



**T.C. ULAŖTIRMA VE
ALTYAPI BAKANLIĞI**



**KARAYOLLARI
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

BİTÜMLÜ KAPLAMALAR KORUYUCU BAKIM ve ONARIM REHBERİ



**ARAŖTIRMA VE GELİŖTİRME DAİRESİ BAŖKANLIĐI
ÜSTYAPI GELİŖTİRME ŖUBESİ MÜDÜRLÜĞÜ
ANKARA - 2024**





T.C.
ULAŖTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



BİTÜMLÜ KAPLAMALAR KORUYUCU BAKIM ve ONARIM REHBERİ

HAZIRLAYANLAR

Kutsal Kübra ÇALIŖKAN
İnŖaat Mühendisi

Savaş Nedim TUTAN
İnŖaat Yüksek Mühendisi

Muhammet KOMUT
İnŖaat Yüksek Mühendisi

ARAŖTIRMA VE GELİŖTİRME DAİRESİ BAŖKANLIĐI
ÜSTYAPI GELİŖTİRME ŖUBESİ MÜDÜRLÜĞÜ
ANKARA – 2024

Her hakkı saklıdır. Bu kitabın bir kısmı veya tamamı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yazılı izni olmadan çoğaltılamaz. Bilgi erişim sistemine yüklenemez veya herhangi bir şekilde bir başka yere aktarılamaz.

ÖNSÖZ

Ulaştırma alanındaki küresel gelişmeler ve eğilimler doğrultusunda, odak noktasında dijitalleşme ve hareketliliğin yer aldığı tüm ulaşım hizmetlerinin toplumun her kesimine eşit şartlarda, kesintisiz, güvenli ve esnek şekilde sunulması önem arz etmektedir.

Erişilebilirlik ve hareketlilik stratejilerinde kamu varlıklarının en önemlisi olan karayolu altyapısının gelişimi; uzun ömürlü ve yüksek performanslı yol kaplamalarının ve mevcut üstyapıların uygun stratejilerle yönetilmesini daha da önemli hale getirmektedir.

Uygun teknik ve malzemelerle inşa edilmiş yollarımızda, trafiğe açıldıktan sonraki dönemlerde servis kabiliyetinde önemli düşüşler yaşanmadan uzun hizmet sürelerinin yakalanabilmesi için, gerekli periyodik kontrollerin yapılması ile birlikte koruyucu bakım-onarım faaliyetlerinin de uygun zamanda hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu faaliyetlerin doğru zamanda, doğru yöntemle uygulanmasının planlanması, sürdürülebilir bir karayolu üstyapısı için en önemli yatırım stratejilerinden biridir. Üstyapı kaplama koruma programı, bu kapsamda geliştirilen uygun maliyetli stratejiler arasında yer almaktadır.

Bu çerçevede, Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve ilk olma özelliğindeki “Bitümlü Kaplamalar Koruyucu Bakım ve Onarım Rehberi” karayolu mühendislerinin ve sektörün tüm paydaşlarının kullanımına sunulmaktadır.

Karayolu varlıklarının en önemli bileşenlerinden biri olan yol üstyapılarının, yeşil dönüşüm ve sürdürülebilirlik hedefleri çerçevesinde doğru yönetilmesine, doğru zamanda doğru bakım-onarım yöntemlerinin uygulanmasına, dolayısıyla kaynakların verimli kullanılmasına önemli katkı sağlayacak “Bitümlü Kaplamalar Koruyucu Bakım ve Onarım Rehberi”nin hazırlanmasında emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ediyor, rehberin başta Kurumumuz olmak üzere, karayolu bakımı ve onarımı alanında faaliyet gösteren tüm kurum ve kuruluşların çalışmalarında yol gösterici olmasını diliyorum.



Ahmet GÜLŞEN

Karayolları Genel Müdürü

ÖNSÖZ

Bir karayolu ağını korumak için değerlendirilebilecek uygun maliyetli stratejilerden biri üstyapı kaplama koruma programıdır. Üstyapı koruma programı, uygun maliyetli, üstyapı ömrünü uzatan, güvenliği artıran ve kullanıcı beklentilerini azami karşılayan bir dizi uygulamayı kullanarak üstyapı performansını ağ seviyesinde ve uzun vadeli olarak yükselten bir stratejiyi izler.

Bununla birlikte koruyucu-önleyici bakım uygulaması için bir yol üstyapısı belirlendiğinde, ilgili kesimdeki mevcut bozulmanın derecesini belirlemek, bir önleyici bakım uygulamasının mevcut sıkıntıyı düzelteceğini teyit etmek ve kaplama yüzeyinin çok daha fazla bozulmasına engel olmak için proje düzeyinde daha detaylı incelenmeler ilgili birimler tarafından yapılmalıdır

Buna göre uygun maliyetli bir üstyapı bakım stratejisi, iyi ve düzgün durumdaki yolların bozulma oranını yavaşlatmak için daha az kaynağı, daha fazla kaynak ihtiyaç duyulan büyük iyileştirme veya yeniden yapım gerektiren yollara yönlendirmek yerine, koruyucu bakım ve onarım faaliyetlerinde en iyi ve etkin şekilde kullanır. Bu bakım stratejisi, karayollarındaki üstyapı bozulmalarına erken müdahale ederek hizmet seviyesi yüksek durumdaki yol ağının doğru zamanda bakımını yaparak daha maliyetli onarım uygulamalarına olan ihtiyacı geciktirebilmektedir.

Yol üstyapılarının, doğru yönetilmesine, doğru zamanda, doğru bakım-onarım yöntemlerin uygulanmasına dolayısıyla kaynakların verimli kullanılmasına önemli katkı sağlayacağına inandığımız, koruyucu ve düzeltici bakım yöntemlerinin detaylandırılarak bir arada sunulduğu ve ülkemiz açısından yeni bir kaynak olma özelliği de olan "Bitümlü Kaplamalar Koruyucu Bakım ve Onarım Rehberi" Karayolu mühendislerine ve ilgili paydaşlara kılavuzluk görevi üstlenecektir.

Bu rehberin ülkemiz karayolu üstyapılarımızın daha sürdürülebilir, güvenli, maliyet etkin bir şekilde yönetilmesine katkılar sağlayacağına inanıyor, hazırlanmasında emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Emine BALABAN

Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanı

İÇİNDEKİLER TABLOSU

GİRİŞ	1
1. ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİ (ÜYS)	3
Yaşam Döngü Maliyet Analizi (YDMA)	3
Düşük Bakım Maliyetli İyi Durumdaki Yollar	4
1.1 ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ	5
1.1.1 Üstyapı Envanteri	6
1.1.2 Üstyapı Durum Araştırması (Üstyapı Performansı)	6
1.1.3 Veri Tabanı	6
1.1.4 Analiz Modülü	7
1.1.5 Raporlama Araçları	7
1.2 ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİ ANALİZ SEVİYELERİ	8
1.2.1 Proje Düzeyinde Analiz	8
1.2.2 Ağ Seviyesinde Analiz	8
Strateji Seviyesinde Analiz	9
1.3 ÜSTYAPI KORUMA PROGRAMI VE ÜSTYAPI YÖNETİMİ	9
1.4 REHABİLİTASYONU (İYİLEŞTİRMEYİ) BELİRLEMEK	11
1.4.1 İyileştirme Yöntemine Karar Vermek	11
Karar Ağaçları	12
Karar Matrisleri	13
Diğer Karar Verme Yaklaşımları	13
1.4.2 Karar Yaklaşımlarının Faydaları ve Sınırlandırmaları	13
1.5 İYİLEŞTİRMENİN ETKİNLİĞİ VE ZAMANI	14
1.6 İYİLEŞTİRME UYGULAMALARI İÇİN SEÇİM REHBERİ	14
1.7 İYİLEŞTİRME KATEGORİLERİ	15
1.7.1 Koruyucu – Önleyici Bakım	15
1.7.2 Onarım veya Güçlendirme	15
1.7.3 Yeniden Yapım	16
1.8 PROJE İHTİYAÇLARINDA ÖNCELİK	16
Sıralama	16
Fayda/Maliyet Analizleri	16
Optimizasyon	17
2. BAKIM KAVRAMLARI VE TANIMLARI	19
2.1. BAKIMIN ÜSTYAPI PERFORMANSINA ETKİSİ	19
2.2 BAKIMIN TÜRLERİ	20
2.2.1 Koruyucu - Önleyici (Rutin) Bakım	20

2.2.2 Düzeltici Bakım	20
2.2.3 Acil Bakım	21
2.3 BAKIMDA DİKKAT EDİLECEK ÖNEMLİ HUSUSLAR	21
2.3.1 Drenaj	21
2.3.2 Hızlı ve Etkin Onarım.....	22
2.3.3 Kentsel Yollar	22
2.3.4 Bakım Personeli	23
2.3.5 Bakım Ekipmanı	23
2.3.6 Hava Durumu	23
2.4 GÜVENLİK	24
2.4.1 Personel Güvenliği	24
2.4.2 Sıcak Bitümlü Malzemelerle Çalışılması	25
2.4.3 Temizlik Maddelerinin Kullanımı	25
2.4.4 Trafik Güvenliği	26
2.4.5 Ekipman Güvenliği	26
3. ÜSTYAPI DEĞERLENDİRMESİ VE BOZULMALAR.....	27
3.1 ÜSTYAPININ İŞLEVSEL ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	27
3.1.1 Sürüş Kalitesi	27
3.1.2 Yüzey Sürtünmesi	28
3.2 ÜSTYAPININ YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	29
3.3 ÜSTYAPI DURUM BİLGİSİ	29
3.3.1 Üstyapı Durum İndeksleri.....	30
3.4 BİTÜMLÜ KAPLAMALARIN BOZULMA TÜRLERİ	31
3.4.1 Bozulmaların Tipik Sebepleri	31
3.4.2 Çatlaklar.....	32
Timsah Sırtı (Yorulma Tarzı) Çatlaklar (Fatigue Alligator Cracking)	32
Blok Çatlaklar (Block Cracking).....	33
Kenar Çatlakları (Edge Cracking)	34
Boyuna ve Enine Çatlak (Longitudinal & Transverse Cracking).....	34
Yansıma Çatlağı (Reflection Cracking).....	36
Kayma Çatlağı (Slippage Cracking).....	37
3.4.3 Bozulmalar	37
Ondülasyon ve Yığılma (Corrugation and Shoving).....	37
Tekerlek İzinde Oturma (Rutting)	38
Oturma veya Çökme (Settlement or Depression)	39
Kabarma veya Şişme (Upheaval or Swelling)	39

Enine Geçişler ve Yama (Utility Cuts and Patch)	40
Çukur (Pothole)	40
Sökülme ve Ayrışma (Raveling and Weathering).....	41
Sürtünme Problemi (Skid Hazard)	42
Kusma veya Parlama (Bleeding or flushing)	42
3.4.4 Sathi Kaplama Bozuklukları (Surface Treatment Distress).....	43
Kaplama Agregası Kaybı (Lost of Cover Aggregate)	43
Boyuna/Enine Çizgilenme (Longitudinal/Transverse Streaking).....	44
3.5 BAKIM – ONARIM YÖNTEMİNİN TAYİNİNDE YARDIMCI EL KILAVUZU.....	47
4. BAKIM – ONARIMDA KULLANILAN MALZEMELER.....	49
4.1 BİTÜM	49
4.1.1 Bitümlü Bağlayıcılar	49
Penetrasyon Sınıfı Bitüm	50
Sıvı Petrol Asfaltı (Katbek Bitüm)	50
Bitüm Emülsiyonu	52
4.1.2 Çatlak Yalıtımı / Çatlak Dolgusu	54
4.1.3 Astar (Prime Coat)	55
4.1.4 Yapıştırma Tabakası (Tack/Bond Coat)	57
4.2 AGREGA.....	58
4.2.1 Maksimum ve Nominal Maksimum Dane Boyutu ile Agregada Gradasyonu	59
4.2.2 Dayanıklılık ve Sağlamlık.....	59
4.2.3 Dane Şekli ve Yüzey Dokusu	60
4.2.4 Absorbsiyon	60
4.2.5 Agreganın Diğer Özellikleri.....	61
4.3 BİTÜMLÜ KARIŞIMLAR	61
4.3.1 Bitümlü Sıcak Karışım	62
4.3.2 Bitümlü Ilık Karışım.....	63
4.3.3 Bitümlü Soğuk Karışım	63
4.3.4 Yerinde Üretim Karışım.....	66
4.3.5 Özel Amaçlı Karışım	68
5. ÇATLAK TAMİRATI VE YAMA UYGULAMASI	69
5.1 ÇATLAK KAPAMA (YALITIMI) VE ÇATLAK DOLGUSU	69
5.1.1 Çatlak Dolgusu.....	69
5.1.2 Çatlak Kapama (Yalıtımı).....	70
5.1.3 Çatlak Genel Tanımları	70
Kılcal Çatlaklar.....	70

Küçük Çatlaklar	70
Orta Büyüklükteki Çatlaklar	71
Büyük Çatlaklar	71
5.1.4 Çatlak Kapama ve Çatlak Dolgusu Uygulama Zamanları	71
5.1.5 Malzeme Özellikleri	71
5.1.6 Çatlak Kapama ve Çatlak Dolgusu Uygulamaları.....	73
5.1.7 Çatlak Kapama (Yalıtımı) Uygulaması	73
5.1.8 Çatlak Dolgusu Uygulaması	77
5.2 YAMA UYGULAMASI	78
5.2.1 Kullanım Şekline Göre Yama Karışımları	78
Hemen Kullanım Öncesi Hazırlanan Yama Karışımları	78
Önceden Hazırlanarak Stoklanmış Yama Karışımları	79
Ticari Tescilli Hazır Yama Karışımları	79
5.2.2 Yapım Tekniğine Göre Yama Uygulamaları	80
Derin Yama veya Tam Derinlikte Yama Uygulaması	80
İnce Yüzey Yama Uygulaması	83
Püskürtme Enjeksiyonlu Yama Uygulaması.....	84
İnfrared (Kızılötesi) Isıtıcı Yama Uygulaması	85
Soğuk Havada Acil Durum Yama Uygulaması	87
5.2.3 Açık Gradasyonlu Aşınma (Poroz Asfalt) Tabakalarında Yama Uygulaması.....	88
6. BİTÜMLÜ YÜZEY İYİLEŞTİRME.....	91
6.1 BİTÜMLÜ YÜZEY İYİLEŞTİRMENİN İŞLEVİ	91
6.1.1 Yüzey İyileştirmesinde Saha Değerlendirmesi ve Gerekli Temel Hazırlıklar.....	96
6.2 PÜSKÜRTME YÖNTEMİYLE YAPILAN YÜZEY İYİLEŞTİRME UYGULAMALARI.....	97
6.2.1 Karartma Tabakası (Fog Seal)	97
Fog Seal Uygulaması İçin Kaplamanın Hazırlanması	99
Bitüm Emülsiyonunun Uygulanması	99
6.2.2 Gençleştiriciler (Rejuvenators)	100
6.2.3 Toz Önleyiciler (Dust Palliatives)	101
6.3 BİTÜMLÜ KORUYUCU SATHİ KAPLAMA (CHIP SEAL / SEAL COAT).....	102
6.3.1 Koruyucu Sathi Kaplama Yapımında Kullanılan Malzemeler	103
Agrega	103
Bitümlü Bağlayıcı.....	105
6.3.2 Koruyucu Sathi Kaplama Dizaynı	108
6.3.3. Yapım Koşulları.....	108
İmalat Öncesi Yapılması Gerekenler	109

Bitümlü Bağlayıcının Uygulanması	109
Fırçalamayla Yalıtım (Scrub Seal)	110
Agreganın Uygulanması	111
Silindirme.....	112
Enine ve Boyuna Ek Yerleri	113
Süpürme	114
6.3.4. Kalite Kontrol	114
Agrega Gömülme Kontrolü	114
Gözlemsel Değerlendirme.....	115
6.4 BİTÜMLÜ KORUYUCU SATHİ KAPLAMA (SANDWICH SEAL)	116
6.5 BİTÜMLÜ KORUYUCU SATHİ KAPLAMA (SAND SEAL)	117
6.6 BİTÜM EMÜLSİYONLU HARÇ TİPİ KAPLAMA (SLURRY SEAL)	118
6.6.1 Slurry Seal Uygulamasında Kullanılan Malzemeler	120
Bitümlü Bağlayıcı.....	120
Agrega	121
Mineral Filler ve Katkı Maddeleri	122
6.6.2. Slurry Seal Karışımı Dizaynı	122
6.6.3 Harç Tipi Slurry Seal Kaplama Uygulama Esasları	127
Kapanacak Yüzeyin Hazırlanması	127
Slurry Seal Harcının Üretimi ve Koruyucu Tabaka Teşkili	128
6.6.4 Kalite Kontrol	131
6.7. BİTÜM EMÜLSİYONLU HARÇ TİPİ KAPLAMA (MICRO SURFACING).....	133
6.7.1 Micro Surfacing Uygulamasında Kullanılan Malzemeler	134
Bitümlü Bağlayıcı.....	134
Agrega	135
Mineral Filler ve Katkı Maddeleri	136
6.7.2 Micro Surfacing Karışımı Dizaynı	137
6.7.3 Micro Surfacing Kaplama Uygulama Esasları	138
Kapanacak Yüzeyin Hazırlanması	139
Micro Surfacing Harcının Üretimi ve Koruyucu Tabaka Teşkili	140
6.7.4 Kalite Kontrol	142
6.8 BİTÜMLÜ HARMAN KAPLAMA (CAPE SEAL).....	143
6.9 İNCE TAKVİYE TABAKASI	144
6.10 ÇOK İNCE TAKVİYE TABAKASI (ULTRATHIN BONDED WEARING COURSE).....	145
7. PORTLAND ÇİMENTOLU RİJİT BETON KAPLAMALARDA BAKIM - ONARIM	146
7.1 BİTÜMLÜ MALZEMELERİN RİJİT KAPLAMALARDA KULLANIMI.....	146

7.2 DERZ VE ÇATLAK YALITIMI	147
7.2.1 Derz Yalıtım Uygulaması	148
7.2.2 Çatlak Yalıtım Uygulaması.....	149
7.3 YAMA UYGULAMASI	150
7.3.1 Tam Derinlikli Yamalar	150
7.3.2 Kısmi Derinlikli Yamalar	151
7.4 TABAN YALITIMI (UNDERSEALING)	152
7.5 ASFALT TAKVİYE TABAKALARI.....	153
8. KAYNAKLAR.....	154

GİRİŞ

Tasarımı ve yapımı ne kadar kusursuz olursa olsun karayolu üstyapıları da her mühendislik yapısında olduğu üzere zamanla, bulunduğu iklim koşulları ile taşıdığı yükler sonucunda oluşan gerilmeler yıpranıp aşınır. İklim ve çevre koşullarının yanında trafik yükleri gibi dış faktörlerin etkisinde, tabaka cinsleri ve malzeme özellikleri ile tasarımına ait parametrelere bağlı olarak üstyapıda meydana gelen bu yaşlanma ve bozulma erken dönem olarak tanımlanan yapımdan itibaren ilk birkaç yıl içerisinde ya da ön görülen hizmet ömrü süresinde uzun vadede ortaya çıkmaktadır. Bu nedenledir ki karayolu üstyapılarının; özenle ve itinayla tanımlanmış yapım şartları ve kriterleri doğrultusunda, uygun teknikler ve iyi evsafli malzemelerle inşasının hedeflenmesinin yanında, trafiğe açıldıktan sonraki dönemlerde servis kabiliyetinde önemli bir düşüş olmaksızın uzun yıllar hizmet edebilmelerini sağlayabilmek amacıyla gerekli olan periyodik kontroller ile koruyucu bakım - onarım faaliyetlerinin de net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Bu faaliyetlerin uygun yöntem ve doğru teknik ile doğru zaman aralığında uygulamasının planlaması, sürdürülebilir bir karayolu üstyapısı tasarımı ve yönetimi için en önemli yatırım stratejisidir.

Yapım sırasında gösterilen özen ve hassasiyet, sonrasında karayolu üstyapısının hizmet ömrü süresince yapılması gereken periyodik bakımlarda yeterince gösterilmemekte, gerekli olan düzeltici ve koruyucu bakım faaliyetleri zamanında ve etkin bir şekilde yapılmamaktadır. Başlangıçta üstyapıda sadece yüzeysel ve hafif şiddette olan bozulmalara zamanında müdahale edilmediğinde, kaplamada kısa bir süre sonra yüksek oranda şiddetli yapısal hasarlar gelişmekte, bu da taşıma gücünde kayba ve nihayetinde de ilave tabaka takviyesi ya da yeniden yapım tarzı bir rehabilitasyonun ihtiyacına neden olmaktadır. Doğal kaynakların hızla tükendiği günümüzde bu tarz bir üstyapı işletme yaklaşımı hem pahalıya mal olmakta hem de uygulanması teknik olarak her zaman mümkün olmayan, telafisi zor durumlara neden olmaktadır.

Sonuç olarak karayolu üstyapılarında yapılacak periyodik bakım ile koruyucu ve düzeltici bakım-onarım faaliyetleri için; gerek ilk yapım gerekse de mevcudun yapısal rehabilitasyon ile yenilenmesi sonrasında ilerleyen dönemlerde üstyapıda yürütülecek olan bakım stratejileri ve uygulanacak iyileştirme teknikleri önceden doğru bir şekilde planlanmalıdır. Mevcut üstyapıya ve kaplamasına ne zaman, hangi koşullarda, hangi

malzemeler ve hangi tekniklerle, nasıl müdahale edileceği öncelikle doğru ve net bir şekilde belirlenmeli, sonrasında da eksiksiz olarak uygulanmalıdır. Bu bağlamda doğru bir bakım onarım planlamasının yapılması ve rehabilitasyon stratejilerinin belirlenmesinde Karayolu İdaresi tarafından sorumluluk alanındaki karayolu ağı için etkin olarak işletilecek bir üstyapı yönetim sisteminin tanımlanması ve kurulması oldukça önemlidir.

1. ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİ (ÜYS)

Üstyapı yönetim sistemi (ÜYS), AASHTO tasarım rehberindeki en basit tanımıyla karayolu üstyapılarının; tanımlanması, sınıflandırılması, envanter değerlendirmesi ile uzun süre hizmet verebilir durumda kalmaları için izlenecek optimum stratejilerin belirlemesinde Karayolu İdarelerini yönlendiren araçların ve metotların bütünüdür.

Bir ÜYS mevcut bütçe ile var olan diğer koşulları da hesaba katarak yol üstyapılarının bakım, onarım, takviye veya yenileme faaliyeti ihtiyaçlarını önceliklendirmeye ve tanımlamaya yardımcı olur. Bu amaçla güvenilir üstyapı envanteri ile üstyapı durum bilgisini kullanır. ÜYS bilgisayar destekli veya manuel işletimli olabilir. Ancak bilgisayar destekli ÜYS, büyük veri tabanlı üstyapı envanter bilgisini analiz ve idare etme kabiliyetinde oldukça üstün bir avantaj sağlar. Zira bilgisayar destekli ÜYS yazılımı gelecekteki üstyapı durumlarını ve yol ağının uzun dönemdeki koşulları için bugünden tayin edilen kararların etkisini önceden ve hızlı bir şekilde değerlendirebilen bir yöntem sağlar. Bu sayede Karayolu İdareleri ÜYS den gelen bilgiler ışığında kamu kaynaklarını daha efektif kullanmakla sonuçlanan daha etkin ve optimum maliyetli bakım ve onarım kararlarını rahatlıkla alabilir.

Sonuç olarak ÜYS için; karayolu ağındaki yol kaplamalarında; nispeten daha iyi durumda iken yapılacak düşük maliyetli koruyucu ve düzeltici bakım – onarım işlemi ile ileri seviyede bozulma durumunda yapılacak çok daha maliyetli takviye ya da yenileme faaliyetlerini fayda/maliyet ve performans açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirerek en uygun (optimum) rehabilitasyon yöntemlerini ve stratejilerini belirleyebilen sağlam bir veri tabanı ile tahmin ve analiz modellerine dayalı bir sistem yapısıdır, tanımı yapılabilir. Doğru veriler ve etkin modellerle işleyen ÜYS iyi durumdaki yolların mümkün olduğu kadar uzun süre daha iyi durumda kalmasını sağlarken, kötü durumdaki yol sayısının (onarımı çok pahalı olan) azaltılması için sarf edilen gayret ve emeğin de devamlılığını sağlar. Bu amaçla ÜYS genellikle temel bir maliyet analizi ışığında değerlendirme yapar. Bu yaklaşımda yaşam döngü maliyet analizi ile düşük bakım maliyetli yolların belirlenmesi ve önem derecesine göre sıralanması amaçlanır.

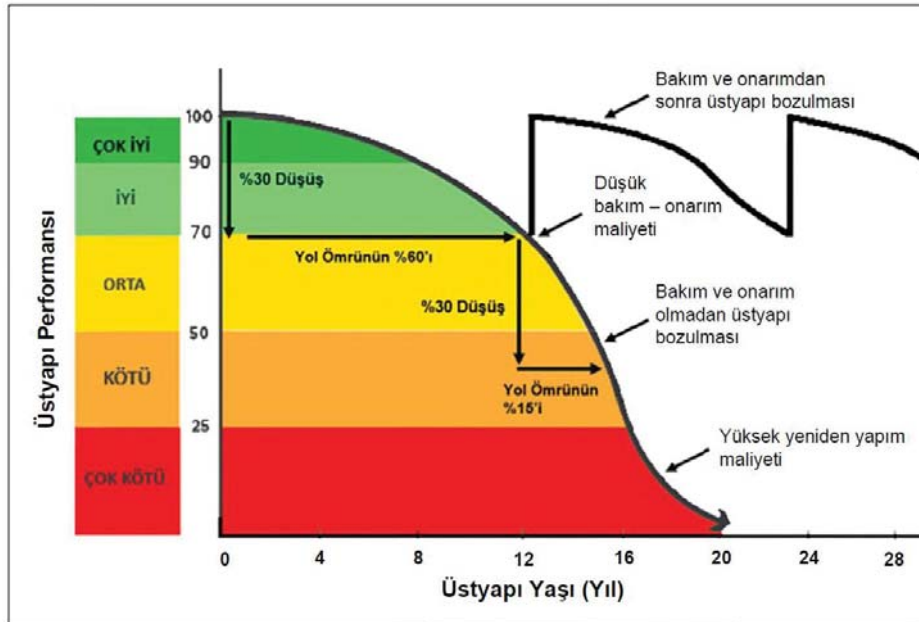
Yaşam Döngü Maliyet Analizi (YDMA)

Mevcut üstyapının en uygun maliyetli bakım onarım stratejisine karar vermek kolay olmayan, oldukça karmaşık ve zor bir iştir. Buna karşın bir yaşam döngü maliyet analizi (YDMA) 20 ile 40 yıl arasındaki bir analiz periyodunda alternatif uygulama stratejilerini

karşılaştırmakta büyük bir kolaylık sağlar. Bir YDMA da, üstyapının ömrü boyunca ihtiyaç duyulacak olası tüm gereksinimleri tespit edilir ve bu gereksinimler için harcanacak paraların zaman içerisindeki artış değerlerini baz alan ekonomi formülleri yardımıyla tüm ihtiyaçlara ait günümüzdeki nihai maliyet tespit edilir. Olası bütün masraflar zaman içerisinde aynı noktaya, örneğin günümüze taşındığı için farklı performanslardaki farklı uygulama stratejileri de kolaylıkla karşılaştırılabilir. İlaveten bir YDMA Karayolu İdaresinin aynı analizde hem yatırım masraflarını ve hem de işletme giderlerini tahmin etmesine olanak sağlar. Yatırım maliyeti yapım, bakım ve onarım için “Karayolu İdare”sinin yapacağı masraflar olarak tanımlanırken, işletme maliyeti ise karayolu kullanıcılarının masrafları, araç kullanım giderleri, yakıt, bakım, amortisman bedelleri, kaza ve sigorta masrafları ile seçilecek her bir farklı alternatif stratejisinin sonucunda ortaya çıkacak gecikme masraflarını içermektedir.

Düşük Bakım Maliyetli İyi Durumdaki Yollar

İyi durumdaki bir karayolu kaplamasındaki koruyucu bakım masraflarının, kötü duruma gelmiş kaplamanın yenilenmesi için yapılacak masraftan çok daha düşük bir seviye de olduğunu bilinmektedir. Bunu bir tahmin modeli üzerinde gösteren; iyi durumdaki yolların koruyucu bakımına ait düşük maliyetler ile çok daha büyük onarımlar gerektirinceye kadar hiçbir işlem yapılmadan bozulmasına izin verilen yolların onarım maliyetlerinin izafi kıyası varsayımına dayalı grafik aşağıda verilmiştir (Şekil 1.1).

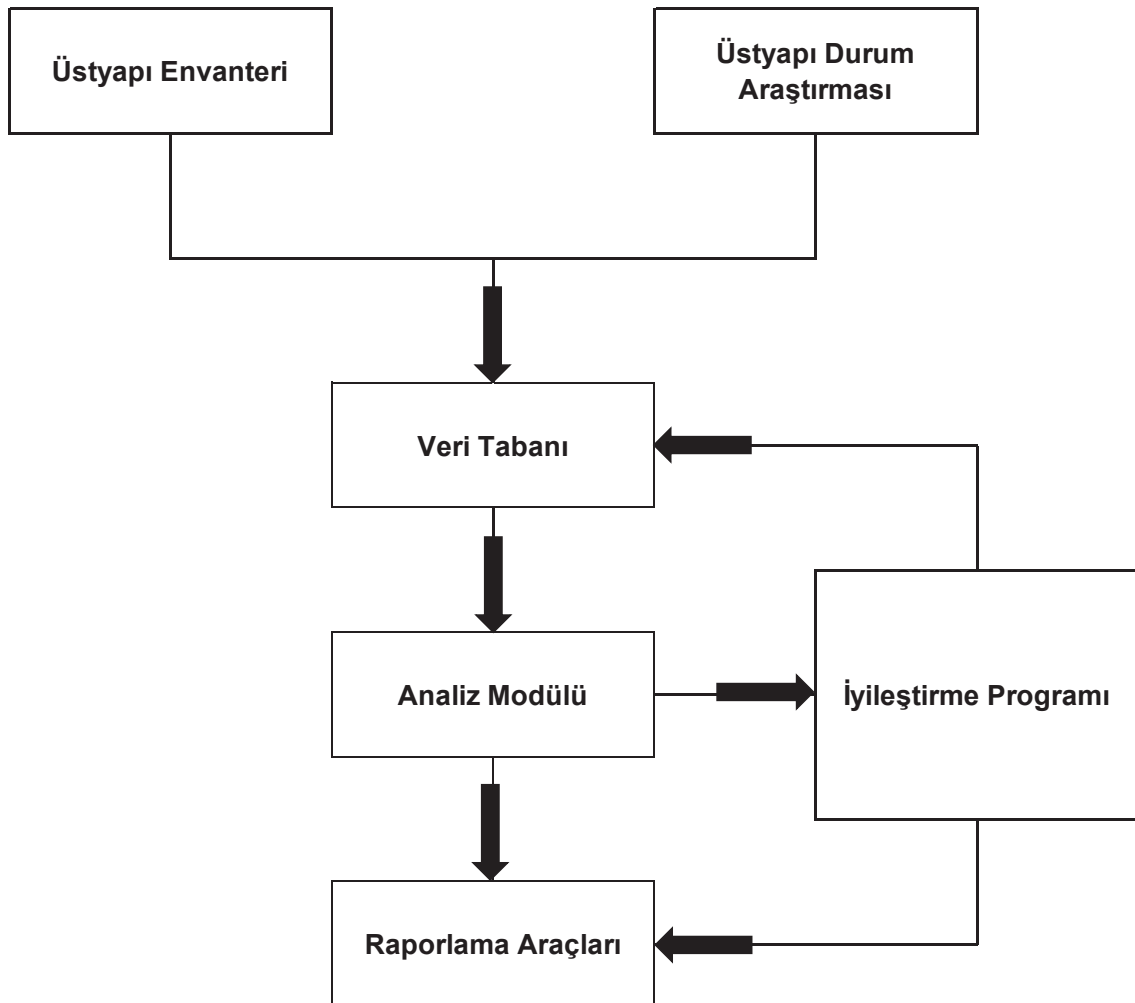


Şekil 1.1. Üstyapı Bozulma/Maliyet İzafi Kıyaslama Modeli

Buna göre uygun maliyetli bir üstyapı bakım stratejisi; mevcut bütçeyi çok fazla bir ödenğe ihtiyaç duyulan üstyapıda büyük iyileştirme veya yeniden yapım gerektirecek durumda iken harcamak yerine, çok daha az bir ödenekle iyi ve düzgün durumdaki yollarda üstyapı bozulma oranını yavaşlatmak için yapılacak koruyucu bakım ve onarım faaliyetlerinde en doğru ve en etkin şekilde kullanır. Bu sayede “Karayolu İdare”si, yollardaki üstyapı bozulmalarına erken müdahale ederek ve hizmet seviyesi yüksek durumdaki yol ağının doğru zamanda bakımını yaparak ortaya çıkacak çok daha maliyetli onarım uygulamalarına olan ihtiyacı da geciktirebilir.

1.1 ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ

ÜYS’ yi oluşturan bileşenler genel hatları ile aşağıda gösterilmiş (Şekil 1.2) olup, üstyapı yönetiminin bu bileşenlerine ait özet açıklama aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.2. Üstyapı Yönetiminin Temel Bileşenleri

1.1.1 Üstyapı Envanteri

ÜYS analizlerini desteklemek için yol ağının belirli özelliklerinin tanımlanması önemlidir. İhtiyaç duyulan veri bileşenleri üstyapı türüne göre çeşitlilik göstermekle birlikte, genelde envanterler aşağıdaki tipte bilgiler içerir.

- Her bir üstyapı bölümünün başlangıç ve bitiş noktasını içeren lokasyon bilgisi,
- Yolun proje sınıfı (bölünmüş yol, tek yol vb.),
- Yolun geometrik özellikleri (kaplama genişliği, şerit sayısı, şerit ve banket genişliği, yolun uzunluğu vb.),
- Yolun ilk yapım (trafiğe açılma) tarihi, en son iyileştirme yapılan tarihi ve bakım geçmişi gibi üstyapı kronolojisine ait bilgiler,
- Yolun yüzeyi, kaplama türü, bitümlü ve granüler tabaka kalınlıkları ile mevcut durumları gibi üstyapı özellikleri.

İyileştirme kararlarının verilmesinde envanter bilgisi her aşamada oldukça önemlidir. Şöyle ki yol sınıfı ya da yüzey durum bilgisi ilk aşamada hesaba katılabilirken, zaman içerisinde karar verme sürecinde daha az kritik olan, fakat belirli bir bozulma tipi ya da tek bir yol kesimi için yardımcı olan ilave bilgilerde envantere eklenebilir. Örneğin üstyapının imalat geçmişine ait kayıtları ikinci aşamada envantere eklenebilir.

1.1.2 Üstyapı Durum Araştırması (Üstyapı Performansı)

Üstyapı yönetim sistemi günümüzdeki ve gelecek dönemlerdeki bakım ve onarım stratejilerini belirleyebilmek için üstyapı performansına ait bilgileri kullanır. Bu bakımdan ÜYS tarafından yapılan bütün öneriler üstyapı performansına bağlıdır. Dolayısıyla performansa bağlı olarak üstyapının gelecekteki durumunu tahmin edebilmek, en uygun bakım onarım stratejisini belirleyebilmek için yol ağındaki üstyapının mevcut durumunun belirli aralıklarla güncellenerek revize edilmesi ve ÜYS'ye dinamik olarak sürekli olarak aktarılması gerekir.

1.1.3 Veri Tabanı

Envanter ve performans bilgisi üstyapı yönetim sisteminin temel veri tabanını oluşturur. Veri tabanı analiz raporları ile farklı bakım ve onarım stratejilerinin değerlendirilmesinde kullanılır.

1.1.4 Analiz Modülü

Üstyapı bakım - onarım stratejilerinin belirlenmesi ve planlanması ile ortaya konulan çözüm önerilerinin, mevcut bütçe sınırları ile zorunlu diğer kısıtlamalar doğrultusunda optimize edildiği analiz metotları ve modülleri üstyapı yönetim sisteminin kalbini oluşturur. Bu amaçla üstyapı bakım ve onarım ihtiyaçlarını optimize etmek amacıyla kullanılan en yaygın analiz metotları aşağıda tanımlanmıştır.

Sıralama Yöntemi: “Karayolu İdaresi”nin öncelikli projelerine ağırlık veren, bu amaçla da özelleştirilmiş bir sıralama kriteri oluşturmaya dayanan bir analiz yöntemidir. Örneğin yüksek trafik hacimli yolların düşük trafik hacimli yollardan daha üstün bir önceliğe sahip olarak sıralanması.

Fayda/Maliyet Analizi: Bu yaklaşımda fayda/maliyet oranını belirlemek amacıyla her bir proje için uygulanabilir iyileştirmelerin faydaları bu iyileştirme faaliyetlerinin maliyetine oranlanır. En yüksek fayda/maliyet oranına sahip projelere ve iyileştirme faaliyetlerine bütçe ayrılması için öncelik verilir.

ÜYS’ de analizleri desteklemek için öncelikle üstyapı performans modelleri ve iyileştirme kuralları oluşturulur. Üstyapı performans modelleri; farklı tipteki üstyapıların bozulmuş bölümleri ve bozulma türlerine göre mevcut üstyapıların geçmiş durumlarını baz alarak tanımlanır. Bununla birlikte önerilecek her bir iyileştirmenin uygulanabilir olduğu varsayılan koşulları ile muhtemel maliyetini hesaplayabilmek için de yapılacak iyileştirme uygulamasının etkinliğine dair performans tahminin de doğru yapılması gerekmektedir.

Örneğin, servis kabiliyeti orta seviyedeki bitümlü karışım kaplama yollar üzerine yapılacak ince bir tabaka sıcak karışım asfalt uygulanması etkili bir iyileştirme yöntemi olarak kabul edilebilir.

1.1.5 Raporlama Araçları

Üstyapı yönetim analiz sonuçları ile veri tabanından elde edilen bilgiler, metin, tablo ve grafik olarak çok sayıda ve farklı formatlarda rapor edilebilir. Üstyapı yönetim sistemi veri tabanlarını coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ile veya bilgiyi görsel olarak gösteren diğer harita paketleri ile birleştirilebilir.

1.2 ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİ ANALİZ SEVİYELERİ

Üstyapı yönetim sistemi yapılması planlanan faaliyete karar vermek amacıyla iki temel seviyedeki analizi kullanır. Bunlar proje düzeyinde analiz ve ağ seviyesinde analizlerdir.

Kapsamlı bir ÜYS analizi genelde;

- Önleyici bakım ve onarım uygulamalarının seçimini etkileyen bozulma türünü içeren üstyapı durum bilgisini,
- Üstyapının farklı iyileştirme durumları ile iyileştirme yapılmadığı durumdaki performanslarını belirleyebilen üstyapı performans modellerini,
- Farklı tipteki iyileştirmelerin uygulanabilir olduğu durumlara karar vermek için kullanılacak usul ve esaslarını,
- İyileştirme uygulamasının üstyapı durum ve performansına olan etkilerini belirleyen diğer uygulamaları içerir.

1.2.1 Proje Düzeyinde Analiz

Proje düzeyli analizler belirli bir üstyapı bölümünün bakım ve onarımı hakkındaki kararları içerir. Bu seviyedeki analizde, üstyapıdaki mevcut bozulmaların derecesini tayin etmek ve eksiklikleri gidererek kusurları düzeltecek en uygun iyileştirme yöntemini belirlemek amacıyla detaylı üstyapı değerlendirmeleri yapılır. ÜYS bu aşamada üstyapı bölümünün bozulma şiddetini ve bozulma yoğunluğunu, bakım - onarım ve diğer imalat geçmişi ile ideal onarım stratejisinin seçimini etkileyebilecek diğer faktörleri birlikte göz önünde bulundurarak değerlendirir ve analiz ederek verilecek kararları belirler.

1.2.2 Ağ Seviyesinde Analiz

ÜYS genelde bütün yol ağının bakım ve onarım ihtiyaçlarını mevcut bütçeye göre değerlendirir. Ağ seviyesinde, “Karayolu İdaresi”nin bakım ve onarım ihtiyaçları öncelik derecesine göre sıralanır ve böylelikle mevcut bütçenin en ekonomik kullanımına karar verilir. Üstyapıların iyileştirme ihtiyaçları genellikle yıllara sari bir dönem için düşünülür ve ÜYS’ de farklı bakım ve onarım stratejileri birlikte dikkate alınarak değerlendirilir. Üstyapı yönetim sistemi ihtiyaç olan iyileştirme çalışmasının türünü ve bunun

yapılabileceği muhtemel kesimleri ile başlangıç zamanlarını da içeren genel kılavuzları ve raporları oluşturur. Ağ seviyesinde analiz; nihai iş planlarını geliştirmek ve maliyetleri düşürmek amacıyla genellikle eşit öncelikteki projeleri birden fazla yıla yaymaya ya da benzer küçük projeleri birleştirmeye dayalı tekrarlı bir analiz sürecidir. Üstyapıların nihai iyileştirme çalışmalarının ve faaliyet tasarımlarının oluşturulabilmesi için ağ seviyesinde analizde, proje düzeyinde analizden çok daha detaylı irdeleme yapmaya ihtiyaç vardır.

Strateji Seviyesinde Analiz

İyi bir üstyapı yönetim sistemi; “Karayolu İdare”lerinin stratejik kararlarını desteklemek amacıyla üstyapı performans hedeflerinin belirlenmesinde ve belirlenen bu performans hedeflerini gerçekleştirmek için ihtiyaç olacak bütçenin saptanmasında ve bunun proje bazlı dağıtılması ile üstyapı koruma politikası oluşturulmasında etkin rol oynayan kararları almayı sağlar. Genelde ÜYS’nin ağ seviyesinde analizi içerisinde tanımlanan strateji seviyesindeki analizde; rehabilitasyon kararlarının verilebilmesi için farklı iyileştirme stratejilerinde üstyapının uzun dönemdeki beklenen yapısal ve fonksiyonel durumları ile iyileştirme faaliyeti için gerekli finansman seviyeleri ve yürütülen faaliyete dair performans hedeflerini belirleyebilecek doğru verilerin üstyapı yönetim sistemine düzenli olarak aktarımına ve aktarılan bu verilerin kullanılabilirliğine ihtiyaç vardır.

1.3 ÜSTYAPI KORUMA PROGRAMI VE ÜSTYAPI YÖNETİMİ

Bir karayolu ağını korumak için değerlendirilebilecek uygun maliyetli stratejilerden birisi de üstyapı koruma programıdır. Etkili bir üstyapı koruma programı göreceli olarak iyi durumdaki bir üstyapının fonksiyonel karakteristiklerini korumak için düşük maliyetli önleyici bakım uygulamalarının aksatılmadan yapılması prensibine dayanır.

Bu amaçla üstyapı koruma programı uygun maliyetli, üstyapı ömrünü uzatan, güvenliği artıran ve kullanıcı beklentilerini azami karşılayan bir dizi uygulamayı kullanarak üstyapı performansını ağ seviyesinde ve uzun vadeli olarak düşürmeyecek bir stratejiyi izler.

Bu strateji; karayolu ağının tamamı için mevcut üstyapıların ilk durumunu korumaya dayanan, ilerleyen dönemlerde ise beklenen olası bozulmaları geciktiren veya bozulmaların henüz başladığı anda üstyapının işlevsel durumunu iyileştiren (yapısal

kapasiteyi önemli bir seviyede arttırmaksızın) uygun maliyetli koruyucu bakım onarım faaliyetlerini planlamak üzerine kuruludur.

Koruyucu bakım uygulamaları, nispeten iyi durumda olan karayolu üstyapılarında önemli bozulmalar meydana gelmeden önce yapılmalıdır. Koruyucu bakım uygulamalarına örnek olarak seal coat, çatlak yalıtımı, slurry seal veya micro surfacing vb. tarzı yüzeysel iyileştirme faaliyetleri verilebilir.

Üstyapı koruma programını uygulayan “Karayolu İdare”leri yol ağlarındaki üstyapılarda hizmet seviyesi bakımından beklenen faydaları görmek ve aralarında kıyas yapabilmek amacıyla üstyapı yönetim sistemine ihtiyaç duyarlar. ÜYS sayesinde üstyapı koruma programı ile tüm yol ağında sağlanacak tahmini iyileşme ve beklenen servis kabiliyeti durumları, aynı yol ağındaki en kötü durumda olan yolların öncelikli olarak onarımı ve düzeltilmesi yaklaşımına dayanan başka bir strateji programıyla da karşılaştırılabilir. Bu sayede üstyapı korumasının faydaları daha gerçekçi olarak ortaya konulabilir.

Üstyapı korumasının genel faydaları aşağıdaki yöntemler kullanılarak gösterilebilir.

- Farklı stratejiler kullanılarak hedeflenen hizmet seviyelerini sağlamak için ihtiyaç olan uygulama maliyetlerinin karşılaştırılması,
- Farklı koruma stratejileri ile yol ağında farklı durum kategorilerinde (iyi, orta veya zayıf gibi) beklenen iyileşmenin dağılımı,
- Geleneksel onarım ve takviye stratejileriyle karşılaştırıldığında üstyapı koruma programıyla ilişkilendirilmiş faaliyetlerin yaşam döngü maliyeti kıyaslaması, yöntemleri.

Etkin bir üstyapı koruma programından genel itibariyle;

- Daha yüksek müşteri memnuniyeti,
- Daha doğru ve daha bilinçli kararlar,
- Gelişmiş, etkili stratejiler ve uygun teknikler,
- Gelişmiş üstyapı durumu,
- Tasarruf,
- Yüksek güvenlik vb. sonuçlar beklenir.

1.4 REHABİLİTASYONU (İYİLEŞTİRMEYİ) BELİRLEMEK

ÜYS, koruyucu bakım için uygun olan en ideal yolları belirlemekte oldukça yardımcı olmaktadır. Bunun için üstyapı performans ölçümleri ile yapısal hasar ve taşıma kayıpları durumları irdelenerek önemli fonksiyonel bozuklukları bulunmayan yollar belirlenebilmektedir. Koruyucu - önleyici bakım uygulaması için belirli bir yol üstyapısı seçildiğinde, ilgili kesimdeki mevcut bozulmanın türünü ve derecesini belirlemek ile hangi önleyici bakım uygulamasının mevcut sıkıntıyı düzelteceğini ve kaplama yüzeyinin daha fazla bozulmasına engel olacağını tayin etmek için çok daha detaylı incelenmeler yapılması da gerekebilir.

Bununla birlikte ÜYS belirli bir bozulma türü için tavsiye edilen iyileştirme yöntemini tespit etmekten ziyade, üstyapıyı başlangıçtaki ilk durumuna getirmek için ihtiyaç olan onarım seviyesine karar vermek için de kullanılabilir. Aynı üstyapı bölümü için; performans ölçümlerine ve hedeflenen iyileştirme politikalarına bağlı olarak ÜYS örneğin önleyici bakım ve küçük (minör) onarım önerilerinin yanında alternatif olarak büyük (majör) onarım, ilave takviye veya yeniden yapım gibi faaliyetleri de tavsiye edebilir. Böyle bir durumda her bir onarım stratejisi için ayrı ayrı yaklaşık proje maliyetleri yine ÜYS' ye önceden tanımlanmış güncel birim fiyatlar ve analiz bilgileri yardımıyla hesaplanabilir. Ayrıca her bir iyileştirme faaliyeti sonrası ilerde meydana gelmesi muhtemel ortalama bozulma tür ve dereceleri de üstyapının gelecekteki durumunu tahmin etmek için kullanılabilir. Böylesi bir yaklaşımında bulunmak ve uygulamak, başlangıçta kolay gibi görüyor olsa da iyileştirmenin ortalama maliyeti ile iyileştirme sonrası üstyapı performans verisi her zaman ve her şartta istenilen doğruluk ve uygulanabilirlik seviyesinde sağlanamaz. Bu nedenle uygun iyileştirme stratejilerini belirlerken ÜYS analizlerinde proje seviyesinde detaylı üstyapı değerlendirmeleri yapmanın yanında, ağ seviyesindeki analizlerde de benzer yaklaşıma dayalı değerlendirmeler yapmak oldukça faydalı olabilir.

1.4.1 İyileştirme Yöntemine Karar Vermek

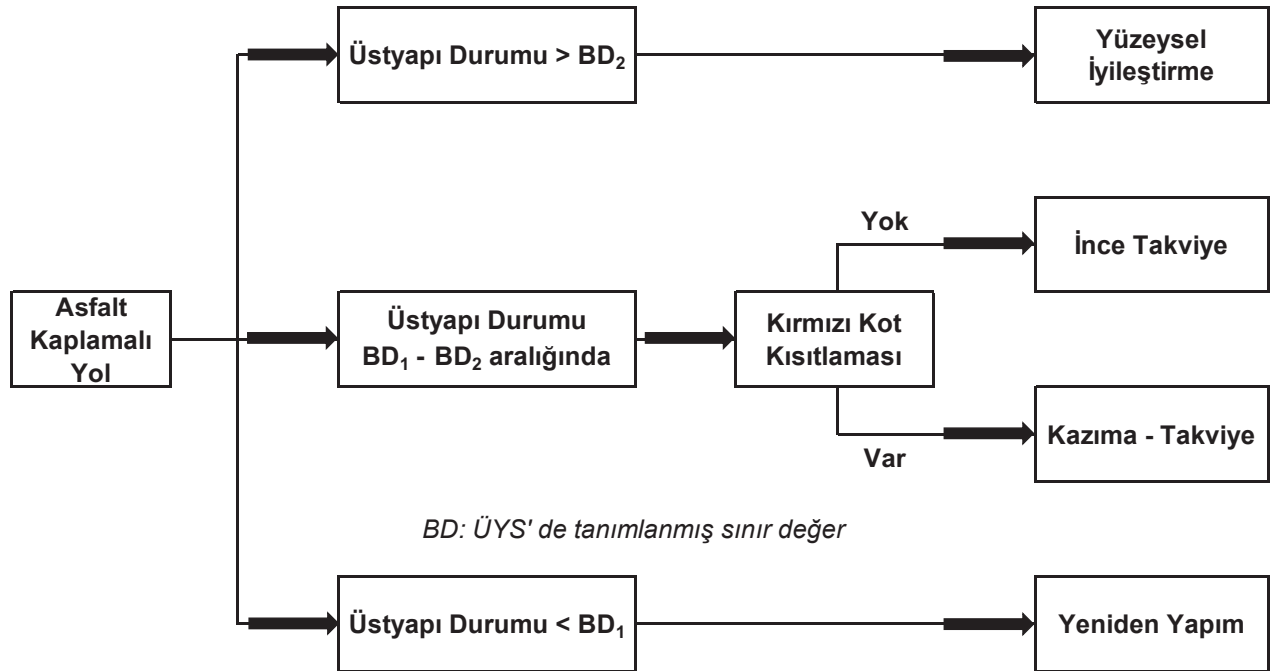
ÜYS mevcut bir üstyapı için özelde birden fazla sayıda alternatif iyileştirme yöntemini belirleyebilmektedir. Bu amaçla ÜYS üstyapı iyileştirmesi için farklı yaklaşımlarda bulunur. Bu sayede ÜYS analizleri, her bir proje için en ideal iyileştirme stratejisini ve en uygun faaliyet zamanını belirleyebilir. Her bir yaklaşım için üstyapı yönetim sistemini kurmak başlangıçta oldukça fazla detay gerektirir. Zira her bir potansiyel iyileştirmenin

standartları, performans modelleri ve etkileri ayrı ayrı belirlenmelidir. İyileştirme standartları, faaliyetin yapılabilirliğini belirlerken, performans modelleri iyileştirme sonrası olası bozulma tiplerini ve bozulma oranlarını yaklaşık olarak değerlendirir. İyileştirmenin etkinliğini yürütülen rehabilitasyon faaliyeti ile üstyapıda yapılacak değişikliklerin etkileri belirler. Örneğin esnek bir kaplama ve üstyapı tipini yarı esnek bir yapıya dönüştürecek rehabilitasyon faaliyetinin zaman içerisindeki sonuçları yapılan iyileştirmenin etkinliğini de ortaya koyacaktır.

Uygun bakım-onarım iyileştirmelerine karar vermek için ÜYS tarafından kullanılan yaklaşımlar aşağıda özet olarak anlatılmıştır.

Karar Ağaçları

Bazı ÜYS' ler uygulanabilir iyileştirme seçeneklerini belirlemek için karar ağaçlarını kullanır. Adından da anlaşılacağı üzere seçenekler ağaç dallarına benzer şekilde farklı kollara ayrılır. Basit bir örnek karar ağacı Şekil 1.3' de gösterilmiştir. Bu örnekte, asfalt kaplamalı bir yol için iyileştirme yöntemi üstyapının mevcut durumu ile yoldaki kırmızı kot kriteri doğrultusunda belirlenmiştir. Üstyapı yönetim sistemi veri tabanında bulunan üstyapıların tamamı için benzer karar ağaçları geliştirilebilir. Ancak trafik hacmi, kaplama yapısı, üstyapı durumu, sınırlayıcı etkenler ve geometri ile uygun iyileştirmeyi belirleyen diğer tüm faktörler dikkate alındığında karar ağaçları oluşturmak oldukça karmaşık bir hal almaktadır.



Şekil 1.3. Örnek Bir Karar Ağacı

Karar Matrisleri

Gerekli iyileştirme faaliyetlerini veya standartlarını belirlemek için kullanılan diğer bir yaklaşım karar matrisleri yöntemidir. Karar matrisleri, iyileştirme seçeneklerini tablo formatında göstermektedir. Aşağıda asfalt betonu kaplamalı bir yol için örnek bir karar matrisi verilmiştir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Asfalt Kaplamalı Bir Yol için Örnek Bir Karar Matrisi

İyileştirme Faaliyeti	Üstyapı Durumu	Kırmızı Kot Kısıtlaması
Yüzeysel İyileştirme	$> BD_2$	Önemsiz
İnce Takviye	$BD_1 - BD_2$	Yok
Kazıma - Takviye	$BD_1 - BD_2$	Var
Yeniden Yapım	$< BD_1$	Önemsiz
BD: ÜYS' de tanımlanmış sınır değer		

Diğer Karar Verme Yaklaşımları

Kullanılan üstyapı yönetim sistemine bağlı olarak, uygulanabilir farklı iyileştirme seçeneklerine dair karar verebilecek başka yaklaşım yöntemleri de mevcuttur. Bazı ÜYS' ler iyileştirme analizleri sırasında bilgisayar tarafından kolayca yorumlanabilen “eğer” ve “o zaman” tarzı önceden tanımlanmış karar kurallarını kullanırlar.

Kullanılan karar yaklaşımına ve yöntemine bakılmaksızın, ÜYS iyileştirme faaliyetleri veya standartları için “Karayolu İdare”lerinin güncel politikalarını ve uygulamalarını mümkün olabildiğince yansıtacak mantıklı tavsiyelerde bulunmalıdır.

1.4.2 Karar Yaklaşımlarının Faydaları ve Sınırlandırmaları

Üstyapı yönetim sisteminde uygun iyileştirmeyi belirlemek için kullanılan her bir yaklaşımın avantajları ve dezavantajları vardır. Bütün yaklaşımlarda ÜYS analizlerinde uygulanabilir olarak kabul edilen iyileştirme faaliyetinin belirlenmesi öncesindeki, mevcut olması gereken koşullar ve bunların tespiti konusu benzerdir.

Bu yaklaşımlarda, üstyapı yönetim sistemini kuran “Karayolu İdaresi”nin göz önüne alması gereken pek çok sayıda kısıtlamalar mevcuttur. Şöyle ki bazı durumlarda, iyileştirme faaliyeti ve standartları öyle bir şekilde tanımlanır ki, belirli bir dizi durum için ancak bir tek iyileştirme seçeneği uygun bulunur. Bunun tam tersine bazı durumlarda

da alternatif çok sayıda iyileştirme seçeneği uygun olabilir. Bu durumlarda ÜYS her bir stratejinin maliyetini ve etkinliğini belirleyebilmelidir. Bu nedenle öncelikle iyileştirme standartları ve şartlar uygun olduğunda pek çok alternatifi seçilmesine izin verebilecek karar kuralları ve kısıtlamalar ÜYS’ de önceden tanımlanmalı ve dinamik olarak güncellenmelidir.

Bundan başka ÜYS’ yi kullanan “Karayolu İdaresi” analizlerinde, hiçbir durumun devre dışı bırakılmadığından ya da göz ardı edilmediğinden de emin olmak zorundadır. Bu durum yanlış strateji veya eksik karar kuralından dolayı iyileştirmeleri belirlerken çok sık yapılan bir hatadır. Örneğin, bir karar kuralı 50 ile 70 puan arasındaki bir üstyapı durumu için belirli bir iyileştirmeyi, 75 ile 90 arasındaki bir üstyapı durumu içinse başka bir iyileştirmeyi tanımlayabilir. Üstyapı durumu 70 ile 75 arası için hiçbir iyileştirme tanımlanmadığından burada bir boşluk oluşur. Benzer şekilde üstyapı durum puanının sınır değerlerine oldukça yaklaşıldığı durumlarda da verilecek iyileştirme kararı için başka değerlendirme kriterlerinin de göz önüne alınması gerekebilir. Sonuç olarak, iyileştirme uygulamaları “Karayolu İdaresi” tarafından da değiştirilebileceği için, ÜYS’ de tanımlı iyileştirme faaliyetlerinin, standartlarının ve birim fiyatlarının güncel durumlarının yılda en az bir kez gözden geçirilmesi gerekir. Aksi halde üstyapı yönetim sistemi “Karayolu İdaresi”nin uygulamalarını yansıtmayan tavsiyeler verebilir ya da iyileştirme maliyetini yanlış hesaplayabilir.

1.5 İYİLEŞTİRMENİN ETKİNLİĞİ VE ZAMANI

Herhangi bir bakım - onarım faaliyeti ile yapılan iyileştirmenin etkinliği, uygulamanın tasarımına, imalatına ve zamanlamasına bağlıdır. Bu özellikle koruyucu - önleyici bakım için çok önemlidir. Zira koruyucu ve önleyici bakım faaliyetinin etkili bir şekilde uygulanabileceği dar bir zaman alanı vardır. Bu bağlamda iyi bir üstyapı yönetim sistemi daha önce tanımlanan fayda/maliyet oranını kullanarak alternatif farklı iyileştirme uygulamaları için en uygun maliyeti ve en doğru zamanı belirlemede oldukça yardımcı olur.

1.6 İYİLEŞTİRME UYGULAMALARI İÇİN SEÇİM REHBERİ

Bakım – onarım faaliyetlerinin etkin ve efektif bir şekilde uygulanmasına yardımcı olmak amacıyla, “Karayolu İdaresi” iyileştirme seçimlerine ait rehberleri (Rehabilitasyon Rehberlerini) geliştirir ve yayınlar. Bu rehberler bozulma tipi, bozulma

yoğunluğu ve bozulma şiddet derecesini de dikkate alarak iyileştirmenin uygulanabilir bir alternatif olabileceği durumları tanımlar ve tarif eder. Mevcut bir üstyapının doğru olarak envanterinin çıkarılması ve değerlendirilebilmesi amacıyla, arazide çalışma yapacak teknik personele yardımcı olmak amacıyla, her bir farklı iyileştirme yöntemi için temel olacak olan üstyapı ve kaplama bozulma tiplerine ait yüzey görünümleri ya da fotoğraflarının rehberine dahil edilmesi faydalı olacaktır.

1.7 İYİLEŞTİRME KATEGORİLERİ

Mevcut üstyapıdaki bozulmaların büyüklüğüne ve türüne bağlı olarak üç genel iyileştirme kategorisi vardır. Bunlar koruyucu - önleyici bakım, onarım veya güçlendirme ve yeniden yapımdır. Her bir iyileştirme kategorisinin genel tanımı aşağıda verilmiştir.

1.7.1 Koruyucu – Önleyici Bakım

Koruyucu - önleyici bakım iyileştirmeleri genellikle yapısal bozulmanın olmadığı ya da çok az olduğu iyi durumdaki yollara uygulanır. Bunlar genellikle üstyapı bozulma oranını yavaşlatmayı ya da işlevsel (fonksiyonel) bozulmanın belirli tiplerini düzeltmeyi amaçlayan düşük maliyetli iyileştirmeleri içerir. Koruyucu - önleyici bakım iyileştirmeleri çatlak yalıtımı (Crack Sealing), yüzey yalıtımları (Surface Seals), Ultra ince sıcak karışım uygulamaları ile Slurry Surfacing (Slurry Seal, Micro Surfacing) uygulamalarını içerir.

1.7.2 Onarım veya Güçlendirme

Üstyapı bozulması ilerledikçe, daha ciddi iyileştirmeler gerekli olabilir. Bu kategorideki iyileştirmeler mevcut yapısal kapasiteyi yenileyerek ya da mevcut veya öngörülen trafik yük durumuna uygun hale getirmek için üstyapı kalınlığını artırarak mevcut kaplamanın ömrünü uzatır. Üstyapı onarımı minör onarım ve majör onarım olarak düşünülebilir. Minör onarım, fonksiyonel iyileştirme amaçlı ince takviye gibi yapısal olmayan uygulamaları içerirken, bitümlü kaplamalı ve üstyapının tam derinlikte ıslahı (Full-Depth Reclamation) komple yeniden yapımdan kaçınmak için yapılan bir majör onarım uygulaması olarak değerlendirilebilir.

1.7.3 Yeniden Yapım

Granüler tabakaları da dahil bütün üstyapının kaldırılması ve yerine yeniden inşa edilmesini içeren, mevcut üstyapının tamamının yenilenmesi işlemidir. Yeni veya geri kazanılan malzemeler yeniden yapılan üstyapı bölümlerinde kullanılabilir. Yeniden yapım, üstyapı yönetim sisteminde hesaba katılan onarımın en önemli seviyesi ve üstyapı iyileştirmesi için en son çaredir. Yapısal olarak çok kötü durumda olduğu kabul edilen bir üstyapı kesimi için tavsiye edilir.

1.8 PROJE İHTİYAÇLARINDA ÖNCELİK

Çoğu zaman mevcut üstyapının iyileştirme ihtiyaçlarını karşılayacak yeterli ödenek temin etmekle ilgili zorluklarla karşılaşılır. Üstyapı yönetim sistemi böyle bir durumda mevcut ödeneklerin en uygun maliyetli kullanımını belirleyerek “Karayolu İdare”lerini yönlendirir. Genellikle proje ihtiyaçlarına öncelik vermekte kullanılan üç tür yaklaşım vardır. Sıralama, fayda/maliyet analizleri ve optimizasyon.

Sıralama

Proje ihtiyaçlarına öncelik vermenin en basit metodu belirli kriterlere göre sıralama yapmaktır. Sıralama tekniğini kullanan “Karayolu İdare”leri genelde üstyapıların ihtiyaçlarını en kötü durumdakilerden en iyi durumdakilere doğru sıralar.

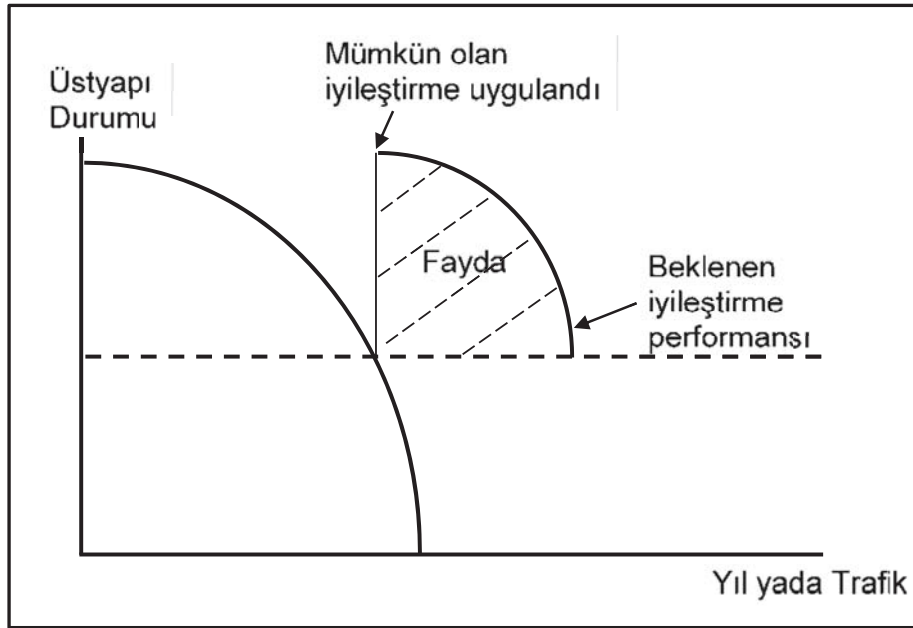
Sıralama listesi beraberinde iyileştirme maliyetlerini de içerir. Projeler sıralanmış listeden ödenek bitene kadar seçilebilir. Bazı durumlarda, sıralama listesine ek olarak trafik hacmi de kullanılabilir. Böyle bir sıralamada daha yüksek trafik hacimli yollar düşük trafik hacimli fakat aynı durumdaki üstyapıya sahip yollardan daha öncelikli olarak seçilir.

“Karayolu İdare”leri sıralama tekniğini genelde en kötü yolları düzeltmek için kullanır. Bu nedenle benzer bir yaklaşımla yönetilen bir yol üstyapı ağında en düşük maliyetli strateji çoğunlukla göz ardı edilmiş olur. Çünkü alternatif stratejiler (koruyucu - önleyici bakım stratejileri gibi) genellikle sıralama listesine dahil edilmez.

Fayda/Maliyet Analizleri

Uygun maliyetli iyileştirme projelerini belirlemek için kullanılan daha karmaşık bir yaklaşım çok yıllık fayda/maliyet analizleridir. Bu teknik ile analiz periyodundaki tüm iyileştirmeler; sağlanacak fayda ile iyileştirme maliyeti bakımından değerlendirilir.

Çoğu üstyapı yönetim sisteminde fayda; iyileştirme tarafından sağlanan ilave fayda olarak tanımlanır. Bazı “Karayolu İdare”leri üstyapı performans eğrisinin altındaki alanı, trafik faktörü ile çarparak faydayı belirler (Şekil1.4). Böylelikle yüksek trafik hacmindeki yollarda, aynı durumundaki üstyapıya sahip düşük trafik hacimli yollardan daha fazla “fayda” sağlanmış olur. İyileştirmeden sağlanacak fayda değeri, iyileştirme maliyetine bölünerek fayda/maliyet oranını belirlenir. Yüksek fayda/maliyet oranı veren bir üstyapı kesimi, iyileştirme türü ve iyileştirme zamanı bakımından en uygun maliyetli iyileştirme stratejisini gösterir. Bu analizde fayda/maliyet oranları, mevcut ödeneğin en uygun şekilde harcanmasını sağlamak amacıyla kullanılır.



Şekil 1.4. Örnek Fayda Grafiği

Optimizasyon

Optimum iyileştirme programını belirlemek için kullanılan diğer bir yöntem, biraz daha karmaşık olan iki aşamalı bir optimizasyon süreci için matematiksel programlama tekniklerini kullanmaktır. Bu yaklaşım yönteminde ilk olarak yol ağının durumunu en üst düzeye çıkartmak hedefiyle, ÜYS' de kullanılacak analizler matematiksel terimlerle tanımlanır. İkinci olarak minimum izin verilebilir koşullar ile mevcut bütçedeki limitler gibi analiz için gerekli olan kısıtlamalar belirlenir. Son olarak lineer programlama ya da dinamik programlama gibi matematiksel programlama teknikleri kullanılarak, problem seti için optimum çözümler belirlenir. Analizlerin ilk aşamasında çözümlere ait

tavsiyeler ile her bir iyileştirme stratejisi ayrı ayrı toplam kilometre yol cinsinden belirlenir.

Analizlerin ikinci aşamasında iyileştirilecek üstyapı kesimleri tavsiye edilen stratejilerle eşleştirilir. Örneğin optimum stratejinin, kötü durumda olan en az 20 kilometre uzunluğundaki bir yolun yeniden yapımı gibi bir faaliyetle iyi duruma getirilmesi gerektiği hedef olarak isteniyorsa, ÜYS analiz programında en az 20 kilometrelik zayıf bir üstyapı durumu, iyileştirme sıralamasında temel kıstas olarak tanımlanır.

2. BAKIM KAVRAMLARI VE TANIMLARI

Bu bölümde üstyapıların bakımı konusunda genel kavramlar ve yöntemler ile bunlara ait terminoloji hakkında özet bilgiler verilmektedir. Bu amaçla öncelikle bakım kavramına ait tanımlar ile bakımda dikkat edilmesi gereken genel hususlar anlatılmış, sonrasında da personel ve ekipman güvenliğine dair kısa bir bilgilendirme yapılmıştır.

2.1. BAKIMIN ÜSTYAPI PERFORMANSINA ETKİSİ

Taban zemininin türü, iklim koşulları (sıcak, soğuk, kuru, nemli vs.) ve trafik yükleri (hafif/orta/ağır tekerlek yükleri) gibi üstyapının performansını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen, pek çok faktör vardır. Üstyapıyı etkileyen bu faktörler her ne kadar karayolu ağının bulunduğu farklı bölgelere ve coğrafyalara göre değişiklikler gösteriyor olsa da, benzer bozulma özelliklerine sahip üstyapılar ve kaplamalar için yol hangi bölgede olursa olsun etkinliği ve performansı kanıtlanmış az bir bakım metodu mevcuttur.

Bitümlü karışım (BK) kaplamalı yolların ekonomik ömrünün sona ermesini beklemek, sonrasında da bu kaplamaların yerine yenisini inşa etmek veya takviye tabakası ile güçlendirmek eskide kalmış ve tercih edilmeyen bir bakım yaklaşımıdır. Artık neredeyse tüm dünyada eğilim sürekli yeni BK kaplamalar inşa etmek yerine mevcut BK yolların bakımı ve korunması üzerine çalışmalar yapmaktır.

Benzer şekilde ülkemiz karayolu ağında bulunan, on binlerce kilometre uzunluğundaki bitümlü esnek kaplamalı yolların tamamı da bakım gerektirir. Bu yol kaplamalarının ve üstyapıların ilk yatırım maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu göz önüne alındığında, yıllık bakım - onarım maliyetlerini düşük seviyelerde tutabilmenin tek yolu halen iyi durumda iken bu üstyapıların düzenli (periyodik) bakımlarını yapmaktır.

Üstyapı bakımı: bir üstyapıyı normal trafik şartları ile çevresel ve iklimsel etkiler altında mümkün olabildiği kadar uzun süre, ilk yapıldığı durumdaki hizmet seviyesinde tutmak için uygulanması gereken rutin bir iştir. Koruyucu - önleyici bakım üstyapının yalnızca mevcut durumunu muhafaza etmekle kalmaz aynı zamanda erken bozulmasını da önler. Bu yaklaşımla üstyapı bakımı geçici bir tedbir olarak düşünülmemeli, maliyetli üstyapı yenilemesine karşı, sigorta amaçlı bir yatırım olarak değerlendirilmelidir. Üstyapıdaki bakım türlerine ait genel bilgiler aşağıda verilmiş olup, asfalt kaplama üstyapıların onarımı ile ilgili detaylı bilgiler 5. ve 6. Bölümlerde anlatılmıştır.

2.2 BAKIMIN TÜRLERİ

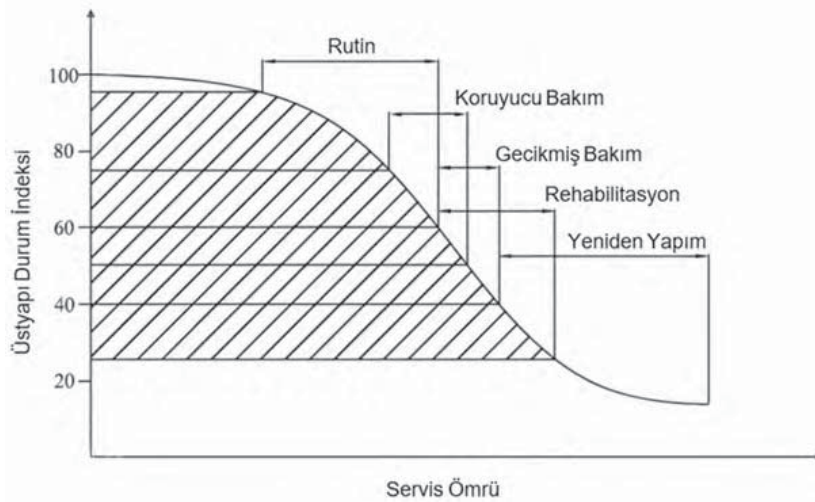
Üstyapı bakım faaliyetleri temelde üç türe ya da sınıfa ayrılır. Bunlar koruyucu - önleyici (rutin) bakım, düzeltici bakım ve acil bakımdır.

2.2.1 Koruyucu - Önleyici (Rutin) Bakım

Önleyici bakım üstyapının erkenden bozulmasına engel olmak için yapılan rutin bir iştir. Çatlak yalıtımı, yüzey iyileştirmeleri, ince takviye, drenaj bakımı vs. işlemlerinden oluşur. Önleyici bakımın yapılmasındaki temel amaç yol kaplaması göreceli olarak iyi durumda iken bozulmayı geciktirmek ve fonksiyonel ömrünü uzatmaktır. Önleyici bakım faaliyetlerini iyi durumdaki sağlam bir üstyapı üzerinde uygulamak çok etkilidir ve bu işlem makul bir maliyetle yapılabilir. Ancak uygun olmayan metotlar ile ya da uygun olmayan zamanda yapılan bakım - onarımlar kaplama ve üstyapıdaki bozulma oranını hızlandırabilir. Özet olarak koruyucu bakım; doğru zamanda, doğru yerde doğru bakım faaliyetini yapmaktır.

2.2.2 Düzeltici Bakım

Düzeltici bakım üstyapıda bir sorun ortaya çıktıktan sonra uygulanan faaliyetlerdir. Belirli bir üstyapı zayıflığını düzeltmek için uygulanır ve en maliyetli üstyapı bakımıdır. Sürtünme kaybı, tekerlek izinde oturma ve yapısal olmayan çatlak oluşumu durumlarında kaplamayı onarmak için yapılacak bitümlü koruyucu sathi kaplama (seal coat) uygulaması bu tür bakıma bir örnektir.



Şekil 2.1. Bitümlü Kaplama Bakım Türleri ve Üstyapı Durum İndeksine Göre Uygulama Zamanları

2.2.3 Acil Bakım

Acil bakım trafik güvenliğini tehdit eden ve aciliyet gerektiren bir durumda uygulanan onarım faaliyetlerini içerir. Yüksek trafik hacimli bir yolda, kaplamada oluşan ciddi çukurların onarımı acil bakıma bir örnektir.

2.3 BAKIMDA DİKKAT EDİLECEK ÖNEMLİ HUSUSLAR

2.3.1 Drenaj

Bir üstyapının en büyük düşmanı sudur. Eğer drenaj sistemleri temiz tutulmaz veya düzgün çalışmaz ise sular üstyapıda temelde ve alt temelde birikir ve bu durum timsah sırtı çatlaklar ile kabarma gibi bozulmalara neden olur. Böyle bir durumda kaplamadaki çatlakları doldurmak ya da üstyapıdaki çukurlara yama yapmak drenaj problemlerini düzeltmeyecektir. Bu sebeple üstyapıyı bozan problemin kaynağı net olarak tanımlanmalı ve ortadan kaldırılmalıdır.

Mevsimsel kontroller ve drenaj sistemlerinin temizliği bir tür önleyici bakımdır. Düzgün çalışan drenajlar üstyapı bozulmalarının majör sebeplerini ortadan kaldırabilir. Rutin kontroller bütün yüzey drenaj yapılarını, hendekleri ve kanalları içermelidir. Drenaj sistemin herhangi bir tıkalı yapısı hızlı bir şekilde temizlenerek açılmalıdır.

Yeraltı drenajlarının düzgün olarak çalışıp çalışmadığı rutin olarak denetlenmelidir. Üstyapı veya kaplama yüzeyinde suyun olağan dışı görünümü, yanlış tasarlanmış, düzgün olmayan, hatalı yerleştirilmiş veya tıkanmış yeraltı drenajlarının bir göstergesi olabilir. Kontrol sırasında gözden kaçmaması için bütün drenaj hendekleri ve menfezleri yerinde ve bakım haritalarında iyi işaretlenmiş (envanteri çıkarılmış) olmalıdır.

Çoğu taban zeminleri ıslandığında şişerek zayıflayan silt veya kil gibi çok ince malzemeleri içerir. Bu yüzden, üstyapı taban zeminine yapım sırasında düzgün bir drenaj eğimi verilmediğinde tabanda su birikebilir. Neticede trafik altında tabanda çamur bulamacına dönen ıslak zemin agregalar arasındaki boşluklardan yukarıya doğru yükselerek granüler temel ve alttemel tabakaları içerisine nüfuz edebilir ki bu da stabilite ve dayanım kaybına neden olur. Yeraltı su tablasını düşüren drenaj sistemi, üstyapının altında su toplanmasını engeller. Bu sayede kapilarite veya buharlaşma etkisiyle oluşan, yukarı yöndeki veya herhangi bir malzeme taşınımı bertaraf edilmiş olur.

2.3.2 Hızlı ve Etkin Onarım

Üstyapıda bir sorun tespit edildiğinde, bu mümkün olduğu kadar çabuk ortadan kaldırılmalıdır. Eğer sorunun kalmasına izin verilirse daha ileri problemler gelişecek ve bu da maliyetli onarım ya da çok daha maliyetli yeniden yapım faaliyetine ihtiyaç doğurabilecektir. Bu amaçla sadece bozulmayı onarmak yeterli olmayabilir. Onarım yapılmadan önce sorunun tekrarlanmasını önlemek için üstyapı bozulmasının doğru sebepleri tanımlanmalı ve düzeltilmelidir. Bu husus özellikle bozulma trafik güvenliğini tehlikeye soktuğunda çok daha önemlidir.

Kalıcı onarımlar yapılan kadar deformasyonların artışını önlemek için hava şartları geçici onarımları gerekli kılabilir. Onarım için uygun zamanı seçmek birkaç hususun birlikte ve dikkatli bir şekilde irdelenmesinin yanında hem tecrübe hem de iyi bir muhakeme gerektirir. Geçici onarımın doğru zamanda ve doğru teknik ile yapılması önemlidir. Yapılabilecek basit bir hata dahi geçici onarımı etkisiz kılarak daha maliyetli kalıcı onarım yapılmasını veya yeniden yapım faaliyetini zorunlu hale getirebilir. Onarım için en büyük ve önemli parametrelerden biri zamandır. Kalıcı onarım için uygun zamanın tayin edildiğinden ve işlem için yeterli sürenin ayrıldığından emin olunmalıdır. Uygun malzeme ve metotla uygun onarımlar yapmak için zaman ve para harcamak, üstyapının faydalı ömrünü uzatan ve daha fazla para harcamasını engelleyen iyi bir yatırımdır.

2.3.3 Kentsel Yollar

Meskûn mahal sınırları içerisindeki caddeler ile şehir içi yollarda da üstyapı bozulmalarından herhangi biri gelişebilir. Bu bozulmaların bazıları can ve mal emniyeti bakımından oldukça önemli bir problem oluşturur. Yığılma, tekerlek izinde oturma veya ondülasyon gibi deformasyonlar kavşak yaklaşımları ve trafik ışıkları gibi trafiğin durma noktasına geldiği kesimler ile yüksek iniş ve çıkış eğimlerinin olduğu yol bölümlerinde daha fazla meydana gelir ve buralarda trafik güvenliğini tehlikeye sokar.

Trafik, daha fazla etkileşim nedeniyle kentsel alanlarda kırsal alanlara göre çok daha fazla sorun oluşturur. Bu nedenle kentsel yolların bakımı, yolu kullanan yayalar ve sürücüler ile bakımı yapan personelinin güvenliğini tehlikeye atmayacak şekilde hızlı ve verimli bir şekilde yapılmalıdır. Ayrıca sürücülerin, yayaların ve bakım ekibinin can ve mal güvenliği için trafiğin kontrol altına alınması gerekmektedir.

2.3.4 Bakım Personeli

Bakım işleri yetenekli, yetişmiş uzman personel gerektirir. Eğer bakım - onarım işleminde uygun kriterler sağlanamazsa yapılan onarım yetersiz kalacağından çok kısa bir süre sonra tekrarlanma ihtiyacı gerektirebilir. Esnek üstyapıların hemen hemen bütün onarım uygulamalarında bitümlü bağlayıcıya gereksinim olduğundan, bitümlü malzeme özelliklerinin doğru olarak bilinmesi bakım personeli için çok önemlidir. Başarılı bir üstyapı bakımı hangi bakım malzemelerinin ve bakım yöntemlerinin olduğunun ve bunların nerede, ne zaman, nasıl uygulanacağını eksiksiz ve doğru olarak bilinmesine bağlıdır.

2.3.5 Bakım Ekipmanı

Bakım faaliyetlerinde kullanılan araç ve ekipman, bakımı yapan personel kadar önemlidir. Bakım personelinin, uygun araç ve ekipman olmadan etkin bir bakım ve iyileştirme uygulaması yapması beklenemez. Bakım uygulamalarını düzgün bir şekilde yapabilmek için kullanılacak farklı tip ve modelde pek çok sayıda ekipman vardır. Bunlar el araçlarından, büyük ve güçlü sıkıştırma silindirleri ile lokal yerleştirme ve kompaksiyon yapabilen makinelere kadar birçok tipte ve farklı özelliklerde olabilir. Uzun ömürlü bir bakım uygulamasını ancak eğitilmiş yetkin personeller ile uygun ekipmanlar kullanarak yapmak mümkündür. Uygun olmayan veya kontrolü düzenli olarak yapılmayan ekipmanlar, yapılan bakım faaliyetinin toplam maliyetinin artmasına veya uygulamada aksamalara sebep olabilmektedir.

2.3.6 Hava Durumu

Hava durumu bakım faaliyetlerinin zamanlaması ve uygulanması bakımından üstyapı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Uzun ömürlü onarımlar için bakım faaliyetlerini uygun hava şartlarında yapmak önemlidir. Örneğin, çatlak doldurma işlemi serin ve kuru havalarda daha başarılıdır. Yamalar en iyi üstyapı ılık sıcaklıkta ve tamamen kuruyken yapışır. Benzer şekilde sathi kaplama ve diğer yüzey iyileştirmelerinde en iyi sonuç için ılık ve kuru hava şartları gerekir. Onarımlar serin ya da nemli havalarda da yapılabilir. Ancak böyle durumlarda başarılı bir sonuç elde etmek için çok daha fazla dikkate ve özene ihtiyaç vardır.

Sıcak uygulamalı yama veya yüzeysel onarım imalatları, üstyapı sıcaklığı ılıkken (10°C ve üzeri) ve kuru havalarda yapılmalıdır. Zira sıcak karışımlar soğuk üstyapıya

yerleştirildiği zaman, yeterli yapışma veya sıkışma sağlanamadan soğuyabilirler. Soğuma, bakım karışımı ince tabakalarda serildiği zaman daha hızlı olur. Bitüm ve bitümlü karışımlar genellikle nemli yüzeylere iyi tutunmazlar.

Bakım faaliyetlerinde bitüm emülsiyonları ve katbek bitümler kullanırken yüksek nem ve düşük sıcaklıklar bağlayıcının sertleşmesini ve kür olmasını yavaşlatacaktır. Bu durum yol trafiğe açılmadan önce bakım faaliyetinin uygulanması için ihtiyaç duyulan zamanı artıracaktır. Ancak bunun sonucunda uygulama yapılan yol beklenilenden daha geç trafiğe açılmak zorunda kalacaktır.

2.4 GÜVENLİK

Aktif bir güvenlik programının yüksek kaliteli bir bakıma önemli katkısı vardır. Şöyle ki alınacak iyi bir güvenlik önlemi bakım personeli için yaralanma riskini azaltır. Bakım personeli işlerinin bir parçası olarak çok fazla tehlikeye maruz kalır. Bu tehlikeler çeşitli kaynaklardan gelebilir. Çalıştıkları materyaller, kullandıkları ekipmanlar veya trafikten kaynaklanan birçok riske maruzdurlar. Bakım ekibinin bağlı olduğu İdarecileri, çalışanlarının yaptıkları işlerdeki tehlikelerin farkında olmaları ve işe ait alet, ekipman ve materyalleri doğru kullanabilmeleri için gerekli olan eğitimleri muhakkak almalı ve bunun sorumluluk bilincinde olmalıdır.

Bu rehberin amacı bakım personeli için bir güvenlik kılavuzu olmak değildir. Ancak bakım çalışanlarına ve kontrolden sorumlu personellere bakım faaliyetleri sırasında gelişmiş güvenlik önlemleri hakkında genel bazı tavsiyeler vermek faydalı olacaktır.

2.4.1 Personel Güvenliği

Bakım personeli için gereken güvenlik tedbirleri yapılan işin türüne bağlıdır. Yürütülen bakım faaliyetine uygun olarak bakım ekibinin üyeleri “KGM Bakım El Kitabı”nda belirtilen özellik ve evsftaki kişisel koruyucu donanıma (KKD) sahip olmalı ve bunları doğru bir şekilde kullanmalıdır. KKD genelde aşağıda sıralan koruyucu kıyafet ve ekipmandan oluşur.

- Güvenlik yelekleri
- Baret
- Maske ve koruyucu gözlükler
- Isıya dayanıklı koruyucu eldivenler
- Kulak tıkacı
- Uzun kollu tişört ve uzun pantolonlar
- Boğazlı çelik burunlu ayakkabılar
- Yapılan işe özel, kaza ve yaralanma ihtimalini azaltacak diğer aparatlar.

Tüm çalışanların kullanılacak kişisel koruyucu donanımın türünü ve ne zaman, nasıl kullanacağını tam olarak öğrenmiş olması gerekir. KKD kişiye özel olduğundan uygun şekilde ve ergonomik seçilmelidir. Çalışanlar KKD'nin doğru kullanımı, düzgün bakımı ve eskidikten sonra nasıl imha edileceği ile ilgili eğitilmelidir.

2.4.2 Sıcak Bitümlü Malzemelerle Çalışılması

Bitümün işlenebilme sıcaklığı, viskozitesine bağlı olarak 170°C' nin üzerine çıkabilmektedir. Bu sebeple bitümle çalışılan durumlarda kişisel koruyucu donanım; baretleri, güvenlik gözlüklerini, siperlikli maskeleri, yakası ve manşetleri düğmeli uzun kollu tişörtleri, ısıya dayanıklı eldivenleri, paçası uzun pantolonları ve yüksek boğazlı, çelik burunlu sağlam iş botlarını içermelidir. Eldivenler çok uzun olmalı ve sıcak asfaltın eldivenin içine girmesini engellemek için sıkı oturan bilek manşetine sahip olmalıdır.

2.4.3 Temizlik Maddelerinin Kullanımı

Bitümün yapışma özelliği nedeniyle, ekipmanları temizlemek için genelde solvent esaslı, özel temizlik maddelerine ihtiyaç duyulur. Bitümle ya da bitümlü karışımla doğrudan temas eden metal yüzeyleri temizlemek ya da karışımın nakliye ve serme işlemleri sırasında temas ettiği yüzeylerde bitümün yapışmasını önlemek amacıyla kimyasal çözücü maddeler kullanılır. Bu maddeler kullanılırken üreticinin güvenlik yönergelerine daima uymak gerekir. İlaveten eldiven, yüz siperi ve koruyucu gözlükler veya zehirli kimyasal solunmasına karşı korucuyu maskeler de mutlak surette kullanılmalıdır.

2.4.4 Trafik Güvenliği

Bakım alışmaları esnasında işçilerin ve sürücülerin güvenliği için, sürücülerin daha çalışma yapılan kesime gelmeden, öncesinde çalışmayla ilgili bilgilendirilmesi ve trafikteki hareket tarzının nasıl olacağına dair yönlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla trafik ikaz ve bilgi işaret levhaları ile ışıklı uyarı cihazları sürücülerin önceden görüp algılayabilmesi için çalışma sahasının başlangıcından geride, yeterli bir mesafede yerleştirilmelidir. Çalışma alanının ilerisinde, çalışma sonunu gösteren işaretlemeler de uygun şekilde yapılmalıdır. Görüş mesafesinin kısıtlı olduğu veya tehlikeli sürüş koşullarının mevcut olduğu durumlarda muhakkak bayrakçı ve ışıklı işaretçiler kullanılmalıdır. Çalışma sahaları için yapılacak trafik işaretlemeleri “Karayolları Genel Müdürlüğü Yol Yapım, Bakım ve Onarımlarında Trafik İşaretleme Standartları” kitabına uygun olarak yapılmalıdır.

2.4.5 Ekipman Güvenliği

Bakım – onarım çalışmalarında; kullanılan en basit ekipmanlardan, motorlu kendinden tahrikli ağır iş makinalarına kadar tüm cihazlara ait üretici güvenlik tavsiyeleri doğrultusunda gerekli tüm emniyet tedbirlerinin alınmış ve sesli ve yazılı ikaz levhalarıyla gerekli uyarıların yapılmış olunduğundan emin olunmalıdır.

3. ÜSTYAPI DEĞERLENDİRMESİ VE BOZULMALAR

Üstyapı yönetim sisteminde analiz uygulamalarının bir parçası olarak yürütülen iki temel tip üstyapı değerlendirme yöntemi vardır. Bunlar işlevsel (fonksiyonel) özelliklerin değerlendirilmesi ve yapısal özelliklerin değerlendirilmesidir.

3.1 ÜSTYAPININ İŞLEVSEL ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Üstyapının işlevsellik bakımından değerlendirmesi, belirli yüzeysel çatlak tipleri, yüzey düzgünlüğü, gürültü ve yüzey sürtünme direnci gibi yolun (kaplamanın) yüzey özelliklerine ait araştırma ve incelemeleri kapsar. Üstyapı yüzey özellikleri, bir üstyapı yönetim sistemi ile yürütülen analiz türlerini desteklemek için genel olarak üstyapı durum araştırmalarına dahil edilir. Bir kaplamanın işlevsel durumunu değerlendirmenin en yaygın iki yöntemi sürüş kalitesi ve yüzey sürtünmesidir.

3.1.1 Sürüş Kalitesi

Sürüş kalitesi, sürücülerin konforunu ve taşıt dinamiğini direk etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle herhangi bir üstyapı değerlendirmesinde sürüş kalitesini en başta dahil etmek oldukça önemlidir. Sürüş kalitesi araştırması bir üstyapının boyuna profili ölçülerek yapılır. Günümüzde sürüş kalitesini ölçmek için kullanılan üstyapı profil cihazları (profilometreler) üstyapı yüzeyinin yatay düzlemde sapmalarını ölçmek için bilgisayar yazılımı tabanlı akselerometre ve lazer mesafe ölçerler kullanır. Bu cihazlar ölçüm işlemini genelde normal trafik seyir hızında gerçekleştirirler. Ayrıca kaplama yüzeyini izlemek için kamera ile de donatılmışlardır. Bu sayede kaplama yüzeyindeki bozulma bilgisi de ölçümün yapıldığı zamanda toplanabilir. Toplanan veriler sürüş kalitesini; üstyapının pürüzlülüğü ya da düzgünlüğünün bir göstergesi olan Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi (IRI) cinsinden raporlamak için kullanılır. Profilometreler envanter bilgisi haricinde yeni kaplama imalatlarının kabul işlemleri amacıyla da kullanılır.

Kaplama yüzeyinin boyuna profilini belirlemek için yapılan yüzey düzgünlük ölçümleri ASTM E 950 standardına göre üretilen uygun profilometreler ile yapılmaktadır.

3.1.2 Yüzey Sürtünmesi

Güvenlik, sürücüler ve üstyapı tasarımcıları için en büyük ve en önemli fonksiyonel özelliklerden biridir. Yeterli kayma direnci ya da diğer bir ifadeyle yüzey sürtünmesi, sürücülerin ıslak veya kuru bir kaplama yüzeyinde araçlarını kontrol etmek veya durdurabilmek için gerekli olan önemli bir işlevsel özelliktir. Yüzey sürtünmesi problemleri genelde taşıt tekerlekleri ile kaplama yüzeyi arasındaki temasın azalma potansiyelinin oldukça yüksek olduğu yağışlı hava koşullarında ortaya çıkar. Bununla birlikte, bitüm kusması veya cilalanmış agrega nedeniyle yüzey sürtünmesinin düşük olduğu kuru mevsimlerde de kaplama yüzeylerinde güvenlik tehlikeye girebilir. Yüzey sürtünmesi ayrıca lastik aşınması, lastik sertliği, araç hızı, lastik basıncı ve kaplama üzerindeki gevşek malzemelerin varlığı gibi birçok faktörden de etkilenmektedir.

Kaplamaların yüzey sürtünme verileri, genellikle araçların yoldan çıkması ya da çarpışma potansiyelini azaltmak için güvenlik programının bir parçası olarak toplanır. Bu nedenle mevcut kaplama yüzeyinde sürtünme özelliklerini iyileştirecek faaliyetlere ihtiyaç duyulan alanların belirlenebilmesi adına öncelikle yüzey sürtünme ölçümleri üstyapı yönetim sistemlerine dahil edilmektedir.

Yüzey sürtünmesini ölçmek için farklı yaklaşımlar ve metotlar kullanılır. Bunlardan biri ASTM E 303 deney standardına göre, İngiliz pandülü ile yüzey sürtünme özelliklerinin (İngiliz pandülü sayısı: BPN) belirlenmesidir. Bir başka yöntem ise ülkemizde Karayolları Genel Müdürlüğü envanterinde de bulunan gerçek ölçekli yol tekerleği kullanan test cihazıyla yapılan, kaplama yüzeylerinin birimsiz kayma direnci ya da sürtünme direnci (kayma sayısı: SN) değerinin ölçülmesi metodudur. Bu metot Amerika'da da kaplama sürtünmesini ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde lastik tekerlekte oluşan sürtünme kuvveti, test aracının hızından bağımsız olarak bir kayma sayısı (SN) cinsinden ölçülür ve raporlanır. Test, "Kaplama Yüzeylerinin Kayma Direnci Ölçümü için Tam Ölçekli Bir Lastik Tekerlek Kullanılan Standart Test Yöntemi" ne uygun olarak yürütülmekte olup, testte standart düz lastik tekerlek ya da standart nervürlü lastik tekerlek kullanılmaktadır. Kaplamanın yüzey doku karakteristikleriyle yağışlı hava durumlarındaki kayma sayısı arasındaki en iyi korelasyon, standart düz lastik tekerlek kullanımı ile yapılan testte sağlanmaktadır.

3.2 ÜSTYAPININ YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapısal değerlendirme üstyapının ve kaplama yapısının trafik yüklerini taşıma kapasitesini belirlemek için kullanılır. Yapısal bir değerlendirme tipik olarak, üstyapıyı oluşturan tabaka kalınlıklarını, malzeme özelliklerini, taban zemini ve tabanda yapılan iyileştirme koşullarını, trafik yüklerini ve üstyapının bu yükler altındaki tepkisi hakkındaki ayrıntılı bilgilere gereksinim duyar.

Düşen ağırlık deflektometresi (FWD) cihazlarının kullanıldığı tahribatsız testler (NDT), üstyapının trafik yükleri altındaki tepkisini belirlemede en yaygın tercih edilen yaklaşımlardan biridir. Üstyapının işlevsel ve yapısal özelliklerini değerlendirmek için kullanılan metotlar hakkında daha detaylı bilgi için “Karayolu Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi”ne, “Karayolları Esnek Üstyapılar Rehabilitasyon Tasarım Rehberi”ne ve “Asphalt Institute” yayını, “MS-4 The Asphalt Handbook” el kitabına bakılabilir.

Yapısal değerlendirmeler tipik olarak proje düzeyinde bir incelemenin parçası olarak yürütülür. Değerlendirmeler üstyapıdan karot alınması ve taban zeminine sondaj yapılması ya da araştırma çukuru açılması gibi tahribatlı testler ile birlikte üstyapı defleksiyon cihazları kullanılarak yapılan tahribatsız testleri içerebilir. Düşen ağırlıklı defleksiyon testi üstyapıya zarar vermez ve laboratuvar testleri için üstyapı tabakalarının kaldırılmasını gerektirmez. Ancak bu testin yapıldığı her durumda doğru değerlendirmeler yapabilmek için üstyapı tabaka kalınlığına ve malzeme bilgisine ihtiyaç olup, bunu teyit etmek için genelde üstyapıdan karot numuneleri almak gerekir.

3.3 ÜSTYAPI DURUM BİLGİSİ

Üstyapının işlevsellik (fonksiyonel) ve yapısal değerlendirmesinin sonuçları üstyapı yönetim sisteminin bakım - onarım ihtiyaçlarını belirlemesi ve öncelik sırasına koyması için gereken üstyapı durum bilgilerinin tespitini sağlar. Genellikle üstyapı bozulması ile yüzey düzgünsüzlüğü bilgileri farklı üstyapı bölümlerinin birbirleri ile karşılaştırılması ve tespit edilen işlevsel ve yapısal eksikliklerin giderilmesi için gerekli olan onarım seviyesini belirlemek amacı ile “Karayolu İdaresi” tarafından konulmuş kriterler ışığında üstyapı durumuna dair parametreleri hesaplamak için kullanılır. Üstyapı durumuna ait bu parametreler, mevcut üstyapının zaman içerisinde farklı iyileştirme stratejileri ve

bunlara dair farklı finansman senaryoları altında gelecekteki durumunu tahmin etmek için kullanılan üstyapı bozulma oranlarının belirlenmesinde yardımcı olur.

3.3.1 Üstyapı Durum İndeksleri

Üstyapıların bozulma bilgilerinin değerlendirilmesini kolaylaştırmak amacıyla ÜYS'lerin pek çoğunda üstyapı (kaplama) durum indeksleri kullanılmaktadır. Üstyapı durum indeksi mevcut üstyapıdaki bozulmanın tipi, şiddeti ve miktarına göre hesaplanır ve tipik olarak 0 ile 10 veya 0 ile 100 arasında değişen rakamlarla ifade edilir. En yüksek rakam değeri (10 ya da 100) mükemmel durumdaki üstyapı durumunu temsil eder. Üstyapı durum indeksini hesaplamak için sahada gözlemlenen bozulmalara bağlı olarak atanan kesinti puanları tam puandan çıkarılır. Üstyapı durum indeksi hesaplaması, yürütülmekte olan üstyapı çalışmasına ve yapılan araştırmalara bağlı olarak değişir.

Üstyapı durum indeksleri, her bir mevcut bozulma türü için ayrı ayrı hesaplanabileceği gibi üstyapının genel durumunu temsil edecek şekilde tüm bozulmaları tek bir indeks altında toplayan bileşik bir değer olarak ta hesaplanabilir. Bazı “Karayolu İdareleri” her bir bozulmaya ait münferit indeksleri uygun bakım - onarım ve rehabilitasyon iyileştirmelerini belirlemek için kullanırken, genel yol ağı durumlarını belirlemek için bileşik indeks kullanır.

Örnek vermek gerekirse “Asphalt Institute” ün bileşik üstyapı durum indeksi hesaplama yaklaşımında düşük trafik hacimli yollarda 0 ile 5 arasında bir değer, üstyapı fonksiyonel derecelendirmesi olarak tanımlanmışken yapısal hasarlara ait deformasyonları gösteren bozulmalar (timsah sırtı çatlak, tekerlek izinde oturma vb.) ile diğer önemli bozulma mekanizmalarını gösteren (düşük sürüş kalitesi ve drenaj eksikliği gibi) 0 ile 10 arasında bir değer üstyapı yapısal derecelendirmesi olarak tanımlanmıştır. Yapılan bu işlemler neticesinde üstyapının bileşik durum indeksi; üstyapıya ait tüm bozulmaları kapsayan yapısal ve fonksiyonel derecelendirmeler toplamının 100'den çıkarılması ile bulunur.

Üstyapı bileşik durum indeksi hesaplamasına ait başka bir yaklaşım Mikro PAVER üstyapı yönetim sisteminde de kullanılmakta olan ASTM D 6433 “Yollar ve Otoparklar Üstyapı Durum İndeksi Araştırmaları için Standart Uygulama” standardında verilen benzer bir kesinti metodu ile yapılmaktadır. Bu metotta her bir bozulma türüne ait şiddet ve miktar hesaplaması için ayrı bir kesinti değeri geliştirilmiştir. Bileşik durum indeksleri

üstyapının belirli bir bölümünün genel durumunu ortaya koymak ve diğer bölümlerinin durumuyla karşılaştırma yapabilmek için kullanılmaktadır.

“Karayolu İdare”leri tek bir üstyapı bileşik durum indeksini kullanmanın yanında uygulanabilir bakım - onarım ve rehabilitasyon iyileştirmelerini daha net belirleyebilmek amacıyla bazen ayrı bir üstyapı durum indeksini veya ham bozulma bilgilerini de kullanmaktadır. Bu amaçla örneğin, enine ve boyuna çatlaklar ile blok çatlaklar için işlevsel durum indeksi, yorulma çatlakları, yama veya tekerlek izinde oturmalar içinse yapısal durum indeksi birleştirilerek kullanılabilir.

Yapısal durum indeksi düşük olan üstyapılar koruyucu ve önleyici bakım uygulamaları için iyi bir aday değil iken, işlevsel durum indeksi düşük ve yapısal durum indeksi yüksek olan üstyapılar bu tür iyileştirme uygulamaları için oldukça idealdirler.

3.4 BİTÜMLÜ KAPLAMALARIN BOZULMA TÜRLERİ

Uygun onarım tipini belirleyebilmek için öncelikle bir kaplamadaki bozulmanın türü ve boyutu net olarak anlaşılmalı ve oluşum nedeni doğru tayin edilmelidir. Bitümlü kaplamalarda oluşan bozulma türleri genelde beş kategoride değerlendirilir.

- Çatlama
- Bozulma
- Parçalanma
- Sürtünme Problemi
- Sathi kaplama bozuklukları

3.4.1 Bozulmaların Tipik Sebepleri

Asfalt kaplamanın bozulmasının başlıca nedenlerinden bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Trafik yükleri
- Çevre ve iklim koşulları
- Drenaj eksiklikleri
- Proje hataları
- Yapım hataları
- Diğer nedenler

Asfalt kaplama yaşlandıkça, yukarıda sıralanan nedenlerden biri veya daha fazlasının etkisiyle bozulmalar ortaya çıkmaya başlar. Çatlaklar ve diğer bozulma biçimleri

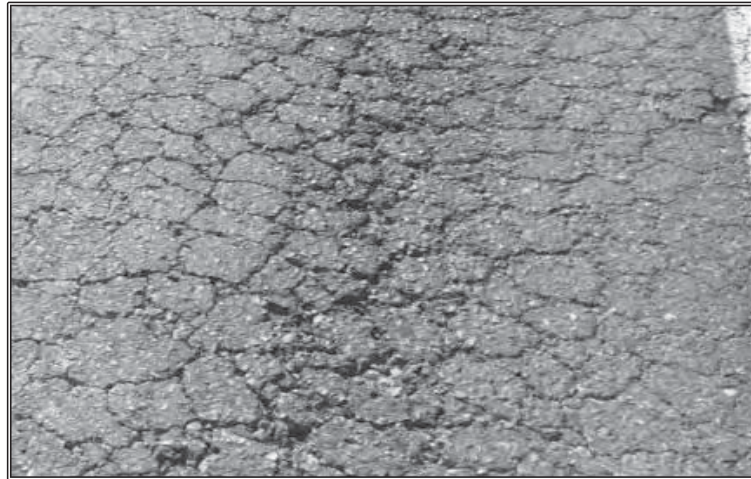
başlangıçta birincil nedenin etkisiyle oluşmakta iken, ilerleyen dönemlerde ikincil faktörlerin de devreye girmesi kaplamanın daha fazla bozulmasına katkıda bulunur. Örneğin iklim koşulları nedeniyle ortaya çıkan termal etkiler altında çatlamaya başlayan kaplamada, bu çatlaklardan zamanla hava ve suyun kaplama yapısına girmesi başlangıçtaki etken mekanizmanın neden olduğu bozulmayı hızlandırabilir. Böylesi bir durumda kaplama bakım tekniklerinin zamanında ve uygun şekilde uygulanması hem birincil hem de ikincil bozulma mekanizmalarının etkilerinin önlenmesine veya azaltılmasına yardımcı olur.

3.4.2 Çatlaklar

Asfalt bir kaplamada birkaç farklı türde çatlama meydana gelebilir. Bu nedenle uygun onarım tekniği, çatlağın türüne bağlı olarak seçilir. Örneğin timsah sırtı çatlaklar yüke bağlı yorulma türü bozulmayı gösterir ve tipik olarak iklimle ilgili olan blok çatlaklardan farklı bir bakım stratejisi gerektirir. Bitümlü kaplamada yaygın olarak meydana gelebilecek çatlak türleri hakkında bilgiler aşağıda verilmektedir.

Timsah Sırtı (Yorulma Tarzı) Çatlaklar (Fatigue Alligator Cracking)

Yorulma veya timsah sırtı çatlakları, bir kaplama yüzeyinde timsah derisine benzeyen ve birbiriyle bağlantılı olan bir dizi çatlak olarak görülür (Şekil 3.1). Timsah sırtı çatlaklar, asfalt kaplama tabakasının yorulmasından kaynaklanan kırılmaların tekrarlanan trafik yükleri ile şiddetlenmesi ile oluştuğundan yükleme kaynaklı bir bozulmadır. Genellikle temel tabakasının veya taban zemininin zayıf olması, kaplama kalınlığının ya da taşıma gücünün yetersiz oluşu veya aşırı yükleme durumlarından biriyle ya da bu faktörlerin farklı kombinasyonları ile ilişkilidir.



Şekil 3.1. Timsah Sırtı (Yorulma Tarzı) Çatlak (Fatigue Alligator Cracking)

Geleneksel olarak, timsah sırtı çatlaklar, tekerlek yükü altındaki çekme gerilmesi ve uzama deformasyonlarının en yüksek olduğu bitümlü tabakanın en altında başlar. Çatlaklar, tekerleklerin geçtiği yerlerde ilk önce birbirlerine paralel uzunlamasına çatlaklar olarak görünürler. Tekrarlanan trafik yükleri altında daha fazla bozulma meydana gelir ve çatlaklar birbirine bağlanarak timsah derisi veya kümes teli gibi bir görüntüye sahip, birçok köşeli parçadan oluşur.

Timsah sırtı çatlaklar, nadiren de olsa bitümlü bir kaplamanın yukarıdan aşağıya doğru çatlaması şeklinde de meydana gelebilir. Bu durum genellikle, geniş tabanlı yüksek basınçlı tekerlekler nedeniyle kaplama yüzeyinde büyük yatay çekme gerilmelerine maruz kalan ve olması gerekene oranla nispeten daha kalın olan bitümlü kaplamalarda meydana gelir. Bu nedenle yorulma çatlağı için bir bakım – onarım stratejisine karar vermeden önce çatlağının yukarıdan aşağıya mı yoksa aşağıdan yukarıya mı doğru olduğunu belirlemek oldukça önemlidir. Bunun için kaplama yüzeyinden karot numunesi alınması gerekebilir.

Blok Çatlaklar (Block Cracking)

Blok çatlakları, kaplama yüzeyinde her yönde 30 cm' den daha büyük olan bir dizi dikdörtgen parçaların oluşturduğu birbirine bağlı çatlaklardır (Şekil 3.2). Genelde blok çatlaklar zamanla yaşlanarak sertleşen asfalt yüzeylerde meydana gelir. Günlük sıcaklık döngüleri bitümlü kaplama tabakasında büzülmeye neden olur. Bununla birlikte sert bitüm kullanıldığı durumlarda veya yüksek absorbsiyona sahip agregalar içeren ince agrega gradasyonlu bitümlü karışımlarda da aşırı hacim değişikliklerinden kaynaklanabilmektedirler.



Şekil 3.2. Blok Çatlak (Block Cracking)

Blok çatlaklar tipik olarak trafiğin olmadığı alanlarda dahil geniş bir kaplama alanını kapsayabilmektedir. Blokların boyutunun büyük oluşu ve trafik olmayan alanlarda da blok çatlakların varlığı, bu tür çatlak mekanizmasını kaplamadaki yorulma tarzı timsah sırtı çatlaklardan ayırmaya yardımcı olur.

Kenar Çatlakları (Edge Cracking)

Kenar çatlakları bir kaplamanın dış (banket) kenarının yaklaşık 30 cm ile 70 cm genişliğindeki bir bölümünde, kaplama uzunluğu boyunca meydana gelmektedir (Şekil 3.3). Trafikte seyreden taşıtlar zamanla zayıflamış olan bu alandan geçerken, boyuna çatlakların daha da fazla artmasına ve kırılmasına sebep olur. Bunun sonucunda da kaplamanın kenarına doğru dallanan hilal şeklinde çatlaklar oluşur.

Kenar çatlakları banketten gelen yeterli yanal desteğe sahip olmayan ya da dış tarafları düzgün olarak sıkıştırılmamış veya sınırlandırılmamış bir kaplamanın kenarı boyunca oluşurlar. Zayıflamış kaplama kenarı çatlaklarına zayıf taban zemini veya zayıf granüler tabakalar ile yetersiz drenaj ve donmaya bağlı kabarmalar gibi bir dizi faktörler de neden olabilir. Kaplama kenarı boyunca yoğun bitki örtüsü varlığı ile banket tarafındaki yoğun trafik kenar çatlaklarının oluşumunu ve ilerlemesini hızlandırabilir.



Şekil 3.3. Kenar Çatlağı (Edge Cracking)

Boyuna ve Enine Çatlak (Longitudinal & Transverse Cracking)

Bu tarz çatlaklar araç tekerleklerinin kaplama yüzeyine temas ettiği tekerlek izinde oluşan boyuna çatlaklar (yorulma çatlakları olarak kabul edilen) haricinde kalan, kaplama yüzeyinde yolun merkez hattına (eksenine) paralel veya dikey olarak gelişen

doğrusal çatlaklar olarak tanımlanır (Şekil 3.4). Boyuna çatlaklar kaplama merkez hattına paraleldir ve genelde aşağıdaki sebeplerden kaynaklanır.

- Kötü inşa edilmiş bir kaplamada boyuna derzin çatlaması
- Asfalt tabakasının büzülmesi
- Günlük sıcaklık döngüsü
- Alt tabakalardaki çatlağın kaplama boyunca yukarıya yansması (ayrı bir çatlak türü olarak tanımlanan derz yansıma çatlağı haricinde kalan)
- Finişerin hatalı serim yapmasından kaynaklanan boyuna yöndeki segregasyon



Şekil 3.4. Boyuna Çatlak (Longitudinal Cracking)

Yol eksenine dik olarak gelişen enine çatlaklar, asfalt tabakalarındaki büzülme veya alt tabakadaki çatlakların yukarıya yansımalarından kaynaklanabilir (Şekil 3.5). Boyuna ve enine çatlaklar trafik yüküne bağlı olarak gelişmiş çatlaklar olarak kabul edilmezler.



Şekil 3.5. Enine Çatlak (Transverse Cracking)

Yansima atlalı (Reflection Cracking)

Yansima çatlakları genelde portland çimentolu beton (PCC) rijit kaplamalar üzerine inşa edilmiş asfalt tabakaları boyunca gelişen ve kaplama yüzeyine yayılan çatlaklar olarak tanımlanır (şekil 3.6). Bu tür çatlaklar alttaki bozulmuş beton kaplama yüzeyinde var olan mevcut çalışma derzlerinin veya sonradan oluşan çatlaklarının olduğu gibi yukarıya yansımastır. Yansima çatlakları başlangıçta asfalt ve beton katmanlar arasındaki farklı çalışma hareketlerinden kaynaklanır. Yoğun trafik altında yansima çatlakların durumu daha da kötüleşebilir. Asfalt kaplamalardaki bu tarz bozulmaları net olarak tespit edebilmek için alttaki orijinal beton kaplamanın yüzey durumunu bilmek faydalı olabilir.



şekil 3.6. Yansima atlalı (Reflection Cracking)

Bununla birlikte asfalt bir kaplamada termal gerilmelerin neden olduğu enine çatlaklar tam derinlikte ve kendi içinde uniform aralıklı olabilir. Bu durum bu çatlakların yansima atlalı olduğu varsayımına da yol açabilir. Mevcut alttaki orijinal kaplamaya ait bilgiler veya yerinden alınacak karotlardan elde edilecek bilgiler, atlalı yansima kaynaklı mı yoksa termal sebeple mi olduğunu teyit etmeye yardımcı olur.

Kayma Çatlağı (Slippage Cracking)

Kayma çatlakları, uç kısımları trafikte seyreden taşıtların gidiş (itme) yönünde oluşan kavisli bir yapıda, belirgin bir hilal veya yarım ay şeklinde gelişmiş çatlaklar olarak tanımlanır (Şekil 3.7). Bu çatlaklara genellikle düşük mukavemetli yüzey karışımına sahip veya asfalt tabakaları arasındaki bağın zayıf olduğu kaplamalarda, taşıtların dönüş manevraları ya da frenleme hareketleri neden olur.



Şekil 3.7. Kayma Çatlağı (Slippage Cracking)

3.4.3 Bozulmalar

Üstyapıdaki bozulmalar, yeterli stabilitesi olmayan bir asfalt tabakasının veya altındaki granüler tabakalardaki ya da üstyapı taban zeminindeki zayıflıkların birinin ya da tamamının bir sonucudur. Bozulma genelde tekerlek izinde oturma, yığılma, ondülasyon, çökme veya kabarma olarak görülebilir. Kaplamada çatlak oluşma durumu, bozulmaların şiddetine bağlı olarak beraberinde eşlik edebilir. Genelde karşılaşılan tipik bozulma türleri ve nedenleri aşağıda anlatılmıştır.

Ondülasyon ve Yığılma (Corrugation and Shoving)

Literatüre washboarding olarak da girmiş olan ondülasyon ve yığılma, asfalt kaplama yüzeylerinde uzun olmayan kısa aralıklarla, trafik yönüne dik ve oldukça düzenli olarak oluşmuş dalgalanma şeklindeki deformasyonlar olarak tanımlanır (Şekil 3.8). Genelde karışım stabilitesi düşük olan asfalt tabakaları üzerinde şiddetli yatay gerilmelere maruz noktalarda (trafikte seyreden taşıtların hareketine başladığı veya durduğu yerler gibi) meydana gelir. Temel nedenleri; karışım içerisindeki çok yüksek bitümlü bağlayıcı veya ince agrega içeriği, yeterince kırılmamış, yüzeyi düzgün veya yuvarlak agrega

kullanımı, imalatta yanlış bitüm sınıfı seçimi (yumuşak bitüm), aşırı nem veya granüler tabaklardaki zayıflıklar olarak sıralanabilir.



Şekil 3.8. Ondülasyon ve Yığılma (Corrugation and Shoving)

Tekerlek İzinde Oturma (Rutting)

Tekerlek izinde oturma, taşıt tekerleklerinin kaplama yüzeyine temas ettiği yerlerde yol boyunca oluşan, plastik deformasyon kaynaklı yüzey girintileridir (Şekil 3.9). Tekerlek izinde oturmanın şiddetine göre tekerlek izi kenarları boyunca enine yer değiştirmeler ve çatlamlar da mevcut olabilir. Tekerlek izinde oturma, trafik altındaki bir asfalt kaplama tabakasının altındaki granüler tabakaların ya da taban zeminin konsolidasyonundan (sıkışmasından) veya yanıl hareketinden de kaynaklanabilir. Yetersiz tasarım kalınlığı, sıkıştırma eksikliği, nem problemleri nedeniyle kaplama tabakalarında oluşan zayıflıklar veya hatalı asfalt karışım tasarımı gibi yapım hatalarından da kaynaklı olarak gelişebilirler.



Şekil 3.9. Tekerlek İzinde Oturma (Rutting)

Oturma veya Çökme (Settlement or Depression)

Çökmeler veya oturmalar, mevcut kaplamanın, proje düzleminden saparak daha alçak kotlarda lokal olarak oluşan yüzey bölümleri olarak tanımlanır (Şekil 3.10). Kaplamada oluşan bu küçük çökmeler genellikle yağışlı bir havada çöküntü olan bölgede su birikintisi oluşana dek pek fark edilmez. Ancak kaplamadaki bu su birikintisi (hidropan) durumu sürücüler ve yayalar için trafik güvenliğini tehlikeye sokabilir. Bunun yanında yol çizgi boyalarının olduğu yerlerde de çöküntüler görülebilir. Çöküntüler, kaplama altındaki tabakaların inşasındaki yapım hatalarından dolayı da oluşabilir.



Şekil 3.10. Oturma veya Çökme (Settlement or Depression)

Kabarma veya Şişme (Upheaval or Swelling)

Kabarma veya şişme, taban zemininin veya üstyapının çeşitli nedenlerle bir kısmının yükselmesi ya da kaplamanın, yukarıya yönde yer değiştirmesi sonucu oluşan lokalize bozulmalar olarak tanımlanır (Şekil 3.11). Üstyapıda kabarma veya şişme tarzı bozulmalar genellikle su etkisiyle şişen zeminlerin (nemin varlığında şişme potansiyeli yüksek olan montmorillonit zeminler vb.) veya donma ile oluşan hacim artışının (kaplama veya üstyapı tabanındaki suyun donarak hacminin büyümesi) bir sonucudur.



Şekil 3.11. Kabarma veya Şişme (Upheaval or Swelling)

Enine Geçişler ve Yama (Utility Cuts and Patch)

Yama genel tanımıyla, bir kaplamanın bozulduğu için sökülerek değiştirilmiş ya da ilave malzeme kullanılarak tamir edilmiş kısımdır (Şekil 3.12). Mevcut bir karayolu güzergahında, drenaj veya iletişim hatları ya da enerji nakil kabloları gibi sonradan inşasına ihtiyaç duyulan ilave yapılar nedeniyle, enine geçişlerinin yapılması zorunluğu ortaya çıkabilir. Böyle bir durumda yapısal ve fonksiyonel olarak kusursuz olan mevcut bir kaplamada da yama yapılması kaçınılmaz hale gelir. Bu sebeple yamalar; kullanılan malzemeler ve uygulama teknikleri bakımından onarımı yapılacak üstyapı tabakalarına uygun özelliklerde olmalıdır. Ayrıca yama; uygulama yapılan kaplama yüzeyi ve çevresi ile de uyumlu olmalıdır. Bu sebeptendir ki performanstan bağımsız olarak yamalar kaplamada sıkıntılı yerlerdir. Gerek malzeme özellikleri gerekse de yapım tekniği bakımından düzgün inşa edilmeyen bir yama; beklenenden daha erken bozulduğunda kaplamada şiddetli seviyelerde hasarların oluşumuna neden olur. Kalitesiz veya uygun olmayan malzemelerin kullanımı, yetersiz sıkıştırma, yama çevresindeki veya alttaki tabakaların onarımı yapılmadan uygulama yapılması ile kötü yapım teknikleri gibi olumsuz durumlarda bir yamanın ömrü oldukça az olabilir.



Şekil 3.12. Enine Geçiş ve Yama (Utility Cuts and Patch)

Çukur (Pothole)

Kaplamanın zamanla kırılarak küçük parçalara ayrılması parçalanma olarak tanımlanır. Kaplama yüzeyinin çok büyük bir kısmı kaybolmadan önce, kaplama ayrışmasına engel olmak için erken dönemde önlem alınması gerekmektedir. Kaplamada parçalanma ayrışma, sökülme ve çukur oluşumu olarak ortaya çıkar. Çukur, kaplama yüzeyinin bölgesel parçalanmasıyla oluşan oyuklardır (Şekil 3.13). Çukurlar tipik olarak alttaki donmuş zeminin çözülmesi ile meydana gelen çatlama ve

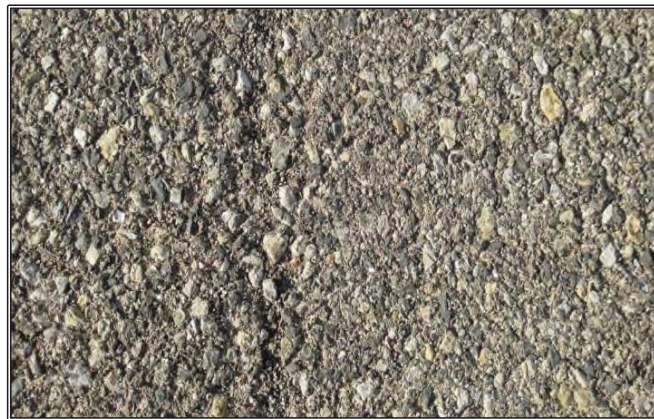
sökölme ile ya da başarısız bir yamanın bozulması sonucuyla oluşurlar. Tekniğine uygun olarak hazırlanmamış veya doğru uygulanmamış bitümlü karışımlar, granüler tabakalardaki veya taban zeminindeki zayıf noktalar ile trafikteki taşıt hareketleri çukur oluşumunu hızlandırır. Çukurlar yapısal bozulma olarak kabul edilir.



Şekil 3.13. Çukur (Pothole)

Sökölme ve Ayrışma (Raveling and Weathering)

Sökölme ve ayrışma, bitümlü kaplama içerisindeki agrega danelerinin düşük adezyon nedeniyle bitümlü bağlayıcıdan ayrılmasıyla kaplama yüzeyinde oluşan aşınma ve bozulmalardır (Şekil 3.14). Aşınma etkisiyle oluşan ayrışmada agrega tipik olarak bitümden ayrılır ve kaplama yüzeyinde minik çukurlar bırakır. Daha fazla agrega yerinden ayrıldıkça, kaplama yüzeyi pürüzlü bir hal alır. Ayrışmalar daha büyük parçalar kaplamada yerinden çıkana ve sökölme oluncaya kadar devam eder.



Şekil 3.14. Sökölme ve Ayrışma (Raveling and Weathering)

Sökölme genellikle taşıtların tekerlek hattının altında oluşurken, ayrışma genellikle tüm kaplama yüzeyinde görülür. Kaplamada bu tarz bir bozulmanın varlığı; bitümlü

bağlayıcının aşırı sertleştiğini ve agregaya ile bitümlü bağlayıcı arasındaki adezyonun düştüğünü gösterir. Sökülme genelde trafik etkisiyle, kaplama veya üstyapıda drene edilememiş yüzeysel sularının etkisiyle oluşur.

Sürtünme Problemi (Skid Hazard)

Güvenli bir kaplama inşasında önemli bileşenlerden biri kaplamanın; yüzeyinde su birikmesi, cilalanma potansiyeli yüksek olan agregadan teşkil edilmesi ve araçların kayma olasılığını artıracak bitüm kusması gibi olumsuz etkenlerden arındırılmasıdır. Cilalanmış agregaya (Şekil 3.15) veya bitüm kusması tarzı kusurları bulunmasa dahi, bir kaplamada kuru havalarda da dahil olmak üzere zaman içerisinde kayma tehlikesi riski artış gösterebilir. Bu sebeple yapısal durumu çok iyi olsa dahi ilerleyen dönemlerde kaplamanın sürtünme direncini arttırmak için yüzeysel suların hızlı bir şekilde deşarjını sağlamak ve kaplama yüzeyini ilk durumuna getirmek için taşıt lastikleri ile kaplama yüzeyi arasındaki teması artıracak iyileştirmeleri yapmak gerekli olabilir.



Şekil 3.15. Cilalanmış Agregaya

Kusma veya Parlama (Bleeding or flushing)

Kusma veya parlama, bitümlü kaplama bünyesindeki bitümlü bağlayıcının kaplama yüzeyine çıkarak ince bir bitüm film tabakası oluşturması durumudur (Şekil 3.16). Bitümün kaygan ve parlak olan görünümü ile dokunulduğunda yapışkan olma özelliği (özellikle sıcak havalarda) nedeniyle bitüm kusmasının tespit edilmesi kolaydır. Kusma yanlış yapılmış bir sathi kaplama uygulaması, bitümlü karışımda gerektiğinden fazla bitüm kullanılması, çok yoğun bir astar veya yapıştırma tabakası serilmesi ile kaplamanın altındaki çatlaklarda veya derzlerde gerektiğinden fazla kullanılan yalıtım malzemesinin taşması gibi sebeplerden kaynaklanabilir. Bununla birlikte ağır trafik

yükleri nedeniyle bitümlü tabakalar aşırı sıkıştığında da bitüm yüzeye çıkmaya zorlanır ve kaplamada yeterli hava boşluğu olmadığı durumlarda kismaya sebep olabilir.



Şekil 3.16. Kuma veya Parlama (Bleeding or flushing)

Kuma veya parlamanın görüldüğü kaplama yüzeyi, bitümlü bağlayıcı açısından çok zengin bir yüzeydir. Kuma özellikle yağışlı havalarda kaplama yüzeyini daha da kaygan hale getirerek tehlikeli bir duruma neden olabilir.

Sathi kaplamada görülen kusmaların en yaygın nedenleri şunlardır:

- Uygun olmayan bitümlü bağlayıcı sınıfı veya miktarı
- Uygun olmayan agrega seçimi veya uygulaması
- Altteki granüler tabakada hapsolmuş nemin soyulmaya neden olması
- Altteki kaplama tabakasında önceden var olan kuma

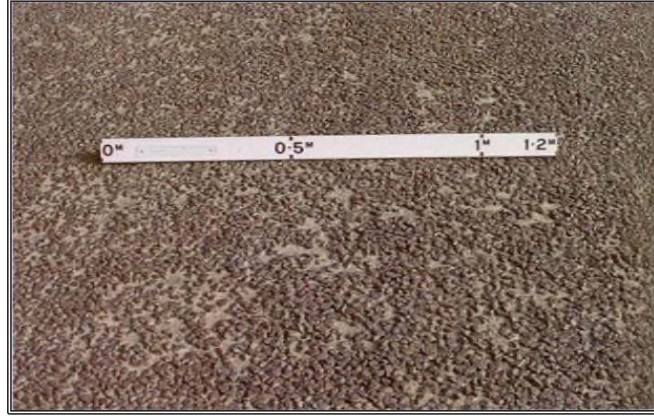
3.4.4 Sathi Kaplama Bozuklukları (Surface Treatment Distress)

Önceki bölümlerde anlatılan kuma, çökme, ayrışma, ondülasyon ve çukur gibi sorunlar ve bozulmalar, sathi kaplamalarda da ortaya çıkabilir. Sathi kaplama agregasının (mıcırın) sökölmesi ve kaybı ile kaplama yüzeyinde boyuna/enine çizgilenme (streaking) oluşması gibi bazı tipik bozulmalar ise yalnızca sathi kaplamalara özgü bozulmalardır.

Kaplama Agregası Kaybı (Lost of Cover Aggregate)

Kaplama agregası kaybı, bir sathi kaplama uygulamasındaki örtü agregası (mıcır) beklenenden daha erken sökölüğünde meydana gelir (Şekil 3.17). Trafik altında agrega kaybı bitümlü bağlayıcıyı açıkta bırakır. Agregası içermeyen yüzey kayma tehlikesi oluşturabilir ve tekerlekler tarafından atılan gevşek agregalar araçların ön

camlarına, farlarına ve boyalarına zarar verebildiği gibi kazalara da sebep olabilir. Bu bakımdan sathi kaplamada agregaya kaybı can ve mal emniyeti için tehlike oluşturabilecek önemli bir problemdir.



Şekil 3.17. *Kaplama Agregası Kaybı (Lost of Cover Aggregate)*

Örtü agregası kaybının temel nedenlerinden bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Kirli agregaya kullanımı
- Çok fazla agregaya uygulaması
- Uygun olmayan silindiraj
- Çok az bitümlü bağlayıcı uygulanması
- Agreganın uygun olmayan şekilde serilmesi
- Hava çok soğukken uygulama yapılması
- Kaplanacak yüzeyde yüksek nem varken uygulama yapılması
- Çok ıslak veya tozlu bir yüzeye uygulama yapılması
- Trafik kontrolünün düzgün yapılmaması
- Kaplanacak yüzeyin bitüm absorpsiyonunun beklenenden yüksek olması
- Uygulama sırasında yağış olması
- Kaplamanın çok erken ya da hızlı trafiğe açılması

Boyuna/Enine Çizgilenme (Longitudinal/Transverse Streaking)

Bu tarz bozulmalar genelde yolun merkez hattına (eksenine) paralel olarak birbiri ardına sıralanmış ince veya kalın bitümlü bağlayıcı ya da agregaya çizgilenmeleri şeklinde gözlemlenir. Bunun haricinde sathi kaplama uygulamasının kesilip tekrar

başladığı ek ya da derz yerlerinde belirli aralıklarla eksene dik doğrultuda kaplama enine yönünde de karşılaşılabılır.

Yapıştırıcının kaplama yapılacak yol yüzeyinde homojen olmayan bir şekilde uygulanması, çizgisel olarak agrega kayıplarına neden olabilmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Boyuna Çizgisel Agrega Kaybı (Longitudinal Streaking)

Bu tarz oluşan boyuna yöndeki çizgisel agrega kayıplarında, kaplamanın eksenine paralel olarak uzanan çok sayıda ve değişen kalınlıklarda (ince ve kalın) bitüm bantları ortaya çıkmaktadır. Bu çizgiler sadece hoş görünmeyen bir görünüm oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda örtü agregasının kaybı nedeniyle kaplamanın hizmet ömrünü de önemli ölçüde azaltır.

Kaplama üzerinde boyuna yönde tek bir çizgi gözlenmesi durumu bunlardan farklı bir oluşma mekanizmasına sahip başka bir bozulma şeklidir. Şöyle ki kaplama genişliğinin tamamı boyunca tek seferde yapılamayan sathi kaplama uygulamalarında iki parça halinde yan yana yapılan iki imalat arasındaki boyuna ek yerinde çok az veya çok fazla bindirme yapmak böyle bir çizgilenmeye neden olmaktadır.

Boyuna çizgisel agrega kaybının temel nedenleri şunlardır.

- Distribütör nozullarının düzgün olmayan püskürtme bindirmelere neden olan, uygun olmayan püskürtme çubuğu yüksekliği
- Distribütör ağırlığı azaldıkça püskürtme çubuğu yüksekliğinin ayarlanmaması
- Nozul sorunları (yanlış açı, yanlış boyut, tıkalı veya bozuk)
- Nozul bağlantı problemleri

- Nozullara düzensiz hız ve basınçta bitümlü bağlayıcı pompalaması yapılması ve distribütör hızının sabitlenmemesi
- Uygun olmayan püskürtme sıcaklığı (bitümün soğuması)
- Uygun olmayan bağlayıcı sınıfı seçimi (mevcut şartlar ve ekipmanlar için çok yüksek ya da çok düşük viskoziteli bitüm bağlayıcı kullanımı)

3.5 BAKIM – ONARIM YÖNTEMİNİN TAYİNİNDE YARDIMCI EL KILAVUZU

Karayolu esnek üstyapıları ile bitümlü kaplamalarında meydana gelen çeşitli bozulma türleri için uygulanabilecek ideal bakım - onarım tekniklerine dair detaylı bilgiler ilerideki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmış olup, bakım – onarım tekniğinin belirlenmesinde faydalı olabilecek basit bir yardımcı el kılavuzu Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1. Esnek Üstyapı Bakım – Onarımı Basit El Kılavuzu

BOZULMANIN TANIMI		BAKIM - ONARIM YÖNTEMİ
Yorulma (timsah sırtı) çatlak (fatigue (alligator) cracking)		Tam derinlikte yama
Kusma / parlama (bleeding / flushing)		Bitüm emülsiyonlu koruyucu sathi kaplama (seal coat/chip seal), sandviç sathi kaplama (sandwich seal), ince takviye
Ondülasyon ve yığılma (corrugation / washboarding)		Derin ya da tam derinlikte yama
Fonksiyonel Çatlak (Functional cracking)		Çatlak yalıtımı / çatlak dolgusu
Sökülme (ravelling)	Hafif	Yüzey iyileştirme yöntemlerinden biri
	Orta	Yüzey iyileştirme yöntemlerinden biri
	Şiddetli	Yüzey iyileştirme yöntemlerinden biri veya takviye tabakası
Çökme (depression)		Soğuk kazıma (cold mill) ya da takviye tabakası
Boyuna çatlak (longitudinal cracking)		Çatlak yalıtımı / çatlak dolgusu
Düşük kayma direnci (low skid resistance)		Karartma tabakası (fog seal) hariç diğer tüm yüzey iyileştirme yöntemleri
Çukur (Pothole)		Kısmi veya tam derinlikte yama ya da püskürtme yama (partial or full depth patching or injection patching)
Yansıma çatlağı (reflection cracking)		Çatlak yalıtımı / çatlak dolgusu
Tekerlek izinde oturma (rutting)		Soğuk kazıma (cold mill) ya da takviye tabakası
Kayma çatlağı (slippage cracking)		Kısmi veya tam derinlikte yama (partial or full depth patching)
Enine çatlak (transverse cracking)		Çatlak yalıtımı / çatlak dolgusu
Kabarma (upheaval)		Tam derinlikte yama

4. BAKIM – ONARIMDA KULLANILAN MALZEMELER

Karayolu esnek üstyapılarının bakım - onarım ve koruma faaliyetlerinde farklı özelliklerdeki birçok bitümlü bağlayıcılar ile farklı türlerdeki pek çok bitümlü karışımlar uzun yıllardır başarıyla kullanılmaktadır. Bakım - onarım uygulamalarında kullanılan bitümlü malzemelerin türleri ve nitelikleri ile agregalara ait bilgiler aşağıdaki kısımlarda açıklanmıştır. Bitümlü malzemelerin kullanıldığı iyileştirme yöntem ve teknikleri ise ilerleyen bölümlerde detaylı olarak anlatılmıştır.

4.1 BİTÜM

Bitüm; bileşenleri karbon ve hidrojen olan doğada tabi halde bulunan veya ham petrolün damıtılmasından elde edilen nihai ürün (kalıntı) olup, rengi koyu kahverengi ile siyah arasında değişen hidrolik bağlayıcı bir malzemedir.

Bitüm, kömür katranı veya kömür ziftleri gibi katran içerikli malzemelerle karıştırılmamalıdır. Zira katranlı malzemeler (kömür katranı veya kömür ziftleri), bitümlü kömürlerin yüksek sıcaklıkta karbonizasyonu ile üretilir. Kimyasal bileşim ve fiziksel özellikler bakımından da bitüme nazaran önemli ölçüde farklılıklar gösterirler. Karayolu inşaatında kullanılan bitüm ile katran ve ziftler arasındaki farklar endüstri literatüründe ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Kömür katranları haricinde bitümler, ayrıştırılan petrol fraksiyonlarından parçalanma, kömürleşme veya oksidasyon yoluyla üretilen ve genellikle yüksek aromatik kalıntılar olarak tanımlanan petrol ziftleri ile de karıştırılmamalıdır.

Bitümler hakkında geniş ve detaylı bilgiye Karayolları Genel Müdürlüğü “Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvarı El Kitabı”nda ulaşılabilir.

4.1.1 Bitümlü Bağlayıcılar

Bitümlü bağlayıcı ailesinin temel malzemesi olan bitüm; sıcak, ılık ve soğuk karışım asfalt yapımında, yüzey iyileştirmelerinde, sathi kaplamalarda ve çatlak doldurma uygulamalarında kullanılan normal ortam sıcaklıklarında katı veya yarı katı haldedir. Yapım ve bakım – onarım işlemlerinde kullanılırken bitümün işlenebilir olması için borulardan ve püskürtme nozullarından pompalanacak kadar akışkan hale getirilmesi yani viskozitesinin düşürülmesi gerekmektedir. Bitüm için bu işlem, üç farklı yöntemle gerçekleştirilir: ısıtma yoluyla, bir petrol çözücüsü (katbek bitüm) içinde çözülerek veya

su ile süspansiyon halde karıştırılarak (bitüm emülsiyonu). Temelde bu üç farklı formda kullanılan bitümlü bağlayıcılar; sertlik, viskozite ve istenilen performans özelliklerine bağlı olarak çeşitli derecelendirme ve sınıflandırma sistemine göre tanımlanmaktadır.

Bununla birlikte orijinal bitümlü bağlayıcı; belirli özelliklerini (yapışma, penetrasyon, yumuşama noktası, performans sınıfı vb.) değiştirmek amacıyla ilave katkı ve/veya modifiye edici maddelerle modifiye edilerek de kullanılabilir.

Penetrasyon Sınıfı Bitüm

Penetrasyon bitümlerinin sınıflandırılması ASTM D 946 ya da TS EN 12591 standartlarına göre bitümün 25 °C deki penetrasyon derecesine bağlı olarak yapılmaktadır. Ülkemizde kullanılan bitümler genellikle penetrasyon değerine göre sınıflandırılır. Örneğin B100/150 penetrasyon değeri, 100 g ağırlığındaki sabit bir iğnenin 25 °C deki bitüme 5 saniye süresinde 100 - 150 dmm (0,1 mm) arasında olan batma derinliğini simgelemektedir. Diğer bir sınıflandırma sistemi viskoziteye bağlı olan sınıflandırma şeklidir. Bu sınıflandırma sisteminde bitümün ASTM D 3381 deney standardına göre yapılan 60 °C deki dinamik viskozitesine bakılır. Örneğin AC - 5 olarak sınıflandırılmış bir bitümün 60 °C deki dinamik viskozitesi 5 poise (0,1 Pa.s)'dir.

Sıvı Petrol Asfaltı (Katbek Bitüm)

Katbek bitümler, bitümün petrol çözücülerini ile karıştırılmasıyla üretilen sıvı petrol bitümleridir. Çözücü buharlaştıkça, katbek kür olup sertleşir ve bitümün bağlayıcı özellikleri eski haline döner. Katbek bitümler, kür olma sürelerine göre sınıflandırılır. Bunlar çözücü olarak benzin veya nafta içeren hızlı kür olan (RC), gazyağı benzeri bir çözücü ile karıştırılan orta hızda kür olan (MC), rafineri işlemi sırasında içinde ağır yakıt kalan veya ağır yakıt ile karıştırılmış olan yavaş kür olan (SC) dir.

Geleneksel olarak, RC ve MC tipi katbek bitüm, çeşitli karayolu, hava alanı, endüstriyel ve özel amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Karayolundaki kullanımları; rodmiiks bakım malzemesi uygulamaları ile spre y astar tabakası (prime coat) veya yapıştırma tabakası (tack coat) uygulamalarıdır. Katbek bitümlerde kullanılan çözücüler buharlaşma ile kaybedilen yüksek enerjili ürünler olup, iklim değişikliği ve çevre koruma kanunları ile kullanımları sınırlandırılmıştır. Bu sebeple çoğu uygulamalarda emülsiyon bitümler önemli oranda katbek bitümlerin yerini almıştır.

Yavaş kür olan (SC) katbek bitümler öncelikle rodmiks ve toz önleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Ayrıca yama malzemesi olarak kullanılmak üzere şantiye sahasında yerinde üretilen bitümlü soğuk karışımlar ile gradasyonlu agregayla plentte hazırlanan bitümlü soğuk karışımlarda da bitümlü bağlayıcı olarak kullanılırlar. Çevreye ve insan sağlığına zararlı olduğundan ve ekonomik olmadığından (SC) katbeklerin kullanımı çoğu ülkede yasaklanmış olup, şimdilik izin verilen ülkelerde de kullanımı gün geçtikçe azalmaktadır.

Katbek bitüm sınıflaması (MC, RC ve SC), ağırlıkça fazla çözücü içeren çok akışkan olan viskozite dereceli 70'den başlayarak az çözücü içeren ve daha az akışkan olan viskozite dereceli 3.000'e kadar değişen dört viskozite (70, 250, 800 ve 3.000) değerine göre yapılır. Kinematik viskozite değerini gösteren bu sayılar, viskozitenin artışı ile büyür. (MC 70 katbek bitüm, MC 3000'e göre çok daha ince ve akıcıdır). Özel bir katbek sınıfı olan MC 30 orta-kür olan katbek bitüm tipine dahil olup sadece yapıştırma tabakası olarak kullanılabilir. MC, RC ve SC olarak adlandırılan Katbek bitümler şuan yürürlükten kaldırılmış olan TS 1083 standardına göre "Yol Üstyapılarında Kullanılan Sıvı Petrol Asfaltı" olarak adlandırılmış olup şuan üretimleri yapılmamakta ve kullanılmamaktadır. Bu standarda göre uygulamadan kaldırılmış katbek bitümler Tablo 4.1'de gösterildiği şekilde sınıflandırılmıştır.

Tablo 4.1. Katbek Bitümlerin Sınıflandırılması

YAVAŞ KÜR OLANLAR	ORTA HIZDA KÜR OLANLAR	ÇABUK KÜR OLANLAR
SC - 70	MC - 30	RC - 70
SC - 250	MC - 70	RC - 250
SC - 800	MC - 250	RC - 800
SC - 3000	MC - 800	RC - 3000
	MC - 3000	

Karayolu üstyapılarında kabul gören ve kullanılan mevcut katbek bitümler; bu rehberin yayınlandığı tarihte halen yürürlükte olan ve Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Şartnamesinde de yer alan TS EN 15322 standardına göre sınıflandırılmıştır. Katbek bitümler ile ilgili ilave detay bilgi için “KGM Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvar El Kitabı”na bakılmalıdır. Karayollarında kullanılan katbek bitümlerin TS EN 15322 standardına uygun olarak sınıflandırılmasında kullanılan isimlendirme ve numaralandırma detayı Tablo 4.2’ de verilmiştir.

Tablo 4.2. Katbek Bitümlerin Sınıflandırılması

Fm	2	B (P)	3
Fm: Katbek	2: Düşük Viskozite	B: Normal Bitüm	2: Yavaş Kür Olan
Fv: Flux	3: Orta Viskozite	BP: Polimer Modifiye Bitüm	3: Orta Hızda Kür Olan
	4: Yüksek Viskozite		4: Hızlı Kür Olan

Bitüm Emülsiyonu

Bitüm emülsiyonu üç temel bileşenden oluşur: bitüm, su ve emülgatör. Emülsiyon, birbiri içerisinde çözünemeyen iki sıvıdan birinin diğeri içerisinde küçük küre tanecikleri şeklinde homojen olarak dağıtılmasıdır. Bitüm emülsiyonları bitüm küreciklerinin su içinde dağılmasından oluşur. Bitümün su içinde dağılması mekanik olarak karıştırma ile elde edilebilir. Ancak bu tür karışımların ömrü kısa olup, bitüm tanecikleri birbirleri ile yapışarak, sudan ayrılabilirler. Bu durumu önlemek için, bir katkı maddesi (emülgatör) kullanılır. Emülgatör, bitüm küreciklerinin etrafını ince bir film halinde sarar ve onların kendi aralarında birleşmelerini önler. Bazı durumlarda bitüm emülsiyonu; stabilizatörler, emülsiyonun agregayı kaplama özelliğini geliştiren maddeler, soyulma önleyici katkı maddeleri veya kür süresini kontrol eden maddeler gibi farklı katkı maddeleri içerebilir. Emülsiyon üretiminde amaç, bitümün su içinde dengeli bir şekilde dağılmasını sağlamaktır (pompalama, uzun süreli depolama ve karıştırma için yeterince kararlı olacak şekilde). Bitüm emülsiyonu, bir mikser veya yol yüzeyine püskürtüldükten sonra agrega ile temas ettiğinde hızlı bir şekilde kür olmalıdır

(kesilmelidir). Kesilme, suyun bitümden ayrılmasıdır. Kür olduktan sonra kalan bitüm, üretildiği bitümlü bağlayıcının yapışma, dayanıklılık ve su direncine sahiptir.

Bitüm emülsiyonları; anyonik, katyonik ve noniyonik olmak üzere üç temel kategoriye ayrılır. Anyonik ve katyonik emülsiyonlar, yol yapım ve bakım-onarımında daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Sınıflandırma, asfalt partiküllerini çevreleyen elektrik yüklerini ifade eder. Anyonik tipte bitüm partikülleri negatif elektrik yüküne sahiptir. Katyonik tipte parçacıklar pozitif yüklüdür. Elektrik yükündeki bu farklılıklar, zıt yüklü yüzeylere sahip olan agregalarla kullanıldığında emülsiyonun kaplama ve bağlanma özelliklerini iyileştirir. Genel olarak katyonik emülsiyonlar, anyonik emülsiyonlara göre daha çabuk kesilebilmektedirler. Fazla nemli ya da nispeten daha soğuk havalarda, katyonik emülsiyonların agrega ile elektrokimyasal reaksiyonu daha iyidir. Anyonik emülsiyonlar daha az nemli havalarda ve ılıman bölgelerde kullanılmaya daha elverişlidir.

ASTM D 2397 “Katyonik Bitüm Emülsiyonu” standardına göre emülsiyon tipleri, kesilme (bitüm küreciklerinin bitümün başlangıçtaki ilk haline dönmesi) hızı ve viskozitesini anlatan bir kodlama sistemi ile isimlendirilerek belirlenir. “C” harfi katyonik bir emülsiyon olduğunu (Eğer “C” harfi yok ise bu anyonik bir emülsiyondur), “RS” (Rapid Set) hızlı kesilme süresini, “MS” (Medium Set) orta kesilme süresini, “SS” (Slow Set) ise yavaş kesilme süresini ifade etmektedir. Bu notasyonlardan sonra gelen rakam emülsiyonun viskozite durumunu göstermektedir. “1” düşük viskoziteyi göstermekte olup bu tip emülsiyonlar daha çok karartma tabakası (fog seal) uygulamalarında veya soğuk havalarda tercih edilir. “2” ise yüksek viskoziteyi gösterir ve bu tip emülsiyonlar genellikle sathi kaplama uygulamalarında kullanılmaktadır. Ayrıca isimlendirme de viskozite numarasını takip eden “h” harfi emülsiyonun sert bir bitüm içerdiğini, “s” harfi yumuşak bir bitüm içerdiğini, “P” harfi polimer katkılı olduğunu ve “L” harfi ise lateks katkılı olduğunu göstermektedir. Örneğin CRS-2P sınıflaması; Katyonik, hızlı kesilen, yüksek viskoziteli ve polimer katkılı bir bitüm emülsiyonu tarif etmektedir. Ancak ülkemizde üretilen bitüm emülsiyonları ASTM D 2397 standardına göre tanımlanmamakta bunun yerine Avrupa Normlarına uygun olan TS EN 13808 standardına göre adlandırılmakta ve üretilmektedir.

Emülsiyonlara polimer katılması bağlayıcının bazı özelliklerini iyileştirebilir. Polimer katkılı emülsiyonlar bitüm kalıntısının viskozitesini artırarak ileride oluşabilecek kasma problemlerini minimuma indirir. Ayrıca agrega yapışma kuvvetini artırır ve çalışma süresini esnekleştirir.

Çoğu bitüm emülsiyon üreticisi, tüm emülsiyon sınıflarını üretmez veya stoklamaz. Bunun yanında çoğu kullanıcının kendine has emülsiyon kriterleri vardır. Kullanıcı ve üretici arasındaki iletişim ve planlama, öngörülen kullanıma göre ihtiyaç duyulan bitüm emülsiyon sınıfının tedarikine olanak sağlamaktadır.

Karayolu üstyapılarında kabul gören ve kullanılan mevcut katyonik bitüm emülsiyonları; bu rehberin yayınlandığı tarihte halen yürürlükte olan ve Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Şartnamesinde de yer alan TS EN 13808 standardına göre sınıflandırılmıştır. Karayollarında kullanılan katyonik bitüm emülsiyonlarının TS EN 13808 standardına uygun olarak yapılan sınıflandırılmasında kullanılan isimlendirme ve numaralandırma detayı Tablo 4.3’ de verilmiştir. Emülsiyon bitümlerle ilgili ilave detay bilgi için “KGM Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvar El Kitabı”na bakılmalıdır. Kitabın ilerleyen bölümlerinde de harç tipi kaplamalarda olduğu gibi ilgili imalatın bünyesine giren ve her ne kadar kullanımdan kalkmış olsa da uygulamaya ait güncel standartlar ve şartnamelerde ASTM D 2397’e göre isimlendirilmiş olan bitüm emülsiyonları KGM tarafından kullanılan ve TS EN 13808 standardına göre yeni notasyonda adlandırılmış muadil bitüm emülsiyon sınıfları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 4.3. Katyonik Bitüm Emülsiyonların Sınıflandırması

C	60	B	2	3
Katyonik	Bitüm Yüzdesi	Bitüm Türü	Kesilme Sınıfı	Penetrasyon Sınıfı
	50,55,60,65,69	B: Normal Bitüm	2: Çabuk Kesilen	2: pen<50
		BP: Polimer Modifiye Bitüm	4: Orta Hızda Kesilen	3: pen 50-100
			9: Yavaş Kesilen	4: pen 100-150
				5: pen 160-220

4.1.2 Çatlak Yalıtımı / Çatlak Dolgusu

Kaplama yüzeyindeki çatlaklardan alttaki tabakalara sızabilecek suların ve diğer kırıntıların geçişini engellemek amacıyla kısmi bölgelere yapılan bir onarıma çatlak onarımı ya da çatlak tamiradı adı verilir. Kaplamanın ömrünü artırmada çok verimli olsa da uygulamadan birkaç yıl sonra yenilenmesi gerekebilir. Çeşitli uygulama türleri

vardır. Bunlar çatlağın tipine, genişliğine, yönüne bağlı olmakla birlikte tatbik edilme farklılıklarına göre çeşitli isimler alır.

Çatlak yalıtımı: özel olarak hazırlanarak sıcak olarak tatbik edilen bir yalıtım malzemesi uygulamasıdır (ASTM D 6690 veya eşdeğeri). Çatlak yalıtımı ilerleyen (çalışan) çatlaklar (genişliği 2,54 mm ve üzerinde olan, yatay ve düşey yönde hareket eden çatlaklar) için uygulanan kalıcı bir yalıtım olarak kabul edilir. Kullanılan malzemeye, kaplamanın durumuna ve çatlak yalıtımı uygulanırken kullanılan tekniklere bağlı olarak beklenen ömrü 3 ile 8 yıl arasında değişir.

Çatlak dolgusu: ilerlemeyen (çalışmayan) çatlaklar (genişliği 2,54 mm küçük olan, yatay ve düşey yönde hareketli olmayan tüm çatlaklar) için uygulanan geçici bir önlem olarak kabul edilir. Genelde sıvı petrol asfaltlarıyla (katbek bitümlerle) veya bitüm emülsiyonları ile yapılır. Çatlak dolgu malzemeleri kaplamada yatay ve düşey düzlemde hareket olmadığı sürece genelde iyi bir sızdırmazlık sağlar. Genleşme ve büzülme tarzı yatay yönlü veya aşırı düşey yönlü bir hareket olursa çatlak dolgusunun etkinliği kaybolabilir. Böyle bir durumda çatlakların yeniden kapatılması gerekir. Aşırı sıcaklık değişiklikleri olan iklimlerde, çatlak dolgusunu her yıl yenilemek gerekli olabilir.

Çatlak yalıtımı/dolgusu ile ilgili ilave bilgiler ilerdeki bölümlerde verilmiş olup, kullanılan malzemeler ile yapım ve uygulama tekniklerine dair ayrıntılı detay bilgiler “KGM Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalar Çatlak Kapama Rehberi’nde verilmiştir.

4.1.3 Astar (Prime Coat)

Astar genelde üzerine bitümlü kaplamanın serileceği granüler temel tabakasının yüzeyine düşük viskoziteli katbeklerin veya belirli bir bitüm ya da reçine esaslı emülsiyonların sprey şeklinde tek kat ince bir tabaka halinde uygulanmasıdır. Astar uygulaması bitümlü kaplama ile granüler temel yüzeyi arasındaki yapışmayı kontrol eden, yüzeydeki ince parçacıkları yapıştırarak toz kontrolü sağlayan, granüler temel yüzeyindeki boşlukları doldurarak yüzey sularına karşı geçirimsiz bir tabaka oluşmasına katkıda bulunan ve temel yüzeyinde bozucu etkilere karşı koruma sağlayan önemli uygulamalardan biridir. Astar uygulaması aşağıda belirtilen birkaç önemli işlevi yerine getirir:

- Temel tabakasının yüzeyinde gevşek mineral agrega danelerini kaplayarak yüzeye yapıştırmak,

- Temel yüzeyini güçlendirmek,
- Kılcal veya birbirine bağlı boşlukları tıkararak kaplama taban yüzeyinin su yalıtımını sağlamak,
- Bitümlü kaplama ile temel arasındaki adezyonu ve bağı sağlamak.

Bunun yanında astar uygulamaları bakım amaçlı da yapılabilmektedir. Astarların bakım uygulaması olarak en tipik kullanımı tam derinlikli yamalar içindir. Eğer tam derinlikli bir yamanın tabanındaki tabaka iyileştirilmemiş granüler bir malzeme ile inşa edilmiş ise, taban katbek bitüm ya da astar emülsiyonu ile stabilize amaçlı astarlanmalıdır. Katbek bitümlerin bakım amaçlı astar malzemesi olarak kullanılması durumunda; hazırlanmış tabana düşük viskoziteli ve orta hızda kür olan bir katbek bitüm 0,5 l/m² ile 2,5 l/m² arasında bir oranda püskürtülmeli ve tabana olabildiğince nüfuz etmesine izin verilmelidir.

Küçük yamalarda, püskürtme ekipmanı olmadığında, astarı uygulamak için el işçiliği de kullanılabilir. Yama tabanını astarlamak için kullanılan katbek bitüm sadece yüzeydeki daneleri birbirine bağlamalıdır. Yama karışımı yerleştirilmeden önce katbek bitümün yüzeye nüfuz etmesi ve kürlenmesi (tercihen gece boyunca) için zaman verilmelidir. Astar malzemenin göllenmesine kesinlikle izin verilmemeli ve fazla astar hemen uzaklaştırılmalıdır. Bunun için gerekirse kumlama işlemi de yapılmalıdır.

Yama tabanındaki yoğun gradasyonlu zeminlerinde düşük viskoziteli (30 veya 70 viskozite) katbek bitümlerin astar olarak kullanımı daha uygundur. Nispeten yüksek viskoziteli olan (250 viskozite) katbek bitümlerin açık gradasyonlu veya gözenekli ayrık daneli zeminlere sahip yama tabanları için kullanımı daha idealdir.

Katbek kullanımının azaltılması amacıyla, astar tabakası olarak bitüm emülsiyonları veya granüler temel tabakalarında kullanım amacıyla son yıllarda geliştirilmiş olan reçine esaslı emülsiyonlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Astar malzemesi olarak kullanılan katbek bitüm ile bitüm emülsiyonu arasında bir kıyaslama yapabilmek amacıyla geçmişte yapılan bir çalışmada; iki farklı türdeki malzemeye astarlanmış aynı granüler temel tabakasından alınan benzer numunelere aynı sürelerde yapılan serbest basınç dayanımı testi sonuçlarına göre bitüm emülsiyonuyla astarlanmış temelin diğerine göre daha erken sürede ve daha yüksek oranda dayanım kazandığı tespit edilmiştir.

Bitüm emülsiyon astarın uygulanabilmesi için bitümün ya da reçine esaslı emülsiyonların bir kısmının temelın içine nüfuz etmesi gerekir. Boşlukların boyutu ve miktarı ile temel malzemesinin içerisindeki mevcut nem, bitüm emülsiyonlu astar malzemesinin seçimini doğrudan etkiler. Temel yüzeyi ince daneli malzemeden oluştuğunda (No.200, 0,075mm elekten geçen malzeme %'si > 15 ise) filtre gibi davranabilir ve bitümün penetrasyonunu engelleyebilir. Böyle bir durumda yüzeyi ıslatarak ve/veya emülsiyon formasyonu içerisinde yüzey kayganlaştırıcı maddeler kullanılarak filtreleme olayı engellenebilir. Bunun da yeterli olmadığı durumlarda bazen temel tabakası yüzeyinin emülsiyon uygulanmadan önce kazınması gerekebilir. Astar malzemesi olarak emülsiyon kullanılıyorsa, emülsiyon kesilmeli (kür olmalı) ve yama karışımı yerleştirilmeden önce bünyesindeki suyun buharlaşmasına izin verilmelidir.

4.1.4 Yapıştırma Tabakası (Tack/Bond Coat)

Yapıştırıcı, bitümlü kaplama ile mevcut yüzey arasında bağ kurmak için kullanılan ve çoğunlukla bitüm esaslı olan bir malzemedir. Yapıştırıcı tabakası genelde su ile seyreltilmiş bitüm emülsiyonunun çok ince bir kalınlıkta yüzeye spreyci uygulanması şeklinde teşkil edilir. Yapıştırma tabakasının yeni inşa edilen bitümlü kaplama tabakaları arasında kullanımı mutlak surette tavsiye edilir. Benzer şekilde bakım uygulamalarında da yapıştırma tabakası, asfalt betonu yüzeyine yüzey yaması veya ince bir takviye tabakası yerleştirilmeden önce muhakkak uygulanmalıdır. Ayrıca yama yapılacak alanın etrafını çevreleyen yüzeyin hazırlanmış kenarlarına, kenarlar ile yama malzemesi arasında iyi bir bağ olduğundan emin olmak için yapıştırma tabakası uygulanması da yapılmalıdır.

Yapıştırma tabakası, yapışmayı engelleyecek her türlü malzemeden arındırılmış, temiz ve kuru bir üstyapı yüzeyine serilmelidir. Uygulama oranı, söz konusu yüzeyin tipine ve durumuna bağlı olarak değişir. Amaç, üstyapı yüzeyinin en az %90'ını kaplayan ince, homojen bir yapıştırıcı tabakası teşkil etmektir.

Yapıştırma tabakası uygulama oranı bitüm emülsiyonunun kür olma hızından bağımsız olarak kaplama yapılacak yüzeyin dokusu ile yüzeydeki agreganın su absorpsiyonuna bağlı olarak genellikle 0,15 l/m² ile 0,70 l/m² arasındadır. Yapıştırıcı uygulamalarında genelde düşük bitüm içeriğine sahip bitüm emülsiyonları kullanılmakta olup, bazen yüksek bitüm içeriğine sahip emülsiyonlar da, üretim tesisinde bir birim emülsiyona maksimum bir birim su (1:1 oranında) ilavesiyle seyreltilerek kullanılabilir.

Ancak bitüm emülsiyonlarının seyreltilerek yapıldığı bu tarz uygulamalar ile yüzey iyileştirmeler de dahil yapılacak tüm uygulamalarda emülsiyon seyreltme işlemimin mutlaka bir emülsiyon üretim tesisinde kolloid değirmenle yapıldığının ve bitüm emülsiyonunda homojenliğin sağlandığının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Yapıştırma tabakasını uyguladıktan sonra, yama karışımını veya takviye tabakasını yerleştirmeden önce bitüm emülsiyonunun kür olmasına (kesilmesine) ve suyun buharlaşmasına izin vermek gerekir. İmalat tamamlanıncaya kadar trafiğin mümkün olduğu kadar yapıştırma tabakası uygulanan kesimden uzak tutulması gerekir. Üstyapı yüzeyinde göllenmeye ve yüzeyin bir kayma düzlemine dönüşmesine engel olmak amacıyla yapıştırma malzemesinin aşırı kullanımından veya lokal olarak birikmesinden kaçınılmalıdır.

4.2 AGREGA

Agrega terim olarak genelde sert olan, kimyasal bileşim yapmayan, durağan bir mineral malzemeyi ifade eder. ASTM D8 standardına göre agrega kum, çakıl, cüruf veya kırma taş gibi mineral bileşimli granüler bir malzeme olarak tanımlanır. Agregalar doğal kaynaklardan temin edilebileceği gibi yapay olarak da üretilmiş olabilir. Doğal agregalar genellikle kaya oluşumlarından veya kaya birikintilerinden çıkarılan ve kırma - eleme tesislerinde üretilen danelerdir. Yapay agregalar, fiziksel veya kimyasal olarak değiştirilmiş ham maddelerden veya işlenmiş endüstriyel yan ürünlerden elde edilir.

Yoğun gradasyonlu bitümlü kaplama karışımları ağırlıkça % 94 ile % 96 arasında agrega içerir. Agregas, bir üstyapının yük taşıma kapasitesinden öncelikli olarak sorumludur. Dolayısıyla, bitümlü bir kaplamanın performansı agregadan önemli ölçüde etkilenir. Bu sebeple üstyapı ve bitümlü kaplama içerisindeki agregalar özellikle silindire sıkıştırma ve trafik etkisi altında kırılarak degradasyona uğramamalıdır. Tüm bunlara ilaveten agregaların yapışma özellikleri de iyi olmalı ve soyulmaya karşı yüksek mukavemetli olmalıdırlar. Agregaların karşılaştıkları bir diğer atmosferik etki ise donma - çözülme etkisidir. Bitümlü kaplama yapımında kullanılan agregalar donma - çözülme etkilerine karşı da dayanıklı olmalıdırlar. Trafik ve suyun etkisi altında agregalarda meydana gelen bir diğer aşınma türü ise cilalanmadır. Özellikle bitümlü yüzey kaplamalarında kullanılan agregaların cilalanmaya karşı olan direnci de yüksek olmalıdır.

Bitümlü kaplamalarda kullanılan agregalarda aranan diğer temel özellikler; maksimum ve nominal maksimum dane boyutu, gradasyon, dayanım, sertlik, köşelilik ve şekil ile düşük su absorpsiyonudur. Agregada bitümlü kaplama için uygun evsafı, temiz yüzeyli ve pürüzlü olmalıdır.

4.2.1 Maksimum ve Nominal Maksimum Dane Boyutu ile Agregada Gradasyonu

Maksimum ve nominal maksimum dane boyutu ile gradasyonu üstyapı ve bitümlü kaplama tabakalarında kullanılacak agregaların temel özellikleridir. ASTM D8 standardı bir agreganın maksimum dane boyutunu “Ağırlıkça tüm agregada miktarının tamamının geçmesi gereken en küçük elek açıklığı” olarak tanımlar. Superpave metodolojisi ise agreganın maksimum dane boyutunu “nominal maksimum dane boyutundan bir elek boyutu daha büyük olan elek açıklığı” olarak tanımlayan farklı bir yaklaşım kullanır. Nominal maksimum dane boyutu ise gradasyon dağılımında agreganın ağırlıkça %10 undan azının üzerinde kaldığı en küçük elek boyutu olarak tanımlanır.

Agreganın maksimum dane boyutu, serilecek bitümlü karışım kaplamanın uygun kalınlığını belirler. Yoğun gradasyonlu bitümlü karışımlarda optimum hacimsel özelliklerin temin edilebileceği en ideal sıkışmış tabaka kalınlığı, karışımdaki maksimum dane boyutunun 1,5 katı ile 3,0 katı veya karışımdaki nominal maksimum dane boyutunun 2,0 katı ile 4,0 katı arasında olmalıdır.

Gradasyon, bir agreganın farklı boyutlardaki danelerinin ağırlıkça dağılımıdır. Gradasyonu belirlemek için agregaya genelde yaş elek analizi yapılır. Agreganın kaba ve ince kısmını belirlemek için genellikle AASHTO T 27 (ASTM C136) ve No.200 (0,075 mm) elekten daha küçük boyuttaki filler malzemesi miktarı tayin etmek içinse AASHTO T 11 (ASTM C117) standartlarına göre elek analizi testleri yapılır.

4.2.2 Dayanıklılık ve Sağlamlık

Genellikle sağlamlık olarak tanımlanan agregada dayanıklılığı, agreganın parçalanma ve bozulmaya karşı dayanma kabiliyeti ile ölçülür. Bitümlü kaplamadaki agregalar trafik altında aşınmaya çok daha fazla maruz kalır ve bu nedenle üstyapının alt tabakalarındaki agregalardan daha fazla bir sağlamlık gerektirirler. Los Angeles deneyi agreganın parçalanmaya karşı olan direncini belirlemede kullanılan birincil yöntemdir.

Donma - çözölme dayanımı, agreganın suya doygun durumdayken donma ve çözölme döngülerinin neden olduğu bozulmaya karşı direnme yeteneğidir. Hava tesirlerine karşı dayanıklılık, sadece donma - çözölme performansını değil aynı zamanda ıslanma ve kuruma döngülerinden kaynaklanan hasara karşı agreganın direnme yeteneğini, diğer bir ifadeyle durabilitesini belirler. Durabilite özelliğine “dayanıklılık” da denir. Bir agreganın durabilitesini belirlemek için en sık kullanılan test, magnezyum sülfat çözeltisi ile dayanıklılık tayinidir.

4.2.3 Dane Şekli ve Yüzey Dokusu

Dane şekli her bir agrega danesinin şeklini (köşeli veya yuvarlak, kübik veya yassı, düz ve uzun) ve dış hatlarının geometrisini ifade eder. Doku ise agrega danelerinin yüzey pürüzlülüğünü ifade eder. Dane şekli ve yüzey dokusu, bir bitümlü karışımının işlenebilirlik ve mukavemet özelliklerini belirler ve karışımın sıkıştırılabilirliğini doğrudan etkiler. Ağır trafik yüklerini, tekerlek izinde oturma veya kalıcı plastik deformasyon olmadan taşımak için pürüzlü, kırılmış ve köşeli agrega gereklidir. Agrega dane şeklini ve yüzey dokusu özelliklerini ölçmek için çeşitli testler mevcuttur. En yaygın testler şunlardır.

- Kaba agrega köşeliliği (agrega köşeliliği yüzdesi) - ASTM D5821
- Agregada düz ve uzun daneler - ASTM D4791
- Agreganın sıkıştırılmamış haldeki boşluk içeriği (yüzey pürüzlülüğünü karakterize etmektedir); İnce ve kaba agrega için ASTM C1252/AASHTO T 304

4.2.4 Absorbsiyon

Absorbsiyon, viskoz bir sıvının bir agrega danesinin geçirimli kılcal gözeneklerine girmesi veya nüfuz etmesidir. Yüksek absorbsiyon, agregada geçirimli boşluk hacminin yüksek olduğunu gösterir. Yüksek geçirimli boşluklara sahip bir agrega fazlaca bitüm absorbe edecektir. Bu durumda agrega tarafından absorbe edilen bitümü telafi etmek için karışıma ilave fazladan bitüm eklenmelidir. TS EN 1097- 6, AASHTO T 85 (ASTM C127) ve AASHTO T 84 (ASTM C128) kaba ve ince agregaların su absorpsiyonunu belirlemek için kullanılan deney standartlarıdır.

4.2.5 Agreganın Diğer Özellikleri

Agreganın diğer önemli mühendislik özellikleri arasında trafik etkisi ile cilalanmaya karşı mukavemeti, soyulmaya karşı mukavemeti ve zararlı madde içeriği bulunur. Zararlı maddeler agregata - bitüm karışımının adezyonuna ve performans özelliklerine zarar veren veya tamamen ortadan kaldıran, agregata içerisindeki zararlı maddelerdir. Bunlar;

- Agregata yüzeyindeki kil ve diğer maddeler
- Kil topakları
- Yumuşak veya zayıf partiküller
- Organik maddeler

Agregata temizliğinin tayini, agregata yüzeyini kaplayan veya bünyesinde bulunan zararlı madde miktarını tanımlamanın bir yoludur. Agregata yüzeyini kaplayan veya bünyesinde bulunan bu zararlı malzemeler bitüm ile agregata arasındaki bağı olumsuz etkiler. Kaba agregaların temizliğini değerlendirmek için görsel bir saptama yöntemi veya ıslak elek analizi kullanılabilir. İnce agreganın temizliğini değerlendirmek için kum eşdeğeri testi (AASHTO T 176 / ASTM D 2419) veya metilen mavisi testi kullanılabilir. Yumuşak veya zayıf parçacıklar genellikle kil topakları veya ufalanabilir parçacıklar olup, organik malzemeler genellikle görsel olarak ya da NaOH çözeltisi yardımıyla tanımlanır.

4.3 BİTÜMLÜ KARIŞIMLAR

Esnek üstyapı kaplamalarının yapımında olduğu gibi bakım – onarımı ile rehabilitasyonunda da kullanılmak üzere farklı tür ve özelliklerde bitüm - agregata karışımları mevcuttur. Rehabilitasyon amaçlı kullanılan bitümlü karışımlar üretim tekniğine göre aşağıdaki türleri içerir.

- Bitümlü sıcak karışımlar
- Bitümlü ılık karışımlar
- Bitümlü soğuk karışımlar
- Yerinde üretim karışımlar
- Özel amaçlı karışımlar

4.3.1 Bitümlü Sıcak Karışım

Esnek kaplamaların bakımında ve korunmasında bitümlü sıcak karışım (BSK) asfaltın iki temel kullanım yöntemi vardır. Bunlar ince takviyeler ve yamalardır.

Bakım tabakası olarak da bilinen ince takviye, bir asfalt kaplamanın ömrünü uzatmak için kullanılabilen, 1" ile 1½" (25 mm ile 37,5 mm) arasındaki kalınlıklarda teşkil edilen bir bitümlü karışım kaplama yüzeyidir. İnce bir bitümlü kaplamanın bu şekilde kullanılması, aynı zamanda sürüş kalitesini iyileştirebilir ve düşük kayma direnci gibi yüzey kusurlarını düzeltebilir. Çoğu zaman ince takviye tabakası frezeleme işlemleri ile birlikte kullanılır. Bu tip kaplama özellikle şehir geçişlerinde ve yerleşim yerlerinde kullanım için uygundur. Minimum bordür yüksekliğini veya kırmızı kotu korumak için ince takviye öncesi frezeleme işlemi gerekebilir.

İnce bir bitümlü takviye tabakası, yapım amacı önleyici (koruyucu) bakım olduğunda kullanılmalıdır. Tipik yorulma çatlağı gibi mevcut yapısal hasarlar ince takviye tabakası yapılmadan önce onarılmalı, 6 mm derinlikten daha büyük olan belirgin tekerlek izinde oturmalarının nedenleri belirlenerek düzeltilmelidir. Tekerlek izinde oturma sorunu olan üstyapı tabakaları kaldırılmalı ve trafik yüklerine dayanacak yeterli stabiliteye sahip malzemeler ve tabakalarla yenilenmelidir.

Üstyapıda kullanılan bitümlü sıcak karışım malzemeler ve tabaka kalınlıkları, trafik ve kaplamanın yapısal ihtiyaçlarına göre seçilmelidir. Tabaka kalınlığı, bitümlü karışım bünyesindeki agreganın nominal maksimum dane boyutunun en az üç katı olmalıdır. Örneğin, nominal maksimum dane boyutu ½" (12,5 mm) olan bitümlü bir takviye kaplaması, en az 1½" inç (37,5 mm) kalınlığında inşa edilmelidir.

Yama uygulamaları için kullanılacak BSK karışımları, iyi derecelenmiş gradasyonlu, yüksek kaliteli agrega ve bitümün uygun bir plentte hazırlanmış tam kontrollü sıcak karışımı olmalıdır. Malzemeler yüksek sıcaklıkta karıştırılmalı (tipik olarak 150°C) ve karışım sıcaklığı 80°C altına düşmeden önce yerleştirilip sıkıştırılmalıdır. Yüksek kaliteli bitümlü sıcak yama karışımları stabiliteyi hızla iyileştiren uzun ömürlü imalatlardır.

Bakım - onarım faaliyetlerinde kullanılacak bitümlü sıcak karışım dikkatli bir şekilde seçilmeli ve değerlendirilmelidir. İdeal karışım önemli ölçüde kullanım amacına bağlıdır.

4.3.2 Bitümlü ılık Karışım

Bitümlü ılık karışım asfalt (IKA), ilk yapımda olduğu gibi bakım - onarım amaçlı olarak da kullanılan asfalt endüstrisinde yeni bir gelişmedir ve üretimi ile uygulama işlemleri sıcak karışım asfalta çok benzer. Aradaki fark agregayı geleneksel sıcaklıklara kadar ısıtmak yerine, IKA da daha düşük (37°C kadar daha düşük) sıcaklıklarda karışımı hazırlamaya ve serip sıkıştırmaya izin veren çeşitli teknolojilerden biri kullanılır. Esnek üstyapı kaplamalarının bakımı ve korunması için takviye tabakaları ve yamalarda IKA kullanımı gün geçtikçe popülerlik kazanmaktadır. Daha düşük sıcaklıkta olmasına rağmen ılık bitümlü karışım daha uzun işlenebilirlik ve sıkıştırma süresi sağlar.

Düşük sıcaklıktaki IKA takviye tabakası uygulamasının serim yapılan mevcut tabakadaki çatlak dolgu malzemesinin kusmasını azalttığını da gösteren literatür çalışmaları mevcuttur.

4.3.3 Bitümlü Soğuk Karışım

Soğuk yerleştirilmiş bitümlü kaplama karışımları veya diğer bir ifadeyle bitümlü soğuk karışımlar, kaplama bakımı ve korunması için kullanılan bir diğer karışım türüdür. Bitümlü soğuk karışımlar genellikle bitüm emülsiyonu veya katbek bitüm ile yapılmaktadır. Soğuk karışım üretiminde kullanılan bitüm emülsiyonu yavaş veya orta hızda kesilen katyonik bir emülsiyon sınıfında, katbek bitümler ise yavaş ya da orta hızda kür olan Fm2B2 veya Fm2B3 sınıfında bir katbek olabilir.

Bakım amaçlı olarak hazırlanan ve belirli bir süre boyunca stoklanması düşünülen soğuk karışımlar, genellikle daha düşük viskozite dereceli bitüm emülsiyonları ve katbek bitümler ile hazırlanır. Soğuk karışımlar açık gradasyon ya da yoğun gradasyonlu karışımlar olarak üretilebilir. Ancak kullanılacak agrega kırılmış olmalı ve karıştırma anında nemli ise gerekirse ısıtılarak kurutulmalıdır. Karayollarında kullanılan soğuk karışımların agrega gradasyonu ve fiziksel özellikleri KTŞ Kısım 409' da detaylıca verilmiştir.

Bitümlü soğuk asfaltın karıştırma işlemi ya karayolunda yol boyunca ya da sabit bir karıştırma tesisinde (plant tesisinde) gerçekleştirilir. Elde edilen soğuk karışımlar genellikle ortam sıcaklığında serilir ve sıkıştırılır. Ancak bazı özel durumlarda bitümlü soğuk karışımlar, bitümlü bağlayıcının yüksek viskozitesi nedeniyle genelde 90°C'yi

aşan sıcaklıklarda hazırlandıkları ve halen sıcakken yerine serilip sıkıştırıldıkları için bitümlü sıcak karışımlarla benzerlik gösterir.

Son yıllarda artan teknolojik gelişmeler ve yapılan AR-GE çalışmaları ışığında akışkan yağ (flux-oil) katkıların kullanılmaya başlamasıyla, penetrasyon sınıfı bitümlerle de soğuk karışım asfalt üretimi yapılabilmektedir. Soğuk karışım asfaltın, sabit ya da mobil bir plant tesisinde diğer soğuk karışımlara oranla normalden biraz daha yüksek sıcaklıklarda üretilmesine izin veren akışkan yağ esaslı katkılar, bitümün viskozitesini karışım soğusa dahi uzun süreli olarak düşük tutabilmektedir. Uçuculuğu çok yavaş olan bu yağ esaslı katkılar, hazırlanan soğuk karışımın daha uzun süre işlenebilir olmasını sağlamaktadır. Bu sayede bitümlü karışım paketlenerek uzun dönemde depo edilebilmekte, ihtiyaç duyulan yağışlı ve soğuk kış mevsimlerinde de kullanılabilir. Bitümlü soğuk karışımlarda kullanılmak üzere seçilen bitümlü bağlayıcının türü ve sınıfı ile soğuk asfalt yama katkısının cinsi ve kullanım oranı agregaya, karıştırma yöntemine, iklim ve depolama koşullarına bağlı olarak belirlenir.

Bitümlü bağlayıcı türü ve sınıfından bağımsız olarak, bitümlü soğuk karışımlar temel ve alttemel tabakası yüzeylerinde doğrudan kaplama amaçlı da kullanılabilir. Kaplama tabakası olarak KGM Karayolu ağındaki yollarda kullanılmasına müsaade edilmemekle birlikte soğuk olarak teşkil edilen bu yüzey kaplamaları çok düşük yoğunluklu trafik hacimlerinde temel veya alt temel üzerinde geçici olarak kullanılabilir. Soğuk asfalt karışım uygulamalarında kullanılan bitüm emülsiyonu ile katbek bitüm temel sınıfları Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Bitüm Emülsiyonları ile Katbek Bitümlerin Soğuk Asfalt Karışımlarda Kullanımı

SOĞUK KARIŞIM TİPİ	BİTÜM EMÜLSİYONLARI		KATBEK BİTÜMLER	
	Katyonik		Orta Hızda Kür Olan	Yavaş Kür Olan
	Orta Hızda Kesilen	Yavaş Kesilen		
PLENTTE ÜRETİM				
Açık Gradasyonlu	x		x	
Yoğun Gradasyonlu		x	x	x
Yama (Hemen kullanım)	x		x	x
Yama (Stoklanacak)	x		x	x
YERİNDE ÜRETİM (RODMİKS)				
Açık Gradasyonlu	x		x	x
Yoğun Gradasyonlu		x	x	x
Yama (Hemen kullanım)		x	x	
Yama (Stoklanacak)		x	x	

Nispeten sıcak olarak üretilen bitümlü bakım karışımının, düşük sıcaklıklarda uzun süre depolanabilmesi ile soğuk olarak serilip sıkıştırılabilmesine olanak sağlayan soğuk asfalt katkıları; “Atık Yönetimi Yönetmeliği” ile “Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği” ne uygun olarak üretilmiş olmalıdır. Ayrıca çevreye zararlı atık maddeler ile atık madeni ya da bitkisel kökenli yağlar içermeme ve bünyesinde ağır metal bulundurmamalıdır. Üretici/Satıcı firma, katkı malzemesinin insan sağlığına ve çevreye zararlı olmadığını, İdarece kabul edilebilir bir kuruluştan alınmış bir belge ya da sertifika ile garanti etmelidir. Soğuk asfalt katkısının Malzeme Güvenlik Bilgi Formu

(GBF/MSDS, Material Safety Data Sheet) olmalı ve KTŞ' de istenilen özgül ağırlık, viskozite, parlama noktası ve pH kriterlerini sağlamalıdır.

4.3.4 Yerinde Üretim Karışım

Yerinde karıştırma tekniği ile üretim bitümlü soğuk karışımların düşük maliyetli olmasını sağlar. Yerinde karıştırma tekniği kullanmanın başlıca avantajı, agrega ve bitümlü bağlayıcının karıştırılmasında sabit plant kullanımına oranla daha az ekipmana ihtiyaç duyulmasıdır. Bitümlü soğuk karışımları hazırlamak için kullanılan yerinde karışım tekniklerinden en yaygın olanları şunlardır.

- Bıçaklı karıştırma (greyderle)
- Döner tip mikserle karıştırma
- Taşınabilir (mobil) plantte karıştırma

Bıçaklı karıştırma genellikle bitümlü bağlayıcı ve agregayı karıştırmak için motor greyderler (Şekil 4.1) veya bir tür çok bıçaklı kızak sistemi kullanılarak gerçekleştirilir.



Şekil 4.1. Motor Greyder

Agrega ilk olarak greyder ile yol boyunca serilerek güneşe ve havaya maruz bırakılmak suretiyle kurutulur. Nem içeriği % 2' nin altına düşürülen agrega, uygulama yapılacak yolun yaklaşık yarısına homojen bir şekilde yayılır. Serilmiş malzemenin üzerine bir distribütör yardımıyla iki veya üç püskürtme yapılarak bitümlü bağlayıcı uygulanır. Her uygulamanın hemen ardından, bitümlü bağlayıcı ve agrega yüzeyde mümkün olduğu kadar az serbest bağlayıcı bırakılacak ve bitümlü bağlayıcı havuzları oluşmayacak şekilde kısmen karıştırılır. Bitümlü bağlayıcının önceden belirlenen miktarı tam olarak uygulandıktan sonra, yerinde karıştırma suretiyle hazırlanan bitümlü karışım

malzemesi bir yığın haline getirilir. Bu esnada agregalar tamamen bitümle kaplanana ve karışım uniform bir görünüm alana kadar greyder bıçağıyla ileri geri harmanlanarak karıştırılır. Döner tip karıştırma tekniği ile üretimde kullanılan cihazın, kendinden tahrikli bir makine üzerine monte edilmiş hareketli bir karıştırma haznesi vardır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Döner Tip Mikser

Karıştırma haznesindeki karbür uçlu kesici dişli ve çapraz dönen tamburlar malzemeyi yerinden toplar ve bitümlü bağlayıcıyla karıştırır. Bitümlü soğuk karışım üretiminde kullanılan taşınabilir plantler (Şekil 4.3) uygulama yapılacak yol boyunca hareket ederek taşınabilen ve istenilen yere belirlenen oranlarda agrega ve bitümlü bağlayıcıyı karıştırabilen, kendinden tahrikli karıştırma plantleridir.



Şekil 4.3. Mobil Plant (Travel Plant)

Mobil plantte üretim işleminde, bıçakla karıştırmak tekniğine kıyasla, mümkün olan en iyi kontrol imkânı sağlanır. Ayrıca bitümlü bağlayıcı ile agreganın karıştırılmasındaki homojenlik kadar bitümlü bağlayıcı ile agreganın oranlanması konusunda da çok daha iyi sonuçlar elde edilir.

4.3.5 Özel Amaçlı Karışım

Üreticiler belirli bazı şartlar altında yapılması gereken bakım - onarım uygulamalarında kullanılmak üzere, açık ya da yoğun gradasyonlu agregaya ile bitümlü ya da reçine esaslı bir bağlayıcıyı karıştırmak suretiyle özel amaçlı karışımlar da geliştirmişlerdir (Şekil 4.4). Prensip olarak bu karışımlar planlanan üretim amaçları için kullanıldığında iyi sonuçlar verir. Bu tarz karışımlarla ilgili teknik bilgiler ürüne ait sektörel ve ticari yayınlarda bulunabilir.



Şekil 4.4. Özel Amaçlı Üretilmiş Bir Soğuk Asfalt Karışım Örneği

5. ÇATLAK TAMİRATI VE YAMA UYGULAMASI

Karayolu esnek üstyapı kaplamasının bakımının, normal trafik ve hava koşullarında mevcut bitümlü kaplamayı mümkün olabildiğince inşa edildiği ilk halindeki durumunda tutmak için yapılan işlerin ve işlemlerin genel bir tanımı olduğu yukarıdaki bölümlerde izah edilmişti. Bu bölümde asfalt kaplamaların bakımında kullanılan çatlak kapama/doldurma ve yama uygulamalarına ait yöntemler, işlemler ve terminoloji hakkında bazı pratik bilgiler verilmiştir.

5.1 ÇATLAK KAPAMA (YALITIMI) VE ÇATLAK DOLGUSU

Çatlak kapama/doldurma uygulaması iki temel amaç için gerçekleştirilir. Bunlar;

- Kaplama üzerindeki çatlaklardan yüzey sularının içeriye sızarak üstyapının alt katmanlarını zayıflatmasına engel olmak,
- Sıcaklık değişimiyle genişleyip büzülen kaplamadaki çatlakların arasına bitümlü tabakalardan kopup ayrılan malzemelerin girmesine engel olmak.

Çatlaklar arasına giren istenmeyen malzemeler asfalt tabakalarıyla beraber çalışmayacağı (şekil değiştiremeyeceği) için kaplamada oluşan bozulmaların şiddetini arttırmaktadır.

5.1.1 Çatlak Dolgusu

Genellikle aktif olmayan (ilerlemeyen) çatlakların bakımında soğuk uygulamalı akışkan bir bitümlü bağlayıcı, katbek bitüm ya da bitüm emülsiyonu kullanılarak yapılan geçici bir uygulama olarak kabul edilir. Çatlak dolgu malzemeleri bitümlü kaplamaların hem yatay hem de düşey yönde yer değiştirmeyeceği durumlarda ve koşullarda etkili olarak çalışırlar. Asfalt tabakası genişleyip büzülerek, hareket etmeye devam ettikçe çatlak dolgusu etkisini kaybeder. Bu durumda çatlakların yeniden doldurulmasını gerekir. Çatlakların yeniden doldurulması işleminin ne sıklıkta yapılması gerektiği o bölgede yaşanan iklim ve trafik yükü durumlarına bağlıdır. Çatlak doldurma işlemlerinin maliyeti düşük olsa dahi yenilenme sıklığı incelenerek daha uzun ömürlü çözümler sağlayacak uygulamalar değerlendirilmelidir.

5.1.2 Çatlak Kapama (Yalıtımı)

Aktif olan (ilerleyen) çatlakların bakımında kullanılan ve genellikle sıcak olarak hazırlanan dolgu/yapıştırıcı malzemesinin (macununun) çatlaklara dökülmesi yöntemiyle uygulanır. Çatlak yalıtımı kalıcı bir bakım uygulaması olarak kabul edilir. Kullanılan çatlak kapama/yalıtım malzemesi ile üst yapının durumu ve uygulama sırasında kullanılan tekniklere bağlı olarak çatlak yalıtım uygulaması, 3 ile 8 yıl arasında değişen bir bakım ömrüne sahiptir.

Uygun drenaj koşullarına sahip yollarda, kaplamada yapısal yetersizliğe neden olmayan çatlakların tamirâtı için çatlak kapama veya çatlak doldurma işlemi yapılabilecek en önemli bakım aktivitesidir. Birçok esnek üstyapı ve kaplama bozukluğu, üstyapı tabakalarına su girmesi sonucuyla oluşmaktadır. Bu nedenle suyun üstyapı tabakaların dışında tutulması, birçok bozulmanın oluşmasını ya da ilerleme şiddetinin artmasını engellemektedir.

5.1.3 Çatlak Genel Tanımları

Yalıtım ya da doldurma işlemi yapılacak kaplama çatlakları ile ilgili bazı genel tanımlar aşağıda yer almaktadır. Bu tanımların ve içeriklerinin, farklı ülkelerin Karayolu İdarelerine ait teknik şartnamelere göre değişiklik gösterebileceği unutulmamalıdır.

Kılcal Çatlaklar

Asfalt kaplama yüzeyindeki 3 mm veya daha küçük genişlikteki çatlaklardır. Kaplama yüzeyinde çok sayıda kılcal çatlak varsa, bu durumda onarım amaçlı geleneksel yüzey iyileştirme yöntemleri de kullanılabilir. Karartma tabakası (fog seal), harç yalıtımı (slurry seal), bitümlü koruyucu sathi kaplama (seal coat) ya da kum kaplama (sand seal) bu amaçla kullanılabilir. Ancak kullanılacak yüzey bakım malzemesinin kılcal çatlakların arasına girebilecek kadar akışkan olması önemlidir.

Küçük Çatlaklar

Kaplama üzerindeki 3 mm'den 12,5 mm genişliklere kadar ulaşan çatlakları içerir. Çatlak yalıtım malzemelerine rezervuar oluşturmak amacıyla 6 mm'den küçük genişlikte olanlarına genellikle yönlendirme işlemi yapılarak 6 mm' ye kadar genişletilir. Bu çatlaklar önce temizlenir ve sonra çatlak kapama (yalıtım) işlemi görür. 38 mm derinlikteki çatlaklarda ilaveten dolgu destek çubuğu da kullanılmalıdır.

Orta Büyüklükteki Çatlaklar

12,5 mm' den büyük ve 19 mm' den küçük genişlikteki çatlaklardır. Genellikle temizlenmesi ve sonrasında çatlak kapama (yalıtım) işlemi görmesi gerekir. Küçük çatlaklarda olduğu gibi 38 mm' den derin olduğu durumlarda ilaveten dolgu destek çubuğu da kullanılmalıdır.

Büyük Çatlaklar

19 mm ve daha büyük genişlikteki çatlaklardır. Asfalt emülsiyonu, harç yalıtımı, sıcak asfalt karışımı gibi malzemeler kullanılarak çatlak tamirat işlemleri görmesi gerekir.

5.1.4 Çatlak Kapama ve Çatlak Dolgusu Uygulama Zamanları

Çatlak bakım işlemlerinin gerçekleştirileceği mevsim, bu rehabilitasyondan alınacak performansı önemli ölçüde etkilemektedir. Çatlaklar iklim şartlarına bağlı olarak açılıp-kapanma (genleşme ve büzülme) hareketleri gösterirler. Çatlak bakım işlemi, kaplama üzerindeki çatlakların genişlediği mevsimlerin ortalarına doğru gerçekleştirilmelidir. Bu genellikle İlkbahar ya da Sonbahar mevsimlerine tekabül eder. Yazın çatlaklar en düşük genişlikte olmaya meyillidir. Bu nedenle yaz aylarında bakımı gerçekleştirilen çatlaklar kış koşullarında büzülme nedeniyle açılacakları nihai genişliklere kadar doldurulamamış olurlar. Tam tersi koşullarda kışın en geniş açıklığa ulaştığında bakımı yapılan çatlaklardan ise sıcak mevsimlerde trafik etkisiyle kaplama yüzeyine malzeme çıkışı (kusma) gözlenir.

5.1.5 Malzeme Özellikleri

Beton (rijit) ve asfalt (esnek) kaplamalar için pek çok türde çatlak kapama ve çatlak dolgusu malzemeleri mevcuttur. Ancak hangi türde olursa olsun çatlak kapama (yalıtım) için kullanılan malzemeler belirli özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- İyi yapışma/ adezyon
- Esneklik ve yüksek elastise
- Uygulama kolaylığı
- Yumuşama direnci
- Çatlamaya karşı direnç

- Yaşlanma ve hava koşullarına karşı direnç
- Kaplamaya uyumluluk

Çatlak kapama ve çatlak dolgusu işlemlerinde genelde kullanılması önerilen malzemeler Tablo 5.1’ de verilmiştir. Buna göre çatlak dolgusu için genelde modifiye edilmemiş normal özelliklerdeki malzemeler kullanılırken, çatlak kapama (yalıtımı) için kauçukla modifiye edilmiş malzemeler kullanılmaktadır. Çatlak yalıtımı ile çatlak dolgusu için ülkemizde kullanılan malzeme türleri ve sınıflandırılmaları ile yapılacak uygulamalarına ait detay bilgiler ve aranacak kriterler Karayolu Teknik Şartnamesi (KTŞ) ile “KGM Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalar Çatlak Kapama Rehberi”nde mevcuttur.

Tablo 5.1’ de yer alan çatlak yalıtımı ve çatlak dolgusu imalatlarında kullanılacak olan malzemeler ile bunlara ait ilgili standart bilgileri örnek amaçlı verilmiş olup, kitabın hazırlanmasında referans alınan kaynaklar doğrultusunda seçilmiştir. Kitapta listelenmiş olması bu malzemelerin Karayolu İdarelerinin tamamı tarafından kabul gördüğü ve kullanımına izin verildiği anlamını taşımaz.

Tablo 5.1. Çatlak Kapama (Yalıtımı) ve Çatlak Dolgusu Malzemeleri

MALZEME TİPİ	STANDART	UYGULAMA
Bitüm Emülsiyonu	ASTM D 977, AASHTO M 208, ASTM D 2397, AASHTO M 140	Çatlak Dolgusu
Bitüm	ASTM D 3381, AASHTO M 20, AASHTO M 226	Çatlak Dolgusu
Fiberli Asfalt	Üreticinin önereceği spesifikasyonlarda kullanılır	Çatlak Dolgusu
Kauçuk Modifiye Bitüm	ASTM D 5078	Çatlak Kapama Çatlak Dolgusu
Kauçuk Asfalt (Düşük Modüllü Kauçuk Asfalt)	ASTM D 6690, Tip I ve Tip II, AASHTO M 301,	Çatlak Kapama
Kendinden Yerleşen Silikon	ASTM D 5893	Çatlak Kapama

5.1.6 Çatlak Kapama ve Çatlak Dolgusu Uygulamaları

Çatlak kapama ve çatlak dolgusu uygulamalarını gerçekleştirirken doğru malzemelerin kullanılması kritik öneme sahiptir. Bununla birlikte uygun çatlak kapama ya da çatlak dolgusu tekniklerinin ve prosedürlerinin kullanılması da oldukça önemlidir. Çatlak kapama veya çatlak dolgusu işlemlerindeki adımlardan biri de yapılacak rehabilitasyon çalışması öncesi gerçekleştirilen ön hazırlıklardır. Rehabilitasyon işleminin gerçekleştirildiği mevsim de yapılacak iyileştirmeden alınacak performansı önemli ölçüde etkilemektedir.

5.1.7 Çatlak Kapama (Yalıtımı) Uygulaması

Çatlak kapama işlemlerinde, mevcut kaplamadaki çatlakların belirli bir derinliğe veya belirli bir genişliğe kadar büyütülmesi gerekiyorsa, bu işlemin temizleme işlemine başlamadan önce tamamlanması gerekmektedir. Bu amaçla dikey milli yönlendirici, darbeli yönlendirici, R-C testeresi (Random Crack Saw) ya da beton testeresi kullanılabilir (Şekil 5.1). Çatlak kapama (yalıtımı) uygulamasına dair işlemler, kullanılan malzemeler ve ekipmanlar ile yapım esasları ve diğer detaylar için “KGM Bitümlü Sıcak Kaplamalar Çatlak Kapama Rehberi”ne bakılmalıdır.



Şekil 5.1. Dikey Milli Yönlendirici ve R-C Testeresi

Çatlakların genişletilmesi için yapılan yönlendirme işlemleri zaman alıcıdır ve mevcut asfalt kaplamaya daha fazla zarar vermemek için gereken özen gösterilmelidir. Bu bakımdan asfalt kaplamaya en az zarar vererek çalışan makine dikey milli yönlendiricidir. Darbeli yönlendiriciler çatlak genişletme işleminde daha etkili olmalarına rağmen kaplamada daha fazla hasara neden olabilmektedirler.

Uygulamada darbeli yönlendiriciler kullanılacaksa, karbür uçlu donatılmış olanları tercih edilmelidir. Beton veya R-C testeresinde ise 152 mm ile 203 mm arasındaki çaplara sahip bıçak kullanılmalıdır. Yönlendirme işlemleri sırasında çatlakların çok kıvrımlı olması engellenebilirse yapıştırıcı için en ideal rezervuar oluşturabilmektedir. Yönlendirme veya testereyle kesme işlemleri tamamlandıktan sonra çatlaklar, yüksek basınçlı hava, kumlama, tel fırçalama, sıcak hava püskürtme veya yüksek basınçlı su ile yıkama yöntemlerinden biriyle temizlenmelidir.

Çatlakların kenarlarına dolgu macununun yapışmasını sağlamak için temizlik çok önemlidir. Kuru ve yüksek basınçlı hava ya da sıcak hava püskürtme yöntemi ile yapılan temizlik, dolgu macunu uygulanmasından hemen önce çatlağın işleme hazırlanmasındaki son adım olarak yapılmalıdır.

Basınçlı su püskürtme yöntemi başlangıç temizliği olarak kullanılabilir. Ancak dolgu macunu uygulanmadan önce çatlağın tamamen kuruması için yeterli zaman tanınmalıdır. Yapıştırma yüzeylerinde kalan su damlacıkları, yapışmayı ve dolayısıyla çatlak kapamanın veya çatlak dolgusunun beklenen performansını azaltır.

Kumlama etkili bir temizleme işlemi olmasına rağmen fazla işçilik ve emek isteyen bir çalışmadır. Kumlama işlemi, kaplama yüzeyinde ve çatlak içerisinde kalabilecek taneciklerin temizlenmesi için mutlaka hava püskürtme yöntemleriyle birlikte kullanılmalıdır.

Sıcak hava püskürtme, bir hava kompresörüne bağlı basınçlı sıcak hava üfleme borusu veya ısı üfleme borusu (mızrağı) ile yapılır. Bu yöntem çatlağın kurumasına yardımcı olur ve hemen peşi sıra dolgu işlemi yapılırsa, ısıtılmış olan çatlak yüzeyleri dolgu macununun çatlağa iyi derecede yapışmasını sağlar. Isı mızrağı, çatlak kenarları boyunca, mevcut kaplama karışımındaki bitümlü bağlayıcıyı yakabilecek ve dolgu macununun erken bozulmasına neden olabilecek derecede aşırı ısıtılmış hava ürettiğinden dolayı, kullanımında azami dikkat gösterilmesi gerekmektedir.

Temizleme işlemleri tamamlandıktan sonra çatlak derinlikleri kontrol edilmelidir. Geniş ve derin rezervuarlara sahip çatlaklarda dolgu destek çubukları (backer rod) kullanılmalıdır. Dolgu destek çubuğu sıkıştırılabilir, büzülmeyen, emici olmayan ve erime noktası dolgu macununun sıcaklığından daha yüksek olan elastik bir malzemeden seçilmelidir. Ayrıca dolgu çubuğu, dolgu macununun kaymasını ya da

dışarı akmasını engellemek amacıyla çatlak genişliğinden yaklaşık % 25 daha geniş olmalıdır.

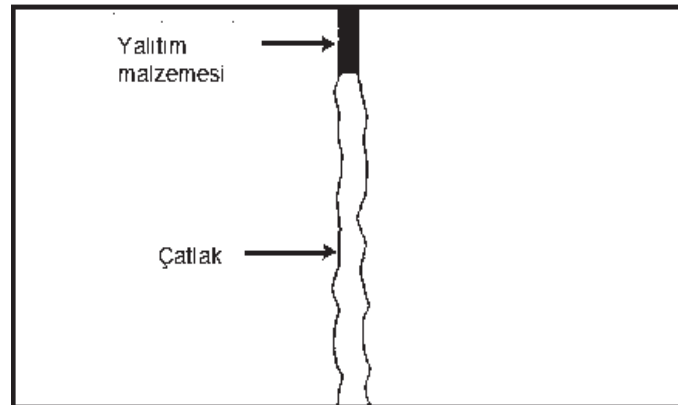
Temizleme işleminden sonra hazırlanan çatlaklar, sıcak macun ile doldurulurlar. Çatlak kapama işlemlerinde kamyonu veya treylere monteli basınçlı aplikatörler ya da serbest dökme kapları (pour pot) (Şekil 5.2) kullanılmaktadır. Aplikatörler dolgu macununun sıcaklığını yaklaşık 232 °C sıcaklığa kadar ısıtabilir ve bu sıcaklıklarda koruyabilirler.



Şekil 5.2. Çatlak Kapama Ekipmanları; Basınçlı Aplikatör ve Serbest Dökme Kabı

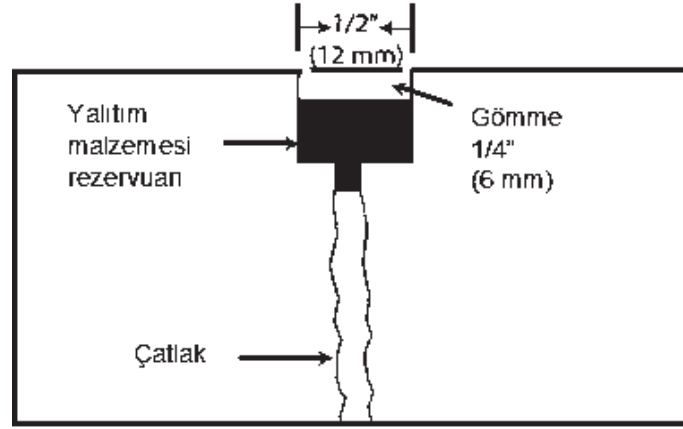
Farklı tipte çatlak kapama uygulamaları mevcuttur. Bunlar tesviyeleme, rezervuar ya da bantlama olarak adlandırılabilir. Çatlakların özellikleri ve derinliklerine göre birlikte kullanıldıkları durumlar da bulunmaktadır.

Tesviyeleme: Yalıtım malzemesinin serbestçe kaplama yüzeyine kadar akıtılma ya da doldurulma işlemidir (Şekil 5.3).



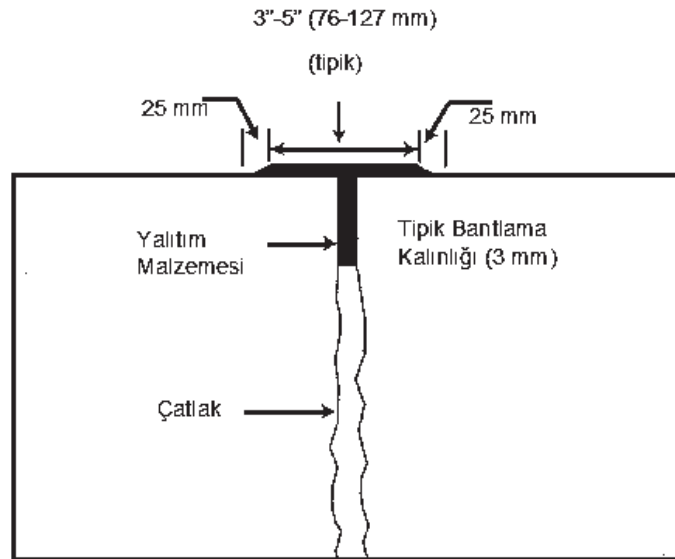
Şekil 5.3. Tesviyeleme Örneği

Rezervuar Uygulaması: Geniştirilmiş bir çatlağın yüzeye ya da daha düşük bir seviyeye kadar çatlak kapama malzemesiyle doldurulması işlemidir (Şekil 5.4).



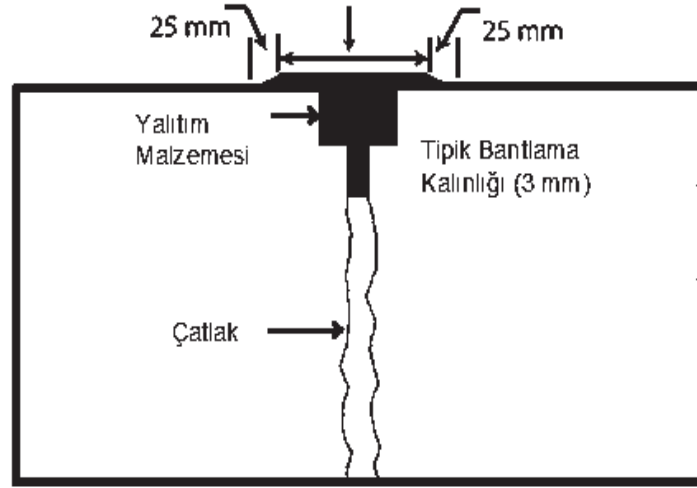
Şekil 5.4. Geniştirilerek Kaplama Yüzeyinden Düşük Seviyede Doldurulmuş Rezervuar Uygulaması

Bantlama İşlemi: Çatlağın sadece kaplama yüzeyine kadar doldurmayıp, taşmasına izin verilerek yüzeyde şerit halinde ince bir tabaka teşkil edilerek yapılan uygulamadır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Bantlama İşlemi Tipik Uygulama Örneği

Rezervuar uygulaması ile bantlama işleminin birlikte teşkil edildiği yalıtım işlemi aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5.6). Çatlak kapama (yalıtımı) uygulamasında kullanılan farklı türler ve özelliklerdeki çatlak kapama macunları ve kesit konfigürasyonları ile uygulama esasları hakkında teknik ve detay bilgiler "KGM Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalar Çatlak Kapama Rehberi"nde bulunabilir.



Şekil 5.6. Bantlama İşlemi ve Rezervuar Uygulamasının Birlikte Teşkili

Hangi işlem uygulanırsa uygulansın, çatlak kaplama macununda zayıf noktalar oluşturan hava kabarcıklarının oluşmasına engel olmak amacıyla yalıtım malzemesinin çatlak derinliğinden yukarıya doğru doldurulması esastır.

Yukarıda anlatılan tüm bu işlemler küçük, orta ve büyük çatlaklar için geçerlidir. Kılcal çatlaklar dolgu yapılamayacak kadar küçüktür ve genellikle kaplamada önemli miktarda nemin nüfuz etmesine izin vermez. Eğer asfalt kaplamada kılcal çatlaklar yoğun ise, bu durumda fog seal veya slurry seal tarzı yüzeysel kılcal çatlak doldurma yöntemleri kullanılmalıdır.

5.1.8 Çatlak Dolgusu Uygulaması

Asfalt kaplamalardaki aktif olmayan (ilerlemeyen) çatlaklarda, içerilerine su ve toz girişini önlemek amacıyla çatlak doldurma işlemi yapılır. Bu işlem için gerekli olan hazırlıkların en başında çatlakları doldurmadan önce yapılan temizlik gelir. Çatlak temizliğinde daha önce bahsedilen temizleme yöntemlerden uygun olan herhangi biri kullanılabilir.

Hazırlanan çatlaklar, elle taşınan ya da tekerlekli mobil olan, dökme kapları kullanılarak uygun dolgu malzemesi ile doldurulur. Dolgu malzemesi sadece çatlağı dolduracak kadar yeterli miktarda dökülmelidir. Çatlağı bütün derinliği boyunca tamamen doldurmaya çalışmak hem dolgu israfını arttıracığından ve hem de çatlak dolgusu performansına önemli bir katkı sağlamayacağından, çatlağın dikey yüzeylerinin, çatlağın dibinde az bir miktar dolgu maddesi birikecek kadar kaplanması yeterlidir.

Çatlak kapama veya çatlak dolgusu işlemlerinin son adımı olarak, uygulamanın ilk birkaç haftasında bantlamanın toplanmasını önlemek ya da dolgu malzemesinin kürünü alıncaya kadar bozulmasına engel olmak amacıyla çatlak yüzeyleri çok ince bir kurutma kumu veya benzeri ince bir kurutma malzemesi (kireç vb.) ile örtülmelidir.

5.2 YAMA UYGULAMASI

Yama, kaplama tabakasında oluşan çukurların ya da kazınarak yeniden düzeltilmesi gereken lokal bozulmaların tamirinde kullanılır. Yama işlemi doğru zamanda ve tekniğine uygun olarak yapıldığında etkili bir onarım sağlar. Kaplamadaki çatlakların doğru şekilde yamalanması, üstyapının alttaki temel ve alt temel tabakaları ile taban zeminine yüzeysel sularının geçişine izin vermeyerek, meydana gelebilecek daha büyük hasarların oluşmasına engel olur. Bu nedenle yama uygulaması sırasında azami özen gösterilmeli ve çalışmalar tecrübeli ekipler tarafından yapılmalıdır.

Yamalar üstyapıda meydana gelen tüm lokal bozulmaların tamiri için kullanılabilir. Derin yama veya tam derinlikte yama uygulaması olarak yapılan işlemler, kalıcı bir onarım yöntemi olarak kabul edilebilir. Acil bakım gerektiren durumlarda kullanılan “ser ve git” çukur onarım yöntemi ise ancak uzun ömürlü olmayan, geçici bir onarım için tercih edilmelidir.

5.2.1 Kullanım Şekline Göre Yama Karışımları

Yama işlemlerinde kullanılan karışımların, üretim tekniği ile uygulama yöntemine göre sınıflandırılması aşağıdaki gibidir.

Hemen Kullanım Öncesi Hazırlanan Yama Karışımları

Sıcak, ılık veya soğuk üretim tekniklerinden biriyle hazırlanan ve yama işlemlerinde stoklanmadan hemen kullanılan bitümlü bakım karışımlarıdır. Sıcak (BSK) ya da ılık (IKA) üretim tekniğiyle hazırlanmış bakım karışım malzemesinin kullanılması durumunda teşkil edilecek yamalar uzun süre dayanımlı olurlar ve stabilitelerini hızlı kazanırlar. Ancak pratik olmadığından ve uygun mevsim şartlarında yapılabildiğinden uygulaması her zaman mümkün olmamaktadır.

Hemen kullanıma yönelik bakım karışımlarının hazırlanmasında soğuk üretim tekniği de kullanılmaktadır. Bunun için bitüm emülsiyonları ya da katbek bitümler ideal

bağlayıcı türleridir. Bu yöntemde bitümlü bağlayıcı ve agrega mobil bir mikserde ya da işyerinde bıçaklı bir iş makinesi (motor greyder vb.) ile malzemeler ısıtılmadan hızlıca karıştırılarak pratik olarak kullanılabilir.

Önceden Hazırlanarak Stoklanmış Yama Karışımları

Soğuk ve yağışlı mevsim koşullarında, yeni yama karışımları hazırlamak zor olacağı için genellikle öncesinde yağışsız mevsimlerde hazırlanarak stoklarda bekletilen hazır karışımlar kullanılmaktadır. Bu amaçla karışımlar yaz veya sonbahar mevsimlerinde üretilir ve daha sonra kullanılmak üzere stoklanabilir. Stok ömrü, tamamen bitümlü bağlayıcının ve kullanılan katkıların formülasyonuna bağlıdır. Karışımın işlenebilirliği agreganın geometrik özellikleri ve gradasyonu ile karışımdaki bitümlü bağlayıcının viskozitesi ile sağlanır. Yama karışımının stoklama ömrü ve düşük sıcaklıklarda kullanılabilirliği, bitüm emülsiyonun viskozitesine, katbek bitümdeki solvent miktarına, kalıntı bitüm miktarı ve bitüm sınıfına, penetrasyon sınıfı bitümlere katılan akışkan yağ (flux-oil) katkıların özelliklerine ve kullanım oranlarına bağlıdır. Son yıllarda yürürlüğe anılan İklim değişikliği ve çevrenin korunması dair sözleşmeler ve yasalar uyarınca sıvı petrol asfaltı (katbek bitüm) bağlayıcılar ile solvent kullanımı giderek daha da fazla sınırlandırmaktadır.

Stoklanan yama karışımlarının zamanla üzerinde ince bir kabuk tabakası (thin crust) oluşması normal olarak beklenirken, kabuğun altında kalan karışımın mutlaka işlenebilir durumda olması gerekir. Yama uygulamasında kullanılacak bitümlü soğuk karışımın; kontaminasyonunu, kirlenmesini, önlemek için olabildiğince temiz ve bünyesine yüzeysel suların girişine engel olabilecek kadar yeterli yükseğe sahip bir alanda saklanması gerekir. En ideal stoklama, karışımın özelliklerini kaybetmeyecek şekilde, kapalı bir alanda depolamadır.

Ticari Tescilli Hazır Yama Karışımları

Bazı üreticiler, bitüm, reçine vb. malzemeler esaslı özel bağlayıcılar ile agregadan kendilerine has tasarımlar ile ticari amaçlı tescilli yama karışımları geliştirmişlerdir. Bu tescilli ürünlerin hangi şartlar ve koşullar altında, hangi amaçlar için kullanılacağını araştırılması yapılmadan ve karışımın etkinliği kanıtlanmadan yama uygulamalarında kullanılması önerilmez.

5.2.2 Yapım Tekniğine Göre Yama Uygulamaları

Yama işlemindeki yapım tekniğine bağlı olarak, yama uygulamalarının farklı türleri mevcut olup, bunlar aşağıda izah edilmiştir.

Derin Yama veya Tam Derinlikte Yama Uygulaması

Derin yama; kaplama tabakasının yapımı planlanan yamadan daha kalın olduğu durumlarda ve kaplama yüzeyinden itibaren minimum 100 mm derinliğe kadar inen kalınlıklardaki bozulmuş kalın bölümün kaldırılması, temizlenmesi ve doldurulması şeklinde uygulaması yapılan yamadır. Tam derinlikte yama ise, yama yapılacak alanda üstyapı üzerindeki bitümlü kaplama tabakalarının tamamının kaldırılması ile yapılan yama işlemidir. Tam derinlikte yama ve derin yama uygulamalarında işlem adımları genelde aynıdır. Tam derinlikte yama işlemleri esnek ve rijit kaplama türlerinin tamamında uygulanabilirken, derin yama yalnızca bitümlü esnek kaplamalarda yapılabilmektedir.

Tam derinlikte yamalar ile derin yamalar kalıcı bir kaplama onarımı yapmak amacıyla kullanılırlar. Yama işleminde, onarım yapılacak alandaki bozulmuş kaplama tabakaları ve malzemeleri (Şekil 5.7) sağlam bir tabana ulaşmak için gerekli derinliğe kadar kaldırılmalıdır.



Şekil 5.7. Yama Yapılacak Kaplama Tabakasının Kaldırılması

Bu işlem sırasında, taban zemininin bir kısmının kaldırılması veya ek drenaj yapılması da gerekebilir. Kazıma alanı, kaplamanın bozulmuş bölümünü tamamen çevreleyecek şekilde ve kaplamanın sağlam kenarlardan da en az 300 mm' lik bir kesimini içine alacak şekilde geniş tutulmalıdır. Yama kenarları dik olacak şekilde, kazılan kesimler

yama alanı içerisinde değişen genişlik, uzunluk veya kalınlıklara sahip olmadan dikdörtgen prizma şeklinde olmalıdır. Yamanın genişliğinin, trafik şeridi genişliğine yakın olması durumunda tam bir şerit genişliğinde yama uygulaması yapılması tercih edilmelidir. Bu durum, el işçiliği yöntemleri yerine standart asfalt serme ekipmanının kullanılmasına da izin verir ve gereksiz boyuna derzlerin oluşmasını engeller. Yama yapılacak kaplama alanın düzgün olarak kesilebilmesi için asfalt testeresi kullanımı gereklidir. Kaldırılacak asfalt tabakası testere derinliğinden daha kalınsa, kenarındaki sağlam kaplamaya zarar vermemek için kalan kısım delici kırıcı çekiç (jack hammer) yardımıyla kırılıp kaldırılabilir. Kaplama üzerinde küçük ya da büyük boyutlu fazla sayıda yama gerektiği durumlarda, küçük ya da orta boy bir freze makinesi yardımıyla yama alanları kazınabilir.

Kazıma işleminden sonra ortaya çıkan malzemeler kaldırılarak, yama yapılacak alan temizlenmeli ve tabanı ile kenar dik yüzlerine yapıştırıcı uygulanmalıdır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Yapıştırıcı Uygulaması

Yama işleminde en iyi sonuç çukur alanın bitümlü sıcak karışım ile doldurulması ile elde edilir. Segregasyonu ve ayrışmayı önlemek için bitümlü karışım dikkatlice yerleştirilerek serilmelidir. BSK kullanımının mümkün olmadığı durumlarda uygun bir soğuk karışım veya ticari tescilli bir yama karışımı kullanılmalıdır (Şekil 5.9).

Yama derinliği 150 mm' den daha büyük ise yama malzemesi 100 mm' den daha kalın olmayan tabakalar halinde yerleştirilmeli ve her bir tabaka iyice sıkıştırılmalıdır.



Şekil 5.9. Yama Malzemesinin Yerleştirilmesi

Uygun olarak yapılan sıkıştırma işlemi, kalıcı bir yama imal etmede önemli bir faktördür. Titreşim plakalı sıkıştırıcı, küçük ölçekli yamaları ve yama kenarlarını sıkıştırmak için idealdir. (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Titreşim Plakalı Sıkıştırıcı ile Yama Malzemesinin Sıkıştırılması

Daha geniş yamaların sıkıştırılmasında düz bandajlı silindir sıkıştırıcı kullanılması pratik olacaktır. Yama tamiratında uygulanan bitümlü karışımın, kaplama yüzeyi ile uyumlu olacak şekilde sıkıştırıldığı kontrol edilmelidir. Yama karışım malzemesinin trafik etkisiyle bir miktar sıkışacağı da göz önüne alınarak yama yüzeyi bir miktar yüksek bırakılabilir. Yama, bitümlü soğuk bir karışım kullanılarak yapılmışsa, kürünü tamamlayıp stabilitesini kazanıncaya kadar yüzeyine bir kum örtme tabakası (sand seal) uygulaması yapılabilir. Son olarak yama yapılan yüzeyin düzgünlüğü uygun bir masterla kontrol edilerek işlem tamamlanır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Yamada Yüzey Düzgünlüğünün Kontrol Edilmesi

Tam derinlikte yama ve derin yama malzemesi uygulamalarında “yama kamyonu” olarak isimlendirilen özel üretim iş makineleri da kullanılabilmektedir (Şekil 5.12). Yama kamyonlarının BSK karışımlarını taşıyan versiyonları olduğu gibi bitüm emülsiyonu ve agregayı ayrı ayrı depolayarak belirli bir reçete oranında karıştırabilecek özellikte olanları da mevcuttur. Depolama hazneleri ve tankları, BSK veya bitüm emülsiyonunun uygun uygulama sıcaklıklarında tutulması için ısıtılabilir özelliktedir. Pnömatik çekiç, titreşimli plakalı sıkıştırıcı vb. gibi ekipmanlar da yama kamyonun üzerine yerleştirilmiştir. Bu sayede yama kamyonu tek başına, bağımsız bir yama ünitesi olarak kullanılabilmektedir.



Şekil 5.12. Yama Kamyonu

İnce Yüzey Yama Uygulaması

İnce yüzey yamaları geçici onarımlar olarak kabul edilmeli ve yalnızca yeterli kalınlığa sahip, yapısal durumu nispeten iyi olan kaplamalarda kullanılmalıdır.

İnce yüzey yamalarına, kaplama yüzeyinden itibaren maksimum 100 mm' ye kadar inen sığ derinlikteki bozulmuş kesimlerin frezelenerek istenmeyen malzemelerden arındırılmasıyla başlanır. Frezeleme işlemi iri boyutlu agregalarla hazırlanmış karışımları da kullanabilme imkânı sağlar. Böylelikle daha kararlı ve stabil bir yama teşkil etmek mümkün olabilir. Yama alanı, kullanması planlanan bitümlü karışımındaki agreganın nominal maksimum dane boyutunun en az üç katı derinliğinde kazınmalıdır. Frezeleme derinliğini asgari seviyelerde tutabilmek için nominal maksimum dane boyutu 4,75 mm ya da 9,5 mm olan karışımların kullanılması önerilir. Gerekli olan kalınlığa kadar yapılan frezeleme işlemi hem yamanın mevcut kaplamaya bağlanmasına yardımcı olacak ve hem de yama sonrası sökölme olasılığını azaltmak için yeterli bitümlü tabaka kalınlığını sağlayacaktır.

Yama işlemi, bozulmuş alanın kenarlardan yaklaşık 300 mm dışarısına, kaplamanın sağlam kısmına da taşacak şekilde işaretlenmesi ve istenmeyen bozulmuş tüm kaplama malzemelerinin kaldırılması için frezeleme yapılmasıyla devam eder. Frezelemenin ardından, yamanacak alan iyice temizlenir. Yama alanı temizlendikten ve tamamen kurutulduktan sonra, kenarlarına ve tabanına uygun bir yapıştırma malzemesi sürülür. Yapıştırma uygulamasında sonra yama alanı, kullanılacak olan bitümlü karışım malzemesiyle ve gerekmesi halinde tabakalar halinde doldurulur. Yama alanına serilen bitümlü karışımın tabakalarına ayrı ayrı sıkıştırma işlemi yapılır. Sıkıştırılma sonrası, yamanın mevcut kaplama yüzeyiyle olan uyumu ve seviyesi derin yamalarda olduğu gibi kontrol edilir.

Püskürtme Enjeksiyonlu Yama Uygulaması

Püskürtme enjeksiyonlu yama, yarı kalıcı onarım sağlamak amacıyla küçük kaplama kusurlarını ve sığ derinlikli çukurları onarmak için kullanılan bir yöntemdir. Genellikle soğuk iklim koşulları altındaki bölgelerde kullanılmaktadır.

Bu uygulama için bitüm emülsiyon tankı, agrega silosu, ısıtma ekipmanları, yüksek hacimli üfleyici, enjeksiyon başlıklı teleskopik bom ve gerekli kumandaları içeren özel olarak donatılmış bir kamyon (Şekil 5.13) veya treylere monteli bir üniteye ihtiyaç vardır. Özel bir araç kullanılarak yapılan bu yama operasyonu tek bir operatör tarafından yürütülebilmektedir. Böylelikle yama işlemi daha az işçiyi trafik tehlikelerine maruz bırakmış olur.



Şekil 5.13. Püskürtme Enjeksiyonlu Yama Kamyonu

Uygulamaya yama yapılacak alanın basınçlı hava ile temizlenmesiyle başlanır. Isıtılmış bitüm emülsiyonu bağlayıcı kullanılarak yapılan yapıştırıcı uygulamasının hemen ardından sıcak yama karışımının basınçlı hava yardımıyla yama yapılacak bölgeye püskürtülmesi ile işlem tamamlanır.

Püskürtme enjeksiyonlu yama uygulamasında kullanılan karışımlar, tek boyutlu, uniform gradasyonlu ince agrega içerir. Karışımın sıkıştırılması, karışımı yamaya katmanlar halinde püskürten havanın kuvveti ile sağlanır. Bu yama işleminin başarısı ve performansı yama operatörünün tecrübesine ve becerisine bağlıdır.

İnfrared (Kızılötesi) Isıtıcı Yama Uygulaması

İnfrared ısıtıcı yama uygulaması, kaplamada mevcut 50 mm ile 75 mm arasında derinliklerdeki bozuklukların tamir işlerinde, ince yüzey yama uygulamasının alternatifi olarak yapılır (Şekil 5.14). Bu sayede uygulama diğerine göre daha az işçilikle ve daha hızlı bir şekilde tamamlanabilmektedir.



Şekil 5.14. İnfrared Isıtıcı Yama Uygulaması

İnfrared ısıtıcı yama uygulamasına, bozulmanın olduğu alanın ısıtılarak yumuşatılması ile başlanır (Şekil 5.15). Uygulama esnasında her ne kadar direkt olarak aleve maruz bırakılmamış olsa da, asfalt yüzey tabakası kızılötesi radyant ısıtıcılar yardımıyla ısıtılırken bünyesindeki bitümün zarar görmemesi için gerekli özen ve hassasiyet gösterilmelidir.



Şekil 5.15. İnfrared Isıtıcı Yama Uygulaması

Uygulamanın diğer adımları aşağıdaki gibidir.

- Isıtılan alan olduğu yerde kazılır ve harmanlanır
- Yerinde karıştırılan mevcut kaplama karışımına, gerekirse gençleştirici katkı malzemesi veya ilave bitümlü sıcak karışım eklenir
- Yama alanı sıkıştırılarak uygulama tamamlanır (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. İnfrared Isıtıcı Yama Uygulaması

İnfrared ısıtıcı yama uygulamaları, derin yama uygulaması yapılan kaplamada yama bitiriş işlemi olarak da kullanılabilir. Bu tarz uygulanan yama bitiriş işlemine derin yama uygulaması yapılan yolun trafiğe açıldıktan sonraki birkaç hafta boyunca

kullanılmasının ardından başlanır. Bu sayede derin yamanın trafiğe açık kaldığı süre zarfında sıkışarak oturması ile ilave yama malzemesine ihtiyaç duyulması gibi problemlerin ortaya çıkması için gereken yeterli zaman sağlanmış olur.

Yama bitiriş işleminde mobil infrared ısıtıcı, derin yama işlemi görmüş alana getirilerek yama alanının tamamı ile hemen kenarındaki mevcut sağlam asfalt kaplamasının bir kısmı birlikte ısıtılır ve yukarıda bahsedilen uygulama adımları sırasıyla takip edilir. Bitiriş yaması olarak uygulanan infrared ısıtıcılı yama işleminin tekniğine uygun olarak yapıldığı durumda uzun süreler boyunca çok iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Soğuk Havada Acil Durum Yama Uygulaması

Esnek üstyapı kaplamalarında meydana gelen çukur veya benzeri bozulmalarının trafik güvenliği ile sürüş emniyetini ve konforunu kritik seviyede düşürdüğü durumlarda kaplamada acil onarım işlemi yapmak gerekmektedir. Bu şartlarda yapılan onarımlar doğası gereği çok fazla ön hazırlık yapılmasına fırsat vermediği gibi yukarıda bahsedilen derin yama veya tam derinlikte yama uygulanmalarını da mümkün kılmaz. Soğuk ve yağışlı hava şartları da eklendiğinde uygulanabilecek tamir yöntemleri daha da kısıtlanabilir. Böyle durumlarda kullanılabilecek geçici yama yöntemlerinden bazıları şöyledir.

- Ser ve sıkıştır yöntemi
- Ser ve git yöntemi
- Yarı kalıcı yöntem
- Püskürtme enjeksiyonlu yama uygulaması

Bu tarz yamalar için önceden üretilerek stoklanmış soğuk karışımlar ya da ticari tescilli hazır karışımlar tarzı çeşitli tamirat ürünleri ve malzemeleri kullanılabilir.

Ser ve Sıkıştır Yöntemi

Aşağıdaki adımları içerir.

- Çukurdaki kalıntılar ve su süpürge yardımıyla temizlenir.
- Nihai sıkıştırıldığında mevcut kaplama yüzeyinden 3 mm ile 6 mm arasında bir yükseklikte taç (tepe) olacak şekilde, yama karışımı çukura yerleştirilir.
- Karışım el tokmağı veya bakım kamyonunun tekerlekleri yardımıyla sıkıştırılır.
- Yama ekibi ve ekipmanlar uzaklaştırıldıktan sonra yol trafiğe açılır.

Ser ve Git Yöntemi

Bu yöntemde ser ve sıkıştır yönteminden farkı olarak herhangi bir sıkıştırma işlemi yapmaksızın çukura doldurulan yama malzemesi doğrudan akan trafik altında sıkıştırılmaya maruz bırakılır.

Yarı Kalıcı Yöntem

Bu yöntem diğer iki yönteme göre biraz daha fazla zaman ve çaba gerektirir. Ancak diğerlerine göre biraz daha ömürlü bir yama uygulaması sağlar. Bu yöntemdeki adımlar aşağıdaki gibidir.

- Çukurdaki kalıntılar ve su dikkatlice temizlenir.
- Elde taşınan bir beton testeresi veya murç uçlu matkap yardımıyla yama yapılacak yerin kenarları kare şeklinde ve düzgün bir şekilde kesilir.
- Karışım, onarım yapılacak alanı taşıyacak şekilde yerleştirilir. Böylelikle sıkıştırdıktan sonra düz veya neredeyse mevcut kaplama ile aynı hizada bir yama elde edilebilir.
- Vibrasyonlu bir silindir ya da titreşim plakalı bir el kompaktörü kullanarak yama sıkıştırılır.
- Yama ekibi ve ekipmanlar uzaklaştırıldıktan sonra yol trafiğe açılır.

5.2.3 Açık Gradasyonlu Aşınma (Poroz Asfalt) Tabakalarında Yama Uygulaması

Açık gradasyonlu aşınma (poroz asfalt) tabakalarında meydana gelen çukurların tamirinde, tabakanın su geçirgenlik özelliğini bozmayacak yama uygulamaları gerçekleştirilmeli ve buna uygun malzemeler kullanılmalıdır. Bu nedenle poroz asfalt tabakalarında yapılacak yama işlemlerinde, tabakanın ilk yapımında kullanılan bitümlü karışımlara mümkün olabildiğince benzer özellikte olan karışımlar kullanılmalıdır. Zorunlu hallerde uygulama tekniğinde yapılacak birkaç revizyon ile yoğun gradasyonlu bitümlü karışımların da poroz asfalt yamalarında kullanımı mümkündür.

Açık gradasyonlu bir aşınma tabakasının yama tamirinin yine açık gradasyonlu bir karışımla yapılacağı durumlarda aşağıdaki adımlar takip edilir.

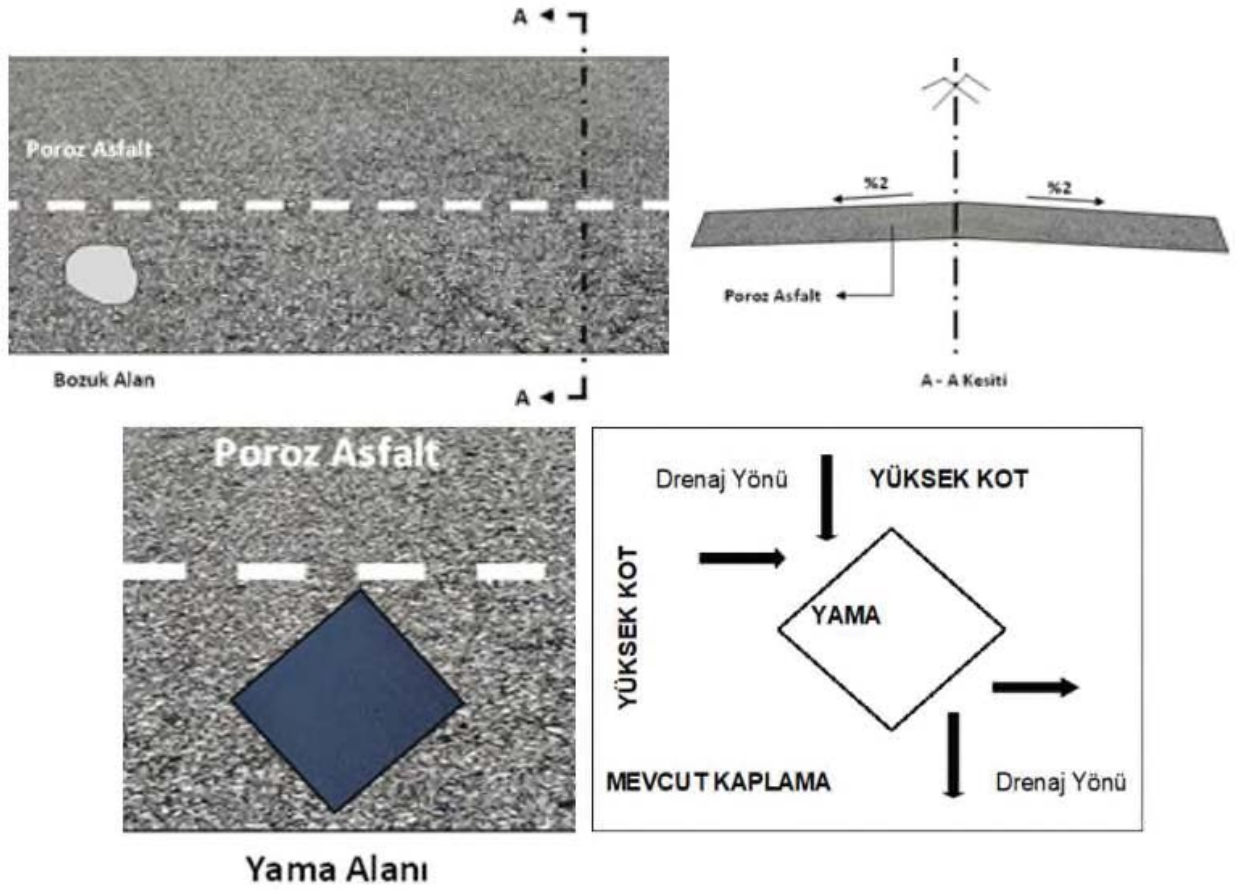
- Kaplamadaki bozulan kesimdeki bitümlü karışım malzemeleri ve diğer kalıntılar tamamen kaldırılır. Bunun için beton testeresi veya murç uçlu matkapların kullanılması yerine modern kazıcı makineler kullanılarak, sadece bozulmuş derinliğe kadar kazıma yapmaktan ziyade poroz asfaltın tam derinliğinde

kazıma yapılır. Açık gradasyonlu poroz asfalt tabakasının altındaki yoğun gradasyonlu bitümlü karışım tabakasının da kazılması gerektiği durumlarda, kazılan bu kesimler yoğun gradasyonlu uygun bitümlü malzeme karışımıyla tekrar doldurulur.

- Poroz asfalt kaplamasında yama yapılacak çukur iyice temizlenir ve yalnızca tabanında yapıştırıcı kullanılır. Çukur kenarlarına yapıştırıcı uygulaması yapılmaz.
- Açık gradasyonlu yeni bir bitümlü karışım yama alanına uygulanır ve sıkıştırılır. Bu işlemler esnasında ilk yapım aşamasında kullanılan benzer sıkıştırma yöntemleri kullanılmalıdır.

Açık gradasyonlu aşınma tabakasının yama tamirinin yoğun gradasyonlu bir karışımla yapılması gerektiği durumlarda ise aşağıdaki adımlar takip edilmelidir.

- Kaplama üzerindeki bozulmuş alan, tamir gerektirmeyen sağlam kaplama yüzeyin de bir miktar içerisine dahil edilecek şekilde işaretlenip kesilir. Yama işlemi yapılacak alan, poroz asfalt içerisine girecek suyun yama kenarlarında göllenmesine neden olmaksızın serbest olarak akışına izin verecek özellikte ve birer köşesi kaplamanın enine ve boyuna kotlarının yüksek olduğu yönlerde doğru yerleştirilmiş şekilde, baklava dilimi (eşkenar dörtgen) biçiminde olmalıdır (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Poroz Asfalt Kaplamada Yoğun Gradasyonlu Karışım ile Yapılacak Yama Planı

- Yama kenarlarına zarar vermemeye dikkat ederek bozulan kesimdeki malzeme kaldırılır.
- Yama yapılacak alandaki çukurun tabanına ve yan yüzlerine yapıştırıcı uygulanır.
- Yoğun gradasyonlu bitümlü karışım çukura serilerek sıkıştırılır.

Yama uygulamalarına dair ilave detay bilgiler ile diğer teknik hususlara “KGM Karayolu Bakım El Kitabı”ndan ulaşılabilir.

6. BİTÜMLÜ YÜZEY İYİLEŞTİRME

Yapısal bozulmalar başlamadan önce bitümlü karışım kaplama yüzeyine yapılan iyileştirme, mevcut kaplamanın; oluşabilecek bozulmalarının geciktirilmesine ve ömrünün daha uzun olmasına katkı sağlar. Bitümlü yüzey iyileştirme, farklı tür ve özelliklerdeki bitümlü bağlayıcıların tek başına veya mineral agrega ile birlikte kullanıldığı, bitümlü uygulamaların genel bir ifadesidir. Düşük tekerlek izinde oturma ya da yüzey düzgünsüzlükleri gibi profil düzeltmesine de ihtiyacın olduğu istisnai durumlar dışında genelde maksimum 1 inç (25 mm) kalınlığında yüzey iyileştirmesi yapılır.

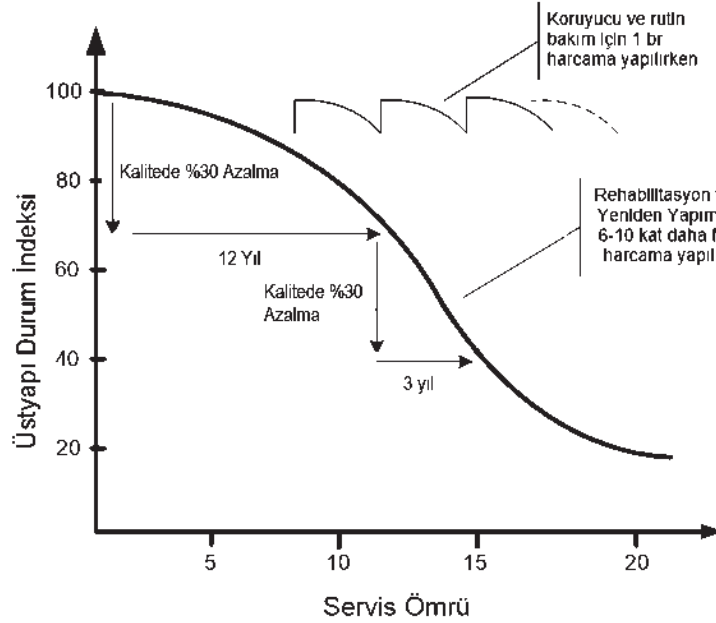
Bitümlü yüzey iyileştirmesi; çatlak onarımı, karartma tabakası (fog seal), bitüm emülsiyonlu yüzey koruyucu harç, bitümlü koruyucu sathi kaplama (chip seal / seal coat, sandwich seal, sand seal vb.), bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplama (slurry seal, micro surfacing) veya ince ya da çok ince takviye tabakası uygulamalarından oluşur.

6.1 BİTÜMLÜ YÜZEY İYİLEŞTİRMENİN İŞLEVİ

Asfalt betonu kaplamalar oksidasyon, güneş ışınları, yağmur, donma - çözülme çevrimleri vb. diğer dış etkilere maruz kaldığında zaman içerisinde aşınmaya ve bozulmaya başlar. Böyle bir kaplamada ciddi bir hasar oluşmadan yapısal ve fonksiyonel kaliteyi devam ettirmek, koruyucu bakımın başlıca temel amacıdır. Yol üstyapıları için koruyucu bakım programı, üstyapıya hizmet ömrü boyunca sistematik ve düzenli olarak birtakım iyileştirme uygulamalarının tatbik edilmesidir. Bu amaçla kaplama yüzeyine yapılan koruyucu bir uygulama ile sürüş kalitesi artırılarak kaplamanın servis ömrü uzatılabilir. Yaşam döngü maliyeti bakımından sağlanacak en büyük kazanç, ancak kaplamada koruyucu bakım işlemlerinin istikrarlı bir şekilde uygulanması ile elde edilebilir. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar koruyucu bakım uygulamalarının, kaplamada hizmet ömrü süresince hiçbir işlem yapılmaması durumunda ortaya çıkacak rehabilitasyon ya da yeniden yapım faaliyetlerine kıyasla 6 ile 10 kat arası daha ekonomik olduğunu göstermektedir (Şekil 6.1).

Koruyucu bakım amaçlı yapılan yüzey iyileştirme bir üstyapı tabakası değildir. Bu işlem kaplamanın taşıma gücünü artırmaktan ziyade, trafik ve diğer etkiler altında aşınmaya karşı dayanımı artıran geçirimsiz bir koruyucu yüzey sağlar. Bu yüzey çok düşük bir yük taşıma kapasitene sahiptir. Bu nedenle de mukavemete neredeyse hiçbir katkısı

yok kabul edilir ve bir üstyapının yük taşıma kapasitesinin hesaplanmasında dikkate alınmaz. Yüzey iyileştirmesi doğru malzeme ve doğru yöntemle, doğru zamanda yapıldığında kaplamada kusursuz bir yüzey yenilemesi sağlar. Ancak bu arada unutulmamalıdır ki kaplamada oluşan problemlerin tamamı için bir çözüm değildir.



Şekil 6.1. Koruyucu Bakım Uygulama Zamanı ve Önemi

Bitümlü yüzey iyileştirme; yaygın olarak kullanılan ve üstyapı kaplamasının tüm yüzeyine uygulanan önleyici bir bakım onarım tekniğidir. Doğru tasarlandığında uygulama kolaylığı sağlamanın yanında aynı zamanda uzun ömürlü ve ekonomiktir. Periyodik olarak yüzey iyileştirmesi yapılması, yol yüzeyinde yeni bir örtü oluşturacağından suyun alt tabakalara drene olmasını engelleyecek, oksidasyonu geciktirecek, sökülmeleri kontrol altına alacak ve çatlakların ilerlemesini yavaşlatacaktır. Bu sayede kaplama yüzeyi yalıtılarak, yolun ömrü uzatılır. Ancak her bir farklı yüzey iyileştirme yönteminin kendine has farklı uygulama şartları ve koşulları olduğu unutulmamalıdır.

Bitümlü yüzey iyileştirme işlemlerinin avantajları ile sınırlamalarının ne olduğunun net ve doğru bir şekilde anlaşılması, uygulamadan en iyi sonucu elde etmek için temel esastır. Bir yüzey iyileştirme işleminin kullanılıp kullanılmayacağına karar vermeden önce, trafik gereksinimlerinin dikkatli bir şekilde irdelenmesi ile mevcut kaplamanın durumunun değerlendirilmesi hayati önem taşımaktadır.

Bitümlü yüzey iyileştirme uygulamalarının kullanım amacına göre başlıca temel işlevleri diğer bir ifadeyle görevleri aşağıda sıralanmıştır.

- Düşük yoğunluklu hafif taşıt trafiği hacmine sahip granüler temelli yollar için ekonomik bir yüzey kaplaması olarak kullanılabilir.
- Polimer modifiyeli bağlayıcılar ve yüksek kaliteli agregalar kullanıldığında (microsurfacing) orta sınıf ağırlığa kadar olan trafik yüklerine sahip düşük ve orta hacimli yollarda da yüzey kaplaması olarak kullanılabilir.
- Yüzey sularının bozulmuş veya çatlamış kaplamadan aşağıya, granüler temel tabakaları ile daha da alttaki diğer tabakalara sızmasına engel olur.
- Kılcal çatlakları kapatır ve kaplama yüzeyindeki gevşek agrega danelerini kaplayarak yüzeye yapıştırır.
- Trafik etkisinde yüzey agregasının cilalandığı aşınmış kaplamalarda yüzeyi yeniler ve kayma direncini artırır.
- Bozulmuş yüzeyleri eski haline getirir, oksitlenmiş kaplama yüzeyini yeniler.
- Kademeli üstyapı inşaatı veya planlı yapım aşamaları durumlarında geçici yüzey koruması sağlar.
- Düşük hacimli stabilize yollarda tozu kontrol etmek için kullanılır.
- Mevcut bir kaplamanın yüzey görünümünü iyileştirir.

Bitümlü yüzey iyileştirmedeki temel amaç, esnek üstyapı tabakalarında meydana gelen hafif şiddetteki bozulmaların, daha büyük ve kalıcı yapısal hasarlara dönüşmesine engel olmak ve servis kabiliyetinin düşmesine izin vermeden kaplamanın ömrünü uzatmaktır. Bitümlü yüzey iyileştirme yöntemlerinin kullanımına dair özet Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Bitümlü Yüzey İyileştirme Yöntemleri ve Kullanım Alanları

YÜZEY İYİLEŞTİRME YÖNTEMİ	GENEL TANIMI VE KULLANIM ALANI	BİTÜMLÜ BAĞLAYICI *
Karartma Tabakası (Fog Seal)	Karartma tabakası, seyreltilmiş bir bitüm emülsiyonunun kaplama yüzeyine ince bir tabaka halinde uygulanmasıdır. Sökülme gibi bazı fonksiyonel bozulmaların giderilmesine, yüzeyin gençleştirilerek oksidasyonun geciktirilmesine ve belirli düzeydeki çatlakların yalıtılmasına yardımcı olur.	RS-1, SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h CXBPY – Z X: 60,65 Y: 2,4,9 Z: 2,3
Gençleştiriciler (Rejuvenators)	Özel olarak tasarlanmış bitüm emülsiyonları ile yapılan geliştirilmiş bir karartma tabakası uygulaması olarak tanımlanır. Gençleştiriciler kaplamada karartma işlemi yaparken, mevcut asfalt tabakasındaki oksidasyona uğramış, yaşlanmış bitümün, kaybetmiş olduğu reolojik özelliklerini de yeniden kazandırarak iyileştirmek amacıyla kullanılır.	Özel katkı tasarımı bitüm emülsiyonları
Toz Önleyiciler (Dust Palliatives)	Granüler tabakalarda ya da stabilize yol yüzeylerinde toz kontrolü sağlamak amacıyla gerçekleştirilen seyreltilmiş bir bitüm emülsiyonu uygulamasıdır.	SS-1, SS-1h, RS-1, CQS-1h, CRS-1, CSS-1h CXB(P)Y – Z X: 50,55,60 Y: 2,9 Z: 3,4
Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama (Chip Seal - Seal Coat)	Asfalt betonu kaplamanın kayma direncini artırmak ve alttaki tabakalara su geçişine engel olmak amacıyla, önce bitümlü bağlayıcının ve sonra üzerine tek boyutlu agreganın peş peşe serilip sıkıştırılması ile yapılan yüzey iyileştirme işlemidir. Genelde tek tabaka olarak uygulanır.	RS-2, CRS-2, CRS-2h, CRS-2P, CRS-2L CXBPS – Y X: 60,65 Y: 3,4 Z: 2,4 PG sınıfı bitüm
Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama (Sandwich Seal)	Bitüm kusması problemine sahip sathi kaplama yüzeylerinin onarımında, kusmuş yüzeyin üzerine önce iri boyutlu büyük agregalardan oluşan bir katman serilerek, sonra üzerine seal coat işlemi yapılarak uygulanan yüzey iyileştirmesidir.	RS-2, CRS-2P
Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama (Kum Örtme Tabakası) (Sand Seal)	Bitümlü koruyucu sathi kaplama uygulamasının kum boyutundaki agrega ile yapılan türüdür. Kaplamadaki oksidasyon (yaşlanma) etkilerini azaltmak, çatlakları kapatmak, sökölme önlemek, sürtünme direncini artırmak ve yüzey görünümünü iyileştirmek amaçlarıyla uygulanır.	RS-1, SS-1, SS-1h, CRS-1, CSS-1, CSS-1h

YÜZEY İYİLEŞTİRME YÖNTEMİ	GENEL TANIMI VE KULLANIM ALANI	BİTÜMLÜ BAĞLAYICI *
Bitüm Emülsiyonlu Harç Tipi Kaplama (Slurry Seal)	İyi derecelendirilmiş ince agrega, mineral filler, bitüm emülsiyonu ve su karışımından oluşan, mevcut kaplamadaki oksidasyon (yaşlanma) etkilerini azaltmak, hareket etmeyen çatlakları kapatmak, sökülme önlemek, sürtünme direncini artırmak ve yüzey görünümünü iyileştirmek amaçlarıyla uygulanan harç tipi yüzey iyileştirme yöntemidir. Genelde düşük ve orta trafik hacimli yollarda uygulanır.	SS-1h, CSS-1h, CQS-1h CXB(P)9 – Y X: 60,65,69 Y: 3,4,5
Bitüm Emülsiyonlu Harç Tipi Kaplama (Micro Surfacing)	İyi derecelendirilmiş ve %100 kırılmış agrega, mineral filler, polimer modifiye bitüm emülsiyonu, farklı katkı maddeleri ve su karışımından oluşan, oksidasyon (yaşlanma) etkilerini azaltmak, çatlakları kapatmak, sökülme önlemek, sürtünme direncini artırmak ve yüzey görünümünü iyileştirmek amaçlarıyla uygulanan harç tipi yüzey iyileştirme yöntemidir. Slurry Seal' den farklı olarak yüksek trafik hacimli yollarda uygulanabilir. Tek kat olarak serilebileceği gibi, birkaç kat olarak inşa edildiğinde derin olmayan tekerlek izi kusurlarının giderilmesinde de kullanılabilir.	CQS-1hP, CSS-1hP CXBP9 – Y X: 65,69 Y: 3,4,5
Koruyucu Sathi Kaplama + Harç Tipi Kaplama Bitümlü Harman Kaplama (Cape Seal)	Daha sessiz ve düzgün bir yüzey elde edilmesi amacıyla tek tabaka bitümlü koruyucu sathi kaplama (chip seal/seal coat) uygulaması üzerine, kürünü tamamladıktan sonra slurry seal uygulamasının yapıldığı yüzey iyileştirme işlemidir. Bitümlü koruyucu sathi kaplama işleminin ardından kütleme için bekleme süresi minimum 3 gündür.	İlgili tabakalarda kullanılan bitümlü bağlayıcılar
İnce / Çok İnce Takviye Tabakası	Düşük kayma direncine sahip kaplama yüzeylerinde kayma direnci sorunun giderilmesi, sürüş konforunun ve servis kabiliyetinin artırılmasını sağlamak amacıyla yapılan ince veya çok ince takviye tabakası uygulamasıdır.	Mevcut trafik ve yapısal durumun gerektirdiği sınıf ve özellikteki bitümler
* Bitümlü Bağlayıcı Şartnamelerinde ASTM D 2397 standardına göre verilmiş olan bitüm emülsiyonlarının TS EN 13808 standardına göre KTŞ de yer alan karşılığı birlikte gösterilmiştir.		

6.1.1 Yüzey İyileştirmesinde Saha Değerlendirmesi ve Gerekli Temel Hazırlıklar

Bozulmuş bir kaplamanın rehabilitasyonunda yenileme işleminden ziyade, bazen yüzeysel küçük onarımlar yapılması yeterli iken, bazen de geri dönüşüm veya gençleştirme işlemi gibi biraz daha kapsamlı bir onarım faaliyeti yapmak kafi gelebilmektedir. Bu sebeple herhangi bir rehabilitasyon çalışmasına başlamadan önce ihtiyaç olan onarımların ve uygun olan yüzey iyileştirme faaliyetlerinin belirlenebilmesi amacıyla kaplama yüzeyinin detaylıca incelenmesi gerekir. Yapılan incelemeler ve değerlendirmeler neticesinde kaplamanın temel arızaları, yolun drenaj sorunları, enkesit ve profilde meydana gelen değişimler, kaplama yüzeyindeki çukurlar, çatlaklar, çöküntüler, cilalanmış ya da kuma görülen alanlar, geçirimli kesimler ve diğer yüzey kusurları eksiksiz olarak belirlenerek iyileştirme yöntemine karar verilir. Yapılacak işlem öncesinde kaplamada gerekli olan tüm düzeltici faaliyetler yapılır ve gerekli tüm önlemler alınır.

Örneğin kaplamada planlanan iyileştirme uygulaması öncesinde yama tamiratları ile çukur ve bozuk yüzeylerin onarımlarına ihtiyaç varsa, bu durumda ilgili kesimde yüzey iyileştirme işlemine başlamak için, yapılan tamirat ve onarımların trafik altında konsolidasyonunu (oturtmasını) tamamlaması amacıyla yeterli bir süre beklenmelidir. Benzer şekilde mevcut kaplama yüzeyi temiz değilse yüzey iyileştirme amaçlı kullanılan bitümlü malzeme kaplamaya yapışmayabilir. Bu nedenle özellikle kentsel alanlarda kaplama yüzeyindeki tozu ve gevşek agrega danelerini temizlemek için vakumlu bir süpürge (Şekil 6.2) veya dönen fırçalı bir süpürge kullanılması önerilir (Şekil 6.3). Süpürgelerin kullanımına ilave olarak temiz bir yüzey elde etmek amacıyla kaplamanın su ile yıkanması da gerekebilir.



Şekil 6.2. Vakumlu Süpürge (Vacuum Broom)



Şekil 6.3. Döner Süpürge (Rotary Power Broom)

Bitümlü kaplamalarda yapılacak olan rehabilitasyon yöntemine “KGM Karayolları Esnek Üstyapılar Rehabilitasyon Tasarım Rehberi”ne göre karar verilmektedir.

6.2 PÜSKÜRTME YÖNTEMİYLE YAPILAN YÜZEY İYİLEŞTİRME UYGULAMALARI

Agrega kullanmadan yalnızca bitüm emülsiyonları ile yapılan karartma tabakası (Fog seal), genleştiriciler ve toz önleyiciler ile karartma tabakasının bitüm - ince agrega karışımından oluşan özel bir uygulama türü olan bitümlü yüzey yalıtım harcı mevcut bozulmuş asfalt kaplama yüzeyine uygun bir distribütör yardımıyla ince bir tabaka halinde püskürtülerek uygulanmaktadır.

6.2.1 Karartma Tabakası (Fog Seal)

Fog seal, seyreltilmiş uygun bir bitüm emülsiyonunun yüzey iyileştirme amacıyla mevcut bitümlü kaplama yüzeyine ince bir tabaka halinde uygulanmasıdır (Şekil 6.4). Bitüm emülsiyonu, genelde bir birim emülsiyona bir birim su olacak şekilde bire bir (1:1) oranında seyreltilebilir. Fog seal uygulamasında oldukça düşük bir viskoziteye sahip olan seyreltilmiş bitüm emülsiyonu mevcut bitümlü kaplamadaki çatlaklara ve yüzey boşluklarına kolaylıkla nüfuz ederek kaplama üzerinde geçirimsiz bir yüzey oluşturur.



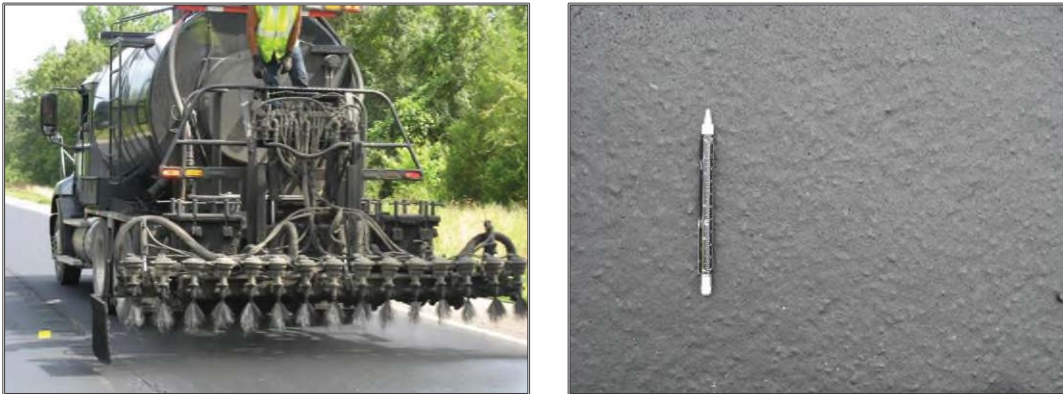
Şekil 6.4. Karartma Tabakası (Fog Seal) Uygulaması

Karartma tabakası, bitümlü karışım kaplamalarda oksidasyona uğramış (zamanla sertleşip kuru ve kırılgan hale gelmiş, yaşlanmış) yüzeylerinin yenilenmesinde, küçük çatlakların ve yüzey boşluklarının kapatılmasında ve bitüm soyulması ile agrega kopmalarının önlenmesinde, bitümlü sathi kaplamalarda ise agrega sökülmeleri ile kayıplarını engellemede, bitüm kusmalarına karşı koymada ve geçirimsizliği

sağlamada (kaplama yüzeyini stabil etmede) kullanılır. Bu düzeltici ve koruyucu faaliyet sayesinde kaplama ömrü uzatılabilir ve büyük bakım - onarım ihtiyaçları geciktirebilir. Fog seal, bitüm - agreg a karışımları ile yapılan yüzey iyileştirme uygulamaları kadar yüksek performanslı olmasa da planlanan amaçlar için doğru kullanıldığında etkin ve başarılı bir kaplama bakım yöntemidir.

Fog seal uygulamalarında genelde SS-1, RS-1, SS-1h, CSS-1, CRS-1, CSS-1h (ISSA, ASTM, AASHTO) sınıfında bitüm emülsiyonları veya C60BP2-3, C60BP4-2, C60BP9-2, C65BP2-3, C65BP4-2, C65BP9-3 (KTŞ) katyonik polimer modifiye bitüm emülsiyonları kullanılmaktadır. Uygulamadan beklenen performansa bağlı olarak farklı tasarım modifiye bitüm emülsiyonları da kullanılabilir. Esasen fog seal uygulaması için gerekli olan bitüm emülsiyon sınıfının ve özelliklerinin, uygulamanın yapılacağı yerin coğrafi konumu ve iklim koşulları ile trafik hacmine ve karayolu kaplamasının özelliklerine göre proje bazlı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Karartma tabakası uygulamasında kullanılacak olan bitüm emülsiyonunun yapışkanlığının minimum 90 (TS EN 13614' e göre), kalıntı bitümün penetrasyon değerinin maksimum 50 (0,1mm) (25 °C' de) (TS EN 1426'ya göre) ve elastik geri dönmesinin de minimum % 75 (10 °C' de) (TS EN 13398'e göre) olması önerilir.

Yüzey iyileştirme amaçlı olarak yapılan karartma tabakası uygulaması, sürtünme direncinin kritik olduğu durumlarda maksimum dane boyutu 2,36 mm olan kırılmış, yüksek kaliteli mineral agreganın kullanıldığı, katyonik bitüm emülsiyonu, polimer, su, agreg a ve ilave katkıların homojen karışımı ile hazırlanan ve bitümlü yüzey yalıtım harcı olarak adlandırılan harcın uygun bir distribütörle mevcut yüzeye püskürtülmesi ile yapılabilir. (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Bitüm Emülsiyonlu Yüzey Koruyucu Harç Uygulaması

Katyonik modifiye bitüm emülsiyonunun üretiminde Karayolu Teknik Şartnamesi (KTŞ) Kısım 412 “Bitümlü Bağlayıcılar” da istenilen kriterleri sağlayan ve TS EN 12591 “Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar - Kaplama Sınıfı Bitümler - Özellikler” standardında belirtilen esaslara uygun olan penetrasyon sınıfı bitümler kullanılır. Bitümü modifiye edici madde olarak genelde kaya asfaltları, göl asfaltları, termoplastik polimerler, lateks ve kauçuk gibi katkı maddeleri kullanılmaktadır. Katyonik modifiye bitüm emülsiyonun üretiminde kaplamanın yaşlanmış bitümünü iyileştirmek (reolojik özelliklerini geri kazandırmak) amacıyla gençleştirici katkı maddeleri de kullanılabilir.

Fog Seal Uygulaması İçin Kaplamanın Hazırlanması

Yüzey iyileştirme amaçlı karartma tabakası uygulamasının yapılacağı kaplama sathı toz, pislik, çamur ve diğer yabancı maddelerden tamamen arındırılmış olmalıdır. Bunun için kaplanacak yüzey döner süpürgeler veya diğer mekanik süpürgeler ile veyahut gerekirse el süpürgeleri yardımı ile süpürülerek temizlenmelidir. Fog seal uygulaması yapılacak yüzeyde çukurların olması durumunda, uygulama öncesinde çukurlar, tekniğine uygun bir yama malzemesi ile düzgün bir yüzey oluşturulacak şekilde onarılmalıdır.

Bitüm Emülsiyonunun Uygulanması

Uygulama yapmaya hazır hale getirilmiş kaplamaya, yüzey koruyucu katyonik modifiye bitüm emülsiyonu püskürtülmesi distribütör ile yapılacaktır. Bu amaçla kullanılacak distribütör, KTŞ Kısım 403 “Bitümlü Sathi Kaplama” ‘ da belirtilen özelliklerde; hızdan bağımsız olarak, miktarı önceden belirlenmiş olan emülsiyon malzemeyi kaplama yüzeyine azami hassasiyetle püskürtebilen, püskürtme barının yerden yüksekliği ayarlanabilen, yürüme hızı ve birim alana atılan bitümlü malzeme miktarı araç içerisinden kontrol edilebilen, ısıtma ve sıcaklık sistemlerine sahip yapıda ve özelliklerde olmalıdır.

Karartma tabakası uygulamasında, seyreltilmiş katyonik modifiye bitüm emülsiyon malzemesi, kaplanacak yüzeyin durumuna göre genelde 0,2 l/m² - 0,7 l/m² arası oranlarda uygulanmaktadır. Belirli bir proje için tam uygulama oranı, fog seal emülsiyonunun püskürtüleceği kaplamanın yüzey dokusu, kuruluşu ve çatlama veya sökülme durumuna göre belirlenir. Mevcut koşullar için en iyi uygulama oranını belirlemek için deneme kesimi yapılması önerilir. Uygulama sonrası kalıntı bitümün

araç tekerleklerine sarmasına veya muhtemelen kaygan bir yüzey oluşturmalarına neden olacağından aşırı uygulamadan kaçınılmalıdır. Aşırı püskürtme yapılan bölgenin kum malzeme ile hafif bir şekilde tozlanması sorunu giderebilir. Fog seal uygulaması yağışın olmadığı, hava sıcaklığının en az 10 °C ve kaplama yüzey sıcaklığının da en az 15 °C olduğu durumlarda yapılmalıdır.

Emülsiyon kür olana ve büyük oranda mevcut yüzey tarafından emilene kadar fog seal uygulaması yapılan kesim trafiğe açılmamalıdır. Kür süresi, sıcak ve kuru koşullarda bir saatten, soğuk ve nemli koşullarda ise üç saatten az olmamalıdır.

6.2.2 Gençleştiriciler (Rejuvenators)

Bitüm, iki temel kimyasal fraksiyondan oluşur. Bunlar asfaltenler (katı fraksiyon) ve maltenlerdir (sıvı fraksiyon). Asfaltenler karbon ve hidrojenle meydana gelen ve içerisinde bir miktar nitrojen, sülfür ve oksijen barındıran, siyah ya da kahverengi renkli amorf katılardır. Asfalten içeriği bitümün reolojik özellikleri üzerinde önemli derecede etkindir. Şöyle ki asfalten içeriğinin artmasıyla bitümün yumuşama noktası değeri artar ve penetrasyon değeri azalır, dolayısıyla da bitüm sertleşir ve daha yüksek bir viskoziteye sahip olur. Asfaltenler bitüm içeriğinin yaklaşık olarak %5'i ile %25 'i arasında bir kısmını oluşturmaktadır.

Maltenler kendi içerisinde reçineler, aromatikler ve doygunlar olmak üzere üç farklı kimyasal yapıya ayrılırlar. Bunlardan reçineler, asfaltenlerde olduğu gibi çoğunlukla hidrojen ve karbondan meydana gelmekte ve düşük miktarda oksijen, sülfür ve nitrojen içermektedirler. Rengi koyu kahverengi olan ve yarı katı durumda bulunan reçineler elektriksel olarak yüklüdür. Reçinelerin elektrik yüklü olma özellikleri onları kuvvetli bir yapışkan haline getirmektedir. Aromatikler bitümün yapısındaki en düşük molekül kütlelerine sahip naftenik yağ bileşenlerinden meydana gelen, koyu kahverengi renkli viskoz sıvılardır. Bitüm içerisindeki asfaltenlerin dağılması için gerekli olan ortamın önemli bir kısmını oluştururlar. Aromatikler bitüm içeriğinin yaklaşık olarak %40'ı ile %65'i arasında bir kısmını teşkil ederler. Doygunlar ise polar olmayan diğer bir ifadeyle suda çözünmeyen beyaz ya da saman renkli viskoz yağlardır. Doygunlar bitüm içeriğinin yaklaşık olarak %5'i ile % 20' si arasında bir kısmını oluşturmaktadır.

Bitümün yaşlanma sürecinde genelde maltenler oksitlenerek kütlece azalır. Bu durum bitümün bünyesindeki asfalten oranının artmasına, dolayısıyla da bitümün

sertleşmesine neden olur. Oluşan bu yaşlanma neticesinde de bitümlü karışımlar kuru ve kırılğan bir hale gelir.

Genleştiriciler kimyasal olarak yaşlanmış bir bitümün maltenlerini geri yerine koyamaz ve bitümü başlangıçtaki ilk kimyasal durumuna getiremez. Ancak yaşlanmış bir bitümün yük etkisiyle zaman içerisindeki davranış (reolojik) özelliklerini iyileştirebilir. Buradan hareketle içerisinde gençleştirici katkı bulunan bir fog seal emülsiyonu, aşırı derecede oksitlenmiş bir kaplama yüzeyine karartma tabakası teşkil etmenin yanında performans iyileştirici olarak da uygulanabilir. Diğer taraftan gençleştiriciler geri dönüşüm (recycle) karışımlarında yaşlanmış bitümün reolojik özelliklerini iyileştirmek için geri dönüşüm katkısı olarak da kullanılmaktadır.

6.2.3 Toz Önleyiciler (Dust Palliatives)

Toz önleyici, seyreltilmiş bitüm ya da reçine esaslı bir emülsiyonunun doğrudan kaplamasız bir yüzeye toz kontrolü amacıyla uygulanmasıdır. Uygulamada SS-1, SS-1h, RS-1, CRS-1, CQS-1h, CSS-1 veya CSS-1h (ISSA, ASTM, AASHTO) sınıfında bitüm emülsiyonları veya C50B9-4, C55B9-4, C60P9-3, C60B9-4, C60BP9-3, C60B2-3, C60B2-4, C60BP2-3, C60BP2-4 (KTŞ) katyonik bitüm emülsiyonları ya da son yıllarda geliştirilmiş olan su bazlı reçine esaslı emülsiyonlar kullanılmaktadır. Uygulamada genellikle bitüm emülsiyonları bir birim emülsiyona beş birim su (1:5) oranında, reçine esaslı emülsiyonlar ise bir birim emülsiyona dört birim su (1:4) oranında seyreltilerek kullanılırlar. Seyreltilmiş emülsiyon malzeme, gerektiğinde tekrarlanan uygulamalarla yol yüzeyine uygun bir bitüm distribütörü ile püskürtülür. Uygulama miktarı yaklaşık 0,45 l/m² ile 2,3 l/m² arasında değişir. Uygulanan toplam miktar, mevcut yüzeyin durumuna bağlıdır. Püskürtülen emülsiyonunun yüzeye bir miktar penetre olması istenir. Üzerinde su birikintisi bulunmayan nemli bir yüzey emülsiyon penetrasyonunu artıracaktır. Diğer püskürtme uygulamalarında olduğu gibi, mevcut koşullar için toz önleyicinin en ideal uygulama oranını belirlemek için deneme kesimi yapılması önerilir.

6.3 BİTÜMLÜ KORUYUCU SATHİ KAPLAMA (CHIP SEAL / SEAL COAT)

Bitümlü koruyucu sathi kaplama mevcut asfalt betonu kaplamanın ömrünü uzatmak, yüzey özelliklerini iyileştirerek performansı ile servis kabiliyetini artırmak ve kaplamayı güneşin, suyun ve trafiğin bozucu etkilerinden korumak için yapılan koruyucu bakım amaçlı bir yüzey iyileştirme yöntemidir.

Koruyucu sathi kaplama uygulaması ile mevcut bitümlü karışım, asfalt betonu kaplamalar üzerinde yeni bir yüzey tabakası oluşturulur (Şekil 6.6). Bu yeni yüzey tabakası ile mevcut kaplamada bulunan çatlakların (genişlik < 9,5 mm) kapanması sağlanmış ve dolayısıyla da bu çatlaklardan aşağıya sızabilecek su ve hava önlenmiş olur. Bu sayede koruyucu sathi kaplama, mevcut kaplamadaki oksidasyonu önler ve bitümün yaşlanmasını geciktirir. Kayma - sürtünme sayısının (SN, Skid Number) ve makro pürüzlülüğün artmasını sağlar. Yol yüzeyinin daha belirgin olmasını ve dolayısıyla yol yüzey işaretlemelerinin daha iyi fark edilebilmesine katkıda bulunur. Mevcut kaplamanın durumu (yapısal, çatlak, kuma, yüzey dokusu, yüzey sertliği, uniformluk vb.), yolun geometresi ve trafik hacmi ile kullanılan malzeme özellikleri koruyucu sathi kaplamanın performansına etki eden faktörlerdir.



Şekil 6.6. Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama (Seal Coat) Uygulaması

Bilindiği üzere sathi kaplamaların üstyapı ve kaplama tabakalarının yapısal mukavemetini artırıcı yönde bir katkısı yoktur. Bu nedenle mevcut kaplamada yapısal çatlaklar (timsah sırtı, boyuna ve enine yorulma çatlakları) bulunuyor ise koruyucu sathi kaplamalar bu tür bozulmaların giderilmesinde ve önlenmesinde etkili olmaz. Koruyucu sathi kaplamalar mevcut yolun düzgünlüğünü de gidermez ve sürüş konforunu arttırmaz. Bu açıdan bakıldığında yapısal kusurların ve hasarların fazlaca olduğu bir

yol kaplamasında çatlak tamirâtı ve diğêr iyileştirme faaliyetleri yapılmadan, koruyucu sathi kaplama uygulaması yapmak doğru bir işlem değıldir. Ancak koruyucu sathi kaplama geğıirimsizliğı artırması, oksidasyonu önlemesi gibi katkılarından dolayı yapısal olmayan kılcal çatlakların bulunduğıu asfalt betonu kaplamalarda tek başına uygulandığıında dahi uzun süre fayda sağılayabilmektedir.

Koruyucu sathi kaplamalar geleneksel sathi kaplamalarda olduğıu gibi agregâ ve bitümlü bağılayıcı olmak üzere iki temel bileşen malzeme kullanılarak teşkil edilmektedir. Koruyucu sathi kaplamadaki bitümlü bağılayıcı, agreganın (mıcırın) yol yüzeyine yapışmasını sağılarken, aynı zamanda mevcut kaplama yüzeyini de geğıirimsiz yapar. Agregâ ise mevcut kaplamanın yüzey dokusunu istenilen seviyeye getirir, sürtünme direncini artırır ve trafiğın aşındırıcı etkilerine karşı yeni bir yüzey oluşturur. Koruyucu sathi kaplama yol yüzeyine uygulanan bitümlü bağılayıcı üzerine hızlı bir şekilde uniform boyuttaki agreganın serilmesi ve peşinden silindirme işlemi yapılarak gerğıekleştirilir. İmalat tamamlandıktan sonra yüzeyindeki serbest halde bulunan agregâ süpürölerek yoldan uzaklaştırılır.

Koruyucu sathi kaplamadan yüksek performans elde etmek ve sağılanacak faydayı maksimum düzeye çıkarmak için uygulamanın yapılabileceğıi uygun asfalt betonu kaplamanın ve en ideal zamanlamanın tayin edilmesi olduğça önemlidir. Asfalt betonu kaplamanın yapısal kalitesi ve servis kabiliyetine bağılı olarak uygun koruma veya yenileme tipinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Koruyucu sathi kaplamalar doğru yerde ve doğru zamanda uygulandığıında asfalt betonu kaplamanın ömrünü uzatmada ve performansını iyileştirmede en ekonomik kaplama yüzeyi rehabilitasyonu yöntemidir. Bunun aksine koruyucu sathi kaplamanın gerekenden zamandan çok önce uygulanması çok az fayda sağılarken, çok geğı uygulanması da ömür/fayda ağıısından ekonomik olmamaktadır.

6.3.1 Koruyucu Sathi Kaplama Yapımında Kullanılan Malzemeler

Agregâ

Koruyucu sathi kaplama imalinde genelde kırma çakıl veya kırma taş agregalar kullanılmakta olup, agreganın yapılacak iyileştirme uygulamasına uygun boyut, şekil, gradasyon, temizlik ve yüzey özellikleri gibi belirli bazı gereksinimleri karşılaması gerekir.

Koruyucu sathi kaplamalarda kullanılan agrega boyutu granüler temel tabakası üzerine yapılan sathi kaplama agregası boyutuna oranla daha küçüktür. Hem üretim ve hem de kullanım bakımından ekonomi göz önüne alındığında koruyucu sathi kaplama (seal coat) uygulamasında kullanılacak agreganın olabildiğince üniform (tek boyutlu) olması istenir. Genel olarak üniform agreganın üretiminde kabul edilen boyut toleransı; agreganın en büyük dane boyutunun, en küçük dane boyutunun azami iki katı olmasıdır. Maksimum dane boyutu 12,5 mm'den küçük olan üniform agregalar, daha büyük boyutlu olan agregalara oranla daha sessiz ve pürüzsüz bir sürüş yüzeyi sağlarlar. Koruyucu sathi kaplamalarda kullanılan agrega gradasyon tipleri KTŞ Kısım 405'e göre aşağıdaki gibi olmalıdır (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Bitümlü Koruyucu Sathi Kaplama Agrega Gradasyonları

Elek Boyutu		Geçen %		
İnç, No.	mm	D-Tipi	E-Tipi	F-Tipi
1/2"	12,5	100		
3/8"	9,5	90 - 100	100	
1/4"	6,3		90 - 100	100
No.4	4,75	0 - 20	60 - 85	90 - 100
No.10	2,0	0 - 2	0 - 2	0 - 5
No.200	0,075			0 - 1

D - Tipi agrega gradasyonu mevcut yol yüzeyi kusmuş durumda olan asfalt betonu kaplamalarda, yol yüzeyi drenajının ve kayma - sürtünme direncinin kritik olduğu kesimlerde ve ağır taşıt trafiğinin yüksek olduğu kesimlerde tercih edilmelidir.

E - Tipi ve F - Tipi agrega gradasyonu ince olması nedeniyle daha düşük makro pürüzlülük ve dolayısıyla da daha az gürültü oluşturur. Bu sebeple ağır taşıt trafiğinin yoğun olmadığı kesimlerde ve şehir geçişlerinde tercih edilmelidir.

Koruyucu sathi kaplamada kullanılacak agrega şekli kübik formda olmalı, yassı danelerden kaçınılmalıdır. Çok sayıda yassı veya uzun daneli agregalar uygulamada istenmez. Zira sathi kaplamadaki kübik agregaları tutmak için gerekli olan bitüm filmi içerisine yassı daneli agregalar gömülebilir ve kısa zamanda kumalar görülebilir.

Diğer taraftan agreganın mukavemeti de yüksek olmalı, çevre ve trafik etkilerine karşı koyabilmelidir. Los Angeles deneyiyle agreganın mukavemeti ve parçalanmaya karşı

olan direnci belirlenmektedir. Koruyucu sathi kaplamada yüksek mukavemetli agregalar kullanılmalıdır. Los Angeles parçalanma değeri yüksek olan, düşük mukavemetli agregalar silindirme esnasında veya trafiğin etkisi ile kırılacağından degradasyona uğrayarak zaman içerisinde kuma ve soyulma problemlerinin ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Agrega - bitüm adezyonu da soyulma ve yapışma deneyleri ile çok iyi incelenmelidir. İstenilenden daha düşük soyulma ve yapışma durumlarında soyulma mukavemetini artırıcı katkı maddeleri kullanılmalıdır. Koruyucu sathi kaplamalarda kullanılan agrega dane boyutu ince olduğundan Vialit metodu ile yapılan yapışma deneyi düşen toplam agrega sayısı yerine düşen toplam agrega ağırlığına göre de yapılabilmektedir. Bu durumda deneyde kullanılacak olan agrega ve bitüm miktarları, koruyucu sathi kaplama dizaynında belirlenen değerler dikkate alınarak belirlenmelidir.

Kullanılan agrega temiz ve kuru olmalı, içerisinde yabancı madde içermemelidir. Agregada daneleri toz, silt veya kil ile kaplanırsa, bitüm – agrega arasında yapışmayı önleyen bir film oluşur. Bu duruma engel olmak amacıyla agrega kirden ve tozdan arındırılmalı, gerekirse üretim süreci sırasında veya stok sahasında uygun bir şekilde yıkanarak kurutulmalıdır. Kaplama imalinde bitümlü bağlayıcı olarak emülsiyon kullanıldığında hafif nemli agregalar tamamen kuru olan agregalara oranla yüzeye daha iyi yapışmaktadırlar.

Bitümlü Bağlayıcı

Koruyucu sathi kaplamalarda kullanılan bitümlü bağlayıcının görevi mevcut kaplama yüzeyi ile agregayı birbirine bağlayarak yeni bir yüzey tabakası meydana getirmektir. Bunun için kullanılan bağlayıcı uygulama esnasında yeterli akışkanlıkta, yani düşük viskoziteli olmalıdır. Sathi kaplama yapımında silindiraj esnasında örtü agregası kaplamada yerleşerek nihai vaziyetini alıncaya kadar bitümün bu düşük viskozitesi korunmalıdır. Kaplama işlemi tamamlandıktan sonra ise bitüm tekrar ilk sertliğini kazanmalıdır. Bitümün sertliğini kazanması bitümlü bağlayıcının tipine bağlı olarak dakikalar veya saatler alabilir.

Bitümlü bağlayıcı sertleştiğinde ya da kürünü tamamladığında agregayı (mıcırı) yeteri kadar sıkı tutmalıdır. Aksi takdirde trafiğin etkisiyle yüzeyde agrega kopmaları meydana gelir. Ayrıca uygulanacak bitümlü bağlayıcı miktarı da yeterli ölçüde olmalıdır ki hava değişimlerinde kuma veya soyulmalara izin vermemelidir.

Koruyucu sathi kaplama (seal coat) uygulaması için uygun bitüm tipinin ve derecesinin seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Sathi kaplama işleminin uygulanacağı yüzeyin mevcut durumu ve sıcaklığı
- Havanın sıcaklığı, nemi ve rüzgar durumu
- Uygulanacak agreganın cinsi ve özellikleri
- Bitümlü bağlayıcının püskürtülecek ve yüzeyi homojen bir şekilde kaplayacak kadar akıcı, ancak yüzeyde homojen bir tabaka halinde kalacak ve çöküntülerde birikinti oluşturmayacak veya eğimin etkisiyle akmayacak kadar viskoz olması
- Agregayı (mıcırı) yapıştırmak için gereken kıvamda olması
- Adezyonu iyileştirmesi ve geliştirmesi
- Sıkıştırma ve kürlenme sonrasında agregayı yol yüzeyinde sıkıca tutması ve trafik etkisiyle yerinden çıkmasını önlemesi
- Değişen hava koşullarında kuma veya soyulma yapmaması

Koruyucu sathi kaplama uygulamalarında genelde çabuk kür olan modifiye bitüm emülsiyonları ya da polimer modifiye bitümler tercih edilmekte olup, imalatta kullanılacak bitümlü bağlayıcı yukarıda sayılan gereksinimlerin tamamını karşılamalıdır. Koruyucu sathi kaplama seal coat uygulamalarında genelde RS-2, CRS-2, CRS-2h, CRS-2P, CRS-2L (ISSA, ASTM, AASHTO) sınıfında bitüm emülsiyonları veya C60BP2-3, C60BP2-4, C60BP4-3, C60BP4-4, C65BP2-3, C65BP2-4, C65BP4-3, C60BP4-4 (KTŞ) katyonik polimer modifiye bitüm emülsiyonları ya da PG 58-28, PG 64-28 performans sınıfı polimer modifiye bitümler kullanılmaktadır. Bunun yanında özellikle düşük trafikli yollarda yol yüzey özelliklerine bağlı olarak B 70/100, B 100/150, B 160/220 penetrasyon sınıfı bitümler de Karayolu İdaresinin izni ile kullanılabilir.

Koruyucu sathi kaplamalarda polimerlerle modifiye edilen bitümlü bağlayıcıların kullanılması agrega - bitüm adezyonunun daha iyi oluşmasını sağlar. Ayrıca bitüm emülsiyonu kalıntısının viskozitesini artırır ve dolayısıyla ilerde oluşabilecek kuma ve soyulma problemlerini minimuma indirir. Uygulamada bağlayıcı püskürtme sıcaklıkları polimer modifiye bitüm kullanılması durumunda 165 °C ile 185 °C arasında, polimer

modifiye bitüm emülsiyonu kullanılması durumunda ise 60 °C ile 90 °C arasında uygun bir değerde olmalıdır.

Koruyucu sathi kaplamaların performansının artırılması amacıyla agreganın önceden stok sahasında veya bir asfalt plentinde tüm yüzeyinin bitümle bulanması (prekote) işlemi de uygulanabilmektedir. Sathi kaplamada kullanılacak agregaları bu şekilde önceden bitüme bulamak ile; agrega - bitümlü bağlayıcı arasındaki adezyonu arttırmak, özellikle tozdan kaynaklanan potansiyel olumsuz etkileri azaltmak, kaplama yüzeyindeki trafik işaretlemelerini daha belirgin hale getirmek ve yeni serilen sathi kaplamada, araçların gevşek mıcır ları fırlatması sonucu oluşan hasar ları azaltmak amaçlanmaktadır.

Agregaların bitüme bulanması işlemi, viskoziteyi düşürmek amacıyla genelde yüksek oranda (yaklaşık %40) soğuk yama katkısı (akışkan yağ, flux oil) içeren yumuşak bitümler ile ya da özel üretilmiş, yüksek adezyon sağlayan bitüm emülsiyon ları ile yapılır. Depo alanında önceden bitüme bulanmış olan agregalar, zamanı geldiğinde, ekonomik ve etkili bir yüklemeye olanak sağlayacak şekilde, üzerleri plastik veya benzer örtülerle kapatılarak tozdan korunmalıdır lar (Şekil 6.7).

Önceden bitüme bulanmış agregalar la yapılan koruyucu sathi kaplama uygulamalarında genellikle düşük penetrasyon lu bitümler, katyonik polimer modifiye bitüm emülsiyonu bitümlü bağlayıcı lar ve adezyon artırıcı lar kullanılmaktadır.



Şekil 6.7. Bitüme Bulanmış (Prekote) Agreganın Stoklanması ile Uygulama Sonrası Yüzey Görünümü

Özellikle ağır taşıt trafiği fazla olan yüksek hacimli yollarda prekote agregalar ile asfalt betonu kaplamalar üzerine yapılan koruyucu sathi kaplamalar bitümle kaplanmamış agregalar la yapılan uygulamalara oranla daha başarılı sonuç lar vermektedir.

6.3.2 Koruyucu Sathi Kaplama Dizaynı

Koruyucu sathi kaplama dizaynında, uygun yüzey iyileştirmesi için gerekli olan bitümlü bağlayıcı ve kaplama agregası miktarının belirlenmesine yönelik birkaç teorik yaklaşım mevcuttur. Bunlar genellikle tipik olarak yapılan laboratuvar test sonuçları ile birlikte kullanılan bir takım matematiksel hesaplamaları ve yardımcı abakları içerir. Tasarım prosedüründeki temel esas, sathi kaplama agregası danelerinin yapıştırıcı bitüm filmi içerisine en ideal durum olan, agrega en küçük boyutlar ortalamasının %70 oranında gömülmesini sağlayacak bitüm ve agrega miktarının tayin edilmesidir. Bunun için uygulamada kullanılacak agreganın özellikleri, ortalama boyutu, yassılık indeksi, sathi kaplama yapılacak yolun geometrik özellikleri ile yoldaki trafik hacmi, mevcut sathın durumu ve yörenin iklim koşulları gibi birtakım hususlar dikkate alınarak optimum malzeme miktarları belirlenmektedir.

Bitümlü koruyucu sathi kaplama (seal coat) uygulamasında kullanılacak agrega ve bitümlü bağlayıcı özellikleri, agrega gradasyon tipleri ve yapım teknikleri KTŞ Kısım 405'te istenilen şartlara ve kriterlere uygun olmalıdır. Koruyucu sathi kaplama yapımında kullanılacak olan agrega ve bitümlü malzeme miktarları ise yukarıda belirtilen esaslar doğrultusunda KGM tarafından yayınlanmış "Sathi Kaplama Dizayn Rehberi"ne göre belirlenmelidir. Koruyucu sathi kaplama uygulamasında bitüm emülsiyonu kullanılması durumunda ise bitüm emülsiyonundaki "kalıntı bitüm miktarı" dizayn bitüm miktarı hesabında dikkate alınmalıdır. Uygulama öncesinde dizayn sonuçlarının ve uygulamaya dair tolerans ve önerilerin olduğu bir "Sathi Kaplama Dizayn Raporu" da mutlaka tanzim edilmelidir.

6.3.3. Yapım Koşulları

Koruyucu sathi kaplamaların performansı her şeyden önce yapılan imalatın kalitesine bağlıdır. İyi bir sathi kaplama imalatı için malzemeler kadar kullanılan ekipmanların da doğru seçilmesi, kalibrasyonlarının zamanında yapılması ve operatörlerinin eğitilmiş olması oldukça önemlidir. Bu nedenle koruyucu sathi kaplama yapımında kullanılacak araçların ve ekipmanların ayarlarının imalat öncesinde yapılması gerekmektedir. Bunun haricinde kaplanacak mevcut kaplama yüzeyi de özenle hazırlanmalıdır.

İmalat Öncesi Yapılması Gerekenler

Kullanılacak ekipmanların kalibrasyonları önceden kontrol edilmeli ve aksaklıklar giderilmelidir. Distribütör nozulları uygun açılarda ve aynı yönde, sprej bar yüksekliği ideal ölçüsünde olmalıdır. Uygulama esnasında bitümlü bağlayıcı ve agreganın dizaynda önerilen miktarlara uygun olarak doğru oranda tatbik edilebilmesini sağlamak amacıyla, kaplanacak yol dışındaki müsait bir alanda deneme kesimi yapılarak mıcır serici ve distribütör ekipmanları imalata başlamadan önce kontrol edilmeli ve gerekli tüm ayarlamaları ve düzeltmeleri yapılmalıdır.

Koruyucu sathi kaplama yapılacak mevcut yol yüzeyi imalata başlanmadan önce mekanik süpürgeler veya el süpürgeleri ile süpürülerek tamamen temizlenmelidir. Kaplama yüzeyinde toz, kir veya hiçbir yabancı madde bulunmamalıdır. Ayrıca kaplanacak asfalt betonu kaplama üzerinde bulunan yapısal olmayan ve tamir gerektiren çatlaklar, çukurlar, tümsekler, ondülasyonlar v.b. tüm bozulmalar uygun malzemeler ve uygun yöntemlerle koruyucu sathi kaplama uygulaması öncesinde muhakkak onarılmalıdır.

Bitümlü Bağlayıcının Uygulanması

Koruyucu sathi kaplama tasarımı sonucunda önerilen miktardaki bitümlü bağlayıcı distribütör ile homojen olarak yol yüzeyine püskürtülebilmelidir. Herhangi bir nedenle bitümüm ulaşmadığı noktalara el püskürtücüsü vasıtasıyla bitüm uygulaması da yapılmalıdır. Tasarımda belirlenen bitüm miktarını uygulayabilmek için daha önceden deneme kesiminde belirlenmiş distribütör araç hızına ulaştıktan sonra distribütör nozulları açık duruma getirilerek püskürtme işlemine başlanılmalıdır. Uygulama esnasında hava, yol yüzeyi ve bağlayıcı sıcaklıkları sıklıkla kontrol edilmelidir.

Bitümlü bağlayıcı kaplama yapılacak yüzey kuru iken ve uygulamanın yapılacağı yerdeki hava sıcaklığı gölgede en az 15 °C ve yükselme eğiliminde iken ya da mevcut kaplama yüzey sıcaklığı 25 °C ile 60 °C arasında iken uygulanmalıdır. Uygulamanın yapılacağı günün gecesinde hava sıcaklığının 5 °C'nin altına düşmesi ihtimali varsa bu gündüz hava sıcaklığı gölgede en az 15 °C olsa dahi seal coat uygulaması yapılmamalıdır. Bununla birlikte aşırı rüzgarlı (hızı > 15 km/saat) veya yağışlı havalarda ya da yağmur yağma olasılığı bulunan durumlar ile gölgede hava sıcaklığının 45 °C ve üzerinde olduğu zamanlarda koruyucu sathi kaplama uygulaması yapılmamalıdır. Benzer şekilde yağışlı havalar ile emülsiyonun kesilme süresi içinde

yağmur yağma olasılığı veya sathi kaplama uygulamasından sonraki 24 saat içinde hava sıcaklığının 0 °C ve altına düşme ihtimali olduğu durumlarda da bitüm emülsiyonu kullanılarak koruyucu sathi kaplama uygulaması yapılması uygun değildir.

Uygulama sırasında kaplama ek yerlerinin düzgün olması ve püskürtme yapılan yüzeyin tamamında bitümün eşit miktarda ve homojen olarak dağılmasını sağlamak için gereken tüm tedbirler alınmalıdır. İmalatın devam etmediği durumlarda distribütör nozullarından yol yüzeyine damlayabilecek bitümlü bağlayıcıya engel olmak için distribütör altına gerekirse uygun bir tava yerleştirilmelidir.

Koruyucu sathi kaplama yapımında uygulanan bitümün miktarı, yerinde yapılacak kalite kontrol bitüm keçe/tava deneyleri ile tespit edilmeli, varsa dizaynda önerilen bitüm miktarı ile arasında olan sapmanın KGM “Sathi Kaplama Dizayn Rehberi” nin izin verdiği toleranslar içinde olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Bitüm kısa süre içerisinde sertleştiğinden dolayı agreganın yapışma işlemi emülsiyon bağlayıcılara göre daha hızlı gerçekleşir. Dolayısıyla yol trafiğe daha kısa süre içerisinde açılabilir. Ancak havadaki bağıl nemin % 50 den daha fazla olduğu ve uygulamada emülsiyon türü bir bağlayıcının kullanıldığı durumlarda emülsiyonun kesilmesi gecikebileceğinden yolun trafiğe açılması biraz zaman alabilir.

Fırçalamayla Yalıtım (Scrub Seal)

Fırçalamayla yalıtım, aşırı oksitlenmiş ve bozulmuş mevcut asfalt betonu kaplamalarda yüzey iyileştirme amaçlı yapılan bitümlü koruyucu sathi kaplama (seal coat) imalatında nadiren (projenin ihtiyacına göre) kullanılan bir bitümlü bağlayıcı uygulama tekniğidir. Fırçalamayla yalıtım işlemi geleneksel bir koruyucu sathi kaplamanın bitüm emülsiyon bağlayıcısı (yapıştırıcısı) uygulanırken distribütörün hemen arkasından çekilen sisal fırçalı süpürgeler yardımıyla yapılır (Şekil 6.8). Bu işlemle yüzeyin sızdırmazlığını ve su geçirmezliğini iyileştirmek için emülsiyon kaplamanın çatlaklarına doğru itilir.



Şekil 6.8. Fırçalamayla Yalıtım (Scrub Seal) Uygulaması

Fırçalamayla yalıtım için katyonik modifiye bitüm emülsiyonları ve gençleştirici ajanlar birlikte kullanılabilir. Ancak agregaya serilmeden önce bitüm emülsiyonunun mevcut yüzeyde fırçalanarak itilebilmesi için yeterli zamanı ve stabiliteyi sağlayacak şekilde özel olarak formüle edilmiş olması gerekir.

Agreganın Uygulanması

Koruyucu sathi kaplama tabakasında kullanılacak olan agregaya kuru ve temiz olmalıdır. Ancak emülsiyon türü bir bağlayıcı kullanılacağına göre agregaya hafif nemli olabilir. Bitümlü bağlayıcının kaplanacak yüzeye püskürtülmesinden hemen sonra dizaynda önerilen miktardaki agregaya, muhakkak kendinden tahrikli olan bir mıcır serici vasıtasıyla homojen bir şekilde serilmelidir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Seal Coat Uygulamasında Agregaya Serimi

Bitümlü bağlayıcı, kaplanacak yol yüzeyine püskürtüldükten hemen sonra mevcut kaplama sıcaklığına kadar soğuyacağından mıcır serimi, bitüm filminin en çok bir

dakika içerisinde agrega ile kaplanabileceği kadar ideal bir hızda yapılmalıdır. Serim sırasında gerekenden fazla oranda agrega uygulamasından dolayı oluşabilecek yığıntılar alttaki tabaka örselenmeden düzeltilmeli, bitümlü bağlayıcı uygulanmayan bölgelere taşan agregalar el süpürgesi vasıtasıyla hemen uzaklaştırılmalıdır. Benzer şekilde agrega uygulanmayan noktalara da kürek vasıtasıyla ilave agrega serilmeli ve bu sayede silindiraj esnasında bu kısımların silindir tekerleklerine yapışması önlenmelidir. Agrega serimi püskürtülen bitüm filminin tamamını kapatacak genişlikte yapılmalı, boyuna ve enine ek yerlerinde agrega uygulanmamış hiçbir yüzey bırakılmamalıdır. Bitümlü bağlayıcı distribütörü ile mıcır serici arasında en fazla 5 m mesafe olmalıdır.

Agrega uygulanması sırasında yerinde yapılacak kalite kontrol deneyi (tepsi/kutu deneyi) ile serilen mıcır miktarı tespit edilmeli, dizaynda önerilen agrega miktarı ile uyumlu olup olmadığı kontrol edilmelidir. Dizayn ve uygulama agrega miktarları arasında sapma olup olmadığı hakkında rapor tutulmalıdır. KGM “Sathi Kaplama Dizayn Rehberi” mıcır için tolerans vermemiş olup, hiçbir durumda dizaynda önerilenden fazla miktarda mıcırın yola serilmesine izin verilmemelidir. Zira fazla miktarda uygulanan mıcır daneleri birbiri üzerine gelerek kırılmalara neden olmakta, bitüm içerisine yerleşmiş olan mıcır danelerine de itme kuvveti uygulayarak yerinden oynamalarını kolaylaştırmaktadır. Böylelikle yol yüzeyinde fazla miktarda bulunan serbest mıcır trafik güvenliğini tehdit etmektedir. Ayrıca gereksiz miktarda fazla malzeme kullanımı koruyucu sathi kaplama maliyetini de artırmaktadır.

Silindirme

Serme işleminden hemen sonra silindirme işlemine başlanılmalıdır. Silindirme mutlaka kendinden tahrikli, basıncı ayarlanabilir lastik tekerlekli silindirler ile yapılmalıdır. Çelik bandajlı silindirlerin kullanımına agreganın çatlamasına, kırılmasına ve ufalanmasına neden olacağı için hiçbir durumda izin verilmemelidir. Silindirme işlemi boyuna doğrultuda olmalı ve kaplamanın dış kenarlarından başlanarak eksene doğru ilerlenmelidir. Silindir her geçişinde, bir evvelki geçişte silindirlenen kısma ön tekerleklerin yarısı kadar bir bindirme yapılmalıdır.

Mıcır serici ile silindir arasında azami 10 m mesafe olmalı, mıcır sericinin arkasında mümkünse serim genişliğini kapatabilecek sayıda, bu mümkün değilse en az iki adet silindir bulundurulmalıdır. Silindirler birbiri arkasında bindirmeli olarak tüm serimi

kapatacak şekilde hareket ettirilmelidir. Silindir lastik basınçları tüm tekerlerde aynı olmalı ve yol yüzeyine eşit oranda basınç uygulamalıdır. Tekerlek basınçları uygulama öncesinde kontrol edilmeli ve aralarındaki basınç farkının 5 psi' dan fazla olmaması sağlanmalıdır.

Silindirlleme işlemi tamamlandığında agrega gömülmesi görsel olarak kontrol edilmelidir. İmalatı tamamlanmış sathi kaplama yüzeyinden rastgele seçilerek koparılan agrega danelerinin bitüme batma derinliği % 50 den az olmamalıdır.

Koruyucu sathi kaplama yüzey iyileştirme uygulaması istisnai durumlarda birden fazla tabaka halinde yapılabilir. Ancak bu durumda her bir tabaka imalatı için belirli bir sertleşme/kürleşme süresi kadar beklenilmelidir. Bir sonraki bitümlü uygulamanın yapımına başlanılmadan önce, bir önceki uygulamanın uygun koşullar altında 1 ile 7 gün arasında kürleşmesine izin verilmelidir.

Enine ve Boyuna Ek Yerleri

Seal coat uygulaması sırasında pürüzlü ve göze hoş görünmeyen enine ek yerlerinden kaçınabilmek için inşaat kağıtları kullanılmalıdır. Yeterli uzunluğu olan kağıdın ön tarafı kaplama üzerinde enine ek yerinin geleceği şerit genişliğince yerleştirilir ve kalan kısmı tamamlanmış kaplama üzerine, kaplama uzunluğu boyunca geriye doğru serilir. İstenen uygulama oranı için doğru hızda hareket eden distribütör kağıdın üzerine geldiğinde bitümlü bağlayıcıyı püskürtmeye başlar. Böylelikle distribütörün püskürtme çubuğu kaplanacak olan yüzeye ulaştığında, tam ve üniform bir bitüm uygulaması garanti edilmiş olur. İkinci bir inşaat kağıdı da distribütör için önceden belirlenmiş bitiş noktasında benzer şekilde kaplanmamış yüzey üzerine şerit genişliğince yerleştirilir. Bu prosedür düz ve keskin bir enine derz teşkil edilmesini, sağlar. Mıcır serici kağıtların üzerinden geçtikten sonra kağıtlar çıkarılarak enine ek yeri işlemi tamamlanır.

Mevcut asfalt betonu kaplamada tam genişlikte yapılacak bitümlü bağlayıcı ve agrega uygulamaları boyuna ek yerlerini ortadan kaldırır. Ancak çoğu yüzey iyileştirme çalışmasında trafiğe yol vermek gerektiğinden boyuna derz kaçınılmaz olur.

Boyuna ek yerlerinde agrega birikmesini önlemek için serilen agreganın kenarı ile uygulanan bitümlü bağlayıcının kenarı çakışmalıdır. Bunun için birden fazla şerit halinde yapılan uygulamalarda püskürtülecek bitümlü bağlayıcının yandaki şeride taşmayarak kenarına tam yaslanması ve agreganın da bu kenar boyunca bağlayıcı

üzerine tam denk gelmesi sağlanmalıdır. Boyuna ek yerleri mümkün olabildiğince araç tekerleklerin geçeceği hat üzerine denk getirilmemelidir.

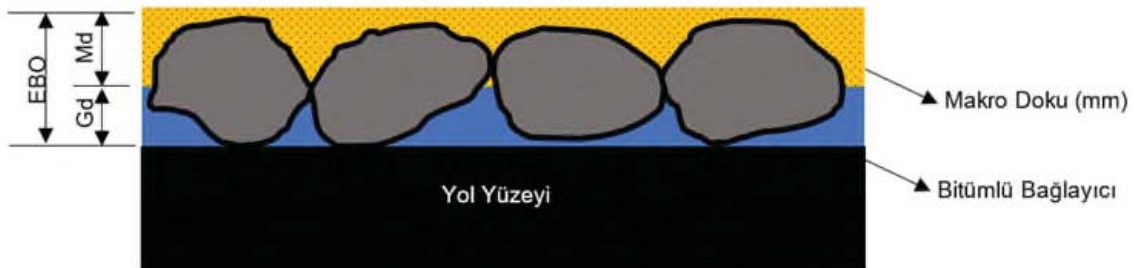
Süpürme

Koruyucu sathi kaplama yüzey iyileştirme işlemi (seal coat) tamamlandıktan ve bitümlü bağlayıcı uygun şekilde kürlendikten sonra yüzeydeki gevşek parçacıkları temizlemek için vakumlu ya da mekanik döner süpürgeler kullanılmalıdır. Sathi kaplama seriminden hemen sonra süpürme işlemi kesinlikle yapılmamalı, modifiye ya da penetrasyon sınıfı bir bitüm kullanılıyor ise bağlayıcı sertleşinceye kadar, emülsiyon kullanılıyor ise bağlayıcı kesilinceye kadar beklenmelidir. Bitüm filmine gömülü agrega parçacıklarının yerinden çıkmaması için sadece hafif bir süpürge basıncı kullanılmalı ve günün serin saatlerinde süpürme işlemi yapılmalıdır.

6.3.4. Kalite Kontrol

Agrega Gömülme Kontrolü

Agreganın bağlayıcı içerisinde istenilen miktarda gömülmesi koruyucu sathi kaplama performansı açısından oldukça önemlidir. Gömülme miktarı imalatı tamamlanmış sathi kaplamadan koparılan agrega danelerinin bitümle temas eden yüksekliklerine göre görsel olarak tespit edilebilir. Ancak bu işlem, kontrolü yapan kişiye göre değişebileceğinden agreganın en küçük boyutlar ortalaması ile sathi kaplamanın makro pürüzlülük (doku derinliği) değeri kullanılarak agrega gömülme derinliği aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Şekil 6.10).



Şekil 6.10. Agreg Gömölme Derinliği Modeli

$$Gd = \frac{(EBO - Md)}{EBO} * 100$$

Burada;

Gd = Gömölme derinliği (%)

EBO = Agreganın en küçük boyutlar ortalaması (mm)

(Bkz. KGM Sathi Kaplama Dizayn Rehberi)

Md = Makro doku derinliği (mm)

(Bkz. KGM Sathi Kaplama Dizayn Rehberi)

Agrega gömölme kontrolüne bitümlü bağlayıcı sertleşip sathi kaplama stabil hale geldikten sonra başlanmalıdır. Bağlayıcı olarak emülsiyon kullanılıyor ise gömölme derinliği kontrolü emülsiyon kesildikten sonra yapılacaktır Bu kontrol genelde sathi kaplama yapımından yaklaşık 24 saat sonra yapılmaktadır. Gömölme derinlikleri kaplama uzunluğu boyunca minimum her 500 metrede bir yapılacak olan 3' er adet makro pürüzlülük (kum - yama) testi ile belirlenebilir. Buna ilaveten kum - yama testi yapılan noktalardan kopartılacak en az 3' er adet mıcırın gömölme derinlikleri de görsel olarak kontrol edilebilir.

Koruyucu sathi kaplama uygulamasında mıcır için ideal gömölme derinliğinin % 35 ile % 70 arasında olması istenir. Gömölme derinliğinin % 35' in altında olması durumu genelde yetersiz silindiraj, eksik bitüm ya da aşırı fazla agrega kullanımı nedenleriyle ortaya çıkmakta olup, erken dönemde soyulma ve agrega kaybı tarzı bozulmaların olabileceğinin habercisidir. Gömölme derinliğinin % 70' in üzerinde olması durumu ise gereğinden fazla miktarda bitümlü bağlayıcı ya da eksik miktarda agrega kullanılması nedeniyle ortaya çıkmakta ve erken dönemde kuma problemlerin yaşanabileceğini göstermektedir.

Gözlemsel Değerlendirme

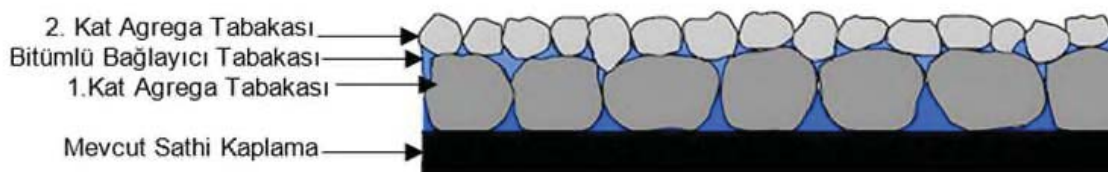
Koruyucu sathi kaplama imalatının ardından yolun trafiğe açılmasıyla kaplamada soyulmalar meydana gelebilir. Bu gibi erken soyulmaların nedenleri için imalatlarda aşağıdaki konular araştırılmalıdır;

- Yetersiz bağlayıcı miktarı ve/veya aşırı miktarda agreganın kullanımı
- Uygun olmayan agreganın gradasyonu
- Tozlu ve kirli agreganın kullanımı
- Agreganın-bitüm adezyonu tam gerçekleşmeden erken trafik ya da düşük hava sıcaklığı durumu
- Uygun olmayan distribütör nozulları veya açılarının ya da spreynin bar yükseklikleri
- Yetersiz ya da hatalı silindirme

Sathi kaplama imalatından sonra görülen soyulmaların onarımı ancak yeni bir sathi kaplama imalatı ile giderilebilir. Bu nedenle yukarıda bahsedilen hususların imalat öncesi titizlikle kontrol edilmesi gerekmektedir.

6.4 BİTÜMLÜ KORUYUCU SATHİ KAPLAMA (SANDWICH SEAL)

Bitümlü koruyucu sathi kaplama (sandwich seal) sandviç şeklinde iki agreganın arasına tek kat yapıştırma tabakası uygulanarak teşkil edilen ve yüzey iyileştirme amaçlı kullanılan bir sathi kaplama türüdür (Şekil 6.11). Bu yüzey iyileştirme tabakası yaygın olmamakla birlikte özellikle yüzeyde sıklıkla bitüm kusması problemleri olan veya fazla miktarda agreganın sökülmesi görülen sathi kaplamalarda yüzey dokusunun onarılması amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 6.11. Sandwich Seal Sathi Kaplama

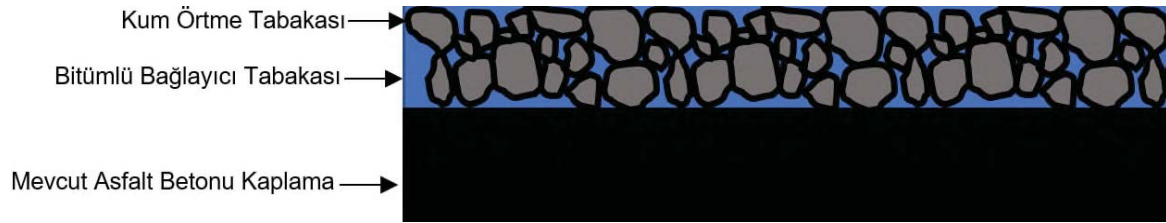
Sandwich seal kaplamalar, iyileştirme yapılacak yüzeye önce büyük dane boyutlu (5/8 inç - 3/4 inç (16 mm - 19 mm)) uniform bir agreganın serilmesi, ardından üzerine bitüm emülsiyonun püskürtülmesi ve peşi sıra daha küçük boyutlu (1/4 inç – 1/2 inç (6 mm - 13 mm)) uniform bir agreganın uygulanmasıyla teşkil edilir.

Uygulamada çabuk kür olan sınıfı bitüm emülsiyonları ya da katyonik normal veya polimer modifiye bitüm emülsiyonları kullanılmaktadır. Büyük boyutlu agreganın ilk başta uygulanması mevcut sathi kaplama üzerindeki kusmuş yüzeyin üstesinden

gelmeye yardımcı olur. Sandwich seal kaplama uygulaması bir karışım sorununun göstergesi olan asfalt betonu kaplama yüzeyinde bulunan fazla bitümü veya lokal kuma (fat spots) bozulmalarını düzeltmez.

6.5 BİTÜMLÜ KORUYUCU SATHİ KAPLAMA (SAND SEAL)

Kum örtme tabakası (sand seal) ince agrega kullanılarak yapılan tek katlı bir bitümlü koruyucu sathi kaplama uygulamasıdır. Genelde kaygan asfalt betonu kaplama yüzeyinin kayma direncini arttırmak ile hava ve su geçirimine karşı kaplamada sızdırmazlık sağlamak için uygulanır. Bitümlü koruyucu sand seal, kum örtme tabakasına ait uygulama prosedürleri seal coat ile benzerdir (Şekil 6.12) .



Şekil 6.12. Sand Seal Sathi Kaplama

Uygulamada genellikle RS-1, CRS-1, MS-1 veya MS-2 (ASTM) sınıfı bitüm emülsiyonları veya C60BP2-3, C60BP2-4, C60BP4-3, C60BP4-4 (KTŞ) katyonik modifiye bitüm emülsiyonları $0,70 \text{ l/m}^2$ ile $0,90 \text{ l/m}^2$ arası oranlarda kullanılır. Bitümlü bağlayıcı üzerine serilen örtü kum miktarı $5,5 \text{ kg/m}^2$ ile $8,0 \text{ kg/m}^2$ arasında değişir.

6.6 BİTÜM EMÜLSİYONLU HARÇ TİPİ KAPLAMA (SLURRY SEAL)

Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal karışımlar genelde mevcut asfalt betonu kaplamalardaki oksidasyonu ve yaşlanmayı önlemek, aşınma kaynaklı sökülmelere ve bitüm kusmalarına engel olmak, yüzeysel çatlakları kapatarak kaplamayı geçirimsiz yapmak ve yeni bir yüzey dokusu oluşturarak sürtünme direncini arttırmak gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplama; bitüm emülsiyonu, sürekli gradasyonlu agrega, kimyasal aktif ya da inaktif mineral filler (çimento, sönmüş kireç, taş tozu vb.), su ve kesilmeyi düzenleyen katkı maddelerinin belli oranlarda hareketli bir sericide karıştırılarak bulamaç (harç) haline getirilmesi ve bulamacın uygun şekilde hazırlanmış yüzey üzerine çekpas silecekler veya yayıcı bir kutu yardımıyla ince bir tabaka halinde serilmesiyle teşkil edilmektedir. Serilen karışım kesilip, kürünü aldığı anda mevcut kaplamaya çok iyi yapışmış, yüksek oranda bitüm içeriğine sahip sert bir yüzey teşkil edilmiş olur. (Şekil 6.13).

Tek katmanlı ya da çok katmanlı olarak uygulanan harç tipi kaplamalar kullanılan malzeme ve karışım özellikleri ile tasarım farkları ve uygulama tekniklerine bağlı olarak adlandırılmaktadırlar. Buna göre harç tipi kaplamaların genelde normal bitüm emülsiyonları ile yapılan ve tek tabaka olarak uygulanan ince tipi slurry seal, polimer modifiye bitüm emülsiyonları ile yapılan ve çok tabakalı olarak uygulanan tipi ise micro surfacing olarak isimlendirilmektedir.



Şekil 6.13. Bitüm Emülsiyonlu Harç Tipi Slurry Seal Kaplama Uygulaması

Slurry seal uygulanmasında karışımın kürlenmesi termal etkiyle olurken (bitüm emülsiyonu bünyesindeki suyun buharlaşarak kalıntı bitümün sertleşmesi, yavaş kesilen sistem), micro surfacing uygulamasında ise ilave katkıları sayesinde kimyasal reaksiyonla (çabuk kesilen sistem) gerçekleşmektedir. Bu özellik micro surfacing uygulamasının gündüz saatleri haricinde gece de yapılabilmesini mümkün kılar. Micro surfacing uygulamasını slurry seal' den ayıran diğer bir önemli özellik ise micro surfacing' in özel serici bir aparat yardımıyla uygulandığında belirli bir derinliğe kadar tekerlek izinde oturma problemleri olan kaplamalarda koruyucu - önleyici özelliği yanında düzeltme tabakası olarak onarım amacıyla da kullanılabilmesidir.

Bitümlü karışım kaplama yüzeylerinin hem önleyici hem de koruyucu bakımında kullanılan slurry seal, kaplamanın yapısal dayanımını artırmaz. Bu nedenle kaplamada ve üstyapıda bulunan yapısal olarak zayıf durumdaki lokal alanlar slurry seal uygulamasından önce onarılmalıdır. Kaplamadaki tekerlek izinde oturmalar, tümsek ve çukurlar, ondülasyonlar ve geniş çatlaklar da önceden düzeltilmelidir.

Slurry seal, asfalt yüzeyinin oksidasyonundan kaynaklanan yüzey sıkıntılarını azaltmaya yardımcı olabilir. Ayrıca çalışmayan çatlakları kapatarak, sökülmeleri durdurur. Mevcut kaplama yüzeyinin hava ve su geçirgenliğini azaltır, kayma direncini ve kaplama görünümünü iyileştirir.

Mevcut bir asfalt betonu kaplamada harç tipi slurry seal uygulamasının yüzey iyileştirme işleminde sağlayacağı ilave avantajlar da mevcuttur. Bunlar:

- Slurry seal'in hızlı uygulanabilir olması
- Yüzeyde gevşek örtü agregası oluşturmaması
- Kusursuz uniform bir yüzey dokusu oluşturmaması
- Küçük yüzey düzensizliklerini düzeltmesi
- Kırmızı kotta minimum yükseklik kaybına neden olması
- Yol çizgi boyaalarının görünürlüğünü artırması (karatma tabakası)

6.6.1 Slurry Seal Uygulamasında Kullanılan Malzemeler

Bitümlü Bağlayıcı

Slurry seal harç tipi kaplama karışımların üretiminde bitümlü bağlayıcı olarak normal bitüm emülsiyonları kullanılmaktadır. Ancak nadiren de olsa polimer modifiye bitüm emülsiyonlarının kullanılmasını gerektirecek durumlar da olabilmektedir. Bitümlü bağlayıcı olarak SS-1h, CSS-1h, CQS-1h, CQS-1hP ya da CQS-1P (ISSA) sınıfında bitüm emülsiyonları veya C60B9-3, C60B9-4 C60B9-5, C65B9-3 C65B9-4, C65BP9-3 (KTŞ) katyonik bitüm emülsiyonlarından biri kullanılabilir. Slurry seal harcında kullanılacak bitüm emülsiyonu kendi sınıfına has tanımlama kriterlerinin yanında ayrıca aşağıdaki özelliklere de sahip olmalıdır (Tablo 6.3).

Tablo 6.3. Slurry Seal Uygulamasında Kullanılacak Bitüm Emülsiyonu Özellikleri

Deney Adı	Özellik	Deney Standardı
Kalıntı Bitüm İçeriği, %	≥ 60	ASTM D 6997 AASHTO T 59
Saybolt Viskozitesi (25 °C' de), s	20 - 100	ASTM D 7496 AASHTO T 59
Kalıntı Bitüm Penetrasyonu (25 °C' de), 0.1 mm	40 - 100	ASTM D 5 TS EN 1426
Kalıntı Bitüm Yumuşama Noktası, °C	≥ 57	AASHTO T 53 TS EN 1427
Yapışkanlık, %	≥ 90	TS EN 13614

Slurry seal uygulamasında polimer modifiye bitüm emülsiyonu kullanımının zorunlu olduğu durumlarda emülsiyon, içeriğindeki kalıntı bitüm miktarının ağırlıkça minimum %3'ü oranındaki uygun bir modifiye edici polimer katkı malzemesi ile modifiye edilmelidir. Modifikasyon işleminde harç tipi kaplamanın adezyonu ile çatlamaya karşı direncini arttırmak ve bitümlü bağlayıcının sıcaklık duyarlılığını azaltmak amacıyla doğal kauçuk (NR), Stiren-Butadien-Kauçuk (SBR), Stiren-Butadien-Stiren (SBS), Etilen Vinil Asetat (EVA) ve Polikloropren Lateks (PCL) tarzı termoplastik katkıları kullanılmalıdır. Modifikasyon işlemi; bitüm emülsiyonun üretimi sırasında kolloid emülsiyon değirmeninde yapılabilir. Ancak bitümün önceden uygun bir modifikasyon

tesisinde uygun bir katkı ile modifiye edilmesi ve sonrasında bu modifiye bitümle kolloid değirmende emülsiyon üretilmesi de mümkündür.

Slurry seal uygulaması dizayn raporunda belirtilen tip ve özelliklerdeki bitüm emülsiyonu ile yapılmalıdır. Slurry seal uygulamasının polimer modifiye bitüm emülsiyonuyla yapılması durumunda emülsiyondaki bitüm içeriği minimum % 62 olmalıdır.

Agrega

Slurry seal uygulamasında kullanılacak agrega, kırmataş veya kırma çakıldan hazırlanmalıdır. Kırmataş agrega granit, bazalt veya diğer yüksek kaliteli magmatik kökenli kayaçların, kırılmış çakıl ise %100'ü 1 ½" (38 mm) elek üzerinde kalan çakılın kırılmasından elde edilecek agrega olmalıdır. Harç tipi slurry seal kaplama karışımları kullanım amaçlarına göre üç farklı tip gradasyonda teşkil edilebilmektedir. Gradasyon tiplerine ait alt ve üst sınır limitleri ile kullanım yerleri ve slurry seal kaplama harcının uygulama miktarları aşağıda verilmiştir (Tablo 6.4).

Tablo 6.4. Harç Tipi Slurry Seal Kaplama Gradasyon Limitleri ve Uygulama Miktarları

Elek Boyutu		Geçen %		
İnç No.	mm	Tip - 1	Tip - 2	Tip - 3
3/8"	9,5		100	100
No.4	4,7	100	90 - 100	70 - 90
No.8	2,36	90 - 100	65 - 90	45 - 70
No.16	1,18	65 - 90	45 - 70	28 - 50
No.30	0,600	40 - 60	30 - 50	19 - 34
No.50	0,300	25 - 42	18 - 30	12 - 25
No.100	0,150	15 - 30	10 - 21	7 - 18
No.200	0,075	10 - 20	5 - 15	5 - 15
Uygulama Miktarı kg/m ²		4,3 - 6,5	5,4 - 9,8	8,1 - 13,0
Kalıntı Bitüm %'si (100'e bitüm)		10,0 - 16,0	7,5 - 13,5	6,5 - 12,0

Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal karışımları için tabloda verilen uygulama miktarları ile kalıntı bitüm yüzdeleri karışım içerisindeki agreganın kuru ağırlığına göre olup, slurry seal karışımının kesin uygulama miktarı agreganın özgül ağırlığına ve kaplanacak yüzeyin durumuna göre belirlenmelidir.

Tip-1; Gradasyonlu karışım, asıl amacın yalıtım olduğu, kaplamada mikro çatlakların ve hafif yüzey bozulmalarının oluştuğu, düşük trafik hacmine sahip yollarda tek tabaka slurry seal kaplama olarak uygulanmalıdır.

Tip-2 ve Tip-3; Gradasyonlu karışımlar yalıtımın yanında kaplamada oluşan ciddi derecedeki sökülme, oksidasyon, ilerlemiş yüzey çatlaklarının ve düzgünsüzlüklerinin onarım ve düzeltilmesi ile kaplamanın kayma direncinin artırılması amaçlarıyla orta ve yüksek trafik hacmine sahip yollarda tek tabaka slurry seal veya tek ya da çok tabakalı micro surfacing kaplama olarak uygulanabilir.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal kaplama uygulamasında kullanılacak agrega ve bitümlü bağlayıcı özellikleri, agrega gradasyon tipleri ve yapım teknikleri KTŞ Kısım 410'da istenilen şartlara ve kriterlere uygun olmalıdır.

Mineral Filler ve Katkı Maddeleri

Bitüm emülsiyonlu slurry seal harcında; kıvamı ve stabilizasyonu iyileştirmek amacıyla portland çimentosu, sönmüş kireç, kireçtaşı tozu, uçucu kül veya ASTM D 242 standardındaki kriterleri sağlayan, kimyasal olarak aktif ya da inaktif diğer malzemelerden biri mineral filler olarak kullanılabilir. Karışıma girecek mineral filler miktarı dizayn çalışmasında belirlenecek olup; bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplamadaki toplam agreganın (mineral filler dahil) kullanılacak gradasyon tipinin şartname tolerans limitleri içerisinde kalması kaydıyla, toplam kuru agrega ağırlığının maksimum %3' ü kadar olmalıdır. Ayrıca bitüm emülsiyonlu harç üretiminde kullanılacak su da içilebilir nitelikte olmalı ve içerisinde suda eriyebilen zararlı tuzlar bulunmamalıdır.

Uygulamada slurry seal karışımının sertleşme ve kür süresini ayarlamak ya da teşkil edilecek tabakanın stabilitesini artırmak amacıyla karışımın tasarımında mineral filler harici sıvı ya da katı ilave katkıları, adezyonu artırıcı yüzey aktifleştirici maddeler, cam elyafı vb. malzemeler kullanılabilir. Ancak slurry seal karışımında kullanılacak mineral filler ve ilave katkı malzemelerin ne olacağı ve hangi oranlarda kullanılacağı hazırlanacak "Karışım Dizayn Raporu"nda mutlaka belirtilmelidir.

6.6.2. Slurry Seal Karışımı Dizaynı

Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal karışım dizaynı ASTM D 3910 "Design, Testing and Construction of Slurry Seal", ISSA Recommended Performance Guideline For

A 105 “Emulsified Asphalt Slurry Seal”, A 115 “Polymer - Modified Emulsified Asphalt Slurry Seal” veya TS EN 12273 “Bitümlü Harç Kaplamalar-Gerekler” standartlarında belirtilen esaslar doğrultusunda hazırlanmalıdır. Laboratuvarda yürütülen dizayn çalışmasına slurry seal harcında kullanılacak olan malzemelerinin değişen oranlarda karıştırılması ile başlanır. Bunun için sahada uygulaması planlananlarla aynı cins ve özelliklerdeki malzemeler kullanılmalıdır.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplamada kullanılacak her tür malzeme, agrega, mineral filler, katkı ve bitüm emülsiyonu, tüm kalite kontrol deneyleri tamamlanmış olarak, uygulama başlamadan yeterince bir süre önce karışım dizaynı yapılacak laboratuvara teslim edilmelidir. Bitüm emülsiyonlu harç tipi karışımların tasarımı uzmanlık gerektirdiğinden dizayn çalışması yetkin ve tecrübeli hatta mümkünse bu konuda akredite olan bir laboratuvarında yapılmalıdır.

Harç tipi slurry seal kaplama karışımının tasarımında harcın kıvamı ile kesilme, kürleşme, kohezyon, stabilite vb. kararlılık göstermesi istenilen özelliklerinin belirli kriterleri sağlaması gerekmektedir. Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal kaplama dizaynında; yürütülen testler ve aranan özellikler aşağıda verilmiştir (Tablo 6.5).

Tablo 6.5. Bitüm Emülsiyonlu Harç Tipi Slurry Seal Kaplama Dizayn Kriterleri

Deney Adı	Aranan Özellik	Deney Standardı
Karıştırma Süresi (25 °C' de), s	$\geq 180^a$	ISSA TB 113
Islak Kohezyon, Tork Değeri Min. 30. Dakikadaki (Kesilme Anı), kg.cm Min. 60. Dakikadaki (Trafığa Açılma Anı), kg.cm	≥ 12 ≥ 20	ISSA TB 139 TS EN 12274-4
Islak Yol Aşınma Testi ile Min. Bitüm İçeriği Tayini 25 °C Suda 1 saat Koşullandırılma ile Kayıp, g/m ²	$\leq 807^b$	ISSA TB 100 TS EN 12274-5
Yüklü Tekerlek Testi ile Maks. Bitüm İçeriğinin Tayini (Yapışan Kum Miktarı), g/m ²	≤ 538	ISSA TB 109
Karışım Kıvamı, cm	2 - 3	ISSA TB 106 TS EN 12274-3
Polimer Modifiye Slurry Seal Uygulamasında ^a : 150 ve ^b : 647		

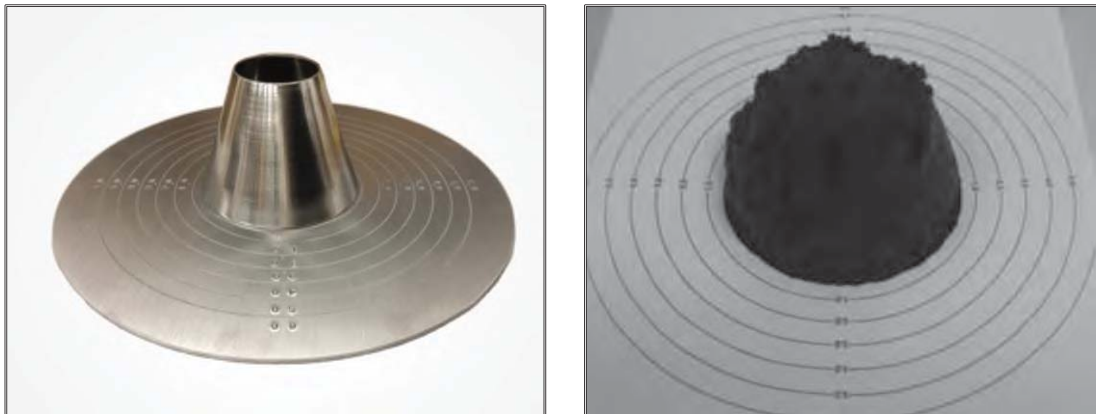
Harç tipi slurry seal karışımı tasarımının amacı serim yapılacak kaplama yüzeyinde düzgün bir tabaka elde edebilmek için sericinin önünde rahatça akabilecek kremi bir dokuya sahip, yarı sıvı, homojen özellikte bir bitümlü harç karışımı üretmek olup, bunun

için karışımaya girecek olan malzemelerin optimum oranlarının, agreganın kuru ağırlığına göre belirlenmesi başlıca hedeftir. Laboratuvar dizayn çalışmaları sırasında yürütülen testlerden; karıştırmaya süresi testi ile slurry seal karışımını oluşturan malzeme bileşenlerinin kullanım oranları ile karışımın kesilmeden elle karıştırılabilmesi süre belirlenir (şekil 6.14). Karışımın harç tipi kaplama üretimi sırasında kesilmeden karıştırılabilmesi için gerekli olan minimum bir s reye ihtiyaç vardır. Karıştırmaya süresi testi sırasında bu süre ile birlikte ayrıca bitüm emülsiyonlu karışım için gerekli olan su ve katkı içeriği de belirlenmektedir.



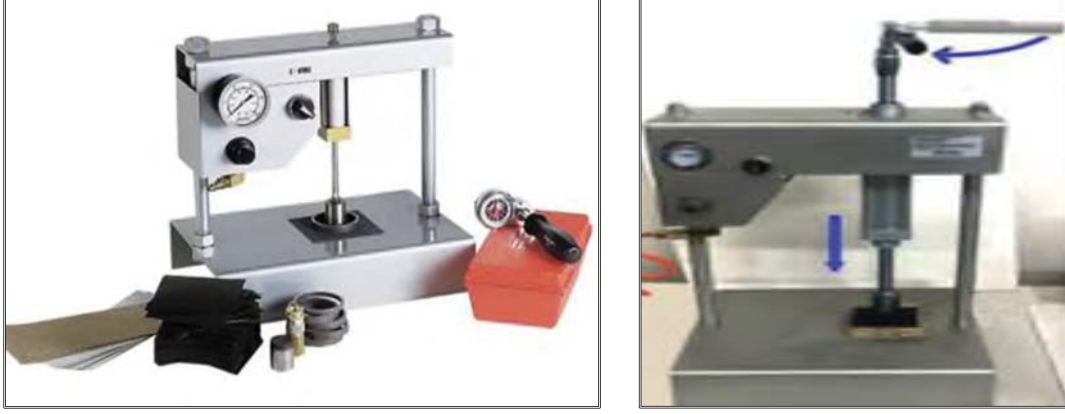
şekil 6.14. Bitüm Emülsiyonlu Slurry Seal Harcının Karıştırmaya Süresi Tayini

Karışım kıvam testi ile slurry seal harcının işlenebilirliği tayin edilmektedir. Bunun için uygun bir koni yardımıyla karışımın serbest halde yayılma miktarı belirlenir (şekil 6.15).



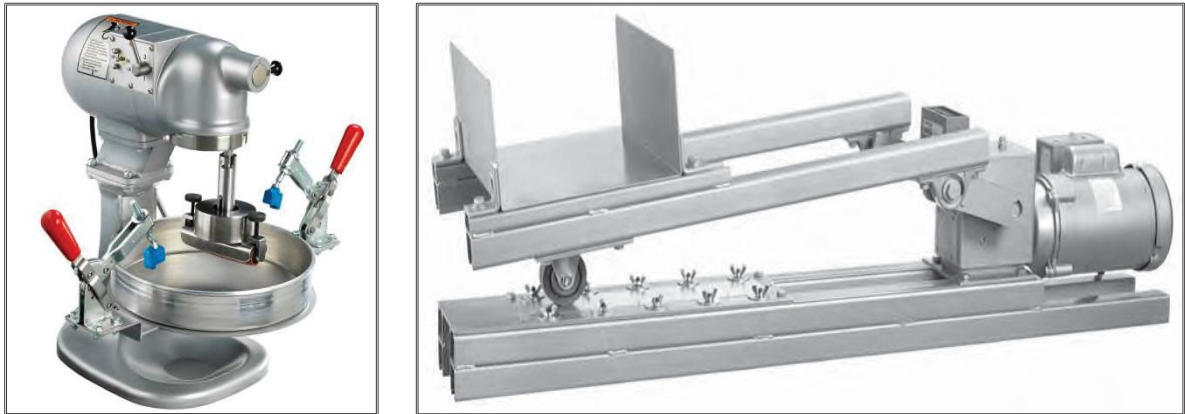
şekil 6.15. Bitüm Emülsiyonlu Slurry Seal Harcının Kıvam Testi

Islak kohezyon testinde tork değerinin zamana göre değişimi ve slurry seal karışımının kesilme anı ile kürünü tamamlayıp yolun trafiğe açılacağı andaki harç kaplamanın dayanım ve stabilite durumu belirlenmektedir (şekil 6.16).



şekil 6.16. Bitüm Emülsiyonlu Slurry Seal Kaplama Islak Kohezyon Test Cihazı

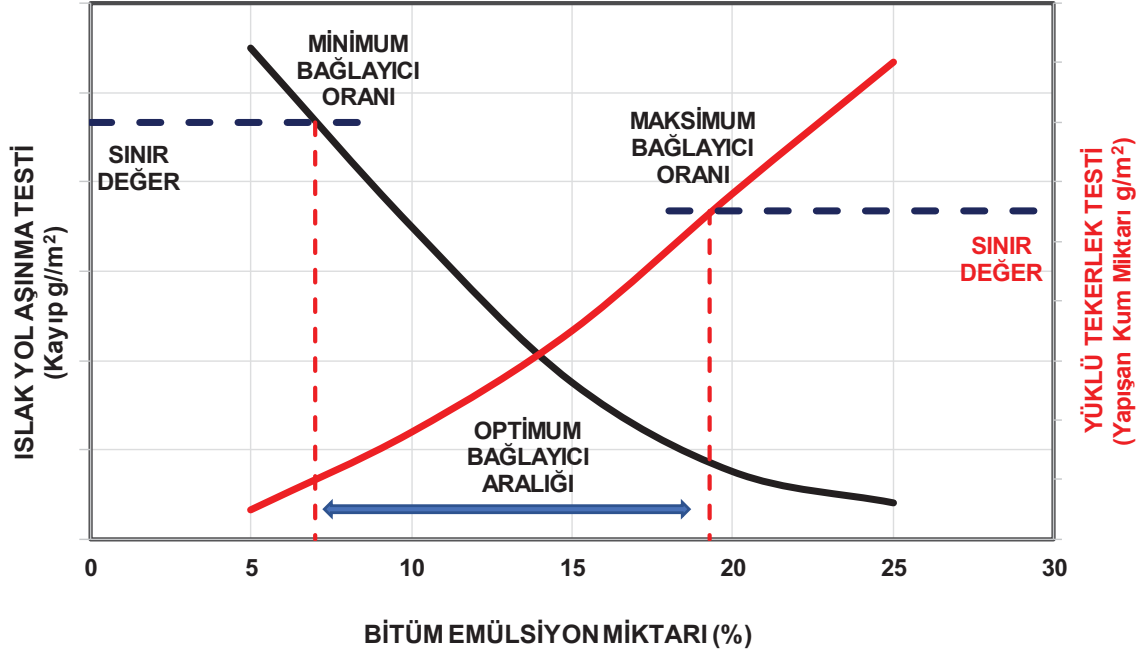
Islak yol aşınma kaybı testi ile slurry seal karışımının trafik altında aşınmaya karşı yeterince mukavim olacağı minimum bağlayıcı (bitüm emülsiyonu) oranı, yüklü tekerlek testi ile de karışımın trafik yükleri altında aşırı deformasyon yapmadan stabil kalabileceği maksimum bitümlü bağlayıcı oranı tayin edilmektedir (şekil 6.17).



şekil 6.17. Bitüm Emülsiyonlu Slurry Seal Islak Yol Aşınma Kaybı ve Yüklü Tekerlek Testi Cihazları

Bitüm emülsiyonlu harç tipi karışımın optimum bağlayıcı oranı; artan bağlayıcı oranlarında hazırlanmış karışımlara yapılan ıslak yol aşınma kaybı testi ile yüklü tekerlek testinden elde edilen sonuçların, bitümlü bağlayıcı oranlarına göre

değişimlerinin birlikte gösterildiği grafik yardımıyla, her iki test sonucuna dair sınır (kriter) değerler için en ideal sonucu verecek oran olarak belirlenir (Şekil 6.18).



Şekil 6.18. Bitüm Emülsiyonlu Harç Tipi Karışımın Optimum Bağlayıcı Seçim Grafiği

Bitüm emülsiyonlu harç tipi karışımların tasarımında “International Slurry Surfacing Association” ISSA’ ya göre yüklü tekerlek testi zorunlu iken, TS EN 12273 “Bitümlü Harç Kaplamalar-Gerekler” standartlarında bu zorunluluk bulunmamaktadır. Harç tipi karışımların tasarımı uzmanlık gerektirdiğinden tasarımda yüklü tekerlek testi kullanılması bizim de önerimizdir. Zira tasarım sonucunda bitüm emülsiyonlu harç tipi karışım için optimum bağlayıcı oranının tayinin de diğer kriterlerle birlikte farklı bitüm emülsiyon oranlarında hazırlanan karışımlara yapılan her iki testten elde edilen sonuçlara ait birleştirilmiş grafiğin kullanılması en azından dizayn konusunda yeni başlayanlar için tecrübe kazanmak adına yardımcı olacaktır.

Bu testler haricinde bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal karışımına aşınma, yapışma ve karışım bütünlüğü bakımında bitümlü bağlayıcı - agrega arasında uyumluluk tayini testleri de yapılabilmektedir.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal kaplama karışımına giren agrega, bitüm emülsiyonu, su, mineral filler ve diğer katkılara ait mekanik ve fiziksel özellikleri, malzemelerin optimum oranlarını, karışımın tasarımına dair laboratuvar deney

sonuçlarını ve harç tipi karışımın uygulama esaslarını içeren teknik detay ve bilgilerin olduğu bir “Karışım Dizayn Raporu” mutlaka hazırlanmalı ve ilgili Karayolu İdaresi tarafından onaylanmadan uygulamaya başlanılmamalıdır.

6.6.3 Harç Tipi Slurry Seal Kaplama Uygulama Esasları

Onaylı laboratuvar karışım dizaynı, işyeri karışım formülüne (İKF) esastır. Tasarımda slurry seal karışımına giren malzemelerin optimum oranları, karışımdaki agreganın kuru ağırlığı esas alınarak belirlendiğinden, uygulama esnasında harç tipi karışıma girecek su ve diğer malzemelere ait kullanım oranlarının, mevcut şartlar ve koşullar altında hazırlanacak karışım özelliklerinin dizayn çalışmasındaki ile benzer özelliklerde olacak şekilde belirlenerek ayarlanması oldukça önemlidir. Bu amaçla bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal karışımının agrega gradasyonu ile uygulamaya esas karışım toleransları KTŞ Kısım 410’ da verilen sınırlar içerisinde olmalıdır.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal kaplamalar hem kaplanacak yüzeyin hem de havanın sıcaklığının 7 °C’ nin üzerinde ve artma eğiliminde olduğu, yağış ihtimali olmayan havalarda yapılmalıdır. Kaplanacak mevcut asfalt betonu yüzeyin ve havanın sıcaklığının 10 °C’ nin altında ve düşme eğiliminde olduğu durumlar ile uygulamadan sonraki ilk 24 saatlik dilimde donma ihtimali olan koşullarda da uygulama yapılmamalıdır.

Kaplanacak Yüzeyin Hazırlanması

Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal kaplama uygulamasından hemen önce, mevcut asfalt betonu yüzey tüm gevşek malzemelerden, tozdan, çamurdan, organik ve kimyasal diğer zararlı maddelerden mekanik ya da vakumlu süpürgelerle süpürülerek ve gerekirse su ile yıkanarak tamamen arındırılmalıdır. Temizleme işleminde su kullanılması durumunda, harç tipi kaplama imalatından önce mevcut yüzeyin ve çatlaklar içerisindeki suyun tamamen kurumuş olması gerekmektedir.

Uygulama öncesinde mevcut kaplama yüzeyindeki yol çizgileri ve işaret boyaları mevcut yüzey ile yeni teşkil edilecek slurry seal kaplaması arasındaki adezyonu düşürmemek için tamamen silinmeli ve varsa 6.5 mm’ den daha fazla genişliğe sahip çatlaklar temizlenerek uygun yalıtım malzemesi ile “KGM Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalar Çatlak Kapama Rehberi”ne göre doldurularak onarılmalıdır. Ayrıca yüzeydeki mevcut menhol kapakları ya da mazgallar uygun bir malzeme ile slurry seal

harcının sanat yapısı içerisine girişine engel olacak şekilde kapatılmalıdır. Bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplama yapılacak mevcut yüzeye, çok kuru olmadığı ya da aşırı oksidasyona uğramadığı sürece tack coat uygulaması yapmaya gerek yoktur. Ancak slurry seal karışımında kullanılan emülsiyonla aynı evsafa olan çabuk kesilen bir bitüm emülsiyonu ile (1:3 oranında seyreltilebilir) yüzey durumuna göre 0,20 l/m² ile 0,60 l/m² arası bir oranda yapıştırma tabakası (tack coat) uygulaması yapılması adezyonu arttırmak için faydalı olacaktır (Şekil 6.19).



Şekil 6.19. Harç Tipi Kaplama Uygulaması Öncesinde Çatlak Tamirâtı ve Tack Coat Uygulaması

Slurry Seal Harcının Üretimi ve Koruyucu Tabaka Teşkili

Bitüm emülsiyonlu harç tipi slurry seal kaplama uygulaması, bu iş için özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiş harç tipi karışım kaplama makinası ile yapılmalıdır. Makine; hızı ayarlanabilir, kendinden tahrikli olan sürekli çalışabilen tipte veya uygun bir kamyonu monte edilmiş çekilebilir tipte olmalıdır (Şekil 6.20).



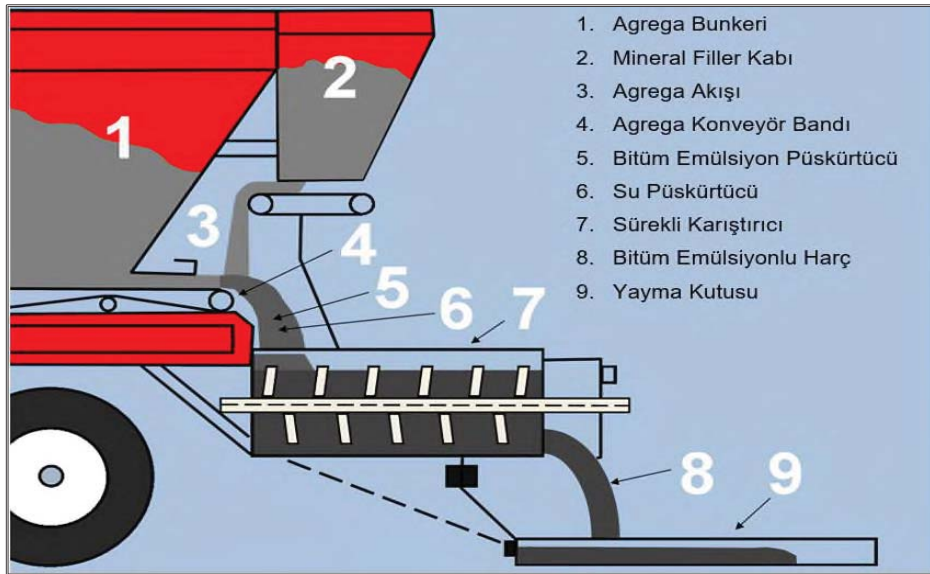
Şekil 6.20. Sürekli Çalışabilen Tipte ve Kamyonu Monteli Tipte Harç Tipi Kaplama Makineleri

Harç tipi slurry seal karışım makinesinde; agrega, mineral filler, su, katkı ve bitüm emülsiyonunu hacim ya da ağırlık esasına göre ölçebilecek doğru bir ölçüm donanımı ile malzemeleri sıralı ve zamanlı olarak önceden belirlenen oranlarda otomatik olarak ve düzgün bir şekilde karıştırabilecek sürekli akışlı bir karıştırma ünitesi bulunmalıdır (Şekil 6.21).



Şekil 6.21. Harç Tipi Kaplama Makinesinin Sürekli Akışlı Karıştırma Ünitesi

Bitüm emülsiyonlu harç tipi karışım makinesi, karıştırılmış malzemeyi kesintisiz bir şekilde boşaltarak yayabilecek donanımda tam kontrollü özellikte ve karışıma giren malzemeler için yeterli depolama kapasitesi ile kaplama yapılacak yüzeyi püskürtme yöntemiyle ıslatabilecek özellikte sprey barlara ve basınçlı su sistemine de sahip olmalıdır (Şekil 6.22).



Şekil 6.22. Tipik Harç Tipi Slurry Seal Kaplama Makinesinin Bölümleri

Karıştırma ünitesinde hazırlanan slurry seal karışımı; kaplama makinesinin hemen arkasında yer alan ve kaplanacak yüzeye temas edecek şekilde kurulu bulunan, yayma kutusuna (spreader box, Şekil 6.23) otomatik olarak boşaltılarak hedeflenen kalınlıkta ve düzgün bir şekilde yüzeye yayılarak serilmelidir. Karıştırma ünitesinden yayma kutusuna dökülen harç uygun kıvamda ve yayıcının tüm genişliğince homojen bir şekilde serim için yeterli miktarda olmalıdır. Yayma kutusunun aşırı yüklenmesine ve topaklanmış veya karıştırılmamış malzemenin yola serilmesine ya da yayma kutusuna serim sırasında su püskürtülmesine kesinlikle izin verilmemelidir.



Şekil 6.23. Harç Tipi Slurry Seal Karışımı Yayma Kutusu (Spreader Box)

Karışımın mevcut kaplama yüzeyine homojen bir şekilde serilmesini sağlamak ve istenilen yüzey dokusunu elde etmek amacıyla kaplama kutusunun bitiş kısmına esnek ya da rijit yapıda bir sıyırma aparatı takılı olmalıdır. Pürüzsüz bir yüzey dokusu elde etmek için gerekirse kaplama kutusuna telis bezi tarzı uygun bir kumaş takılarak da yeni serilmiş slurry seal yüzeyi düzeltilebilir (Şekil 6.24).



Şekil 6.24. Slurry Seal Yayma Kutusunda Esnek Sıyırma Aparatı ve Kumaş Uygulaması

Slurry seal uygulaması sırasında boyuna ve enine derz yerlerinde malzeme yığılmasına veya kaplanmamış alan bırakılmasına izin verilmemelidir. Proje uzunluğu boyunca minimum sayıda enine ve boyuna derz oluşturmak için kesintisiz besleme yapılabilen sürekli çalışabilen tipte ve uygun genişlikte yayma ekipmanına sahip bir makine kullanımı tercih edilmelidir. Boyuna derz yerlerinde maksimum bindirme genişliği 15 cm olmalı ve boyuna derz yerlerinin olabildiğince trafik şerit çizgilerinin çizileceği yerlere denk getirilmesine özen gösterilmelidir. Derz yerlerinde bindirmeden kaynaklı kot farkı, en az 3 metre uzunluğundaki rijit yapıdaki mastarla ölçüldüğünde mevcut kaplama kotundan maksimum 6 mm yukarıda olmalıdır.

Uygulama sırasında harç tipi kaplama makinasının serim yapamadığı banket ve bordür kenarları gibi yerlerde karışım serimi elle yapılabilir.

Yeteri kadar kür olana kadar harç tipi slurry seal kaplama her türlü trafikten korunmalıdır. Taşıt trafiğine izin verilmesi için gereken sürenin uzunluğu kullanılan bitüm emülsiyonun tipine, harç tipi karışımın özelliklerine ve hava şartlarına bağlıdır.

Düşük ve orta trafik hacmine sahip yollarda, harç tipi slurry seal kaplama yeterince sertleştikten sonra basıncı ayarlanabilir lastik tekerlekli silindirle en az iki pas silindirlendikten sonra trafiğe açılmalıdır.

Bitüm emülsiyonunlu harç tipi kaplamanın sahadaki uygunluğunun tespiti için uygulamadan önce, kaplanacak yüzey haricinde düzgün bir yüzey üzerinde deneme uygulaması yapılmalıdır. Deneme uygulamasında sahadaki agreganın rutubeti ile çevre ve hava koşullarına göre bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplama makinesin çalışma ayarlarında ve dizayna bağlı kalmak kaydıyla İKF' ye esas bitümlü bağlayıcı, agrega su, katkı ve diğer malzeme miktarları ile karışım oranlarında gerekli revizyon ve ayarlamalar yapılmalıdır. Laboratuvar karışım dizaynında değişiklik yapılmasını gerektirecek bir revizyon ihtiyacı durumunda serim yapılmamalı ve karışım dizaynı tekrar edilmelidir.

6.6.4 Kalite Kontrol

Bitüm emülsiyonunlu harç tipi slurry seal kaplama inşasında "KGM Kalite Kontrol Yönergesi"ne uygun olarak, kullanılan malzemelere ve yapılan imalatlara uygulanacak deneyleri ve ilgili standartlarını, numunelerin alınma zamanı ve yerleri ile yürütülecek testlerin periyotları ve sıklıklarını gösteren, kalite kontrol testlerinde kullanılacak

laboratuvarlara dair bilgileri de içeren detaylı bir “Kalite Kontrol Planı” hazırlanmalı ve ilgili Karayolu İdaresinin onayına sunulmalıdır. Bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplamanın kalite kontrol testleri onaylı “Kalite Kontrol Planı”na uygun olarak gerçekleştirilmelidir.

“Kalite Kontrol Planı”na göre yürütülecek olan kalite kontrol faaliyetlerinde; dizayn sürecinden imalatın sonuna kadar, bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplamayı oluşturan karışımın ve karışıma giren tüm bileşenlerinin mekanik ve fiziksel özellikleri ile kullanım oranlarının ve uygulama miktarlarının KTŞ Kısım 410’ da belirtilen kriterlerin tamamını sağladığı kanıtlanmalıdır.

6.7. BİTÜM EMÜLSİYONLU HARÇ TİPİ KAPLAMA (MICRO SURFACING)

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing (mikro yüzey) kaplamalar; mevcut asfalt betonu kaplamalarda meydana gelen yüzeysel bozuklarının iyileştirilmesinde kullanılan harç tipi slurry seal kaplamanın yetersiz kaldığı, yüzey iyileştirmenin yanında, düşük şiddetli tekerlek izinde oturmalar ile diğer yüzey düzgünsüzlük ve hatalarının onarımının da gerektiği durumlarda rehabilitasyon amaçlı kullanılan harç tipi bir koruyucu kaplama uygulaması türüdür (Şekil 6.25).

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplama; yapımında kullanılan malzeme ve ekipman türü ve özelliklerine ait bazı farklar dışında temelde slurry seal kaplamaya benzer teknik ve yöntemlerle teşkil edilir. Bu farklardan en önemlisi micro surfacing uygulamasında bağlayıcı olarak her zaman polimer modifiye bitüm emülsiyonu kullanılmasıdır.



Şekil 6.25. Micro Surfacing Uygulaması

Diğer önemli bir fark ise slurry seal uygulanmasında karışımın kürlenmesi termal etkiyle olurken (bitüm emülsiyonu bünyesindeki suyun buharlaşarak kalıntı bitümün sertleşmesi, yavaş kesilen sistem), micro surfacing uygulamasında kullanılan katkıları sayesinde kürlenme kimyasal reaksiyonla (çabuk kesilen sistem) gerçekleşmektedir. Çabuk kesilen sistem, micro surfacing uygulamasının gün batımından sonra da yapılabilmesini mümkün kılar.

Polimer modifiye bitüm emülsiyonu, harç tipi karışımın daha sert olmasına sebep olduğundan micro surfacing karışımı, slurry seal harcından farklı olarak tek tabakada bir agrega boyutundan daha kalın ya da birden çok tabakalı olarak 25 mm kalınlığa

kadar serilebilmektedir. Micro surfacing karışımının bu sertliği nedeniyle harç tipi kaplama makinesinde daha güçlü bir karıştırıcı kullanmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca karışımın yayma kutusunda (spreader box) üniform bir akış ve homojen düzgün bir serim sağlayabilmek için çift şaftlı paletler veya spiral helezonların bulunması da gereklidir (Şekil 6.26).



Şekil 6.26. Micro Surfacing Uygulamasında Kullanılan Spiral Helezonlu Yayma Kutusu

6.7.1 Micro Surfacing Uygulamasında Kullanılan Malzemeler

Bitümlü Bağlayıcı

Micro surfacing harç tipi kaplama karışımların üretiminde bitümlü bağlayıcı olarak içeriğindeki kalıntı bitüm miktarının ağırlıkça minimum %3'ü oranındaki uygun bir modifiye edici polimer katkı malzemesi ile modifiye edilmiş CQS-1h, CQS-1hP ya da CQS-1P (ISSA) sınıfında bitüm emülsiyonları veya C60BP9-2, C60BP9-3, C65BP9-3, C69BP9-3 (KTŞ) katyonik polimer modifiye bitüm emülsiyonlarından biri kullanılabilir.

Modifiye edici olarak doğal kauçuk (NR), Stiren-Butadien-Kauçuk (SBR), Stiren-Butadien-Stiren (SBS), Etilen Vinil Asetat (EVA) ve Polikloropren Lateks (PCL) tarzı termoplastik katkıları kullanılmalıdır. Modifikasyon işlemi; bitüm emülsiyonun üretimi sırasında kolloid emülsiyon değirmeninde yapılabileceği gibi bitümün önceden uygun bir modifikasyon tesisinde uygun bir katkı ile modifiye edilmesi şeklinde de yapılabilir. Öncesinde yapılan bitümün modifiye işleminden sonra kolloid değirmende modifiye bitüm emülsiyonu üretilmesi de mümkündür.

Micro surfacing harcında kullanılacak polimer modifiye bitüm emülsiyonu kendine has sınıflama kriterlerinin yanında aşağıdaki özelliklere de sahip olmalıdır (Tablo 6.6).

Tablo 6.6. Micro Surfacing Uygulamasında Kullanılacak Modifiye Bitüm Emülsiyonu Özellikleri

Deney Adı	Özellik	Deney Standardı
Kalıntı Bitüm İçeriği, %	≥ 62	ASTM D 6997 AASHTO T 59
Saybolt Viskozitesi (25 °C' de), s	20 - 100	ASTM D 7496 AASHTO T 59
Kalıntı Bitüm Penetrasyonu (25 °C' de), 0.1 mm (Uygulama yapılacak yolun bulunduğu bölgenin iklim durumuna göre belirlenmelidir)	40 - 100	ASTM D 5 TS EN 1426
Kalıntı Bitüm Yumuşama Noktası, °C	≥ 57	AASHTO T 53 TS EN 1427
Yapışkanlık, %	≥ 90	TS EN 13614

Agrega

Micro surfacing uygulamasında kullanılacak agreg, yüksek kaliteli kırmataş veya kırma çakıldan hazırlanmalıdır. Kırmataş agreg granit, bazalt veya diğer yüksek kaliteli magmatik kökenli kayaların, kırılmış çakıl ise %100'ü 1 ½" (38 mm) elek üzerinde kalan çakılın kırılmasından elde edilecek agreg olmalıdır.

Micro surfacing kaplama karışımlarında, harç tipi slurry seal karışımları için önerilen Tip - 1 gradasyon haricindeki, diğer Tip - 2 ve Tip - 3 gradasyonları kullanılmaktadır. Harç tipi micro surfacing kaplamada gradasyon tiplerine göre uygulama miktarları aşağıda verilmiştir (Tablo 6.7).

Tablo 6.7. Micro Surfacing Gradasyon Limitleri ve Uygulama Miktarları

Elek Boyutu		Geçen %	
İnç No.	mm	Tip - 2	Tip - 3
3/8"	9,5	100	100
No.4	4,7	90 - 100	70 - 90
No.8	2,36	65 - 90	45 - 70
No.16	1,18	45 - 70	28 - 50
No.30	0,600	30 - 50	19 - 34
No.50	0,300	18 - 30	12 - 25
No.100	0,150	10 - 21	7 - 18
No.200	0,075	5 - 15	5 - 15
Uygulama Miktarı kg/m ²		5,4 - 10,8	8,1 - 16,3
Kalıntı Bitüm %'si (100'e bitüm)		5,5 - 10,5	5,5 - 10,5

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing karışımları için tabloda verilen uygulama miktarları ile kalıntı bitüm yüzdeleri uygulama yapılan tek bir tabakaya ait karışımındaki agreganın kuru ağırlığına göre olup, micro surfacing karışımının kesin uygulama miktarı agreganın özgül ağırlığına ve kaplanacak yüzeyin durumuna göre belirlenmelidir.

Tip-2; Gradasyonlu karışım, kaplamadaki çatlakların ve yüzey bozukluklarının onarılması ile yalıtım ve dayanaklı bir aşınma yüzeyi sağlamak amacıyla uygulanır.

Tip-3; Gradasyonlu karışım, maksimum kayma direnci ve geliştirilmiş bir aşınma yüzeyi sağlamanın yanında düşük ve orta şiddetli foksiyonel tekerlek izinde oturmaların ve geniş yüzey bozukluklarının onarılmasında veya daha iri boyutlu agregası kullanılması gerektiren yüksek dokulu yüzey iyileştirmelerinde kullanılır. Tip - 3 gradasyonlu micro surfacing uygulamasında yüzey iyileştirmenin yanında mevcut kaplamadaki tekerlek izinde oturma problemlerinin onarılacağı durumlarda uygulama miktarı $21,7 \text{ kg/m}^2$ ' ye kadar arttırılabilir.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplama uygulamasında kullanılacak agregası ve bitümlü bağlayıcı özellikleri, agregası gradasyon tipleri ve yapım teknikleri KTŞ Kısım 410'da istenilen şartlara ve kriterlere uygun olmalıdır.

Mineral Filler ve Katkı Maddeleri

Bitüm emülsiyonlu micro surfacing harcında da slurry seal karışımlarında olduğu gibi kıvamı ve stabilizasyonu iyileştirmek amacıyla portland çimentosu, sönmüş kireç, kireçtaşı tozu, uçucu kül veya ASTM D 242 standardındaki kriterleri sağlayan, kimyasal olarak aktif ya da inaktif diğer malzemelerden biri mineral filler olarak kullanılabilir. Karışıma girecek mineral filler miktarı dizayn çalışmasında belirlenecek olup, bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplamadaki toplam agreganın (mineral filler dahil) kullanılacak gradasyon tipinin şartname tolerans limitleri içerisinde kalması kaydıyla, toplam kuru agregası ağırlığının maksimum %3' ü kadar olmalıdır. Ayrıca bitüm emülsiyonlu harç üretiminde kullanılacak su da içilebilir nitelikte olmalı ve içeriğinde suda eriyebilen zararlı tuzlar bulunmamalıdır.

Uygulamada micro surfacing karışımının kesilme ve kür süresini ayarlamak ya da teşkil edilecek tabakanın stabilitesini artırmak amacıyla karışımın tasarımında mineral filler harici sıvı ya da katı ilave katkıları, adezyonu artırıcı yüzey aktifleştirici maddeler, cam elyafı vb. malzemeler kullanılabilir. Ancak micro surfacing karışımında kullanılacak

mineral filler ve ilave katkı malzemelerin ne olacağı ve hangi oranlarda kullanılacağı hazırlanacak “Karışım Dizayn Raporu”nda belirtilmelidir.

6.7.2 Micro Surfacing Karışımı Dizaynı

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing karışım dizaynı ASTM D 6372 “Design, Testing and Construction of Micro Surfacing”, ISSA Recommended Performance Guideline For A 143 “Micro Surfacing”, veya TS EN 12273 “Bitümlü Harç Kaplamalar-Gerekler” standartlarında belirtilen esaslar doğrultusunda hazırlanacaktır.

Dizayn çalışması; ilave bazı performans testleri haricinde “Bitüm Emülsiyonlu Harç Tipi Kaplama (Slurry Seal)” kısmında anlatılan temel esaslar dahilinde, kullanılan benzer metot ve işlemlerle yapılmaktadır. Ancak micro surfacing tabakasından beklenen performans slurry seal’e göre daha yüksek olduğundan, tasarım aşamasında micro surfacing harcına yapılan testler benzer olsa da test sonuçlarının değerlendirilmesinde dikkate alınan kriterler farklıdır.

Micro surfacing tasarımında temel amaç; mevcut yol yüzeyine hedeflenen kalınlıkta ve düzgün bir şekilde serilebilecek kıvama ve dokuya sahip, yarı sıvı ve homojen özellikte bir bitümlü harç karışımı üretmek olup, karışıma giren tüm malzeme ve bileşenlerin karışımındaki agrega kuru ağırlığına göre en ideal kullanım oranlarını belirlemektir.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplamada kullanılacak her tür malzeme, agrega, mineral filler, katkı ve modifiye bitüm emülsiyonu, tüm kalite kontrol deneyleri tamamlanmış olarak, uygulamaya başlamadan yeterince bir süre önce karışım dizaynı yapılacak laboratuvara teslim edilmelidir.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi karışımların tasarımı uzmanlık gerektirdiğinden dizayn çalışması yetkin ve tecrübeli, hatta mümkünse bu konuda akredite olan bir laboratuvarda yapılmalıdır.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplama dizaynında; karışımın ve harç tipi kaplamanın performansını belirlemek için yapılan testler ve aranan özellikler aşağıda verilmiştir (Tablo 6.8).

Tablo 6.8. Bitüm Emülsiyonlu Harç Tipi Micro Surfacing Kaplama Dizayn Kriterleri

Deney Adı	Aranan Özellik	Deney Standardı
Karıştırma Süresi (25 °C' de), s	≥ 120	ISSA TB 113
Islak Kohezyon, Tork Değeri Min. 30. Dakikadaki (Kesilme Anı), kg.cm Min. 60. Dakikadaki (Trafığe Açılma Anı), kg.cm	≥ 12 ≥ 20	ISSA TB 139 TS EN 12274-4
Islak Yol Aşınma Testi ile Min. Bitüm İçeriği Tayini 25 °C Suda 1 saat Koşullandırılma ile Kayıp, g/m ² 25 °C Suda 6 gün Koşullandırılma ile Kayıp, g/m ²	≤ 538 ≤ 807	ISSA TB 100 TS EN 12274-5
Yüklü Tekerlek Testi ile Maks. Bitüm İçeriğinin Tayini (Yapışan Kum Miktarı), g/m ²	≤ 538	ISSA TB 109
Yüklü Tekerlek Testi, 1000 Devirde Yanal Değişim, %	≤ 5	ISSA TB 147

Harç tipi micro surfacing tasarımında izlenecek prosedürler slurry seal tasarımındaki prosedürlerle benzer olup, slurry seal tasarımında kullanılan standart testlere ilaveten, bitüm emülsiyonunlu micro surfacing kaplama tasarımında; karışımın trafik altında düşey ve yanal deformasyon yapma yatkınlığı ile çökmeye karşı olan direnç ve stabilitesini belirlemek için koşullu yüklü tekerlek testi ile karışımın aşınma, yapışma ve karışım bütünlüğü bakımından bitümlü bağlayıcı - agregası arasındaki bağdaşmanın tayini için uyumluluk testleri de yapılmaktadır.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplama karışımına giren agregası, polimer modifiye bitüm emülsiyonu, su, mineral filler ve diğer katkılara ait mekanik ve fiziksel özellikleri, malzemelerin optimum oranlarını, karışımın tasarımına dair laboratuvar deney sonuçlarını ve harç tipi karışımın uygulama esaslarını içeren teknik detay ve bilgilerin olduğu bir “Karışım Dizayn Raporu” mutlaka hazırlanmalı ve ilgili Karayolu İdaresi tarafından onaylanmadan uygulamaya başlanılmamalıdır.

6.7.3 Micro Surfacing Kaplama Uygulama Esasları

Onaylı laboratuvar karışım dizaynı işyeri karışım formülüne (İKF) esastır. Tasarımda micro surfacing karışımına giren malzemelerin optimum oranları, karışımındaki agreganın kuru ağırlığı esas alınarak belirlendiğinden, uygulama esnasında harç tipi karışıma girecek su ve diğer malzemelere ait kullanım oranlarının, mevcut şartlar ve koşullar altında hazırlanacak karışım özelliklerinin dizayn çalışmasındaki ile benzer

özelliklerde olacak şekilde belirlenerek ayarlanması oldukça önemlidir. Bu amaçla bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing karışımının agrega gradasyonu ile uygulamaya esas karışım toleransları KTŞ Kısım 410' da verilen sınırlar içerisinde olmalıdır.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplamalar hem kaplanacak yüzeyin hem de havanın sıcaklığının 7 °C' nin üzerinde ve artma eğiliminde olduğu, yağış ihtimali olmayan havalarda yapılmalıdır. Kaplanacak mevcut asfalt betonu yüzeyin ve havanın sıcaklığının 10 °C' nin altında ve düşme eğiliminde olduğu durumlar ile uygulamadan sonraki ilk 24 saatlik dilimde donma ihtimali olan koşullarda da uygulama yapılmamalıdır.

Kaplanacak Yüzeyin Hazırlanması

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplama uygulamasından hemen önce, mevcut asfalt betonu yüzey tüm gevşek malzemelerden, tozdan, çamurdan, organik ve kimyasal diğer zararlı maddelerden mekanik ya da vakumlu süpürgelerle süpürülerek ve gerekirse su ile yıkanarak tamamen arındırılmalıdır. Temizleme işleminde su kullanılması durumunda, harç tipi kaplama imalatından önce mevcut yüzeyin ve çatlaklar içerisindeki suyun tamamen kurumuş olması gerekmektedir.

Uygulama öncesinde mevcut kaplama yüzeyindeki yol çizgileri ve işaret boyaları mevcut yüzey ile yeni teşkil edilecek micro surfacing kaplaması arasındaki adezyonu düşürmemek için tamamen silinmeli ve varsa 6.5 mm' den daha fazla genişliğe sahip çatlaklar temizlenerek uygun yalıtım malzemesi ile "KGM Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalar Çatlak Kapama Rehberi" 'ne göre doldurularak onarılmalıdır. Ayrıca yüzeydeki mevcut menhol kapakları ya da mazgallar uygun bir malzeme ile micro surfacing harcının sanat yapısı içerisine girişine engel olacak şekilde kapatılmalıdır. Bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplama yapılacak mevcut yüzeye, çok kuru olmadığı ya da aşırı oksidasyona uğramadığı sürece tack coat uygulaması yapmaya gerek yoktur. Ancak micro surfacing karışımında kullanılan emülsiyonla aynı evsafa olan çabuk kesilen bir bitüm emülsiyonu ile (1:3 oranında seyreltilebilir) yüzey durumuna göre 0,20 l/m² ile 0,60 l/m² arası bir oranda yapıştırma tabakası (tack coat) uygulaması yapılması adezyonu arttırmak için faydalı olacaktır. Micro surfacing uygulamasından önce yapıştırıcının kürünü almasına izin verilmelidir.

Micro Surfacing Harcının Üretimi ve Koruyucu Tabaka Teşkili

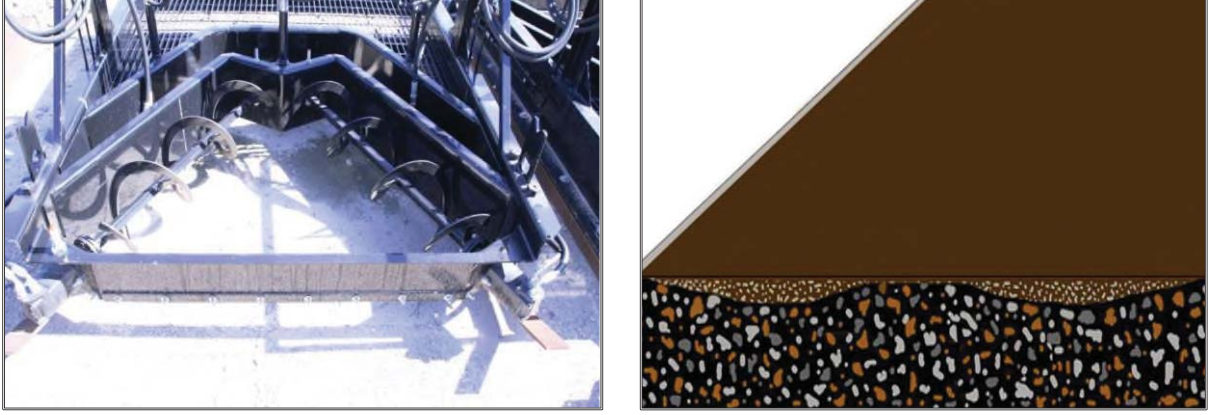
Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplama uygulaması bu iş için özel olarak tasarlanmış ve imal edilmiş mikro yüzey kaplama makinası ile yapılacaktır. Makine, hızı ayarlanabilir kendinden tahrikli, dizaynda belirlenen oranlarda otomatik olarak agrega, mineral filler, su, katkı ve bitüm emülsiyonunu hacim ya da ağırlık esasına göre doğru sıralı ve zamanlı olarak düzgün bir şekilde karıştırma haznesine aktararak karıştırma yapabilecek, sürekli akışlı bir karıştırma ünitesi bulunan tam kontrollü özellikte olmalıdır. Sürekli akışlı karıştırma ünitesi dönen çok bıçaklı, çift şaftlı bir sisteme sahip olmalı, karışıma giren malzemeleri istenilen kıvamda ve homojen bir şekilde harmanlayabilmelidir.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplama makinesi; karışıma giren malzemeleri doğru miktarlarda besleme yapabilmek için yeterli depolama kapasitesine sahip olmalı, kaplama yapılacak yüzeyi su püskürtme yöntemiyle ıslatabilecek özellikteki sprey barlar ve basınçlı su sitemi ile donatılmış olmalıdır.

Karıştırma ünitesinde hazırlanmış bitümlü harç tipi kaplama karışımı; kaplama makinesinin hemen arkasında kaplanacak yüzeye temas edecek şekilde yer alan, sabit çift şaftlı pedallar ya da spiral helezonları bulunan yüzey kaplama kutusuna (karışım yayma kutusu, spreader box) otomatik olarak boşaltılmalı ve düzgün bir şekilde hedeflenen kalınlıkta kaplama yüzeyine yayılarak serilmelidir. Karıştırma ünitesinden yayıcıya dökülen karışım uygun kıvamda ve tüm genişlik boyunca homojen bir serim için yeterli miktarda olmalıdır. Yüzey kaplama kutusunun aşırı yüklenmesine ve topaklanmış veya karıştırılmamış malzemenin yola serilmesine ya da yayma kutusuna serim sırasında su püskürtülmesine kesinlikle izin verilmemelidir. Ayrıca yüzeye serilmiş micro surfacing kaplama karışımı üzerinde iri boyutlu agregadan kaynaklanan çizgilenmeler de olmamalıdır. Bu amaçla harç tipi karışımın serimini yapacak yayıcı kutusunun homojen bir yüzey teşkili için ön ve arka kısmında uygun bir sıyırma contası olmalıdır. Sıyırma contası istenilen yüzey dokusunu sağlamak amacıyla esnek ya da rijit yapıda olmalı, düzgün bir yüzey dokusu elde etmek amacıyla gerekirse kaplama kutusuna takılı telis bezi ya da benzeri uygun bir kumaş ile yeni serilmiş harç tipi kaplama yüzeyi düzeltilmelidir.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi mikro surfacing tabakası imalinde mevcut kaplamadaki derinliği 38 mm' ye kadar olan tekerlek izinde oturmalar ile diğer yüzey çöküntülerinin

doldurularak onarılması ve yüzeyin ilk haline getirilmesi için özel olarak tasarlanmış uygun bir yayma kutusu da kullanılabilir (Şekil 6.27).



Şekil 6.27. Tekerlek İzi ve Diğer Çöküntüleri Onarmak için Kullanılan Spiral Helezonlu Yayma Kutusu

Boyuna ve enine derz yerlerinde malzeme yığılmasına veya kaplanmamış alan bırakılmasına izin verilmemelidir. Proje uzunluğunca minimum sayıda boyuna derz oluşturmak amacıyla uygun genişlikte olan yayma ekipmanı kullanılmalıdır. Boyuna derz yerlerinde maksimum bindirme genişliği 7,5 cm olmalı ve derz yerlerinin olabildiğince trafik şerit çizgileri hizasına denk getirilmesine özen gösterilmelidir. Derz yerlerinde bindirmeden kaynaklı kot farkı, en az 3 metre uzunluğundaki rijit yapıdaki masterla ölçüldüğünde mevcut kaplama kotundan maksimum 6 mm yukarıda olmalıdır.

Uygulama sırasında harç tipi kaplama makinasının serim yapamadığı banket ve bordür kenarları gibi yerlerde karışım serimi elle yapılabilir.

Yeteri kadar kür olana kadar bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplama her türlü trafik geçişinden korunmalıdır. Taşıt trafiğine izin verilmesi için gereken sürenin uzunluğu kullanılan bitüm emülsiyonun tipine, harç tipi karışımın özelliklerine ve kürlenme şartlarına bağlıdır.

Harç tipi micro surfacing kaplama yeterince sertleştikten sonra basıncı ayarlanabilir lastik tekerlekli silindirle en az iki pas silindirlendikten sonra trafiğe açılmalıdır.

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplamanın iki ve daha çok tabaka halinde teşkil edilmesi gerektiği durumlarda imalatı tamamlanıp taşıt trafiğine açılmış olan tabakanın en az 24 saat taşıt trafiği altında kürlenmesine izin verildikten sonra üzerine yeni bir tabakanın yapımına başlanmalıdır.

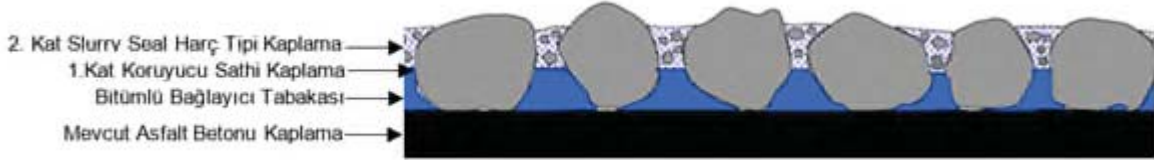
6.7.4 Kalite Kontrol

Bitüm emülsiyonlu harç tipi micro surfacing kaplama inşasında “KGM Kalite Kontrol Yönergesi”ne uygun olarak, kullanılan malzemelere ve yapılan imalatlara uygulanacak deneyleri ve ilgili standartlarını, numunelerin alınma zamanı ve yerleri ile yürütülecek testlerin periyotları ve sıklıklarını gösteren, kalite kontrol testlerinde kullanılacak laboratuvarlara dair bilgileri de içeren detaylı bir “Kalite Kontrol Planı” hazırlanmalı ve ilgili Karayolu İdaresinin onayına sunulmalıdır. Bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplamanın kalite kontrol testleri onaylı “Kalite Kontrol Planı”na uygun olarak gerçekleştirilmelidir.

“Kalite Kontrol Planı”na göre yürütülecek olan kalite kontrol faaliyetlerinde; dizayn sürecinden imalatın sonuna kadar, bitüm emülsiyonlu harç tipi kaplamayı oluşturan karışımın ve karışıma giren tüm bileşenlerinin mekanik ve fiziksel özellikleri ile kullanım oranlarının ve uygulama miktarlarının KTŞ Kısım 410’ da belirtilen kriterlerin tamamını sağladığı kanıtlanmalıdır.

6.8 BİTÜMLÜ HARMAN KAPLAMA (CAPE SEAL)

Bitümlü harman kaplama, cape seal, yüzey iyileştirme amaçlı kullanılan bir tür sathi kaplama uygulamasıdır. Bu kaplama Güney Afrika'nın Cape bölgesinde geliştirildiği için ismini o bölgeden almaktadır. Cape seal kaplama tek boyutlu, uniform gradasyonlu agrega ile yapılan tek kat koruyucu sathi kaplama tabakası üzerine, tek kat harç tipi kaplama (slurry seal) uygulaması yapılarak teşkil edilir (Şekil 6.28).



Şekil 6.28. Cape Seal Kaplama

Yeterli stabilitesi olan ve taşıma gücünde önemli bir kayıp bulunmayan mevcut asfalt betonu kaplamada yüzeysel aşınmaların, deformasyonların ve sığ çatlakların bakım, onarım ve tamir edilmesi ile kaplamanın sürtünme direncini arttırmak amacıyla uygulanır. Cape seal uygulaması doğru olarak yapıldığında mevcut kaplama yüzeyinde kayma - sürtünme direnci oldukça iyi olan, düzgün ve uzun servis ömürlü yeni bir yüzey tabakası oluşturur. Bu yüzey tabakası hem dayanıklıdır hem de mevcut kaplamada geçirimsizlik sağlar. Tek kat koruyucu sathi kaplama üzerindeki zengin harç karışımı sathi kaplamanın gevşek agrega problemini ortadan kaldırarak agregaları iyi bir şekilde yerinde tutar ve trafik gürültüsünü azaltır.

Başarılı bir cape seal uygulaması için, koruyucu sathi kaplama ile slurry seal uygulama standartlarına ve yapım prosedürlerine eksiksiz uyulması gerekir. Koruyucu sathi kaplama imalatının tamamlanmasını müteakip slurry seal uygulaması için en az üç günlük kürlenme süresinin beklenmesi tavsiye edilir. Cape seal uygulaması genellikle 9,5 mm nominal maksimum dane boyutuna sahip üniform gradasyonlu (D tipi) agrega üzerine Tip 1 gradasyonlu slurry seal uygulaması ile gerçekleştirilir. Bu uygulamada koruyucu sathi kaplama için genelde 14 kg/m² ile 16 kg/m² arasında agrega ve 1,4 l/m² ile 2,0 l/m² arasında da bitüm emülsiyonu kullanılmaktadır. Bu durumda slurry seal uygulama miktarı ise 2,7 kg/m² ile 4,8 kg/m² arasında değişmektedir.

6.9 İNCE TAKVİYE TABAKASI

Bitümlü ince takviye tabakası genelde olarak 3/4 inç ile 1½ inç (19 mm ile 38 mm) arasında bir kalınlıkta teşkil edilen, nominal maksimum dane boyutu 3/8 inç (9,5 mm) olan yoğun gradasyonlu Tip 3 bitümlü çok ince aşınma karışımı mevcut bir asfalt betonu kaplamanın ömrünü uzatmak, sürüş kalitesini iyileştirmek, düşük kayma direncini arttırmak ve çatlak ya da sığ derinlikli tekerlek izinde oturma tarzı yüzey kusurlarını gidermek amacıyla kullanılan bir iyileştirme tabakasıdır. Açık veyahut kesikli gradasyonlu olarak ta tasarlanabilir. İnce takviye yüzey kaplaması kırmızı kotun korunması için soğuk frezelemenin gerekli olabileceği şehir geçişlerinde, tünel, köprü ya da alt geçitlerde kullanım için çok uygundur. Mevcut kaplamadaki yapısal olmayan hasarlar (yorulma çatlağı haricindeki çatlaklar) ile 6 mm' den büyük yapısal olmayan tekerlek izinde oturmalar takviyeden önce onarılmalı ve düzeltilmelidir. Aşırı derecede çatlağı veya derin tekerlek izinde oturma kusuru bulunan, yapısal bakımdan yetersiz kaplamalar ince takviye için iyi birer aday değildir. Tekerlek izinde oturma sorunu büyük olan kaplamalar gerekirse üstyapı tabakaları da dahil sökülmeli ve trafik yüklerine dayanabilecek yeterli stabiliteye sahip malzemelerle yeniden teşkil edilmelidir. Bu durumda üstyapı malzemeleri ve kalınlıkları, yolun çevre, iklim ve trafik ihtiyaçlarına göre belirlenmelidir.

Bitümlü ince takviye karışımlarında polimer modifiyeli bağlayıcıların kullanılmasının, ince takviye tabakasının ömrünü uzatmada etkili bir yol olduğu kanıtlanmıştır. İnce takviye tabakasında sıkışmış kalınlık, karışımdaki agreganın nominal maksimum dane boyutunun en az 2 en çok 4 katı olmalıdır. Bitümlü sıcak karışım olarak yapılan ince takviye tabakaları çabuk soğur ve sıkıştırılması zor hale gelebilir. Bu sebeple inşasında doğru serme ve sıkıştırma prosedürleri izlenmelidir (Bkz. MS-4; Asfalt El Kitabı, Bölüm 8 ve 9 ve MS-22, Sıcak Karışım Asfalt Kaplamaların İmalatı). İnce takviye kaplama tabakaların imalinde ılık karışım asfalt (IKA) teknolojisinin kullanımı son yıllarda popülerlik kazanmaktadır. Ilık karışım asfaltın, BSK' ya oranla daha düşük olan sıcaklıkları (karışım hazırlama ve sıkıştırma sıcaklıkları) bitümlü karışımın daha yavaş soğumasını ve daha fazla süre işlenebilir kalmasını sağlamaktadır.

6.10 ÇOK İNCE TAKVİYE TABAKASI (ULTRATHIN BONDED WEARING COURSE)

Çok ince takviye aşınma tabakası yapısal olarak sağlam olan mevcut asfalt betonu kaplamalar üzerinde yüksek performanslı bir yüzey koruması veya iyileştirme tabakası oluşturmak amacıyla tasarlanmıştır.

Çok ince takviye kaplaması kaplanacak yüzeye ince bir film halinde püskürtülen polimer modifiye bitüm emülsiyonu üzerine hiç beklenmeden hemen polimer modifiye bitüm ve kesikli gradasyonlu agregası ile hazırlanmış uygun bitümlü bir karışımın ince bir tabaka halinde (maksimum agregası boyutunun yaklaşık 1,5 katı kalınlığında) serilip sıkıştırılmasıyla inşa edilir (Şekil 6.29).



Şekil 6.29. Çok İnce Takviye Aşınma Tabakası (UBWC) Uygulaması

Kaplanacak yüzeye yapıştırma amaçlı kullanılan polimer modifiye bitüm emülsiyonu, geleneksel bir BSK finişerinin arkasına, serim tablasının önüne monte edilmiş bir püskürtme çubuğu aracılığıyla uygulanır. Bu şekilde henüz kürünü almamış olan bitüm emülsiyonunun üzerine doğrudan bitümlü sıcak karışımın dökülmesi sağlanmış olur. Böylelikle bitümlü sıcak karışım mevcut kaplama ile güçlü bir adezyon sağlayacak olan kalıntı bitümü, emülsiyonun su bileşenini hızla buhara çevirerek ortaya çıkarır.

Çok ince takviye aşınma tabakası üzerinden trafiğin geçişine, uygulamadan çok kısa bir süre sonra izin verilebilir. Çok ince takviye aşınma kesikli gradasyonu ve yüksek modifiye bitüm içeriği sebebiyle taşıt tekerlekleri ile kaplama yüzeyi arasındaki gürültüyü önemli ölçüde azaltırken, kayma direncini ve sürüş konforunu artırarak, mevcut kaplama yüzeyinde geçirimsiz bir tabaka oluşturur. Bunun yanında mevcut kaplamayla arasında güçlü bir bağ teşkil ederek yansıma çatlaklarının gelişimini de geciktirir.

7. PORTLAND ÇİMENTOLU RİJİT BETON KAPLAMALARDA BAKIM - ONARIM

Bu bölümde, portland çimentolu rijit beton kaplamaların bakım - onarımında bitümlü bağlayıcı ve bitümlü karışım malzemelerin kullanımına dair tipik uygulamalar anlatılmaktadır. Bu uygulamalar genelde derz ve çatlak kapama, tam derinlikte yama, ince yüzey yaması, taban yalıtımı (beton kaplama tabanında iyileştirme) ve bitümlü karışım (asfalt) takviye tabakası imalatlarıdır.

7.1 BİTÜMLÜ MALZEMELERİN RİJİT KAPLAMALARDA KULLANIMI

Bitümlü bağlayıcılar ve bitümlü karışımlar rijit kaplamaların bakım - onarımında önemli bir yere sahiptir. Bu malzemeler ile rijit kaplamadaki derzler ve çatlaklar kapatılır ve beton plakalarının altındaki boşluklar doldurulur. Bozulan kaplama yüzeyleri yenilenir ve kaplamanın kayma direnci artırılır. Rijit kaplamaların bakım - onarımında bitümlü malzemeler genelde şu amaçlarla kullanılır.

- Kaplama kalitesini ve sürüş konforunu iyileştirmek
- Yüzey çatlakları ile ince tabaka halindeki soyulmaları ve diğer yüzeysel hasarları onarmak veya ilerlemesini geciktirmek
- Beton kaplamada kırılmış alanları onarmak
- Yüzeyde kayma direncini artırmak
- Yabancı maddelerin derz ve çatlaklara girmesine engel olmak
- Suyu kaplama tabanından uzak tutmak
- Tabandaki suyun pompalama etkisini önlemek ve alttaki zemini stabil etmek
- Buz çözücü kimyasalların kullanımından kaynaklanan bozulmalara engel olmak

Bitümlü malzemeler doğru seçilip, doğru teknikle kullanıldığında rijit kaplamalardaki birçok kusuru onarmada çok iyi işler çıkarabilirler.

7.2 DERZ VE ÇATLAK YALITIMI

Asfalt kaplamalarda bitümlü malzemelerle yapılan çatlak yalıtımının anlatıldığı 5. Bölümdeki uygulama amaçlarına benzer şekilde portland çimentolu rijit beton kaplamalardaki derz ve çatlak yalıtımı uygulamaları da aşağıdaki amaçlar için yapılır.

- Kaplamayı korumak amacıyla alttaki tabakalara yüzeysel suların girişine engel olmak
- Kaplamanın sıcaklık değişimlerinde genleşip büzülme etkisiyle hasara uğramasına engel olmak için derzlere ve çatlaklara uygun olmayan yabancı malzemelerin girişini önlemek

Rijit kaplamalardaki derzleri ve çatlakları kapatmak için kullanılan en yaygın bitümlü malzeme türü kauçuk - bitüm karışımlarıdır. Sıcak uygulanan kauçuk - bitüm karışımı (dolgu macunu) normal penetrasyon sınıfı bitümlerle kıyaslandığında, soğuk havalarda daha az kırılğan, sıcak havalarda ise daha yumuşak ve trafik yükleri altında plastik deformasyon yapmaya karşı daha yatkın bir eğilim gösterirler. Beton kaplamalardaki derz ve çatlak yalıtımı için genellikle ASTM D 6690 standardında tanımlanan Tip I ve Tip II bitümlü malzemeler kullanılır.

Rijit beton yol kaplamalarında derzler; ya kaplamayı oluşturan beton plakların tam derinliğinde ya da kaplama yüzeyinden alta doğru ve genelde plak kalınlığının üçte biri veya dörtte biri olan bir derinlikte, kısmi olarak kesilerek veya yiv açılarak oluşturulur. Tam derinlikli derzler genleşmeye izin vermek ve yapım sırasında ortaya çıkan diğer gereksinimleri karşılamak için inşa edilir. Kısmi derinlikte açılan derzler büzülme meydana geldiğinde ya da betonun prizini alması sırasında oluşacak çatlakların beton plağının zayıflatılmış enkesit düzleminde gelişmesi için oluşturulur. Bir derzin genleşme derzi mi, inşaat derzi mi veyahut büzülme derzi mi olarak sınıflandırılacağı derzin yapacağı işleve göre belirlenir. Derzler enine ve boyuna olduğu gibi eğimli veya farklı bir doğrultuda özel amaçlı olarak ta inşa edilebilir. Ancak hepsinin bakımı benzer şekilde yapılır.

Rijit kaplamalarda derzlerin ve çatlakların yalıtımı için uygulanan yöntemler temelde aynıdır. Her ikisinde de derzlerin üst kısmı veya çatlak içerisi önce temizlenir ve sonra uygun bir bitümlü malzeme ile doldurularak yalıtım yapılır. Yalıtım malzemesinin derzin veya çatlağın kenarlarına iyi bir şekilde yapışmasını sağlamak için, uygulama

yüzeylerinin tamamen kuru ve yapışmayı önleyecek her türlü malzemeden arındırılarak temizlenmiş olması gerekir. Bu amaçla yüzeydeki kum, çakıl, veya diğer yabancı maddeler ile varsa eski yalıtım malzemelerine ait kalıntılar tamamen kaldırılmalıdır. Rijit kaplamalarda yapılacak küçük çaplı yalıtım işlerinin hazırlıkları elle yapılabilir. Bunun için sert elyaf veya çelik fırçalar ile derz açıklığına göre şekillendirilmiş keski uçlu demir çubuklar kullanılabilir. Ancak daha büyük çaptaki onarımlar için, derz kürekleri, beton testereleri, hava kompresörleri vb. daha kapsamlı ve güçlü ekipmanlara ihtiyaç duyulur.

7.2.1 Derz Yalıtım Uygulaması

Rijit kaplamalar üzerindeki yalıtım yenilemesi gereken derzler, derz küreği, beton testeresi veya basınçlı su püskürtücü ile yaklaşık 1 inç (25 mm) derinliğe kadar açılarak temizlenmelidir. Bu esnada oluşan döküntü malzemeler de yüksek basınçlı su ile yıkanmalıdır. Yeni yalıtım malzemesi uygulanmadan önce, derz içerisi ve çevresindeki tüm yüzeyler tamamen kuru ve temizlenmiş olmalıdır. Derz kenarlarında yapışmış eski yalıtım malzemesi kalıntıları da sökülmelidir.

Yalıtım malzemesi uygulamasında hem ideal derinlik / genişlik oranını sağlamak hem de yalıtım malzemesinin derz tabanına yapışmasına engel olmak amacıyla bir destek çubuğu kullanılır. Destek çubuğu, erime noktası yalıtım dolgu malzemesinin tatbik sıcaklığından daha yüksek olan, sıkıştırılabilir, büzülme ve emiciliği olmayan bir malzemeden yapılmış olmalıdır. Bitümlü yalıtım macunu, uygulamadan sonra çatlak içerisinde sürüklenme yapmasın ya da çatlaktan dışarıya çıkmasın diye çatlak açıklığından yaklaşık % 25 daha geniş olmalıdır. İdeal yalıtım malzemesi basınçlı enjeksiyon çubuğu kullanılarak uygulanır. Sıcak uygulanması gereken yalıtım malzemeleri üreticinin talimatlarına uygun sıcaklıklarda ısıtılır ve tatbik edilir. Soğuk uygulanması gereken bir yalıtım malzemesi kullanılıyorsa, benzer şekilde üreticinin uygulama prosedürüne uyulmalıdır.

Yalıtım malzemesi derzin alt kısmından yukarıya, derzin üst tarafına doğru tatbik edilmelidir. Derz boşluğunun aşırı doldurmamasına özen gösterilmelidir. Rijit kaplama araç trafiğine yeniden açıldığında kuma veya tekerlek izi oluşmasını önlemek amacıyla yalıtım malzemesi kaplama yüzeyinden 1/8 inç (3 mm) ile 1/4 inç (6 mm) arasında daha aşağıda olacak şekilde teşkil edilmelidir. Ayrıca uygulama sonrası ince

kum, mineral agrega filleri veya uygun bir ince malzeme ile derz ve çatlak dolgu macunlarının üzerlerinin kaplanması faydalı olur.

Yalıtım malzemesinin efektif olarak çalışabilmesi için, uygun bir derinlik / genişlik oranına veya şekil faktörüne sahip olması gerekir ki bu oranın genelde 1,0 ile 1,5 arasında olması önerilmektedir.

7.2.2 Çatlak Yalıtım Uygulaması

Beton kaplama üzerindeki çatlakların genişliklerine ve çatlak boyunca oluşan parçalanma miktarına bağlı olarak farklı hazırlıkların yapılmasına ve farklı yalıtım prosedürlerinin uygulanmasına gerek vardır. Bu prosedürler, ilgili “Karayolu İdaresi”nin izlediği rehabilitasyon politikaları ile uyguladığı yönergelerle göre farklılıklar gösterebilir. Genel kabul görmüş çatlak yalıtım uygulamalarına ait terminolojik bilgi ve izlenen işlem adımları aşağıda anlatılmaktadır.

Küçük çatlaklar: Genişlikleri 1/8 inç (3 mm) veya daha küçük olan çatlaklardır. Bu tarz çatlakların onarımında; çatlak boyunca parçalanma yoksa herhangi bir kırma ya da frezeleme işlemi ile genişletme işlemine gerek yoktur. Ayrıca yalıtım uygulaması da yapılmayabilir. Ancak çatlak boyunca ufakta olsa parçalanmalar mevcut ise sadece ufalanmış serbest parçalar basınçlı hava ile temizlenir ve sonrasında yalıtım işlemi yapılır.

Orta büyüklükteki çatlaklar: Genişlikleri 1/8 inç (3 mm) ile 1/2 inç (12 mm) arasında olan çatlaklardır. Bu tarz çatlakların onarımında, çatlak boyunca parçalanma yoksa yalıtım yapılmadan önce basınçlı hava püskürterek çatlak temizlenir. Ufakta olsa parçalanmalar varsa, çatlak önce kesilerek genişletilir ve sonrasında temizlenerek yalıtım işlemi yapılır.

Büyük çatlaklar: Genişlikleri 1/2 inç (12 mm) veya daha büyük olan çatlaklardır. 1 ½ inç’ten (37 mm) daha küçük bir genişlikteki çatlaklarda, çatlak boyunca çok az bir parçalanma mevcutsa veya hiç parçalanma yoksa çatlak kesilerek açılır ve basınçlı hava ile temizlendikten sonra bir destek çubuğu kullanarak yalıtım işlemi yapılır. Çatlak boyunca büyük parçalanmalar varsa ya da parçalanma olmasa dahi çatlak genişliği 1 ½ inç (37 mm) veya daha büyük ise çatlak onarımı modifiye bir asfalt yama malzemesi ile bir derz veya bir yama tamiraty gibi yapılır. Bunun için gerekirse çatlak uygun bir makine ile genişletilir ve ardından basınçlı kum veya basınçlı su ile temizlenir. Yalıtım malzemesinin ideal derinlik / genişlik oranı için malzeme üreticisinin uygulama

şartnamelerine bağlı kalmak en iyisidir. Çatlak çok derin ise, yalıtım malzemesinin israfına engel olmak ve uygun derinlik / genişlik oranını elde edebilmek için bir destek çubuğu kullanılmalıdır. Basınçlı enjeksiyon çubuğu ile yalıtım dolgusu yapılması işlem adımları ile geriye kalan diğer tüm hususlarda Derz Yalıtım Uygulaması maddesinde anlatılan prosedürlere uygun olarak çatlak yalıtımı tamamlanır.

7.3 YAMA UYGULAMASI

Bitümlü kaplamalar için kullanılan yama malzemeleri birçok rijit kaplama bozulmalarını onarmak için oldukça etkilidir. Beton kaplamalarda bitümlü malzemelerle uygulanan tipik yamalar tam derinlikli yamalar ve kısmi derinlikli yamalar olmak üzere ikiye ayrılır.

7.3.1 Tam Derinlikli Yamalar

Aşağıda sıralan beton kaplama bozulmaları için tam derinlikte yama tamirati gereklidir.

- Beton plaklarda kırılma ve parçalanma
- Plak köşelerinde kırılma
- Kaplamada timsah sırtı çatlaklar, kısa aralıklarla boyuna yönde paralel çatlaklar
- Beton plaklarda oturma
- Enine geçişler

Enine geçişler haricinde yukarıdakilerin tamamı yapısal sorunlardır. Bu beton kaplamanın bozulan kesimlerde mevcut trafik yüklerini taşıyamadığı anlamına gelir. Bu nedenle, kaplamadaki bu alanların tam derinlikte onarılması gerekir.

Öncelikle kaplama üzerinde onarım yapılacak alan net olarak belirlenir ve bir miktar sağlam kaplama bölümünü de içerisine alacak şekilde işaretlenir. Sonra kaldırılması planlanan alan mümkün olabildiğince beton plağın tüm derinliği boyunca kesilerek kaplamanın sağlam kısmından ayrılır. Kaldırılacak ve yerine yama yapılacak alan, bitümlü karışım malzemesinin uygun şekilde yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasını sağlayacak şekilde kenarları dik ve dikdörtgen biçiminde olmalıdır. Kaplamada herhangi bir sebeple enine bir geçiş yapılması gerekiyorsa ve bu amaçla tam derinlikte bir kesim yapılacaksa, kaplamadan atılacak olan beton blok testere ile kesildikten sonra ya kırıcı bir matkap yardımıyla parçalanarak ya da kaldırma işlemi kullanılarak çıkartılır. Kaldırma işlemine kaplamadan çıkarılacak beton blok üzerinde deliklerin açılması ve ilerine kaldırma pimlerinin yerleştirilmesi ile başlanır. Bu işlemler

tamamlandıktan sonra beton blok uygun bir yükleyici veya başka bir iş makinası yardımıyla yerinden sökülerek uzaklaştırılır.

Ancak kaplama üzerinde tam derinlikte bir kesim yapmak mümkün değilse, bunun yerine kısmi derinlikte kesimler yapılmalı ve koparma yöntemi kullanılmalıdır. Koparma yöntemi, krikolar, düşen çekiçler veya hidrolik şahmerdanlarla yapılır. Bu aletlerin sağlam beton kaplamaya da zarar verebileceği unutulmamalıdır. Kopmuş kaplama parçalarının kaplamadan çıkarılması mümkün olduğunca düşey doğrultuda yapılmalıdır.

Kaplamadan problemlili bir bölümün çıkarılması her zaman yeterli olmayabilir. Bazen altındaki zayıf temel malzemesinin de çıkarılması ve değiştirilmesi gerekir. Temel malzemesi özenle seçilmiş, plastik olmayan granüler bir malzeme ile değiştirilmelidir. Malzeme laboratuvar kompaksiyon deneyi sonucunda belirlenen yoğunlukta ve rutubet içeriğinde sıkıştırılmalıdır. Serim kalınlığı mevcut sıkıştırma ekipmanının tipine ve sıkıştırma kapasitesine göre belirlenmelidir. Bu arada varsa kötü drenaj durumları da düzeltilmelidir.

Bu işlemlerden sonra yama alanının beton olan yan yüzlerine yapıştırma tabakası (tack coat) ve tabanına da astar uygulaması (prime coat) yapılır. Yoğun gradasyonlu uygun bir bitümlü sıcak karışım tabakalar halinde yama alanına serilir ve sıkıştırılır. Sıkıştırma ekipmanı, onarım alanına sığabilecek en büyük ekipman olmalıdır. Tabaka kalınlığı bitümlü karışımın nominal maksimum dane boyutuyla uyumlu olmalıdır. Nihai yama yüzeyi mevcut beton kaplama ile aynı hizada bitirilmelidir. Testere izleri ve ek yerlerinin tamir edilerek yalıtımlarının yapılması unutulmamalıdır.

7.3.2 Kısmi Derinlikli Yamalar

Bu yama yöntemi kaplamadaki çıkıntıları, yükselteri ve yüzeysel parçalanmaları onarmak için kullanılır. Bunlar yapısal sorunlar değildir ve normalde kaplamanın tüm derinliğini kapsamaz. Bu nedenle beton kaplamada yalnızca sorunlu olan bölgelerinin kaldırılması yeterlidir. Kaldırılacak kısım kaplama kalınlığının yarısından fazla ise tam derinlikte yama yöntemi kullanarak onarım yapılmalıdır.

Onarım yapılacak alan belirlenir ve işaretlenir. Ardından işaretli alanın çevresi dikdörtgen şeklinde testereyle kesilir. Kesilen alanın sınırları sağlam kaplama içerisine taşacak şekilde problemlili alanın biraz dışında olmalıdır. Kesilen alandaki malzemeler

sağlam betona kadar kırılarak çıkarılır. Yama yapılacak alan kumlama veya yüksek basınçlı su ile temizlenir ve sonrasında basınçlı hava ile kurutulur. Temizleme ve kurutma işlemi bittikten sonra, onarım bölgesinin kenarlarına ve altına yapıştırma tabakası uygulanır. Hazırlıklar tamamlandıktan sonra asfalt yama karışımını serilir ve sıkıştırılır. Nihai yama yüzeyi mevcut beton kaplama ile aynı seviyede olmalıdır.

7.4 TABAN YALITIMI (UNDERSEALING)

Beton kaplamanın çatlak veya ek yerlerinden taban zeminine giren suyun, yük etkisi ile zemin tanelerini yukarıya taşıyarak yüzeye çıkmaya zorlaması (pompalama) sonucunda veya kaplama alttaki zayıf zeminin oturması neticesinde rijit beton kaplamanın tabanında boşluklar oluşabilir. Böyle bir durumda kaplamanın altındaki desteği güçlendirmek veya taban zeminindeki erozyona engel olmak amacıyla bu boşluklar yalıtım bitümü ile doldurulabilmektedir. Taban yalıtımında 200°C' den yüksek sıcaklıklardaki yalıtım bitümü, özel ekipmanlar yardımıyla basınçlı olarak beton plakların altındaki boşluğa enjekte edilir. Bu yöntem 3 inç (75 mm) ile 6 inç (150 mm) arası derinlikli boşlukların doldurulmasında oldukça etkilidir. Enjeksiyon öncesinde beton kaplama tabanındaki suyun tamamı deşarj edilmelidir.

Taban yalıtımı işlemi, bitüm pompalama hortumu üzerindeki konik bir nozülün kaplama tabanında açılan delikten içeri sıkı bir şekilde sürülmesi ve yalıtım bitümünün basınçla boşluğa enjekte edilmesi ile gerçekleştirilir. Pompalama (enjeksiyon) işlemi tamamlanıp basınç düşürüldükten sonra nozül yaklaşık 1 dakika süresince içeride bekletilmeli ve ardından çıkarılarak delik hemen kapatılmalıdır. Normal koşullar altında enjeksiyon basıncı 138 kPa ile 276 kPa arasındadır. Uygulama esnasında bitüm enjeksiyonu yapılan deliğin yakınlarındaki beton kaplamada oluşabilecek lekelenmelere engel olmak amacıyla kaplama yüzeyine sönmüş kirece doymuş su püskürtmelidir. Bu su sayesinde kaplama üzerindeki çatlaklardan veya derzlerden yukarıya taşan bitümün de soğutularak sertleşmesi sağlanmış olur.

Taban yalıtım uygulaması ile kaplama altındaki boşluklar doldurulurken ince zemin malzemesinin tekrar yukarı pompalanmasını önleyen tabanda su geçirimsiz bir tabaka teşkil edilmiş olur. Taban yalıtımında kullanılan bitüm ASTM D3141 standardında istenilen gereklilikleri karşılamalıdır.

7.5 ASFALT TAKVİYE TABAKALARI

Asfalt takviye tabakası uygulamaları genelde bir bakım faaliyetinden ziyade bir yapım faaliyeti olarak kabul edilir. Ancak Asfalt Enstitüsü'nün MS-17 “Otoyol ve Ana Yolların Rehabilitasyonu için Asfalt Takviye Tabakaları” rehberine göre asfalt takviye tabakaları bakım işlemi olarak da uygulanabilmektedir. Bu rehberde asfalt takviye tabakalarına ait kalınlık gereklilikleri de dahil olmak üzere rijit beton kaplamalar üzerine inşa edilen asfalt tabakalarında olası yansıma çatlaklarını gidermek veya önlemek için yapılacak onarım ve iyileştirmelere kadar birçok konuda teknik detayları ve uygulama bilgilerini bulmak mümkündür.

Rijit beton kaplamalardaki birçok bozulma türünün onarımında bitümlü karışım asfalt takviye tabakası uygulamasını kullanmak en etkili ve ekonomik iyileştirmedir. Pürüzlü ve kusurlu kaplamalar genellikle asfalt takviye tabakaları ile düzgün hale getirilebilir. Parçalanmış beton kaplamalar yeterince kalın bitümlü karışım asfalt kaplama tabakaları ile tamir edilebilir ve hatta bazı durumlarda güçlendirile de bilir. Yüzeyde kayma direnci düşmüş kaplamalar uygun asfalt kaplamalarla kayma direnci yüksek hale getirilebilir. Amerika’ nın Teksas gibi bazı eyaletlerinde yaşlanmış ve yüzeyi cilalanmış rijit beton kaplamaların rehabilitasyonunda bitümlü poroz (gözenekli) sürtünme tabakası karışımlarının başarı ile kullanıldığı uygulamalar mevcuttur. Uygulamalarda kullanılan poroz sürtünme tabakası karışımları modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcılar ile hazırlanmış olup, bu karışımlarla mevcut beton kaplamalar üzerine yaklaşık bir inç (25 mm) kalınlığında takviye yüzey tabakaları teşkil edilmiştir. Asfalt takviye uygulamaları sürekli donatılı beton kaplamalar üzerine yapılmış olup, mevcut kaplamalarda genleşme derzleri olmadığından yansıma çatlağı sorunları da çok az yaşanmıştır.

8. KAYNAKLAR

1. Asphalt in Pavement Preservation and Maintenance-MS 16
2. Federal Highway Administration's (FHWA) Publications
3. AASHTO T 104 Standard Method of Test for Soundness of Aggregate by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
4. AASHTO T 11 Standard Method of Test for Materials Finer Than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
5. AASHTO T 176 Standard Method of Test for Plastic Fines in Graded Aggregates and Soils by Use of the Sand Equivalent Test
6. AASHTO T 27 Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
7. AASHTO T 304 Standard Method of Test for Uncompacted Void Content of Fine Aggregate
8. AASHTO T 84 Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate
9. AASHTO T 85 Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate
10. AASHTO T 96 Standard Method of Test for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
11. AASHTO M 140 Standard Specification for Emulsified Asphalt
12. AASHTO M 208 Standard Specification for Cationic Emulsified Asphalt
13. AASHTO M 316 Standard Specification for Polymer-Modified Emulsified Asphalt
14. FHWA-RD-03-031 Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program (Fourth Revised Edition)
15. Asphalt Binder Testing Manual (MS-25)
16. Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation (MS-17)

- 17.** ASTM C 117 Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
- 18.** ASTM D 8 Standard Terminology Relating to Materials for Roads and Pavements
- 19.** ASTM D 2397 Standard Specification for Cationic Emulsified Asphalt
- 20.** ASTM D 242 Standard Specification for Mineral Filler for Asphalt Mixtures
- 21.** ASTM D 946 Standard Specification for Penetration-Graded Asphalt Binder for Use in Pavement Construction
- 22.** ASTM D 7496 Standard Test Method for Viscosity of Emulsified Asphalt by Saybolt Furol Viscometer
- 23.** ASTM E 303 Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester
- 24.** ASTM D 5078 Standard Specification for Crack Filler, Hot-Applied, for Asphalt Concrete and Portland Cement Concrete Pavements
- 25.** ASTM D 5893 Standard Specification for Cold-Applied, Single-Component, Chemically Curing Silicone Joint Sealant for Portland Cement Concrete Pavements
- 26.** ASTM C 1252 Standard Test Methods for Uncompacted Void Content of Fine Aggregate (as Influenced by Particle Shape, Surface Texture, and Grading)
- 27.** ASTM C 127 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate
- 28.** ASTM C 128 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate
- 29.** ASTM C 131 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- 30.** ASTM C 136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- 31.** ASTM D 2419 Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

- 32.** ASTM D 3141 Standard Specification for Asphalt for Undersealing Portland-Cement Concrete Pavements
- 33.** ASTM D 3910 Standard Practices for Design, Testing, and Construction of Slurry Seal
- 34.** ASTM D 6372 Standard Practices for Design, Testing, and Construction of Micro Surfacing
- 35.** ASTM D 4791 Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate
- 36.** ASTM D 5821 Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate
- 37.** ASTM D 6433 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys
- 38.** ASTM D 6690 Standard Specification for Joint and Crack Sealants, Hot Applied, for Concrete and Asphalt Pavements
- 39.** ASTM D 6928 Test Method for Total Sulfur in Liquid Aromatic Hydrocarbons and Their Derivatives by Oxidative Combustion and Electrochemical Detection
- 40.** ASTM D 8 Standard Terminology Relating to Materials for Roads and Pavements
- 41.** ASTM E 1274 Standard Test Method for Measuring Pavement Roughness Using a Profilograph
- 42.** Basic Asphalt Emulsion Manual (MS-19)
- 43.** Construction of Hot Mix Asphalt Pavements (MS-22)
- 44.** Materials and Procedures For Sealing and Filling Cracks in Asphalt Surfaced Pavements Manual of Practice (FHWA-RD-99-147)
- 45.** TS EN 12591 Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar - Kaplama Sınıfı Bitümler - Özellikler
- 46.** TS EN 15322 Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar - Katbek ve İnceltilmiş Bitüm Bağlayıcıların Tanımlanması için Genel Esaslar

- 47. TS EN 13808 Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar - Katyonik Bitüm Emülsiyonları için Tanımlayıcı Çerçeve**
- 48. TS EN 12273 Bitümlü Harç Kaplamalar - Gereklere**
- 49. TS EN 12274 – 1,2,3,4,5,6,7,8 Bitümlü Harç Kaplamalar - Test Metotları**
- 50. International Slurry Surfacing Association (ISSA) Technical Bulletin No:100,106,109,113,114,136,139,144, 147**
- 51. ISSA A105 Recommended Performance Guideline For Emulsified Asphalt Slurry Seal**
- 52. ISSA A115 Recommended Performance Guideline For Polymer Modified Emulsified Asphalt Slurry Seal**
- 53. ISSA A143 Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing**
- 54. ISSA A165 Recommended Performance Guideline for Chip Seal**
- 55. ISSA A175 Recommended Performance Guideline for Crack Treatment**
- 56. High Performance Slurry Systems- Inspector's Manual**
- 57. The Asphalt Handbook (MS-4)**
- 58. Manual on Uniform Traffic Control Devices for Highways and Streets**
- 59. Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program (Fourth Revised Edition)**
- 60. KGM Karayolu Bakım El Kitabı**
- 61. Karayolları Esnek Üstyapılar Rehabilitasyon Tasarım Rehberi - 2023**
- 62. Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalar Çatlak Kapama Rehberi - 2021**
- 63. Asfalt Geri Dönüşüm Yöntemleri ve Uygulama Rehberi - 2023**
- 64. Karayolları Teknik Şartnamesi - 2023**
- 65. Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı - 2021**
- 66. Sathi Kaplama Dizayn Rehberi - 2020**
- 67. Superpave Performance Graded Asphalt Binder Specs & Testing (SP-1)**

- 68.** Introduction to Asphalt (MS-5)
- 69.** FHWD-RD-99-147 Materials and Procedures for Sealing and Filling Cracks in Asphalt-Surfaced Pavements- Manual of Practice
- 70.** Federal Highway Administration Research and Technology FHWA-HRT-14-065 Evaluation of Pavement Safety Performance
- 71.** Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvar El Kitabı - 2021
- 72.** Karayolları Genel Müdürlüğü Yol Yapım, Bakım ve Onarımlarında Trafik İşaretleme Standartları El kitabı

