

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YEREL VE KIRSAL KARA ULAŞIM AĞINDA BİTÜMLÜ YÜZEYSEL
KAPLAMALAR ÇERÇEVESİNDE YOL ÜSTYAPI TASARIM VE YAPIM
OLANAKLARI**

ARZU ILGAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2007

**YEREL VE KIRSAL KARA ULAŞIM AĞINDA BİTÜMLÜ YÜZEYSEL
KAPLAMALAR ÇERÇEVESİNDE YOL ÜSTYAPI TASARIM VE YAPIM
OLANAKLARI**

ARZU ILGAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2007

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YEREL VE KIRSAL KARA ULAŞIM AĞINDA BİTÜMLÜ YÜZEYSEL
KAPLAMALAR ÇERÇEVESİNDE YOL ÜSTYAPI TASARIM VE YAPIM
OLANAKLARI**

ARZU ILGAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez/...../2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (.....) not takdir edilerek
Oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. A. İlhan SÜTAŞ
(Danışman)

Prof. Dr. Fikret TÜRKER

Doç. Dr. Mehmet SALTAN

ÖNSÖZ

Çalışmam boyunca, kısıtlı olanaklar çerçevesinde bu çalışmaya büyük özveri ile maddi ve manevi olarak destek olan başta danışman hocam İlhan Sütay olmak üzere, Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü Yapı ve Araştırma Baş Mühendisliği çalışanlarından İnşaat Yüksek Mühendisi Ayşe Hülya AŞKAN, İnşaat Mühendisi Ayşe Didem SAN, Jeoloji Yüksek Mühendisi Hasan AKKOÇAK ve Kimya Mühendisi Veli ACIR ve laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan tüm teknisyenlere, eğitim sürecim boyunca bana büyük emeği olan babam Ziraat Yüksek Mühendisi Ali Osman ILGAZ, annem Öğretmen Nilüfer ILGAZ ve bana manevi desteklerini esirgemeyen kardeşlerime, arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

YEREL VE KIRSAL KARA ULAŞIM AÇINDA BİTÜMLÜ YÜZEYSEL KAPLAMALAR ÇERÇEVESİNDE YOL ÜST YAPI TASARIM VE YAPIM OLANAKLARI

ARZU ILGAZ

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. İlhan SÜTAŞ

Eylül 2007, 111 Sayfa

Yüzeysel kaplama, temel ve alttemel tabakası üzerine yerleşen, yol yüzeyinde düzgün yuvarlanma, yeterli kayma sürtünme katsayısı sağlayan, yüzeydeki suların alt tabakalara ulaşmasını engelleyen ve hareketli yük taşıma kapasitesi bulunmayan bir kaplama türüdür. Bütün dünyada olduğu gibi, ülkemizde de düşük trafik hacimli karayolu kesimlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır

Yüzeysel kaplamanın kalitesini artırmanın, ömrünü uzatmanın veya onu daha yoğun trafikli yollarda kullanabilmenin en iyi yolu, bağlayıcıyı değiştirerek kaplamanın kohezyon mukavemetini artırmaktır. Yol üstyapıları sektöründe en çok bilinen bitüm modifiye eden malzemelerden birisi “Stiren-Butadien-Stiren” (SBS) dir. Bu modifikatör, yüzeysel kaplama da dahil olmak üzere, yol inşaatının birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Antalya – Alanya bölünmüş karayolu inşaatı işleri kapsamında Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü ile Mön İnşaat Ticaret Ltd. Şti.’ nin ortak şantiyesinde kurulu bulunan asfalt plentine ilave olarak 6 ton / saat kapasiteli bitüm tesisinde, sektördeki adı Kraton D 1101 olan SBS kullanılmak suretiyle 50/70 penetrasyonlu bitümlü bağlayıcı, bağlayıcının ağırlıkça belirli oranlarında, belirli bir karıştırma sıcaklığında ve belirli bir karıştırma hızında modifiye edilmektedir. Elde edilen bağlayıcıların özelliklerine SBS’ nin etkilerini tespit edebilmek amacıyla sırasıyla; penetrasyon, duktilite, yumuşama noktası, parlama ve yanma noktası, özgül ağırlık

deneyleri uygulanır. Sonuç olarak, bu çalışmada, yukarıda belirtilen ortak şartiyede bitümlü sıcak karışımlar için hazırlanan modifiye bitüm, yüzeysel kaplama bileşeni olarak kullanılmak amacıyla işleme sokulmaktadır. Tezin içeriğinde SBS oranının adım adım artışının sağlanmasıyla bitümün fiziksel özelliklerinin ve kimyasal yapısının nasıl değişeceğini anlama ve yüzeysel kaplamalarda modifiye bitümün verimli olup olmayacağını tartışma hedefleri yer almaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: Stiren Bütadien Stiren, Kraton D 1101, Yüzeysel Kaplamalar, Bitüm Modifikasyonu, Modifikatör.

JÜRİ: Prof. Dr. A. İlhan SÜTAŞ
Doç. Dr. Mustafa Hilmi ACAR
Doç. Dr. Mehmet SALTAN

ABSTRACT

HIGHWAY PAVEMENT DESIGN AND CONSTRUCTION FACILITIES ON THE LOCAL AND RURAL LAND TRANSPORTATION IN THE FRAME OF BITUMEN SURFACE DRESSINGS

ARZU ILGAZ

M. Sc. In Department of Civil Engineering

Adviser: Prof.Dr. A. İlhan SÜTAŞ

Sept. 2007, 111 Pages

Surface dressing is a kind of dressing which is located on the base and subbase, providing an easy and comfortable rolling on the road surface, a good friction coefficient, which prevents the water on the surface not to leak into the structure and no ability to bear any dynamic load. As all the countries of the world, it is usually used on the low-volume traffic locations in Turkey.

The best way to increase the quality of the dressing, to extend the lifetime of it or to be able to use it on high-volume traffic highways is to change the binder so that the cohesion strength of dressing increases. One of the most common known material to modify the bitumen is “Styrene-Butadiene-Styrene” (SBS). This modifier is commonly used on the several parts of the highway construction including surface dressings.

The study deals with, in the 6 ton/minute capable bitumen service area which is added to the asphalt plant located in the site of Highways General Administration 13.Branch and Mön Construction Trade Co. Consortium established for the Antalya-Alanya Express way Sided Highway Construction, 50/70 penetrated bitumen binder is modified by SBS -which is known as Kraton D 1101 in the sector- on a constant mixing temperature and speed with the defined ratios of the binder. Penetration, ductility, softening level, flaming and burning level and density experiments are applied on the handled binders in turn to determine the effects of SBS on them. As the result, in this study, the modified bitumen prepared for hot mixtures is processed to be used as a surface dressing content. The contents of this study exists the aim of determining how

the physical and chemical features of bitumen change as the ratio of SBS is increased steadily and if modified bitumen can be effective in the surface dressings.

KEY WORDS: Styrene Butadiene Styrene, Kraton D 1101, Surface Dressing, Bitumen Modification, Modifier.

COMMITTEE: Prof. Dr. A. İlhan SÜTAŞ
Doç. Dr. Mustafa Hilmi ACAR
Doç. Dr. Mehmet SALTAN

İÇİNDEKİLER

ŞİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Şimgeler

°C	Santigrad derece
gr	Gram
dk.	Dakika
kg	Kilogram
cm	Santimetre
m	Metre
mm	Milimetre
sn	Saniye

Kısaltmalar

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AC	Asfalt Çimentosu
ASTM	American Society for Testing and Materials
BS	Betonarme Beton
CMS	Orta Hızda Kesilen Katyonik Asfalt Emülsiyonu
CRS	Çabuk Kesilen Katyonik Asfalt Emülsiyonu
CSS	Yavaş Kesilen Katyonik Asfalt Emülsiyonu
DSC	Differential Scanning Calorimetry
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
MC	Orta Hızda Kür Olan Sıvı Petrol Asfalt (Katbek Asfalt)
MS	Orta Hızda Kesilen Anyonik Asfalt Emülsiyonu
PAV	Pressure Aging Vessel
P.I.	Penetrasyon İndeksi
RC	Çabuk Kür Olan Katbek Asfalt
RS	Çabuk Kesilen Anyonik Asfalt Emülsiyonu
RT	Yol Katranı
RTFOT	Rolling Thin Film Oven Test
SARA	Saturated and Aromatic hydrocarbons, Resins and Asphaltenes
SBS	Stiren Butadien Stiren

SC	Yavaş Kür Olan Katbek Asfalt
SPA	Düşük Viskoziteli Katbekler
SS	Yavaş Kesilen Anyonik Asfalt Emülsiyonu
TS	Türk Standartları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Yüzeysel Kaplamaların Uygulanmasında Kullanılabilecek Akış Diyagramı.....	29
Şekil 2.2.	Kromatografik Yönteme Göre Bitümlü Bağlayıcıların Kimyasal Yapısının Şematik Dağılımı.....	41
Şekil 2.3.	Asfaltların Kimyasal Yapısı.....	42
Şekil 2.4.	Aromatiklerin Kimyasal Yapısı.....	43
Şekil 2.5.	Doymuş Hidrokarbonun Kimyasal Yapısı.....	44
Şekil 2.6.	Yol üstyapısında kullanılan bitümlü malzemelerin sınıflandırılması.....	47
Şekil 2.7.	Polimer Modifiye Bir Bitümün Mikro Yapısının Fluoresan Mikroskopta Görünüşü.....	65
Şekil 3.1.	Termoplastik Kauçuğun Faz Yapısı.....	78
Şekil 3.2.	Lineer ve Dallanmış Termoplastik Kauçuk.....	79
Şekil 3.3.	Modifiye Bitüm Tesisi.....	83
Şekil 3.4.	Penetrasyon Deneyi Düzenegi.....	86
Şekil 3.5.	Düktilite cihazı.....	87
Şekil 3.6.	Yumuşama Noktası Deneyi Düzenegi.....	89
Şekil 3.7.	Parlama Noktası Deney Düzenegi.....	90
Şekil 3.8.	Soyulma Deneyi Düzenegi.....	93
Şekil 3.9.	Mekanik Mıdır Serici.....	94
Şekil 3.10.	Mekanik Sericiden Çıkarılan Deney Levhası.....	95
Şekil 3.11.	Silindirme İşlemi.....	95
Şekil 3.12.	Yapışma Deneyi Düzenegi.....	96
Şekil 4.1.	Penetrasyon Deney Sonuçları.....	98
Şekil 4.2.	Düktilite Deney Sonuçları.....	99
Şekil 4.3.	Yumuşama Noktası Deney Sonuçları.....	100
Şekil 4.4.	Özgül Ağırlık Deney Sonuçları.....	101
Şekil 4.5.	Vialit Deneyi Sonuçları.....	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Türkiye’ de Karayolu Ağı ve Satış Durumu.....	2
Çizelge 2.1.	Tek Tabaka Yüzeysel Kaplama için Agregata Tane Dağılımları.....	10
Çizelge 2.2.	Tek Tabaka Yüzeysel Kaplamalar İçin Agregata Özellikleri.....	11
Çizelge 2.3.	Tek Tabakalı Yüzeysel Kaplamalar İçin Bitümlü Malzemelerin Püskürtme Sıcaklıkları.....	15
Çizelge 2.4.	Çift Tabaka Yüzeysel Kaplama İçin Agregata Tane Dağılımları.....	19
Çizelge 2.5.	Çift Tabaka Yüzeysel Kaplama İçin Bitümlü Malzemelerin Püskürtme Sıcaklıkları.....	23
Çizelge 2.6.	Bir veya Birkaç Tabaka Bitümlü Koruyucu Yüzeysel Kaplama Tane Dağılımları.....	26
Çizelge 2.7.	Koruyucu Yüzeysel Kaplama Agregası Özellikleri.....	27
Çizelge 2.8.	Koruyucu Yüzeysel Kaplamaların Bağlayıcı Türleri.....	27
Çizelge 2.9.	Bitümlü Malzemenin Tatbik Miktarları.....	27
Çizelge 2.10.	Trafik Kategorileri.....	30
Çizelge 2.11.	Yol Yüzey Sertliği Kategorileri.....	30
Çizelge 2.12.	Katbek Bitümlü Yapılan Uygulamalardaki Yayılma Oranları.....	31
Çizelge 2.13.	Katbek Bitümlü Yapılan Uygulamalardaki Yayılma Oranları.....	31
Çizelge 2.14.	Bitümlü Bağlayıcıların Kimyasal Kompozisyonu.....	40
Çizelge 2.15.	Penetrasyonlu Asfalt Çimentosunun Dört Yapı Grubunun Element Element Analizi.....	49
Çizelge 2.16.	Bitüm Katkı Maddelerinin Genel Sınıflandırılması.....	58
Çizelge 2.17.	Bitüm Modifikasyon Tipleri.....	59
Çizelge 2.18.	Modifiye Bitüm Şartname Limitleri.....	60
Çizelge 3.1.	SBS’ nin Fiziksel, Mekanik, Elektriksel, Termal ve Üretim Özellikleri.....	77
Çizelge 3.2.	Kullanılan Agreganın Fiziksel Özellikleri.....	82
Çizelge 4.1.	Bitümlü Bağlayıcının Fiziksel Özellikleri.....	97
Çizelge 4.2.	Soyulma Mukavemeti Değerleri.....	103
Çizelge 4.3.	Vialit Deneyi Sonuçları.....	104

1.GİRİŞ

Türkiye'deki yük taşımacılığı ve ulaşımında demiryolu ve denizyolunun yeri çok gerilerde kalmıştır. Bu olgunun sonucu olarak, giderek artan talebe yanıt verebilmek için yönetimler hızla karayolu yapımına yönelmişlerdir. Ülkemizde ulaştırma sistemlerine bakıldığında, yurtiçi yolcu taşımacılığının %95'inin, yük taşımacılığının ise %84,5' inin karayolu üzerinden yapıldığı görülmektedir.

Türkiye yaklaşık 63.000 kilometre olan karayolu (devlet ve il yolu) ağının yaklaşık 51.000 kilometresini yüzeysel kaplamalı yollar oluşturmaktadır. (www.byegm.gov.tr, 2005). Karayolu ağının büyük bir kısmını teşkil eden ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nün hedefleri arasında önümüzdeki yıllarda yapımı planlanan yüzeysel kaplamaların, proje ömrü süresince en iyi şekilde hizmet vermesini ve işletilmesini sağlamanın ülke ekonomisi açısından önemi ortadadır (Karaşahin ve Ağar 2004).

Yüzeysel kaplamalar bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de, özellikle düşük trafik hacimli karayolu kesimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüzeysel kaplamaların Türkiye için büyük önem oluşturması ve aynı zamanda hükümet programında yer alan 15.000 km bölünmüş yol kaplamasının büyük bir çoğunluğunun yüzeysel kaplama olarak düşünülmesi, ülkemizin ekonomik koşulları da dikkate alındığında gerek yüzeysel kaplama yapım konusunda sağlanacak ekonomi, gerekse bakım çalışmalarında verimliliğin artırılması ve uzun ömürlü yollar oluşturularak toplam yol maliyetini düşürmek tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

Yüzeysel kaplamalar trafiğin göreceli olarak seyrek olduğu köy yollarından, bir günde on binlerce aracın geçtiği şehirlerarası yollara kadar her türlü yol ağında başarıyla kullanılabilir. Bu yöntem basit ve ucuz bir yöntem olmakla birlikte, planlama, kontrol ve denetleme yetersizlikleri sonucu hatalar ve istenmeyen durumlar ortaya çıkabilmektedir. Yol yapıcılarının yüzeysel kaplamaları sürücüler için daha kullanışlı bir hale getirmeleri, trafik altında kırma taşın sökülüp fırlamasının mümkün olduğunca önlenmesi için uygun bir tasarım ve serme işleminin uzman sericilere (trafik kontrolüne ve sonradan bakım işlerine özel dikkat gösteren) yaptırması başlıca koşul sayılmaktadır (Karayolu Bakım El Kitabı 1998, Summers 2000).

Ülkemizde uygulanan yüzeysel kaplama ve diğer tip kaplamaları kıyaslayacak olursak 1 Ocak 2005 tarihi itibariyle Türkiye’ de karayolu ağı ve satıh durumu Çizelge 1.1’ de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye’ de Karayolu Ağı ve Satıh Durumu (www.yapi.com.tr 2005)

Yol Tipi	Uzunluğu (km)	Satıh Cinsi (km)		
		Bitümlü Sıcak Karışım	Yüzeysel Kaplama	Diğer (Stabilize, Parke vb.)
Devlet Yolu	31.446	6.158	24.740	548
İl Yolu	30.368	872	25.857	3.639
Otoyol	1.659	1.659	-	-
Toplam	63.473	8.689	50.597	4.187

Yüzeysel kaplamalar, yapım ve bakım amacıyla çok yönlü ve yaygın olarak kullanılan asfalt kaplamalardır. Bu tip kaplamalar uygun şekilde tasarımılandıklarında, ekonomik, kolay uygulanabilir ve uzun ömürlüdür (Bridgwater ve Broadbridge 1990). Yüzeysel kaplamalar, çok az yük taşıma mukavemeti sağlamakta ve dolayısıyla bir üst yapının mekanik mukavemetinin hesaplanmasında dikkate alınmamaktadır. Bir yüzeysel kaplamanın uygulanıp uygulanmaması konusunda karar vermeden önce, mevcut malzeme ve kaplama tabakalarının koşullarının değerlendirilmesi ile birlikte trafik gereksinimlerinin dikkatli bir şekilde araştırması yapılmalıdır (Uluçaylı 1989, Summers 2000).

Yüzeysel kaplamanın kalitesini artırmanın ve dolayısıyla ömrünü uzatmanın veya onu daha yoğun trafikli yollarda kullanabilmenin ilk akla gelen yolu, bağlayıcıyı değiştirerek kaplamanın kohezyon mukavemetini artırmaktır (Robinson ve Taylor 1995, AIPCR/PIARC1999). Sektörde en çok bilinen modifikatörlerden biri poli-Stiren-poli-Bütadien-poli-Stiren’ den yapılan bir blok ko-polimer olan SBS’ dir. SBS yüzeysel kaplama da dahil olmak üzere yol inşaatının bütün alanlarında yaygın şekilde kullanılmaktadır (Vonk ve Korenstra 2004, Newman 2004).

1.1. Çalışmanın Amacı

Yapılmış olan bu çalışmada bitümlü bağlayıcı (asfalt çimentosu), Elastomerik Termoplastik (ısıtıldığında sıvılaşabilen ve işlenebilir) Polimer katkıların en çok

kullanılan SBS blok kopolimerleri ile modifiye edilmiş ve elde edilen polimer modifiye bitümün (PMB) çeşitli özelliklerindeki değişimler saptanmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla çalışmanın en önemli amacı; söz konusu katkının yüzeysel kaplamalarda bağlayıcı olarak kullanılan bitüm üzerindeki etkilerinin tespit edilmesidir.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında SBS, bitümlü bağlayıcı (AC 50-70) ile %3, %4, %5 ve %6 oranlarında karıştırılır ve elde edilen bu karışımın penetrasyon, duktilite, yumuşama noktası, parlama ve yanma noktası, özgül ağırlık özelliklerinin nasıl değiştiği ilgili deneylerin yapılması sonucunda tespit edilmeye çalışılmıştır. Belirtilen bu özelliklerdeki değişimlerin tespiti ile SBS' nin asfalt çimentosunun ve dolayısıyla asfaltların kıvamı ve yumuşama noktasına etkileri saptanmaya çalışılmıştır. Bunun yanı sıra çalışmada katkı miktarı çeşitlendirilmek suretiyle, bu değişkenin bitüm modifikasyonuna etkileri de incelenmiştir. Tez kapsamında, konunun daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle; yüzeysel kaplamalar, bitümlü bağlayıcılar, bitümlü bağlayıcılara uygulanan deneyler ve bitümlü bağlayıcıların modifikasyonu hakkında genel bilgiler verilmiş, daha sonra ise yapılması gereken laboratuvar çalışmaları ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

1.2. Çalışmanın Önemi

İlerleyen teknolojiye bağlı olarak, ağır taşıtların geliştirilmesi ve bu taşıt sayılarındaki artış, yolların servis kabiliyetlerinin azalmasına ve rehabilitasyon tarihinden daha önce bakım yapılmasına neden olmaktadır. Bu bozulmaların giderilmesi ve ilerleyen dönemde kaplamanın yapısal bozulma oluşmasını önlemek için, çeşitli katkı maddelerinin bitüm modifikasyonunda kullanılması gerekmektedir (Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

Günümüzde birçok değişik madde asfalt katkıları ve modifikatörleri olarak değerlendirilmekte ve pazarlanmaktadır. Tüm bu maddelerin kullanılmasının amacı, bitümlü bağlayıcıların özelliklerinin iyileştirilmesidir. Ülkemizde genel olarak yerel ve kırsal kesim yol ağlarında yüzeysel kaplamalar kullanılmaktadır. Yüzeysel kaplamalarda bitümün modifiye edilmesi ile agrega soyulması ve bağlayıcı kusması azaltılarak yüzey durabilitesinin artırılması hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

Bu kısımda, yüzeysel kaplamalar ve geliştirilmiş yüzeysel kaplamalarda bitüm modifikasyonu hakkında bilgi verilmektedir. Daha sonra bu çalışmanın konusuna benzer konularda daha önceden yapılmış olan çalışmalara değinilmektedir.

2.1. Tanımı

Yüzeysel kaplamalar, granüler malzemeden oluşturulmuş temel ve alttemel tabakası üzerine oturan, herhangi bir hareketli yük taşıma kapasitesi bulunmayan, yol yüzeyinde düzgün yuvarlanma, yeterli kayma sürtünme katsayısı sağlayan, bunun yanında yüzeydeki suların alt tabakalara ulaşmasını engelleyen bir kaplama türüdür (Southwell 1998, Summers 2000). Bütün dünyada olduğu gibi, ülkemizde de, özellikle düşük trafik hacimli karayolu kesimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Normal yüzeysel kaplamalar, yol yüzeyine ince bir bağlayıcı tabakası püskürtülmesi ve bunun üzerine bir tabaka kırma taş serilmesinden ibarettir. Kırma taş daha sonra silindirle sıkıştırılarak bağlayıcı ile temasının artması sağlanır ve birbirleriyle kenetlenerek iskelet yapısı oluşturulur. Shell Bitüm El Kitabı (1990), yüzeysel kaplama işleminin amacını şu şekilde tanımlar: “Yüzeysel Kapamalar üstyapıya su girmesini önlemek için sızdırmazlık sağlamak, kırma taş kaybı, v.b. sebebiyle oluşan bozulmanın başlaması sırasında yüzeyi korumak, yüzey bozulmalarını geciktirmek veya cilalanma ve benzeri sebeplerle azalan sürtünme katsayısını artırmak işlevlerini yerine getirmektedir.” Bu ifade yüzeysel kaplama işleminin 3 ana amacını göstermektedir, bunlar:

- Dayanıklı ve kaygan olmayan bir yol yüzeyi sağlamak,
- Yol yüzeyinde su girmesini önlemek için sızdırmazlığı sağlamak,
- Yol yüzeyinin dağılıp bozulmasını önlemek.

Bununla birlikte yüzeysel kaplama uygulaması, deforme olmuş bir yolun düzgünlüğünü geri kazandırmadığı gibi üstyapıya önemli bir yapısal mukavemet sağlamadığı da akıldan çıkarılmamalıdır.

Yüzeysel kaplamalar genel olarak, tek tabaka yüzeysel kaplama, çift tabaka yüzeysel kaplama ve bir veya birkaç tabaka koruyucu yüzeysel kaplama olarak sınıflandırılabilir. Yüzeysel kaplamaların kalınlığı ise, genellikle 25 mm (1 inç)' den azdır.

Yüzeysel kaplamaların işlevleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir,

- Maliyeti düşük, kayma direnci yüksek bir yol yüzeyi elde etmek (Dikicioğlu 2004),
- Yol yüzeyine gelen yüzey suyun, temel, alttemel ve taban zeminine geçmesini engellemek,
- Mevcut yüzeyi iyileştirmek,
- Bozulmuş eski kaplamaların bakım ve onarımını yapmak (Karayolu Bakım El Kitabı 1998),
- Banketleri kaplamak.

2.2. Yüzeysel Kaplamanın Tarihçesi

Büyük Britanya' da, taşıtlar yollarda ilk olarak kullanılmaya başlandığında, bu durumun ulaşım için yeni bir devrin habercisi olmasının yanı sıra, çevresel problemleri de meydana getirdiği açıkça görülmekteydi. Taşıtlar vasıtasıyla ulaşımdan önceki dönemlerdeki çevresel problemler at arabaları tarafından oluşan çevresel problemleri kapsamaktaydı, arabalar kullanılmaya başlanınca da birçok şehrin caddeleri çok farklı aromada petrol ve dizel dumana sahip çevre kirliliğine sahip olmuştu. Bununla beraber ortaya çıkan bir başka çevresel problem ise tozdu ve bu problemin üstesinden gelinmesi için birçok kırsal yolda olduğu gibi sulanarak sıkıştırılmış makadam yüzeyler arabaların bir kısmında ciddi problemler doğurmuştur. Uygulamada meydana gelen tüm bu sorunların sonucunda inşaat mühendisleri ve yol yapımcıları yol yüzeyine dökülen ham katran ve kırma taş uygulamalarını bulmuşlardır. Bunun sonucunda tozlanma problemi çözülmüş ve genel yol yüzeyi koşulları geliştirilmiştir. Böylece yüzeysel kaplama endüstrisi doğmuştur (Distin 1992).

Büyük Britanya' da 1904 yılında yaklaşık olarak 18.000 taşıt bulunmaktaydı, bu sayı 1910 yılında ise 144.000' e yükselmiştir. Trafik artışı gösteren bu zaman zarfında yollar makadam veya katran ve kırma taş ile kaplanmıştır (Distin 1992).

Yine aynı ülkede 1934 yılında yolların % 29' u asfalt veya makadam ile kaplanmış, % 58' i su ile sıkıştırılmış bir yüzeyden ibarettir. Geriye kalan kısmı ise tahta takoz, doğal taş veya beton ile kaplanmıştır (Distin 1992).

İkinci Dünya Savaşı' nın ortaya çıkmasıyla beraber ülkelerin enerji ve finansal kaynakları İngiliz halkının özgürlüğünü korumak için diğer maddelere çevrilmiş ve böylece finansal kaynaklardan biri olan devlet karayolu ağının genel iyileştirilmesi ve ilerlemesi büyük oranda azaltılmıştır. İlerleyen süre içerisinde bu savaşın yükü çok olsa da, devlet karayolu ağının gelişmesi, büyük bir trafik artışının oluşmasından dolayı zorunlu hale gelmiştir. Bu periyot esnasında finansman kaynakları bulunabilmiş ve birçok yolda yama ve yüzeysel kaplama uygulamaları, sınırlı olsa da yapılmıştır. Böylece savaş dönemi içerisinde bulunan 1941 yılında yüzeysel kaplamalar düzenlenmiştir. Ardından 1942 yılının haziran ayında, yüzeysel kaplama yüklenicileri temsilci olarak Londra' da toplanmış ve "Yüzeysel Kaplama Yüklenicileri Derneği" ni (Association of Road Surface Dressing Contractors) kurmaya karar vermişler ve 2 ay sonra limited şirketini kurmuşlardır. Ardından 1962 yılının Ocak ayında derneğin adı "Road Surface Dressing Association" olarak değiştirilmiştir (Distin 1992).

Derneğin ilk 30 sene süresince teçhizat ve teknolojisinde önemli gelişmeler olmuştur. Daha önceden atla çekilen agregalar için tankerler kullanılmaya başlanmış, çakıl malzemelerinin taşınması ve serilmesi için kullanılan araçlar geliştirilerek kamyon monte edilmiş püskürtücüler veya kendiliğinden hareket eden kırma taş makineleri kullanılmıştır (Distin 1992).

Yüzeysel Kaplamalar Derneğinde son 20 yılda ise büyük değişiklikler olmuştur. Hem makine kullanımında hem de yüzeysel kaplamalarda önemli gelişmeler olmuştur. Kömür katranından sıvı petrol asfaltları, asfalt emülsiyonları ve günümüzde kullanılmakta olan polimerle modifiye edilmiş asfalta geçiş olmuştur. Günümüzde yüzeysel kaplama endüstrisi sahip olduğu; yüklenicileri, kaplama imalatçıları, kaplama taşı endüstrisi ile birlikte; anayol bakım maliyet etkinliğine karşı olumlu yönde ve ilerleme kaydederek yanıt vermektedir. Ayrıca ağır trafikli otoyollardan şehir içi tali yollara kadar geniş yelpazede kullanılmaktadır. Yüzeysel kaplamaların ilerleme kaydettiği bu süreç sadece yol bakım işlemlerini ele almamıştır. Önemli bir diğer nokta

da trafik kazalarına karşı mücadelede yüzeyin kayma direncini düzeltmektir (Distin 1992, Underwood 1992, Hoban 1990, 1991).

2.3. Yüzeysel Kaplama Tipleri

Yüzeysel Kaplamalar, tek ve seyreltilmiş asfalt emülsiyonu hafif uygulamalarından, asfalt ve agreganın ardı ardına uygulamalarından oluşan çok sayıda yüzey tabakasına kadar çeşitlilik göstermektedir. Tüm yüzeysel kaplamalar mevcut bir yol yüzeyinin ömrünü uzatmaktadır. Her tip yüzeysel kaplama bir ya da birkaç özel amaç gütmektedir (Southwell 1998). Aşağıda, uygulamaya göre yüzeysel kaplamaların sınıflandırması sunulmaktadır:

A) Asfalt ve Agregadan Oluşan Yüzeysel Kaplamalar

Asfalt ve agregadan oluşan yüzeysel kaplamalar; Tek Katlı Yüzeysel Kaplamalar, Çok Katlı Yüzeysel Kaplamalar ve Kum Örtme Tabakası (Kum Yalıtımı) olmak üzere üç grupta incelenmektedir.

a) Tek Katlı Yüzeysel Kaplamalar

Tek katlı yüzeysel kaplama, aşınma ve geçirimsizlik tabakası olarak kullanılmaktadır. Bu kaplama hazırlanmış yüzeye asfaltın püskürtülmesinden hemen sonra, tek boyutlu agreganın serilmesiyle oluşturulmaktadır. Kaplama tabakasının kalınlığı, kullanılan agreganın maksimum nominal boyutu kadardır.

b) Çok Katlı Yüzeysel Kaplamalar

Bu tipteki yüzeysel kaplamalar, tek katlı yüzeysel kaplamalardan daha yüksek dayanıklılıkta aşınma ve geçirimsizlik tabakası sağlamaktadır. Çok Katlı Yüzeysel Kaplamalar iki veya daha fazla ardı ardına asfalt ve agregası uygulamasından oluşmaktadır. Her bir tabakaya serilen agregası bir önceki tabakada bulunan agreganın boyutunun yarısından fazla olmamalıdır.

c) Kum Örtme Tabakası (Kum Yalıtımı)

Kum Örtme Tabakası ince agrega ile örtülmüş asfalt malzemesi uygulamasıdır ve yapım yöntemi ise tek katlı yüzeysel kaplamalara benzemektedir. Tipik olarak, asfalt işlem göreceğ olan yüzeyin üzerine püskürtülmekte ve bu işlemi bir kum uygulaması takip etmektedir. Bu tip kaplamalar, kaygan kaplamaların kayma direncinin iyileştirilmesi ya da hava ve su girişine karşı bir yalıtım sağlanmasında kullanılabilir.

B) Sadece Asfalt ile Yapılan Yüzeysel Kaplamalar

Sadece Asfalt ile Yapılan Yüzeysel Kaplamalar; Astar Tabakası (Prime Coat), Toz Örtme Tabakası (Dust Laying), Yol Yağlaması (Road Oiling), Yapıştırma Tabakası (Tack Coat) ve Karartma Örtüsü (Fog Seal) olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır.

a) Astar Tabakası (Prime Coat)

Astar tabakası kaplanmamış bir zeminin kaplama yapımına hazırlanması için kullanılır. Granüler bir temel üzerine düşük viskoziteli katbeklerin (SPA) veya asfalt emülsiyonlarının püskürtülmesiyle uygulanır.

b) Toz Örtme Tabakası (Dust Laying)

Toz Örtme Tabakası, granüler bir yüzeye su ile seyreltilmiş ve yavaş priz alan bir asfalt emülsiyonu ya da düşük viskoziteli katbek (SPA) püskürtülmesinden oluşmaktadır. Asfalt ile seyreltici madde sızarak, ince parçacıkları kaplamakta ve toz sorununu geçici olarak hafifletmektedir.

c) Yol Yağlaması (Road Oiling)

Yol yağlama uygulaması düşük maliyetli yol yüzeylerinin birkaç yıllık planlama süresi zarfında geliştirilmesini sağlamak amacıyla gerçekleştirilmektedir. Yol yağı (SC) içindeki hafif yağlar granüler taban zemini içine sızmakta ve nem absorpsiyonunu önleme eğilimi göstermektedir. Tüm yol yağlama çalışmalarında amaç, suya doymun

hale gelmeyecek güçlü bir tabii zemin tabakası ile sıkı ve tozsuz bir aşınma tabakası elde etmektir.

d) Yapıştırma Tabakası (Tack Coat)

Yapıştırma Tabakası çok hafif bir seyrelmiş asfalt emülsiyonu püskürtme uygulamasıdır. Bu tip tabaka yapımının amacı, kaplanmış olan yüzey ile yeni bitümlü tabaka arasında bir bağ elde edilmesidir.

e) Karartma Örtüsü (Fog Seal)

Karartma Örtüsü, mevcut bir yüzeye, yapıştırma tabakasına benzer yavaş kesilen bir katbek veya su ile seyreltilmiş asfalt emülsiyonu uygulamasıdır. Bir kısım emülsiyon beş kısım suya kadar çok çeşitli oranlarda seyreltilebilmektedir (Uluçaylı 1989).

C)Asfalt Emülsiyonlu Harç Tipi Yüzeysel Kaplamalar (Slurry Seal)

Asfalt Emülsiyonlu Harç Tipi Yüzeysel Kaplamalar, iyi gradasyonlu ince agrega, mineral filler (gerekli ise), asfalt emülsiyonu ve su ile oluşan bir karışımdır. Bu tipte yüzeysel kaplamalar asfalt kaplama yüzeylerinin hem koruyucu hem de düzeltici bakım işlemlerinde kullanılmakta; ancak üstyapının yapısal mukavemetini artırmamaktadır.

2.4. Türkiye’ de Uygulanan Yüzeysel Kaplama Tipleri

Türkiye’ de uygulanan yüzeysel kaplamalar şunlardır;

- 1) Tek Tabaka Yüzeysel Kaplamalar
- 2) Çift Tabaka Yüzeysel Kaplamalar
- 3) Bir veya Birkaç Tabaka Bitümlü Koruyucu Yüzeysel Kaplamalar

Çalışmada bu tip kaplamalar ayrıntılı olarak incelenmektedir.

2.4.1. Tek tabaka yüzeysel kaplamalar ve yapım esasları

Tek Tabaka Yüzeysel Kaplamalar, granüler temel, plent-miks temel, çimento bağlayıcı granüler temel ile asfalt veya beton kaplamalar üzerine, ince bir tabaka

biçiminde bitümlü bağlayıcının uygulama ve hemen sonra bunun üzerine agreganın serilip silindirenmesiyle yapılır.

K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesinden (2004) yararlanılarak alınmış tek tabaka yüzeysel kaplama yapımında kullanılan malzemeler, kaplama tasarımı, kaplama işlemleri ile trafik kontrolü ve güvenliği, genel hatlarıyla aşağıda gözden geçirilmiştir.

2.4.1.1. Tek tabaka yüzeysel kaplamalarda kullanılan malzemeler ve özellikleri

Tek Tabaka Yüzeysel Kaplamalarda kullanılan malzemeler; agregası ve bitümlü malzeme olarak iki gruba ayrılmaktadır. Çalışmanın bu kısmında belirtilen 2 tür malzeme ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

1) Agregası

Agregası kırma taş veya kırılmış çakıl olmalı ve temiz, pürüzlü, sağlam ve dayanıklı tanelerden oluşmalıdır. Agregası içinde yumuşak ve dayanıksız parçalar, kil, organik ve diğer zararlı maddeler serbest veya agregayı sarmış halde bulunmamalıdır.

Bu agregası gradasyonu Çizelge 2.1.' e uygun olmalıdır.

Çizelge 2.1. Tek Tabaka Yüzeysel Kaplama için Agregası Tane Dağılımları (K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi 2004)

Elek Boyu	% Geçen			
	Tip – 1	Tip – 2	Tip – 3	Tip – 4
25 mm (1")	100			
19 mm (3/4")	90–100	100		
12.5 mm (1/2")	0–35	90–100		
9.5 mm (3/8")	0–10	0–40	100	100
4.75 mm (No.4)	0–5	0–5	75–100	85–100
2.00 mm (No.10)			0–10	0–35
0.075 mm (No.200)			0–2	0–5

Tip – 1 gradasyonundaki yüzeysel kaplama kalınlığı yeterli, satışı düzgün granüler temel, plent-miks temel, çimento bağlayıcılı granüler temel veya benzeri temeller üzerine uygulanabilecek ve bitümlü malzeme ile agregası ardı ardına uygulanarak bir yüzey tabakası oluşturacaktır.

Tip – 2 – 3 – 4 gradasyonlarındaki yüzeysel kaplamalar bitümlü yüzey tabakalarının ömrünü bir müddet daha artırmak, bunları hava ve su etkilerinden korumak, kaygan olmayan yüzeyler elde etmek amacıyla bitümlü malzeme ile agreganın ardı ardına uygulanması ile inşa edilecek bir yüzey tabakasıdır.

Agrega üretimi sırasında en çok 200 m³ de bir elek analizi yapılarak şartname sınırları içine girip girmediği kontrol edilmektedir.

Bu agrega, Çizelge 2.2’ de verilen fiziksel özellikleri sağlamalıdır.

Çizelge 2.2. Tek Tabaka Yüzeysel Kaplamalar İçin Agreganın Özellikleri (K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi 2004)

ÖZELLİKLER	DENEY METOTU	ŞARTNAME LİMİTİ
Aşınma Kaybı (Los Angeles), maksimum %	TS 3694 (ASTM C - 131)	35
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık (Donma Deneyi, Na ₂ SO ₄ ile) kayıp maksimum %	TS 3655 (ASTM C - 88)	12
Kırılmış, ağırlıkça min. % - Tip - 1, Tip - 2 için 4.75 mm. elek üzerinin en az 2 yüzü - Tip - 3, Tip - 4 için 2.00 mm. elek üzerinin en az iki yüzü.	- -	60
Soyulma Mukavemeti, minimum %	*	50
Yapışma Deneyi, (Vialit Metodu ile) düşen kırma taş sayısı (%), maksimum	*	12
Yassılık İndeksi, maksimum %	BS 812	30
Cilalanma Değeri	BS 812	0,5

*Karayolları Genel Müdürlüğü Fenni Şartnamesi 2004, Materyal ve Metot, Soyulma ve Yapışma Deneyleri

Agrega çakıldan hazırlanmış ise Tip – 1 ve Tip – 2 tane dağılımları için 4,75 mm (No.4) elek üzerinde kalan kısmının, Tip – 3 ve Tip – 4 tane dağılımları için 2,00 mm

(No.10) elek üzerinde kalan kısmının ağırlıkça en az % 60' ının mekanik olarak kırılmış iki veya daha fazla yüzü bulunmalıdır.

2) Bitümlü Malzemeler ve Özellikleri

Bu bölümdeki bitümlü malzemeler iki türdür.

- a) Astar ve Yapıştırıcı Olarak Kullanılan Bitümlü Malzemeler
- b) Kaplama İçin Kullanılan Bitümlü Malzemeler

a) Astar ve Yapıştırıcı Olarak Kullanılan Bitümlü Malzemeler

Astar malzemesi olarak TS 1083 (Yol Üstyapılarında Kullanılan Sıvı Petrol Asfaltları) standardına uygun MC-30 ve MC-70; TS 1084 (Yol Üstyapılarında Kullanılan Katranlar) standardına uygun RT-1 ve RT-2; TS 1082 (Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları) standardına uygun SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h malzemelerinden biri kullanılmaktadır.

Mevcut bitümlü kaplama üzerine gerektiği durumlarda yapıştırma malzemesi olarak TS 1083' e uygun RC-70 ve RC-250; TS 1082' ye uygun RS-1, RS-2, CRS-1 ve CRS-2 malzemelerinden biri kullanılır.

Yüzeysel kaplama yapımında kullanılacak bütün bitümlü malzemelerden TS 115/1974 – Bitümlü Maddelerden Numune Alma Metotları Standardına göre numune alınır ve malzemenin şartnamesine uygun olup olmadığı tespit edilir. EK-1 Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Çimentolarının; EK-2 Yol Üstyapılarında Kullanılan Çabuk Kür olan Sıvı Petrol Asfaltlarının; EK-3 Yol Üstyapılarında Kullanılan Orta Hızda Kür Olan Sıvı Petrol Asfaltlarının; EK-4 Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonlarının; EK-5 Yol Üstyapılarında Kullanılan Katyonik Asfalt Emülsiyonlarının; EK-6 Yol Üstyapılarında Kullanılan Katranların deney metotlarını ve şartname limitlerini vermektedir.

b) Kaplama İçin Kullanılan Bitümlü Malzemeler

Kaplama için TS 1081 – Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Çimentoları standardına uygun 120–150 penetrasyonlu asfalt çimentosu (AC 120–150), 150–200 penetrasyonlu asfalt çimentosu (AC 150–200); TS 1083’ e uygun RC–800, RC–3000; TS 1084’ e uygun RT–9; TS 1082’ ye uygun RS–1, CRS–1 veya CRS–2 bitümlü bağlayıcılarından biri kullanılır.

2.4.1.2. Tek tabaka yüzeysel kaplama tasarımı

Tek tabaka yüzeysel kaplama yapımında astarlanmış veya gerektiğinde yapıştırma malzemesi uygulanmış yüzey üzerine hangi miktarda bitümlü malzeme ve agrega serileceği, başlıca kullanılacak agreganın ortalama boyutu, yassılık indeksi, yüzeysel kaplama yapılacak yoldaki trafik hacmi ile mevcut sathın durumu ve yörenin iklim koşulları göz önünde bulundurulacak bir tasarım yöntemiyle tayin edilir. Eğer kaplamada emülsiyon asfaltı kullanılacak ise emülsiyon asfaltındaki “kalıntı asfalt miktarı” tam olarak bilinmelidir.

2.4.1.3. Tek tabaka yüzeysel kaplama işlemleri

Tek tabaka yüzeysel kaplama işlemleri beş aşamada uygulanmaktadır. Bu aşamalar aşağıda belirtildiği gibidir;

- A) Yolun Hazırlanması
- B) Astar Malzemesinin Uygulanması
- C) Yapıştırma Malzemesinin Uygulanması
- D) Kaplama Bitümlü Malzemesinin Uygulanması
- E) Agreganın Uygulanması

A) Yolun Hazırlanması

Mevcut yol, yüzeysel kaplama imal edilmeden önce mutlaka kontrol edilmelidir. Kaplamanın yapılacağı sath toz, pislik, kil parçacıkları ve diğer yabancı maddelerden tamamen temizleninceye kadar döner süpürgeler veya diğer mekanik süpürgeler, hatta gerekiyorsa el süpürgeleri yardımı ile süpürülür.

Yol yüzeyi önceden imal edilmiş granüler temel ise yüzeydeki çukurlar ve çöküntüler, bütün gevşek ve kusurlu malzemelerin kaldırılması ve yerine mühendisin uygun göreceği granüler bir yama malzemesinin konulması suretiyle onarılır. Yama malzemesi çevresine uyacak ve düzgün bir yüzey oluşturacak şekilde sıkıştırılır. Yüzeyde gevşek ve serbest malzeme kalmayınca, süpürme uygulamasına temel tabakasındaki kaba agrega tanelerinin sathı ortaya çıkıncaya kadar devam edilir. Üstyapı kalınlıkları tam tatbik edilmiş olmalı ve şartnamelerle istenen yoğunluk ve sıkışmayı sağlamalıdır. Belirtilen bu şartlara uymayan temeller üzerine yüzeyse kaplama inşa edilmesi sakıncalı görülmektedir.

Yol yüzeyi önceden imal edilmiş bitümlü kaplama ise, yüzeyde hiçbir gevşek nokta bulunmamalıdır. Gevşek kısımlar sökülüp temizlenir ve bütün çukurlar usulüne uygun şekilde yama malzemesi ile doldurulup sıkıştırılır.

Yol yüzeyi önceden imal edilmiş beton kaplama ise, satıhta gevşek ve serbest malzeme bulunmamalı, kil, bitkisel toprak ve diğer yabancı maddeler varsa kazınarak uzaklaştırılmalıdır. Yüzeyde kırılmalar, çatlamlar, ayrılmalar veya derz yerlerinde bozulmalar mevcut ise usulüne uygun olarak onarılır. Eski yüzeyde seyahat kalitesini düşüren tümsekler, ondülasyonlar, oyuk ve çıkıntılar pürüzsüz ve düzgün bir yüzey sağlanacak şekilde giderilir.

Astar tabakasının uygulanmasından hemen önce süpürme işlemi, kaplama genişliğinin iki tarafında 25' er cm taşacak biçimde daha geniş bir yüzeyde yapılır. Satihtan süpürülen malzemelerin kaplama agregası ile karışmamasına özen gösterilir.

B) Astar Malzemesinin Uygulanması

Astar malzemesi madde A' da anlatılan şekilde hazırlanmış yüzeye distribütörle püskürtülerek üniform biçimde dağıtılır. Distribütör (asfalt malzemesi dağıtıcısı), yüzeyse kaplama yapımında en önemli iş makinelerinden biridir. Distribütör, belirlenmiş miktardaki düşük viskoziteli bitümlü malzemeyi üniform olarak püskürtebilecek teçhizatla birlikte takometre, bitümetre, 5. tekerlek ve termometre ile de donatılmış olmalıdır.

Astar malzemesi püskürtülmeden önce yol yüzeyi kuru olmalı, granüler temellerde yüzeyden itibaren 3 cm' lik kısımda nem % 2 den fazla olmamalıdır. Astar malzemesi olarak su fazlı emülsiyon asfaltları kullanıldığında yüzey kuru ise hafifçe nemlendirilmelidir.

Astar malzemesi 0,5–2,5 litre/m² olacak miktarda püskürtülür. Astarın ne kadar kullanılacağı yol yüzeyinin durumuna göre yapım mühendisi tarafından kesin olarak belirlenir ve metrekaeye düşen astar malzemesinin mühendisin verdiği miktara uyup uymadığı deneysel olarak da kontrol edilir. Astar malzemesinin püskürtme sıcaklıkları Çizelge 2.3 ' te verilmektedir.

Çizelge 2.3. Tek Tabakalı Yüzeysel Kaplamalar İçin Bitümlü Malzemelerin Püskürtme Sıcaklıkları (K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi 2004)

Bitümlü Malzemenin Cinsi	Püskürtme Sıcaklığı, °C
RC-70	50-80
RC-250	60-100
MC-30	25-50
MC-70	50-80
RT-1	20-50
RT-2	20-50
RT-9	65-110
RS-1	20-60
RS-2	50-85
CRS-1	50-85
CRS-2	50-85
SS-1	20-70
SS-1h	20-70
CSS-1	20-70
CSS-1h	20-70
120-150 pen. AC	130+
150-200 pen. AC	130+
RC-800	80-120
RC-3000	95-135

Astar malzemesi, hava sıcaklığı gölgede en az 10°C ve yükselmekte iken uygulanır. Astar malzemesi uygulandıktan sonra, malzemenin kür yapılması ve önceki tabakaya penetre olması için en az 24 saat, en çok 48 saat beklenir. Bu malzeme banketlerde kaplama genişliğinden en az 25 cm daha geniş olarak uygulanır.

Astar malzemesi olarak su fazlı emülsiyon asfaltı kullanıldığında emülsiyonun uygulanmasını ve püskürtebilme özelliğini iyileştirmek için ağırlıkça % 50' ye kadar su ilave edilebilir.

C) Yapıştırma Malzemesinin Uygulanması

Mevcut bitümlü kaplama üzerine kontrol mühendisinin gerekli gördüğü hallerde yapıştırma tabakası uygulanır. Yapıştırma malzemesi 0.15-0.50 litre/m² olmalıdır, kesin miktarı yine mühendis tarafından saptanır.

D) Kaplama Bitümlü Malzemesinin Uygulanması

Kaplama bitümlü malzemesi, madde A' ya göre hazırlanmış, astar veya yapıştırma tabakası püskürtülmüş yüzeye madde B' de özellikleri verilen distribütörle püskürtülür. Kaplama bitümlü malzemesi, hava sıcaklığı gölgede en az 10°C ve yükselmekte iken uygulanmalıdır. Uygulanacak asfalt miktarı kabaca 0.170–1.75 litre/m² arasında olup Kaplama Tasarımında önerildiği gibi kesin miktarı saptanmalıdır. Uygulamanın saptanan miktarda olup olmadığı yapım sırasında deneysel olarak da tespit edilmelidir.

Bitümlü malzeme yol yüzeyine püskürtüldükten hemen sonra sıcaklığı kaplama sıcaklığına kadar azalacağından, bitüm püskürtme işleminin hızı bitüm filmi bir dakika içinde agrega ile kaplanacak şekilde olmalıdır.

Uygulamaya başlamadan önce enine ek yerinden itibaren geriye doğru, yapılacak şerit genişliğince kraft kağıdı serilerek düzgün enine ek yeri yapılması sağlanmalıdır. Distribütör kağıt üzerinde hareket ederek püskürtmeğe başlayıp bağlayıcının uygulanacağı satha varıldığında tam istenilen miktara ulaşılmış olmalı, agrega serimi de kağıt üzerinden başlatılarak sağlıklı bir enine ek yeri yapılmalıdır. Daha sonra bu kağıt malzemesi toplanarak şantiyeden uzaklaştırılır.

Bütün kaplama genişliğince asfalt ve agrega uygulaması boyuna ek yerini ortadan kaldırır. Bu yöntem tercih edilir, ancak genellikle, yüzeysel kaplama yapımı sırasında trafiğe yol vermek gerektiğinden boyuna ek yeri kaçınılmaz olur. Ayrıca kaplama bitümlü malzemesi bütün yol genişliğince uygulandığında, distribütör püskürtme borusunun her noktasına aynı basıncı sağlamalı ve bütün yol genişliğince agrega

serilmesi için önceden önlem alınmalıdır. Genellikle kaplama iki veya üç şerit halinde yapıldığından boyuna ek yerinde agrega yığılmasını önlemek için, bitümlü malzemenin yandaki şeridin üzerine taşmayıp şeridin kenarına tam uyması ve agreganın da tam püskürtülen bağlayıcı üzerine gelmesi sağlanmalıdır. Kaplamada kullanılan bitümlü bağlayıcıların püskürtme sıcaklıkları Çizelge 2.3' te verilmektedir.

Kaçınılamaz nedenlerden ötürü distribütörün erişemediği bütün noktalara bitümlü bağlayıcı bir el püskürtücüsü ile uygulanır.

E) Agreganın Uygulanması

Kaplamada soyulmaya karşı mukavemeti düşük olan agregalar kullanılması halinde, soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddelerinin kullanılmasına karar verilmiş ise, katkının kullanma talimatnamesine uygun hareket edilmelidir. Yüzeysel kaplama yapımında bitümlü bağlayıcı ve örtme agregası arasında hızlı bir adezyon sağlanması, örtme agregası serildiği anda bağlayıcının viskozitesine, ayrıca örtme agregasının temiz ve kuru olmasına bağlıdır (bağlayıcı olarak emülsiyon asfalt kullanılıyorsa, yüzeyin kuru olması zorunluluğu aranmaz).

Örtme agregası, agrega sericisi ile bitümlü bağlayıcı uygulamasının hemen arkasından ve üniform bir şekilde yapılır. Serilecek agrega miktarı kabaca 8–25 kg/m² arasında olup, kesin miktarı tasarım ile saptanır. Uygulamanın saptanan miktarda olup olmadığı yapım sırasında deneysel olarak da tespit edilir.

Yüzeysel kaplama yapımında agrega sericisi önemli bir iş makinesidir. İyi kullanmak koşulu ile iyi bir agrega serici agrega kaybını önler ve üniform bir serme yapar. Agregası sericilerinin kamyon kasasının arka kapağına takılı basit tipinden kendinden hareketli tipine kadar çok çeşitleri bulunmaktadır.

Örtme agregası serildikten hemen sonra lastik tekerlekli silindirlerle silindirmeye başlanır. Silindirme, boyuna doğrultuda ve kaplamanın dış kenarından başlanarak eksene doğru, yatay kurplarda kaplama iç kenarından dış kenarı yönüne doğru, düşey kurplarda ise düşük kottan yüksek kota doğru yapılır. Her geçiş sırasında bir önceki geçiş izine ön tekerleklerin yarısı kadar bindirme yapılır. İlk silindirme işlemi agrega

yayıldıktan 15 dakika sonra tamamlanmış olmalıdır. Bundan sonraki silindir geçişleri düzgün bir yüzey elde edilinceye kadar devam eder.

Bütün önlemlere rağmen, sıkıştırma işleminden sonra yüzeyde serbest malzeme kalmışsa, bu malzeme kaplamaya zarar vermeden süpürülür.

2.4.1.4. Tek tabaka yüzeysel kaplamalarda trafik denetimi ve güvenlik

Silindirme tamamlanmaya kadar kaplama üzerinden trafik geçirilmemelidir. Yeni bitmiş kaplama üzerinden ise trafiğin yüksek süratle geçmesi agrega danelerinin oynamasına sebep olur. Yeni bitmiş kaplama üzerinden trafiğin geçmesi kaçınılmaz olur ise, silindirme tamamlanıp asfalt kısmen sertleşinceye kadar, geçecek araçların hızı 15 km/saat (veya daha aşağı) olarak sınırlandırılır. Daha sonra mühendis trafik kontrolüne son verene kadar, hız en fazla 25 km/saat olacak biçimde sınırlandırılır.

Yoldan geçecek trafik, çalışanların güvenliğini sağlayacak ve çalışmaların ak-samasını en aza indirecek şekilde uyarı işaretleri, bayraklı işçiler ve kılavuz kamyonlar yardımıyla düzenlenmelidir.

2.4.2. Çift tabaka yüzeysel kaplamalar ve yapım esasları

Çift Tabaka Yüzeysel Kaplamalar, granüler temel, plent-miks temel, çimento bağlayıcı granüler temel veya benzer temeller üzerine birbiri ardına iki kat yüzeysel kaplama yapılmasıyla elde edilir. Çift tabaka yüzeysel kaplama yapımında kullanılan malzemeler, kaplama tasarımı, kaplama işlemleri ile trafik kontrolü ve güvenliği, genel hatlarıyla aşağıda gözden geçirilmektedir.

2.4.2.1. Çift tabaka yüzeysel kaplamalarda kullanılan malzemeler ve özellikleri

Çift Tabaka Yüzeysel Kaplamalarda kullanılan malzemeler; agrega ve bitümlü malzeme olarak iki gruba ayrılmaktadır. Belirtilen bu 2 tür malzeme ayrıntılı olarak aşağıda sunulmaktadır.

1) Agrega ve Özellikleri

Agrega kırma taş veya kırılmış çakıl olmalı ve temiz, pürüzlü, sağlam ve dayanıklı

tanelerden oluşmalıdır. Asfaltın agrega tanelerine yapışabilmesi için agrega içinde yumuşak ve dayanıksız parçalar, kil, organik ve diğer zararlı maddeler serbest veya agregayı sarmış biçimde bulunmamalıdır. Agregaya gradasyonu Çizelge 2.4' teki kıstaslara uygun olmalıdır.

Çizelge 2.4 Çift Tabaka Yüzeysel Kaplama İçin Agregaya Tane Dağılımları
(K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi, 2004)

Elek Boyu	% Geçen			
	Tip - 1		Tip - 2	
	Tabaka-1	Tabaka-2	Tabaka-3	Tabaka-4
25 mm (1")	100			
19 mm(3/4")	90-100		100	
12.5 mm(1/2")	0-35	100	90-100	
9.5 mm(3/8")	0-10	90-100	0-40	100
6.3 mm(1/4")				90-100
4.75 mm(No.4)	0-5	0-40	0-5	60-85
2.00 mm(No.10)		0-10		0-25
0.075 mm(No.200)		0-2		0-2

Agrega üretimi sırasında en çok 200 m³' te bir elek analizi yapılarak şartname sınırları içine girip girmediği kontrol edilir. Tip-2' nin 2. tabakası için agrega üretiliyor ise en çok 100 m³ te bir elek analizi yapılır.

Agrega Çizelge 2.2' de verilen fiziksel özellikleri sağlamalıdır. Agregaya çakıldan hazırlanmış ise; Tip-1' in 1. ve 2. tabakası ve Tip - 2 nin 1. tabakasında kullanılacak agreganın 4,75 mm. (No.4) elek üzerinde kalan kısmının, Tip - 2 nin 2. tabakasında kullanılacak agreganın 2,0 mm (No.10) elek üzerinde kalan kısmının ağırlıkça en az % 60' ın mekanik olarak kırılmış iki veya daha fazla yüzü bulunmalıdır. Agregaya kübik tanelerden oluşmalı, yassılık indeksi ve cilalanma değeri şartname limitlerine uymalıdır.

Agreganın soyulmaya karşı mukavemet en az % 50 olmalıdır. Soyulma mukavemeti %50' den az olan agrega "Yapışma Deneyi" ne (Vialit metodu ile) tabi tutulur, düşen kırma taş sayısı 12 adetten fazla ise agrega yüzeysel kaplama yapımında kullanılmaz. Ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı bu durumdaki agreganın yüzeysel kaplama yapımında kullanılma zorunluluğu doğarsa, idarenin onayı ile soyulma mukavemetini

arttırmak için bitümlü bağlayıcıya yapışma özelliğini artırıcı katkı maddeleri ilave edilir. Kullanılacak katkı maddesinin cinsi ve miktarı laboratuvarca tespit edilir (K.G.M. Fenni Şartname 2004, Arıkan 1997).

2) Bitümlü Malzemeler ve Özellikleri

Bu kısımda çift tabaka yüzeysel kaplamalarda kullanılan bitümlü malzemelerin özellikleri iki ana grupta sunulmaktadır. Bunlar;

- a) Astar ve Yapıştırıcı Olarak Kullanılan Bitümlü Malzemeler
- b) Kaplama İçin Kullanılan Bitümlü Malzemeler

a) Astar ve Yapıştırıcı Olarak Kullanılan Bitümlü Malzemeler

Astar malzemesi olarak, TS 1083 - Yol Üstyapılarında Kullanılan Sıvı Petrol Asfaltları standardına uygun MC - 30 ve MC - 70; TS 1084 - Yol Üstyapılarında Kullanılan Katranlar standardına uygun RT -1 ve RT - 2; TS 1082 - Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları standardına uygun SS - 1, SS - 1h, CSS - 1, CSS - 1h malzemelerinden biri kullanılır.

Yüzeysel kaplama yapımında kullanılacak bütün bitümlü malzemelerden TS 115/1974 – Bitümlü Maddelerden Numune Alma Metotları Standardına göre numune alınır ve malzemenin şartnamesine uygun olup olmadığı tespit edilir. EK-1 Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Çimentolarının; EK-2 Yol Üstyapılarında Kullanılan Çabuk Kür olan Sıvı Petrol Asfaltlarının; EK-3 Yol Üstyapılarında Kullanılan Orta Hızda Kür Olan Sıvı Petrol Asfaltlarının; EK-4 Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonlarının; EK-5 Yol Üstyapılarında Kullanılan Katyonik Asfalt Emülsiyonlarının; EK-6 Yol Üstyapılarında Kullanılan Katranların deney metotlarını ve şartname limitlerini vermektedir.

b) Kaplama İçin Kullanılan Bitümlü Malzemeler

Kaplama için TS 1081 – Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Çimentoları standardına uygun 120–150 penetrasyonlu asfalt çimentosu (AC 120–150), 150–200

penetrasyonlu asfalt çimentosu (AC 150–200); TS 1083' e uygun RC–800, RC–3000; TS 1084' e uygun RT–9; TS 1082' ye uygun RS–1, CRS–1 veya CRS–2 bitümlü bağlayıcılarından biri kullanılır.

2.4.2.2. Çift Tabaka Yüzeysel Kaplama Tasarımı

Çift kat yüzeysel kaplama yapımında hangi miktarlarda bitümlü malzeme ve agrega serileceği, kullanılacak agreganın ortalama boyutu, yassılık indeksi, yüzeysel kaplama yapılacak yollardaki trafik hacmi ile mevcut sathın durumu ve yörenin iklim koşulları göz önünde bulundurulacak bir tasarım yöntemiyle her bir tabaka için ayrı ayrı tayin edilir.

Yüzeysel kaplama serimi sıcak havada yapılacaksa her iki tabaka için bulunan toplam asfalt miktarının % 60'ı 1. tabaka yüzeysel kaplama için, % 40'ı ise 2. tabaka yüzeysel kaplama için kullanılır. Yüzeysel kaplama serimi inşaat mevsimi sonunda veya nispeten soğuk havalarda yapılacaksa her iki tabaka için bulunan toplam asfalt miktarının % 40'ı 1. tabaka yüzeysel kaplama için, % 60'ı ise 2. tabaka yüzeysel kaplama için kullanılır. Bu durumlar birbiri ardına yapılacak çift kat yüzeysel kaplama inşaatı için söz konusudur. Eğer 1. tabakanın serilmesinden sonra yolun, uzun bir süre trafiğe açık tutulması planlanıyor ise her bir tabaka ayrı ayrı tek kat yüzeysel kaplama gibi düşünülür ve "Tek Tabakalı Bitümlü Yüzeysel Kaplama Şartnamesi" geçerli olur.

Eğer, kaplamada emülsiyon asfaltı kullanılacak ise emülsiyon asfaltındaki emülgatör ortamdan kaybolduktan sonra kalan asfalt miktarı tam olarak bilinmelidir. Bunun yanı sıra her bir tabaka için tasarımı bulunan agrega miktarları kesin değerler olup, bu miktarlardan az veya çok agrega kesinlikle kullanılmamalıdır.

2.4.2.3. Çift Tabaka Yüzeysel Kaplama İşlemleri

Çift tabaka yüzeysel kaplama işlemleri dört aşamada uygulanmaktadır. Bu aşamalar aşağıda belirtildiği gibidir;

- A) Yolun Hazırlanması
- B) Astar Malzemesinin Uygulanması
- C) Kaplama Bitümlü Malzemesinin Uygulanması

D) Agreganın Uygulanması

A) Yolun Hazırlanması

Mevcut yol, yüzeysel kaplama yapılmadan önce mutlaka kontrol edilmelidir. Kaplamanın yapılacağı satıh toz, pislik, kil parçacıkları ve diğer yabancı maddelerden tamamen temizleninceye kadar döner süpürgeler veya diğer mekanik süpürgeler, hatta gerekiyorsa el süpürgeleri yardımı ile süpürülmelidir.

Yol yüzeyi granüler temel ise, yüzeydeki çukurlar ve çöküntüler, bütün gevşek ve kusurlu malzemelerin kaldırılması ve yerine sorumlu mühendisin uygun göreceği granüler bir yama malzemesinin konulması ile onarılır. Yama malzemesi, çevresine uyacak ve düzgün bir yüzey oluşturacak şekilde sıkıştırılmalıdır. Satıhta gevşek ve serbest malzeme bulunmamalı ve süpürme uygulamasına temel tabakasındaki kaba agrega tanelerinin satıh ortaya çıkıncaya kadar devam edilmelidir. Yukarıdaki şartlara uymayan temeller üzerine yüzeysel kaplama inşa edilmemektedir. Astar tabakasının uygulanmasından hemen önce süpürme işlemi, kaplama genişliğinin her iki tarafında 25' er cm daha geniş bir yüzeyde yapılır.

B) Astar Malzemesinin Uygulanması

Astar malzemesi madde A' da anlatılan şekilde hazırlanmış yüzeye distribütörle püskürtülür. Distribütör, 2.4.1.3. B paragrafında belirtildiği gibi donatılmış olmalıdır. Astar malzemesi püskürtülmeden önce yol yüzeyi kuru olmalıdır. Granüler temellerde yüzeyden itibaren 3 cm' lik kısımda nem % 2 den fazla olmamalıdır. Astar malzemesi olarak emülsiyon asfaltları kullanıldığında yüzey kuru ise hafifçe nemlendirilmelidir.

2.4.1.3. B' de ifade edilene benzer olarak astar malzemesi 0,5–2,5 litre/m² olacak miktarda püskürtülür. Astarın ne kadar kullanılacağı yol yüzeyinin durumuna göre yapım mühendisi tarafından kesin olarak belirlenir ve metrekareye düşen astar malzemesinin mühendisin verdiği miktara uyup uymadığı deneysel olarak da kontrol edilir. Astar malzemesinin püskürtme sıcaklıkları Çizelge 2.5' te verilmektedir.

Çizelge 2.5. Çift Tabaka Yüzeysel Kaplama İçin Bitümlü Malzemelerin Püskürtme Sıcaklıkları (K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi 2004)

Bitümlü Malzemenin Cinsi	Püskürtme Sıcaklığı, °C
RC-800	80-120
RC-3000	95-135
MC-30	25-50
MC-70	50-80
RT-1	20-50
RT-2	20-50
RT-9	65-110
RS-1	20-60
RS-2	50-85
CRS-1	50-85
CRS-2	50-85
SS-1	20-70
SS-1h	20-70
CSS-1	20-70
CSS-1h	20-70
120-150 pen. AC	130+
150-200 pen. AC	130+

Astar malzemesi uygulama sıcaklıkları ve genişliği, yine 2.4.1.3. B paragrafında belirtildiği gibi olmaktadır.

C) Kaplama Bitümlü Malzemesinin Uygulanması

Kaplamada kullanılacak bitümlü malzemelerin püskürtme sıcaklıkları Çizelge 2.5' te verilmektedir.

Kaplama bitümlü malzemesinin uygulanması esnasında kaçınılmaz nedenlerle distribütörün erişemediği bütün noktalara bitümlü bağlayıcı bir el püskürtücüsü ile uygulanır.

Kaplamada soyulmaya karşı mukavemeti düşük olan agregalar kullanılması halinde soyulma mukavemetini arttırıcı katkı maddelerinin kullanılmasına karar verilmiş ise, katkının kullanılma talimatnamesine uygun hareket edilir.

a) 1. Tabaka Bitümlü Bağlayıcının Uygulanması

1. tabaka kaplama bitümlü malzemesi, hazırlanmış ve astar tabakası püskürtülmüş

yüzeyle madde B' de özellikleri verilen distribütörle püskürtülür.

1. Tabaka için uygulanacak asfalt miktarı, çift katlı kaplama tasarımında önerildiği gibi saptanır. Uygulamanın saptanan miktarda olup olmadığı yapım sırasında deneysel olarak da tespit edilir.

1. tabaka yüzeysel kaplama bitümlü malzemesi 2.4.1.2. D' de 3. ve 4. paragraflarda belirtildiği gibi uygulanır.

b) 2. Tabaka Bitümlü Bağlayıcının Uygulanması

2. kat bitümlü malzeme, 1. tabaka yüzeysel kaplamanın inşa edilmesinden hemen sonra madde "a" da belirtilen usullere uygun olarak çift kat kaplama tasarımında belirtilen yöntemle hesaplanacak miktarda uygulanır.

1. kat yüzeysel kaplamanın serilmesinden sonra, 2. kat yüzeysel kaplamanın yapımına kadar yol zorunlu olarak trafiğe kapalı tutulur.

D) Agreganın Uygulanması

Çift tabaka yüzeysel kaplamada agreganın uygulanması; 1. Kat Agreganın Uygulanması ve 2. Kat Agreganın Uygulanması olmak üzere 2 aşamada gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalar aşağıda belirtilmektedir.

a) 1. Kat Agreganın Uygulanması

Daha önce de belirtildiği gibi yüzeysel kaplama yapımında bitümlü bağlayıcı ve örtme agregası arasında hızlı bir adezyon sağlamak; örtme agregası serildiği anda bağlayıcının viskozitesine; örtme agregasının temiz ve kuru (emülsiyon asfaltı kullanıldığı durumlar hariç) olmasına bağlıdır.

1. kat yüzeysel kaplama yapımında agreganın uygulaması esnasında kullanılan iş makinelerinin özellikleri ve kullanım şekilleri, agrega serimi ve serim miktarı, örtme agrega serimi sonrası yapılan silindirme uygulamaları 2.4.1.3.'te "Tek Tabaka Yüzeysel Kaplama İşlemleri" nde incelendiği gibi olmalıdır.

b) 2. Kat Agreganın Uygulanması

2. kat yüzeysel kaplama yapımında agreganın uygulaması ise çift kat kaplama tasarımında istenilen yöntemlerle hesaplanan miktarda ve 2.4.1.3.'te belirtilen usullere uygun olarak serilip sıkıştırılır.

Sıkıştırma işleminden sonra alınan bütün önlemlere rağmen, yüzeyde serbest malzeme kalmışsa, bu malzeme kaplama yüzeyine zarar vermeden süpürülmelidir.

2.4.2.4. Çift tabaka yüzeysel kaplamalarda trafik kontrolü ve güvenliği

Çift tabaka yüzeysel kaplamalarda trafik kontrolü ve güvenliği madde 2.4.1.4.' de "Tek Tabaka Yüzeysel Kaplamalarda Trafik Kontrolü ve Güvenliğinde" belirtildiği üzere çalışanların güvenliğini sağlayacak ve çalışmaların aksamasını en aza indirecek şekilde aktarılan yöntem ve uygulamalar ile yapılır. Bu olgu çift tabaka yüzeysel kaplamaları yapımının, imalatçı ve kullanıcıları en fazla zorlayıp üzdüğü bir süreçtir. Bu nedenle, konu ile ilgili yönetimler iki serim arasında belirgin zaman aralığı bırakacak yöntemi tercih etmektedirler.

2.4.3. Bir veya birkaç tabaka bitümlü koruyucu yüzeysel kaplamalar (Seal Coat)

Bu tip yüzeysel kaplamalar, mevcut herhangi tipte bir kaplama veya bitümlü temel tabakası üzerine, sadece bağlayıcı veya bağlayıcı ve agregadan oluşan koruyucu tabakanın uygulanmasıyla oluşturulur. Bu uygulamada bağlayıcı ve agrega ardı ardına tatbik edilir ve ardından silindirler (K.G.M Fenni Şartname 2004).

Seal Coat tabakası ½" den daha az kalınlıkta olur (K.G.M Fenni Şartname 2004) ve aşağıda belirtilen 4 amaç için uygulanır.

- Eski ve kuru yüzeyleri yenilemek,
- Kaygan olmayan bir yüzey sağlamak,
- Daha iyi görüş şartları temini için yüzeyin rengini değiştirmek,
- Hava ve nemin tesirlerinden korumak.

2.4.3.1. Bir veya birkaç tabaka bitümlü koruyucu yüzeysel kaplamalarda kullanılan malzemeler ve özellikleri

K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesinden (2004) alınmış, bir veya birkaç tabaka koruyucu yüzeysel kaplama yapımında kullanılan malzemeler, kaplama işlemleri ile trafik kontrolü ve güvenliği genel hatlarıyla aşağıda anlatılmaktadır.

1) Agregaya ve Özellikleri

Agrega, sağlam ve temiz kum, çakıl, kırma taş veya bunların karışımı olabilir. Agreganın miktarı ise her metre kareye tatbik edilen beher 0,1 litre bitümlü malzeme için 1,20 kg. olacak %10 tolerans kabul edilecektir. Agregaya gradasyonu Çizelge 2.6'ya uygun olmalıdır.

Çizelge 2.6. Bir veya Birkaç Tabaka Bitümlü Koruyucu Yüzeysel Kaplama Tane Dağılımları (K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi 2004)

Elek Boyu	% Geçen		
	A	B	C
3/8"	100	100	100
1/4"	98-100	98-100	98-100
No : 4	95-100	75-100	0-50
No : 6	-	-	-
No : 10	0-95	0-15	0-15
No : 40	0-40	0-5	-
No : 100	0-5	-	-
No : 200	0-2	0-2	0-2

Ayrıca agregaya don kaybı, aşınma kaybı ve soyulma mukavemeti yönünden Çizelge 2.7' deki koşullara uymalıdır.

Çizelge 2.7. Koruyucu Yüzeysel Kaplama Agregası Özellikleri (K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi 2004)

	Şartname	Deney Yöntemi
Yassı ve uzun tane %	Maks. 30	B.S. 812
Aşınma Kaybı %	Maks. 35	ASSHO T96-B
Don Kaybı %	Maks. 12	ASSHO T-104
Soyulma Mukavemeti %	Min. 50	
Cıllanma Katsayısı	Min. 0,50	B.S. 812

2) Bitümlü Malzemeler ve Özellikleri

İnce ve normal koruyucu tabakalarında kullanılacak bitümlü malzemeler ve bu malzemeler için sırasıyla en uygun bağlayıcı türleri ile uygulama miktarları Çizelge 2.8 ve Çizelge 2.9' da gösterilmektedir.

Çizelge 2.8. Koruyucu Yüzeysel Kaplamaların Bağlayıcı Türleri (K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi 2004)

Bitümlü Bağlayıcı	İnce Koruyucu Tabaka	Normal Koruyucu Tabaka
RC Sıvı Petrol Asfaltları	RC-250, RC-800	RC-800, RC-3000
Yol Katranları		RT-8, RT-9, RT-10, RT-11, RT-12
Asfalt Emülsiyonları	RS-1, RS-2	RS-2
Asfalt Çimentosu	-	AC 120-150 ve AC 150-200
Mineral Agrega	A	B ve C

Çizelge 2.9. Bitümlü Malzemenin Tatbik Miktarları (K.G.M. Yollar Fenni Şartnamesi 2004)

Bitümlü Bağlayıcının Cinsi	Bitümlü Bağlayıcının Tatbik Miktarı (Litre/m ²)		
	A Agregası için	B Agregası için	C Agregası için
RC Sıvı Petrol Asfaltı ve RS			
Asfalt Emülsiyonu için	0.45-0.55	0.55-0.80	0.75-1.00
Yol Katranı için	0.45-0.55	0.45-0.70	0.70-0.90
Asfalt Çimentosu			0.60-0.80

2.4.3.2. Bir veya birkaç tabaka bitümlü koruyucu yüzeysel kaplama işlemleri

A) Yolun Hazırlanması

Kaplamanın yapılacağı yüzey; toz, pislik, kil parçacıkları ve yabancı malzemelerden temizlenir. Yol yüzeyindeki (varsa) çukurlar ve çöküntüler onarılır.

B) Bitümlü Yapıştırma Tabakasının Uygulanması

Mevcut yüzey üzerinde gerekli yerlerde 0,25–0,75 litre/m² olacak miktarda uygulanır. Yapıştırma malzemesinin esas miktarı arazi deneyi ile saptanmalıdır.

C) Kaplama İçin Bitümlü Bağlayıcının Uygulanması

Kaplama bitümlü malzemesi yüzey kuru ve hava gölgede minimum 10°C iken uygulanır. Uygulamaya başlamadan önce, satıh ek yerlerinden itibaren geriye doğru püskürtme memelerinin püskürtmeye başlayarak bağlayıcının uygulanacağı yüzeye varıldığında tam kapasite ile çalışır duruma gelmelerini sağlayacak bir mesafeye kadar inşaat kağıdı ile örtülecektir. Asfaltın uygulamasından sonra inşaat kağıdı kaldırılır.

D) Agreganın Uygulanması

Agrega uygulaması diğer yüzeysel kaplama tiplerinde olduğu gibidir. Agreg, bitümlü bağlayıcının püskürtülmesinden hemen sonra agreg sericisi ile üniform bir şekilde serilir. Agreg serildikten hemen sonra, lastik tekerlekli silindirlerle sıkıştırma yapılır.

2.4.3.3. Bir veya birkaç tabaka bitümlü koruyucu yüzeysel kaplamalarda trafik kontrolü ve güvenliği

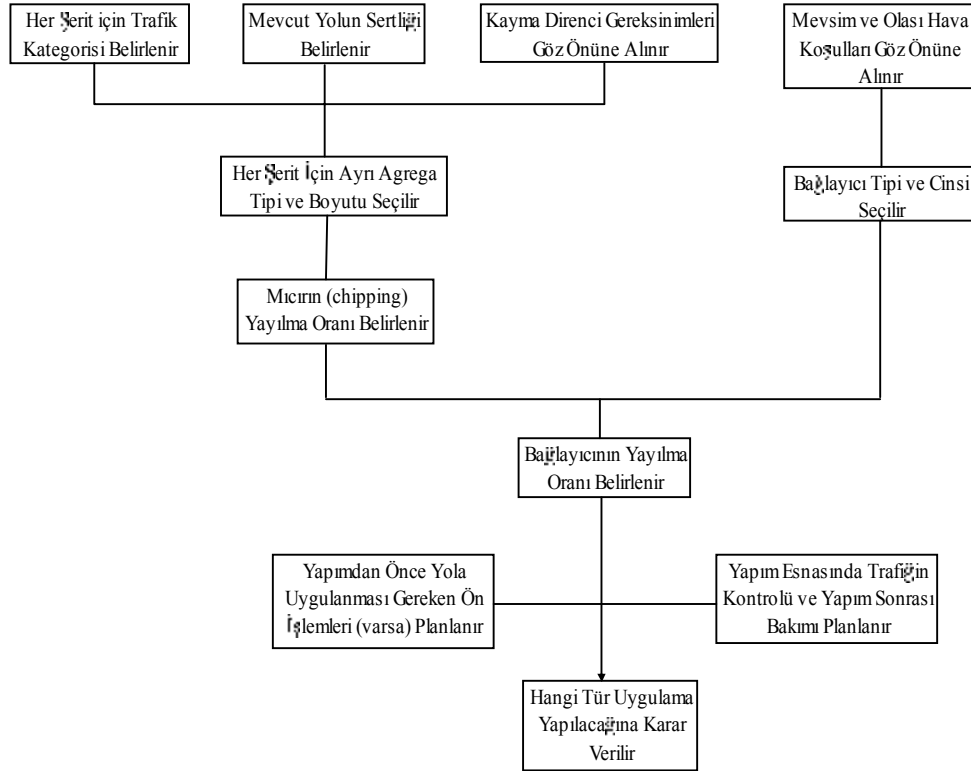
Trafik kontrolü ve güvenliğinin sağlanması tek tabaka yüzeysel kaplamalarda yapıldığı gibi gerçekleştirilir

2.5. Yüzeysel Kaplamaların Tasarım Prensipleri ve Parametreleri

Road Note 39'un son baskısında daha önceki kapsamlı yol deneylerinden elde edilen tecrübeler üzerine kurulu bir ampirik yaklaşım geliştirilmiştir. Bu ampirik yaklaşım sonucunda yüzeysel kaplamalar için bir tasarım parametreleri akış diyagramı geliştirilmiştir. Bu diyagram Şekil 2.1' de gösterilmektedir. Bu parametreler şunlardır:

a) Ticari araç sayısı (Çizelge 2.10' da belirtilmektedir) ile yol yüzeyi sertliğinin (Çizelge 2.11' de belirtilmektedir) gerekli mıcır büyüklüğü ile ilişkilendirilmesi uygulanmaktadır. Bu uygulama Şekil 2.1' de gösterilmektedir.

b) Yüzeysel kaplamanın hizmet ömrü sonuna kadar makro ve mikro dokusunu koruyabilmesi için uygun agrega boyutu, cilalanma katsayısı ve aşınma miktarının bilinmesi gerekir.



Şekil 2.1. Yüzeysel Kaplamaların Uygulanmasında Kullanılabilecek Akış Diyagramı (Whiteoak 1990)

Çizelge 2.10. Trafik Kategorileri (Whiteoak 1990)

Kategori	Şeridin Üzerinden Bir Gün İçerisinde Geçen Ticari Araçların Yaklaşık Sayısı
1	2000-4000
2	1000-2000
3	200-1000
4	20-200
5	20' den az

Çizelge 2.11. Yol Yüzey Sertliği Kategorileri (Whiteoak 1990)

Sertlik Kategorisi	30° C' de Mıcırın Batma Miktarı, mm	Yüzey Sınıflandırması
Çok sert	0-2	Çok ağır trafik altında önemsenmeyecek miktarda mıcırın gömüleceği, beton veya benzeri yüzeyler
Sert	2-5	Mıcırın ağır trafik altında hafif bir şekilde gömüldüğü, sert bitümlü harç içeren yüzeyler
Normal	5-8	Ağır ve orta ağır trafik altında mıcırın hafifçe gömüldüğü yüzeyler
Yumuşak	8-12	Ağır ve orta ağır trafik altında mıcırın önemli oranda gömüldüğü yüzeyler
Çok Yumuşak	>12	Ağır trafik altında en büyük mıcır tanelerinin bile gömüldüğü yüzeyler; böyle yüzeyler genelde yüksek bitüm oranı içerir

c) Yolun yüzeyinde serbest halde mıcır bırakmadan, mıcır yayılma oranının, silindirle sıkıştırıldıktan sonra bağlayıcının tamamını kapatmaya yetecek bir değerde olması sağlanır (Southwell 1998).

d) Uygulamanın yapıldığı aydaki hava koşullarına, trafik kategorisine ve karşılaşılması muhtemel gerilme seviyelerine uygun bağlayıcı tipi ve viskozite seçimi yapılır. Trafik kategorisine, yol sertliğine ve mıcırın nominal büyüklüğüne uygun uygulama oranı çizelgelerden tespit edilir. Çizelge 2.12 ve Çizelge 2.13 sırasıyla katbek bitümler ve emülsiyon uygulamaları için gerekli olanları göstermektedir. Ancak bu tablolar yalnızca yol göstermek içindir, bir şartname olarak düşünülmemelidir (Whiteoak 1990, Highway and Transportation 2001).

Ampirik tasarım yöntemleri, adından da anlaşılacağı üzere, edinilmiş tecrübeler üzerine kurulmuş yöntemlerdir.

Çizelge 2.12. Katbek Bitümle Yapılan Uygulamalardaki Yayılma Oranları (Whiteoak 1990)

Yüze Yüzey Tipi	Şeridin Trafik Kategorisi									
	1		2		3		4		5	
	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü (mm)	Bağlayıcı Oranı, l/m ²	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü (mm)	Bağlayıcı Oranı, l/m ²	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü (mm)	Bağlayıcı Oranı, l/m ²	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü (mm)	Bağlayıcı Oranı, l/m ²	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü (mm)	Bağlayıcı Oranı, l/m ²
Çok Sert	10	1,1	10	1,1	6	1,1	6	1,2	6	1,4
Sert	14	1,1	14	1,1	10	1,1	6	1,1	6	1,2
Normal	20	1,1	14	1	10	1,1	10	1,1	6	1,1
Yumuşak	Koşullar yüzeysel kaplama		Tavsiye Edilmemektedir		14	1	14	1,1	10	1,1
Çok Yumuşak	yapımına uygun değildir				20	1	14	1	10	1

Çizelge 2.13. Katbek Bitümle Yapılan Uygulamalardaki Yayılma Oranları (Whiteoak 1990)

Yüze Yüzey Tipi	Şeridin Trafik Kategorisi							
	1		2		3		4	
	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü mm	Bağlayıcı Oranı, l/m	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü mm	Bağlayıcı Oranı, l/m	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü mm	Bağlayıcı Oranı, l/m	Mıcırın Nominal Büyük- lüğü mm	Bağlayıcı Oranı, l/m
Çok Sert	Tavsiye Edilmez		6	1,3	6	1,5	6	1,6
Sert	14	1,5	10	1,3	6	1,3	6	1,4
Normal	14	1,4	10	1,3	10	1,3	6	1,3
Yumuşak	20	1,3	14	1,2	14	1,3	10	1,3
Çok Yumuşak	Tavsiye Edilmez		20	1,2	14	1,2	10	1,2

2.5.1. Yüzeysel Kaplamalarda Oluşan Bozukluklar

Yüzeysel kaplamalar; trafik yükü, yapım hataları, çevre ve iklim etkisi ve diğer sebeplerden dolayı bozulurlar. Bu bozulmaların önlenmesi ve onarılması gereklidir. Yüzeysel kaplamalarda oluşan çeşitli yüzey bozuklukları ve bunların oluşma sebepleri aşağıda anlatılmaktadır.

2.5.1.1. Timsah sırtı çatlakların oluşma sebepleri

- Taban zemini, alttemel veya temel tabakalarının yetersiz sıkışması veya yetersiz drenajı nedeni ile taşıma gücü yetersizliği,
- Kaplamanın aşırı trafik yükleri altında yorulması,
- Uygun olmayan malzeme kullanımı ve kötü yapım teknikleri,
- Çevre ve iklim şartları (don etkisi, nem değişiklikler, vb.) (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.2. Kenar çatlakların oluşma sebepleri

- Don etkisi,
- Üstyapının yetersiz taşıma gücü ve/veya üstyapının kenarında aşırı trafik yükünün olması,
- Üstyapı kenarında ve bankette yetersiz drenaj,
- Üstyapı genişliğinin yetersiz olması nedeni ile trafiğin banket kenarına yakın seyretmesi (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.3. Enine çatlakların oluşma sebepleri

- Kaplamada çok düşük sıcaklıklarda meydana gelen büzülme,
- Tabanda don etkisi ve su içeriği değişikliği,
- Tabanda rutubet, oturma ve yapım hatasından kaynaklanan çatlakların yansımaları (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.4. Boyuna çatlakların oluşma sebepleri

- Üstyapının taşıma gücünün yetersiz oluşu ve bunun trafik yükü ile birleşmesi sonucu oluşan oturmalar,
- Dolguların yanal hareketi ve oturması,
- Kullanan malzeme, ekipman ve yapım tekniklerinin yetersizliği,
- Çevre ve iklim şartları (don etkisi, nem değişiklikleri, vb.), (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.5. Tekerlek izi oturmalarının oluşma sebepleri

- Üstyapı tabakalarının yetersiz sıkıştırılması,
- Trafik yükleri altında, boşluk suyu basıncı nedeniyle suya doyan temel ve alttemel tabakalarının stabilitelerini kaybetmeleri,
- Drenaj yetersizliği ve/veya yetersiz sıkışma nedeni ile üstyapı tabanının stabilitesini kaybetmesi ve taşıma gücünün zayıflaması,
- Banket malzemesinin stabil olmaması, yeterli yanal desteği sağlayamaması,
- Üstyapı tabanının aşırı gerilmeler nedeni ile kalıcı deformasyona uğraması (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.6. Ondülasyonlar ve ötelenmelerin oluşma sebepleri

- Temel tabakasındaki stabilite yetersizliği,
- Yüzeysel kaplamada yüksek bitüm yüzdesi,
- Kötü işçilik ve yapım hataları,
- Kavşak, trafik ışıkları ve duraklarda duruş ve kalkış şeklindeki trafik etkisi (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.7. Lokal oturmalar ve kabarmaların oluşma sebepleri

- Taban, alttemel ve temel tabakalarının yetersiz sıkışması,
- Üstyapı tabanının taşıma gücünün zayıf olması,
- Sanat yapılarının yaklaşım dolgularındaki sıkıştırma ve drenajın yetersizliği,
- Kaplamanın bankete yakın kesimlerinde, menfezlerde, eksende, çatlak kesimlerde, rögar kenarlarında, yetersiz drenaja sahip yarmalarda gözlenen donma-kabarma,
- Dolgu çevindeki hatalar,
- Bakım tekniklerinin uygun olmaması (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.8. Çukurların oluşma sebepleri

- Yapım tekniklerinin yanlışlığı ve kalite kontrolünün yetersizliği,

- Kaplamada düşük kaliteli agrega kullanımı,
- Diğer bozuklukların etkileri (soyulma, çatlak. vb.),
- Üstyapı kalınlığının yetersizliği (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.9. Kaplamada agrega kaybı

- Agreganın asfaltın ısısı düştükten sonra serilmesi,
- Serilen agreganın ıslak ve tozlu olması,
- Agreganın geç sıkıştırılması,
- Sıkıştırımda kullanılan ekipmanın uygun olmaması,
- Hava koşullarının yüzeysel kaplama yapımı için uygun olmaması,
- Kaplamanın yapımından hemen sonra hızlı trafik geçmesi,
- Kaplanan asfalt miktarının yetersiz olması,
- Silindir seçimindeki hata ve yüzeyin düzgün olmaması nedeni ile yüzeyde sıkışmamış kesimlerin kalması (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.10. Çizgisel agrega kaybının oluşma sebepleri

- Püskürtme çubuğu yüksekliğinin uygun olmaması sebebiyle, püskürtmenin istenen şekilde olmaması,
- Püskürtme çubuğunun yanlış açıda tutulması, püskürtme çubuğu üzerindeki memelerin tıkalı olması, püskürtme çubuğunun bakım eksikliği,
- Asfaltın uygun olmayan hız ve düşük basınçla yola püskürtülmesi,
- Asfalt sıcaklığının düşük olması,
- Distribütör yükünün azalması nedeniyle asfaltın dökülme yüksekliğinin değişmesi,
- Kötu işçilik (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.5.1.11. Asfaltın kusmasının oluşma sebepleri

- Yapım sırasında çok fazla asfalt kullanılması ve özellikle sıcak havalarda trafik etkisi ile asfaltın agrega üzerine çıkması,

- Kusmuş yüzey üzerine herhangi bir tedbir almadan yeniden yüzeysel kaplama yapımı,
- Astar malzemesinin çok fazla kullanılması,
- Agreganın fazla soyulması (Arıkan 1997, Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

2.6. Yüzeysel Kaplamalar İçin Modifiye Bitümün Kullanılması

2.6.1. Geliştirilmiş Yüzeysel Kaplamaların Esasları

Nüfus artışı ve otomotiv endüstrisindeki gelişmelere bağlı olarak karayollarına olan talebin her geçen gün artması, kaplamadan beklenen ömür ve konfor düzeyinin sağlanmasını ayrıca sürdürülmesini güçleştirmektedir. Bu durum büyük ölçüde üstyapıda kullanılan bitümlü bağlayıcının özelliklerine bağlı olduğundan, bitümlü bağlayıcıların modifikasyonu ile kaplamalarda kısa sürelerde oluşabilen bozulmalar önlenmeye çalışılmaktadır (Topal vd 2004).

Yolları etkileyen birçok bozulmalar yüzeysel kaplama uygulanmasıyla nispeten düşük masraflı bir şekilde giderilebilir. Bu tür uygulamalar yoluyla çatlaklar su girişine karşı korunabilir, ayrıca zamanla kaybedilmiş olan tutunma direnci de yeniden kazandırılabilir. Bununla birlikte, bu tür uygulamalarda çoğu sürtünme kuvvetleri genel olarak, standart bitüm için fazla yüksektir ve dolayısıyla yüzey düzgünlüğü kolaylıkla tahrip olabilir (Southwell 1998, Bennert vd 2003)

Yüzeysel kaplamanın kalitesini artırmanın ve dolayısıyla ömrünü uzatmanın veya daha yoğun trafikli yollarda kullanabilmenin ilk akla gelen yolu, bağlayıcıyı değiştirerek kaplamanın kohezyon mukavemetini artırmaktır. Bu durum da bitümlü bağlayıcının modifiye edilmesine karşı duyulan ilginin artmasında etkili olmuştur (Vonk ve Korenstra 2004, Khalid ve Fienkeng 1995).

Günümüzde birçok değişik madde asfalt katkıları ve modifikatörleri olarak değerlendirilmekte ve pazarlanmaktadır. Bitümlü bağlayıcıların ve karışımların modifiye edilmesi yeni bir konu olmayıp özellikle son yıllarda bu konudaki çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Bu durumun ana nedeni, petrol rafinerilerinin ham petrolü elde etme ve işleme aşamalarındaki değişimlerdir. 1973 yılında dünyada meydana gelen petrol

ambargosunun sonrasında geleneksel kaynaklar değişmiş, tek bir hammadde kaynağına bağlı olan birçok rafineri birden fazla kaynaktan gelecek ham petrolü işlemek zorunluluğuyla karşı karşıya kalmıştır. Bu değişimler üstyapının petrol üretim kotalarının azaltılması nedeniyle varil fiyatlarının hızla yükselerek anormal düzeylere ulaşması sonrasında kullanılacak asfalt çimentosunda aranan niteliklerin karşılanmasını zorlaştırmıştır. Bu durum, asfalt çimentosunun modifiye edilerek istenilen niteliklere ulaştırılması için zorlayıcı olmuştur (Malkoç vd 2001).

Bitümlü bağlayıcı ve karışımların modifiye edilmesine karşı duyulan ilginin artmasında etkili olan başka hususlar şöyle sıralanabilir:

1. Ham petrol ve bitüm fiyatlarında her zaman artış tehlikesi vardır.
2. Yüksek maliyetler daha ince kaplamaların inşası eğilimini doğurmuş, bu durumda da hizmet ömürlerinde düşüşler görülmüştür (Dikicioğlu 2004).
3. Trafik yüklerinde önemli artışlar oluşmuştur.
4. Kaynak sıkıntılarını nedeniyle gerekli onarımların zamanında yapılamaması durumuyla oldukça sık karşılaşılmıştır.
5. Yakıt dökülmeleri gibi özel durumlara karşı dayanımın artırılması gereksinimleri olmuştur.
6. Kimi endüstriyel atıkların ortadan kaldırılabilmesi ya da başka bir yere nakledilmesi konusunda oluşan çevreci ve ekonomik baskılar sonucu bu atıkların bitüm katkı maddesi olarak kullanılması düşüncesine neden olmuştur (Çelik 2000, Hınıslioğlu ve Ağar 2003, Deniz vd 2005).
7. İnşaat ekipmanlarındaki gelişme, katkı kullanılması olanağını sağlayabilecek düzeye ulaşmıştır.

Bunlar gibi ve benzeri hususlarda, dünyada modifiye bitüme olan ilginin artmasına paralel olarak, değişik iklim ve coğrafya koşullarının bulunduğu bölgelere sahip olan ülkemizde de bu konuda bir takım çalışmalar yapılmaktadır (Asfalt ve Uygulamaları 2001)

Diğer taraftan gözlemler sonucunda termal ve yorulma çatlaklarının asfalt kaplamalarda görülen genel ve ortak bozulmalar olduğu belirginlik kazanmaktadır (Çelik 2000). Karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgelerde gece-gündüz ve yaz-kış

mevsimleri arasındaki geniş sıcaklık aralıklarından dolayı, bu bölgelerde inşa edilen üstyapılarda modifiye bitümün kullanılması tercih edilmektedir (Eribol ve Orhan 2004).

Road Note 29' a göre yüzeysel kaplamalarda kullanılan geleneksel bağlayıcılar, günde en fazla 4000 ticari taşıtın geçtiği yollar için uygundur. Bu miktardaki dingil yüklerinin yarattığı gerilmeler, geleneksel sistemler tarafından karşılanamaz. Bu durumda üreticiler polimer modifiye malzemeleri geliştirerek, bu eksikliği doldurmaya çalışmaktadırlar. Bu çalışmalardaki amaçlar ise aşağıda belirtildiği gibidir;

- Yüzeysel kaplama uygulamalarını yaygınlaştırmak,
- İklim değişikliklerinden etkilenmeyi azaltmak (Vonk ve Hartemink 2002),
- Bağlayıcının sıcaklık hassasiyetini azaltmak (Vonk ve Hartemink 2002),
- Uygulamadan hemen sonra oluşan yapışma düzeyini artırarak, yol trafiğe açıldığında mıcırların etrafa sıçramasını önlemek (Vonk ve Korensta 2004),
- Tasarım veya uygulama hatalarının getireceği olumsuz neticeleri en aza indirmek (Whiteoak 1990).

Yüzeysel kaplamalarda polimerlerin kullanılması, bağlayıcının başlangıçtaki yapışma düzeyini artırır ve sıcaklık hassasiyetini azaltır. Böylece bağlayıcının sıcak havalarda kusması önlenir. Soğuk havalarda ise yüzeysel kaplamadan mıcırın sökülme olasılığı azalır (Whiteoak 1990, Hoban 1990, 1991, Southern 1993).

2.6.2. Modifiye bitümün tarihçesi

Yapısını modifiye ederek veya katkıları ilave ederek bitümün özelliklerinin iyileştirilmesi ile ilgili araştırma çalışmaları ilk olarak 1938 yılında bitüme kükürt ilavesi konusunda Bencovitz ve Boe tarafından ASTM yayınlarında bir yazı yayınlanarak başlatılmıştır. Ardından 1965 yılları civarında, bitüme büyük miktarlarda kükürt ilave edilmesi ve malzemelere ait teknikler için patent alınmıştır. 1970 yılından önce Amerika Birleşik Devletleri'nde özellikle Teksas'ta bitüme lastik katılması konusunda denemeler yapılmıştır. Benzer çalışmalar Avrupa' da da 1966 yılında Fransa' da yapılmıştır. Fakat genellikle deneme yollarında yapılan bu uygulamalar, 1960' lı yıllarda inşaat mühendisliğindeki önemli gelişmelere rağmen, "tatmin edici değil, pahalı ve vazgeçilmez değil" şeklinde değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda bu

dönemlerde karayolu yapımında, normal bitümler kullanılmıştır (Eribol vd 2002).

Birinci petrol krizi sırasında 1973 yılında, bitüm fiyatlarındaki büyük artış nedeniyle modifiye bitümlü bağlayıcıların çalışmalarına tekrar başlanmıştır. Avrupa' da, özellikle Almanya' da polimer modifiye bitümlü karışımlar 1970' lerin ilk yıllarında ortaya çıkmıştır. Avusturya'da otoyollarda ve daha sonra İtalya' da bitüme polietilen ilave edilerek yapılan yeni bir bitümlü yüzey tabakası geliştirilmiştir (Hoban 1990, 1991, Eribol vd. 2002).

Fransa'da metal köprülerin yüzeyinin kaplanmasında kullanılacak uygun bir kaplama bulma çalışmaları, 1972 yılında ilk kez Caronte viyadüğünde kullanılan özel bir polimer bağlayıcının geliştirilmesine yol açmıştır. Aşınma tabakasının kayma direncini yükselterek yol güvenliğini artırmak hedefi, bu dönemde araştırma çalışmaları için önemli bir neden olmuştur. Zamanla yüzeysel kaplamalarda, kismaya yatkınlık, kış mevsiminden dolayı oluşan kırılma, erken yaşlanmaya açık olması ve ağır trafik nedeniyle aşınmaya karşı dirençli olmaması gibi nedenlerle bozulmalar ortaya çıkmıştır. Petrol şirketlerinin laboratuvarları ve Laboratoire Central des Ponts et Chausees gibi bazı organizasyonlar tarafından yürütülen araştırma çalışmalarıyla, yol uygulamaları için uygun olan ve termoplastik elastomerler denilen yeni polimerlerin kullanıldığı modifiye bitümler geliştirilmiştir. 1960' ların sonlarında başlatılan araştırma çalışmalarından sonra, su yalıtım endüstrisinin modifiye bitüme yönelmesi, 1970'lerin sonunda iyice belirginleşmiştir. Bu yönelme başlangıçta geliştirilmiş yüzeysel kaplama için gerçekleştirilmiş daha sonrasında ise bitümlü karışımlar için de hızlı bir gelişmeyle sonuçlanmıştır (Eribol vd 2002).

1973 ve 1979 yıllarındaki petrol krizi ve yol trafiğinin artan olumsuz etkisi, modifiye bağlayıcıların geliştirilmesindeki temel faktördü. Bina inşaatlarında olduğu gibi, yol üstyapısı için de yapım maliyetlerini azaltma arzusu, özellikle dayanıklılığı geliştirilmiş, ince (5 cm' den az) kalınlıktaki aşınma tabakalarının bakımında yeni çözümlerin araştırılmasına yol açmıştır.

Türkiye' de yük ve yolcu ulaştırmasının % 95'i karayolu ulaştırması ile yapılmaktadır. Bu nedenle kaplamanın ömrünü uzatmak, yorulma çatlaklarını, düşük sıcaklık çatlaklarını ve plastik deformasyonları minimum seviyede tutmak için 1998'

den beri, ağır trafikli yollarda modifiye bitümler kullanılmaktadır (Newman 2004).

2.6.3 Yol üstyapısı malzemesi olarak bitüm ve özellikleri:

Bitüm yol üstyapısında kullanılan en önemli bağlayıcıdır. Doğal kökenli hidrokarbonların bir karışımı ya da pirojenik kökenli hidrokarbonların bir karışımı veya bunların her ikisinin bir kombinasyonu olup çok defa bunların gaz, sıvı, yarı katı ya da katı olabilen, metal dışı türevleriyle bir arada bulunan, yapıştırıcı özellikleri olan ve karbon disülfürde tamamen çözünen maddeye “bitüm” denilmektedir. Yani tanım itibariyle karbon disülfürde tamamen eriyen hidrokarbonlu bir maddedir. Bağlayıcı olarak kullanılmasını sağlayan özellikleri ise termoplastik olması, yani ısıtılınca kıvamının değişmesi ve agregaya yapışabilmesidir (Whiteoak 1990).

Bitümlü bağlayıcılar asfaltlar ve katranlar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Asfalt ve katran fiziksel özelliklerinden ötürü esnek yol kaplamalarının yapımında geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Bitümlü malzemeler petrol ve kömürden elde edilen hidrokarbonlu malzemelerdir. Yani tüm bitümlü malzemeler birer hidrokarbondur. Hidrokarbonlar karbon ve hidrojenin bileşiminden oluşan, sade veya kompleks yapıları cisimler olup, organik kimyada önemli bir sınıf oluştururlar. Hidrokarbonlu bağlayıcılar sıcaklığa bağlı olarak sıvı, yarı katı veya katı halde bulunurlar. Kaplama tipine bakılmaksızın kullanılan tüm bitümlü bağlayıcıların agregaya ile karıştırılacakları zaman sıvı halde olmaları gerekir. Bu sıvı hal; ya sıvı malzeme kullanımıyla ya da sert asfaltı ısıtma, çözücüyle eritme veya suda emülsiyon haline getirerek sıvılaştırma yollarından biriyle elde edilebilir. Fakat bitümlü bağlayıcılar bu sıvı halden tekrar derhal yapışkan hale gelerek, kohezyon (çatlama ve ayrılma olmaksızın geçirimsiz ve plastik filmler meydana getirerek şekil değiştirme özelliği) ve adezyon (mineral agregalara yapışma özelliği) özelliklerini sergilerler (Whiteoak 1990, Tunç 2004).

Mühendislik davranışı açısından bitüm viskoelastik bir malzemedir. Viskoelastik malzemelerin gerilme-deformasyon özellikleri yükleme hızına bağlıdır. Bu tip malzemeler yüksek yükleme hızlarında (hızlı taşıtlar) elastik, düşük yükleme hızlarında (yavaş ya da duran taşıtlar) viskoz, orta yükleme hızlarında ortak elastik ve viskoz

davranış gösterirler. Bunların mekanik davranışının incelenmesi reolojinin çalışma alanına girer. Ayrıca bitümün mekanik davranışı sıcaklıktan da etkilenir. Düşük sıcaklıklarda elastik davranış ve yüksek mukavemet gösterirler. Yüksek sıcaklıklarda bunun tersi olur (Topal vd 2004, Tunç 2004).

2.6.3.1 Bitümlü bağlayıcıların reolojisi, bileşenleri ve kimyasal yapısı

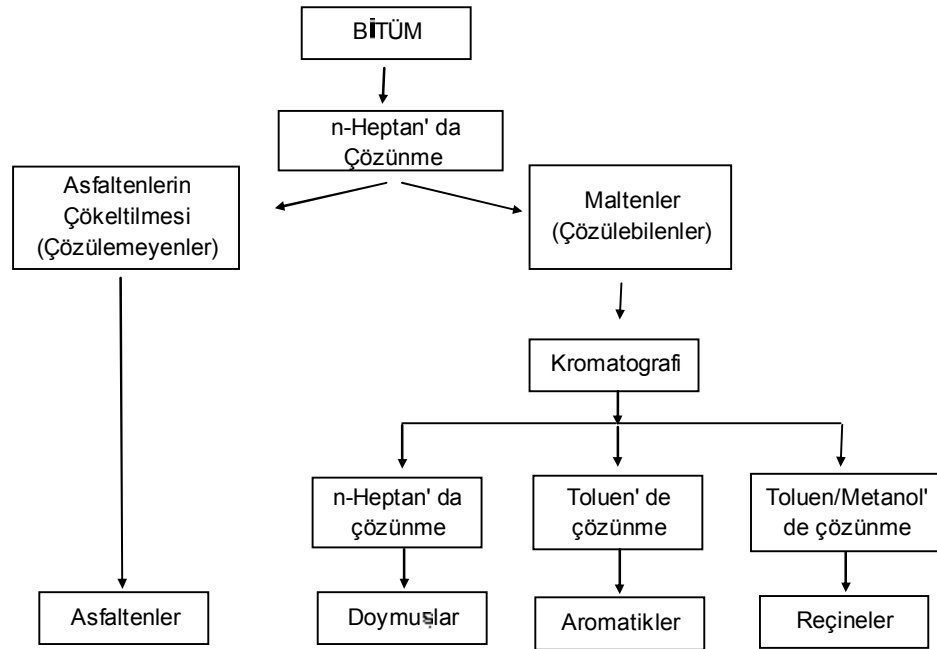
Bitümlü bağlayıcıların kimyasal kompozisyonu oldukça karmaşık olup, yapılabilecek donanım olsa bile bunun reolojik özelliklere etkisini saptamak oldukça güçtür. Reoloji; bir maddenin akma ve deformasyonunun basınç ve zaman içerisinde incelenmesidir. Bitümün reolojik davranışı ise; belirli bir sıcaklıkta, bitümün hem 18 bileşenine (kimyasal kompozisyonuna), hem de bitümdeki baskın hidrokarbon yapıya bağlıdır. Bitümün bileşeninde, hidrokarbon yapısında veya her ikisinde birden olan değişiklikler reolojik değişime neden olacaktır. Yani bitümün reolojisindeki değişimler, o bitümün yapı ve bileşenlerinin etkisi ile oluşmaktadır (Ertekin 2003).

Ham petrolün bitümlü ürünleri yani asfaltlar; baskın hidrokarbon kökenli yapıdan oluşmakla birlikte içeriğinde hidrojen, çok az miktarda sülfür, oksijen ve nitrojen bulunmaktadır. Çeşitli kökenli ham petrolerden üretilmiş asfaltların elementer bileşen tabanında analizleri yapıldığında, çoğunluğunun Çizelge 2.14' te verilen kompozisyonda olduğu görülmüştür.

Çizelge 2.14. Bitümlü Bağlayıcıların Kimyasal Kompozisyonu (Ertekin 2003, Whiteoak 1990, Asfalt ve Uygulamaları 2001)

Element	Kütle Yoğunluk %' si
Karbon	82-88
Hidrojen	8-11
Sülfür	0-6
Oksijen	0-1,5
Nitrojen	0-1

Bitümün reolojisi, asfaltın kimyasal yapısından yola çıkılarak saptanabilir. Asfaltın kimyasal yapısını asfaltın ve maltenler olmak üzere iki ana gruba ayırabilmek mümkündür. Maltenler de kendi alt grubunda; reçineler, aromatikler ve doymuş hidrokarbonlar olmak üzere ayrılırlar. Aromatikleri ve doymuş hidrokarbonları, “yağlar” başlığı altında toplamak da mümkündür. Asfaltı fraksiyonlarına ayırmak suretiyle kimyasal yapısının hangi grupta olduğu saptanabilir. Kromatografik teknikler, bitüm bileşiminin tespitinde en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntemin temeli, başlangıçta n-heptan kullanarak asfaltın çökeltilmesi ve bundan sonra kalan malzemenin kromatografik ayrımını gerçekleştirmektir. Kromatografik yöntemle göre ham petrolün bitümlü ürünlerinin (asfaltların) kimyasal yapıları şematik olarak Şekil 2.2’de görülmektedir (Ertekin 2003, Whiteoak 1990).

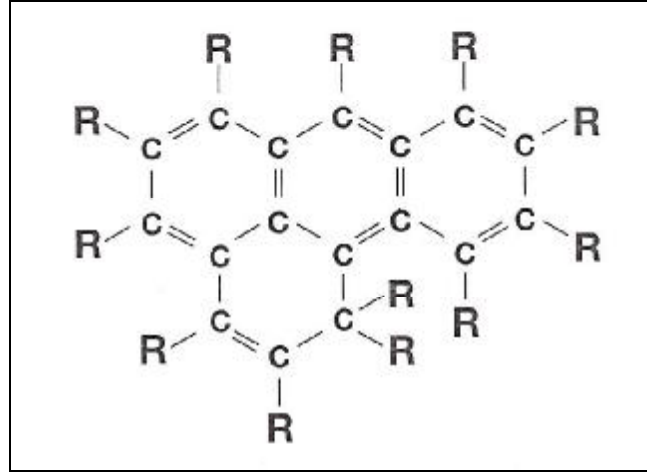


Şekil 2.2. Kromatografik Yöntemle Göre Bitümlü Bağlayıcıların Kimyasal Yapısının Şematik Dağılımı (Ertekin 2003, Whiteoak 1990)

- Asfaltın

n-heptanda çözünemeyen, siyah, gri-siyah veya kahve renkli amorf yapılardır. Asfaltın genellikle oldukça yüksek molekül ağırlıklı, oldukça polar ve kompleks

aromatik maddelerdir. Molekül ağırlıkları 600-300.000 gr/mol arasında değişmektedir. Asfaltın bitümlü malzemenin (asfaltın) %5-25'ini meydana getirirler. Şekil 2.3. bir asfaltın kimyasal yapısını göstermektedir (Ertekin 2003, Whiteoak 1990, Asfalt ve Uygulamaları 2001).



Şekil 2.3. Asfaltın Kimyasal Yapısı (Asfalt ve Uygulamaları 2001, Whiteoak 1990)

* R: Alifatik, petrol ve aromatik karbon zincirleri

Asfaltın fazı, bitümlü malzemenin reolojik özelliklerine önemli derecede etki etmektedir. Asfaltın artmasıyla asfalt sertleşerek daha düşük penetrasyona ve daha yüksek yumuşama noktasına sahip olur. Sonuçta yüksek viskoziteli ve daha sert bir malzeme elde edilir. Ancak asfaltın içeriği kesin limitleri aşmamalıdır. Çünkü asfaltın yaşlanması sırasında reçineler yavaş yavaş asfaltın malzemesine dönüşür. Bu da asfaltta istenmeyen sonuçların ortaya çıkmasına neden olur (Ertekin 2003, Whiteoak 1990).

-Maltenler

Asfaltın n-heptanda çözülen kısmı olan maltenler iki alt gruba ayrılırlar.

1- Reçineler

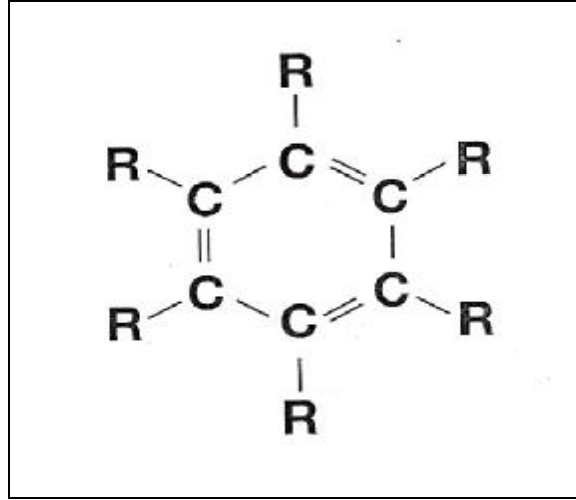
Asfaltın dağıtan kısmıdır. Reçineler, n- heptanda çözünmekte, asfaltın gibi çok miktarda karbon ve hidrojen, az miktarda da nitrojen, sülfür ve oksijen

içermektedirler. Koyu kahve renkte, katı veya yarı-katı ve oldukça polar maddelerdir. Bu yapısal özellik sayesinde oldukça kuvvetli adezyona sahiptirler. Molekül ağırlıkları 500-50 000 gr/mol arasındadır (Ertekin 2003, Whiteoak 1990, Asfalt ve Uygulamaları 2001).

2- Yağlar

a- Aromatikler

Koyu kahve renkli viskoz yağ şeklindedirler. Asfaltın içinde bulunan en düşük molekül ağırlıklı naftanik aromatik bileşiklerdir. Toplam bitümün %40-%65'ini oluştururlar. Diğer yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonlara göre daha yüksek çözünme özelliğine sahiptirler. Molekül ağırlıkları 300-2 000 gr/mol arasında değişmektedir. Şekil 2.4' te aromatiklerin kimyasal yapısı şematik olarak gösterilmektedir (Ertekin 2003, Whiteoak 1990, Asfalt ve Uygulamaları 2001).

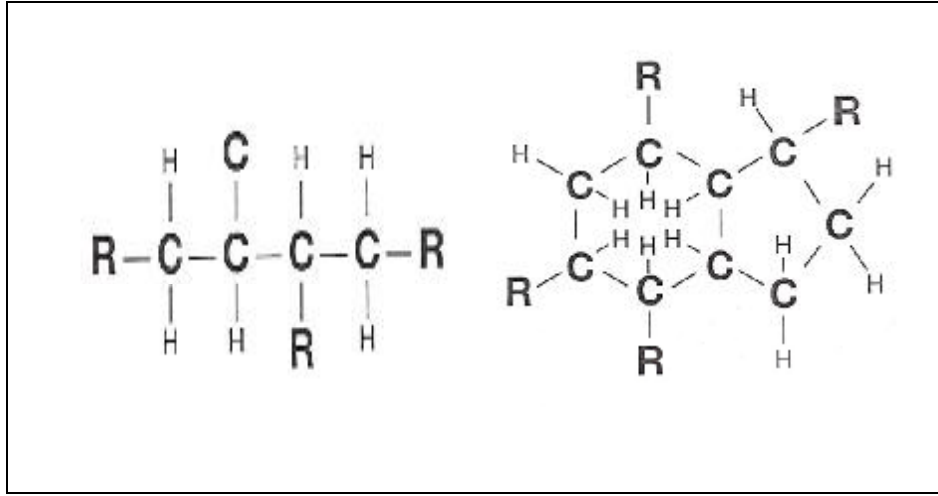


Şekil 2.4. Aromatiklerin Kimyasal Yapısı (Ertekin 2003, Whiteoak 1990, Asfalt ve Uygulamaları 2001)

*R: Aromatik ve/veya karbon zincirleri

b- Doymuş Hidrokarbonlar

Renksiz veya beyazımsı renkte, polar olmayan viskoz yağlardır. Parafinik ve naftenik yağ halkaları içerirler. Bitümün %5-20' sini bu fraksiyon oluşturur. Molekül ağırlıkları aromatikler gibi 300-2000 gr/mol arasında değişmektedir. Şekil 2.5' te doymuş hidrokarbonun kimyasal yapısı görülmektedir (Ertekin 2003, Whiteoak 1990, Asfalt ve Uygulamaları 2001).



Şekil 2.5. Doymuş Hidrokarbonun Kimyasal Yapısı (Whiteoak 1990, Asfalt ve Uygulamaları 2001)

2.6.3.2. Bitümlü bağlayıcıların çeşitleri

Yol üstyapısında kullanılan bitümlü malzemelerin sınıflandırılması Şekil 2.6' da verilmiştir. Şeklin incelenmesinden de görüleceği gibi ana iki grubu teşkil eden asfalt ve katran ile bunların alt gruplarına ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur.

1) Asfaltlar

ASTM' e göre asfalt : “Rengi siyahtan koyu kahverengine kadar değişebilen, kıvamı katı ya da yarı katı olan, ısıtıldığı zaman yavaş yavaş yumuşayan, bileşimindeki esas madde bitümden ibaret olan ve doğada katı ya da yarı katı halde bulunabilen veya petrolü damıtmak yoluyla elde edilen veya değişik orijinli bitümlerin karışımından

oluşan bağlayıcı malzeme” olarak tanımlanır. Asfaltlar kökenlerine göre doğal asfaltlar ve petrol asfaltları (üretmiş asfaltlar) olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

a) Doğal Asfaltlar

Asfaltlar, jeolojik kuvvetlerin tesiriyle doğal olarak petrolden oluştukları zaman, çok defa mineral agrega ile karışık durumda bulunurlar. Bu tip asfalta doğal asfaltlar denir.

Petrol asfaltlarının yani üretilmiş asfaltların gelişimi ile birlikte, doğal asfaltlar büyük ölçüde önemini yitirmiştir. AASHTO’ da çok fazla kullanımından bahsedilmezken, Büyük Britanya’da sıklıkla petrol asfaltlarıyla birlikte kullanılmaktadır.

Doğal asfaltları; kaya asfaltları ve göl asfaltları olmak üzere iki ana grupta incelemek mümkündür.

- Kaya Asfaltları

Kaya asfaltları, bitümlü malzeme emmiş kireçtaşı ve kumtaşının doğal depolanmış halidir. İçerdikleri bitüm yüzdeleri buldukları yerlere göre %4,5-18 arasında çeşitlilik göstermektedir.

Kaya asfaltı kullanımıyla genellikle oldukça dayanıklı ve stabil yol yüzeyleri elde edilebilmektedir. Fakat bulunduğu bölgelerden taşıma maliyetleri yüksektir. Dolayısıyla, sıklıkla mineral agrega olarak veya asfaltik bağlayıcılara ve akışkanlaştırıcı yağlara eklenerek kullanılır.

- Göl Asfaltları

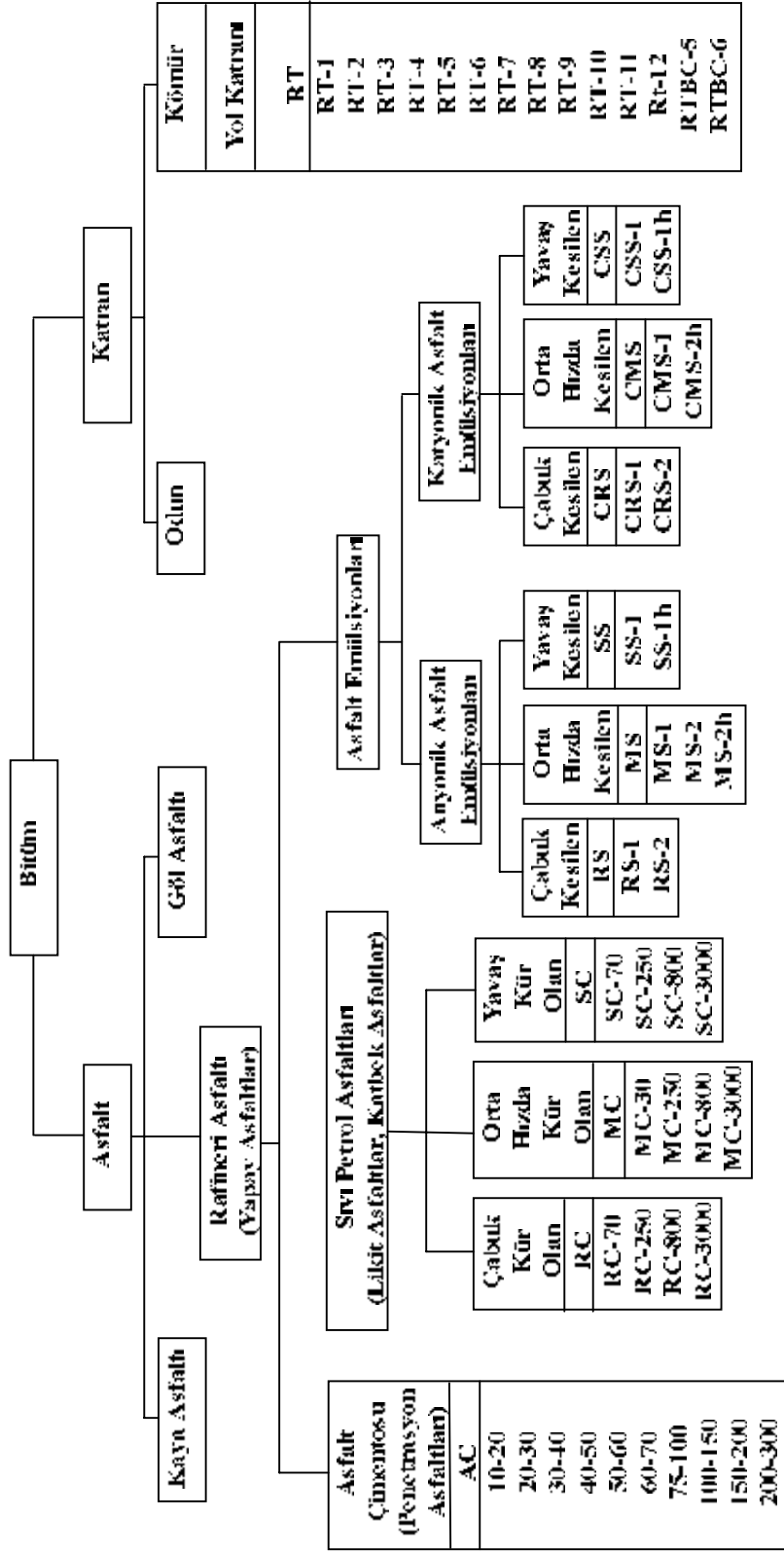
Bu tip asfaltların esas elemanı asfalttır ve mineral malzeme çok ince taneler halinde bu asfalt ortamı içinde yayılmış durumdadır. Göl asfaltları; viskoz petrol akışkanları ile yumuşatılmış bir şekilde asfaltik yüzeylerde bağlayıcı olarak kullanılabilirler. Yani göl asfaltlarını uygun şekilde rafine etmek suretiyle esnek yol kaplamalarında kullanabilmek mümkündür.

Doğal asfaltın en çok bilinen ve en geniş çapta kullanılan tipi olan göl asfaltları, yüzey birikintileri halinde bulunur ve bunların en önemlisi Trinidad adasındadır. Denizden bir kilometre uzakta, adanın güney tarafında bulunan ‘Asfalt Gölü’ dünyanın en büyük rezervlerinden birini oluşturmaktadır (Whiteoak 1990).

b) Petrol Asfaltları

Petrol asfaltları, ham petrolün damıtılmasından arta kalan ürünlerdir. Uygun kimyasal süreçlerle üstyapı işlerinde kullanılacak özelliğe erişirler. En basit şekli ile asfaltik bazlı ham petrolden elde edilirler.

Petrol asfaltları asfalt çimentoları ve sıvı asfaltlar olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır.



Şekil 2.6. Yol üstyapısında kullanılan bitümlü malzemelerin sınıflandırılması (Asfalt ve Uygulamaları 2001)

- Asfalt Çimentoları (AC)

Ham petrolün damıtılması işleminden sonra elde edilen asfalt; sıvı, katı ya da yarı katı halde olabilir. Katı veya yarı katı halde elde edilen asfaltlar, asfalt çimentosu adını alır ve AC sembolü ile gösterilir.

Yol üstyapılarında kullanılan asfalt çimentoları, özellik ve kıvam bakımından doğrudan doğruya bitümlü kaplamalarda bağlayıcı olarak kullanılmak üzere hazırlanmışlardır. Asfalt çimentoları oldukça viskoz oldukları için; hem agrega hem de bağlayıcı (AC), karıştırılmadan ve yerleştirilmeden önce mutlaka ısıtılmalıdır. AC soğuyunca tekrar sertleşir ve bitümlü kaplamadaki bağlayıcılık görevini yerine getirmiş olur.

Asfalt çimentoları penetrasyon değerlerine göre sınıflandırılırlar. Bilinen yükleme, zaman ve sıcaklık durumlarında, standart bir iğnenin numuneye batma miktarı penetrasyon olarak ifade edilir. Penetrasyonun birimi milimetrenin onda biridir (0,1 mm). Kıvamlılığı belirleyen penetrasyon değeri, asfalt çimentoları için 10-300 arasında değişen değerler alır. Penetrasyon değerlerine göre asfalt çimentoları; 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 60-70, 75-100, 120-150, 150-200 ve 200-300 penetrasyonlu AC olmak üzere sınıflara ayrılırlar. Bu çeşitli penetrasyon değerlerinin elde edilmesi, petrolün arıtılması sırasında belirli koşulların yerine getirilmesi ile mümkün olur.

Asfalt çimentosunun yapısını oluşturan asfalten ve malten yapılarının, 100 penetrasyonlu asfalt içindeki dağılımları Çizelge 2.15' te verilmiştir.

Çizelge 2.15. 100 Penetrasyonlu Asfalt Çimentosunun Dört Yapı Grubunun Element Analizi(Asfalt ve Uygulamaları 2001)

	AC'deki içerikleri % _w	Karbon % _w	Hidrojen % _w	Nitrojen % _w	Sülfür % _w	Oksijen % _w	Molekül Ağırlığı
Asfaltlar (n-heptan)	5,7	82	7,3	1	7,8	0,8	11300
Reçineler	19,8	81,6	9,1	1	5,2	-	1270
Aromatikler	62,4	83,3	10,4	0,1	5,6	-	870
Doymuş Hidrokarbonlar	9,6	85,6	13,2	0,05	0,3	-	835

Asfalt çimentoları, yüksek trafik hacimli ana yolların yapımında sıcak karışımlarda bağlayıcı olarak kullanılır.

- Sıvı Asfaltlar

Katı veya yarı katı asfaltlar olan asfalt çimentoları haricinde kalan akıcı haldeki asfaltlara sıvı asfaltlar denilmektedir. Penetrasyon değerleri 300'ün üstünde olan asfaltlar sıvı asfalt olarak kabul edilirler. Sıvı asfaltlar; sıvı petrol asfaltları (katbek asfaltları ve yol yağları) ve asfalt emülsiyonları olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

- Sıvı Petrol Asfaltları (Katbek Asfaltları):

Sıvı petrol asfaltları; asfalt çimentosunun, gazyağı ve benzin gibi sıvı damıtık maddelerle karıştırılması suretiyle sıvılaştırılması sonucunda elde edilirler. Bu yüzden "Cutback" (katbek) asfaltları olarak da anılırlar. Bahsedilen bu sıvılaştırma miktarı viskozite ile saptanır. Düşük viskoziteli ürünler %40' tan fazla seyreltici içerirken, yüksek viskoziteli ürünler %15 ve daha az seyreltici içerirler.

Katbek asfaltların tipi kür olma hızıyla saptanır. Katbekler üç ana gruba ayrılırlar. Bunlar;

- Çabuk kür olan RC (Rapid Curing) sınıfı katbek asfaltları,

- Orta hızda kür olan MC (Medium Curing) sınıfı katbek asfaltları,
- Yavaş kür olan SC (Slow Curing) sınıfı yol yağlarıdır.

Ayrıca her sınıf da kendi arasında kinematik viskozite değerlerine göre sınıflara ayrılır. RC, MC ve SC harflerinden sonra konulan sayılar, o tipin kinematik viskozitesinin alt sınırını göstermektedir. Bu sayılar asfaltın kıvamlılığının artması yani viskozitesinin yükselmesi ile büyür. Örneğin bir MC-30 sıvı petrol asfaltı (katbek asfaltı), MC-3000'e göre çok daha ince ve akıcıdır.

Katbek asfaltlar, yüzeysel kaplamalarda ve bazı bitümlü makadamlarda oldukça düşük sıcaklıklarda kullanılabilmesi mümkün olan akışkan bir asfalta ihtiyaç duyulması sonucunda geliştirilmişlerdir. Bu asfaltlar; kullanım sırasında sıvı olma, yol yüzeyinde ise sertleşme özelliği göstererek, deformasyon tehlikesini ve su karşısında soyulmadan doğacak sakıncaları ortadan kaldırebilmektedirler. Katbek asfaltın içinde bulunan benzin ve gazyağı gibi sıvı damıtık malzemeler, malzemeyi yerine serme işlemi tamamlandıktan sonra buharlaşırlar. Geriye penetrasyon derecesi bilinen asfalt çimentosu kalır.

Katbekler, yakın zamana kadar ekonomik olmaları ve yüksek işlem ısısı gerektirmemeleri nedeniyle çok sık kullanılmaktaydı. Ancak bugün için petrol ürünlerinin çok pahalı olması, katbeklerin yanmaya elverişli oluşları yani yangın riski oluşturmaları ve hava-çevre kirliliğine neden olmaları gibi sebeplerle kullanımı azalmaktadır. Katbeklerin yerine asfalt emülsiyonlarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

- Çabuk Kür Olan (RC) Sıvı Petrol Asfaltları (Katbekler):

Asfalt çimentosunun, benzin veya nafta ile karıştırılması suretiyle elde edilen sıvı asfaltlardır. Genellikle, 75-100 penetrasyonlu asfalt çimentosu ile karıştırılan bu damıtık malzemelerin kaynama sıcaklığı 121-204 °C (250-400 °F) arasındadır. Bu yüzden buharlaşma hızlı olmakta ve dolayısıyla sıvı petrol asfaltı hızlı bir şekilde kür olmaktadır. Çabuk kür olan (RC) sıvı petrol asfaltlarının kıvam derecesi, asfalt çimentosuna katılan çözücünün miktarına bağlıdır. Bu tip sıvı petrol asfaltlarında kür olma çabuk olduğu için,

soğuk iklimlerde ve karışımın özellikle çabuk karıştırılmasının gerekli olduğu durumlarda kullanılması uygundur.

- Orta Hızda Kür Olan (MC) Sıvı Petrol Asfaltları (Katbekler):

Gazyağı gibi kaynama sıcaklığı 163-279 °C (325-535 °F) aralığında olan damıtık maddelerle akışkanlaştırılmış asfalt çimentolarıdır. Kullanılan bu damıtık maddelerin kaynama noktaları, çabuk kür olan katbeklerde kullanılan damıtık maddelerin kaynama noktalarına göre daha yüksek olduğu için; bu tip sıvı petrol asfaltlarının kür olma hızı, çabuk kür olan tipe göre daha düşüktür.

Orta hızda kür olan (MC) sıvı petrol asfaltlarının akıcılığı, çözücü miktarının kontrol altında tutulmasıyla ayarlanabilir. MC-70 hacimce %45'ten fazla çözücü içerirken, MC-3000 %20'den az çözücü içermektedir.

- Yavaş Kür Olan (SC) Sıvı Petrol Asfaltları (Yol Yağları):

Yavaş kür olan sıvı petrol asfaltları; ya asfalt çimentosunun kaynama noktası yüksek bir yağ ile karıştırılmasından, ya da doğrudan doğruya ham petrolün damıtılmasından elde edilirler. Bu ürünlerin sertleşmesi ve prizini alması (kesilmesi, kür olması) çok yavaştır. Bu malzemeye bazen yavaş kür olan yağ veya yol yağı da denilmektedir. Asfalt çimentosundan daha sıvı, fakat çok hafif dereceli motor yağlarından daha viskozduurlar.

Yavaş kür olan (SC) sıvı petrol asfaltlarında, kullanılan asfalt çimentosunun penetrasyonu diğer tiplerde olduğu gibi sabit değildir.

- Asfalt Emülsiyonları:

Geniş anlamda emülsiyon; birbiri içerisinde çözünemeyen iki sıvıdan birinin diğeri içerisinde kürecikler halinde homojen olarak dağılmasıdır. Asfalt çimentosunun, suya karıştırılmasıyla elde edilen ve emülsiyonlaştırıcı denilen sulu solüsyon içerisinde, küçük kürecikler halinde dağılmasıyla oluşan karışımlara "Asfalt Emülsiyonları" denilmektedir.

Emülsiyon içerisinde dağılmış olan bu asfalt çimentosu kürecikleri, elektriksel yükleri nedeniyle, su buharlaşana kadar ya da emülsiyon kesilene kadar birleşmezler. Küreciklerin birleşmemesini yani küreciklerin elektrikselliğini, asfalt emülsiyonu içerisindeki “Emülgatör” adı verilen emülsiyonlaştırıcı katkıları sağlar. Bu katkıları, asfalt emülsiyonu yola serildiğinde, tozlar ve yoldaki taş elemanları tarafından emilir. Suyun da buharlaşmasıyla asfalt çimentosu kürecikleri bir araya toplanır. Bu olaya “Emülsiyonun Kesilmesi” denilmektedir. Küreciklerin tekrar bir araya gelmesiyle oluşan asfalt çimentosunun, agregalara yapışması sonucunda kaplama asfaltı meydana gelir.

Asfalt emülsiyonları, katbek asfaltlarına benzer şekilde, kesilme hızlarına göre üç tiptir. Bu tipler: Çabuk kesilen (RS), orta hızda kesilen (MS) ve yavaş kesilen (SS) asfalt emülsiyonlarıdır. Bu sembollerin yanına gelecek rakamlar ise asfalt emülsiyonunun kıvamını yani viskozitesini gösterir. (RS-1, MS-2 gibi.)

Emülsiyonlaştırıcı katkıları ya da diğer adıyla emülgatörler genel olarak; yağlı sabunlar, reçineli asitler, donyağı türevleri, zambak ve jelâtinlerden ibarettir. Katyonik grupların bazıları aynı zamanda yağ damıtık maddelerini de içermektedir. Asfalt emülsiyonlarında asfalt çimentosu içeriği %55-70 arasındadır. Emülsiyonlar asfalt çimentosuna uygulamada sıvı formda olma veya normal sıcaklıklarda karıştırılabilme olanağı sunarlar. Asfalt emülsiyonlarında kullanılan asfalt çimentosunun penetrasyonu genellikle 100 ile 200 arasında değişmektedir.

Yol üstyapılarında kullanılan asfalt emülsiyonları emülgatörün cinsine bağlı olarak da şu sınıflara ayrılmaktadır:

- 1- Anyonik asfalt emülsiyonları
- 2- Katyonik asfalt emülsiyonları

Anyonik asfalt emülsiyonlarında, asfalt çimentosu kürecikleri negatif elektrik yüküyle yüklüdür. Bu tipteki emülsiyonlar, kireçtaşı gibi elektro-pozitif tabakalı agregalarda oldukça etkilidir. Diğer yandan bu tip emülsiyonlar kuvvetli elektronegatif yüzey yükleri

içeren silikalı agregalardan soyulma eğilimi gösterirler. 1957'den önce emülsiyonların tamamı anyonik asfalt emülsiyonuydu. Bu tarihten sonra asfalt çimentosu küreciklerinin pozitif yük taşıdığı katyonik emülsiyonlar kullanılmaya başlanmıştır. Katyonik emülsiyonlar yüksek silisli agregalar üzerinde oldukça etkilidir. Fakat kuvvetli pozitif yüzey yükleri içeren yüksek alkalimli agregalardan soyulmaya sebep olabilmektedirler. Sonuçta; katyonik asfalt emülsiyonlarının agregalarla daha uygun ve daha geniş bir kullanım alanına sahip olduğu söylenebilir (Woodbridge vd 1991).

Ayrıca; katyonik emülsiyonlar, agreganın yüzeyindeki suyun yerini değiştirmek suretiyle, ıslak agregaya ile anyonik emülsiyonlara göre daha iyi bir aderans sağlarlar. Bunun sonucu olarak kaplamanın düşük sıcaklıktan ve nemden daha az etkilenmesini sağlarlar. Böylece katyonik emülsiyon kullanımıyla, kaplamanın ömrü uzatılabilir ve yağmurdan daha az etkilenmesi sağlanmış olur (Ertekin 2003).

2. Katranlar

Katranlar; “zift ile hafif ve ağır yağların, doğal veya yapay karışımı” olarak tanımlanabilir. Petrol ürünlerinin yaygın kullanımı başlamadan önce en çok kullanılan bitümlü malzeme, kömür veya odundan elde edilebilen katranlardı. Katranlar, ham katranlar ve yol katranları olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Ham katranlar, genellikle ham maden kömürünün karbonizasyonu sırasında çıkan buharların yoğunlaştırılmasıyla bir yan ürün olarak elde edilirler. Kömür kökenli olan ham katranın ikinci bir damıtma işleminden daha geçirilmesiyle de yol katranları elde edilmektedir.

Günümüzde yol yapımında rafineri katran/bitüm karışımları, düşük sıcaklıklarda imal edilerek yüzeysel kaplamalarda kullanılır. Genel olarak, katranın bitümlü karıştırılmasıyla agreganın daha fazla ıslanarak adezyonunun arttığı düşünülmektedir. Bu sebeple, katran/bitüm karışımları bazı yol yapımından sorumlu kuruluşlar için popülerliğini sürdürmektedir (Whiteoak 1990, Rivett ve Frankland 1992).

2.6.4 Yol malzemesi olarak modifiye bitüm ve özellikleri

Modifiye bitümler, kimyasal bir madde kullanılarak özellikleri değiştirilmiş bitümlü bağlayıcılardır. Bu bölümde yol malzemesi olarak modifiye bitümler ve özelliklerinin incelenmesi aşağıda belirtilen alt başlıklar kapsamında incelenmektedir. Bunlar;

- 1) Bitümlü Bağlayıcıların Modifiye Edilme Nedenleri
- 2) Bitümlü Bağlayıcıların Modifikasyon Yöntemleri
- 3) Bitüm Katkı Maddelerinde Aranılan Özellikler
- 4) Modifiye Bitümlerde Aranılan Özellikler
- 5) Bitüm Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması
- 6) Modifiye Bağlayıcıların Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneyler
- 7) Modifiye Bitümlerle Üretilen Yüzeysel Kaplamaların Serilmesi ve Sıkıştırılması
- 8) Modifiye Bitümler İçin Maliyet Performans İlişkileri

2.6.4.1. Bitümlü bağlayıcıların modifiye edilme nedenleri

Bitümlü bağlayıcılar ve bitümlü karışımların modifiye edilmeleri ile en genel anlamda; yol üstyapılarının yüksek yol sıcaklıklarında yeterli rijitliğe sahip olarak, oluklanma ve ötelenme gibi deformasyonlara karşı dirençli olması, düşük yol sıcaklıklarında da yeterli esnekliğe sahip olarak çatlamalara ve kırılmalara karşı dirençli olmaları amaçlanmaktadır (Bahai vd. 1999, Knöbig 1999, Vonk ve Hartemink 2002). Ayrıca; kaplamanın trafik yükleri altında yorulma nedeniyle meydana gelen çatlamlar ile su etkisiyle meydana gelen soyulmalara karşı dirençli olması ve kaplama yüzeyinde istenilen seviyede kayma direncinin elde edilerek sürüş emniyetinin sağlanması da yine amaçlanan hedeflerdendir (Çelik 2000, Newman 2004).

Modifiye bitümlerin kullanım amaçları aşağıda özetlenmiştir;

1. Üstyapı çatlaklarını ve tekerlek izinde oturmaya azaltmak (Robinson ve Taylor 1995, Knöbig 1999),

2. Yapım sıcaklıklarında viskoziteyi düşürmek,
3. İşlenebilirliği ve sıkıştırmayı iyileştirmek,
4. Üstyapının dayanımını ve stabilitesini artırmak (Bahai vd 2001),
5. Üstyapının aşınma dayanımını iyileştirmek ve agrega kopmasını azaltmak (Bahai vd 2001),
6. Kaplamanın düşük sıcaklık çatlaklarını azaltmak (Bennert 2003),
7. Marjinal asfalt çimentolarının kalitesini yükseltmek,
8. Yaşlanmış asfalt bağlayıcıyı tekrar gençleştirmek,
9. Marjinal agregaların kullanımını sağlamak (Woodbridge 1991),
10. Asfalt bağlayıcının ömrünü uzatmak,
11. Yapışmayı iyileştirmek,
12. Geliştirilmiş çatlak dolgusu sağlamak,
13. Yakıt döküntülerine karşı dayanım artışı sağlamak,
14. Yaşlanmaya ve ya da oksidasyona karşı dayanım artırmak,
15. Kaplamanın tüm performansını geliştirmek (Cleven 2000, Orhan 2005),
16. Tekrarlı yükler altında yorulma mukavemetini artırmak ve bunlara bağlı olarak adezyon iyileştirmek (Giannattasio 1999, Çelik 2000, Topal vd 2004),
17. Yaşlanmayı yavaşlatmak (Topal vd 2004).

2.6.4.2. Bitümlü bağlayıcıların modifikasyon yöntemleri

Katkı maddelerinin kullanım yöntemleri “Modifikasyon” işlemi genel olarak iki türlü yapılabilmektedir. Bunlar:

- 1- Katkı maddesi bitüme katılarak, “modifiye bitüm” elde edilir.
- 2- Katkı maddesi, asfalt plentinde doğrudan doğruya bitümlü sıcak karışıma katılarak, “modifiye karışım” elde edilir (Cleven 2000).

Bitümün modifikasyonunda, modifiye bitüm çeşitli standart test yöntemleri uygulanarak bitüm özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Böylece, modifiye bitümün özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirmesi yapılabilmektedir. Ancak

bitümün modifiye edilmesi yönteminde, bu işlem için genellikle ek ekipmanlar gerekmekte, hazırlanan modifiye bitümün depolanması, taşınması gibi sorunlar söz konusu olmaktadır (Asfalt ve Uygulamaları 2001).

2.6.4.3. Bitüm katkı maddelerinde aranan özellikler

Bitümlü bağlayıcıların modifikasyonunda kullanılacak olan katkı maddelerinin uygulamada etkili, pratik ve ekonomik olması bakımından şu koşulları sağlaması istenir:

- 1- Kolay elde edilebilmelidir (Kuennen 2005),
- 2- Asfalt karışım sıcaklığında özelliğini kaybetmemelidir (Newman 2004),
- 3- Asfalt ile homojen olarak karışabilmelidir(Whiteoak 1990) ,
- 4- Asfaltın; yüksek karıştırma ve serme sıcaklıklarında, çok fazla viskoz hale gelmeden akışkanlığa karşı direncinin artmasını sağlamalıdır (Whiteoak 1990, Vonk ve Hartemink 2002),
- 5- Düşük sıcaklıklarda ise asfaltın çok kırılğan veya sert olmasını önlemelidir (Whiteoak 1990),
- 6- Maliyeti ekonomik olmalıdır (Whiteoak 1990).

2.6.4.4. Modifiye bitümlerde aranan özellikler

Bitümün modifikasyonunda kullanılacak katkı maddelerinin bitüm ile karıştırılmasından sonra, yine etkili, pratik ve ekonomik bir çözüm elde edebilmek için modifiye bitümden beklenen özellikler ise şunlardır:

- 1- Depolama, uygulama ve hizmet sırasında sahip olduğu özelliklerini korumalıdır,
- 2- Uygun ekipman ile işlenebilirlik özelliğine sahip olmalıdır,
- 3- Depolama, uygulama ve hizmet sırasında fiziksel ve kimyasal olarak stabil olmalıdır,
- 4- Normal uygulama sıcaklıklarında püskürtülebilme ve agregayı sarabilme akışkanlığını sağlayabilmelidir (Whiteoak 1990, Giannattasio 1999).

2.6.4.5. Bitüm Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması

Bitüm katkı maddeleri çeşitli biçimlerde sınıflandırılmaktadır. Katkı maddesinin tipini, örneklerini ve katkı maddesinin bitüm kıvamına etkisini gösteren genel bir sınıflandırma Çizelge 2.16 ' de verilmiştir.

Son yıllarda kullanımı oldukça artan modifiye bitümler konusundaki çalışmalar ve yayınlar da farklı tip katkı maddelerinin karşılaştırmasından katkı maddesi olarak polimerlere ilginin arttığı ve bitüm katkı maddeleri sınıflandırılırken polimerler temel alınarak, polimer olan katkı maddeleri ve polimer olmayan katkı maddeleri şeklinde sınıflandırıldığı görülmektedir (Hoban 1990, 1991, Asphalt ve Uygulamaları 2001). Bu biçimdeki bir sınıflandırmaya göre Bitüm Modifikasyon Tipleri Çizelge 2.17 ' da verilmektedir.

Türkiye' de değişik iklim şartları hüküm sürmektedir. Akdeniz iklimi Akdeniz ve Ege kıyılarını etkilerken, Doğu ve Orta Anadolu karasal iklimden etkilenmektedir. Bu yüzden Türkiye şartlarında, yolların servis süresini ve sürüş konforunu artırmak için hangi bitüm tipinin kullanıldığını belirtmek önemlidir. (Eribol ve Orhan 2004) Modifiye Bitüm Teknik Şartnamesinde dört tip modifiye bitüm yer almaktadır.(Çizelge 2.18) Çizelgeden seçim yapılırken, yolun yapılacağı bölgenin iklim koşulları göz önünde bulundurulur.

Üretilen modifiye bitüm, modifikasyon işleminden sonra Çizelge 2.18' de verilen değerlere uygun olmalıdır. Aşınma, binder veya yüzeysel kaplama tabakası yapımında hangi modifiye bitüm tipinin kullanılacağı Yetkili İdare' ce belirlenir. Projenin uygulandığı yere bağlı olarak aynı ihalede farklı modifiye bitüm tipleri kullanılabilir (Modifiye Bitüm Şartnamesi 2002).

Çizelge 2.16 Bitüm Katkı Maddelerinin Genel Sınıflandırılması (Asfalt ve Uygulamaları 2001)

Tip	Özellikler	Modifikatörlerin Asfalt Çimentosunun Kıvamına Genel Etkisi
1. Filler	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mineral Filler: Taş tozu, Kireç, Portland Çimentosu, Uçucu kül ▪ Karbon siyahı ▪ Sülfür 	Sertleştirme
2. Extender	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sülfür ▪ Lignin (Odun özü) 	Sertleştirme
3. Kauçuk a. Doğal lateks (Kauçuk ağacı özsuğu) b. Yapay lateks c. Blok copolymer d. işlenmiş kauçuk	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doğal kauçuk ▪ Stiren Butadien veya SBR • Stiren-Butadien-Stiren veya SBS ▪ Dönüştürülmüş kauçuk 	-
4. Plastik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Polietilen ▪ Polipropilen ▪ Etilen-Vinil-asetat, EVA ▪ Polivinil klorid, PVC 	Sertleştirme
5. Bileşim	<ul style="list-style-type: none"> • 3 ve 4 deki polimerlerin karışımı 	-
6. Fiber	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doğal: Asbest, Taş yünü ▪ Yapay: Polipropilen , Polyester, Fiberglas 	Sertleştirme
7. Oksidan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manganez tuzu 	Sertleştirme
8. Antioksidan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurşun karışımları ▪ Karbon ▪ Kalsiyum tuzu 	Yumuşatma
9. Hidrokarbon	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Yeniden kullanma ve gençleştirme yağları ▪ Sertleştirme ve doğal asfaltlar 	Yumuşatma veya Sertleştirme
10. Soyulma Önleyici	<ul style="list-style-type: none"> • Aminler ▪ Kireç 	Yumuşatma

Çizelge 2.17 Bitüm Modifikasyon Tipleri(Asfalt ve Uygulamaları 2001)

Modifikasyon Tipleri	Örnekler
a) <u>Polimer olmayan katkıyla modifikasyon</u>	
1. Fillerler	Kil, karbon siyahı, uçucu kül
2. Soyulma önleyici katkılar	Organik aminler ve amidler
3. Ekstenderler	Lignin, sülfür
4. Anti-oksidanlar	Çinko antioksidanlar, Kurşun antioksidanlar,
5. Organo-metal bileşimleri	Organo-manganez bileşimleri
6. Diğerleri	Organo-kobalt bileşimleri
b) <u>Polimer katkıyla modifikasyon</u>	
1. Plastikler (Plastomerler)	
a) Termoplastikler	Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polivinil klorid (PVC), Polistiren (PS), Etilen vinil asetat (EVA)
b) Termosetler	Epoksi reçineler
2. Elastomerler	
a) Doğal kauçuklar	Stiren bütadien kauçuk (SBR),
b) Yapay elastomerler	Stiren bütadien stiren (SBS),
	Isobütadien isopiren kauçuk (IIR).
3. İşlenmiş kauçuklar	
4. Fiberler	Polyester fiberler, Polipropan fiberler
c) <u>Kimyasal reaksiyon modifikasyonu</u>	Katkı reaksiyonu (bitüm+monomer), Vulkanizasyon (Bitüm+sülfür), Nitrasyon reaksiyonu (bitüm+nitrik asit)

Çizelge 2.18. Modifiye Bitüm Şartname Limitleri (Modifiye Bitüm Şartnamesi 2002)

Sıra No	Deneyin Adı	Standard	Şartname Limitleri			
			Tip-1	Tip-2	Tip-3	Tip-4
1	Penetrasyon (25°C,100 g, 5 sn) 0,1 mm min.	TS-118	20	20	40	60
2	Düktilite, 25°C' de (5cm/dak.)cm min.	TS-119	10	60	80	100
3	Yumuşama Noktası, (R/B)°C min.	TS-120	65-75	65-75	60-70	50-60
4	Fraass Kırılma Noktası, °C maks.	TS EN 12593	-8	-12	-15	-20
5	Elastik Geri Dönme (25°C), % min.	PrEN 13398	25	50	50	50
6	Parlama Noktası °C min.	TS 123	200	200	200	200
7	Özgül Ağırlık	TS 1087	1.0-1.1	1.0-1.1	1.0-1.1	1.0-1.1
8	Depolama Stabilesi	PrEN 13399				
8.1	Yumuşama Noktası farkı, °C maks.		4	4	4	4
8.2	Penetrasyon Farkı, °C maks.		5	5	8	8
9	İnce Film Halinde Isıtma Deneti (163°C' de 5 saat)	TS 121				
9.1	Kütle Kaybı, % maks.		1	1	1	1
9.2	-Yumuşama Noktasındaki artma, °C maks. -Yumuşama Noktasındaki azalma, °C maks.	TS 120	7 2	7 2	7 2	7 2
9.3	-Penetrasyondaki azalma, % maks. -Penetrasyondaki artma, % maks.	TS 118	40 10	40 10	40 10	40 10
9.4	Düktilite 25°C' de (5cm/dk) cm min.	TS 119	5	30	50	80
9.5	Elastik Geri Dönme (25°C), % min.	PrEN 13398	25	50	50	50

Modifiye bitüm, malzemenin serileceği bölgenin iklim koşullarına ve bitümlü kaplamanın tipine bağlı olarak belirlenir. Ancak Yetkili İdare' ce aksi belirtilmedikçe genel olarak Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü bölgelerde Tip-1 veya Tip-2; Karadeniz, Marmara, İç Anadolu, İç Batı Anadolu, Güney Doğu Anadolu' nun kuzey kesimlerinde ve Doğu Anadolu' nun batı kesimlerinde Tip-3; Doğu Anadolu' nun diğer kesimlerinde Tip-4 kullanılmaktadır.

2.6.4.6. Modifiye bağlayıcıların özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneyler

Normal bitümleri tanımlamak için yapılan deneylerin büyük bir kısmı modifiye bağlayıcıları da tanımlamak için kullanılabilir. Fakat belirli durumlarda deney yöntemlerinde bazı değişiklikler yapmak gerekir.

Bu bölümde kısaca aşağıdaki konular anlatılacaktır.

- Fiziksel ve Kimyasal Analiz Teknikleri,
- Modifiye Bitümlü Bağlayıcıları Karakterize Eden Geleneksel Göstergeler,
- Modifiye Bitümler İçin Özel Deney Metotları,
- Reolojik Deneyler ve Kırılmayı Karakterize Eden Mekanik Deneyler.

1) Fiziksel ve Kimyasal Analiz Teknikleri

Fiziksel ve kimyasal analizlerde polimer modifiye ve normal bitümün ikisini de analiz etmek için aynı cihazlar kullanılabilir. Bununla beraber, bu teknikleri kullanmak ve sonuçları değerlendirmek normal ve polimer modifiye bitümler arasında değişiklik gösterir.

- Kızıl Ötesi Spektrometre (Infrared Spectrometer)

Bu teknik bitüm içerisindeki oksitlenmiş kısımları araştırmada kullanılır. Polimer modifiye bitümde ise ilave edilen polimerin miktarını bulmada kullanılır. Miktarı tayin etmeye yönelik analiz, sadece absorpsiyon bandı bitümün absorpsiyon bandı ile girişim yapmayan polimerlerde mümkündür (Eribol vd 2002).

- Ayırma Kromatografisi (Exclusion Chromatography)

Ayırma Kromatografisi bitüm ve polimer gibi çok büyük molekül ağırlıklı karışımların ayrımında kullanılan yararlı bir tekniktir. Bu teknik eğer bitüm ve polimer arasında bir kimyasal reaksiyon oluşmamışsa, daha sonra Kızıl Ötesi Spektroskopisi ile hassas bir şekilde tanımlanabilecek polimer kısmı ayırmakta kullanılabilir. Bu teknik, anormal sıcaklık işlemleri sonucu oluşan bozulmaları ve polimerdeki herhangi bozulmayı da ortaya çıkarabilir (Eribol vd 2002).

- Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (Differential Scanning Calorimetry)

Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (DSC) modifiye bitümdeki kontrollü sıcaklık değişimleri sonucu oluşan endotermik ve ekzotermik etkilerin değerlendirilmesini sağlar. Modifiye bitümdeki olası etki temelde 2 türdür; termal kapasite camsı geçiş civarında değişebilir ve kristalize kısmın çözülmesi esnasındaki entalpi (tepkime ısısı) önemlidir.

Polimer/Bitüm karışımlarında genellikle polimerlerin camsı geçişi, polimer miktarına bağlı olarak, bitümünkinden farklı olarak oluşur. Bitümün camsı geçiş sıcaklığı 0 ° nin altında geniş bir sıcaklık aralığında bulunur, polibutadien için yaklaşık -80 °C polistiren için ise yaklaşık +100 °C' dir. DSC ise oluşan karışımın camsı geçişini belirler. Herhangi bir kristalleşme varsa, sisteme parafin ekleyerek karışımın kristalize kısmı tayin edilir (Eribol vd 2002, Claudy vd 1999).

- Damıtma Benzeşim Analizi (Simulated Distillation)

Damıtma Benzeşim Analizi, yüzeysel kaplamalarda polimer modifiye bitüm kullanıldığında, akışkanlaştırıcı maddelerin tanımlanmasında ve miktarının belirlenmesinde kullanılır. Bu teknik, kaplamadaki uçucu ürünlerdeki değişiklikleri izlemek için de kullanışlıdır (Eribol vd 2002).

- SARA (Saturated and Aromatic Hydrocarbons, Resins and Asphaltenes) Kısımlarına Ayırma

Yol yapımında kullanılan modifiye bitümlerin yapılarını belirlemek için kullanılan yöntemlerden biri geleneksel yöntem kolon kromatografisi, SARA Fraksiyonlarına Ayırma Tekniğidir. Fakat bu yöntem modifiye bitümün araştırılmasında daha az pratik öneme sahiptir. Çünkü modifiye bitümün ayrışmasında, daha çok çözücü maddeye ve çok uzun süreye gereksinim duyulmaktadır. Bu deney yine de polimerlerin reaksiyona girdiği kısımları tayin etmekte kullanılabilir (Eribol vd 2002, Eribol ve Orhan 2004).

- Şişmiş Polimer Fazı Ayırmak

Polimerlerin bitüm içerisinde vulkanize olmadığı durumlarda, bazı polimer bitümler sıcak santrifüj ile iki faza ayrılabilir. Bunun için numune 160° C de üç saat süreyle 10.000 devir/dak hızla santrifüje tabi tutulur. Bitüm içerisindeki yağ türü fraksiyonlar tarafından şişirilmiş olan polimerleri içeren faz en hafif fazdır. Sert ve kırılğan olan diğer faz ise polimer-serbest asfaltence zengin fazdır (Eribol vd 2002).

2) Modifiye Bitümlü Bağlayıcıları Karakterize Eden Geleneksel Göstergeler

- Penetrasyon Ölçümü

SBS içeren karışımların çoğunlukla 25°C' de penetrasyonunu takip etmek genellikle sorunsuz gibi görünür. Bu tür malzemeler için deneyin tekrarlanabilirliği, normal bitüm için olanla karşılaştırılabilir. Ancak bu tür analizler için sorunlu olan bazı modifiye bağlayıcılar vardır. Nitekim deney sıcaklığı erime veya kristalizasyon sıcaklık aralığında olan yüksek polimer içeren bağlayıcılarda, sonuç numunenin termal geçmişine ve esnekliğine bağlı olduğu bilinmektedir (Claudy vd. 1999, Eribol vd 2002).

- Bilye-Halka Yöntemiyle Yumuşama Noktası Tayini

Modifiye bitümün değişkenliği bu deneyin sonuçlarına etki edebilir. Bu deney her ne kadar hala polimer modifiye bitümlere uyan bir deney olarak görülüyorsa da, Bilye-Halka yöntemiyle bulunan Yumuşama Noktası, bitümlü karışımların yüksek sıcaklıktaki performansını değerlendirmede uygun bir kıstas olmamaktadır. (Eribol vd 2002)

- Penetrasyon İndeksi

Normal bitümlerin söz konusu olduğu durumlarda, beş ayrı sıcaklıktaki penetrasyon ölçümleri temelinde hesaplanan Penetrasyon İndeksi (P.I.), modifiye bitümlerin ortalama hizmet sıcaklığındaki termal hassasiyetini yeterince belirtmemektedir. Penetrasyon ve sıcaklık arasındaki ilişki, yüksek derecedeki modifikasyonlarda lineer olamayabilir (Eribol vd. 2002).

- Fraas Kırılma Noktası

Normal bitümler söz konusu olduğunda, bu deneyin yeniden üretilebilirliği orta derecededir ve deney plakasını hazırlamak için gerekli olan bağlayıcıyı tekrar ısıtmak iyi bir şekilde kontrol edilemediğinden, modifiye bitümlerle çalışmak daha da zor olmaktadır. Genellikle polimer modifiye bitümle, modifiye bitümü oluşturan normal bitümün Fraas Kırılma Noktaları arasında küçük bir fark vardır (Eribol vd 2002, Southern 1993).

- Döner İnce Film Etüv Deneyi (RTFOT) ile Sertleşirmeyi laboratuarda Gerçekleştirme

Normal bitümlerin karışım yapılması ve serilmesi sırasında ortaya çıkan sertleşmeyi değerlendirmenin bir yolu olarak RTFOT' nin geçerli olduğunu yapılan denemeler göstermiştir. Bu deneyin polimer modifiye tip bitümler için temsil yeteneği yoktur. Polimer modifiye bitümlerin yüksek viskoziteleri, karıştırma sıcaklığının 163°C' den büyük olabilmesi demektir. Bu durum da RTFOT deney standartlarına uymaz. Polimer modifiye bitümlerle, RTFOT yöntemi genellikle deney numunesinin uniform olmayan yaşlanması sonucunu verir. Bu durum, günümüzde dönen çelik çubukları bitüme ilave etme şeklinde yapılacak küçük bir değişiklikle çözülebilmektedir (Eribol vd 2002).

- PAV (Pressure Aging Vessel) ile Yaşlandırma

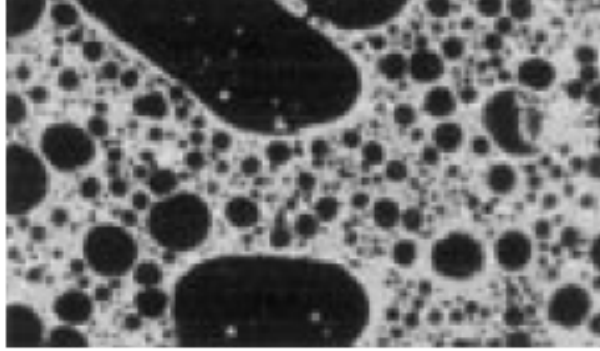
Polimer modifiye bağlayıcılara PAV (Basınçlı Yaşlandırma Hücresi) deneyini uygulamanın zorluğu yoktur. PAV aleti basınçlı yaşlandırma kabı ile fanlı etüvden oluşur. 2070 kPa basınç ve tasarım iklimine göre 90°C, 100 °C ve 110 °C sıcaklıklarda işlem yapılır. 20 saat sonra basınç kademeli olarak azaltılır. Daha sonra numuneler çıkarılarak 163°C etüvde 30 dak bekletilerek içinde hapsolan hava uzaklaştırılır ve numuneler kullanılmak üzere saklanır (Eribol vd 2002).

3) Modifiye Bitümler İçin Özel Deney Metotları

Modifiye bitümler için uygulanmakta olan özel deney metotları aşağıda belirtildiği üzere 2 türdür. Bunlar; “Mikroskopla İnceleme Tekniği” ve “Depolama Stabilitesi Deneyleri” dir.

- Mikroskopla İnceleme Tekniği

Polimer ve bitüm fazlarının dağılım durumunu değerlendirmek için en çok kullanılan teknik Floresan Mikroskoptur. Bu mikroskopla inceleme, içerisine ilave edildiği bitümün bazı kısımlarınca şişirilen polimerlerin Ultra-Violet ışıktaki floresan özellik göstermesi esasına dayanır. Bitüm kısmı siyah renkli olarak kalırken, polimer kısımlar sarı-yeşil renkte ışık yayar. Polimer modifiye bir bitümün mikro yapısının floresan mikroskoptaki görünüşü Şekil 2.7’ de görülmektedir (Eribol vd 2002, Wegan ve Brule 1999).



Şekil 2.7. Polimer Modifiye Bir Bitümün Mikro Yapısının Floresan Mikroskopta Görünüşü (%7 SBS ile modifiye edilmiş bitüm, gözlenen bölge 0,2x0,4 mm) (Wegan ve Brule 1999)

- Depolama Stabilitesi Deneyi

Bu deneyin esası, sıcak bağlayıcıyı belirli bir süre düşey bir alüminyum tüpte bekletmek, hızla soğutmak ve üç parçaya ayırmaktır. Herhangi bir faz ayrımı, tüpün alt ve üst kısmından kesilen numunelerin belirli karakteristiklerinin (öncelikle yumuşama noktası)

arasındaki fark ile değerlendirilir. Bu deney, modifiye bitümün nakli ve depolanması sırasında alınacak önlemlerle ilgili önemli bilgileri sağlamaktadır (Eribol vd 2002).

4) Reolojik Deneyler ve Kırılmayı Karakterize Eden Mekanik Deneyler

- Viskozite

Kullanılacakları koşullar altındaki uygunluğunu kontrol etmek için modifiye bitümlerin viskozitesini bilmek önemlidir. Viskozite genelde 135°C’ de tayin edilir; fakat bazı modifiye bitümlerin daha yüksek sıcaklıklarda deneye tabi tutulması gerekmektedir.

- Kompleks Modül

Değişik dinamik reometreler, modifiye ve normal bitümler için aynı ölçüde uygundur. Birbirine sarılmış iki fazın karışımından oluşan polimer modifiye bitümlerde kompleks ölçüt, karakteristiklerine bağlı olarak bitüm ve şişmiş polimer fazın düzenlenmelerinden nispeten etkilenmez görünür.

Reolojik araştırmalar altındaki polimer bağlayıcı, erime veya kristalizasyon noktaları arasındaki bir sıcaklıkta deneye tabi tutuluyorsa, ölçülen karakteristikler numunenin aşırı soğutma sonucundaki termal geçmişine bağlı olabilir (Clauy vd 1999, Eribol vd 2002).

- Kiriş Bükme Reometre Deneyi

Bu deney çubuk şeklindeki bir numuneye, sabit sıcaklıkta, sabit bir yük uygulamak ve kirişteki deformasyona karşı yükleme zamanını ölçerek uygulanır. Deney normal bitümler ve modifiye bitümler için aynı uygunluktur.

- Elastik Geri Dönme

Elastik geri dönmeyi belirtmek için kullanılan en uygun yol, düktilite cihazını kullanmaktır. Bazı ülkeler tarafından standartlaştırılan ve Avrupa Standartları için önerilen bu deneyde, bağlayıcı 20 cm çekilerek uzatılır ve derhal kesilerek 2 parçaya ayrılır. Bu iki

parçanın (30-60 dakika) bekleme süresinden sonra uzunlukları ölçülür. (Deney için uygun sıcaklıklar 10°C, 17°C veya 25°C seçilebilir).

- Direkt Çekme Deneyi

Bu deneyin temeli, bir numuneyi bir seri sıcaklıkta, sabit oranda bir uzamaya tabi tutmak ve belirli uzamaya gelmesi için gereken yükü ölçmektir. Böylece bu deneyle numunenin çekme özellikleri belirlenir. Diğer bir değişle, verilen sıcaklık ve uzama hızına bağlı olarak, akma ve kırılma noktasındaki gerilme-deformasyon değeri belirlenir.

- Force Düktilite Deneyi

Elastomer modifiye bitümlerde uzamaya karşı dirençteki artışı görmek için birçok deney vardır; ancak bunların içinde en gelişmiş ve pratik olanı Force Düktilite Deneyi' dir. Bu deneyde numune, belirlenen sıcaklık ve 50 mm/dak sabit hızda, kopana kadar ya da belirlenen uzunluğa kadar ya da belirlenen çekme kuvvetine kadar çekilir. Uzama işlemi boyunca, uzama ve çekme kuvveti sürekli ve eş zamanlı olarak ölçülür ve kaydedilir. Uzama işlemi boyunca belirlenen limite kadar numunede oluşan deformasyon enerjisi, uzama mesafesi üzerinden çekme kuvvetinin alan integrali olarak belirlenir (Eribol vd 2002).

- Pandül Darbeli Kohezyon Deneyi

Bu deney, özellikle “yüzeysel kaplama” da kullanılacak olan modifiye bitümler için iyi bir belirleyicidir. Deneyden çıkan sonuçları trafik simulatör ile ilişkilendirmek mümkündür.

Pandül darbeli bu deneyin prensibi, ince bir bağlayıcı filminin bir darbe sonucu kırılmasını sağlamaktır. Deney 5-70°C arasındaki farklı sıcaklıklarda yapılır ve bu sıcaklıklardaki kırılma enerjisi değişimi kaydedilir.

2.6.4.7. Modifiye Bitümlerle Üretilen Yüzeysel Kaplamaların Serilmesi ve Sıkıştırılması

Modifiye bitüm ile üretilmiş yüzeysel kaplamalar; karıştırma ve sıkıştırma sırasında, geleneksel bağlayıcıyla üretilmiş tabakalarla mukayese edildiğinde farklı mekanik davranışlar gösterirler. Farklılıklar modifikasyonun tipine bağlıdır ve her malzeme için aynı açıklamanın getirilmesi mümkün değildir (AIPCR/PIARC1999).

Modifiye bitümler aynı sıcaklıktaki geleneksel bitümlerden daha yüksek viskoziteye sahiptirler. Bu nedenle serim ve sıkıştırma sırasında daha yüksek bağlayıcı sıcaklığı gerektirirler. Bu sebepten dolayı nakliye süresinin uzun olmaması önerilir (Southern 1993).

Polimer modifiye bitümlerle imal edilen kaplamalarda silindirme esnasında, lastik tekerlekli silindir kullanılması durumunda tekerlekler bitüm yapışması ve agrega sökülmesi riski vardır. Bu tür kaplamaların çelik bantlı silindirlerle sıkıştırılması tercih edilmelidir (Southern 1993).

Unutulmamalıdır ki, yapılan bir hatanın serme işleminden sonra, tamiri normal bir serme operasyonundan daha zor olacaktır. Bu nedenle geleneksel yöntemlere göre polimer modifiye bitümle çalışıldığından, serme ve sıkıştırma esnasında bütün aşamalar çok iyi kontrol edilmelidir.

2.6.4.8. Modifiye bitümler için maliyet performans ilişkileri

Esnek üstyapıların çoğunluğunda, geleneksel bitümlü malzemeler istenen düzeyde performans sağlamaktadır (Wood 2000). Bununla birlikte, her geçen gün ticari araç sayısı ile yola etkiyen dingil ağırlıklarında bir artış gözlenmekte olup, bu artışın devam edeceği açık şekilde görülmektedir. Karayolu Mühendislerinin bu artan sorunlarla başa çıkabilmesini sağlamak amacıyla, günümüzde geniş bir modifiye bitüm seçeneği bulunmaktadır (Bahai vd 2001).

Geliştirilmiş bir üstyapı ürününün üstyapı mühendislerinin güvenini kazanması için ekonomik olduğunun ispatlanmış olması gerekmektedir. Karayolu yatırımlarının karşılaştırılmalarında kullanılan analiz yöntemlerine göre yeni inşaat ya da bakım masraflarının bütün maliyetler ve hizmet süresi içerisindeki faydalar, bugünkü değerleri temel alınarak kıyaslanır (Whiteoak 1990, Bridgwater and Broadbridge 1990).

Polimer modifiye bitümlerin normal bitümler ile ekonomik karşılaştırılmasında hizmet ömrü maliyeti sapma ilkelerinin uygulanmasının özellikle uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Değerlendirilen modifiye malzeme %7' lik ıskonto oranında kullanılarak, net tasarrufun % 20' nin üzerinde olduğu kanıtlanmıştır. Kullanıcı maliyetleri ile kazalar da dikkate alındığında, tasarruf değeri % 45' in üzerine çıkmaktadır (Whiteoak 1990).

Modifiye bitümlerin kullanımı, üstyapının sürekli bozulan bölgelerinde gereken bakım sıklığının seyrekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Aynı zamanda zor alanlarda yapılacak bakım çalışmaları arasında çok daha uzun bir hizmet ömrü sağlamaktadır (Karayolu Bakım El Kitabı 1998).

Modifiye bitümlerden en ekonomik şekilde yararlanmak için, bu bitümlerin yüksek kaliteli agregalarla kullanılması gerekmektedir. Böylece özel uygulamalarda ya da yorulma ve deformasyona yüksek direnç gerektiren alanlarda en optimum fayda sağlanacaktır (Newman 2004).

2.6.5. Yüzeysel kaplamalarda agrega ve modifiye bitümün suyun tesiri altında yapışma yeteneği

2.6.5.1. Agregada ve bitümün yapışması

Bitümlü kaplamaların, uzun ömürlü olmasını sağlayan önemli faktörlerden biri, agrega ile bitüm arasındaki yapışmadır (adezyon). Yol yüzeyinde oluşan bozulma nedenleri genellikle yapışmanın yeterli olmamasından kaynaklanır (Lancaster vd 1995)

Bazı şartlar altında su, bitümü agregadan ayırır ve bu olay başladıktan sonra trafik nedeniyle hızlanır. Agregaya, bağlayıcı ile tamamen sarılmış ise, soyulma kuşkusuz daha zor olur. Bu bakımdan, bitümlü karışım ve yerinde karışım tipi kaplamalarda soyulma, agreganın bağlayıcı ile kısmen temasta olduğu yüzeysel kaplamaya göre daha azdır. Soyulma, soyulmayı önleyici katkı malzemelerinin, bağlayıcıya küçük miktarlarda katılmasıyla önlenebilir. Bu katkı malzemelerinin maliyeti, kaplamanın toplam maliyeti içinde küçük bir yer tutmaktadır (Arıkan 1997, Balta 2004).

Bitümün agregaya yapışması bir yüzey olayıdır. Bu yapışma, her iki malzemenin birbirleri ile yakın temasına ve karşılıklı olarak yüzeylerinin birbirini çekmesine bağlıdır (Lancaster vd 1995).

Agregalar, az veya çok hidrofilik (kolayca su ile kaplanabilen) özelliğe sahip malzemelerdir. Bitümün ise su ile birleşmesi söz konusu değildir. Diğer taraftan birçok agregaya, aynı zamanda bitüm tarafından da çekilir. Eğer agregaya yüzeyi, ince bir su tabakası ile kaplanmış ise bitüm, agregaya parçacığını kolaylıkla kaplayabilecek, ancak bitüm, ince su film tabakası ile yer değiştirmedikçe agregaya yüzeyine yapışmayacaktır. Bitüm benzer şekilde, toz kaplı bir agregayı da, agregaya yüzeyine yapışma olmaksızın kaplayabilir (Arıkan 1997).

Bitüm bir hidrokarbon ürünüdür, sudan ve birçok agregadan çok daha düşük bir yüzey gerilimine sahiptir. Bu nedenle su, agregaları bitümden çok daha kolay ıslatır ve kuru bir agregayı kaplamış bitüm ile su, çok kolay yer değiştirir.

Agregaların yüzey dokusu, porozite ve absorpsiyon özellikleri de yapışmayı etkiler. Düzgün yüzeyli agregalar, pürüzlü bir yüzeye sahip agregalar kadar bitüm tabakasını iyi bir şekilde tutmaz. Bitümü absorbe eden gözenekli daneler ise, bitüm tabakasını düzgün yüzeyli danelerden daha iyi tutar.

2.6.5.2. Soyulma

Agrega yüzeyi ile bitüm arasındaki yapıştırıcı bağın kırılması, soyulma olarak ifade edilir. Bitüm tabakası ile agrega yüzeyi arasına herhangi bir nedenle giren suyu, agrega yüzeyinin bitümden daha fazla çekmesi nedeniyle yapıştırıcı bağ kırılır. Bitüm, yapışma özelliğini kaybederek agregadan ayrılır. Bu ayrılmanın hızı, sıcaklık, agrega tipi, bitümün viskozitesi ve bileşimine bağlıdır (Balta 2004).

▪ Soyulma Nedenleri

Agrega yüzeyi ile bitüm arasındaki yapıştırıcı bağın kırılması demek olan soyulma, iki değişik biçimde başlayabilir.

1) Granüler temel ıslaksa veya aşağı tabakalardan kapilarite ile su geliyorsa, soyulma asfalt tabakasının alt kısmından başlayabilir. Su, soyulmaya yol açarak asfalt tabakasının içine işler ve böylece yolun taşıma kapasitesi düşer. Trafığın devam etmesi neticesinde, çatlaklar oluşur ve daha ileriki aşamalarda, asfalt kaplama parçalanmaya başlar. Bu tip soyulmanın tespit edilmesi oldukça zordur. Bağlayıcısız granüler temelin drenajının yapılması sağlanamıyorsa, asfalt tabaka için soyulma önleyici bir katkı malzemesi kullanımı tavsiye edilmektedir.

2) Soyulma yüzey tabakasında başlayabilir. Aşınma tabakası suya doyduğu zaman araçların tekerlekleri suyu, tekerin ön kısmında yüzeye doğru bastıracak, arka tarafında yukarı doğru çekecektir. Aşınma tabakasındaki boşluklarda, değişen basınç ile suyun bu şekilde pompalanması, soyulmayı başlatabilir. Harç, kaba agregalardan soyulur ve daha sonra bunlar yüzeyden kopar. Yüzey, suyu kolaylıkla absorbe eder ve böylece yoldaki bozulma gittikçe hızlanır (Arıkan 1997).

2.6.5.2. Polimer modifiye bitüm kullanarak soyulmanın önlenmesi

Asfalt kaplamalarda meydana gelen soyulmayı önlemek amacıyla, katkı malzemelerinin kullanımı birçok ülkede yaygınlaşmıştır. Katkı malzemesi kullanarak kaplamanın ömrü, ilk

maliyette yapılacak küçük bir artışla önemli miktarda yükseltilebilir. En etkin soyulma önleyici katkı malzemesi, yağlı diaminlerdir. Fakat bu çalışmada modifiye bitümün soyulmanın önlenmesi açısından yüzeysel kaplamaya katkısı irdelenecektir.

Yüzeysel kaplamada bağlayıcının en önemli özellikleri viskozite ve mekanik mukavemettir. Başka bir deyişle, bağlayıcı kusmamalı ve şişmemelidir. Bunun için yüksek viskozite gereklidir (Kuloğlu vd 2004). Bağlayıcı iyi bir taş tutuşu göstermelidir. Bitümü bağlayıcı polimerle modifiye edildiğinde agrega ile bağlayıcı arasındaki yapışma büyük ölçüde artar. Bu yüzden polimerle modifiye edilmiş bitümün imkân olduğu sürece yüzeysel kaplama yapılacak yollarda kullanımı tavsiye edilmektedir (Arıkan 1997, Giannattasio 1999, Vonk ve Korenstra 2004).

2.7.5. Bitüm modifikasyonu konusunda ülkemizde yapılmış olan bazı çalışmalar

2.7.5.1. Polyolefin katkılarla bitüm modifikasyonu

Bu çalışmada kullanılan malzeme, polimer grubu katkılarından polyolefinlerin düşük yoğunluklu polietilenler olarak adlandırılan etilen kökenli alt grubundandır. Çalışmada polyolefinler sınıfına katkı kullanmak suretiyle (bitümlü bağlayıcının ağırlıkça %8, %10, %12, %14 oranında) 75/100 ve 120/150 penetrasyonlu bitümlü bağlayıcılar, farklı karıştırma süreleri (3 dk, 15 dk), karıştırma sıcaklıkları (163°C, 185°C) ve 1200 devir/dk karıştırma hızında modifiye edilmiştir. Elde edilen bağlayıcıların özelliklerine göre polyolefinin etkilerini tespit edebilmek amacıyla, sırasıyla penetrasyon, ince film halinde ısıtma deneyi sonrası penetrasyon, yumuşama noktası ve düktilite deneyleri uygulanmıştır.

Çalışmada bitüm modifikasyonunda kullanılan polyolefinler, katıldıkları bitümlü bağlayıcının penetrasyon değerlerini düşürmüş ve yumuşama noktası değerlerini artırmıştır. Özellikle karışım sıcaklığının artırılması ve daha uzun karıştırma sürelerinde anlamlı sonuçlar vermektedir. Böylece elde edilen modifiye bitümlü bağlayıcının, sıcaklık değişimine olan hassasiyetinin azaldığı, dolayısıyla bitümlü kaplamalarda farklı sıcaklık ve yüklenme hızı aralıklarında kalıcı deformasyona ve kırılmaya karşı mukavemetlerinin artacağı belirtilebilir. Polyolefin ile bitüm modifikasyonunda, serme sıcaklıklarında

homojen bir dağılım elde edilememektedir. Karıştırma sıcaklığı ve süresi artırılmalıdır (Topal vd 2004).

2.7.5.2. SBS Kraton D 1192 polimeri ile bitüm modifikasyonu

Bu çalışmada 60/70 Penetrasyonlu saf bitüm % 2,5, % 3, % 3,5, % 4, % 4,5, % 5, % 5,5 ve % 6 oranlarında SBS Kraton D 1192 polimeri ile low-high shear silverson laboratuvar mikseri ile 150-180 °C sıcaklıkta karıştırılmıştır. Daha sonra; penetrasyon, yumuşama noktası, elastik geri dönme, viskozite, ince film halinde ısıtma kaybı ve dönmeli ince film halinde ısıtma kaybı deneyleri yapılır.

Yapılan deneyler sonucunda; artan SBS polimer oranları yumuşama noktasında belirgin bir artışa sebep olurken, penetrasyonda düşüşe sebep olmaktadır. Bu arada Fraas kırılma noktası sıcaklığı düşerken, modifiye bitümün elastomerik davranışları artan polimer oranları ile artmıştır. Viskozite testleri, davranış değişikliklerini görebilmek açısından 130 °C, 140 °C, 150 °C, 160 °C ve 170 °C' lerde yapılmış ve artan polimer oranlarında artış göstermiştir. İnce film halinde ısıtma kaybı deneylerinden sonra polimer oranlarında yumuşama noktalarında artış gözlenmiş, penetrasyondaki düşüş azalmış ve elastik geri dönmeye artış olmuştur. Yaşlandırmadan sonra viskozitelerde ise bir miktar artış gözlenmiştir (Eribol ve Orhan 2004).

Yapılan çalışmalar sonucunda, SBS polimer ilavesinin yaşlanmayı belli bir orana kadar azalttığı görülmüş ve bitümün düşük sıcaklıklardaki özelliklerini belli seviyeye kadar iyileştirdiği görülmüştür (Eribol ve Orhan 2004).

2.7.5.3. Epoksi reçine ile bitüm modifikasyonu

Bu çalışmada epoksi reçine ile modifiye edilen bitümler üzerinde kısa süreli yaşlanmanın etkisi araştırılmıştır. Saf bitüm üzerinde epoksi reçinenin etkilerini belirlemek amacıyla B 70/100 sınıfı bitüm ve dört farklı oranda (%0,75 - %1,0 - %2,0 ve %3,0) epoksi reçine kullanılarak hazırlanan modifiye bağlayıcılar üzerinde standart deneyler (penetrasyon, yumuşama noktası, duktilite, Fraas kırılma noktası ve özgül ağırlık)

uygulanmıştır. Dönel İnce Film Halinde Isıtma (RTFO) yöntemiyle yaşlandırılmış saf ve modifiye bağlayıcılardan elde edilen numuneler üzerinde yaşlanmanın etkisi tespit edilmiştir. Termogravimetrik Analiz (TGA) ile bütün bağlayıcıların yaşlandırmadan önce ve sonraki bozulma sıcaklıkları tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlardan %2,0 epoksi reçine modifiyeli bağlayıcının düşük ısı dayanımı ve elastikiyet özelliklerinin saf bağlayıcıya göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yaşlandırmadan ötürü epoksi reçine modifiyeli bütün bağlayıcıların yumuşama noktalarında meydana gelen artışın saf bağlayıcının bu değerinden az oluşu yaşlandırma nedeniyle modifiye bağlayıcılarda rijitlikteki artışın daha düşük değerlerde olacağını göstergesidir. Yaşlandırmadan sonra düktilitenin %2,0 epoksi reçine modifiyeli bağlayıcıya kadar artması ve Fraas kırılma noktası değerlerinin artan epoksi reçine oranıyla sürekli düşmesi epoksi reçinenin bitümün elastikiyetini arttırdığının göstergesidir. %3,0 ER kullanımı durumunda yaşlandırılmadan sonraki düktilite değerindeki azalış, epoksi reçinenin maksimum kullanım miktarının %2,0 olduğunu göstermektedir.

Düktilite, penetrasyon, yumuşama noktası ve Fraas kırılma noktası deney sonuçlarından yola çıkarak %0,75-%1,0-%2,0 oranında epoksi reçine kullanılması durumunda saf bağlayıcının elastikiyetinin artacağı, B 70/100 saf bitümünün kullanılması düşünülen uygulamalarda özellikle %2,0 epoksi reçine modifiyeli bağlayıcısının kullanılması durumunda düşük ısı çatlakları ve elastikiyet nedeniyle yorulma çatlakları açısından avantaj sağlanacağı düşünülmektedir (Ahmedzade vd. 2006).

2.7.5.4. Polivinil Klorür (PVC) ile bitüm modifikasyonu

Bu çalışmada %6, %9 ve % 12 PVC içeren AC 75/100 asfalt çimentosu numuneler hazırlanmıştır. Modifiye edilmiş bağlayıcılar üzerinde penetrasyon, düktilite, parlama noktası, özgül ağırlık ve yumuşama noktası deneyleri yapıp, katkısız AC' nin değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda PVC ile modifiye edilmiş asfalt çimentosu numunelerinde, PVC yüzdeleri arttıkça yumuşama noktası ve penetrasyon değerleri artmıştır. Parlama

noktası değerleri ise saf asfalt çimentosunun değerleri de aynıdır. Modifiye edilmiş asfalt çimentosunun duktilite değerleri, modifiye edilmemiş asfalt çimentosunun duktilite değerlerinden daha kuuktur. zgl ağırlık değerlerinde ise PVC katkılı AC numunelerinde duşuş gözlenmiştir (Ahmedov 1998).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Asfalt Çimentosu

Modifiye Bitüm üretiminde kullanılan asfalt çimentosu, T.C. Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiş olup, Tüpraş Kırıkkale Rafinerisi ürünü olup 50-70 penetrasyon değerine sahiptir.

Bitüm modifikasyonunda iyi bir performans sağlamak yolunda bitüm seçimi kolay bir görev değildir. Bitüm içerisindeki asfaltın miktarı, tipi ve molekül ağırlığı, belirli sıcaklıkta tek bir faza erismeyi belirler. Modifikatörün kendi kuvvetini kazanma mekanizmasına bağlı olarak, malten fazı kompozisyonu modifiye bitümün son halinin özelliklerini tayin eder.

Bu tez çalışmasında kullanılan bitümün, asfaltın ve malten içeriği deneysel imkânsızlıklardan ötürü bilinmemektedir. Bu malzemenin fiziksel özellikleri Bulgular ve Tartışma Bölümünde Çizelge 4.1' de toplu halde verilmiştir.

3.1.2. Modifiye edici madde

Modifiye bitüm üretiminde modifiye edici madde olarak Shell Chemicals Firması ürünlerinden "KRATON D 1101" ticari isimli "Stiren-Bütadien-Stiren (SBS) Blok Kopolimer" maddesi kullanılmaktadır. Bu katkı maddesi öğütülerek toz haline getirilmiş ve 20 kg'lık kağıt torbalarda ambalajlanmıştır. Çizelge 3.1' de bu çalışmada kullanılacak olan SBS' nin fiziksel, mekanik, elektriksel, termal ve üretim özellikleri bulunmaktadır. Bunların molekül ağırlıkları 80.000 ile 300.000 gr/mol arasında değişmektedir (Antalya-Alanya Yolu İnşaatı Modifiye Bitüm Üretim Raporu, 2006).

Çizelge 3.1. SBS' nin Fiziksel, Mekanik, Elektriksel, Termal ve Üretim Özellikleri (www.matweb.com 2007)

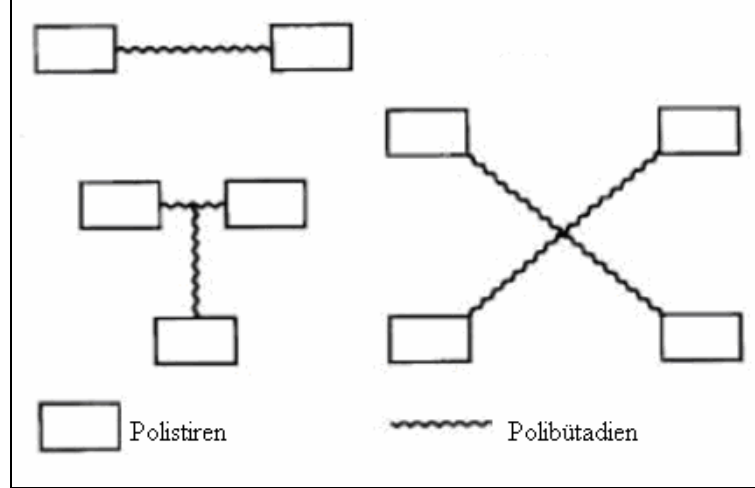
Fiziksel Özellikler	
Özgül Ağırlık	0,94 g/cc
Brookfield Viskozitesi	4000 cp
Erime Göstergesi	max.1 gr/10 dak
Mekanik Özellikler	
Sertlik	69
Çekme Dayanımı (max.)	31,72 Mpa
Kopma Anındaki Sünme	% 880 (8,8 cm/cm)
300% Modül (Basınç Katsayısı)	2,76 GPa
Elektriksel Özellikler	
Elektriksel Özdirenç	1e+014 - 1e+016 ohm-cm
Yalıtkanlık Gücü	11.81 - 39.37 kV/mm
Termal Özellikler	
Cam Sıcaklığı	-80 °C
Üretim Özellikleri	
Üretim Sıcaklığı	150 - 200 °C

Elastomerik Termoplastik (ısıtıldığında sıvılaşabilen ve işlenebilir) Polimer katkıların en çok kullanılanı SBS blok kopolimerleridir. Bunun en önemli sebebi SBS'nin; yüksek sıcaklıklarda doğal termoplastik davranış göstermesi ve düşük sıcaklıklarda elastomerik ağ şeklinde fiziksel çapraz zincir davranışı göstererek, sürekli ağ sağlayabilme yeteneğinin oluşudur. Uygun bir SBS içeriğinde, bitümde sürekli bir polimer ağ şekillenmesi olacak ve dolayısıyla bitümün viskoelastiklik ve sıcaklık hassasiyeti gibi önemli özellikleri SBS ile modifikasyon sayesinde olumlu yönde değişim gösterecektir (Simon vd. 1999, Eribol vd 2002, Vonk 2002).

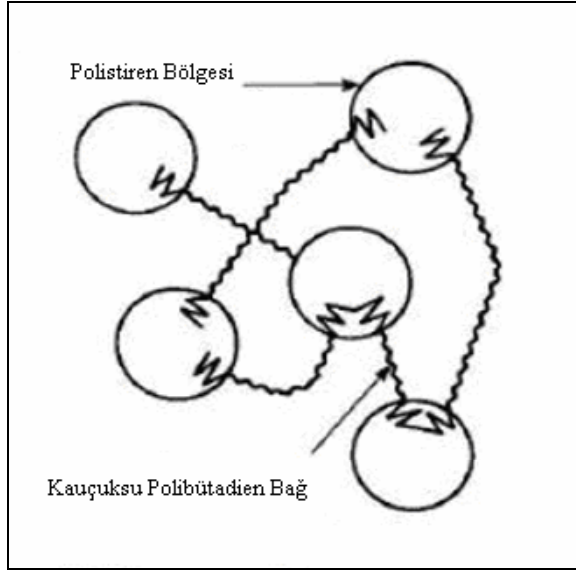
Stiren-Bütadien-Stiren (SBS) Blok Kopolimerlerinin başlıca yapısal özelliği bütün uçlarından polistiren (plastik) uç-bloklarıyla çevrelenen elastiki çekirdeklere (lineer ya da radyal polibütadien) sahip olmalarıdır. Bu blok yapısı ise maddeyi bir lastik haline getirir. Polimerin blok yapısı, fiziksel açıdan üç boyutludur (Vonk 2002).

Polistiren ve polibütadien birbirlerine karıştırıldıklarında tek fazlı bir karışım meydana getirmez, bu karışım su ve yağ karışımına benzer. Karıştırılıp bırakıldığında, zamanla tekrar 2 fazlı duruma döner. Oysa SBS’ de polistiren ve polibütadien monomerleri kimyasal olarak birleşirler, böylece makro düzeyde faz ayrılması meydana gelmez (Şekil 3.1). Ancak bu durum mikro düzeyde gerçekleşebilir; çeşitli moleküllerin stirenik uç- blokları birleşerek stiren bölgeleri oluşturabilir. Moleküllerin diğer uçlarında aynı durum gerçekleşir ve böylece üç boyutlu bir yapı ortaya çıkar (Şekil 3.2) (Vonk 2002).

Bu ürünü çözmek ve eritmek mümkündür; polistirenin camlaşma noktasının (100°C) üstündeki sıcaklıklarda tek moleküller molekül ağından kopabilir. Aynı durum uygun solventlerin kullanılmasında da geçerlidir. Aromatik bir madde olan stirenin molekülleri kendi yapısına uyumlu toluen gibi solvent maddeler eklendiğinde yapı kırılır. Sıcaklığın azalması ve solventin uzaklaştırılması halinde ise üç boyutlu yapı yeniden ortaya çıkar (Vonk 2002).



Şekil 3.1. Termoplastik Kauçuğun Faz Yapısı (Whiteoak 1990)



Şekil 3.2. Lineer ve Dallanmış Termoplastik Kauçuk (Whiteoak 1990)

Bitümler SBS ile karıştırılmaya elverişli maddelerdir. Bitüm ve SBS' nin hem ortalama çözünürlük parametreleri birbirine yakındır, hem de aromatik bileşikler olan bitümler, kullanım sıcaklıkları 70°C' nin altında olmasına karşın, 160°C' nin üstündeki sıcaklıklarda işlenirler. Bu durum, SBS' nin karıştırma sıcaklıklarında tek moleküller halinde bulunduğu, kullanım sıcaklıklarında ise bitüm içerisinde üç boyutlu (şişkin) bir yapı halinde bulunduğu anlamına gelir. Bundan dolayı, kullanım sıcaklığında iken önemli boyutta olan etkiler, karıştırma sıcaklığındayken sınırlıdır (Vonk 2002).

3.1.3. SBS ile bitümün karıştırma prosedürleri

SBS polimerler, genellikle gözenekli taneler biçiminde üretilir. Sipariş üzerine, gevşek parçacıklar ya da toz biçiminde üretilmesi de mümkündür. Bu alternatif biçimler, karıştırma işlemi açısından daha avantajlı olabilir, ama bunlar daha pahalıdır ve gevşek parçacıklar depoda daha çok yer kaplar. SBS ile bitümün karıştırılması temelde bir çözme işlemidir. İşlem genellikle 180°C-190 °C arası sıcaklıklarda yapılır ve bu sıcaklıkta saf polimer

sıvılaşacak derecede erimez. Polimer sıcak bitüme temas eder etmez bitümin asfaltten içermeyen bileşenlerini soğurmaya başlar. Bunun sonucunda stiren bölgeleri zayıflar ve zamanla tek moleküller molekül ağından koparak çözeltilmeye karışır. Polimerin parçacık hacmiyle çözünme hızı arasında direk bir ilişki olduğu açıktır. Eğer bitüme gözenekli taneler biçiminde üretilen SBS eklenirse, 2 maddenin tamamıyla çözünmeleri için 5 ila 8 saat düşük hızda (low-shear) karıştırılması gerekir. Ancak bu süre karıştırma işleminin için pratik açıdan genellikle çok uzun bulunur. Buna karşın azami boyutu 1200 mikron olan öğütülmüş ürünün kullanılması halinde, aynı koşullarda aynı bitüm içinde tam olarak çözünme süresi 2 saatin altına düşer. SBS' nin bu şekilde öğütülmüş çeşidi, basit karıştırma gereçlerinin kullanılmasını mümkün kılar.

Burada dikkat edilmesi gereken sadece 2 nokta vardır:

1. Bir seferde aniden çok miktarda SBS tozunun eklenmemesi gerekir,
2. Karıştırma esnasında SBS' nin bitümle temas etmeyen bölümlerinin bırakılmaması gerekir.

Eğer bu 2 noktaya dikkat edilmezse SBS parçacıkları topaklaşır ve çözünmesi saatler alacak tek bir büyük parçaya dönüşür.

SBS' nin bitüm ile çözünmesinde en yaygın olarak uygulanmakta olan üçüncü bir seçenek ise SBS' yi önceden yağda çözmek ve bitüm ile karıştırırken “muster-batch” i kullanmaktır. Yağlı konsantre 140°C' nin üzerindeki sıcaklıklarda sıvı halde olduğu için, karıştırma işlemi, çözünmeden çok bir eritme sürecine dönüşür ve parçacıkların hacmine daha az bağlı hale gelir. SBS' nin uygun bir yağdaki konsantrasyonu maksimum %25 civarında olduğundan, ilave edilen SBS' nin her %1' lik kısmı için %3 civarında yağ eklenmiş olur. Bu işlem için en uygun yağlar, fazla uçucu olmayan (çevre kirliliği ile ilgili nedenlerden dolayı), bu yüzden molekül ağırlığı ve dolayısıyla viskozitesi yüksek olan yağlardır. Bu durum maksimum konsantrasyon oranını azaltır. Viskozitesi yüksek yağlar bile bu oranda ilave edildiklerinde bitümü 2 kat yumuşatır. Bu durum, düşük sıcaklıklardaki performans açısından olumludur. Daha hafif yağların etkisi olumlu

performans açısından daha da büyüktür, ayrıca mukavemeti kalıcı olarak arttırabilir (Vonk 2002).

3.1.4. SBS ile bitümün karıştırma sonrası özellikleri

Polimer, bitümle güçlü karşılıklı etkileşimi nedeniyle, “yağlı bileşenleri”ni emerek, ilk hacminin on katına kadar şişer ve dolayısıyla nispeten küçük miktarlarda polimerle bağlayıcı vasıtasıyla kesintisiz bir üç boyutlu yapının elde edilmesi mümkün olur.

Modifiye bitümün özelliklerinin pek çok parametreye bağlı olduğu bilinmektedir. Bunların en önemlilerinden birisi asfalten miktarı ve yapısı, bir diğeri de polimer ve malten fazı çözünürlük parametreleri arasındaki farklılıktır. Hangi tip polimer kullanılırsa kullanılsın, çoğu bitüm karıştırma sonrasında iki fazlı bir yapı kazanır. SBS bitümlerle, özellikle de bitümlerin malten fazıyla son derece uyumludur; fakat diğer bütün polimerler gibi asfaltenlerle uyumlu değildir. Yalnızca düşük miktarda asfalten içeren bitümler (genel olarak %6’ nın altında) kullanıldığında 140°C’ nin üzerindeki sıcaklıklarda tek fazlı sistemler elde edilebilir. İki fazlı yapının varlığı yalnızca pratik bir sorun olmaktadır. Fazlardan biri daha çok asfalten içerir ve nispeten ağırdır, diğer faz daha çok polimer içerir ve nispeten hafiftir. Karışıma müdahale edilmezse fazlar ayrışır. Bu parçacıkların dağılımını homojen tutmanın yolu depolama tankını çalkalamaktır. Bunun dışındaki başka bir çözüm yolu ise reaktif uyumlaştırmadır. Örneğin, küçük miktarlarda kükürt ilave edilerek uyumlaştırma sağlanabilir. Ama kükürdün ilave edilmesiyle zehirli ve aşındırıcı bir gaz olan H₂S’ nin açığa çıktığı unutulmamalıdır.

Yağlı konsantre oluşturmak başka bir seçenektir; ama madde 3.1.2’ de belirtildiği gibi bazı dezavantajları vardır. SBS’ nin toz biçiminde doğrudan asfalt öğütücüsüne eklenmesi seçeneği ise Türkiye’nin iklim koşulları açısından pek uygun değildir. Ayrıca bu yöntem, parçacıkların tam olarak dağılmasını sağlayamaz.

İki ya da tek fazlı sistemlerin performansları, pratik bazı tahminler dışında önceden kestirilemez, bunlardan birinin daha iyi performansla sahip olacağı iddia edilemez; çünkü çok sayıda başka faktörler de etkili olmaktadır (Vonk 2002).

3.1.5. Agrega

Çalışmada Soyulma ve Yapışma deneylerinde kullanılan agrega numunesi İbradı Taş Ocağı'ndan temin edilmiştir. Agreganın fiziksel özellikleri ise Çizelge 3.2' de belirtilmektedir.

Çizelge 3.2 Kullanılan Agreganın Fiziksel Özellikleri

Özellikler	Deney Metodu	Ölçülen Değer	Ölçülen Değer
Aşınma Kaybı (Los Angeles), %	TS 3694 (ASTM C - 131)	23,2	35
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık (Donma Deneyi, Na ₂ SO ₄ ile) kayıp, %	TS 3655 (ASTM C - 88)	12	12
Kaba Agrega Su Absorpsiyonu, %	TS 3526	0,33	-
İnce Agrega Su Absorpsiyonu, %	TS 3526	0,75	-

3.2. Metot

Çalışmanın bu bölümünde modifiye bitümün üretim aşamaları, üretim sonrasında ise geleneksel bitüme ve modifiye bitüme uygulanan standart deneylerin yapılışından bahsedilecektir.

3.2.1. Modifiye bitümün üretimi ve üretim tesisleri

Termoplastik Elastomerlerle modifiye edilen bitümlerin sanayi ölçeğinde üretimi iyi kavranılmış ve iyi kontrol edilmiş bir işlemdir. Gerek ürün kalitesi, gerekse plant organizasyonu bakımından verimli üretim için yüksek hızda çalışan karıştırıcıların seçimi doğru bir seçimdir (Eribol vd 2002).

Bu çalışmada kullanılmakta olan modifiye bitüm üretimi, Karayolları Genel Müdürlüğü 13. Bölge Müdürlüğü ile MÖN İnşaat Ticaret Ltd. Şti. tarafından ortaklaşa kurulu bulunan Antalya - Alanya Yolu İnşaatı Elikesik Köyü Şantiyesinde yapılmaktadır. Şantiyede asfalt plentine ilave olarak 6 ton/saat kapasiteli modifiye bitüm tesisi kurulmuştur. Şekil 3.3' te Modifiye Bitüm Tesisi görülmektedir.



Şekil 3.3. Modifiye Bitüm Tesisi

Bu iki kuruluş tarafından hazırlanan modifiye bitüm ünitesi 8 tonluk iki tank, helezon konveyör, bir adet değirmen ve iki adet pompadan ibarettir. “Ek 7” olarak verilen modifiye bitüm ünite şemasından da görüleceği gibi; besleme tankında 160 C° ye kadar ısıtılan bitüm bir pompa vasıtasıyla 2 No.lu tanka alınır. Tanka alınan bitümün sıcaklığı 185 C° ye getirilir. Sıcaklığı 185 C° ye getirilen bitüm ile katkı maddesi aynı anda 1 No.lu tanka karıştırılmak üzere aktarılır. Bu işlem yaklaşık 10 dakika sürmektedir.

Tanka alınan Kraton D 1101 ve bitüm 45 dakika hem dikey (değirmenden geçirilerek) hem de tank içerisinde bulunan karıştırıcı ile yatay olarak 30 devir/dak hızında karıştırılır. Bu sürenin sonunda bütün karışım değirmenden geçirilerek 2 No.lu tanka aktarılır. İkinci

tanka alınan karışım, 10 dakika 30 devir/dak hızında karıştırıldıktan sonra ikinci kez değirmenden geçirilerek modifiye bitüm besleme tankına alınır.

Besleme tankına alınan modifiye bitüm bir pompa vasıtasıyla sirküle edilerek fazlaşması önlenmektedir.

Bu kuruluşlar modifiye bitüm üretimini stoksuz olarak günü gününe yapmayı uygun bulmaktadırlar. Bu şekilde yapılmakta olan üretime teknik olarak “Sürekli Üretim” denmektedir.

3.2.2. Asfalt çimentosuna ve modifiye bitüme uygulanan deneyler

Yapılan laboratuvar çalışmalarında genel olarak; “SBS” i bitüme %3, %4, %5 ve %6 oranlarında ilave etmek suretiyle, bitüm içerisinde hangi miktarda bulunmasıyla en doğru etkinin sağlanabileceği belirlenmeye çalışılmıştır.

Karayolları Genel Müdürlüğü 13. Bölge Müdürlüğü tarafından kurulmuş olan bir laboratuvar mevcut olup, bitüm ve modifiye bitüm ile ilgili deneyler bu laboratuvarda yapılmaktadır. Bitümlü bağlayıcılara uygulanan deneyler, bağlayıcının teknik şartnamelerde istenilen özelliklere uygun olup olmadığını belirlemek için yapılır. Aşağıda, bu çalışmada kullanılan deneyler anlatılmıştır. Bu deneyler;

- 1) Penetrasyon Deneyi (ASTM D 5-86, TS 118)
- 2) Düktilite Deneyi (ASTM D 113-86, TS 119)
- 3) Yumuşama Noktası Deneyi (Halka-Bilye Metodu), (TS 120)
- 4) Parlama ve Yanma Noktası Deneyi (TS 123)
- 5) Özgül Ağırlık Deneyi (ASTM D70, TS 1087)

3.2.1.1. Penetrasyon deneyi (ASTM D 5-86, TS 118)

Bitümlü bağlayıcıların kıvamlılığı “Penetrasyon Deneyi” ile tayin edilir. Penetrasyon; standart bir iğnenin belirli bir yük altında, belirli bir süre içinde, belirli sıcaklıktaki bağlayıcıya dikey doğrultuda batma uzunluğudur. Penetrasyon birimi 0,01 cm’ dir.

Penetrasyon cihazının 500' e kadar olan bitümlü bağlayıcılarda numuneye 25°C sıcaklıkta, 5 sn süreyle, 100 gr' lık bir yük uygulanmaktadır.

Deneyin Yapılışı:

Deneye tabi tutulacak bitümlü bağlayıcı numunesi, yumuşama noktası sıcaklığını geçmeyecek kadar ısıtılıp (maks. 90°C) kap içerisinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde iyice karıştırılır, sonra numune kabına aktarılır. Numune derinliği iğnenin tahmin edilen batma miktarından en az 10 mm daha fazla olacak şekilde numune kabına doldurulur. Numuneler 5-30°C ortam sıcaklığı olan bir yerde soğumaya bırakılır. Daha sonra numune kapları aktarma kabının içine konularak sabit sıcaklıktaki su banyosuna yerleştirilir ve 1-1,5 saat bekletilir.

İçinde numune kabı bulunan aktarma kabı penetrasyon cihazının tablası üzerine yerleştirilir. İstenilen ağırlık ile yüklenmiş iğne numune yüzeyine temas edecek şekilde ayarlanır. Bir ışıkla numune yüzeyi aydınlatılır. İğnenin ucu ve numunenin yansıma yüzeyi üzerinde uç uca temas edecek ama numuneye batmayacak şekilde malzeme deneye hazır hale getirilir. Daha sonra, ağırlık ile yüklü olan iğne 5 sn süre ile numunenin üzerinde serbest bırakılır ve bitümlü bağlayıcının içine batması sağlanır. (Şekil 3.4' te görülmektedir).

Numune üzerinde, kabın kenarına ve birbirine 1 cm' den daha yakın olmayan noktalardan, en az 3 deneme yapılmalıdır. Bu denemeler 2 dakika içinde yapılmalıdır. Yukarıdaki yöntemle bulunan ölçümlerin aritmetik ortalaması en yakın tam sayıya yuvarlatılır. Penetrasyon değeri belirlenmiş olur.



Şekil 3.4 Penetrasyon Deneyi Düzenegi

3.2.1.2. Düktilite deneyi (ASTM D 113-86, TS 119)

Düktilite Deneyi, bitümlü bağlayıcıların uzama kabiliyetlerini göstermektedir. Bitümlü bir maddenin düktilitesi; standart bir kapta hazırlanmış bir bitüm numunesinin her iki ucundan çekilerek uzatılması sonucunda koptuğu andaki mesafenin cm cinsinden ifadesidir. Deney $25 \pm 0,5$ °C sıcaklıkta $5 \pm 0,25$ cm/dk'lık çekme hızı ile gerçekleştirir.

Deneyin Yapılışı:

Deney yapılacak bitüm numunesi mümkün olan en düşük sıcaklıkta ısıtılarak akıcı hale getirilir. Daha sonra No. 50 elekten (297 mikron) süzülür. Yalnız, numunenin kalıba dökülmesinden önce kalıp düz bir pirinç levha üzerine oturtulur ve numunenin levhaya yapışmaması için tedbirler alınır (vazelinle yağlanır). Bitüm numunesi kalıbın üst seviyesini geçinceye kadar doldurulur. Kalıp içerisindeki numune 30-40 dk oda sıcaklığında bekletilir. Soğuduktan sonra da 25 °C'lik su banyosunda 30 dk bekletilir. Su

banyosundan çıkartılan numunenin kalıp üzerindeki taşan kısımları, ısıtılmış spatula ile kesilir ve bitüm numunesi ile kalıbın üst kısmı aynı seviyeye getirilir. Numune tekrar 25 °C' lik su banyosunda 1,5 saat bekletilir. Numune su banyosundan çıkartılıp, kalıbın altındaki pirinç taban ile yanlarındaki kalıplar sökülür ve bekletilmeden düktilite cihazına yerleştirilir. (Şekil 3.5' te düktilite cihazı görülmektedir).



Şekil 3.5. Düktilite Cihazı

Numune kalıbındaki delikler cihazın pimlerine takılır. Numune 5 cm/dk' lık bir hızla kopuncaya kadar çekilir. Bitüm numunesi koptuğu anda cihazın kenarlarındaki cetvelden kopma mesafesi tespit edilir. Çekme sırasında su haznesi içerisindeki numunenin altında ve üstünde en az 2,5 cm' lik bir su tabakası bulunmalıdır.

Yukarıda anlatıldığı şekilde yapılan 3 deney sonucunun ortalaması alınarak numunenin düktilitesi bulunur. Deney esnasında bitüm numunesinin suyun üst yüzeyine veya tabanına temas etmemesi gerekir. Buna engel olmak için suya metil alkol veya sodyum klorür ilave edilebilir.

3.2.1.3. Yumuşama noktası deneyi (Halka-Bilye Metodu), (TS 120)

Bitümlü bağlayıcıların sıcaklık karşısındaki davranışları farklılık göstermektedir. Bütün bitümlü maddelerin yumuşaması belli bir sıcaklıkta gerçekleşmez. 25°C sıcaklıkta aynı penetrasyona sahip iki bitümlü bağlayıcı numunesi farklı sıcaklıkta farklı özellikler gösterebilirler. Bu davranışları ölçmek için Halka ve Bilye metodu kullanılmaktadır.

Deneyin Yapılışı:

Cam kaba 8,25 cm (3,25 inç)' lik yüksekliğe ulaşacak şekilde 5°C' lik saf su konulur. İçinde numune bulunan halka suyun içine sarkıtılır. Halkanın alt yüzü cam kabın dibinden 2,54 cm (1 inç) yukarıda, üst yüzey ise su seviyesinden 5,08 cm (2 inç) aşağıda bulunacak şekilde ayarlanır. Daha sonra bilye su dolu beher içine konulur. Termometre suya batırılır. Termometrenin civa haznesinin altı, halkanın alt yüzeyi ile aynı olacak seviyede ve halkadan yaklaşık 0,5 cm mesafede yerleştirilir. Ardından bilye bir alet yardımıyla beher tabanından alınarak halka üzerine numunenin ortasına yerleştirilir. Su sıcaklığı dakikada 5°C artacak şekilde beher ısıtılmaya başlanır (Şekil 3.6' da görülmektedir).

Deneyin ilk üç dakikadan sonraki 1 dakika aralıkta, müsaade edilen sıcaklık yükselme hızından sapma en fazla 0,5 °C olmalıdır. Halka içindeki bitümlü maddenin cam kabın dibine temas ettiği anda termometrede okunan sıcaklık yumuşama noktası değeridir.

Yumuşama noktası tayini en az iki numune ile yapılır ve iki değerlerin ortalaması alınır.



Şekil 3.6. Yumuşama Noktası Deneyi Düzenegi

3.2.1.4. Parlama ve yanma noktası deneyi (TS 123)

Bu deney parlama noktası 79 °C' nin üstünde olan petrol ürünlerinde uygulanır. Parlama noktası, ısıtılan deney numunesin buharına deney alevinin temas ettirilmesi sonucunda numunenin parlaması; fakat yanmaya devam etmediği en düşük sıcaklıktır. Petrol ürünlerinin parlama noktalarının bilinmesi özellikle uygulamalar sırasında doğabilecek tehlikelerin önlenmesi açısından çok önemlidir.

Deneyin Yapılışı:

Deney yapılacak bitümlü malzeme çalışma sıcaklığına kadar (140-160°C) ısıtıldıktan sonra deney kabına yüzeyinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde seviye çizgisine kadar (seviye çizgisi bulunmuyorsa üstten 1 cm aşağıda olacak şekilde) doldurulur. Numune sıcaklığı başlangıçta dakikada 14-17°C artacak şekilde ayarlanmış numunenin beklenen

parlama noktasına 28°C yaklaştığı anda sıcaklık dakikada 5-6°C artacak şekilde ısıtma hızı ayarlanır. Beklenen parlama noktasına en az 28°C önceden başlanarak sıcaklığın her 3°C yükselmesinde numune üzerinden deney alevi geçirilir. Deney alevinin çapı 4 mm olmalıdır. Deney alevi kabın üzerinden yaklaşık 1 sn içinde geçmelidir. Numune yüzeyindeki herhangi bir noktada tutuşma görüldüğünde termometreden okunan sıcaklık “parlama” noktası olarak kaydedilir (Şekil 3.7’ de görülmektedir.)

Gözlem sırasında deney alevinin etrafında zaman zaman oluşabilen mavimsi alevi gerçek parlama noktası ile karıştırmamak gerekir.

Numunenin yanma noktasını tayin etmek için ısıtmaya aynı hızla devam edilir. Tatbik edilen alev sonucu, numune yüzeyinde 5 sn’ den fazla bir yanma meydana geldiği anda termometreden okunan sıcaklık “yanma noktası” olarak kaydedilir.



Şekil 3.7. Parlama Noktası Deney Düzenegi

3.2.1.5. Özgül ağırlık deneyi (ASTM D70, TS 1087)

Bitümlü maddelerin özgül ağırlığı, 25 °C' de hacmi bilinen bir bitüm numunesinin aynı sıcaklık ve hacimdeki suyun ağırlığına bölünmesinden elde edilen orandır. Yüksek viskoziteye sahip sıvı ve yarı-katı bağlayıcılar ve asfalt emülsiyonlarının özgül ağırlık tayininde piknometre yöntemi kullanılır.

Deneyin Yapılışı:

Piknometre temizlenip kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak (A) ağırlığı tayin edilir. Piknometreye saf su konulup kapağı kapatıldıktan sonra 25°C' lik su banyosunda en az 40 dakika bekletilir. Taşan sular temiz bir bezle silinip tartılır ve (B) ağırlığı ölçülür.

Özgül ağırlığı tayin edilecek bitüm numunesinden piknometrenin yarısını dolduracak miktarda alınır. Isıtılarak akıcı hale getirilen numune kabın üst kısımlarına bulaştırmadan ve hava kabarcığı oluşmamasına dikkat edilerek etüvde hafifçe ısıtılmış piknometreye dökülür. Yarısına kadar bitüm numunesi doldurulan piknometre oda sıcaklığına kadar soğutulur. Kapağı ile birlikte tartılır, ağırlığı (C) olarak tayin edilir. Tartılan numuneye su ilave edilerek kapağı kapatılır ve 25°C' lik su banyosunda 40 dakika bekletilip bir bezle kurulandıktan sonra yeni ağırlık değeri (D) alınır.

$$\text{Özgül ağırlık (gr/cm}^3\text{)} = \frac{C}{B} \cdot \frac{A}{(D - C)} \quad \text{bağıntısı ile hesaplanır.}$$

A = Piknometre ağırlığı (gr)

B = Piknometre + su ağırlığı (gr)

C = Piknometre + asfalt ağırlığı (gr)

D = Piknometre + asfalt + su ağırlığı (gr)

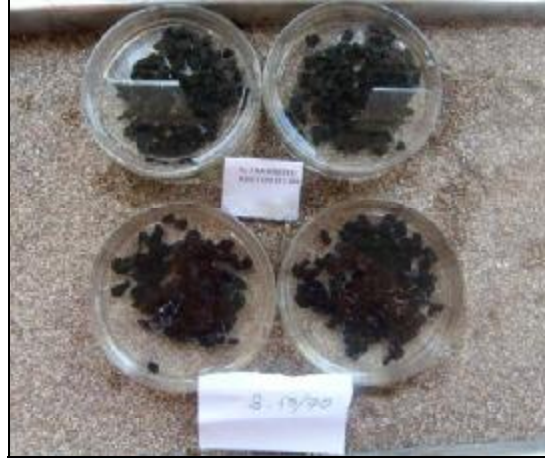
3.2.3. Yüzeysel kaplamaya uygulanan deneyler

3.2.3.1. Soyulma deneyi (Nicholson)

Nicholson Soyulma Deneyi, ülkemizde, yaygın olarak kullanılan bir deneydir. Nicholson Soyulma Deneyi, yol üzerine serilmiş bitümlü kaplamanın suya karşı hassasiyetinin iyi bir göstergesi olan soyulma mekanizmasını laboratuvar ortamında öngörmek amacıyla kullanılan bir deneydir. “Soyulma” sıcak karışımın içine giren suyun, karışımdaki malzemeler arasındaki adezyonu zayıflatması sonucu agregaların etrafını saran asfaltın agregaların yüzeylerinden sökülmesi olayıdır.

Deneyin Yapılışı:

Kırılmış agrega numunesinin 9,5-4,75 mm’ lik elekler arasında kalan kısmından aşağı yukarı 200 gr alınarak iyice yıkanır, saf su ile birkaç kere çalkalandıktan sonra 110 °C’ lik etüvde kurutulur. Yıkanmış kurutulmuş malzemeden $50 \pm 0,5$ gram numune beher içine tartılır ve ısıtılmak üzere 1 saat 140-150 °C’ lik etüvde bekletilir. Diğer taraftan mıcır numunesi hangi tip bitümlü kaplamada kullanılacaksa, o kaplamada kullanılacak bitümlü malzemeden $2,5 \pm 0,1$ gram 250 cm³’ lük bir beher içine tartılır. Bitümlü malzeme ihtiva eden beher bir kum banyosuna yerleştirilir ve ısıtılır. Bitümlü malzeme eriyince etüvde ısıtılmış mıcır derhal behere dökülür ve bir cam bagetle bütün mıcır tanelerinin üzeri homojen bir bitüm filmi ile kaplanıncaya kadar, kum banyosu üzerinde iyice karıştırılır. Bundan sonra beher ve içindekiler kür işlemine tabi tutulmak üzere 24 saat 60 °C’ lik etüvde tutulur. Bu sürenin sonunda beher etüvden çıkarılıp, kum banyosunda hafifçe ısıtıldıktan sonra içindekiler 10 cm çapında petri kabına aktarılır ve kaplanmış mıcırların üzeri bagetle çok hafif darbelerle düzeltilir, 10 dakika laboratuvar sıcaklığında bekletilir. Sonra petri kabı saf su ile doldurulur ye üzeri bir cam kapakla kapatıldıktan sonra tekrar 24 saat bekletilmek üzere 60°C ilk etüve konur (Şekil 3.8’ de görülmektedir).



Şekil 3.8. Soyulma Deneyi Düzenegi

Bu sürenin sonunda petri kabı dışarıya alınır, suyu değiştirilir, yandan gelen bir ışık altında bilhassa karışımın üst yüzü gözle incelenir. Deney sonunda soyulmamış sathın bütün satha oranı, soyulmaya karşı dayanıklılık olarak verilir.

3.2.3.2. Yapışma deneyi (Vialit yöntemi ile)

Bu deney yüzeysel kaplama mıcırı olarak kullanılacak agrega ile bitümlü bağlayıcı arasındaki yapışmanın, suyun etkisi ile azalmasının görelî olarak değerlendirilmesi amacı ile geliştirilmiş bir deneydir.

Cihazlar:

Çelik deney levhaları: 200 x 200 x 3 mm boyutlarında düz çelik levhalardır.

Mekanik mıcır serici: Metal bir tabla üzerine, 9 cm yükseklikte oturtulmuş 100 bölmeli bir kafes sistemi ile bu kafesin altındaki oyuklara yerleştirilip çıkartılabilen hareketli metal levhadan oluşmuştur.

Silindir: Lastik bandajlı laboratuvar silindiridir.

Deney Cihazı: Üç ayar vidası ile yatay duruma ayarlanabilen, taban üzerinde deney levhalarının oturtulacağı üç sivri çubuk ile dört köşebent ve çelik bilyelerin 50 cm. yükseklikten serbest düşüşünü sağlayacak dikey bir borudan oluşmuştur.

Çelik Bilye: 500 ± 5 gr ağırlığında ve 50 mm çapında.

Deneyin Yapılışı:

19 mm' den geçip 9,5 mm' lik elek üzerinde kalan agrega numunesi iyice yıkanıp saf su ile çalkalandıktan sonra 110° C lik etüvde kurutulur. Paralel yapılacak üç deney için yassı ve uzun olmayan kübik tanelerden 300 adet mıcır seçilir. Mıcır sericinin kafes sistemindeki her bir bölmeye birer tane olmak üzere 100 adet mıcır yerleştirilir (Şekil 3.9' da görülmektedir).



Şekil 3.9. Mekanik Mıcır Serici

145° C - 150 °C' lik etüvde ısıtılmış levhalar üzerine 145° C – 150 °C' ye kadar ısıtılmış asfalttan 40 gram tartılarak bir spatula ile levhanın tüm yüzeyine düzgün bir şekilde yayılır. Asfaltlı deney levhası mekanik serici içine yerleştirildikten sonra, mıcır sericinin hareketli levhası süratle çekilerek mıcırların asfalt tabakası üzerine serbestçe düşmesi sağlanır. Mekanik sericiden çıkarılan deney levhası, silindirleme sırasında mıcırların levha üzerinden

kaymasını önleyecek uygun sıcaklığa düşmesi için laboratuvar sıcaklığında 2-3 dakika bekletilir (Şekil 3.10' da mekanik sericiden çıkarılan deney levhası görülmektedir).



Şekil 3.10. Mekanik Sericiden Çıkarılan Deney Levhası

Silindirme işlemi, laboratuvar silindiri ile agrega serilmiş levha üzerinden üç defa bir yöne ve üç defa buna dik yönde olacak şekilde altı geçiş ile yapılır (Bir gidiş-dönüş bir geçiş sayılır). Bu işlem sırasında micirlerin silindir önünde kaymamasına dikkat edilmelidir (Silindirme işlemi Şekil 3.11' de görülmektedir).



Şekil 3.11. Silindirme İşlemi

Silindirlenmiş deney levhaları laboratuvar ortamında bir saat bekletildikten sonra 35 °C'lik su banyosunda 24 saat tutulur. Bu sürenin sonunda su banyosundan çıkarılan levha ayarlanmış deney aletine, üç sivri çubuğun üzerine agregalar aşağıya gelecek şekilde yerleştirilir. Çelik bilyenin 50 cm'lik serbest düşüşü, bilye deney aletinin borusu üzerindeki hafif eğimli yuvaya konularak sağlanır. Deney levhası üzerine 10 saniye ara ile Şekil 3.12' de görüldüğü gibi uygulanan toplam üç serbest düşüşten sonra levha çıkarılır ve düşen mıcır sayılır. Düşen mıcırlar, toplam mıcır sayısının yüzdesi olarak ifade edilir. Deney sonucu, aynı cins malzeme ile aynı şartlarda yapılmış üç deneyin sayısal ortalaması alınarak belirlenir.



Şekil 3.12. Yapışma Deneyi Düzenegi

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Asfalt Çimentosu ve Modifiye Edilmiş Asfalt Çimentosu Deney Bulguları

T.C. Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü' nden temin edilmiş olup çalışmada kullanılan 50/70 Penetrasyon değerindeki asfalt çimentosunun ve %3, %4, %5, %6 oranında KRATON D1101 kullanılarak modifiye edilen asfalt çimentosunun saptanan fiziksel özellikleri Çizelge 4.1' de toplu halde verilmiştir.

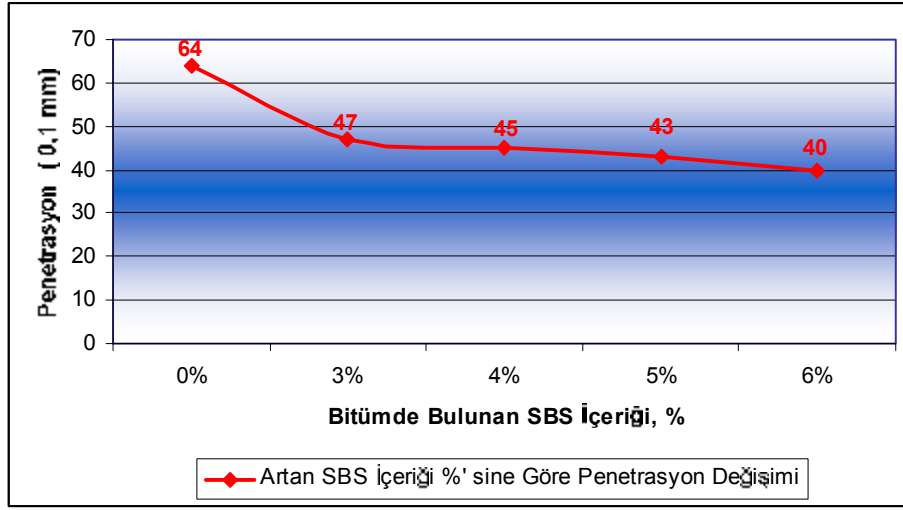
Çizelge 4.1. Bitümlü Bağlayıcının Fiziksel Özellikleri

Deney Adı	Standard	Deney Sonuçları					Modifiye Bitüm Şartname Limitleri (TİP-2)
		Bitümde Bulunan SBS İçeriği,%					
		%0	%3	%4	%5	%6	
Penetrasyon (25°C, 0,1 mm)	EN 1426	64	47	45	43	40	20 (min.)
Düktilite (25°C, cm)	ASTM D113	100+	95	82	74	68	60 (min.)
Yumuşama Noktası, (°C)	EN 1427	50	57	61	69	85	65 (min.)
Parlama Noktası, (°C)	EN 22592	260+	260+	260+	260+	260+	200 (min.)
Özgül Ağırlık, (gr/cm ³)	ASTM D70	1,025	1,0247	1,024	1,022	1,021	1,0-1,1

4.1.1. Penetrasyon deney bulguları

Penetrasyon deneyi ile bağlayıcının sertlik veya kıvamı tayin edilir. Bağlayıcının kıvamı arttıkça üstyapıdaki agrega ile bağlayıcı birbirine daha kuvvetli bağlanır. Penetrasyon değeri kıvamla ters orantılıdır, penetrasyon yükseldikçe asfalt yumuşar.

Saf AC 50-70 penetrasyonlu asfalt çimentosu ve her modifiye bitüm için bulunan penetrasyon değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiş ve bu değerler esas alınarak Şekil 4.1’ de grafik çizilmiştir.



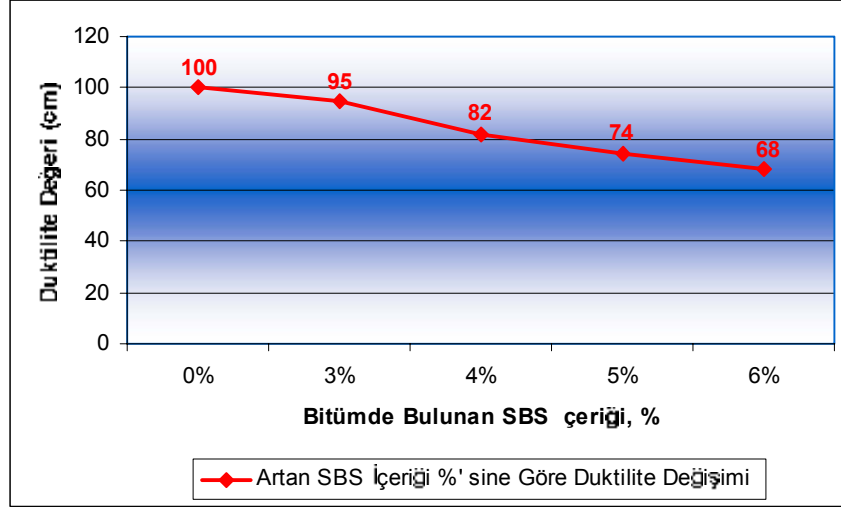
Şekil 4.1. Penetrasyon Deney Sonuçları

Şekil 4.1. incelendiğinde; katkısız numunenin en yüksek penetrasyon değerini verdiği, SBS oranı arttıkça penetrasyonun azaldığı görülmektedir, bu durum da bağlayıcının kıvamının artmış olduğunu gösterir. Bağlayıcının kıvamı arttıkça üstyapıdaki agrega ile bağlayıcı birbirine daha kuvvetli bağlanır.

4.1.2. Düktilite deney bulguları

Düktilitenin kelime anlamı “uzama” veya “çekilebilme” dir ve bağlayıcıların önemli özelliklerinden biridir. Uzama yeteneği fazla olan yani düktilite değeri yüksek olan bağlayıcılar, düktilite değeri daha düşük olan bağlayıcılara göre daha üstün bir bağlama yeteneğine sahiptirler. Diğer yandan, çok yüksek düktilite değerine sahip bağlayıcılar ise, ısı değişmelerine karşı fazla duyarlılık gösterirler.

Saf AC 50-70 penetrasyonlu asfalt çimentosu ve her modifiye bitüm için bulunan düktilite değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiş ve bu değerler esas alınarak Şekil 4.2’ de grafik çizilmiştir.

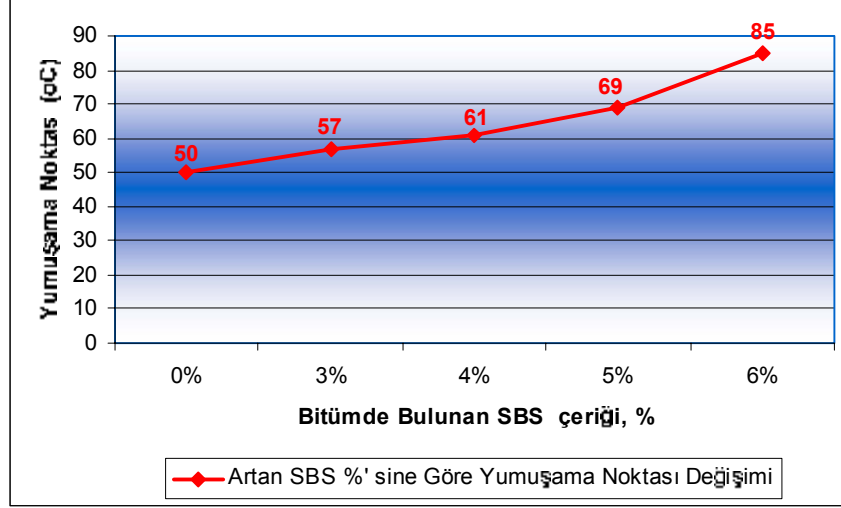


Şekil 4.2. Düktilite Deney Sonuçları

Şekil 4.2 incelendiğinde; katkısız numunenin deney sonucunda kopmadığı yani düktilite değerinin 100’ den büyük (100+) bir değer ile en yüksek düktilite değerini verdiği, SBS oranı arttıkça düktilitenin azaldığı görülmektedir. Artan SBS oranlarına göre her ne kadar bağlayıcıların uzama yeteneği azalma gösterse de, bu durum ısı değişimlerine karşı fazla duyarlılık göstermediklerini belirtir. Böylece üstyapının farklı sıcaklıklardaki deformasyonlara karşı direnci artar.

4.1.3. Yumuşama noktası deney bulguları

Bağlayıcıların sıcaklık değişimlerine karşı olan duyarlılıklarını ölçmek için yumuşama noktası deneyi yapılır. Saf AC 50-70 Penetrasyonlu asfalt çimentosu ve SBS’ nin değişen oranlarıyla modifiye edilmiş bitüm için bulunan yumuşama noktası değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiş ve bu değerler esas alınarak Şekil 4.3’ te grafik çizilmiştir.



Şekil 4.3. Yumuşama Noktası Deney Sonuçları

Şekil 4.3 incelendiğinde; katkısız numunenin en düşük yumuşama noktası değerini verdiği, SBS oranı arttıkça yumuşama noktasının arttığı görülmektedir. Böylece bitümlü bağlayıcıların sıcaklık değişimlerine olan hassasiyetleri azalır. Dolayısıyla yüzeysel kaplamada farklı sıcaklık ve yükleme hızı aralıklarında kalıcı deformasyona karşı üstyapının mukavemeti artar. Ayrıca bağlayıcının sıcak havalarda kusması azalır, yüksek sıcaklıklarda tekerlek izine karşı yüksek bir direnç sağlar. Soğukta ise kaplamadan agregaların sökülmesi olasılığını azaltmaktadır.

4.1.4. Parlama noktası deney bulguları

Bir malzemenin parlama noktası, o malzemenin ısıtılması ve tatbikatı esnasında tutuşma ve yangın tehlikelerini önlemek için uygun önlemlerin hangi dereceden itibaren alınması gerektiğini gösteren kritik sıcaklığı temsil eder.

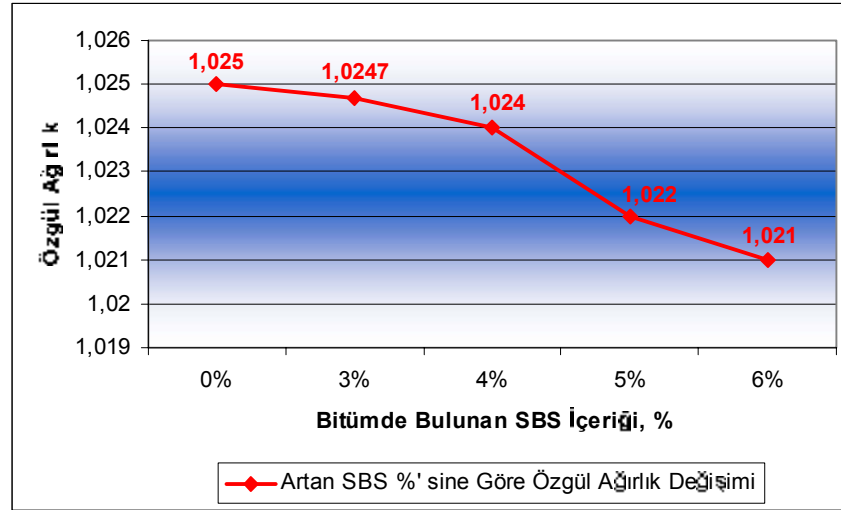
Saf AC 50-70 Penetrasyonlu asfalt çimentosu ve SBS' nin değişen oranlarıyla modifiye edilmiş bitüm için bulunan parlama noktası değerleri Çizelge 4.1' de verilmiştir. Parlama

noktası değerleri her numune için 260' tan büyük (260+) değerler aldığından grafik çizilmemiştir.

Katkısız bitüm ile katkıli bitümlerin parlama noktası değerleri birbirine yakın değerler göstermektedir ve bu durum şartnameyi olumlu yönden sağlamaktadır. Böylece malzemenin ısıtılması ve tatbikatı esnasında tutuşma ve yangın tehlikelerini önlemek için uygun önlemlerin 260° C' den itibaren alınması gerektiği görülmektedir

4.1.5. Özgöl ağırlık deney bulguları

Saf AC 50-70 penetrasyonlu asfalt çimentosu ve her modifiye bitüm için bulunan özgöl ağırlık değerleri Çizelge 4.1' de verilmiş ve bu değerler esas alınarak Şekil 4.4' te grafik çizilmiştir.



Şekil 4.4. Özgöl Ağırlık Deney Sonuçları

Şekil 4.4 incelendiğinde; katkısız numunenin en yüksek özgöl ağırlık değerini verdiği, SBS oranı arttıkça özgöl ağırlık değerinin azaldığı görülmektedir.

Kraton D 1101 taneleri 30 devir/dak karıştırma hızında ve 185° C' ye kadarki sıcaklıklarda bitüm içinde iyi bir dağılım sergilememiş ve bitümlü bağlayıcı içinde erimeyen taneler kalmıştır. Bu taneler, deney sonuçlarının etkilenmemesi için 600 mikron kare açıklıklı elekten süzülerek ayrılmıştır. Bunun nedeni SBS' lerin muhtemelen bitümden daha düşük yoğunluğa sahip olmalarıdır.

4.1.6. Genel değerlendirme

Bu çalışmada üretilen modifiye bitümlerden %3 ve %4' lük Kraton D 1101 katkılı olanların Çizelge 2.18' de belirtilen "TCK Modifiye Bitüm Özel Teknik Şartnamesi" Tip II Modifiye Bitüm şartlarını sağlamadığı, %5 ve %6' lık katkıların ise şartnameye uygun olduğu görülmüştür.

Antalya yöresinin iklim koşulları, trafik yoğunluğu ve yüzeysel yapım aşamasındaki ekonomik koşullardan dolayı, istenen performansın sağlanabilmesi göz önünde tutularak en uygun değer olan %5' lik Kraton D 1101 katkılı bitümün yüzeysel kaplamada kullanılması uygun bulunmuştur.

4.1. Yüzeysel Kaplama Deney Bulguları

4.1.1. Soyulma (Nicholson) deneyi bulguları

Bir asfalt kaplamanın ömrü, geniş ölçüde, suyun etkisine nazaran agreganın yapışma kabiliyetine bağlıdır. Soyulma, bağlayıcı maddenin, suyun ve trafiğin bir arada etkimesi ile agrega üzerinden ayrılması demektir. Özellikle ülkemiz yollarının kış mevsiminden sonra hızlı bir şekilde bozulmasının en önemli nedenlerinden biri agregaların yetersiz soyulma direncidir. Bu durum yol seyir güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada Saf AC 50-70 penetrasyonlu asfalt çimentosu ve SBS ile %5 oranında modifiye edilmiş bitüm için yapılan Soyulma Deneyi sonunda soyulmamış yüzeyin bütün yüzeye oranı, soyulmaya karşı dayanıklılık olarak verilir. Deney sonunda numunelerin en

az % 50'si soyulmadan kalmalıdır. Deney sonucunda bitüm cinsine göre soyulmadan kalan bitüm tabakalarının yüzdeleri Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Soyulma Mukavemeti Değerleri

Deney Metodu	Deney Sonuçları	
	AC 50-70 (%0 SBS İçeriği) için Soyulma Mukavemeti %' si	AC 50-70 (%5 SBS İçeriği) için Soyulma Mukavemeti %' si
Nicholson Soyulma Deneyi	90-95	95-100

Bu çalışmada yapılan Soyulma Deneyi sonucunda karışımda sudan dolayı katkısız AC 50-70 bitümde % 5-10 oranında soyulma olduğu gözlenmiştir. Diğer bir ifade ile, karışımın suya karşı dayanımı, % 90-95 civarındadır. % 5 SBS katkılı AC 50-70 bitümde % 0-5 oranında soyulma olduğu gözlenmiş, karışımın suya karşı dayanımı, % 95-100 olarak saptanmıştır. Bu sonuca göre SBS oranı % 5 olan bitümün agregaya sağladığı soyulma mukavemeti, katkısız bitüme göre artış göstermektedir.

4.1.2. Yapışma (Vialit) deneyi bulguları

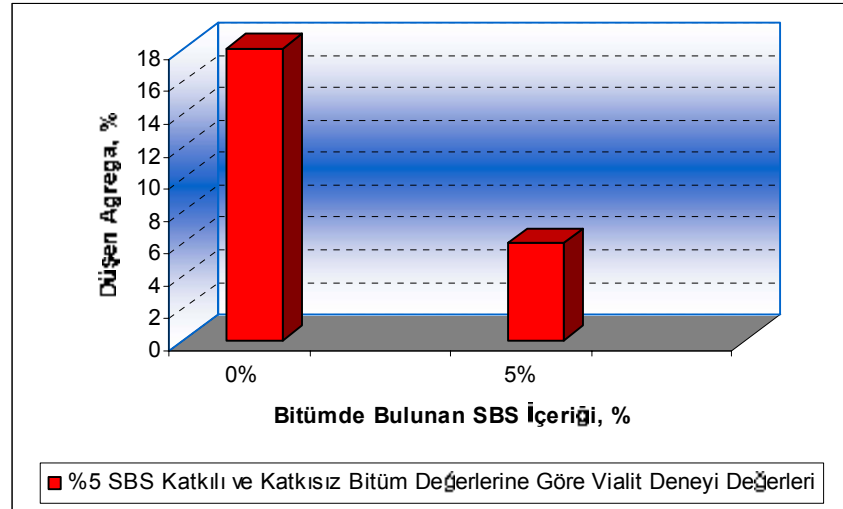
Bu deney yüzey agregalarının performansını hızlı bir şekilde ölçmek için, Fransız Vialit Deneyi olarak 1960'larda geliştirilmiştir. Yüzey agregaları için agrega-bitüm adezyonunun suyun etkisiyle azalmasını tespit etmek için yapılır. Bu deney ile soyulma direnci hakkında da fikir edinilebilir (Lancaster vd 1995).

Bu çalışmada agrega ile bitümlü bağlayıcı arasındaki yapışma yeteneğinin, sabit bağlayıcı temas sıcaklığı, sabit agrega cinsi ve kullanılan bağlayıcının katkılı ve katkısız olmasına bağlı olarak nasıl etkilendiğinin tespiti için Saf AC 50-70 penetrasyonlu asfalt çimentosu ve SBS ile %5 oranında modifiye edilmiş aynı bitüm numunesinin her birinden 3' er adet vialit levhası hazırlanmıştır. Bu deney sonunda alınan sonuçlar Çizelge 4.3.' te gösterilmektedir ve bu değerler esas alınarak Şekil 4.5' te grafik çizilmiştir.

Çizelge 4.3. Vialit Deneyi Sonuçları

Kullanılan Bağlayıcı	Bağlayıcı-Agrega Temas Sıcaklığı	Düşen Agregat (%)			
		I. Deney	II. Deney	III. Deney	Ortalama
AC 50-70	150° C	17	18	18	18
% 5 SBS Katkılı AC 50-70	150° C	7	5	6	6

Bu çalışmada yapılan Yapışma Deneyi sonucunda Şekil 4.5.' te 50-70 Penetrasyonlu AC ve % 5 SBS katkıli bağlayıcıyla yapışma yeteneğini gösteren grafik, 150° C' ye karşılık gelen % düşen agregat değerleri kullanılarak çizilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, 150° C' de AC 50-70 ile yapılan deneylerde ortalama 18 adet agregat düşerken, % 5 SBS katkıli bağlayıcıyla yapılan deneylerde ortalama 6 adet agregat düşmüştür. Özet olarak 150° C sıcaklıkta % 5 SBS katkıli bağlayıcı agregata, 50-70 penetrasyonlu asfalt çimentosundan daha iyi yapışmıştır.



Şekil 4.5. Vialit Deneyi Sonuçları

5. SONUÇ

Bitümlü kaplamaların uzun ömürlü olmasını sağlayan önemli faktörlerden biri, agrega ile bitümlü bağlayıcı arasındaki yapışmadır. Yol yüzeyinde oluşan bozulmanın nedenleri ekseriyetle, yapışmanın yeterli olmamasından kaynaklanmaktadır.

Yüzeysel kaplama, ince bir bağlayıcı tabakasının yol yüzeyine püskürtülmesi ve hemen bunu takiben agrega tabakasının serilip silindirenmesiyle oluşturulur. Yüzeysel kaplamanın proje ömrü süresince hizmet verebilmesi için, agrega ile bitümlü bağlayıcı arasında iyi bir yapışma sağlanmalıdır.

SBS katkıların ülkemizde karışım modifikasyonu için kullanılması sebebiyle, karışım özelliklerine etkisi bilinmemekte, buna karşın yüzeysel kaplamalar üzerindeki etkileri tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle yapılan bu çalışmada söz konusu katkı maddesinin önceden bitüme katılmasıyla elde edilen %3, %4, %5 ve %6 oranlarında modifiye edilen bitümlerin özellikleri incelenmiş ve bu açıdan katkının bitüm modifikasyonunda en uygun orandaki kullanılabilirliği tespit edilmiş, ardından yüzeysel kaplamalar açısından kullanılabilirliği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada bitümün modifikasyonunda kullanılan SBS' ler; katıldıkları bitümlü bağlayıcının penetrasyon değerlerini düşürmüştür, bu durum da bağlayıcının kıvamının artmış olduğunu gösterir. Bağlayıcının kıvamı arttıkça üstyapıdaki agrega ile bağlayıcı birbirine daha kuvvetli bağlanır. Bunun sonucunda bitümün agregayı daha iyi bağlaması nedeniyle hem uygulamadan hemen sonraki yapışma düzeyini artırarak, yol trafiğe açıldığında agregaların etrafa sıçramasını önler, hem de suyun neden olacağı zararlı etkilerin azalmasını sağlar.

Yapılan düktilite deneyleri sonucunda SBS oranı arttıkça düktilitenin azaldığı görülmektedir. Artan SBS oranlarına göre her ne kadar bağlayıcıların uzama yeteneği azalma gösterse de, bu durum ısı değişimlerine karşı fazla duyarlılık göstermediklerini belirtir. Böylece üstyapının farklı sıcaklıklardaki deformasyonlara karşı direnci artar.

Artan SBS oranlarına göre bağlayıcıya uygulanan yumuşama noktası deneyleri sonucunda, bağlayıcıların yumuşama noktası değerleri artmıştır. Böylece bitümlü bağlayıcıların sıcaklık değişimlerine olan hassasiyetleri azalır. Dolayısıyla yüzeysel kaplamada farklı sıcaklık ve yükleme hızı aralıklarında kalıcı deformasyona karşı üstyapının mukavemeti artar. Ayrıca bağlayıcının sıcak havalarda kusması azalır, yüksek sıcaklıklarda tekerlek izine karşı yüksek bir direnç sağlar. Soğukta ise kaplamadan agregaların sökülmesi olasılığını azaltmaktadır.

SBS' nin değişen oranlarıyla modifiye edilerek artış gösteren bitüm için bulunan parlama noktası değerleri her numune için 260' tan büyük (260+) değerler almıştır. Yani katkısız bitüm ile katkılı bitümlerin parlama noktası değerleri birbirine yakın değerler göstermektedir ve bu durum şartnameyi olumlu yönden sağlamaktadır. Böylece malzemenin ısıtılması ve tatbikatı esnasında tutuşma ve yangın tehlikelerini önlemek için uygun önlemlerin 260° C' den itibaren alınması gerektiği görülmektedir.

Çalışma süresince her numune için yapılan özgül ağırlık deneyleri sonucunda, katkısız numunenin en yüksek özgül ağırlık değerini verdiği, SBS oranı arttıkça özgül ağırlık değerinin azaldığı görülmektedir. Tüm bu olumlu özelliklerine rağmen, Kraton D 1101 taneleri 30 devir/dak karıştırma hızında ve 185° C' ye kadarki sıcaklıklarda bitüm içinde iyi bir dağılım sergilememiş ve bitümlü bağlayıcı içinde erimeyen taneler kalmıştır. Bu taneler, deney sonuçlarının etkilenmemesi için 600 mikron kare açıklıklı elekten süzülerek ayrılmıştır. Bunun nedeni SBS' lerin muhtemelen bitümden daha düşük yoğunluğa sahip olmalarıdır. Dolayısıyla SBS ile bitüm modifikasyonunda uygulanan karıştırma sıcaklığı ve süresi artırılmalıdır.

Bu çalışmada üretilen modifiye bitümlerden %3 ve %4' lük Kraton D 1101 katkılı olanların Çizelge 2.18' de belirtilen "TCK Modifiye Bitüm Özel Teknik Şartnamesi" Tip II Modifiye Bitüm şartlarını sağlamadığı, %5 ve %6' lık katkı ile üretilenlerin ise şartnameye uygun olduğu görülmüştür. Antalya yöresinin iklim koşulları, trafik yoğunluğu ve özellikle yaz aylarında yüzeysel kaplama sıcaklığının yüksek olması nedeniyle modifiye bitümden istenilen performansın sağlanabilmesi göz önünde tutularak ve ekonomik koşulların da en

uygun olanını sağlaması açısından, deneyler sonucunda %5 Kraton D 1101 katkılı bağlayıcı en uygun değer olarak kabul edilmektedir.

Elde edilen bitümlü bağlayıcı deney sonuçlarının ardından, %5 Kraton D 1101 ile modifiye edilmiş AC 50-70 Penetrasyonlu asfalt imentosu ile katkısız asfalt çimentosunun yüzeysel kaplamaya etkilerini kıyaslamak amacıyla soyulma ve yapışma deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda karışımındaki katkısız AC 50-70 bitümün suya karşı dayanımı, % 90-95 civarında bulunmuş, % 5 SBS katkılı AC 50-70 bitümün suya karşı dayanımı ise % 95-100 olarak saptanmıştır. Bu sonuca göre SBS oranı % 5 olan bitümün agregaya sağladığı soyulma mukavemeti, katkısız bitüme göre artış göstermektedir ve suyun etkisine nazaran agreganın %5 oranında SBS ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcıya yapışma kabiliyeti artış göstermiştir. Bu durum yol seyir güvenliğini olumlu yönden etkilemektedir.

Bu tezde yapılan yapışma deneylerinde, su etkisi altında agregası ile bitümlü bağlayıcı arasındaki yapışmanın derecesi; agregası cinsi ve 150° C bağlayıcı-agregası temas sıcaklığı sabit tutularak, bitümlü bağlayıcıda SBS kullanılmasına bağlı olarak incelenmiştir. Katkısız AC 50-70 Penetrasyonlu asfalt imentosu ile yapılan deneylerde ortalama 18 adet agregası düşerken %5 Kraton D 1101 ile modifiye edilmiş asfalt imentosu ile yapılan deneylerde ortalama 6 adet agregası düşmüştür. Yani katkılı bitümün agregası ile daha iyi yapışma sağladığı tespit edilmiştir. Yapılan tüm deneylerin sonucunda SBS polimerler bitümün modifikasyonu için son derece uygundur, imkân olduğu sürece yüzeysel kaplama yollarda kullanımı tavsiye edilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- AHMEDOV, P. 1998. Asfalt Modifikasyonunda Kullanılan Katkı Maddeleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- AHMEDZADE, P., YILMAZ, M. ve YILMAZ, M. 2006. Epoksi Reçine ile Modifiye Edilen Bitümlerin Fiziksel Özellikleri Üzerinde Yaşlanmanın Etkisi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Antalya-Alanya (4. Kısım) Yolu İnşaatı Modifiye Bitüm Üretim Raporu. 2006. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 13. Bölge Müdürlüğü-MÖN İnşaat Ticaret Ltd. Şti., Antalya.
- ARIKAN, E. 1997. Sathi Kaplamalarda Su Etkisi Altında, Agregaya ile Bitümlü Bağlayıcı Arasındaki Yapışma Yeteneğinin, Kullanılan Malzemelere Bağlı Olarak İncelenmesi. Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Asfalt ve Uygulamaları. 2001. İSFALT, İstanbul.
- BAHIA, H. U., HANSON, D.I., ZHAI, M. H., KHATRI, M. A. and ANDERSON, R. M. 2001. Characterization of Modified Asphalt Binders in Superpave Mix Design. National Academy Press, Washington.
- BALTA, İ. 2004. Bitümlü Sıcak Karışımların Sudan Kaynaklanan Bozulmalara Karşı Duyarlılığı. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- BENNERT, T.M., MAHER, A. and GUCUNSKI, N. 2003. Evaluation of Modified Binders . *New Jersey Department of Transportation Bureau of Research and Technology and U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration*, New Jersey.
- BRIDGWATER, S.J. and BROADBRIDGE, M. 1990. Premium Surface Dressing For Cost Effective Maintenance. *Highways and Transportation*, pp. 12-17.
- CLAUY, P., LETOFFE, J.M., PLANCHE, J.P. and ANDERSON, D.A. 1999. Effect Of Polymer Modification On Bitumen Thermal Properties. AIPCR/PIARC, pp. 182.
- CLEVEN, M.A. 2000. Investigation of Properties of Carbon Fiber Modified Asphalt Mixtures. Master of Science In Civil Engineering Michigan Technological University, Michigan.
- ÇELİK, O.N. 2000. Öğütülmüş Atık Otomobil Lastiğiyle Modifiye Edilmiş Bitümler ile Yapılan Asfalt Betonunun Yorulma Davranışı, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- DENİZ, M.T., SÖNMEZ, İ., YILDIRIM, S.A. ve EREN, B.K. 2005. Kullanılmış Otomobil Lastiklerinin Bitümlü Sıcak Karışım Performansına Etkisi. 6. *Ulaştırma Kongresi*, s. 349-362, İstanbul.
- DISTIN, P. 1992. Surface Dressing-How It All Came About. *Highways and Transportation*, pp. 5-8.
- DİKİCİOĞLU, A.E. 2004. Ülkemizdeki Sathi Kaplamalı ve Sıcak Karışım Kaplamalı Yollarda Ömür-Maliyet İlişkisine Genel Bakış. 4. *Ulusal Asfalt Sempozyumu*, s. 149-153, Ankara.
- ERİBOL, S., ORHAN, F. ve ÖNAL, M.A. 2002. Modifiye Bitüm. KGM Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- ERİBOL, S. ve ORHAN, F. 2004. Elastomerlerle Modifiye Edilmiş Bitümlerin Özellikleri. *4.Ulusal Asfalt Sempozyumu*, s. 80-93, Ankara.
- ERTEKİN, S.B. 2003. Polyolefin Katkıların Asfaltların Kıvamı ve Yumuşama Noktasına Etkileri. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- GIANNATTASIO, F. 1999. The Use of Antistripping Agents in Modified Bituminous Binders. *AIPCR/PIARC*, pp. 202-203.
- HINISLIOĞLU, S. and AÇAR, E. 2003. Use of Waste High Density Polyethylene as Bitumen Modifier in Asphalt Concrete Mix. Science Direct, Turkey.
- HOBAN, T. 1990. Modified Bitumen Binders for Surface Dressing. Chemistry and Industry, pp. 538-542, U.K.
- HOBAN, T. 1991. The Role of Modified Bitumen Binders for Surface Dressing. Highways and Transportation, pp. 19-23, U.K.
- Karayolu Bakım El Kitabı. 1998. Karayolları Genel Müdürlüğü Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- KARAŞAHİN, M. ve AÇAR, E. 2004. Sathi Kaplamalar Üzerine Bir Değerlendirme. *4. Ulusal Asfalt Sempozyumu*, s. 131-140, Ankara.
- KHALID, H. and FIENKENG, M.N. 1995. Influence of Rheological Properties of Bitumen Emulsions on The Performance of Surface Dressing Systems. *Rheol Acta*, Vol:34, No:3, pp. 311-316, U.K.
- KNÖBIG, A. 1999. Wheeltracking Test Comparison With Modified Paving Asphalts. *AIPCR/PIARC*, pp. 207-208.
- Kraton D1101 (SBS) Linear Block Copolymer. 2007. www.matweb.com.
- KUENNEN, T. 2005. Polymer-Modified Asphalt Comes of Age. <http://obr.gcnpublishing.com>.
- KULOĞLU, N., KÖK, B.V. ve ÖNDAŞ, M. 2004. Sathi Kaplamalarda Kusma Olayına Etki Eden Faktörler. *4. Ulusal Asfalt Sempozyumu*, s. 141-148, Ankara.
- LANCASTER, I.M., DAY, D.H., ROBINSON, H.L. and TAYLOR, M.B. 1995. Vialit Cohesivity of Surface Dressing Binders. *Highways and Transportation*.
- MALKOÇ, G., GÜNGÖR, N. ve DUMANLILAR, N. 2001. Çeşitli Katkı Maddeleri ile Modifiye Edilen Asfalt Çimentolarının Özelliklerindeki Değişimler. *Jeoloji Zemin Mekaniği Üstyapı Malzeme Ulusal ve Uluslar arası Platformlarda Yayınlanmış Bildiriler*, Yayın No:264, s. 289-301, Ankara.
- Modifiye Bitüm Şartnamesi Araştırma Raporu. 2002. KGM Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- NEWMAN, K. 2004. Polymer-Modified Asphalt Mixtures For Heavy-Duty Pavements: Fatigue Characteristics As Measured By Flexural Beam Testing 2004. *FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference*, USA.
- ORHAN, F. 2005. Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları. K.G.M., Ankara.
- RIVETT, R. and FRANKLAND, D. 1992. The Development of End Product Performance Specifications For Surface Dressing in Buckinghamshire, *Highways and Transportation*, pp. 21-30.
- SIMON, A.M., TERLOUW, T. and VONK, W.C. 1999. Low Temperature Testing of Polymer-Modified Asphalt. *AIPCR/PIARC*, pp. 180.
- SOUTHERN, M. 1993. Surface Dressing With Polymer Modified Binders. *Highways and Transportation*, pp. 22-27.

- SOUTHWELL, C. 1998. Surface Dressing Binders: The Right Approach. *Highways and Transportation*, pp. 17-18.
- Specific Aspect of Laying Of Bituminous Concretes and Surface Dressing With Modified Bitumens or Special Bitumens. 1999. *AIPCR/PIARC*, pp. 146-147 France.
- SUMMERS, C.J. 2000. Surface Dressing By Pictures. www.highmaintenance.com.
- SUMMERS, C.J. 2000. A Practical Guide To Surface Dressing, For Further Study.. www.highmaintenance.com.
- Surface Dressing-The Value Option. 2001. *Highways and Transportation*, pp. 16-17.
- TUNÇ, A. 2004. Esnek Kaplama Malzemeleri Elkitabı. Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- ULUÇAYLI, M. 1989. Asfalt El Kitabı. İSFALT, İstanbul.
- UNDERWOOD, C. 1992. A Review of Recent Developments in Surface Dressing. *Highways and Transportation*, pp. 10-20.
- VONK, W. and HARTEMINK, R. 2002. SBS-Modified Binders, Also Cost Effective In Hot Climates. UK.
- VONK, W. 2002. Stiren-Bütadien-Stiren (SBS) Blok Kopolimerleri: Zor İklim ve Trafik Koşullarına Uygun Asfalt Mixlerin Geliştirilmesi. *Shell International Chemicals*, Hollanda.
- VONK, W. ve KORENSTRAN, J. 2004. Geliştirilmiş Sathi Kaplamalar İçin SBS Modifiye Bitüm Emülsiyonu. 4. *Ulusal Asfalt Sempozyumu*, s. 106-116, Ankara.
- WEGAN, V. and BRULE, B. 1999. The Structure of Polymer Modified Binders in Asphalt Mixtures. *AIPCR/PIARC*, pp. 189.
- WHITEOAK, D. 1990. The Shell Bitumen Handbook..
- WOOD, J.F. 2000. Surface Dressing-Safety, Value and Performance. *Highways and Transportation*, pp. 8-9.
- WOODBIDGE, M.E. GREENING, P.A.K and NEWILL, D. 1991. Evaluation of Weak Aggregates for Surface Dressing on Low-Volume Roads. *Transportation Research Record 1291*, Volumn 2.
- www.byegm.gov.tr. 2005.
- Türkiye' de Asfalt Endüstrisi. 2005. www.yapi.com.tr.
- Yollar Fenni Şartnamesi. 2004. Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, 170/2, Ankara.

EKLER

EK 1: Yol Üst Yapılarında Kullanılan Asfalt Çimentolarının Özellikleri(TS 1081)

Sınıflar	TS No:	10-20		20-30		30-40		40-50		60-70		75-100		120-150		150-200		200-300	
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Penetrasyon (25°C,100 g, 5 sn)	TS 118	10	20	20	30	30	40	40	50	60	70	75	100	120	150	150	200	200	300
Yumuşama Noktası (halka ve bilya metodu), °C	TS 120	63	73	57	67	52	62	49	59	45	55	44	49	40	46	37	44	27	37
Düğültire, 25°C, 5 cm/dak, cm olarak	TS 119	5	-	15	-	40	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-
Triklar etilende çözünürlük, %	TS 1090	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-
İnce film halinde ısıtma, (* 3.2 mm. 163°C, 5 saat Ağırlık kaybı, %	TS 1086	-	0,5	-	0,5	-	0,5	-	0,8	-	0,8	-	1	-	1	-	1	-	1
Isıtma kaybindan sonraki penetrasyon(orijinal penetrasyonun % si olarak)		60	-	60	-	60	-	58	-	54	-	50	-	46	-	43	-	40	-
Isıtma kaybindan sonraki düğültire, 25°C, 5 cm/dak. cm olarak		-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	75	-	100	-	100	-	100	-
Parlama Noktası (Clevend açık kap), °C	TS 123	275	-	250	-	250	-	230	-	230	-	230	-	220	-	200	-	175	-
Leke deneyi (**) -Standart nafta ile -Nafta - ksilen ile -Heptan - ksilen ile	TS 1089	Bütün sınıflar için negatif Bütün sınıflar için negatif Bütün sınıflar için negatif																	

(*) İnce film halinde ısıtma deneyinin kullanılması ihtiyaridir.

(**) Leke tecrübesinin kullanılması ihtiyaridir. Şart koşulluğunda, çözücü olarak ağır solvent nafta, nafta-ksilen veya heptan-ksilen çözücülerinden hangisinin kullanılacağı, ksilenli çözücülerin kullanılması takdirinde ise ksilenin yüzdesinin ne olduğu belirtilmelidir.

EK 2: Yol Üst Yapılarında Kullanılan Çabuk Kür Olan Sıvı Asfaltlar için Özellikler(TS - 1083)

Tipler	TS No:	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000		
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	
Sıvıballı - (Puro) Viskozitesi: 50°C'da, sn 60°C'da, sn 82°C'da, sn	TS 177	60	120	-	-	-	-	-	-	
		-	-	125	250	-	-	-	-	
		-	-	-	-	190	200	3000	6000	
Ki nemlik viskozite, 60°C'da, eSL	TS 1093	70	140	250	500	800	1600	3000	6000	
Parlama noktası, °C, (Çağlabuc ayak kap)	TS 1680	-	-	-	-	27	-	-	27	
Destilasyonu:	TS 122									
360°C a kadar (toplu destilasyon) olarak %										
190°C a kadar		10	-	-	-	-	-	-	-	
225°C a kadar		50	-	35	-	15	-	-	-	
260°C a kadar		70	-	60	-	45	-	25	-	
316°C a kadar		85	-	80	-	75	-	70	-	
360°C'deki destilasyon kalıntısı, lacirni olarak %		55	-	65	-	75	-	80	-	
Destilasyon kalıntısı üzerindeki deneyler										
-Penetrasyon (25°C, 100 g, 5 sn)	TS 118	80	120	80	120	80	120	80	120	
-Düktilite, 25°C, 5 cm/dak, cm olarak	TS 119	100	-	100	-	100	-	100	-	
-Trioksetilende çözünürlük, vevzetil %	TS 1690	99	-	99	-	99	-	99	-	
Su, %	TS 124	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	

Not: Kalıntının 25°C'daki duktilitesi 100'den daha küçük ise kalıntının 15,6 °C'daki duktilitesi tayin edilir. 15,6 °C'daki duktilite değeri 100'den daha büyük çıkarsa malzemenin standarda uygun olduğu kabul edilir.

EK 3: Yol Üst Yapılarında Kullanılan Orta Hızda Kür Olan Sıvı Asfaltlar için Özellikler(TS - 1083)

Tipler	TS No:	MC-30		MC-70		MC-250		MC-400		MC-3000	
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Sıybelli - İsmal Modifiyeli: 25°C da. sn 50°C da. sn 60°C da. sn 82°C da. sn	TS 177	75	150	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	60	120	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	125	250	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	100	200	300	600
Kinematik viskozite, 60°C da, cSt.	TS 1093	30	60	70	140	250	500	800	1600	4000	6000
Parlama noktası, °C, Flağlabne açık kap)	TS 1080	38	-	48	-	66	-	60	-	66	-
Desilatasyon: 360°C a kadar ısıtılı ve silatın hacmini olarak %	TS 122	-	25	-	20	-	10	-	-	-	-
222°C a kadar		40	70	20	80	15	55	-	35	-	15
260°C a kadar		75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
316°C a kadar		50	-	55	-	67	-	75	-	80	-
360°C deki desilatasyon salınışı, hacim olarak %											
Desilatasyon kalınları üzerindeki değerler: -Penetrasyon (25°C,100 g, 5 sn) -Duktilite, 25°C, 5 cm/dak, cm olarak Trilöretilende çözünürlük, yeznet %	TS 118	120	250	120	250	120	250	120	250	120	250
	TS 119	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-
	TS 1090	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-
İsu. %	TS 124	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2

Not: Kalıntının 25°C daki duktilesi 100 den daha küçük ise kalıntının 15,6 °C' daki duktilesi tayin edilir.
5,6 °C daki duktilesi değeri 100' den daha büyük çıkarsa malzemenin standarda uygun olduğu kabul edilir.

EK 4: Yol Üst Yapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları için Özellikler(TS - 1082)

Türler	TS No:	RS-1		RS-2		MS-1		MS-2		MS-2h		SS-1		SS-1h	
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Emülsiyonlar Üzerindeki Deneyler															
Saybalt 1 ünl viskozitesi, 25°C da, sn	TS 117	20	100	-	-	20	100	100	-	100	-	20	100	20	100
Saybalt 1 ünl viskozitesi, 50°C da, sn	TS 117	-	-	75	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çökme (da), 5 gün, %	TS 132	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Depolama stabilitesi deneyi (%), 1 gün, %	TS 132	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Linülsiyonun kesilmesi (el), 35 ml, 0.02N CaCl ₂ veya 50 ml, 0.10 NCaCl ₂ , %	TS 132	60	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Örtme kabilyeli ve suya karşi direnç: Örtme (kuru agrega ile) - Su püskürtmesinden sonra Örtme (yay agrega ile) - Su püskürtmesinden sonra	TS 132														
Çümsato ile sarıdırma deneyi, % kırılma	TS 132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Ulek deneyi, %	TS 132	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Destilasyon kabırtsı, %	TS 132	55	-	63	-	55	-	65	-	65	-	57	-	57	-
Destilasyon kabırtsı Üzerindeki deneyler															
-Pemerasyon, 25°C da, 100 g 5 sn.	TS 118	100	200	100	200	100	200	100	200	40	90	100	200	40	90
-Dokütle, 25°C da, 5 sn:da, em.	TS 119	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Uridereçilede çözündüğü, %	TS 1090	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-
-Kül, %	TS 135	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2

Not : a) Şayet asfalt emülsiyonu sabit alıncıkta sonra 5 günden daha kısa bir süre içerisinde kullanılacak ise eskime deneyimi yapılması zorunludur. ancak alıncık malzemenin sabit alıncığı zamanından başlayarak ve kullanılacağı güne kadar devam edecek bir şekilde deneyim yapılması istenebilir.

b) 24 saatlik depolama stabilitesi deneyi 5 günlük çökme deneyi yerine kullanılabilir.

c) Emülsiyonun kesilmesi deneyi, malzemenin seviyesinden itibaren 30 gün içerisinde yapılmalıdır.

EK 5: Yol Üst Yapılarında Kullanılan Katyonik Asfalt Emülsiyonları için Özellikler(TS - 1082)

Tipler	Çabuk Kesilen				Orta Hızda Kesilen				Yavaş Kesilen				
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	
Emülsiyonlar Üzerindeki Deneyler	TS No:												
Saybolt Furol viskozitesi, 25°C da, sn	TS 117	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100
Saybolt Furol viskozitesi, 50°C da, sn	TS 117	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-
Çökme (a), 5 gün, %	TS 132	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Depolama stabilitesi deneyi (b), 1 gün, %	TS 132	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Emülsiyonun kesilmesi [c], 35 ml, 0,8 % sodyumdioktilsul fosuksinat, %		40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Örtme kabiliyeti ve suya karşı direnç: Örtme (kuru agrega ile) - Su püskürtmesinden sonra Örtme (kyağ agrega ile) - Su püskürtmesinden sonra	TS 132					iyi	iyi	iyi	iyi				
Partikül yükü deneyi	TS 132	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif	pozitif
Elek deneyi, %	TS 132	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Çimento ile karıştırma deneyi, %	TS 132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
Ph		-	-	-	-	-	6,5	-	6,5	-	6,5	-	6,5
Destilasyon:	TS 132												
-Yağ destilatı, emülsiyonun hacmen % si olarak		-	3	-	3	-	12	-	12	-	-	-	-
-Kalıntı, %		60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-
Destilasyon kalıntısı üzerindeki deneyler													
-Penetrasyon, 25°C da, 100 g 5 sn.	TS 118	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200
-Duktilite, 25°C da, 5 cm/dak, cm.	TS 119	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
-Trikloretilende çözünürlük, %	TS 1090	98	-	98	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-
-Kül %	TS 135	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-

Not : a) Şayet asfalt emülsiyonu satın alındıktan sonra 5 günden daha kısa bir süre içerisinde kullanılacak ise çökme deneyinin yapılmasından vazgeçilebilir, ancak alıcı, malzemenin satın alındığı zamandan başlayacak ve kullanılacağı güne kadar devam edecek bir çökme deneyinin yapılması istenebilir.

b) 24 saatlik depolama stabilitesi deneyi 5 günlük çökme deneyi yerine kullanılabilir.

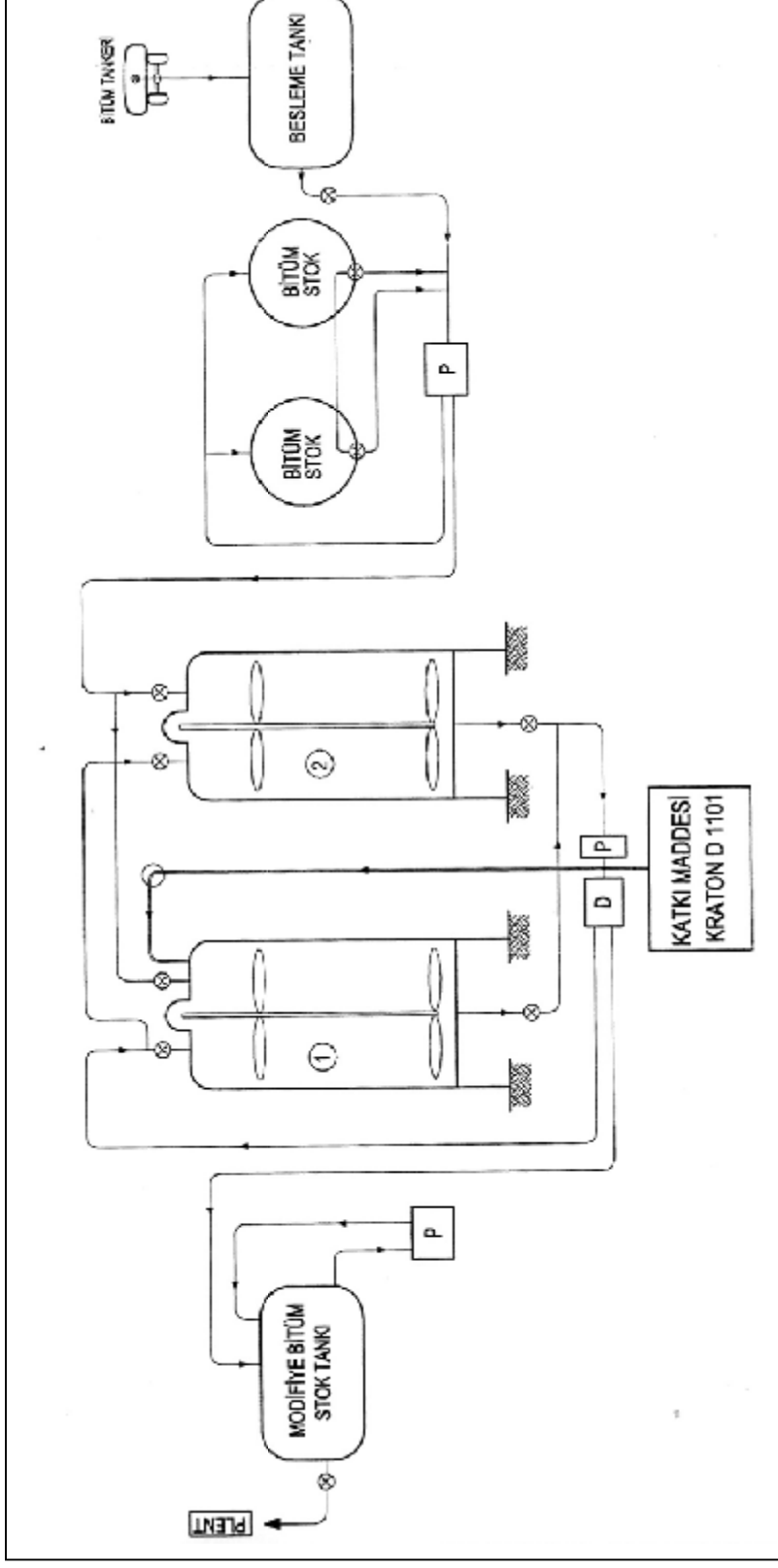
c) Emülsiyonun kesilmesi deneyi, malzemenin sevki tarihinden itibaren 30 gün içerisinde yapılmalıdır.

EK 6: Yol Üst Yapılarında Kullanılan Katranlar için Özellikler(TS - 1084)

Tipler	TS No:	RT-1	RT-2	RT-3	RT-4	RT-5	RT-6	RT-7	RT-8	RT-9	RT-10	RT-11	RT-12	RICBS	RICB-6
Kıvamlikt:	-İngi lar ögü l viskozitesi, 50 s e, 40°C ' da	5-8	8-13	13-22	22-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-İngi lar ögü l viskozitesi, 50 s e, 30°C ' da	-	-	-	-	17-26	26-40	-	-	-	-	-	-	17-26	26-40
-Yü rne deneyi, 22°C ' da m	TS 1077	-	-	-	-	-	-	50-80	80-120	130-200	-	-	-	-	-
	TS 1077	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ögü l a b r i t l e , 25:25°C ' ü n d e	TS 1087	1,08	1,08	1,28	1,09	4,1	1,1	1,14	1,14	1,14	1,13	1,16	1,16	1,09	1,09
	TS 125	88	85	88	88	83	83	78	78	78	75	75	75	80	80
S u l u s a n m e n z i k , m a k s .	TS 124	1	1	1	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1
	TS 128	Maks. 7	Maks. 7	Maks. 7	Maks. 7	Maks. 5	Maks. 5	Maks. 5	Maks. 3	Maks. 1	Maks. 1	Maks. 1	Maks. 1	2-8	2-8
D e s t i l a s y o n u n a g ı r l ı k ı n a z e	170°C ' a k a d ı r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mfn. 5	Mfn. 5
	200°C ' a k a d ı r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8-18	8-18
	255°C ' a k a d ı r	Maks. 35	Maks. 35	Maks. 30	Maks. 30	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 20	Maks. 15	Maks. 15	Maks. 10	Maks. 10	Maks. 10	-	-
	300°C ' a k a d ı r	Maks. 45	Maks. 45	Maks. 40	Maks. 40	Maks. 35	Maks. 35	Maks. 30	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 20	Maks. 20	Maks. 20	Maks. 15	Maks. 15
D e s t i l a s y o n l a r ı n s a n m u y u n m a m a n d ı t a s ı , t h a l l a v e b i l g e r e t e d e b i l i r .	TS 126	30-60	30-60	35-65	35-65	35-70	35-70	35-70	35-70	35-70	40-70	40-70	40-70	40-70	40-70
	TS 1078	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S a l f e a n n a m d ı s i (*)	D e s t i l a t ü z e r i n d e	8	7	6	6	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	300°C ' d e k a d ı r t o p l u d e s t i l a t ü z e r i n d e , m a k s	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
F r a k t i y o n d a , m a k s .	TS 1078	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	300°C ' d e k a d ı r t o p l u d e s t i l a t ü z e r i n d e , m a k s .	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(*) Sülfatlarınca indirisi layim ihtiyarı lır deneydir.

EK 7: Antalya – Alanya Yolu İnşaatı Modifiye Bitüm Plant Tesisleri (Antalya-Alanya Yolu İnşaatı Modifiye Bitüm Üretim Raporu (2006)



ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Ankara’ da dünyaya geldi. İlk, orta eğitimini Manavgat’ta aldı ve 2000 yılında Manavgat Anadolu Lisesini bitirdi. 2000 yılında Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi. 2004 yılında Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2004 yılında Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2005 yılının Ekim ayında aynı bölümde araştırma görevlisi kadrosuna atandı ve halen aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

Yabancı dil: İngilizce

İlgi alanları: Yüzme, doğa gezileri, bisiklet gezileri, kitap okumak.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Önemi.....	3
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	4
2.1. Tanımı.....	4
2.2. Yüzeysel Kaplamanın Tarihçesi.....	5
2.3. Yüzeysel Kaplama Tipleri.....	7
2.4. Türkiye’ de Uygulanan Yüzeysel Kaplama Tipleri.....	9
2.4.1. Tek tabaka yüzeysel kaplamalar ve yapım esasları.....	9
2.4.1.1. Tek tabaka yüzeysel kaplamalarda kullanılan malzemeler ve özellikleri... 10	
2.4.1.2. Tek tabaka yüzeysel kaplama tasarımı.....	13
2.4.1.3. Tek tabaka yüzeysel kaplama işlemleri.....	13
2.4.1.4. Tek tabaka yüzeysel kaplamalarda trafik denetimi ve güvenlik.....	18
2.4.2. Çift tabaka yüzeysel kaplamalar ve yapım esasları.....	18
2.4.2.1. Çift tabaka yüzeysel kaplamalarda kullanılan malzemeler ve özellikleri... 18	
2.4.2.2. Çift Tabaka Yüzeysel Kaplama Tasarımı.....	21
2.4.2.3. Çift Tabaka Yüzeysel Kaplama İşlemleri.....	21
2.4.2.4. Çift tabaka yüzeysel kaplamalarda trafik kontrolü ve güvenliği.....	25
2.4.3. Bir veya birkaç tabaka bitümlü koruyucu yüzeysel kaplamalar (Seal Coat).....	25
2.4.3.1. Bir veya birkaç tabaka bitümlü koruyucu yüzeysel kaplamalarda kullanılan malzemeler ve özellikleri.....	26
2.4.3.2. Bir veya birkaç tabaka bitümlü koruyucu yüzeysel kaplama işlemleri.....	28
2.4.3.3. Bir veya birkaç tabaka bitümlü koruyucu yüzeysel kaplamalarda trafik kontrolü ve güvenliği.....	28
2.5. Yüzeysel Kaplamaların Tasarım Prensipleri ve Parametreleri.....	29
2.5.1. Yüzeysel Kaplamalarda Oluşan Bozukluklar.....	31
2.5.1.1. Timsah sırtı çatlakların oluşma sebepleri.....	32
2.5.1.2. Kenar çatlakların oluşma sebepleri.....	32
2.5.1.3. Enine çatlakların oluşma sebepleri.....	32
2.5.1.4. Boyuna çatlakların oluşma sebepleri.....	32
2.5.1.5. Tekerlek izi oturmalarının oluşma sebepleri.....	33

2.5.1.6. Ondülasyonlar ve ötelenmelerin oluşma sebepleri	33
2.5.1.7. Lokal oturmalar ve kabarmaların oluşma sebepleri	33
2.5.1.8. Çukurların oluşma sebepleri	33
2.5.1.9. Kaplamada agrega kaybı	34
2.5.1.10. Çizgisel agrega kaybının oluşma sebepleri	34
2.5.1.11. Asfaltın kusmasının oluşma sebepleri	34
2.6. Yüzeysel Kaplamalar İçin Modifiye Bitümün Kullanılması	35
2.6.1. Geliştirilmiş Yüzeysel Kaplamaların Esasları	35
2.6.2. Modifiye bitümün tarihçesi	37
2.6.3 Yol üstü yapısı malzemesi olarak bitüm ve özellikleri:	39
2.6.3.1 Bitümlü bağlayıcıların reolojisi, bileşenleri ve kimyasal yapısı	40
2.6.3.2. Bitümlü bağlayıcıların çeşitleri	44
2.6.4 Yol malzemesi olarak modifiye bitüm ve özellikleri	54
2.6.4.1. Bitümlü bağlayıcıların modifiye edilme nedenleri	54
2.6.4.2. Bitümlü bağlayıcıların modifikasyon yöntemleri	55
2.6.4.3. Bitüm katkı maddelerinde aranan özellikler	56
2.6.4.4. Modifiye bitümlerde aranan özellikler	56
2.6.4.5. Bitüm Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması	57
2.6.4.6. Modifiye bağlayıcıların özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneyler .	61
2.6.4.7. Modifiye Bitümlerle Üretilen Yüzeysel Kaplamaların Serilmesi ve Sıkıştırılması	68
2.6.4.8. Modifiye bitümler için maliyet performans ilişkileri	68
2.6.5. Yüzeysel kaplamalarda agrega ve modifiye bitümün suyun tesiri altında yapışma yeteneği	69
2.6.5.1. Agrega ve bitümün yapışması	69
2.6.5.2. Soyulma	71
2.6.5.2. Polimer modifiye bitüm kullanarak soyulmanın önlenmesi	71
2.7.5. Bitüm modifikasyonu konusunda ülkemizde yapılmış olan bazı çalışmalar	72
2.7.5.1. Polyolefin katkılarla bitüm modifikasyonu	72
2.7.5.2. SBS Kraton D 1192 polimeri ile bitüm modifikasyonu	73
2.7.5.3. Epoksi reçine ile bitüm modifikasyonu	73
2.7.5.4. Polivinil Klorür (PVC) ile bitüm modifikasyonu	74
3. MATERYAL ve METOT	76
3.1. Materyal	76
3.1.1. Asfalt Çimentosu	76
3.1.2. Modifiye edici madde	76
3.1.3. SBS ile bitümün karıştırma prosedürleri	79
3.1.4. SBS ile bitümün karıştırma sonrası özellikleri	81
3.1.5. Agrega	82

3.2. Metot	82
3.2.1. Modifiye bitümün üretimi ve üretim tesisleri	82
3.2.2. Asfalt çimentosuna ve modifiye bitüme uygulanan deneyler	84
3.2.1.1. Penetrasyon deneyi (ASTM D 5-86, TS 118).....	84
3.2.1.2. Düktilite deneyi (ASTM D 113-86, TS 119)	86
3.2.1.3. Yumuşama noktası deneyi (Halka-Bilye Metodu), (TS 120)	88
3.2.1.4. Parlama ve yanma noktası deneyi (TS 123).....	89
3.2.1.5. Özgül ağırlık deneyi (ASTM D70, TS 1087)	91
3.2.3. Yüzeysel kaplamaya uygulanan deneyler	92
3.2.3.1. Soyulma deneyi (Nicholson).....	92
3.2.3.2. Yapışma deneyi (Vialit yöntemi ile).....	93
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	97
4.1. Asfalt Çimentosu ve Modifiye Edilmiş Asfalt Çimentosu Deney Bulguları	97
4.1.1. Penetrasyon deney bulguları	97
4.1.2. Düktilite deney bulguları.....	98
4.1.3. Yumuşama noktası deney bulguları	99
4.1.4. Parlama noktası deney bulguları	100
4.1.5. Özgül ağırlık deney bulguları	101
4.1.6. Genel değerlendirme	102
4.1. Yüzeysel Kaplama Deney Bulguları	102
4.1.1. Soyulma (Nicholson) deneyi bulguları	102
4.1.2. Yapışma (Vialit) deneyi bulguları.....	103
5. SONUÇ	105
6. KAYNAKLAR	108
EKLER.....	111
ÖZGEÇMİŞ	