

AGREGA GRADASYONUNUN ASFALT MUHTEVASINA ETKİSİ

Necati KULOĞLU *

SUMMARY

This paper deals with the determination of necessary asphalt contents for the aggregate gradation in asphalt mixtures. In this context first the experimental methods, Centrifugal Cerasen Equivalencies and Marshall Methods are discussed. Ampirical expression are investigated which are used in the determination of asphalt contents. The types of aggregates applicated in the binder course as well as wearing course with respect to the Highway Technical Regulations are determined using these ampirical expressions. It is concluded that economical solutions for the aggregate mixtures which are foreseen in the Technical Regulations can be attained in case of using under limits of Type 3 for binder course and Type 2 for wearing course.

ÖZET

Bu çalışmada, asfaltlı karışımlarda kullanılacak agregada gradasyonları için gerekli asfalt muhtevalarının tesbiti araştırılmıştır. Bunun için önce deneysel metotlardan, Santrifüj Kerosen Eşdeğeri (C.K.E.) ile Marshall metodları kısaca anlatılmıştır. Asfalt muhtevalarının tesbitinde kullanılan ampirik ifadeler incelenmiştir. Karayolları Teknik Şartnamesinde, binder ve aşınma tabakalarında kullanılan agregada tipleri için gerekli bağlayıcı muhtevaları ampirik bağıntılar kullanılarak bulunmuştur. Asfaltlı karışımlarda, şartnamede verilen agregada tiplerinden, binder tabakası için Tip 3'ün alt limitinin, Aşınma tabakası için Tip 2'nin alt limitinin kullanılması halinde karışımın daha ekonomik olacağı sonucuna varılmıştır.

1. GİRİŞ

Yol üstyapısı, kaplama, temel ve alttemel olmak üzere üç tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakalardan kaplama tabakasının ayrı bir yeri vardır. Esnek ve rijit üstyapı ayrımı bu tabakanın inşaa edildiği malzemenin cinsine göre yapılmaktadır. Kaplama tabakası ayrıca, dinamik ve statik yüklerin doğurduğu gerilmelerin büyük bir kısmını karşılamak durumundadır. Bu nedenle, kaplama tabakasında kullanılacak malzemelerin mekanik özelliklerinin iyi olması gerekir. Bunun sonucu olarak maliyeti de yüksektir.

Günümüzde, dünyada olduğu gibi ülkemizde sıcak karışım asfalt kaplamalar (HMA) yaygın olarak uygulanmaktadır. Bunların başında asfalt betonu kaplamalar gelmektedir. Bu tip kaplamalarda kaplama tabakası , aşınma ve binder olarak iki tabakadan oluşur. Bu tabakaların karışım özellikleri farklı olmakla birlikte, karışımda bağlayıcı ve agregada olmak üzere iki çeşit malzeme kullanılmaktadır.

*Doç. Dr. F.Ü. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ

Karışımlardaki bağlayıcı oranları agrega ağırlığının %3 ile %7'si arasında değişmektedir. Bağlayıcı oranının karışımın mekanik özellikleri üzerinde olan etkisi yanında, agrega gradasyonunda bağlayıcı oranı üzerinde etkisi vardır. Karışımındaki bağlayıcı oranının belirlenmesinde, Marshall, Santrifüj Kerosen Eşdeğeri (C.K.E.) gibi deneysel metodlar ile ampirik formüller kullanılmaktadır.

Bu çalışmadaki amaç, ampirik formüller kullanılarak, Yollar Fenni Şartnamesinde verilen aşınma ve binder tabakaları agrega gradasyonları için gerekli asfalt muhtevalarının bulunması ve hangi tip agrega gradasyonunun daha az bitüm'e ihtiyaç göstereceğini tesbit etmektir.

2.ASFALT MUHTEVASININ HESAPLANMASINDA KULLANILAN METODLAR

Asfalt muhtevasının hesaplanmasında çeşitli metodlar kullanılmaktadır. Bu metodların bir kısmı deneylere, bir kısmında ampirik ifadeler dayanmaktadır.

2.1. Deneysel Metodlar

2.1.1. Santrifüj Kerosen Eşdeğeri (C.K.E.) Metodu

Bu metod, karışımda kullanılan agrega gradasyonunun yüzey alanına bağlı olarak asfalt muhtevasını belirlemektedir. Bu metotta kısaca aşağıdaki yol izlenmektedir [1]:

1. Karışımda kullanılacak agrega gradasyonunun tesbiti
2. Kaba ve ince agrega özgül ağırlıklarının tesbiti
3. Agrega yüzey alanının bulunması
4. İnce agrega C.K.E değerinin bulunması (özgül ağırlık 2.65'den farklı ise düzeltme yapılır)
5. Kaba agrega absorbe yağ yüzdesi bulunur (özgül ağırlık 2.65'den farklı ise düzeltme yapılır)
6. Yukarıdaki işlemlerden sonra, C.K.E. değeri için düzenlenmiş abaktan ince malzeme yüzey sabiti (K_f), absorbe edilmiş yağ yüzdesi için düzenlenmiş abaktan kaba agrega yüzey sabiti (K_c), K_f ve K_c 'ye bağlı olarak düzenlenmiş abaktan, kaba ve ince agrega karışımının yüzey sabiti (K_m) bulunur.
7. Bulunan bu değerler yardımı ile ilgili abaktan, karışımda kullanılan agreganın ağırlığının yüzdesi olarak asfalt muhtevası bulunur.

2.1.2. Marshall Metodu

Bu metod HMA kaplamaların laboratuvar dizayn'ı için tasarlanmıştır. Marshall metodu, max. boyutu 25 mm veya daha küçük agrega ihtiva eden, penetrasyon veya viskosite ile sınıflandırılmış asfalt çimentosu (AC) kullanılan sıcak asfalt kaplama karışımlarına uygulanır. Bu metod ile karışımda kullanılacak optimum bağlayıcı muhtevası, kısaca aşağıdaki yol izlenerek bulunur [1,2,3]:

1. Şartnamelerde verilmiş uygun gradasyonlu agrega ve uygun penetrasyonlu AC seçilir.
2. Deney sonuç eğrilerinin optimum değeri gösterebileceği değişik bitüm yüzdeslerinde bir seri deney numunesi hazırlanır. Deney numuneleri, optimum değer in altında ve üstünde en az iki değişik bitüm yüzdesinde olmak üzere hazırlanır. Deney sonuçlarının sağlıklı olması için, kullanılan her bitüm yüzdesinde en az üç deney numunesi hazırlanır.
3. Hazırlanan numuneler, standarda uygun şartlar altında, Marshall Test cihazında

denenerek stabilite ve akma değerleri bulunur. Test cihazından akma değeri doğrudan alınırken, stabilite değeri düzeltme faktörüyle düzeltilerek alınır. Aynı zamanda marshall numuneleri üzerinde hacim özgül ağırlık, yoğunluk ve boşluk analizleride yapılır.

4. Analiz ve deney sonuçlarına dayalı olarak;

Bitüm %'si - Pratik özgül ağırlık

Bitüm %'si - Akma

Bitüm %'si - Stabilite

Bitüm %'si - Hava boşluğu

ilişkilerini veren grafikler çizilir. Bu grafiklerden, yoğunluk ve stabilite eğrilerinin max. değerine karşılık gelen bitüm yüzdesi, şartnamede belirtilen hava boşluğu yüzdesine ve bitümle dolu boşluk yüzdesine karşılık gelen bitüm yüzdesi toplanarak, bunların aritmetik ortalamaları optimum bitüm muhtevası (karışımındaki agrega ağırlığının yüzdesi) olarak bulunur. Bulunan bu değer akma eğrisi üzerinde kontrol edilerek, buna karşılık gelen akma değerinin şartnameye uygun olup olmadığı kontrol edilir.

2.2. Asfalt Muhtevasının Hesaplanmasında Kullanılan Ampirik Formüller

Asfalt muhtevasının hesaplanmasında kullanılan formüllerden en eski olanı McKessen - Fricstad formülüdür. Bu formül yavaş kuruyan bağlayıcılar için önerilmiştir ve aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir[3].

$$P=0.015a+0.03b+0.17c \quad (1)$$

burada,

P: Agreganın ağırlıkça %'si olarak bağlayıcı muhtevası

a: 10 nolu elek üzerinde kalan agrega %'si

b: 10 no ile 200 nolu elekler arasında kalan agreganın ağırlıkça %'si

c: 200 nolu elekten geçen agreganın ağırlıkça %'si

Asfaltlı karışımlar içerisindeki asfalt muhtevasının hesaplanmasında en çok kullanılan ampirik formül aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir[4,5].

$$P=k.\alpha.5\sqrt{\Sigma} \quad (2)$$

burada,

P: Agreganın ağırlıkça %'si olarak asfalt muhtevası

$$\alpha = \frac{2.65}{\gamma}$$

γ : Agreganın özgül ağırlığı

k: Agreganın zenginlik modülü (3 - 3.5 arasında bir katsayı)

Σ : Agreganın özgül yüzey alanı (m^2/kg)

$$\Sigma = 0.25G + 2.3S + 12s + 135f \quad (3)$$

G: 6.3 mm'den büyük agregaların ağırlıkça %'si

S: 6.3 mm - 0.315 mm (# 50) arasında kalan agregaların ağırlıkça %'si

s: #50 - #200 elekler arasında kalan agregaların ağırlıkça %'si
f: #200 'den geçen (filler) agregaların ağırlıkça %'si

Kandhal ve Croos yaptıkları bir çalışmada [6], binder tabakası için toplam 547adet, aşınma tabakası için toplam 147 adet numune deneyerek aşağıdaki bağıntıları elde etmişlerdir.

$$AC=0.186+0.060(P4) \quad (4)$$

$$AC= 2.025+0.084 (P8) \quad (5)$$

$$AC= 1.947+ 0.014 (P1/2) + 0.045 (P4) \quad (6)$$

$$AC= 1.747 + 0.016 (P1/2) + 0.061 (P8) \quad (7)$$

burada,

AC: Asfalt muhtevası

(P1/2): 12.5mm (1/2") elekten geçen agrega %'si

(P4): #4 elekten geçen agrega %'si

(P8): #8 elekten geçen agrega %'si

3. AGREGA GRADASYONUNUN ASFALT MUHTEVASINA ETKİSİ

Asfaltlı karışımlar içerisindeki asfalt muhtevasının belirlenmesinde kullanılan, gerek deneysel metodlar ve gerekse ampirik bağıntılarda görüldüğü gibi, asfalt muhtevasını etkileyen önemli bir faktör agrega gradasyonudur. Agrega gradasyonunu asfalt muhtevasına etkisi üç kısımda incelenmiştir. Birinci kısımda, binder ve aşınma tabakaları agrega gradasyonlarının bağlayıcı muhtevaları bulunmuş, ikinci kısımda 1/2", 4 ve 8 nolu eleklerden geçen agregaların bağlayıcı muhtevalarını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Üçüncü kısımda, üç değişik agrega gradasyonu için Marshall metodu ve ampirik bağıntılarla bulunan asfalt muhtevaları karşılaştırılmıştır.

3.1. Binder ve Aşınma Tabakalarında Kullanılan Agreg Gradasyonlarının Asfalt Muhtevaları

Ülkemizde asfaltlı karışımlarda kullanılacak agreg gradasyonları Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Teknik Şartname de Tablo 1 ve Tablo 2'deki gibi verilmiştir[7]. Bu çalışmada, Teknik Şartnamede verilen Asfalt Betonu binder ve aşınma tabakalarında kullanılacak agreg gradasyonlarının bitüm muhtevaları, (2), (6) ve (7) bağıntıları kullanılarak bulunmuştur.

Tablo 1. Binder Tabakası Agrega Gradasyonu

Elek boyutu	%’de geçen		
	Tip 1	Tip 2	Tip 3
25mm (1")	100	100	100
19mm (3/4")	82-100	80-100	77-100
12.5mm (1/2")	68-87	63-81	59-77
9.5mm (3/8")	60-79	54-72	49-66
4.75mm (#4)	46-65	40-58	34-52
2.00mm (#10)	34-51	28-45	23-39
0.425 mm (#40)	17-29	14-25	12-22
0.180 mm (#80)	9-18	8-16	7-14
0.075 mm (#200)	2-7	2-7	2-7

Tablo 2. Aşınma Tabakası Agrega Gradasyonu

Elek boyutu	%de geçen			
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4
25mm (1")	100	100	-	-
12.5mm (1/2")	84-100	77-100	100	100
9.5mm (3/8")	75-91	66-84	87-100	80-100
4.75mm (#4)	57-75	46-66	66-82	55-72
2.00mm (#10)	42-59	30-50	47-64	36-53
0.425mm (#40)	22-35	12-28	24-36	16-28
0.180mm (#80)	12-22	7-18	13-22	8-16
0.075mm (#200)	4-10	4-10	4-10	4-10

Tablo1 ve Tablo 2’de görüldüğü gibi , şartname her agrega tipi için alt ve üst limitleri belirlemiştir. Bu nedenle Tablo 1 ve Tablo 2’de verilen gradasyonların alt ve üst limitleri için gerekli asfalt muhtevaları (2), (6) ve (7) bağıntıları kullanılarak Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 3. (2) Bağıntısı ile Hesaplanan asfalt Muhtevaları (%)

Agrega tipi	α	k	Binder			Aşınma		
			alt limit	üst limit	fark	alt limit	üst limit	fark
Tip 1	1	3.5	4.94	5.89	0.95	5.37	6.20	0.83
Tip 2	1	3.5	4.86	5.48	0.62	5.20	6.14	0.94
Tip 3	1	3.5	4.80	5.79	0.99	5.41	6.22	0.81
Tip 4	1	3.5	-	-	-	5.28	6.15	0.87

Tablo 3’de, binder tabakası için en az asfalt muhtevası gerektiren agrega gradasyonu, Tip 3’ün alt limitidir. Üst limitler içerisinde ise Tip 2’nin üst limitidir. Aşınma tabakası için ise, alt ve üst limitlerde en düşük bağlayıcı muhtevası gerektiren Tip 2 dir.

Tablo 4. (6) Bağıntısı ile Hesaplanan Asfalt Muhtevaları (%)

Agrega tipi	Binder			Aşınma		
	alt limit	üst limit	fark	alt limit	üst limit	fark
Tip 1	4.97	6.09	1.12	5.69	6.72	1.03
Tip 2	4.63	5.69	1.06	5.10	6.32	1.22
Tip 3	4.30	5.37	1.07	6.32	7.04	0.72
Tip 4	-	-	-	5.82	6.59	0.77

Tablo 4'de, (6) bağıntısı ile yapılan hesaplamada, binder için en az bağlayıcı gerektiren agrega gradasyonu Tip 3'dir. Aşınma tabakası için ise Tip 2'dir.

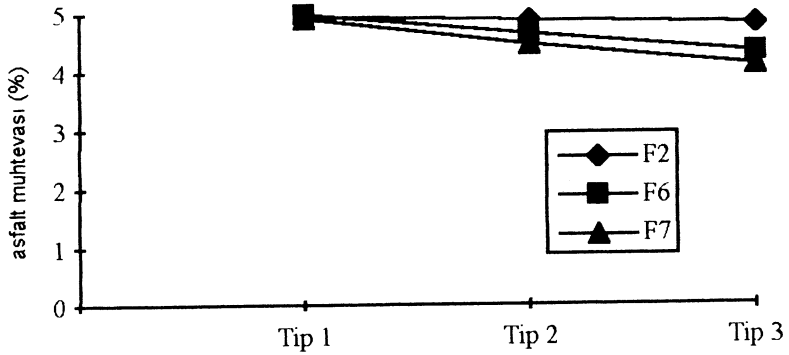
Tablo 5. (7) Bağıntısı ile Hesaplanan Asfalt Muhtevaları (%)

Agrega tipi	Binder			Aşınma		
	alt limit	üst limit	fark	alt limit	üst limit	fark
Tip 1	4.91	6.25	1.34	5.63	6.95	1.32
Tip 2	4.46	5.79	1.33	4.81	6.40	1.59
Tip 3	4.09	5.36	1.27	6.21	7.25	1.04
Tip 4	-	-	-	5.54	6.58	1.04

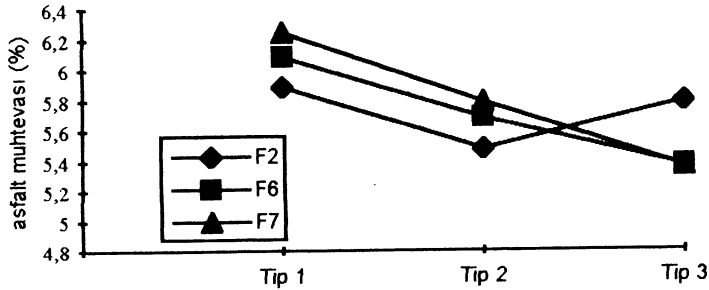
Tablo 5'de, (7) bağıntısı ile yapılan hesaplamada, Binder için Tip 3'ün, aşınma için Tip 2'nin en az bağlayıcı gerektirdiği görülmektedir.

Her üç bağıntı ile yapılan hesaplamalar sonucunda, HMA karışımlarında şartnamede verilen agrega tiplerinin alt limitlerinin kullanılması halinde düşük oranda bağlayıcı gerekeceği, dolayısıyla karışım maliyetinin düşeceği açıkça görülmektedir.

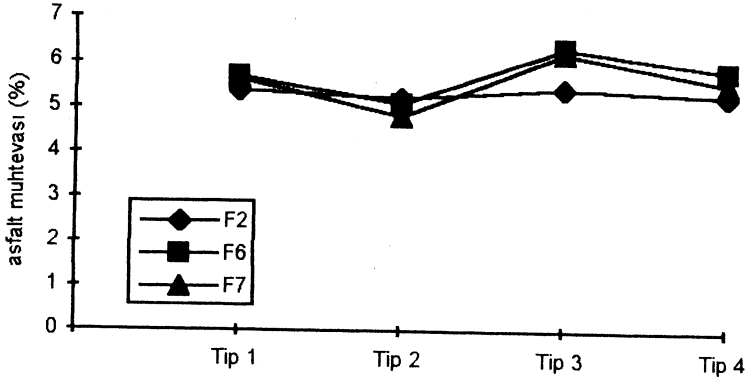
Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'deki değerler Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de grafik olarak gösterilmiştir.



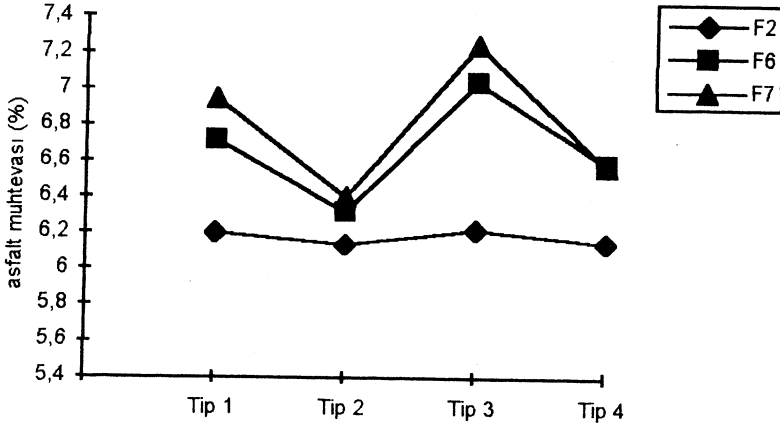
Şekil 1. Binder Gradasyonu Alt Limitleri Asfalt Muhtevaları



Şekil 2. Binder Gradasyonu Üst Limitleri Asfalt Muhtevaları



Şekil 3. Aşınma gradasyonu Alt Limitleri Asfalt muhtevaları



Şekil 4. Aşınma Gradasyonu üst Limitleri Asfalt Muhtevaları

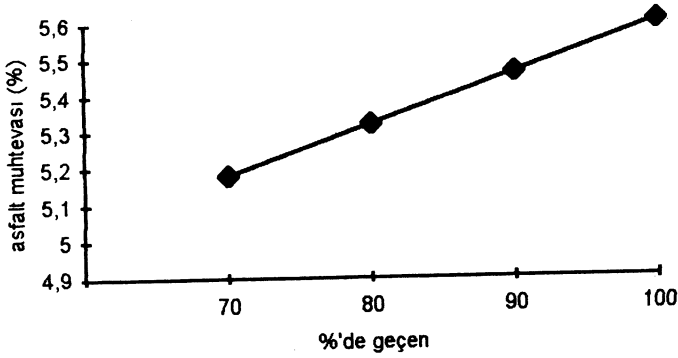
3.2. 1/2", # 4 ve #8 Elekten Geçen Agrega yüzdelерinin Asfalt Muhtevalarına Etkisi

1/2", # 4 ve # 8 eleklerden geçen agrega yüzdelерinin asfalt muhtevaları üzerindeki etkileri (6) ve (7) bağıntıları kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda 1/2" 'lık elek için # 4'den geçen agrega %50 sabit tutularak (6) bağıntısı, # 4 ve # 8 elekler için ise 1/2" 'lık elekten geçen agrega %70 sabit tutularak (6) ve (7) bağıntıları kullanılmıştır. Hesap sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'da, 1/2" 'lık elekten geçen agrega miktarının her %10'luk azalmasına karşılık asfalt muhtevaları % 0.14 'lük azalma göstermiştir. Aynı orandaki agrega değişikliği, # 4 elek için % 0.45 ve # 8 elek için % 0.61'lik azalma göstermektedir. Bu hesaplamalar sonucunda, karışımındaki agrega boyutu küçüldükçe asfalt muhtevalarının arttığı görülmektedir. Asfalt muhtevalarını en çok etkileyen dane grubu # 8'den geçen dane grubudur.

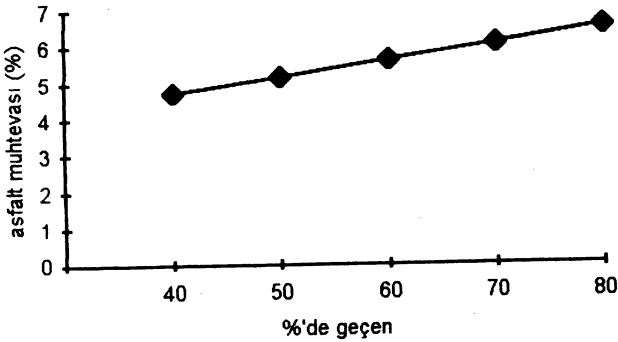
Tablo 6. 1/2", # 4 ve # 8 İçin Asfalt Muhtevaları

1/2"		# 4		# 8	
%'de geçen	AC (%)	%'de geçen	AC (%)	%'de geçen	AC (%)
100	5.60	80	6.53	60	6.53
90	5.46	70	6.08	50	5.92
80	5.32	60	5.63	40	5.31
70	5.18	50	5.18	30	4.70
-	-	40	4.73	-	-

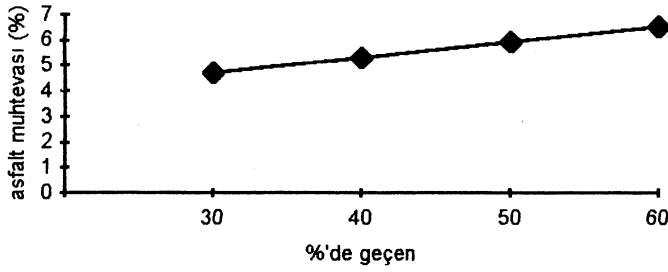
Tablo 6 'daki sonuçlar, Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 1/2" 'lik Elekten Geçen Agrega - Asfalt Muhtevası İlişkisi



Şekil 6. # 4 Elekten Geçen Agrega - Asfalt Muhtevası İlişkisi



Şekil 7. # 8 Elekten Geçen Agregada - Asfalt Muhtevası İlişkisi

3.3. Marshall Metodu ile (2), (6) ve (7) Bağlılarının Karşılaştırılması

Laboratuvarıda Marshall metodu ile optimum bitüm muhtevası bulunmuş olan agregada gradasyonunun (2), (6) ve (7) bağıntıları ile hesaplanmış asfalt muhtevaları Tablo 7'de verilmiştir. Burada, üç adet örnek verilmiştir. Örnek sayısının çok yetersiz olduğu açıkça ortadadır. Ancak ön fikir vermesi bakımından bu üç örnek burada sunulmuştur.

Tablo 7. Marshall Metodu ve (2), (6), (7) Bağlıları ile Bulunan Asfalt Muhtevalarının Karşılaştırılması

Elek boyutu	%de geçen	Marshall	Asfalt muhtevası (%)		
			F 2	F 6	F 7
3/4"	100				
1/2"	92				
3/8"	83				
# 4	66	6.0	5.84	6.20	7.25
# 10	50.50				
# 40	28.50				
# 80	17				
# 200	7				
1/2"	100				
3/8"	90				
# 4	63.50	5.50	5.78	6.20	7.22
# 10	44.50				
# 40	22				
# 80	12				
# 200	7				
3/4"	100				
1/2"	88.50				
3/8"	75				
# 4	56	5.50	5.75	5.71	6.58
# 10	40				
# 40	20				
# 80	12.50				
# 200	7				

Tablo 7'de görüldüğü gibi, Marshall metodu ile bulunan optimum bağlayıcı muhtevasına en yakın değerleri (2) bağıntısı vermektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, asfaltlı karışımlar içerisindeki asfalt muhtevasını etkileyen önemli bir faktörün, karışımdaki agrega gradasyonunu olduğu görülmüştür (Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5). Tablo 7'den de görüldüğü gibi Marshall Metodu ve agrega özgül yüzeyine dayalı olarak bitüm muhtevası bulan (2) nolu bağıntı ile bulunan sonuçlar birbirine daha yakın çıkmaktadır. Bu nedenle, (2) bağıntısı ile hesaplanan aşınma ve binder tabakası için Tip 3'ün alt limiti olduğu ortaya çıkmaktadır. Aşınma tabakasında ise Tip 2'nin hem alt, hemde üst limitinin en az bağlayıcı gerektirdiği görülmektedir. Binder ve aşınma gradasyonlarının tümü dikkate alındığında, alt limitlerin kullanılması daha az bağlayıcıya ihtiyaç göstereceğinden karışımın alt limitlerle hazırlanması daha ekonomik olacaktır.

Bu konuda yapılacak çalışmalarda, agrega fiziksel özellikleri yanında, bağlayıcı özelliklerindeki karışımdaki bağlayıcı muhtevası üzerinde rol oynayacağı dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

1. K.G.M (1990), "Asfalt Betonu ve Diğer Sıcak Karışım Tipleri İçin Karışım Dizayn Metodları" Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
2. TS 3720 (1984), "Bitümlü Kaplama Karışımlarının Hesap Esasları" Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
3. Umar, F., Ağar, E. (1985), "Yol Üstyapısı" İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
4. Al -Qadi, I.L., Gouru, H., Weyers, R.E. (1994), "Asphalt Portland Cement Concrete Composite: Laboratory Evaluation" Journal of Transportation engineering, ASCE, V.120, N.1, p 95 -107.
5. Uluçaylı, M. (1997), "Bitümlü Karışımların Tasarımında Yeni Gelişmeler, Yoğurtmal Pres" Yollar Türk Milli Komitesi, Ankara.
6. Kandhal, P.S., Cross, S.A. (1993), "Effect of Aggregate Gradation on Measured Asphalt Content" Trans. Res. Rec. N.1417, p 21 - 28.
7. K.G.M. (1989), "Yollar Fenni Şartnamesi" Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.