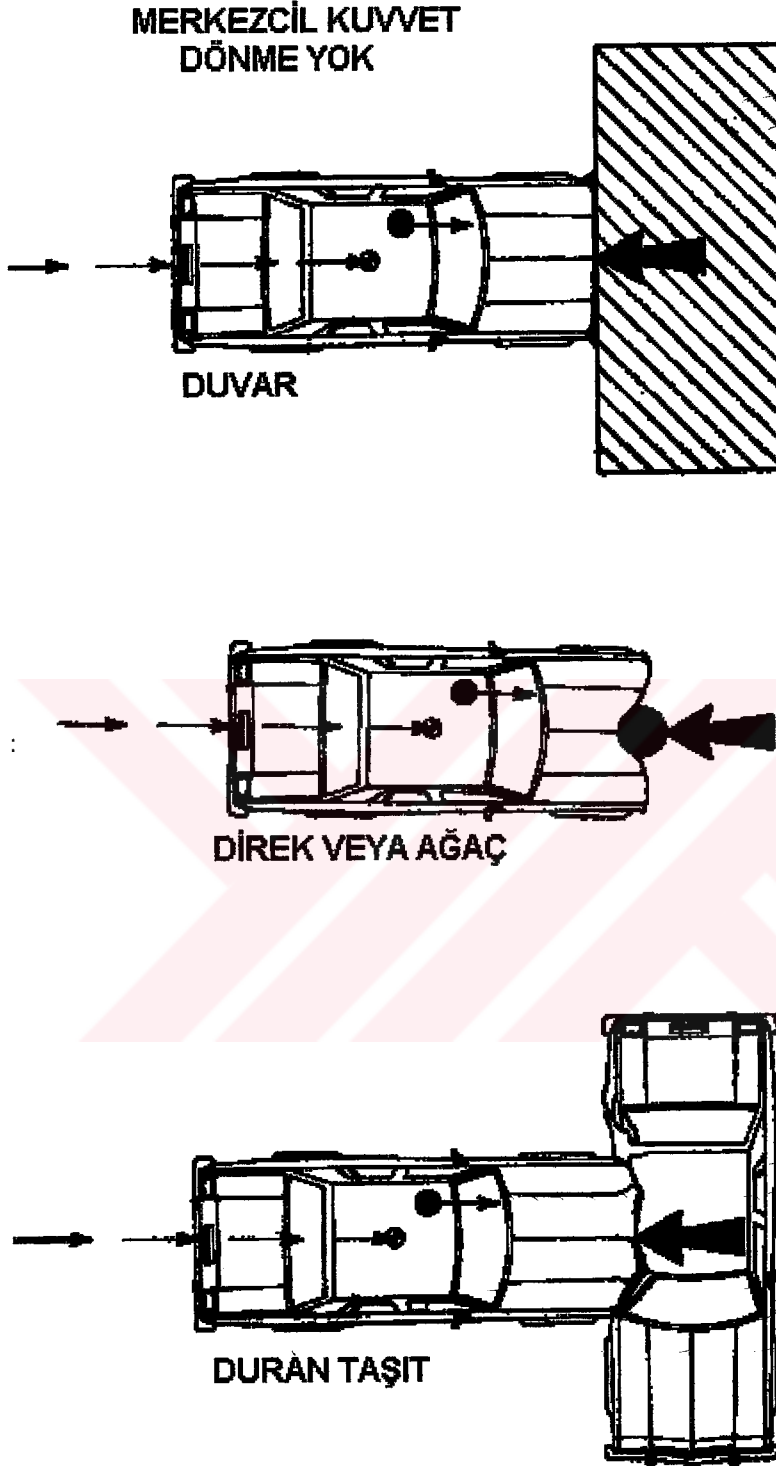
Bir taşıtın çarpışma sonrası hareketi, çarpışma öncesi hızı ve yönüne, ve de çarpışma sırasında uygulanan kuvvete bağlıdır.

Merkezcil, Önden Çarpma. Şekil 6.9'da belirtilen üç durumda taşıtın kütle merkezi çarpışma öncesi ileri doğru düz bir çizgi boyunca ilerlemektedir. Dolayısıyla yolcular da ileri doğru hareket etmektedir. Çarpışma merkezcil olduğu için çarpışma sonrası dönme olmamaktadır. Taşıt nesneye çarptığında yolcular ileri harekete devam ederler (Şekil 6.10). Taşıt yavaşlarken vücutlar taşıt içerisinde ileri doğru hareket ederler (eğer emniyet kemeri yoksa). Vücutların son konumları çarpışma öncesi konumlarıyla aynıdır. Olası iç hasar Şekil 6.6 ve 6.8'de gösterilmiştir.

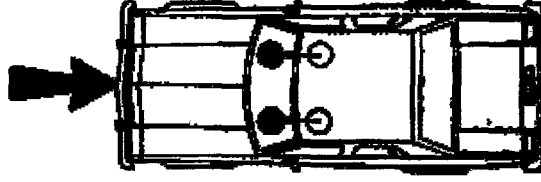
Yanal Çarpma. Eğer bir taşıt yana doğru ilerliyor ve sabit bir nesneye çarpıyorsa, taşıta etkiyen kuvvet taşıtın boylamsal eksenine dik olabilir. Eğer bir taşıt duruyorsa, ve arka ve ön tekerlerin arasından, yandan, çarpılırsa taşıta etkiyen kuvvet boylamsal eksenine dik olabilir. Şekil 6.11'de taşıtın kütle merkezine etkiyen merkezcil bir itme kuvveti gösterilmektedir. Yolcular çarpışma öncesi ilerleme yönünde hareket etmeye devam ederler Aynı zamanda taşıtın sağına doğru ilerlerler.

Şekil 6.11'de gösterilen ciddi bir çarpışma biçiminde taşıtın sağ kenarında bulunan yolcular solda bulunan yolculara göre daha ciddi bir şekilde yaralanabilirler. Kapılarda, orta konsolda ve yere monte edilmiş vites kolunda, yolcuların yanal hareketlerini belirlemek amacıyla, temas izleri belirlenmelidir.

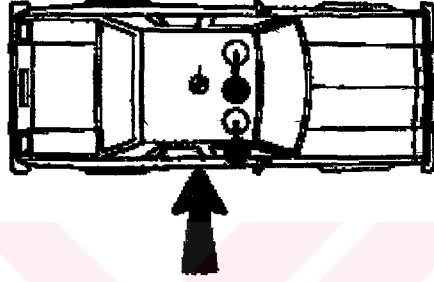
Arkadan Çarpmalar. Arkadan çarpıldığında duruyor olan veya hareketli bir arabada taşıttaki yolcular üstündeki etki aynıdır. Şekil 6.12'de merkezcil arkadan çarpma gösterilmektedir. Vücutlar çarpışma öncesindeki, taşıta göre, hızları ile aynı hızda ilerlemeye devam etmek isterler. Araba ileri doğru hızlanarak, yolcuların taşıta göre geriye doğru hareket etmesine neden olur. Ciddi çarpışmalarda koltuk arkalıkları Şekil 6.3A'da görüldüğü gibi arkaya doğru itilebilirler. Benzer durumlarda, emniyet kemerleri önden çarpmalara oranla daha az



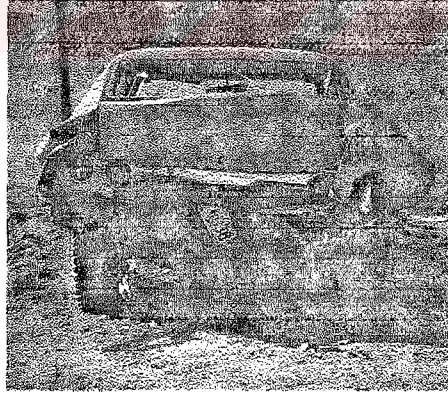
Şekil 6.9 Burada gösterilen üç durumun iki ortak noktası vardır: (1) Her bir taşıt çarpışma öncesi düz olarak ilerlemektedir ve (2) çarpışma sırasında oluşan itme kuvveti taşıtın kütle merkezinden geçmektedir.



Şekil 6.10 Şekil 6.9’da belirtilen durumlarda taşıt durmakta ve emniyet kemeri kullanmayan kişiler ileri hareket ederek taşıtın ön kısmına çarpmaktadır.



Şekil 6.11 Taşıta etkiyen çarpışma kuvveti taşıtın aniden soluna doğru ilerlemesine neden olacaktır. Taşıtta bulunan kişiler taşıta göre sağa doğru hareket etmektedir. Daha doğrusu taşıt soluna ilerlerken içindeki kişiler oldukları yerde durmaktadırlar.



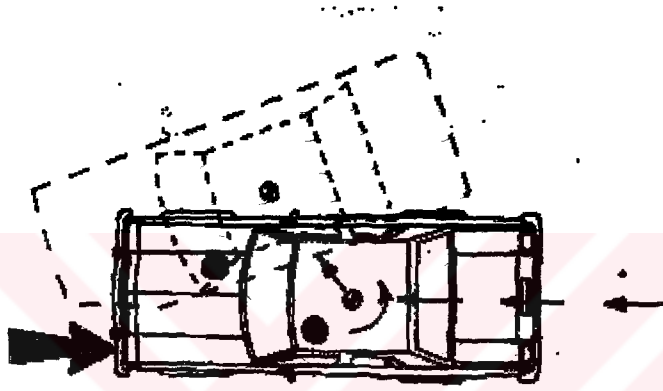
Şekil 6.12 Fotoğrafta görüldüğü gibi ciddi bir arkadan çarpılma sonucunda taşıtta bulunan kişiler geriye doğru hareket edeceklerdir.

yardımcıdır. Çok ciddi arkadan çarpılmalarda emniyet kemerleri yararlıdır ve tavan ile arka cam gibi daha sert yüzeylerde kafa darbelerini azaltırlar.

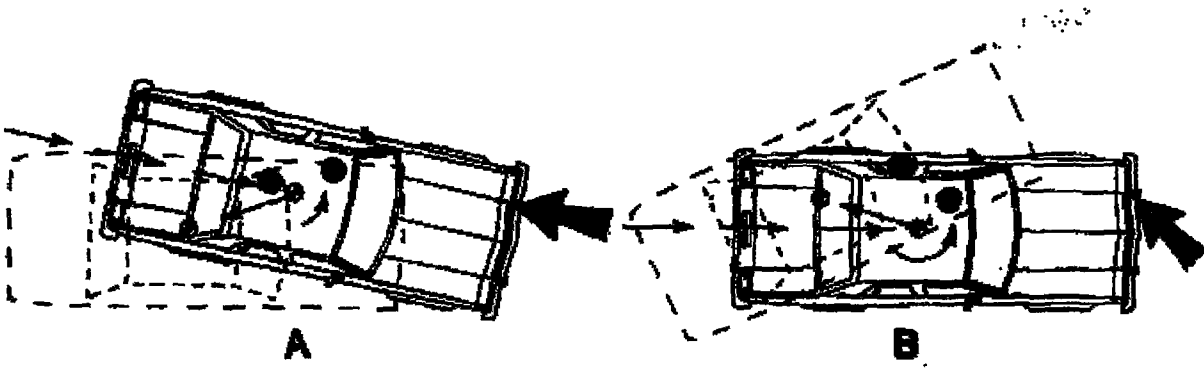
Merkezcil Olmayan Çarpışmalar. Sabit bir nesneyle veya diğer bir taşıtla çarpışmalarda, çoğunlukla, çarpışma sonucu taşıta etkiyen itme kuvveti taşıtın kütle merkezinden geçmez. Şekil 6.13’te merkezcil olmayan, eksantrik, sabit nesneyle çarpışma örneği verilmiştir.

Çarpışma sonucunda araba yavaşlayarak, dönmeye ve sağa doğru harekete başlar. Eğer emniyet kemeri yoksa, sürücü, taşıtın, önünde bulunan kısmına çarpabilir. Araba sağa doğru ilerleyerek, saat yönünde döneceğinden sürücü taşıta göre bir miktar sola doğru hareket etmek isteyecektir.

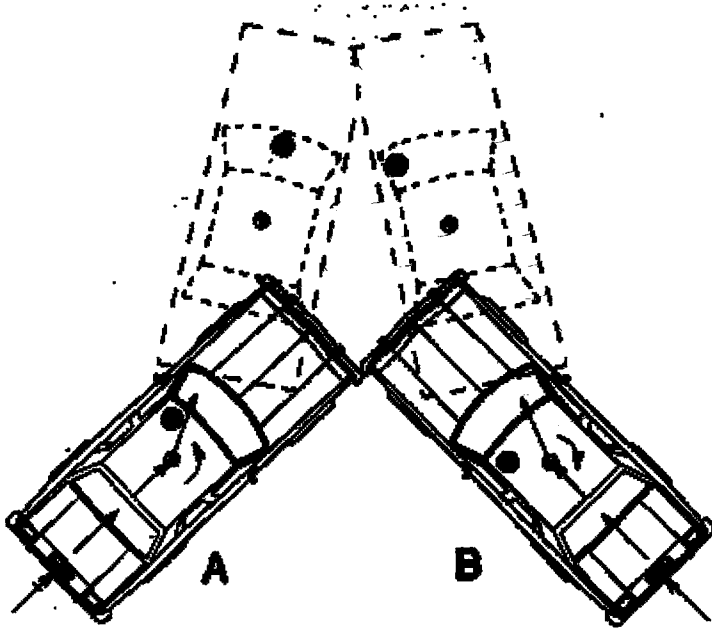
Bir başka taşıtla çarpışma sonrasında taşıt üzerinde çok eksantrik bir itme kuvveti oluşmuş ve taşıt Şekil 6.14B'de görüldüğü gibi geriye doğru hareket etmeye zorlanırsa, sürücü taşıta göre ileri doğru hareket eder. Aynı zamanda, eğer emniyet kemeri yoksa, sürücü sağa doğru hareket edecektir.



Şekil 6.13 Çarpışma sonucunda taşıt belirgin miktarda yavaşlar ve saatin ters yönünde döner. Sürücü soluna doğru hareket eder ve kendi tarafındaki kapıya çarpar.



Şekil 6.14 6.14A'da, çarpışma sonucunda taşıt geriye doğru hızlanırken aynı zamanda da sağına doğru hareket eder. Şekil 6.13'de olduğu gibi sürücü soluna doğru hareket edecektir. 6.14B'de gösterilen durum ise oldukça eksantriktir ve taşıt hızlı bir şekilde saatin ters yönünde dönmektedir. Emniyet kemeri kullanmayan sürücü ön panele çarpacak ve aynı zamanda da direksiyon simidinin sağına ilerleyecektir.



Şekil 6.15 Birbirine aynı hızla çarpan benzer taşıtlarda bulunan emniyet kemeri kullanmayan kişilerde, şekilde görüldüğü gibi farklı hareketler oluşabilir.

Şekil 6.15’de benzer taşıtların eşit hızlarla simetrik çarpışması gösterilmektedir. Çarpışma kuvveti her iki taşıtın da dönmesine neden olur. Her iki taşıtın sürücüsü de emniyet kemeri kullanmıyorlarsa taşıtın ileri doğru hızı azalacağından taşıta göre ileri doğru hareket edeceklerdir. A taşıtının sürücüsü sağa, B taşıtının sürücüsü sola doğru hareket edecektir.

6.1.3 Yolcuların taşıtın içinden fırladığı çarpışmalar

Yolcular taşıtların dışında bulunduğunda nasıl ve ne zaman dışarı çıktıklarının belirlenmesi önemlidir. Taşıttan fırlama durumunda yolcu hareketinin belirlenmesi için temel prosedür sırasında öncelikle, taşıt kaba olarak incelenmelidir. Vücudun taşıttan çıkması muhtemel yerler incelenmelidir:

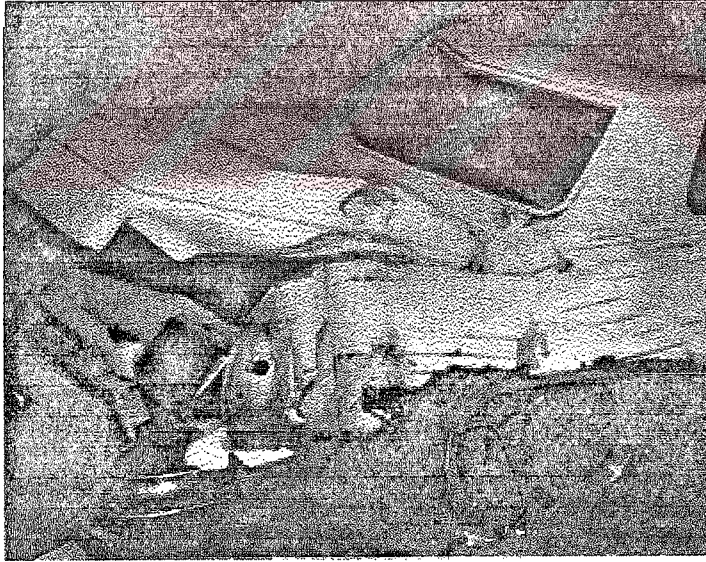
- Açık veya kırık yan pencereler,
- Ön cam,
- Arka cam,
- Çarpışma sonrası açılmış kapılar,
- Açılır tayan.

Merkezcil olmayan direğe çarpma: Şekil 6.16 ile 6.21’de burada anlatılan durum ile ilgili basit bir örnek bulunmaktadır. Burada tek bir taşıtın savrulması yolu terk etmesi ve daha sonra direğe çarpması görülmektedir. Şekil 6.16’da savrulma izleri görülmektedir. Yerde bulunan

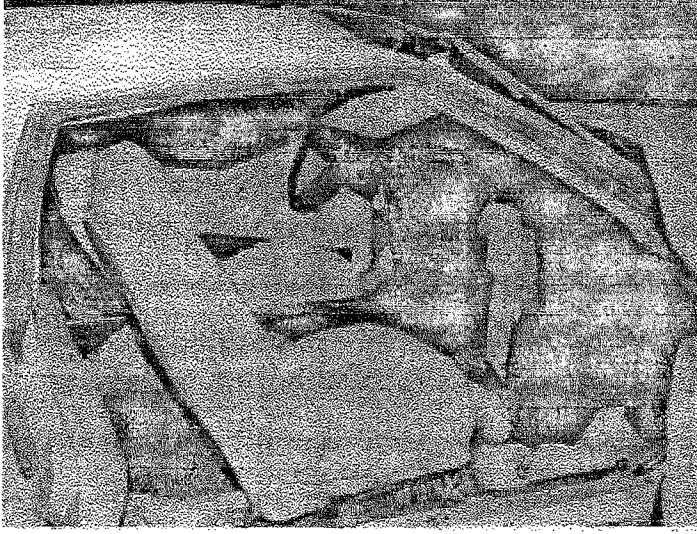
şahıs yüksek gerilim hattıyla temas etmesi sonucu ölmüştür. İkinci şahıs taşıtın yanında yürüyordur ve belirgin bir yaralanma görülmemiştir. Polis geldiğinde sağ yan kapı açık olarak bulunmuştur.



Şekil 6.16 Kaza yapan taşıtın oluşturduğu savrulma izleri yukarıdaki fotoğrafta görülmektedir.



Şekil 6.17 Taşıtın sağ tarafındaki hasar direğe çarpma sonucu oluşmuştur.

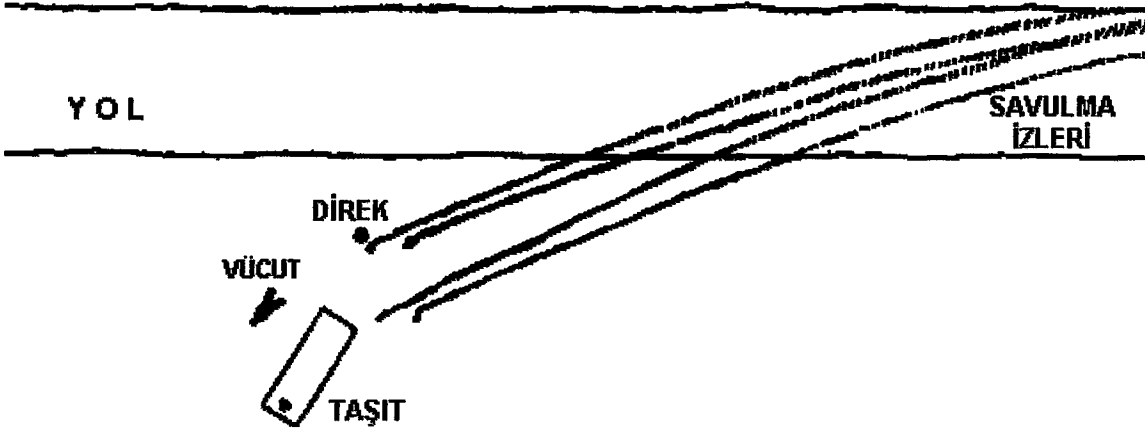


Şekil 6.18 Taşıttın iç kısımlarında diğer bölümlere göre daha az hasar görülmektedir.

Burada sorun sürücünün kim olduğudur. Taşıttı incelendiğinde, hiçbir cam kırık değildir. Yolcuların çıkabileceği tek çıkış sağ kapıdır. Kapı mekanizması hasarlı olduğundan sağ kapının kapalı kalmayacağı belirlenmiştir. Bir kapıyı patlatarak açmak oldukça fazla güç gerektirecektir. Bir kapının mekanizması bozularak açılabilmesi için 4450 N yük gerekmektedir. Taşıttı bulunan birkaç kişinin zorlamasıyla ancak bu yüke ulaşılabilir. Şekil 21'de direkle çarpma sonucunda taşıttı bulunan kişilerin hareketi gösterilmiştir. Sağ yan kapıdan çıkan kişi taşıttı bulunan kişilerin hareketi son konumlar yönünden tutarlıdır. Araba,



Şekil 6.19 Taşıttı ve direğin son konumları yukarıda görülmektedir.

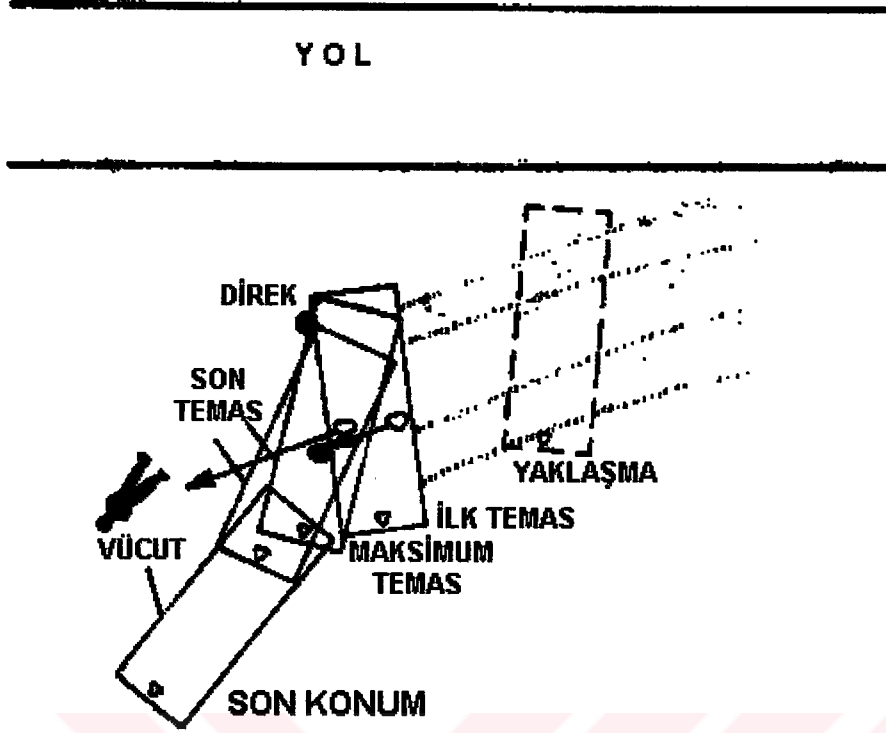


Şekil 6.20 Fotografik verilerin bir özeti bu kaza sonrası krokide görülmektedir.

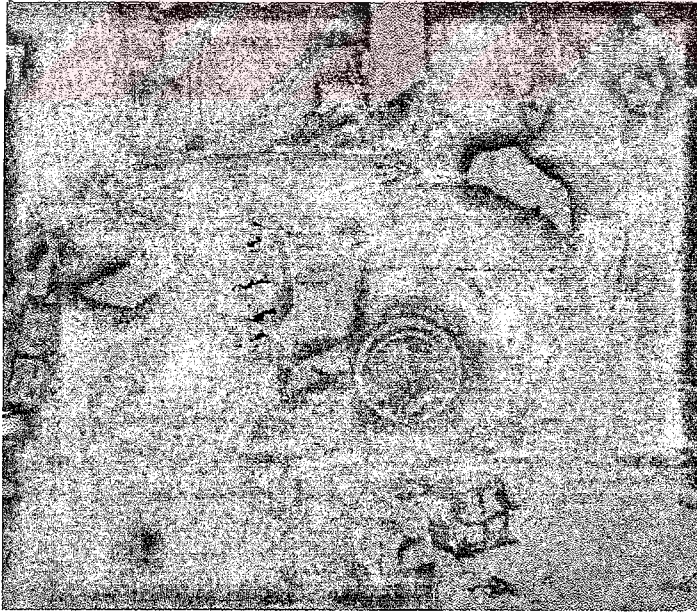
şoför arabayla temasa geçmeden önce belirgin miktarda döndüğünden şoför taşıt dışına çıkmamıştır. Şoförün arabayla çarpışma noktası ileri doğrudur. Bu, yolcunun kapıya çarpmadan önce çok kısa bir mesafe hareket etmesinden kaynaklanmaktadır.

Yolcudaki yaralanmalar temel olarak sağ yandandır. Ölüm nedeni elektrik hattının vücuda temas etmesidir. Şoförde belirgin bir yaralanma yoktur.

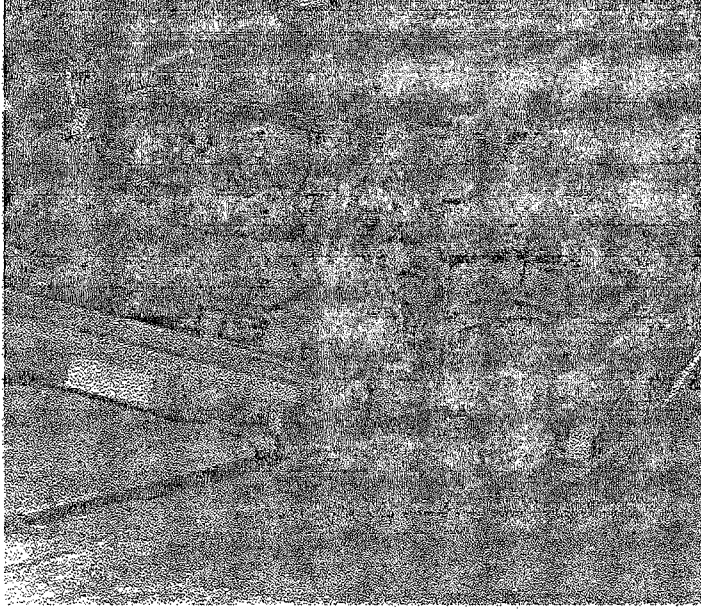
Taşıtın direğe merkezli çarpması: Bu durumla ilgili fotoğraflı veri bir miktar sınırlıdır. Şekil 6.22, 6.23 ve 6.24'ten elde edilebilecek bilgi önemlidir. Fotoğrafların incelenmesi neticesinde taşıtın direğe yandan çarptığı anlaşılmaktadır. Fotoğraflardan taşıtın direğe göre konumunu belirleyebilmek için hasarlı taşıtın direğe göre konumu bir diyagram üzerinde belirlenmelidir. Bu, Şekil 6.25B'de gerçekleştirilmiştir. Fotoğraflara bağlı olarak oluşturulan diyagram polis



Şekil 6.21 Çarpışma anı ve bunun sonucunda taşıtın içinde bulunan kişinin hareketi yukarıda gösterilmiştir.



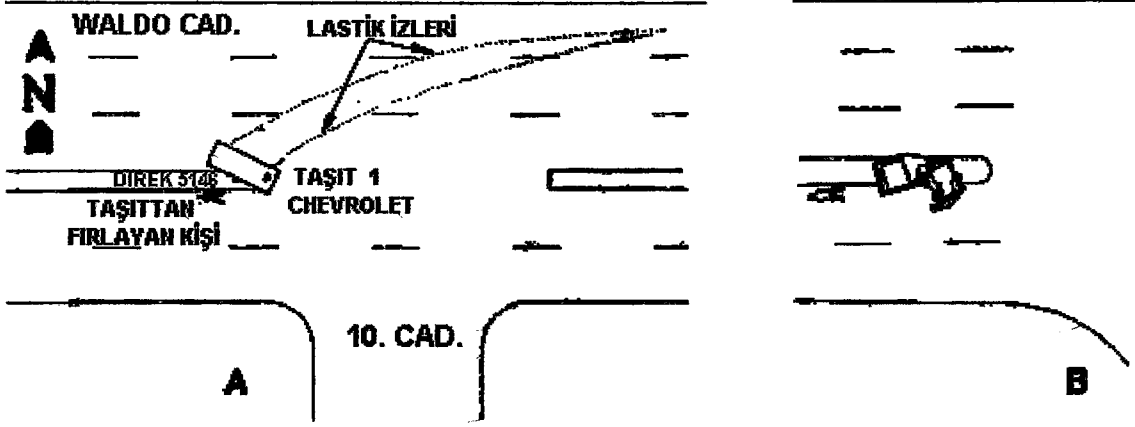
Şekil 6.22 Bu fotoğrafta taşıtın ön kısmı görülmektedir. Yükseltilmiş orta bordüre göre konumuna dikkat edilmelidir.



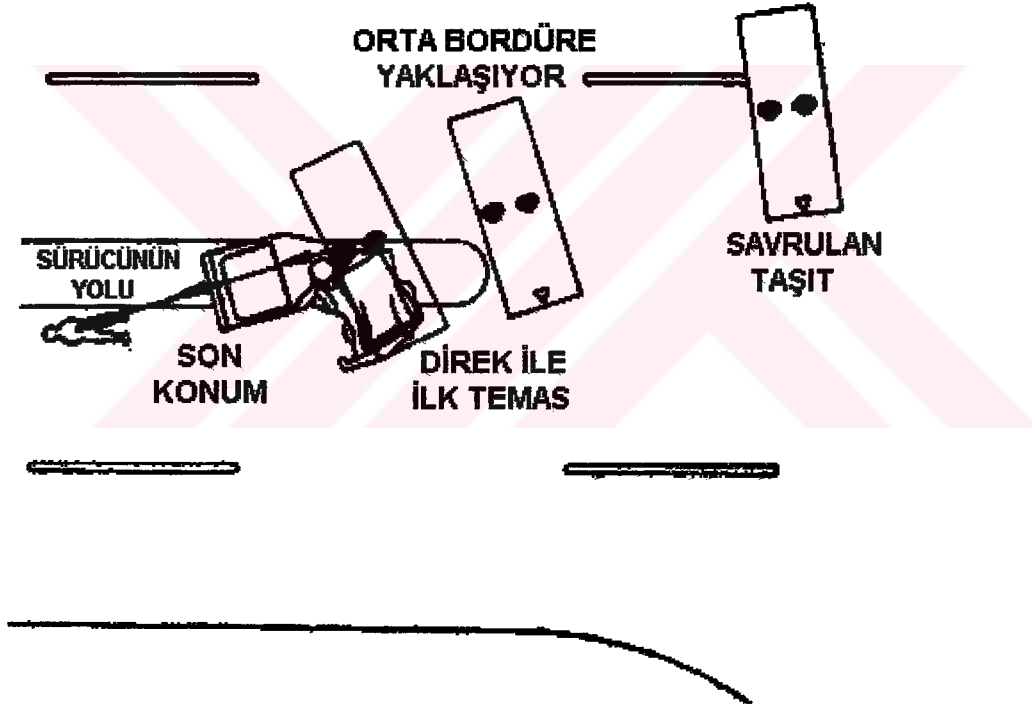
Şekil 6.23 Bu fotoğrafta taşıtın arka bölümü görülmektedir. Taşıtın arka kaputunun olmadığı görülmektedir.



Şekil 6.24 Bu fotoğrafta taşıtın iç kısmı görülmektedir. Direksiyon yukarı bükülmüştür.

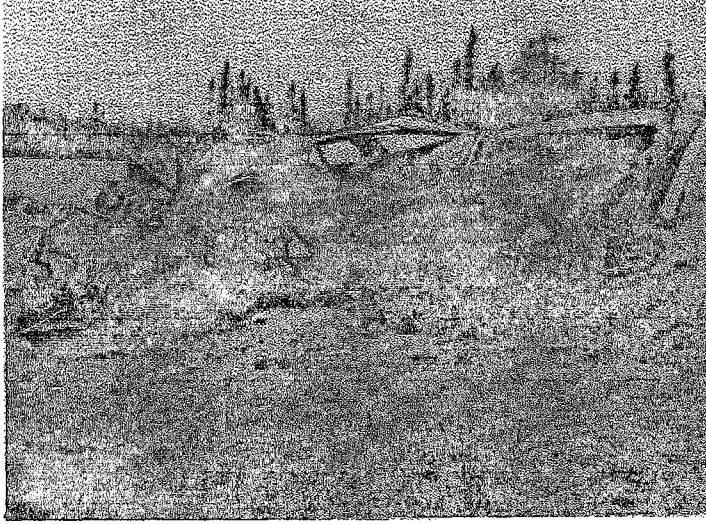


Şekil 6.25 Şekil 6.25A'da polis tarafından hazırlanmış kroki görülmektedir. Şekil 6.25B'deki krokide taşıtın şeklinin farklı olduğuna dikkat edilmelidir. Şekil 6.25B'deki kroki yalnızca fotografik verilerden hazırlanmıştır.

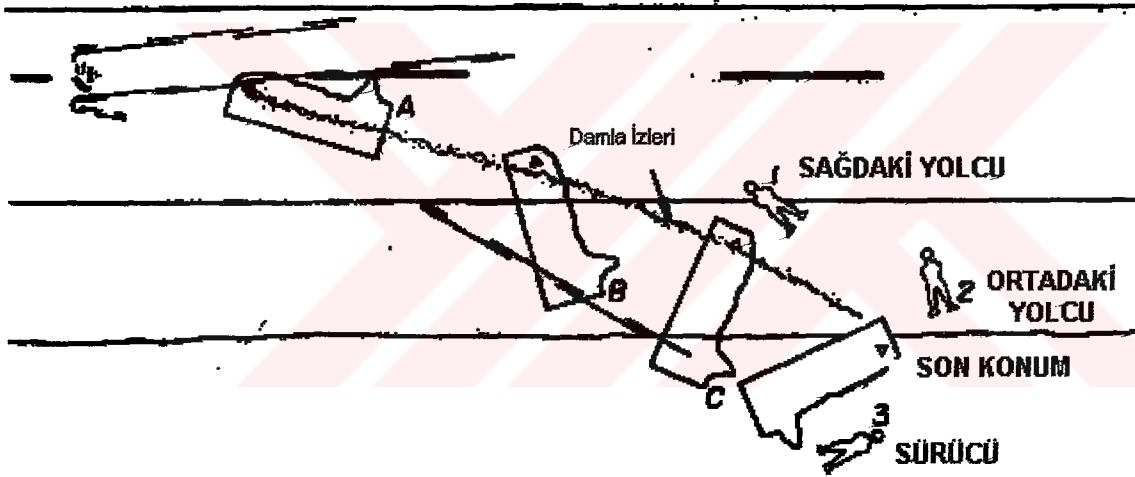


Şekil 6.26 Bu şekilde sürücünün taşıttan nasıl fırladığı görülmektedir. Sürücünün direkle çarpışma sonrasında yaklaşık olarak çarpışma öncesindeki yolunu izlediği görülmektedir. Taşıtta bulunan yolcu kapı ve direkle çarpışması nedeniyle hareketine devam edememektedir.

tarafından hazırlanan diyagramdan (Şekil 6.25A) bir miktar farklıdır. Polis raporunun diyagramından taşıtın direğe çarparken savrulduğu görülmektedir. Taşıt fotoğraflarının ve raporlarının incelenmesi birçok bilginin eksik olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.27 Taşıtın sağ kenarında oluşan hasar arabanın kenarını açmıştır, bundan dolayı da emniyet kemeri kullanmayan kişileri tutabilecek bir şey kalmamıştır.



Şekil 6.28 Şekil 6.27’de görülen taşıtın çarpışma sonrası hareketi gösterilmiştir. Ön koltuklarda bulunan kişiler artarda dışarı fırlayarak değişik yerlerde son konuma gelirler. Taşıttan son fırlayan kişinin çarpılan taşıta en yakın kişi olması beklenir.

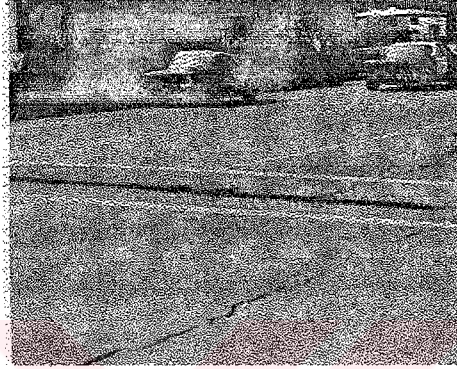
6.1.4 Devrilen taşıtlarda, taşıtta bulunan kişilerin hareketi

Devrilme durumlarında birçok sabit olmayan kişi bulunuyorsa, taşıtta bulunan kişilerin oturma konumlarının belirlenmesi çok daha zordur. Sağ veya sol kenarda bulunan kişilerin yerinden fırlaması benzer olacaktır. Çoğu durumda taşıtta bulunanlar ilk oturma konumlarından uzağa hareket etmezler. Olası kazalarda emniyet kemeri kullanmayan kişiler genelde taşıt dışında bulunmaktadır.

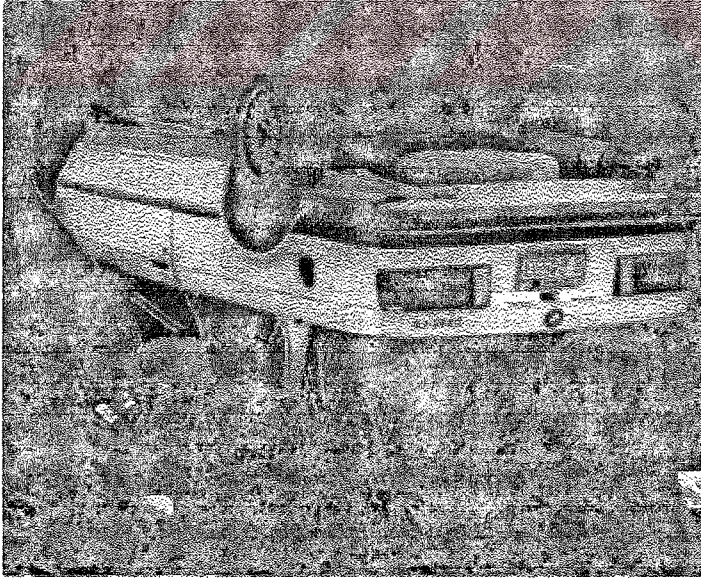
Şekil 6.29’da diğer bir taşıtla sağdan açık olarak çarpışma sonucunda devrilen bir araba görülmektedir. Sürücünün kafası sol yan camdan çıkmıştır. Taşıtın tavanı yere çarptığında

sürücünün kafası tavan ve yol arasında sıkışmıştır. Şekil 6.30'da savrulma sırasında yoldan çıkan ve devrilen bir taşıtın altında bulunan bir vücut görülmektedir.

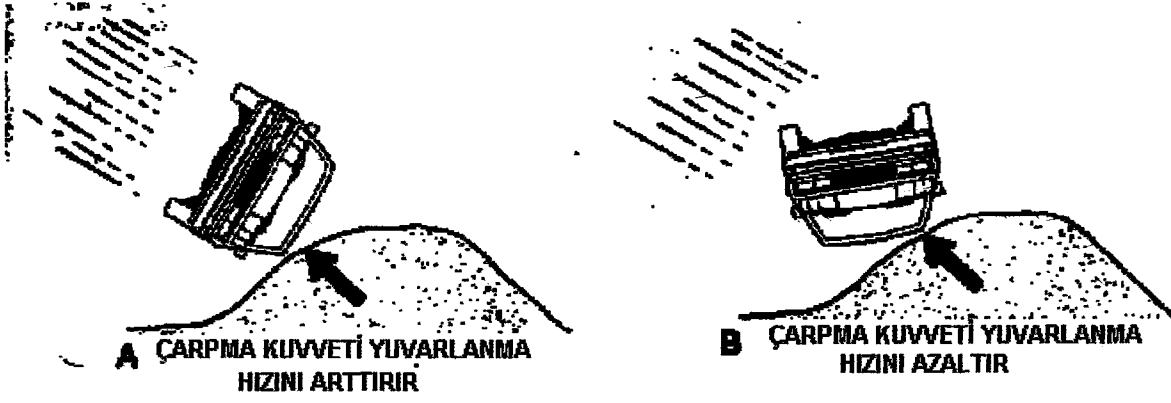
Devrilme durumunda taşıt içindeki kişilerin hareketinin belirlenmesi için kullanılan genel prosedür diğer durumlara aynıdır: taşıtın çarpışma sonucunda nasıl hareket ettiği belirlenmelidir. Daha sonra taşıtta bulunanların taşıta göre hareketi belirlenmelidir. Yaralanmalar ve taşıtın içindeki temas noktaları tesbit edilmelidir.



Şekil 6.29 Şekilde görülen taşıta arka yan tarafından çarpılmış ve taşıtın dönmesine neden olmuştur. Taşıt daha sonra yuvarlanmış ve tavanı üstüne düşmüştür. Tavan yolla temas ettiğinde sürücü kısmen sol yan pencereden kısmen dışarı çıkmıştır.



Şekil 6.30 Taşıttan dışarı çıkan gövde fotoğrafta gösterilmiştir. Bu kişi ters dönmüş taşıtın altında durmaktadır.



Şekil 6.31 Devrilen bir taşıtın değişik çarpma durumlarına göre hızının değişimi.

6.1.5 Emniyet kemerinin taşıtta bulunan kişilerin hareketleri ve yaralanmalar üzerindeki etkisi

Bir çarpışma sırasında emniyet kemeri kullanmayan kişilerin hızlarındaki değişim yaralanmalara neden olabilir. Taşıtın maruz kaldığı hız değişimi çarpışmanın koşullarına bağlıdır. Bu hız değişimi emniyet kemeri kullanmayan kişi ile taşıtın iç bölümleri arasında ikinci bir çarpışma olduğu anda neredeyse tamamlanmıştır. Taşıtın hız değişimi taşıt ve çarpılan nesne deforme olduğu için metre cinsinden ölçülebilecek bir mesafe süresince oluşur. Taşıtta bulunan, emniyet kemeri kullanmayan kişiler de kendisi ve çarptığı iç yüzey deforme olduğu süre boyunca aynı hız değişimine uğrar. Bu deformasyon genellikle santimetre cinsinden ölçülür. Taşıtta bulunan kişi hız değişimine çok kısa bir sürede uğrayacağından yaralanma olasılığı çok yüksektir. Eğer emniyet kemeri kullanılmışsa, bu taşıtta bulunan kişinin hızının taşıt hızı değişirken değişmesine neden olarak yavaşlama süresini uzatır ve yaralanma olasılığı azalır. Ek olarak emniyet kemeri taşıtta bulunan kişilerin taşıttan fırlamasını önler ve çarpışma kuvvetlerini vücuduna yayarak uygulayarak ciddi yaralanmaları önler.

6.2 Taşıt ve Yaya Kazalarının Analizi

Taşıt yaya kazaları genellikle yayalarda ciddi yaralanmalarla sonuçlanır. Yaya kazalarının analizinde cevapsız kalan konular:

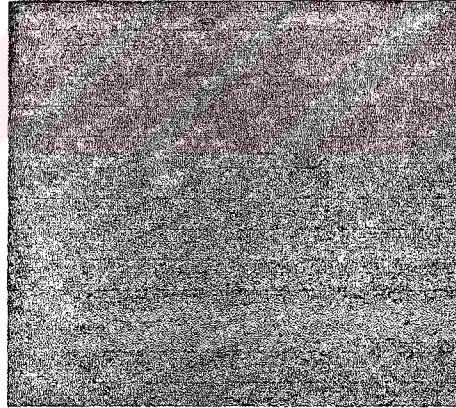
- İlk temas konumları,
- Taşıt hızı,
- Yaya kinematiki,

- Sürücü ve yaya stratejisi,
- Sürücü ve yaya taktikleri,
- Olası intihar veya adam öldürme.

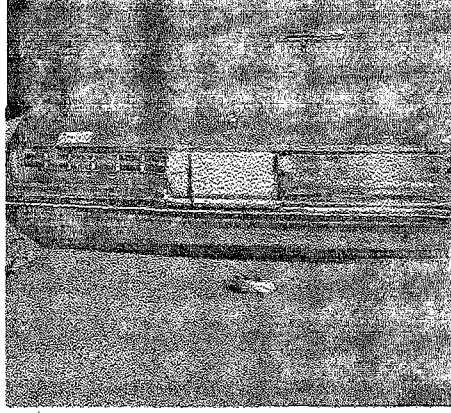
6.2.1 Yol, taşıt ve yaralanmalardan bilgi elde edilmesi

Herhangi bir trafik kazasının incelenmesinde olduğu gibi kazaya karışan taşıtlar ve yoldan birçok bilgi elde edilebilir. Buna ek olarak yaya kazalarında oluşan yaralanmalar da kazanın nasıl oluştuğuyla ilgili olarak yardımcı olabilir. Yaya taşıt kazalarında kaza anının belgelenmesi teknikleri herhangi bir trafik kazasıyla aynıdır.

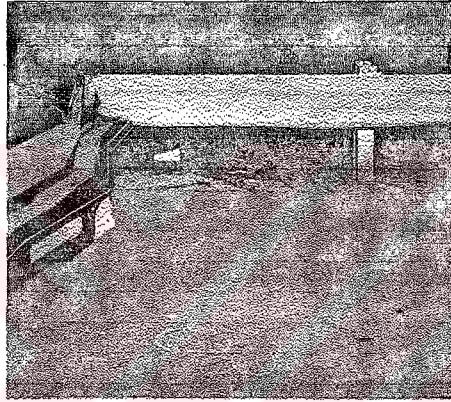
Taşıt yaya çarpışmalarının sonuçları kaza alanındaki ölçümler ve fotoğraflarla kayıta geçirilmelidir. Yaya kazalarında ilk temas konumlarına ait izler dikkatlice belirlenmelidir. Bu, genellikle, ayakkabıların sürtünme izleri, ayakkabının konumu, motorlu taşıtın lastik izlerindeki düzensizlikler veya taşıt ve yayaya ait enkazlardan belirlenebilir. İlk temasın en iyi belirtisi bir ayakkabının bıraktığı izdir.



Şekil 6.32 Belirgin bir sürtünme izi bazen bir ayakkabı tarafından oluşturulmuş olabilir.



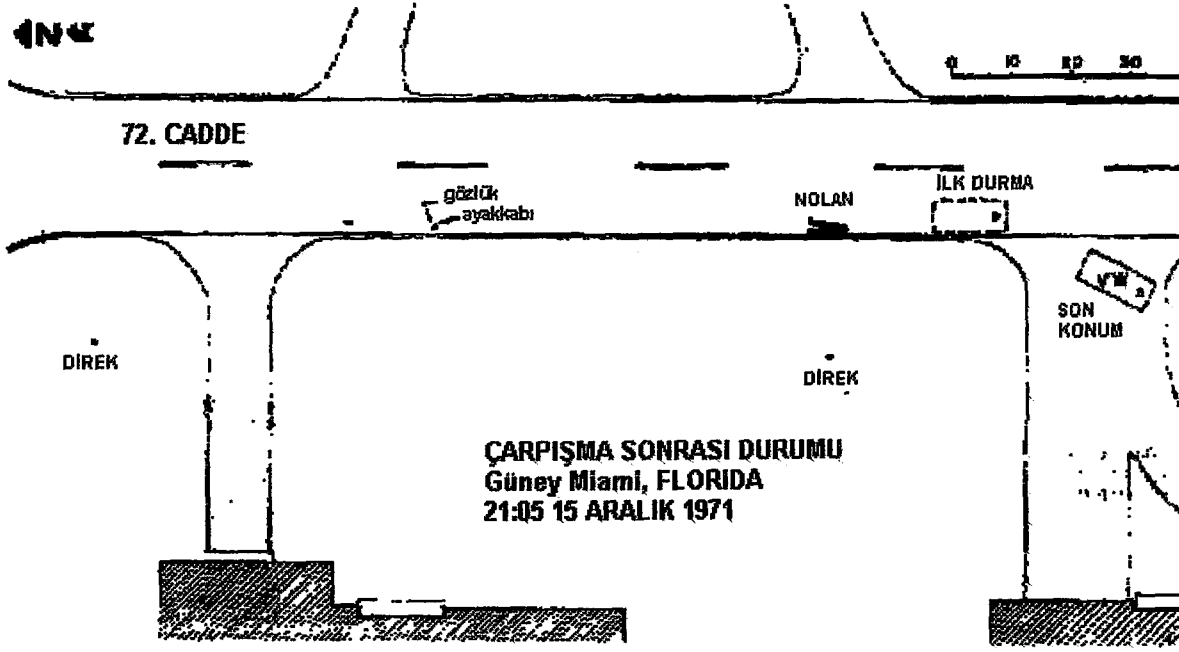
Şekil 6.33 Bir ayakkabının son konumu yayanın ilk temas konumunu belirtmeyebilir. Bu durumda kadının ayakkabısı ilk temastan kısa bir süre sonra ayağından çıkmıştır.



Şekil 6.34 Yaya ile çarpışma sonrası, taşıttan bir miktar enkaz bulunabilir.

Bir yaya kazasının dikkatlice gözönünde bulundurulması gereken diğer önemli bir ögesi yayanın taşıtla temas sonrasında yere ilk temas ettiği noktanın belirlenmesidir. Bu, sürat analizinde yardımcı olacaktır. Vücudun çarpışma sonrası yerde ilerlediği mesafenin belirlenebileceği durumlarda ilerleme mesafesi ölçülmeli ve yerle ilk temas noktası ve son konumu kroki üzerinde gösterilmelidir.

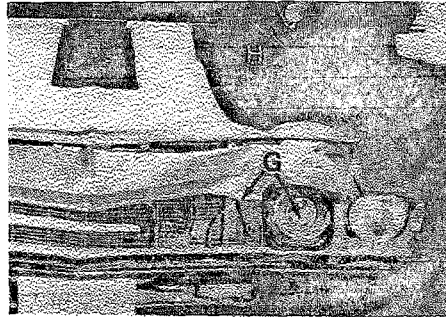
Yaya ile çarpışma sırasında taşıtta oluşan hasar oldukça azdır. Bazı durumlarda, hasarı bulabilmek amacıyla, oldukça dikkatli bir inceleme yapılmalıdır. Yayalarda oluşan yaralanmalardan her zaman için uygun bilgi elde edilemez. Yaya yaralanmaları yalnızca taşıtla çarpışma sonucu oluşmayabilir. Eğer vücut düşer veya bir miktar sürüklenirse bazı yaralanmalar taşıtla çarpışma sonrası yol ile temas nedeniyle oluşabilir.



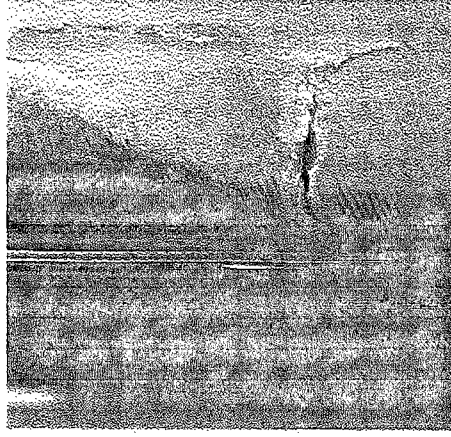
Şekil 6.35 Kazanın bütün sonuçları gövde ve taşıtın son konumları gibi ölçümlerle belirlenmelidir. Böylece ölçekli kroki hazırlanabilir.



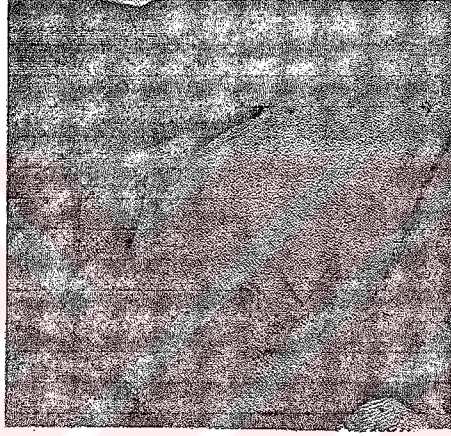
Şekil 6.36 Bir yaya kazasında taşıtta oluşan hasar oldukça az olabilir.



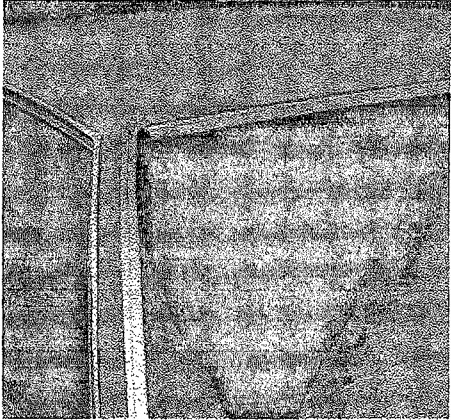
Şekil 6.37 Taşıtta oluşan hasar fazla da olabilir.



Şekil 6.38 Bazı durumlarda yayanın giyeceğinin izi taşıt üzerinde belirgin olabilir.



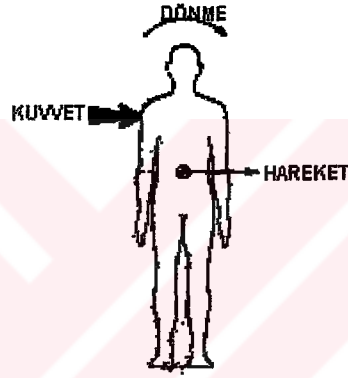
Şekil 6.39 Şekil 6.38'deki taşıtta bulunan izleri oluşturan kot pantolon fotoğrafta görülmektedir.



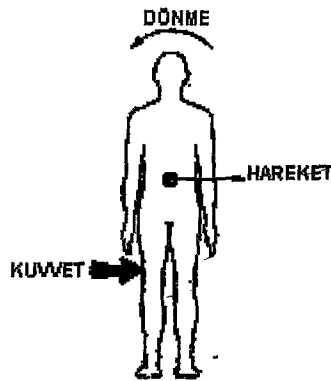
Şekil 6.40 Eğer uygun koşullar oluşursa yayanın vücudu ön cama çarparak camı kırabilir. Bunun için oldukça yüksek hız gerekir.



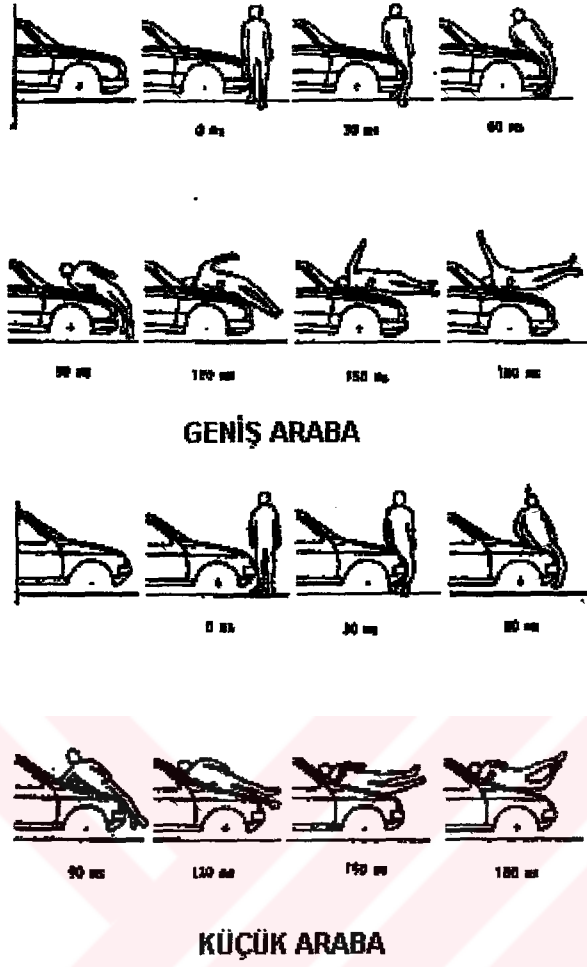
Şekil 6.41 Bu arazi taşıtının sağ yanında çamurluğunda ve motor kapağında hasar vardır. Taşıtta diğer hasar çok azdır.



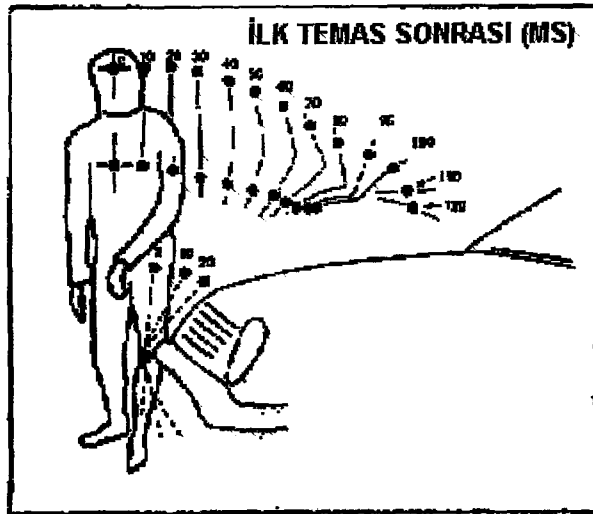
Şekil 6.42 Eğer vücuda uygulanan çarpışma kuvveti kütle merkezinin üstündeyse vücut şekilde gösterildiği gibi dönecektir.



Şekil 6.43 Eğer vücuda uygulanan çarpışma kuvveti kütle merkezinin altındaysa vücut şekilde gösterildiği gibi dönecektir.

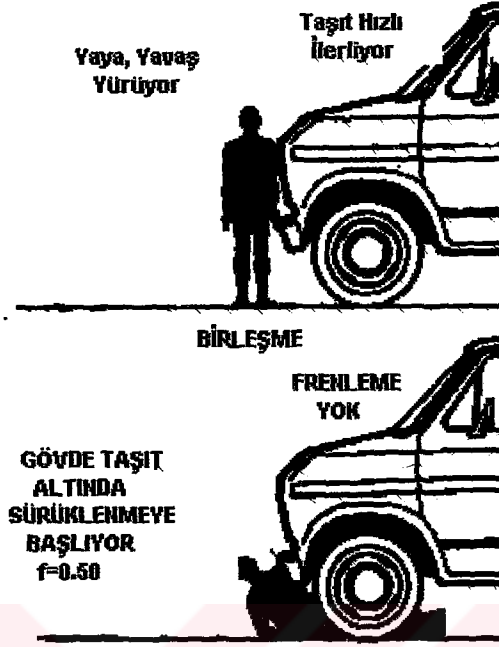


Şekil 6.44 Küçük ve büyük bir taşıt tarafından 32 km/h hızla çarpılan geniş kadvralar görülmektedir.

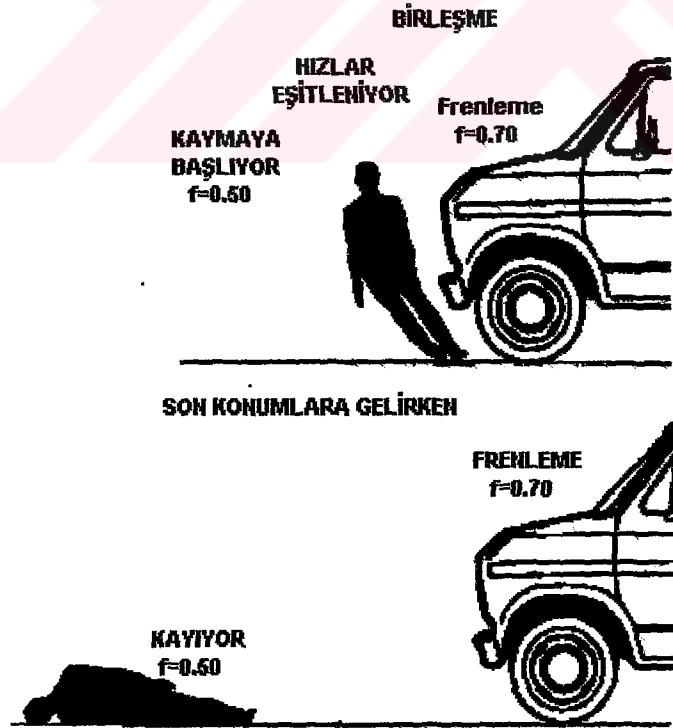


Şekil 6.45 Küçük bir araba tarafından 42 km/h hızla çarpılan geniş bir kadvra görülmektedir.

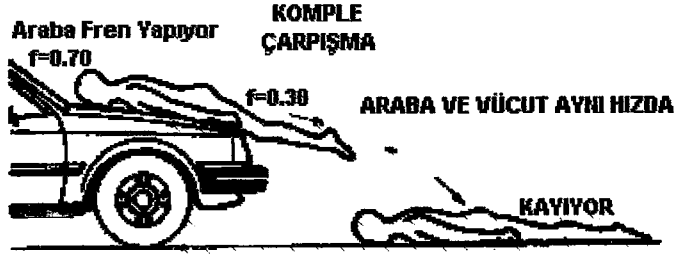
İLK TEMAS KONUMLARI



Şekil 6.46 Kütle merkezinin üzerinden çarpılan ve gövdesinin üst kısmının yola doğru dönmesine neden olunan küçük bir yaya görülmektedir.



Şekil 6.47 İlk temas anında taşıtın frenleri uygulanmış ve durana kadar frenler uygulanmaya devam etmiştir. Yaya üzerinde etkiyen kuvvet kütle merkezine yakındır ve ilk temas anında taşıtla aynı hıza erişir. Maksimum temastan hemen sonra gövde hemen yavaşlamaya başlamayacağından ve uygulanan kuvvet bağlantı katsayısı taşıtinkinden az olduğundan yayanın gövdesi taşıtın önünde olacaktır.



Şekil 6.48 Şekilde taşıtın üstünde bir yaya görülmektedir. Yaya ve taşıt aynı hıza eriştiğinden dolayı bu bir komple çarpışmadır. Eğer taşıt gövde ile taşıtın kaportası arasındaki sürtünme katsayısından daha yüksek bir kuvvet bağlantı katsayısıyla frenleme yaparsa yaya şekilde görüldüğü gibi arabanın üstünden aşağı doğru kayacaktır.



Şekil 6.49 Gövde ve araba arasındaki çarpışma tam değildir, çünkü çarpışan yüzeyler hiçbir zaman aynı hıza erişmemektedirler. Araba yayayı ikiye ayırmaktadır.

6.2.2 Taşıt yaya kazalarında taşıt hızının belirlenmesi

Yaya kazalarına karışan taşıtların hızlarının belirlenmesi oldukça zordur. Çarpışmanın hangi noktada oluştuğu gibi önemli bilgiler elde edilemeyebilir. Yayanın çarpışma sonrası yerde kaydığı mesafenin belirlenmesi güçtür. Çoğu kez yaya kazalarına karışan taşıtlar iz bırakmazlar. Aynı zamanda ABS fren sistemlerinin kullanımının yaygınlaşması sonucunda yolda bulunan izlerden taşıtın frenleme şiddeti belirlenemez.

Yayanın yol yüzeyinde kayma mesafesi biliniyorsa, yayanın kazandığı hız hesaplanabilir. B hız her zaman için yaklaşık olarak taşıt hızından düşüktür. Çoğu durumda taşıt yaya çarpışmaları merkezci değildir. Bu durumlarda yayanın gövdesi çarpışma sonucunda döner ve taşıt ile aynı hıza ulaşır. Yayanın gövdesinin kayma mesafesi biliniyorsa, yayanın çarpışma sonrası hızı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir:

$$v_i = \sqrt{v_e^2 - 2ad} \quad (3.35)$$

Gövde sürüklenme sonucunda durma konumuna gelmişse, $v_e=0$ 'dır. Hızlanma, a , gövde yavaşladığından dolayı “-” değerlidir. Hızlanma, kuvvet bağlantı faktörünün yerçekimi ivmesiyle çarpılması sonucunda hesaplanır. Yayalar için farklı yüzeyler üzerindeki kuvvet bağlantı faktörleri;

- çim yüzeyde: 0.45 - 0.70,
- asfaltta: 0.45 - 0.60,
- betonda: 0.40 - 0.65'tir.

6.2.2.1 Takla atma denklemi kullanılarak taşıt hızının belirlenmesi

Taşıtın hızının belirlenmesi amacıyla yayaya genellikle takla atma denklemi uygulanır, ancak bu yöntem, basitleştirme amacıyla çok fazla kabul yapıldığından dolayı, kabul edilebilir sonuçlar ortaya koymaz. Kabullerde yapılabilecek muhtemel hatalar:

- yayanın gövdesinin yerden havalanma açısının belirgin olmaması,
- gövdenin yere göre taşıttan ayrıldığı noktanın belirli olmaması,
- yayanın yere düştüğü noktanın belirli olmamasıdır.

Bazı durumlarda gövdenin son konumu yere ilk temas noktası olarak kabul edilir. Yatay mesafe bu konuma bağlı olarak elde edilir.

Belirli durumlarda takla atma denkleminin kullanılması uygun olabilir, ancak kabullerin doğru olarak yapılması gerekir.

6.2.2.2 Düşme Denklemi Kullanılarak Taşıt Hızının Belirlenmesi

Eğer bir taşıt yaya çarpışması Şekil 6.50'de görüldüğü gibi komple çarpışma şeklinde, merkezci ise çok kısa bir mesafede yayanın gövdesi taşıt ile aynı hıza ulaşacaktır. Yayanın gövdesi ve taşıt aynı hıza ulaştığında birbirleri arasındaki kuvvet sıfır olur ve gövde yere doğru düşer. Yayanın ayakbaşı ve yer arasındaki sürtünme gövdeye dönme momenti uygular.

Şekil 6.50'de belirtilen durumda taşıt, hızının herhangi bir düşey bileşenini gövdeye iletmez. Bundan dolayı gövde, taşıttan ayrılmadan önce yalnızca yatay yönde harekete sahiptir.

Collins ilk temas ve yayanın son konumunun bilindiği, ilk düşme konumunun bilinmediği durumlarda taşıtın ilk hızının belirlenebilmesi amacıyla yukarıda anlatılan durumu düşme denklemi ve kayarak durma denklemine uygulamıştır.

İki bilinmeyenli iki denklem olduğundan taşıtın ilk hızının belirlenmesi yinelemeden yapılabilecektir.

İlk temas noktasından durma konumuna kadar toplam mesafe:

$$d = d_s + d_f$$

İki hız denklemi eşitlenerek ve yukarıdaki denklem kullanılarak d_f çözülebilir. İlk temas noktasında taşıt hızının belirlenebilmesi için genel denklemler:

Böyle bir durumda takip edilebilecek prosedürde ilk olarak düşme mesafesi hesaplanmalı ve daha sonra her iki denklemden biri kullanılarak hız hesaplanmalıdır.

Daha önceki denklemler kullanılmadan önce dikkatlice incelenmesi gerekiyordu. Vücut hareketine bağlı olarak daha önce söylenenler anımsanmalıdır. Vücut taşıt hızına erişmiştir. Çarpışma sonrası taşıtın hızı sadece yataydır. Bunun için Şekil 6.50'de belirtildiği gibi bir durum oluşması gerekir. Çoğu durum bu tarzda olmayacaktır.

Vücuttaki hızlanmadan dolayı vücut ve taşıt arasında büyük bir kuvvet oluşur. Hızlanma süreleri çok kısadır. Vücut üzerinde etkiyen kuvvet merkezidir ve bu yüzden de çarpışma sonucunda dönmez. Yaya taşıtın hızını kazandığında yayanın hızlanması biter ve yaya ile taşıt arasındaki kuvvet sıfır olur.

Eğer taşıt yavaşlarsa hareketine etkiyen tek kuvvet hava direnci olacağından sabit hızla ileri hareketine devam eder. Taşıtla arasındaki sürtünmeyle desteklenmediğinden yaya düşmeye başlar. Yayanın ayağı yolda sürüklenmeye başlar ve vücut ileri harekete devam eder. Ayağın sürüklenmesi sonucu vücudun enlemesine dönmesine neden olur. Vücut taşıtın çarptığı tarafının ters yönünden yola çarpar.

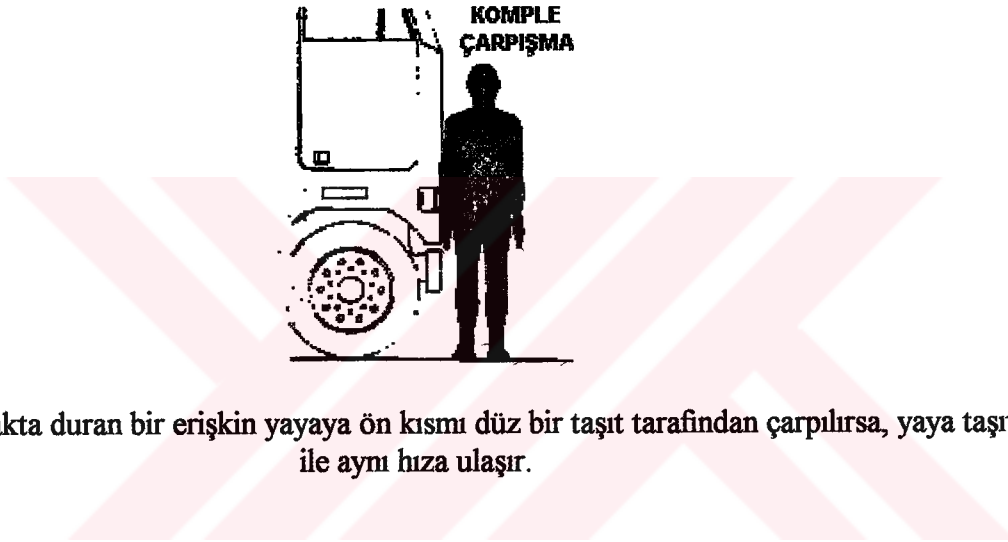
Çarpışma öncesi yayanın taşıtın önündeki herhangi bir hareketi taşıt ve yaya arasındaki büyük sürtünme kuvvetleri tarafından çarpışmaya etkiler. Eğer çarpışma sırasında taşıtın ön tekerleri kayıyorsa yayanın diklemesine hareketi kayan lastiklerin bir miktar yana doğru kaymasına ve kayma izlerinde düzensizliğe neden olur. Bu düzensizlik ilk temas esnasında taşıtın konumunun en iyi göstergesidir.

Yukarıda düzenlenen denklemlerde yayanın yol yüzeyine çarpıp kaymaya başlayana kadar tamamen havada olduğu gözönüne alınmıştır. Daha önce belirtildiği gibi vücut ileri doğru hareket kazanır. Ancak o anda yayanın ağırlığının çok küçük bir kısmı ayakları üstündedir. Ayağın sürtünmesi sonucu düşme mesafesi kısalırsa kayma mesafesi artar. Ama bu sefer de hesaplanan kayma mesafesi gerçekleşenden daha kısadır.

Pratikte vücudun son konumunun yerleştirilmesi çok basittir ancak yayaya çarpılan yerin belirlenmesi zordur. Kan veya vücut dokusu çok ender olarak o noktada bulunur.

Ayakkabıların sürtme izleri olabilir ancak belirlenmesi zordur.

Eğer taşıt yayaya çarptığı anda yavaşlamıyorsa vücut taşıtın hızına ulaştığında taşıt ve vücut arasındaki kuvvet sıfır olur. İkisi birbirinden ayrılmaz ama birlikte ilerlemeye devam eder. Aralarındaki basıncın azalmasıyla vücut taşıtın önünde yere düşer. Yol sürtünmesi vücudu yavaşlatır ama taşıt ilerlemeye devam eder ve vücudun üzerinden geçer. Bu durumda yayanın düşmesiyle taşıt hızı belirlenemez. Eğer yayaya etkiyen kuvvet yayanın kütle merkezinin altındaysa çarpışma genellikle tam değildir. Yaya taşıtın üstüne gider ve taşıtın üstünden geçer. Yayanın kayması taşıtın hızının ancak bir miktarının belirlenmesini sağlar.



Şekil 6.50 Ayakta duran bir erişkin yayaya ön kısmı düz bir taşıt tarafından çarpılırsa, yaya taşıt ile aynı hıza ulaşır.

6.3 Yaya Davranışları

Yaya davranışları, yayanın, hangi yönden yürüyeceği, kaldırım veya yoldan yürüyeceği, açık veya koyu renk giyineceği, yaya geçidi veya trafik ışıklarından geçeceği gibi seçeneklerle yayanın tehlikeyi sezdikten sonraki kararlarıyla (Caddeyi geçmeye devam etmek veya beklemek, yürümek yerine koşmak gibi seçenekleri içerir.) ilgilidir. Yaya davranışları yayanın yolculuğunun başarılı bir şekilde tamamlanıp tamamlanmayacağı konusunda etkilidir. Hatalı bir davranış genellikle bir trafik kazasının temel etkenidir.

Çoğu durumda kazayı önleme açısından sürücüye oranla daha fazla seçeneğe sahiptir. Bunun nedenleri oldukça belirgindir. Hemen hemen bütün durumlarda taşıt yayaya oranla daha yüksek bir hızla ilerliyordur. Küçük bir taşıtı dahi durdurmak yayanın ileri hareketini durduraktan çok daha zordur. Aynı zamanda yaya çok daha küçük olduğundan çok fazla ilerlemesi gerekmeyecektir. Normal olarak bir yaya taşıtı çok daha uzak bir mesafeden görebilir.

Burada yaya davranışları ile ilgili iki alana değinilecektir. İlki yürüme hızıdır. Çoğu trafik kazasında yaya davranışları değerlendirilmekte ve yürüme hızı için de tahmini bir değer kullanılmaktadır. Olası kazalarda yayanın doğru ilerleme hızını belirlemek zordur. İkincisi yaya görünebilirliğidir: bir taşıtın sürücüsü için yayanın mümkün olan ve kavranabilen görünebilirliği.

6.3.1 Yaya yürüme hızı

Yayaların ortalama yürüme hızları 0.76 ile 1.83 m/sn arasında değişmektedir. Normal yaya hızı 1.22 m/sn.'dir.

Olası bir kazada eğer zaman ve mesafe hesaplamaları yapılıyorsa, bir yaya yürüme hızı seçilmesi genellikle zordur. Bur dizi yürüme hızının gözönünde bulundurulması gerekebilir.

6.3.2 Yayanın Gece Görünebilirliği

Yayanın gece sürücüler tarafından görünebilirliği çeşitli faktörlere bağlıdır. Açık renk giysiler yayanın görülebilmesini sağlar. Giyeceklerin üzerinde bulunan yansıtıcılar görünebilirliği arttırabilir. Cadde ışıklandırmasının tipi de yayanın görünebilirliğini arttırabilir.

Yaya kazalarında gece kaza bölgesine gidilerek yayanın ne kadar iyi görülebildiğinin belirlenmesi yararlıdır.

7. SONUÇLAR

Düşünceler veya sonuçlar kaza analizinin ürünüdür. Direkt izlenimleri ait raporların mevcut olduğu durumlarda kazanın yeniden oluşturulması gerekmez. Olayla ilgili tanıklar yoksa, kazanın, sonuçlarına, yoldaki izler ve taşıtlardaki hasarlara, bağlı olarak yeniden oluşturularak, analiz edilmesi sonucunda kazanın oluşumuyla ilgili olarak yararlı sonuçlar elde edilebilir.

İki veya daha fazla görgü tanığı izlenimlerinde ciddi bir farklılık gösterirse hangisinin beyanının doğru olduğunun belirlenmesinde kazanın analizinin gerçekleştirilmesi yardımcı olacaktır.

Görgü tanığının söylemlerinin, izlenimlerinden farklı olarak, düşünceleri veya inançlarını yansıttığı düşünülüyorsa, eldeki gerçek bilgiler doğrultusunda analizin gerçekleştirilmesiyle görgü tanığının söylemleri sağlamaştırılır veya çürütülür.

Her zaman hatırlanmalıdır ki, analiz sonuçları düşüncelerden ibarettir. Herhangi bir sonuç gibi az veya çok hassastır ve analizin dayanağını oluşturan bilgilere, analizi kimin gerçekleştirdiğine ve gerçekleştirildiği koşullara bağlı olarak az veya çok güvenilirdir.

Analizlerde oluşan hataların bulunması genellikle pek kolay bir işlem değildir. Bazı çok belirgin yanlışlar kolay fark edilmesine rağmen genelde verilen kararın ne yönden hatalı olduğunun tesbiti zor bir olaydır.

Bir görüşün değerlendirilmesi hatanın ortaya çıkmasına yardımcı olur. Oluşabilecek bazı tehlikeli durumların önceden belirlenmesiyle kaza analizi sırasında oluşabilecek bazı hatalar da önlenmiş olur. Analize direkt sonuçtan başlamak, kaza analizlerinde yapılabilecek en genel hatadır. Çünkü bu şekilde denetimi yapan kişi olaya kesin yargılı bir çözüm getirmiş olur. Bunlar:

- Bir kişinin sonuç üzerinde ısrarcı olması ve bunun da analizi gerçekleştiren kişinin aklında yer etmesi. Bu olay 'hazırlanmış teorinin kabul edilmesi' olarak adlandırılır.

- Tüm bilgilerin elde edilmesinden önce, araştırmacının kafasından tahminlerde bulunması ve kendince mantıklı bir açıklama getirmeye çalışması. Bu olay 'direkt sonuca gitmek' olarak adlandırılır.

- Araştırmacının zihnini araştırmaya kapayabilecek bazı ezbere fikirler üretmesiyle olabilir. Örnek olarak; bu kişi ani fren yapmanın arabanın kontrolden çıkmasına yol açacağını bilmektedir veya aracın ani fren sonucu yana savrulacağını ve bu yüzden çarpışmaya neden

olabileceğini duymuştur.

Bunlar bazen doğru olan belirli örneklerdir ama buradaki tehlike bu tür örneklerin her zaman doğru olamayacağı konusudur.

- Önyargı bazen yanlış sonuçlar doğurabilmektedir. Mesela; denetimi yapan kişinin uzun saçlı erkeklere veya spor arabalara karşı önyargısı olabilir. Bu tür durumlar insanların olaylara objektif bakmalarını ve işlerini profesyonelce yapmalarını engellemektedir. Bu tür durumların oluşması sonucunda araştırma ve kontrol durur. Olay çözümlenmiştir ve daha fazla bilgi toplanmasına da gerek yoktur. Böylece denetimi yapan kişi sadece kendi gerçeklerini kabul etmiştir. Bunu yapmak aslında çok kolaydır, zor olan şey bundan sonra asıl gerçek olanın bulunabilmesidir. Fakat yine de olaya sonuçtan yaklaşım her zaman böyle yanlış sonuçlar doğurmaz. Bazen çok daha farklı ihtimaller bulmanızı sağlarlar. Ama böyle bir durumda zaten ele alınan şey bir sonuç değil bir varsayım olur. Ve ancak bu varsayımın değerlendirilmesiyle sonuç elde edilir ki, doğru olan prosedür de budur. Bir başka tehlike ise bir gerçekle bir görüşün ayırt edilebilmesidir. Pek çok kez gerçek olduğuna inanılan bulguların incelenmesi sonucu varsayımdan öteye gidemediği görülmüştür. Bir başkasından olayın nasıl olduğunu açıklamasını beklemek; bazen bir müfettiş, doğru soruları sorduğu zaman olayla ilgili gerekli bilgiyi alabileceğini düşünür. Hatta bazen sorduğu sorularla olayı anlatan kişinin fikirlerini de yönlendirebilir ve böylece beklediği cevabı almış olmak gerçeği yansıtmasa da sorgulamayı yapan kişi için tatmin edici olur. Hatalı yorumların veya açıklamaların yapılması da bazen analizin yanlış olmasına sebep olurlar. Bazı hesaplamaların yanlış yapılması da komik sonuçlar doğurabilmektedir. Eğer yoldaki sürtünme katsayısı 0.80 ise bu aracın kaza sonrası 0.80 lik bir katsayıyla sürüklenerek yavaşladığını göstermez. Bu genelde çok yapılan bir hatadır. Bu yüzden analizi yapan kişinin hassas sonuçlar elde edebilmesi için değer sıralaması kullanması gereklidir. Uygulanacak bilimin yanlış kullanılması ise genellikle az yapılan bir hatadır. Deneyimle üstesinden gelinebilecek bir konudur ve en çok yapılan hata hızın eklenmesi konusundadır. Örneğin; bir araba önce sert bir zeminde kayar, sonra çakıl bir bankette kayar ve son olarak da çimende kayar. Pek çok insan durma hızını hesaplayabilmek için bu üç ortamdakini basitçe toplamaktadır. Bu yanlıştır.

Belirsiz durumların oluşması ise olay yerinde yeterli bilginin toplanmaması sonucu ortaya çıkar. Kaza yerinde yeterli bilginin toplanmaması, sonradan elde edilemeyecek bazı bilgilere ulaşamaması yüzünden olayın belirsizlik içinde kalarak taraflardan herhangi birinin

mağduriyetine ve adaletin tecelli etmemesine neden olur. Özellikle oluşla ilgili teknik arıza ihtimalini geçerli kılacak beyanlar mevcutsa (aniden taşıttan ses gelmesi, fren tutmaması, v.b.) isabetli analiz ve sonuca varma yönünden, söz konusu taşıt üzerinde, özellikle: fren sistemi, direksiyon, güç iletim sistemi ve teker bağlantılarında, uzman kişiler tarafından ayrıntılı tesbitlerin yapılması gerekir.



KAYNAKLAR

Fricke, B.L. (1990), Traffic Accident Reconstruction, Northwestern University Traffic Institute, Evanston

Rivers, R.W. (1997), Technical Traffic Accident Investigators' Handbook, Charles C Thomas Publisher, Ltd., Illionis

Bebek, G., (1997), Kaza esnasında taşıtta meydana gelen deformasyon ve bunun yolcuya olan etkisinin etüdü, alınabilecek önlemler, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	12.11.1973	
Doğum yeri	İzmit	
Lise	1984-1991	Özel Kültür Lisesi
Lisans	1991-1996	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1996-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, Enerji Makinaları Programı
Çalıştığı Kurum		
	1996-Devam ediyor	OPTET MAKİNA Ölçüm ve Çizim Sistemleri