



DOĞU ANADOLU BÖLGESİ ARAŞTIRMALARI

Research of Eastern Anatolia Region

**FEN BİLİMLERİ - TEKNOLOJİ - SOSYAL BİLİMLER
SAĞLIK BİLİMLERİ - YAŞAM BİLİMLERİ**

CİLT : 6 SAYI : 1 - EKİM 2007 VOL : 6 NO : 1 - OCTOBER 2007

**SCIENCE - TECHNOLOGY - SOCIAL SCIENCES
MEDICINE & VETERINARY SCIENCE - LIFE SCIENCES**

ISSN : 1303-4618

DOĞU ANADOLU



İÇİNDEKİLER

Sayfa
No

1. Düzlemsel Yüklenmiş Ortasında Dairesel Delik Bulunan Kompozit Plakada Oluşan Elastik Gerilmelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi. <i>Hamit ADİN</i>	1
2. Bölgelerarası Kalkınma ve Turizm: Elazığ Örneği. <i>Uğur KABASAKAL</i>	7
3. Karbon Fiber Takviyeli Betonda Farklı Fiber Boyunun Kapilariteye Etkisi. <i>Bahar DEMİREL, Tahir GÖNEN</i>	12
4. Tabakalı Kompozit Plakalarda Takviye Malzemesi ve Oryantasyon Açısının Gerilme Analizine Etkisi. <i>M. Yavuz SOLMAZ, Mustafa GÜR</i>	16
5. Yerel Yönetimlerde Akıllı Kent Haritaları Hazırlanması Gerekliği (Elazığ Örneği). <i>Önder ÜSTÜNDAĞ, Engür Esen AKARSU</i>	26
6. Ergen ve Genç İntiharlarında Aile Faktörü. <i>Uğur KABASAKAL</i>	32
7. Yüksek Krom'lu Beyaz Dökme Demirlerde Oluşan M_7C_3 Karbürlerin Mikroyapı Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi. <i>Yahya TAŞGIN, Mehmet KAPLAN</i>	37
8. Yapı Yönetimi ve Organizasyon. <i>İsmail BENEK, Zülfü Çınar ULUCAN</i>	44
9. Kısa Süreli Yaşlanmanın Polyester Reçine Katkılı Bitümlü Bağlayıcılar Üzerindeki Etkisi. <i>Perviz AHMETZADE, Mehmet YILMAZ, Mesude YILMAZ</i>	50
10. Osmanlı Millet Sisteminin Dönüşümü. <i>Gürsoy AKÇA</i>	57
11. F Sınıfı Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Sıkışan Betonda Karışım Süresinin İşlenebilirliğe Etkisi. <i>Mehmet KARATAŞ, Zülfü Çınar ULUCAN</i>	69
12. İlköğretim İkinci Kademedeki Çoklu Zekâ Kuramına Dayalı Yönlendirme Etkinliklerinde Öğrenciyi Çok Yönlü Tanıma Sürecinde Karşılaşılan Sorunlar. <i>Kadriye ÇEVİK</i>	73
13. Türkiye ve Bazı Ülkelerin Eğitim Reformlarının Karşılaştırılması. <i>Burhan AKPINAR, Kamil AYDIN</i>	82
14. İlköğretim Okulu Öğretmenlerinin Görüşleri Bağlamında Teftiş Sürecinde Etik (Tokat İli Örneği). <i>Zülfü DEMİRTAŞ, Alpay ERSÖZLÜ</i>	89
15. Focus Group Methodology. <i>Mustafa CİNOĞLU</i>	95
16. Sığırlarda Beyaz Kas Hastalığının Araştırılması. <i>Tolga KARAPINAR, Seval YILMAZ</i>	100
17. Giydirme Cephelerde Kullanılan Alüminyum Kompozit ve Kompakt Laminat Panellerin Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması. <i>Yüksel ESEN, Berivan YILMAZER</i>	103
18. Yeni Bir Baca Tasarımı ve Elazığ İlindeki TOKİ Konutlarına Uygulanması. <i>Asım BALBAY, Yüksel ESEN</i>	107
19. İnce Kenarlı Dikdörtgen Savakların Penetrasyon Derinliklerinin Araştırılması. <i>Mehmet ÜNSAL</i>	115
20. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Köprülerdeki Karın / Buzun Eritilmesine Etkisi. <i>Asım BALBAY, Mehmet ESEN</i>	119

KISA SÜRELİ YAŞLANMANIN POLYESTER REÇİNE KATKILI BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

*Perviz AHMEDZADE, *Mehmet YILMAZ, *Mesude YILMAZ

*Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü – ELAZIĞ

ÖZET

Bu çalışmada, kısa süreli yaşlanmanın polyester reçine katkıli bağlayıcılar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Saf bitüm ve dört farklı oranda (%0,75 - %1,0 - %2,0 ve %3,0) polyester reçine (PR) kullanılarak hazırlanan modifiye bitümler "Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deney (RTFOT)" yöntemiyle yaşlandırılmıştır. Saf ve modifiye bağlayıcılar üzerinde yaşlandırmadan önce ve sonra standart bağlayıcı deneyleri uygulanarak kısa süreli yaşlanmanın etkisi tespit edilmiştir. Termogravimetrik Analiz (TGA) ile bütün bağlayıcıların yaşlandırmadan önce ve sonraki bozulma sıcaklıkları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan %1,0 polyester reçine modifiyeli bağlayıcının saf bağlayıcıya göre düşük ısı dayanımı ve elastikiyet özellikleri bakımından daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitüm, Polyester Reçine, Yaşlanma, Modifikasyon, RTFOT.

THE EFFECT OF SHORT TERM AGING ON THE POLYESTER RESIN ADDED BITUMINOUS BINDERS

ABSTRACT

The effect of short term aging on the polyester resin added bitumens was investigated in this study. Pure and the modified bitumens containing polyester resin (PR) in four different quantities (0.75% - 1.0% - 2.0% - 3.0%) were aged by Rolling Thin Film Oven Test (RTFOT) method. The effect of short term aging was determined with applying standard binder tests at before and after aging on the pure and modified binders. The decomposition temperatures of all binders before and after aging were detected by Thermogravimetric Analysis (TGA). From obtained results it was determined that binder modified by 1.0% of polyester resin has more appropriate low temperature resistance and flexibility properties than pure bitumen.

Key Words: Bitumen, Polyester Resin, Aging, Modification, RTFOT.

1. GİRİŞ

Yük taşımacılığının %96'sının, yolcu taşımacılığının %89'unun karayolları ile yapıldığı ülkemizde, karayollarının tamamına yakını esnek üstyapı şeklinde tasarlanmaktadır (KGM, 2001). Esnek üstyapılarda kaplama tabakaları, agrega ve uygun oranda katılan bitümlü bağlayıcıdan oluşmaktadır. Kaplama karışımındaki agrega içsel sürtünme direncini ve stabiliteyi sağlarken karışımın kohezyonu bitümlü bağlayıcı tarafından karşılanmaktadır. Ayrıca bitüm agrega tanelerini birbirine bağlayarak trafik yükleri altında kaplama yapısının dağılmasını önlemekte, oluşturdukları düzgün yüzeyler ile sürüş konforunu sağlamakta, sağladığı kohezyon sayesinde karışımın stabilitesini arttırmakta ve karışımın boşluklarını doldurarak geçirimsizliğini sağlamaktadır. Bitüm, esnek üstyapı karışımlarında ağırlıkça %5-7 gibi düşük bir oranda kullanılmasına karşın karışım performansı üzerinde çok büyük etkiye sahiptir (Tunç, 2004).

Bitümlü bağlayıcılar, düşük servis sıcaklıklarında veya hızlı yüklemelerde elastik katı, yüksek sıcaklıklarda veya yavaş yükleme durumlarında viskoz sıvı davranışı gösteren termoplastik malzemelerdir. Yüksek sıcaklıklardaki kalıcı deformasyon ve

düşük sıcaklıklarda oluşan gerilme çatlaklarını en alt seviyeye indirmek için bitümlü bağlayıcıların performansını arttırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Dünyanın hemen her yerinde günlük sıcaklık değişimleri esnek kaplamalar üzerinde büyük etkiye neden olmaktadır. Kaplama ömrü boyunca trafik yüklerindeki ve sıcaklıklardaki değişiklikler, bu gerilmelere karşı dizaynı ve malzeme seçimini son derece zorlaştırmaktadır.

Son dönemlerde malzeme özelliklerini iyileştirerek karşılaşılan sorunları çözmek amacıyla katkı maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Bitüme ilave edilen katkı maddeleri içerisinde en çok kullanılanlar polimer grubu malzemelerdir. Polimerler kendi aralarında plastikler, elastomerler, işlenmiş kauçuk ve fiberler olarak dört ana gruba ayrılırken plastikler; termoplastikler ve termosetler, elastomerler ise doğal ve yapay kauçuk olarak iki alt dala ayrılmaktadır (Francken, 1998). Termoset malzemeler; epoksi reçineler, üre formaldehit, melamin formaldehit, fenol formaldehit ve doymamış polyester reçineler olarak sınıflandırılmaktadır (Kaya, 2005). Yapılan çeşitli çalışmalarda polietilen (PE), polipropilen (PP), poli vinil klorid (PVC), polistiren (PS) ve eti-

len vinil asetat (EVA) gibi termoplastik malzemeler bitüm modifikasyonunda denenmiş ve normal servis sıcaklığında bitümün sertliğini ve viskozitesini artırdıkları belirlenmiştir. Fakat bu katkıların çoğunun bitümün elastikiyetini kayda değer miktarda artırmadığı, modifiye bitümlerin ısıtıldığında ayrışmaya, soğutulduğunda ise parçalara bölünmeye meyilli olduğu belirlenmiştir (Airey, 2002; Downes, 1986; Nolan ve Hesp, 1994).

Bitümlü kaplama karışımlarının durabilitesi-ne doğrudan etki eden ana faktörler nem hasarı ve yaşlanmadan dolayı meydana gelen sertleşmedir. Bitümlü bağlayıcının yaşlanması, sertliğinin veya viskozitesinin artışı ile sonuçlanmaktadır. Oksidasyona uğramış bitüm içeren karışımlar, su etkisine karşı dayanım ve nem hassasiyeti bakımından normal karışımlara göre daha düşük durabiliteye sahip olmaktadır (Barth, 1962).

Yaşlanma, başlıca asfalt karışımların hazırlanması sırasında bitümün oksidasyonu ve buharlaşabilen bileşenlerin kaybıyla (kısa süreli yaşlanma) ve araziye uygulanmış malzemelerin artan oksidasyonu (uzun süreli yaşlanma) ile ilgilidir. Her iki faktör, bitümün viskozitesinin ve buna bağlı olarak karışımın sertliğinin artmasıyla sonuçlanmaktadır. Bu durum, karışımın daha sert, kırılğan ve çatlak oluşumu ile yapısal dağılmaya karşı daha hassas olmasına neden olmaktadır (Vallerga, 1981). Yol hizmete açılıncaya kadar bağlayıcıda meydana gelen yaşlanmanın, toplam yaşlanma miktarının yaklaşık % 70'ini oluşturduğu tespit edilmiştir (Whiteoak ve Read, 2003). Kısa süreli yaşlanmayı laboratuvar ortamına yansıtmak amacıyla Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deney (RTFOT) yöntemi kullanılmaktadır (TS EN 12607-1, 2003).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. TERMOGRAVİMETRİK ANALİZ (TGA)

Maddelerin termal stabilitelelerini belirlemek amacıyla uygulanan Termogravimetrik Analiz (TGA) yönteminde, malzemeler azot atmosferinde 10°C/dk hızla 500°C'ye kadar ısıtılmakta ve sıcaklık artışından dolayı meydana gelen kütle kayıpları tespit edilmektedir. Elde edilen sıcaklık-kütle kaybı

grafikinden, kırılmanın meydana geldiği sıcaklık değeri bozulma sıcaklığı olarak tespit edilmektedir.

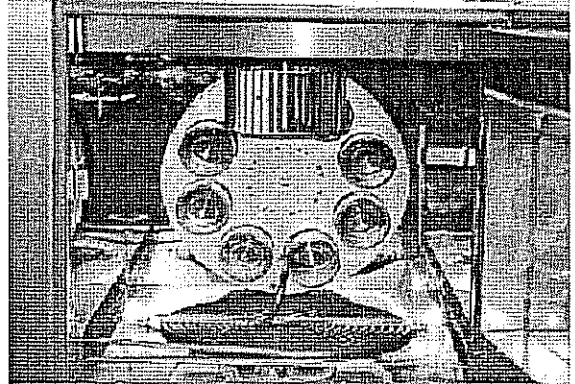
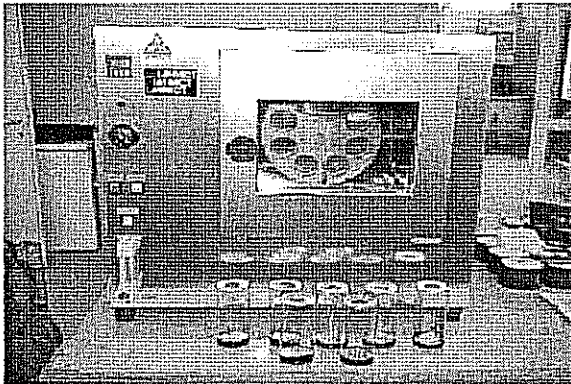
2.2. MODİFİYE BİTÜMLERİN HAZIRLANIŞI VE STANDART BAĞLAYICI DENEY YÖNTEMLERİ

Katkı maddesi olarak E.R.C.O. şirketinden elde edilen polyester reçine (PR) kullanılmış ve modifiye bağlayıcılar, saf bitüm ile polyester reçinenin 135°C sıcaklıkta, 500 rpm. hızla sahip bir karıştırıcıyla, 30 dakika süreyle karıştırılması sonucu elde edilmiştir. Saf ve modifiye bitümler üzerinde; penetrasyon, yumuşama noktası, düktilite, Fraas kırılma noktası ve özgül ağırlık deneyleri yapılarak meydana gelen değişiklikler tespit edilmiştir.

2.3. DÖNEL İNCE FİLM HALİNDE ISITMA DENEY (RTFOT) YÖNTEMİYLE BAĞLAYICILARIN KISA SÜRELİ YAŞLANDIRILMASI

Karıştırma süresince bağlayıcıların yaşlanması, laboratuvarda RTFOT (Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deney) yöntemi ile simüle edilmektedir. Bu deneyde asfalt hazırlama tesislerinde karıştırma sırasında bitümlü bağlayıcının maruz kaldığı sertleşmeyi temsil edecek şekilde, ince bir film halinde hareket eden bitümlerin veya bitümlü bağlayıcıların üzerinde, sıcaklık ve havanın birleşik etkisini değerlendirmektedir. RTFOT yöntemi ile bağlayıcıların ısıtma sonucu uçucu madde kaybı belirlenebilmekte ayrıca sıcaklık ve havanın etkisiyle bitümlü malzemelerin fiziksel özelliklerindeki değişimi tespit etmek amacıyla gerekli malzeme elde edilebilmektedir. RTFOT aleti Şekil 1.'de görülmektedir.

TS EN 12607-1'de belirtilen RTFOT yöntemi, 163°C sıcaklığa sahip etüve yerleştirilen 8 adet şişe kullanılarak yapılmaktadır. Her bir şişeye 35 gram bitüm doldurulup düşey ekseninde dakikada 15 devir yapacak şekilde 75 dakika süreyle döndürülmektedir (Şekil 2.). Dönme esnasında deney aletinin tabanında bulunan bir hava üfleme yardımıyla şişelere, akışı 4000 ± 200 mL/dak. olacak şekilde hava verilmektedir. Sıcaklığın etkisiyle bitüm, şişeleri tam olarak kaplayarak ince bir film tabakası oluşturmaktadır ve bu sayede yaşlanmanın meydana gelişini kolaylaştırılmaktadır.



Şekil 1. RTFOT Aleti ve Deney Şişelerinin Yerleştirilmesi

Bu sürenin sonunda iki numune kütle kaybını tayin etmek, geri kalan altı şişe ise bitümün yaşlandıktan sonraki fiziksel özelliklerini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Kütle kaybı aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmektedir. Denklemde m_1 yaşlanmadan önceki ağırlığı, m_2 ise yaşlanmadan sonraki ağırlığı ifade etmektedir.

$$\text{Kütle Kaybı, \%} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

RTFOT yönteminde elde edilen yaşlandırılmış numuneler üzerinde yaşlandırılmamış bağlayıcılara uygulanan standart deneyler uygulanarak meydana gelen değişiklikler tespit edilebilmektedir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Çalışmanın ilk aşamasında saf bağlayıcı üzerinde standart deneyler uygulanarak özellikleri tespit edilmiştir. Ayrıca saf bitüm RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış ve özelliklerinde meydana gelen değişiklikler belirlenmiştir. İkinci aşamada ise kütlece %0,75-%1,0-%2,0-%3,0 ve %4,0 oranında polyester reçine kullanılarak modifiye bağlayıcılar hazırlanmış ve Termogravimetrik Analiz (TGA) ile termal stabiliteyi belirlenmiştir. Hazırlanan bitümlü bağlayıcılardan %4,0 PR modifiyeli bitümün yaşlandırmadan önceki bozulma sıcaklığı, bitümlü sıcak karı-

şımaların karıştırma sıcaklığından (160-165°C) düşük çıktığından bu yüzde elenerek katkı yüzdeleri %0,75-%1,0-%2,0 ve %3,0 olarak belirlenmiştir. Belirlenen yüzdelerde polyester reçine kullanılarak hazırlanan modifiye bağlayıcılar, RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmadan önce ve sonra standart deneylere tabi tutularak yaşlanmanın ve PR'nin etkisi belirlenmiştir.

3.1. SAF BAĞLAYICI ÜZERİNDE YAŞLANMANIN ETKİSİ

Saf bağlayıcıya uygulanan penetrasyon deneyi sonucunda bağlayıcı sınıfının B 70/100 olduğu belirlenmiştir. Saf bağlayıcının kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla yumuşama noktası ve Fraas kırılma noktası deneyleri yapılmıştır. Bitüm, RTFOT yöntemiyle yaşlandırılarak standart bağlayıcı deneylerine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar şartname kriterleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca kaplama sınıfı bitümlerin kullanılabilme şartlarının belirtildiği TS 1081 EN 12591 standardında yer almamalarına rağmen düktilite ve özgül ağırlık deneyleri yapılmış ve yaşlanmadan dolayı meydana gelen değişiklikler tespit edilmiştir. Tablo 1., B 70/100 bitümünden elde edilen yaşlanmadan önceki ve sonraki deney sonuçları ile şartname limitlerini göstermektedir.

Tablo 1. Saf Bağlayıcıya Uygulanan Deneylerden Elde Edilen Sonuçlar

Özellikler	Deney Metodu	Sonuç	Şartname Limitleri
Penetrasyon, 25°C, 0,1mm	EN 1426	92	70 - 100
Yumuşama Noktası, °C	EN 1427	49,2	43 - 51
Fraas Kırılma Noktası, °C	EN 12593	-18,2	- 10
Düktilite, cm	TS 119	> 100	> 100
Özgül Ağırlık, gr/cm ³	TS 1087	1,035	1,0-1,1
RTFOT Yöntemiyle Yaşlandırdıktan Sonra			
Kütle Değişimi, en fazla, %	EN 12607-1	0,493	0,8
Penetrasyon, 25°C, 0,1mm	EN 12607-1	57	-
Kalıcı Penetrasyon, en az, %	EN 12607-1	62	46
Yumuşama Noktası, en az, °C	EN 1427	57,1	45
Yumuşama Noktasındaki Artış, en fazla, °C	EN 1427	7,9	9
Fraas Kırılma Noktası, °C	-	- 15,1	-
Düktilite, cm	-	35	-
Özgül Ağırlık, gr/cm ³	-	1,042	-

Elde edilen sonuçlardan bitümün bütün şartname limitlerini sağladığı tespit edilmiştir. Yaşlanmadan dolayı bitümün sertliği arttığından penetrasyon değeri azalmış, yumuşama noktası artmış, Fraas kırılma noktası düşmüş ve düktilite değeri azalmıştır. Bitümün bünyesinde bulunan hafif uçucu maddeler buharlaştığından yaşlandırmadan ötürü özgül ağırlık değeri artmıştır.

3.2. TERMOGRAVİMETRİK ANALİZ (TGA) SONUÇLARI

Çalışmada kullanılacak katkı oranlarının belirlenmesinde TGA sonuçları dikkate alınmıştır. Bütün yaşlandırılmamış modifiye bağlayıcılarda, TGA sonucunda elde edilen termogramlardan kırılmanın meydana geldiği sıcaklık değerinin bitümlü sıcak karışımların karıştırma sıcaklığından (160-

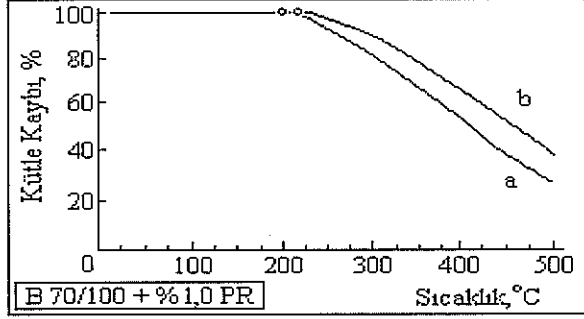
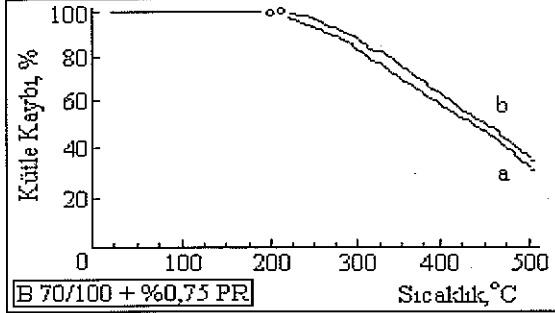
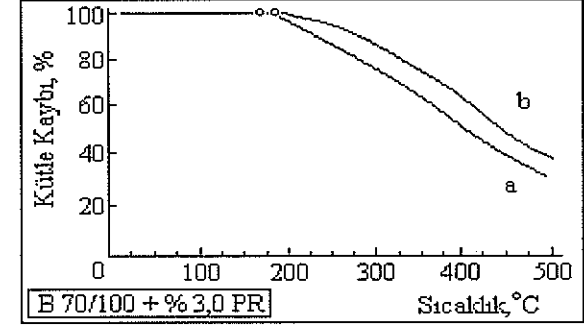
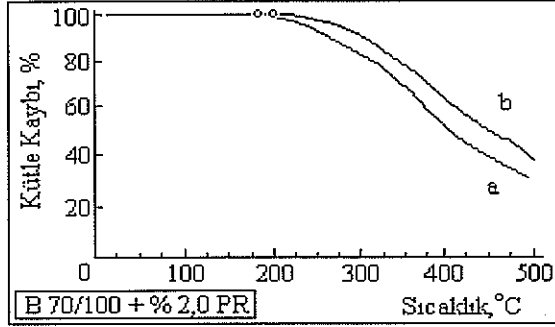
165°C) yüksek olması kriteri aranmıştır. Kütlece %0,75-%1,0-%2,0-%3,0 ve %4,0 oranında polyester reçine kullanılarak hazırlanan modifiye bağlayıcıların yaşlandırılmadan önceki bozulma sıcaklıklarından % 4,0 PR modifiyeli bağlayıcı dışında diğer modifiye bağlayıcıların bu kriteri sağladığı belirlenmiştir. %4,0 PR modifiyeli bağlayıcının yaşlandırmadan önceki bozulma sıcaklığı 159,2°C olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle %4,0 PR modifiyeli bağlayıcı elenerek %0,75 - %1,0 - %2,0 ve %3,0 PR modifiyeli bağlayıcılar RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış ve yaşlandırmadan sonraki bozulma sıcaklıkları belirlenmiştir. Tablo 2., PR modifiyeli bağlayıcıların yaşlandırmadan önce ve sonraki bozulma sıcaklıklarını göstermektedir.

Tablo 2. PR Katkılı Bağlayıcıların Yaşlandırmadan Önce ve Sonra Bozulma Sıcaklıkları

Bağlayıcı tipi	Yaşlandırma öncesi bozulma sıcaklıkları, °C	Yaşlandırma sonrası bozulma sıcaklıkları, °C
B 70 / 100 + % 0,75 PR	204,2	210,3
B 70 / 100 + % 1,0 PR	201,5	206,7
B 70 / 100 + % 2,0 PR	180,6	187,6
B 70 / 100 + % 3,0 PR	171,8	179,5

%0,75 ve %1,0 PR modifiyeli bağlayıcıların yaşlandırmadan önce ve sonraki TGA grafikleri Şekil 2.'de, %2,0 ve %3,0 PR modifiyeli bağlayıcıların

yaşlandırmadan önce ve sonraki TGA grafikleri ise Şekil 3.'te verilmiştir.

**Şekil 2.** %0,75 ve %1,0 PR katkıli bitümlerin yaşlanma öncesi (a) ve sonrası (b) TGA eğrisi**Şekil 3.** %2,0 ve %3,0 PR katkıli bitümlerin yaşlanma öncesi (a) ve sonrası (b) TGA eğrisi

Yaşlandırma işlemi öncesi ve sonrasında modifiye bağlayıcılardaki polyester reçine oranı arttıkça bozulma sıcaklığı değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıkta yapılan yaşlandırma işlemi nedeniyle bitümün ve polyester reçinenin bünyesinde bulunan hafif bileşenler ve uçucu maddeler buharlaşmış ve yaşlanmadan önceki değerlere göre bozulma sıcaklıklarında artış meydana gelmiştir.

3.3. POLYESTER REÇİNE KATKILI BAĞLAYICILAR ÜZERİNDE KISA SÜRELİ YAŞLANMANIN ETKİSİ

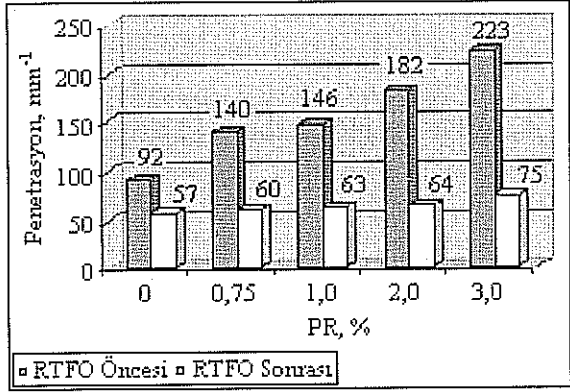
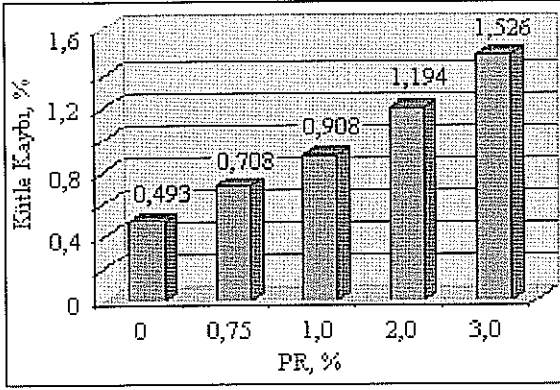
%0,75-%1,0-%2,0 ve %3,0 oranında polyester reçine kullanılarak hazırlanan modifiye bitümlerin yaşlandırma işlemi önce ve sonrasındaki bağlayıcı deney sonuçları Tablo 3.'te verilmiştir.

Tablo 3. Polyester Reçine Katkılı Bağlayıcılara Uygulanan Deneylerden Elde Edilen Sonuçlar

Özellikler	Bağlayıcı Tipi				
	B 70/100	B 70/100 + % 0,75 PR	B 70/100 + %1,0 PR	B 70/100 + % 2,0 PR	B 70/100 + % 3,0 PR
Penetrasyon, 25°C, 0,1mm	92	140	146	182	223
Yumuşama Noktası, °C	49,2	48,5	48,1	47,9	47,6
Düktilité, cm	> 100	> 100	> 100	65	60
Fraas Kırılma Noktası, °C	- 18,2	- 18,7	- 19,6	- 22,1	- 24,1
Özgül Ağırlık, gr/cm ³	1,035	1,036	1,036	1,039	1,040
RTFOT sonrası					
Kütle Kaybı, %	0,493	0,708	0,908	1,194	1,526
Penetrasyon, 25°C, 0,1mm	57	60	63	64	75
Yumuşama Noktası, °C	57,1	56,2	55,9	54,8	54,6
Düktilité, cm	35	44	47	34,5	29
Fraas Kırılma Noktası, °C	-15,1	- 17,1	- 17,8	- 18,9	- 20,1
Özgül Ağırlık, gr/cm ³	1,042	1,043	1,043	1,044	1,044

Yaşlanma nedeniyle polyester reçine modifiyeli bağlayıcıların kütle kaybı ve penetrasyon değerlerinde meydana gelen değişiklikler Şekil 4.'te, yumuşama noktası ve düktilité değerlerinde meydana

gelen değişiklikler Şekil 5.'de, Fraas kırılma noktası ve özgül ağırlık değerlerinde meydana gelen değişim ise Şekil 6.'da verilmiştir.

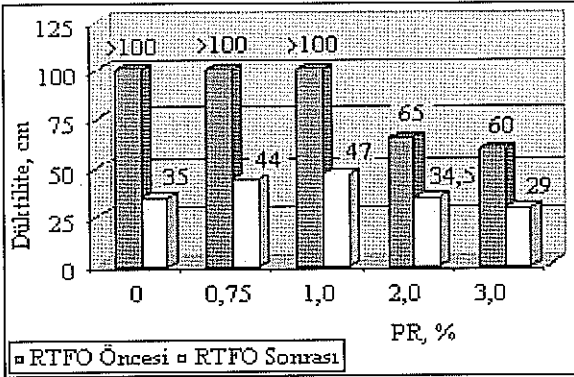
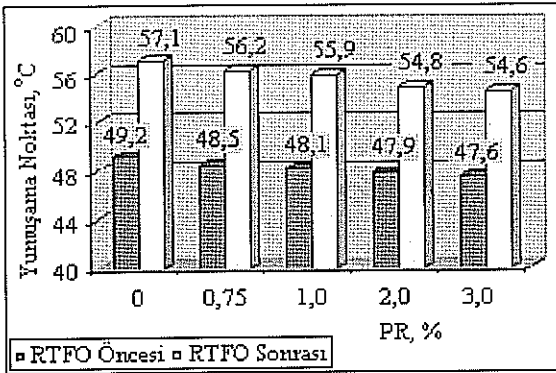


Şekil 4. Yaşlanma nedeniyle farklı PR içeriklerindeki bağlayıcıların ağırlık ve penetrasyon değerlerinde meydana gelen değişim

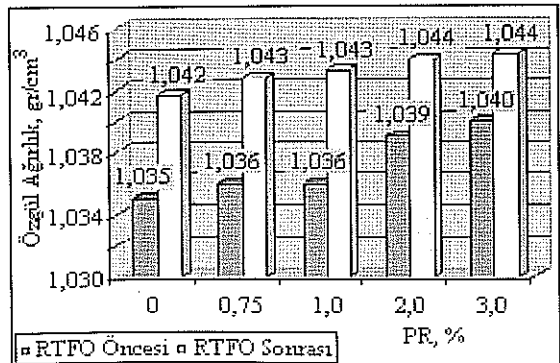
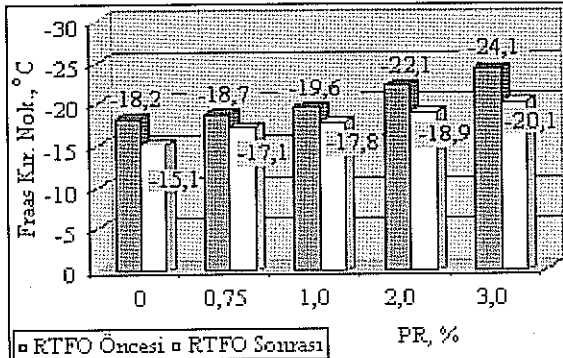
Yüksek sıcaklıklarda yapılan RTFOT yöntemiyle yaşlandırma nedeniyle polyester reçine oranı arttıkça kütle kaybı artmıştır. Penetrasyon deneyleri sonucunda polyester reçine oranı arttıkça hem yaşlandırmadan önce hem de sonra saf bitüme göre penetrasyon değerinin arttığı dolayısıyla bağlayıcı kıvamının azaldığı tespit edilmiştir. Meydana gelen yaşlandırmadan ötürü penetrasyon değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

Yaşlanma neticesinde meydana gelen sertleşme nedeniyle bütün bağlayıcıların yaşlandırma öncesine göre yumuşama noktası değerleri artmıştır. Saf bitümün yaşlandırma işleminden önce ve sonra-

ki yumuşama noktası değerleri, bütün PR modifiyeli bağlayıcılardan yüksek çıkmıştır. Yaşlandırılmamış numunelere uygulanan düktilite deneyleri sonucunda saf, %0,75 ve %1,0 PR modifiyeli bağlayıcıların düktilite değerlerinin 100 cm.nin üzerinde olduğu, polyester reçinenin %1,0'den fazla kullanılması durumunda düktilite değerinin azaldığı belirlenmiştir. Yaşlandırma işlemi nedeniyle bütün bağlayıcıların düktilite değeri azalmıştır. Yaşlandırılmış PR modifiyeli bağlayıcılarda %1,0 PR modifiyeli bağlayıcıya kadar düktilite değeri artmış bu yüzden fazla PR kullanılan modifiye bağlayıcılarda ise bu değer giderek azalmıştır.



Şekil 5. Yaşlanma nedeniyle farklı PR içeriklerindeki bağlayıcıların yumuşama noktası ve düktilite değerlerinde meydana gelen değişim



Şekil 6. Yaşlanma nedeniyle farklı PR içeriklerindeki bağlayıcıların Fraas kırılma noktası ve özgül ağırlık değerlerinde meydana gelen değişim

Saf bağlayıcının yaşlandırmadan önce ve sonraki Fraas kırılma noktası değerlerinin bütün PR modifiyeli bağlayıcılardan yüksek olduğu belirlenmiştir. PR modifiyeli bağlayıcılarda ise hem yaşlandırmadan önce hem de yaşlandırmadan sonra polye-ster reçine oranı arttıkça Fraas kırılma noktası değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Yaşlandırma etkisiyle oluşan sertleşme neticesinde Fraas kırılma noktası değerleri yükselmiştir. Modifikasyonda kullanılan polye-ster reçine oranı arttıkça yaşlandırmadan önce ve sonra bağlayıcıların özgül ağırlık değerleri artmıştır. Bağlayıcıların yapısında bulunan hafif uçucu bileşenlerin buharlaşması nedeniyle yaşlandırma öncesine göre yaşlandırmadan sonra özgül ağırlık değerleri artmıştır.

4. SONUÇ

Penetrasyon deneylerinden faydalanılarak polye-ster reçine katkılı bağlayıcıların saf bağlayıcıya göre yaşlandırmadan önceki kıvamlarının aşırı derecede düşük olduğu (%1,0 PR modifiyeli bitümde %59, %2,0 PR modifiyeli bitümde %98, %3,0 PR modifiyeli bitümde %142 düşük kıvam) yaşlandırmadan sonra ise kıvamdaki bu farkın daha az olduğu (%1,0 PR modifiyeli bitümde %11, %2,0 PR modifiyeli bitümde %12, %3,0 PR modifiyeli bitümde %32) belirlenmiştir. Bu değerler ışığında plentte agregayla karışım sırasında gerekli olan enerji ve süre bakımından polye-ster reçine katkılı bağlayıcıların saf bağlayıcıya göre daha avantajlı olduğu söylenebilmektedir. Dönel İnce Film Halinde Isıtma yöntemi, plentte agregayla karışırma süresince bitümde meydana gelen yaşlanmayı belirtmektedir. Yaşlandırma sonrası penetrasyon değerleri, agregayla karışırma sonrasında saf ve polye-ster reçine modifiyeli bitümler arasındaki kıvam farkının düşük bir oranda olacağını göstermektedir. Polye-ster reçine katkılı bitümlü bağlayıcılardan yaşlandırma sonrası en yüksek düktilite değerine %1,0 PR modi-

fiyeli bağlayıcının sahip olduğu belirlenmiştir. %1,0 PR modifiyeli bağlayıcı, yaşlandırdıktan sonraki düktilite değerinin saf bağlayıcıya göre %34 oranında artmasını sağlamıştır. Bitümlü bağlayıcıların düşük sıcaklıklarda çatlamaya karşı dayanımlarını belirlemek amacıyla Fraas kırılma noktası deneyi kullanılmaktadır. Bitümlü bağlayıcılarda elastikiyet arttıkça Fraas kırılma noktası değeri düşmektedir. Polye-ster reçine modifiyeli bitümlü bağlayıcılarda, katkı oranının artışı ile yaşlandırmadan önce ve sonra Fraas kırılma noktası değerinin düştüğü belirlenmiştir.

Polye-ster reçine katkılı bağlayıcılar, saf bağlayıcıya göre plentte karışırma sırasında enerji ve süre bakımından fayda sağlarken agregayla karışım sonrasında araziye uygulama esnasında ise kıvam bakımından aşırı farklılığa sahip değildir. Yaşlandırma işleminden dolayı yumuşama noktasındaki en yüksek artış miktarına saf bağlayıcının sahip olması yaşlandırmadan ötürü meydana gelen rijitlikteki artış bakımından polye-ster reçine katkılı bağlayıcıların saf bağlayıcıya göre daha olumlu sonuç verdiğini göstermektedir. Yaşlandırmadan sonra düktilitenin %1,0 polye-ster reçine modifiyeli bağlayıcıya kadar artması ve Fraas kırılma noktası değerlerinin artan polye-ster reçine oranıyla sürekli düşmesi polye-ster reçinenin bitümün elastikiyetini arttırdığını göstermektedir. PR kullanımının %2,0 olması durumunda yaşlandırmadan sonraki düktilite değeri azalmaktadır. Bu durum, polye-ster reçinenin maksimum kullanım miktarının %1,0 olduğunu göstermektedir. Elde edilen deney sonuçlarından yola çıkılarak elastikiyetle ilgili olarak yorulma çatlakları ve düşük ısı çatlakları açısından %0,75 ve %1,0 PR modifiyeli bağlayıcıların B 70/100 saf bitümüne göre daha iyi sonuç vereceği, en iyi dayanımı ise %1,0 PR modifiyeli bitümlü bağlayıcının göstereceği düşünülmektedir.

5. TEŞEKKÜR

105M020 numaralı projeyle çalışmamızı destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik

Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkürü bir borç biliriz.

6. KAYNAKLAR

1. Airey G.D., 2002. Rheological Evaluation of Ethylene Vinyl Acetate Polymer Modified Bitumens, Construction and Building Materials, 473-487.
2. Barth, E.J., 1962. Asphalt, New York, Gordon & Breach.
3. Downes J.W., 1986. Modified Binders to the Year 2000, 6th International Asphalt Conference, Sidney, Australian. 35-39.
4. Francken, L., 1998. Bituminous Binders and Mixes, London, Rilem Reports, E&FN Spon, pp. 352.
5. Karayolları Genel Müdürlüğü, 2001. Türkiye Karayolları 1950-2001, Ankara, KGM Matbaası, 47 s.
6. Kaya, F., 2005. Ana Hatlarıyla Plastikler ve Katkı Maddeleri, İstanbul, Birsan Yayınevi, 294 s.
7. Nolan K.L., Hesp S.A.M., 1994. Low-Temperature Fracture Toughness of Polyethylene Modified Asphalt Binders, Transportation Research Record, 1417. TRB. National Research Council, Washington, DC. 54-59.
8. TS EN 12607-1., 2003. Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar – Sıcaklık ve Havanın Etkisiyle

- Sertleşmeye Karşı Direncin Tayini – Bölüm 1: RTFOT (Ettivde Hareket Halinde İnce Film Deneyi) Yöntemi, Ankara, Türk Standartları Enstitüsü, 12 s.
9. Tunç, A., 2004. Esnek Kaplama Malzemeleri El Kitabı, Ankara, Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., 352 s.
10. Vallerga, B.A., 1981. Pavement Deficiencies Related to Asphalt Durability, Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 50., 481-491.
11. Whiteoak, D. and Read, J., 2003. The Shell Bitumen Handbook, London, Thomas Telford Ltd., pp. 464.