

SUPERPAVE SİSTEMİNDE BULUNAN BAĞLAYICI DENEYLERİNİN ÜLKEMİZDE KULLANILAN GELENEKSEL YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Perviz AHMEDZADE
Yrd. Doç. Dr.
Ege Üniversitesi
İzmir, TÜRKİYE
perviz.ahmedzade@ege.edu.tr

Mehmet YILMAZ
Araş. Gör.
Fırat Üniversitesi
Elazığ, TÜRKİYE
mehmetyilmaz@firat.edu.tr

Tacettin GEÇKİL
Yrd. Doç. Dr.
İnönü Üniversitesi
Malatya, TÜRKİYE
tageckil@inonu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yük ve yolcu taşımacılığının büyük bir bölümünün karayolları ile yapıldığı ülkemizde yol üstyapıları genellikle esnek üstyapı olarak projelendirilmekte ve uygulanmaktadır. Esnek kaplamalarda bağlayıcı olarak kullanılan bitüm visko-elastik yapıya sahip olup bitümün rijitliği üzerinde sıcaklık ve yükleme süresinin büyük etkisi bulunmaktadır. Bitüm, yüksek taşıt hızlarında ve düşük sıcaklıklarda elastik katı, düşük taşıt hızlarında ve yüksek sıcaklıklarda ise viskoz sıvı özelliği göstermektedir.

Bitümlü bağlayıcılar, kaplama cinsine ve kullanım amacına bağlı olarak asfalt çimentoları, katbek asfaltlar ve emülsiyonlar gibi gruplara ayrılmakta olup bütün bitümlü bağlayıcılarda ana bağlayıcı görevini bitüm üstlenmektedir [1]. Bitümlerin kullanılabilirliği, birçok Avrupa ülkesinde olduğu gibi Ülkemizde de TS 1081 EN 12591 standardına göre tespit edilmektedir. Bu standartta penetrasyon veya viskozite değerlerine göre bağlayıcı kıvamları ve sınıfları belirlenmekte, uygulanan diğer standart bağlayıcı deneyleri ile de kullanılabilirlikleri tespit edilmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kıvamı yüksek bitümlerin sıcak iklimli bölgelerde, kıvamı düşük bitümlerin ise soğuk iklimli bölgelerde kullanılması tavsiye edilmektedir [2].

Amerika Stratejik Karayolu Araştırma Programı (SHRP), 1987 yılında yolların performans ve durabilitesini arttırmak ve yolları daha güvenli hale getirmek amacıyla, beş yıl süreli ve 150 milyon dolar bütçeli bir araştırma programı oluşturmuştur. Bu araştırma fonunun 50 milyon doları laboratuvar analizleri ve uygulama bölgesi şartları göz önünde bulundurulmuş performans esaslı asfalt şartnamesi çalışmaları için kullanılmıştır. Yüksek Performanslı Asfalt Kaplama (Superpave) sistemi, SHRP dâhilinde yapılan bu çalışmaların sonucunda ortaya çıkmıştır. Superpave sistemi dâhilinde kullanılan bağlayıcı deneylerinde, uygulama bölgesindeki iklim koşulları dikkate alınmakta ve tekerlek izi, düşük sıcaklık ve yorulma çatlaklarını engellemek amacıyla bağlayıcılar performansına dayalı olarak incelenmektedir [3].

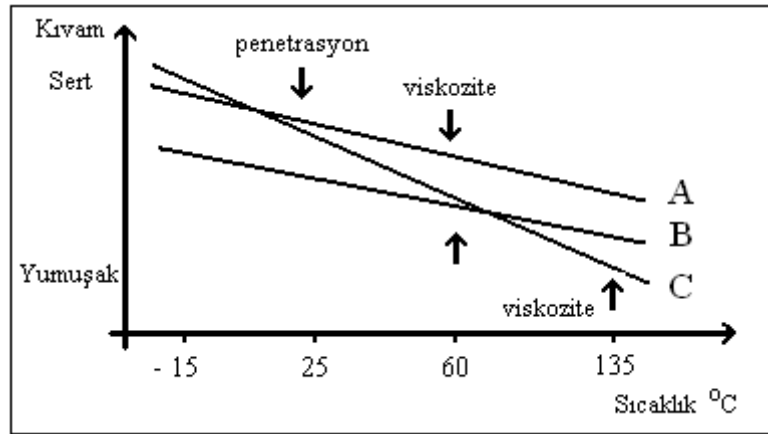
Her yıl yapım, bakım, onarım ve yenileme amacıyla milyonlarca TL para harcanan karayolu sektöründe, bölge şartlarının dikkate alınması ve en uygun malzemelerin kullanılması ülke ekonomisine büyük faydalar sağlamanın yanı sıra karayolunda seyahat edenler için konfor, zaman ve güvenlik açısından büyük önem arz etmektedir.

2. GELENEKSEL BAĞLAYICI DENEYLERİ

Bitümlerin sınıflandırılması ve kullanılabilirliğinin tespitinde kullanılan bağlayıcı deneyleri ve şartname limitleri TS 1081 EN 12591 standardında belirtilmiştir [4]. Standartta bağlayıcıların kıvamlarını belirlemek amacıyla penetrasyon, yüksek sıcaklık dayanımlarını belirlemek amacıyla yumuşama noktası, düşük sıcaklık çatlaklarına karşı dayanımı belirlemek amacıyla Fraas kırılma noktası ve yaşlanma karakteristiklerini belirlemek amacıyla dönel ince film halinde ısıtma (RTFOT) deneyleri kullanılmaktadır.

2.1. Geleneksel Deney Yöntemlerinin Olumsuzlukları

Geleneksel bağlayıcı deneylerinin en çok eleştirilen yanı, penetrasyon veya viskozite deneyleri esas alınarak sınıflandırma yapılması ve yumuşama noktası deneyi kullanılarak yüksek sıcaklık dayanımının ve Fraas kırılma noktası deneyi kullanılarak düşük sıcaklık dayanımının belirlenmesidir. Bilindiği üzere standart penetrasyon değeri; 25°C sıcaklıkta standart iğnenin 5 saniye süresince bitüme batma miktarını, viskozite değeri ise 60 veya 135°C sıcaklıkta bitümlü bağlayıcının akmaya karşı direncini ifade etmektedir. Hem penetrasyon hem de viskozite deneyleri tek bir sıcaklık değerinde yapıldığından, bu deneyler bitümün farklı sıcaklıklardaki davranışını ifade etmekte yetersiz kalmaktadır. Değişik bağlayıcılar, farklı sıcaklık ve performans karakteristiklerine sahip olmalarına rağmen bu sistemde uygulanan sınıflandırma deneyleri sonucunda aynı sınıfta yer alabilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1 Farklı bağlayıcı kıvamlarının sıcaklığa bağlı olarak değişimi [5,6]

Şekil 1 incelendiğinde üç bağlayıcının da 60°C sıcaklıkta yapılan viskozite deneylerine göre kıvamlarının birbirine yakın olduğu, A ve B bitümlerinin sıcaklıkla değişen kıvam özelliklerinin benzer olduğu fakat C bitümünün yüksek ve düşük sıcaklık davranışının farklı olduğu görülmektedir.

Yumuşama noktası deneyinde standart bir halka içerisine bitüm doldurulmakta ve üzerine standart bir bilye bırakılarak 5°C sıcaklıktan başlanarak bitüm yumuşayıp bilye belirli bir mesafe kat edinceye kadar ortam sıcaklığı 5°C/dakika ısıtılmaktadır. Bilyenin standart mesafeyi kat ettiği andaki sıcaklık yumuşama noktası değeri olarak alınmaktadır. Bu deney bağlayıcıların yüksek sıcaklık dayanımları üzerine fikir vermesine rağmen arazide şartlarında bitümlü bağlayıcının performansı konusunda yetersiz kalmaktadır [5,6].

Geleneksel yöntemde bitümlü bağlayıcıların düşük sıcaklık dayanımlarını tespit etmek amacıyla Fraas kırılma noktası deneyi kullanılmaktadır. Bu deneyde yaklaşık 0,40 gr bitüm plak üzerine bırakılmakta ve plak ısıtılarak bitümün plağı homojen bir şekilde kaplaması

sağlanmaktadır. Bitüm kaplı plak deney düzeneğindeki yalıtımlı bölmeye yerleştirilmekte ve ortam sıcaklığı dakikada 1°C soğutulmaktadır. Bitüm kaplı plak beklenen kırılma noktasının yaklaşık 10°C öncesinden başlanarak bükülmekte ve sıcaklığın etkisiyle bitüm belirli bir katılığa ulaştığında bitüm yüzeyinde çatlak meydana gelmektedir. Numunede ilk çatlağın oluştuğu sıcaklık değeri kırılma noktası olarak adlandırılmaktadır [7]. Deneyde sıcaklık dakikada 1°C düşmekte ayrıca plağa dakikada 20 sn yükleme yapılmaktadır. Arazide deney şartlarında olduğu gibi sıcaklık azalması ve yükleme meydana gelmediğinden bitümün arazideki ve laboratuardaki davranışı arasında farklılık oluşacaktır. Fraas kırılma noktası deneyi bağlayıcıların düşük sıcaklıklardaki dayanımı hakkında bilgi vermesine rağmen bu deney de arazideki termal ve yükleme şartlarını ifade etmekte yetersiz kalmaktadır.

Bitümlü sıcak karışımların hazırlanışından servis ömrünün sonuna kadar bitümlü bağlayıcılarda yaşlanma olarak isimlendirilen yapısal sertleşme meydana gelmektedir. Yaşlanma depolama, agregayla karıştırma, taşıma ve uygulama sırasında (kısa süreli yaşlanma) meydana gelebildiği gibi arazide servis sırasında da (uzun süreli yaşlanma) meydana gelmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda araziye uygulanıncaya kadar bitümlü bağlayıcıda meydana gelen yaşlanmanın, bağlayıcıda meydana gelen bütün yaşlanmanın %70'ini oluşturduğu belirlenmiştir [8]. TS 1081 EN 12591 standardında bitümlü bağlayıcılarda meydana gelen kısa süreli yaşlanmayı temsil etmesi amacıyla Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (RTFOT) tavsiye edilmiştir. Bitümlü bağlayıcılarda servis ömrü boyunca meydana gelen yaşlanma performans açısından büyük öneme sahip olmasına rağmen TS 1081 EN 12591 standardında dikkate alınmamıştır.

3. SUPERPAVE SİSTEMİ BAĞLAYICI DİZAYNI

Superpave sisteminde bağlayıcıları belirli sıcaklıklarda yapılan deneylerle sınıflandırmak ve arazi şartlarını yansıtmayan deneylerle bağlayıcıların kullanılabilirliğini belirlemek yerine uygulama bölgesinin uzun süreli iklimsel özellikleri ve coğrafi konumu dikkate alınmakta ve belirlenen sıcaklık değerlerinde uygulanan çeşitli deneylerle bağlayıcıların tekerlek izi, yorulma ve düşük ısı çatlaklarına karşı performansları belirlenmektedir. Superpave sisteminde bulunan bağlayıcı deneyleri ve kullanım amaçları Tablo 1'de verilmiştir [6].

Tablo 1 Superpave bağlayıcı deneyleri ve kullanım amaçları [6]

Deney Adı	Kullanım Amacı
Dönel İnce Film Halinde Isıtma (RTFOT) Basınçlı Yaşlandırma Kabı (PAV)	Bitümlü bağlayıcıların yaşlanma karakteristiklerini belirlemek
Dinamik Kesme Reometresi (DSR)	Bitümlü bağlayıcıların yüksek ve orta sıcaklık karakteristiklerini belirlemek
Dönel Viskozimetre (RV)	Bağlayıcıların yüksek sıcaklık karakteristiklerini belirlemek
Kiriş Eğme Reometresi (BBR) Direkt Çekme Aleti (DTT)	Bitümlü bağlayıcıların düşük sıcaklık karakteristiklerini belirlemek

3.1. Bağlayıcıların Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Bitümün aşırı sert olması durumunda kaplamada düşük sıcaklıklarda çatlama ve aşırı yumuşak olması durumunda ise yüksek sıcaklıklarda tekerlek izi oluşumu ve terleme gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu istenmeyen durumları ortadan kaldırmak amacıyla bölge iklim şartlarına uygun bağlayıcılar tercih edilmesi gerekmektedir. Superpave sisteminde,

uygulama bölgesinin uzun süreli sıcaklık verilerinden faydalanılarak kaplama sıcaklıkları tespit edilmekte ve kaplama sıcaklıklarına bağlı olarak ta bağlayıcı sınıfı belirlenmektedir.

Superpave sistemi bağlayıcı performans seviyelerinin belirlenmesinde, meteoroloji istasyonlarından elde edilen en az 20 yıllık veriler esas alınmaktadır. 20 yıllık süre içerisinde bölgede tespit edilen en yüksek 7 günlük hava sıcaklığı ortalamasından ($T_{maks.hava}$) faydalanılarak yüzeyden 20mm derinlikteki en yüksek kaplama sıcaklığı (T_{maks}), en soğuk 1 günlük hava sıcaklığından ($T_{min.hava}$) faydalanılarak ta kaplama yüzeyindeki en düşük kaplama sıcaklığı ($T_{min.}$) tespit edilmektedir. Bu değerlerin bulunmasında bölgenin enlemi de (E) dikkate alınmaktadır. Kaplamanın en yüksek ve en düşük sıcaklık değerlerinin belirlenmesinde kullanılan formüller aşağıda verilmiştir [1,6]:

$$T_{maks.}(^{\circ}C) = (T_{maks.hava} - 0,00618 \times E^2 + 0,2289 \times E + 42,2) \times 0,9545 - 17,78$$

(1)

$$T_{min.}(^{\circ}C) = 0,859 \times T_{min.hava} + 1,17$$

(2)

Uygulama bölgesi iklim şartları göz önünde bulundurularak tespit edilen en yüksek kaplama sıcaklığından daha yüksek olan sıcaklık sınıfı ve en düşük kaplama sıcaklığından daha düşük olan sıcaklık sınıfı alınarak bağlayıcı performans seviyesi tespit edilmektedir. Superpave sisteminde bağlayıcı türü iki değişkenli olarak "PG X-Y" şeklinde gösterilmektedir. Burada birinci değişken (X), bağlayıcının performans şartlarını sağladığı yüksek sıcaklık sınıfını, ikinci değişken (Y) ise bağlayıcının performans şartlarını sağladığı düşük sıcaklık sınıfını belirtmektedir. Kullanılması düşünülen bağlayıcılar, tespit edilen bu sıcaklıklarda Superpave bağlayıcı deneylerine tabi tutulmakta ve uygunlukları belirlenmektedir [9]. Tablo 2'de Superpave bağlayıcı performans seviyeleri verilmiştir.

Tablo 2 Superpave bağlayıcı sınıfları

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

3.2. Bağlayıcıların Yaşlanma Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Superpave sisteminde bitümlü bağlayıcıların kısa süreli yaşlanmasını temsil etmesi amacıyla Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (RTFOT) ve uzun süreli yaşlanmayı temsil etmesi amacıyla Basınçlı Yaşlandırma Aleti (PAV) deneyleri kullanılmaktadır.

3.2.1. Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (RTFOT)

Karıştırma süresince bitümlü bağlayıcılarda meydana gelen yaşlanma, laboratuarda RTFOT (Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deneyi) 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 etkisi değerlendirilmektedir. 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 edilmektedir. TS EN 12607-1’de belirtilen bu deney, 163°C sıcaklığa sahip etüve yerleştirilen 8 adet şişe kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Dönel İnce Film Halinde Isıtma deney aleti

Deneyde, her bir şişeye 35 gram bitüm 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 amacıyla, geri kalan altı şişe ise bitümlü malzemelerin yaşlandıktan sonraki fiziksel özelliklerini tespit etmekte kullanılmaktadır. Kütle kaybı aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmektedir. Denklemde M_1 yaşlanmadan önceki ağırlığı, M_2 ise yaşlanmadan sonraki ağırlığı ifade etmektedir [10].

$$\text{Kütle Kaybı, \%} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (3)$$

3.2.2. Basınçlı Yaşlandırma Aleti (PAV)

Basınçlı yaşlandırma kabı (PAV), kaplamanın servis ömrü boyunca bağlayıcılarda meydana gelen uzun dönemli sertleşme özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. PAV deneyi, RTFO deneyinden elde edilen bağlayıcılar üzerinde uygulanmaktadır. AASHTO PP1 standardına uygun olarak her bir numune kabına 50 gram RTFO deneyinden elde edilen bağlayıcı konulmaktadır. PAV deneyinde bağlayıcı sınıfına göre değişen (90 - 100 - 110°C) belirli bir sıcaklıkta numunelere 20 saat süreyle 2070 kPa’lık basınç uygulanmaktadır [11,12]. Bağlayıcı sınıfına göre değişen deney sıcaklıkları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3 Bağlayıcı sınıfına bağlı olarak PAV deney sıcaklıkları [11,12]

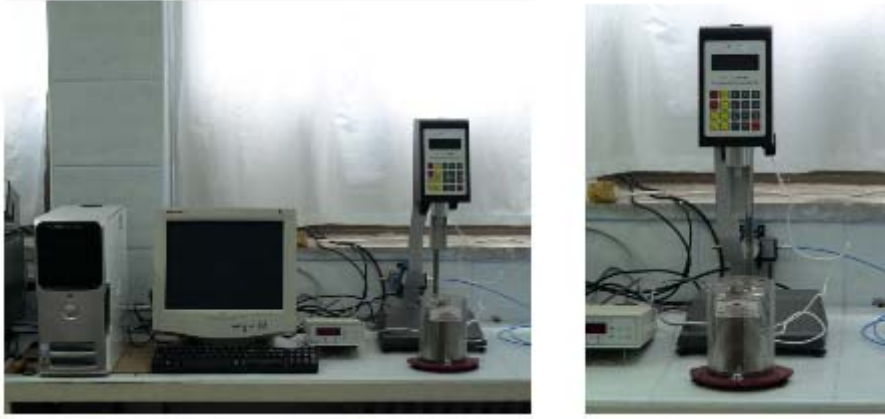
Bağlayıcı Sınıfları	PAV Deney Sıcaklığı (°C)
PG 46-Y	90
PG 52-Y	90
PG 58-Y	100
PG 64-Y	100
PG 70-Y	100-110

PG 76-Y	100-110
PG 82-Y	100-110

RTFOT ve PAV deneyinden elde edilen numuneler Superpave bağlayıcı deneylerinde kullanılmakta ve yaşlandırılmış bağlayıcıların performansları ve şartname kriterlerine uygunlukları tespit edilmektedir.

3.3. Dönel Viskozimetre (RV) Deneyi

Dönel viskozimetre (RV) deneyi, bitümlü bağlayıcıların yüksek sıcaklıktaki akışkanlık karakteristiklerini belirlemek amacıyla uygulanmaktadır. Bu amaçla AASHTO TP48 standardına uygun olarak "Brookfield Viskozimetresi" kullanılmaktadır (Şekil 3). Bağlayıcıların yüksek sıcaklık viskozite değerleri, pompalanma ve karıştırma sırasında bağlayıcıların yeterince akışkan olduklarının tespiti amacıyla belirlenmektedir. Deneyde bir motor yardımıyla iğnenin düzenli olarak 20 rpm. hızla dönmesi sağlanmakta ve viskozite okumaları yapılmaktadır. Genellikle orijinal bağlayıcılar üzerinde uygulanan RV deneyinde 135°C'deki viskozite değerinin 3 Pa-s'u aşmaması istenmektedir [11,12,13].



Şekil 3 Brookfield Dönel Viskozimetresi

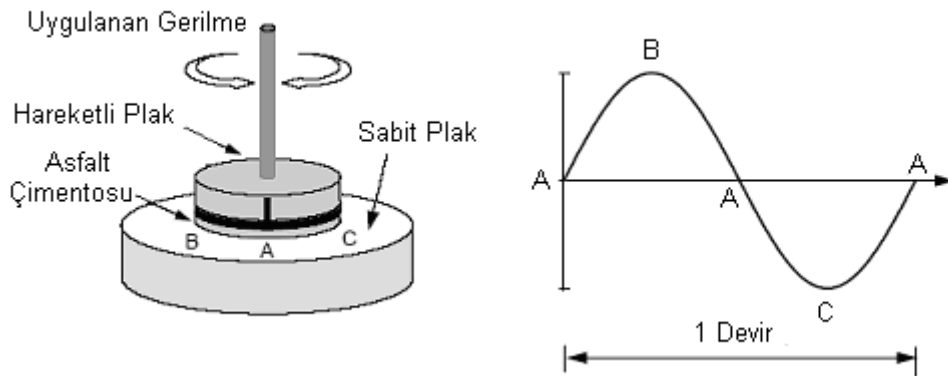
3.4. Dinamik Kesme Reometresi (DSR) Deneyi

Dinamik Kesme Reometresi deneyi, bağlayıcıların yorulma ve tekerlek izi oluşumuna karşı dayanımını tespit etmek amacıyla uygulanmaktadır (Şekil 4). Bitümlü bağlayıcıların tekerlek izi oluşumuna karşı dayanımlarını belirlemek amacıyla işlem görmemiş ve RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış bağlayıcılar kullanılırken, bağlayıcıların yorulma davranışlarının belirlenmesinde PAV 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 yüksekliktedir.



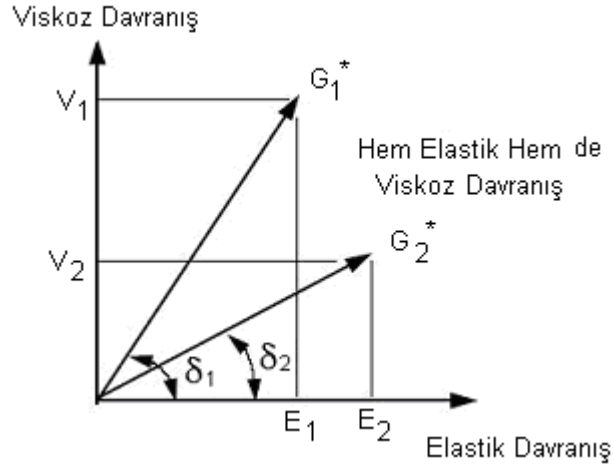
Şekil 4 Dinamik Kayma Reometresi

Bölge iklim şartlarına göre belirlenmiş deney sıcaklıklarında bağlayıcılar Şekil 5’te görüldüğü gibi sabit alt plak ve hareketli üst plak arasına yerleştirilmektedir. Hareketli üst plak A noktasından B noktasına gitmekte geri dönerek 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 1,59 devir/saniyedir. Deneyde ortam şartlarını yansıtması amacıyla 10 devir ön koşullandırma yapılır. Daha sonra 10 devirlik standart deney uygulanmaktadır [11,12].



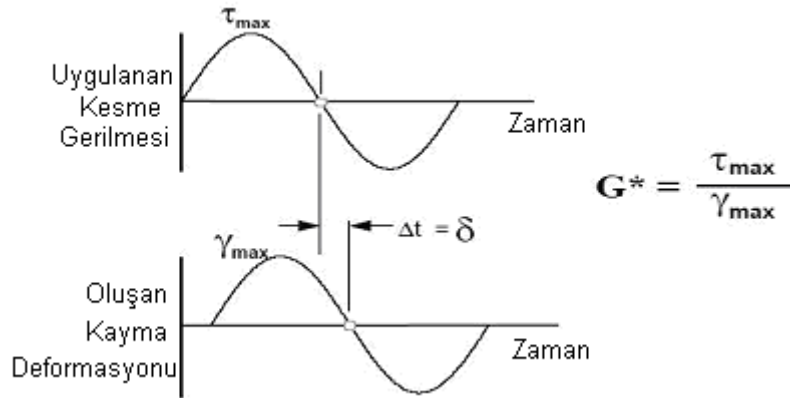
Şekil 5 DSR Deneyinde numunelere uygulanan deformasyon yönleri [11]

Dinamik kesme deneyi, bitümün kompleks kayma modülü (G^*) ve faz açısını (δ) belirleyerek viskoz ve elastik davranışını karakterize etmektedir. G^* , tekerrür eden kayma gerilmelerinin oluşturduğu deformasyonlara karşı bitüümün gösterdiği toplam direncin göstergesidir. Hem G^* hem de δ değerleri bitümün sahip olduğu ısı ve yükleme hızı ile önemli ölçüde değişmektedir (Şekil 6) [11,12].



Şekil 6 Bitümün visko-elastik özelliği [11]

Visko-elastik davranışı ifade eden Şekil 6'da görüldüğü gibi yatay eksen elastik davranışı (yüksek yükleme hızı ve düşük sıcaklık) ifade ederken dikey eksen ise viskoz davranışı (düşük yükleme hızı ve yüksek sıcaklık) ifade etmektedir. Ancak normal kaplama ısısı ve normal yükleme durumlarında bitüm hem elastik hem de viskoz davranış sergilemektedir. Bitümün visko-elastik özelliğe sahip olması ve her bir bitümün yapısının birbirinden farklı olması nedeniyle 1 ve 2 numaralı bitümlü bağlayıcıların yük altındaki viskoz ve elastik bileşenleri de birbirinden farklı olmaktadır. Şekilden görülebileceği gibi visko-elastik özellik hem G^* 'a hem de δ 'a bağlıdır. Bu nedenle bitümün visko-elastik özelliği, G^* ve δ birlikte göz önüne alınarak belirlenmelidir. Faz açısı (δ), uygulanan gerilme ile meydana gelen deformasyon arasındaki zaman aralığına (Δt) eşit olmaktadır. Faz açısı Şekil 7'de gösterilmiştir [11,12].



Şekil 7 Visko-elastik malzemelerin gerilme-deformasyon ilişkisi [11,12]

AASHTO T5 standardına uygun olarak yapılan bu deneyde yorulma ve tekerlek izi oluşumuna karşı dayanım limitleri Tablo 4'te verilmiştir [11,12].

Tablo 4 DSR deneyinde kullanılan bağlayıcı türlerine göre şartname limitleri [11,12]

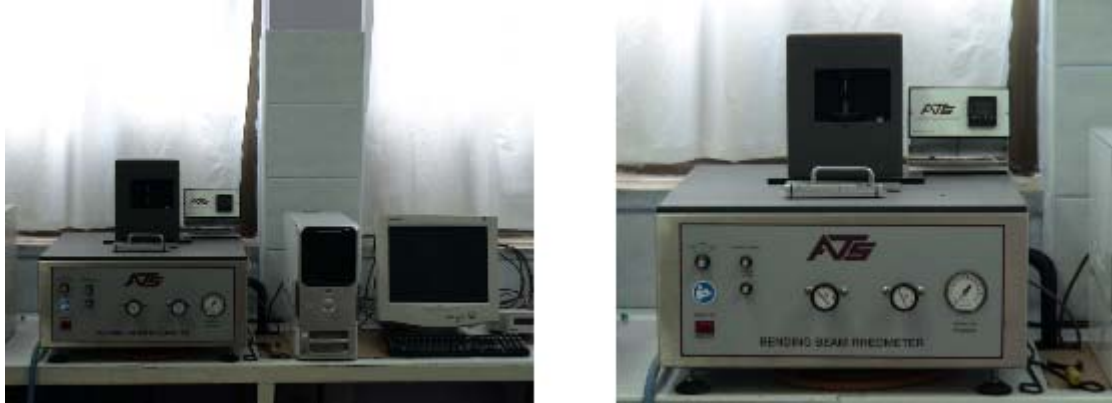
Bağlayıcı Türü	Aranan Şart	Deney Amacı	Şartname Limitleri
Orijinal	$G^*/\sin\delta$	Tekerlek izi oluşumuna karşı dayanım	Minimum 1,00 kPa
RTFOT	$G^*/\sin\delta$	Tekerlek izi oluşumuna karşı dayanım	Minimum 2,2 kPa.
PAV	$G^*\sin\delta$	Yorulmaya karşı dayanım	Maksimum 5000 kPa

3.5. Bitümlü Bağlayıcıların Düşük Sıcaklık Davranışlarının Tespiti

Bitümlü bağlayıcıların düşük sıcaklık özelliklerini belirlemek amacıyla Superpave sisteminde Kiriş Eğme Reometresi (BBR) ve Direkt Çekme Deneyleri (DTT) kullanılmaktadır. Şartname gereğince Kiriş Eğme Reometresi (BBR) deneyi bütün bağlayıcılara uygulanırken Direkt Çekme Deneyi (DTT) BBR deneyine göre aşırı rijit olduğu belirlenen bitümlü bağlayıcılara uygulanmaktadır.

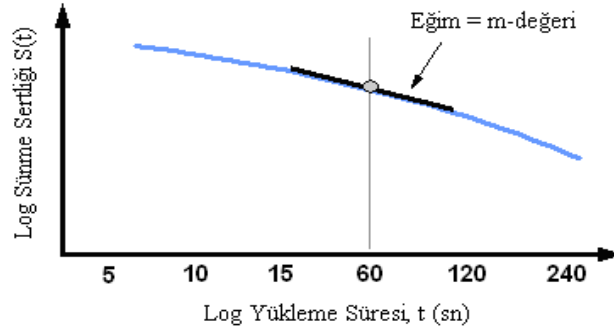
3.5.1. Kiriş Eğme Reometresi (BBR) Deneyi

Bitümlü bağlayıcılar, düşük sıcaklıklarda rijit (katı) özellik göstermektedir. Kiriş eğme reometresi (BBR) deneyinin amacı, düşük sıcaklıklarda bitümlü bağlayıcıların rijitlik ve mukavemet özellikleri arasındaki ilişkinin tam olarak belirlenememesinden dolayı belirli bir sıcaklıkta sabit yük altında bağlayıcının ne kadar defleksiyon yapacağını tespit etmektir [1]. Bu deney için PAV deneyinden elde edilen yaşlandırılmış bağlayıcılar kullanılmaktadır. Deney boyunca asfalt kiriş bağlayıcı sınıfına göre sabit düşük sıcaklık değerinde tutulmaktadır. Deney için 6,35x127x12,7 mm. boyutlarındaki numuneler kullanılmaktadır. AASHTO TP1 standardına uygun olarak yapılan kiriş eğme reometresi deneyinde asfalt kirişin orta noktasından 240 saniye boyunca 980 mN'luk yük etki ettirilmektedir (Şekil 8) [11,12].



Şekil 8 Kiriş Eğme Reometresi deney aleti

Deney sonunda yük ve defleksiyon değerleri, bağlayıcının sünme sertliğini $S_{(t)}$ ve sünme oranını (m-değeri) tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Sünme sertliği, numunelerin sabit sünme yüklerine karşı dayanımın bir göstergesiyken sünme oranı (m-değeri) ise sünme sertliğindeki değişiklikler ile yükleme süresi arasındaki oranı ifade etmektedir. Yüke ve defleksiyona bağlı olarak sünme sertliği değeri belirlendikten sonra sünme sertlik değerlerinin zamanla değişimini gösteren bir grafik çizilir (Şekil 9). Bu grafikte eğriye teğet olan doğrunun eğimi sünme oranını (m-değeri) vermektedir. AASHTO TP1 standardına göre sünme sertlik değerinin maksimum 300 Mpa ve sünme oranı değerinin ise minimum 0,300 olması gerekmektedir [11,12].

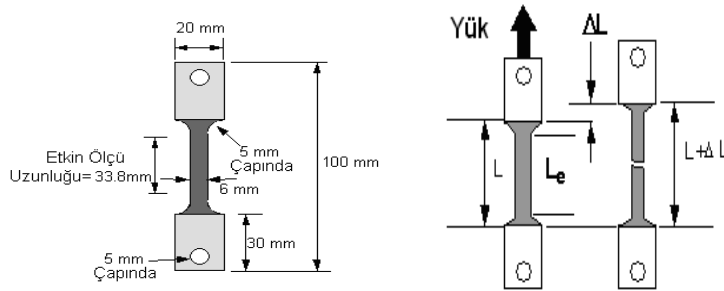


Şekil 9 Sünme oranının belirlenmesi [12]

3.5.2. Direkt Çekme Deneyi (DTT)

Bitümlü bağlayıcıların düşük sıcaklıklarda sahip oldukları rijitlik ile kopma anındaki sünme miktarları arasında çok kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Bitümlü bağlayıcı çekme gerilmesine tabi tutulduğunda yeterince sünme gösterirse duktıl (sünek), sünme göstermeden koparsa gevrek (kırılgan) olarak adlandırılmaktadır. Yani bitümlü bağlayıcı ne kadar rijit (sert) ise o kadar gevrek ne kadar yumuşak ise de o kadar duktıl davranış gösterir. İdeal bir bağlayıcı düşük sıcaklıklarda da bir miktar sünek davranış sergilemelidir. Aksi takdirde trafik yüklerinin etkisiyle kaplamada düşük ısı çatlakları meydana gelmektedir [1].

Bu deney ile belirlenen sünme rijitliği, bağlayıcının kopmadan önceki sünme kapasitesini tam olarak karakterize etmemektedir. Bu nedenle rijit ama duktıl özellik gösteren bağlayıcıların giriş eğilme reometresi deney sonuçları 300 ile 600 MPa. arasında ise bu deneye ihtiyaç duyulmaktadır. Bağlayıcı BBR sonuçları, 300 MPa.'dan daha az ise bu deneye ihtiyaç duyulmamaktadır. Deney; orijinal, PAV'da yaşlandırılmış ve RTFOT aletinde yaşlandırılmış bağlayıcılar üzerinde uygulanabilmektedir. Direkt çekme deneyinde numune 1,0 mm/dak. hızla çekilmektedir (Şekil 10).



Şekil 10 DDT deneyinin uygulaması [12]

Deney kriteri olan ϵ_t , kopuncaya kadar bağlayıcıdaki boy uzamasının ilk bağlayıcı boyuna oranından elde edilmektedir (Formül 4). TP3 standardına uygun olarak yapılan deneyde ϵ_t oranının %1,0'dan fazla olması istenmektedir [12].

$$\epsilon_t = \epsilon_t \frac{\text{BoyDeğişimMiktarı}}{\text{İlkBoy}} \times 100 \quad (4)$$

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde kaplama yapılarında kullanılacak bitümler, TS 1081 EN 12591 standardına göre sınıflandırılmakta ve uygunlukları tespit edilmektedir. Bu standartta bağlayıcıların sınıflandırılmasında kıvam farklılıklarından faydalanılmaktadır. Bağlayıcıların kıvamlarının tespitinde ise penetrasyon ve viskozite deneyleri kullanılmaktadır. Standart penetrasyon deneyi 25°C sıcaklıkta, viskozite deneyi ise 60 veya 135°C'de uygulanmaktadır. Bitümün yapısı nedeniyle sıcaklığın etkisiyle özellikleri büyük oranda değişmektedir. Bu nedenle sabit sıcaklıkta uygulanan penetrasyon veya viskozite deneyleri, bağlayıcıların tek bir sıcaklıktaki kıvamlarını yansıtabilmesine rağmen bitümlü bağlayıcıların geniş bir sıcaklık aralığında veya uygulama bölgesi sıcaklığındaki davranışlarını ifade etmekte yetersiz kalmaktadır. TS 1081 EN 12591 standardında bağlayıcıların yüksek sıcaklık dayanımlarını belirlemek amacıyla yumuşama noktası, düşük sıcaklık dayanımını belirlemek amacıyla da Fraas kırılma noktası deneyleri kullanılmaktadır. Her iki deneyde gerek sıcaklık gerekse uygulanan yük bakımından arazi şartlarını laboratuvar ortamına yansıtamamaktadır. Şartnamede, bağlayıcıların kısa süreli yaşlanmasını karakterize etmek için RTFOT yönteminin kullanılması istenmiş fakat uzun süreli yaşlanma dikkate alınmamıştır.

Superpave olarak isimlendirilen sistemde bağlayıcıların yüksek ve düşük sıcaklıklardaki performansları dikkate alınarak sınıflandırma yapılmaktadır. Sistemde uygulama bölgesinin coğrafi konumu ve iklim şartları dikkate alınarak bölgeye uygun olan bağlayıcı performans seviyesi (PG) belirlenmektedir. Bağlayıcılar performans seviyelerine uygun sıcaklıklarda deneylere tabi tutularak elde edilen sonuçlar şartname limitleriyle karşılaştırılmakta, böylece kullanılabilirlikleri tespit edilmektedir.

Superpave sistemi bağlayıcı deneylerinde kaplamada bitümlü bağlayıcıdan kaynaklanan bozulmalar ve uygulamadaki zorluklar dikkate alınmıştır. Bitümlü bağlayıcıların kısa süreli yaşlanma özelliklerini karakterize etmek için RTFOT, uzun süreli yaşlanma özelliklerini tespit etmek amacıyla da PAV yöntemleri kullanılmıştır. Bitümlü bağlayıcıların yüksek sıcaklıklardaki performanslarını ve yorulma dayanımını belirlemek amacıyla Dinamik Kesme Reometresi Deneyi, düşük sıcaklık dayanımlarını belirlemek amacıyla Kiriş Eğme Reometresi ve Direkt Çekme Deneyi, işlenebilirliğini belirlemek amacıyla Dönel Viskozimetre deneyleri kullanılmıştır.

Belirli sıcaklıklarda yapılan deneylerle bağlayıcıları sınıflandırmak, arazi ve bölge şartlarını yansıtmayan deneylerle kullanılabilirliğini belirlemek yerine bitümlü bağlayıcıları performanslarına göre sınıflandırmak ve uygulama bölgesi şartlarındaki performanslarını dikkate alarak kullanılabilirliğini tespit etmek daha mantıklı ve daha uygundur. Bağlayıcıların performanslarına göre değerlendirilmesiyle bitümlü bağlayıcılardan kaynaklanan bozulmaların asgariye indirilmesi ve daha uzun ömürlü kaplama yapılarının yapımı sağlanabilmektedir. Bu nedenle performans esaslı sistemin ülkemizde uygulanması büyük önem arz etmektedir.

Superpave sisteminin temelini bölge iklim şartlarının dikkate alınması oluşturmaktadır. Bu sistemin ülkemize uygulanması için meteoroloji istasyonlarıyla irtibata geçilerek bölgelerin uzun süreli hava sıcaklık verilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Böylece iller veya bölgeler için gerekli olan bağlayıcı performans seviyelerinin tespit edilmesi sağlanabilir. Bu yönde Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından yoğun ve ayrıntılı çalışmalar yapıldığı ve bölgelere veya illere uygun performans seviyelerinin belirlendiği bilinmektedir. Bu noktada TÜPRAŞ kurumunun KGM tarafından belirlenen gerekli performans seviyelerinde bağlayıcı üretmek için çalışmalara başlayarak KGM'ne destek olması gerekmektedir.

Superpave sisteminde, bölge hava sıcaklıklarından yararlanarak kaplama sıcaklığının tespit edilmesinde ayrıca güneş ışını absorpsiyonu (0,90), hava yoluyla yayılan radyasyon (0,81), atmosferik radyasyon (0,70) ve rüzgâr hızı (4,5 m/sn) gibi tahmin edilen belirli katsayılar da kullanılmaktadır. Bu katsayıların ülkemiz şartlarına uygunluğunun ayrıntılı olarak araştırılmasında fayda olduğu düşünülmektedir. Ayrıca günümüz teknolojisinde yol kaplaması içerisine yerleştirilen sensörler yardımıyla kaplama sıcaklığı tespit edilerek elde edilen veriler doğrudan bir bilgi merkezine iletilebilmektedir. Sistemde çok uzun süreli sıcaklık verileri dikkate alındığından bu yöndeki çalışmaların bir an önce başlatılması büyük önem arz etmektedir.

Performans esaslı sistemde bulunan bağlayıcı deneyleri için gerekli olan cihazların her ile temin edilmesi yüksek maliyetleri sebebiyle ilk etapta zor görünse de her bölgede tespit edilecek belirli merkezler oluşturulması sağlanabilir. Üniversiteler, karayolları bölge müdürlükleri ve belediyeler tarafından ortak merkezlerin oluşturulması veya projeler hazırlanarak TÜBİTAK veya DPT desteğiyle bu makinelerin temin edilmesi ve müteahhitlere hizmet verilmesi, sistemin oluşturulması, uygulanması ve eksiklerin tamamlanması amacıyla atılabilecek ilk adımlar arasında yer alabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Tunç, A. (2004), Esnek kaplama malzemeleri el kitabı, Asil Yayın Dağıtım, 352 s.
- [2] Kaşak, Serdar, ve diğ. (2004), Yeni Bitüm Standardı, Dördüncü Ulusal Asfalt Sempozyumu, K.G.M., Ankara, s. 405-413.
- [3] Superpave mix design, (1996), Superpave Series, SP – 2.
- [4] TS 1081 EN 12591 (2003), Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar – Kaplama sınıfı bitümler – Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 17 s.
- [5] Orhan, F., Superpave, KGM üstyapı şubesi.
- [6] <http://www.state.nj.us/transportation/eng/technology/pavement/pdf/SP%20intro%20for%20designers%20bi%20nder%2002-03.pdf> (Superpave ana kaynak)
- [7] TS EN 12593 (2003), Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar – Fraas kırılma noktasının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 15 s.
- [8] Whiteoak, D., Read, J. (2003), The shell bitumen handbook, Thomas Telford Ltd., 464 p.
- [9] Huang, Yang H., 2004. Pavement Analysis And Design, 1. title, Pearson Education, New Jersey, U.S.A.
- [10] 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.
- [11] Zaniwski, J. P., Pumphrey, M. E., (2004). Evaluation of performance graded asphalt binder equipment and testing protocol, Asphalt Technology Program, p. 107.
- [12] McGennis, R.B., Shuler, S., Bahia, H.U., (1994), Background of Superpave Asphalt Binder Test Methods, No. FHWA-SA-94-069, p. 104.
- [13] <http://www.nhi.fhwa.dot.gov/download/material/131053/RM/RML03.pdf>