

ASFALT BETONUNDA BİTÜM YÜZDESİNİN STABİLİTEYE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

E.ÖZGAN* & K.YILDIZ**

ÖZET

Ülkemizde asfalt yollar oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak zaman zaman yetersiz sıcak karışım ve yanlış uygulamalar dolayısıyla asfalt stabilitesinde problemler yaşanabilmektedir. Trafik yükleri altında minimum deformasyon yapacak, içerisinde rutubet ve fazla hava boşluğu bulundurmeyecek, rahatça işlenebilir ve ekonomik bir sıcak karışım oluşturmak optimum bitümün belirlenmesinde ilk amaçtır.

Bu çalışmada Marshall test cihazı kullanılarak bitüm yüzdesinin bitümlü sıcak karışımın stabilitesi üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada ASTM D1559'a uygun olarak toplam 30 adet asfalt numunesi hazırlanmıştır. Numuneler hazırlanırken 6 farklı bitüm yüzdesi esas alınmış ve her bir bitüm yüzdesi için 5 adet asfalt betonu numunesi hazırlanmıştır.

Sonuç olarak, asfalt betonunda bitüm yüzdesi arttıkça stabilitenin optimum bitüm yüzdesi seviyesine kadar arttığı ancak bu değerden sonra stabilitenin azaldığı gözlemlenmiştir.

1.Giriş

Karayollarımızda bundan 20 yıl önceki trafik kapasitesi, günümüzde en az beş kat artmış ve ayrıca üst yapının projelendirilmesinde esas alınan 8 tonluk dingil ağırlığı bütün dünyadaki genel eğilim istikametinde artarak 13 tona yükseltilmiştir [1].

Asfalt betonunda bozulma kavramı, bir üst yapının tasarım süresi sonunda, trafik yüklemeleri ve çevresel etkileşim sonucunda düşmesi beklenen hizmet yeteneğinin derecesi olarak ifade edilmiş ve hizmet yeteneği kavramının izah edilmesi ve konunun daha detaylı incelenmesinin bir zorunluluk olduğunu belirtilmiştir (19).

Üst yapı kalınlığının tayininde dingil tekerrürü önemli bir faktör olup ağır dingil yükü tekrarının artması yolun hizmet ömrünü azaltmaktadır. Bu şartlarda aynı hizmet ömrünü sağlayabilmek için kalın üst yapı ve dolayısıyla fazla maddi kaynağa ihtiyaç duyulmuştur [1]. Bu sebepten en iyi stabiliteyi veren üst yapı, trafik yüklerine karşı ötelenme ve tekerlek izleri oluşmayacak şekilde direnç göstermelidir. Stabilitenin çok yüksek ya da çok düşük olması da arzu edilmez. Yüksek olması asfaltın çatlamasına, düşük olması ise asfaltta tekerlek izi oturmalarına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle, amaç optimum bitüm yüzdesinde maksimum stabiliteyi sağlamaktır [2].

Anahtar Kelimeler: Asfalt, Asfalt Betonu, Bitüm, Stabilitate, Üst yapı

Kaplama karışımlarının dizaynında Marshall metodu kavramı «Mississippi State Highway Department» in eski Bitüm Mühendisi Bruce Marshall tarafından formüle edilmiştir. “U.S. Corps of Engineers” A.B.D istihkam sınıfı kuruluşu geniş araştırma ve korelasyon çalışmalarıyla test yöntemine belirli biçimler ekleyip karışım dizayn kriterlerini geliştirmiştir. Marshall Test Metodu “American Society for Testing and Materials” Amerikan deney ve materyal topluluğu tarafından standartlaştırılmıştır. Marshall test metodu ASTM D1559’da Marshall aleti kullanılarak bitümlü karışımın plastik akmaya karşı direnci olarak tarif edilmiştir. Marshall test metodu TS 3720’de de mevcut olup, ASTM de belirtilen test metoduyla esas olarak aynıdır. Marshall yöntemi, yalnızca maksimum boyu 25 mm (1 inç) veya daha küçük agrega ihtiva eden, penetrasyon veya viskozite ile sınıflandırılmış asfalt çimentosu kullanılan sıcak karışım, asfalt kaplama karışımlarına uygulanır. Metot, sıcak karışım asfalt kaplamaların laboratuvar şartlarında dizaynı için tasarlanmıştır [3,23].

Bu çalışmada, ihtiyaca cevap verebilecek istenilen özelliklere sahip bir yol üst yapısı elde edebilmek için, sıcak karışımında bitüm yüzdesinin artışına bağlı olarak karışımında meydana gelen stabilite değerlerinin gözlemlenmesi ve maksimum stabiliteyi veren optimum bitüm yüzdesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte elde edilen verilerle bitüm yüzdesine bağlı olarak stabilite değerlerinin serpmme grafiği çizilmiş ve regresyon analizi yapılarak matematiksel model denklemi oluşturulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Stabilite kavramı mukavemet ile yakından ilgili olup bitümlü sıcak karışımlar kullanılarak imal edilen yol kaplamalarının, trafik yükü altında oluşacak deformasyonlara karşı gösterdiği dirençtir. Bitümlü sıcak karışımın stabilitesi ne kadar düşük olursa trafik yükleri altında oluşabilecek deformasyonda o kadar fazla olacaktır. Ancak, karayollarında ne çok düşük stabilite ne de çok yüksek stabilite durumları arzu edilmemektedir. Çünkü çok yüksek stabiliteye sahip bitümlü karışımlar gerilmelere maruz kaldığında esnek davranış gösteremeyip kaplamada çatlaklara, çok düşük stabilite de karayolunda deformasyonlara neden olmaktadır. Bitümlü sıcak karışımların stabilitesine etki eden hususlar kayma mukavemeti, ısı ve eylemsizlik direnci olarak göz önüne alınmaktadır [20,21,22].

KGM Yollar Fenni Şartnamesinde belirtilen fiziksel özelliklere sahip agreganın yine şartnamede belirtilen gradasyon limitleri dahilinde, agrega gruplarının hangi oranlarda karıştırılacağı belirlendikten sonra karışımın asfalt miktarının tayin edilmesi gerekir. Bu amaçla gerek ülkemizde gerekse dünyada en yaygın olarak kullanılan “Marshall Metodu” ele alınacaktır. Diğer mühendislik malzemelerinin tasarımında olduğu gibi, asfalt kaplama karışım tasarımında amaç, yapılan imalatın servis ömrü süresince istenilen özellikleri sağlayabilecek malzemelerin seçilmesi ve karışım oranlarının belirlenmesidir [7].

Marshall metoduyla agrega karışımı için optimum bitüm miktarı tayininde, deney sonuç eğrilerinin optimum değeri gösterebileceği değişik asfalt yüzdesinde bir seri deney numunesi hazırlanır. Deney numuneleri, optimum değerinin altında ve üstünde en az ikişer bitüm yüzdesinde olmak üzere asfalt miktarının % 0.5’lik artışlarıyla hazırlanmalıdır. Deney sonuçlarının sağlıklı olmasını sağlamak amacı ile kullanılan her bitüm yüzdesinde en az üç deney numunesi hazırlanır. Böylece altı farklı bitüm

yüzdesi kullanılarak hazırlanan bir sıcak karışım dizayn çalışması normal olarak en az on sekiz deney numunesi gerektirir. Her deney numunesine yaklaşık olarak 1,2 kg agrega gerektiği düşünülürse bir seri deney numunesi için gereken minimum agrega miktarı yaklaşık olarak 23 kg olur. Bu miktarda agrega karışımı için yaklaşık olarak dört litre (1 galon) asfalt çimentosu kullanılır. Her asfalt yüzdesi için en az 3, tercihen 5 numune hazırlanmalıdır [3].

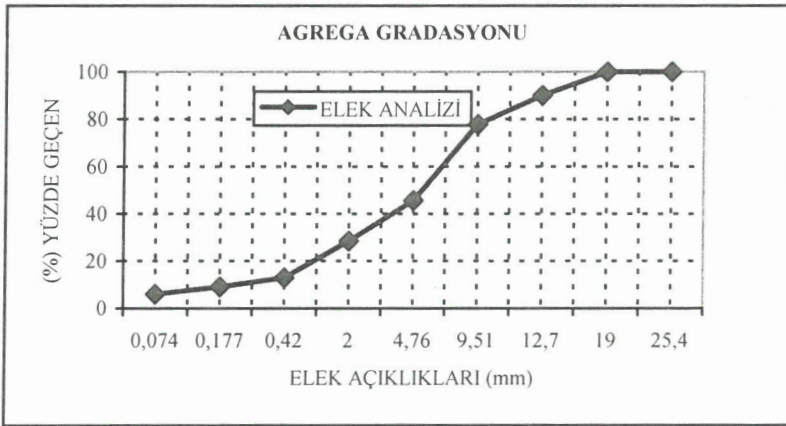
Aynı bitüm yüzdesindeki 5 numunenin kırılma yüklerinin en büyük ve en küçük değerleri arasındaki fark 120 kgf. geçmez ise beşinin ortalamasının Marshall Stabilitesi olarak alınabileceği belirtilmiştir [8].

Yollar Fenni Şartnamesine göre aşınma tabakasında dizayn kriteri olarak darbe sayısı 75, boşluk yüzdesi %3 ile %5 arası, asfalt dolu boşluk yüzdesi %65 ile %75 arası, filler/bitüm oranı maksimum %1,5 ve bitüm yüzdesi "asfalt çimentosu" %4 ile %7 arasında olması ve stabilitenin de minimum 900 kg olması gerektiği belirtilmiştir [8].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Asfalt betonu yapımında, bitüm penetrasyon değeri 65 olan asfalt çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin maksimum tane çapı 25mm (1 inç) olup malzeme Ankara ili Çankaya ilçesi Alacaatlı Köyü mevkiinden elde edilen sert kalker agregadır. Deneylerde kullanılan agreganın gradasyonu aşağıda verilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Deneylerde kullanılan agreganın elek analizi grafiği.

3.1.2. Deneylerde Kullanılan Cihazlar

Deneylerde kullanılan Marshall Briketlerin hazırlanması için 4536 gr. ağırlığında 18 inç yükseklikten düşüş yapabilen daire kesitli Marshall çekici kullanılmıştır.

Marshall Briketlerine üzerinde yapılan deneylerde dakikada 2 inç yüklemeye yapabilen Marshall Cihazı kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Asfalt Betonu Sıcak Karışımın Hazırlanması

Farklı bitüm yüzdeleri ihtiva eden Marshall briketlerinde en az üç adet numune hazırlanmalıdır. Maksimum tane çapı 1inç olan agregaya, etüvde 105-110 C°'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, ve elenerek istenilen boyutlara ayrılmıştır.

Bitüm, 60 cm³ sıvı asfaltın belirli çaptaki bir delikten akma süresinin saniye cinsinden ifade edebilecek derecede, viskoziteye ulaşmaya kadar ısıtılır. Eğer viskozite ölçülemiyorsa 145 C° -160 C° ye kadar ısıtılmış agregaya üzerine dökülmelidir [5].

Elenen agregadan yaklaşık 1200 gr tartılarak 28C° üzerine kadar ısıtılmış ve tespit edilen %'lerde bitüm ilavesi yapılarak karıştırıcıyla üniform hale gelene kadar karıştırılmıştır.

3.2.2. Asfalt Betonu Numunelerinin Hazırlanması

Hazırlanan sıcak karışım, dibine filtre kağıdı konulmuş Marshall Çekici kalıbına boşaltılmış, ve ısıtılmış spatula ile 25 defa darbelenerek sıkıca yerleştirilmiştir. 18 inç yükseklikten düşen sıkıştırma tokmağı ile briketlerin her iki yüzüne ağır trafik şartlarını temsil etmesi açısından 75 darbe vurulmuştur. Daha sonra briketler kalıplarıyla birlikte temiz ve düzgün bir yüzeye konularak bir gece dinlenmeye bırakılmıştır.

3.2.3. Marshall Cihazı İle Numunelerin Stabilité Değerlerinin Okunması

Briketler cihaza yerleştirilmeden önce istenilen sıcaklığa getirilmiştir. Bu nedenle briketler 30-40 dakika boyunca 60 C°'deki sabit su banyosundan bekletilmiştir. Banyodan çıkartılan briketler kurulanmış ve cihazın kırma kafasına yerleştirilmiştir. Dakikada 50.8 mm (2 inç) hızla yüklemeye yaparak flow metreden maksimum yükün azalmaya başlayacağı andaki okumalar kaydedilmiştir. Yapılan okumalardaki maksimum yük değeri stabilite değeri olarak kaydedilmiştir [8].

4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Farklı bitüm yüzdelilerindeki deney numunelerinin stabilite değerlerine ilişkin veriler aşağıda verilmiştir (Çizelge 1). Asfalt betonunda, bitüm yüzdesinin stabiliteye etkisini görebilmek için varyans analizi yapılmıştır. Deney altı özel düzeyli, tek etkenli, her bir bitüm yüzdesi için beş tekrarlı tam rasgele düzenindedir.

Çizelge 1. Farklı Bitüm Yüzdelerine Sahip Asfalt Betonu Numunelerinin Stabilité Değerleri.

Denemeler	I	II	III	IV	V	VI
Bitüm (%)	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
Marshall Düzeltilmiş Stabilité Değerleri (Kg)	819	896	948	984	911	953
	868	867	890	926	976	950
	828	980	974	1009	976	908
	852	930	953	992	942	945
	826	895	924	964	985	929

4.1. Tek Yönlü Varyans Analizi

Elde edilen bu verileri anlamlı hale getirmek ve karşılaştırabilmek için tek yönlü varyans analizi yapılmış ve bitüm yüzdesinin, asfalt stabilitesine etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

Bunun için tek etkenli deney model denklemi aşağıda olduğu gibi ifade edilmiş olup,

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1,2,\dots,5, \quad j = 1,2,\dots,6 \text{ olarak düzenlenmiştir.} \quad (1).$$

Tek yönlü varyans analizi için gerekli veriler aşağıda verilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tek Yönlü Varyans Çözümü İçin Veri Düzeni

Düzyey	I	II	III	IV	V	VI	
Tekrarlı Ölçümler	819	896	948	984	911	953	
	868	867	890	926	976	950	
	828	980	974	1009	976	908	
	852	930	953	992	942	945	
	826	895	924	964	985	929	
T _j	4193	4568	4689	4875	4790	4685	T.. = 27800
N _j	5	5	5	5	5	5	N = 30
n _j ΣY ² _{ij} j=1	838,6	913,6	937,8	975,0	958,0	937,0	Y = 926,66

Burada;

- T_j; j denemedeki gözlemlerin toplamı,
- N_j; j denemedeki gözlem sayısı,
- Y²_{ij}; denemedeki gözlemlerin ortalamasıdır.
- T; denemedeki tüm gözlemlerin genel toplamı
- Y; tüm gözlemlerin ortalamasıdır [9]

Çizelge 2' de ki verilerden faydalanarak, genel kareler toplamı,

$$KT_{genel} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 - T^2 / N = 79984,67 \quad \text{olarak hesaplanmıştır.} \quad (2).$$

Denemeler arası kareler toplamı:

$$KT_{deneme} = \sum_{j=1}^k T_j^2 / n_j - T^2 / N = 57375,47 \quad \text{olarak hesaplanmış ve buradan} \quad (3).$$

Hata kareler toplamı,

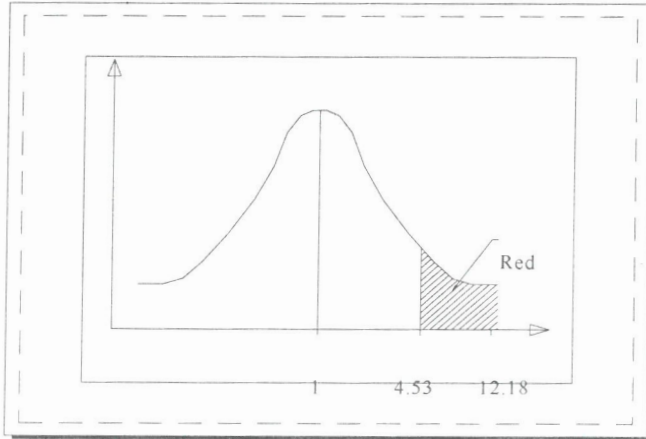
$$KT_{\text{hata}} = KT_{\text{genel}} - KT_{\text{deneme}} = 22609,20 \quad \text{olarak bulunmuştur} \quad (4)$$

Bulunan bu değerlerle varyans çözüm tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Varyans Çözüm Tablosu

Kaynak	S d	KT	KO
Denemeler Arası(τ_j)	5	57375,47	11475,09
Denemeler İçi yada Hata (ϵ_{ij})	24	22609,20	942,050
Genel	29	79984,67	F =12.18

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerin analiz sonuçlarının doğruluğunu test etmek için "F testi" yapılmıştır. Buna göre hesaplama yöntemiyle "F" değeri, $F_{5,24} = 12,181$ olarak bulunmuştur. $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyi dikkate alınırsa "F" dağılım tablosundan $F_{5,24} = 4,53$ olarak bulunur. Bu sonuçlara göre $F(\text{hesap}) > F$ (Tablo) olduğu için ($12,181 > 4,53$) bitüm yüzdesinin asfalt betonunun stabilitesine etkisinin olmadığı söylenemez. Bununla ilgili anlamlılık grafiği aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde "F" testi grafiği.

5.2. Dik Doğrusal Bağlıntılar

Dik doğrusal bağlıntılar, varyans analizinin kontrolü için bitüm yüzdeleri arasında kurulmuştur. Bitüm yüzdeleri arası serbestlik derecesi 5 olduğundan, briketler için beş adet dik doğrusal bağlıntı kurulabilir. Buna göre;

$$C_m = \sum_{j=1}^5 C_{jm} \cdot T_j \quad \text{ve} \quad C_m = \sum_{j=1}^5 C_{jm} = 0 \quad (5)$$

$$C_m = C_{1m} \cdot T_1 + C_{2m} \cdot T_2 + C_{3m} \cdot T_3 + \dots + C_{6m} \cdot T_6 \quad (6)$$

$$C_{1m} \cdot T_1 + C_{2m} \cdot T_2 + C_{3m} \cdot T_3 + \dots + C_{6m} \cdot T_6 \quad (7)$$

şartını sağlayan;

$$C_1 = T_1 - T_2$$

$$C_2 = T_1 + T_2 - 2 T_3$$

$$C_3 = T_1 + T_2 + T_3 - 3T_4$$

$$C_4 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - 4T_5$$

$$C_5 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - 5T_5$$

dik doğrusal bağlıntılar olarak kurulmuş ve bu bağlıntıların katsayıları aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Dik Katsayılar Çizelgesi.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
C ₁	+1	-1	0	0	0	0
C ₂	+1	+1	-2	0	0	0
C ₃	+1	+1	+1	-3	0	0
C ₄	+1	+1	+1	+1	-4	0
C ₅	+1	+1	+1	+1	+1	-5

Bu katsayılardan her biri tek tek T_j kodlanmış verileri ile çarpılıp C değerleri çözümlerse,

C₁ = -375 , C₂ = -617 , C₃ = -1175 , C₄ = -835 , C₅ = -310 olarak bulunur.

$$KT_{c1} = c_1^2 / n_j \times sd \quad \text{formülüyle} \quad (8)$$

$KT_{c1} = 5625$, $KT_{c2} = 15227.5$, $KT_{c3} = 55225$, $KT_{c4} = 27889$ ve $KT_{c5} = 4844$ olarak bulunmuştur.

Her bir dik doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda gösterildiği gibi düzenlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Hipotez Testi Sonuçları

Hipotez	K.O.	K.T.	$F_{5,24}$ (Hesap)	$F_{5,24}$ (Tablo)	Hipotez Sonucu
$H_1: T_1 = T_2$	942,050	5625	5,97	4,53	Red
$H_2: T_1 + T_2 = 2T_3$	942,050	15227,5	16,16	4,53	Red
$H_3: T_1 + T_2 + T_3 = 3T_4$	942,050	55225	58,622	4,53	Red
$H_4: T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 4T_5$	942,050	27889	29,60	4,53	Red
$H_5: T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 = 5T_6$	942,050	4844	5,14	4,53	Red

Yapılan F testi neticesinde $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde $F_{5,24}(\text{Hesap}) > F_{5,24}(\text{Tablo})$ olduğundan dolayı bitüm yüzdesinin asfalt stabilitesine etkisi yoktur, hipotezi reddedilmiştir. Farklı bitüm yüzdesinde hazırlanan asfalt numunesi briketlerinin stabilite değerlerinin ortalamaları $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde birbirinden farklıdır.

5.3. Genişlik Testi

Deney ortalamalarının genişlik testi için "Student-Newman-Keuls" genişlik testi seçilmiştir. Altı farklı bitüm yüzdesinde elde edilen asfalt betonu numunelerinin verilerinin ortalamaları küçükten büyüğe doğru sıralanmış ve aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Verilerin Ortalamalarının Sıralanışı.

Deney No	1	2	3	4	5	6
$Y_{i(\text{Ort})}$	838,6	913,6	937,0	937,8	958,0	975

Çizelge 3'te 24 serbestlik derecesiyle $K.O.(\text{Hata}) = 942,050$ olarak bulunmuştur.

Ortalamaların standart hatası,

$$S_{y_j} = \sqrt{K.O(\text{hata}) / Y_i} \quad (9)$$

Formülünden istifade edilerek $S_{y_j} = 13,72$ olarak bulunur.

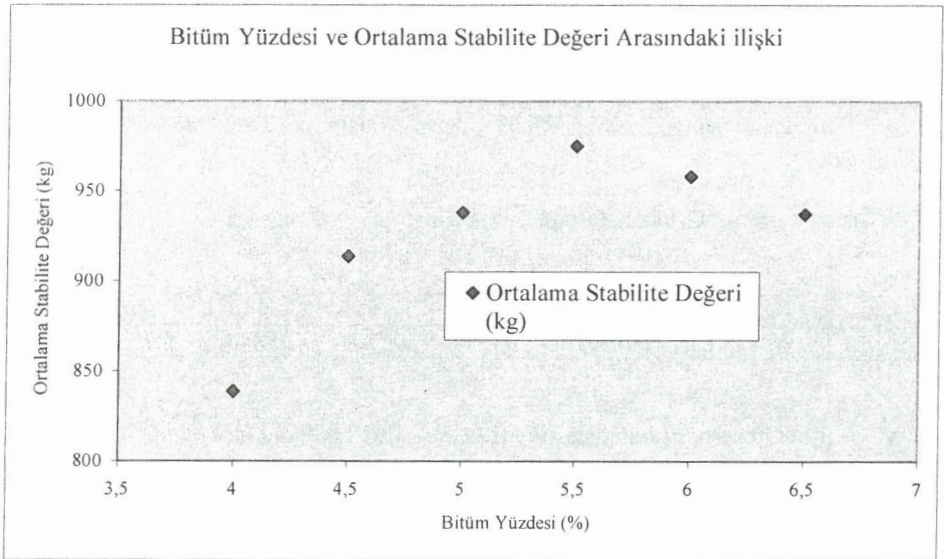
Student genişliği q için $\alpha = 0,05$ değerleri tablodan alınan en küçük önemli genişlik değerleri $S_{y_j} = 13,726$ ile çarpılmıştır. Daha sonra en küçük ortalamadan başlayarak

ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Student testi sonuçlarına göre ortalamaların farklılık düzeyleri dikkate alınarak gerçekleştirilen büyüklük sıralamaları aşağıda verilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Grup Ortalamalarının Homojen Dağılımlarının Gösterimi

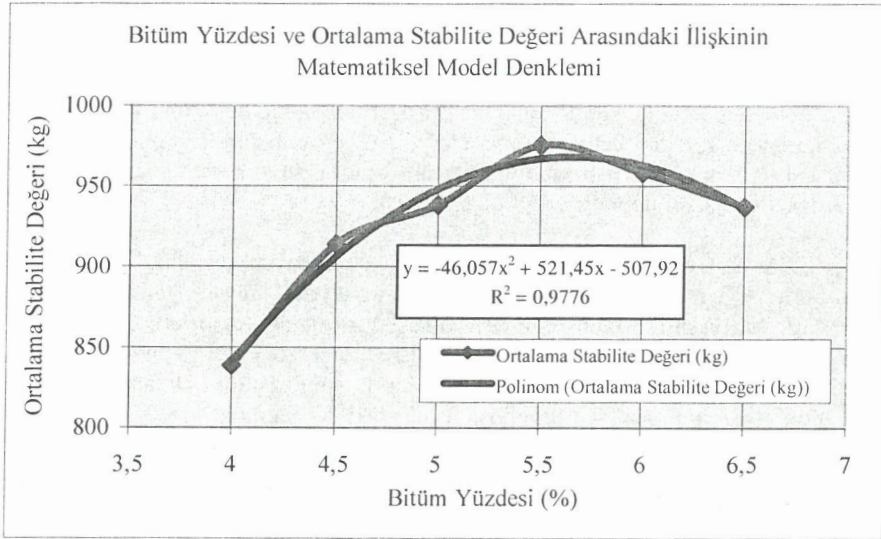
Bitüm Yüzdesi	N _(Deneme sayısı)	$\alpha = 0,05$ için		
		1	2	3
Student-newman-keul				
%4	5	838,60		
%4,5	5		913,6	
%6,5	5		937,0	937,0
%5	5		937,8	937,8
%6	5		958,0	958,0
%5,5	5			975,0

Bununla birlikte farklı bitüm yüzdesi uygulanmış olan asfalt betonu numunelerinin ortalama stabilite (kg) değerlerine ait serpm grafiği çizilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Bitüm yüzdesi ve ortalama stabilite değeri arasındaki ilişki.

Şekil 3'te çizilmiş olan serpmme grafiğine uygun olarak dağılım grafiği çizilmiş ve Regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analiziyle, bitüm yüzdesi ve ortalama stabilite değeri arasındaki ilişkinin matematiksel model denklemi oluşturulmuştur. Model denkleminde "x" bağımsız değişken olup bitüm yüzdesini ve "y" bağımlı değişken olup ortalama stabilite değerini göstermektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Bitüm yüzdesi ve ortalama stabilite değeri arasındaki ilişkinin matematiksel model denklemi.

Yukarda ki grafik incelendiğinde, bitüm yüzdesi ve ortalama stabilite değeri arasındaki ilişkinin 2. dereceden bir denklem olduğu görülmektedir. Maksimum stabilite değerinin 975 kg ve bu değere karşılık optimum bitüm oranının da %5,5 olduğu görülmektedir. Elde edilen model denklemiyle her hangi bir bitüm oranına karşılık elde edilebilecek stabilite değeri % 95 güven aralığında hesap edilebilmektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Asfalt betonunda optimum asfalt yüzdesi ve maksimum stabilite, Marshall dizayn metoduna göre %5,5 bitüm yüzdesinde 975kg stabilite değeri elde edilmiştir. Bu sonuca göre % 5,5 değeri, karayolları fenni şartnamesinde belirtilmiş sınır aralıkları olan %4-7 arasında kalmış, stabilite değeri ise 975 kg olup minimum değer olan 900 kg' dan çok daha fazladır.

Bitümlü sıcak karışımlarda içsel sürtünmeden dolayı meydana gelecek deformasyonlardan ve agrega ile asfalt arasında oluşması beklenen adezyon kuvvetinden bitüm sorumludur. Ayrıca bitüm yüzdesi optimum değerde ya da optimum değerinin biraz altında iken, karışımın yoğunluğuna bağlı olarak yer değiştirmeye karşı göstereceği direnç artmıştır.

Asfalt miktarının optimuma kadar artması ile karışım içerisindeki boşluklar azalarak, stabilite artarken su ve hava az gireceğinden asfaltın yaşlanması geciktirilerek durabilitesi artırılmış olacaktır.

Asfalt miktarı azaldıkça agregalar arasındaki bağ kuvveti azalmaktadır. Trafik yüklerinin etkisiyle agrega karışımdan koparak kaplama yüzeyinde bozulmalara neden olmaktadır. Asfalt miktarı fazla olursa sıcak karışımlarda kusma ve terleme ile kaplamanın kaymaya karşı direnci azalmaktadır.

Asfalt betonundan elde edilmiş olan veriler üzerinde gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre, asfalt betonu numunelerinde uygulanan farklı bitüm yüzdelerinin, asfalt betonunun stabilitesini optimum bitüm yüzdesi seviyesine kadar arttırdığı, bu değerden sonra stabiliteyi düşürdüğü görülmüştür.

Bu nedenle ağır taşıt trafiğinin yoğun olduğu yollarda yüksek durabiliteli bitümlü sıcak karışımların imal edilmesi gerekmektedir. Ayrıca yüksek standartlı yollarda, ağır taşıt trafiğinin yoğun olduğu yollarda, tırmanma şeritlerinde, durma ve kalkmanın yoğun olduğu kavşak, otobüs durağı gibi yerlerde stabilitesi ve durabilitesi yüksek bitümlü sıcak karışımlar kullanılmalıdır. Dolayısıyla karışım gronölometrisi üniform dağılım gösterecek şekilde seçilmeli ve bu karışım için uygun bitüm yüzdesi saptanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. H. POLAT, *Ankara Gerede, Ankara Çevre Yolu Bitümlü Karışım Üst Yapı Tabakalarının Fiziksel Özellikleri Ve Sıkışabilirliğinin Analizi*, Y. Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (1994).
2. TS 118., , *Petrol Ürünleri, Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcıların İğne Penetrasyonu Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1998).
3. *TS 3720 Bitümlü Kaplama Karışımlarının Hesap Esasları Marshall-Hubbard-Field Metotları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1983).
4. A. TUNÇ, *Yol Malzemeleri*, Nobel Yayınevi, Ankara, (2001).
5. A. ÖNAL, M. Kahramangil, *Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı*, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara (1993).
6. F. Keçeciler, A. Gümrükçüoğlu, A. Akyol, Günay., *Bitümlü Malzemeler Laboratuvar El Kitabı*, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara (1990).

7. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, *Yollar Fenni Şartnamesi*, Ankara (2000).
8. Açar, E., Öztaş, G., Sütaş, *Esnek Yol Yapıları İle Rijit Yol Üst Yapılarının Teknik Yönden Karşılaştırılması*, Teknik Rapor, İ.T.Ü. ., (1999).
9. *1. Ulusal Asfalt Sempozyumu*, Ankara
10. Varol, H, *Bitümlü Sıcak Kaplamalı Üst Yapıların Yapım Kriterlerinin Araştırılması*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2000).
11. Çetin, Altan., *Endüstriyel Atıkların Asfalt Beton Kaplama Karışımında Değerlendirilmesi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Eskişehir, (1997).
12. F. Yağız, C. Işıkaslan, F. Keçeciler, A., Akyol, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü,
13. S. Karaca, A. Önal, *Asfalt Betonlu Karışım Dizaynı Metotları*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, , Ankara, (1990).
14. "Asphalt Hot Mix Recycling" The Asphalt Institu MS, (1981).
15. Çelik, M. H, *Yapıda Deney Hazırlama Ve Çözüm Metotları Ders Notları* , Ankara, (2001).
16. Ö. Ünver, *Uygulamalı İstatistik*, Bilim Yayınları, Ankara, (1985).
17. O, Düzgüneş, *İstatistik*, Ankara, (1985).
18. M. Çakırpöglü, "Doğu Karadeniz Bölgesine Uygun Trafik Tahmin Modelinin Araştırılması", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, (1993).
19. E. Dağdelen, "Isının Asfalt Betonunun Fiziksel Özelliklerine Etkisinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, (1995).
20. A. Şiş, "Şartname Sınırlarındaki Agreganın Granülometrisinin Asfalt Betonunun Fiziksel Özelliklerine ve O, 'mum Bitüm Oranına Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, (2000).
21. A. Tunç, "Yol Malzemeleri ve Uygulamaları", Atlas Yayınevi, İstanbul, (2001).
22. S. Brown, S., "The Sheel Bitümen Handbook", University of Nottingham, July (1990).

AN INVESTIGATION OF THE BITUMEN PERCENTAGE TO THE STABILITY OF ASFALT CONCRETE

ABSTRACT

In our country, asphalt roads used commonly, however here could be asphalt stability problems due to inappropriate hot mix and wrong applications. First phase of the optimum bituminous design is the, production under traffic load, which will not contain moisture and voids, which has a high workability and which is economic. In this study aim is to determine the optimum bitumen around by marshall test. In the study 30 asphalt specimens were prepared according to ASTM D1559. During the preparation of specimens six different, bitumen percentages are used, and for each percentage, five specimens were prepared.

As a result, it was determined that if the bitumen percentage increased up to optimum amount, stability increases, after the optimum point, stability decreases.

Key Words: Asphalt, Asphalt Concrete, Bitumen Pavement, Stability.

* Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Sivas, Türkiye
ercozggan@ttnet.net.tr

** Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Ankara,
Türkiye
kursaty@gazi.edu.tr