

FARKLI PENETRASYON DERECELERİNE SAHİP ASFALT ÇİMENTOLARININ KALICI DEFORMASYONA KARŞI DAYANIMLARININ VE İŞLENEBİLİRLİKLERİNİN İNCELENMESİ

*Necati KULOĞLU**

*Mehmet YILMAZ**

*Baha Vural KÖK**

Özet: Ülkemizde esnek üstyapılarda en çok kullanılan bağlayıcı türü asfalt çimentolarıdır. Bu çalışmada TÜPRAŞ rafinerisinden temin edilen dört farklı penetrasyon sınıfında asfalt çimentolarının (B 50/70, B 70/100, B 100/150 ve B 160/220) Superpave sistemine göre tekerlek izi dayanımları ve yüksek sıcaklık performans seviyesi değerleri dinamik kayma reometresi (DSR) ile belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca işlenebilirliklerini tespit etmek amacıyla dönel viskozimetre (RV) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlardan bağlayıcıların penetrasyonları arttıkça viskozitelerinin ve tekerlek izi oluşumuna karşı dayanımlarının azaldığı belirlenmiştir. Superpave sistemine göre tekerlek izine karşı dayanım parametresi bakımından bağlayıcıların yüksek sıcaklık performans seviyesi değerlerinin yüksek penetrasyondan düşük penetrasyona doğru PG 58, PG 64, PG 64 ve PG 70 olduğu tespit edilmiştir. DSR deneyleri sonucunda B 70/100 ve B 100/150 bitümlü bağlayıcılarının penetrasyon sınıflandırmasına göre farklı sınıflarda yer almalarına rağmen Superpave sistemine göre aynı performans seviyesinde yer aldıkları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asfalt Çimentosu, Performans Seviyesi, Dinamik Kayma Reometresi, Dönel Viskozimetre.

Investigation of Resistance to Permanent Deformation and Workability of the Different Penetration Grades Asphalt Cements

Abstract: The most binder types used in flexible pavements are asphalt cements in our country. In this study the rutting resistance and performance grades high temperature values of four different penetration grades of asphalt cements (B 50/70, B 70/100, B 100/150 and B 160/220) obtained from TUPRAS refinery were determined according to Superpave system by using DSR test equipment. In addition the rotational viscosimeter test equipment was used to determine the workability of binders. From the results it was determined that when the penetration grades of asphalt cements is increasing the viscosities and resistance of the binders to rutting are decreasing. Regarding the parameter of resistance of binders to rutting it was determined that the high temperature values performance grades of binders ranged from high penetration grade to lower penetration grade as PG 58, PG 64, PG 64 and PG 70 according to Superpave system. Although the B 70/100 and 100/150 place in different class according to penetration classification, it was determined that they placed in same performance grade according to Superpave system by DSR test.

Key Words: Asphalt Cement, Performance Grade, Dynamic Shear Rheometer, Rotational Viscosimeter.

1. GİRİŞ

Bitüm, temel olarak hidrokarbonlar ve türevlerini içeren, trikloretilen içerisinde çözülebilen, uçucu olmayan ve ısıtıldığında gittikçe yumuşayan, viskoz bir sıvı veya katı bir madde olarak tanımlanmaktadır. Bitüm, petrolün rafinaj işlemi sırasında elde edilebildiği gibi doğal bir birikinti olarak (Trinidad gölü) veya içerisinde mineral maddelerle birlikte doğal bir şekilde ortaya çıkmış asfaltın bir bileşiği olarak da bulunabilmektedir [1].

* Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ.

Ülkemizde yol esnek üstyapılarında bitümlü bağlayıcı olarak; asfalt çimentoları, katbek asfaltlar, asfalt emülsiyonları ve katranlar kullanılmaktadır. Katran, başlıca kömürün ve odunun kapalı bir sistem içerisinde kuru olarak damıtılmasından elde edilmektedir. Bu şekilde elde edilen katrana ham katran denilmektedir. Yol kaplamalarında bağlayıcı olarak kullanılan katranın kömür kökenli olması tercih edilmektedir [2]. Asfalt emülsiyonları, su ile asfalt çimentosu küreciklerinin karışımı olduğundan heterojen ve iki fazlı bir malzemedir. Asfalt çimentosunun çok küçük partiküller (0,1–0,5 nm) halinde parçalanıp suda koloidal şekilde dağıtılması sonucu akıcı hale getirilmesi ile elde edilmektedir. Sprey şeklinde yola tatbikinden sonra drenaj ve buharlaşma ile su, emülsiyondan ayrılmakta ve asfalt çimentosu orijinal haline dönmektedir. Katbek asfaltlar, asfalt çimentosuna benzin gazyağı veya madeni yağ gibi çözücüler ilave edilmesiyle elde edilen sıvı haldeki bitümlü bağlayıcıdır [3]. Katbek asfaltlar kür (geri kesilme) süresine göre üç gruba ayrılmakta ayrıca çözücü miktarına göre kıvamları ayarlanmaktadır. Uygulandıktan sonra çözücülerin buharlaşması sonucu asfalt çimentosu kendi özelliklerine geri dönmektedir.

Asfalt çimentoları penetrasyon değerlerine göre sınıflandırılmakta ve kullanılmaktadır. TS 1081 EN 12591 standardında belirtilen asfalt çimentoları içerisinde en çok tercih edilenler B 50/70, B 70/100, B 100/150 ve B 160/220 bitümleridir. Bitümlü bağlayıcılar arasında düşük kıvamlı asfalt çimentolarının soğuk iklimli bölgelerde, yüksek kıvamlı bitümlerin ise sıcak iklimli bölgelerde kullanılması tavsiye edilmektedir [4].

TS 1081 EN 12591 standardında taşınması gereken özellikleri belirtilen asfalt çimentoları, 25°C sıcaklıkta yapılan penetrasyon deneyleri sonucuna göre sınıflandırılmaktadır. Ayrıca standartta bağlayıcıların kullanılabilirliğini tespit etmek amacıyla yumuşama noktası ve Fraass kırılma noktası deneylerinin uygulanması istenmektedir. Son yıllarda esnek kaplama yapılarının uzun süreli performansını ve dayanımını arttırmak amacıyla Superpave sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde arazi şartlarını temsil etmeyen yükleme ve sıcaklıklarda yapılan, bağlayıcı deneylerinin (penetrasyon, yumuşama ve Fraass kırılma noktası) yerini, bağlayıcıların uygulama bölgesi iklim şartlarındaki performansını ölçmeye dayalı deneyler almıştır. Sistemde bağlayıcıların yüksek sıcaklık performans değerlerinin ve tekerlek izi oluşumuna karşı dayanım parametrelerinin belirlenmesi amacıyla dinamik kayma reometresi (DSR), agregayla karıştırılması sırasında bağlayıcılarda meydana gelen kısa süreli yaşlanmayı laboratuvar ortamına yansıtmak amacıyla dönel ince film halinde ısıtma (RTFOT), bitümlü bağlayıcıların işlenebilirliğini tespit etmek amacıyla ise dönel viskozimetre (RV) deneyleri kullanılmaktadır [5,6].

Bu çalışmada, TÜPRAŞ rafinerisinde üretilmiş dört farklı penetrasyon sınıfı asfalt çimentosu (B 50/70, B 70/100, B 100/150 ve B 160/220) RTFOT yöntemi ile yaşlandırılmıştır. Yaşlandırma işleminden önce ve sonra bağlayıcılar, çeşitli sıcaklıklarda dinamik kayma reometresi (DSR) deneyine tabi tutularak bağlayıcıların Superpave sistemine göre yüksek sıcaklık performans seviyeleri belirlenmiştir. DSR deneyi sonucu elde edilen değerlerden, dört farklı bağlayıcının tekerlek izine karşı dayanım ($G^*/\sin \delta$) ve elastik davranış (δ) parametreleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca yaşlandırılmamış bağlayıcıların dönel viskozimetre ile işlenebilirlik özellikleri tespit edilmiştir.

2. BAĞLAYICILAR ÜZERİNDE UYGULANAN DENEYLER

Çalışmada kullanılan bağlayıcılar ilk önce RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış daha sonra yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış (orijinal) bağlayıcılar üzerinde yumuşama noktası, penetrasyon, dinamik kayma reometresi ve dönel viskozimetre deneyleri uygulanmıştır.

2.1. Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deney (RTFOT) Yöntemi ile Bağlayıcıların Kısa Süreli Yaşlandırılması

Bitümlü bağlayıcılarda, agregayla plentte karıştırılması, taşınması, depolanması, uygulama ve ayrıca servis ömrü boyunca oksidasyon ve uçucu madde kaybı olması gibi çeşitli nedenlerden ötürü yapısal sertleşme meydana gelmektedir. Bağlayıcılarda meydana gelen toplam yaşlanmanın büyük bir kısmının, agregayla plentte karıştırma sırasında kısa bir süre içerisinde meydana geldiği belirlenmiştir [1]. Bağlayıcılarda kısa bir süre içerisinde oluşan bu yaşlanmayı laboratuvar ortamına yansıtmak için birçok metot geliştirilmiş fakat en çok kabul gören ve tercih edileni, dönel ince film halinde ısıtma deney (RTFOT) yöntemi olmuştur. Bu yöntemde, 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 etkisi değerlendirilmektedir [7]. 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. TS EN 12607-1’de belirtilen bu deney, 163°C sıcaklığa sahip etüve yerleştirilen 8 adet şişe kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1:
Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deney Aleti

Deneyde, her bir şişeye 35 gram bitümlü bağlayıcı doldurulup düşey ekseninde dakikada 15 devir yapacak şekilde 75 dakika süreyle döndürülmektedir. Dönme esnasında deney aletinin tabanında bulunan bir hava üfleyici yardımıyla şişelere, akışı 4000 ± 200 ml/dak olacak şekilde hava verilmektedir. Sıcaklığın etkisiyle bitüm, şişeleri tam olarak kaplayarak ince bir film tabakası oluşturmakta ve bu sayede yaşlanmanın meydana gelişi kolaylaştırılmaktadır.

Bu sürenin sonunda iki numune kütle kaybını tayin etmek için, geri kalan altı şişe ise bitümlü malzemelerin yaşlandıktan sonraki fiziksel özelliklerini tespit etmek için kullanılmaktadır. Kütle kaybı Denklem (1) kullanılarak belirlenmektedir. Denklemde M_1 yaşlanmadan önceki ağırlığı, M_2 ise yaşlanmadan sonraki ağırlığı ifade etmektedir [7].

$$\text{Kütle Kaybı, \%} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

2.2. Yumuşama Noktası ve Penetrasyon Deneyi

Bağlayıcı özelliklerini tespit edebilmek amacıyla yaşlandırma işleminden önce ve sonra bitümlü bağlayıcılara TS 118 EN 1426’ya uygun olarak penetrasyon ve TS 120 EN 1427’ye uygun olarak yumuşama noktası deneyleri uygulanmıştır [8,9]. Elde edilen sonuçlar TS 1081 EN 12591’de bulunan şartname kriterleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca penetrasyon ve yumuşama noktası değerleri kullanılarak ısıya karşı hassasiyeti ifade eden penetrasyon indeksi (PI) değerleri Denklem (2) kullanılarak hesaplanmıştır [1].

$$\frac{20 - PI}{10 + PI} = 50 \frac{\log 800 - pen}{T_{RB} - 25} \quad (2)$$

Denklem (2)’de pen , 25°C sıcaklıkta yapılan standart penetrasyon değerini, T_{RB} ise yumuşama noktası (halka bilye metodu) değerini ifade etmektedir. PI değeri ile ısıya karşı hassasiyet arasında ters orantı bulunmaktadır. PI değeri arttıkça ısıya karşı hassasiyet azalmaktadır.

2.3. Dönel Viskozimetre Deneyi

Dönel viskozimetre (RV) deneyi, bitümlü bağlayıcıların yüksek sıcaklıktaki akışkanlık karakteristiklerini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Bu amaçla AASHTO TP48 standardına uygun olarak “Brookfield Viskozimetresi” kullanılmaktadır. Bağlayıcıların yüksek sıcaklık viskozite değerleri, pompalama ve karıştırma sırasında bağlayıcıların yeterince akışkan olduklarının (işlenebilirliklerinin) tespiti amacıyla belirlenmektedir. Deneyde, bağlayıcı içerisinde 20 rpm hızla dönen bir milin, dönme-ye karşı gösterdiği direnç ile viskozite değerleri elde edilmektedir (Şekil 2.). Orijinal bağlayıcılar üzerinde uygulanan RV deneyinde 135°C’deki viskozite değerlerinin 3 Pa.s’yi (3000 cP) aşmaması istenmektedir [5,10].

Deney için bağlayıcıdan yaklaşık olarak 30 gr. numune alınmakta ve sıcaklığı 150°C’den daha düşük olan etüvde ısıtılarak akışkan hale getirilmektedir. Bu malzemeden yaklaşık 11 gr. numune, bölmesine doldurulmakta, numune bölmesi sıcaklığı sabit değere ulaşmış sıcaklık kontrollü kaba yerleştirilmektedir. Numune 15 dakika sabit sıcaklıkta bekletildikten sonra deney yapılmaktadır. Yaklaşık olarak eşit viskozite değerlerine erişildikten itibaren üç adet okuma yapılmakta ve bu üç değer ortalamasından, bağlayıcının viskozitesi elde edilmektedir.



Şekil 2:
Brookfield Viskozimetresi ve Sıcaklık Sistemi

Bitümlü sıcak karışımların (BSK) karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarını tespit etmek amacıyla viskozite değerleri kullanılmaktadır. Bu amaçla 135°C ve 165°C sıcaklıklarda RV deneyi uygulanmaktadır. Çizilen sıcaklık-viskozite grafiğinde viskozite değerleri işaretlenerek bu değerler bir doğru ile birleştirilmektedir. BSK’ların karıştırılmasında bitümlü bağlayıcının 170 ± 20 cP, sıkıştırılmasında ise 280 ± 30 cP viskozite değerine sahip olması istenmektedir [5,10]. Bu viskozite değerlerine karşılık gelen sıcaklık değerleri karıştırma ve sıkıştırma sıcaklığı olarak alınmaktadır.

2.4. DSR Deneyi ile Bağlayıcıların Yüksek Sıcaklık Performans Seviyelerinin ve Tekerlek İzi Oluşumuna Karşı Dayanımlarının Belirlenmesi

Esnek kaplamalarda düşük sıcaklıklarda meydana gelen çatlama ve yüksek sıcaklıklarda meydana gelen tekerlek izi oluşumu ve terleme gibi sorunları ortadan kaldırmak için uygulama bölgesi iklim şartlarına uygun bağlayıcıların kullanılması gerekmektedir. Superpave sisteminde uygulama bölgesi iklim şartları göz önünde bulundurularak tespit edilen en yüksek ve en düşük kaplama sıcaklıklarına göre bölge için gerekli bağlayıcı performans seviyesi tespit edilmektedir. Superpave sisteminde bağlayıcı türü iki değişkenli olarak PG X-Y şeklinde gösterilmektedir. Burada birinci değişken

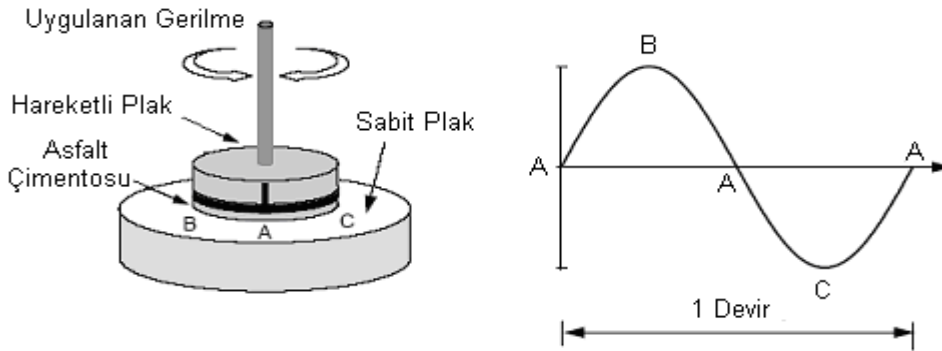
(X), bağlayıcının gerekli performans şartlarını sağladığı yüksek sıcaklık sınıfını, ikinci değişken (Y) ise bağlayıcının gerekli performans şartlarını sağladığı düşük sıcaklık sınıfını belirtmektedir. Kullanılması düşünülen bağlayıcılar, tespit edilen bu sıcaklıklarda Superpave deneylerine tabi tutulmakta ve uygunlukları belirlenmektedir. Tablo 1’de Superpave bağlayıcı performans seviyeleri verilmiştir.

Tablo 1.
Superpave Bağlayıcı Sınıfları [10]

Yüksek Sıcaklık Sınıfları, X, °C	Düşük Sıcaklık Sınıfları, Y, °C	Gösterim
46	-34, -40, -46	PG 46-Y
52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46	PG 52-Y
58	-16, -22, -28, -34, -40	PG 58-Y
64	-10, -16, -22, -28, -34, -44	PG 64-Y
70	-10, -16, -22, -28, -34, -44	PG 70-Y
76	-10, -16, -22, -28, -34	PG 76-Y
82	-10, -16, -22, -28, -34	PG 82-Y

Dinamik Kayma Reometresi deneyi, bağlayıcıların yüksek sıcaklıklarda tekerlek izi oluşumuna ve normal sıcaklıklarda yorulmaya karşı dayanımını belirleyerek Superpave yöntemine göre yüksek sıcaklık performans seviyesi değerlerini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. DSR deneyinde, bitümlü bağlayıcıların tekerlek izi oluşumuna karşı dayanımlarını belirlemek amacıyla saf (işlem görmemiş) ve RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılar kullanılırken, bağlayıcıların yorulma davranışlarını belirlemek amacıyla PAV (basınçlı yaşlandırma kabı) yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılar kullanılmaktadır. Numune boyutları, tekerlek izi dayanımını tespit etmek için 25 mm. çapında ve 1000 mikron yükseklikte, yorulma dayanımını tespit etmek için ise 8 mm. çapında ve 2000 mikron yüksekliğindedir.

Deneyde bitümlü bağlayıcılar Şekil 3’te görüldüğü gibi sabit alt plak ve hareketli üst plak arasına yerleştirilmektedir. Hareketli üst plaktaki A noktası, B noktasına gitmekte geri dönerek tekrar A noktasına geldikten sonra C noktasına gitmektedir. Daha sonrada tekrar A noktasına ulaşmaktadır. Bu döngüye bir devir denilmektedir ve deney boyunca tekrarlanmaktadır. Deneyde dönme frekansı ise yaklaşık 10 radyan/saniye’dir (1,59 devir/saniye). Deneyde ortam şartlarını yansıtmaması amacıyla ön koşullandırma yapılmakta ve daha sonra 10 devirlik standart deney uygulanmaktadır [5,10,11].



Şekil 3:
DSR Deneyinde Numunelere Uygulanan Deformasyon Yönleri [5]

Dinamik kayma deneyi, asfalt çimentosunun kompleks kayma modülü (G^*) ve faz açısını (δ) belirleyerek viskoz ve elastik davranışını karakterize etmektedir. G^* , tekerrür eden kayma gerilmelerinin oluşturduğu deformasyonlara karşı asfalt çimentosunun gösterdiği toplam direncin göstergesidir. Faz açısı (δ), uygulanan gerilme ile meydana gelen deformasyon arasındaki zaman farkına (Δt) eşit

olmaktadır. Faz açısının 0° olması numunenin elastik davranış gösterdiğini, 90° olması ise viskoz davranış gösterdiğini ifade etmektedir. Bitümlü bağlayıcılar viskoelastik özellik gösterdiğinden normal şartlarda faz açısı 0° ile 90° arasında değişmektedir. Faz açısının düşük olması bağlayıcının daha fazla elastik özellik gösterdiğini ifade etmektedir. Deneysel sonuçta elde edilen kompleks kayma modülü (G^*) ve faz açısı (δ) değerleri kullanılarak tekerlek izi dayanım parametresi olan " $G^*/\sin \delta$ " belirlenmektedir. AASHTO TP5-98 standardına göre " $G^*/\sin \delta$ " değerinin yaşlandırılmamış bağlayıcılar için minimum 1000 Pa, RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılar için ise 2200 Pa olması gerekmektedir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada bağlayıcılarının TS 1081 EN 12591'e göre penetrasyon sınıflarına uygunluğunu belirlemek amacıyla geleneksel deneyler (penetrasyon ve yumuşama noktası), yüksek sıcaklıklarda işlenebilirliğini belirlemek amacıyla dönel viskozimetre (RV), tekerlek izi oluşumuna karşı dayanımlarını belirleyebilmek amacıyla DSR deneyleri Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.1. Yumuşama Noktası ve Penetrasyon Deneysel Sonuçları

Bitümlü bağlayıcılara kısa süreli yaşlandırma işleminden önce ve sonra uygulanan penetrasyon ve yumuşama noktası deneylerinden elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'de ayrıca grafiksel olarak Şekil 4'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar şartname kriterleriyle karşılaştırılmış ve bağlayıcıların şartname kriterlerini sağladığı belirlenmiştir. Yaşlanma nedeniyle meydana gelen kütle kayıplarının sert bitümlü bağlayıcılarda az, yumuşak bitümlü bağlayıcılarda ise daha fazla olduğu belirlenmiştir. Isıya karşı bağlayıcıların hassasiyetini ifade eden PI değerlerinden, bağlayıcı sertliği arttıkça PI değerinin de arttığı dolayısıyla ısıya karşı hassasiyetin azaldığı belirlenmiştir.

3.2. Dönel Viskozimetre Deneysel Sonuçları

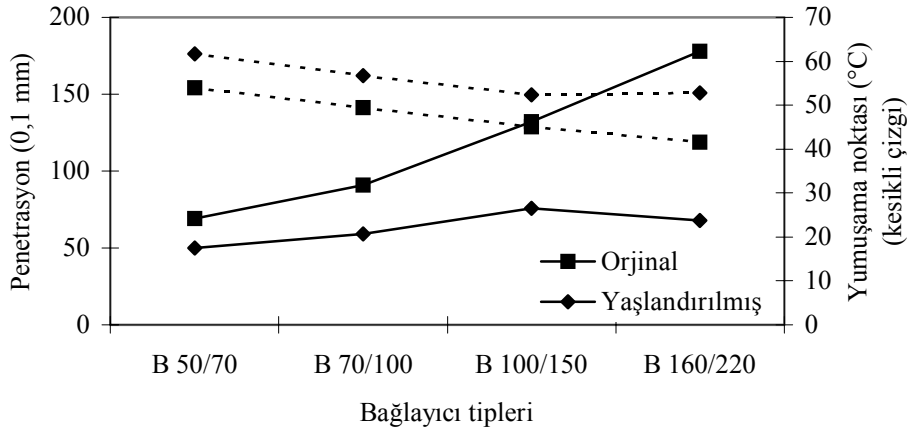
Yüksek sıcaklıklarda (135 ve 165°C) DV-III Ultra Brookfield viskozimetresi kullanılarak bağlayıcıların işlenebilirlikleri belirlenmiştir. 135 ve 165°C sıcaklıklarda yapılan dönel viskozite deneylerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. Bağlayıcı viskozite değerleri viskozite-sıcaklık grafiğinde işaretlenerek bitümlü bağlayıcıların karışımlarda kullanılması durumunda agregayla karıştırma ve arazide sıkıştırma sırasında gerekli viskozite değerlerini (sırasıyla 170 ± 20 cP ve 280 ± 30 cP) sağlayacak sıcaklık değerleri tespit edilmiştir. Bağlayıcıların viskozite-sıcaklık ilişkisi Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 2.
Orijinal Bağlayıcılara Uygulanan Deneylerden Elde Edilen Sonuçlar

Özellikler	Deney Metodu	Şartname Limitleri	Bağlayıcılar			
			B 50/70	B 70/100	B 100/150	B 160/220
Penetrasyon, 25°C , 0,1mm	EN 1426	50 – 70	69	91	132	178
Yumuşama Noktası, $^\circ\text{C}$	EN 1427	46 – 54	54,0	49,4	45,1	41,5
Penetrasyon İndeksi (PI)	-	-	0,582	0,223	0,181	0,075

Tablo 3.
Yaşlandırılmış Bağlayıcılara Uygulanan Deneylerden Elde Edilen Sonuçlar

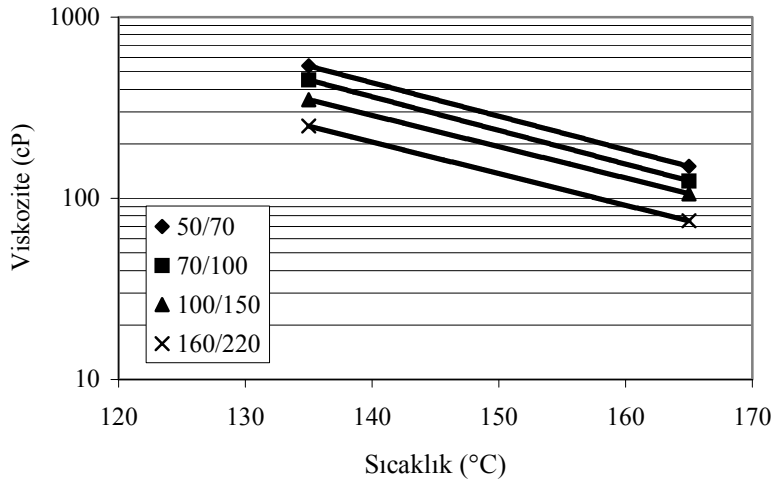
Özellikler	Deney Metodu	Şartname Limitleri	Bağlayıcılar			
			B 50/70	B 70/100	B 100/150	B 160/220
Kütle Değişimi, %	EN 12607-1	mak. 0,5	0,38	0,51	0,53	0,94
Penetrasyon, 25°C , 0,1mm	EN 1426	-	50	59	76	68
Kalıcı Penetrasyon, %	EN 12607-1	min. 50	72	65	57	38
Yumuşama Noktası, $^\circ\text{C}$	EN 1427	min. 48	61,7	56,8	52,3	52,8
Yumuşama Nok. Artış, $^\circ\text{C}$	EN 12607-1	mak. 9	7,7	7,4	7,4	11
Penetrasyon İndeksi (PI)	-	-	1,361	0,790	0,444	0,254



Şekil 4:
Orjinal ve Yaşlandırılmış Bağlayıcıların Penetrasyon ve Yumuşama Noktaları

Tablo 4.
Dönel Viskozimetre Deney Sonuçları

Bağlayıcı Cinsi	Viskozite (cP)		Karıştırma Sıcaklığı Aralığı	Sıkıştırma Sıcaklığı Aralığı
	135°C	165°C		
B 50/70	537,5	150	160-165	150-153
B70/100	450	125	155-161	144-149
B100/150	350	106,25	151-157	138-144
B160/220	250	75	142-148	130-135



Şekil 5:
Asfalt Çimentolarında Sıcaklıkla Viskozite Değerlerinin Değişimi

Bütün bağlayıcıların 135°C sıcaklıktaki viskozite değerleri 3000 cP'den düşük olduğundan Superpave sistemine göre işlenebilirlik açısından uygun oldukları belirlenmiştir. Viskozite değerlerine bağlı olarak en yüksek karıştırma ve sıkıştırma sıcaklığına B 50/70 asfalt çimentosunun ihtiyaç duyduğu, en düşük karıştırma ve sıkıştırma sıcaklığı değerlerine ise B 160/220 bitümlü bağlayıcısının

ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir. Karayolları Teknik Őartnamesinde, 50/70 penetrasyonlu asfalt çimentoları için minimum karıştırma sıcaklığı 145-160°C, 70/100 penetrasyonlu asfalt imentosu için ise 140-155°C karıştırma sıcaklığı öngörülmüştür. Őartnamede ayrıca sıkıştırma sıcaklıklarının ise 130°C'nin altında olmaması istenmektedir. Őartnamede karıştırma sıcaklıkları çok geniş bir aralıkta, sıkıştırma sıcaklıkları ise bağlayıcı cinsine bağlı olmadan verilmektedir. Elde edilen sonuçlardan bağlayıcı cinsinin sıkıştırma sıcaklığı üzerinde önemli olduğu ayrıca karıştırma sıcaklıklarının Şartname sınırından yüksek ve daha düşük bir aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

3.3. DSR Deney Sonuçları

Bohlin DSR-II aleti kullanılarak yapılan dinamik kayma reometresi deneyleri gerilme kontrolü olarak yapılmış olup yaşlandırılmamış bağlayıcılarda 120 Pa, yaşlandırılmış bağlayıcılarda ise 220 Pa sabit gerilme uygulanmıştır. Deneylerden elde edilen kompleks kayma modülü (G^*) ve faz açısı (δ) değerleri kullanılarak tekerlek izi dayanım parametresi olan $G^*/\sin\delta$ değerleri belirlenmiştir. Bağlayıcıların tekerlek izi dayanım parametrelerini ve bu değgerlere bağlı olarak yüksek sıcaklık performans seviyesi değerlerini belirlemek amacıyla 25 mm'lik paralel plaklar ve 1 mm numune kalınlığı kullanılmıştır. Çalışmada ncelikli olarak yaşlandırılmamış bağlayıcılar 52-76°C sıcaklık aralığında 6°C'lik artışlarla test edilmiştir. Yaşlandırılmamış bağlayıcıların AASHTO TP5-98 Őartnamesine göre $G^*/\sin\delta$ kriteri olan minimum 1000 Pa değerini en son sağladığı sıcaklık değerinde yaşlandırılmış bağlayıcılar DSR deneylerine tabi tutulmuştur. Yaşlandırılmamış bağlayıcılara uygulanan deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5.
Yaşlandırılmamış Bağlayıcıların DSR Deney Sonuçları

		Sıcaklık (°C)				
		52	58	64	70	76
B 50/70	G^* , Pa	8574,01	3877,45	1936,83	1050,12	476,601
	Faz Açısı, δ , °	76,02	78,69	80,75	82,48	83,26
	$G^*/\sin\delta$, Pa	8835,72	3954,24	1962,35	1059,23	479,918
B 70/100	G^* , Pa	5513,93	2558,32	1197,78	608,714	317,435
	Faz Açısı, δ , °	76,43	79,63	81,64	83,06	83,83
	$G^*/\sin\delta$, Pa	5672,28	2600,80	1210,64	613,21	319,285
B 100/150	G^* , Pa	4231,71	1868,62	1070,10	527,476	279,119
	Faz Açısı, δ , °	78,43	80,64	82,38	83,02	83,90
	$G^*/\sin\delta$, Pa	4319,48	1893,84	1079,63	531,415	280,708
B100/220	G^* , Pa	2104,48	1038,713	429,402	216,112	118,275
	Faz Açısı, δ , °	80,56	82,76	83,91	84,60	85,89
	$G^*/\sin\delta$, Pa	2133,37	1047,06	431,839	217,075	118,580

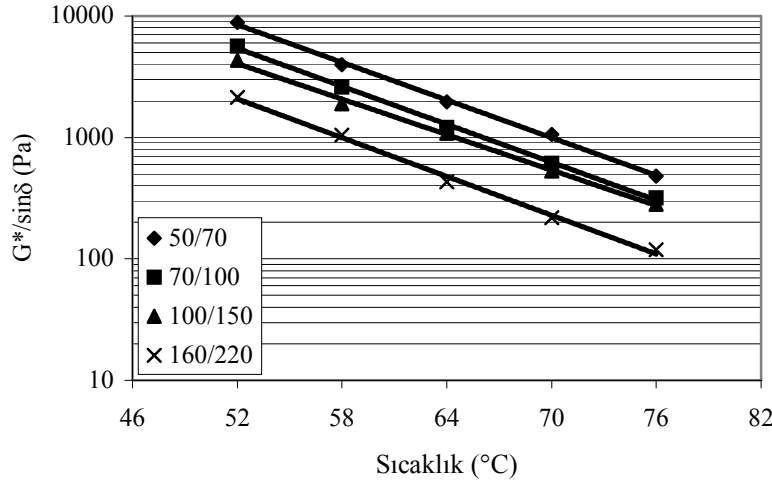
Elde edilen sonuçlardan Superpave sistemine göre B 50/70 bağlayıcısının 70°C'de, B 70/100 ve B 100/150 bağlayıcısının 64°C'de B 160/220 bağlayıcısının ise 58°C sıcaklıkta Şartname kriterini sağlayabildiği bu değerlerin üstündeki sıcaklıklarda ise sağlayamadıkları belirlenmiştir. Bu nedenle bağlayıcıların Superpave sistemine göre yüksek sıcaklık performans seviyesi değerlerinin düşük penetrasyonlu bağlayıcılardan yüksek penetrasyonlulara doğru sırasıyla PG 70, PG 64, PG 64 ve PG 58 oldukları belirlenmiştir. Penetrasyon değerlerindeki azalma ve yumuşama noktasındaki artış ile bağlayıcıların tekerlek izine karşı dayanımlarında meydana gelen artmanın literatür verileriyle uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir [12-14]. Ayrıca lkemizde bu yönde daha önce yapılan bir çalışmada, bu çalışmada kullanılandan farklı bir B 100/150 bağlayıcısının yüksek sıcaklık performans seviyesinin

PG 58 olduğu tespit edilmiştir [15]. Bu durum penetrasyon derecelendirmesine göre aynı sınıfta olan bağlayıcıların yüksek sıcaklık performans seviyelerinin farklı olabileceğini göstermektedir. Yaşlandırılmış bağlayıcılara yaşlandırılmamış bağlayıcıların 1000 Pa değerini en son sağladığı sıcaklıkta deneyler uygulanmış ve şartname kriterleriyle karşılaştırılmıştır. Yaşlandırılmış bağlayıcılara, uygulanan deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 6'da görülmektedir. Deney sonuçlarından bütün yaşlandırılmış bağlayıcıların şartname limiti olan minimum 2200 Pa'ı sağladıkları belirlenmiştir.

Tablo 6.
Yaşlandırılmış Bağlayıcıların DSR Deney Sonuçları

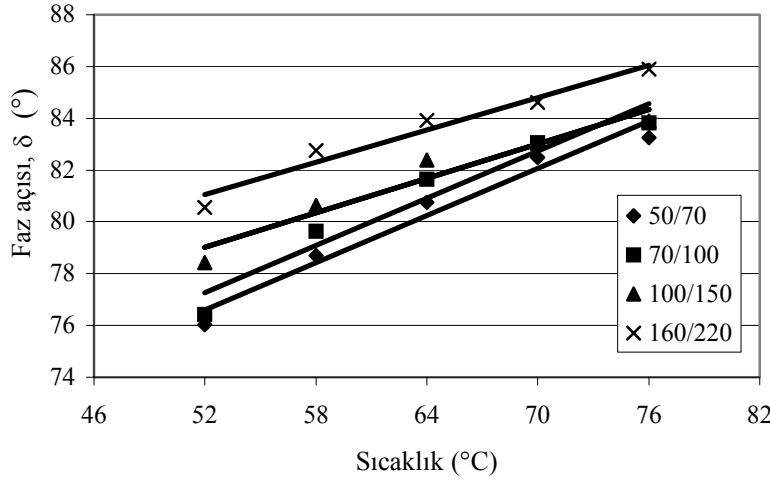
Bağlayıcılar	Sıcaklık, °C	G*, Pa	Faz Açısı, δ , °	G*/sin δ , Pa
B 50/70	70	3392,42	75,89	3497,96
B 70/100	64	5771,94	73,40	6022,96
B 100/150	64	5115,29	74,82	5300,23
B 160/220	58	4391,4	73,75	4574,14

Yaşlandırılmamış bağlayıcılarda sıcaklık artışı ile G*/sin δ değerinde meydana gelen değişiklik Şekil 6'da, faz açısında (δ) meydana gelen değişim ise Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6:
Yaşlandırılmamış Bağlayıcıların Artan Sıcaklıkla G/sin δ Değerinde Meydana Gelen Değişim*

Şekil 5'te görüldüğü üzere sıcaklıktaki artışla tekerlek izine karşı dayanımını ifade eden G*/sin δ değeri bütün bağlayıcılarda azalmıştır. Bütün sıcaklıklarda penetrasyon değeri yüksek olan bağlayıcıların G*/sin δ değeri düşük çıkmıştır. Tekerlek izine karşı dayanım bakımından en iyi sonucu B 50/70 bağlayıcısının verdiği tespit edilmiştir. B 70/100 ve B 100/150 bağlayıcıları ise birbirine benzer davranışlar sergilemişlerdir. Şartname kriteri olan 1000 Pa değeri B 50/70 bağlayıcısında 70°C'de, B 70/100 bağlayıcısında 66°C'de, B 100/150 bitümlü bağlayıcısında 64°C'de ve 160/220 penetrasyonlu asfalt çimentosunda 58°C'de sağlanmıştır. Penetrasyon sınıflandırmasına göre farklı sınıflarda yer alan B 70/100 ve B 100/150 asfalt çimentolarının Superpave sistemine göre aynı performans seviyesinde yer aldıkları ve özellikle yüksek sıcaklıklarda benzer performans sergiledikleri belirlenmiştir.



Şekil 7:
Yaşlandırılmamış Bağlayıcıların Faz Açısı Değerinin Sıcaklıkla Değişimi

Bağlayıcıların elastikiyetinin bir göstergesi olan faz açısı (δ) değerleri incelendiğinde bütün bağlayıcılarda sıcaklık artışıyla faz açısının arttığı dolayısıyla viskoz davranışın da arttığı belirlenmiştir. Başlangıç sıcaklığında (52 °C) bağlayıcıların faz açıları arasında farklılık bulunurken en yüksek sıcaklıkta (76 °C) üç bağlayıcının faz açısı değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan bütün sıcaklıklarda en fazla elastik davranışı B 50/70 bağlayıcısının, en yüksek viskoz davranışı ise B 160/220 bitümlü bağlayıcısının sergileyeceği belirlenmiştir.

4. SONUÇ

Karayolu esnek üstyapılarında en sık rastlanan bozulmaların başında gelen kalıcı deformasyona (tekerlek izi oluşumu) karşı dayanımı sağlamak için kullanılacak bitümlü bağlayıcının uygulama bölgesi şartlarına uygun olması gerekmektedir. Ayrıca kaplama performansı açısından bitümlü bağlayıcının, karışım hazırlanırken ve sıkıştırılırken yeterli işlenebilirliğe sahip olması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan dört farklı bitüme uygulanan RV ve DSR deneyleri sonucunda bağlayıcıların penetrasyonlarının artması ile viskozitelerinin ve tekerlek izi oluşumuna karşı dayanım parametrelerinin azaldığı belirlenmiştir. Dönel viskozimetre deney sonuçlarından, bağlayıcı penetrasyon değerleri azaldıkça bitümlü sıcak karışımların hazırlanmasında kullanılacak karıştırma ve sıkıştırma sıcaklık aralıklarının yükseldiği tespit edilmiştir. Superpave sistemine göre tekerlek izine karşı dayanım parametresi bakımından, bağlayıcıların yüksek sıcaklık performans seviyesi değerlerinin yüksek penetrasyondan düşük penetrasyona doğru PG 58, PG 64, PG 64 ve PG 70 olduğu belirlenmiştir. DSR deneyleri sonucunda B 70/100 ve B 100/150 bitümlü bağlayıcılarının penetrasyon sınıflandırmasına göre farklı sınıflarda yer almalarına rağmen özellikle yüksek sıcaklıklarda benzer performans gösterdikleri ve Superpave sistemine göre aynı performans seviyesinde yer aldıkları tespit edilmiştir. Faz açısı değerlerinden, başlangıç sıcaklıklarında farklı elastik özellik gösteren üç bağlayıcının (B 70/100, B 100/150 ve B 160/220) yüksek sıcaklıklarda benzer viskoz yapıya sahip oldukları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında geleneksel yöntemde olduğu gibi bağlayıcıları sabit sıcaklıkta belirlenen penetrasyon değerlerine göre sınıflandırma ile Superpave sisteminde olduğu gibi uygulama bölgesi iklim şartlarındaki performanslarına göre sınıflandırma arasında fark olduğu tespit edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Lav, A. H. ve Lav, M. A. (2004) Shell Bitüm El Kitabı, İSFALT Bilimsel Yayınları, No: 3, 334 s.
2. Ilıcalı, M., Tayfur, S., Özen, H., Sönmez, İ., Eren, K. (2001) Asfalt ve Uygulamaları, İSFALT Bilimsel Yayınları, No: 1, 280 s.

3. Tunç, A. (2004) Esnek Kaplama Malzemeleri El Kitabı, Asil Yayın Dağıtım, 352 s.
4. Kaşak, S. ve diğ. (2004) Yeni Bitüm Standardı, Dördüncü Ulusal Asfalt Sempozyumu, K.G.M., Ankara, s. 405-413.
5. Zaniwski, J. P. ve Pumphrey, M. E. (2004) Evaluation of performance graded asphalt binder equipment and testing protocol, Asphalt Technology Program, West Virginia, p. 107.
6. Superpave Mix Design, Superpave Series, SP-2, 1996.
7. TS EN 12607-1 (2003) Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar-Sıcaklık ve havanın etkisiyle sertleşmeye karşı direncin tayini-Bölüm 1: RTFOT (Etüvde hareket halinde ince film deneyi) yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12 s.
8. TS 118 EN 1426 (2002) Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar-İğne batma derinliği tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12 s.
9. TS 120 EN 1427 (2002) Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar-Yumuşama noktası tayini-Halka ve bilya metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara., 12 s.
10. McGennis, R. B., Shuler, S., Bahia, H. U. (1994) Background of Superpave Asphalt Binder Test Methods, Report No. FHWA-SA-94-069, Lexington, KY, p. 104.
11. Çelik, O. N. (1996) Otomobil Lastiği ile Modifiye Edilmiş Asfaltın Dinamik Reolojik Analizi, 1. Ulusal Asfalt Sempozyumu, İstanbul, s. 297-304.
12. Airey, G. (2003) Rheological Properties of Styrene Butadiene Styrene Polymer Modified Road Bitumens, Fuel, Volume 82, Issue 14, pp. 1709-1719.
13. Widyatmoko, I. ve Elliott, R. (2008) Characteristics of Elastomeric and Plastomeric Binders in Contact with Natural Asphalts, Construction and Building Materials, Volume 22, Issue 3, pp. 239-249.
14. Airey, G. (2002) Rheological evaluation of Ethylene Vinyl Acetate Polymer Modified Bitumens, Construction and Building Materials, Volume 16, Issue 8, pp. 473-487.
15. Ahmedzade, P., Yılmaz, M., Geçkil, T. Superpave Sistemine Göre Uygulama Bölgesine Uygun Bağlayıcı Seçimi: Bingöl Örneği, Cilt 25/4, 338-348.

Makale 10.12.2007 tarihinde alınmış, 05.03.2008 ve 07.04.2008 tarihlerinde düzeltilmiş, 08.04.2008 tarihinde kabul edilmiştir.
İletişim Yazarı: N. Kuloğlu (nkuloglu@firat.edu.tr).