

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
AFYONKARAHİSAR**

**YOL GEOMETRİK STANDARTLARININ
TRAFİK KAZALARINA ETKİSİ
AFYONKARAHİSAR ÖRNEĞİ**

Umut TUNCEL

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA**

**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

EYLÜL 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
RESİMLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1 Trafik	3
2.2 Trafik Kazaları ve Nedenleri	4
2.2.1 Sürücü Kusurları	6
2.2.2 Araç Kusurları	6
2.2.3 Çevre Koşulları	7
2.2.3.1 Hava Şartları	7
2.2.3.2 Yol Yüzeyinin Etkisi	7
2.2.3.3 Trafik İşaretleri ve Sinyalizasyon Yetersizliği	8
2.2.3.4 Yol Geometrisinin Etkisi	8
2.3 GPS İle Konum Belirleme	11

2.3.1 Gerçek Zamanlı Kinematik	13
2.3.2 Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Ağları	14
2.3.3 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı	14
2.4 İvme ve İvme Sensörü	15
2.4.1 İvme	15
2.4.2 İvme Ölçer Sensörler	16
2.4.2.1 Piezoelektrik İvme Ölçer	16
2.4.2.2 Kapasitif İvme Ölçer	17
2.4.2.3 İvmeölçer Sensörde Tespit Edilen Değerler	17
3. MATERYAL VE METOT	20
4. BULGULAR	26
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	33
6.KAYNAKLAR	35
6.1 İnternet Kaynakları	36
ÖZGEÇMİŞ	37

ÖZET

YOL GEOMETRİK STANDARTININ TRAFİK KAZALARINA ETKİSİ AFYONKARAHİSAR ÖRNEĞİ

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi Ve Fotogrametri Mühendisliği

Yüksek Lisans Tezi

Umut TUNCEL

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA

Ülkemizde, ulaştırma faaliyetleri içinde yer alan yük ve insan taşımacılığının büyük bir bölümünün karayolları ile yapılması trafikte yoğunluğa yol açmaktadır. Buna bağlı olarak da çeşitli sebeplerden dolayı trafik kazaları meydana gelmektedir. Bu kaza sebepleri analiz edildiğinde yoldan kaynaklanan kazaların Avrupa ülkelerinin çok altında kaldığı görülmektedir. Bu durum, yoldan kaynaklanan trafik kazalarının araştırılması için yeni yöntemlerin belirlenmesini gerekli hale getirmektedir.

Bu çalışmada belirlenen bir yol güzergahında konum bilgileri ve ivme değerleri eş zamanlı tespit edilerek, kurblarda yol konforunu etkileyen merkezkaç kuvvetinden dolayı oluşan yanal ivmenin etkileri ölçüm yapılan kısımlarda analiz edilmeye çalışılmıştır.

2010, 37 sayfa

Anahtar Kelimeler : Trafik Kazaları, Yol Geometrisi, GPS, İvme Ölçer, İvme

ABSTRACT

THE AFFECT OF ROAD GEOMETRICAL STANDARD TO THE TRAFFIC ACCIDENTS: AFYONKARAHİSAR CASE STUDY

Afyon Kocatepe University
Institute of Natural and Applied Sciences
Geodesy and Photogrammetry Engineering

Master of Science Thesis

Umut TUNCEL

Supervisor
Assist. Prof. Dr. Tamer BAYBURA

Freight and human carrying within the transportation activities by mostly highways leads to a traffic density in our country. Accordingly, traffic accidents occur due to various reasons. It is seen that accidents caused by roads remained well below the European countries when analyzing the reasons of accidents. Therefore, it is necessary to investigate new methods for the determination of the traffic accidents which are caused by roads.

In this study, location data and acceleration values which was simultaneously determined in a selected road route, the effects of lateral acceleration caused by centrifugal force which affects road comfort in curves were analyzed in surveyed sections.

2010, 37 sayfa

Keywords : Traffic Accidents, Road Geometry, GPS, Accelerometer, Acceleration

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada beni yönlendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA'ya ve desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Ali Kazım TELLİ'ye en içten duygularımla teşekkür ederim.

Umut TUNCEL

AFYONKARAHİSAR, Eylül 2010

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

V	Hız
R	Yarıçap
y	Yanal İvme
p	Kütle

2. Kısaltmalar

GPS	Global Positioning System
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı
CORS	Continuously Operating Reference Stations
TCK	Türkiye Cumhuriyeti Karayolları

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: X yönünde ivmenin kütleye etkisi	18
Şekil 2.2: Y yönünde ivmenin kütleye etkisi	18
Şekil 2.3: Z yönünde ivmenin kütleye etkisi	19
Şekil 3.1 Ölçüm yapılan Afyonkarahisar-İzmir Karayolu	24
Şekil 4.1: Güzergahtaki Y Yönlü İvme Değişim Hareketleri (70 km/h).	26
Şekil 4.2:Güzergahtaki Y Yönlü İvme Değişim Hareketleri (70 km/h).	28
Şekil 4.3: İvme değerlerinin yüksek çıktığı 3. Kurb.	28
Şekil 4.4:Güzergahtaki Y Yönlü İvme Değişim Hareketleri (50 km/h).	29
Şekil 4.5:Güzergahtaki Y Yönlü İvme Değişim Hareketleri (50 km/h).	29
Şekil 4.6:70 km/h ve 50 km/h hızlarda İvme Hareketinin Karşılaştırılması.	30

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa No
Resim 2.1: İvme Sensörü	17
Resim 3.1: GPS ve İvme ölçerin monte edildiği düzenek	20
Resim 3.2: Düzeneğin aracın üzerine monte edilmesi	21
Resim 3.3: Çalışmada Kullanılan Araçtan Bir Görüntü	21
Resim 3.4: İvme Ölçerin Araç İçinde Bağlantısının Yapıldığı Bilgisayar.	22
Resim 3.5: RTK CORS Kontrol Üniteleri	23
Resim 4.1: Üçüncü Kurb Üzerinde Hasar Görmüş Bariyerler	31
Resim 4.2. Üçüncü Kurb Üzerinde Fren İzleri	31

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1:Asgari yatay kurb yarıçapları (m) için İsveç'te ve Türkiye'de öngörülen gerekliliklerin karşılaştırılması (Sweroad 2000)	9
Çizelge 2.2:Asgari düşey tepe kurbu yarıçapları (m) için İsveç'te ve Türkiye'de öngörülen gerekliliklerin karşılaştırılması(Sweroad 2000)	10
Çizelge 2.3:Asgari dere tipi düşey kurb yarıçapları (m) için İsveç'te ve Türkiye'de öngörülen gerekliliklerin karşılaştırılması(Sweroad 2000)	10
Çizelge4.1: 70 km/h Hızda Y Yönünde Tespit Edilen Ortalama İvme Verisi	27

1.GİRİŞ

Ulaşım; canlı cansız her şeyin insanın istek ve çıkarı doğrultusunda yer değiştirme eylemine denir(Müler 1984). Bu tanımdan yola çıkarak, kara, demir, hava, deniz yolları ve enerji, su, telefon vb. altyapı tesislerinin oluşturduğu yapı ve ulaşım araçlarının, ulaştırmanın bir parçası olduğunu görürüz.

Ülkemizde ulaştırmayı genel olarak taşımacılık faaliyetleri kapsamında değerlendirdiğimizde hiç şüphe yok ki bunun birinci sırasında karayolları taşımacılığı gelmektedir. Ülkemizde yük ve insan taşımacılığının yüzde 90-95 kadarı karayolları ile gerçekleşmektedir. Bu oran Avrupa ülkelerinde yüzde 40'larda iken Amerika'da yüzde 30'u geçmemektedir (Demiröz 2006). Karayolları dışındaki ulaştırma yöntemlerinin, yük ve insan taşımacılığında çok az bir paya sahip olması, karayollarının yükünün her geçen gün daha da artmasına neden olmakta, bu da trafik kazalarının oluşmasında büyük rol oynamaktadır.

Trafik kazalarının nedenlerini analiz edilmeye çalışıldığında, kazaya neden olabilecek birçok faktörün bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu faktörleri üç grup altında toplamamız mümkündür. Bunları kazaya karışan sürücü, sürücünün kullandığı araç ve kazanın gerçekleştiği çevre (yol) olarak sıralayabiliriz.

Ülkemizde trafik kaza istatistiklerinde sürücü kusurlarından kaynaklanan kazalar 1980-1997 yılları arasında ortalama olarak % 89.83 olmuştur. Türkiye'de trafik kazalarındaki araç kusurları %4' lük bir oranı kapsamaktadır (Korkmaz 2005).

Trafik kazalarının oluşumunda çevre faktörlerinden olan yol alt yapısı ve geometrisinin kazalara neden olma yüzdesi ülkemiz için % 0.5'lerin altındadır. Avrupa ülkelerinde ise bu oranın % 20'lerin üzerinde olduğu görülmektedir (Korkmaz 2005). Bu durum Ülkemiz yol standartlarının Avrupa ülkelerinden yüksek olduğu anlamına gelmemektedir. Ülkemizde kaza nedenlerinin tespitinde mevcut mevzuatın ve teknik çalışmaların yetersiz kalması bunun başlıca nedenidir.

Buradan yola çıkarak trafik kazası nedenlerinden biri olan yol geometrisinin etkisinin araştırılması için Afyonkarahisar İlinde tüm yıl trafiğin yoğun olduğu Afyonkarahisar-İzmir-Antalya Karayolunda, yol geometrisi tasarımında göz önünde bulundurulacak faktörlerden biri olan yol konforunun araştırılması amaçlanmıştır.

Bu araştırmada yol konforunun sağlanmasında önemli etkiye sahip olan yanal ivmenin tespiti için, ivme verileri ile birlikte eş zamanlı olarak konum bilgileri tespit edilerek gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemler sonucunda kazaların sıkça yaşandığı noktalarda yanal ivme verileri doğrultusunda yol konforu irdelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Trafik

Trafik; ulaşım yollarının yayalar ve her çeşit taşıt tarafından belli bir düzen içerisinde kullanılması olarak tanımlanabilir. Trafik kara hava ve deniz ulaşımı düzeninin tamamını kapsasa da ülkemizde yük ve insan taşımacılığının büyük bir bölümünün karayolları ile yapılmasından dolayı karayolları düzeni olarak adlandırılmakta ve tanımlanmaktadır. Ülkemizde yük ve insan taşımacılığının yüzde 90-95 kadarı karayolları ile gerçekleşmektedir. Bu oran Avrupa ülkelerinde yüzde 40'larda iken Amerika'da yüzde 30'u geçmemektedir (Demiröz 2006).

Trafiği genel olarak karayolları üzerindeki araç hareketi olarak değerlendirdiğimizde, trafiği etkileyen 3 önemli unsur söz konusu olmaktadır. Bunları trafiğin hacmi, yoğunluğu ve hızı olarak ele alabiliriz. Bu unsurlar göz önünde bulundurularak trafiğin rahat ve güvenli hale getirilebilmesi amacıyla gerekli kanuni düzenlemelerin ve uygun tesislerin yapılması mümkündür. 18 Haziran 1985'te yürürlüğe giren ve halen yürürlükte olan Karayolları Trafik Kanunu ile ülkemizde karayolları trafiği düzeni sağlanmaya çalışılmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu, Şubat 2010 Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri'ni göre, Şubat ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı toplam 14 milyon 425 bin 594 adet taşıtın bulunduğu, bu taşıtlardan yüzde 49.6'sını otomobil, yüzde 16'sını motosiklet, yüzde 15.5'ini kamyonet, yüzde 9.5'ini traktör, yüzde 5'ini kamyon, yüzde 2.7'sini minibüs, yüzde 1.4'ünü otobüs, yüzde 0.3'ünü ise özel amaçlı taşıtlar oluşturmaktadır (İnt.Kyn.1)

T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü 2010 Ocak ayı verilerine göre ülkemizde 2.100 km otoyol, 31.271 km devlet yolu, 30.948 km il yolu olmak üzere 64.319 km yol ağı bulunmaktadır. Otoyollarının tamamı asfalt betonudur. Devlet yollarının 7.488 km' asfalt betonu, 23.282 km'si sathi kaplama, 66 km'si parke, 137 km'si stabilize, 53 km'si toprak, 245 km'si geçit vermezdir. İl yollarının 1.193 km'si asfalt betonu, 26.500 km'si

sathi kaplama, 114 km'si parke, 1.353 km'si stabilize, 730 km'si toprak, 1058 km'si geçit vermezdir (İnt.Kyn.2).

Taşımacılık faaliyetlerinde karayolları dışındaki alternatiflere yeteri kadar önem verilmemesi, karayolları ağıının hızla genişlemesine ve motorlu araç sayısının katlanarak artmasına neden olmaktadır. Bu da ülkemiz için hem ekonomik hem de sosyal yönden trafiğın zararlarını ortaya çıkarmaktadır.

Karayollarında seyreden motorlu araçlar için gerekli yakıtın büyük kısmının ithal edilmesi trafik yoğunluğının ülkemiz için ekonomik zararlarından biridir. Ayrıca trafiğın hızlı ve kontrolsüz olarak büyümesi altyapı eksikliğı ve denetimsizliğı yol açmakta bu da trafiğın en büyük zararlarından biri olan kazların oluşmasına neden olmaktadır.

2.2 Trafik Kazaları ve Nedenleri

Trafik kazaları, başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere, tüm dünya için toplumsal ve ekonomik yönden zararları nedeniyle en önemli sorunlardan biridir. Ülkemizde de tüm dünyada olduğı gibi, trafik kazaları büyük sorun oluşturmaktadır. Ülkemiz de 1930'lu yıllardan sonra başlayan sanayileşme hamleleri ulaşımın zamanla önemini artırmıştır. Fakat lke ekonomisi ve sanayisi gelişirken buna bağılı olarak doğıru bir ulaşım politikasının oluşmaması beraberinde birçok sorunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Doğıru bir ulaşım politikasının oluşmaması yolcu ve yük taşımacılığında dengesizliklere yol açmıştır. 1950'li yıllardan sonra yolcu ve yük taşımacılığında karayollarına önem verilmesi trafik sorununun belirgin bir şekilde ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Karayolları dışındaki ulaştırma yöntemlerinin, yk ve insan taşımacılığında çok az bir paya sahip olması, karayollarının yükünün her geçen gün daha da artmasına neden olmakta, bu da trafik kazalarının oluşmasında büyük rol oynamaktadır. Diğerk taşımacılık yöntemlerine önem verilmemesi, buna karşın ulaşım faaliyetlerine duyulan ihtiyaın artması karayollarına çıkan motorlu araç sayısının çoğalmasına neden

olmaktadır. Bunun üzerine birde denetimsizlik ve alt yapı eksikliği de eklenince trafik kazaları kaçınılmaz hale gelmektedir.

Trafik kazalarının boyutlarının artması toplumu ekonomik ve sosyal yönden etkilemekte ve bu durum, ilgili kurumları çözüm yolu üretmeye zorlamaktadır. Trafik kazalarına karşı üretilcek çözüm için ise en başta trafik kazalarının nedenlerinin irdelenmesi gerekmektedir. Nedeni iyi tespit edilmeyen bir sorunun çözümünü de bulmak tam anlamıyla mümkün değildir.

Kazalara neden olan sebepleri analiz etmeye çalıştığımızda arka arkaya sıralayacağımız başlıklar içerisinde; alkollü araç kullanma, hatalı şerit değiştirme, araç muayenesinde ihmal, sinyal verilmeden yapılan ani duruş ve kalkışlar, yakın takip, geçiş üstünlüğüne uymamak, hatalı sollama, görme bozukluğu, yol yapım çalışmalarında teknik standartları göz ardı etmek ve yollarda uyarıcı-koruyucu önlemlerin alınmaması gibi genel konu başlıklarını hemen sıralayabiliriz (Demiröz 2006).

Türkiye'de karayolu trafik kazalarında ölümler, gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında ortalama 10 kat daha yüksektir. Türkiye karayolu trafik kaza istatistiklerinde, kazaların %97 insan hatasından meydana geldiği görülmektedir. Ancak, bugüne kadar yapılan araştırmalar, insan hatalarının tek başına kazaya neden olma oranının bu kadar yüksek olamayacağı, yol ve araç kusurlarının da insan hatalarının oluşumunda etkili olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle karayollarının nitelik ve nicelik olarak araştırılması önemlidir (Korkmaz 2005).

Trafik kazalarının nedenlerini analiz edilmeye çalışıldığında, kazaya neden olabilecek birçok faktörün bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu faktörleri üç grup altında toplamamız mümkündür. Bunları kazaya karışan sürücü, sürücünün kullandığı araç ve kazanın gerçekleştiği çevre (yol) olarak sıralayabiliriz.

2.2.1 Sürücü kusurları

Yolu kullanan olarak insanın yaşı, beden yapısı, görme-işitme reaksiyon yetenekleri kazada etkili olan fiziksel özelliklerdir. Yorgunluk, hastalık durumu, psikolojik durumu, alkollü olma vb. hususlar kazaya karışmada etkili olan hususlardır. Sosyal yapı, eğitim düzeyi, zeka yapısı, çevre koşullarına uyabilme yeteneği, tecrübe bilgi düzeyi kazaya karışmada etkili olabilecek diğer özellikler olarak sıralanabilir (DPT 2001).

Sürücülerin neden olduğu kazalarda karşımıza sıkça çıkan nedenlerin başında yorgunluk, uyku, alkollü araç kullanımı ve kendine güvenin gerekenden fazla olması gelir.

Alkollü araç kullanımı ile temel fonksiyon ve davranış bozukluğu sonucunda trafik kazası yapma riski artmaktadır. Yorgunluk da, sürücülerde dikkat ve anlayış eksikliğine bağlı olarak algı ve tepki süresinde uzamasına neden olur (İstek 2007).

Ülkemizde trafik kaza istatistiklerinde sürücü kusurları 1997 yılı için % 97.3 ile ilk sırada yer almaktadır. 1980-1997 yılları arasında bu oran ortalama olarak % 89.83 olmuştur. Elbette bu oran diğer ülkelerle kıyaslandığında çok yüksek bir rakam olarak karşımıza çıkmaktadır (Korkmaz 2005).

2.2.2 Araç kusurları

Türkiye' de trafik kazalarındaki araç kusurları %4' lük bir oranı kapsamaktadır. Oysa gelişmiş Ülkelerde bu oran %5'in altında değildir (Korkmaz 2005).

Bir araç üretiminden sonra kullanıcıya teknik açıdan hatasız olarak teslim edilir. Doğal olarak zamanla araç, gerek kullanım, gerek yol koşulları gibi etkenlerle yıpranır. Bununla birlikte araçların gerekli bakımlarının zamanında yapılmaması da teknik arızalara yol açabilir. Teknik olarak trafiğe çıkmaya hazır olmayan araçlar ise, karayolu trafik güvenliği açısından önemli bir tehdittir (Demiröz 2006).

Araçların aydınlatma sistemleri, hareket halindeki bir aracın durdurulmasının ana unsuru olan fren sistemleri, aracın kara yolundaki hareketini ve yola tutunmasını sağlayan lastiklerin durumu, karayolu trafik güvenliği açısından son derece önemlidir. Sayılan bu unsurlar ve diğerlerinin tam ve çalışır durumda bulunması güvenli bir trafik için olmazsa olmaz unsurlardandır (Demiröz 2006).

Taşıtların gece seyri sırasında sürücüye yeterli görüşü sağlayacak nitelikte bir aydınlatma donanımına sahip olması da yol güvenliği bakımından önem taşımaktadır. Taşıtların aydınlatma donanımlarındaki ayarsızlık, arıza ve yetersizlik halleri de kazalarda etkili olmaktadır (İstek 2007).

2.2.3 Çevre koşulları

Karayollarında meydana gelen kazaların bir nedeni de kazanın olduğu çevrenin fiziki durumudur. Hava şartlarında ki olumsuzluklar, yol yüzeyinin zarar görmesi, trafik işaretlerinin ve sinyalizasyonun yetersizliği, yol geometrisinin etkisi gibi fiziki sebepler trafik kazalarına yol açan çevre koşullarıdır.

2.2.3.1 Hava şartları

Yolun zemininin yağıştan dolayı kaygan hale gelmesi, hava şartlarından dolayı meydana gelen kazaların büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Yoğun sis nedeniyle görüşün kapalı olması da hava şartlarından dolayı meydana gelen kazalarda rol oynamaktadır. İstatistiklere göre kuru ve açık havalarda olan trafik kazaları yağışlı ve sisli havalarda olan kazalardan daha fazladır. Fakat bunun nedeni kaza sebeplerinin sadece hava şartlarına bağlı olmaması ve yağışlı hava koşullarında sürücülerin daha dikkatli olmasıdır.

2.2.3.2 Yol yüzeyinin etkisi

Trafik hacminin ve yoğunluğunun artması yol yüzeyinin çabuk deforme olmasına yol açmaktadır. Ayrıca yol yüzeyinin bozulmasına yüksek tonajlı araçlar ve hava şartlarından kaynaklanan olumsuzluklarda neden olmaktadır. Yolda oluşan deformasyonların giderilme çalışmaları da karayolları ağının çok geniş olmasından dolayı tam anlamıyla yapılamamaktadır. Bu durum kazaların oluşumunda önemli rol oynar. Örneğin hız standardı 90 km/s olan bir yolda oluşan çökmeler araçların yolda hızlı seyrinde kaza yapmalarına neden olmaktadır. Yol yüzeyinin bozuk oluşu aynı zamanda yol standardının düşmesini ve verimliliğin azalmasını beraberinde getirir. Bir başka yol yüzeyinden dolayı oluşan kaza türü de yeni tesis edilmiş yolda mıcır kullanımıdır. Buda aracın yüzeyde tutunmasını güçleştirdiğinden kazaya yol açan nedenlerdendir.

2.2.3.3 Trafik İşaretleri ve Sinyalizasyon Yetersizliği

Özellikle kavşak noktalarında meydana gelen kazaların büyük bir bölümü sinyalizasyon ve trafik işaretlerinin eksikliği nedeniyle oluşmaktadır. Şehir içi yollarda trafiğin yoğun olduğu noktalarda ve kavşaklarda sinyalizasyon sisteminin bulunmaması ve bunun üzerine birde sürücülerin dikkatsizliğinin eklenmesinden dolayı sıkça kazalar yaşanmaktadır. Şehirlerarası yolların kontrolsüz çıkışlarında meydana gelen kazalarda trafik işaretlerinin eksikliğinden ya da mevcut işaretlerin tahrip edilmesinden oluşmaktadır.

2.2.3.4 Yol Geometrisinin etkisi

Yolun geometrisinde yapılacak hatalar kaza olasılığına, kapasitede sınırlamalara, zaman ve işletme masraflarında ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Karayolunda güvenli ve rahat trafik akışı sağlamak için yatay ve düşey kurbpların iyi projelendirilmesi gerekmektedir. (Korkmaz 2005)

Yol geometrisi belirlenirken; yolun güvenli olması, ekonomik olması, konfor ve verimliliğin sağlanması, ayrıca tesis edileceği çevrede, çevreye uyumlu olması amaçtır. Gelişmiş ülkelerin çoğunda bu standartların tümü göz önünde bulundurulurken esas olarak yolun güvenliği, konforu ve verimliliği ön planda olmaktadır. Avrupa ülkelerinde 140-150 km/h'te varan proje hızları üzerinden yol geometrisi tasarlanmaktadır. Proje hızının bu denli yüksek olması yolun güvenliğini ve konforunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkiyi azaltmak için de uygun geometrinin tespit edilmesi gerekmektedir.

Yüksek hızda aynı zamanda güvenlik ve konforun sağlanabilmesi için araç ve yol kinematiğinin iyi incelenmesi gerekmektedir. Yol ve araç kinematiğini etkileyen faktörleri, aracın hızı, aracın teknik özellikleri, yolun yatay-dikey-enine geometrisi, hava şartları olarak sıralayabiliriz. Yol tasarımı yaparken oluşturulacak yol geometrisini etkileyecek faktörler için en düşük ve en yüksek değerlerin belirlenmesi gerekir. Bunlara örnek olarak yolda uygulanacak düşey ve yatay eğrilerde en düşük ve en yüksek yarıçaplar, ayrıca izin verilecek en büyük deyer değerlerini verebiliriz.

Avrupa ülkelerinden ortalama standartlara sahip İsveç'te yapılan yol tasarımlarında öngörülen yatay kurb yarıçapı ile Türkiye'de öngörülen yatay kurb yarıçapını karşılaştırdığımızda, Türkiye'deki standartların, İsveç'teki en düşük standartların altında kaldığı Çizelge 2.1'de görülmektedir. Aynı şekilde düşey kurb standartlarına bakıldığında da bu durum görülmektedir(Çizelge2.2 ve 2.3).

Çizelge 2.1:Asgari yatay kurb yarıçapları (m) için İsveç'te ve Türkiye'de öngörülen gerekliliklerin karşılaştırılması (Sweroad 2000).

Tasarım hızı km/h	İsveç		Türkiye -
	Yüksek standart	Düşük standart	
60	-	-	150
70	300	200	200
80	400	300	250
100	600	500	400

Çizelge 2.2:Asgari düşey tepe kurbu yarıçapları (m) için İsveç'te ve Türkiye'de öngörülen gerekliliklerin karşılaştırılması (Sweroad 2000).

Tasarım hızı km/h	İsveç		Türkiye	
	Yüksek standart	Düşük standart	Yüksek standart	Düşük standart
60	-	-	1 000	850
70	3 000	1 800	1 650	1 150
80	5 000	3 000	2 500	1 500
100	11 000	7 000	6 100	3 200

Çizelge 2.3:Asgari dere tipi düşey kurb yarıçapları (m) için İsveç'te ve Türkiye'de öngörülen gerekliliklerin karşılaştırılması (Sweroad 2000).

Tasarım hızı km/h	İsveç		Türkiye	
	Yüksek standart	Düşük standart	Yüksek standart	Düşük standart
60	-	-	900	850
70	2 500	1 800	1 250	1 100
80	3 500	2 500	1 700	1 300
100	5 500	4 500	2 900	2 000

Oysaki yatay kurlar da meydana gelen kazalarda kurb yarıçapı önemli bir faktördür. Yatay kurbda yarı çap büyüdükçe alinyimandan kurba geçişte aracın maruz kalacağı merkez kaç kuvvetinin etkisi daha aza indirgenmiş olur. Tabii ki bu etki sadece kurb yarı çapına bağlı değildir. Aynı zamanda kurb içerisinde enine eğimde merkez kaç kuvvetinin araç üzerinde ki etkisini azaltmada önemli bir faktördür. Yatay kurlarda sürücü üzerinde rahatsızlık hissi veren en önemli etken merkezkaç kuvvetinin savurucu etkisidir. Bu etki taşıt üzerinde daha da etkili boyutlarda olur. Virajın taşıtı savurma ve devirme etkisini azaltabilmek, ancak merkez kaç kuvvetini dengeleyen enine sürtünme kuvveti ve dever uygulamasıyla olur. Dever uygulamalarında yanlış yöne eğim verilmesi ya da yol standardına uygun şekilde, yeteri kadar eğim verilmemesi yol

geometrisinden dolayı oluşan kazalardandır. Aynı zamanda yatay kurbpların yarıçap seçimlerinin yanlış yapılması görüş mesafesini olumsuz etkileyebilmektedir(Karadayı 2004).

Yarıçapın görüş mesafesine etkisi düşey kurbplar içinde geçerlidir. Belirli bir hızda seyreden aracın görüş mesafesinin yeteri kadar olmaması kazalara neden olabilmektedir.

Yol geometrisinin kazalara neden olma yüzdesi ülkemiz için % 0.5'lerin altındadır. Avrupa ülkelerinde ise bu oranın % 20'lerin üzerinde olduğu görülmektedir (Korkmaz 2005). Ülkemizdeki yol standartlarını Avrupa Ülkeleri ile karşılaştırdığımızda, Ülkemizin yol standartlarının Avrupa Ülkelerinin üstünde olmadığı bilinmektedir. Buda kaza analizlerinde yol geometrisinden kaynaklanan kazaların tespitinin yetersiz kaldığını ortaya çıkarmaktadır. Trafik kazasının nedenini tespit eden kurumların teknik yetersizliği ve mevcut mevzuatın bu konudaki yaklaşımı bu durumun başlıca sebeplerindendir. Hız limiti 90 km/h olan şehirlerarası bir yolda, yanlış uygulanan standardın yola yerleştirilen hız düşürücü trafik işaretleriyle engellenmeye çalışılması ve oluşan kazadan sonra bu kaza nedeninin hız düşürücü trafik işaretlerine uymayan sürücüye yüklenmesi mevzuat yönünden bu konuya örnek olabilecek niteliktedir.

2.3 GPS İle Konum Belirleme

Genel tanımıyla GPS, herhangi bir yer ve zamanda, her türlü hava koşulunda, ortak bir koordinat sisteminde, yüksek duyarlılıkla, ekonomik olarak, anında ve sürekli, konum, hız ve zaman belirlenmesine olanak veren konum belirleme sistemidir (Kahveci 2009)

İlk GPS uydusunun yörüngeye yerleştirildiği 1978 yılından buyana, askeri, jeodezik, kadastral, navigasyon vb. birçok alanda çalışmaları kolaylaştırmak ve daha yüksek doğruluğa ulaşmak için birçok sistem ve yöntem geliştirilmiştir.

1978 yılında yörüngeye yerleştirilen GPS uydusu 300 m doğrulukla 3 boyutlu gerçek zamanlı konum belirlemeye olanak sağlamıştır. 1982 yılında Rus GLONASS uydu

sisteminin faaliyete geçmesiyle Global Uydu Navigasyon Sistemi (GNSS) tanımı sıkça kullanılmaya başlanmıştır (Kahveci 2009).

Başlangıçta askeri amaçlı kullanılan bu uydu sistemleri 2000'li yıllara doğru artık ticari amaçla da sıkça kullanılır olmuştur.

Günümüzde her alanda en yüksek doğrulukta konum bilgilerinin tespitini sağlamak için GPS kullanımı oldukça yaygındır. Çalışma amacına göre yüksek doğrulukta ve hızlı konum bilgisi elde etmek için birçok sistem ve ölçü yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemleri 2 kısma ayırılır. Bunlardan biri Mutlak Konum belirleme diğeri ise rölatif konum belirlemedir.

- Mutlak Konum Belirleme: Bu yöntem de tek GPS alıcısı kullanılır. Merkezi dünyanın ağırlık merkezi olan bir koordinat sistemi ile nokta konumu mutlak olarak belirlenmektedir (Güngör 2000).

- Göreli Konum belirleme: Bu yöntemle nokta konumu başka bir nokta referans alınarak belirlenir. Referans nokta ve konumu belirlenecek noktadan yapılan eş zamanlı gözlemler ile konumu belirlenen noktanın referans noktada tespit edilen farkları giderilerek konum belirlenmektedir. Bu yöntemde farklı metotlar kullanılmaktadır. Bu metotlar; Statik, Hızlı Statik, Tekrarlı, Dur-git, Kinematik ve Gerçek zamanlı konum belirleme olarak adlandırılır (Güngör 2000).

Statik ölçme yöntemi ile; iki veya daha fazla alıcıdan en az dört uydudan eş zamanlı yapılan gözlemler ile konum belirlenmektedir. Bu yöntemde bazın uzunluğuna göre 30 dakika ile 2 saat arasında veri toplanır. Bu şekilde alıcılar arasındaki kenarlar yüksek hassasiyette belirlenir (Güngör 2000).

Hızlı statik ölçüm yöntemi kısa sürede kısa uzunlukların tespiti için kullanılır. Alıcı tarafından 10-15 dakikalık ölçü toplanması sonucunda faz belirsizliğinin giderilmesini sağlayan matematiksel algoritmalar ile konum hesaplanır (Güngör 2000).

Tekrarlı ölçme yöntemi ile konumu belirlenmek istenen noktadan aralarındaki ölçü süresi en az 1 en fazla 4 saat olacak şekilde iki kez ölçüm yapılarak tespit edilir. Buradaki amaç, iki farklı zamanda uyduların konum farklarından yararlanarak faz belirsizliğinin giderilmeye çalışılmasıdır (Güngör 2000).

Dur-Git ölçü yönteminde faz belirsizliğinin giderilmesi için alıcı ve gezici 5-10 dakikalık statik ölçü yapar. Ölçü mantığı 1-2 dakikalık kısa süreli gözlem yapmaktır. Ölçü sırasında konumu belirlenmek istenen noktalar arasında giderken alıcı açık tutularak ölçü yapılmaya devam edilir. Fakat hareket halinde koordinat belirlenmez (Güngör 2000).

Kinematik ölçü yönteminde gezici alıcının hareketli olduğu güzergahın konumu hesaplanır. Ölçüm başladığında ilk önce faz belirsizliği giderilir ve konumu belirlenmek istenilen güzergah üzerinde kesintisiz gözlem yapılarak konum tespit edilir.

Gerçek zamanlı konum belirleme ile istenilen konum bilgilerini hızlı ve yerinde ulaşılması mümkün hale gelmiştir. Diğer yöntemlerde alım sonuçları ölçüm bitişi sonrası çeşitli yazılımlarla tespit edilmektedir. Bu yöntemde ise konum belirleme anında uygulama alanında tespit edilmektedir. Bu yöntemlerden Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) GNSS karşımıza sıkça çıkmaktadır.

2.3.1 Gerçek Zamanlı Kinematik

Koordinatları bilinen referans bir istasyona dayalı olarak, hareketli bir alıcı ile konum belirlemek mümkündür. Bu durumu Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) olarak tanımlayabiliriz. Ancak bu faz gözlemleri yapılmaksızın belirlenen konum metre hassasiyetinde belirlenebilmektedir. Faz gözlemleri yapılarak yüksek doğrulukta hassas ölçüm yapılabilir. Burada oluşan sorun ise faz belirsizliğinin giderilmesinin oldukça karmaşık olmasıdır. Teknolojideki son gelişmelerle beraber faz gözlemleri yapılarak yüksek hassasiyette gerçek zamanlı kinematik ile konum belirlenebilmektedir (Kahveci 2009).

2.3.2 Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Ağları

Teknolojik gelişmelerle birlikte önceleri sadece askeri amaçlı kullanılan GPS günümüzde her alanda sivil amaçlı da kullanılmaktadır. 1980’li yıllardan sonra sivil amaçlı kullanılmaya başlayan GPS jeodezik ağların oluşturulmasında sıkça kullanılmıştır. Çeşitli amaçlar için tekrarlı ölçülerde kullanılmak üzere noktalar tesis edilmiştir. Bu noktalar arası baz uzunlukları birkaç bin km’ye kadar ulaşmakta olup bunlarda GPS ölçüsü yapılabilmesi için ulusal ve uluslar arası koordinat sistemleri tanımlanmıştır (Kahveci 2009).

Ulusal ve uluslar arası temel GPS ağlarının ve sıklaştırma ağlarının kurulmasını sağlamak amacıyla sabit referans istasyonları tesis edilmeye başlanmıştır. Bu gelişmelerin sonucunda ise bağımsız referans noktalarından oluşan ve gerektiğinde üzerine kurularak ölçü yapılan pasif jeodezik GPS ağlarının yerini günümüzde aktif sabit GNSS ağları almıştır (Kahveci 2009).

RTK tekniğinin ortaya çıkmasıyla birlikte gerçek zamanlı GNSS ağları oluşmaya başlamıştır. RTK GNSS ağları, RTK CORS olarak da bilinir. Günümüzde RTK GNSS artık her sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır (Kahveci 2009).

2.3.3 Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı

Türkiye’ de GPS ile ilgili çalışmalar 1990 yılı öncesine dayanmaktadır. 1990 yılı öncesi çeşitli projelerde ve çalışmalarda uydudan lazerli mesafe ölçümlerinin sağlanması için noktalar tesis edilmiştir.

Ülkemizin fay hattı üzerinde bulunması nedeniyle yer hareketlerinin jeodezik noktalarda deformasyona uğraması ayrıca artan nüfusla birlikte ülke kadastrosunun sayısal hale gelmesi için modern ölçme ve hesaplama yöntemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Böylelikle hızla gelişen teknik yöntemler doğrultusunda uydu tekniklerine

dayalı üç boyutlu koordinatları hassas bir şekilde belirlenmiş, ülkeyi sıklıkla kaplayan noktalardan oluşan ağlara ihtiyaç duyulmuştur.

Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün ortak yürüttüğü TUTGA projesi 1997 yılında başlamıştır. TUTGA; ülke yüzeyini jeoidin değişimine bağlı olarak 15-70 km sıklıkla kaplayan uluslararası yerel referans sisteminde (ITRF) birkaç cm doğruluğunda üç boyutlu koordinatları ve bu koordinatların zamana bağlı değişimleri uygun yükseklik sisteminde, yüksekliği ve jeoid yüksekliği bilinen beş yüz doksan dört noktadan oluşan ağıdır (Kahveci 2009).

Günümüzde ise teknolojinin ilerlemesiyle birlikte gerçek zamanlı aktif sabit GNSS ağı olan TUSAGA-aktif ağının kurulması için çalışmalar yürütülmektedir.

TUTGA jeodezik amaçlı statik bir ağ olup, gerçek zamanlı uygulamalar için kullanılmamaktadır. Buda uydu tekniklerinden gerçek zamanlı olarak faydalanma olanağını kısıtlamaktadır. TUSAGA-Aktif sisteminin hayata geçmesi ile birlikte bu eksiklik giderilerek, etkin ve verimli bir ağ kurulmuştur. TUSAGA-Aktif ağı, yüksek doğruluklu, çok amaçlı, aktif ve gerçek zamanlı, uluslararası sistemler ve standartlarla uyumlu bir ağ olarak hizmet vermektedir (Kahveci 2009).

2.4 İvme ve İvme Sensörü

2.4.1 İvme

İvme, belirli bir yönde hareket etmekte olan bir cismin hızının belirli bir zaman aralığındaki değişim miktarıdır. Başka bir deyişle ivme, bir cismin hızının değişimidir. İvme genellikle hızın artması olarak düşünülür, ama fizikte ivme hızın azalması anlamına da gelir.(İnt.Kyn 3)

İvme, endüstriyel faaliyetlerde ve bilimsel çalışmalarda sıkça kullanılır. Deprem, inşaat, madencilik çalışmaları, çarpma testleri, çok yüksek devirli motorların testleri gibi

Çalışmalarda karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmalarda dinamik ölçümler için algılayıcılar ile ivme tespit edilir. Bu algılayıcıları genel olarak ivme ölçer sensör olarak adlandırılır.

2.4.2 İvme ler Sensörler

İvme lerler, genel amaçlı mutlak hareket ölçümlerinde, çok ve titreşim ölçümlerinde kullanılırlar. Bir yapının ya da bir makinenin ömrü, çalışma sırasında maruz kaldığı ivmenin şiddeti ile orantılıdır. Bir yapının çeşitli noktalarındaki titreşimin genliğı ve fazı, bir model analiz yapılabilmesine izin verir. Yapılacak olan bu analiz sonucunda dinamik olarak çalışacak parçaların çalışma modları belirlenerek tüm sistemin dinamik karakteri ortaya konabilmektedir.(İnt.Kyn.4)

İvmenin tespitinde 2 çeşit ivme sensörü karşımıza çıkmaktadır. Bunlar Piezoelektrik ivme ölçer ve Kapasitif ivme lerdir. Bu ivme sensörleri titreşim ve mekanik çok değıerlerini ölçerek 3 eksenli (x,y,z yönünde) ivmenin tespitini sağılar.

2.4.2.1 Piezoelektrik İvme ler

Bu tür ivmeölçerler çok düşük frekanslı sismik uygulamalardan, çok yüksek frekansta doğırusal çalışma aralığı gerektiren çarpma testlerine kadar birçok lme uygulamasında kullanılan, küçük boyutlu yüksek sıcaklık aralığında çalışabilen endüstriyel standartlarda kılıf içinde yapılandırılmış transdüserlerdir. Kuvars yada seramik kristaller bir kuvvet altında kaldığında belirli bir seviyede elektrik yükü üretirler. Bu elektrik yükünün kristal üzerindeki değışimi yer çekim ivmesinin değışimi ile doğıru orantılıdır. İvmeölerdeki sismik kütlenin ivme altında maruz kaldığı atalet kuvveti Piezoelektrik kristale etkir ve ivme ile doğıru orantılı bir elektrik sinyali çıkışı verir. Bir yongaya sahip bu ivme ölçerlerin içinde sinyali taşınabilir voltaj sinyaline çevirebilen bir sinyal koşullayıcı devre vardır. Bu tip sensörler gürültüden minimum etkilenirler. Üzerinde evirici elektronik devre olmayan sensörler harici bir çevirici ile kullanılırlar.(İnt.Kyn 5)

2.4.2.2 Kapasitif İvme Ölçer

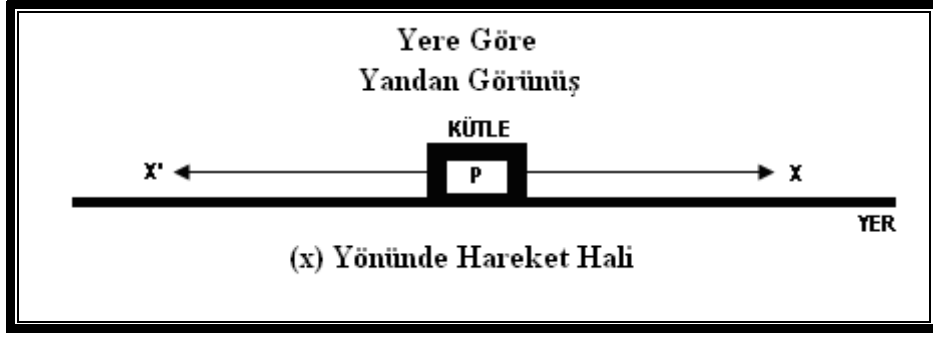
Ölçme tekniğine göre değerlendirildiğinde diğer ivme ölçer ise Kapasitif İvmeölçerdir(Reim2.1). Kapasitif ivme ölçerler düşük seviyeli ve düşük frekanslı titreşimleri, statik ivmeleri ölçmede kullanılır. Karşılıklı yerleştirilmiş kapasitör şeklinde çalışan iki plaka arasındaki kapasitansın değişmesi prensibi ile ölçüm yaparlar. Bu plakalar arasındaki mesafe ve dolayısı ile kapasitans ivme altında değişir ve ivme ile doğrusal bir sinyal doğururlar. Bu tip sensörler özel bir sinyal koşullama gerektirmezler. 12 VCD ya da 24 VCD ile beslenmek sureti ile çalışırlar. Özellikle robotik, otomotiv sürüş kalite testleri, bina dinamiği ölçümü gibi yerlerde kullanılırlar. (İnt.Kyn. 5)



Resim 2.1: İvme Sensörü

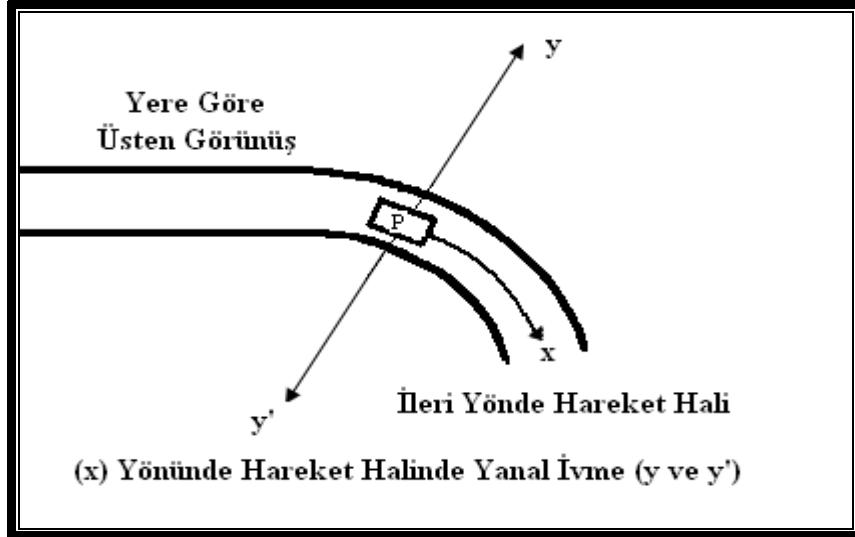
2.4.2.3 İvmeölçer Sensörde Tespit Edilen Değerler

İvmeölçer algılayıcılarla x, y ve z yönlerinde değerler tespit edilir. İleri yönde kütle'nin ağırlık noktası ile yer teğet biçimde olmak üzere hıza bağlı kütleye etki eden ivme, ivmeölçerler tarafından (X) yönü değer olarak tespit edilir(Şekil2.1).



Şekil 2.1: X yönünde ivmenin kütleye etkisi

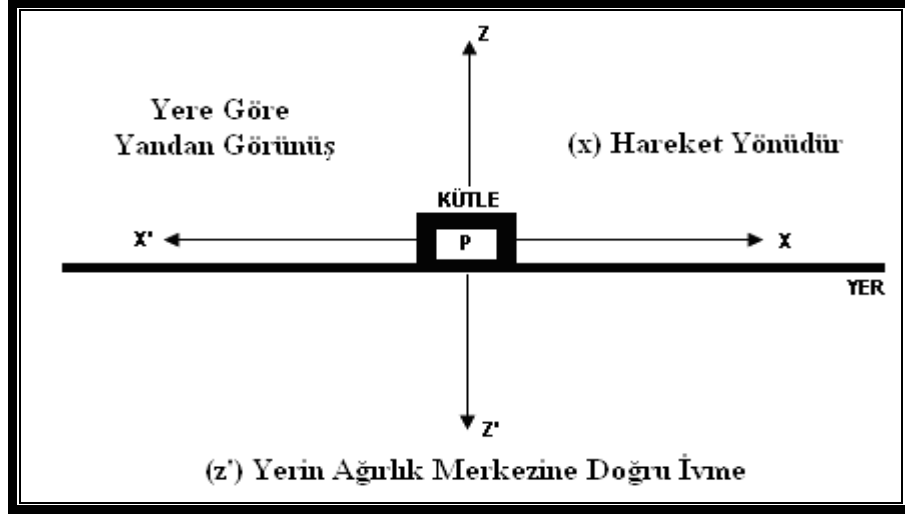
Kütlenin üzerinde ileri yönde dairesel hareketle oluşan baskıdan dolayı kütlenin yan yönlerine doğru oluşan ivme, ivme ölçer ile tespit edilen (Y) yönü değeridir(Şekil2.2).



Şekil 2.2: Y yönünde ivmenin kütleye etkisi

Yol geometrisinin oluşturulmasında da yola dever verilmediğinde ortaya çıkan merkez kaç kuvveti aracın yol dışına savrulmasına ya da devrilmesine yol açabilir. Bu durumu yol açan kuvvete yanal ivme ya da merkez kaç ivmesi de diyebiliriz. Y yönünde belirlenen ivmede bu merkez kaç kuvvetinin etkisini belirtmektedir.

Yerin ağırlık merkezine doğru düşey olarak etki eden ivme, ivme ölçer ile tespit edilen (Z) yönü değeridir(Şekil2.3).



Şekil 2.3: Z yönünde ivmenin kütleye etkisi

Yer çekimi ivmesi ya da başka bir deyişle sabit gravite değeri $9,81 \text{ m/sn}^2$ dir. (İnt.Kyn.3)

Her üç yöndeki değerleri yol yüzeyinde örnekleyecek olursak, hareket eden aracı ileri yönde (x), yan yönlerde (y) ve düşey yönde (z) etkileyen faktördür.

Her üç yönde de ivme aracın ağırlık merkezine yaptığı baskıdan dolayı yol geometrisinin tasarlanmasında önemli yer tutar. Yol geometrisi tasarlanırken yolun güvenliği ve konforunun sağlanması için ivme etkisi en aza indirgenmesi gerekir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada yıl boyu trafiğin yoğun olduğu Afyonkarahisar-İzmir-Antalya Karayolu üzerinde İzmir-Antalya yol ayrımı 0+000 km alınarak Afyonkarahisar istikametine doğru Kütahya yol ayrımına kadar yaklaşık 7 km'lik kısım güzergah olarak seçilmiştir. Bu güzergahın seçilmesindeki amaç başlangıç noktasından 2 km sonra birbirini izleyen 4 kurbun ardı ardına olması ve bu kurbulardan başlangıca göre yaklaşık 4.5 km sonra yer alan 3. kurbda sıkça kazaların meydana gelmesidir.

Yaklaşık 1500 kg ağırlığında ortalama özelliklere sahip bir araç kullanılarak ivme ve konum bilgilerini toplanması amaçlanmıştır. Bunun için GPS ve ivmeölçerin otomobil üzerine yerleştirilmesine yönelik Resim 3.1'de ki düzenek hazırlanmıştır. Kenarları 70 cm olan düzeneğe, demir konstrüksiyondan oluşan üçgen şeklinde tasarlanmıştır. Üçgen düzeneğin köşelerinin alt kısmına araca montenin sağlanması için 3 adet vantuz takılmıştır. Üçgen düzeneğin köşelerinin üst kısmına GPS'lerin takılabilmesi için uygun GPS yuvaları monte edilmiştir. Bu düzeneğin 3 tarafına RTK CORS uyumlu GPS'ler yerleştirilmiştir. Düzeneğin orta kısmına ivmeölçer takılmıştır.



Resim 3.1: GPS ve İvmeölçerin yerleştirildiği düzenek

Bu düzenek otomobilin üzerine, otomobilin yaklaşık ağırlık merkezine gelecek şekilde monte edilmiştir(Resim 3.2 ve 3.3).



Resim 3.2: Düzeneğin otomobil üzerine montesi.



Resim 3.3: Çalışmada Kullanılan Araçtan Bir Görüntü

İvmeölçerin kablo bağlantısı otomobilin içinde bulunan bilgisayar USB kablosu ile yapılmıştır (Resim 3.4).



Resim 3.4: İvme Ölçerin Araç İçinde Bağlantısının Yapıldığı Bilgisayar.

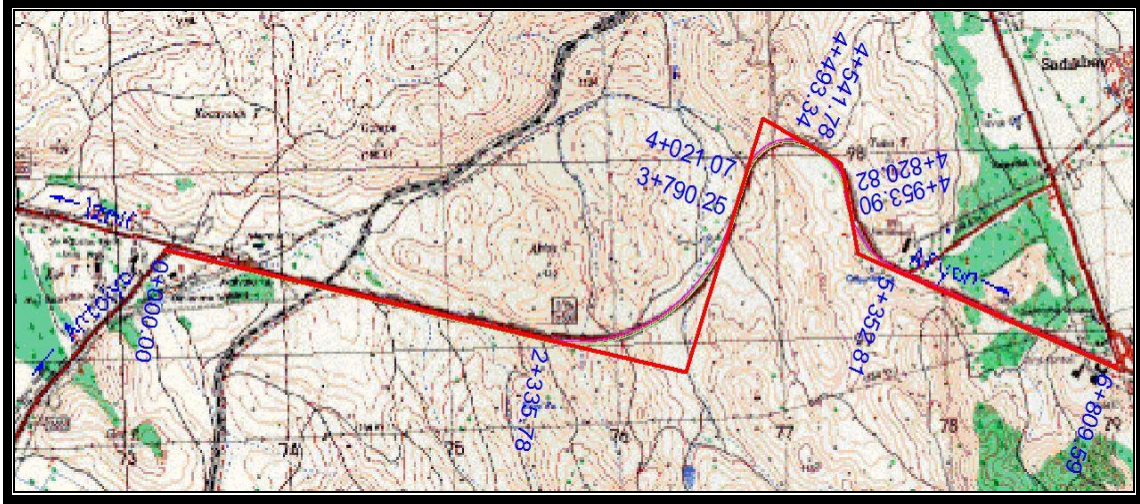
Çalışmada öncelikli amaç Konum bilgileri ve ivmeölçer ile elde edilecek değerlerin eş zamanlı olarak tespiti olduğundan GPS ve ivme ölçer zamanları senkronlanmıştır. Böylelikle 1 noktada elde edilen konum bilgisi ile ivme ölçer verisi eşlenebilecektir. Resim 3.5'te gösterilen kontrol ünitelerinin, aracın üzerine monte edilen GPS alıcılarıyla bağlantıları bluetooth ile sağlanmıştır. Araç hareket halindeyken konum bilgileri araç içerisinde bulunan kontrol ünitelerinde depolanacak şekilde GPS'ler hazır hale getirilmiştir.

Ölçümün gerçekleştirildiği gün hava sıcaklığı 21° C olup hava güneşli ve rüzgarsızdır. Yol sıcak asfalt kaplıdır. Yol yüzeyinde dikkate alınabilecek kadar bir bozukluk bulunmamaktadır.



Resim 3.5: RTK CORS Kontrol Üniteleri

Aracımız ölçüm durumuna hazır hale getirildikten sonra güzergah olarak belirlenen Afyonkarahisar-İzmir-Antalya Karayolunun Antalya yol ayrımı başlangıç kilometresi kabul edilerek 70km/h hızla bitiş noktası olarak belirlediğimiz Kütahya yol ayrımı 6+809,59 kilometreye kadar olan kısımda ivme ölçer verisi ve konum bilgileri eş zamanlı toplanmıştır(Şekil 3.1). Aynı güzergahta dönüş yapılarak 70 km/s hızda Antalya yol ayrımına kadar olan kısımda tekrar veri toplanmıştır. Antalya yol ayrımından Kütahya yol ayrımına kadar olan kısımda hız 50 km/h alınarak gidiş dönüş şeklinde tekrar ivme verisi ve konum bilgisi toplanmıştır. Dönüş istikametinde ki trafik yoğunluğu nedeniyle hem 70 km/h hem de 50 km/h hızlarda sağlıklı veri toplanamamıştır. Bu nedenle değerlendirmeye, Antalya yol ayrımından başlayarak Kütahya yol ayrımına kadar olan gidiş yönü verileri alınmıştır.



Şekil 3.1: Ölçüm yapılan Afyonkarahisar-İzmir Karayolu

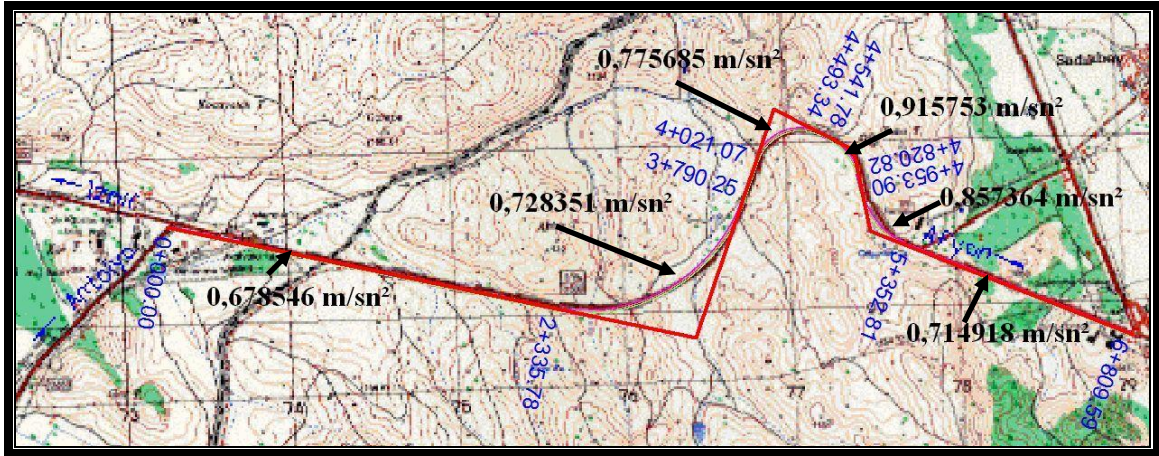
Topladığımız konum bilgileri güzergahın geometrik yapısının anlaşılabilmesi için, sayısal ortama aktarılmıştır. Burada alinyiman ve kurbaları tespit etmek için aracımızın izlediği doğruları teğet kabul ederek, aracımızın dairesel harekette bulunduğu noktaları da bu doğrulara teğet yay şeklinde alarak kurb yarıçapları ve alinyimanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Buna göre güzergah başlangıcımız olan Antalya yol ayrımı 0+000 km'den 2+335.78 km'ye kadar olan kısım alinyiman, 2+335.78 km'den 3+790.25 km'ye kadar olan kısım yaklaşık 1001 m yarıçapa sahip 1454.74 m uzunluğunda kurb(1), 3+790.25 km'den 4+021.07 km'ye kadar olan kısım alinyiman, 4+021.07 km'den 4+493.34 km'ye kadar olan kısım yaklaşık 275 m yarıçapa sahip 472.26 m uzunluğunda kurb(2), 4+493.34 km'den 4+541.78 km'ye kadar olan kısım alinyiman, 4+541.78 km'den 4+820.82 km'ye kadar olan kısım yaklaşık 328 m yarıçapa sahip 279 m uzunluğunda kurb(3), 4+820.82 km'den sonra 4+953.90 km'ye kadar olan kısım alinyiman, 4+953.90 km'den 5+352.81 km'ye kadar olan kısım yaklaşık 420 m yarıçapa sahip 400 m uzunluğunda kurb(4), 5+352.81 km'den ölçümümüzü tamamladığımız Kütahya yol ayrımına olan 6+809.59 km'ye kadar alinyiman olarak belirlenmiştir. Bu güzergah tespiti, aracımızın izlediği yolda toplanan konum bilgilerine göre yapılmıştır. Söz konusu Afyonkarahisar-İzmir-Antalya Karayolu yaklaşık 20 yıl önce projelendirildiğinden, bu yol ile ilgili proje bilgilerine ulaşılamamıştır.

Güzergah üzerinde ivme ölçer ile yaklaşık 6810 metrede 70 km/h hızda 35000 ivme verisi toplanmıştır. Aynı güzergahta 50 km/h hızda yaklaşık 49000 ivme verisi

toplanmıştır. İvme ölçer araca göre, ileri yönlü (x), arcın yan yönleri (y) ve yerin ağırlık merkezine doğru (z) olmak üzere her bir yönden saniyede 100'er veri toplamıştır. Bu verilerden bizim için önemli olan aracın merkez kaç kuvvetinden etkileşimini gösteren faktörlerden y yönünde olan ivme verisi değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre, başlangıçtan başlayarak 1. kurba kadar olan kısımda ki alinyiman, onu takip eden 4 kurb ve 4. kurbdan sonraki bitişe kadar olan alinyimandaki y yönü ivme ölçer verileri alınmıştır. Kurblar arası alinyimanlar da geçişlerdeki geometrik değişimden dolayı ivme değerinin etkilenebileceği göz önüne alınarak değerlendirmeye alınmamıştır. İvme değerleri hem kurblarda hem de alinyimanlar da geçişlerden kaynaklanan geometrik değişimlerden en az etkilenmesi için alinyiman ve kurb başlangıç-bitişlerinden 100'er metre içten alınmıştır.

4. BULGULAR

Öncelikle güzergahımız olan Afyonkarahisar-İzmir-Antalya Karayolu Antalya Yol ayrımı 0+000.00 km'den Kütahya yol ayrımı 6+809.59 km'ye kadar olan kısımda 70 km/h hızda topladığımız ivme verileri, konum bilgileri ile eşlenerek her kurba ve alinyimana gelen (y) yönü ivme verisinin ortalamaları alınmıştır. İvme verileri ortalamalarına bakıldığında başlangıçtan 1. kurba kadar olan kısımda 0.678546 m/sn^2 , 1. kurba 0.728351 m/sn^2 , 2. kurba 0.775685 m/sn^2 , 3. kurba 0.915753 m/sn^2 , 4. kurba 0.857364 m/sn^2 ve 4. kurb sonundan ölçümün sona erdiği kısımda kalan alinyimanda 0.714918 m/sn^2 ivme ölçer ile ortalama y yönü değeri tespit edilmiştir. Bu değerlerin kilometre aralığına göre ifadesi Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1 de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Güzergahtaki Y Yönlü İvme Değişim Hareketleri (70 km/h).

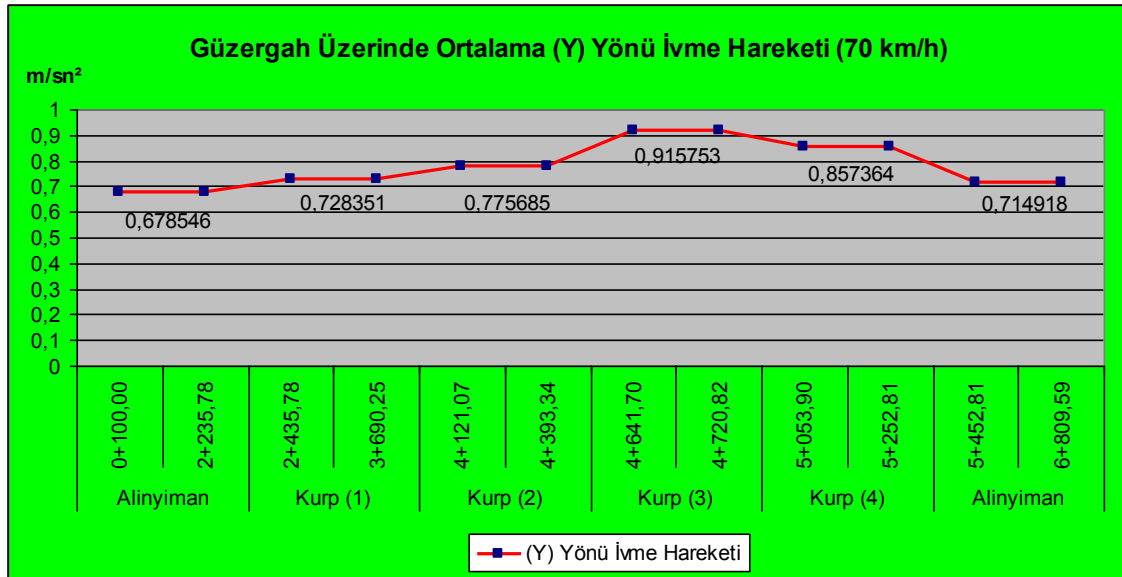
Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1'de belirtilen ivme değerlerinde aracın donanımından (amortisör, lastik genişliği araç genişliği vb.) kaynaklanan direnç göz ardı edilmiştir. Burada ivme ölçerinin tespit ettiği değeri direkt alınmıştır.

Güvenlik ve kapasite açısından taşıtların kurbaları sürekli bir hareketle ve alinyimanda ki hızını mümkün mertebe muhafaza edecek şekilde dönmesi istenir. Kurb üzerinde seyreden bir taşıt merkezkaç kuvvetten doğan bir enine ivmeye maruz kalır. Yol geometrisi ile bu oluşan enine ivmenin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Güzergahımızın durumuna baktığımızda 2+335.78 km'den sonra başlayan ve birbirini takip eden 4 kurbun bulunduğu görülmektedir. Bu güzergahta güvenlik ve konfordan

bahsedilebilmesi için oluşan enine ivme değerlerinin güzergah boyu birbirine yakın değerlerde olması beklenmektedir.

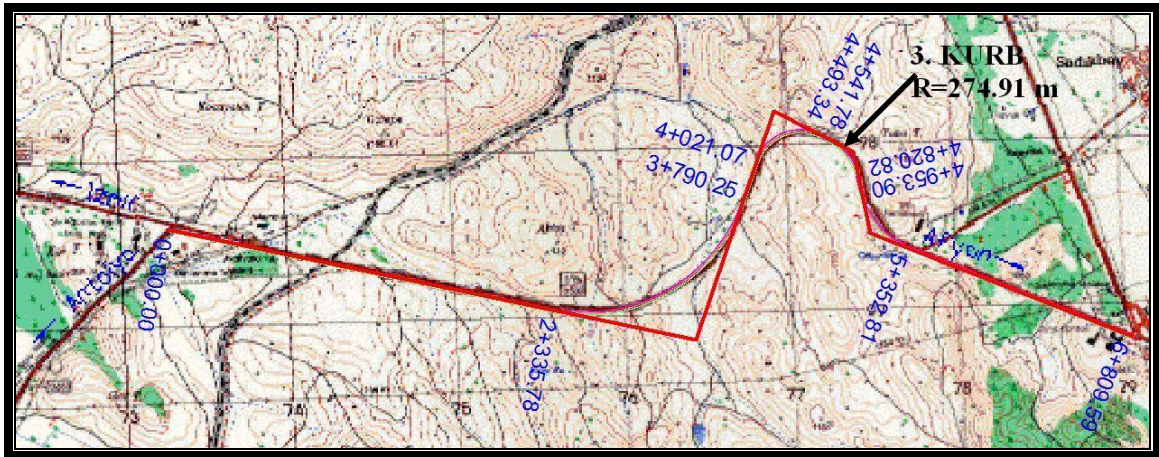
Çizelge 4.1: 70 km/h Hızda Y Yönünde Tespit Edilen Ortalama İvme Verisi

Kilometre	Ara Mesafe	Ortalama Y Yönü İvme Verisi	Geometrik Durum	Kurb Yarıçapı
	(m)	(m/sn ²)		(m)
0+000,00	2335,78	0,678546	Alinyiman	-
2+335,78	1454,47	0,728351	Kurb	1001,77
3+790,25	230,82	-	Alinyiman	-
4+021,07	472,27	0,775685	Kurb	274,91
4+493,34	48,36	-	Alinyiman	-
4+541,70	279,12	0,915753	Kurb	327,52
4+820,82	133,08	-	Alinyiman	-
4+953,90	398,91	0,857364	Kurb	421,79
5+352,81	1456,78	0,714918	Alinyiman	-
6+809,59				



Şekil 4.2:Güzergahtaki Y Yönlü İvme Değişim Hareketleri (70 km/h).

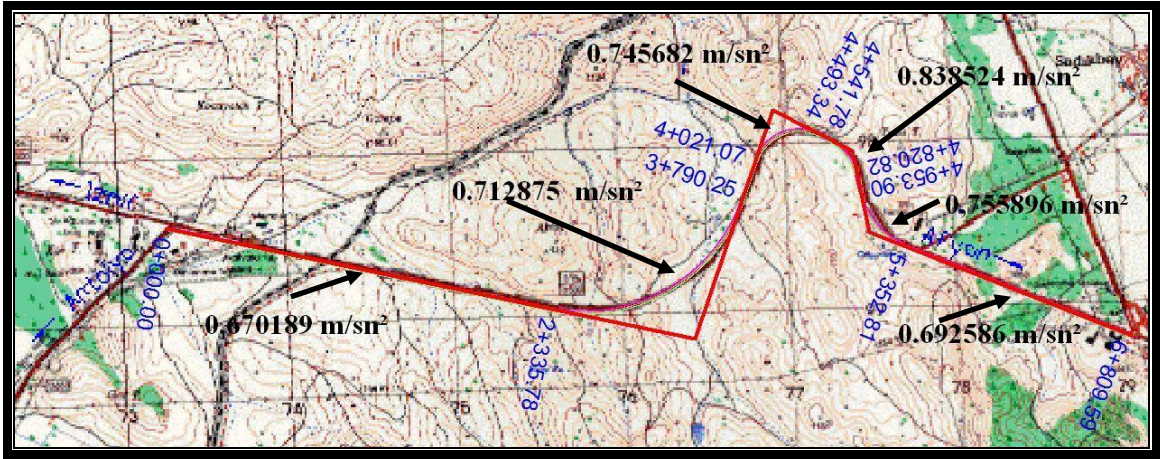
Güzergah boyunca inceleme yapıldığında, 3. kurbda (Şekil 4.3) (y) yönündeki ivmenin diğerlerine nazaran oldukça yüksek olduğu görülmektedir. 3. kurbun araç üzerindeki merkez kaç kuvveti etkisinin en çok hissedildiği yer olduğu gözlemlenmiştir(Şekil 4.2).



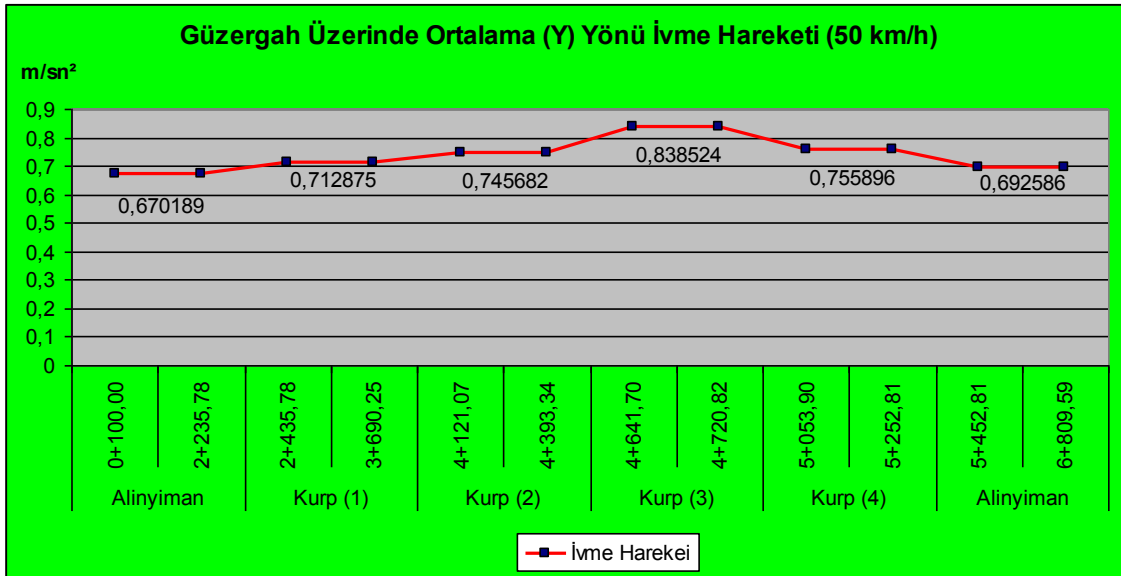
Şekil 4.3: İvme değerlerinin yüksek çıktığı 3. Kurb.

Durumun daha iyi incelenebilmesi için güzergah üzerinde 50 km/h hızda alınan ivme verileri de değerlendirilmiştir. 50 km/h hızda değerlendirmeye alınan ivme verileri de gidiş yönü olan Antalya yol ayrımından başlayarak Kütahya yol ayrımına kadar olan kısımda tespit edilen verilerdir.

50 km/h Hızda toplanan ivme verileri ortalamalarını aldığımızda başlangıçtan 1. kurba kadar olan kısımda 0.670189 m/sn², 1. kurbda 0.712875 m/sn², 2. kurbda 0.745682 m/sn², 3. kurbda 0.838524 m/sn², 4. kurbda 0,755896 m/sn² ve 4. kurb sonundan ölçümün sona erdiği kısımda kalan alinyimanda 0.692586 m/sn² ivme ölçer ile ortalama y yönü değeri tespit edilmiştir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).

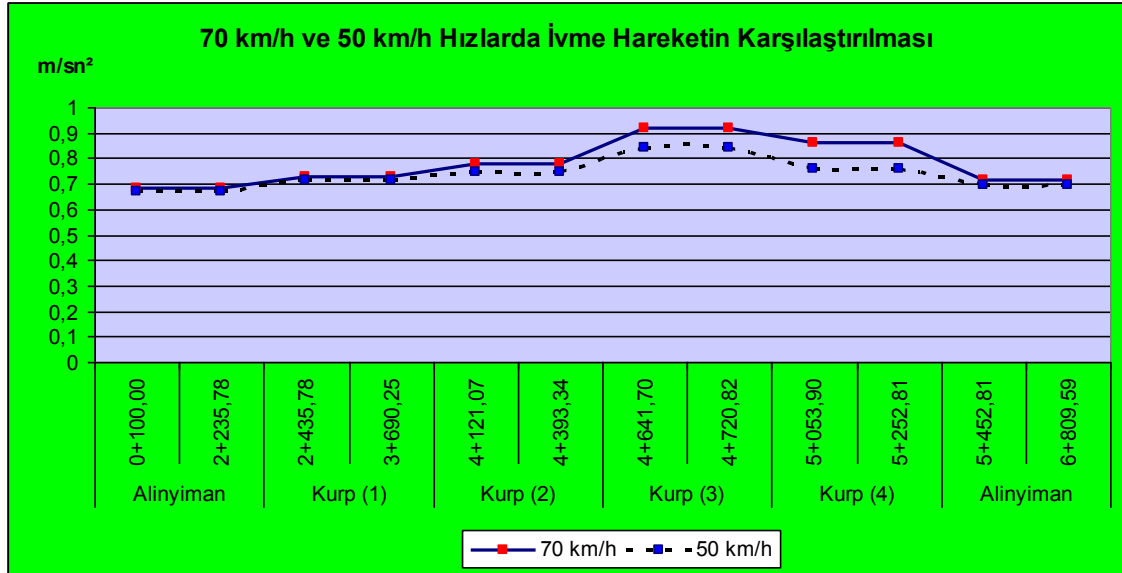


Şekil 4.4:Güzergahtaki Y Yönlü İvme Değişim Hareketleri (50 km/h).



Şekil 4.5:Güzergahtaki Y Yönlü İvme Değişim Hareketleri (50 km/h).

Güzergah üzerinde 50 km/h hızda alınan ivme verilerinden yola çıkarak kurb ve alinyiman geçişlerinin daha yumuşak olduğu görülmektedir. Fakat 3. kurbda diğerlerine göre ivme verisi yüksektir.



Şekil 4.6: 70 km/h ve 50 km/h hızlarda İvme Hareketinin Karşılaştırılması.

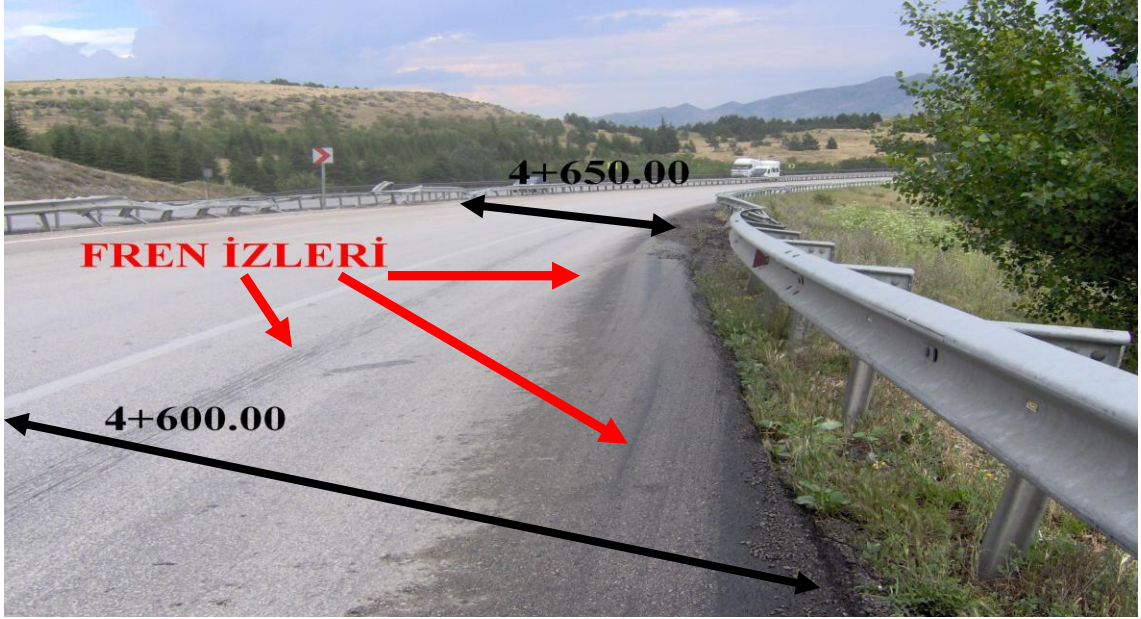
Bu güzergahtaki 70km/h ve 50 km/s hızlarda tespit edilen değerler karşılaştırıldığında hız düştükçe kurlarda tespit edilen ivme değerlerinin birbirine yaklaştığı Şekil 4.6 de görülmektedir. 3. Kurbda 50 km/h hızda tespit edilen ortalama ivme verisi 70 km/s hızda tespit edilen ortalama ivme verisinden düşük olmasına rağmen halen diğer kısımlardan daha yüksek değerlere sahiptir. 50 km/h hızda dahi 3. kurb üzerinde ivme etkisi diğerlerine nazaran daha çok hissedilir durumdadır.

İvmenin diğer kısımlara göre farklılık gösterdiği 3. kurba bakıldığında bariyerlerin hasarlı olduğu görülmektedir(Resim 4.1). Ayrıca 3. kurb üzerinde araçların oluşturduğu fren izleri gözlemlenmektedir(Resim4.2). Yol üzerinde herhangi bir deformasyon yoktur. Burada gözlemlenen durum aracın kurbu rahat alamaması ve savrulmasından dolayı olduğu belirgin şekilde gözükmemektedir.



Resim 4.1: Üçüncü Kurb Üzerinde Hasar Görmüş Bariyerler

4



Resim 4.2. Üçüncü Kurb Üzerinde Fren İzleri

Y yönlü ivme değerlerinin yüksek çıktığı üçüncü kurb üzerinde oluşan kazaların geneli sürücü kusuru olarak Afyonkarahisar Trafik Şube kayıtlarına geçmiştir. Bu kısımda yol geometrisinden kaynaklı her hangi bir kaza kaydı bulunmamaktadır. Bu kısımda oluşan kazaların birçoğu da maddi hasarlı olduğu için sürücüler tarafından kayıtlara geçirilmemektedir. Sürücüler genelde küçük çaplı sadece maddi hasarlı trafik

kazalarında araç muayenesi, sigorta vb. eksiklerden dolayı kendi açılardan daha fazla bir sorunla karşılaşmamak için bu gibi durumların bildirimini yapmaktan kaçmaktadırlar.

Yol da bulunan bariyerler yol bakım onarım çalışmalarını yapan Karayolları Müdürlükleri tarafından ancak 1-2 gün sonra fark edilerek onarılmaktadır. Bariyerlerin devamlı olarak ikinci, üçüncü ve dördüncü kurbda yenilendiği, bariyerler yakından incelendiğinde görülmektedir. Bu onarımların en sık yaşandığı kısım ise ortalama y yönü ivme değerlerinin yüksek çıktığı üçüncü kurbdur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öncelikli amaç olan konum bilgisi ve ivme verisinin eş zamanlı olarak toplanmıştır. Toplanan verilerden yola çıkılarak güzergah üzerinde kazaların yoğunlaştığı kısımda olan bir kurbda y yönü ivme değerinin, belirlenen güzergahtaki diğer kısımlardan yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Güvenlik ve konfor göz önüne alındığında alinyimandan kurblara geçişte hızın kesilmeden merkez kaç kuvvetinden olabildiğince az etkilenmesi gerekmekte olup, merkez kaç kuvvetinin değişiminin güzergah boyunca araca etkisinin mümkün mertebe yaklaşık değerlerde olması gerekirdi. Fakat üçüncü kurbda bu etki diğerlerine nazaran yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Üçüncü kurb üzerinde hem 70 km/h hızda hem de 50 km/h hızda toplanan ivme verileri karşılaştırdığımızda hızın düşmesiyle beraber yanal ivmenin araç üzerindeki etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Fakat aracın güzergahta hareketi sırasında kurb ve alinyiman geçişlerinde yanal ivme etkisinin yol konforu ve güvenliği açısından üçüncü kurb üzerinde etkisinin 50 km/h hızda da devam ettiği görülmektedir.

Güzergh olarak aldığımız Afyonkarahisar-Antalya-İzmir Karayolu şehirler arası bölünmüş yoldur. Bu yolda ölçümlerin yapıldığı tarihte hız sınırı 90 km/h'dir. Fakat ölçümlerimizde göstermektedir ki bu güzergah üzerinde bulunan üçüncü kurbda konfor ve güvenliğin sağlanması için hızın 50 km/h altında olması gerekmektedir. Buda şehirlerarası bir yolda ekonomik değildir. Bu yola 90 km/h hızda giren bir aracın kaza yapma olasılığı yüksektir.

Güzerghın durumuna bakıldığında bölünmüş, sıcak asfalt kaplı ve deformasyona uğramamış bir yol olduğu görülmektedir. Burada kurbların birbiri ardına gelmesi ve bununla birlikte uygun geometrinin sağlanmaması burada oluşan kazaların başlıca nedeni durumundadır. Fakat bu güzergah üzerinde oluşan kazalarda yol geometrisinden neden olduğu bir kaza bulunmamaktadır. Bu durum mevcut mevzuat ve teknik yetersizlik nedeniyle trafik kazalarına etki eden sebepler analizinin tam anlamıyla yapılamadığını ortaya koymaktadır. Yol kenarlarına tesis edilen hız düşürücü işaretler

nedeniyle, oluşan kazalar mevzuattan dolayı sürücülerin bu işaretlere uyması gösterilerek sürücü kusuru olarak kayıtlara geçmektedir. Değerlerin yüksek çıktığı üçüncü kurbda yol geometrisinin de kazalarda etkili olabileceği şimdiye kadar hiç göz önüne alınmamış olduğu kaza kayıtlarından ortaya çıkmaktadır.

Trafik kazalarına karşı önlem alınabilmesi için öncelikle kaza sebeplerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile yol geometrisinden kaynaklanan kazaların ortaya çıkarılabilmesi için bir örnek yaratılmıştır.

Bu tezde vurgulanan yol geometrisinin trafik kazalarına etkisinin öncelikle iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Mevzuatta ve ilgili kanunlarda bu konu hakkında gerekli düzenlemenin yapılmasına önemle ihtiyaç duyulmaktadır. Buna paralel olarak yol yapım ve onarım faaliyetlerini yürüten kurumların teknik yönden güçlendirilerek eğitiminin sağlanması önemlidir. Ayrıca kazalarını kayıt altına alan trafik denetçilerinin mevzuat dışında teknik yönden de eğitilmesi kaza nedenin daha objektif olarak değerlendirilmesine yol açacak, dolayısıyla alınacak önlemlerde daha gerçekçi olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, 2001, Devlet Planlama Teşkilatı 8. beş yıllık kalkınma planı ulaştırma özel ihtisas komisyonu raporu trafik düzeni, karayollarında can güvenliği alt komisyonu raporu, 17s., Ankara
- Anonim, 2000, Sweroad Karayolları tasarım raporu, 4s., 5s., Ankara
- Demiröz, A., 2006, Trafik kazalarının nedenleri ve önlenmesinde halkla ilişkilerin önemi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 11s., 18s., Ankara
- Güngör, O., 2000, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS'in Jeodejik Çalışmalarda Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 15s., 22s., Trabzon
- İstek, A., 2007, Trafik kazalarının azaltılması için alınacak iyileştirme tedbirlerinin fayda ve maliyet analizi, Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi, 18s, 12s, 8s., Elazığ
- Karadayı, E., 2004, Türkiye'deki trafik kazalarının oluşma sebeplerinin araştırılması ve eskişehir-bozüyük karayolunun geometrik standartlarının yol güvenliği ile ilişkisinin incelenmesi, Anadolu Üniversitesi Porsuk Meslek Yüksekokulu, 2s, Eskişehir
- Kahveci, M, 2009 " Kinematik GNNS ve RTK CORS Ağları" Geçek Zamanlı Sabit GNNS, 63-77 s, Ankara
- Korkmaz , Y., 2005, Türkiye Karayollarında meydana gelen trafik kazalarının çoklu regresyon analizi ile modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 4s.,16s., Kırıkkale
- Müler; 1984 ingenieurgeodasie-Verkehrsbau-Grundlagen; 8s.,Berlin Almanya
- Tasouji, N., 2007, Kentiçi kavşaklarda kentsel planlama/tasarım ve uygulamadan kaynaklanan sorunların trafik kazalarına etkisinin analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 10s., Ankara
- Yüksel, S. 2003, Türkiye'de kent içi karayolu güvenliği üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 12s., Balıkesir

6.1 İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

- | | |
|---|------------|
| 1 - http://www.cumhuriyet.com.tr/?hn=134800 | 20.05.2010 |
| 2 - http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/DevletIlYolEnvanter/SatihYolAgiUzunlugu.pdf | 20.05.2010 |
| 3- http://www.msxlabs.org/forum/fizik/260317-ivme-nedir.html | 21.05.2010 |
| 4 - http://www.e3tam.com/destek/Algilayicilar_(Sensors-Transducers).htm | 21.05.2010 |
| 5- http://www.elektroforum.org/endustriyel-otomasyon/9528-ivme-olcer-sensor.html | 21.05.2010 |

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Umut TUNCEL

Doğum Yeri : Gümüşhane

Doğum Tarihi : 13.08.1977

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Nilüfer Anadolu Ticaret Meslek Lisesi (1994-1995)

Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi(2006-2007)

Yüksek Lisans: Afyon Kocatepe Üniversitesi(Devam etmekte)

Çalıştığı Kurum ve Yıl

TEDAŞ 2004 – Devam etmekteyim