

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**ESNEK ÜSTYAPILARDA
İMALAT VE UYGULAMA KUSURLARI**

Yüksek Lisans Tezi

Salih AYÇİÇEK

İSTANBUL, 2011

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

ESNEK ÜSTYAPILARDA
İMALAT VE UYGULAMA KUSURLARI

Yüksek Lisans Tezi

Salih AYÇİÇEK

Tez Danışmanı: PROF. DR. MUSTAFA KARAŞAHİN

İSTANBUL, 2011

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Başlığı : Esnek Üstyapılarda İmalat ve Uygulama Kusurları
Öğrencinin Adı Soyadı : Salih AYÇİÇEK
Tez Savunma Tarihi : 18.01.2011

Bu yüksek lisans tezi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Yrd.Doç.Dr. F. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdür Vekili

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Tez Sınav Jürisi Üyeleri :

Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN (Tez Danışmanı) :

Prof. Dr. Mustafa ILICALI :

Öğr. Gör. Dr. Nilgün CAMKESEN :

ÖZET

ESNEK ÜSTYAPILARDA İMALAT VE UYGULAMA KUSURLARI

Ayçiçek, Salih

Kent Sistemleri ve Ulaştırma Yönetimi
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Karaşahin

Ocak, 2011, 102 sayfa

Ülkemizin ulaşım ağının çok önemli bir kısmını oluşturan ve bir ülkenin büyümesinde ve kalkınmasında büyük rol oynayan karayolları, yüksek maliyetlerle inşa edilmekte ve ciddi bir kontrol ve bakım hizmetine ihtiyaç duyulmaktadır.

Karayolu üstyapılarının hizmet ömrünün hesaplanandan az olmaması ve ihtiyaçlara doğru cevap verebilmesi için, altyapı ve üstyapı sisteminin işlevini doğru bir şekilde yerine getirmesi gerekir. Bu da tasarım, imalat ve yapım aşamasında insan faktörlü kusurların en aza indirgenerek yüzey yenileme ve iyileştirme masraflarının en alt seviyelere düşürülmesi ile sağlanabilir. Ayrıca imal edilecek yolun, iklim etkileri ve trafik yükleri gibi karşılaşılabilecek çevresel koşulların en gerçekçi şekilde göz önünde bulundurulması ve inşa aşamasında en az kusur ile imalatın gerçekleştirilmesi, kullanıma açılmış bir yol için trafik akışının da en az oranda engellenmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmada, esnek üstyapılarda bozulmaya sebep olan ve bozulmayı hızlandıran etmenler ve neticesinde oluşan bozulma türlerine değinilmiş; esnek üstyapı imalatında görev alan özel sektör ve devlet kurumu çalışanları arasında yapılan anket çalışmasına yer verilmiş ve bu sektörde görev alan teknik personel ve saha çalışanlarının yapılan iş ile ilgili bilgi, deneyim ve tecrübeleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümü olan giriş bölümünde, çalışmanın konusu ve önemi belirtilmiş ve konu ile ilgili daha önce yapılan araştırmalara değinilmiştir. İkinci bölümde karayolu esnek üstyapısını oluşturan katmanlar, malzemeler ve görevleri, karışım tasarımında dikkat edilmesi gereken kriterler sıralanmıştır. Esnek üstyapılarda bozulmaya sebep olan ve bozulmayı hızlandıran etmenler üçüncü bölümde ele alınmıştır. Karayolu üstyapısında meydana gelen bozulmalar; imalattan hemen sonra oluşan bozulmalar ve uzun vadede oluşan bozulmalar şeklinde nedenleri ile birlikte ayrıntılı bir şekilde dördüncü bölümde açıklanmıştır. Beşinci bölümde esnek üstyapı imalatında görev alan teknik personel, saha çalışanı ve bu kapsamdaki diğer çalışanlar arasında yapılan anket çalışmasına yer verilmiştir. Çalışma, altıncı bölüm olan sonuçlar ve öneriler kısmıyla tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karayolu, Esnek Üstyapı, Esnek Üstyapılarda İmalat ve Uygulama Kusurları

ABSTRACT

DEFECTS CAUSED BY MANUFACTURING AND WORKMANSHIP IN FLEXIBLE SUPERSTRUCTURES

Aycicek, Salih

Urban Systems and Transportation Management
Thesis Supervisor: Prof. Mustafa Karaşahin

January, 2011, 102 pages

Highways which play an important role for the growth and development of a country constitute a major part of transportation network in our country are built at high costs and in need of a serious inspection and maintenance services.

Infrastructure and superstructure systems should function smoothly for ensuring the expected and estimated life of highway superstructure service life is not less than expected estimation and fulfill the needs properly. These could be achieved by diminishing human errors to minimum level in design manufacturing and installation stages which would cause to decrease in surface renovation and restoration costs to scale down the low level. Moreover, pre-road building, environmental conditions such as impacts of climate conditions, traffic loads and so on should be taken into consideration realistically in order to ensure build a road with a minimum defects which led to run the flow of traffic smoothly in an employed road.

In this study reasons for the deterioration and factors increasing the corruption speed and the following deflection type in flexible superstructures are touched on. A survey analyzed people working as officer and working in private sector in the manufacturing step is included with poll and information, experience gathered from technical staff and site workers working in related sectors has been carried out.

In the Introduction, the first part of this study, the subject and importance of the study is addressed related researches are mentioned. In the second part, layers forming highway flexible superstructure, materials and their quests, criteria considered in mix design are listed. Deterioration causes and reasons increasing the corruption in flexible superstructures are discussed in the third part. Deficiencies occurred in highway superstructures, deficiencies right after manufacturing and the long term deficiencies are explained in detail with their reasons in the fourth part. In the fifth part the poll done among technical staff, site workers and other works in this extent is given. The study is completed with the conclusions and recommendations which is sixth part.

Keywords: Highway, Flexible Superstructure, Defects Caused By Manufacturing And Workmanship In Flexible Superstructures

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN KONUSU VE ÖNEMİ.....	1
1.2 KONU HAKKINDA YAPILAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
2. ESNEK ÜSTYAPI ELEMANLARI.....	5
2.1 GİRİŞ.....	5
2.2 ESNEK ÜSTYAPIYI OLUŞTURAN TABAKALAR VE GÖREVLERİ.....	6
2.2.1 Esnek Üstyapı Tabakaları.....	8
2.2.1.1 Taban zemini.....	8
2.2.1.2 Alttemel tabakası.....	8
2.2.1.3 Temel tabakası.....	9
2.2.1.4 Kaplama tabakası.....	10
2.3 KARAYOLU ESNEK ÜSTYAPISINI OLUŞTURAN MALZEMELER.....	11
2.3.1 Agregalar.....	11
2.3.1.1 Agregaların Fiziksel Özellikleri.....	12
2.3.1.1.1 <i>Mineralojik sınıflandırma</i>	12
2.3.1.1.2 <i>Boyut sınıflandırması</i>	12
2.3.1.1.3 <i>Gradasyon sınıflandırması</i>	14
2.3.1.1.4 <i>Biçim sınıflandırması</i>	14
2.3.1.1.5 <i>Yüzey yapısı sınıflandırması</i>	14
2.3.1.1.6 <i>Porozite sınıflandırılması</i>	15
2.3.1.1.7 <i>Yüzey alanı ve boşluk sınıflandırması</i>	15
2.3.1.2 Agregaların mekanik özellikleri.....	15
2.3.2 Bitüm.	16
2.3.2.1 Bitümün kalitesi.....	17
2.4 KARIŞIM TASARIMI.....	18
2.4.1 Bitümlü Sıcak Karışım (BSK)'ların Özellikleri.....	20
2.4.1.1 Stabilite.....	20
2.4.1.2 Rijitlik.....	20
2.4.1.3 Durabilite.....	21
2.4.1.4 Yorulma mukavemeti.....	21
2.4.1.5 Esneklik.....	21
2.4.1.6 Geçirimsizlik.....	21
2.4.1.7 Kayma Direnci.....	22
3. ESNEK ÜSTYAPILARDA BOZULMAYA SEBEP OLAN VE BOZULMAYI HIZLANDIRAN ETMENLER.....	23
3.1 BİTÜM YÜZDESİNİN FAZLA OLMASI	24
3.2 BİTÜM YÜZDESİNİN AZ OLMASI	24

3.3	TASARIMA UYGUN OLMAYAN BİTÜM KULLANILMASI.....	25
3.4	UYGUN AGREGANIN KULLANILMAMASI.....	26
3.5	GRADASYONUN TASARIMDAN FARKLI OLMASI.....	27
3.6	FİLLER ORANI.....	28
3.7	HAVA BOŞLUĞUNUN FAZLA OLMASI.....	29
3.8	HAVA BOŞLUĞUNUN AZ OLMASI.....	31
3.9	YETERSİZ VEYA FAZLA SIKIŞTIRMA	32
3.10	SERME SICAKLIĞI	34
3.11	SERME HATALARI.....	36
3.12	KARIŞTIRMA ESNASINDA ÖZEN GÖSTERİLMEMESİ.....	36
3.13	TRAFİĞİN GEREKTİĞİ GİBİ HESAPLANMAMASI.....	36
3.14	DRENAJ SİSTEMİNİN YETERSİZ OLMASI	37
3.15	YOLUN YAPILACAĞI BÖLGEDEKİ HAVA KOŞULLARININ (MEVSİMSSEL ETKİLERİN) DOĞRU ŞEKİLDE DİKKATE ALINMAMASI.....	38
4.	ESNEK ÜSTYAPILARDA PROJE VE YAPIM HATASINDAN MEYDANA GELEN BOZULMA TİPLERİ.....	39
4.1	İMALATTAN HEMEN SONRA OLUŞAN BOZULMALAR.....	40
4.1.1	Terleme (Kusma)	40
4.1.2	Erken Tekerlek İzi Problemi.....	42
4.1.3	Tekerlek Profil İzi Oluşması.....	43
4.1.4	Düşük Sıcaklık Çatlakları (Enine Çatlaklar).....	44
4.1.5	Soyulma.....	46
4.2	UZUN VADEDE OLUŞAN BOZULMALAR.....	47
4.2.1	Çatlaklar.....	47
4.2.1.1	Yorulma çatlakları (Timsah sırtı çatlaklar).....	48
4.2.1.2	Kenar çatlakları.....	51
4.2.1.3	Boyuna çatlaklar.....	53
4.2.1.4	Büzülme çatlakları (Blok çatlaklar)	55
4.2.1.5	Alt tabakadan akseden çatlaklar (Yansıma çatlakları).....	56
4.2.1.6	Ekyeri çatlakları.....	57
4.2.1.7	Kayma çatlakları (Yarım ay çatlakları).....	59
4.2.1.8	Genişletme çatlakları.....	59
4.2.2	Şekil Değiştirmeler.....	60
4.2.2.1	Tekerlek izinde oturma (Kalıcı deformasyon).....	60
4.2.2.2	Lokal (Yerel) oturmalar.....	64
4.2.2.3	Ondülasyon ve yığılmalar.....	66
4.2.2.4	Çökmeler.....	69
4.2.3	Çok Yönlü Bozulmalar.....	70
4.2.3.1	Ayrışma ve sökülme.....	70
4.2.3.2	Çizgisel agrega kaybı.....	71
4.2.3.3	Kaplama agregası kaybı.....	73
4.2.3.4	Cilalanma (Kayma direnci kaybı).....	74
4.2.3.5	Kabarmalar.....	75
4.2.4	Küçük Çukurlar.....	75
5.	ANKET ÇALIŞMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	78

5.1 SEKTÖRDE ÇALIŞANLARIN ANALİZİ.....	79
5.2 SEKTÖRDE ÇALIŞANLARIN ASFALT BETONUNDA GERÇEKLEŞEN BOZULMALARIN NEDENLERİ VE YAPILABİLECEK İYİLEŞTİRMELER HAKKINDAKİ TAHMİN VE GÖRÜŞLERİ.....	81
5.3 SEKTÖR ÇALIŞANLARININ BİLGİ BİRİKİMİ ANALİZİ.....	84
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	90
KAYNAKÇA.....	95
EK-ANKET SORULARI.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	102

TABLÖLAR

Tablo 2.1 : Kullanılan malzeme cinsine göre alttemel kalınlıkları.....	9
Tablo 3.1 : Asfalt betonu serim sıcaklıkları.....	35

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 : Esnek üstyapı kesiti.....	6
Şekil 2.2 : Tipik bir esnek üstyapı kesiti.....	7
Şekil 2.3 : Taştozu.....	13
Şekil 2.4 : 1 No agrega.....	13
Şekil 2.5 : 2 No agrega.....	13
Şekil 2.6 : 3 No agrega.....	13
Şekil 2.7 : Kırma Taş.....	13
Şekil 2.8 : Çeşitli boyutlarda.....	13
Şekil 2.9 : Bitümün genel görüntüsü.....	16
Şekil 3.1 : Hava boşluk oranının yaşlanma üzerindeki etkisi.....	30
Şekil 4.1 : Hafif şiddette kusma.....	40
Şekil 4.2 : Orta şiddette kusma.....	41
Şekil 4.3 : Yüksek şiddette kusma.....	41
Şekil 4.4. : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu.....	42
Şekil 4.5 : Tekerlek izi oluşumu ve oluklanma.....	43
Şekil 4.6 : Tekerlek izi.....	44
Şekil 4.7 : Tekerlek izi.....	44
Şekil 4.8 : Hafif şiddette termal çatlak.....	45
Şekil 4.9 : Orta şiddette termal çatlak.....	46
Şekil 4.10: Yüksek şiddette termal çatlak.....	46
Şekil 4.11: Agreganın soyulması.....	47
Şekil 4.12 : Hafif şiddette yorulma çatlağı (timsah sırtı çatlağı).....	49
Şekil 4.13 : Orta şiddette yorulma çatlağı.....	49
Şekil 4.14 : Yüksek şiddette yorulma çatlağı.....	50
Şekil 4.15 : Hafif şiddette kenar çatlağı.....	52
Şekil 4.16 : Orta şiddette kenar çatlağı.....	52
Şekil 4.17 : Yüksek şiddette kenar çatlağı.....	52
Şekil 4.18 : Hafif şiddette boyuna çatlak.....	54
Şekil 4.19 : Orta şiddette boyuna çatlak.....	54
Şekil 4.20 : Yüksek şiddette boyuna çatlak.....	54
Şekil 4.21 : Hafif şiddette blok çatlakları.....	55

Şekil 4.22 : Orta şiddette blok çatlaklar.....	56
Şekil 4.23 : Yüksek şiddette blok çatlaklar.....	56
Şekil 4.24 : Yüksek şiddette yansıma çatlakları.....	57
Şekil 4.25 : Ekyeri çatlağı.....	58
Şekil 4.26 : Ekyeri çatlağı.....	58
Şekil 4.27 : Kayma çatlağı.....	59
Şekil 4.28 : Genişletme çatlağı.....	60
Şekil 4.29 : Zayıf alt tabakalarda tekerlek izi oluşumu.....	61
Şekil 4.30 : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu.....	62
Şekil 4.31 : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu.....	63
Şekil 4.32 : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu.....	63
Şekil 4.33 : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu.....	65
Şekil 4.34 : Orta şiddette lokal oturma.....	65
Şekil 4.35 : Yüksek şiddette lokal oturma.....	66
Şekil 4.36 : Hafif şiddette ondülasyon.....	67
Şekil 4.37 : Orta şiddette ondülasyon.....	67
Şekil 4.38 : Yüksek şiddette ondülasyon.....	67
Şekil 4.39 : Yığılma.....	68
Şekil 4.40 : Çökme.....	69
Şekil 4.41 : Hafif şiddette ayrışma ve sökülme.....	70
Şekil 4.42 : Yüksek şiddette ayrışma ve sökülme.....	71
Şekil 4.43 : Hafif şiddette çizgisel agregaya kaybı.....	72
Şekil 4.44 : Orta şiddette çizgisel agregaya kaybı.....	73
Şekil 4.45 : Yüksek şiddette çizgisel agregaya kaybı.....	73
Şekil 4.46 : Cilalanmış agregaya.....	74
Şekil 4.47 : Kabarma.....	75
Şekil 4.48 : Hafif şiddette çukur.....	76
Şekil 4.49 : Orta şiddette çukur.....	76
Şekil 4.50 : Yüksek şiddette çukur.....	77
Şekil 5.1 : Mesleğiniz.....	79
Şekil 5.2 : Asfalt konusundaki mesleki tecrübeniz hangi aralıktadır.....	80
Şekil 5.3 : Asfalt betonu ile ilgili hangi eğitimi aldınız.....	80
Şekil 5.4 : İmalat esnasında en sık karşılaştığımız sorun hangisidir.....	82

Şekil 5.5 : İmalat sırasında en kritik parametre aşağıdakilerden hangisidir...82	
Şekil 5.6 : İmalat sonrasında kısa sürede en sık karşılaştığımız bozulma hangisidir.....83	
Şekil 5.7 : Türkiye’ de üretilen asfalt betonu kalitesi nasıl artırılabilir.....83	
Şekil 5.8 : Asfalt betonu üretiminde kalite kontrolünü hangi kurum yapmalıdır.....84	
Şekil 5.9 : En düşük hangi hava sıcaklığına kadar sıcak karışım asfalt serilebilir.....85	
Şekil 5.10 : Aşağıdaki bozulmalardan hangisi yol güvenliği ile ilgilidir.....86	
Şekil 5.11 : Türkiye’de bitümü hangi kurum dağıtmaktadır.....86	
Şekil 5.12 : Yağmurlu havalarda neden asfalt betonu üretimi yapılmaz.....87	
Şekil 5.13 : Soğuk asfalt dökülürse hangi problemle karşılaşılır.....87	
Şekil 5.14 : Karışım sıcaklığının düşük olması aşağıdaki problemlerden hangisini ortaya çıkarır.....88	
Şekil 5.15 : Fazla bitüm aşağıdaki bozulmalardan hangisini tetikler.....88	
Şekil 5.16 : Karışımda az bitüm kullanıldığında hangi problem ortaya çıkar.....89	

KISALTMALAR

Agregalar arası boşluk yüzdesi (%)	:	VMA
Bitümlü Sıcak Karışım	:	BSK
Karayolları Genel Müdürlüğü	:	KGM

1. GİRİŞ

1.1 ÇALIŞMANIN KONUSU VE ÖNEMİ

Karayolu ulaştırması ülkemizde tüm ulaşım sistemleri içinde en büyük paya sahiptir. Ülke gelişiminde büyük öneme sahip olan karayolları, tasarımından hizmet ömrünün sonuna kadar titizlikle planlanması, imal edilmesi ve korunması gereken yapılardır. Karayolunun yapım kalitesi ne kadar yüksek olursa, o yolun kendinden bekleneni vermesi de buna paralel olarak o derece fazla olmaktadır.

Kaplama tabakasında kullanılan bağlayıcı cinsine göre yol üstyapıları; esnek ve rijit olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Bağlayıcı olarak bitümlü malzemelerin kullanıldığı üstyapı çeşidine esnek yol üstyapısı denilmektedir. Üstyapı tabakalarının en uygun şekilde tasarımı; güvenlik, konfor ve ekonomi bakımından büyük önem arz etmektedir.

2008 yılı verilerine göre 1.987 km.si otoyol, 31.333 km.si devlet yolu, 30.579 km.si il yolu olmak üzere toplam 63.899 km.ye ulaşan yol ağının devlet ve il yollarının çoğu şehir geçişi olmak üzere 1950'den günümüze kadar ancak otoyol dahil 13.052 km. bölünmüş yol yapılabilmektedir. Bu yolların bölünmüş yola dönüştürülmesinde temel amaç; ülkemizde her yıl çok sayıda kişinin ölümüne ve maddi kayba sebep olan trafik kazalarını azaltmak, sürücülere konforlu bir seyir sağlamak, akaryakıt ve amortisman giderlerinin düşürmek, Avrupa ülkelerinde gelişmiş olan yol ağlarıyla entegrasyonu sağlamaktır (KGM 2000a). Yüksek maliyetlerle inşa edilen ve önemli miktarlarda kontrol ve bakım maliyeti oluşturan yolların ilk üretiminin en az kusurla yapılması, hizmet ömrünün sonuna kadar daha az sorun ve külfet çıkartacak karayollarına sahip olmamızı sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, esnek üstyapılarda üretim ve yapım hatalarının sebep olacağı bozulmaları göz önüne sermek ve bu hatalardan dolayı meydana gelebilecek manevi, maddi zararları en aza indirmek için önem verilmesi gereken hususlara dikkat çekmek; yapılan anket çalışması ile de yol inşası sektöründe çalışan

personelin yol üretimi ile ilgili teknik bilgi durumunu belli bir örnekleme oranında incelemek ve tecrübeleri doğrultusunda yol kalitesinin artırılması ile ilgili görüşlerini ortaya koymaktır.

1.2 KONU HAKKINDA YAPILAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yorulma bozulmaları ile alakalı olarak; Cooper ve Pell (1974), bitümlü malzemelerin yorulma davranışına, karışım değişkenlerinin etkisini incelemişlerdir. Bu değişkenler, bitüm içeriği, bitüm tipi, agrega gradasyonu, agrega tipi, filler içeriği ve filler tipidir. Bağlayıcı içeriği artırılırsa, karışım stifnısı belli bir değere kadar yükselir ve o değerden sonra düşmeye başlar, bununla birlikte verilen bir şekil değiştirme için yorulma ömrü artmaktadır. Daha sert bağlayıcı kullanımı da yorulma ömrünü artırmaktadır. Stifnıs ayrıca agrega gradasyonu ile de değiştirilebilmektedir.

Tayebali ve diğ. (1992) göre, asfalt karışımın yorulma dayanımı; karışımın tekrarlı eğilme etkisine kırılmadan karşı koyabilme yeteneğidir. Yorulma asfalt betonundaki bozulma formlarından birisidir. Tekrarlı trafik yükünden dolayı ortaya çıkar. Yorulma davranışının tasarımda göz önüne alınabilmesi için çalışmada trafik ve çevre şartları altında farklı karışımların yorulma karakteristikleri göz önüne alınmıştır.

Cooper ve diğ. (1985), yaptıkları çalışmada plastik deformasyon ve yorulma dayanımı artırmada agrega gradasyonunun önemini vurgulamışlardır. Çalışmanın amacı yorulmaya karşı dayanımı ve elastik stifnısı artırmak için agrega gradasyonunu değiştirerek en iyi dayanımı elde etmektir. Bu amaçla bir takım numune hazırlanıp, agregalar arası boşluk yüzdesi (VMA)' ni minimum eden gradasyon formülasyonu bulunmuştur.

Powell (1987), ağır trafikli yollar için yeni bir tasarım metodu üzerinde çalışmıştır. Ayrıca plastik deformasyona dayanım, yorulma davranışı ve sıkıştırma metotları incelenmiştir.

Hava boşluk oranının karışım üzerindeki etkisini gözlemlemek üzere çalışmalar yapan Lubbers (1985), yüzde 3 ile yüzde 12 hava boşluk oranına sahip karışımlardan geri kazanılan bağlayıcı penetrasyonu ile hava boşluk oranı arasında ilişki kurmuş, hava boşluk yüzdesinin artışı ile penetrasyonun düştüğü, başka bir deyişle yaşlanma etkisinin arttığı sonucuna varmıştır.

Cross ve Brown (1992), son yıllarda bazı eyalet yollarında meydana gelen (HMA) plastik deformasyon miktarı ve büyüklüğü ile ilgili tecrübelerini aktarmışlardır. Sebep olarak kamyon lastik basınçlarının artması, dingil yüklerinin artması, trafik hacminin artmasını göstermişlerdir. Artan kamyon lastik basıncı, artan kamyon ağırlıkları sonucu artan plastik deformasyonun malzeme seçimi, karışım tasarım ve inşasına azami dikkatin gösterilmesi ile olacağını göstermişlerdir. Sonuçlar, hava boşluk içerikleri düşük olan karışımlar için agrega özelliklerinin etkisinin fazla olmadığını göstermiştir. Boşluk içerikleri yüzde 2,5'dan büyük olan karışımlarda plastik deformasyona karşı dayanımı artırmak için kırılma yüzeyi daha fazla olan, köşeli ince agreganın kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Preston (1991), yeni bir tasarım metodu geliştirirken, karışım performansının bağlı olduğu değişkenler üzerinde çalışmıştır. Bu değişkenler, agrega gradasyonu, bitüm içeriği ve karışımın sıkışma seviyesidir. Preston, bitümlü malzemelerin performansını değerlendirmede, elastik stifnis, plastik deformasyona karşı dayanım, yorulma çatlamaına karşı dayanım değerlerinin dikkate alınması gerektiğine dikkat çekmiştir. Yoldaki gerçek karışım özelliklerine yakın değerlerde numune hazırlanmasının, tasarım açısından çok önemli olduğu vurgulanmıştır.

Perdomo ve diğ. (1992), çalışmalarında laboratuvar ortamında plastik deformasyonu incelemek için, gradasyon sabit tutarak danecikleri yuvarlak, köşeli, pürüzlü, poroz parçacıklarla değiştirmişlerdir. Karışım özellikleri farklı 5 bitümlü karışım test edilmiştir. Burada amaç, agrega özelliklerinin plastik deformasyona karşı dayanıma etkisini incelemektir.

Kim ve diğ. (1992), agrega tipi ve gradasyonun, asfalt betonu yorulma ve plastik deformasyonuna etkisini araştırmışlardır. Diametral (indirekt çekme) yorulma testleri ve tek eksenli statik sünme testleri kullanılmıştır. Deneyler farklı sıcaklık ve farklı karışım değişkenleri için yapılmıştır. Bu değişkenler; asfalt tipi, asfalt içeriği, hava boşluk oranı, sıcaklık değişimidir. Sonuçlar istatistiksel ve grafiksel olarak karsılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar şunlardır:

Asfalt betonunun plastik deformasyon ve yorulmaya karşı dayanımında agrega tipi çok önemlidir. Plastik deformasyona karşı dayanımda kaba gradasyon kullanımı çok fazla olumlu olmamıştır. Plastik deformasyona karşı dayanıma, agrega tipi ve gradasyonu, asfalt tipi, hava boşluk oranı ve sıcaklığın etkisinin olduğu bulunurken, bu değişkenlerin, yapılan test sonuçlarına göre, yorulma dayanımına çok fazla etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Marks ve diğ. (1990), çalışmalarında asfalt karışımında kırılmış agrega etkilerini incelemişlerdir. Iowa Ulaştırma Bölümü eyalet yollarında plastik deformasyonu önlemek için yüzde 85 'i kırılmış agrega ve 75 vuruşlu Marshall karışım tasarımı metodu kullanmışlardır. HMA (Hot Mix Asphalt) karışımları yüzde 0, 30, 60, 85, 100 kırılmış gravel, kırılmış limestone, kırılmış quartzit ve kırılmamış kum ve gravel ile hazırlanmıştır. Yüzde 4, 5, 6 asfalt içeriği ile karışımlar hazırlanmıştır.

Matthews ve Monismith (1992), asfalt karışımının gradasyonunun ağır yüklü üstyapılardaki plastik deformasyona etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla Hveem Stabilometresi ve basit sünme testi (hücre basınçsız olarak) kullanılmıştır. Sıkıştırma örseleme metodu ile yapılmıştır. Plastik deformasyon durumları 4 sıcaklık, 2 agrega gradasyonu, 2 asfalt içeriği için hesaplanmıştır. Deneylerin sonucunda;

1) Orta gradasyonlu karışım, kaba gradasyonlu karışımdan plastik deformasyona karşı daha iyi dayanım göstermiştir.

2) Sıcaklığın plastik deformasyona etkisi, gradasyon tipinin etkisinden daha fazladır.

2. ESNEK ÜSTYAPI ELEMANLARI

2.1 GİRİŞ

Karayolu yapısı, önceden belirlenen geometrik standartlara uygun olarak saptanmış olan bir güzergah boyunca, doğal zeminin istenilen yükseltilere getirilebilmesi ve üzerinde motorlu taşıtların istenilen hız, güvenlik ve konfor koşullarında hareketlerinin sağlanabilmesi amacıyla inşa edilen yapıların tümü olarak tanımlanabilir. Karayolu; yapısı, görevi, yapım sırası ve özellikleri açısından alt ve üst yapı olarak iki ayrı bölümde incelenebilir (Ilıcalı ve diğ. 2001).

Yapımı tamamlanmış bir karayolunda tesviye yüzeyiyle doğal zemin çizgisi arasındaki bölgeye altyapı adı verilir. Altyapı, yolun dolgu kesimlerinde, dışarıdan getirilen toprakla oluşturulmuş bir toprak gövde, yarma kesimlerindeyse doğal zemindir. Ancak yarma kesimlerinde tesviye yüzeyini oluşturmak amacıyla yapılan dolgu çalışmaları da alt yapıya dahildir. Ayrıca köprü, viyadük, tünel, menfez ve istinat duvarı gibi yapılar da altyapı elemanı olarak kabul edilir.

Altyapının görevleri; istenilen kotta düzgün bir yüzey sağlamak, üstyapı tarafından iletilen yükleri daha geniş bir alana yaymak ve az da olsa, yolu dış etkenlerden korumaktır. Bu görevleri yerine getirebilmesi için trafik yükleri, don ve su etkilerine karşı dayanıklı olması gerekir. Altyapı oluşturulurken bitkisel toprak, çürük zemin ve sıkıştırmaya elverişli olmayan zeminler kullanılmamalıdır. Bu nedenle altyapıyı oluşturan zemin özelliklerinin çok iyi incelenmesi gerekmektedir (Ilıcalı ve diğ. 2001).

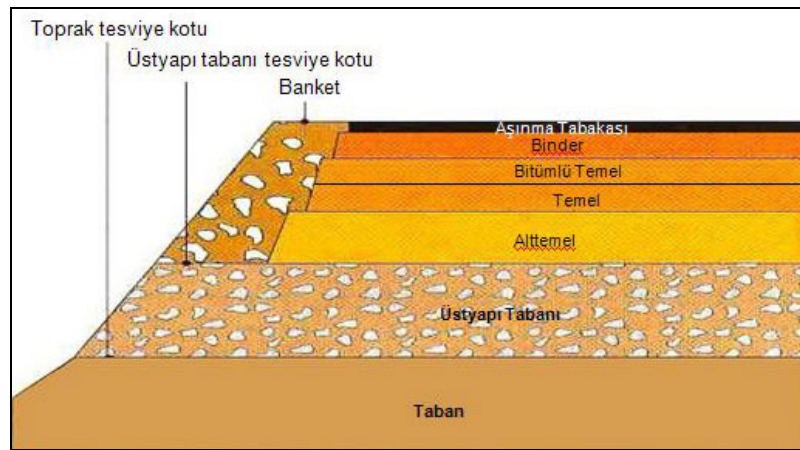
Karayolu üstyapısı, trafik yüklerini altyapının taşıyabileceği değere indirmek, altyapıyı korumak ve düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak amacıyla altyapı üzerine yerleştirilen alt temel, temel ve kaplamadan oluşan tabakalı yol yapısıdır.

Üstyapılar, kaplama tabakasında kullanılan malzemelerin türlerine, özelliklerine ve yapım yöntemlerine göre rijit ve esnek olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadırlar. Taban zeminine, trafiğe, çevre koşullarına ve ekonomik koşullara bağlı olarak en uygun üst yapı tipi seçilebilir. Bu çalışmanın konusundan dolayı esnek üstyapı incelenmiştir.

2.2 ESNEK ÜSTYAPIYI OLUŞTURAN TABAKALAR VE GÖREVLERİ

Asfalt kaplama tabakalarıyla oluşturulan üstyapıya “esnek üstyapı” denir. Esnek üstyapı, tesviye yüzeyiyle sıkı bir temas sağlayan ve trafik yüklerini, kaplama, temel ve alttemel tabakaları yoluyla taban zeminine dağıtan bir üstyapı şekli olup stabilizesi, adezyon, tane sürtünmesi ve kohezyon gibi kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcının özelliklerine bağlıdır (Ilıcalı ve diğ. 2001).

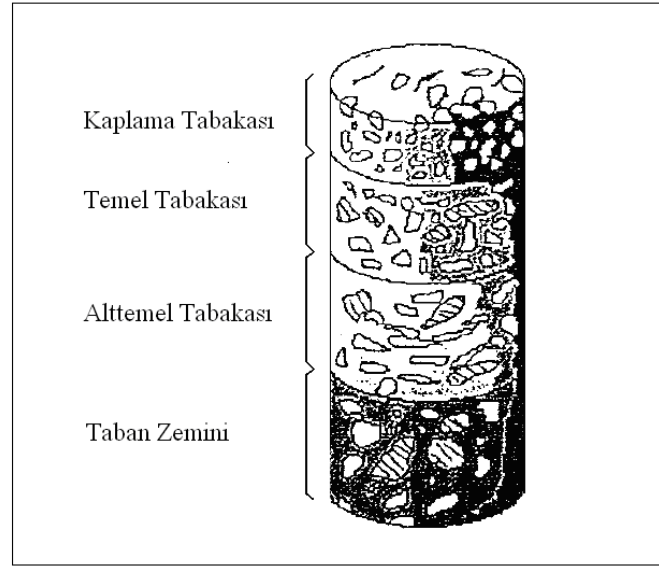
Esnek üstyapı denildiğinde sıkıştırılmış taban zeminini üzerine inşa edilen ve dingil yüklerini taban zeminin taşıma gücünü aşmayacak şekilde aktaran aşınma tabakası (bitüm betonu), binder tabakası (bitüm betonu), temel tabakası (bitüm betonu ya da granüller malzeme) ve alttemel tabakalarından (granüler malzeme) oluşan bir üstyapı tipi anlaşılmalıdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : Esnek üstyapı kesiti

Tabakalı bir sistem olan esnek üstyapının yük taşıma kapasitesi, sistemi oluşturan tabakaların üst yapı direncine katkısı ve yükü yayma özelliklerine dayanır.

İyi projelendirilmiş bir üstyapıda tabakalar tarafından yayılan yük, tabana ulaştığında tabanın, büyük deformasyonlara maruz kalmadan taşıyabileceği bir düzeye düşürülmüş olur.



Şekil 2.2 : Tipik bir esnek üstyapı kesiti

Üstyapıdaki tabakaları oluşturan malzemeler değişik özelliklere sahiptir. Alttemel ve temel tabakalarında granüler malzemeler kullanılırken kaplama tabakasında, özellikleri sıcaklığa ve yükleme hızına bağlı olan, viskoelastik davranış gösteren bitümlü karışımlar kullanılmaktadır (Şekil 2.2).

Bir üstyapı yapılmadan önce altyapı, üstyapıya istenilen bir destek sağlayacak şekilde şartnamelere uygun olarak hazırlanırlar. Üstyapının performansı taban zemininin fiziksel özellikleri ve durumu ile doğrudan ilgilidir.

2.2.1 Esnek Üstyapı Tabakaları

2.2.1.1 Taban zemini

Bir esnek üstyapının davranışı taban zemininin taşıma gücü ile doğrudan ilgili olduğundan taban zemininin şartnamelere uygun olarak hazırlanması üstyapı projelendirmesinde çok önemlidir. Taban zeminlerinde yeraltı su seviyesi tesviye yüzeyinin en az 150 cm altında tutulmalı, bununda sağlanması için uygun yer altı drenajı yapılmalıdır. Ayrıca uygun drenaj sistemi ile yüzey suyunun yol gövdesini etkilemesi önlenmelidir. Yol gövdesinin, yapım sırasında ve yolun ömrü boyunca stabil kalabilmesi için, etkili ve kalıcı uygun drenaj sistemleri ile sudan korunması sağlanmalıdır. Yol üstyapıları aşırı don kabarması ve tabanın donma çözülme mevsiminde taşıma gücünün azalması ile zarar görebilir. Don olayının yol üstyapısına olan etkisinin azaltılabilmesi için aşağıdaki faktörlerin incelenmesi gerekir (Ilıcalı ve diğ. 2001).

- a) Taban zeminin dona karşı hassasiyeti.
- b) Üstyapının toplam kalınlığı.
- c) Donma indeksi.
- d) Yeraltı su seviyesinin üstyapı düzeyinden ölçülen derinliği.
- e) Güzergahtaki yarma ve dolgu yükseklikleri.

2.2.1.2 Alttemel tabakası

Alttemel, trafik yüklerinin taban üzerine yayılmasını sağlamak, ince taneli altyapıların temel tabakasına nüfuz etmelerini önlemek, ayrıca su ve don tesirlerine karşı direnım sağlamak, tampon bölge görevi yapmak için tesviye yüzeyi üzerine serilen tabakadır (Ilıcalı ve diğ. 2001).

Alttemel yalnız don bölgesindeki, dona hassas taban zeminleri veya taşıma gücü yeterli olmayan taban zeminleri üzerinde yapılır. Bu durumların söz konusu olmadığı hallerde yapılmayabilir. Alttemel tabakası, taban zemininin taşıma gücünü aşabilecek yüksek gerilmeleri ve tabanda oluşacak don etkisinin üstyapıya yansımalarını önleyecek özelliklere sahip olmalıdır (Ağar ve Umar 1985; Yasa ve diğ 1954).

Kullanılan malzeme cinsine göre alttemel kalınlıkları Tablo 2.1'deki gibi alınmalıdır.

Tablo 2.1 : Kullanılan malzeme cinsine göre alttemel kalınlıkları

<u>Malzeme Cinsi</u>	<u>Alttemel Minimum Kalınlığı</u>
Çakıl ve kırmataş	20 cm
Mekanik stabilizasyon	20 cm
Çimento ile stabilizasyon (I. ve II. Sınıf yollarda)	15-18 cm
Bitüm ile stabilizasyon (I. ve II. Sınıf yollarda)	15-18 cm
Kireç ile stabilizasyon (I. ve II. Sınıf yollarda)	15-18 cm

Alttemel tabakasının üst etkileri taşımaktan başka bir fonksiyonu da; üst yapının drenajına yardım etmek ve aşağı tabakalardan gelecek sızmaları tutmaktır. Daneli alttemel malzemesi dona hassas taban zeminine karşı filtre stabilitesine sahip olmalıdır. Bu nedenle, yeterli miktarda ince ve orta kum içermelidir. Böylece suyun alttan yukarıya doğru yükselmesi halinde ince daneler yüzmez veya trafik etkisi altında, alttemel daneleri arasına girmez.

2.2.1.3 Temel tabakası

Temel tabakası, bağlayıcısız ya da bağlayıcı bir maddeyle işlem görmüş olan belirli granülometrideki malzemeden oluşur. Ana görevi, üst yapının yük taşıma kabiliyetini artırmaktır. Ayrıca, trafik hareketlerinden doğan yüksek kayma gerilmelerine karşı koyabilecek, drenaja yardımcı olabilecek ve don olaylarına karşı da koruma sağlayabilecek özelliklere sahip olmalıdır (Ilıcalı ve diğ. 2001).

Bu bakımdan temel tabakası belirli özellikleri olan, kaliteli malzemeden oluşturulmalıdır. Temel tabakası olarak özellikleri Karayolları Teknik Şartnamesinde belirlenmiş olan temel tiplerinden birisi kullanılabilir (KGM 2000a).

Bu temel tipleri;

a) Granüler temel tabakası; çakıl, kırılmış çakıl, kırılmış cüruf, kırmataş ve benzeri malzemeden yapılır. İyi derecelendirilmiş gradasyonda olmalıdır. Modifiye proktorda yüzde 98 sağlanmalıdır. Minimum granüler temel kalınlığı 15 cm olmalıdır.

b) Plentmix temel tabakası; kırılmış çakıl, kırılmış cüruf, kırmataş ve ince malzemeden oluşur. Kaba ve ince olmak üzere en az iki dane boyutu vardır. Yüzde 100 modifiye proktoru sağlamalıdır. Plentmiks temel kalınlığı 15 cm olmalıdır.

c) Çimento bağlayıcılı granüler temel tabakası; çakıl, kırılmış cüruf, kırmataş ve ince malzemeden oluşur. Yüzde 98 modifiye proktoru sağlamalıdır. Çimento bağlayıcılı temel kalınlığı 20 cm olmalıdır.

d) Penetrasyon makadam temel tabakası; alt temel üzerine kaba agreganın serilip üzerine AC uygulanması ve ince malzemeye sıkıştırılmasıdır.

e) Rolled asfalt temel tabakası; asfalt çimentosu, filler, ince ve kaba agreganın karışmasından oluşur.

f) Bitümlü temel; kırılmış ve elenmiş kaba agrega, ince agrega mineral filler ve bitüm ile yapılır. Bitümlü temel kalınlığı ise 8 cm olmalıdır.

g) Bitümlü makadam temel; kırılmış taş ve cürufun ince agrega ve AC ile karıştırılması ile yapılır (Ağar ve Umar 1985).

2.2.1.4 Kaplama tabakası

Kaplama, taşıtlara uygun bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak, trafiğin aşındırma etkilerine karşı koymak ve yapıya sızan yüzeysel su miktarını ve temel tabakasına iletilen kayma gerilmelerini azaltmak amacıyla temel tabakası üzerine inşa edilen bir tabakadır (Ilıcalı ve diğ. 2001).

Kaplama tabakası üstyapının trafik yüklerine doğrudan maruz kalan en üst tabakadır. Trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en

yüksek düzeyde olması nedeniyle kaplama tabakası, üstyapının diğer tabakalarına göre daha yüksek bir elastikiyete sahip olmalıdır. Kaplama tabakasının, trafiğin aşındırıcı etkisine karşı koymak, düzgün ve emniyetli bir sürüş sağlamak, yolu kalıcı deformasyonlara karşı korumak gibi işlevleri vardır (KGM 2000a).

Kaplama tabakası genellikle bitüm ve agrega karışımı ile elde edilen malzemeden meydana gelir. Karayolları esnek üstyapılar projelendirme rehberine göre, kaplama tabakası yüzeysel kaplama ya da bitüm betonu kaplama olabilir.

2.3 KARAYOLU ESNEK ÜSTYAPISINI OLUŞTURAN MALZEMELER

Esnek üstyapılarda kullanılan malzemeleri agregalar ve bitümlü bağlayıcılar olmak üzere iki kısma ayırmak mümkündür.

2.3.1 Agregas

100 mm 'ye kadar olan sert taştan kırılıp elenerek elde edilmiş, tane büyüklüğü tarif edilebilen kaya parçacıklarına agrega denir. Asfalt ve beton üretiminin hammaddesidir. Sıcak asfalt karışımının yaklaşık olarak ağırlıkça yüzde 95'lik, hacimce ise yüzde 85'lik bölümünü agrega oluşturmaktadır. Agreganın tipi, yüzey pürüzlülüğü, yassılık durumu, gradasyonu gibi özellikleri bitümlü sıcak karışımın yorulma ve tekerlek izi açısından performansları üzerinde büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle kullanılan agregalarda aranan temel özellikler vardır. Yapılan dizaynın özelliğine göre agregalarda aranan özellikler de farklı olacaktır. Yol tabakası, çeşitli kalınlıkta ve farklı görevleri olan birden fazla katmandan meydana gelmektedir. En üst kısmı oluşturan ve en önemli katmanlardan biri olan aşınma tabakası, yol güvenliği açısından önemli parametrelerden birini meydana getirir. Yolun servis süresini güvenli bir şekilde tamamlaması ve arzu edilen özelliklerini uzun süre koruması için kullanılan agregaların sürtünme katsayılarının yüksek olması ve servis ömrü boyunca cilalanmaya karşı yüksek dayanım sağlaması istenir (Avcı 2009).

Agregaların ve agrega – bağlayıcı karışımların özellikleri, kaplamanın ömrüne, dayanımına ve performansına doğrudan etki etmektedir. Agregaların beklenen görevleri yerine getirebilmesi için belirli mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olması gerekmektedir (Tunç 2004; Ilıcalı ve diğ. 2001).

2.3.1.1 Agregaların Fiziksel Özellikleri

Agregaların fiziksel özelliklerini tespit etmek amacıyla; mineralojik, boyut, gradasyon, biçim, yüzey yapısı, porozite, özgül ağırlık, yüzey alanı ve boşluk oranı sınıflandırmaları yapılmakta ve bu sınıflandırmalara göre agregaların uygun olup olmadıkları belirlenmektedir.

2.3.1.1.1 Mineralojik sınıflandırma

Agregalar genel olarak; dere malzemesi, kırmataş ve yapay taşlardan elde edilmektedir. Dere malzemeleri, sahip oldukları olumsuz özelliklerden dolayı alttemel hariç yol kaplamalarında kullanılmamaktadır. Yapay taşlar ise genellikle yüksek fırın cüruflarından elde edilmektedir. Yol kaplamalarında kullanılacak en ideal agrega, kayaların kırılması ile elde edilen kırmataş mineral agregalardır (Tunç 2004; Ilıcalı ve diğ. 2001).

2.3.1.1.2 Boyut sınıflandırması

Agregalar boyut bakımından; kaba, ince ve filler olarak sınıflandırılmaktadır. No: 4 (4,76 mm) eleğin üzerinde kalan kaba agrega, No: 4 elekten geçip No: 200 (0,075 mm) eleğin üzerinde kalan ince agrega ve No: 200 elekten geçen malzeme ise filler olarak isimlendirilir. Maksimum dane boyutu, malzemenin tamamının geçtiği minimum elek açıklığı olarak tanımlanmaktadır. Kaba agrega karışımın ana iskeletini oluştururken ince agrega ve filler bu iskeletin arasındaki boşlukları doldurarak daha yoğun bir karışım elde edilmesini sağlamaktadır (Tunç 2004; Ilıcalı ve diğ. 2001).



**Şekil 2.3 : Taştozu
(0- 5 mm) arası**



**Şekil 2.4 : 1 No agrega
(5-12mm) arası**



**Şekil 2.5 : 2 No agrega
(12-22mm) arası**



**Şekil 2.6 : 3 No agrega
(22-32mm) arası**



**Şekil 2.7 : Kırma Taş
(22-70mm) arası**



**Şekil 2.8 : Çeşitli boyutlarda
agrega malzemesi**

Mineral filler, toplam agreganın çok küçük yüzdesini oluşturmasına karşın karışımın özelliklerinin düzenlenmesinde önemli rol oynar. Mineral filler, 0,075 mm' lik elekten geçen agrega malzemesidir. Ancak 0,075 mm' den daha ince olan tüm malzemeler filler görevi görmezler. Filler, bitümlü karışımlarda ince agrega oranını artırmak, boşluk miktarını azaltmak ve yüksek sıcaklıklarda karışımın

deformasyona karşı dayanımını artırmak için kullanılmaktadır. Boşluk doldurucu bir özelliğe sahip olduğundan stabiliteyi etkilemektedir. Mineral filler köşeli olmalı, karışım içerisindeki boşlukları doldurabilmesi için uygun derecelenmeye sahip olmalı ve aynı zamanda 0.001 mm. den ince boyutlu daneler de içermelidir. Dane şekli mineral fillerin etkisi üzerinde önemli rol oynar. Köşeli daneler, yassı, düz ve uzun danelere göre daha iyidir. Yassı, düz ve uzun danelerin yüzdesinin artması fillerin özelliğini düşürür. Filler kimyasal bakımdan atıl olmalı, yani bitümlü malzeme ile reaksiyona girmemelidir. Ayrıca, bitümlü karışımın yapıldığı sıcaklıkta bir değişikliğe uğramamalı, bağlayıcıya karşı iyi bir yüzey adezyonu göstermelidir.

2.3.1.1.3 Gradasyon sınıflandırması

Gradasyon, agrega harmanını oluşturan danelerin boyutlarına göre dağılımını ifade etmektedir. Gradasyonundaki maksimum dane boyutu arttıkça işlenebilirlik ve sıkışma zorlaşmakta, segregasyon artmakta, yoğunluk ve stabilite artarken bağlayıcı ihtiyacı azalmaktadır. Agregada gradasyon yönünden kesikli, yoğun - sürekli, boşluklu - sürekli ve tek boyutlu gradasyon olarak dört sınıfa ayrılmaktadır (Tunç 2004; Ilıcalı ve diğ. 2001). Yoğun – sürekli gradasyon, bitümlü sıcak karışımlarda tercih edilen gradasyon sınıfıdır.

2.3.1.1.4 Biçim sınıflandırması

Agregada danelerinin biçimleri, karışımların; sıkışma direncine, işlenebilirliğine, yoğunluğuna, stabilitesine, içsel kenetlenmesine ve kayma mukavemetine etki etmektedir. Agregalar biçim bakımından; yuvarlak, köşeli, düzensiz, yassı, ince - uzun ve yassı - ince - uzun olarak sınıflandırılmaktadırlar. Yuvarlak biçimli agregaların işlenebilirlik özelliği köşeli agregalara göre daha yüksek olmasına karşın stabilite bakımından temas noktası sayısı fazla olduğundan köşeli agregalar daha üstün özellik göstermektedir (Tunç 2004; Ilıcalı ve diğ. 2001).

2.3.1.1.5 Yüzey yapısı sınıflandırması

Agregaların yüzey yapısı, danelerin pürüzlülük veya cilalılık durumunu ifade etmektedir. Agregada danelerinin yüzey pürüzlülüğü arttıkça işlenebilirlik azalmakta fakat içsel sürtünme açısı, stabilite, kayma mukavemeti ve asfalt ile adezyon kuvveti artmaktadır. Bu sebepten dolayı cilalı agregaların esnek yol üstyapılarında kullanımı uygun değildir (Ilıcalı ve diğ. 2001).

2.3.1.1.6 Porozite sınıflandırılması

Agrega danelerinin, asfaltın emilmesine olanak sağlayacak oranda poroziteye sahip olması gerekmektedir. Yeterli poroziteye sahip agregalar, bağlayıcı ile güçlü bir adezyon sağlayarak stabilitenin artmasına ve asfalt film tabakasında soyulmanın azalmasına olanak sağlamaktadır. Porozitenin fazla olması ise yoğunluğun ve stabilitenin düşük olmasına ayrıca asfalt ihtiyacının artması sebebiyle sıcak havalarda terleme meydana gelmesine neden olmaktadır (Tunç 2004; Ilıcalı ve diğ. 2001).

2.3.1.1.7 Yüzey alanı ve boşluk sınıflandırması

Agrega danelerinin sahip oldukları yüzey alanlarının toplamı ve agregada daneleri arasındaki boşlukların toplamı karışımların bütün özelliklerine doğrudan etki eden faktörlerdir. Toplam yüzey alanı ve toplam boşluk hacmi; gradasyon, maksimum dane çapı, dane biçimi gibi özelliklere bağlıdır (Tunç 2004; Ilıcalı ve diğ. 2001).

2.3.1.2 Agregaların mekanik özellikleri

Bitümlü sıcak karışımlarda kullanılacak agregaların değişik mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan çeşitli deneyler vardır.

a) Dane boyutu (Elek analizi) deneyi (TS 1900) : Agregada karışımının granülometrisi belirlenmektedir.

b) Aşınma (Los Angeles) deneyi (TS 3694) : Agregaların sağlamlığını tespit etmek amacıyla yapılan bir deneydir.

c) Hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi (TS 3655) : Agregaların hava etkileriyle donarak ufalanmasına karşı dirençlerinin tespiti amacıyla yapılan bir deneydir.

d) Cilalanma deneyi (BS 812) : Agregaların, taşıt lastikleri ile sürtünmesi sonucunda aşınarak cilalanması oranının tespiti amacıyla yapılan bir deneydir.

e) Su tesirine karşı dayanıklılık (Soyulma) deneyi: Deney sonunda soyulmamış yüzeyin bütün yüzeye oranı soyulmaya karşı dayanımı göstermektedir.

f) Özgül ağırlık ve su emme deneyi (TS 3526) : Agregaların özgül ağırlığı (G) ve su emme yüzdesi (m) tespit edilir.

2.3.2 Bitüm

Bitüm, petrolün damıtımı esnasında ortaya çıkan, rengi koyu kahve ile siyah arasında, yüksek viskoz, hidrokarbon bir atıktır. Bu damıtım, doğada asfalt göllerinde kendiliğinden oluşmakta veya petrol rafinerilerinde yapılmaktadır. Bitüm, yüksek oranda ağır hidrokarbonlardan oluşan katı, yarı katı ya da viskoz bağlayıcılara verilen genel isimdir. Bitümün en geniş kullanım alanı yollardır. Sıcak karışımlarda bitüm, su geçirmez, termoplastik ve viskoelastik bir bağlayıcı olarak çalışmaktadır. Isıtıldığında yumuşayarak akışkan hale gelir ve bu, bitümlü sıcak karışım üretimi esnasında agreganın kaplanmasını sağlar; soğuduğunda ise sertleşerek parçacıkları bir arada tutar. Günümüzde kullanılan bitümün tamamı petrol rafinerilerinden elde edilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi çok farklı kullanım alanları mevcuttur. Kaplamada kullanılan bitüm, genelde asfalt çimentosu ya da bitümlü bağlayıcı olarak da adlandırılır. Bitüm fazlasıyla viskoz ve yapışkan bir malzemedir. Agregatanecekleri ile arasındaki aderans onu iyi bir bağlayıcı yapmaktadır. Birçok asit, alkali ve tuzdan da etkilenmemektedir. Bu da iyi üretilmiş bitümlü sıcak karışımın kesinlikle geçirimsiz ve pek çok kimyasala dayanıklı olduğunu belirtmektedir. Bitüm genelde sıcak karışımların ağırlıkça yüzde 3 ila yüzde 8'ini oluşturmaktadır. Bu da sıcak karışımların miktarına ve tiplerine bağlı olarak toplam maliyetin yüzde 25 - 30 'una denk gelebilmektedir (Wapa 2002).



Şekil 2.9 : Bitümün genel görüntüsü

2.3.2.1 Bitümün kalitesi

Yollarda her geçen gün gittikçe artan toplam dingil yükleri ve daha yüksek performans talebi, üstyapıların uzun süreli davranışının tahminini zorunlu kılmıştır. Bir üstyapının performansı, tasarım, uygulama ve kullanılan malzemenin kalitesinin de dahil olduğu bir çok faktöre bağlıdır. Bitüm, karışım içerisinde hacimce küçük bir yer tutmasına karşın, dayanıklılık ve bitümlü karışıma viskoelastik özellik kazandırması sebebiyle karışımlarda çok önemli bir role sahiptir (Whiteoak 2004).

Esas olarak, bitümün yol üzerinde tatmin edici bir performans göstermesi aşağıda sıralanan dört özelliğin kontrol edilmesiyle sağlanabilir:

Reoloji; hizmet sıcaklıkları altında bitümün reolojisi, penetrasyon ve penetrasyon endeksi ile uygun biçimde nitelendirilmektedir.

Kohezyon (yapışkanlık); penetrasyon cinsi bitümlerin kohesif mukavemeti düşük sıcaklıklardaki duktilitesi ile karakterize edilir. Bu deneyde üç parça bitüm su banyosuna daldırılır ve kopuncaya kadar dakikada 50 mm 'lik sabit bir hızla çekilir. Numunenin kopmadan hemen önceki uzunluğu duktilitesi olarak saptanır. Deney sıcaklığı bitümün penetrasyonuna bağlı olarak ayarlanır; örneğin 80 pen ile 100 pen için 10 °C, 60 pen ile 70 pen için 13 °C ve 40 pen ile 50 pen için 17 °C'dir. Bu koşullar altında, deneyin farklı kohezyona sahip bitümleri ayırt edebildiği görülmüştür (Whiteoak 2004).

Adezyon; bitümün adezyon karakteristikleri Marshall deneyi ile belirlenir. Deneyde belirli bir agrega, gradasyon ve bitüm kullanılarak sekiz Marshall numunesi üretilir. Numuneler ortalama boşluk oranı eşit olacak şekilde iki adet 4'lü gruba ayrılır. Birinci grup standart Marshall yöntemi kullanılarak deney hemen yapılır, ikinci grup numunelerin ise boşluklarının suyla mümkün olduğunca doygun hale gelmesi için 0 °C ile 1 °C arasındaki bir sıcaklıktaki su altında vakumlanır. Bu işlemden sonra, numuneler 60 °C 'deki su banyosunda 48 saat boyunca bekletilir. Daha sonra da bu dört numunenin Marshall stabilitesi belirlenir. Bu numunelerin stabilitesinin,

standart Marshall yöntemi kullanılarak test edilmiş numunelerin stabilitesine oranına, Tutulan Marshall (re-tained Marshall) Stabilitesi adı verilir. Her iki laboratuvar deneyi ve uygulamadaki performansından, bitümün fonksiyonel özellikleri ile kimyasal yapısı arasındaki önemli bağlantılar belirlenmiştir. Bu çalışma, bitümün moleküler ağırlık dağılımı ve kimyasal bileşiminin dengesiz olması halinde, bitümün kohezyon ve adezyon özelliklerini olumsuz etkileyebilecek bir heterojenlik ortaya çıkarabileceğini göstermiştir (Whiteoak 2004).

Dayanıklılık; bitümün hizmet ömrü boyunca kohezyon ve adezyon özelliklerini koruyabilmesi yeteneği şeklinde açıklanabilir.

2.4 KARIŞIM TASARIMI

Bitümlü sıcak karışım; bitümlü bağlayıcı ve bu bağlayıcı ile üniform şekilde karıştırılmış ve sarılmış agrega bileşiminden oluşmaktadır. Uygun bir karışım ve işlenebilirlik elde etmek için agregaları kurutmak ve bitümlü bağlayıcının yeterli akışkanlığını sağlamak amacıyla, karıştırma işleminden önce hem agrega hem de bağlayıcı ısıtılmaktadır. Bitümlü sıcak karışımlar, sıcak sıfatını buradan almaktadırlar.

Bitümlü karışım tasarımının amacı, maksimum kaplama performansının en ekonomik şekilde sağlanmasıdır. Bitümlü karışım tasarım süreci, agrega türü ve tane dağılımı, bağlayıcı türü ve miktarı, katkı malzemesinin türü ve miktarının saptanmasını ve şartname özelliklerini sağlayan bitüm-agrega karışımının üretimini içermektedir.

Marshall karışım yönteminde öncelikle karışımı oluşturan agrega ve bitümün fiziksel özellikleri tayin edilir. Karışımında kullanılacak agrega granülometrisi ve bitüm yüzdesi tespitinden sonra, çeşitli karışımlar yapılarak en uygun agrega gradasyonu ve bitüm yüzdesi belirlenir. Marshall yönteminde amaçlanan, sağlam (durabil) bir üstyapı elde etmek, trafik yükleri altında deformasyon göstermeyecek bir karışım stabilitesi oluşturmak, sıkıştırılmış karışımın kasma, akma ve stabilite

düşüklüğü olmaksızın çok az miktardaki sıkışmaya imkan verecek, ancak karışım içinde rutubet ve fazla hava barındırmayacak ölçüdeki boşluğu sağlamak ve segregasyona uğramaksızın uygun serimi ve işlenebilirliği sağlayacak bir karışım oluşturmaktır (Önal ve Kahramangil 1993).

Yol üst yapısının analitik olarak tasarlanabilmesi, üstyapı tabakalarında kullanılan malzemelerin ve karışımların özelliklerinin tam olarak belirlenerek bilinmesine bağlıdır. Bu konuda yapılan araştırmalarda laboratuvar deneyleri yaygın olarak kullanılmış olup elde edilen sonuçlar bitümlü karışımların mekanik davranışları hakkındaki temel bilgilerin edinilmesini sağlamıştır.

Analitik üstyapı tasarımında iki gurup malzeme özelliği göz önüne alınır: bunlardan ilki yapının analizi için gerekli olan yük-deformasyon veya gerilme-şekil değiştirme özellikleri; ikincisi ise bozulma şeklini (deformasyon) belirleyen özellikleridir. Başlıca bozulma özellikleri yorulma çatlağı ve kalıcı deformasyondur.

Üstyapı tasarımında ideal olan arazideki malzemenin mekanik özelliklerinin kullanılmasıdır. Fakat tam ölçekli arazi deneyleri yapmak genellikle güçtür ve bu yüzden mühendisler laboratuvar deneylerine yönelirler. Bu deneylerdeki sıcaklık, yükleme süresi, gerilme durumları, sıkıştırma düzeyi vb. arazi koşulları mümkün olabildiğince benzeştirilmelidir. Fakat arazi şartları sürekli olarak değiştiği için uygun deney koşullarının seçilmesi oldukça güçtür. Arazideki gerilme şekilleri laboratuvarda güçlkle sağlanabilmektedir. Sonuç olarak, arazideki davranışın belirli bazı yönlerinin laboratuvar ortamında tekrarlanmasını sağlayabilecek basitleştirilmiş deneyler yapılmaktadır. Bu deneyler üç gruba ayrılabilir:

a) Temel deneyler:

Dinamik üç eksenli basınç deneyi

Sünme deneyi

Dinamik endirekt çekme deneyi

Dinamik rijitlik ve yorulma deneyleri

b) Benzeşim deneyleri:

Tekerlek izi deneyi

c) Ampirik deneyler:

Marshall deneyi

2.4.1 Bitümlü Sıcak Karışım (BSK)'ların Özellikleri

BSK'ların servis ömürleri boyunca iyi performans göstermeleri için uygulandıkları bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak yeterli stabilite, rijitlik, durabilite, yorulma mukavemeti, esneklik, geçirimsizlik ve kayma direncine sahip olmaları gerekmektedir (Tunç 2004).

2.4.1.1 Stabilite

Stabilite terimi, mukavemet ile yakından ilgili olup kaplamaların trafik yükü altında oluşacak deformasyonlara karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Stabilitenin yüksek olması rijitliği arttırdığından yüksek sıcaklıklarda deformasyon olasılığı azalırken düşük sıcaklıklarda çatlama olasılığı artmaktadır. Bu yüzden stabilitenin belirli bir optimum değerde olması istenmektedir. Stabiliteye etki eden faktörler kayma mukavemeti, ısı ve eylemsizlik direncidir (Tunç 2004; Önal ve Kahramangil 1993). Bağlayıcı muhtevası optimumun üzerinde veya çok altında olduğunda stabilite azalmaktadır. Stabilite, laboratuvarında Marshall Stabilite Deneyi ile tespit edilebilmektedir.

2.4.1.2 Rijitlik

BSK'lar, visko-elastik ve termoplastik malzemeler olduğundan mekanik özelliklerini belirlemek için 'Rijitlik Modülü' kullanılmaktadır. Rijitlik, bitümlü sıcak karışımların yükleme süresi ve ısı etkisi altında gerilme ve deformasyonu arasındaki ilişkinin ifadesidir. Bu sebeple yükleme süresi azaldıkça, ısı azaldıkça, karışımın yoğunluğu ve asfaltın katılığı arttıkça karışımın rijitliği de artmaktadır (Önal ve Kahramangil 1993; Keçeciler ve diğ. 1990). Optimum bitüm içeriğinin altında veya üstünde bağlayıcı kullanılması durumunda rijitlik azalmaktadır. Bitümlü sıcak karışımların rijitliğinin tespiti için laboratuvarında indirekt çekme deneyi yapılmaktadır.

2.4.1.3 Durabilite

Durabilite, trafik ve çevre şartlarının aşındırma etkisine direnç göstermesi olarak ifade edilmektedir. Bitümlü sıcak karışımların; bağlayıcının özellik değiştirmesine, agregaların kırılmasına ve ufalanmasına, bağlayıcının soyulmasına karşı dayanıklı olması istenmektedir. Bağlayıcı oranının yükseltilmesiyle film kalınlıklarını arttırarak, yüksek kıvamlı bağlayıcı kullanarak, iyi bir sıkışma sağlayarak ve yoğun gradasyonlu ve sağlam agregalar kullanarak durabilitede artma sağlanabilmektedir (Önal ve Kahramangil 1993; Keçeciler ve diğ. 1990). Optimum bitüm içeriğinden az bağlayıcı kullanıldığında durabilite de azalmaktadır.

2.4.1.4 Yorulma mukavemeti

Karışımın, taşıyabileceği maksimum çekme mukavemeti aşılmadan, yorulma çatlakları oluşuncaya kadar geçirebileceği maksimum yük tekrür sayısına yorulma mukavemeti denilmektedir. Yoğun gradasyonlu agrega kullanılarak ve kaplama kalınlığı arttırılarak rijitliğin artması sağlanabilmektedir. Rijitliği yüksek olan karışımlarda deplasman az olacağından yorulma mukavemetinde artış sağlanacaktır. Ayrıca karışımda elastikiyeti sağlayan bağlayıcının miktarının arttırılması ve kıvamı düşük bağlayıcı kullanılmasıyla, daha esnek bir karışım elde edilerek yorulma mukavemetinde artış sağlanmaktadır (Tunç 2004; Önal ve Kahramangil 1993). Optimum bitüm içeriğinden az bağlayıcı kullanılması BSK'ların yorulma mukavemetini azaltmaktadır.

2.4.1.5 Esneklik

BSK'larda yüksek sıcaklıklar için rijitlik ne kadar önemliyse düşük sıcaklıklar için de esneklik o kadar önemlidir. Yeterli esnekliğe sahip karışımlar, düşük sıcaklıklarda eğilmeden kaynaklanan çatlak oluşmasına izin vermeyerek kaplama ömründe artış sağlamaktadır (Keçeciler ve diğ. 1990). Optimum bağlayıcı içeriğinden az bağlayıcı muhteva eden karışımların esneklik oranı da düşüktür.

2.4.1.6 Geçirimsizlik

Bitümlü sıcak karışımlarda geçirimsizlik, kaplama yapısı içerisine hava ve suyun nüfuz etmesinin bir ölçütüdür. Geçirgenlik arttıkça, hava ve suyun etkisiyle bağlayıcının yaşlanması hızlanmakta, soyulma mukavemeti azalmakta ve donma –

özölme tekrarı sonucu agrega parçalanması artmaktadır. Geçirimsizlik; bağlayıcı miktarı, agrega gradasyonunun yoğunluğu, karışımın yoğunluğu ve sıkışma oranına bağlı olarak artmaktadır (Tunç 2004). Bağlayıcı miktarının yetersiz, karışımın boşluk oranının yüksek olması durumunda ise geçirgenlik artmaktadır.

2.4.1.7 Kayma Direnci

Kayma direnci, araçların frenleme sırasında emniyetle durabilmesi ve kurplarda savrulmaması için teker ile kaplama arasında gerekli sürtünme direncini ifade etmektedir. Bitümlü sıcak karışımlarda, pürüzsüz yüzeylerinden dolayı özellikle yağışlı havalarda keskin kurplarda ve eğimin fazla olduğu yerlerde sürüş emniyeti azalmaktadır. Kaplama üzerine, aşınma direnci yüksek tek boyutlu kırmataş serilip kaplamaya gömülmesi veya sathi kaplama uygulanması bu bölgeler için uygun çözümler olacaktır (Tunç 2004). Bağlayıcı oranının aşırı olması durumunda yol ile tekerlekler arasındaki sürtünme kuvveti ve sürüş emniyeti azalmaktadır.

3. ESNEK ÜSTYAPILARDA BOZULMAYA SEBEP OLAN VE BOZULMAYI HIZLANDIRAN ETMENLER

Türkiye şartlarında, tasarım metodunun ve malzemenin yanlış seçimi, trafiğin öngörülenden hızlı artışı, iklimsel şartların ağırlığı, yol bakımı sırasındaki projeye ve tekniğe uygunluk oluşturulmayan yapımlar, bakım biriminin daha az etkin çalışması ve diğer birimler ile koordinasyon eksiklikleri, başlıca bozulma nedenleridir (Doğan 2006).

Taşıma gücü zayıf zemin iyileştirilmeden yol gövdesinin oluşturulması, uygun dolgu malzemesi seçilmemesi, drenaj sisteminin yetersiz olması, asfalt tabaka kalınlıklarının şartnameye göre yapılmaması, kaplama malzemesi olarak kullanılan agrega ve bitümlü malzemenin yanlış seçimi ve kalite eksiklikleri, yetersiz ya da aşırı sıkıştırma, düşük hava sıcaklığında veya yağışlı havada bitümlü karışım imalatı, kalitesiz işçilik, yapım hataları olarak sayılabilir (Doğan 2006).

Üstyapı tabakalarında oluşabilecek bozulmaların sebepleri, yukarıda belirtildiği gibi kötü malzeme kullanılması, sıkıştırmanın uygun şekilde yapılmaması, yapım sırasında hava sıcaklığının istenilen düzeyde olmaması sayılabilir. Yüzeysel kaplamada ya da asfalt betonu kaplamada kullanılacak agreganın temiz, sağlam ve şartnameye uygun granülometriye sahip olması gerekir. İyi seçilmemiş veya kontrol edilmemiş granülometrilik, çürük, kirli, çabuk cilalanan ve yüksek oranda yuvarlak agrega (tüvenan malzeme) içeren malzemeler kullanılmamalıdır. Bitümlü bağlayıcı da gerekli oranlarda kullanılmalı, gerekenden az ya da fazla kullanılmamalıdır. Asfalt betonu kaplamalar için filler yüzdesinin yetersiz ya da fazla olmamasına, yetersiz karıştırma yapılmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, aşırı derece veya yetersiz sıkıştırma, astar veya yapıştırma tabakalarının gerekli özenle yapılmaması, asfalt betonu kaplamalar içinde serme ve sıkıştırma sıcaklıklarının düşük olması, yapım sırasında karışımın segregasyona uğraması, genel yapım hataları olarak sınıflandırılabilir (Doğan 2006).

3.1 BİTÜM YÜZDESİNİN FAZLA OLMASI

Asfalt betonu karışımlarında bitüm yüzdesi, asfalt betonunun fiziksel karakteristikleri ve kaplamanın uzun ömürlü olması açısından önemlidir. Karışımdaki bağlayıcı oranı optimumdan çok fazla ise karışımın stabilitesi ve rijitliği çok düşüktür. Yetersiz stabiliteye bağlı olarak trafik yüklerinin etkisiyle kaplamada tekerlek izi, ondüle ve yığılmalar meydana gelir.

Bağlayıcı miktarının yetersiz, karışımın boşluk oranının yüksek olması durumunda ise geçirgenlik artmaktadır. Bitümlü sıcak karışımlarda geçirimsizlik, kaplama yapısı içerisine hava ve suyun nüfuz etmesinin bir ölçütüdür. Geçirgenlik arttıkça, hava ve suyun etkisiyle bağlayıcının yaşlanması hızlanmakta, soyulma mukavemeti azalmakta ve donma – çözülme tekrarı sonucu agrega parçalanması artmaktadır.

Yine asfalt miktarının fazla olduğu durumlarda sıcak havalarda karışım içindeki asfalt sıcaklık etkisi ile yükselerek yüzeye çıkar ve yüzeyde oldukça kalın bir asfalt filmi oluşturur. Kusma ya da terleme diye adlandırılan bu olay sonucu yüzeydeki agregalar tamamen asfalt filmi ile kaplandığından sürtünme katsayısı düşmekte ve sürüş emniyeti azalmaktadır.

Sıcak havalarda karışımdaki bitümün yüzeye yansması ile ağır taşıtların lastik desenlerinin kaplama yüzeyine çıkması da tekerlek profil izi oluşumuna sebep olur.

3.2 BİTÜM YÜZDESİNİN AZ OLMASI

Çok fazla bitüm karışımında stabilite problemlerine neden olurken çok az bitüm de karışımın durabilitesini düşürmektedir. Durabilite, trafik ve çevre şartlarının aşındırma etkisine direnç göstermesi olarak ifade edilmektedir. Bitümlü sıcak karışımların; bağlayıcının özellik değiştirmesine, agregaların kırılmasına ve ufalanmasına, bağlayıcının soyulmasına karşı dayanıklı olması istenmektedir. Karışımlarda yetersiz bitüm yüzdesi, ayrışma, sökölme ve soyulma şeklinde kaplama yüzeyindeki agrega kayıplarına sebep olur.

Yine karışımın optimum bitüm içeriğinden az bağlayıcı içermesi, karışımların yorulma çatlakları oluşuncaya kadar geçirebileceği maksimum yük tekerrür sayısı anlamına gelen yorulma mukavemetini azaltmakta, esneklik oranını da düşürerek düşük sıcaklıklarda eğilmeden kaynaklanan çatlak oluşmasına karşı dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bağlayıcı miktarının yetersiz, karışımın boşluk oranının yüksek olması durumunda ise geçirgenlik artmaktadır. Geçirgenlik arttıkça, hava ve suyun etkisiyle bağlayıcının yaşlanması hızlanmakta, soyulma mukavemeti azalmakta ve donma – çözülme tekrarı sonucu agrega parçalanması artmaktadır.

3.3 TASARIMA UYGUN OLMAYAN BİTÜM KULLANILMASI

Yapı olarak viskoelastik özellik gösteren bitüm, yüksek taşıt hızlarında ve düşük sıcaklıklarda elastik katı, düşük taşıt hızlarında ve yüksek sıcaklıklarda ise viskoz sıvı özelliği göstermektedir. Düşük viskoziteli bitüm kullanılması karışımın stabilitesini düşürecektir. Stabilitate yetersizliği özellikle yüksek sıcaklıklarda yolda çökme, ondülasyon ve akmalara oluşmasına yol açacaktır.

Bitümlü sıcak karışımların hazırlanışından servis ömrünün sonuna kadar bitümlü bağlayıcılarda yaşlanma olarak isimlendirilen yapısal sertleşme meydana gelmektedir. Yaşlanma, başlıca asfalt karışımların hazırlanması sırasında bitümün oksidasyonu ve buharlaşabilen bileşenlerin kaybıyla (kısa süreli yaşlanma) ve araziye uygulanmış malzemelerin artan oksidasyonu (uzun süreli yaşlanma) ile ilgilidir. Her iki faktör, bitümün viskozitesinin ve buna bağlı olarak karışımın sertliğinin artmasıyla sonuçlanmaktadır. Bu durum, karışımın daha sert, kırılma ve çatlak oluşumu ile yapısal dağılmaya karşı daha hassas olmasına neden olmaktadır .

Bitümlü bağlayıcı düşük sıcaklık çatlamaalarında önemli bir rol oynar. Genelde düşük sıcaklık çatlamaasına, sert asfaltlar yumuşak asfaltlardan daha fazla eğilimlidirler. Gereğinden fazla oksitlenmeye eğilimli olduklarından veya karışımında hava boşluğu yüzdesinin fazla olmasından dolayı aşırı yaşlanmış

bitümlü bağlayıcılar düşük sıcaklık çatlamlarına neden olurlar. Bu nedenle, düşük sıcaklık çatlamlarını önlemek için, yaşlanmaya fazla eğilimi olmayan ve aşırı okside olmaması için karışımındaki hava boşluğu yüzdesi kontrol altında olan yumuşak asfalt bağlayıcılar kullanılmalıdır (Ağar ve Umar 1985).

BSK, asfalt tabakasının altında oluşan çekme gerilmesini karşılayacak çekme mukavemetine sahip ve tekrarlı yüklemelere karşı çatlamadan dayanım göstermek için yeterince esnek olmalıdır. Bu nedenle, bitümlü sıcak karışımın yumuşak bir elastik malzeme gibi davranması istenir. BSK' nın çekme davranışı daha çok bitümlü bağlayıcıya bağlı olduğundan, bitümlü bağlayıcının sertlik özelliğine bir üst sınır getirilmeli ve yüksek elastisiteye sahip bağlayıcılar seçilmelidir. Zaten yumuşak asfaltlar sert asfaltlardan daha iyi yorulma özelliklerine sahiplerdir (Ağar ve Umar 1985).

3.4 UYGUN AGREGANIN KULLANILMAMASI

Yol kaplamalarının taşıma gücü ve sıkışabilirliği üzerine etkiyen en önemli faktör agregadır. Bu nedenle agregaların sert ve dayanıklı olması, yabancı madde içermemesi ve tane şekillerinin bir kenetlenme yaparak direnci arttıracak şekilde olması istenir. Keskin köşeli ve ayrıtlı (mikropürüzlülüğü yüksek) malzemenin varlığı, hazırlanan karışımın makaslama ve iç sürtünme direncini arttırmaktadır. Agregaların kırılmış yüzeylerinin fazla olması istenir. Yuvarlak taneli, pürüzlülüğü az, kırılmamış ve biçimsiz (yassı) agregaların aşınma tabakalarında kullanılması, tekerlek izine dayanımı azaltır (Avcı 2009).

Karışımındaki ince agrega miktarının fazla olması, agregadaki ince ve iri danelerin köşeli olmayışı ve yüzeylerinin düzgün cilalı olmasına bağlı olarak kaplamayı teşkil eden karışımın stabilitesi düşecektir.

Bazı agregalar başlangıçta köşeli ve pürüzlü olsalar da taşıtların aşındırma etkisi ile pürüzlüklerini kaybederek cilalı bir hal alırlar. Kaplama-lastik arasındaki sürtünme katsayısı, özellikle kaplamanın ıslak olması halinde düşer ve 60-80 km/saat 'ten

yüksek hızlarda kaymalara neden olur. Özellikle kalker türdeki agregalar trafik altında daha çabuk cilalı hale gelirler. Tabii olarak cilalı ve düzgün yüzeyle olan çakıllar da kaplama yapımında kullanılırsa bu da cilalanma sebebiyle kayma tehlikesi yaratırlar. Yüzeyleri cilalı hale gelmiş bu agregalar da ıslandıkları zaman tamamen kaygan hale gelirler (Karakoç 2006).

Karışımında kirli, parçalanmış, düşük kaliteli agreganın kullanılması kaplamada zamanla sökülmele ve çukurlara neden olacağı gibi yola serilen agreganın ıslak ve tozlu olması da kaplamada agrega kaybına sebep olacaktır.

3.5 GRADASYONUN TASARIMDAN FARKLI OLMASI

Agrega derecelenmesi (granülometri) karışımın özelliklerini etkileyen önemli etmenlerden birisidir. Agregada gradasyonu mineral iskelet içerisindeki boşluk hacmini belirler. Bitümlü karışımındaki iri agregada yüzdesi yüzde 40-50 ye çıkarılırsa, iri agregada karışımın mekanik direncini arttıran bir iskelet oluşturur. Böylece karışımın direncinde önemli bir artış hissedilir. İnce agregada ise iri agreganın oluşturduğu iskeletin boşluklarını doldurarak daha yoğun bir karışımın elde edilmesini sağlar. (İlcalı ve diğ. 2001)

Gradasyonda herhangi bir değişiklik ve/veya tanelerin şekil ve köşelilik özelliklerindeki farklılıklar boşluk hacminde beklenmeyen önemli farklılıklara neden olabilirler. Bitümlü karışımların performansında, agregada biçimi, en büyük tane boyutu, filler oranı önemli yer tutar.

Marshall karışım yönteminde öncelikle karışımı oluşturan agregada ve bitümün fiziksel özellikleri tayin edilir. Karışımında kullanılacak agregada granülometrisi ve bitüm yüzdesi tespitinden sonra, çeşitli karışımlar yapılarak en uygun agregada gradasyonu ve bitüm yüzdesi belirlenir. Marshall yönteminin amaçlanan, sağlam (durabil) bir üstyapı elde etmek, trafik yükleri altında deformasyon göstermeyecek bir karışım stabilitesi oluşturmak, sıkıştırılmış karışımında kasma, akma ve stabilite düşüklüğü olmaksızın çok az miktardaki sıkışmaya imkan verecek, ancak karışım

içinde rutubet ve fazla hava barındırmayacak ölçüdeki boşluğu sağlamak ve segregasyona uğramaksızın uygun serimi ve işlenebilirliği sağlayacak bir karışım oluşturmaktır.

Karışım için hazırlanan gradasyonun dışına çıktığı durumlarda; örneğin ince malzemenin çok fazla olduğu bir karışımda, yeterli kalınlıkta asfalt film tabakasının oluşmasına izin vermeyecek kadar az boşluk olması nedeniyle sıkıştırma zorluk yaşanabileceği ve oluklanma meydana gelebileceği düşünülmektedir. Boşluk yüzdesinin çok düşük olması durumunda, sıcak havalarda genişleyen ve boşluk bulamayan asfalt yüzeye çıkma eğilimi gösterecektir, bu durum da kismaya sebep olacaktır. Gradasyonundaki maksimum dane boyutu arttığında ise işlenebilirlik ve sıkışma zorlaşmakta, segregasyon artmakta, yerinde homojen bir tabaka oluşturmayı zorlaştırmaktadır.

3.6 FİLLER ORANI

Asfalt betonu; mineral agrega, filler, bitüm ve havadan oluşan çok fazlı kompleks bir malzemedir. Asfalt-agrega karışımlarında agreganın belirli bir miktar filler ihtiva etmesi, arzu edilen karışım özelliklerini ve performansı sağlamak için şarttır. Filler, asfalt karışımlarda ince agrega oranını arttırmak, uygun boşluk oranını sağlamak ve asfalt betonunun dayanımını arttırmak için karışımların ana bileşenlerinden biri olarak dikkate alınır. Mineral filler malzemesinin özellikleri, onun asfalt betonunun performansını geliştirmedeki potansiyelini tespit etmek, özellikle de sıcak karışımın stabilitesini ve durabilitesini artırarak ötelenme ve tekerlek izi oluşumu ile ilgili sorunları azaltmak için araştırılmıştır.

Belirli mineral filler malzemelerinin kullanımı, asfalt betonundaki tekerlek izi derinliği, rijitlik ve gerilme artışı üzerinde olumlu bir değer artışı sağlar (Benson ve Martinez 1984). Ayrıca kalıcı deformasyon, yorulma çatlağı ve nem hasarına karşı olumlu bir etkiye sahiptir (Kandhal ve diğ. 1998). Filler malzemesi, genellikle kalker, Portland çimentosu, hidrate kireç, siyah karbon ve uçucu kül agregalarının elenmesi ile elde edilir. Bu maddelerin kullanılmasının karışımın durabilitesi,

aşınma direnci ve sıcaklık hassasiyeti için faydalı olduğu belirtilmiştir (Roberts ve diğ. 2000; Rogue ve diğ. 2004).

Filler malzemesi, toprak, kil, organik ve zararlı maddeler ihtiva etmemeli ve kolayca akacak kadar da kuru olmalıdır. Köşeli daneler, yassı, düz ve uzun danelere göre daha iyidir. Yassı, düz ve uzun danelerin yüzdesinin artması fillerin özelliğini düşürür. Filler kimyasal bakımdan atılmalı, yani bitümlü malzeme ile reaksiyona girmemelidir. Ayrıca, bitümlü karışımın yapıldığı sıcaklıkta bir değişikliğe uğramamalı, bağlayıcıya karşı iyi bir yüzey adezyonu göstermelidir.

Sayılan bu özelliklerine bağlı olarak karışımda yeterli filler oranının sağlanamaması, fazla boşluk miktarı oluşmasına, asfalt film kalınlığının artmasına ve özellikle yüksek sıcaklıklarda karışımın deformasyona karşı dayanımının düşük olmasına sebep olacak; ötelenme, tekerlek izi, yorulma çatlakları, soyulma gibi stabilite ve durabilite düşüklüğünden kaynaklanan pek çok problemin oluşumunu tetikleyecektir.

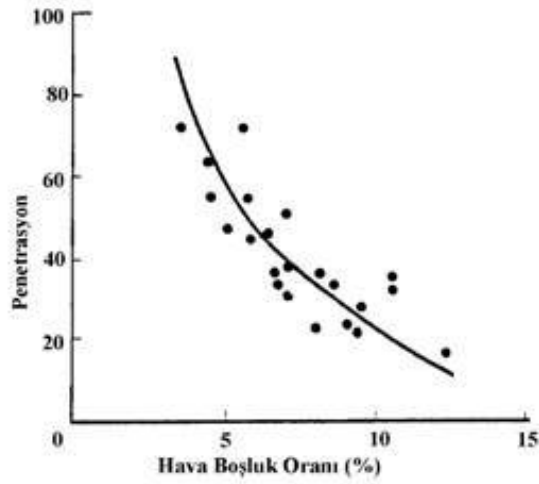
3.7 HAVA BOŞLUĞUNUN FAZLA OLMASI

Bitümlü kaplamadaki boşluk hacminin fazla olması bağlayıcının hava etkisi ile sertleşme olasılığının artmasına, kaplamanın aşınmaya karşı direncinin düşük olmasına, dolayısı ile kaplamanın ömrünün kısılmasına; trafik altında oluşacak sıkışmanın artmasına ve bu suretle dalgalanmaya (ondülasyon) yol açar. Ayrıca kaplama içerisine su sızması durumunda, bitümün agregadan ayrılması (soyulma) söz konusu olacak ve kaplama altındaki tabaka zayıflayacak veya soğuk iklimlerde donma-çözülme olayı sonucu bozulmalar meydana gelecektir.

Bitümlü sıcak karışımlarda yüksek hava boşluğu oranı, yüksek hava geçirgenliği ve agrega danelerini saran bağlayıcı filminin inceliği, kaplamanın dayanıklılığını azaltan yaşlanmanın da en önemli nedenlerindedir. Karışımın yaşlanmasına etki eden parametrelerden biri olan hava boşluk oranına ilişkin ilk çalışmalar Heithaus

ve Johnson (1958) tarafından yapılmıştır. Uygulanan deneyler, hava boşluğu oranının artışı ile yaşlanmanın arttığını göstermiştir.

Lubbers (1985), yüzde 3 ile yüzde 12 hava boşluk oranına sahip karışımlardan geri kazanılan bağlayıcı penetrasyonu ile hava boşluk oranı arasında ilişki kurmuş, hava boşluk yüzdesinin artışı ile penetrasyonun düştüğü başka bir deyişle, yaşlanma etkisinin arttığı sonucuna varmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Hava boşluk oranının yaşlanma üzerindeki etkisi
Kaynak : Lubbers, 1985

Organik moleküllerden oluşması nedeniyle asfalt oksijenle reaksiyona girer. Bu reaksiyon oksidasyon olarak adlandırılır. Asfaltın oksidasyonu, asfalt betonun yorulma karakterini etkilemektedir. Oksidasyon, kohezyonu artıracak, bu da karışımın rijitliğini artıracaktır. Bu durum, yorulma çatlakları oluşturacak ve genellikle ince asfalt betonu tabakalarında görülecektir. Önlem olarak; kaplama çok iyi sıkıştırılmış boşluk yüzde'si minimum olmalı, sert bitüm kullanılmalı ve bitüm yüzdesi, optimum bitüm yüzdesinden biraz (yüzde 1 civarında) fazla olmalıdır (Ilıcalı ve diğ. 2001).

Karışımında hava boşluğu yüzdesinin fazla olmasından dolayı aşırı yaşlanmış bitümlü bağlayıcılar düşük sıcaklık çatlamlarına neden olurlar. Bu nedenle, düşük sıcaklık çatlamlarını önlemek için, yaşlanmaya fazla eğilimi olmayan ve aşırı

okside olmaması için karışımındaki hava boşluğu yüzdesi kontrol altında olan yumuşak asfalt bağlayıcılar kullanılmalıdır (Ağar ve Umar 1985).

Bitümlü sıcak karışımlarda geçirimsizlik, kaplama yapısı içerisine hava ve suyun nüfuz etmesinin bir ölçütüdür. Geçirimsizlik azaldıkça, hava ve suyun etkisiyle bağlayıcının yaşlanması hızlanmakta, soyulma mukavemeti azalmakta ve donma - çözülme tekrarı sonucu agrega parçalanması artmaktadır. Boşluk yüzdesi yüksek olan, özellikle soğuk hava koşullarında yapılan kaplamalarda su ve tuzlar tabakalar arasına sızar ve donma ve erime olayları sırasında asfaltın bozulmasına neden olarak ayrışma, sökülme ve soyulmalara sebep olur. Karışımındaki toplam boşluğun en aza indirilmesiyle karışımın geçirimsizliliği sağlanmaktadır.

İnşası tamamlanıp işletmeye açılmış yol kaplamasında trafik yüklerinin etkisi ile ek sıkışmalar oluşmaktadır. Şartnamelerde, kaplama tabakasında en az düzeyde bir boşluk hacmi kalması istenir. Bu boşluk hacmi miktarı, kaplama dökülüp sıkıştırıldıktan sonra da uzun süre trafik etkisiyle kaybolmamalıdır. Bunu sağlamak oldukça zor olup malzeme tekniği ile yakından ilgili bir konudur. Bağlayıcı madde miktarı ve agrega granülometrisi uygun şekilde ayarlanarak elde edilebilmektedir. Kaplamanın inşaat sırasında ne kadar sıkıştırılması gerektiğinin tespiti için, trafik etkisiyle sonradan oluşacak ek sıkışmanın ne olabileceğinin bilinmesi gerekir. Zamanla daha fazla sıkışması söz konusu olmayan hafif trafikli yollarda kalıcı minimum boşluk hacmi şartı ihmal edilebilmektedir (Ağar 1976).

3.8 HAVA BOŞLUĞUNUN AZ OLMASI

Kaplamanın yeterli bir deformasyon direncine sahip olabilmesi için bitümlü karışım içinde minimum bir boşluk hacmi kalmalıdır. Bu hacmin miktarı kaplamanın cinsine, trafik ve iklim koşullarına bağlı olarak değişir. Bitümlü kaplamada boşluk kalmazsa kaplama, agrega ve bağlayıcıdan oluşmuş bir karışım haline gelir. Böyle bir kaplama düşük sıcaklıkta bozulmaya uğramaz ancak yaz aylarında ondülasyona uğrar. Asfalt yüzdesi optimum olmakla beraber, karışımda boşluk yüzdesi çok düşükse, sıcak havalarda genleşen ve boşluk bulamayan asfalt yüzeye çıkma eğilimi gösterecektir. Genleşme sonunda dışarı atılan bitüm, yol yüzeyinin kaygan hale

gelmesine sebep olur. Ayrıca; agregalar arasındaki boşlukların gereğinden fazla bağlayıcıyla doldurulması sakıncalıdır. Çünkü iskelet yapı bu durumda yük transferindeki etkinliğini kaybeder.

Hensley ve Leahy (1989) bir yolda görülen yapısal tekerlek izinin nedenlerini, yapısal tasarım hatası (zeminden daha zayıf alttemel kullanılması), trafik hacminin ve yüklerin doğru olarak saptanamaması ve daha sonra yapılan takviye tabakalarında düşük hava boşluğu ve yüksek filler/asfalt oranı kullanılması olarak belirlemişlerdir. Diğer bir yolda görülen tekerlek izinin nedenlerinin ise, yüksek bitüm oranının kullanılması, aşırı sıkıştırmanın yapılması, düşük hava boşluğu (aşınma yüzde 2,6; binder yüzde 2,4), yüksek filler/asfalt oranı (aşınma 1,9; binder 1,4) olduğunu belirtmişlerdir.

Belirtilen hususlara bağlı olarak esnek üstyapı kaplamalarında aşırı sıkışma ve çok düşük boşluk oranı olmasından (yüzde 2'nin altında) kaçınılmalıdır. Bu minimum boşluk oranı, kuma ve stabilite düşmesi durumlarının önlenmesinde ve termal genişlemenin sağlanarak termal çatlakların önlenmesinde son derece önemlidir (Yumrutaş 2009).

3.9 YETERSİZ VEYA FAZLA SIKIŞTIRMA

Sıkıştırma, bitümlü yol kaplamalarının istenilen sıklığa kadar yoğunlaştırılmasını amaç edinen mekanik bir işlemdir. Bitümlü kaplama tabakalarının ve yolun tamamının, trafik altındaki davranışında büyük rol oynar. Bu nedenle sıkıştırma, bitümlü yol kaplamaları inşaatında önemli bir yer tutar.

Zeminlere sıkıştırma enerjisi uygulanarak, zemin içerisindeki hava boşluklarını azaltmak, zeminin katı tanelerinin birbirleri içerisinde daha sıkı olacak şekilde yerleşmelerini sağlamak ve zeminin birim hacmini azaltmak yani yoğunluğunu arttırmak amaçlanır.

Bitümlü sıcak karışımların sıkıştırılması süresince, kaplama performansını etkileyen 3 önemli etken bulunmaktadır.

a) Sıkışma derecesinin kaplamanın mekanik davranışı üzerinde büyük etkisi vardır. Agregaların sıkıştırma etkisi ile birbirlerine yaklaşmaya zorlanmaları birbirleriyle olan değme noktalarını ve sürtünmeyi arttırmakta ve daha yüksek karışım stabilitesi ile kaplama mukavemeti elde edilmesini sağlamaktadır. (Yumrutaş 2009).

b) Kaplamanın, özellikle yoğun ağır trafik altında mümkün olduğu kadar uzun zaman bozulmadan hizmet görebilmesi için iyi bir sıkıştırma gereklidir. İmalat sırasında yeterli seviyede sıkıştırma elde edilememesi durumunda trafik yükleri etkisi ile karışım konsolidasyona uğrayacaktır. Bu durum esas olarak tekerleklerin geçtiği bölgelerde gözlemlenmekte ve sonuçta oluşan tekerlek izleri yolu kullananlar açısından tehlike oluşturmaktadır (Ağar 1976; Uluçaylı ve Yavuz)

c) Bitümlü kaplamadaki boşluk hacmi miktarı sıkıştırmaya büyük ölçüde bağlıdır. Boşluk hacminin fazla olması kaplamanın aşınmaya karşı direncinin düşük olmasına, bağlayıcının hava etkisi ile sertleşme olasılığının artmasına, dolayısı ile kaplamanın ömrünün kısılmasına, trafik altında oluşacak sıkışmanın artmasına ve bu suretle dalgalanmalara yol açar. Bununla birlikte, aşırı sıkışma ve çok düşük boşluk oranı olmasından da (yüzde 2'nin altında) kaçınılmalıdır. Bu minimum boşluk oranı, kuma ve stabilite düşmesi durumlarının önlenmesinde ve termal genişlemenin sağlanarak termal çatlakların önlenmesinde son derece önemlidir (Uluçaylı ve Yavuz; Whiteoak 2004).

Yetersiz sıkıştırmanın olduğu durumlarda kaplamalar stabilite yönünden zayıf kalacağından bu durumda tekerlek izinde oturmalar, yerel oturmalar, dalgalanmalar görülecek; kaplamada boşluk hacminin fazla olması kaplamanın aşınmaya karşı direncinin düşük olmasına, bağlayıcının hava etkisi ile sertleşme olasılığının artmasına, dolayısı ile kaplamanın ömrünün kısılmasına, ayrışma, sökülme ve soyulmalara sebep olacaktır. Ayrıca boyuna çatlakların oluşma nedenlerinden biri de dolgularda yetersiz sıkıştırma sebebiyle oluşan oturmalarıdır.

Fazla sıkıştırma ise maliyeti artırmanın yanında kaplama içerisinde ihtiyaç duyulan hava boşluğunun kalmasına imkan vermeyecek, bu durumda sıcak havalarda genleşen ve boşluk bulamayan asfalt yüzeye çıkma eğilimi gösterecek ve kasmaya sebep olacaktır. Yine yeterli boşluğun olmamasından dolayı kaplamada termal çatlaklar oluşacaktır.

Ayrıca sıkıştırmada hatalı silindir seçimi ve yüzeyin düzgün olmaması nedeni ile yüzeyde sıkışmamış kesimlerin kalması kaplama agregası kaybına sebep olur.

3.10 SERME SICAKLIĞI

Yola serilmiş bitümlü karışımın sıkıştırmaya karşı direnci, bağlayıcının viskozitesine bağlıdır. Viskozite ise sıcaklıkla değişim göstermektedir. Sıcaklık yükseldikçe viskozite düşer, dolayısı ile istenilen sıkıştırmayı yapmak için gerekli olan sıkıştırma kuvveti azalır. Deneysel araştırmalar sıkıştırma anındaki sıcaklığının yolun stabilitesi üzerinde önemli rol oynadığını ve en yüksek düzeyde direnç elde edilmesini sağlayan optimum sıkıştırma sıcaklığı bulunduğunu ortaya koymuştur. Pratikte, yola serilen karışım, zararlı yanal deformasyon olmayacak şekilde, sıkıştırma makinesini taşıyacak duruma gelince sıkıştırmaya başlanır ve sıkıştırılacak tabaka aşırı derecede soğumadan sıkıştırma işi bitirilir (Yumrutaş 2009).

Oda sıcaklıklarında bitüm neredeyse katı halde iken, 121 °C ile 149 °C arasında sıvı halde bulunmaktadır. Uygun şekilde sıkıştırılacak olan bir karışım içerisindeki bitüm, agrega tanelerinin birbiri üzerinde hareket etmelerini sağlayacak derecede sıvı olmalıdır. Bu sayede bitüm karışım içinde yağlayıcı etkisi yapar. Karışım soğudukça bitüm akışkanlığını kaybeder (viskozitesi artar) (Yumrutaş 2009).

Türkiye’de asfalt betonu imalatı genel olarak 01 Nisan - 30 Kasım tarihleri arasında yapılmakta olup iklimsel olarak özellik gösteren yerlerde bu süre uzatılıp kısaltılabilmektedir.

Hava sıcaklığı gölgede ve herhangi bir suni ısıdan uzakta 5 °C olduğu veya 5 °C' nin altına düşmeye başladığı zaman, yağmur veya kar yağıyor iken veya yolun üzerinde su, buz veya kar mevcut iken bitümlü kaplama yapılmamalıdır (KGM 2006). Tablo 3.1'de asfalt betonu serim sıcaklıkları verilmiştir.

Tablo 3.1 : Asfalt betonu serim sıcaklıkları

Sıkıştırılmış Tabaka Kalınlığı	< 50 mm	50 – 75 mm	> 75 mm
Yol Yüzevi Sıcaklığı °C	Minimum Serim Sıcaklığı °C		
< 5	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.	Serim yapılmamalıdır.
5 – 9.9	Serim yapılmamalıdır.	141	135
10 – 14.9	146	138	132
≥ 15	141	135	130

Kaynak : KGM, 2006

Bitümlü Sıcak Karışımların sıkıştırılması işlemine karışım yola serildikten hemen sonra başlanmalıdır. Silindiraja başlandığında karışımın sıcaklığı 135 °C' nin altında olmamalı ve karışımın sıcaklığı 80 °C' nin altına düşmeden sıkıştırma işlemi tamamlanmış olmalıdır. Bu sıcaklık değerleri arasında bitüm, sıkıştırma süresince bir yağlayıcı gibi hareket edip karışım içinde agregaların daha yoğun bir düzene doğru hareketine yardımcı olacak derecede sıvı haldedir. Bu sıcaklık değerinin altına düşecek derecede soğuması halinde, bitüm çok sert hale gelecek ve daha fazla karışım yoğunlaşması imkansız hale gelecektir. Karışımın başlangıç sıcaklığı, rüzgar, nem, tabaka kalınlığı, karışımın serildiği yüzeyin sıcaklığı, karışımın soğuma hızı, sıkıştırma için gerekli olan süreyi etkilemektedir (KGM 2006; Ağar 1976).

3.11 SERME HATALARI

Serme esnasındaki segregasyon neticesinde asfalt betonunda hava boşlukları, bağlayıcısı düşük agrega toplulukları oluşur ve meydana gelen soyulma, sökülme neticesinde bunların kaplamadan ayrılması ile çukurlar oluşur.

Ayrıca sathi kaplamalarda çizgisel agrega kaybının oluşmasının nedenleri:

- a) Bitüm dağıtım tankerindeki püskürtme borusunun uygun olmayan yükseklikte bulunması durumunda püskürtmenin istenen şekilde olmaması.
- b) Püskürtme borusunun yanlış açıda tutulması.
- c) Püskürtme borusu üzerindeki memelerin tıkalı olması.
- d) Püskürtme borusunun bakım eksikliği.
- e) Bitümün uygun olmayan hızla ve düşük basınçla yola dökülmesi.
- f) Bitüm sıcaklığının düşük olması.
- g) Genellikle distribütör yükünün azalması nedeniyle asfaltın dökülme yüksekliğinin değişmesi.
- h) Kötü işçilik.

3.12 KARIŞTIRMA ESNASINDA ÖZEN GÖSTERİLMEMESİ

Karıştırma sıcaklığı, karıştırma süresi ve karıştırma sırasındaki özen karışımın dayanıklılığını ve performansını etkiler. Bu etkenlerden herhangi biri karışım sırasında göz ardı edilirse elde edilecek ürünün kalitesi düşük olur. Bu adı geçen etkenlerden herhangi birinin bitümlü karışımın performansına ve dayanıklılığına etkisini incelemek mümkündür.

3.13 TRAFİĞİN GEREKTİĞİ GİBİ HESAPLANMAMASI

Projelendirmede göz önünde tutulması gereken parametrelerden biri de o yol üzerinde seyredecek trafiğin yük etkisidir. Taşıt yüklerinin gerek tekerrür sayısı, gerekse tonaj itibarıyla düşük alınması veya artışındaki tahminlerde hataya düşülmüş olması durumlarında, hesaplanmış olan geometrik boyutların yetersiz

kalması, öngörülenin üzerindeki yüklemeler ve bunun doğuracağı gerilmeler sonunda beton plakta çatlamlar oluşmaktadır.

3.14 DRENAJ SİSTEMİNİN YETERSİZ OLMASI

Taban zemini sıkıştırılmış doğal zemin ya da dolgu malzemesinden oluşur. Esnek üstyapının davranışı, taban zemininin taşıma gücüyle doğrudan ilgilidir. Taban zeminlerinde yer altı su seviyesi, tesviye yüzeyinin en az 100 cm. altında tutulmalı ve bunu sağlayacak uygun yeraltı drenajı yapılmalıdır. Su, taban zeminlerinin taşıma gücünün azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, suyun etkili ve kalıcı bir drenaj sistemiyle inşaat sırasında ve yolun ömrü boyunca tabandan ve üstyapı tabakalarından uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Yol üstyapıları, taban zeminindeki aşırı don kabarması ve donma çözülme mevsiminde taşıma gücünün azalmasıyla zarar görebilir. Don olayının, yol üstyapısına olan etkisinin azaltılması için üstyapı taban zemininin dona karşı duyarlılığı, üstyapının toplam kalınlığı, donma indeksi, yeraltı su seviyesinin üstyapı düzeyinden ölçülen derinliği gibi faktörlerin incelenmesi gereklidir (Ağar ve Umar 1985).

Yağış mevsimlerinde yağmur ve kar sularının drenaj sistemlerinin yardımıyla uzaklaştırılması gerekir. Taban zemininde bulunan kil ve silt gibi bazı malzemeler bünyelerine su aldıklarında, büyük hacim değişikliği gösterirler. Bu hacim değişikliği sonucu meydana gelen kabarmalar ise üstyapıda kırılma ve dağılmalara yol açar. Yine yetersiz drenaj nedeniyle suyun temel altında birikmesi yerel çökmelere neden olur.

Drenaj sistemini yeterli olmadığı durumlarda, yağışlardan sonra oluşan yüzeysel sular, yol yüzeyi, banket, yarma ve dolgu şevlerinin erozyonuna sebep olurlar.

3.15 YOLUN YAPILACAĞI BÖLGEDEKİ HAVA KOŞULLARININ (MEVSİMSEL ETKİLERİN) DOĞRU ŞEKİLDE DİKKATE ALINMAMASI

Bitümlü bağlayıcılar açısından iklimin olumsuz etkisine bakacak olursak; bitümlü bağlayıcıların viskozitesinin doğrudan sıcaklıkla ilgili olduğu görülecektir. Sıcaklığın düşmesi halinde bitümlü kaplama tabakası büzülme isteyecektir. Temel tabakası, kaplamayla arasındaki sürtünmeye bağlı olarak bu hareketi önlemek isteyecek ve bunun sonucunda kaplama tabakasında çekme gerilmeleri oluşacaktır. Esnek üstyapıda bitümün hacimsel genleşme katsayısının mineral agreganın katsayısından büyük olması da, sıcaklık düşmesiyle, agrega taneleri arasındaki bitüm filminde çekme gerilmelerinin doğmasına neden olur. Sıcaklık düşüşü, zemini ve zemin suyunu etkilediğinde, zemin boşluklarındaki suyun donuncaya kadar soğumasıyla, önce buz kristalleri daha sonra buz mercikleriyle, kaplamanın yukarıya doğru yükselmesi sonucu oluşan don kabarması olayı da, bitümlü kaplama tabakasında çekme gerilmelerinin doğmasına yol açmaktadır. Kimi durumlarda, don kabarması nedeniyle bitümlü kaplama tabakasında oluşan çekme gerilmeleri, kaplamanın mukavemetini aşarak çatlakların ortaya çıkmasına neden olabilirler. Bu nedenle üstyapının oturduğu taban zemininin dona karşı duyarlılığı, yolun inşa edileceği bölgenin donma indeksi, don penetrasyon derinliği ve hidrolik koşullar gibi hususlar değerlendirilerek üstyapıda dona karşı önlemin gerekli olup olmadığı araştırılmalıdır (İlıcılı ve diğ. 2001).

4. ESNEK ÜSTYAPILARDA PROJE VE YAPIM HATASINDAN MEYDANA GELEN BOZULMA TIPLERİ

Mühendislik açısından üstyapı bozulması, “ üstyapının özgün fiziksel koşullarından herhangi bir şekilde sapması” olarak düşünülebilir. Bozulma bazen üstyapının doğasında var olan özelliklerin bir sonucu olarak belirir. Bazen de, tasarım yönteminin ve malzemelerin hatalı seçimleri bozulmaya yol açabilir. Bozulma ayrıca, trafik ve iklim koşulları gibi bölgesel etkenler ve yetersiz kalite kontrolü nedenleriyle de ortaya çıkabilir (İyınam 1997).

Bir esnek üstyapıdan beklenen, proje ömrü boyunca yeterli stabiliteye sahip olması, hava koşullarına karşı dayanıklı olması, alt tabakalardaki oturmalara karşı esneklik göstermesi, emniyetli olması ve kaygan hale gelmemesidir. Ancak bazı nedenlerden dolayı esnek üstyapı belirtilen kriterlerin bazılarını yerine getirememektedir (Karaşahin ve Tığdemir 1995).

Esnek üstyapılar ya hatalı karışım hesabı ya da yapım kontrolü eksikliğinden dolayı yapımından kısa bir süre sonra bozulabilir. Bunun yanı sıra projelendirme hatası bulunmayan esnek üstyapılar ise gerek iklimin ve gerekse tekrarlı dingil yükleri etkisi ile yavaş yavaş bozulurlar (Karaşahin ve Tığdemir 1995).

Proje ve yapım hatasından dolayı meydana gelen bozulmalar, bitüm miktarının az veya çok oluşuna, alt tabakaların sıkışma derecesine, kullanılan agregaların standartlara uygun olup olmadığına, bitüm cinsinin amaca uygun olarak seçilip seçilmediğine, yapım sırasındaki iklim durumuna bağlı olarak meydana gelirler. Bu tür bozulmalar; çatlamlar, çökmeler, kuma ve kayganlık şekillerinde kendilerini gösterirler. Bu bozulma tiplerini oluşum sürelerine göre; imalattan hemen sonra oluşan bozulmalar ve uzun vadede oluşan bozulmalar şeklinde iki başlık altında toplayabiliriz.

4.1 İMALATTAN HEMEN SONRA OLUŞAN BOZULMALAR

4.1.1 Terleme (Kusma)

Karışım içindeki asfaltın sıcaklık etkisi ile yükselerek yüzeye çıkması ve yüzeyde oldukça kalın bir asfalt filmi oluşturması olayıdır. Kusma sonucu yüzeydeki agregalar tamamen asfalt filmi ile kaplandığından sürtünme katsayısı düşmektedir.

Kusma daha çok asfalt miktarı yüksek olan karışımlarda ve sıcak havalarda ortaya çıkar. Çok ağır dingil yükleri altında, basınçla da asfalt yüzeye çıkabilir. Asfalt yüzdesi yüksek olmakla beraber, karışımda boşluk yüzdesi çok düşükse, sıcak havalarda genişleyen ve boşluk bulamayan asfalt yine yüzeye çıkma eğilimi gösterecektir. Çok kalın serilen astar veya yapıştırma tabakaları da kusmaya sebep olabilir. (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3)



Şekil 4.1 : Hafif şiddette kusma



Şekil 4.2 : Orta şiddette kuma



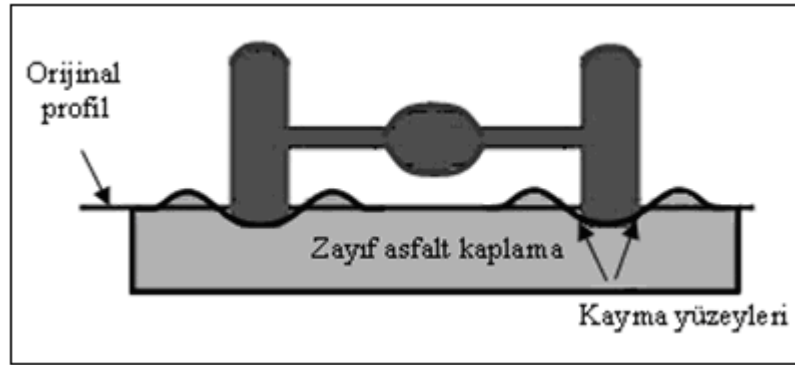
Şekil 4.3 : Yüksek şiddette kuma

Karayollarımızda bakım görmüş kesimlerde çok sık karşılaşılan kuma, bağlayıcı ve boşluk yüzdeleri konusunda dikkatli olmak suretiyle önlenabilir. Zamanında ve özenle yapılan bakım, bozulmalara engel olmaz ancak ilerlemeyi durdurabilir.

Çok sıcak havalarda, terleme (kuma) görülen yerlerle ilgili granülometriye uygun boyutta agrega serilip, gerekli ise silindir ile sıkıştırmak suretiyle bu tip bozukluklar giderilebilir.

4.1.2 Erken Tekerlek İzi Problemi

Bitümlü tabaka veya tabakaların kendi içlerindeki erken deformasyonların sonucudur. Bunun nedeni, yükten dolayı oluşan gerilmelerin bitümlü malzemenin dayanımını aşmasıdır. Yüksek bitüm yüzdesi, karışımın yetersiz sıkışması gibi asfalt tabakası ile ilgili nedenlerin yanı sıra bölgenin yüksek sıcaklığa sahip oluşu ile ağır ve yüksek sayıda tekerrür eden yük gibi çevresel etkenler de erken tekerlek izinin görülmesine sebep olur. Bitümlü sıcak karışımda filler malzemesinin fazlalığı, yuvarlak malzemelerin karışımda kullanımı da asfalt karışımın kayma mukavemetini düşüreceği için erken tekerlek izinin görülmesinin nedenlerinden gösterilebilir.



Şekil 4.4. : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu

Zayıf asfalt karışımlarda, tekerlek izi genelde yazın, yüksek sıcaklıklarda meydana gelir. Tekerlek izi oluşumu sadece bir bitümlü bağlayıcı problemi olarak ileri sürülmesine karşın, bitümlü bağlayıcı ve mineral agreganın birlikte göz önüne alınması tekerlek izi oluşumunu belirlemede çok daha doğru olacaktır (Ağar ve Umar 1985).



Şekil 4.5 : Tekerlek izi oluşumu ve oluklanma

4.1.3 Tekerlek Profil İzi Oluşması

Tekerlek profil izi (Şekil 4.6-Şekil 4.7) oluşması, sıcak havalarda karışımdaki bitümün yüzeye yansması ile ağır taşıtların lastik desenlerinin kaplama yüzeyine çıkması şeklinde görülür. Tekerlek profili izi oluşmasını bir bozulma olarak sınıflandırmak güçtür; ancak olduğu kısımlarda bir düzensizlik olduğunu belirtmeleri bakımından önemlidir.

Ağır taşıtların uzun süreli park etmelerinden oluşurlarsa, stabilize yetersizliğine bağlanabilir. Hareket halindeki taşıtlar oluşturuyor ise, o kesimde kuma olduğu ifade edilebilir.

Tekerlek profil izi oluşumunun önlenmesi için yüksek stabiliteli karışım kullanmak ve kusmayı önleyici önlemler almak gerekmektedir.



Şekil 4.6 : Tekerlek izi



Şekil 4.7 : Tekerlek izi

4.1.4 Düşük Sıcaklık Çatlakları (Enine Çatlaklar)

Düşük sıcaklık çatlakları, asfalt kaplama tabakasının soğuk havada büzülmesi sonucu oluşurlar. Kaplama büzüldüğünde kaplama içinde çekme gerilmeleri oluşur. Kaplama boyunca bazı noktalarda çekme gerilmesi çekme dayanımını aşar ve asfalt kaplama çatlaklar. Düşük sıcaklık çatlakları tekil düşük sıcaklıktan meydana gelir ve düşük sıcaklıkların tekrarlanmasıyla artar. (Ağar ve Umar 1985). Bunlar, belirli aralıklarla trafik yönüne dik olarak meydana gelen, enine çatlaklardır (Şekil 4.10). Bitümlü bağlayıcı düşük sıcaklık çatlamlarında önemli bir rol oynar. Genelde düşük sıcaklık çatlama, sert asfaltlar yumuşak asfaltlardan daha fazla

eğilimlidirler. Gereğinden fazla oksitlenmeye eğilimli olduklarından veya karışımında hava boşluğu yüzdesinin fazla olmasından dolayı aşırı yaşlanmış bitümlü bağlayıcılar düşük sıcaklık çatlamlarına neden olurlar. Bu nedenle, düşük sıcaklık çatlamlarını önlemek için, yaşlanmaya fazla eğilimi olmayan ve aşırı okside olmaması için karışımındaki hava boşluğu yüzdesi kontrol altında olan yumuşak asfalt bağlayıcılar kullanılmalıdır (Ağar ve Umar 1985).

Asfalt kaplamada çok düşük sıcaklıklarda meydana gelen büzülme, tabanda don etkisi ve su içeriği değişikliği, alt tabakalarda daha önce oluşan çatlakların yüzeye yansımaları, kaplama içindeki bitümün sıcaklığa olan yüksek hassasiyeti, yetersiz üstyapı kalınlıkları, yetersiz drenaj, sericinin uzun süren duraklamalarla çalışması ve ani sıcaklık düşmelerinin kaplamada oluşturduğu gerilmeler enine (termal) çatlakların oluşmasında etkili olan nedenler olarak sayılabilir (Arık 1998).

Düşük sıcaklık (termal/enine) çatlaklarının derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli termal çatlaklar olmak üzere üç gruba ayrılır.



Şekil 4.8 : Hafif şiddette termal çatlak



Şekil 4.9 : Orta şiddette termal çatlak



Şekil 4.10 : Yüksek şiddette termal çatlak

4.1.5 Soyulma

Agrega danelerini saran ince asfalt filminin su, kil ve trafiğin mekanik etkisi ile agregadan ayrılması ve dolayısı ile agregada danelerinin çıplak kalması olayıdır (Şekil 4.11).

Soyulma, pratik anlamda geçirimsiz kaplamalarda çok az görüldüğünden, asfalt betonu kaplamalı karayollarında büyük bir sorun değildir. Sathi kaplamalarda soyulmaya engel olmak için yapım esnasında yüzeye asfalt uygulandıktan hemen

sonra bir dakika içinde agrega serilmeli, serilen agrega çok tozlu veya ıslak olmamalıdır. Agrega serildikten hemen sonra derhal silindirlenmezse, asfaltın içine trafik altında yerinde kalabilmesine yetecek kadar gömülmeyebilir veya silindirlemede sadece çelik bandajlı silindirler kullanıldığı hallerde kaplamanın alçak ve çukur kısımlarındaki agrega soyulur.

Sathi kaplama yapımı esnasında havanın çok serin olması, sathi kaplamanın yapımından hemen sonra yolun süratle trafiğe açılması da soyulmanın diğer sebepleri olarak kabul edilebilir.



Şekil 4.11 : Agreganın soyulması

4.2 UZUN VADEDE OLUŞAN BOZULMALAR

4.2.1 Çatlaklar

Çatlaklar; genellikle dingil yüklerinden ve bunların fazla tekrarından oluşurlar. Dingil yükünün kaplama tabakasında meydana getirdiği gerilmeler, kaplama malzemesinin mukavemetini aştığı zaman çatlamlar oluşur. Ayrıca araçların ani hızlanma ya da yavaşlamalarıyla ortaya çıkan yatay kuvvetler de neden olabilir. Bu etkilerin dışında; nem ve sıcaklık değişimleri, yüksek agrega kullanımı, asfalttaki uçucu maddelerin buharlaşması, kireçle stabilizasyonu yapılırken ya da çimento ile

kür olurken doğan hacim değişiklikleri gibi bir takım dış etkenler kendi başlarına ya da trafik etkisiyle birlikte çatlaklıklara neden olabilir.

Çatlamada, asfaltın çekme mukavemeti en önemli rolü oynar. Soğuk havalarda çekme mukavemeti artış gösterirken yavaş yüklemelerde düşmektedir.

Trafik etkeni ve hacim değişiklikleri dışında, çatlamaya neden olan hususlar şunlardır (Ilıcalı ve diğ 2001):

- a) Fazla miktarda yük tekrarı (yorulma).
- b) Kaplama (sath) tabakasının yetersiz kalınlığı.
- c) Kaplama altındaki tabakaların yetersiz kalınlığı.
- d) Kaplama altındaki tabakaların yüksek deformasyonları nedeniyle, malzemelerin dağılımı, ayrışımı.
- e) Yetersiz drenaj.
- f) Don tesirine duyarlı olan temel ve alttemel malzemeleri.
- g) Sath ve banketlerdeki nem farklılıkları.
- h) Yanal desteklerin (banketlerin) yetersizliği.
- i) Araçların ani hızlanma ya da yavaşlamalarından oluşan yatay kuvvetler.
- j) Karışım tipi kaplamalarda, yapım sırasında finişerin sık sık durması.
- k) Yol kaplama yapımında (ek yerlerinin) derzlerin dikkatsiz yapılmasıdır.

4.2.1.1 Yorulma çatlakları (Timsah sırtı çatlaklar)

Yorulma çatlamaşı, asfalt kaplamalara uygulanan yüklerden dolayı, çatlak oluşumuna sebebiyet verecek şekilde kaplamanın gerilme dayanımının aşılması ile meydana gelir. Yorulma çatlağı oluşumunun ilk işareti, trafik yönünde aralıklı olarak, boyuna tekerlek izi çatlaklarının meydana gelmesidir. Yorulma çatlamaşı, ilk çatlakların birleşmesi ve haliyle daha fazla çatlağın oluşumuna sebep olması nedeniyle tedricen artan bir bozulma türüdür (Şekil 4.12). Yorulma çatlamaşının bir ileri safhası, çatlak bölgesinin timsah derisine benzetilmesinden dolayı, timsah sırtı çatlağı diye adlandırılır (Ağar ve Umar 1985).

Yorulma çatlamasının son safhası, çatlak parçalarının ayrılması ve parçaların trafik etkisiyle kopması ile çukurların oluşmasıdır (Şekil 4.14).

Yorulma çatlaklarının derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli yorulma çatlakları olmak üzere üç gruba ayrılır.



Şekil 4.12 : Hafif şiddette yorulma çatlağı



Şekil 4.13 : Orta şiddette yorulma çatlağı



Şekil 4.14 : Yüksek şiddette yorulma çatlağı

Yorulma çatlağı oluşumunun birçok farklı nedeni vardır. Tabii ki, tekrarlı ağır yükler bulunması gereken bir faktördür. İnce kaplamalar veya zayıf alt tabakalara sahip kaplamalar, ağır tekerlek yükleri altında yüksek defleksiyonlara yatkındır. Yüksek defleksiyonlar da, asfalt tabakasının altında oluşan yatay çekme gerilmelerinin artmasına ve yorulma çatlağı oluşumuna neden olur. Yetersiz drenaj, zayıf inşaat ve iyi tasarlanmamış kaplamalar gibi unsurlar da bu probleme yol açmış olabilir.

Genellikle yorulma çatlağı oluşması, kaplamanın tasarım yük uygulama sayısına eriştiğinin işaretidir. Dolayısıyla, yıpranmıştır ve planlı bir iyileştirme yapılmalıdır. Yorulma çatlağı tasarım ömrünün sonunda meydana gelirse, kaplama tasarımının doğal bir aşaması olarak yorumlanır. Ama yorulma çatlaklarının tasarım ömründen daha önce görülmesi, kaplamanın beklenenden daha fazla trafiğe maruz kaldığının göstergesi olabilir. Sonuç olarak, yorulma çatlaklarını engellemenin en iyi yolları şunlardır.

- a) Tasarım aşamasında ağır trafik yüklerini hesaba katmak.
- b) Kaplamanın altındaki tabakaları kuru tutmak.
- c) Daha kalın kaplamalar kullanmak.
- d) Nem ile zayıflamayacak malzemeler kullanmak.
- e) Normal defleksiyonlara karşı yeterli esnekliğe sahip BSK kullanmaktır.

Konu ile ilgili son husus, esnek malzemelerin seçimidir. BSK, asfalt tabakasının altında oluşan çekme gerilmesini karşılayacak çekme mukavemetine sahip ve tekrarlı yüklemelere karşı çatlamadan dayanım göstermek için yeterince esnek olmalıdır. Bu nedenle, bitümlü sıcak karışımın yumuşak bir elastik malzeme gibi davranması istenir. BSK' nın çekme davranışı daha çok bitümlü bağlayıcıya bağlı olduğundan, bitümlü bağlayıcının sertlik özelliğine bir üst sınır getirilmeli ve yüksek elastisiteye sahip bağlayıcılar seçilmelidir. Zaten yumuşak asfaltlar sert asfaltlardan daha iyi yorulma özelliklerine sahiplerdir (Ağar ve Umar 1985).

Asfaltın oksidasyonu, asfalt betonun yorulma karakterini etkilemektedir. Oksidasyon, kohezyonu artıracak, bu da karışımın rijitliğini artıracaktır. Bu durum, yorulma çatlakları oluşturacak ve genellikle ince asfalt betonu tabakalarında görülecektir.

Önlem olarak; kaplama çok iyi sıkıştırılmış, boşluk yüzdesi minimum olmalı, sert bitüm kullanılmalı ve bitüm yüzdesi, optimum bitüm yüzdesinden biraz (yüzde 1 civarında) fazla olmalıdır (İlçali ve diğ 2001).

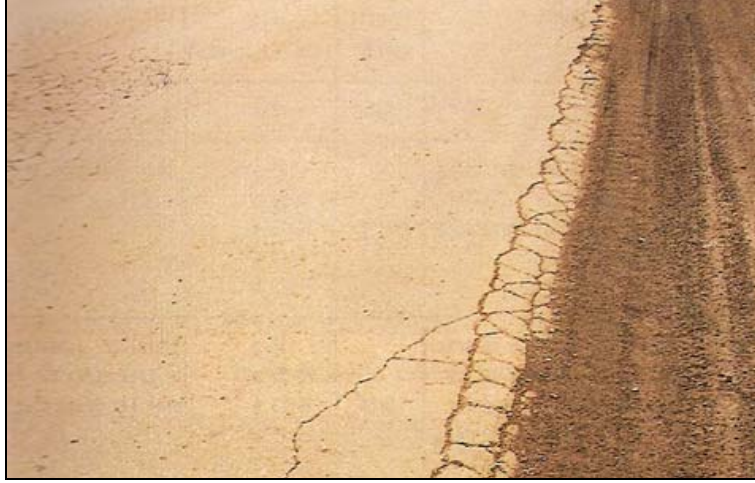
4.2.1.2 Kenar çatlakları

Çatlaklar kaplama kenarına paralel olup bir veya birden fazla olabilirler. Çatlaklar bozulmanın şiddetine göre, kaplama kenarından 300-600 mm kadar içeri ilerlemiş olabilirler. Çatlaklar birbirinden bağımsız boyuna çatlaklar olabileceği gibi bazen de dalga şeklinde olabilirler. Dalga şeklinde çatlaklar görülmeye başlanmış olup, bunlar timsah sırtı desenine dönüşmüş ve dış tekerlek izinden daha içeri ilerlemiş durumda iseler, kenar çatlaklarının şiddeti üst düzeyde olduğu anlaşılır. Eğer çatlaklar timsah sırtı desenine dönüşmüş ise timsah sırtı çatlak olarak değerlendirilir (Arık 1998).

Kenar çatlaklarının derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli kenar çatlakları olmak üzere üç gruba ayrılır (Şekil 4.15- Şekil 4.16- Şekil 4.17).



Şekil 4.15 : Hafif şiddette kenar çatlağı



Şekil 4.16 : Orta şiddette kenar çatlağı



Şekil 4.17 : Yüksek şiddette kenar çatlağı

Kenar çatlaklarının oluşum sebepleri (Arık 1998):

- a) Don etkisi.
- b) Kaplama kenarında yetersiz taşıma gücü.
- c) Üstyapı kenarında aşırı trafik yüklemesi.
- d) Üstyapı kenarında ve bankette yetersiz drenaj.
- e) Üstyapı genişliğinin yetersiz olması nedeniyle trafiğin banket kenarına çok yakın seyretmesi.

Kenar çatlaklarının önüne geçmek için dikkat edilmesi gereken bu hususların yanı sıra kaplama kenarına çok yakın yoğun ot örtüsü ve ağaçlar yol gövdesinden su çekilmesine sebep olacağından kaplama kenarına yakın olan ot, ağaç vb. iri köklü bitkiler bulunuyorsa sökülmeli ve banket drenajı, gerekli bakımla iyileştirilmelidir.

4.2.1.3 Boyuna çatlaklar

Boyuna çatlaklar iki şerit arasında ya da kaplama ile banket birleşim yerlerinde, yol eksenine paralel olarak görülen bozulmalardır. Çatlak genişlikleri 6 - 19 mm, yüksek şiddetlere ulaştığında 19 mm' den fazla olabilir. Bozulmanın şiddeti arttıkça malzeme ayrışmaları başlar, ayrışmalar derinleşir ve çatlak sayısında artış gözlenir (Arık 1998).

Boyuna çatlakların oluşma nedenleri (Arık 1998):

- a) Dolgularda yetersiz sıkıştırma nedeniyle oturmalar.
- b) Yetersiz drenaj.
- c) Dolgunun yanal hareketi.
- d) Çevre ve iklim şartları (don etkisi, nem değişikliği vb.).
- e) Üstyapının taşıma gücünün yetersiz oluşu ve bunun trafik yükü ile birleşmesi sonucu oluşan oturmalar.
- f) Boyuna ek yerlerinin uygun inşa edilmeyişi.

Boyuna çatlakların derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli boyuna çatlaklar olmak üzere üç gruba ayrılır (Şekil 4.18 - Şekil 4.19 - Şekil 4.20).



Şekil 4.18 : Hafif şiddette boyuna çatlak



Şekil 4.19 : Orta şiddette boyuna çatlak



Şekil 4.20 : Yüksek şiddette boyuna çatlak

4.2.1.4 Büzülme çatlakları (Blok çatlaklar)

Timsah sırtı çatlamlar şeklinde ortaya çıkan çatlamlardır. Timsah sırtı ve yorulma çatlaklarından farkı, blokların büyük olması ve çatlakların çıkış noktalarında daha önce oluşmuş çatlaklarla dik açı oluşturmasıdır. Çatlakların genişliği oluşma hakkında fikir verir; en genişleri ilk oluşan çatlaklardır (Şekil 4.21).

Genellikle tabandaki ve alt yapıda kullanılan malzemedeki meydana gelen şişme ve büzülme etkisi, donma etkisi, asfalt kaplamanın yaşlanmasından dolayı sertleşmesi ve kırılması, çok düşük penetrasyonlu asfalt içeren ve ince daneli granül malzeme ile yapılmış olan karışımlardaki hacim değişiklikleri ve drenaj yetersizliği bu çatlakların başlıca oluşma sebepleridir.

Blok çatlakların derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli blok çatlaklar olmak üzere üç gruba ayrılır.



Şekil 4.21 : Hafif şiddette blok çatlakları



Şekil 4.22 : Orta şiddette blok çatlaklar



Şekil 4.23 : Yüksek şiddette blok çatlaklar

4.2.1.5 Alt tabakadan akseden çatlaklar (Yansıma çatlakları)

Bu tip çatlaklar takviye tabakası üzerindeki çatlaklar olup, altta kalmış bulunan esas kaplamada daha önce mevcut olan çatlakların aynen takviye tabakasına da yansımasıyla meydana gelirler. Bu çatlaklar, boyuna, enine, diyagonal veya bloklar halinde olabilirler ve en fazla çimento betonu kaplamalar üzerine inşa edilen asfalt takviye tabakalarında görülürler. Mevcut çatlakları uygun bir şekilde tamir edilmemiş olan eski asfalt kaplamalar üzerine inşa edilmiş asfalt takviye tabakalarında da bu tip çatlaklar meydana gelir. Eski kaplama daha önce

genişletilmiş ve üzerine asfalt takviye tabakası inşa edilmiş olduğu durumlarda, eski kaplama ile ilave kaplamanın ek yerlerinde oluşan boyuna çatlaklar da aynen asfalt takviye tabakasına akseder. Takviye tabakasının veya kaplamanın ince olması yansıma çatlaklarının oluşumunu kolaylaştırır.

Bu çatlakların nedenleri, asfalt tabakası altında kalan kaplamadaki düşey ve yatay hareketlerdir. Bu hareketler; ısı veya rutubet farklarının sebep olduğu genişleme veya büzülme nedeniyle meydana gelir. Ayrıca; trafik yoğunluğunun ve dingil yüklerinin fazla oluşu ve zemin hareketleri de diğer nedenler olarak sayılabilir (KGM 2000b).

Yansıma çatlakların derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli yansıma çatlaklar olmak üzere üç gruba ayrılır.



Şekil 4.24 : Yüksek şiddette yansıma çatlakları

4.2.1.6 Ekyeri çatlakları

Bu tarz bozulmalar asıl olarak aralarında bağlantının kopması sonucunda kaplama ve banketin birbirinden ayrılmasıdır. Buna rağmen bu tip ayrılma bir çatlak gibi kabul edilir ve o şekilde gereken işlemler uygulanır (Şekil 4.25 ve Şekil 4.26).

Banketin kaplamadan yüksek olması ve kaplama kenarlarının oturmuş bulunması sebebiyle kaplama kenarı boyunca suyun birikip, burada uzun süre kalması, ek yerinden aşağı sızması ve kurumasıyla ek yeri çatlakları meydana gelir. Ayrıca çimlerin veya dolgu malzemesinin bir tümsek teşkil etmesi dolayısıyla, satıh sularının iyi drene edilememesi de suyun bir sızma sebebidir.

Banketlerde meydana gelen oturma, karışımın hacminin küçülmesine sebep olan büzölmeler, ağır taşıt trafiği de ek yeri çatlaklarına sebep olan diğer sebeplerdir (KGM 2000b).



Şekil 4.25 : Ek yeri çatlakı

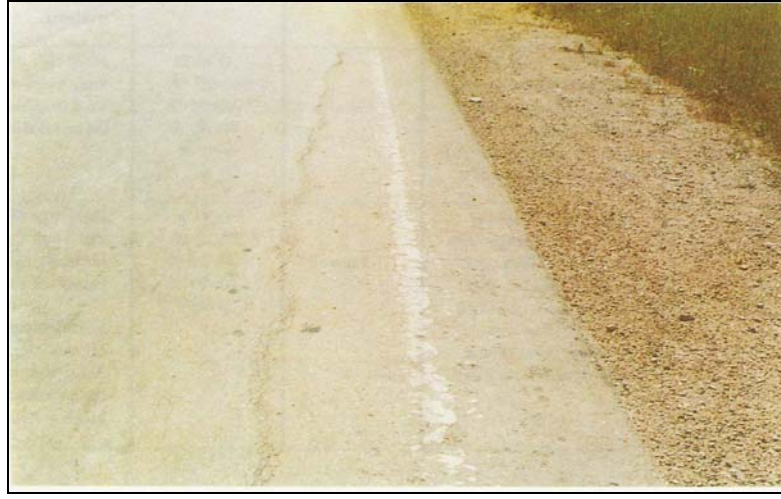


Şekil 4.26 : Ek yeri çatlakı

4.2.1.7 Kayma çatlakları (Yarım ay çatlakları)

Bu tip çatlaklar, kaplama sathı üzerinde motorlu araç tekerleklerinin itme etkisi yönünü gösteren yarım ay şeklindeki çatlaklardır (Şekil 4.27).

Bu tarif, bu çatlakların mutlaka trafik akışı yönünde oluşması gerekeceğini ifade etmez. Örneğin; inişte motorlu araca fren uygulandığında, tekerleklerin itme gücü ters yönde belirir. Bu durumda meydana gelecek kayma sebebiyle oluşan ay şeklindeki çatlağın kavisli tarafı çıkış istikametini gösterir (KGM 2000b).



Şekil 4.27 : Kayma çatlağı

Yolun kaplaması ile bunun altındaki tabaka arasında toz, yağ, su ve buna benzeyen yapışmayı önleyen malzemenin bulunması bu iki tabaka arasında iyi bir yapışma olmasına engel olur. Bu da çatlakların oluşmasına sebep olur. Fazla kum içeren karışımlar, trafik etkisi ve yapım esnasında uygun bir silindirleme yapılmaması da çatlakların oluşması için diğer sebepler olarak kabul edilebilir.

4.2.1.8 Genişletme çatlakları

Bu tip çatlaklar alt tabakadan akseden boyuna çatlaklar olup, genişletilmiş bir kaplama üzerine inşa edilmiş olan asfalt takviye tabakasının, genişletilmiş kaplamanın eski ve yeni parçaları arasındaki ek yeri üzerine isabet eden kısımda meydana gelirler (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 : Genişletme çatlağı

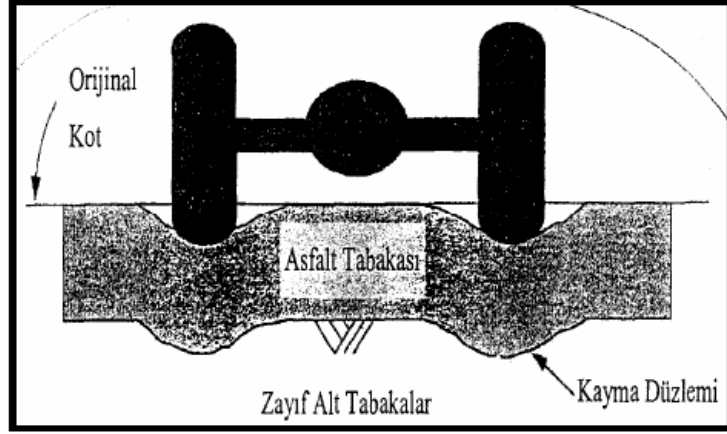
4.2.2 Şekil Değişiklikler

4.2.2.1 Tekerlek izinde oturma (Kalıcı deformasyon)

Kalıcı deformasyon, bitümlü sıcak karışım tabakası yüzey enkesitinin, tasarımdaki düzgün durumunu koruyamaması ve bozulmasıdır. BSK (bitümlü sıcak karışım) her yüklendiğinde küçük miktarlarda oluşan geri-dönümsüz deformasyonların toplamını sembolize ettiğinden “kalıcı” deformasyon olarak tanımlanır. Tekerlek izi oluşumu kalıcı deformasyonun en yaygın şeklidir. Tekerlek izi oluşumunun, nem hasarı, aşınma ve trafik yüklerinin yoğunlaşmasıyla sıcak karışım asfaltın temelini teşkil eden tabakaların zayıflaması gibi birçok nedeni olmasına karşın, iki ana sebebi vardır (Ağar ve Umar 1985).

Birinci durumda, asfalt kaplama tabakası altındaki temele (veya alt temele veya tabii zemine) çok fazla tekrarlı yüklerin uygulanması tekerlek izine sebep olur (Şekil 4.29). Mukavemeti daha yüksek olan kaplama malzemeleri bu tip tekerlek izini kısmen azaltmasına rağmen, normalde bu olay bir malzeme probleminden çok, yapısal bir problem olarak nitelendirilir. Çünkü uygulanan yüklerden kaynaklanan gerilmeleri asfalt tabakası altındaki temel için dayanılabilir seviyeye indirgeyecek bir kaplama mukavemeti veya kalınlığı mevcut değildir. Bu durum, kaplama tabakalarından birinin, suyun nüfuzuyla beklenmedik bir şekilde zayıflaması sonucu

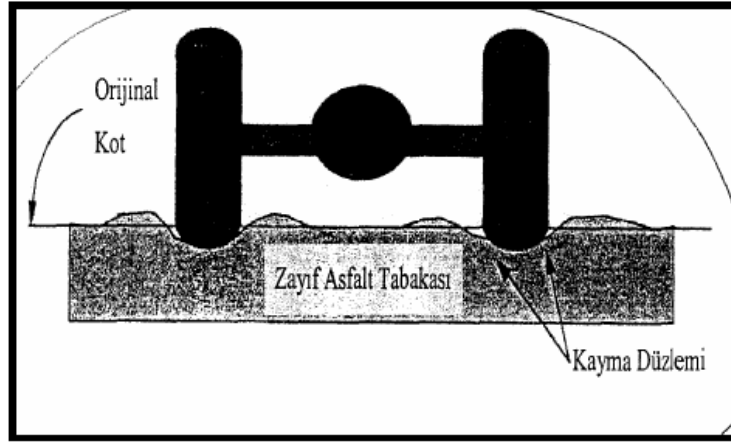
da olabilir. Deformasyon, asfalt tabakalarından çok, asfalt tabakası altındaki tabakalardan oluşur (Ağar ve Umar 1985).



Şekil 4.29 : Zayıf alt tabakalarda tekerlek izi oluşumu

Asfalt karışım tasarımcılarının en çok ilgilendiren diğer ana tekerlek izi tipi, asfalt tabakaları içinde meydana gelen deformasyondur. Tekerlek izi, asfalt karışımların tekrarlı ağır yüklere karşı koyacak yeterli kayma mukavemetine sahip olmaması nedeniyle oluşur (Şekil 4.30).

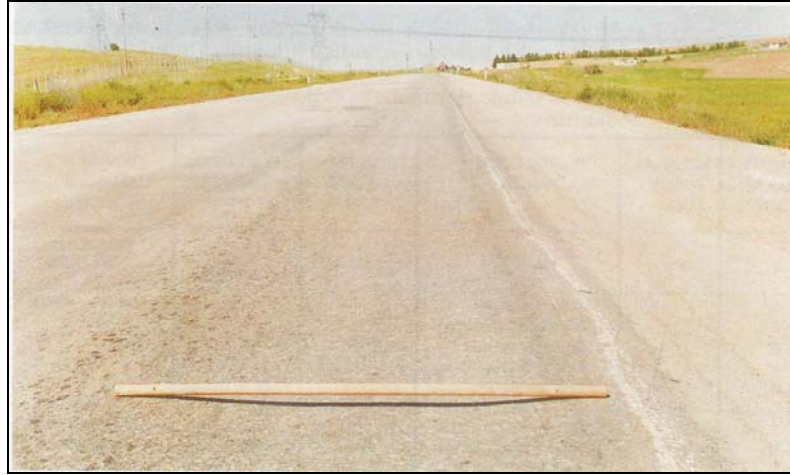
Zayıf bir karışımda, her bir ağır kamyon geçişiyle küçük ama kalıcı deformasyonlar oluşur ve bu deformasyonlar da karışımın aşığı ve kenarlara doğru yer değiştirmesi sağlayarak tekerlek izi oluşumuna neden olur. Tekerlek izi asfaltın yüzey tabakasında oluşabilir, ama yüzey tabakasında oluşan tekerlek izi yüzeyin altındaki zayıf asfalt tabakasından kaynaklanabilir (Ağar ve Umar 1985).



Şekil 4.30 : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu

Tekerlek izi oluşumu, çok küçük kalıcı deformasyonların toplamı olduğundan, karışımın kayma mukavemetini arttırmanın bir yolu, sadece daha sert bir asfalt kullanmak değil, aynı zamanda, yüksek kaplama sıcaklıklarında daha çok elastik bir katı gibi davranan bir asfalt kullanmaktır. Bu yolla, karışımdaki asfalt çimentosuna bir yük uygulandığında lastik bir bant gibi davranacak ve yük kaldırıldığında ilk pozisyonuna geri dönecektir (Ağar ve Umar 1985).

Asfalt karışımın kayma mukavemetini arttırmanın başka bir yolu ise, yüksek içsel sürtünme açısına sahip agrega seçimidir. Bu da, parçalar arasındaki teması iyi biçimde sağlayacak bir granülometriye ve pürüzlü bir yüzeye sahip, kübik bir agrega seçimi ile yapılabilir. Karışıma yük uygulandığında, agrega parçaları sıkıca birbirine kenetlenir ve sadece tekil parçaların bir kümesi değil, daha büyük, tek ve elastik bir taş olarak çalışır. Asfalt çimentosuyla da olduğu gibi, agrega lastik bir bant gibi davranacak ve yük kaldırıldığında ilk şekline geri dönecektir. Böylelikle, hiçbir deformasyon birikmesi olmayacaktır (Ağar ve Umar 1985).



Şekil 4.31 : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu



Şekil 4.32 : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu

Tekerlek izi oluşumuna sebep olan faktörleri şu şekilde sıralandırabiliriz:

- Asfalt tabakasıyla ilgili nedenler:

- a) Yüksek bitüm yüzdesi.
- b) Filler malzemesinin fazlalığı.
- c) Yuvarlak malzemelerin karışımda kullanımı.
- d) Karışımın yetersiz sıkışması.

e) Ağır trafik ve tek çizgide akan trafik nedeniyle kaplama tabakasının fazla sıkışması.

- Alt tabakalarla ilgili nedenler:

- a) Alt tabakaların yetersiz kalınlığı.
- b) Doğal zeminin konsolide oluşu.
- c) Doğal zeminin ve üst tabakaların yanal hareketleridir.

- Çevresel nedenler:

- a) Ağır ve yüksek sayıda tekerrür eden yük.
- b) Bölgenin fazla sıcak oluşudur.

4.2.2.2 Lokal (Yerel) oturmalar

Kaplamanın düşey yönlü deplasman yaptığı bozulma seklidir (Şekil 4.33- Şekil 4.34- Şekil 4.35). Yerel oturmaların oluşma nedenleri:

- a) Taban, alttemel, temel tabakalarında yetersiz sıkışma nedeni ile oluşan yer değiştirmeler.
- b) Üst yapı tabanının taşıma gücünün zayıf olması.
- c) Sanat yapılarının yaklaşım imlalarındaki yetersiz sıkışma ve drenaj yetersizliği nedeni ile oluşan göçmeler.
- d) Kaplamanın bankete yakın kesimlerinde, menfezlerde, eksende, çatlak kesimlerde, rögar kenarlarında, yetersiz drenaja sahip yamalarda gözlenen tekrarlı don-kabarma olayları.
- e) Dolgu şevindeki hatalı yapım.
- f) Uygun olmayan bakım teknikleri.

Yerel oturmaların derecelendirilmesi, hafif, orta ve yüksek şiddetli olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddette yerel oturmalarda, düşey yöndeki deplasman 50 mm' den azdır. Sürüş konforundaki azalma çok az olup, hafif sarsıntılara neden olabilir (Doğan 2006).

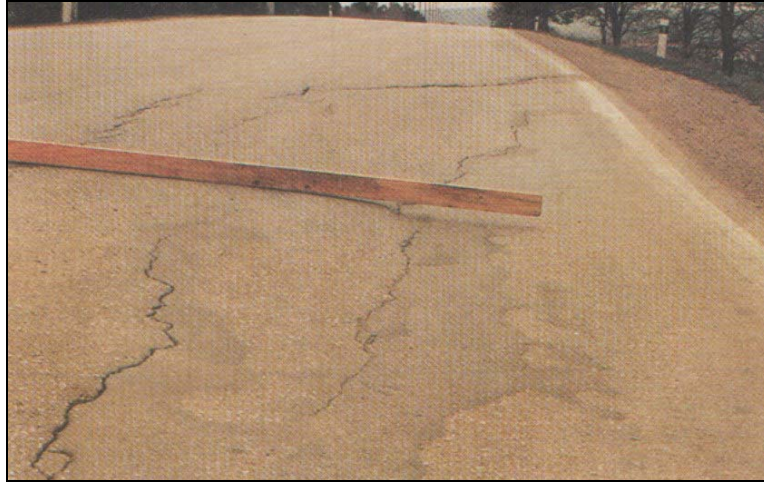


Şekil 4.33 : Zayıf asfalt tabakasında tekerlek izi oluşumu

Orta şiddette yerel oturmalarda, düşey yönlü deplasman 50mm - 100 mm arasındadır. Hissedilir seviyede yükselmeler ve alçalmalar olmuştur. Bakım yöntemi olarak, drenaj sistemleri gözden geçirilmeli, bozuk kesim gerekirse kazılıp atılmalı, sıcak veya soğuk karışım malzemesi ile yamanmalıdır (Doğan 2006).



Şekil 4.34 : Orta şiddette lokal oturma



Şekil 4.35 : Yüksek şiddette lokal oturma

Bu tip bozulmalar drenaj ve kil yükselmesi önlemlerinin yanında yapım sırasında yeterli kontrol ve özenli işçilik ile önlenebilir.

4.2.2.3 Ondülasyon ve yığılmalar

Bu tür bozulmalar özellikle sıcak havalarda tekerleklerin de mekanik etkisi ile ötelenerek yol eksenine dik ya da paralel olarak oluşan yüzey bozulmalarıdır (Şekil 4.36-Şekil 4.37-Şekil 4.38). Yol yüzeyinde ondülasyon, tepecik, çukurlaşma ve düzensizlikler görülür. Bu sapsmalar sürüş konforu ve sürüş güvenliğinde düşmelere neden olurlar (Arık 1998).

Bunlara sebep olarak; asfalt karışım stabilizesinin yetersizliği, karışımın serilmesi sırasındaki serme ve sıkıştırma hataları, kavşak, trafik ışıkları ve duraklarda duruş ve kalkış şeklindeki trafik etkisi, üstyapı tabakaları arasındaki bağlantının yetersizliği, yoğunlaştırma tabakasının gereğinden fazla veya az uygulanması, temel tabakasındaki stabilite bozukluğunun yüzeye yansımaları, ağır trafik altında suya doygun granüler tabakaların varlığı gibi etkenler sayılabilir (Arık 1998).

Ondüleler plastik bir hareket sonucu asfalt kaplamalarda meydana gelen enine ve aralıklı olarak oluşan kabarmalardır (Şekil 4.38). Yol üzerinde trafiğin akışına göre enine doğrultuda oluşan ve aralıkları yaklaşık olarak eşit olan belirli biçimde dalgaya benzeyen sath deformasyonları olarak da tanımlanırlar (KGM 2000b).



Şekil 4.36 : Hafif şiddette ondülasyon



Şekil 4.37 : Orta şiddette ondülasyon



Şekil 4.38 : Yüksek şiddette ondülasyon

Yığılmalar ise, plastik bir hareket sonucu asfalt kaplama sathında teşekkül eden mevcut tümsekler ve şişkinlikleridir. Bunlar bilhassa trafiğin durup kalktığı kesimlerde, inişlerde araçların fren yaptığı kesimlerde, keskin kurplarda veya araçların bir engele çarpıp sıçrama yaptıkları kesimlerde meydana gelirler (Şekil 4.39).



Şekil 4.39 : Yığılma

Ondüle ve yığılmalar genellikle yeterli stabilitesi olmayan asfalt kaplamalarda meydana gelirler. Kaplamayı teşkil eden karışımın stabilitesinin yetersiz oluşunun sebebi ise; karışımın çok fazla bitüm ihtiva etmesi, karışımdaki ince agrega miktarının fazla olması, agregadaki ince ve iri danelerin köşeli olmayışı ve yüzeylerinin düzgün cilalı olması, karışımda çok yumuşak bir asfalt çimentosu kullanılmış olması, karışımın serilmesi sırasındaki serici hatasıdır.

Ondüle ve yığılmaların oluşma nedenleri:

- a) Trafik ışıkları, kavşak ve duraklarda frenleme.
- b) Rutubet miktarının fazla olması.
- c) Temel tabakasındaki stabilite bozukluğunun yüzeye yansması.
- d) Üstyapı tabakaları arasındaki bağlantının yetersizliği.
- e) Bitümlü sıvı asfalt ile yapılan karışımların serilmesinde havalandırmanın yeterli olmaması.
- f) Ağır trafik altında suya doygun granüler tabakaların mevcut olması.

4.2.2.4 Çökmeler

Çökmeler, çatlakları kapsayan veya kapsamayan ve esas kaplama sathına nazaran alçak seviyede kalmış nispeten küçük boyuttaki yer yer alanlardır. Çökmeleri “oturmalar” dan ayıran husus, küçük ve dairesel alanlar halinde ortaya çıkmalarıdır.

Bunların yol sathından derinlikleri 2-5 cm veya daha fazla olur ve içlerinde su birikir (Şekil 4.40).

Bu tip bozulmalar drenaj ve kil yükselmesi önlemlerinin yanında yapım sırasında yeterli kontrol ve özenli işçilik ile önlenabilir.



Şekil 4.40 : Çökme

Yerel çökmeler aşağıdaki nedenlerle oluşur:

- Alttemel ve temel tabakalarında yetersiz sıkışma nedeni ile oluşan oturmalar.
- Alttemel ve temel malzemelerinin kille karışması.
- Yetersiz drenaj nedeniyle suyun temel altında birikmesi.
- Yetersiz drenaja sahip yarmalarda gözlenen donma-kabarma.
- Üstyapı tabanının yetersiz sıkışması.
- Kaplamanın taşıyabileceğinden daha ağır trafik yükü ile karşılaşması.
- Uygun olmayan bakım teknikleri.

4.2.3 Çok Yönlü Bozulmalar

4.2.3.1 Ayrışma ve sökülme

Yol yüzeyinde agrega eksikliği, bazı lokal çukurlar ve kopmalar şeklinde oluşan bozulma şeklidir.

Ayrışma ve sökümlerin oluşum nedenleri (Arık 1998):

- a) Su ve trafik etkisi.
- b) Bitümlü sıcak karışım içinde kil toprakları veya kille kaplı agrega taneciklerinin bulunması.
- c) Zayıf sıkıştırma.
- d) Yüksek boşluk yüzdesi (özellikle soğuk hava koşullarında yapılan kaplamalarda su ve tuzlar tabakalar arasına sızar, donma ve erime olayları sırasında asfaltın bozulmasına neden olur).
- e) Yetersiz bitüm yüzdesi.
- f) Yaşlanma nedeniyle oluşan asfalt sertleşmesi.
- g) Uygun olmayan yapım teknikleri ve ekipman kullanımı.
- h) Donma-çözülme olaylarının tekrarlanması ile absorpsiyonu ve kırılabilirliği yüksek agregaların kullanıldığı karışımlarda ayrışma meydana gelmesi.



Şekil 4.41 : Hafif şiddette ayrışma ve sökülme



Şekil 4.42 : Yüksek şiddette ayrışma ve sökülme

Sökülmeler; asfalt kaplamadaki agrega daneleri arasındaki bağın yeterli olmayışı sebebiyle yerlerinden kopmaları olayıdır. Trafiğin yarattığı yatay kuvvet ve vakum etkisi sebebiyle bağlantısı zayıf daneler yerlerinden oynayıp çıkar ve bunun sonucunda yolda delikler oluşur. Bu sökülme olayı satıhtan aşağıya doğru gerçekleşir (Şekil 4.41-Şekil 4.42).

Genellikle önce ince daneler yerlerinden çıkar. Aşınma devam ettikçe daha iri daneler yerlerinden çıkarak serbest kalırlar ve kaplama kısa sürede pürüzlü ve düzgün olmayan tipik bir satıh aşınması görüntüsü oluşturur.

Sökülmelerin nedenleri:

- a) Yapım sırasında sıkıştırma eksikliği.
- b) Asfalt kaplama işinin rutubetli veya soğuk havalarda yapılmış olması.
- c) Kirli ve parçalanmış agrega kullanılması.
- d) Karışımlarda düşük miktarda asfalt karışımı kullanılması.
- e) Asfalt karışımının normalden fazla ısıtılması.
- f) Asfaltın yorulmadan dolayı sertleşmesi.

4.2.3.2 Çizgisel agrega kaybı

Bu kayıplar doğrusal formasyondadır. Agrega kaybının devamı açık dokulu bir kaplama yüzeyi oluşturur (Şekil 4.43-Şekil 4.44- Şekil 4.45).

Çizgisel agrega kaybının oluşmasının nedenleri:

- a) Bitüm dağıtım tankerindeki püskürtme borusunun uygun olmayan yükseklikte bulunması durumunda püskürtmenin istenen şekilde olmaması.
- b) Püskürtme borusunun yanlış açıda tutulması.
- c) Püskürtme borusu üzerindeki memelerin tıkalı olması.
- d) Püskürtme borusunun bakım eksikliği.
- e) Bitümün uygun olmayan hızla ve düşük basınçla yola dökülmesi.
- f) Bitüm sıcaklığının düşük olması.
- g) Genellikle distribütör yükünün azalması nedeniyle asfaltın dökülme yüksekliğinin değişmesi.
- h) Kötü işçilik.



Şekil 4.43 : Hafif şiddette çizgisel agrega kaybı



Şekil 4.44 : Orta şiddette çizgisel agregaya kaybı



Şekil 4.45 : Yüksek şiddette çizgisel agregaya kaybı

4.2.3.3 Kaplama agregası kaybı

Kaplama yüzeyinde ayrışma görülür ve yüzeyde asfalt lekeleri açığa çıkar. Agregaya kaybının artmasıyla, yüzeyde derin olmayan çukurlar, agregasız alanlar oluşur, yüzeyin görüntüsü agreganın soyulması nedeniyle siyahlaşır ve yüzeyde serbest malzeme görülür (Arık 1998).

Agrega kaybının oluşma nedenleri:

- a) Agreganın asfalt ısısı düştükten sonra serilmesi.

- b) Yola serilen agreganın ıslak ve tozlu olması.
- c) Agreganın geç sıkıştırılması.
- d) Sıkıştırmada kullanılan ekipmanın uygun olmaması.
- e) Hava koşullarının yüzeysel kaplama uygulaması için uygun olmaması.
- f) Kaplamanın yapımından hemen sonra hızlı trafik geçmesi.
- g) Uygulanan asfaltın yetersiz kalması.
- h) Hatalı silindir seçimi ve yüzeyin düzgün olmaması nedeni ile yüzeyde sıkışmamış kesimlerin kalması.

4.2.3.4 Cilalanma (Kayma direnci kaybı)

Bu bozulma, kaplama yüzeyindeki agrega danelerinin cilalı ve pürüzsüz hale gelmesidir (Sekil 4.46). Bu tip bozulma hem doğal olarak pürüzsüz yüzeyli kırılmamış agrega kullanılmasından, hem de kırmataşın trafik etkisiyle aşınmasından dolayı meydana gelir (Doğan 2006). Özellikle kalker türdeki agregalar trafik altında daha çabuk cilalı hale gelirler. Tabii olarak cilalı ve düzgün yüzeyli olan çakıllar da kaplama yapımında kullanılırsa bu da cilalanma sebebiyle kayma tehlikesi yaratırlar.

Kaplama-lastik arasındaki sürtünme katsayısı, özellikle kaplamanın ıslak olması halinde düşer ve 60-80 km/saat 'ten yüksek hızlarda kaymalara neden olur (Karakoç 2006). Yüzeyleri cilalı hale gelmiş bu agregalar ıslandıkları zaman tamamen kaygan hale gelirler.



şekil 4.46: Cilalanmış agrega

4.2.3.5 Kabarmalar

Kabarmalar; tabanın veya üstyapının herhangi bir kısmında şişme ile oluşan ve yukarı doğru meydana gelen bozulmalardır. Kabarmaların ana nedeni don etkisidir. Ayrıca ıslandığında genişleme özelliği bulunan zeminlerde rutubet tesiriyle oluşan genişlemeler de kabarmalara sebep olabilir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47 : Kabarma

Kabarmaların önlenmesi için üstyapı projelendirilmesinde don etkisi dikkate alınmalı; şişme potansiyeli olan tabanlarda, üstyapı inşa edilmeden, drenaj, stabilizasyon gibi önlemler düşünülmelidir. Kabarmalara sebep olan nedenler ondüle ve yığılmalara sebep olanlarla aynıdır.

4.2.4 Küçük Çukurlar

Yetersiz (kalitesiz) yapım, aşırı dingil yükleri, mevsimsel hava koşulları nedenlerine bağlı olarak yüzey üzerinde derinliği 5 ile 10 cm arasında ya da daha fazla, çapı 10 ile 30 cm arasında ya da daha fazla boyutlu oluşan oyuklardır (Şekil 4.48-Şekil 4.49- Şekil 4.50). Bu bozulmalar yine diğer bozulma türlerinde olduğu gibi sürüş konforunu düşürmekte özellikle de sürüş güvenliği açısından tehlike arz etmektedir (Arık 1998).

Çukurların derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli çukur olmak üzere üç ana gruba ayrılır.



Şekil 4.48 : Hafif şiddette çukur



Şekil 4.49 : Orta şiddette çukur



Şekil 4.50 : Yüksek şiddette çukur

Çukurların muhtemel oluşma nedenleri (Doğan 2006):

- a) Diğer bozulmaların etkileri (soyulma, segregasyon, çatlaklar vb.).
- b) Karışımın homojen serilmemiş olması.
- c) Yanlış yapım teknikleri ve düşük kalite kontrolü.
- d) Kaplamada düşük kaliteli agrega kullanımı.
- e) Üstyapı kalınlıklarının yetersiz oluşu.
- f) Drenaj yetersizliği.

5. ANKET ÇALIŞMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Anket çalışması, esnek üstyapı imalatında görev alan teknik personel ve saha çalışanları arasında, yüzde 95 güven aralığında, yüzde 5 örnekleme hatası ile 384 kişi ile yapılmıştır. Hedef kitledeki birey sayısı bilinmediğinden örneklem büyüklüğünü (n) belirlemek için denklem 5.1 kullanılmıştır.

$$n = t^2 pq / d^2 \quad (5.1)$$

Formüllerde;

p : İncelenen olayın görülüş sıklığı (gerçekleşme olasılığı),

q : İncelenen olayın görülmeyiş sıklığı (gerçekleşmeme olasılığı),

t : Belirli bir anlamlılık düzeyinde, t tablosuna göre bulunan teorik değer,

d : Olayın görülüş sıklığına göre kabul edilen ? örnekleme hatasıdır.

Dağılım homojen olmadığından p= 0,5, q= 0,5 alınmıştır. Yüzde 95 güven aralığı için teorik t değeri tablodan 1,96 bulunmuştur.

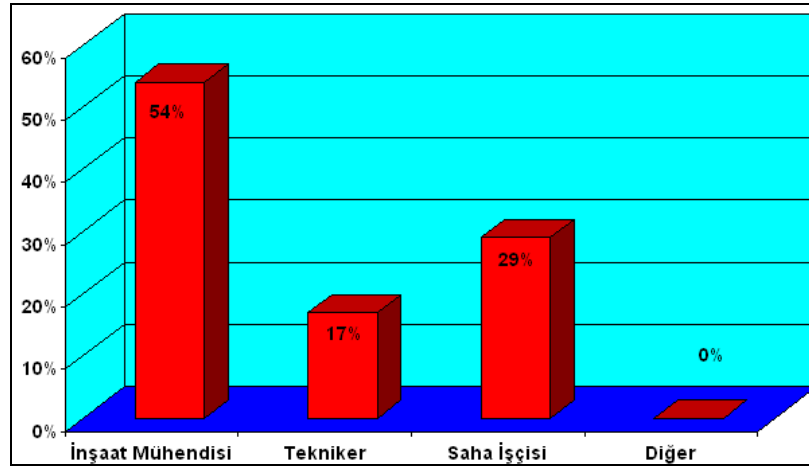
Bu veriler altında örneklem büyüklüğü;

$$n = (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 / (0,05)^2 = 384 \text{ kişi olarak hesaplanmıştır.}$$

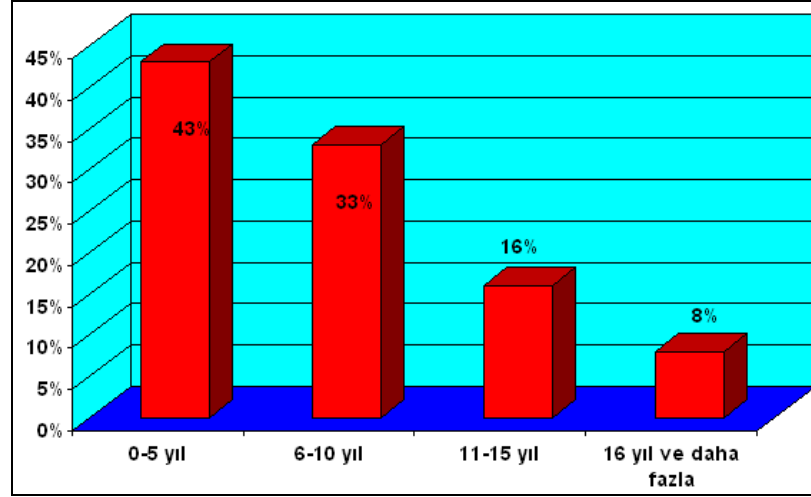
Anket çalışması ile sektörde çalışan insanların mesleki tecrübe süreleri, unvan dağılımları, asfalt betonu ile ilgili hangi eğitimi aldıkları, imalat esnasında ve imalat sonrasında en sık karşılaşılan sorunların neler olduğu, Türkiye’de üretilen asfalt betonu kalitesinin nasıl artırılabilceğine dair düşünceleri öğrenilmeye çalışılmış; ayrıca bitümlü sıcak karışım imalatına ve malzeme özelliklerine dayalı sorular yönlendirilerek sektörde görev alan personelin asfalt malzemesini ne kadar tanıdığı, yaptıkları iş ile ilgili çalışma esaslarının ne kadar bilincinde olduklarının anlaşılması hedeflenmiştir.

5.1 SEKTÖRDE ÇALIŞANLARIN ANALİZİ

Yapılan anket çalışmasına göre, sektörde çalışan insanların yarıya yakını 5 yıldan daha az mesleki tecrübeye sahip iken sektörde 10 yıldan fazla tecrübeye sahip çalışanların piyasanın yüzde 24'ünü teşkil ettiği görülmüştür (Şekil 5.2). Ankete cevap veren topluluğun yüzde 54'ünü inşaat mühendislerinin, yüzde 17'sini teknikerlerin ve yüzde 29'unu saha işçilerinin oluşturduğu göz önüne alındığında, sektörün çeşitli konumlarında çalışanlar arasında yol sektöründe uzun süreli çalışma oranının düşük olduğu, bunun sebeplerinin incelenmesi ve başka iş sahalarına yönelmelerin önüne geçilerek tecrübeli çalışan sayısını artırmak yönünde bir çalışma yapılması gerektiği söylenebilir (Şekil 5.1).

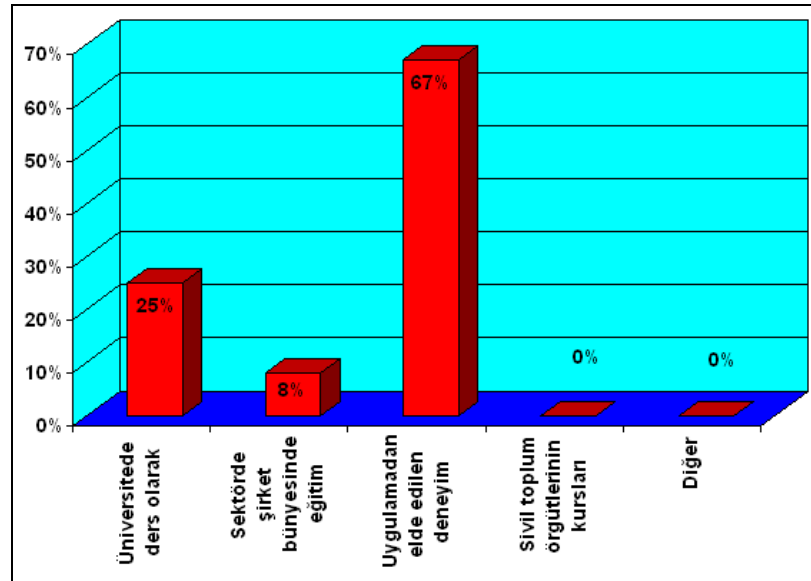


Şekil 5.1 : Mesleğiniz



Şekil 5.2 : Asfalt konusundaki mesleki tecrübeniz hangi aralıktadır

Ankete katılan deneklerin yüzde 71'inin 4 yıllık ve 2 yıllık yüksek eğitim almış olmasına rağmen yalnızca yüzde 25'inin asfalt betonu ile ilgili üniversitede ders aldığını belirtmesi, okullarda asfalt betonu ile ilgili yeteri kadar bilgi verilmediğini, sahip olunan bilgi ve tecrübenin yüksek oranda iş sahasında edinildiğini göstermektedir (Şekil 5.3).

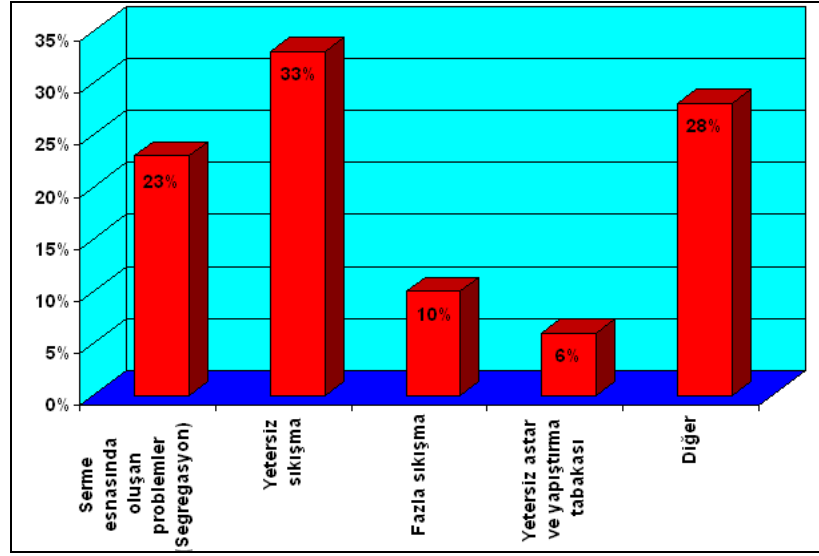


Şekil 5.3 : Asfalt betonu ile ilgili hangi eğitimi aldınız

5.2 SEKTÖRDE ÇALIŞANLARIN ASFALT BETONUNDA GERÇEKLEŞEN BOZULMALARIN NEDENLERİ VE YAPILABİLECEK İYİLEŞTİRMELER HAKKINDAKİ TAHMİN VE GÖRÜŞLERİ

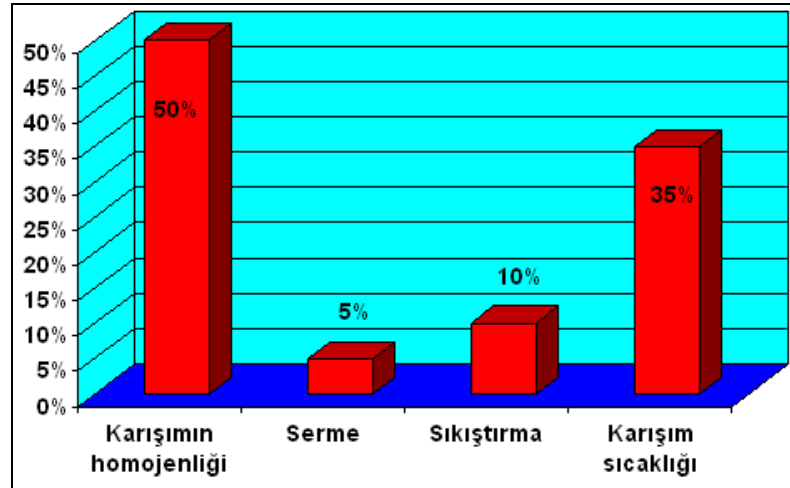
Sektör çalışanları imalat esnasında en sık karşılaştıkları sorun olarak anket şıkları arasında sırasıyla; yetersiz sıkıştırma, segregasyon, fazla sıkıştırma, yetersiz astar ve yapıştırma tabakasını göstermiş; şıklarda yer almayan diğer bir sorun olarak karışımın sıcaklığının korunması ise yetersiz sıkışmadan sonra ikinci en sık karşılaşılan sorun olarak belirtilmiştir (Şekil 5.4).

Ankette en sık karşılaşılan sorun olarak belirtilen yetersiz sıkıştırmanın olduğu durumlarda, kaplamalar stabilite yönünden zayıf kalacağından bu durumda tekerlek izinde oturmalar, yerel oturmalar, dalgalanmalar görülecek; kaplamada boşluk hacminin fazla olması kaplamanın aşınmaya karşı direncinin düşük olmasına, bağlayıcının hava etkisi ile sertleşme olasılığının artmasına, dolayısı ile kaplamanın ömrünün kısılmasına, ayrışma, sökülme ve soyulmalara sebep olacaktır. Ayrıca boyuna çatlakların oluşma nedenlerinden biri de dolgularda yetersiz sıkıştırma sebebiyle oluşan oturmalar. Yine karışım sıcaklığının korunamaması da sıkıştırma işleminin kalitesini ve agrega bitüm kenetlenmesini düşürecek bir etkiye sahip olduğundan yollarda görülen birçok bozulmanın oluşmasında bu iki etmenin büyük rolü olduğu söylenebilir.

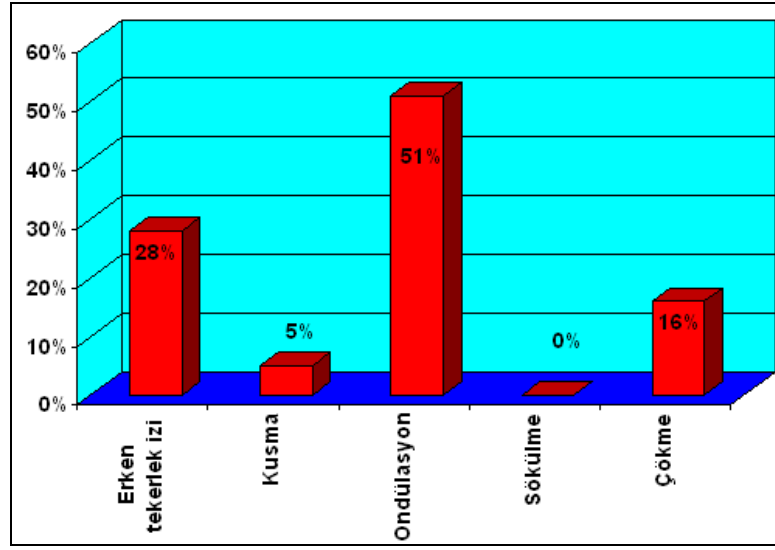


Şekil 5.4 : İmalat esnasında en sık karşılaştığınız sorun hangisidir

Ankete katılan denekler imalat sırasındaki en kritik parametre olarak yüzde 50 oranında karışımın homojenliğini, yüzde 35 oranında karışım sıcaklığını görmekte, bunları sıkıştırma ve serme işlemleri takip etmektedir (Şekil 5.5). Bu sorularda 2 soruya verilen cevaplardan, ağırlıklı olarak karışımın homojenliğinin ve sıcaklığının önemli parametreler olarak öne çıktığı görülmektedir.

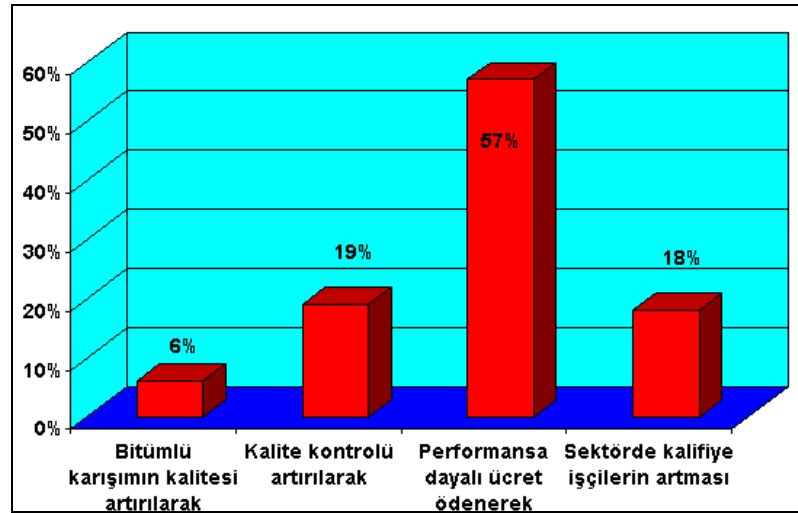


Şekil 5.5 : İmalat sırasında en kritik parametre aşağıdakilerden hangisidir



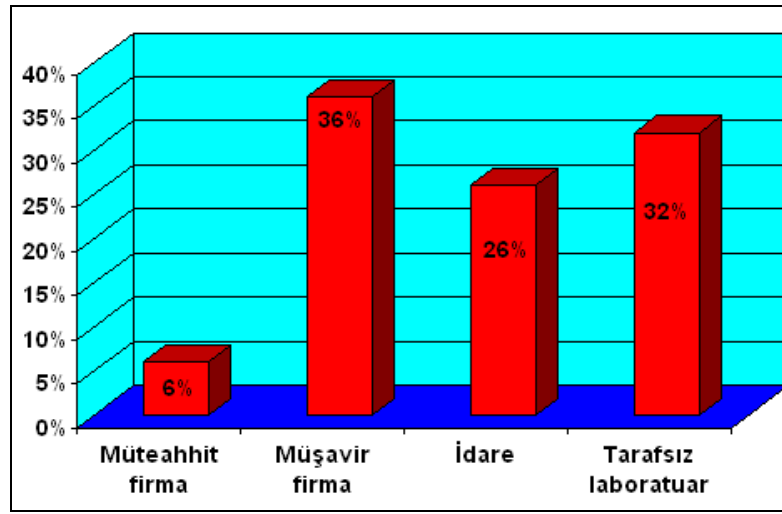
Şekil 5.6 : İmalat sonrasında kısa sürede en sık karşılaştığımız bozulma hangisidir

Yapılan anket çalışmasına göre deneklerin yüzde 51'i imalat sonrasında kısa sürede en sık karşılaştıkları problemin ondülasyon, yüzde 28'i erken tekerlek izi, yüzde 16'sı çökme olduğunu bildirmiş; yüzde 5'i ise kusmanın en sık karşılaştıkları erken bozulma olduğunu ifade etmiştir (Şekil 5.6). Ankete katılanlardan alınan bu cevaplara göre, ağırlıklı olarak görülen problemlerin ortak noktası asfalt betonunun stabilizasyonundaki eksikliklerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.7 : Türkiye'de üretilen asfalt betonu kalitesi nasıl artırılabilir

Ankete katılanların büyük çoğunluğu, Türkiye’ de üretilen asfalt betonu kalitesinin artırılmasında, performansa dayalı ücret ödenmesinin etkili olacağını belirtmiştir. Bu oran yüzde 58 gibi yüksek bir orandır (Şekil 5.7). Kalite kontrolünün artırılması ve sektörde kalifiye işçilerin çalıştırılması aynı oranda deneklerden onay almış, bunu bitümlü karışımın kalitesinin artırılması izlemiştir. Bu sonuca bağlı olarak ankete katılan sektör çalışanları, performansa dayalı ücret ödenmesinin piyasa üzerinde çok yüksek şekilde etkili olacağı kanısındadır.



Şekil 5.8 : Asfalt betonu üretiminde kalite kontrolünü hangi kurum yapmalıdır

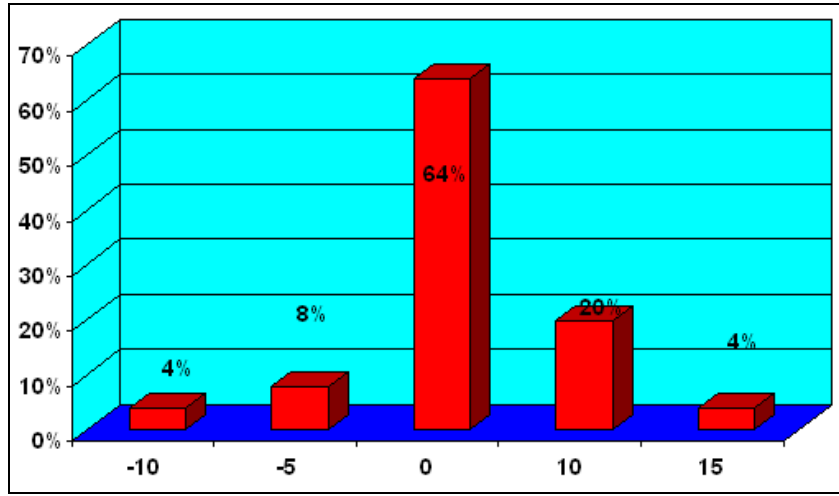
Anket kapsamında deneklere asfalt betonu üretiminde kalite kontrolünü hangi kurumun yapması gerektiği de sorulmuştur. Bu soruya ankete katılanların yüzde 36’sı müşavir firma, yüzde 32’si tarafsız laboratuvar cevabını vermiştir. Bunları yüzde 26 ile idare, yüzde 6 ile de müteahhit firma izlemiştir (Şekil 5.8). Bu sonuçlar, sektörde çeşitli alanlarda görev alan deneklerin kalite kontrolü hususunda kurumların güvenilirliğine bakışı açısından önemli bir gösterge teşkil etmektedir.

5.3 SEKTÖR ÇALIŞANLARININ BİLGİ BİRİKİMİ ANALİZİ

Anket çalışmasında sektör çalışanlarına bitümlü sıcak karışım imalatına ve malzeme özelliklerine dayalı sorular yönlendirilerek sektörde görev alan personelin

asfalt malzemesini ne kadar tanıdığı, yaptıkları iş ile ilgili çalışma esaslarının ne kadar bilincinde olduklarının anlaşılması hedeflenmiştir.

Bu kapsamda ankete katılanlara asfalt karışımının sıcaklığa bağlı davranışı, karışımı oluşturan aktörlerin optimum değerlerinden farklı olmasının doğuracağı sonuçlar ve sektöre dair çeşitli sorular yönlendirilmiştir.

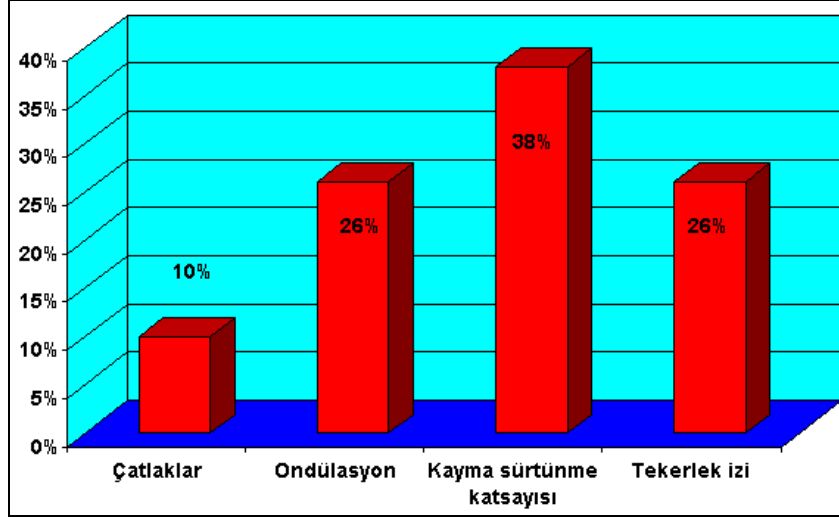


Şekil 5.9 : En düşük hangi hava sıcaklığına kadar sıcak karışım asfalt serilebilir

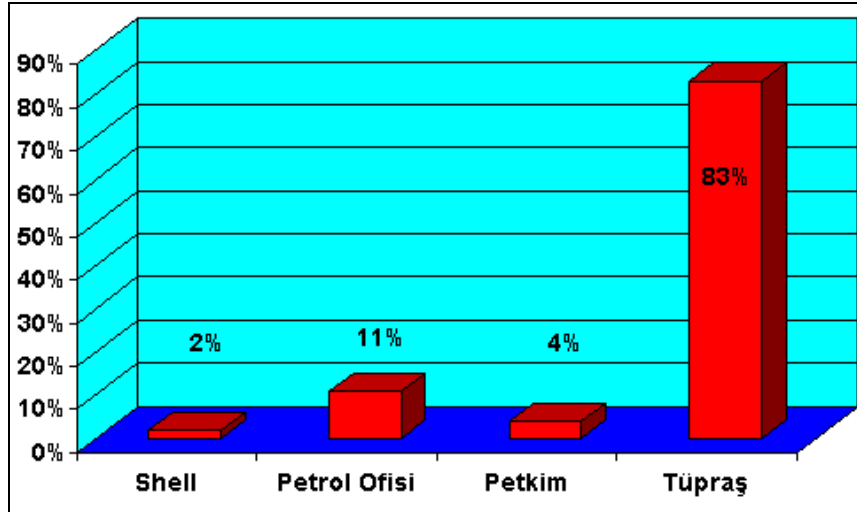
En düşük hangi hava sıcaklığına kadar sıcak karışım asfalt serilebilir sorusuna, yüzde 64 oranı ile 0 °C, yüzde 20 oranı ile de doğru cevap olan 10 °C cevabı verilmiştir (Şekil 5.9). Bu soruya verilen yanıtlara bakıldığında, deneklerin yüzde 80'i bu soruya yanlış cevap vermiştir. Bu sonuç, çalışanların teknik anlamda asfalt karışımının davranışı hakkında yanlış bir bilgiye sahip olduğunu göstermektedir.

Yine anket kapsamında çalışanlara, çeşitli şıklar sunularak hangisinin yol güvenliği ile ilgili olduğu sorulmuş; çalışanların yüzde 38'i doğru cevap olan kayma sürtünme katsayısı cevabını verirken yüzde 62'si bu soruyu doğru cevaplayamamıştır (Şekil 5.10).

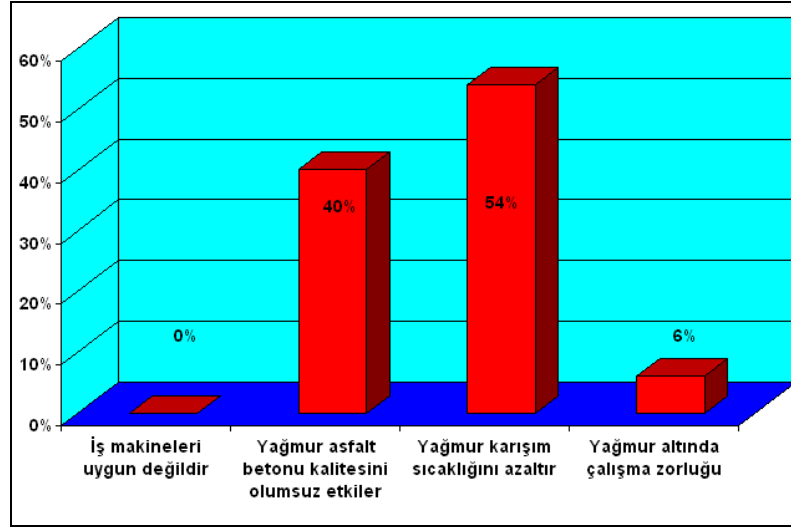
Türkiye’de bitümü hangi kurum dağıtmaktadır sorusuna ise yüzde 83 oran ile doğru yanıt alınırken yalnızca yüzde 17’si doğru yanıt olan Tüpraş’ın dışında farklı bir cevap vermiştir (Şekil 5.11).



Şekil 5.10 : Aşağıdaki bozulmalardan hangisi yol güvenliği ile ilgilidir

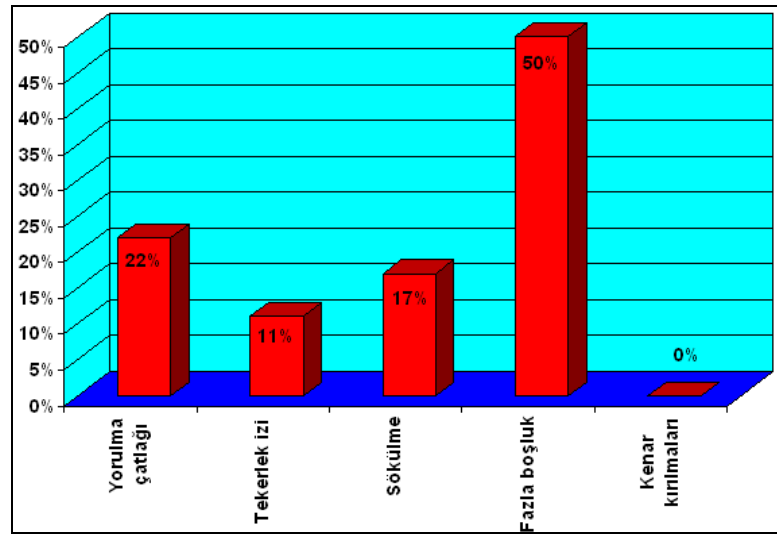


Şekil 5.11 : Türkiye’de bitümü hangi kurum dağıtmaktadır

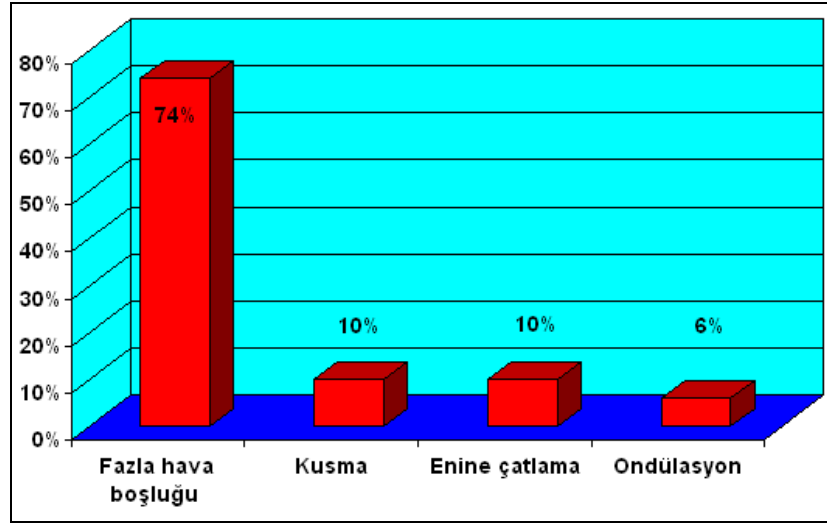


Şekil 5.12 : Yağmurlu havalarda neden asfalt betonu üretimi yapılmaz

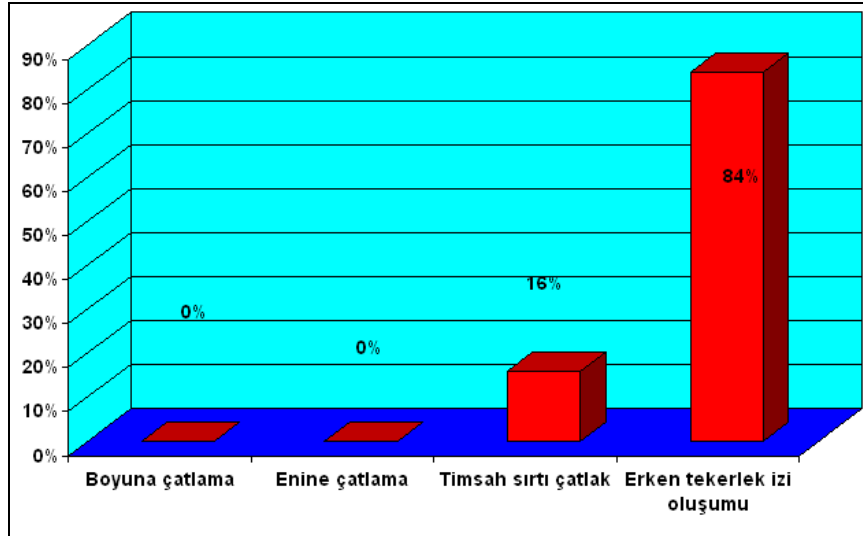
Ankete katılan deneklere, soğuk asfalt dökülürse hangi problemle karşılaşılacağı, yağmurlu havalarda neden asfalt betonu üretimi yapılmaması gerektiği, karışım sıcaklığının düşük olması durumunda ortaya çıkabilecek problemler, karışımda bitüm oranının fazla veya az olması durumlarında ne gibi olumsuzlukların oluşacağı gibi asfaltın davranışı ve asfalt betonunun yapısı hakkında bilgi gerektiren sorular yönlendirilmiş; bu sorulara denekler yüksek oranda isabetli cevaplar vermişlerdir (Şekil 5.12-Şekil 5.16).



Şekil 5.13 : Soğuk asfalt dökülürse hangi problemle karşılaşılır

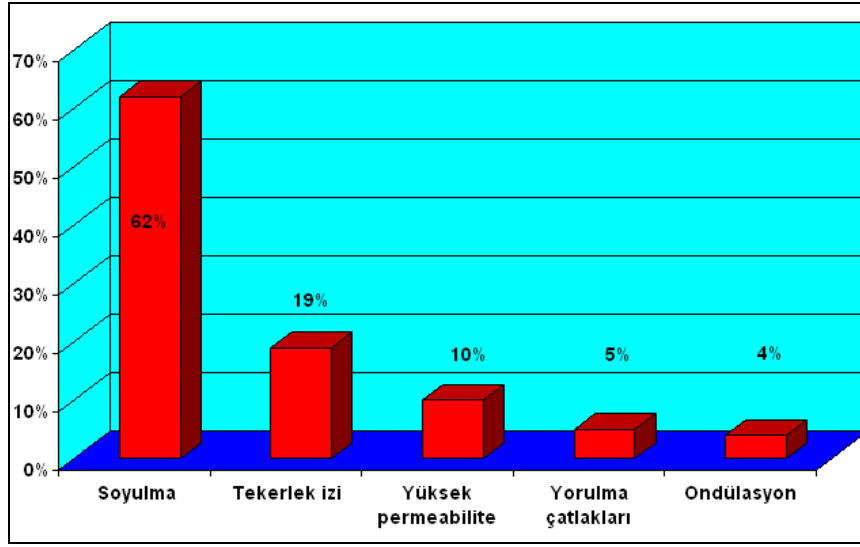


Şekil 5.14 : Karışım sıcaklığının düşük olması aşağıdaki problemlerden hangisini ortaya çıkarır



Şekil 5.15 : Fazla bitüm aşağıdaki bozulmalardan hangisini tetikler

Bu sonuçlara bakıldığında, çalışanların uygulamada edindikleri deneyimler sayesinde sebep - sonuç ilişkisi kurarak asfalt hakkında belli bir bilgi birikimine sahip oldukları değerlendirilebilir.



Şekil 5.16 : Karışımında az bitüm kullanıldığında hangi problem ortaya çıkar

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Ülkemizde ulaşımın çok ciddi bir kısmının karayolu ile yapıldığı ve karayollarının ilk inşası kadar kontrol ve bakım hizmetlerinin de yüksek maliyetlere ihtiyaç duyduğu göz önüne alındığında üretim aşamasından hizmet ömrünün tamamlanmasına kadarki süreç boyunca yolların en kusursuz şekilde imal edilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Türkiye şartlarında, tasarım yönteminin ve malzemenin yanlış seçimi, yol yapımı sırasında proje ve şartnamelere uygun olmayan yöntemlerin uygulanması gibi uygulama ve imalat kusurları; bunun yanı sıra trafiğin hızlı ve kontrolsüz şekilde artması ve iklimsel koşullarının ciddi etkisi yollarımızda görülen başlıca bozulma sebepleridir.

Karayolunun yapım kalitesi ne kadar yüksek olursa, o yolun kendinden bekleneni vermesi de buna paralel olarak o derece fazla olmaktadır. Karayolunun hizmet ömrünün hesaplanandan az olmaması ve ihtiyaçlara doğru cevap verebilmesi için altyapı ve üstyapı sisteminin işlevini doğru bir şekilde yerine getirmesi gerekir. Bu da tasarım, imalat ve yapım aşamasında insan faktörlü kusurların en aza indirgenerek yüzey yenileme ve iyileştirme masraflarının en alt seviyelere düşürülmesi ile sağlanabilir. Ayrıca imal edilecek yolun, iklim etkileri ve trafik yükleri gibi karşılaşacağı çevresel koşulların en gerçekçi şekilde göz önünde bulundurulması ve inşa aşamasında en az kusur ile imalatın gerçekleştirilmesi, kullanıma açılmış bir yol için trafik akışının da en az oranda engellenmesini sağlayacaktır.

Kaplama tabakasında kullanılan bağlayıcı cinsine göre yol üstyapıları; esnek ve rijit olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Bağlayıcı olarak bitümlü malzemelerin kullanıldığı üstyapı çeşidine esnek yol üstyapısı denilmektedir.

Esnek üstyapı, tesviye yüzeyiyle sıkı bir temas sağlayan ve trafik yüklerini, kaplama, temel ve alttemel tabakaları yoluyla taban zeminine dağıtan bir üstyapı şekli olup stabilizesi, adezyon, tane sürtünmesi ve kohezyon gibi kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcının özelliklerine bağlıdır.

Üstyapıdaki tabakaları oluşturan malzemeler değişik özelliklere sahiptir. Alttemel ve temel tabakalarında granüler malzemeler kullanılırken kaplama tabakasında, özellikleri sıcaklığa ve yükleme hızına bağlı olan, viskoelastik davranış gösteren bitümlü karışımlar kullanılmaktadır.

Esnek üstyapılarda kullanılan malzemeleri agregalar ve bitümlü bağlayıcılar olmak üzere iki kısma ayırmak mümkündür.

100 mm 'ye kadar olan sert taştan kırılıp elenerek elde edilmiş, tane büyüklüğü tarif edilebilen kaya parçacıklarına agrega denir. Asfalt ve beton üretiminin hammaddesidir. Sıcak asfalt karışımının yaklaşık olarak ağırlıkça yüzde 95'lik, hacimce ise yüzde 85'lik bölümünü agrega oluşturmaktadır.

Bitüm ise petrolün damıtımı esnasında ortaya çıkan, rengi koyu kahve ile siyah arasında, yüksek viskoz, hidrokarbon bir atıktır. Bu damıtım, doğada asfalt göllerinde kendiliğinden oluşmakta veya petrol rafinerilerinde yapılmaktadır. Bitüm, yüksek oranda ağır hidrokarbonlardan oluşan katı, yarı katı ya da viskoz bağlayıcılara verilen genel isimdir. Sıcak karışımlarda bitüm, su geçirmez, termoplastik ve viskoelastik bir bağlayıcı olarak çalışmaktadır. Isıtıldığında yumuşayarak akışkan hale gelir ve bu, bitümlü sıcak karışım üretimi esnasında agreganın kaplanmasını sağlar; soğuduğunda ise sertleşerek parçacıkları bir arada tutar. Bitüm fazlasıyla viskoz ve yapışkan bir malzemedir. Agrega tanecikleri ile arasındaki aderans onu iyi bir bağlayıcı yapmaktadır. Birçok asit, alkali ve tuzdan da etkilenmemektedir. Bu da iyi üretilmiş bitümlü sıcak karışımın kesinlikle geçirimsiz ve pek çok kimyasala dayanıklı olduğunu belirtmektedir. Bitüm genelde sıcak karışımların ağırlıkça yüzde 3 ila yüzde 8'ini oluşturmaktadır.

Çalışma kapsamında esnek yol üstyapılarının üretimi esnasında gerçekleştirilen imalat ve uygulama kusurları ele alınmış; belirtilen hususlar sonucunda esnek üstyapılarda oluşan bozulmalar; imalattan hemen sonra oluşan bozulmalar ve uzun vadede oluşan bozulmalar şeklinde iki başlık altında incelenmiştir.

Bozulma, üstyapının özgün fiziksel koşullarından herhangi bir sebepten dolayı sapması anlamına gelmektedir. Esnek üstyapıda meydana gelen bozulmalar ve sebeplerinin değerlendirildiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Esnek üstyapılarda görülen bozulmalara sebep olan ve bozulmayı hızlandıran etkenler şöyle sıralanabilir:

- a) Bitüm yüzdesinin optimum seviyeden fazla veya az olması,
- b) Tasarıma uygun olmayan bitüm kullanılması,
- c) Uygun agreganın kullanılmaması,
- d) Gradasyonun tasarımdan farklı olması,
- e) Filler oranının optimum seviyeden fazla veya az olması,
- f) Karışımdaki hava boşluğunun fazla veya az olması,
- g) Yetersiz veya fazla sıkıştırma,
- h) Serme sıcaklığının yetersiz oluşu,
- i) Serme işlemi esnasında yapılan hatalar,
- j) Karıştırma esnasında özen gösterilmemesi,
- k) Trafiğin gerektiği gibi hesaplanmaması,
- l) Drenaj sisteminin yetersiz olması,
- m) Yolun yapılacağı bölgedeki hava koşullarının yani mevsimsel etkilerin doğru şekilde dikkate alınmaması.

Sıralanan bu etkenlerin hepsi esnek üstyapılarda oluşan bozulmaları tetikleyen etkenler olduğu gibi aynı zamanda birbirlerinin de sebebi olabilir. Örneğin serme sıcaklığının yetersiz oluşu, gerekli sıkıştırmanın sağlanmasını da zorlaştıracaktır. Yeteri kadar sıkıştırılmayan kaplamalarda da boşluk yüzdesi fazla olacaktır.

Tez kapsamında yapılan anket çalışması ile de yol inşası sektöründe çalışan personelin yol üretimi ile ilgili teknik bilgi durumu belli bir örnekleme oranında incelenmiş, çalışanların tecrübeleri doğrultusunda yol kalitesinin artırılması ile ilgili görüşleri öğrenilmeye çalışılmıştır. Ayrıca sektörde görev alan çalışanların mesleki tecrübe süreleri, unvan dağılımları incelenmiş, asfalt betonu ile ilgili hangi eğitimi aldıkları, imalat esnasında ve imalat sonrasında en sık karşılaşılan sorunların neler olduğuna dair düşüncelerine yer verilmiştir.

Yapılan anket çalışmasına göre, sektörde çalışan insanların yarıya yakını 5 yıldan daha az mesleki tecrübeye sahip iken sektörde 10 yıldan fazla tecrübeye sahip çalışanların piyasanın yüzde 24'ünü teşkil ettiği görülmüştür. Ankete cevap veren topluluğun yüzde 54'ünü inşaat mühendislerinin, yüzde 17'sini teknikerlerin ve yüzde 29'unu saha işçilerinin oluşturduğu göz önüne alındığında, sektörün çeşitli konularında çalışanlar arasında yol sektöründe uzun süreli çalışma oranının düşük olduğu, bunun sebeplerinin incelenmesi ve başka iş sahalarına yönelmelerin önüne geçilerek tecrübeli çalışan sayısını artırmak yönünde bir çalışma yapılması gerektiği söylenebilir.

Ankete katılan deneklerin yüzde 71'inin 4 yıllık ve 2 yıllık yüksek eğitim almış olmasına rağmen yalnızca yüzde 25'inin asfalt betonu ile ilgili üniversitede eğitim aldığını belirtmesi, okullarda asfalt betonu ile ilgili yeteri kadar bilgi verilmediğini, sahip olunan bilgi ve tecrübenin yüksek oranda iş sahasında edinildiğini göstermektedir.

Bu göstergelere bakıldığında esnek üstyapı imalatına yönelik yetişmiş eleman kazandırmak ve okullarda öğrencilere imalat ve uygulamaya yönelik tecrübe kazandırılması önem arz etmektedir.

Yine yapılan çalışmadan çıkan sonuçlara bakıldığında, ankete katılanların büyük çoğunluğu, Türkiye'de üretilen asfalt betonu kalitesinin artırılmasında, performansa dayalı ücret ödenmesinin etkili olacağını belirtmiş; asfalt betonu üretiminde kalite kontrolünü hangi kurumun yapması gerektiği sorusuna da müşavir firma ve tarafız

laboratuvar; idare ve müteahhit Őıklarına oranla daha yüksek oranda tercih edilmiştir. Bu sonuçlar, sektörde çeşitli alanlarda görev alan deneklerin kalite kontrolü hususunda kurumların güvenilirliğine bakışı açısından önemli bir gösterge teşkil etmektedir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Ağar, E. ve Umar, F., 1985. *Yol üstyapısı*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Ağar, E., 1976. *Bitümlü yol kaplamalarının sıkıştırılması*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Arık, A., 1998. Balıkesir ili çevresindeki karayollarında esnek üstyapı bozulmalarının araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi.
- Avcı, E., 2009. Sıcak iklimli bölgelerde kullanılan asfalt betonu karışım değişkenlerinin kaplama tabakası performansına etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Benson F.C, Martinez, DF., 1984. *Evaluation of several mineral fillers for use in item 340 hot-mix asphaltic concrete*. Report FHWA/TX/85/1, Texas: Transportation Institute.
- Doğan, O., 2006. Esnek üstyapılı devlet yollarındaki bozulmaların bulanık mantık ile tahmini. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ilıcalı, M., Tayfur, S., Özen, H., Sönmez, İ., ve Eren, K., 2001. *Asfalt ve uygulamaları*, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayın Merkezi Başkanlığı, İsfalt, İstanbul: Seçil Ofset.
- İyınam, Ş., 1997. Karayollarında üstyapı bakım çalışmalarını planlama metodolojisi. *Doktora Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Kandhal, P.S., Lynn, C., & Parker, F., 1998. *Characterization tests for mineral fillers related to performance of asphalt paving mixtures*, Transportation Research Record, Auburn: Auburn University.
- Karakoç, M.N., 2006. Çanakkale ili karayollarında meydana gelen bozulmaların araştırılması ve profilometre cihazının etüdü. *Yüksek Lisans Tezi*. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi.
- Karaşahin, M. ve Tığdemir, M., 1995. *Esnek yol üstyapı bakım çalışmalarında uzman sistemler*. 3. Ulaştırma Kongresi, İstanbul: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.
- Karayolları Genel Müdürlüğü, 2000. *Karayolları esnek üstyapılar projelendirme rehberi*. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara.

- Karayolları Genel Müdürlüğü, 2000. *Yol bozulmalarının sınıflandırılması nedenleri ve bu konuda alınabilecek önlemler*. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Karayolları Genel Müdürlüğü, 2006. *Karayolları teknik şartnamesi*. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Keçeciler, A.F., Gümrükçüoğlu, A., Akkol, G., ve Gökçe, A.F.,1990. *Bitümlü malzemeler laboratuvar el kitabı*. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Mixture Performance, 1992. ASTM STP 1147, *American society for testing and materials*. Philadelphia.
- Önal, M., ve Kahramangil, M., 1993. *Bitümlü karışımlar laboratuvar el kitabı*. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D.Y., & Kennedy, T.W., 2000. *Hot mix asphalt materials, mixture design, and construction*. Maryland: NAPA Education Foundation.
- Rogue, R., Birgisson, B., Tia, M., Kim, B., & Cui, Z., 2004. *Guidelines for use of modifiers in superpave mixtures: Evaluation of ground-tire-rubber (GTR)*, Florida: University of Florida.
- Suhaibani, A., Mudaiheem, J., & Fozan, F., *Effect of filler type and content on properties of asphalt concrete, effect of aggregates and mineral fillers on asphalt*. 1991. Committee D-4 Symposium. San Diego.
- Tunç, A., 2004. *Esnek kaplama malzemeleri el kitabı*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Uluçaylı, M. ve Yavuz, A., *Asfalt el kitabı*, İstanbul: İsfalt Yayınları.
- Whiteoak, D., 2004. *Bitümlü karışımlara uygulanan mekanik deneyler ve bitümlü karışımların mekanik özellikleri*. Shell Bitüm El Kitabı (Çev.), İstanbul: Plato Basım Reklam Bilişim Hizmetleri.
- Yasa, S., Büyükmihçici C. ve Cündübeyoğlu M., 1954. *Bitümlü kaplamalar el kitabı*. İstanbul.
- Yumrutaş, H.İ., 2009. Karayollarında sıkıştırma. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Diğer Yayınlar

WAPA Asphalt Pavement Guide, 2002. <http://www.asphaltwa.com/?p=901>. [5 Aralık 2010].

EKLER

EK 1 - ANKET SORULARI

1. Mesleğiniz?

- a) İnşaat Mühendisi b) Tekniker c) Saha işçisi d) Diğer (.....)

2. Asfalt konusundaki mesleki tecrübeniz hangi aralıktadır?

- a) 0-5 yıl b) 6-10 yıl c) 11-15 yıl d) 16 yıl ve daha fazla

3. Asfalt betonu ile ilgili hangi eğitimi aldınız?

- a) Üniversitede ders olarak,
b) Sektörde şirket bünyesinde eğitim,
c) Uygulamadan elde edilen deneyim,
d) Sivil toplum örgütlerinin kursları
e) Diğer (.....)

4. İmalat esnasında en sık karşılaştığınız sorun hangisidir?

- a) Serme esnasında oluşan problemler (Segregasyon)
b) Yetersiz sıkıştırma
c) Fazla sıkıştırma
d) Yetersiz astar ve yapıştırma tabakası
e) Diğer (.....)

5. İmalat sırasında en kritik parametre aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Karışımın homojenliği
b) Serme
c) Sıkıştırma
d) Karışım sıcaklığı

6. İmalat sonrasında kısa sürede en sık karşılaştığınız bozulma hangisidir?

- a) Erken tekerlek izi
b) Kusma
c) Ondülasyon
d) Sökülme
e) Çökme

7. Türkiye’ de üretilen asfalt betonu kalitesi nasıl artırılabilir?

- a) Bitümlü karışımın kalitesi artırılarak
- b) Kalite kontrolü artırılarak
- c) Performansa dayalı ücret ödenerek
- d) Sektörde kalifiye işçilerin artması

8. Asfalt betonu üretiminde kalite kontrolünü hangi kurum yapmalıdır?

- a) Mütcaahhit firma
- b) Müşavir firma
- c) İdare
- d) Tarafsız laboratuvar

9. En düşük hangi hava sıcaklığına kadar sıcak karışım asfalt serilebilir?

- a) -10
- b) -5
- c) 0
- d) 10
- e) 15

10. Aşağıdaki bozulmalardan hangisi yol güvenliği ile ilgilidir?

- a) Çatlaklar
- b) Ondülasyon
- c) Kayma sürtünme katsayısı
- d) Tekerlek izi

11. Türkiye’ de bitümü hangi kurum dağıtmaktadır

- a) Shell
- b) Petrol Ofisi
- c) Petkim
- d) Tüpraş

12. Yağmurlu havalarda neden asfalt betonu üretimi yapılmaz?

- a) İş makineleri uygun değildir
- b) Yağmur asfalt betonu kalitesini olumsuz etkiler
- c) Yağmur karışım sıcaklığını azaltır
- d) Yağmur altında çalışma zorluğu

13. Soğuk asfalt dökülürse hangi problemle karşılaşılır?

- a) Yorulma çatlağı
- b) Tekerlek izi
- c) Sökülme
- d) Fazla boşluk
- e) Kenar kırılmaları

14. Karışım sıcaklığının düşük olması aşağıdaki problemlerden hangisini ortaya çıkarır?

- a) Fazla hava boşluğu
- b) Kusma
- c) Enine çatlama
- d) Ondülasyon

15. Fazla bitüm aşağıdaki bozulmalardan hangisini tetikler?

- a) Boyuna çatlama
- b) Enine çatlama
- c) Timsah sırtı çatlak
- d) Erken tekerlek izi oluşumu

16. Karışımda az bitüm kullanıldığında hangi problem ortaya çıkar?

- a) Soyulma
- b) Tekerlek izi
- c) Yüksek permeabilite
- d) Yorulma çatlakları
- e) Ondülasyon

ÖZGEÇMİŞ



- Adı Soyadı** : Salih AYÇİÇEK
- Doğum Yeri ve Yılı** : Terme/ 01.01.1984
- Yabancı Dili** : İngilizce
- İlköğretim** : Yahya Kemal İlköğretim Okulu -1994
- Lise** : Samsun Anadolu Lisesi - 2001
- Lisans** : Ondokuz Mayıs Üniversitesi - 2006
- Yüksek Lisans** : Bahçeşehir Üniversitesi – 2011 – Devam Ediyor
- Enstitü Adı** : Fen Bilimleri Enstitüsü
- Program Adı** : Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
- Çalışma Hayatı** :
- Güryapı İnşaat – (2006-2007)
 - İstanbul Büyükşehir Belediyesi – (2008-Devam Ediyor)