

BİTÜM REOLOJİK YAPISININ BİTÜMÜN YAŞLANMASINA VE KAPLAMANIN PERFORMANSINA OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Atakan AKSOY

Yrd. Doç. Dr., KTÜ, Gümüşhane Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., Gümüşhane-TÜRKİYE

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; bitümlü karışımlarda bağlayıcının sertleşmesine bağlı olarak ortaya çıkan kırılma mekanizmasını, konuyla ilgili güncel test tekniklerini, kullanılan katkıların yaşlanmaya etkilerini incelemektir. Isıl değişikliklere, havaya, neme, ışığa maruz kalan bitümlü bağlayıcıların mühendislik özelliklerinde değişiklikler olmakta ve bitümlü bağlayıcı sertleşmektedir. Bitümlü bağlayıcının sertleşmesinin; oksidasyon, uçarlık, tiksotropi, sinerisis ve polimerizasyon olarak sıralanan birbirinden ayrı reaksiyonlar şeklinde gerçekleştiği görülmektedir. Genelde, bağlayıcının servis koşulları altında sertleşmesi büyük oranda oksidasyona ve uçarığa bağlanmakta; tiksotropi, sinerisis ve polimerizasyon süreçleri daha düşük derecede etkiye sahip olmaktadır. Oksidasyona bağlı olarak sertleşmenin ölçüsü günümüz dünyasında laboratuarda RTFOT, servis koşullarında ise PAV testleri ile denetlenmektedir. Son yıllarda giderek yaygınlaşan SBS modifikasyonunun ve kireç katkılarının yaşlanmaya olan olumlu etkileri kanıtlanmıştır. Yaşlanma sertleşmesine uğrayan bitüm, daha düşük penetrasyon ve daha yüksek viskozite göstermekte, bu süreç bitümlü karışımda düşük adezyona neden olmakta ve gevrek kırılma ile sonuçlanmaktadır. Sonuçta, bitümlü karışımların durabilite karakteristikleri olumsuz olarak etkilenmektedir.

Anahtar Sözcükler: Bitüm, Yaşlanma, Reoloji

INVESTIGATION OF AGE-HARDENING OF BITUMEN AND PAVEMENT PERFORMANCE INTERACTION AS RELATED TO RHEOLOGY

The purpose of this study is to evaluate cracking mechanism of bituminous mixtures dependent on age-hardening of bitumens, new test methods and effects of additives to bituminous binders. Engineering properties of bitumens affected air, water, day light, and changing of temperatures have been changing and age-hardening is subjected. The hardening of bitumen binder is usually discussed in terms of the separate reactions that occur in service and result in a progressive loss of desirable properties. The reactions are oxidation, volatilization, thixotropy, syneresis and polymerization. In general means it is agreed that the hardening of bitumens in service is owing to large part to oxidation and volatilization and to a lesser degree to thixotrophy, syneresis and polymerization. In recent years age hardening of bitumens are evaluated with RTFOT Test in laboratory and PAV Test in service conditions. SBS modification and lime addition to the mixture effect positively in means of age-hardening. Age hardening of bitumen are shown in two types. In the first stage oxidation (age-hardening) are realized with high temperatures and large aggregate surface area. In the second stage age-hardening of bitumens are subjected in pavement service life and this called slow oxidation. Slow oxidation is known the main age hardening functions and in the result that adhesion power decrease and pavement problems are shown especially cracking and others.

Key Words: Bitumen, Age-Hardening, Rheology

1. GİRİŞ

Reoloji; bir maddenin akma ve deformasyonunun basınç ve zaman içerisinde incelenmesidir. Bitüm reolojisi ise belirli bir sıcaklıkta hem kimyasal bileşenlerinin, hem de malzemedeki baskın hidrokarbon yapıların saptanması; bileşenindeki, yapısındaki veya her ikisinde birden olan değişikliklerin etkisinin incelenmesidir. Yani; bitüm reolojisindeki değişimler, o asfalt çimentosunun yapı ve bileşenlerinin etkisi ile oluşmaktadır (Malkoç, 2000; Isacson ve Zeng, 1998).

Bitümlü malzemeler, farklı kimyasal ve moleküler özellikteki hidrokarbon bileşenlerinden oluşur. Bitümlü malzemelerin çeşitli bileşenleri arasında küçük bir molekül miktarı, katı yüzeyinden gerekli enerjiyi yeterli bir şekilde karşılayabilir. Bu moleküller dipoller olarak bilinir. Pozitif ve negatif yüklerin merkezinde olan dipoller çakışmamaktadır (Winterkorn, 1936; Smith vd. 1990; Hubbard, 1938).

Bu çalışmada; bitümün bileşimi tanımlanmakta, reolojik davranış konusu incelenmekte ve reoloji-yaşlanma ilişkisi üzerinde durulmaktadır. Ayrıca; yaşlanmaya karşı uygulanan güncel testler ifade edilerek ulaşılan bilgiler bir sentez halinde sunulmaktadır.

2. BİTÜMLERİN BİLEŞİMİ

Bitüm; baskın hidrokarbon kökenli yapıdan oluşmakla birlikte içeriğinde hidrojen, çok az miktarda sülfür, oksijen ve nitrojen bulunmaktadır. Çeşitli kökenli ham petrolardan üretilmiş bitümlerin elementsel analizleri yapılmış olup, çoğunluğunun aşağıdaki bileşimde olduğu görülmüştür (Malkoç, 2000).

Tablo 1. Bitümlerin Elementsel Analiz Sonuçları

Element	% Değeri
Karbon	82-88
Hidrojen	8-12
Sülfür	0-6
Oksijen	0-1.5
Nitrojen	0-1

Bir bitümün kimyasal bileşimi oldukça karmaşık olup bunun reolojik özelliklere etkisini saptamak oldukça güçtür. Bitüm fraksiyonları; solvent ekstraksiyon, kromatografi, adsorbsiyon, moleküler destilasyon yöntemleri ile saptanmaktadır (Malkoç, 2000; Petersen, 1984).

Asfalt, molekül ağırlıkları farklı hidrokarbonların bir karışımı olup n-heptan'da çözülen kısmına malten, çözünmeyen kısmına da asfalten adı verilir. Maltenler kısımlarına ayrıldığında; aromatikler, reçineler ve doymuş hidrokarbonlardan oluşur. Asfaltenler gri-siyah renkte olup n-heptan'da çözülmezler. Yüksek sıcaklıkta krakinge uğrayıp koklaşırlar. Molekül ağırlıkları 500-100000 arasında değişmektedir. Aromatikler, koyu kahve viskoz yağ şeklindedir. Az miktarda oksijen, azot ve kükürt içerirler. Molekül ağırlıkları 300-2000 arasındadır. Reçineler n-heptan'da çözünebilir. Açık siyah renkleri vardır. Molekül ağırlıkları 500-2000 arasındadır. Doymuş hidrokarbonlar renksiz yağlı yapıda olup vaks gibi parafinik ve naftanik yağ halkalarını içerir. Molekül ağırlıkları 300-2000 arasındadır (Keyvanklıoğlu, 1996).

Asfaltenler, n-heptanda çözünmeyen, siyah veya kahve renkli amorf katılardır. Ayrıca karbon ve hidrojen, biraz nitrojen, sülfür ve oksijen içermektedirler. Asfaltenler genellikle oldukça yüksek molekül ağırlıklı, oldukça polar ve kompleks aromatik maddelerdir. Molekül ağırlıkları 600 ile 300000 arasında değişmektedir. Asfalten fazı, malzemenin reolojik özelliklerine önemli derecede etki eder: Asfaltenin artmasıyla, asfalt çimentosu sertleşerek daha düşük penetrasyona ve daha yüksek yumuşama noktasına sahip olur, sonuçta yüksek viskoziteli bir malzeme elde edilir. Bir asfalt çimentosundaki asfalten miktarı % 5 ile 25 arasında değişmektedir (Malkoç, 2000).

Reçineler, n-heptanda çözünmekte, asfaltenler gibi çok miktarda karbon ve hidrojen, biraz da nitrojen sülfür ve oksijen içermektedirler. Koyu kahve renkte, katı veya yarı-katı ve oldukça polar maddelerdir. Bu yapısal özellik, onları oldukça yapışkan yapar. Bunlar, asfaltenleri dağıtan kısımdır ve asfaltenlerin dağılma derecesine göre asfalt çimentosu “**Solution**” (SOL) veya “**Gelatinous**” (GEL) olarak adlandırılır. Molekül ağırlıkları 500 ile 50000 arasında değişmektedir (Malkoç, 2000).

Aromatikler, asfalt çimentosunun içinde bulunan en düşük molekül ağırlıklı naftanik aromatik bileşiklerdir. Toplam bitümün % 40 ile % 65'ini oluştururlar; koyu kahve renkte ve viskoz sıvıdırlar. Ortalama molekül ağırlıkları 300 ila 2000 arasında değişmektedir. Diğer yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonlara göre daha yüksek çözünme özelliğine sahiptirler (Malkoç, 2000).

Doymuş Hidrokarbonlar, beyazımsı renkte, polar olmayan viskoz yağlardır. Ortalama molekül ağırlıkları aromatikler kadardır. Bu fraksiyon, bir asfalt çimentosu içinde % 5-20 civarındadır.

Yukarıda adı geçen dört fraksiyonun, 100 penetrasyonlu bir asfalt çimentosu içindeki dağılımları Tablo 2'de verilmektedir (Malkoç, 2000).

Tablo 2. AC100 İçerisinde 4 Fraksiyonun Elementsel Analizi

	AC'de Miktar %, w	Karbon %, w	Hidrojen %,w	Nitrojen %,w	Sülfür %,w	Oksijen %,w	Molekül Ağırlığı
Asfaltenler (n-heptan)	5.7	82.0	7.3	1.0	7.8	0.8	11300
Reçineler	19.8	81.6	9.1	1.0	5.2	-	1270
Aromatikler	62.4	83.3	10.4	0.1	5.6	-	870
Doymuş H.karbonlar	9.6	85.6	13.2	0.05	0.3	-	835

Asfalt çimentosunun yapısı, “yüksek molekül ağırlıklı asfalten parçalarının, daha düşük molekül ağırlıklı, yağsı bir ortamda (maltende) dağılmış durumundan oluştuğu bir kolloidal sistem” şeklinde tanımlanabilir. Reçine ve aromatik miktarının yeterli olması durumunda gerekli çözücü güç oluşacak ve asfaltenler tamamen dağılacaklardır. Bu tür asfalt çimentoları “SOL” olarak adlandırılırlar. Eğer reçine ve aromatik fraksiyon, parçacıkları dağıtmak için yeterli değilse veya çözücü gücü yeterli değilse asfaltenler bir araya gelip kümeleşeceklerdir. Bu tür malzemeler de “GEL” olarak adlandırılırlar. Bu tür malzemelere en iyi örnek, çatı amaçlı kullanılan blown veya okside asfaltlardır (Malkoç, 2000).

Asfaltenlerin asfalt çimentosu içerisinde bu tür davranışları toplanma-çözünme ile sonuçlanır. Dağılım dereceleri, sistemin viskozitesine oldukça etkir. Bu etkiler, sıcaklık ile azalır ve GEL karakter yüksek sıcaklıklarda kaybolabilir. Doymuş hidrokarbonların, aromatiklerin ve reçinelerin viskoziteleri, molekül ağırlık dağılımına bağlıdır. Molekül ağırlığı arttıkça, viskozite de artar. Sürekli fazın (maltenlerin) viskozitesi, asfalt çimentosunun viskozitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Doymuş hidrokarbonlar, asfaltenleri çözen maltenlerin hareketini kısıtlar çünkü, doymuş hidrokarbonların artması, asfaltenlerin bir araya gelmesine yol açar. Dolayısıyla, GEL karakterdeki artış ve düşük sıcaklıklara bağlılık sadece asfaltenden değil, doymuş hidrokarbonlardan da kaynaklanmaktadır (Malkoç, 2000).

Asfalt çimentolarının kimyasal bileşimleri, üretildiği ham petrolün kimyasal yapısı ile ilişkilidir. Yeryüzünde yaklaşık 600 çeşit ham petrol cinsi bulunmakta ve bunların bazıları AC üretimi için uygun bulunmaktadır. Tablo 3'de kökenlerine göre gruplandırılan ham petrolerden üretilen AC kimyasal bileşimleri verilmektedir (Malkoç, 2000).

Tablo 3. Ham Petrol Kökenine Göre Asfalt Çimentolarının Kimyasal Bileşimi (Iatroskan Analizi)

AC Tipi	Petrol Kökeni	Doymuş Hidrokarbon	Aromatik	Reçine	Asfalten	CII*
A	Doğu Avrupa	6	46	28	20	0,35
B	Orta Doğu (Orta 1)	4	58	20	19	0,29
C	Orta Doğu (Orta 2)	4	58	21	16	0,25
D	Orta Doğu (Ağır)	6	52	20	21	0,38
E	Orta Doğu (Orta 3)	3	65	17	15	0,22
F	Kuveyt	3	64	18	15	0,22
G	Venezuela	6	45	26	23	0,41
H	Meksika (Ağır)	6	62	17	16	0,28

*Colloidal Instability Index

Ham petrol kökeni değiştikçe, elde edilen asfalt çimentosunun kimyasal bileşimlerinin de değişmekte olduğu, yani her ham petrol kökenine ait asfalt çimentosunun karakteristik bir kimyasal yapı oluşturduğu görölmektedir. Bu durumda, sürekli aynı ham petrol işlenerek üretilen asfalt çimentolarının kimyasal bileşimlerinin sabit olacağı beklenebilir. Ancak, asfalt çimentoları üretilirken her zaman köken sabit olamamakta, çeşitli ham petroler karıştırılarak (paçallama yapılarak) da ürünler alınabilmektedir. Bu nedenle, elde edilecek asfalt çimentolarının kimyasal özellikleri de değişken olmaktadır.

3. BİTÜMLÜ BAğLAYICILARIN YAşLANMASI

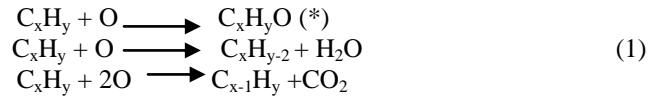
Bağlayıcı-agrega sisteminin davranışı; sadece bağlayıcının özđün özelliklerine bağlı değil, aynı zamanda servis koşullarına maruz kaldıktan sonra da değişebilmektedir. Bağlayıcı-agrega bağının atmosferik koşullara maruz kalması durumunda viskozitede, yüzey geriliminde ve bağlayıcı bileşiminde değişiklikler olabilmektedir. Bu değişikliklerin nasıl olabileceği noktasında araştırmalar yapılmaktadır. Plentte karışım sırasında ve servis koşullarına maruz kaldıktan sonra ortaya çıkacak yaşlanmaya karşı mukavemetin nasıl tanımlanacağı ve bitüm sertleşmesinin etkileri de günümüzde halen incelenmektedir.

Bitümün yaşlanması; hem uygulanma hem de servis koşullarında, bitümün sertleşmesi ve kırılğan hale gelmesiyle sonuçlanan çok karmaşık bir konudur. Bu olay, kaplama uygulamalarının bozulmasında çok önemli bir etkiye sahiptir. Bitümlerin bileşiminde bulunan asfaltların stabilitesi ve kolloidal yapısı yaşlanma ile doğrudan doğruya ilişkilidir (Mastrofini ve Scarsella, 1999).

Isıl değişikliklere, havaya, neme, ışığa maruz kalan bitümlü bağlayıcıların mühendislik özelliklerinde değişiklikler olur. Bu durumlar, bitümlü bağlayıcının sertleşmesine nedendir. Sertleşmenin; oksidasyon (elektron kaybını içeren süreç, sıklıkla oksijen kazanımı ama hidrojen kaybı), uçarlık (volatilization) (daha hafif bileşiklerin kaybı), tiksotropi (thixotropy) (titreme veya diğer mekaniksel anlamdan kaynaklanan izotermal gel-sol dönüşümü), sinerisis (syneresis) (jel veya jel gibi maddelerden sıvının ayrılması) ve polimerizasyon (tekrarlı yapısal ünitelerde geniş moleköl formasyonunun oluşması) olarak sıralanan birbirinden ayrı reaksiyonlar şeklinde gerçekleştiği görölmektedir. Genelde, bağlayıcının servis koşulları altında sertleşmesi büyük oranda oksidasyona ve uçarlığa bağlanmaktadır. Tiksotropi, sinerisis ve polimerizasyon süreçlerinin daha düşük derecede etkiye sahip olduğuna inanılır (Hunter, 1994).

Bitümün bileşiminde oluşan değişme nedeniyle ortaya çıkan yaşlanma; bitümün yağlı bileşiklerinin uçarlık (volatilization) ile ya da boşluklu agregata tarafından emilerek kaybolması, atmosferik oksijen nedeniyle oluşan reaksiyonlarla kimyasal bileşimde değişim (ana neden) ve tiksotropik etkilerle (sterik sertleşme) moleköl yapılanma şekillerinde gerçekleşmektedir (Petersen, 1984).

Bitümlü karışımların üretimi süresince oksidasyon oranı özellikle geleneksel batch karışım plenti içerisinde yüksektir. Çünkü bu plentlerde, ince bitüm filmleri yüksek sıcaklık koşulları altında havadaki oksijene büyük oranda maruz kalır. Eğer karışım aşırı derecede uzatılırsa, önemli oranda sertleşme oluşur ve bu durum da bitüm için arzu edilmeyen bir durum yaratır. Bitümün oksidasyonu, oksijenle hidrokarbon bileşiklerinin birleşmesidir. Bu reaksiyonlar aşağıdaki şekilde gerçekleşir (Hunter, 1994).



Bu reaksiyonlar, ısı ve ışık etkisiyle sürekli olarak daha büyük miktarda aktivasyon enerjisi gerektirirler. (*) türü bir oksidasyon reaksiyonu başlıca bitümün yüzeyinde oluşur. Dış yüzeyde koruyucu bir deri oluşturur. Bu deri tabakası aşınmadıkça ve suyla yıkanmadıkça oksijen emilimi yavaşlar. Oksidasyon azalır, uzun süreçte ışığın etkisi sertleşme mekanizması üzerinde esas etkiye sahiptir. Sıkıştırılmış asfalt tabakada hava boşlukları arasında bağlanma şebekesi oluşturarak bitümlü bağlayıcının uzun süreçli yaşlanmasına neden olur (Hunter, 1994).

Düşük sıcaklık koşullarında; ısıl rötreler veya tekil gerilme uygulamalarının bir sonucu olarak bitümler daha kırılğan olmaktadır. Fraas Kırılma Noktası, laboratuarda hazırlanan örnekler üzerinde kontrol edilmiş çatlak oluşumu için sıcaklık tanımlaması yapmaktadır. Bitüm için kritik dayanımı ölçülemekte ve bu yüzden prensip olarak eř viskoz sıcaklıklarda yumuşama noktası (softening point) ile benzer olmaktadır (Hunter, 1994).

Yaşlanma nedeniyle hem kimyasal yapının değişimi hem de kolloidal yapı gözlenmektedir. Asfaltın oksidasyonu ve moleküllerle kümelerin yapılanma süreci bu değişimlerden sorumlu esas faktörler olarak bilinir. Hafif yağlı bileşimlerin kaybı (volatilization) daha az etkilidir (Vanderhart vd., 1990).

Asfalt çimentosunun asfaltın, reçineler ve yağların bir kombinasyonu olduğu, asfaltın bileşiminde başka maddelerin de bulunduğu belirtilmesine rağmen bunların çok düşük düzeyde olduğu, fakat belirtilen kombinasyonun en basit ve en anlaşılır olduğu, asfaltın reçinelerden ve yağlardan göreceli olarak daha viskoz olup asfaltın viskozitesinin belirlenmesinde esas rolü oynadığı, asfaltın ısı, oksijen ve diğer çevresel etkenlere maruz kalması durumunda kimyasal reaksiyonların oluştuğu, oksidasyonun yağları reçinelere ve reçineleri de asfaltın dönüşürdüğü, asfaltın ısınmasının yağ fraksiyonunun buharlaşmasına ve oksidasyon sürecine katkıda bulunduğu, bu dönüşümlü sürecin zamanla asfaltın yüksek bir asfalt yüzdesine sahip olması ile sonuçlandığı ve bu yüzden daha yüksek bir viskoziteye ulaşıldığı, mineral agreganın zamanla yağ kısmından maddeleri emmesinin sertleşmenin daha da artmasına neden olduğu, bununla birlikte mineral agreganın yüzeylerinin oksidasyon için bir katalizör görevi yaptığı ve yorulma sertleşmesini hızlandırdığı, asfaltın, yağların ve reçinelerin verilen bir asfalt çimentosu içerisindeki miktarının asfaltın fiziksel ve adezyon özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu, asfaltın yüksek oranda olmasının (% 30 dan fazla) kaplama yapısında potansiyel çatlama problemiyle sonuçlandığı ve adezyonu azalttığı vurgulanmaktadır (Dunning, 1978; Kuroda vd., 1976).

Oksidasyonla oluşan değişimin, asfaltın özelliklerine bağlı olarak bazılarında daha hızlı yaşlanma ve daha fazla sertleşme şeklinde kendini gösterdiği, bu olayın iki şekilde ortaya çıktığı, birinci kısımda karıştırma-serme süresince asfaltın maruz kaldığı yüksek sıcaklıktan ve ısıtılan agreganın geniş yüzey alanından dolayı hızlı oksidasyonun oluştuğu, ikinci kısımda ise kaplamanın servis ömrü boyunca gerçekleşen yavaş oksidasyon olduğu, bu durumun kaplamanın zamanla havadaki oksijenle etkilenmesi ve bağlayıcının bu oksijenle oluşturduğu tepkime nedeniyle gerçekleştiği, birinci kısımda asfalt bünyesindeki bazı maddelerin uçmasının asfaltın sertleşmesine neden olduğu, ikinci kısım süresince oksidasyonun yavaş ve uzun süreli gerçekleştiği ve esas sertleşme olarak bilindiği, sonuçta bağlayıcı adezyonunda azalma oluştuğu belirtilmektedir (Petersen, 1984).

Kaplama bünyesindeki asfalt çimentosunun; servis ömrü boyunca ısının, havanın ve çevresel koşulların etkisinde sertleşmeye uğradığı, zamanla asfalt çimentosunun viskozitesinde artış oluşturan ve oksidasyon sonucu değişimin yaşlanma sertleşmesi olarak adlandırıldığı, yaşlanma sertleşmesine uğrayan asfalt çimentosunun daha düşük penetrasyon ve daha yüksek viskozite gösterdiği, yaşlanma sertleşmesinin gevrek kırılma ile daha düşük adezyon ortaya koyduğu ifade edilmektedir (Noureddin, 1995).

Tablo 4. Bitümün Bağlanma Özelliğini Azaltan Etkiler (Traxler, 1963)

Etkiler	Zaman	Isı	O ₂	Güneş Işığı	Beta Gamma Iş.	Değişiklikler	
						Yüzeyde	Bünyede
Oksidasyon	+	+	+			+	
Foto Oksidasyon (Direkt Işık)	+	+	+	+		+	
Volatilizasyon	+	+				+	+
Foto Oksidasyon (Yansıyan Işık)	+	+	+	+		+	
Foto Kimyasal (Direkt Işık)	+	+		+		+	
Polimerizasyon	+	+				+	+
Tixotropi (İçsel Yapının Gelişmesi)	+					+	
Sinerisis	+	+				+	
Nükleer Enerji İle Değişim	+	+			+	+	+
Suyun Etkisi	+	+	+	+		+	+
Katılarla Emilme	+	+				+	+
Katı Yüzeye Emilimi	+	+				+	
Katalitik Reaksiyonlar	+	+				+	+
Mikrobiyolojik Etkiler	+	+	+			+	+

4. UYGULANAN TESTLER

Bitüm, hem kendisinin karıştırılması süresince hem de karışımın depolanması süresince okside olur. Bu oksidasyon, yolun hizmet ömrü boyunca daha yavaş gelişmektedir. Oksidasyonla birlikte bitüm sertleşmekte ve ileride çatlamaya neden olacak esneklik (elastiklik) kaybı oluşmaktadır. Karışım süresince bitümün sertleşmesi, laboratuarda RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) (ASTM D-2872) ile simüle edilmektedir. Bu testte; sıcak bağlayıcı, hava buharına maruz bırakılır. Daha sonra bağlayıcının viskozitesi, işlem görmemiş örneğin viskozitesi ile karşılaştırılır. Yolun hizmet süresince, daha yavaş gelişen yaşlanma ise, Amerika'da Superpave protokolünün bir parçası olarak geliştirilen PAV (Pressure Aging Vessel) ile belirlenmektedir. Bu testte de bitümün işlem görmeden önceki ve sonraki reolojik yapıları karşılaştırılır. G^* kompleks modülü, δ faz açısı dinamik reolojik analiz ile saptanır (Akzo Nobel; Anderson, 1993).

RTFOT ve PAV testlerinden önce ve sonra bağlayıcının rijitliğindeki artış dinamik kayma reometresi (Dynamic Shear Rheometer) ile belirlendiğinde, karışım ve servis süresince bitümün yaşlanma davranışı ortaya konur. Katkılarla gerçekleştirilen çalışmalar, bitümün yaşlanma eğiliminin azalması ile birlikte kaplamanın servis ömrü boyunca yorulma çatlamasının azaldığını göstermektedir. Sonuç, daha az kaplanmamış yüzey alanı ve daha iyi sıkışan karışım anlamına gelmektedir (Akzo Nobel).

Malzeme-çevre koşulları-kaplama yapısal faktörleri gibi farklı etmenlerin düşük sıcaklıklarda asfaltın davranışını etkilediği, malzeme faktörleri arasında bağlayıcı özelliklerinin en büyük öneme sahip olduğu, asfalt betonu karışımların düşük sıcaklıklardaki davranışını irdelemek için TSRST (Tensile Stress Restrained Specimen Test) testinin kullanıldığı, bu yöntemin ilk defa **Monismith vd.** tarafından tanımlandığı, yöntemin daha sonra geliştirildiği, düşük sıcaklık çatlama direnci gibi asfalt kaplamaların performans ilişkili özelliklerini tanımlamak için uygulanan laboratuvar test yönteminin daha geniş kabul görmesi ve arazi gözlemleri ile doğrulanmayı gerektirdiği; TSRST (Tensile Stress Restrained Specimen Test) yönteminin arazi koşullarını simüle ettiği ve düşük sıcaklık çatlamasını tahminde kullanılabilceği vurgulanmaktadır (Isacsson ve Huayeng, 1997).

Kimyasal bakımdan bitümün çok kompleks bir malzeme olduğu, çok kompleks biçimde yapılanmış çok sayıda organik bileşimde bulunduğu, prensip olarak bitümün kimyasal yapısı hakkında ayrıntılı bilgi edinmenin olanaksız olduğu, bitüm kimyasının tanımlanması için birçok yöntemin önerildiği, genellikle bu yöntemlerle bitümün farklı kısımlara ayrılabilirdiği, yöntemlerden birisinin Flame Ionisation Detector (FID) bulunan Thin Layer Chromatography (TLC) testi olduğu, bu test yönteminin hızlı olması nedeniyle tercih edildiği ve bir saat içerisinde bitümün asfalttenler, yağlar, aromatikler ve reçineler olarak dört fraksiyona ayrılabilirdiği, test yönteminin tekrarlanabilir özellikte olduğu, kısımlar arasındaki değişim ölçüsünün (korelasyonun) yaklaşık %5 düzeyinde gerçekleştiği, TLC(FID) yönteminin aksine Gel Permeation Chromatography (GPC) testinin bitüm örneğini kısımlarına ayıramadığı fakat bitümün moleküler boyut dağılımını verdiği ifade edilmektedir (Isacsson ve Zeng, 1997).

5. KATKILAR

Katkıların; bağlayıcı ve agrega arasındaki adezyonu geliştirdiği, kimyasal bileşimlerinden dolayı bağlayıcının erken sertleşmesini yavaşlattığı, SBS modifikasyonunun bitümün yaşlanmasını geciktirdiği, GPC testleri ve RTFOT testleri ile konunun doğrulandığı vurgulanmaktadır (Shell, 1993).

Hidrate olmuş kireç, geçmişte etkin bir soyulma önleyici olarak kullanılmış ve oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. Kimyasal olarak, hidrate olmuş kireç, güçlü bir alkali malzemedir. Büyük oranda nötralize etme gücüne sahiptir. Kireçteki kalsiyum, agrega yüzeyindeki hidrojen, sodyum, ve potasyum ile yerdeğiştirir. Kalsiyumca zengin yüzeyler, uzun zincirli organik asitlerle tepkimeye girerek suya karşı dirençli (yalıtılmış) yüzeyler oluşturur. Genellikle, %1-2 oranında hidrate olmuş kireç, doğrudan doğruya harç (slurry) formunda uygulanır. Hidrate olmuş kirecin bitümün erken yaşlanmasını geciktirdiği belirtilmektedir (Johansson, 1995).

Tablo 5. Bitümlü Karışımlarda Adezyon Artırıcı Katkılar

Katkının Türü	Not
Hidrate Olmuş Kireç, Portland Çimentosu (Kütlece %1-2 Oranında)	Soyulmayı Azaltmakta, Islak Ve Soğuk Agregalar İçin İyi Sonuçlar Sağlamakta
Asit	Türü Ve Niceliği Tam Olarak Belirlenmemiş Durumda
Polar Malzemeler (Organik Asitler Veya Alkoller)	Bağlayıcıya Katıldıklarında Teorik Açından İyi Sonuç Veriyor Ancak Deneyler Yetersiz Olduklarını Gösteriyor.
Yüzey Aktif Kimyasallar (Sabunlar, Kalsiyum, Kurşun, Demir)	Adezyonu Geliştirebilirler. Ancak Sık Sık Yetersiz Kalmaktalar.
Katyonik Yüzey Aktif Ajanlar	Bağlayıcı Ve Agregası Arasında Güçlü Bir Şekilde Emilmekte Ve Adezyonu Güçlendirmekte
Organik Aminler	Sathi Kaplamada Etkili, İsveç Ve Büyük Britanya'da Yaygın Bir Şekilde Kullanılmakta, Minimum Uygulanma Miktarı Belirli Değil, Güçlü Katyonik Yüzey Aktif Ajanlar
Uzun Zincirli Hidrokarbon Zincire Sahip Aminler Veya Diaminler	Maksimum Faydalı Yüzdesi Kütlece %1.5, Daha Fazlası Adezyonu Azaltır.
Yol Katranı, Kütlece %10	Adezyonda Hafif Bir İlerleme Sağlar.
Petrol-İs (Soot, Yüzeyde İnce)	Halen Araştırılmakta
Uçucu Kül	Sorgulanmakta
Agregayı Silikonla Veya Metal Tuz Çözeltisi İle Önceden Kaplama	Adezyonu Geliştirmekte, Bağlayıcıya Katyonik Katkıların Katılmasına Göre Daha Ekonomik Olabiliyor Ancak Arazi Uygulamaları İle Doğrulanmaya İhtiyacı Bulunmakta
Dizel Yağıyla Ve %1 Oleik Asit, Naftanik Asit, Katran Veya Bitümle Çözeltisi İle Agregayı Kaplama	Ayrılma Testinde Adezyonu Önemli Ölçüde Geliştirmekte
Seyreltilmemiş Bitüm Veya Katranla 250 °C'de Kütlece %1 oranında Agregayı Kaplama	Laboratuvar Ayrılma Testinde %100 Adezyon Sağlamak İçin En Emniyetli Yöntem
Bağlayıcıya Stearin Zifti, Oleik Asit Veya Naftanik Asit Katmak	Ayrılma Direncini Artırmakta

Unutulmaması gereken önemli bir nokta da şu olmaktadır. Aşırı oranda soyulma önleyici katkıların (aminlerin) kullanılması, belirli koşullar altında özellikle önerilenden fazla kullanılması durumunda “ani emülsiyonlaşma” (spontaneous emulsification) olarak açıklanan konuyla birlikte soyulmaya neden olabilir. Bu yüzden, katkı-bitüm uyumunun testlerle ortaya konması gerekmektedir (Asphalt Institute).

6. SONUÇLAR

Bitümün sertleşmesi bitümlü karışımların durabilite karakteristiklerini olumsuz olarak etkilemektedir. Atmosferik oksidasyon, sertleşmenin ana nedenidir. Bu durum, viskozitede artışla penetrasyonda azalmayla sonuçlanır. Yaşlanma (sertleşme) nedeniyle üstyapıda genellikle çatlama şeklinde problemler görülmektedir. Bunlar, genellikle yorulma, termal ve yansıma çatlaklarına ithaf edilir. SBS türü katkıların, bağlayıcının yaşlanması konusunda olumlu etkiye sahiptir.

7. KAYNAKLAR

Akzo Nobel, Adhesion Promoters, Technical Bulletin.

Anderson, D.A. (1993). Proceedings, Association Of Asphalt Paving Technologists, 62:481.

Asphalt Institute, Cause And Prevention Of Stripping In Asphalt Pavements, Educational Series-10, Second Edition, College Park, Maryland 20740

Dunning, R.L., Mendenhall, R.L. (1978). Design Of Recycled Asphalt Pavements And Selection Of Modifiers, American Society For Testing And Materials, Special Technical Publication, ASTM, STP 662.

Hubbard, P. (1938). Adhesion Of Asphalt To Aggregates In The Presence Of Water, Proceedings, Highway Research Board, Vol.18, Part 1, pp.238.

Hunter, R.N. (1994). Bituminous Mixtures In Road Construction, Thomas Telford Services Ltd., Thomas Telford House, 1 Heron Quay, London.

Isacsson, U., Huayeng, Z. (1997). Relationships Between Bitumen Chemistry And Low Temperature Behaviour Of Asphalt, Construction And Building Materials, Vol. 11, No.2, pp.83-91.

Isacsson, U., Huayeng, Z. (1998). Cracking Of Asphalt At Low Temperature As Related To Bitumen Rheology, Journal Of Materials Science 33, pp 2165-2170.

Johansson L. (1995). Influence Of Hydrated Lime On Bitumen Hardening Licentiate Thesis, Trita-İp Fr 95-8, Royal Institute Of Technology, Highway Engineering, Stockholm.

Keyvanklıoğlu, N. (1996). Köprüler Ve Viyadüklerde Kullanılan Modifiye Asfalt-Bazlı Yalıtım Örtüsü, 1. Asfalt Sempozyumu, pp.176-183, Ankara.

Kuroda, H., Inui,S., And Tokuda, H. (1976). An Example Of Refuse Of Asphalt Mixture, Hoso (Pavement), Japan.

Malkoç, G. (2000). Asfalt Çimentosunun Kimyasal Yapısı, Modifikasyona Etkisi Ve Bu Kapsamda Ülkemiz Ürünlerinin Değerlendirilmesi III. Asfalt Sempozyumu, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Mastrafoni, D.,Scarsella, M. (2000). The Application Of Rheology To The Evaluation Of Bitumen Aging, Fuel 79, pp 1005-1015.

Noureldin, A. S. (1995). Long Term Performance Of Asphalt Cement Binders;A Dual View, Physical Properties Of Asphalt Cement Binders, ASTM STP 1241, John C. Hardin, Ed., American Society For Testing And Materials, Philadelphia.

Petersen, J.C. (1984). Chemical Composition Of Asphalts As Related To Asphalt Durability; State Of Art, Transportation Research Record 999, pp13-30.

Shell Chemicals. (1993). Ageing Resistance Of Bituminous Road Binders: Benefits Of SBS Modification, Thermoplastic Rubbers, Technical Manual TR 8.29.

Smith, H.R., Rolt, J., Wambura J. (1990). The Durability Of Bituminous Overlays And Wearing Courses In Tropical Environments, Proceedings Of Third International Conference On Bearing Capacity Of Roads, Trondheim, 3-5 July, Norway.

Traxler, R.N., (1963). Durability Of Asphalt Cements, Proceedings, Association Of Asphalt Paving Technologists, Vol. 32, pp. 44-63.

Vanderhard, D.L., Manders, W.F., Campell, G.C. (1990). Investigation Of Structural Inhomogeneity And Physical Aging, Asphalts By Solid NMR, Washington D.C., American Chemical Society (Division Fuel Chemistry), pp. 26-31, August.

Winterkorn, H.F., (1936). Surface Chemical Aspects Of The Bond Formation Between Bituminous Materials And Mineral Surfaces, Proceedings, The Association Of Asphalt Paving Technologists, Vol.7, pp.79-85.