

47046

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜLKEMİZ KARAYOLLARINDA  
UYGULANMAKTA OLAN ASFALT BETON  
KAPLAMALARIN PERFORMANSININ  
YÜKSELTİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

İnşaat Müh. Mustafa BOZYİĞİT  
F.B.E İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Programı'nda  
hazırlanan  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Mustafa ILICALI

İSTANBUL 1995

## İÇİNDEKİLER

### SAYFA NO

TÜRKÇE ÖZET

SUMMARY

TEŞEKKÜR

AMAÇ

1. GİRİŞ

1

2. ÜLKEMİZ KARAYOLLARININ BUGÜNKÜ DURUMU

2

3. ÜSTYAPI TANIMI VE ÜSTYAPIYA GELEN ETKİLER

8

3.1. Trafik Etkisi

9

3.2. İklim Etkisi

13

4. ESNEK YOL ÜSTYAPISINDA KULLANILAN MALZEMELER

17

4.1. Agregalar

17

4.2. Bitümlü Bağlayıcılar

18

4.3. Bitümlü Karışımlar

20

5. ESNEK ÜSTYAPI TİPLERİ

22

5.1. Sathi Kaplamalar

22

5.2. Beton Asfalt Kaplamalar

22

5.2.1. Bozulma ve Nedenleri

23

6. BU ÇALIŞMADA ÜLKEMİZ KARAYOLLARINDA İNCELENEN  
KESİMLERİN TANITILMASI

6.1. Kapıkule Kınalıköprü

33

6.2. İzmit-Gebze

35

6.3. Harem-Pendik

36

7. YAPILAN ÇALIŞMALARDAN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

37

EKLER

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında yardımlarını esirgemeyen Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim üyelerinden Sayın Hocam Doç.Dr. Mustafa ILICALI'ya teőekkürü borç bilirim. Ayrıca kıymetli zamanlarını ayırıp çalıőmalarımda beni destekleyen ve yardım eden Karayolları 1.Bölge Müdürü Asfalt Baőmühendisi Coőkun ERÖZKAN'a , Araştırma Servisi Bölümü Mühendis ve çalıőanlarına, ve Araç. Gör. Halit Özen'e teőekkürlerimi sunarım.



## ÖZET

Beton asfalt gibi, karışım tipinden olan bitümlü kaplamaların hizmet ömrü boyunca işlevini yerine getirebilmesi, ancak bu kaplamaların deformasyona karşı korunabilmeleri ile mümkün olacaktır.

Bu çalışmada deformasyona yol açan etkiler araştırılmış, bu etkilerin oluşturduğu bozulma türleri tespit edilmiştir.

Daha sonraki bölümde ülkemizde bu bozulmalara karşı yapılan işlemler anlatılarak, gelişmiş ülkelerde yapılan uygulamalar karşılaştırılmıştır.

Son bölümde ise buraya kadar çıkarılan deformasyonları önlemek için önerilere değinilmiştir.

## ABSTRACT

It is possible to get bituminous layers protected against deformations to give good service during its service life, such as concrete asphalt.

In this study, it is investigated the affects that cause deformations and established the deformation types that arises because of the above mentioned affects.

In the next section it is explained the prosseses that implemented on this deformations in our country and compared with the implemantations that are in the developed countnles.

In the last section some recommandations are presented to prevent the investigated deformations in this study.

## AMAÇ

Bu tez çalışmasında karayolları yatırımlarının ülke ekonomisindeki payı dikkate alınarak, karayolları üstyapı yenileme çalışmalarının daha verimli bir şekilde inşa edilmesi ve hizmet sürelerinin arttırılması çareleri araştırılmıştır.



## 1. GİRİŞ

Yol üstyapıları imal edildikleri malzemeye bağılı olarak, esnek yapılar ve rijit yapılar olmak üzere ikiye ayrılır.

Esnek yol üstyapıları, satıh tabakaları bitümlü malzeme, temeli bitümlü ya da granüler malzeme olabilen alt temeli daima granüler malzeme olan üstyapılardır.

Rijit üstyapılar ise satıh tabakası Portland çimentosu betonu olan ve bazen granüler bir alttemel (kaplama altı) tabakası üzerine oturan kaplamalardır. Bu iki tip arasında ayrıca "yarı-esnek" üstyapılar da vardır.

1950'den sonra asfalt uygulaması kademeli olarak yaygınlaşmış ve asfalt kaplama yapımında belli bir teknoloji ve tecrübe seviyesine ulaşılmıştır. Asfalt betonu tatbikatı portland çimentosu betonuna kıyasla daha kolay bulunmuştur. Türkiye'de çimento üretimi uzun bir süre beton yol yapımına yönelmeye imkan verecek seviyeye ulaşamamıştır. Bu nedenlerden dolayı ülkemizde bugüne dek trafik hacmi belli bir düzeye ulaşmış yollarımızda asfalt betonu Portland çimentosu betonu kullanımına tercih edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, asfalt beton karışımların performansını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen faktörler araştırılmıştır.

## 2. ÜLKEMİZ KARAYOLLARININ BUGÜNKÜ DURUMU

Ülkemizdeki karayolları; devlet yolları, il yolları ve köy yolları olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

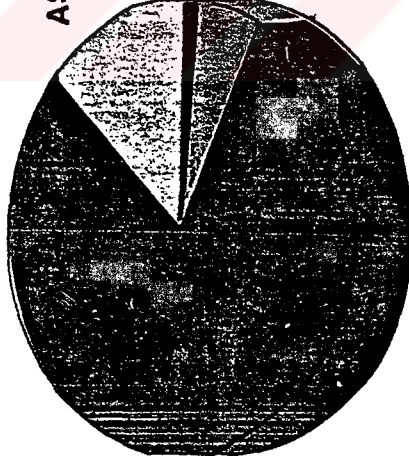
Devlet ve il yolları Bayındırlık Bakanlığı bünyesindeki Karayolları Genel Müdürlüğü, Köy yolları ise Köy İşleri Bakanlığı bünyesindeki Yol-Su-Elektrik İşleri Genel Müdürlüğü (YSE) tarafından planlanır, yapılır ve bakım altında tutulur. Ayrıca, düşük standartlı ve ayrı bir sınıf olarak kabul edilebilecek olan Orman Yolları'nın planlanması yapım ve bakımı ise Orman Bakanlığı tarafından yürütülür.

Ocak 1991 itibarı ile KGM'nün yapım onarım ve bakımdan sorumlu olduğu Devletve İl yollarının toplam uzunluğu 59.128 km'dir. Bu ağın 31.149 km'si Devlet, 27.979 km'si il yoludur. Ayrıca 281 km trafiğe açık, 1721 km'de proje halinde otoyol vardır.

1983-1993 Ulaştırma Ana Planı'nın Karayolu Planı bölümünde, Ana Plan dönemi sonunda Devlet Yollarının tümünün "asfalt kaplamalı" hale getirileceği Y.O.G.A.T.T. (Yıllık Ortalama Günlük Ağır Taşıt Trafiği) 500'ün üstünde olan yollarda bitümlü sıcak karışım (asfalt betonu) diğer yollarda sathi (yüzeysel) kaplama uygulanacağı belirtilmiştir.

# DEVLET VE İL YOLLARI SATIŞ DURUMUNA GÖRE UZUNLUK (%)

SAT. KAP. 66 %



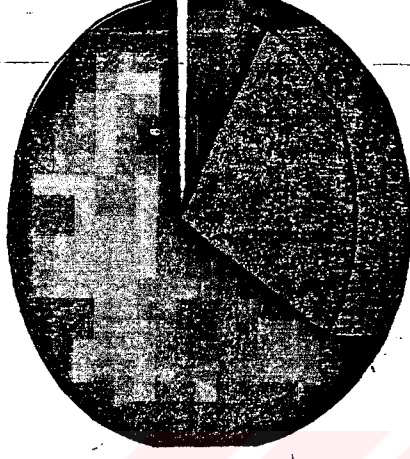
SAT. KAP. 80 %

ASF. BET. 13 %

GV 1 %

STAB. 6 %

DEVLET YOLLARI



ASF. BET. 0 %

G.V. 4 %

TOPRAK 5

STAB. 25 %

İL YOLLARI

## İÇİNDEKİLER

### SAYFA NO

TÜRKÇE ÖZET

SUMMARY

TEŞEKKÜR

AMAÇ

1. GİRİŞ

1

2. ÜLKEMİZ KARAYOLLARININ BUGÜNKÜ DURUMU

2

3. ÜSTYAPI TANIMI VE ÜSTYAPIYA GELEN ETKİLER

8

3.1. Trafik Etkisi

9

3.2. İklim Etkisi

13

4. ESNEK YOL ÜSTYAPISINDA KULLANILAN MALZEMELER

17

4.1. Agregalar

17

4.2. Bitümlü Bağlayıcılar

18

4.3. Bitümlü Karışımlar

20

5. ESNEK ÜSTYAPI TİPLERİ

22

5.1. Sathi Kaplamalar

22

5.2. Beton Asfalt Kaplamalar

22

5.2.1. Bozulma ve Nedenleri

23

6. BU ÇALIŞMADA ÜLKEMİZ KARAYOLLARINDA İNCELENEN  
KESİMLERİN TANITILMASI

6.1. Kapıkule Kınalıköprü

33

6.2. İzmit-Gebze

35

6.3. Harem-Pendik

36

7. YAPILAN ÇALIŞMALARDAN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

37

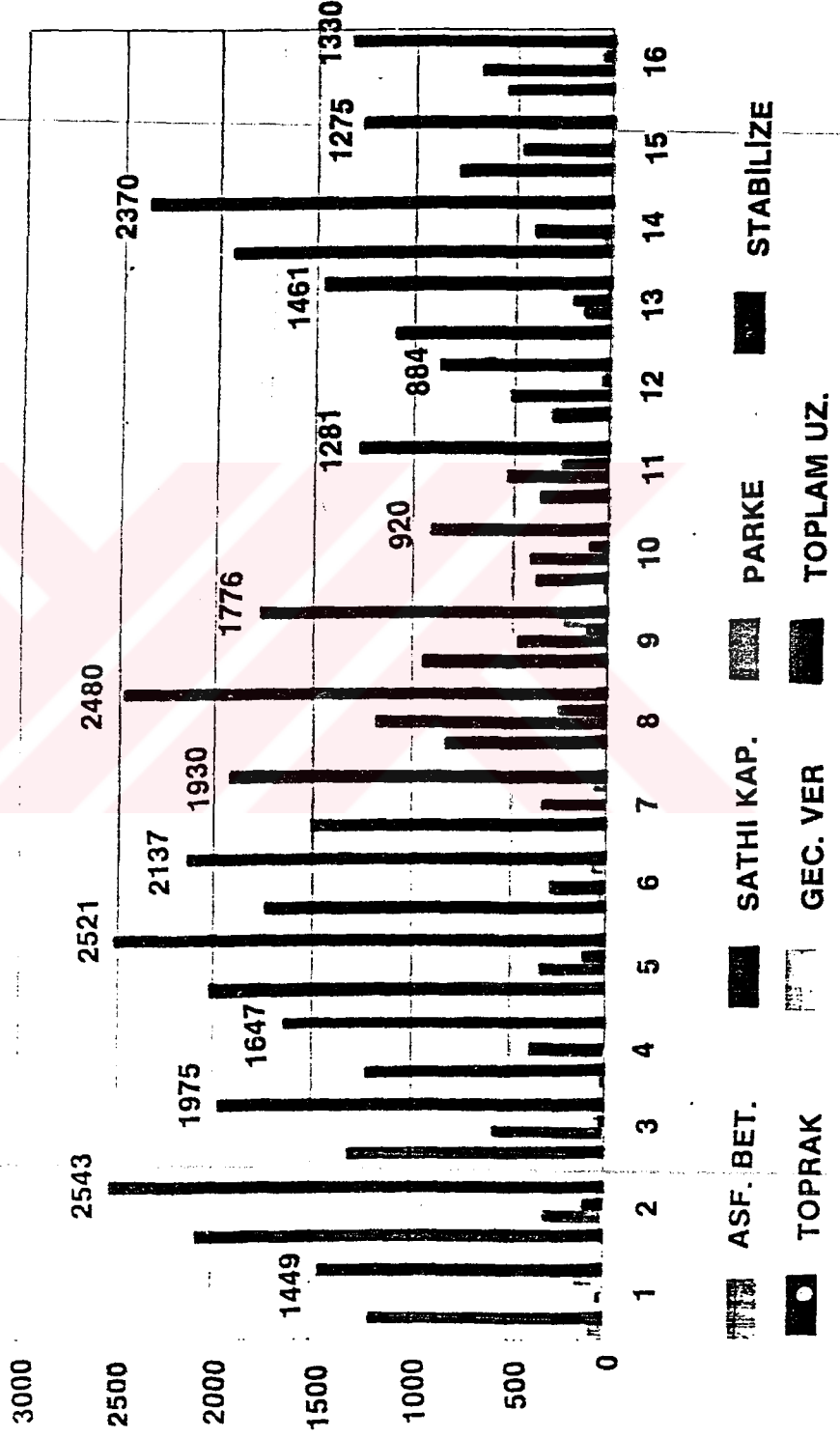
EKLER

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

# İL YOLLARI

SATIŞ DURUMUNA GÖRE UZUNLUK (KM.)





1991 yılı itibarı ile Devlet ve İl yollarının 4.261 km'si asfalt beton, 43.200 km'si sathi kaplama, 136 km'si parke, 8.803 km'si stabilize, 1.356 km'si toprak ve 1.372 km'si geçit vermez yollardan oluşan Őebeke toplam uzunluğu 59.128 km'dir.

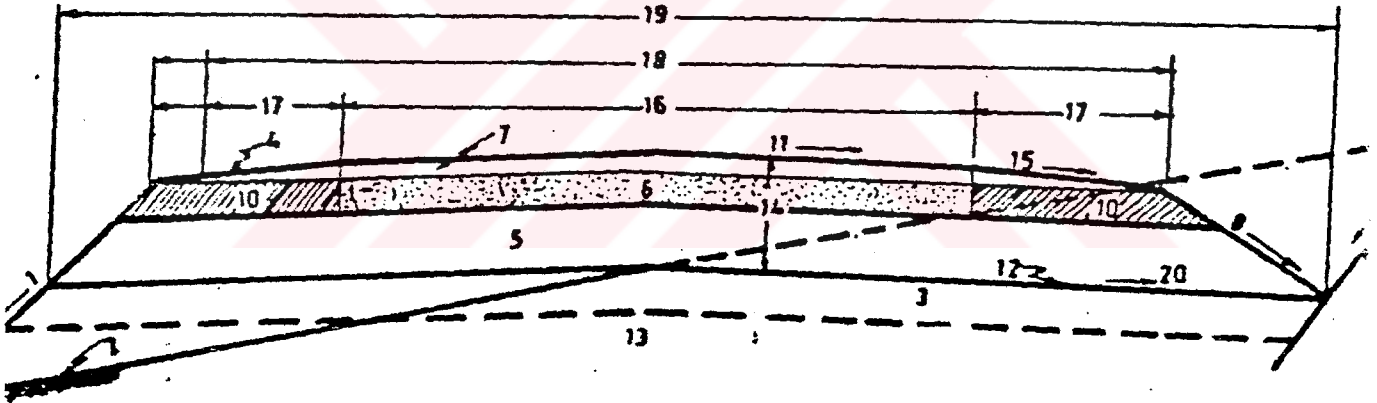


### 3. ÜSTYAPI TANIMI VE ÜSTYAPIYA GELEN ETKİLER

Yol üstyapıları imal edildikleri malzemeye bağlı olarak, esnek üstyapılar ve rijit üstyapılar olmak üzere ikiye ayrılır.

Tesviye yüzeyi ile sıkı bir temas sağlayan ve yükleri taban zeminine dağıtan, tabakalı bir sistem olarak oluşturulan üstyapı tipine esnek üstyapı denir.

Oldukça yüksek eğilme mukavemetine sahip ve Portland çimentosundan yapılmış tek tabakalı plak vasıtasıyla yükleri taban zeminine dağıtan üstyapı tipine de rijit üstyapı adı verilir.



- 1- DOLGU SEVİ
- 2- TABİİ ZEMİN
- 3- SEÇME MALZEME TABAKASI (GEREKLİ OLDUĞU DURUMDA)
- 4- BANKET KAPLAMASI
- 5- ALT TEMEL
- 6- TEMEL TABAKASI
- 7- KAPLAMA TABAKASI
- 8- HENDEK SEVİ
- 9- YARMA SEVİ
- 10- BANKET TEMELİ

- 11- YOLUN ENİNE EĞİMİ
- 12- TABAN YÜZEYİ (TESVİYE YÜZEYİ)
- 13- YOL GÖVDESİ (TABAN ZEMİNİ)
- 14- ÜST YAPI PROJE KALINLIĞI
- 15- BANKET EĞİMİ
- 16- TRAFİK SERİTLERİ GENİSLİĞİ
- 17- BANKET GENİSLİĞİ
- 18- YOL GENİSLİĞİ (PLATFORM GENİSLİĞİ)
- 19- ÜST YAPI TABAN GENİSLİĞİ
- 20- TABAN YÜZEYİNİN ENİNE EĞİMİ

Şekil 3.1. Esnek Üstyapı Enkesiti

## ÜSTYAPIYA GELEN ETKİLER

Trafik yükleri, çevre ve iklim koşulları üstyapı projelendirmesinde dikkate alınan önemli bir konudur. Bu koşulların üstyapının davranışını oldukça etkilediği, yapılan araştırmalar sonucu açık bir şekilde belirlenmiştir. Koşullar uygun olmadığı zaman (yağışlardan, don çözülmelerinden dolayı taban zeminlerinin suya doymuş hale gelmesi gibi) trafik yükünün yola verdiği zarar, uygun koşullar altında vereceği zarardan çok daha büyüktür. Üstyapı bu olumsuzluklardan dolayı bozulmakta, böylece daha kısa bir hizmet ömrüne sahip olmaktadır. Bu nedenle üstyapıya gelen etkilerin bilinmesi gerekir. Bu etkileri iki başlık altında toplamak mümkündür; trafik etkisi ve iklim etkisi.

### 3.1. TRAFİK ETKİSİ

Yol üstyapısında trafik etkisinin bilinmesi için aşağıdaki faktörlerin açıklanması gerekir :

- a) Trafik değerleri, Kamyon ve Tır'ların trafik içindeki oranı,
- b) Dingil yükleri,
- c) Tekerlek değme basıncı,
- d) Yükleme modu (yükleme hızı ve zamanı).

Kaplamaya gelen trafik yüklerinin değişimi nedeniyle kaplamada bozulmalar meydana gelir. Projede belirlenen orandan daha fazla ağır trafik geçtiğinde, trafik yükleri kaplamanın çatlamasına ve deforme olmasına neden olur. Ağır taşıtlar tüm taşıtlar içinde % 10 - 40 arasında bulunmaktadır. Buna ek olarak ağır taşıtların % 20 - 30'luk bö-

lümü şehirler arasında yola çıkmakta, % 10'luk bölümü ise şehiriçi yollarda trafiğe çıkmaktadır.

Dingil yükleri teknolojinin gelişmesi ve gelişen yük taşımacılığı nedeniyle artmaktadır. Dingil yüklerinin artması ise yol üstyapısına gelen yüklerin artmasına yol açar. Artan yükler ise bozulmaların artmasına neden olmaktadır. Bozulmalar malzemenin direnci üzerinde yüklenmesinin sonucudur.

Yol üstyapısına gelen yüklerin etkisi ise bozulma cinsinden

$$a_i = \left( \frac{P_i}{P_m} \right)^4 \quad n_i = n \cdot a_i \quad \text{olur. Burada ;}$$

$a_i$  = Bozulma oranı,

$P_i$  = Uygulanan yük,

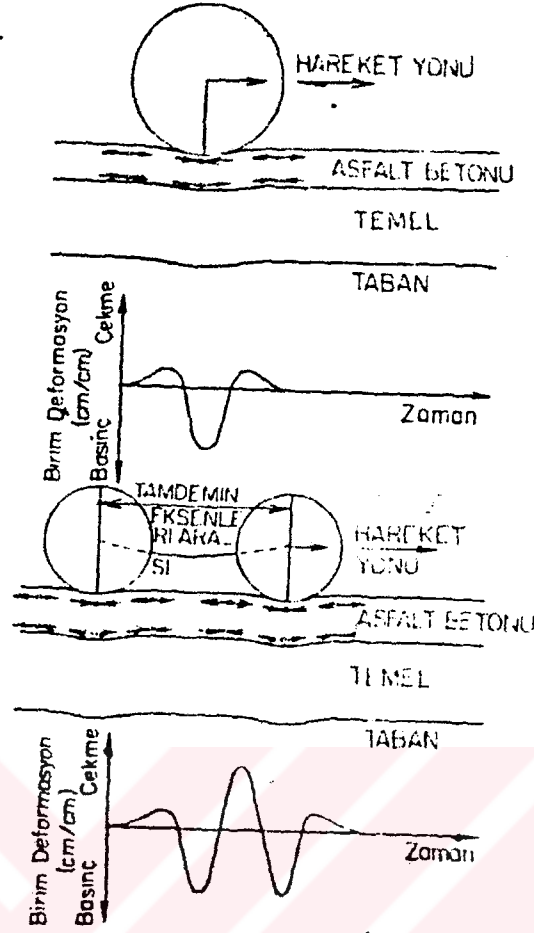
$P_m$  = Mısade edilen yük,

$n_i$  =  $P_i$  yükünün geçiş sayısı

$n$  =  $P_m$  yüküne eşit olarak hesaplanan  $P_i$  yükünün geçiş sayısı.

Bu formülden de görüldüğü gibi yükteki artış ile kaplamada oluşan bozulma artmaktadır. Bozulmaların artması kaplamanın işlevini yitirmesine ve kaplama ömrünün azalmasına neden olur.

Tek ve tandem dingille kaplamaya yük geldiğinde kaplamada oluşan gerilmeler ve gerilmelerin oluşturduğu deformasyonlar Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

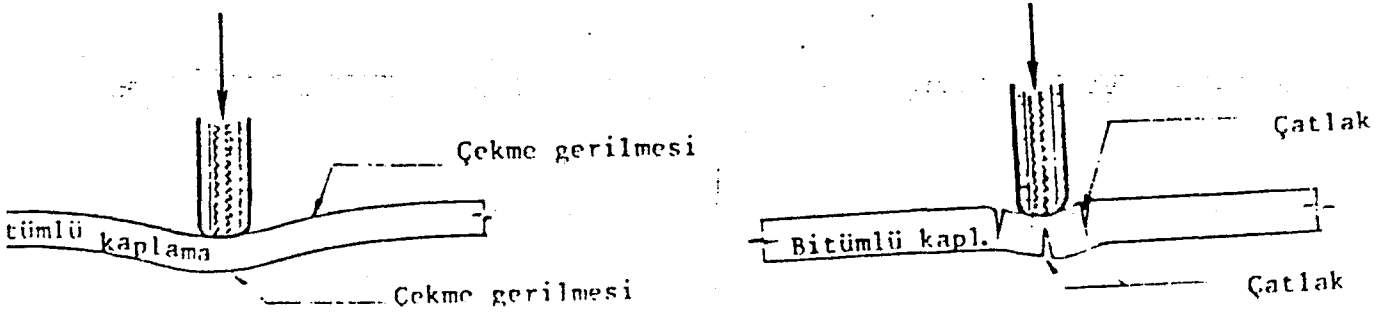


Şekil 3.4.

Bir asfalt betonu kaplamanın üst düzeyindeki herhangi bir noktada tekil dingilin her geçişinde 2 kez çekme ve 1 kez basınç tandem dingilin her geçişinde de 3 kez çekme ve 2 kez basınç gerilmesi oluşmaktadır. Yollarda oluşan çekme gerilmeleri 15 - 20 (N/cm<sup>2</sup>).10<sup>-1</sup> dolayındadır.

Bir üstyapının bozulması ya yüzeydeki kaplama tabakası ile temel tabakasının arakesitindeki aşırı çekme veya temel tabakasındaki aşırı basınçtır. Yol üstyapısının boyutlandırılmasında  $z$  ve gerilme değerlerinin her tabaka için kritik gerilme değerlerinin altında ol-

ması gerekir. Eğer çekme gerilmeleri aşırı ise, yüzeydeki kaplama tabakasının temelle arakesitinde çatlaklar oluşur ve bu çatlaklar yukarı doğru yayılır. Eğer gerilmeler aşırı ise temel tabakasında üniform olmayan önemli oturmalar olur ve bunun sonucunda kaplama tabakasında büyük çekme gerilmeleri oluşur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kaplama tabakasının aşırı çekme gerilmeleri altında bozulması.

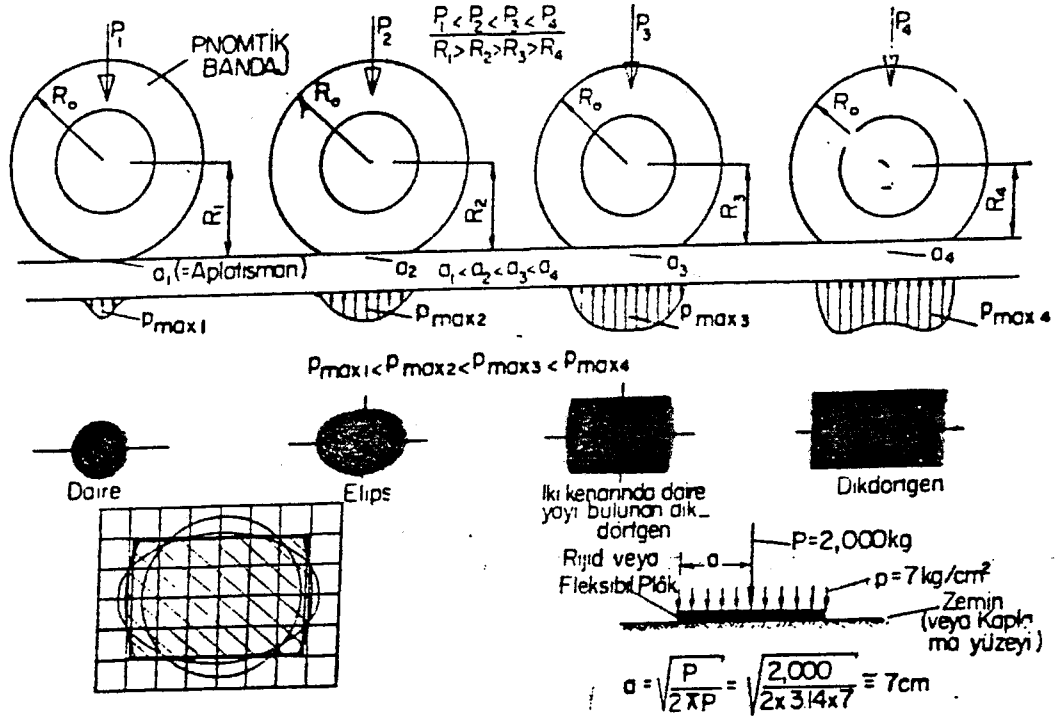
Tekerleğin yol yüzeyine değdiği yerdeki değme basıncı ise yalnızca tekerleğe uygulanan basınca bağlı olmayıp tekerlek cinsine ve tekerlek iç basıncına da bağlıdır. Buna ek olarak tekerlek yükü ve tekerlek hızına bağlı olarak da, değme basıncı değişik değerler alır.

Genel olarak Avrupa'daki tekerlek basınçları :

8 - 10 tonluk tek dingil için  $5 - 7 \text{ kg/cm}^2$

13 tonluk tek dingil için  $6,5 - 8,0 \text{ kg/cm}^2$

arasındadır. Tekerlek yüklerine göre bandaj değme alanları ve bu alanlar üzerindeki gerilme dağılışı Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Çeşitli tekerlek yüklerine göre bandaj değme alanları ve alanlar üzerindeki gerilme dağılışı.

### 3.2. İKLİM ETKİSİ

Yol kaplamaları yalnızca trafik etkileri altında değildir. Kaplamalarda yolun geçtiği bölgenin iklim şartlarına göre değişik gerilmeler doğar. Bu etkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu etkiler aşağıda gösterildiği şekilde incelenmiştir.

#### 3.2.1. Sıcaklığın Etkisi

Sıcaklığın asfalt betonu kaplamalar üzerine etkisi değişik şekillerdedir. Ayrıca sıcaklık bitümlü kaplamalarda fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemede de önemli rol oynar.

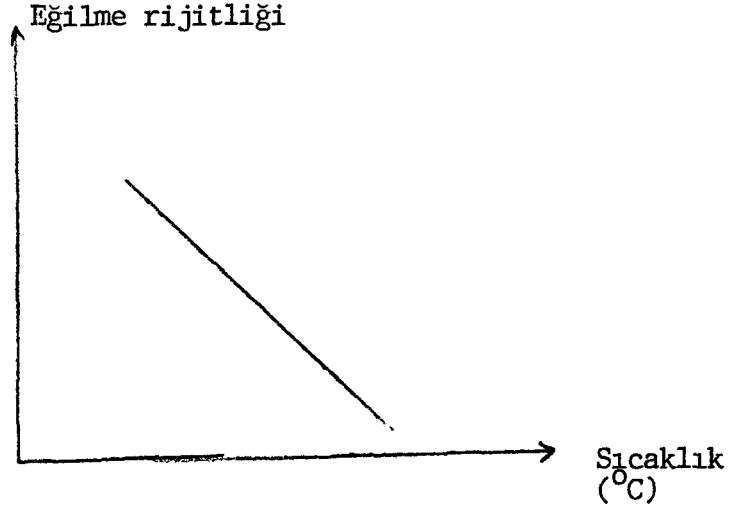
Asfalt kaplamalar siyah ve ısı geçirimsizlikleri fazla olması nedeniyle, ısıdan doğrudan etkilenirler. Sıcaklığın artması ile kaplamanın viskozitesi azalır ve kaplama üzerine gelen yükler nedeniyle çok çabuk deforme olur.

Sıcaklığın düşmesi halinde ise, asfalt kaplamalar büzülmeğe çalışır. Fakat temel tabakası buna karşı koyar. Bunun sonucu olarak kaplamada çekme gerilmeleri oluşur. Diğer taraftan agregaların hacimsel genleşme katsayıları  $3,5 \cdot 10^{-5}$ , asfaltın ise  $6 \cdot 10^{-4}$  dır. Hacimsel genleşme katsayıları arasındaki fark agrega ile asfalt arasındaki çekme gerilmelerini arttırır. Bu çekme gerilmeleri arttıkça agrega asfalttan ayrılır. Böylece yapıda yer yer oyuklar meydana gelir.

Sıcaklığın bazen de asfalt kaplamaya dolaylı yönden etkisi vardır. Normal sıcaklıkla belirli bir yük altında kaplamada oluşan deformasyonlar, yüksek sıcaklıkla aynı yük altında daha da artmaktadır. Düşük sıcaklıklarda ise kaplama deforma olmaksızın çatlamakta ve kırılan hale gelmektedir.

Sıcaklık, asfalt kaplamalarda mekanik özellikleri de etkilemektedir. Kaplamanın gösterdiği rijitlik ve kaplamanın eğilme rijitliği sıcaklık arttıkça azalmaktadır (Şekil 3.7).

Bu etkiye önlem olarak sıcaklığın fazla olduğu bölgelerde asfalt betonunda kullanılan asfaltın penetrasyon derecesi düşük seçilmeli, sıcaklığın çok düşük olduğu bölgelerde ise yüksek penetrasyonlu asfalt kullanılmalı veya asfalt çimentosunun eğilme özelliklerini iyileştiren önlemler alınmalıdır.



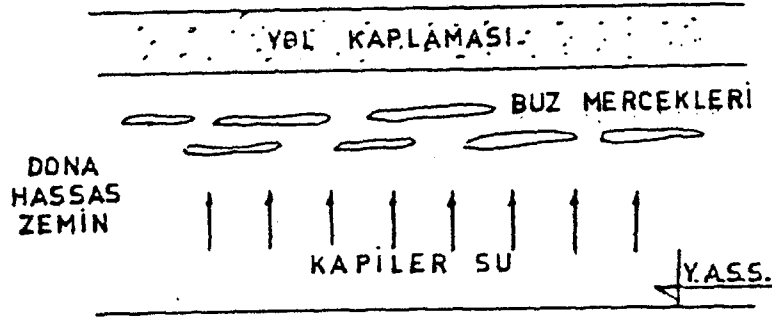
Şekil 3.7.

### 3.2.2. Don Etkisi

Kaplamalarda don etkisi genellikle don kabarması olarak görülür. Don kabarması kaplamanın doğal zeminde ve temel tabakasında oluşan buz mercekleri nedeniyle yukarıya doğru yükselmesine denir.

Kışın don etkisiyle taban zemininde ve temel tabakasında bulunan sular buz şekline dönüşerek % 9'a varan oranda hacim artışı yaparlar. Hacmin artmasıyla tabakalarda oluşan şişmeler, yol üstyapısına etkiyerek üstyapının kabarmasına neden olur (Şekil 3.8). Fakat don kabarmasının olması için şu şartların hepsinin bir sırada bulunması gerekmektedir.

- i) Don'a karşı duyarlı taban zemini,
- ii) Yavaşça azalan bir hava sıcaklığı,
- iii) Zeminin içinde suyun bulunması.



Şekil 3.8.

Hava sıcaklığının azalması nedeniyle, zemin içindeki su bundan etkilenecek soğumaya başlar. Soğuyan su önce buz kristaline dönüşür. Eğer zemin kapilarite yönünden duyarlı ise, zemindeki buz kristalleri, buz mercekleri meydana getirinceye kadar büyür ve donar. Donma sonucu da zeminde hacimce genişlemeler olur ve üstyapıya gelen yükler yapıda çekme gerilmeleri oluşturur.

#### 4. ESNEK YOL ÜSTYAPISINDA KULLANILAN MALZEMELER

Esnek üstyapıda kullanılan malzemeleri agregalar ve bitümlü bağlayıcılar olmak üzere iki kısma ayırmak mümkündür. Burada, bu iki ana malzeme grubunun özellikleri ve bu iki malzemenin karıştırılmasıyla elde edilen bitümlü karışımlar incelenecektir.

##### 4.1. Agregalar

Yol inşaatında kullanılan taş ve agrega malzemesi doğal kayalardan veya metalurjide elde edilen cürüflardan faydalanılarak sağlanır. Doğal kayalar büyük bloklar halinde veya bunlardan elde edilen malzeme (çakıl) şeklinde kullanılır. Yol inşaatında iri daneler bir konkasörden geçirilerek istenen malzeme sağlanır. Doğal agregalar grubuna giren kayaların aşınmasından oluşan en dayanıklı mineral danelerinin son tortularından oluşan diğer malzeme de kum'dur.

Yapay agrega grubuna giren malzemelerden de cüruf, klinker ve çimento sayılabilir. Bu malzemeler yüksek fırınlarda agreganın belli reaksiyonları sonucu oluşur.

Bitümlü kaplamalar yönünden kullanılacak agreganın, kökeni ne olursa olsun, her kaplama tipi için, şartnamelerde verilen fiziksel özellikleri sağlaması gerekir. Ancak istenen bütün koşulları sağlayan bir agrega, yol yapımında kullanılabilir.

#### 4.2. Bitümlü Bağlayıcılar

Yol işlerinde kullanılan bitümlü malzeme esas itibarıyla bitüm'den oluşur. Bir bitümlü malzemenin yol yapımındaki değeri, içinde bulunan bitümün miktar ve özelliğine bağlıdır.

Doğal veya pirojen orijinli hidrokarbonların veya bunların her ikisinin bir araya gelmiş şeklinin, çoğunlukla metal olmayan bileşenleri ile birlikte ve gaz, sıvı, yarıkatı ya da katı halinde bulunan ve karbon sülfürde tamamen eriyen karışımlarına bitüm denilir.

Hidrokarbonlu bağlayıcılar katranlar ve asfaltlar olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Katran ve asfalt fizik özelliklerinden ötürü esnek yol kaplamalarının yapımında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Hidrokarbonlu bağlayıcılar sıcaklığa bağlı olarak sıvı yarıkatı veya katı halde bulunurlar. Isıtma veya özel hazırlama yolu ile sıvı hale getirilerek kullanılmaları mümkündür. Fakat sıvı halden de tekrar derhal yapışkan hale gelerek kohezyon ve adezyon özelliklerini gösterirler.

##### 4.2.1. Katran (RT)

Zift ile hafif ve ağır yağların doğal veya yapay karışımıdır. Genellikle ham maden kömürünün karbonizasyonu sırasında çıkan buharların yoğunlaştırılmasıyla bir yan ürün olarak elde edilir.

Katran'ın taş elemanlara yapışabilme özelliği asfaltınkinden daha iyidir. Buna karşılık katran'ın kıvamı sıcaklığın değişimi ile daha çok değişiklik gösterir, daha çabuk bozular. Özellikle sıcak ülkelerde bu durum kendisini daha çok gösterir. Çünkü aynı viskozite hali için katran yağları asfaltta bulunan yağlardan daha fazla uçucudur. Bu nedenle katranlar çabuk kuruyarak kırılabilir hale gelmektedir.

#### 4.2.2. ASTM'e Göre Asfalt

Rengi siyahtan koyu kahverengine kadar değişebilen, kıvamı katı ya da yarıkatı olan, ısıtıldığı zaman yavaş yavaş yumuşayan bileşimindeki esas madde bitümden ibaret olan ve doğada katı ya da yarıkatı halde bulunabilen veya petrolü damıtmak yoluyla elde edilen veya değişik orijinli bitümlerin karışımından oluşan bağlayıcı malzeme olarak tanımlanır. Doğal asfalt kaynaklarının veya ham petrolün damıtılmasından elde edilir.

Doğal asfaltlar; kaya asfaltları ve göl asfaltları şeklinde doğada bulunur. Ham petrolün endüstrideki damıtımı sonunda elde edilen asfaltta çökelek veya rafineri asfaltı denir.

Bundan başka bir petrol asfaltı yani rafineri asfaltı yine bir petrol distilatı ile (gazyağı, fuel-oil, mazot ile rafineride asfalt henüz sıcak iken) yumuşatılan, viskozitesi ve bunun yolda sertleşme derecesi kullanılan yağın karakteristiklerine bağlı olarak değişen asfalt türüne de likit asfalt (katbek asfaltları) denir. Kuruma hızlarına göre üç gruba ayrılır;

- abuk kuruyan (RC),
- Orta hızla kuruyan (MC)
- Yavaş kuruyan (SC)

Bunların yanına (0) dan (5)'e kadar kıvamı gösteren bir sayı gelir. Bu sayı büyüdükçe (0 5) kıvam artar.

#### 4.2.3. Asfalt Emülsiyonları

Bitümlü bağlayıcılar arasında asfalt emülsiyonları ve dopları da sayabiliriz. Asfalt emülsiyonları kolayca çok akıcı bir bağlayıcı teminine imkan vermekte olup katbeklerde olduğu gibi kesilme hızlarına göre, çabuk kesilen RS, orta hızla kesilen MS, yavaş kesilen SS olmaktadır. Emülsiyonun stabilitesi emülsifin daha etkin seçilmesi veya dozajı ile ayarlanır. Bunlar tozlu zeminlerde bile kesilmezler. Bu tip emülsiyonlar zeminlerin stabilizasyonunda da kullanılabilir. DOP'lar ise verilen bir taş cinsi için, hidrokarbonlu malzemelere katılarak adezyonu arttırmak için kullanılır. Sıcaklık 100-150°C'yi geçince dop bozulur.

#### 4.3. BİTÜMLÜ KARIŞIMLAR

Bitümlü karışımlar agrega ile bitümlü bağlayıcı malzemeden oluşur. Bu karışımlar serbest agrega malzemesine göre çok pahalı olduklarından yol yapımında çoğunlukla, yalnızca kaplama tabakalarının yapımında kullanılırlar. Bitümlü karışımlar pahalı olmakla beraber birçok yararlı özelliklere sahiptir :

a) Yol düzgün yüzeyli olur, taşıtların tekerlek sürtünmesi nedeniyle yaptığı görültü önemli ölçüde azalır. Konfor artar, tekerlekler daha az aşınır.

b) Bağlayıcı malzeme agrega danelerini çok iyi şekilde birbirine bağladığı için taşıtların taş fırlatması tehlikesi ortadan kalkar.

c) Oldukça geçirimsiz bir yol yüzeyi elde edilir.

Yapım sırasında karıştırma makinesinde veya laboratuvarda hazırlanmış sıkışmış bitümlü karışım örnekleri aşağıdaki fizik özelliklere sahip olmalıdır.

- 1) 60°C deki stabilite değeri 400 kg'dan az olmamalıdır.
- 2) Akma değeri 8 - 20 olmalıdır.
- 3) Boşluk yüzdesi 6-10 olmalıdır.

## 5. ESNEK ÜSTYAPI TIPLERİ

Yollarda temel tabakası üzerine konan bitümlü kaplama tabakaları, genellikle yapım ve çalışma ilkeleri oldukça farklı iki tipe ayrılırlar :

- Yüzeysel (sathi) Kaplamalar : Bağlayıcı ve agregaya yol yüzeyine ayrı ayrı serilerek sıkıştırılır. Karıştırma söz konusu değildir.

- Bitümlü Karışımlarla Oluşturulan Kaplamalar : Agregaya bağlayıcı ile karıştırılmış halde yola serilir.

### 5.1. Yüzeysel (Sathi) Kaplamalar

Yüzeysel kaplama, yol yüzeyine ince bir film halinde asfalt veya katran veya ikisinin karışımını sermek, sonra bunun üstünü tabaka halinde agregaya ile örtmek suretiyle yapılan bir kaplama şeklidir. Bir veya çok tabakalı olarak inşa edilir. Yüzeysel kaplamanın ömrü ve kalitesi, kullanılan malzemelerin özelliklerine (viskozite-boyutlar-yüzey özellikleri) bağlıdır.

### 5.2. Beton Asfalt Kaplamalar

Asfalt betonu, çok dikkatli bir şekilde oranları saptanmış bulunan iri agregaya, ince agregaya ve filler ile asfalt çimentosunun sabit karıştırma tesislerinde sıcaklık nem ve bileşim bakımından çok sıkı bir kontrol altında karıştırılmasıyla elde edilir. Asfalt betonu kaplamalar en gelişmiş kaplama türü olup, ağır trafikli yollarda, otoyollarda, hava alanı pistlerinde uygulanır. Yüksek dirence sahiptirler, maliyet-

leri oldukça yüksektir. Belirli bir stabiliteye sahip olduklarından yükü alt tabakalara yayarlar. Kademeli inşaaata uygundur. Kendi takviyeleri kolay olduğu gibi diğer bitümlü kaplamalar üzerine bir ileri kademe olarak serilebilirler. Özellikle bakım ve onarım trafik altında yapılabilir. Servis yollarına ihtiyaç göstermezler.

Asfalt betonu inşası büyük özen gerektirmektedir. Sıcaklık, optimum asfalt ve filler muhtevasında küçük değişiklikler performansını ve bakım masraflarını büyük ölçüde etkilemektedir. Asfalt betonu imalat ve özellikle yapımının müteaddit ısıtma gerektirmesi, sıkıştırmanın daha zor olması gibi nedenlerle, betona nazaran daha fazla enerji tüketimine yol açtığı söylenebilir. İnce asfalt dışındakiler, ıslak ve kuru halde kaymaya karşı dirençli bir yüzey gösterirler.

Asfalt Betonu Yapısı :

Asfalt betonu yapılmasında iki tip bağlayıcı kullanılır. Bunlar;

- i) Asfalt çimentosu (AC)
- ii) Katran (RT)'dir.

#### 5.2.1. Beton Asfaltın Bozulması ve Nedenleri

##### 5.2.1.1. Terleme :

Asfalt satıh üzerinde yer yer asfalt küreciklerinin oluşturduğu asfalt filmi.

Nedenleri :

- 1- Astar tabakasının lüzumundan fazla tatbik edilmesi,
- 2- Bitümlü karışımındaki bağlayıcı asfalt miktarının fazla olması,

- 3- Astar tabakasının uygun yapılmayışı,
- 4- Satıha zarar verecek eriticilerin dökülmesi,
- 5- Karışımdaki bitüm yüzdesinin fazlalığı,
- 6- Trafik yükünün oluşturduğu basınç,
- 7- Asfaltı az veya yanık bitümlü karışım.

Zararları :

Asfalt beton yüzeyinde ayrışma ve bozulmalar oluşur.

#### 5.2.1.2. Yığılma-Ondülasyon

Yol üzerinde trafiğin akışına göre enine doğrultuda oluşan ve aralıkları hemen hemen eşit olan belirli şekilde dalgaya benzeyen yüzey deformasyonu tipidir.

Nedenleri :

- 1- Silindirajın gerektiği gibi yapılmaması,
- 2- Bağlayıcı asfalt miktarının fazlalığı,
- 3- Malzemenin rutubet oranının düzensizliği,
- 4- Serme kalınlığının icabından fazla olması,
- 5- Yapıştırma malzemesinin miktar olarak lüzumundan fazla tatbik edilmesi,
- 6- Asfalt tabakasının stabilite eksikliği.

Sürüş konforu özelliğinin azalmasına, hatta trafik akışının da düzgün akmasına engel olacağından taşıt dengesinin bozulmasına neden olur. Böylece o yolun hizmet düzeyi üzerinde olumsuz bir etki yapar.

Çözüm :

Bu tip kusur; tamamen kaplama tabakasıyla ilgilidir. Bozulmaların olduğu kısım sökülerek düzgün olan bölgeye kadar uygun bir serme kalınlığı alınarak, yeni malzeme eklenmelidir.

5.2.1.3. Çatlamlar :

1) Timsah sırtı çatlama : Timsah derisini andırır şekilde küçük poligon serileri teşkil eden birbirine bağlı çatlamlardır.

Nedenleri :

- a) Fazla miktarda yük tekrarı (Yorgunluk),
- b) Kaplama tabakasının yetersiz kalınlığı,
- c) Kaplama altındaki tabakaların yetersiz kalınlığı,
- d) Kaplama altındaki tabakaların yüksek deformasyonlarından dolayı malzemelerin dağılımı, ayrışımı,
- e) Yetersiz drenaj,
- f) Karışımın kırılğan gevrekliği ve soğuk havalardaki oluşan gevreklik.

2) Yorgunluk çatlakları : Küçük bloklar serisi şeklinde birbirine bağlı çatlamlardır.

Nedenleri :

- a) Dingil yüklerinin tekrarı,
- b) Trafik hacminin artması,
- c) Asfaltın oksidasyonu,

- d) Karışımda lüzumundan fazla ince agrega bulunması,
- e) Bitümlü karışımdaki asfalt miktarının azlığı.

3) Büzülme Çatlakları : Timsah sırtı çatlamalara benzer. Ancak bloklar daha büyük, keskin ve dik açılıdır.

Nedenleri :

- a) Stabil olmayan temel,
- b) Silindiraj ağırlığının fazlalığı,
- c) Fazla silindiraj.

4) Kenar Çatlakları : Yol eksenine (uzunlamasına) paralel ve genellikle kaplama kenarında 30 cm içte oluşur. Yanlamasına banketlere doğru çatlak dallarda oluşabilir.

Nedenleri :

- a) Çatlama alanının altındaki malzemenin oturmasından,
- b) Yetersiz drenajdan,
- c) Don tesirinden,
- d) Çevreleyen toprağın (banketlerin) büzülmesinden (kaplama ile banket arasındaki nem farklılığından) kaplamaya yakın bitki örtüsü de son duruma neden olur.

5) Şerit derzleri boyunca oluşan çatlaklar : İki kaplama şeridi arasında oluşan çatlaklardır.

Nedenleri :

- a) Bitümlü kaplama tabakalarının birden fazla ve derzlerin aynı kesitte olması,

b) Kaplamalar arasında silindirajın düşük suhunette yapılması.

6) Yansıma Çatlakları : Bu tip çatlaklar, kaplama altındaki tabakaların çatlama ve yarıma şekillerinin kaplamaya yansımasıdır.

Nedenleri :

- a) Asfalt betonun sert veya yar-sert tabakalar üzerine yapılması,
- b) Kaplama altındaki tabakaların trafik ve iklim etkisiyle değişik davranış göstermesi.

7) Kayma Çatlakları : Ağır araçların ani fren yaptıkları yerlerde (çukur ve kavşaklar) oluşan parabolik şekildeki çatlaklar.

Nedenleri :

- a) Tabakaların birbirine oranla yanal hareketlerinden,
- b) Asfalt betonun çekme mukavemetinin düşüklüğü,
- c) Tabakaların birbirine aderansının sağlanamaması.

**ÇATLAMANIN ZARARLARI :**

Çatlama/birim alan oranı o yolun çatlama derecesini vermektedir. Çatlamanın olduğu alan bozulduğu gibi, trafik yükü ve iklim koşulları nedeni ile kaplamadaki bozulmalar artar. Kaplamada yer yer kütle halinde kopmalar başlar. Bununla birlikte kaplamanın altındaki diğer tabakalarda yavaş yavaş etkilenir.

#### ÇÖZÜM :

Bu tip bozulmalara karşı en etkili tedbir; defleksiyonun kontrol altına alınması ve drenaj sisteminin devamlı sağlanmasıdır. Çatlama beton asfalt yollarda oluşan bozulmanın en genel halidir. Başta değinilen bozulmaların neticesi olarak değerlendirilebilir. Buradan hareketle, karışım kusurlarının (bitüm yüzdesi-iri agrega oranı) tespit edilmesi, devamında da uygun tabaka kalınlığı ve silindiraj gözönünde tutulmalıdır. Şartnamede izin verilen çatlama sınırları dışına çıktığında, oluşan çatlağın türü saptanıp, buna göre rehabilite edilmelidir.

#### 5.2.1.4. Çökme

Küçük alanların (yarıçapları 0,5 - 2,0 metre) yuvarlak şekilde normal kot seviyesinin altına düşmesi.

#### Nedenleri :

- a) Temel ve üst temelin yetersiz olarak bir noktada sıkıştırılması,
- b) Kaplamanın yapım sırasında yetersiz olarak bir noktada sıkıştırılması,
- c) Yetersiz drenajdan dolayı suyun temel altında birikimi.
- d) Temel ve alt temel malzemelerinin kille karışması,
- e) Temel tabakasının yerel olarak dağılımı.

#### Zararları :

Kaplamanın bozulmasına yol açan bu tip kusurlar özellikle yağışlı havalarda sürücüler açısından büyük tehlikeler arzedebilir. Ayrıca bu oluşan çukurlarda biriken sular, kaplamanın alt tabakalarına ulaştığında bu tabakaların da bozulmasına yol açar.

Çözüm :

Yolun tamamında drenajın etkin bir sistemle sağlanması gerekir. Çöken kısımlar uygun ve kaliteli malzeme ile yeniden yapılarak büyümesine meydan verilmemelidir.

#### 5.2.1.5. Serme Esnasında Satıhta Yırtılma

Nedenleri :

- a) Agrega gradasyon hatası,
- b) Bitümlü karışımdaki asfalt miktarının azlığı,
- c) Serici vurucu bıçaklarının aşınması veya yanlış ayarlanması,
- d) Serici üstünün ayırmış veya burkulmuş olması,
- e) Serici üstünün soğuk olması,
- f) Sericinin yüksek süratle yürütmesi,
- g) Bitümlü karışımın suhunetinin düşük olması,
- h) Bitümlü karışımdaki agreganın aşırı derecede segregasyonu,
- k) Yapıştırıcının az verilmesi.

Zararları :

Malzeme ve işçiliğin usulüne uygun yapılmadığı gözlenen bu tür kusurlar; özellikle kaplamanın esnek bir davranışını bozarlar.

Çözüm :

Yol inşası sırasında ortaya çıkan bu tür bozulmanın nedenleri tespit edilerek, önlenmelidir. Serme esnasında rastlanan bu hataya karşı, uygun malzeme kullanılarak bozukluk giderilmelidir.

#### 5.2.1.6. Mıcır Soyulması

Nedenleri :

- a) Karışımdaki kaba agrega yüzdesinin fazlalığı,
- b) Karışımdaki agrega homojenliğinin olmaması,
- c) Karışımdaki ince agrega yüzdesinin eksikliği,
- d) Karışımdaki bitüm yüzdesinin eksikliği,
- e) Silindirajın uygun yapılmaması,
- f) Kaba agrega danelerinin asfaltla iyi sarılmaması,
- g) Karışım anındaki ısı kontrolünün sağlanamaması.

Zararları :

Satıhta pürüzlülüğe yol açarak, malzemelerin dağılımı ve ayrışımını kolaylaştırır. Sürüş konforunu olumsuz yönde etkiler. Tabii zemin sularının kaplama tabakasına nüfuz etmesini sağlar.

Çözüm :

Kaplamadaki pürüzlülüğü önleyecek ve uygun bir yuvarlanma yüzeyi sağlayacak, aşınma tabakası ile desteklenmelidir.

#### 5.2.1.7. Mıcır Kırılması-Batması

Trafik yükleri altında kaplama tabakasında mıcır danelerinin kırılması bitüm tabakasına batması şeklinde görülür.

Nedenleri :

- a) Agregatın mukavemetinin düşüklüğü,
- b) Yuvarlak agreganın kullanımı,
- c) Agregatın sürtünme mukavemetinin olmayışı,
- d) Bitüm malzemesinin % oranının yüksek oluşu,
- e) Isı kontrolünün düzensizliği
- f) Karışım boşluk yüzdesindeki dengesizlik.

Zararları :

Serme esnasında (sıcak karışım) danelerin (yassı) üst üste gelmesi durumunda trafik yükü altında bu dane dizilişlerinin, yanlış olması dolayısıyla daneler kırılır ve farklı kalınlıklar oluşur. Sıcak karışımın serilmesinden sonra diziliş bakımından yanlış konumda bulunan daneler silindiraj neticesi kırılarak yol dışına atılırlar ve böylece bu kısımlar yüzey suları etkisiyle kaplamanın bozulmasına neden olur. Ayrıca bitüm oranı yüzdesi fazla ise daneler bitüm içine (trafik yükü etkisiyle) gömülerek kaplama kalınlığının deforme olmasına yol açar.

Çözüm :

Bu kusurları oluşturan nedenler saptanmalıdır. Malzeme ve işçilikten dolayı kusurlar oluşuyorsa, bozulan kısım sökülerek yeniden yapılmalıdır. Eğer bu kusurların, artan ağır trafik yükünden dolayı oluştuğu tespit edilirse, bu artan trafik yükü değerine karşılık üst-yapı kalınlıkları (aşınma-binder) yeniden değerlendirilerek gerekirse, bu kalınlık arttırılmalıdır.

#### 5.2.1.8. Tekerlek İzleri

Trafik yükleri altında tekerlek izlerinin kaplamada belirli bir seviyeyi aşmasıyla gözlenebilir. Bu izlerin derinliğinin büyüklüğüne göre bakım ve onarım kararı verilmektedir. Genel olarak 1.0 - 2.5 cm genel kriterdir.

Nedenleri :

- a) Agregada gradasyon hatası,
- b) Bitümlü karışımdaki agregatın aşırı derecede segregasyonu,
- c) Serici gerisinde kötü el işçiliği,
- d) Yetersiz silindiraj,
- e) Silindiraj hızının düzensizliği,
- f) Asfalt yüzdesinin fazlalığı,
- g) Agregatın sürtünme mukavemetinin olmayışı,
- h) Üstyapı tabakalarının kalınlığının üniform olmaması.

Zararları :

Yük tekrarından dolayı çöken kısımlar, kaplamada üniform bir yuvarlanmaya engel olur. Bu durumda trafik akımının hızı azalır. Ani durumla karşılaşan sürücüler kazaya neden olabilir. Çöken kısımla düzgün kısımlar arasındaki yükseklikten dolayı araç tabanı zarar görür. Taşıt dengesinin bozulmasına da yol açar.

Çözüm :

Bu kusurların başlangıcında önlem alınması gerekir. Önlem alınmazsa, kaplamanın yavaş yavaş bozulmasına yol açtığı gibi, diğer bölgelere de zarar verir. Oluşma nedeni tespit edilerek, uygun malzeme ile doldurularak sıkıştırılmalıdır.

## 6. ÜLKEMİZ KARAYOLLARINDA İNCELENEN KESİMLERİN TANITILMASI

Bu çalışmada ele alınan konunun sayısal olarak değerlendirilebilmesi için, bazı yol kesimleri üzerinde ayrıntılı bilgi toplanılmasına gerek duyulmuş, bu amaçla T.C.K 1. ve 17. Bölge Md. Araştırma ve Planlama birimlerinde araştırmalar yapılarak, aşağıda tanıtılan kesimlere ait bilgiler elde edilmiştir.

### 6.1 KAPIKULE-KINALIKÖPRÜ AYRIMI

E-5 Yolunun bir bölümünü teşkil eden Kapıkule-Kınalıköprü yolunda (101+350\_171+300) KM arasının üstyapı taban etüdü T.C.K 1. Bölge Md. Araştırma servisinde Eylül 1983-Şubat 1984 tarihleri arasında yapılmıştır.

Etüdün başlangıcı, Öğretmen Lisesi girişi KM (101+350), sonu ise Kınalıköprü kavşağı KM(171+300) dır. Etüd edilen bu yol kesimi Ek-1 den de görüleceği gibi, Kuzey-Kuzeydoğu Güney-Güneybatı yönlü tepe ve vadileri yaklaşık olarak dik kesmektedir. Yol genellikle dolgu ve yarmada, seyrek olarak ise karışık kesittir.

Ele alınan bu yol kesimi 1. sınıf Devlet yolu olup 2x1 şeritlidir. Yapılacak ilave kaplama tabakasının hizmet ömrü 10 yıl alınmıştır.

Arazi çalışmalarında yolun performansının belirlenebilmesi için, mevcut üstyapı tabakalarının cins ve kalınlıkları saptanmıştır. Proje safhasında yapılan kabuller ve hesaplar Tablo 6.1 de verilmiştir.

**TABLO 6.1 : Kapıkule- Kınalıköprü Yolu Üstyapı Yenileme Projesine Ait Veriler**

Trafik Grupları	Treyler	Kamyon	Otobüs	Otomobil
BaşlangıçTrafığı(YOGT)	628	1080	444	1884
Trafik Artış Kts (%)	4	4	5	5
İlk Trafik (1986) (YOGT)	706	1215	514	2181
SonTrafik(1996)(YOGT)	1045	1798	837	3553
Proje Trafığı	864	1488	662	2811

İnceleme yapılan bu yol kesiminde yolda meydana gelen bozulmaların teşhisinin doğru konabilmesi için, trafik bilgileri üzerinde değerlendirme yapmaya gerek duyulmuş bu amaçla 10 yıllık (1977-1987) yolda ölçülen trafik hacimleri (Y.O.G.T) ile önceden tahmin edilen trafik hacimlerinin karşılaştırılmasına esas olmak üzere Tablo 6.2 oluşturulmuştur. Bu tablonun son kolonunda Tahmin/Geçen oranı verilmiştir.

**TABLO 6.2 : Kapıkule- Kınalıköprü Yolu Trafik Verileri**

	Tahmin	Geçen	Tahmin/Geçen
YILLAR	(YOGT)	(YOGT)	(%)
1977	2934	4857	60
1978	3068	5036	61
1979	3208	3425	94
1980	3356	4721	71
1981	3509	5808	60
1982	3668	6297	58
1983	3837	4266	90
1984	4013	5983	67
1985	4196	3789	111
1986	4605	4646	99
1987	4818	4904	98

## 6.2 İZMİT GEBZE OTOYOLU

1984 Yılında hizmete açılan bu yol kesimi , 1.sınıf Devlet Yolu olup 2x2 şeritlidir.Söz konusu yolun (0+000\_37+250)KM'ler arası üstyapısında 1990 yılında bozulmaların olduğu gözlenmiştir.Gebze E-5 ayrımı KM 0+000 ve İzmit E-5 bağlantı noktası 37+250 alınarak hazırlanan projede, performans gözlemleri ve yapılması ge-reken onarım ve takviyelere ait raporlar T.C.K 1.Bölge Araştırma Servisince hazırlanmıştır.(Bkz.EK-2)

Başlangıçta onarım için yapılan yamaların çok miktarda oluşu, gerek es-tetik ve gerekse yol sathının emniyeti açısından sakınca yaratır duruma geldiği sonucuna varılarak, 1993 yılında yapılan değerlendirme neticesinde üstyapı yenileme çalışmalarına başlanmıştır.Yapılacak ilave üstyapı tabakasının hizmet ömrü 8 yıl alınmıştır.

Proje safhasında yapılan kabuller ve hesaplar Tablo 6.3 de verilmiştir.

**TABLO 6.3 : İzmit-Gebze Otoyolu Üstyapı Yenileme Projesine Ait Veriler**

Trafik Grupları	Treyler	Kamyon	Otobüs	Otomobil
BaşlangıçTrafığı(YOGT)	1455	4364	605	3046
Trafik Artış Kts (%)	4	4	5	5
İlk Trafik (1986) (YOGT)	1637	4908	700	3526
SonTrafik(1996)(YOGT)	2240	6717	1034	5210
Proje Trafığı	1923	5765	856	4313

Bu yol kesiminde 1985-1993 yılları arasında yolda ölçülen trafik hacimleri (Y.O.G.T.) ilgili birimlerden alınarak, aynı yıllar için önceden yapılan trafik tahmin değerleri karşılaştırılmasına esas olmak üzere Tablo 6.4 oluşturulmuştur.Bu tablonun son kolonunda Tahmin/Geçen oranı verilmiştir.

TABLO 6.4 : İzmit-Gebze Otoyolu Trafik Verileri

	Tahmin	Geçen	Tahmin/Geçen
YILLAR	(YOGT)	(YOGT)	(%)
1977	2934	4857	60
1978	3068	5036	61
1979	3208	3425	94
1980	3356	4721	71
1981	3509	5808	60
1982	3668	6297	58
1983	3837	4266	90
1984	4013	5983	67
1985	4196	3789	111
1986	4605	4646	99
1987	4818	4904	98

### 6.3 HAREM-PENDİK TERSANE KAVŞAĞI ARASI

Etüd edilen bu yol kesimi, Harem-Pendik Tersane Kavşağı arasındaki D-100 Devlet Yolunun KM; 0+000\_27+600 arasını kapsamaktadır.

2x2 Şeritli bu yolun üstyapısında oluşan bozuk kesimleri belirlemek ve bu kesimlere yapılacak ilave üstyapı tabakalarının cins ve kalınlıklarını saptamak amacıyla 1994 yılında bir araştırma raporu hazırlanmıştır. Yolun kuzey ve güney plat- formlarında yapılan çalışmalara dayanılarak belirlenen bozulmalar sınıflandırılmış ve itinere işlenmiştir. Yapılacak ilave üstyapı için 20 yıl hizmet süresi kabul edilmiştir.

Proje safhasında yapılan kabuller ve hesaplar Tablo 6.5 de verilmiştir.

**TABLO 6.5 : Harem-Pendik Tersane Kavşağı Arası Üstyapı Yenileme Projesine Ait Veriler**

Trafik Grupları	Treyler	Kamyon	Otobüs	Otomobil
BaşlangıçTrafığı(YOGT)	680	14287	7025	85831
Trafik Artış Kts (%)	4	4	5	5
İlk Trafik (1986) (YOGT)	707	14859	7376	90123
SonTrafik(1996)(YOGT)	1549	32558	19571	239123
Proje Trafığı	1074	22564	12497	152697

## 7. YAPILAN ÇALIŞMALARDAN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, inceleme yapılan yol kesimleri üzerinde üstyapıda oluşan bozulmaların nedenleri tespit edilmiştir.

Bu amaçla Kapıkule-Kınalıköprü yolu üzerinde hazırlanan rapor doğrultusunda,söz konusu yolun tabakalarının cins ve kalınlıkları belirlenerek, meydana gelen çatlakların uzunlukları,tekerlek izleri ve dolgudan dolayı oluşan çatlaklar ölçülmüştür.69.950 KM Uzunluğundaki bu yol kesiminde 30 farklı nokta değerlendirilmiş ve buna göre ilave kaplama tabakasının yapılması gerektiğine karar verilmiştir.(Bkz EK-1 )

Kapıkule-Kınalıköprü yol kesiminde güzergah boyunca 30 farklı kesitte bulunan üstyapının her bir kesiti için AASHO metoduna göre SN (üstyapı sayısı) karşılıkları bulunmuş;

$$SN=a_1 *d_1+a_2 *d_2+a_3 *d_3+.....+a_i*d_i$$

bağıntısıyla hesaplanarak Tablo 7-1'de gösterilmiştir. SN Değerlerinin hesaplanmasında mukavemet katsayıları (a) bitümlü temel için 0.42, stabilize için 0.32, makadam için 0.25, kırmataş için 0.15, kum ve kil tabakaları için 0.11 alınmıştır.



SN Değerlerinin hesaplandığı kesimlerde, birim alana karşılık gelen çatlak boyu (cm/m<sup>2</sup>) kuzey ve güney şeritleri için ayrı ayrı gösterilmiş ,ayrıca herbir kesit-in toplam kalınlıkları da hesaplanarak Tablo 7.1 'e eklenmiştir.

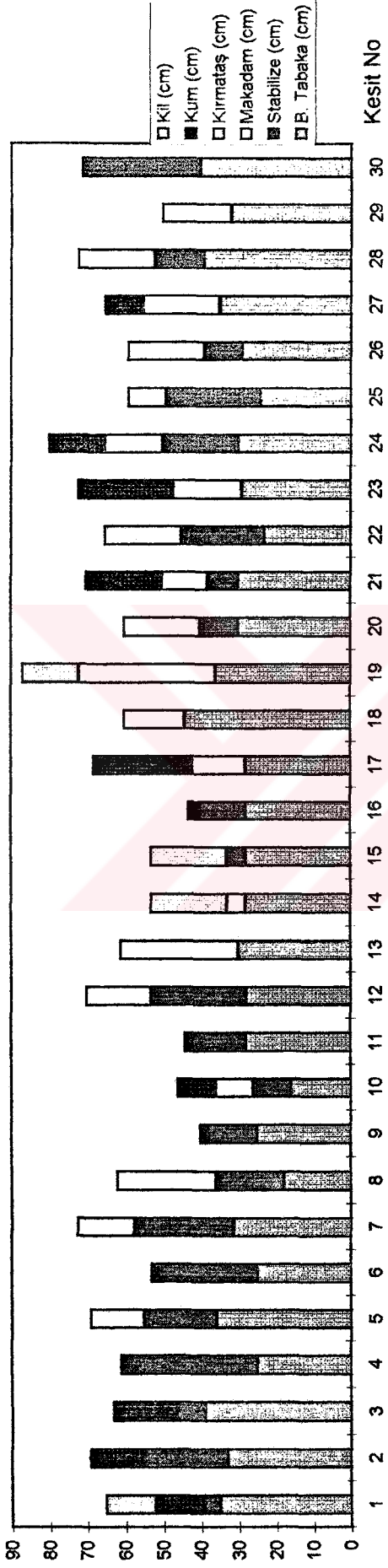
Tablo 7.1 yardımıyla üstyapı tabaka kalınlıklarını ve cinslerini gösteren Şekil 7.1 çizilmiştir.Tablo ve şekilden de görüldüğü gibi, toplam üstyapı kalınlığı 87-40 CM arasında değişmekte ve bitümlü tabaka kalınlığı 44 CM'ye kadar çıkabilmektedir. Şekil üzerinde üstyapı tabaka kalınlıkları ve tabaka sayılarının herbir kesitte farklı olduğu da görülmektedir.

Toplam üstyapı kalınlığı ile SN değeri arasındaki ilişkiyi görebilmek amacıyla Şekil 7.2 hazırlanmıştır.Burada alınan SN değerleri 2 ile çarpılmıştır.Şekilden de görüleceği gibi inceleme yapılan herbir yol kesitinde SN değerleri ve toplam üstyapı kalınlıkları farklılıklar göstermektedir. Toplam kalınlıkların en büyük olduğu kesitte (Şekil 7.2 Kesit 19 ) SN değerinin en fazla olması beklenirken, en büyük SN değerinin 30 nolu kesitte olduğu görülmektedir

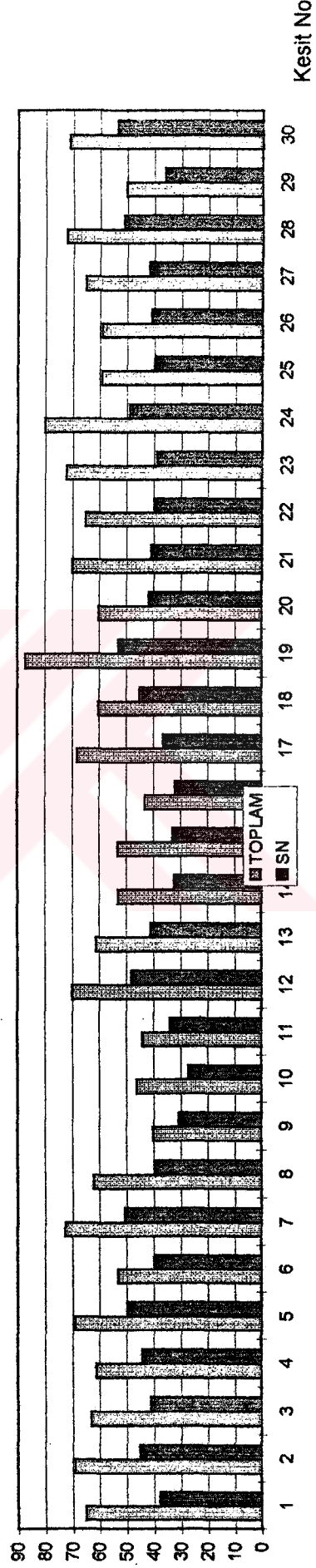
Yolun inceleme yapılan herbir kesitinde birim alanda oluşan çatlak boyları ise Şekil 7.3'de verilmiştir.Şekilden de görüleceği gibi, birim alana karşılık gelen çatlak boylarının en büyük değerleri 5-8 ve 25-30 nolu kesitler arasındadır.

Tablo 7.1 : Kapıkule-Kınalıköprü Yolu Üstyapısına Ait Bazı Bilgiler

Kesit No	Üstyapı Tabaka Kalınlıkları						TOPLAM	SN	Çatlak Boyu (cm/m <sup>2</sup> )
	B. Tabaka (cm)	Stabilize (cm)	Makadam (cm)	Kırmataş (cm)	Kum (cm)	Kil (cm)			
1	35	4			13	13	65	18.84	158
2	33	22			14		69	22.44	180
3	39	7			17		63	20.49	143
4	25	36					61	22.02	217
5	36	19	14				69	24.7	365
6	25	28					53	19.46	178
7	31.5	26	15				72.5	25.3	481
8	18	18	26				62	19.82	355
9	25	15					40	15.3	250
10	16	10	10		10		46	13.52	231
11	28	16					44	16.88	235
12	28	25	17				70	24.01	110
13	30		31				61	20.35	167
14	28		5	20			53	16.01	173
15	28	5		20			53	16.36	130
16	28	12			3		43	15.93	195
17	28		14		26		68	18.12	80
18	44		16				60	22.48	160
19	36		36	15			87	26.37	132
20	30	10	20				60	20.8	185
21	30	8	12		20		70	20.36	125
22	23	22		20			65	19.7	125
23	29		18		25		72	19.43	150
24	30	20	15		15		80	24.4	160
25	24	25		10			59	19.58	437
26	29	10	20				59	20.38	276
27	35		20		10		65	20.8	380
28	39	13	20				72	25.54	281
29	32		18				50	17.94	500
30	40	31					71	26.72	545



Şekil 7.1 : Üstyapı Tabakaları ve Kalınlıkları



Şekil 7.2 : Üstyapı Kalınlığı ve SN Değerleri



Şekil 7.3 : Birim Alana Karşılık Gelen Çatlak Boyu

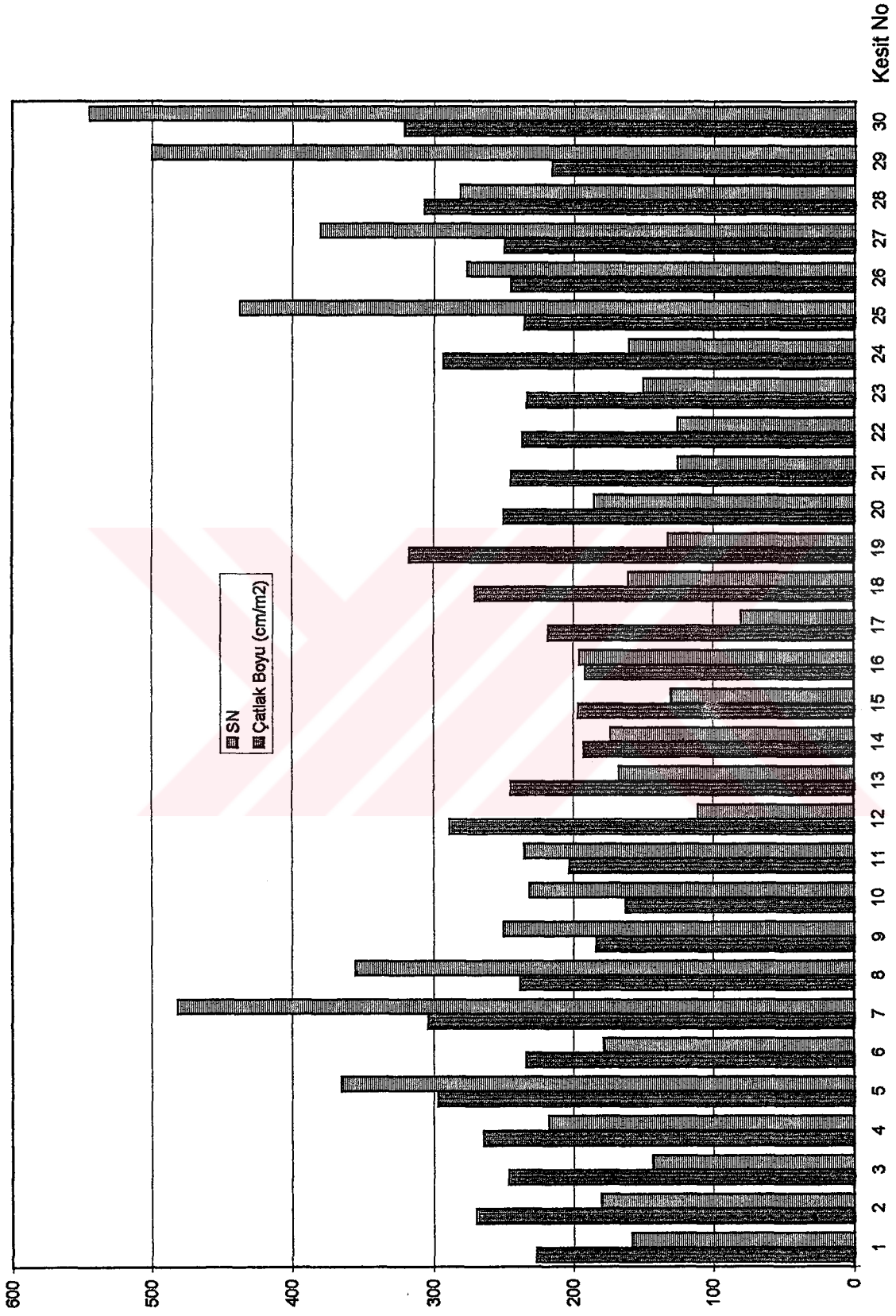
Yolda oluşan bozulmaların (çatlak), üstyapının yük taşıma kabiliyeti ile ilişkini göstermek amacıyla hazırlanan Şekil 7.4 de birim alanda oluşan çatlak boyu ile SN (12 kat büyütülerek) gösterilmiştir.Şekilden; SN değerinin artması ile çatlak boyunun azaldığı, ancak bazı kesitlerde ise bunun tersi bir durumun söz konusu olduğu görülmektedir.

Bozulmaların (çatlak) bir başka parametresi olarak ele alınan yol genişlikleri de (30 kat büyütülerek) Şekil 7.5 üzerinde gösterilmiştir.

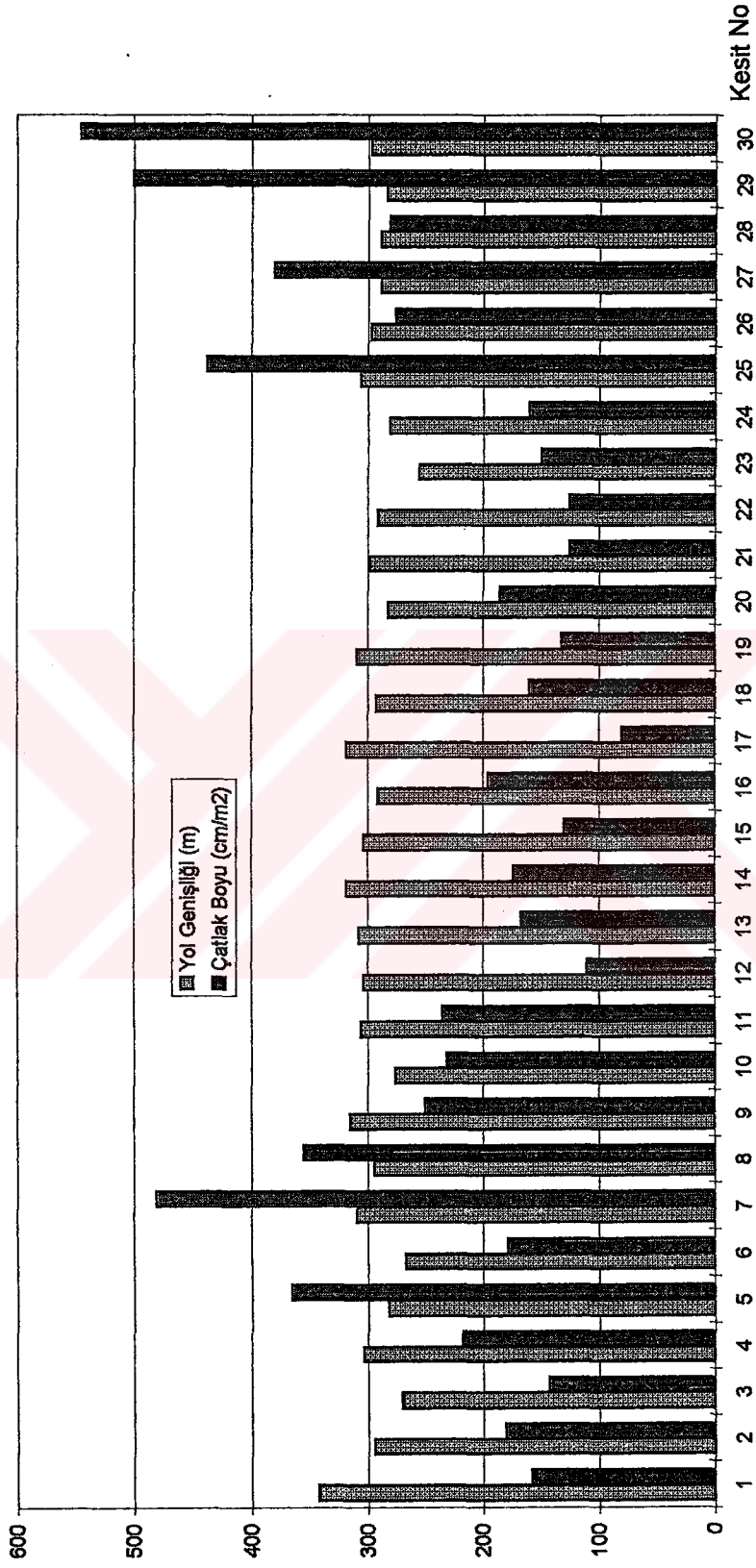
Kapıkule-Kınalıköprü yolu üzerinde incelenen 30 farklı kesitte yeralan dolgu yükseklikleri ve dolgudan dolayı oluşan çatlak uzunlukları kuzey ve güney yönleri için tespit edilerek Tablo 7.2 'de verilmiştir.Aynı kesitler üzerinde oluşan tekerlek izi uzunlukları da belirlenerek tabloya eklenmiştir.

Bu tablo yardımıyla kuzey-güney şeritlerinde dolgudan dolayı oluşan çatlak uzunlukları Şekil 7.5 de, tekerlek izi uzunlukları da Şekil 7.6 'da gösterilmiştir. Şekil ve tablolar incelenirse dolgu yüksekliklerinin 5.00 metreye,bir kesitte yeralan dolgudan dolayı oluşan çatlak uzunluğunun 530 metreye ve tekerlek izi uzunluklarının da 15 mm 'ye ulaştığı görülmektedir.

Dolgu yükseklikleri ile dolgudan dolayı oluşan çatlak boyları arasındaki değişimi görebilmek amacıyla (1metre dolgu 50 birim alınarak ) Şekil 7.8 düzenlenmiştir. Bu değerlendirmenin yanında yol üstyapısının yük taşıma kabiliyeti de alınarak Şekil 7-9 çizilmiştir. Şekilde ; dolgudan dolayı oluşan çatlak uzunlukları kuzey ve güney yönlerinin toplamı olarak ,SN değerleri 25 katı,dolgu yükseklikleri ise 150 katı alınarak şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 7.4 : SN-Çatlak Boyu ilişkisi

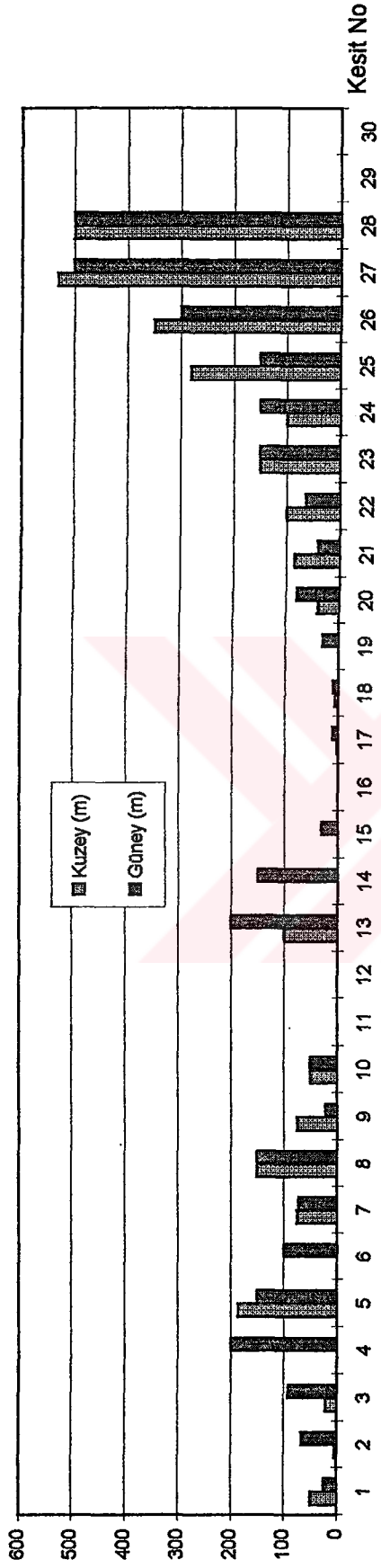


Şekil 7.5 : Yol Genişliği- Birim Çatlak Boyu İlişkisi

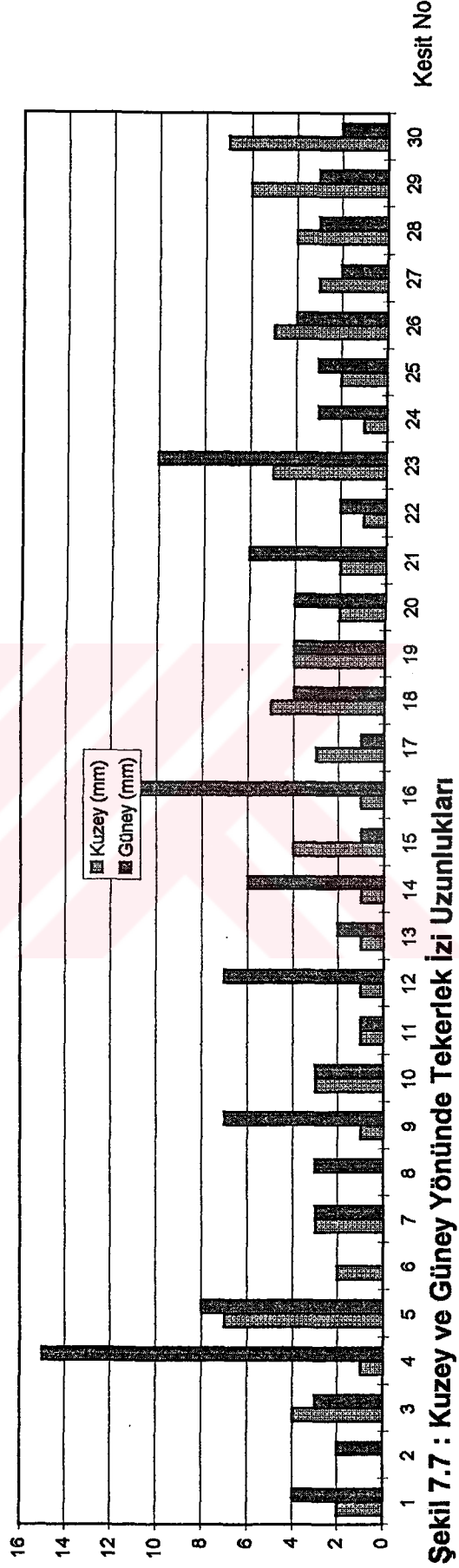
**Tablo 7.2 : Kapıkule-Kınalıköprü Yolu Üstyapısında Oluşan Bozulmalara Ait Bazı Bilgiler**

Kesit	Dolgu Yüksekliği (m)	Çatlak Uzunluğu		Tekerlek İzi		Yol Genişliği (m)
		Kuzey (m)	Güney (m)	Kuzey (mm)	Güney (mm)	
1	3	50	24	2	4	11.4
2	3	4	66	0	2	9.8
3	3	21	91	4	3	9
4	1		200	1	15	10.1
5	3	186	150	7	8	9.4
6	1	0	100	2	0	8.9
7	1	75	72	3	3	10.3
8	1	150	150	0	3	9.8
9	4	75	22	1	7	10.5
10	3	50	50	3	3	9.2
11	0	0	0	1	1	10.2
12	0	0	0	1	7	10.1
13	1	100	200	1	2	10.25
14	1	0	150	1	6	10.6
15	1	0	30	4	1	10.1
16	0	0	0	1	11	9.7
17	1	2	10	3	1	10.6
18	2	5	10	5	4	9.75
19	2	0	29	4	4	10.3
20	3	40	79	2	4	9.4
21	1	85	40	2	6	9.95
22	5	100	64	1	2	9.7
23	1	150	150	5	10	8.5
24	1	100	150	1	3	9.35
25	3	280	150	2	3	10.2
26	3	350	300	5	4	9.9
27	1	530	500	3	2	9.6
28	1	500	500	4	3	9.6
29	0	0	0	6	3	9.45
30	0	0	0	7	2	9.9

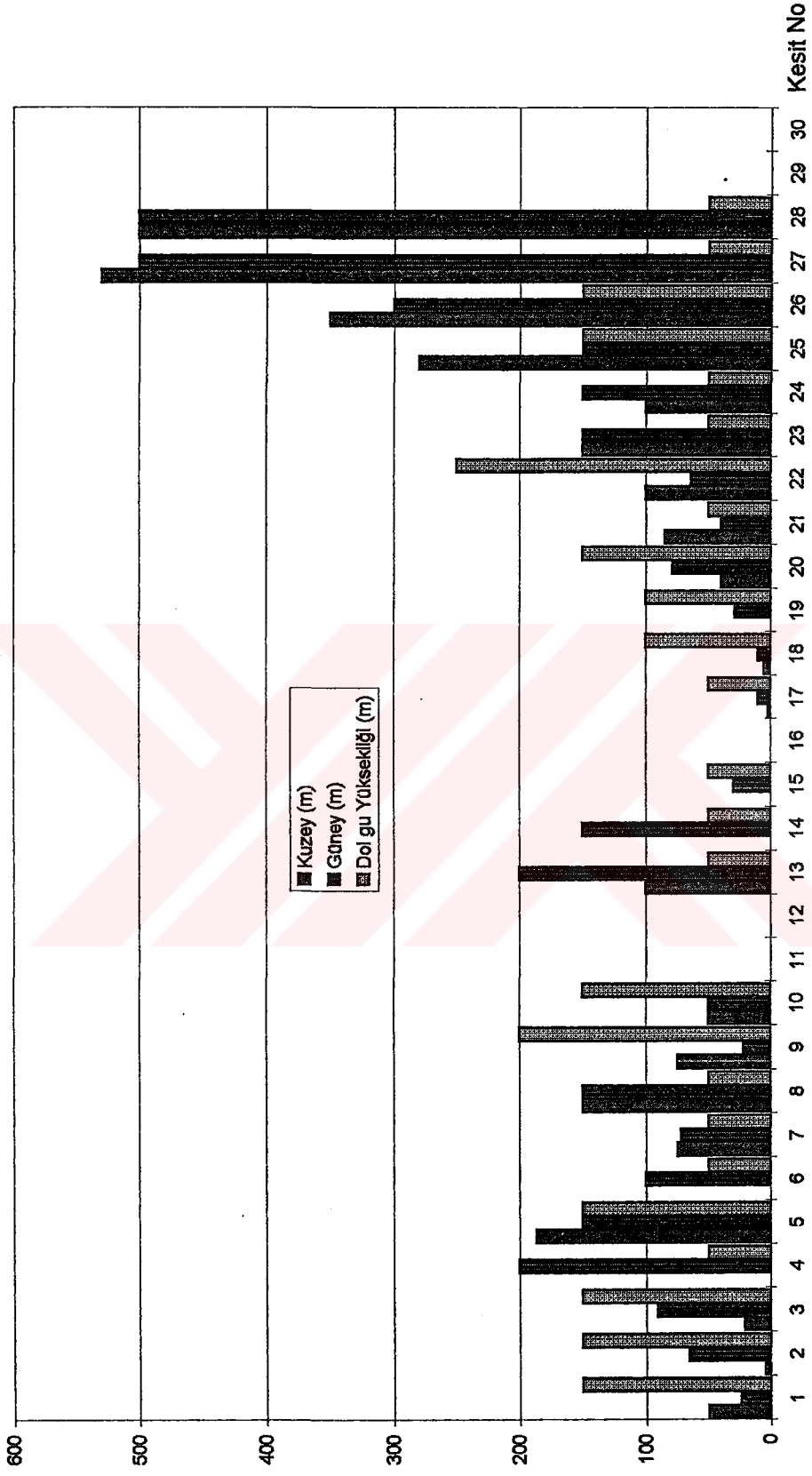
Bu çalışmada etüd edilen diğer bir yol kesimi de Harem- Pendik Tersane Kavşağı arasındaki devlet yoludur. Bu yolun üstyapısında oluşan bozulmalarla, dingil tekerrür yükleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla aşağıda gösterilen Tablo 7.3 ve Tablo 7.4 düzenlenmiştir.



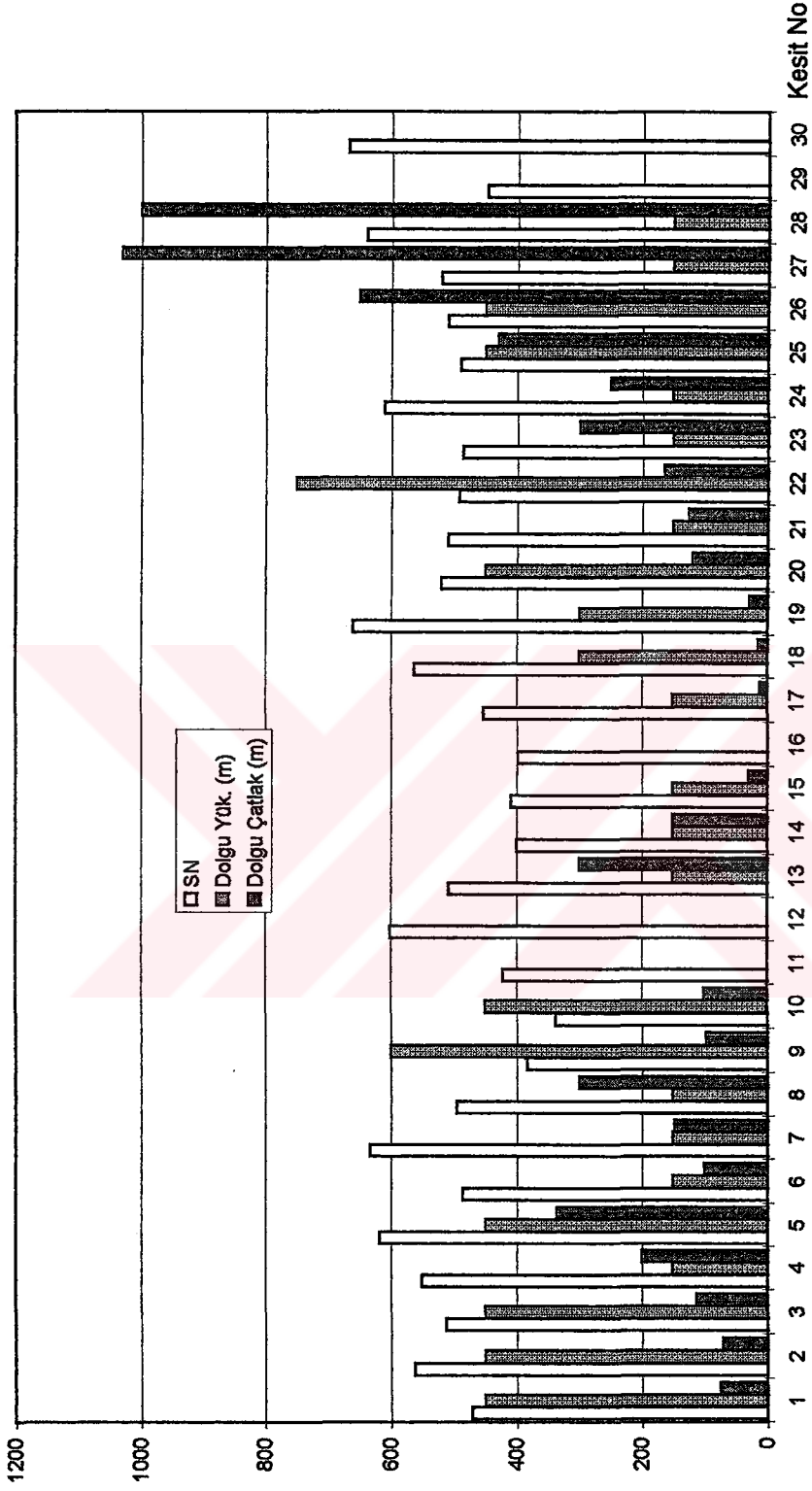
Şekil 7.6 : Kuzey ve Güney Yöntünde Çatlak Uzunlukları



Şekil 7.7 : Kuzey ve Güney Yöntünde Tekerlek İzi Uzunlukları



Şekil 7.8 : Dolgu Yüksekliği- Çatlık Boyu İlişkisi



Şekil 7.9: Yük Taşıma Kabiliyeti- Dolgu Yüksekliği İlişkisi

Tablo 7.3 Ölçülen Araç Sayısına Göre

	Treyler	Kamyon	Otobüs	Otomobil	Toplam
Toplam Trafik (;YOGT)	63200	72052	26556	363025	524833
Taşıt Eşdeğerlik Faktörü (TEF)	8.5	4.72	2.86	0.0006	
Günlük Standart Dingil Yüğü ( $w_g$ )	241740	153038	34178	98	429054

Tablo 7.4 Projede Tahmin Edilen Araç Sayısına Göre

	Treyler	Kamyon	Otobüs	Otomobil	Toplam
Toplam Trafik (;YOGT)	55619	60939	50403	615869	782830
Taşıt Eşdeğerlik Faktörü (TEF)	8.5	4.72	2.86	0.0006	
Günlük Standart Dingil Yüğü ( $w_g$ )	212743	129434	64868	166	407211

Sözkonusu yoldan 1979-1989 yılları arasında geçen toplam taşıt sayıları ile aynı yıllara tekabül eden, önceden tahmin edilen trafik değerleri birlikte değerlendirilmiştir. Bu trafik değerlerinden ayrı ayrı standart dingil yüğü tekerrür sayıları bulunmuştur.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada ele alınan Kapıkule-Kınalıköprü, İzmit-Gebze ve Harem-Pendik yol kesimleri üzerinde yukarıda yapılan değerlendirmelerden bir genelleme yapılmış, buna göre çıkarılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1- Proje çalışmaları yapılırken öngörülen trafik tahminleri yetersiz bir artış yüzdesine göre hesaplanmaktadır. Bu durumda geçen trafik, tahmin edilen trafikten daha büyük bir değere ulaşmaktadır. (Bkz. Tablo 6.2) Böylece standart dingil tekerrür

sayısının tahmin edilenden daha büyük değere ulaşması, (Bkz Tablo 7.3- Tablo 7.4 ) kaplamanın hizmet ömrünü azaltmaktadır.

2- Boyuna çatlakların dolgularda şev kaymaları neticesinde oluştuğu (Bkz.Tablo 7.2 Şekil7.8) belirlendiği halde, dolgularla ilgili olarak ilave bir işlem yapılması gözönüne alınmamıştır.Bu nedenle bu kesimlerde oluşan çatlaklar,başka bir önlem alınmadan sadece ilave kaplama yapılması halinde tekrar oluşacaktır.

3- Üstyapıda oluşan bozulmalar tespit edildikten sonra, yeniden yapılacak üstyapı inşası için geçen zaman dikkate alınmamaktadır. (Bkz. Ek-1)Bu durum ,yoldaki bozulmalara karşı alınacak önlemlerin yetersizliği sonucunu doğuracaktır.

4- Çatlak uzunlukları ve tekerlek izlerinin kuzey ve güney şeritlerde değişken olduğu tespit edilmiştir.(Bkz.Tablo 7.2 Şekil 7.6-7.7 )Bu farklılığın nedeni araştırılmalıdır.

5- İncelenen yol kesimlerinde üstyapının yük taşıma kabiliyeti yüksek,dolgu yükseklikleri daha az olmasına karşılık,dolgulardan dolayı oluşan çatlakların fazla olduğu görülmektedir.(Bkz.Şekil 7.8-7.9 )Bunun nedeninin taban zemininin taşıma gücünün düşük olması,dolguların şartnamelerine uygun yapılmayışı veya uygun malzemenin seçilmemiş olmasından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

6- Yük taşımacılığında % 85 ' lik bir paya sahip karayollarımızda bir ağırlık kontrolü olmayışı proje kriterleri ile uygulamada gerçekleşen şartlar açısından büyük dengesizlikler oluşturmaktadır.

7- İşletmeye açılan bir karayolunda, hizmete açıldığı yıldan itibaren standart bir veri toplama yöntemi uygulanmaması, her bir yol için verilerinin farklı standartta toplanması, bakım ve onarımla ilgili sağlıklı bir çözümün üretilmemesine neden olmaktadır.Ayrıca daha önceden yapılan bakım çalışmalarının neticeleri de değerlendirilememektedir.

8- Yol genişliklerinin daraldığı kesimlerde birim metrekarede oluşan çatlak boyu artmaktadır.(Bkz.Şekil 7.5)

9- Dünyada üstyapı bakım ve onarımı konusunda yaygın olarak kullanılmakta ve her geçen gün gelişmekte olan "ÜSTYAPI YÖNETİMİ "(Pavement Management ) yöntemlerinden faydalanılmaktadır.Ülkemizde de bu konular üzerinde ciddi bir şekilde çalışılması,ülke ekonomisi için önemli kazançların elde edilmesine neden olacaktır.

10- Çok yoğun trafiği olan yol kesiminde banketler genelde taşıma şeridi gibi kullanılarak yıpranmaktadır.(Bkz. Ek-3)Bu nedenle, yol kesimlerindeki banketlerin hareket halindeki araçların kullanmalarına izin vermeyecek şekilde trafik şeritlerinden ayrılmasına çalışılmalıdır.



## KAYNAKLAR

- (1) F.UMAR, E.AĞAR, "Yol Üstyapısı" İ.T.Ü. (1985).
- (2) A.ALBAZRAK, "Beton Asfalt Karışımların Deformasyona Karşı Dirençlerine Etkiyen Faktörler, İ.T.Ü. Dip.Çalışması (1975).
- (3) K.G.M. Yayınları, "Asfalt Kaplamalı Yollarda Satih Bakımı (1984).
- (4) S.SOMER, KGM Yayınları, "Bakımda Muvazene" (1952).
- (5) Road Transport Research "Road Surface Characteristics" Paris, (1984).
- (6) K.G.M.Yayınları "Karayolları Bakım El Kitabı" (1960)
- (7) Ş.DİLAVER, "Asfalt Betonun Karışımların Rijitliklerine Etkiyen Faktörlerin İncelenmesi, İTÜ (1983).
- (8) K.G.M.Yayınları, "Karayolu Bakımı Cilt 1, Cilt 2", (1991)
- (9) K.G.M.Yayınları "Yol Kenarlarının Bakım Esasları" (1956)
- (10) KAV Yayınları, Bitüm Emülsiyonları ve Yoldaki Uygulamaları (1992).
- (11) Journal of Transportation Engineering (ASCE), 1994)
- (12) Sıcak Bitümlü Karışımla Bir Yol Takviyesi,  
Teknik Bülten, T.Sonuç, Temmuz 1971, KGM Yay.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa Bozyiğit  
Doğum Tarihi : 21 Mart 1966  
Doğum Yeri : Şanlıurfa  
İlk Öğrenimi : 1976 yılında Şanlıurfa Şehit Nusret  
İlkokulundan mezuniyet  
Orta Öğrenim : Şanlıurfa Atatürk Orta okulundan 1979 yılında  
Şanlıurfa Lisesinden 1982'de mezuniyet  
Yüksek Öğrenim : 1989 yılında Yıldız Üniversitesi İnşaat  
Bölümünden mezuniyet  
Görevi : Serbest mühendislik yapmakta.