

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

**DİYARBAKIR KARAYOLLARINDA KULLANILAN
AGREGALAR İLE HAZIRLANAN BİTÜMLÜ SICAK
KARIŞIMLARIN OPTİMUM ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

HÜSEYİN DAYAN

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA
YÖNETİMİ**

**DİYARBAKIR KARAYOLLARINDA KULLANILAN
AGREGALAR İLE HAZIRLANAN BİTÜMLÜ
SICAK KARIŞIMLARIN OPTİMUM
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

HÜSEYİN DAYAN

Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. DR. İbrahim SÖNMEZ

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Diyarbakır Karayollarında kullanılan agregalar ile hazırlanan bitümlü sıcak karışımların optimum özelliklerinin belirlenmesi

Öğrencinin Adı Soyadı: Hüseyin Dayan
Tez Savunma Tarihi: 28.04.2017

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Prof.Dr. Nafiz ARICA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç.Dr. İrem ŞANAL ÖZYURT
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı Yrd.Doç. Dr. İbrahim SÖNMEZ

Üye Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL

Üye Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN

İmzalar





ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında bana yol gösteren ve her türlü yardımı sağlayan çok değerli Danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim SÖNMEZ'e, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Programı Koordinatörü Sayın Yrd.Doç.Dr. İrem ŞANAL ÖZYURT, Prof. Dr. Mustafa ILICALI, Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL, Yrd.Doç.Dr. Nilgün CAMKESEN, Doç.Dr Pelin Pınar ÖZDEN ve Sayın Hocalarıma; kaynak temini ve teknik bilgilendirmeler konusunda yardımlarını esirgemeyen Diyarbakır Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliği Arazi Mühendisi Doğan ŞENER, Üst Yapı Başmühendisliği Arazi Mühendisi Reşit ÖKSÜZOĞLU, İnş.Müh.Veysi KARATAŞ, İnş.Müh. Recep YALÇIN ve Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü çalışanlarına, İstanbul Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı personeli Dr. Ahmet Sertaç KARAKAŞ'a ve tez çalışması sürecinde bana destek olan, varlığını her zaman yanımda hissettiğim sevgili çocuklarım ve eşim Muhabet DAYAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

İstanbul, 2017

Hüseyin DAYAN

ÖZET

DİYARBAKIR KARAYOLLARINDA KULLANILAN AGREGALAR İLE HAZIRLANAN BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN OPTİMUM ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Hüseyin DAYAN

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç.Dr. İbrahim SÖNMEZ

Nisan 2017, 212 sayfa

Bitümlü sıcak asfalt karışımları, agrega ve bağlayıcının sabit tesislerde karıştırılması ile oluşturulmaktadır. Karışım performansı, agreganın tipi, gradasyonu, bağlayıcı tipi ve miktarı gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Bu parametrelerin değişmesiyle beraber karışımın performansı değişmektedir.

Bu çalışmada Diyarbakır karayolları yapımında kullanılan agregalarla hazırlanan bitümlü sıcak karışımların optimum bitüm oranının belirlenmesi ve şartnamelere uygunluğu kapsamında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Karışıma giren agrega ve bağlayıcının gerek gradasyon gerekse miktar olarak şartnamenin öngördüğü sınır değerler arasında değişmesiyle performansın değişimi arasındaki ilişki incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asfalt betonu, Agregası, Bitüm, Akma

ABSTRACT

DETERMINATION OF OPTIMUM PROPERTIES ON BITUMINOUS HOT MIXTURES PREPARED WITH AGGREGATES OF THE DIYARBAKIR HIGHWAYS

Hüseyin DAYAN

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Supervisor: Associate Prof. İbrahim SÖNMEZ

December 2017, 212 pages

Hot asphalt mixtures are produced by mixing with aggregate and binder at fixed plants. Mixture performance can change by the parameters which depend on aggregate type, gradation, type of binder and amount. By changing these parameters, the performance of the mixture changes.

In this study, availability considering specifications and determination of optimum bitumen ratio of bituminous hot mixtures prepared by aggregates which were used in the Diyarbakir highways and used as binder material has been investigated. The relation between aggregate and binder is surveyed which are changed the gradation and amount by the specification provided between limit quantities occurs performance change.

Keywords: Asphalt concrete, Aggregate, Bitumen, Flowing

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR.....	XIV
ŞEKİLLER	XIX
SEMBOLLER.....	XXII
1. GİRİŞ	1
2. ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEM	2
3. KARAYOLU ESNEK ÜSTYAPISINDA KULLANILAN MALZEMELER VE UYGULANA DENEYLER.....	4
3.1 AGREGALAR.....	4
3.1.1 Agregası Çeşitleri	5
3.1.2 Agregası Gradasyonu	5
3.1.2.1 Gradasyon Çeşitleri.....	6
3.1.3 Bitümlü Kaplamalar Yönünden Agregası	8
3.2 BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR	9
3.2.1 Bitümlü Bağlayıcılar Çeşitleri	12
3.2.1.1 Asfalt.....	12
3.2.1.2 Katran.....	19
3.3 BİTÜMLÜ KAPLAMALARA UYGULANAN DENEYLER.....	21
3.3.1 Agregalara Uygulanan Deneyler.....	21
3.3.1.1 Elek Analizi (ASTM C136, ASTM 117).....	21
3.3.1.2 Aşınma (Los Angeles) Deneyi).....	28
3.3.1.3 Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık Donma kaybı deneyi...31	
3.3.1.4 Cilalanma Deneyi	35
3.3.1.5 Soyulma Mukavemeti Deneyi (KTŞ Kısım 403 Ek-A).....	36
3.3.1.6 Yassılık İndeksi Deneyi	38
3.3.1.7 Kaba Agreganın Görünür (Zahiri) Özgül Ağırlığı ve Absorbsiyonu Deneyi (ASTM C127, TS EN 1097-6).....	41
3.3.1.8 İnce Agreganın ve Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı ve Absorbsiyonu.....	42
3.3.1.9 Kaba Agreganın Su Absorbsiyonu Yüzdesinin Tespit Edilmesi.....	43
3.3.1.10 Agreganın bitüm İçerisindeki özgül ağırlığı tespiti deneyi..44	

3.3.1.11 Agregada Kil Topraklarının Yüzdesi (%) Tespiti Deneyi	45
3.3.1.12 Kırılmışlık Yüzdesi (%) Tespiti Deneyi	47
3.3.1.13 Kaba ve İnce Agreganın Yoğunluğu Deneyi	47
3.3.2 Bitüme Uygulanan Deneyler	50
3.3.2.1 Penetrasyon Deneyi (TS EN 1426, ASTM)	50
3.3.2.2 Düktilite Deneyi (Uzama veya Çekebilme Deneyi)	51
3.3.2.3 Yumuşama Noktası Deneyi (Bilya Halka Metodu)	52
3.3.2.4 Parlama Ve Yanma Noktası Deneyi (TS EN ISO 2592)	53
3.3.2.5 Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (RTFOT)	54
3.3.2.6 Çözünürlük Deneyi (TS EN 12592)	56
3.3.2.7 Leke Deneyi (Ksilen Eşdeğeri Metodu)	57
3.3.2.8 Özgül Ağırlık Deneyi (TS 1087)	58
3.3.2.9 Viskozite Deneyi (Saybult-Furol Viskozitesi) (TS 117)	60
3.3.2.10 Destilasyon Deneyi (TS 122)	61
3.3.2.11 Bitümlü Maddelerde Su Miktarı Tayini	63
3.3.2.12 Engler vizkozimetresi ile özgül vizkozite tayini (Katran)	63
3.3.2.13 Yüzme Deneyi (Sıvı petrolerden SC sınıfına uygulanır)	64
3.3.2.14 Destilasyon (Katranlara Uygulanır)	65
3.3.3 Karışıma Uygulanan Deneyler (Bitüm ve Agregada Karışımı)	66
3.4 Marshall Metodu ve Hesap Yöntemi (TS 3720 ve ASTM D1559)	74
4.ÇALIŞMADA KULLANILAN AGREGALARIN	
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	94
4.1 DİYARBAKIR YÖRESİNE AİT BAZALTIN YAPISAL	
ÖZELLİKLERİ	94
4.1.1 Diyarbakır Karacadağ Bazaltının Kimyasal Bileşimi	95
4.1.2 Diyarbakır Karacadağ Bazaltının Mekanik Özellikleri	96
4.1.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı	96
4.1.2.2 Çekme Dayanımı (Brazilian Yöntemi)	97
4.1.2.3 Nokta Yüğü Dayanımı	97
4.1.2.4 Darbe Dayanımı	98
4.1.2.5 Sürtünme İle Aşınma Kaybı	99
4.1.2.6 Darbeli Aşınma Kaybı (Los Angeles Deneyi)	99

4.1.3 Diyarbakır Karacadağ Bazaltının Fiziksel Özellikleri.....	100
4.1.3.1 Isıl İletkenlik.....	100
4.1.3.2 Yoğunluk Tespiti.....	101
4.1.3.3 Özgül Isı Kapasitesi.....	101
4.1.3.4 Su Emme ve Kuruma Deneyi.....	101
4.1.3.5 Bazaltın Kesilebilirlik ve Parlatılabilirlik Özellikleri.....	101
4.2 DİYARBAKIR YÖRESİNE AİT DERE	
MALZEMESİNİN ÖZELLİKLERİ	101
4.2.1 Dicle Nehri Agregalarıyla Hazırlanan Bitümlü Sıcak	
Karışımların Optimum Özelliklerinin Belirlenmesi.....	101
4.2.2 Dere Malzemesi Üzerinde Deneysel Çalışmalar.....	102
4.2.3 Marshall Metodu ile Karışım Dizaynı	104
4.2.3.1 Marshall numuneleri hazırlanmasında kullanılan aletler..	104
4.2.4 Marshall Briketlerinin Hazırlanması.....	105
4.2.5 Deney Numunelerinin Test Edilmesi.....	106
4.2.6 Dere Malzemesinin Sonuçları.....	110
4.3. DİYARBAKİR ERGANİ YÖRESİNDE YÜZEYLEYEN FIRAT	
FORMASYONU KALKERLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	
VE ASFALT BETONU KAPLAMASINDA OPTİMUM BİTÜM	
ORANIN TESPİTİ.....	111
4.3.1 Ergani Yöresinde Yüzeyleyen Zemin Formasyonu.....	111
4.3.2 Agregada Uygulanan Deneyler.....	112
4.3.2.1 Elek Analizleri.....	112
4.3.2.2 Los Angeles Aşınma Deneyi.....	113
4.3.2.3 Agregaların Hava Tesirlerine Karşı Mukavemet Deneyi....	114
4.3.2.4 Agregaların Su Absorpsiyonu ve Özgül Ağırlığının	
Tayini için Standart Deney Metotları.....	114
4.3.2.5 Beton Asfalt Numunelere Uygulanan Marshall	
Deneyi ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	116
4.3.3.6 Optimum Bitüm Yüzdesinin Bulunması.....	120
4.3.3.7 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	121

5.ÇALIŞMADA KULLANILAN AGREGALARIN AŞINMA	
TABAKASI VE BİNDER TABAKASINA UYGUNAN DENEYLER.....	122
5.1 AŞINMA TABAKASINA UYGULANAN DENEYLER	122
5.1.1 Dere Kum-Çakıl Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan	
Fiziksel Deneyler (Dicle Nehri OLGAÇLAR KUM+ÇAKIL	
DERE Ocağı Konkasör Tesisleri).....	122
5.1.1.1 Giriş.....	122
5.1.1.2 Agregada Uygulanan Deneyler ve Dizayn Deney Sonuçları.	122
5.1.1.3 Agregada Uygulanan Deneyler.....	131
5.1.1.3.1 Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans	
Limitleri-Dizayn Deneyleri.....	131
5.1.1.3.2 Agregada Deney Sonuçları.....	132
5.1.1.3.3 Karışıma ait Deney Sonuçları.....	132
5.1.2 Bazalt Taşı Malzemesine (Aşınma tabakası) Uygulanan Fiziksel	
Deneyler (D.bakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Konkasör Tesis.)..	133
5.1.2.1 Giriş.....	133
5.1.2.2 Agregada Uygulanan Deneyler-Dizayn Deney Sonuçları..	133
5.1.2.3 Agregada uygulanan Deneyler.....	142
5.1.2.3.1 Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu	
Tolerans Limitleri-Dizayn Deneyleri.....	142
5.1.2.3.2 Agregada Deney Sonuçları.....	143
5.1.2.3.3 Karışıma ait Deney Sonuçları.....	143
5.1.3 Kalker Taşı Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan	
Fiziksel Deneyler (Diyarbakır Ergani Yöresinde Yüzeyleyen	
Fırat Formasyonu Kalkerlerinin Fiziksel Özellikleri ve Asfalt	
Betonu Kaplamasında Optimum Bitüm Oranın Tespiti).....	144
5.1.3.1 Giriş.....	144
5.1.3.2 Ergani Yöresinde Yüzeyleyen Zemin Formasyonu.....	145
5.1.3.3 Agregada Uygulanan Deneyler.....	145
5.1.3.3.1 Elek Analizleri.....	145
5.1.3.3.2 Los Angeles Aşınma Deneyi.....	146

5.1.3.3.3	Agreganın hava tesirlerine karşı mukavemet deneyi	147
5.1.3.3.4	Agregaların Su Absorpsiyonu ve Özgül Ağırlığının Tayini için Standart Deneyi.....	147
5.1.3.3.5	Beton Asfalt Numunelere Uygulanan Marshall Deneyi ve Sonuçları.....	149
5.1.3.3.6	Optimum Bitüm Yüzdesinin Bulunması.....	153
5.1.3.3.7	Deney Sonuçları.....	154
5.2	BİNDER TABAKASINA UYGULANAN DENEYLER	155
5.2.1	Dere Kum-Çakıl Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Dicle Nehri Hasman Kum Çakıl Ocağı Konkasör Tesisleri).....	155
5.2.1.1	Giriş.....	155
5.2.1.2	Yapılan Çalışmalar (Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri) Dizayn Deney Sonuçları..	155
5.2.1.3	Agrega Deney Sonuçları.....	164
5.2.1.4	Karışıma Ait Deney Sonuçları.....	165
5.2.2	Bazalt Taşı Malzemesine (Binder tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Diyarbakir Geyiktepe Taş Ocağı Konkasör Tesis.).....	166
5.2.2.1	Giriş	166
5.2.2.2	Yapılan Çalışmalar (Karışım Oranları–Karışım Tolerans Limitleri)-Dizayn Deney Sonuçları.....	166
5.2.2.3	Agrega Deney Sonuçları.....	185
5.2.2.4	Karışıma Ait Deney Sonuçları.....	176
5.2.3	Kalker Taşı Malzemesine (Binder tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Diyarbakir Çağçağ Kalker Ocağı Konkasör Tesis).....	177
5.2.3.1	Giriş	177
5.2.3.2	Yapılan Çalışmalar (Karışım Oranları Gradasyonu KarışımToleransLimitleri)-DizaynDeney Sonuçları.....	177
5.2.3.3	Agrega Deney Sonuçları.....	175
5.2.3.4	Karışıma Ait Deney Sonuçları.....	187

6. DEĞERLENDİRME	188
6.1 AŞINMA TABAKASINA UYGULANAN DENEY	
SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	188
6.1.1 Dere kum-çakıl malzemesine (Aşınma tabakası) Uygulanan	
Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	188
6.1.1.1 Agregada Deney Sonuçları.....	188
6.1.1.2 Karışıma ait Deney Sonuçları.....	188
6.1.2 Bazalt Taşı Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan	
Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	189
6.1.2.1 Agregada Deney Sonuçları.....	189
6.1.2.2 Karışıma ait Deney Sonuçları.....	190
6.1.3 Kalker Taşı Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan	
Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	190
6.1.3.1 Los Angeles Aşınma Deneyi.....	190
6.1.3.2 Kaba Agregada Numunesini Donma Kaybı.....	190
6.1.3.3 Kaba Agregada için Özgül	
Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (12, 5-19mm).....	190
6.1.3.4 Kaba Agregada için Özgül Ağırlık	
ve Su Absorpsiyonu (5-12,5mm arası).....	191
6.1.3.5 İnce Agregada için Özgül Ağırlık	
ve Su Absorpsiyonu (0-5mm arası).....	191
6.1.3.6 Optimum Bitüm Yüzdesinin Bulunması.....	191
6.1.3.7 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	191
6.2 BİNDER TABAKASINA UYGULANAN DENEY	
SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	193
6.2.1 Dere Kum-Çakıl Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan	
Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	193
6.2.1.1 Agregada Deney Sonuçları.....	193
6.2.1.2 Karışıma Ait Deney Sonuçları.....	193
6.2.2 Bazalt Taşı Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan	
Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	194

6.2.2.1	Agrega Deney Sonuçları.....	194
6.2.2.2	Karışıma Ait Deney Sonuçları.....	195
6.2.3	Kalker Taşı Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	195
6.2.3.1	Agrega Deney Sonuçları.....	195
6.2.3.2	Karışıma Ait Deney Sonuçları.....	196
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	197
7.1	AŞINMA TABAKASINA UYGULANAN DENEYLERİN SONUÇLARI	197
7.1.1	Dere Çakıl Malzemesine (Dicle Nehri Olgaçlar Dere Çakıl) Uygulanan Deney Sonuçları.....	197
7.1.1.1	Agrega ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları.....	197
7.1.1.2	Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları.....	198
7.1.2	Bazalt Malzemesine(Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Konkasör Tesisleri) Uygulanan Deney Sonuçları.....	199
7.1.2.1	Agrega ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları.....	199
7.1.2.2	Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları.....	200
7.1.3	Kalker Taşı Malzemesine (Ergani Kalker Taşı) Uygulanan Deney Sonuçları.....	202
7.1.3.1	Agrega ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları.....	202
7.1.3.2	Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları.....	202
7.2	BİNDER TABAKASINDA UYGULANAN DENEYLERİN SONUÇLARI	203
7.2.1	Dere Çakıl Malzemesine (Dicle Nehri Hasman Kum Çakıl) Uygulanan Deney Sonuçları.....	203
7.2.1.1	Agrega ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları.....	203
7.2.1.2	Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları.....	204
7.2.2	Bazalt Malzemesine (Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Konkasör Tesisleri) Uygulanan Deney Sonuçları.....	205
7.2.2.1	Agrega ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları.....	205

7.2.2.2 Karışma Uygulanan Deney Sonuçları.....	206
7.2.3 Kalker Taşı Malzemesine (Diyarbakır Çağçağ Konkasör Tesisleri) Uygulanan Deneyler.....	208
7.2.3.1 Agregâ ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları.....	208
7.2.3.2 Karışma Uygulanan Deney Sonuçları.....	209
7.3. SONUÇ VE ÖNERİLER	210
7.3.1 Aşınma Takabası İçin Sonuç ve Öneriler.....	210
7.3.1 Binder Takabası için Sonuç ve Öneriler.....	211



TABLULAR

Tablo 3.1: Bitümün Kimyasal Kompozisyonu.....	12
Tablo 3.2: Asfalt Çimentosunun Penetrasyon Derecelerine göre Kullanıldığı Yerler.....	15
Tablo 3.3: Elek Analizinde Kullanılacak Elek Serileri	22
Tablo 3.4: Elek Analizi için Alınacak Numune Miktarı.....	26
Tablo 3.5: Elek Açıklığına göre Elek Üzerinde Bulunabilecek En Büyük Tane Boyutu	27
Tablo 3.6: Elek Analizinde Kullanılacak Elek Açıklarının (mm) Değeri (ASTM-E11-70).....	27
Tablo 3.7: Binder Tabakası İçin Gradasyon Limitleri.....	28
Tablo 3.8: Aşınma Tabakası için Gradasyon Limitler.....	28
Tablo 3.9: Granülometrik Sınıf Tespiti.....	30
Tablo 3.10: Aşındırma Yüğü (küre sayısı)	30
Tablo 3.11: Kaba Agreganın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	31
Tablo 3.12: Orjinal Gradasyona Göre Yüzde (%) Kalanın Tespiti	33
Tablo 3.13: Kaba ve İnce Agregada Donma Kaybı Deneyi için Gerekli Miktarı Ve Donma Kaybını Bulmak için Kullanılacak Elek Boyutu.....	33
Tablo 3.14: Donma Deneyi Sonunda Elde Edilen Donma Zaiyatı Yüzdelerinin (%) Kaplama Tiplerine göre Çarpılacağı Faktörler... 34	34
Tablo 3.15: Yassılık İndeksi Deneyi için Alınacak Agregada Miktarları.....	39
Tablo 3.16: Örnek Yassılık İndeksi Yüzdesinin (%) Hesabı.....	40
Tablo 3.17: Agregada Kil Topaklarının Yüzdesinin (%) Tespiti.....	47
Tablo 3.18: Kaba ve İnce Agreganın Yoğunluğu için Örnek Deney Tablosu....	49
Tablo 3.19: Elekler Arasında Kalan Malzemenin Elek Çaplarına Göre Elek Çaplarına göre Dağılımı.....	76
Tablo 3.20: Elekler Arasında Kalan Malzemenin Elek Çaplarına Göre Çaplarına Göre Dağılımı.....	77
Tablo 3.21: Laboratuvarında Bir Briket İçin Gerekli Agregada Miktarının.....	78
Tablo 3.22: Şantiyede Bir (1) ve Yirmidört (24) Briket için Agregada Miktarı....	79
Tablo 3.23: Asfalt Betonu Dizayn Kriterleri (Şartname Limitleri-KTŞ).....	93

Tablo 4.1: Bazaltın Kimyasal Analizi.....	96
Tablo 4.2: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Tek eksenli Basınç Dayanımı..	96
Tablo 4.3: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Çekme Dayanımı.....	97
Tablo 4.4: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Nokta Yük Dayanımı.....	98
Tablo 4.5: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Darbe Dayanımı.....	99
Tablo 4.6: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Yüzey Aşınma Kaybı.....	99
Tablo 4.7: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Darbeli Aşınma Kaybı (Los Angeles Deneyi).....	100
Tablo 4.8:Gözenekli ve Gözeneksiz Kayaç Numuneleri için Isıl İletkenlik Katsayısı; (W/MK).....	100
Tablo 4. 9: Aşınma Tabakasında Kullanılan Agregada Gradasyonu.....	102
Tablo 4.10: Agregaların Fiziksel Özellikleri	103
Tablo 4.11: Deney Sonuçları ve Şartname Sınırları.....	103
Tablo 4.12: Asfalt Betonunun Fiziksel Özellikleri.....	108
Tablo 4.13: Marshall AASHTO Şartname Limitleri Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	110
Tablo 4.14: Ergani Kalkeri Elek Analizleri Sonuçları ve Şartname Limitleri...	112
Tablo 4.15: Agregada Karışımı Gradasyonu ve Bitüm Oranı.....	113
Tablo 4.16: Kaba Agregada Numunesini Donma Kaybı.....	114
Tablo 4.17: Kaba Agregada için Özgül Ağırlık Ve Su Absorpsiyonu (12, 5-19mm).....	115
Tablo 4.18: Kaba Agregada için Özgül Ağırlık Ve Su Absorpsiyonu (5-12,5mm arası).....	115
Tablo 4.19: İnce Agregada için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (0-5mm).....	115
Tablo 4.20: Aşınma Tabakası için Marshall Metodu Dizayn Değerleri.....	117
Tablo 4.21: Deney Sonuçları ve AASHO Şartname Limitleri (Karayolları Genel Müdürlüğü yayınları).....	121
Tablo 5.1: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları....	123
Tablo 5.2: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları....	124

Tablo 5.3: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları.....	125
Tablo 5.4: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları.....	126
Tablo 5.5: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları.....	127
Tablo 5.6: Karışım Oranları Karışım GradasyonuTolerans Limitleri	131
Tablo 5.7: Agrega Deney Sonuçları	132
Tablo 5.8: Karışıma ait Deney Sonuçları.....	132
Tablo 5.9: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları.....	134
Tablo 5.10: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları.....	135
Tablo 5.11: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları.....	136
Tablo 5.12: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları.....	137
Tablo 5.13: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları.....	138
Tablo 5.14: Karışım Oranları -Karışım Gradasyonu -Tolerans Limitleri.....	142
Tablo 5.15: Agrega Deney Sonuçları	143
Tablo 5.16: Karışıma ait Deney Sonuçları	143
Tablo 5.17: Ergani Kalkeri Elek Analizleri Sonuçları ve Şartname Limitleri...	145
Tablo 5.18: Agrega Karışımı Gradasyonu ve Bitüm Oranı.....	146
Tablo 5.19: Kaba Agrega Numunesini Donma Kaybı.....	147
Tablo 5.20: Kaba Agrega için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (12,5-5)....	148
Tablo 5.21: Kaba Agrega için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (5-	148
Tablo 5.22: İnce Agrega için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (0-5).....	149
Tablo 5.23: Aşınma Tabakası için Marshall Metodu Dizayn Değerleri.....	150
Tablo 5.24: Deney Sonuçları ve AASHO Şartname Limitleri (Karayolları Genel Müdürlüğü yayınları).....	154

Tablo 5.25: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	156
Tablo 5.26: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	157
Tablo 5.27: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	158
Tablo 5.28: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	159
Tablo 5.29: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	160
Tablo 5.30: Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri.....	164
Tablo 5.31: Agregada Deney Sonuçları.....	165
Tablo 5.32: Karışıma ait Deney Sonuçları.....	165
Tablo 5.33: D.bakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesis. Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	167
Tablo 5.34: D.bakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesis. Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	168
Tablo 5.35: D.bakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesis. Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	169
Tablo 5.36: D.bakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesis. Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	170
Tablo 5.37: D.bakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesis. Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	171
Tablo 5.38: Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri.....	175
Tablo 5.39: Agregada Bitüm Deney Sonuçları.....	176
Tablo 5.40: Karışıma Optimum Bitüm Deney Sonuçları.....	176
Tablo 5.41: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesis. Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	178
Tablo 5.42: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesis. Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	179

Tablo 5.43: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesis.Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	180
Tablo 5.44: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesis.Elek Analizleri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	181
Tablo 5.45: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesis.Elek Anazlileri Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları.....	182
Tablo 5.46: Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri.....	186
Tablo 5.47: Agregaya ait Bitüm Deneyi.....	187
Tablo 5.48: Karışıma Ait Optimum Bitüm Deneyi.....	187
Tablo 6.1: Agregaya Deney Sonuçları.....	188
Tablo: 6.2 Karışıma ait Deney Sonuçları	189
Tablo 6.3: Agregaya Deney Sonuçları.....	189
Tablo 6.4: Karışıma ait Deney Sonuçları.....	190
Tablo 6.5: Deney Sonuçları ve AASHO Şartname Limitleri (Karayolları Genel Müdürlüğü yayınları).....	192
Tablo 6.6: Agregaya Deney Sonuçları.....	193
Tablo 6.7: Karışıma ait Deney Sonuçları.....	194
Tablo 6.8: Agregaya Deney Sonuçları.....	194
Tablo 6.9: Karışıma Bitüm Deney Sonuçları.....	195
Tablo 6.10: Agregaya ait Bitüm Deneyi Sonuçları.....	196
Tablo 6.11: Karışıma Bitüm Deneyi Sonuçları.....	196
Tablo 7.1: 5 cm Kalınlığında Dere Çakıl Malzemesinin 1 m ² Asfalt Betonu Aşınma Tabakası Yapılması Analizi (2016 Karayolları B.F).....	199
Tablo 7.2: 5 cm Kalınlığında Bazalt Malzemesinin 1 m ² Asfalt Betonu Aşınma Tabakası Yapılması Analizi (2016 Karayolları B.F).....	201
Tablo 7.3: 8 cm Kalınlığında Dere Çakıl Malzemesinin 1 m ² Asfalt Betonu Binder Tabakası Yapılması Analizi (2016 Karayolları B.F).....	205
Tablo 7.4: 8 cm Kalınlığında Bazalt Malzemesinin 1 m ² Asfalt Betonu Binder Tabakası Yapılması Analizi (2016 Karayolları B.F).....	207
Tablo 7.5: 8 cm kalınlığında Kalker malzemesinin 1 m ² Asfalt Betonu Binder Tabakası Yapılması Analizi (2016 Karayolları B.F).....	210

ŞEKİLLER

Şekil 2.1: Çalışmanın Akış Şeması.....	3
Şekil 3.1: Agrega Gradasyon Çeşitleri.....	7
Şekil 3.2: Agrega Gradasyon Tipleri ve Dağılımları.....	8
Şekil 3.3: Bitümlü Bağlayıcıların Sınıflandırılması.....	10
Şekil 3.4: Bitümlü Bağlayıcıların Elde Edilmesi.....	11
Şekil 3.5: Bitümlü Bağlayıcıların Tipleri.....	12
Şekil 3.6: Karayollarında Kullanılan Asfaltların Şematik Gösterimi.....	14
Şekil 3.7: Asfalt Emülsiyonları Şematik Gösterimi.....	18
Şekil 3.8: Kömür Ham Katranı Damıtma.....	20
Şekil 3.9: Elek Analizi düzenekleri.....	22
Şekil 3.10: Los Angeles Aşındırma Makinesi Düzeneği	29
Şekil 3.11: Bitümlü Agrega.....	38
Şekil 3.12: Soyulma Deneyi Düzeneği (Metilen Mavisini Hazırlama ve Soyulma Deneyi).....	38
Şekil 3.13: Yassılık Deneyi Düzeneği.....	40
Şekil 3.14: Kaba Agrega Yoğunluk Deneyi Düzeneği.....	44
Şekil 3.15: Penetrasyon Deney Düzeneği.....	51
Şekil 3.16: Düktilite Deney Cihazı.....	52
Şekil 3.17: Yumuşama Noktası Deneyi Düzeneği.....	53
Şekil 3.18: Parlama ve Yanma Deney Cihazı.....	54
Şekil 3.19: Özgül Ağırlığının Piknometre ile Tespiti.....	60
Şekil 3.20: Viskozite Deney Düzeneği.....	61
Şekil 3.21: a) Sokslet Deneyi Düzeneği b) Santfrüj Deneyi Düzeneği.....	70
Şekil 3.22: Boşluk Yüzdesinin Hesabının Şematik Gösterimi.....	86
Şekil 3.23: Pratik Yoğunluk Grafiğinin Çizimi (Dp).....	88
Şekil 3.24: Stabilite Grafiğinin Çizimi (STB).....	89
Şekil 3.25: Asfaltla Dolu Boşluk Grafiğinin Çizimi (Vf).....	90
Şekil 3.26: Akma Grafiğinin Çizimi (Akma).....	91
Şekil 3.27: Boşluk Yüzdesinin Grafiğinin Çizimi (Vh).....	92
Şekil 4.1: Ocaktan İşlem Görmemiş Gözenekli Gözeneksiz Bazalt Kayalar	95

Şekil 4.2: Bitümlü Sıcak Karışımların Karıştırılıp Kalıplara Yerleştirilmesi....	106
Şekil 4.3: (a) Marshall Briketleri ve Numunelerin Kürü (b) Numunelerin Marshall Test Aletiyle Kırılması.....	107
Şekil 4.4: (a) Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (b) Bitüm – Stabilite İlişkisi.....	108
Şekil 4.5: (a) Bitüm – Akma İlişkisi (b) Bitüm – Boşluk İlişkisi.....	108
Şekil 4.6: (a) Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (b) Bitüm – Agregalar Boşluk İlişkisi.....	109
Şekil 4.7: Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp).....	118
Şekil 4.8: Bitüm – Stabilite İlişkisi.....	118
Şekil 4.9: Bitüm-Akma İlişkisi.....	119
Şekil 4.10: Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (Vf).....	119
Şekil 4.11: Bitüm – Hava Boşluğu İlişkisi (Vh).....	120
Şekil 4.12: Bitüm-Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi (VMA).....	120
Şekil 5.1: Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp).....	128
Şekil 5.2: Bitüm – Stabilite İlişkisi.....	128
Şekil 5.3: Bitüm-Akma İlişkisi.....	129
Şekil 5.4: Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (Vf).....	129
Şekil 5.5: Bitüm – Hava Boşluğu İlişkisi (Vh).....	130
Şekil 5.6: Bitüm-Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi.....	130
Şekil: 5.7 Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp).....	139
Şekil 5.8: Bitüm – Stabilite İlişkisi.....	139
Şekil 5.9: Bitüm-Akma İlişkisi.....	140
Şekil 5.10: Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (Vf).....	140
Şekil 5.11: Bitüm – Hava Boşluğu İlişkisi (Vh).....	141
Şekil 5.12: Bitüm-Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi (VMA).....	141
Şekil 5.13: Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp).....	151
Şekil 5.14: Bitüm – Stabilite İlişkisi.....	151
Şekil 5.15: Bitüm-Akma İlişkisi.....	152
Şekil 5.16: Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (Vf).....	152

Şekil 5.17: Bitüm – Hava Boşluğu İlişkisi (Vh).....	153
Şekil 5.18: Bitüm-Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi (VMA).....	153
Şekil 5.19: Bitüm-Hacimsel Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp).....	161
Şekil 5.20: Bitüm-Hava Boşluğu İlişkisi (Vh).....	161
Şekil 5.21: Bitüm-Dolu Boşluk İlişkisi (ADB).....	162
Şekil 5.22: Bitüm-Stabilite İlişkisi.....	162
Şekil 5.23: Bitüm-Agrega Minerali Boşluğu İlişkisi (VMA).....	163
Şekil 5.24: Bitüm-Akma İlişkisi.....	163
Şekil 5.25: Bitüm-Dp İlişkisi.....	172
Şekil 5.26: Bitüm-Stabilite İlişkisi.....	172
Şekil 5.27: Bitüm-Akma.....	173
Şekil 5.28: Bitüm-A.D.B ilişkisi.....	173
Şekil 5.29: Bitüm-Boşluk İlişkisi (Vh).....	174
Şekil 5.30: Bitüm-V.M.A İlişkisi.....	174
Şekil 5.31: Bitüm-Hacimsel Özgül Ağırlık İlişkisi (DP).....	183
Şekil 5.32: Bitüm-Hava Boşluğu İlişkisi (Vh).....	183
Şekil 5.33: Bitüm-Dolu Boşluk İlişkisi (ADB).....	184
Şekil 5.34: Bitüm-Stabilite İlişkisi (STB).....	184
Şekil 5.35: Bitüm-Agreganın Boşluğu İlişkisi (VMA).....	185
Şekil 5.36: Bitüm-Akma İlişkisi	185

SEMBOLLER

American Association of State Highway and Transportation : AASHO
Officials

(Amerika Eyalet Yolları ve Ulaşım Çalışanları Kurumu)

Asfaltla Dolu Boşluk	: A.D.B
(Ölçülen) Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	: d
Pratik Özgül Ağırlık	: D _p
Pratik Yoğunluk	: D _p
Teorik Birim Hacim Ağırlık (gr/ cm ³)	: D Pratik
Karayolları Teknik Şartnamesi (2006)	: KTŞ(2006)
Karayolları Teknik Şartnamesi (2013)	: KTŞ(2013)
Stabilite	: STB
Boşluk Hacmi (%)	: V
Numunedeki Bitüm Hacmi (cm ³)	: V
Asfaltla Dolu Boşluk	: V _f
Asfaltla Dolu Boşluk Yüzdesi (%)	: V _{FA}
Boşluk Yüzdesi	: V _h
Hava Boşluğu İlişkisi	: V _h
Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi	: V.M.A
Numunenin Havadaki Ağırlığı (gram)	: W _{hava}
Numunenin Sudaki Ağırlığı (gram)	: W _{su}

1. GİRİŞ

Sıcak asfalt karışımı agrega ve bağlayıcının sabit tesislerde karıştırılması ile oluşturulmaktadır. Karışım performansı, farklı gradasyondaki agregalar ile belirli oranlardaki bağlayıcının karıştırılmasıyla belirlenir.

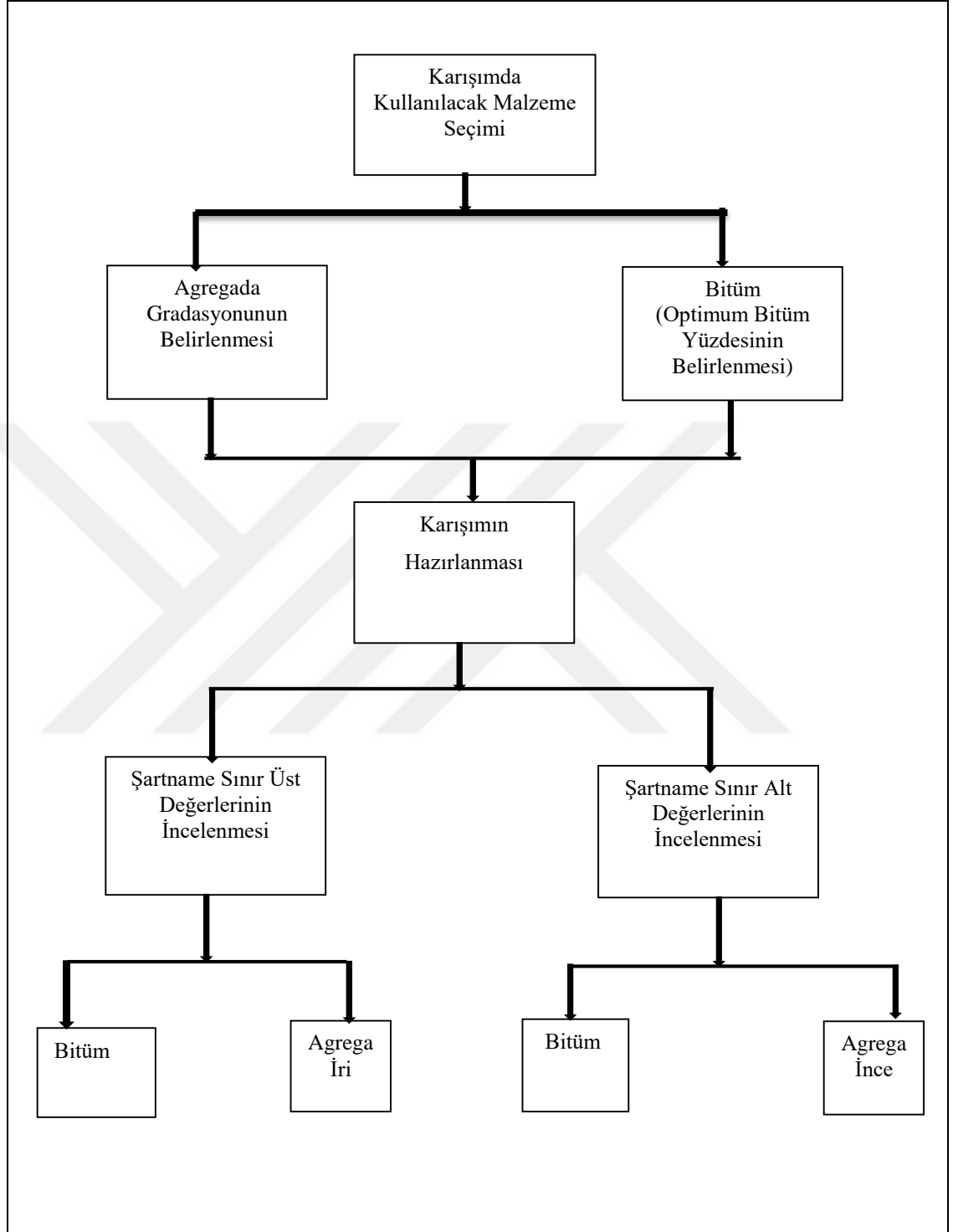
Bu çalışmada Diyarbakır yöresinde karayolu yapımında kullanılan agregalarla hazırlanan bitümlü sıcak karışımların optimum bitüm oranının belirlenmesi ve şartnamelere uygun olarak kullanılabilirliği araştırılmış, bazalt, dere malzemesi ve kalkerlerin kullanılabilirliği üzerinde çalışılmıştır.

Çalışmada, Diyarbakır yöresindeki taşocaklarından temin edilen agrega kullanılmıştır. Temin edilen agrega ile Batman Rafinerisinden elde edilen bağlayıcı malzeme (bitüm) kullanılmıştır.

2. ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, Diyarbakır yöresi karayolu yapımında kullanılan agregalarla hazırlanan bitümlü sıcak karışımların dizaynı hazırlanmış, karışımın gradasyonu ve optimum bitüm oranı belirlenmiştir. Bu amaçla, önce agregalara uygulanan, Elek analizi, aşınma deneyi, donma deneyi, soyulma deneyi (Nicholsun metodu ile soyulma deneyi, vialit metodu ile soyulma deneyi), özgül ağırlık deneyi, kaba agreganın zahiri özgül ağırlık deneyi, ince agreganın zahiri özgül ağırlık deneyi, fillerin zahiri özgül ağırlık deneyi, agreganın bitüm içerisindeki özgül ağırlığı deneyi, kaba agreganın su absorpsiyonu deneyi, ince agreganın su absorpsiyonu deneyi, suyun tesirlerine dayanıklılık deneyi, yassılık indeksinin yüzde tespiti deneyi, agreganın kırılma yüzdesinin tespiti ait deneyler, sonra bitüme ait uygulanan penetrasyon, yumuşama, duktilite, parlama, ince film halinde ısınma, su miktarı tayini, piktometre ile özgül ağırlığa ait deneyler, sonra da bitüm ve agrega karışıma ait, bitümlü karışımların bitüm yüzdesinin tayini, bitüm agrega karışımının özgül ağırlık tayini, stabilite, Pratik yoğunluk tayini, akma, teorik yoğunluk tayini, boşluk yüzdesi deneyleri yapılmıştır.

Şekil 2.1: Çalışmanın Akış Şeması



3. KARAYOLU ESNEK ÜSTYAPISINDA KULLANILAN MALZEMELER VE UYGULANAN DENEYLER

3.1 AGREGALAR

Agregalar en mühim yapı ekipmanlarından biri şeklinde olan betonun hacim olarak yüzde 60 ile yüzde 80 arasını oluşturmaktadır. Bitümlü yol kaplamalarının kütle olarak yüzde 90 civarlarını, hacim olarak yüzde 75 civarlarını agregalar oluşturmaktadırlar. Mineral temelli ve sert tanelerden ortaya çıkmaktadırlar. Agregalar aynı zamanda karayolları gibi yapılarında esas araçlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır (http://www2.cbu.edu.tr/muhendislik/insaat/Lisans/Yapi_Malzemesi/AGREGALAR_1.pdf).

Agrega yapısı “Harç veya beton oluşturmak amacıyla bir bağlayıcı madde ile veya temel tabakaları, demiryolu balastlarında, vb. işlerde tek başına kullanılan kum, çakıl, deniz kabuğu, cüruf ya da kırmataş gibi mineral kompozisyonlu granüler (taneli) bir malzemedir” biçiminde tanımlanmaktadır (http://www2.cbu.edu.tr/muhendislik/insaat/Lisans/Yapi_Malzemesi/AGREGALAR_1.pdf).

Asfalt yüzeyi kaplaması içerisinde kullanılan araç gereçlerin yüzde 90 gibi bir oranı agregalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Yol tasarım zamanınca agregalara yaşamsal bir görev düşmektedir. Bu sebepten ötürü kullanılmakta olan agregalarda bulunması gereken esas nitelikler vardır. Yapılmakta olan tasarımı niteliğine göre agregalar içerisinde bulunması gereken nitelikler de değişiklik teşkil edecektir (Akbulut vd. 2003; 272).

Yol katmanı, farklı kalınlıklarda ve değişik vazifeleri olan çok sayıda tabakadan oluşmaktadır. En üst bölümde olan ve en mühim tabakalardan biri konumunda bulunan aşınma katmanı, yol emniyeti bakımından ehemmiyet teşkil eden parametrelerden birisini ortaya çıkarmaktadır. Yolun servis zamanını emniyetli bir biçimde bitirmesi ve istenilen niteliklerini uzun zaman boyunca muhafaza etmesi için kullanılan agregaların, sürtünme katsayılarının fazla olması ve servis yaşamı süresince cilalanmaya karşı fazla dayanım göstermesi arzulanmaktadır. Bununla birlikte Türkiye'de çok sayıda var olan kalker türlü mineraller yüzey kayma katmanında faydalanılmaktadır (Akbulut vd. 2003: 272).

Agregalar, beton üretiminde çimento ve su karışımından meydana gelen bağlayıcı madde sayesinde bir bütün haline getirilen, inorganik, kum, çakıl vb. gibi natürel kaynaklı yada

yüksek fırın cürufu, genişletilmiş perlit, genişletilmiş kil vb. şeklinde yapay kaynaklı olan tane şeklindeki araç gereçlerdir (Çağlayan vd., 1999:70) .

Yapı malzemesi şeklinde faydalanılan, natürel ve yapay endüstriyel mineral ve kayalar, mineral agregalar şeklinde isim almaktadır. Doğal mineral agregalarının bileşimi kayalar ve minerallerdir. Mineral, kimyasal birleşimleri açıklanmış, hususi kristal yapı şeklinde olan doğal maddelerdir. Kayalar ise bu minerallerin bir bütün haline gelmesi ile ortaya çıkmaktadırlar. Doğal agregalar şeklinde ifade edilen kırmataşları oluşturan kayalar, kökenlerine bakılarak magmatik, metamorfik ve sedimanter şeklinde üç adet esas sınıfta bulunmaktadır (Akkoç, 2002:23) .

3.1.1 Agregalar Çeşitleri

Agregaların çeşitlerinin belirlenmesi için yapılan üç değişken bulunmaktadır. Bunlar:

- a) Doğal Agregalar: Nehirlerden, denizlerden, çöllerden, eski göl ve dere yataklarından ve taş ocaklarından kırılmamış veya kırılmış olarak elde edilen agregalardır. Bu agregalar çeşitleri içinde en yaygın kullanılanı akarsu yatağından elde edilendir. Çünkü temiz ve düzgün danelerden oluşmaktadır (<http://www.insaatofis.com/agrega-nedir--cesitleri-nelerdir.html>).
- b) Yapay Agregalar: Taş ocaklarından gelen taşların belirli ölçülerde kırılması veya bir işleme tabi tutularak ya da bir malzemenin atığı olarak elde edilen agregalardır. Örneğin; kırma taş, genişletilmiş perlit, cüruf gibi (<http://www.insaatofis.com/agrega-nedir--cesitleri-nelerdir.html>).

Agregalar, çakıl, kum, kırmataş birleşimi olarak adlandırılmaktadır. Karışımında genellikle dane çapı 1-4 mm arasında olanlar kum, 8-31.5 mm arasında dane çapına sahip olanlar da çakıldır. Bu belirtilen dane çapı büyüklükleri arasında ki malzemelerin harmanlanmasıyla oluşan karışıma denir. Yapılarda beton oluşturmak için bazı malzemelerle beraber kullanılan elemandır. Bunun yanında dolgu malzemesi vb. olarak da kullanılır (<http://www.insaatofis.com/agrega-nedir-cesitleri-nelerdir.html>).

3.1.2 Agregalar Gradasyonu

Agregalar karışımındaki agregalar danelerinin boyutları dikkate alınarak ve toplam ağırlığın yüzdesi olarak ifade edilen dane boyutu dağılımına gradasyon denir.

Agrega tanelerinin, büyüklüklerine göre belirli boy gruplarına sınıflandırılarak, her boy grubunda ne kadar miktarda agrega bulunduğunu ifade eden tane dağılımı oranına “gradasyon” denilmektedir. Elek seti kullanılarak yapılır. Bu tanım, “granülometri” olarak da adlandırılmaktadır (<http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/agrega-gradasyonu-nedir/>).

Bir agrega yığını içerisindeki tanelerin büyüklüklerine göre gösterdikleri tane dağılımı oranına gradasyon (granülometri) denilmektedir. Agregada gradasyonunun saptanmasında, agrega taneleri, büyüklüklerine göre, belirli gruplara ayrılırlar; her boy grubundaki agrega tanelerinin toplam ağırlıkları bulunarak, tüm agrega yığınının toplam ağırlığı içerisinde ne oranda yer aldığı belirlenir (Bedirhanoglu, 2011: 28).

3.1.2.1 Gradasyon çeşitleri

Bitümlü kaplamalarda kullanılan agregalar şu şekilde çeşitlere ayrılmaktadır:

- a) KABA AGREGA: Agregada karışımlarının No.4 (4.75mm) elek üzerinde kalan kısmıdır.
- b) İNCE AGREGA: Agregada karışımlarının No.4-No.200 (4.75-0.075mm) elekler arasında kalan kısmıdır.
- c) MİNERAL FİLLER: En az yüzde 65'i No.200 (0.075 mm) eleği geçen agregadır.

GRADASYON: Agregada karışımlarındaki agrega danelerinin boyutları dikkate alınarak ve toplam ağırlığın yüzdesi olarak ifade edilen dane boyutu dağılımına gradasyon denir.

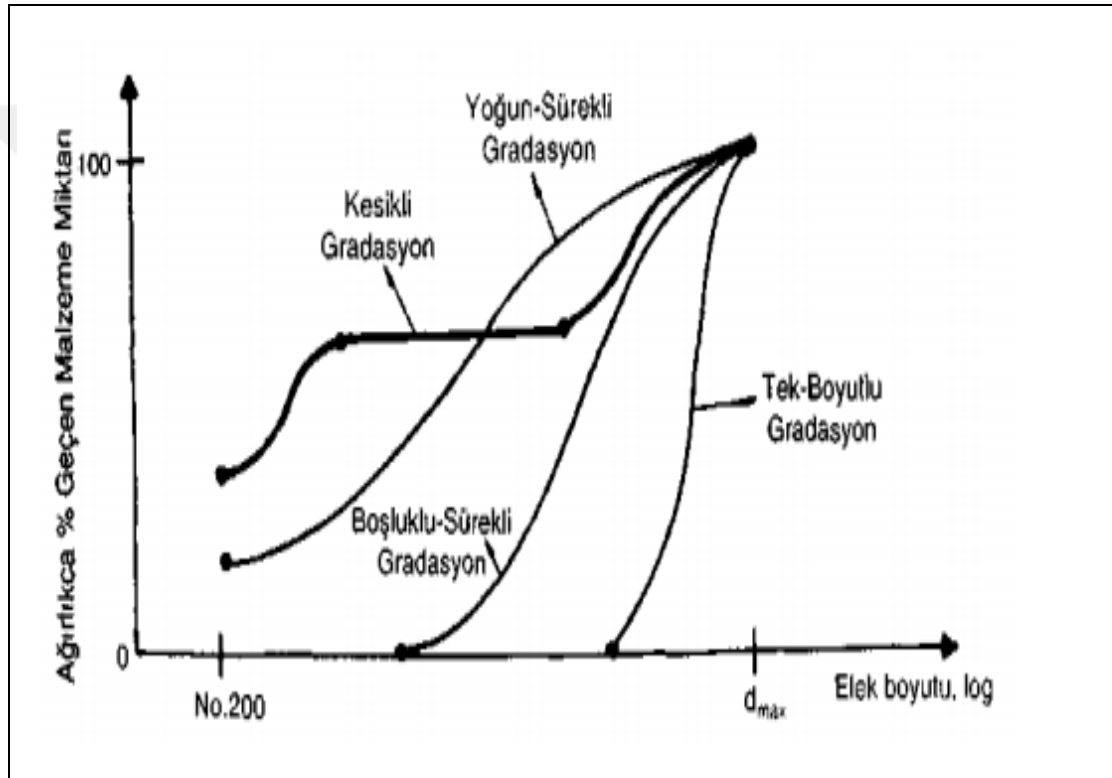
Agregalar gradasyon yönünden aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

- i. YOĞUN GRADASYONLU AGREGA: Bitümlü karışımlarda kullanıldığında düşük boşluk ve yüksek stabilite veren, kabadan fillere her boyuttan yeterli dane içeren agregalardır.
- ii. KESİKLİ GRADASYONLU AGREGA: Gradasyonunda ara boyut agregaya hiç ya da çok az içeren agrega karışımlarıdır.
- iii. AÇIK GRADASYONLU AGREGA: Filler ya da ince boyutta dane içermeyen ya da çok az içeren agrega karışımlarıdır.
- iv. TEK BOYUTLU (ÜNİFORM) AGREGA: Daneciklerin çoğu yaklaşık aynı boyutta olan agrega karışımlarıdır (Orhan, 2012:4).

Şartnamelerle belirlenen agrega gradasyonu gerekli kayma sürtünme direncini ve agregaların yüzeye homojen şekilde yayılı yüzey dokusunu sağlayabilmelidir. Genel olarak, karışımdaki maksimum boyut 1"(25,4 mm)'den fazla ise işlenebilirlik zorlaşırken

yoğunluk ve stabilitesi de artmaktadır. Gradasyon agrega harmanını oluşturan tanelerin boyutlarına göre dağılımını ifade eder. Belirli bir karışım için maksimum dane boyutu ve belirli boyuttaki danelerin ağırlıkça miktarlarının belirli limitler dahilinde olması şartnameler ile öngörülür (Şekil 3.1). Ancak maksimum dane boyutu arttıkça işlenebilirlik ve sıkışma zorlaşır, segregasyon artar, boşluk miktarı azalır, agrega danelerinin toplam yüzeyi azalır, yoğunluk ve stabilite artar ve bağlayıcı ihtiyacı azalır (Doğan, 2011: 7) .

Şekil 3.1: Agrega Gradasyon Çeşitleri

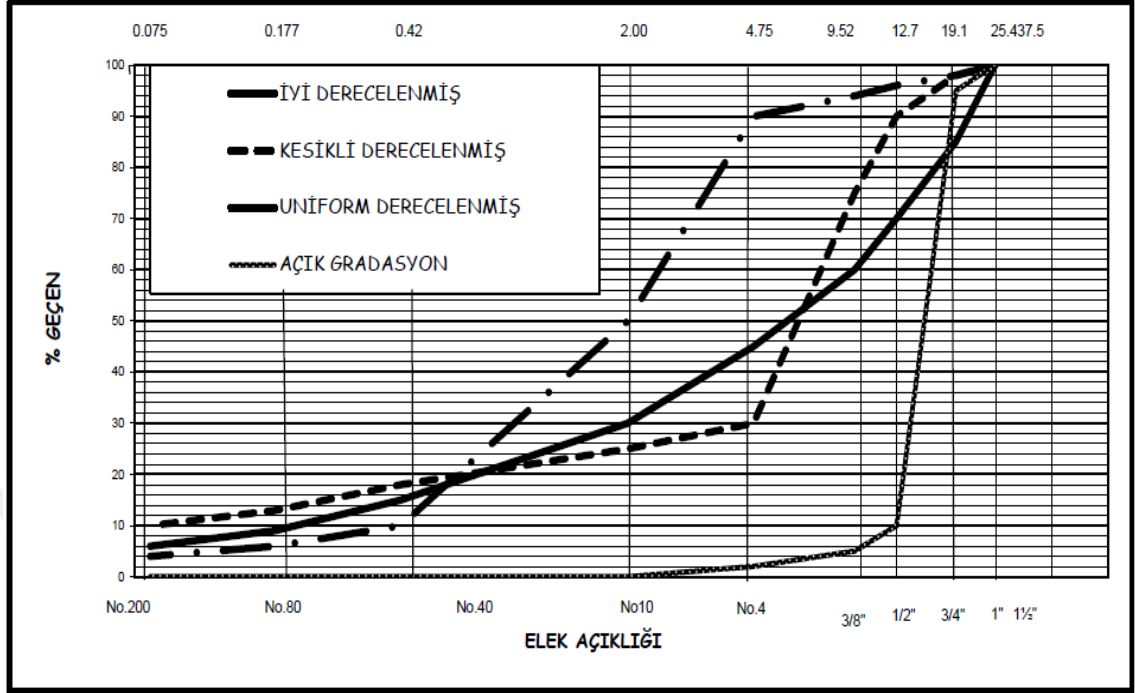


Kaynak: Doğan, 2011

Bitümlü sıcak karışımın yapımında kullanılacak agregaların seçiminde, malzemenin elde edilebilirliği, maliyeti ve kalitesi dikkate alınır.

Agregaların bitümlü kaplama yapımı için uygun olup olmadığı ise fiziksel özellikler ve bir dizi deneysel yöntemle çeşitli özelliklerinin ve karakteristiklerinin ortaya konması neticesinde (Şekil 3.2)'de tespit edilir (ORHAN, F., 2012. Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları [online]. www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Baskanliklar/BaskanliklarTeknikArastirma.html).

Şekil 3.2: Agrega Gradasyon Tipleri ve Dağılımları



Kaynak: ORHAN, F., 2012. Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları [online]. www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Baskanliklar/BaskanliklarTeknikArastirma.html.

3.1.3 Bitümlü Kaplamalar Yönünden Agrega

Esnek üstyapı; aşınma yüzeyi ile sıkı bir temas sağlayan ve trafik yüklerini, kaplama, temel ve alt temel tabakaları vasıtasıyla taban zeminine dağıtan bir üstyapı şekli olup, stabilite, adezyon, dane sürtünmesi ve kohezyon gibi özellikleri, kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcının özelliklerine bağlıdır. Kaplama tabakası, üstyapının trafik yüklerine doğrudan maruz kalan en üst tabakasıdır. Trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek seviyede olması nedeniyle kaplama tabakası, üstyapının diğer tabakalarına göre daha yüksek elastisite modülüne sahip olmalıdır. Bitümlü sıcak karışım; iri ve ince agrega, filler ve bitümün plentlerde 140-160 °C sıcaklıkta karıştırılıp düzgün bir tabaka halinde serilip sıkıştırılarak elde edilen bir yol kaplamasıdır. Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda ağırlıkça yüzde 93-96 arasında agrega mevcut olmaktadır. Bu nedenle agrega granülometrisi önemli bir faktördür (Alataş vd, 2006:79).

Bitümlü karışımdaki iri agrega yüzdesi yüzde 40-50'ye çıkarılırsa, iki agrega karışımın mekanik direncini artıran bir iskelet oluşturur; böylece karışımın direncinde önemli bir

artış hissedilir. İnce agregaysa iri agreganın oluşturduğu iskeletin boşluklarını doldurarak daha yoğun bir karışımın elde edilmesini sağlar. Bu arada ince agreganın satıh dokusu da önemlidir. Örneğin; pürüzsüz bir çakıl kumu daha düşük bir deformasyon direnci sağlar, mineral filler toplam agreganın çok küçük yüzdesini oluşturmasına karşın, karışımın özelliklerinin düzenlenmesinde rol oynar (Şenol, 2010:11).

3.2 BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR

Bitüm, rengi koyu kahverengiden siyaha kadar değişen bağlayıcı özelliği olan kıvamlılığı yarı katı halden akıcı hale kadar değişebilen kimyasal alifatik ve aromatik hidrokarbonlardan oluşan CS₂ (Karbon di sulfur) de çözünen bir maddedir. Bitüm, doğal kökenli hidrokarbon karışım veya projenik kökenli hidrokarbon karışımından veya her ikisinin karışımından sıvı, katı, yarıkatı halde olabilen ve metod dışı türevleri ile bir arada olacak yapıştırma özelliği olan ve karbon disülfürde çözünen maddelerdir.

Bitüm genelde elde edildiği yere göre 2 genel gruba ayrılır. Bunlar Asfaltlar ve katranlar diye, Asfaltlar petrol kökenli bitümlü bağlayıcıdırlar.

Asfalt, koyu kahverenginden, siyaha kadar değişebilen sıvı, katı, yarı katı halde olan, kuvvetli bağlayıcı özelliği olan doğal halde veya petrolün damıtılmasıyla elde edilen hidrokarbonlardan oluşan bir maddedir.

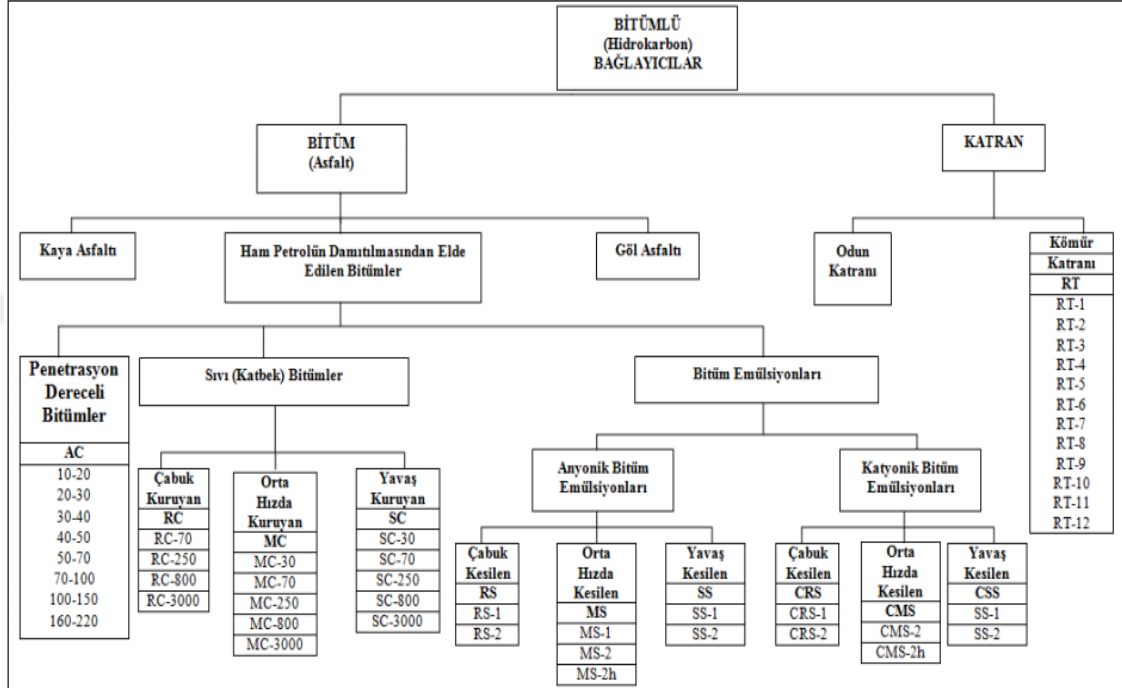
Katran, başlıca odun ve kömürün kapalı bir sistem içerisinde kuru kuruya damıtılması ile elde edilir.

Odundan elde edilen katran yol maksatları için kullanılmaz. Kömürden elde edilen katran yol maksatları için kullanılırlar. Çelik fabrikalarında saf karbona ihtiyaç vardır. Bunun içinde taş kömürü kuru kuruya damıtılır. Bu damıtma sonunda kömürün bünyesinde bulunan hafif yağlar, karbonik yağlar, naftalin yağı, yıkama yağı, antresan yağı ve zifti içeren bir bölüm buharlaşır. Başka bir balonda yoğunlaşarak katran dediğimiz kısmı meydana getirir. Ana koklaşma bölümünde ise saf karbondan ibaret kok kalır. Aynı şekilde hava gazı fabrikalarında hava gazı üretilirken yan ürün olarak da ham katran çıkar. Bu iki elde edilen ham katran ikinci bir destilasyondan geçirilerek, hafif yağlar, karbonik yağlar, naftalin yağlar, yıkama yağları ve antresan elde edilir. Geride sert ve kırılğan bir maddede kalır ki buna zift (katran) veya baz katran denir. Geride kalan bu zift antresan yağı, yıkama yağı, ve naftalin yağı ile inceltilerek yol katranı yapılır veya bu zift antresan yağı ve yıkama yağı ile inceltilerek yıkama yağı yapılır (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyleler. Karayolları 9. Bölge

Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Yol üstyapısında kullanılan bitümlü bağlayıcıların sınıflaması (Şekil 3.3)'de verilmiştir (Kaya, 2011:26-27).

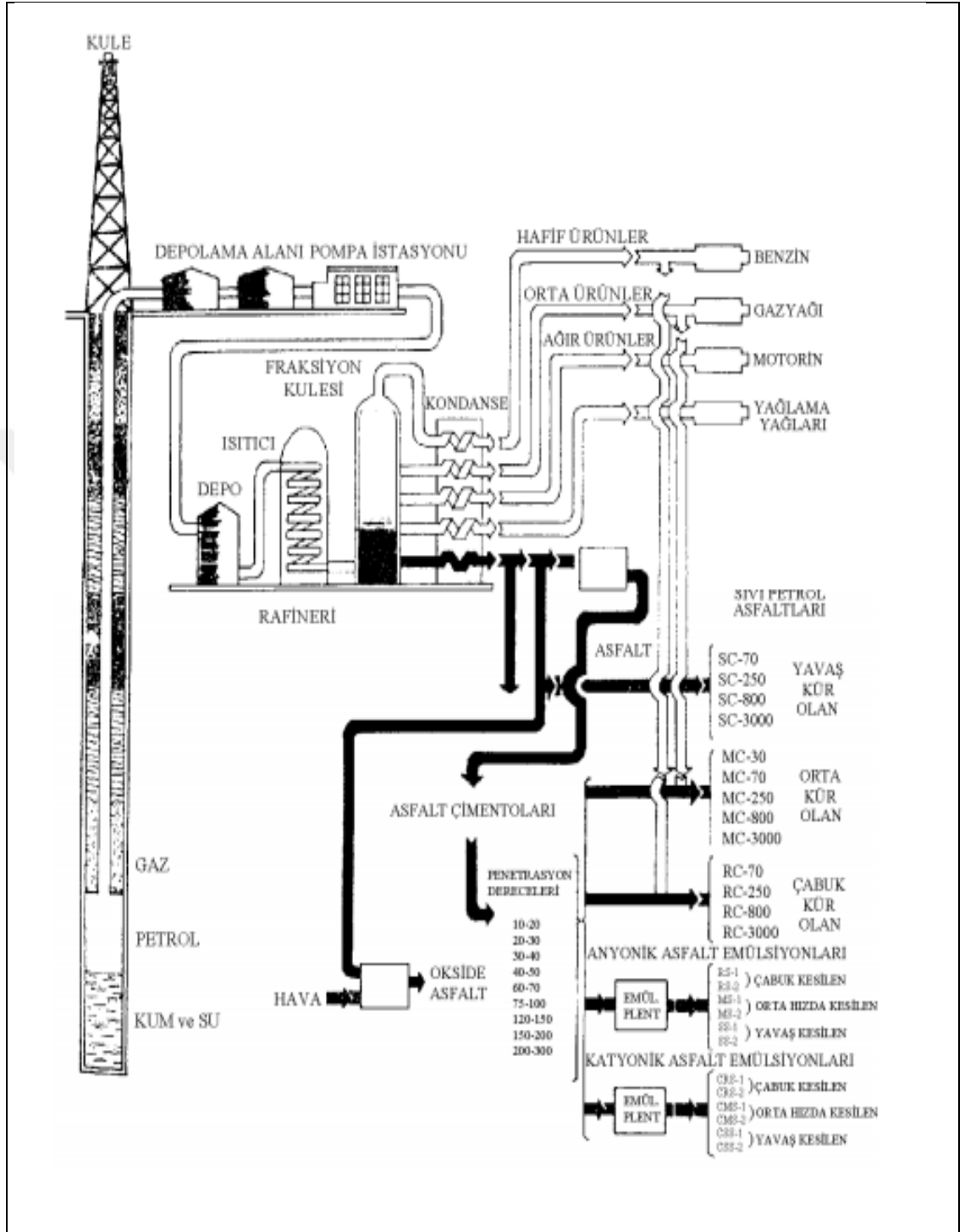
Şekil 3.3: Bitümlü Bağlayıcıların Sınıflandırılması



Kaynak: Kaya, 2011:28

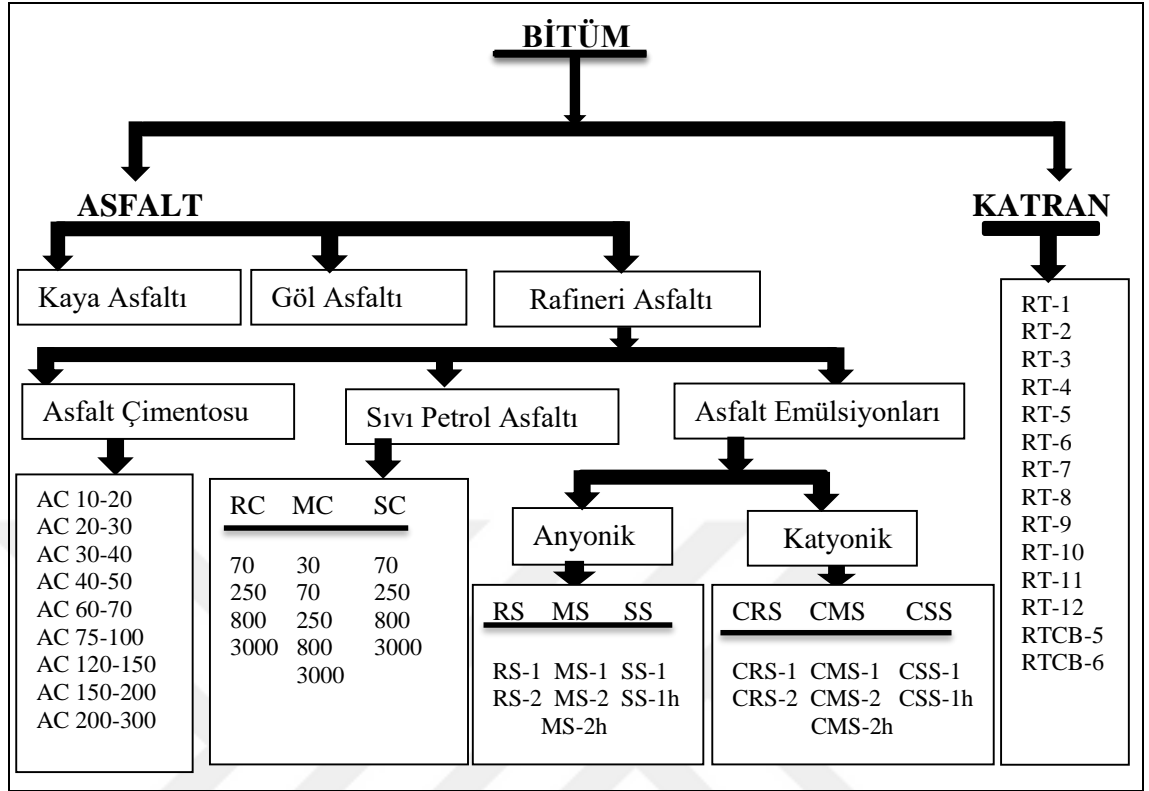
Bitümlü bağlayıcıları kullanabilmek için mutlaka sıvılaştırmak gerekir. Sıvılaştıran bağlayıcı karışımındaki agregaları sarar ve sertlenerek bağlayıcılık görevini yerine getirir. (Şekil 3.4)'de ham petrolün işlenmesi ile bitümlü bağlayıcıların elde edilmesi görülmektedir (Atasağun, 2009:64). Bitümlü Bağlayıcıların Genel Tipleri (Şekil 3.5)'de ve bitümün kimyasal kompozisyonu (Tablo 3.1)'de gösterilmiştir.

Şekil 3.4: Bitümlü Bağlayıcıların Elde Edilmesi



Kaynak: Atasağun, 2009:65

Şekil 3.5: Bitümlü Bağlayıcıların Tipleri



Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler.Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü AraştırmaBaş Mühendisliği.Yayın No: 2. Diyarbakır.

Tablo 3.1: Bitümün Kimyasal Kompozisyonu

Element	Kütle Yoğunluk yüzde'si
Karbon	82-88
Hidrojen	8-11
Sülfür	0-6
Oksijen	0-1,5
Nitrojen	0-1

Kaynak: Atasagun, 2009:65

3.2.1 Bitümlü Bağlayıcılar Çeşitleri

Bitümlü bağlayıcılar, Asfalt ve Katran olmak üzere ikiye ayrılır.

3.2.1.1 Asfalt

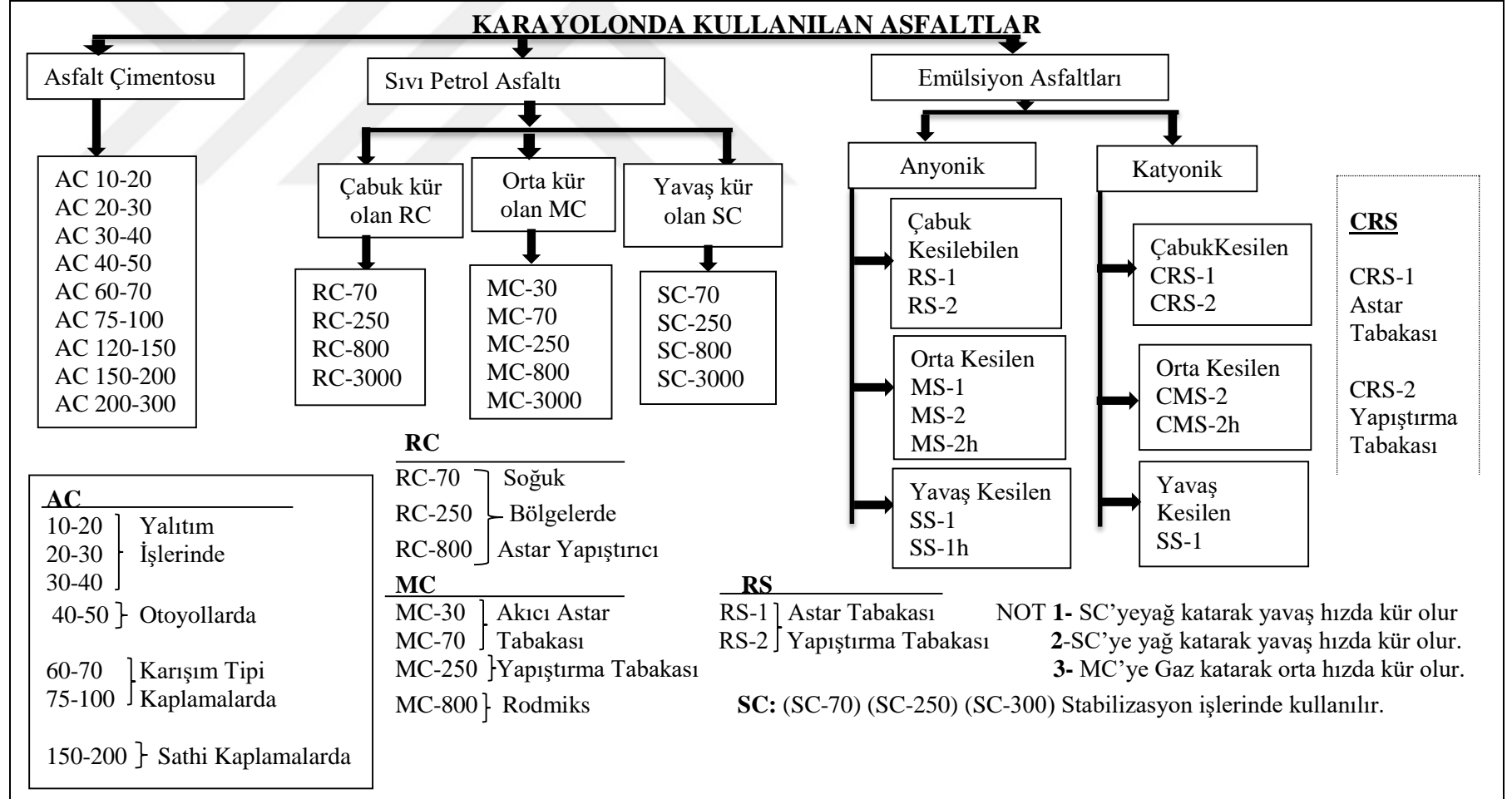
Asfalt, koyu kahverenginden, siyaha kadar değişebilen sıvı, katı, yarı katı halde olan, kuvvetli bağlayıcı özelliği olan doğal halde veya petrolün damıtılmasıyla elde edilen hidrokarbonlardan oluşan bir maddedir.Asfalt petrol kökenli bitümden elde edilir.Ham petrolün damıtılması sırasında, sırası ile hafif ürünler (Benzin), orta ürünler (Gazyağı), ağır ürünler (Mazot) ve ağır kalıntı (Bakiye) maddeleri elde edilir. Karayollarında

kullanılan asfaltların şematik gösterimi (Şekil 3.6)'da verilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Asfaltlar;

- a) Göl asfaltları - Bu tip asfalt göllerinin en büyüklerine Venezuela (Bermudez), Trinidad (Tobago) da rastlanmıştır.
- b) Kaya asfaltları - Bu tip asfaltlar kaya yarıklarında damarlar halinde veya gözenekli kayalar içinde (kumtaşı ve kireçtaşı) emilmiş olarak bulunur.
- c) Asfaltitler - Asfaltitler petrolün metamorfizması ile oluşmuş doğal asfalt benzeri maddelerdir. Güneydoğu Anadolu'da 20 değişik yerde, tahmini 36 milyon ton rezervi olduğu sanılmaktadır. En önemlisi Şırnak'ta bulunandır. Bölgede asfaltitten ısıtmada yararlanılmaktadır (<http://docplayer.biz.tr/5643641-Dokuz-eylul-universitesi-insaat-muhendisligi-bolumu-yapi-malzemesi-i.html> DEÜ, 2014: 9-10).

Şekil 3.6: Karayollarında Kullanılan Asfaltların Şematik Gösterimi



Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Karayollarında Kullanılan Asfatlar Genel Olarak Üçe Ayrılır

a. Asfalt çimentoları

Asfalt çimentosu oda sıcaklığında yarı katı bir maddedir. Yarı katı olduğu için asfalt çimentosu muhakkak ısıtılmalıdır. Asfalt çimentosu AC ile gösterilmektedir. Asfalt çimentosuna penetrasyon asfaltı da denilmektedir. Penetrasyon batma, girme damıtma neticesinde elde edilir. Penetrasyon düştükçe (katı ise) agregaya yapışma özelliği artar. Buna mukabil esneme kabiliyeti azalır. Asfalt çimentosunun penetrasyon derecelerine göre kullanıldığı yerler (Tablo: 3.2)'de belirtilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Tablo 3.2: Asfalt Çimentosunun Penetrasyon Derecelerine göre Kullanıldığı Yerler

ASFALT SINIFI	KULLANILDIĞI YERLER
AC 10-20 AC 20-30 AC 30-40 AC 40-50	Yalıtım İşlerinde Kullanılır.
AC 60-70 AC 75-100	Asfalt Betonu, Bitümlü Temel, Yüksek Trafikli ve Rodmiks Asfalt Yollarda
AC 120-150	Sıcak Bölgelerde Sathi Kaplamalarda
AC 150-200	Sathi Kaplamalarda
AC 200-300	Soğuk Bölgelerde Sathi Kaplamalarda ve Stabilizasyon İşleri

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Türkiyede Batman menşeli 75-100 penetrasyonlu asfalt çimentolarının alt ve üst değeri 145 °C ile 160 °C arasındadır. Penetrasyon asfaltı ısıtılacağı için astarda, yapıtırmada, rodmikte (Road-mix) ve yamada kullanılmaz (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

b. Sıvı Petrol Asfaltları

Sıvı petrol asfaltları, çabuk kür olan RC sınıfı, orta hızda kür olan MC sınıfı ve yavaş kür olan SC sınıfı petrol asfaltları olarak 3 gruba ayrılır.

RC Sınıfı için: RC-70, RC-250, RC-300, RC-800

MC Sınıfı için: MC-30, MC-70, MC-250, MC-800, MC-3000

SC Sınıfı için: SC-70, SC-250, SC-800, SC-3000 olarak RC-MC-SC'den sonra kullanılan sayılar o numunenin kinematik vizkozitesini alt sınırını gösterir. Bu sayılar kıvamlılığın artması yani vizkozitenin yükselmesi ile büyür. Örneğin MC-30 sıvı petrol asfaltı MC-3000'e nazaran daha akıcıdır.

Sıvı petrol asfaltlarında RC-SC-MC rumuzlarının yanındaki 30-70 rakamları, o sıvı petrol asfaltının 60 °C' deki kinematik vizkozite değeridir. Bu değeri bulmak için 60 °C 'deki Saybolt-Furol saniyesi bulunup iki ile çarpılması yeterlidir.

Ağırlıkça;

Yüzde 50-55 Gazyağı	}	karıştırılarak MC-30
Yüzde 45-50 asfalt çimentosu		
Yüzde 60-65 Gazyağı	}	karıştırılarak MC-70
Yüzde 35-40 asfalt çimentosu		
Yüzde 70-75 Gazyağı	}	karıştırılarak MC-250
Yüzde 25-30 asfalt çimentosu		
Yüzde 80-85 Gazyağı	}	karıştırılarak MC-800
Yüzde 15-20 asfalt çimentosu		
Yüzde 90-95 Gazyağı	}	karıştırılarak MC-3000 elde edilebilir.
Yüzde 5-10 asfalt çimentosu		

Sıvı petrol asfaltları sırası ile;

i. Çabuk Kür Olan (RC) Sıvı Petrol Asfaltı

Asfalt çimentosu ile kaynama noktası düşük olan yani kolay uçan çözücü (Benzin, nafta) karıştırılarak elde edilir. Kıvamlılık ilave edilen çözücü miktarına göre değişir.

RC-70 yapmak için yüzde 55 AC, yüzde 45 çözücü,

RC-3000 yapmak için yüzde 85 AC, yüzde 15 çözücü yeterlidir.

RC sınıfı asfaltlar yolda kullanıldıkları zaman çözücüleri süratle uçarak geride asfalt çimentosunu bırakırlar.

RC sınıfı parlayıcı bir madde olan benzin ile yapıldığı için kullanılması tehlikelidir. Zorunlu kalınmadıkça kullanılmamalıdır.

RC-250 Yapıştırma tabakalarında, RC-0 ve RC-250 astar tabakasında kullanılabilir ve daha ziyade soğuk bölgelerde kullanılabilir.

ii. Orta Hızda Olan (MC) Sıvı Petrol Asfaltları

Asfalt çimentosu ile orta hızda çözücü bir uçucunun (Gazyağı) karıştırılması ile elde edilir. Bu numune yola püskürtüldüğünde RC kadar çabuk kür olmaz.

Türkiyede Karayollarında MC sınıfı kullanılır. Bunlardan; MC-30 astar tabakasında, MC-70 ve MC-250 yapıştırma tabakasında, MC-800 Rodmiks karışımında ve yama imalatında kullanılır.

iii. Yavaş Hızda Kür Olan (SC) Sıvı Petrol Asfaltları

Bunlar ya asfalt çimentosunun kaynama noktası yüksek bir yağ ile karıştırılmasından veya doğrudan doğruya petrolün damıtılması ile elde edilir. Bunlara yavaş kür olan yol yağı da denir.

SC Sınıfı ise Stabilizasyon işlerinde kullanılır (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyle. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

c. Asfalt Emülsiyonları

Birbiri içinde çözünemeyen iki sıvıdan meydana gelen iki fazlı sisteme emülsiyon denir. Bunlardan kürecikler halinde olan faza iç faz, bu kürecikleri çevreleyen faza dış faz denir. Asfalt küreciklerinin sıvı içinde dağılır halde tutulmasına yardım olan kimyasal maddelere emülsiyon verici madde denir. Asfalt emülsiyon verici maddeler karakterlerine göre , Anyonik Emülsiyon verici maddeler, Katyonik Emülsiyon verici maddeler, Non iyonik emülsiyon verici maddeler ve Kolloidal emülsiyon verici maddeler şeklinde sıralanabilmektedir. Ancak yol maksatları için asfalt emülsiyonları Anyonik ve Katyonik emülsiyon verici maddelerle yapılır (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyle. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

i. Anyonik Emülsiyon Verici Maddeler

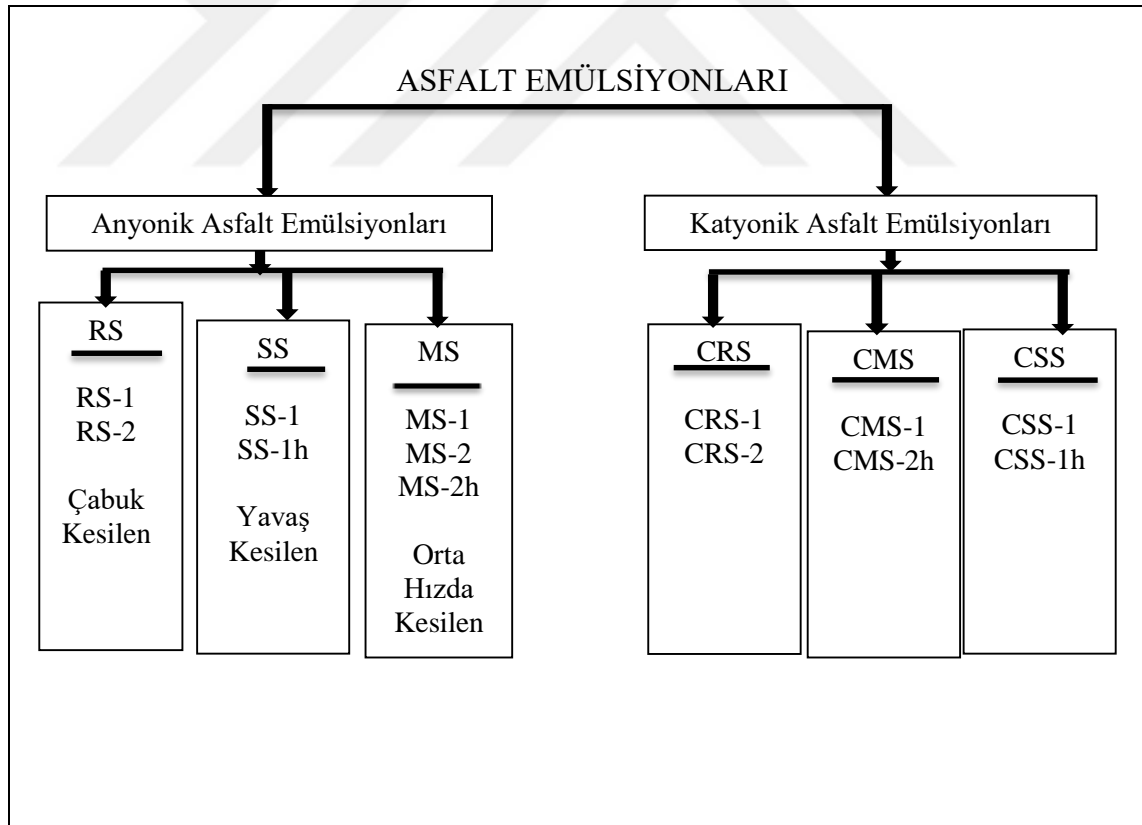
Bunlar bazılar ile bir tür teşkil eden büyük moleküllü anyonlardır. Yani sabunlardır.

Suda iyonize oldukları anda yağ sever ve su sever kısımlarına bölünürler.Yağ sever kısım asfalt küreçeğinin etrafını sarar dolayısı ile kendi yükü ile onu yüklemiş olur (özelliklerinden dolayı).Yük aynı yük ile yüklenmiş kürecikler birbirlerini iteceği için yana yana gelemezler. Bu şekilde asfalt emülsiyonu (Anyonik) elde edilmiş olur.

ii. Katyonik Emülsiyon Verici Maddeler

Bunlar genellikle kimyada Diamin dediğimiz maddelerdir. Don yağı diamini, soya fasülyesi diamini gibi maddelerdir. Bunların uzun moleküllü yağ sever kısımları (+) yüklüdür. Bir asfalt emülsiyonu karışımında asfalt kürecikleri elektriksel olarak (+) yüklü yüklendiklerinde asfalt kürecikleri su içinde birbirleriyle birleşemezler. Bu emülsiyon sistemi meydana getirirler.Anyonik ve katyonik asfalt emülsiyonları (Şekil 3.7) 'de gösterilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Şekil 3.7: Asfalt Emülsiyonları Şematik Gösterimi



Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Bir asfalt emülsiyonunda asfalt küreciklerinin sulu ortamdan ayrılıp birbirleriyle

birleşmesine kesilme denir.

CS ve CRS tipleri (Çabuk Kesilen Asfalt Emülsiyonları) yapıştırma tabakalarında ve sathi kaplamalarda kullanılır.

MS ve CSS (Orta Hızda Kesilen Asfalt Emülsiyonları) sathi kaplamada, penetrasyon makadam kaplamalarda kullanılır.

SS ve CSS tipleri de karışım kaplamalarda kullanılır (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.2.1.2 Katran

Kömürün veya odunun kapalı bir system içinde kuru kuruya damıtılmasıyla katran elde edilir. Buna ham katran denir. Ham katran arıtıldıktan sonra kullanılır. Kaplamalarda bağlayıcı olarak kullanılan katranın kömür kökenli olması gerekir.

Kömür kökenli katranlar ya metalurjik amaçlar için kok elde edilmesi veya havagazı üretimi için kömürün kuru olarak damıtılmasında yan ürün olarak elde edilir. Damıtma için kömür özel imbiklerde (kap) bir kaç saat bin santigratta ısıtılır. Bu esnada bir takım gazlar çıkar ve kömür kok haline gelir.

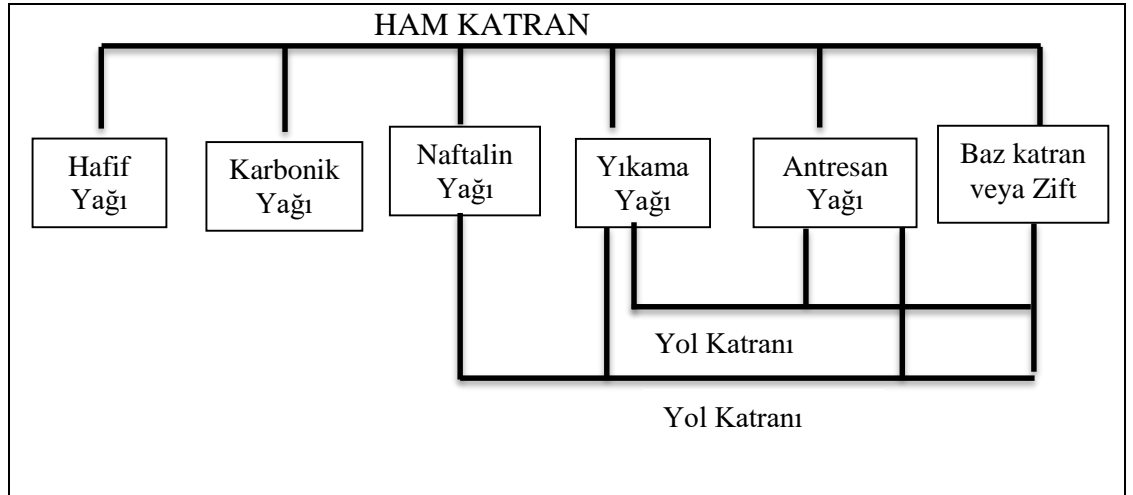
Çıkan gazlar ve buharlar soğutulursa ham katran elde edilir. Bu ham katranın içinde benzene gibi kıymetli çözücüler, bazı boya ve plastic ana ham maddeleri ile kimyasal bulunur. Bu nedenle bunlar ayrılmadan ham katran kaplamada kullanılmaz. Ayrıca içinde bulunan suyun da uzaklaştırılması gerekir. Bu ikinci damıtma işlemi sırasında ham su hem benzen elde edilir. Daha ileri ısıtma ile kaynama noktası farklı bir takım yağlar elde edilir. Damıtmaya 360 °C 'ye kadar edilirse geride sadece zift kalır. Bu oldukça sert olup kaplamada kullanılamaz. Bu nedenle ya damıtma erken kesilir, ve zifte oranla yumuşak katran ilave edilir, yada damıtma zift elde edilene kadar sürdürülür. Bu zifte yine damıtmada elde edilen hafif veya ağır yağlardan (Naftalin yağı, antresan yağı, yıkama yağı, gibi) uygun oranlarda katılarak istenen kıvamda yol katranı elde edilir.

Kömür ham katranı damıtma (Şekil 3.8)'de gösterilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Katran 14 gruba ayrılırlar. Bunlar;

- RT-1 }
RT-2 } Astar uygulamalarında ve Sathi Kaplama işlerinde kullanılır.
RT-3 }
RT-4 }
- RT-5 } Sathi Kaplamalarda, yolda karışımlarda (Rodmiks) kaplama
RT-6 } işlerinde kullanılmaktadır.
- RT-7 } Sathi Kaplamalarda yolda ve karışım kaplamalarında
RT-8 } kullanılmaktadır.
RT-9 }
- RT-10 } Yüzeysel kaplamalarda, tesiste hazırlanan karışımlarda çatlak
RT-11 } doldurma işlerinde kullanılmaktadır.
RT-12 }
- RTCB-5 } Yama işlemlerinde soğuk iklimdeki sathi kaplama
RTCB-6 } işlerinde kullanılmaktadır.

Şekil 3.8: Kömür Ham Katranı Damıtma



Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

3.3 BİTÜMLÜ KAPLAMALARA UYGULANAN DENEYLER

- a) Agreya Uygulanan Deneyler.
- b) Bitüme Uygulanan Deneyler.
- c) Karışıma Uygulanan Deneyler (Bitüm ve Agrega Karışımına)

3.3.1 Agregalara Uygulanan Deneyler

Agregaların karayolu üstü yapısında kullanılabilmesi için, bunların aşınmaya ve donmaya karşı dirençlerinin, özgül ağırlık, su absorpsiyonu, soyulma değerlerinin, elek analizleri ve dane şekillerinin, sürtünme etkileriyle oluşacak cıllanmaya karşı olan dirençlerinin bilinmesi yeterlidir. Ancak bu özelliklerin tamamının üstü yapı tabakalarının tümünde bilinmesine de gerek yoktur. Örneğin; temel tabakasında kullanılacak bir agregaya cıllanma deneyi uygulanmaz. Birçok ülkede kullanılan fiziksel deneyler, yol agregalarının özellikleri hakkında sayısal bilgiler vermektedir. Yukarıda adı geçen bütün deneylerin, agregaların değerlendirilmesinde güvenilir olabilmesi için, denenecek numunelerin çok özenli alınmış temsili numuneler olması gerekir. Aksi durumda o numune için yanlış değerler bulunacaktır. Agregalara uygulanan deneyler, ilgili şartname numaralarıyla birlikte aşağıda özetlenmiştir (Şeno1, 2010:11) .

3.3.1.1 Elek Analizi (ASTM C136, ASTM C117)

Elek analizi; Malzemelerin dane çapı dağılımının yüzdelерinin bulunmasıdır. Elek analizi malzemelerin dane dağılımını (granülometri) tespiti için yapılır. Bu deney TS'de (Türk Standartları) nitelikleri verilmiş olan elekleri kullanarak, agreganın dane büyüklüğü dağılımının tayinini kapsar.

Gradasyon: Granül bir malzeme içerisinde muhtelif boydaki danelerin ağırlıkça oranıdır. 75 mm ile 0,075mm (3" ile No: 200) elekleri arasında kalan malzemelerin dane boyutu 'elek analizi' metodu ile tespit edilir. No200 eleğinden geçen küçük danelerin boyutları 'Hidrometre' metodu ile tespit edilir. Elek analizinde kullanılacak elek serileri (Tablo 3.3)'de verilmiştir. Elek analizleri düzenekleri (Şekil 3.9)'de verilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Tablo 3.3: Elek Analizinde Kullanılacak Elek Serileri

Sıra No	Kaplama veya Tabakanın ismi	Kullanılacak Elek Serisi
1	Asfalt Betonlu Aşınma Tabakası	3/4"-1/2"- 3/8"-No.4-No.10 -No.40- No.80-No.200
2	Asfalt Betonlu Binde Tabakası	1"-3/4"-1/2"- 3/8"-No.4-No.10 -No.40- No.80-No.200
3	Bitümlü Temel Tabakası	1 1/2"- 1"-3/4"-1/2"- 3/8"-No.4-No.8 -No.30- No.50- No.100-No.200
4	Sathi Kaplama	1"-3/4"-1/2"- 3/8"-1/4"-No.4-No.8-No.200
5	Rodmiks Satih Kaplaması	1"-3/4"- 3/8"-No.4-No.10-No.200
6	Plentmiks Temel Tabakası	1 1/2"- 1"-3/4"- 3/8"-No.4-No.10 -No.40- No.200
7	Rodmiks Düzeltme Tabakası	3/4"-3/8"-No.4-No.10 -No.200
8	Temel Tabakası	1"-3/8"-No.4-No.10- No.40-No.200
9	Alttemel Tabakası	3"-1 1/2"- 3/8"-No.4-No.10 -No.40- No.200

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Şekil 3.9: Elek Analizi Düzenekleri



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş.Geliştirme Başmüh.Lab-Diyarbakır

Elek Analizi Metodları

Elek analizi Kuru Metod (Kuru Mekanik Analiz), Yaş Metod (Kuru Mekanik Analiz) ve Kombine Metod (Kuru Mekanik Analiz) olmak üzere üç metod ile yapılır (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Kuru Metod (Kuru Mekanik Analiz)

- a) Malzemenin kullanılacağı kaplama veya tabakanın cinsine göre elek serisi seçilir.
- b) Agreganın maksimum dane boyutuna bağlı olarak (Tablo 3.4)'de verilen minimum ağırlıkta numune alınır.
- c) Malzeme kuarte edilerek elek analizi için numune hazırlanır.
- d) Anılan deney numunesi 110 °C'de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur.
- e) Numune oda sıcaklığına kadar kurutulduktan sonra istenen eleklerden elenir. İnce eleklerdeki fazla yüklenmeyi önlemek için numuneyi 4 nolu elekten eleyerek kaba ve ince olmak üzere iki kısma ayırmakta fayda vardır.
- f) Elek işlemi elek üzerinde hiç geçmeyecek malzeme kalıncaya kadar devam ettirilir.
- g) Eleme işlemi sonunda her elek üzerinde kalan malzemenin toplam malzemeye göre (rutubeti giderilmiş kuru numune) yüzdesi bulunur. 100'den çıkartılarak o elekten geçen yüzde malzeme miktarı bulunmuş olur. Her elek için hesaplama yapılarak elek analizi sonucu tespit edilir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Yaş Metod (Kuru Mekanik Analiz)

- a) Malzemenin kullanılacağı kaplama veya tabakanın cinsine göre elek serisi seçilir.
- b) Agreganın maksimum dane boyutuna bağlı olarak (Tablo 3.4)'de verilen minimum ağırlıkta numune alınır.

- c) Malzeme kuarde edilerek elek analizi için numune hazırlanır.
- d) Hazırlanan numune 110 °C'de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur.
- e) Numune soğutulduktan sonra, tartılarak rutubeti giderilmiş numune ağırlığı tespit edilir.
- f) Numune bir tepsiye konur, üzeri kaplanacak şekilde su ile doldurularak 24 saat beklenir.
- g) Sudan çıkartılan numune 200 nolu elek üzerine konur.musluk suyu altında berrak su gelinceye kadar yıkanır (200 nolu eleğin yırtılmasını engellemek için 16 nolu elek yardımcı olarak kullanılabilir).
- h) Yıkanan malzemenin suyu süzülüp 110 °C'lik etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur.
- i) Numune oda sıcaklığına kadar soğutulur, tartılır ve yıkanıp kurutulmuş numune ağırlığı tespit edilir.
- j) Numunenin rutubeti giderilmiş ağırlığından, yıkanıp kurutulmuş numune ağırlığı çıkartılarak yıkama kaybı ağırlık olarak bulunur.Bu ağırlık No: 200 eleğinden geçen ağırlıktır.
- k) Yıkanıp kurutulmuş numune istenen eleklerden elenir.Eleme işlemi elek üzerinde geçecek malzeme kalmayıncaya kadar devam eder.
- l) Eleme sonunda her elek üzerinde kalan malzemenin rutubeti giderilmiş kuru numuneye göre yüzdesi bulunur.Bulunan yüzde 100'den çıkartılarak her elekten yüzde geçenler tespit edilir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Kombine Metod (Kuru Mekanik Analiz)

- a) Malzemenin kullanılacağı kaplama veya tabakanın cinsine göre elek serisi seçilir.
- b) Agreganın maksimum dane boyutuna göre elek analizi için yeterli miktarda malzeme (Tablo 3.4 belirtilen minimum miktar kadar) alınır.
- c) Malzeme kuarde edilerek elek analizi için numune hazırlanır.

- d)** Numune 110 °C'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur.Oda sıcaklığına kadar soğutulur. Tartılarak rutubeti giderilmiş numune ağırlığı tespit edilir.
- e)** Numune 4 nolu elekten (4,76mm) elenerek kaba ve ince olmak üzere iki kısma ayrılır.
- f)** İnce kısmı bir tepsiye koyulur, üzeri kaplanacak şekilde su ile doldurul, 24 saat beklenir.
- g)** 24 saat suda bekletilen numune 200 nolu elekten musluk suyu altında yıkanır. Yıkamada eleğin altında geçen su tamamıyla berraklaşınca kadar devam edilir.
- h)** Yıkanan malzemenin suyu süzülür, 110 °C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur, etüvden çıkartılıp oda sıcaklığına gelmesi beklenir.
- i)** Yıkanıp kurutulan malzeme (ince kısım) kaba kısımla birlikte tartılarak yıkanıp kurutulmuş numune ağırlığı bulunur. Rutubeti giderilmiş numune ağırlığından, yıkanıp kurutulmuş numune ağırlığı çıkarıldığında yıkama kaybı ağırlık olarak bulunur. Bu değer 200 nolu elekten geçen miktara ilave edilir.
- j)** Numunenin rutubeti giderilmiş ağırlığından, yıkanıp kurutulmuş numune ağırlığı çıkartılarak yıkama kaybı ağırlık olarak bulunur.Bu ağırlık No: 200 eleğinden geçen ağırlıktır.
- k)** Toplam malzeme (kaba ve ince) istenen elektlerden elenir. Eleme işlemi elek üzerinden geçmeyecek malzeme kalıncaya kadar devam eder.
- l)** Eleme sonunda her elek üzerinde kalan malzemenin rutubeti giderilmiş kuru numuneye göre yüzdesi bulunur. Bulunan yüzde 100'den çıkartılarak her elekten geçen yüzde tespit edilir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Tablo 3.4: Elek Analizi için Alınacak Numune Miktarı

En büyük tane boyutu		Deney için alınacak minimum numune miktarı (kğ)	Eleme sonunda elek üzerinde kalabilecek maksimum miktar (kğ)
inç	mm		
2 1/2"	63	25	-
2"	50	20	-
1 1/2"	37,5	15	-
1"	25	10	-
3/4"	19	5	2
1/2"	12,5	2,5	1
3/8"	9,5	2	0,800
5/16"	8,0	1,750	0,750
1/4"	6,3	1,50	0,600
No.5	4	1,0	0,400
No.7	2,8	0,750	0,350
No.10	2	0,600	0,275
No.14	1,4	0,500	0,250
No.18	1,0	0,400	0,200
No.25	0,71	0,350	0,175
No.35	0,50	0,300	0,150
No.40	0,40	0,250	0,125
No.60	0,25	0,200	0,100
No.80	0,180	0,175	0,085
No.120	0,125	0,150	0,075
No.200	0,090	0,125	0,065
No.230	0,063	0,100	0,050
No.325	0,045	0,080	0,040

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Elek açıklığına göre elek üzerinde bulunabilecek en büyük dane boyutu (Tablo 3.5) 'de verilmiştir. Elek analizinde kullanılacak elek açıklarının (mm) değeri (Tablo 3.6) 'da verilmiştir.

Tablo 3:5: Elek Açıklığına göre Elek Üzerinde Bulunabilecek en Büyük Tane Boyutu

Nominal elek açıklığı		Yaklaşık en büyük Tane boyutu (mm)
İnç	mm	
1"	25	95
3/4"	19	81
1/2"	12,5	59
3/8"	9,5	48
No.5	4	26
No.10	2	16
No.40	0,40	5,3
No.80	0,180	3,0

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

**Tablo 3.6: Elek Analizinde Kullanılacak Elek Açıklarının (mm) Değeri
(ASTM-E11-70)**

Elek analizinde kullanılacak elek açıklarının(mm)değeri(ASTM-E11-70)		Elek analizinde kullanılacak elek açıklarının (mm) değeri (ASTM-E11-70)	
İnç	mm	İnç	mm
5"	125	No.12	1,70
4"	100	No.14	1,40
3 1/2"	90	No.16	1,18
3"	75	No.18	1,00
2 1/2"	63	No.20	0,83
2"	50	No.25	0,71
1 1/4"	31,5	No.30	0,60
1"	25	No.35	0,50
3/4"	19	No.40	0,425
5/8"	16	No.45	0,355
1/2"	12,5	No.50	0,300
3/8"	9,5	No.60	0,250
5/16"	8,0	No.70	0,212
1/4"	6,3	No.80	0,180
No.4	4,75	No.100	0,150
No.5	4,0	No.120	0,125
No.6	3,35	No.140	0,106
No.7	2,80	No.200	0,074
No.8	2,36	No.230	0,063
No.10	2,0	No.325	0,045

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Karışımın agrega gradasyonu binder tabakası için (Tablo 3.7)'de, aşınma tabakası için (Tablo 3.8)'de ağırlıkça yüzde geçen olarak verilen gradasyon limitlerine uyacaktır (KTŞ 2013:407/1) .

Laboratuvar karışım dizaynına esas olacak çeşitli dane grubundaki malzemelerin ortalama elek analizleri; konkasör ayarları tamamlanıp, sürekli çalışmaya başlandıktan sonra en az 10 adet elek analizinin ortalaması alınarak hesaplanacaktır. Elek analizleri ASTM C-136, C-117'ye (TS EN 933-1) uygun olarak yapılacaktır (KTŞ 2013:407/2) .

Tablo 3.7: Binder Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu mm (in, No)	% Geçen
25 (1")	100
19 (3/4")	80 - 100
12,5 (1/2")	58 - 80
9,5 (3/8")	48 - 70
4,75 (No.4)	30 - 52
2,00 (No.10)	20 - 40
0,425 (No. 40)	8 - 22
0,180 (No. 80)	5 - 14
0,075 (No. 200)	2-7

Kaynak: KTŞ 2013:407/1

Tablo 3.8: Aşınma Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu Mm (inç, No)	TİP-1	TİP-2	TİP-3 Çok İnce Aşınma
19 (3/4")	100		
12,5 (1/2")	88 - 100	100	100
9,5 (3/8")	72 - 90	80 - 100	90 - 100
6,0 (1/4")	-	-	25 - 33
4,75 (No.4)	42 - 52	55 - 72	23 - 31
2,00 (No.10)	25 - 35	36 - 53	20 - 27
0,425 (No.40)	10 - 20	16 - 28	12 - 18
0,180 (No.80)	7 - 14	8 - 16	
0,075 (No.200)	3 - 8	4 - 8	7 - 11

Kaynak: KTŞ 2013:407/2

3.3.1.2 Aşınma (Los Angeles) Deneyi (ASTM C131, AASHTO T96, TS EN 1097-2)

Bu deney agregaların aşınmaya karşı dayanıklılığını belirtir.Kaba agregaların aşınması,

aşındırıcı bir yük kullanarak Los Angeles aşınma makinesi ile tayin edilir.

- a) Numune en büyük tane boyutuna göre (Tablo 3.9) 'de granülometrik sınıfı tespit (A-B-C-D-E-F-G) edilir.
- b) Granülometrik sınıfı belirlenen numunenin aşındırma yükü (küre sayısı) (Tablo 3.10) 'de tespit edilir.
- c) Numune granülometrik sınıfa uygun olarak 3"- 2 1/2"-2"- 1 1/2" - 1"- 3/4"-1/2"- 3/8"-1/4"-No.4-No.8 eleklerden kabaca elenir.
- d) Her elek üzerinde kalan agrega kil tozlarından iyice temizleninceye kadar kaldığı elek üzerinde yıkanır.110 °C'lik etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur.
- e) Kuru numuneler üzerinde kaldıkları eleklerden (Tablo 3.9)'de verilen sınıflandırmadan (A-B-C-D-E-F-G) birine göre tartılır. Böylece (A) ağırlığı tespit edilir.
- f) Deney için istenen boyut ve miktarda alınan agrega ve aşındırıcı yükler (küreler) Los Angeles aşınma makinasına konur ve ağzı sıkıca kapanır.
- g) Makine dakikada dakikada 30-33 devir süratle döndürülerek A-B-C-D sınıflar için 500 devir E-F-G sınıfları için 1000 devir yaptırılacaktır.
- h) Makinede malzeme kayıp etmeden çıkartılarak No.12 (1,70mm) elekten elenir.
- i) Elek üstünde kalan malzeme iyice yıkanarak 110 °C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur ve tartılır (B) ağırlığı olsun.

A=Deney öncesi ağırlık; B=Deneyden sonraki ağırlık

Aşınma Kaybı yüzde (%) = $100 \cdot (A-B)/A$ şeklinde yüzde olarak aşınma kaybı değeri bulunur (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No:2. Diyarbakır).Deney düzeneği (Şekil 3.10)' de verilmiştir. Agreganın Fiziksel ve Mekanik özellikleri şartname limitleri ve deney standartları (Tablo 3.11)'de verilmiştir (KTŞ 2013:407/3) .

Şekil 3.10: Los Angeles Aşındırma Makinesi Düzeneği



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş.Geliştirme Başmüh.Lab-Diyarbakır

Tablo 3.9: Granülometrik Sınıf Tespiti

Elek Büyüklüğü		Granülometrik sınıflar ve aşınma deneyi için gerekli numune miktarları(gr)						
Geçtiği elek,mm	Üzerinde kaldığı elek	A	B	C	D	E	F	G
75	63					2500		
63	50					2500		
50	37,5					5000	5000	
37,5	25,0	1250					5000	5000
25	19,	1250						5000
19	12,5	1250	2500					
12,5	9,5	1250	2500					
9,5	6,3			2500				
6,3	4,75			2500				
4,75	2,36				5000			
Toplam Tolerans		5000 ±10	5000 ±10	5000 ±10	5000 ±10	10000 ±100	10000 ±75	10000± 50

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Tablo 3.10: Aşındırma Yüğü (küre sayısı)

Sınıfı	Küre	Yükleme ağırlığı(gr)	Toplam Tolerans
A	12	5000	± 25
B	12	4584	± 25
C	8	3330	± 25
D	6	2500	± 25
E	12	5000	± 25
F	12	5000	± 25
G	12	5000	± 25

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Tablo 3.11: Kaba Agreganın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Deney	Şartname Limitleri ^c		Deney Standardı
	Binder	Aşınma	
Parçalanma Direnci (Los Angeles),% Kayıp	≤30 (LA ₃₀)	≤27 (LA ₂₇)	TS EN 1097-2 ^a (AASHTO T-96)
Aşınma Direnci(Micro-Deval) ^b % kayıp	≤25 (M _{DE25})	≤20 (M _{DE20})	TS EN 1097-1
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık,(MgSO ₄ ile kayıp),%	18 (MS ₁₈)	16 (MS ₁₆)	TS EN 1367-2
Kırılmsılık,ağırlıkça %(Tüm yüzeyi kırılmış,tüm yüzeyi yuvarlak)	≥95-≤0 (C _{95/0})	≥95-≤0 (C _{95/0})	TS EN 933-5
Yassılık İndeksi,%	≤30	≤20	BS 812
	≤25 (FI ₂₅)	≤25 (FI ₂₀)	TS EN 933-3 ^a
Cilalanma Değeri	≥35 (PSV ₃₅)	≥50 (PSV ₃₅)	TS EN 1097-8
Su Emme,%	≤2,5 (WA _{242,5})	≤2,0 (WA _{242,0})	TS EN 1097-6
Soyulma Mukavemeti, o/o Bitümle Kaplı Yüzey (24 saat 60 °C suda bekletmeden sonra)	≥60	≥60	TS EN 12697-11 (Kısım 403 EK- A)
Kil Topaklan ve Ufalanabilir Daneler, %	≤0,3	≤0,3	ASTM C 142 AASHTO T 112

^aReferans metot. ^bGerek görüldüğünde yapılacaktır. ^cParantez içindeki ifade, şartname Değerinin TS EN 13043 'deki sınıfını gösterir.

Kaynak: KTŞ 2013:407/3

3.3.1.3 Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık Donma Kaybı Deneyi (Dona Dayanıklılık) (AASHTO T104, TS EN 1367-1)

Bu deney metodu agregaların Doygun Na₂ SO₄ veya MgSO₄ çözeltisi kullanılarak agregaların don tesiriyle UFALANMAYA karşı dayanıklılığının MUKAVEMETİNİ ölçmektir.

- Doygun Na₂ SO₄ veya MgSO₄ çözeltisi hazırlanır.
- Kaba agrega kaba elek serisinden ince agrega ince elek serisinden elenin, her elek serisinden kalan malzeme iyice yıkanır. 110 °C'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur.
- Numunenin her elek üzerinden kalan miktarı esas numunenin yüzde 5'inden az olmamak üzere (Tablo 3.12)' de verilen miktarda tartılır.
- Numune tel sepet veya elekler içine konularak üstüne en az 5 cm kaplayacak şekilde Na₂ SO₄ veya MgSO₄ çözeltisi içine konur.Sıcaklığı 21 °C olan bir ortamda 16-18 saat bekletilir.

- e) Bu süre sonunda numune çözeltilerden çıkartılarak 15 dakika süzölmeye bırakılır ve 110 °C'lik etüvde değışmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Etüvden çıkartılınca oda sıcaklığına kadar soğutulur (21 °C' ye kadar).
- f) Soğuyan agrega ikinci kez çözeltili içerisine daldırılarak yukarıdaki işlemler tekrarlanır. Daldırma-Kurutma işlemi beş defa tekrarlanır.
- g) Beşinci tekrar sonucunda etüvden çıkartılan numune soğutulup, çözeltili temizleninceye kadar su ile yıkanır. Yıkama suyuna bir miktar BaCl₂ (Baryümklor) katılarak yıkama suyunun beyaz tortu verip vermediğı kontrol edilir. Yıkama işlemi berrak su gelinceye kadar devam eder.Yıkama esnasında numuneden parca kopmamasına dikkat edilmelidir.
- h) Numune 110 °C'lik etüvde değışmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur.
- i) Deney ince agregaya uyulanmış ise her malzeme boyu deneyden önce üzerinde kaldığı elekten elenir. Deney kaba agregaya uygulanmış ise her malzeme boyu (Tablo 3.13)'de verilen donma kaybı eleklerinden elenir.
- j) Eleme sonunda elekler üzerinde kalan malzeme tartılır.
- k) Her elek üzerinde kalan malzeme ağırlığı ile deney öncesindeki ağırlık arasındaki farkın ilk ağırlığa bölünüp, yüz (100) ile çarpımların neticesi bize donma kaybı yüzdesini verir.

Donma Kaybı %= 100*(Deney öncesi ağırlık-Deney sonrası ağırlık) / Deney öncesi ağırlık

l) Deneyi yapılan her boy malzeme için donma kaybı yüzdesi malzemenin orjinal gradasyonuna göre düzeltilerek, Düzeltilmiş Donma kaybı yüzdesi (%) bulunur. Eger agreganın gradasyonu belli değilse kullanma amacına uygun olarak düzeltme faktörü (Tablo 3.14) 'den alınır.

i. Gradasyonu belli agregalarda;

Düzeltilmiş Donma Kaybı %= Donma kaybı % * Orjinal numunenin gradasyonu (% kalan)

ii. Gradasyonu belli olmayan agregalarda;

Düzeltilmiş Donma kaybı= Donma kaybı % * Düzeltme faktörü

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Tablo 3.12: Orjinal Gradasyona Göre Yüzde (%) Kalanın Tespiti

Elek Boyutu	% Geçen	Elekler arasında % kalan	Orjinal Numunenin Gradasyonu % kalan
3/4"	100		
1/2"	84,54	15,46=100-84,54	47,86=15,46/32,30*100
3/8"	77,08	7,46=84,54-77,08	23,09=7,46/32,30*100
No.4	67,7	9,38=77,08-67,7	29,05=9,38/32,30*100
Toplam		32,30	100,00

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Tablo 3.13: Kaba ve İnce Agrega Donma Kaybı Deneyi için Gerekli Malzeme Miktarı ve Donma Kaybını Bulmak için Kullanılacak Elek Boyutu

Dane boyutu	Donma Kaybını bulmak için kullanılacak elek boyutu	Deney için gerekli Malzeme miktarı (gr)	
KABA AGREGA	2 1/2"-2"	1 1/4"	3000± 300
	2"-1 1/2"	1 1/4"	2000± 300
	1 1/2"-1"	5/8"	1000± 50
	1"-3/4"	5/8"	500± 30
	3/4"-1/2"	5/16"	670± 10
	1/2"-3/8"	5/16"	330± 5
	3/8"-No.4	No.5	300± 5
İNCE AGREGA	3/8"-No.4	No.5	110
	No.4- No.10	No.10	110
	No.10- No.16	No.16	110
	No.16- No.30	No.30	110
	No.30- No.50	No.50	110
	No.50- No.100	No.100	110
	No.100- No.200	No.200	110

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Tablo 3.14: Donma Deneyi Sonunda Elde Edilen Donma Zaiyatı Yüzdelerinin (%) Kaplama Tiplerine göre Çarpılacağı Faktörler.

AŞINMA TABAKASI (BETON ASFALT)					
A-TİPİ		B-TİPİ		C-TİPİ	
Elek Boyutu	Çarpma Faktörü	Elek Boyutu	Çarpma Faktörü	Elek Boyutu	Çarpma Faktörü
3/4"-1/2"arası	0,200	3/4"-1/2"arası	0,235	3/4"-1/2"arası	0,244
1/2"-3/8"arası	0,250	1/2"-3/8"arası	0,265	1/2"-3/8"arası	0,295
3/8"-No.4 arası	0,545	3/8"-No.4 arası	0,500	3/8"-No.4 arası	0,61
BİNDER TABAKASI (BETON ASFALT)					
A-TİPİ		B-TİPİ		C-TİPİ	
Elek Boyutu	Çarpma Faktörü	Elek Boyutu	Çarpma Faktörü	Elek Boyutu	Çarpma Faktörü
1"-3/4"arası	0,202	1"-3/4"arası	0,217	1"-3/4"arası	0,202
3/4"-1/2"arası	0,303	3/4"-1/2"arası	0,391	3/4"-1/2"arası	0,360
1/2"-3/8"arası	0,180	1/2"-3/8"arası	0,196	1/2"-3/8"arası	0,184
3/8"-No.4 arası	0,315	3/8"-No.4 arası	0,196	3/8"-No.4 arası	0,354
SATHİ KAPLAMA					
A-TİPİ			B-TİPİ		
1"-3/4"arası		0,859	3/4"-1/2"arası		0,846
3/4"-1/2"arası		0,101	1/2"-3/8"arası		0,077
1/2"-3/8"arası		0,020	3/8"-No.4 arası		0,077
3/8"-No.4 arası		0,020			

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

3.3.1.4 Cilalanma Deneyi (TS EN 1097-8)

Yol kaplamalarının trafik kazalarına etki eden en önemli özelliği yol yüzeyinin kayma direncidir. Araştırmacılar tarafından kaza frekansı ve kayma direnci arasında pozitif bir ilişki olduğunu farklı çalışmalarda göstermişlerdir. Yol yüzeyinin kayma direnci, yüzeyde kullanılan agregaların cilalanma direncine bağlıdır. Kayma direnci lastiğin yol yüzeyinde dönmesini engelleyen kaymaya karşı direnç kuvveti olarak tanımlanır. Bununla birlikte kayma direnci kaplama özelliğinin bir sonucu olarak göz önünde bulundurulur. Lastik basıncı, lastik temas alanı, yol yüzeyinin ıslak oluşu, sıcaklık, dingil yükü ve araç hızı gibi pek çok özellik kayma direncini etkiler. Genellikle hız arttıkça sürtünme katsayısı azalmaktadır. Yapılan deneyler bir teker üzerinde lastik basıncında meydana gelen artışların sürtünme katsayısını azaldığını göstermiştir. Benzer şekilde yapılan çalışmalar değişik teker yüklerinde meydana gelen artış ile sürtünme katsayısının azaldığını göstermiştir. Bu yüzden yol yüzeyinin kayma direnci trafik kazalarının önlenmesinde anahtar unsurdur (Gürer vd. 2006:129) .

Agregaların cilalanması mikro pürüzlülüğü azaltır, sonuç olarak yüzeydeki agregalar düzgün ve pürüzsüz bir hal alır. Agregaların cilalanması mikroskobik ölçekte meydana gelir ve cilalanmanın miktarını ölçmek oldukça zordur. Cilalanma miktarının ölçümü için İngiliz Portatif Sürtünme Deney Cihazı denilen bir düzenek kullanılır. Kaplama yüzeyinin pürüzlülüğü ve trafiğin cilalanma etkisine karşı, kayma direncinin sağlanması birinci derecede önemlidir. Agregaların cilalanması, yüzeydeki agregaların pürüzlülüğünün yok olup, yuvarlanması sonucu, mikro pürüzlülüğün azalması veya kaybolmasıdır. Bu süreç, aşınan küçük partiküllerin zımparalama etkisi ile, mikroskobik ölçüde meydana gelir. Özellikle 50 km/h hıza kadar mikro pürüzlülük daha etkin iken daha yüksek hızlar için makro pürüzlülük daha etkindir. Özellikle şehir içi yollarda düşük hızların söz konusu olduğu düşünülürse, mikro pürüzlülüğün önemi daha iyi anlaşılabilir (Gürer vd. 2006:130) .

Bu deneyin amacı, çeşitli yol agregalarının trafik altında sürtünme ile aşınarak ne °C'ye kadar cilalanacaklarını laboratuarda kısa bir zamanda saptamaktır. Cilalanma direnci düşük agregalar zamanla düşük sürtünme kuvvetine veya kayma direncine sahip satırlar oluşturacağından kaplamanın sürüş emniyeti de azalacaktır. Agregaların cilalanma değeri ile kaymaya karşı direnç arasındaki ilişki trafik koşulları, kaplamanın tipi ve diğer faktörlere bağlı olarak değişir. Deney iki kısımdan oluşur. Birinci kısımda taş numuneleri özel bir

makine ile hızlandırılmış olarak cilalanmaya tabi tutulur. İkinci kısımda, her bir numunenin cilalanma değeri, uygun bir sürtünme deneyi ile ölçülür ve taşın laboratuvar cilalanma değeri olarak tayin edilir. Deney için hızlandırılmış cilalanma makinesi kullanılır (Gürer vd. 2006:131) .

3.3.1.5 Soyulma Mukavemeti Deneyi (KTŞ Kısım 403 Ek-A)

Bağlayıcının, asfalt veya katran, suyun ve trafiğin ortak tesiri ile agrega üzerinden ayrılmasına soyulma denir. İki metod ile soyulma deneyi yapılır.

Nicholson Metodu ile Soyulma Deneyi

- a) (No.4-No.6) veya (3/8"-No.4) elekleri arasında kalan kırılmış agregadan 200 gr numune alınarak iyice yıkanmış, 110 °C 'lik etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur.
- b) Etüvde Kurutulmuş malzemeden 30±0,1gr numune alınarak bir beher veya penetrasyon kutusuna alınarak 110 °C 'lik etüvde bir saat bekletilir.
- c) Kaplamada kullanılacak bitümlü malzemeden 1,5±0,1gr 250 cm³'lük bir beher içine konarak tartılır ve 110 °C 'lik bir kum banyosuna yerleştirilerek ısıtılır.
- d) Bitüm eriyince etüvde ısınan mıcır behere dökülür ve cam bagetle kum banyosu üzerinde iyice karıştırılır.Bütün mıcır taneleri bitüm ile sarılıncaya kadar karıştırma işlemine devam edilir.
- e) Kür için beher 60 °C 'lik etüvde yirmidört saat bekletilir.Bu süre sonunda beher etüvden çıkartılıp kum banyosunda hafifçe ısıtıldıktan sonra 10 cm çapındaki petri kabına aktarılır.
- f) Kaplanmış mıcırların üzeri cam bagetle çok hafif darbelerle düzeltilir.
- g) Petri kabı on dakika laboratuvar sıcaklığında bekletilir.
- h) Petri kabı su ile doldurularak üzeri cam kapakla kapatıldıktan sonra 60 °C 'lik etüvde bir etüvde yirmidört saat bekletilir.
- i) Bu sürenin sonunda petri kabı dışarı alının içindeki su değiştirilir yandan gelen bir ışık altında bilhassa karışımın üst yüzü gözle incelenir.
- j) Deney sonunda soyulmamış sathın, bütün sath oranı soyulma mukavemetini verir.

Soyulma Mukavemeti yüzde (%) = 100*Soyulmamış Satıh / Bütün Satıh

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler.

Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği.
Yayın No: 2. Diyarbakır).

Vialit Metodu ile Soyulma Deneyi (KTŞ Kısım 403 Ek-B)

Kaplama kullanılacak agregaya ile bağlayıcı arasındaki yapışmanın su etkisi altında azalmasının miktarını belirlemek için yapılır.

- a)** (3/4"-3/8") boyutundaki agregaya numunesi iyice yıkandıktan sonra kurutulup içinde yapısı uzun olmayan 100 adet kubik agregaya alınır.
- b)** Agregalar 20*20 cm ebadında enine ve boyuna 10'ar bölmeye bölünmüş 2 cm yüksekliğinde bir kafes ve kafeslerin oturduğu bir sehpadan ibaret MEKANİK SERİCİ'nin her gözüne bir agregaya yerleştirilir. Agregaların aşağıya düşmemesi için kafesin altına sehpadaki oyuk içine bir levha bırakılır.
- c)** Kullanılacak asfalt, deneye başlamadan en az iki saat önce 145-150 °C 'lik etüvde ısıtılır.
- d)** Çelik levhalar 145-150 °C 'lik etüvde otuz dakika kadar ısıtılır.
- e)** Etüvden çıkartılan 20*20 ebadında, 3 mm kalınlığındaki çelik levhalar üzerine 40 gr asfalt bırakılıp, spatül ile levhanın her yanına düzgün olarak yayılır.
- f)** Levha mekanik sericinin içine yerleştirildikten sonra agregaların altındaki plaka süratle çekilerek agregaların asfalt takabası üzerine serbestçe düşmeleri sağlanır.
- g)** Silindirme esnasında agregaların kaymasını önlemek için levhanın hafifçe soğuyup, silindirme sıcaklığına düşmesi için 2-3 dakika beklenir.
- h)** Lastik bandajlı laboratuvar silindiri ile birbirine dik iki yönde üç defa bir yöne, üç defa da buna dik yönde olacak şekilde altı geçiş yaptırılır.
- i)** Silindirlenmiş deney levhaları oda sıcaklığında bir saat bekletilir.
- j)** Levhalar 35 °C 'lik su banyosunda yirmidört saat tutulur.
- k)** Su banyosundan çıkartılan levhalar agregaya alta gelecek şekilde deney aletine yerleştirilir. 50 cm yükseklikten 500 gr ağırlığındaki bilye levhanın ortasına düşürülür. Bu düşüşler 10'ar saniye arayla tekrarlanır.
- l)** Üç düşüşten sonra levha yerinden çıkartılır ve dökülen agregalar sayılır.
- m)** Düşen agregaya sayısı toplam agregaya sayısının yüzdesi (%) olarak kaybı verir.

Soyulma Mukavemeti Yüzdesi (%) = 100*Levhada kalan agrega sayısı / Toplam agrega sayısı (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

(Şekil 3.11)' de bitümlü agrega ve (Şekil 3.12)'da ise soyulma deneyi düzeneği verilmiştir.

Şekil 3.11: Bitümlü Agrega



Kaynak: <http://arastirmateknisyenleri.com/forum/showthread.php?tid=23>

Şekil 3.12: Soyulma Deneyi Düzeneği (Metilen Mavisi Hazırlama ve Soyulma Deneyi)



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş.Geliştirme Başmüh.Lab-Diyarbakır

3.3.1.6 Yassılık İndeksi Deneyi (BS 812)

Yassılık indeksi kaba agrega bünyesindeki ağırlıkça yassı ve uzun tane yüzdesidir.Yassı ve uzun taneden maksat, tanenin ve uzun boyutunun en kısa boyutundan 3 misli fazla olmamalıdır.

Yassılık indeksi numunenin muhtelif dane gruplarının kendi gruplarına ait yassı

deliklerden geçen kısımlardan toplam ağırlığının, orjinal numunenin ağırlığına göre yüzdesi olarak ifade edilmesidir.

A: Yassılık deliklerden geçen numune ağırlığı

B: Orjinal numunenin ağırlığı (toplam ağırlık)

Yassılık indeksi yüzdesi (%) = $100 \cdot A/B$

Yassılık indeksi 2 1/2"-1/4" elekleri arasında kalan agregaya uygulanır. Kaplamalarda yassılık indeksi agreganın nominal boyu ile bu boyun üzerinde kalan agregaya uygulanır (Nominal boy agreganın yüzde 90' nın geçtiği teorik elek boyudur). Bitümlü sıcak karışımlarda ise yassılık 1/4" elek üzerinden kalan agregalara uygulanır.

Eğer elek analizinde iki elek arasında kalan malzeme yüzde 5 veya daha az ise bu grup yassılık indeksi deneyine tabi tutulmaz (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Tablo 3.15: Yassılık İndeksi Deneyi için Alınacak Agregada Miktarları

Max. dane boyutu (İnç)	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"
Deney için alınacak agrega miktarı (kg)	25	20	15	10	5	2,5	2

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Deneyin Yapılışı:

- Tabakanın maksimum dane boyutuna uygun olarak (Tablo 3.15) 'de belirlenen miktar kadar gradasyonu uygun, yıkanıp kurutulmuş deney numunesi alınır.
- Numune elek analizine tabi tutularak dane boylarına ayrılır.
- Her elek arasına kalan yüzdeler (%) tespit edilerek bunların cebrik toplamı bulunur.
- Deney için alınan toplam numune miktarı elekler arasında yüzde (%) kalanların cebrik toplamına bölünmek suretiyle bir katsayı bulunur.
- Bu katsayı ile her elek arasında kalan yüzdeleri (%) çarpmak suretiyle o boy elekler arası için alınacak numune miktarı bulunur.
- Hesaplanan her elek arası malzeme ayrı ayrı tartılarak tepsilere konur.

g) Her elek arasında kalan malzeme yassılık indeksi, şablonunda kendisine ait açıklıktan geçip, geçmediği kontrol edilir.

h) Elekten geçenler tartılır. Bu işlem malzemesinin her elek arası boyu için tekrarlanır.

i) Sonuçta bütün geçen malzemenin 1/4" eleği üzerinden kalan ağırlığa oranlanarak (toplam numune ağırlığı) yassılık indeksi yüzdesi (%) bulunur.

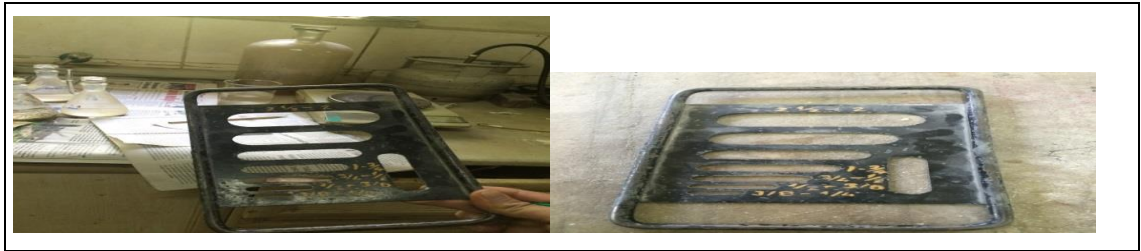
Söz konusu deneyi için (Tablo 3.16) 'de örnek bir yassılık indeksi hesabı yapılmıştır. (Şekil 3.13)'de Yassılık deney düzeneği verilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Tablo 3.16: Örnek Yassılık İndeksi Yüzdesinin (%) Hesabı

Elek boyu (inç)	% Geçen	Elek arasında kalan %	Agrega boyu (inç)	Her agrega boyu için alınacak malzeme miktarı (gr)	Yassılık Şablonu boyutu	Yassılık Şablonundan geçen (gr)	Yassılık indeksi % (B/A)*100
3/4"	100				9,5x50	700	100*(1179/5000)
1/2"	85	15	3/4"-1/2"	15*5000/29=2586			
		8	1/2"-3/8"	8*5000/29=1379	6,7x37,5	235	
3/8"	77						
		6	3/8"-1/4"	6*5000/29=1035	4,75x25	244	
1/4"	71						
TOPLAM		29	Toplam Numune	5000 gr (A)	Toplam Geçen	1179 (B)	23,58

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

Şekil 3.13: Yassılık Deney Düzeneği



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş. Geliştirme Başmüh.Lab.-Diyarbakır

3.3.1.7 Kaba Agreganın Görünür (Zahiri) Özgül Ağırlığı ve Absorbsiyonu Deneyi (ASTM C127, TS EN 1097-6)

Gradasyonu Şartname Limitleri içinde olan malzemelerin elek analizindeki No.4 üzerinde kalan malzeme miktarının ağırlık olarak, toplam agrega ağırlığına bölünmesiyle elde edilecek kat sayısının, No.4 üzerinde kalan kısmındaki her elek açıklığı üzerinde kalan malzeme miktarlarının çarpımlarında elde edilen değerlerin toplamı bize özgül ağırlık deneyi için yeterli olan 1000-1500 gr miktarını verir.

- a) Gradasyona göre hazırlanan 1000-1500 gr arasındaki No.4 üstü malzeme iyice yıkanarak serbest ve yapışık tozlardan temizlenir.
- b) Üzerini kapatacak şekilde su ilave edilerek yirmidört saat bekletilir. Suyun sıcaklığı (15 -20 °C) hava kabarcıklarının son buluncaya kadar 15-30 dakika vakkum yapılır.
- c) Agregaya sudan çıkartılarak Tel sepet içine boşaltılıp 25 °C 'deki su banyosu içine daldırılıp sepet, kova kenarlarına değmeyecek ve tel sepetin üstünde 5 cm su kalacak şekilde teraziye tespit edilir. Su içindeki ağırlığı (B) bulunur.
- d) Su banyosundan çıkarılan malzeme temiz ve kuru bir havlu içine boşaltılır yüzeyinde su kalmıyacak şekilde kurutulur. Bütün malzeme havlu ile kurutulduktan sonra derhal tartılarak Doygun Yüzey Kuru (D.Y.K) ağırlığı (C) bulunur.
- e) Malzeme 110 °C 'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur.
- f) Etüvden çıkarılan numune oda sıcaklığında 1-3 saatte soğuduktan sonra tartılıp Kuru Ağırlığı (A) bulunur.

A=Agreganın Havadaki Kuru Ağırlığı

B=Agreganın Sudaki Ağırlığı

C= Agreganın Doygun Yüzey Kuru Ağırlığı

Kaba Agreganın Özgül Ağırlığı = (A) / (A-B)

Kuru Özgül Ağırlık = A / (C-B) Doygun Yüzey Özgül Ağırlık =B/(C-B)

Zahiri Görünür Özgül Ağırlık =A/ (A-B) Su Emme Yüzdesi =(C-A)/A

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler.

Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği.
Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.1.8 İnce Agreganın ve Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı ve Absorbsiyonu Deneyi

- a)** Kuru ve temiz piknometre tartılıp ağırlığı (a) alınır.
- b)** Piknometre damıtık su ile doldurulur. 25 °C 'de su banyosunda 1,5 - 2 saat kadar bekletilir. Banyodan çıkarılan piknometre yumuşak bir havlu ile kurutulur. Süzgeç kağıdı ile kapak civarında kalan sular emilir ve tartılarak (b) tespit edilir.
- c)** Gradasyona göre hazırlanan malzemedan 100-120 gram arasındaki ince agrega (No.4-No.200) veya Filler (No.200) iyice yıkanarak serbest ve yapışık tozlardan temizlenir üzerine kapatacak şekilde su ilave edilerek yirmidört saat bekletilir. Bu süre sonunda serbest su süzülerek akıtılır en son su pipetle alınır. Numune su emmeyen geniş bir madeni tepsi içine yayılır. Numune Doygun Yüzey Kuru (D.Y.K) hale gelinceye kadar kaşıkla karıştırılır, bundan sonra numune konik kalıba gevşekçe yerleştirilir, yüzü dövme çubuk ile 25 defa hafifçe tokmaklanır ve kalıp şaküllü olarak kaldırılır. Eğer agrega konik şeklini muhafaza edemiyorsa içinde daha rutubeti var demektir. Korutma işleme yukarıdaki gibi devam ettirilir. Koniklik şeklinde serbestçe bozulma varsa ince agreganın doygun yüzey kuru (D.Y.K) hale geldiğini belirtir. Numune tartılarak (E) ağırlığı alınır.
- d)** Bu numune 110 °C 'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Etüvden çıkarılan malzeme oda sıcaklığında 1-3 saat soğuduktan sonra tartılarak alınır, piknometre içine konur ve piknometre kapağı kapatılarak tartılır (c) ağırlığı bulunur.
- e)** İçinde malzeme bulunan piknometre yarıya kadar damıtık su ile doldurularak yirmidört saat bekletilir. Bu sürenin sonunda 15-30 dakika vakuma bağlanarak havası emilir. Hava kabarcıklarının çıkması sona erinceye kadar hava emilmelidir. Eğer laboratuarda vakum yok ise 5-10 dakika kaynatılır.
- f)** Sonra kendi haline bırakılarak ince agreganın çökmesi beklenir. Üstte berrak su hasıl olunca piknometre damıtık su ile taşıncaya kadar doldurulur.
- g)** Piknometre kapağı hava kabarcığı kalmıyacak şekilde kapatılır ve 25 °C 'lik su banyosunda 1-1, 5 saat bekletilir.
- h)** Banyodan çıkarılan piknometrenin kapak civarındaki hava kabarcığı olup

olmadığı kontrol edilip, varsa üzerine 25 °C sıcaklıkta damıtık su ilave edilerek kapak yeniden kapatılır. Piknometre yumuşak havlu veya süzgeç kağıdı ile iyice kurutularak tartılır (d) ağırlığı bulunur.

a= Piknometre boş ağırlığı (gr)

b= Piknometrenin su ile dolu ağırlığı (gr)

c= Piknometrenin içinde kuru numune ile birlikte ağırlığı (gr)

d= İçinde numune olan piknometrenin, numune üzerinde kalan kısmı su ile doldurularaktan sonraki ağırlığı (gr)

E= Doygun Yüzey Kuru (D.Y.K) malzemenin ağırlığı (gr)

Görünür (Zahiri) Özgül Ağırlık= (c-a) / ((b-a)-(d-c))

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.1.9 Kaba Agreganın Su Absorbsiyonu Yüzdesinin Tespit Edilmesi Deneyi

Kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesini (%) tespit etmek için yıkanıp kurutulmuş gradasyona uygun malzemeden, 4 nolu elek (4, 76 mm) üzerinden kalan kısmından en az 2 kg agrega alınır.

- a) Yıkanıp kurutulmuş malzemeden, karışımın gradasyonuna uygun olarak yeterli miktarda deney numunesi alınarak tartılır. Bu ağırlık (A) ağırlığıdır.
- b) Numune bir tepsiye koyulur, üzerini kapatacak şekilde su doldurulur ve yirmidört saat bekletilir.
- c) Bu süre sonunda sudan çıkartılan agrega daneler üzerinde su tabakası görülmeyecek biçimde bir havlu ile kurutularak Doygun yüzey kuru ağırlık haline getirilir. Kurulama ve deneyi yürütme esnasında agrega etrafındaki suyun buharlaşmasına ve agrega kabına engel olunmalıdır.
- d) Doygun yüzey kuru haldeki agrega tartılarak (B) ağırlığı bulunur.
- e) Sonra 110 °C 'lik etüve atılarak sabit ağırlığa kadar kurutulur, soğuduktan sonra tekrar tartılır. Bu ağırlık yine (A) ağırlığıdır. Malzemeyi suya yatırmadan önce yıkayıp

kurutulmuş gradasyona uygun olarak aldığımız malzeme ağırlığı ile deney sonundaki ağırlık birbirini tutuyorsa, deneyi yürütürken malzeme kaybı olamamış demektir.

A= Etüvde kurutulmuş malzemenin havadaki ağırlığı

B= Doygun yüzey kuru haldeki malzemenin havadaki ağırlığı

$$\text{ABSORBSİYON YÜZDESİ (\%)} = 100 \cdot (B-A) / A$$

Absorbsiyon deneyi için (Şekil 3.14)'de deney düzeneği verilmiştir (TIRMAN, S., (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Şekil 3.14: Kaba Agrega Yoğunluk Deneyi Düzeneği



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş. Geliştirme Başmüh.Lab.-Diyarbakır

3.3.1.10 Agreganın Bitüm İçersindeki Özgül Ağırlığının Tespiti Deneyi

Bu Deney yönetimiyle kaba, ince harmanlanmış agreganın bitümlü doymuş halde özgül ağırlığı tespit edilir.

Kaba, ince veya harmanlanmış agreganın su absorpsiyonu değeri yüzde 2, 5' den büyük olduğu durumlarda, özgül ağırlık tahmininde bu metod uygulanır. Deneyin yapılışı aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- a) Temsili alınmış 1000 gram kadar kaba agrega veya 1500 gram harmanlanmış agrega numunesi alınır. Kaplama karışımında kullanılacak bitümlü bağlayıcı 4-5 litre kadar alınır.
- b) Agrega numunesi 110 °C 'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur ve soğulduktan sonra tartılarak (A) ağırlığı belirlenir.
- c) 155± 5 °C 'ye kadar ısıtılmış bağlayıcıdan, 4-5 litre hacminde suda tartılmaya

elverişli numune kabına derinliğinin 1/3 'ü doluncaya kadar boşaltılır, içine spatül bırakılır ve 25 °C 'ye kadar soğumaya bırakılır.

d) Numune kabı içindeki bağlayıcı soğuduktan sonra, içinde spatula olduğu halde önce havada tartılarak (B) ağırlığı, sonrası 25 °C 'lik su içerisinde tartılarak (C) ağırlığı belirlenir.

e) Agregada numunesi ve içerisindeki bitüm, spatüla bulunan numune kabı 145 °C 'lik etüve konur, en az dört saat bekletilir.

f) Agregada ve bitümün bulunduğu kaplar etüvden çıkarıldıktan sonra, bitüm spatül ile ağır ağır karıştırılmaya başlanır ve agregada bitüm içerisine dökülür. Bu arada karışım içinde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilmelidir. Bu iş için dışardan bir titreşimde uygulanabilir. Soğuma sırasında karışımın sathına alev uygulanmak suretiyle buradaki kabarcıklarda giderilebilir.

g) Bu karışım 255± 1 °C 'ye kadar soğutulur. Sonra numune kabı ve içerisindeki spatüla, bitüm, agregada, hep birlikte havada tartılarak (E) ağırlığı belirlenir.

h) Bitüm içerisindeki agreganın Özgül Ağırlığı = $A/((D-E)(B-C))$ formülünden hesaplanır.

A=Etüvde kurutulmuş agregada ağırlığı (gr)

B= Numune kabı+spatüla +bitüm havadaki ağırlığı (gr)

C= Numune kabı+spatüla +bitüm sudaki ağırlığı (gr)

D= Numune kabı+spatüla +bitüm ve agreganın havadaki ağırlığı (gr)

E= Numune kabı+spatüla +bitüm ve agreganın sudaki ağırlığı (gr)

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.1.11 Agregada Kil Topraklarının Yüzdesi (%) Tespiti Deneyi

Bu deneyin amacı agreganın içindeki kil toprakları yüzdesini tespit etmektedir.

a) Karışımın gradasyonuna uygun olarak yeterli miktarda numune alınır.

- b) Numune içindeki kil topraklarını parçalamadan en uygun şekilde kuvarter edilerek alınır.
- c) Alınan numune No.4 elekten alınarak kaba ve ince diye ikiye ayrılır.
- d) Numuneler 110 °C 'lik etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur.
- e) Kurutulan agregalar kaba ve ince elek serilerinden alınarak dane gruplarına ayrılır.
- f) Karışımın gradasyonuna uygun olarak her elek üzerinde (Tablo 3.17)'de gösterilen miktarlardan az olmamak üzere numune (A) tartımı tespit edilir.
- g) Değişmez boyuttaki numuneler ayrı ayrı geniş kaplar içine konurak, ince bir tabaka halinde yayılır, üzeri su ile örtülerek yirmidört saat bekletilir.
- h) Süre sonunda su dikkatle boşaltılır, parmakla ezilip ince parçalara bölünebilen daneler parçalanır ve bu yumuşak daneler kil topağı olarak kabul edilir.
- i) Parçalanabilen bütün daneler ufalandıktan sonra (Tablo 3.17)'de gösterilen eleklerden musluk altına yıkanarak elenir.
- j) Yıkanan agregası 110 °C 'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur (B) tartımı yapılır.

Kil Topakları Yüzdesi (%) = $100 * (A-B) / A$ formülünde her boyuttaki agregası için ayrı ayrı yapılır.

A= Numunenin ilk ağırlığı

B= Numunenin yıkandıktan sonraki ağırlığı

- k) Her boyut için bulunan kil toprakları yüzdesi (%) malzemenin gradasyonuna göre düzeltilerek, düzeltilmiş kil toprakları yüzdesi (%) tespit edilir.

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Tablo 3.17: Agregada Kil Topaklarının Yüzdesinin (%) Tespiti

Agreganın Dane Boyutu	Alınacak Numune Miktarı (gr)	Yıkama Eleğinin Boyu
1 1/2" den büyük	5000	No.4
1 1/2"-3/4"	3000	No.4
3/4"-3/8"	2000	No.4
3/8"- No.4	1000	No.8
No.4- No.16	100	No.30

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

3.3.1.12 Kırılmışlık Yüzdesi (%) Tespiti Deneyi

Kırılmışlık yüzdesi (%); en az bir veya daha fazla yüzü kırılmış agregaların ağırlıkça toplam agregaya miktarına oranıdır. Bitümlü kaplama ve karışımlarda kullanılacak agregaların No.4 eleği üzerinde kalan kısmının, şartnamesinin gerektirdiği en az oranda ağırlıkça ağırlıkça bir veya daha fazla yüzünün kırılmış olması gerekir. Agregaların kırık yüzeylerinin fazla olması, işlenebilirliği ve bütüm tarafından daha iyi sarılmasını sağlar. Deneyin yapılışı aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- Gradasyonu uygun yıkayıp kurutulmuş agregadan No.4 eleği üzerinde kalan kısmından, kaplamanın en büyük dane boyutuna göre deney numunesi alınır ve (A) ağırlığı olarak tespit edilir.
- Agregalar gözle kontrol edilerek, en az bir veya daha fazla yüzü kırılan ve kırılmayan agregalar olmak üzere iki kısma ayrılır.
- Kırık agregalar tartılarak (B) ağırlığı bulunur.
- Kırılmışlık yüzdesi (%) = $100 * B / A$ formülü ile bulunur.

A= Toplam agregaya ağırlığı

B= Kırık agregaya ağırlığı

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.1.13 Kaba ve İnce Agreganın Yoğunluğu Deneyi

Kaba ve İnce agreganın yoğunluğu İki metod ile deneyi yapılır.

Sıkıştırma Metodu

Bu metod dane çapı 2 inç veya daha ufak çaptaki agregalara tatbik edilir.

- a) Gradasyona göre alınmış agrega (Kaba veya İnce) iyice karıştırılarak havada kurutulur.
- b) Ölçeğin boş ağırlığı (A) tartılarak bulunur.
- c) Ölçeğin su ile dolu ağırlığı (B) tartılarak alınır.
- d) Ölçek üçte bir yüksekliğe kadar havada iyice kurumuş agrega (kaba veya ince) ile doldurulur. Satış elle tesviye edildikten sonra 16 mm çubukla 25 defa sert olmamak üzere çubuklanır.
- e) Ölçek ikinci, üçte bir yüksekliğe kadar doldurularak yine 25 defa yalnız ikinci tabakaya nüfus edecek kuvvetle çubuklanır.
- f) Ölçek son olarak taşarcasına doldurulur yine 25 defa çubuklanır ve fazla malzeme çubuğun uzunluğu ile bertaraf edilir.
- g) Ölçek içindeki sıkışmış agrega ile tartılarak (D) ağırlığı bulunur.

$$A = \text{Ölçeğin boş ağırlığı (kğ)}$$

$$B = \text{Ölçeğin su ile dolu ağırlığı (kğ)}$$

$$D = \text{Ölçek içindeki agrega birlikte ağırlığı (kğ)}$$

$$\text{Ölçeğin Hacmi} = (B-A)/1000 \text{ kğ/m}^3$$

$$\text{Agreganın Yoğunluğu} = 1000 * (D-A) / (B-A)$$

Gevşek Ağırlık Metodu

Bu metod dane çapı 4 inç veya daha küçük agregalara tatbik edilir.

- a) Ölçeğin boş ağırlığı tartılarak (A) alınır.
- b) Ölçeğin su ile ağırlığı (B) alınır.
- c) Ölçek havada kurutulmuş gradasyona uygun malzeme kürekle doldurulur dane ayrımı olmamasına dikkat edilir.
- d) Ölçekteki agrega sathı elle veya fazla çıkıntıların boşlukları doldurulması temin edilerek tesviye edilir.
- e) Ölçek içindeki agrega ile birlikte tartılarak (D) ağırlığı alınır.

$$A = \text{Ölçeğin boş ağırlığı (kğ)}$$

B= Ölçeğin su ile dolu ağırlığı (kg)

D= Ölçek içindeki agrega birlikte ağırlığı (kg)

Ölçeğin Hacmi = (B-A)/1000 kg/m³

Agreganın Yoğunluğu =1000*(D-A) / (B-A)

Kaba ve İnce agregalarının yoğunluğu hesaplanması ile ilgili örnek deneyi (Tablo 3.18)'de verilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Tablo 3.18: Kaba ve İnce Agreganın Yoğunluğu için Örnek Deney Tablosu

METOD		Kaba Agrega		İnce Agrega	
		Sıkışık	Gevşek	Sıkışık	Gevşek
Agreganın en büyük dane çapı (cm)		3/8"	3/8"	No.4	No.4
Ölçeğin Boş Ağırlığı (kg)	A	7.430	7.430	1.790	1.790
Ölçeğin Su Dolu Ağırlığı (kg)	B	21.590	21.590	4.622	4.622
Ölçeğin Agrega Dolu Ağırlığı (kg)	D	31.005	27.929	7.105	6.485
Ölçeğin Hacmi (m ³)	(B-A)/1000	0,01416	0,01416	0,002832	0,002832
Agreganın Yoğunluğu (kg/m ³)	1000*(D-A)/(B-A)	1664,90	1447,70	1876,70	1657,80

Kaynak: TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır

3.3.2 Bitüme Uygulanan Deneyler

Bitümlü bağlayıcılara uygulanan deneyler, bağlayıcını teknik şartnamelerde istenilen kurallara uygun olup olmadığının belirlenmesi için yapılır.

3.3.2.1 Penetrasyon Deneyi (TS EN 1426, ASTM D5)

Penetrasyon kelime anlamı batma ve içe girmedir. Penetrasyon deneyi ile asfalt çimentosunun sertlik ve kıvamlılıkları tayin edilir.

Penetrasyon, standar bir iğnenin belirli bir yük altında belirli süre içinde ve belirli sıcaklıkta asfalt numunesi içine dikey olarak batma mesafedir. Göstergedeki bölümler santimetrenin 1/100'ü kadardır. Aletin göstergesindeki her bölüm 0,1 mm ' yi gösterir.

Penetrasyon ile kıvamlılık ters orantılıdır. Yani penetrasyon artıkça asfalt yumuşar. Deneyde kullanılan aletler; Penetrasyon cihazı (iğne ve göstergeden ibarettir batmaya müsait kısmı 4-4,5 cm), Numune kabı, Su banyosu, Taşıma kabı ve Kronometredir. Penetrasyon deneyi;

- a) Penetrasyon cihazı düzgün bir yere yerleştirilip, gösterge sıfıra getirilir.
- b) 100 gr ağırlığındaki numune kolayca dökülebilecek sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu sıcaklık malzemenin yumuşama noktasından 90 °C 'den fazla olmamalıdır.
- c) Numune hava kabarcıkları, kayboluncaya kadar karıştırılır. Sonra numune kabına dökülerek ağzı kapatılır. Oda sıcaklığında (21 °C -30 °C) 1-1, 5 saat bekletilerek soğutulur.
- d) Numune kabı taşıma kabı ile birlikte 25 °C -71 °C'lik su banyosunda 1, 5 saat bekletilir.
- e) Numune kabını taşıma kabı su dolu olarak penetrasyon cihazı tablasına yerleştirilir.
- f) Penetrasyon iğnesi numunenin yüzeyine ancak degecek şekilde ayarlanır. Bu ayarlama yandan gönderilen ışık altında iğne ucunun su içindeki görüntüsü ile birleştiği durumdur.
- g) İğne 5 saniye süre ile numuneye daldırılır. Beş sanyie sonra iğnenin batma mesafesi göstergeden okunur. Bu değer penetrasyon değeridir.
- h) Penetrasyon kabının kenarından ve birbirine en az 1 cm uzaklıktaki en az 3 okuma yapılır. Bu okumalar en kısa zamanda arka arkaya yapılmalıdır.
- i) Bu üç okumanın cebrik toplamalarının üçe bölümü bize ortalama penetrasyon

değerini verir.

j) İğne her seferinde uygun çözücü ile (karbontetraklorür, benzin, trikloretilen) ısıtılmış bezle silinir.

Penetrasyon deney düzeneği (Şekil 3.15)'de verilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Şekil 3.15: Penetrasyon Deney Düzeneği



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş. Geliştirme Başmüh.Lab.-Diyarbakır

3.3.2.2 Düktilite Deneyi (Uzama veya Çekebilme Deneyi) (TS EN 12589)

Uzama yeteneği fazla olan asfalt çimentoları düktilite değeri daha düşük olan asfalt çimentolarına nazaran daha üstün bağlama yeteneği gösterirler. Bunun yanında çok yüksek düktilite değerine asfalt çimentoları ısı değişimlerine karşı fazla duyarlılık gösteriler. Bu nedenle düktilite değerleri sınırlandırılmıştır.

Düktilite; Asfalt çimentosundan yapılmış standart biriketin belirli bir sıcaklıkta (25 °C) ve belirli bir hızla (5 cm/dak.) kopmadan çekilebildiği uzunluğun cm olarak ifadesine düktilite denir.

Düktilite için gerekli aletler; Pirinç levha, Pirinç kalıp, Su banyosu, Termometre ve Düktilite cihazı olarak sıralanmaktadır.

Düktilite deneyi; vazelenmiş plak üzerine yerleştirilen, gerekli kısımları vazelenmiş kalıba, akıcı hale getirilmiş asfalt numunesi dökülür. Kalıp 30-40 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra 25 °C 'lik su banyosuna konur. Ve 30 dakika bekletilir. Buradan çıkartılan kalıp tesviye edilir, oda sıcaklığına gelmesi beklenir, yine 25 °C 'lik su

banyosuna bırakılarak 1,5 saat bekletilir. Kalıptan çıkartılan asfalt derhal Düktilite cihazındaki yerine konur. Numune kopuncaya kadar dakikada 5cm hızla çekilir. Koptuğu anda cihazın kenarındaki cetvelden uzama miktarı cm cinsinde okunur. Üç deney sonucu ortalaması alınır.

Deney esnasında bitümlü madde suyun üstüne çıkıyor veya cihazın dibine yapışıyor ise deneyde bazı tedbirler tekrarlanır. Suyun dibine çöküyorsa NaCl₂ (tuz) ilavesi ile suyun yoğunluğu azaltılır. Üstüne yüzüyorsa Metil alkol ilavesi ile suyun yoğunluğu azaltılır. Deney bundan sonra tekrar yapılır. Eğer üç deneyde de normal gidişi sağlanamazsa malzeme deney koşullarında düktilitesinin bulunmadığı belirtilir. Düktilite deney cihazı (Şekil 3.16)'da gösterilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Şekil: 3.16: Düktilite Deney Cihazı



Kaynak: Geçkil, 2012

3.3.2.3 Yumuşama Noktası Deneyi (Bilya Halka Metodu) (TS EN 1427, ASTM D36)

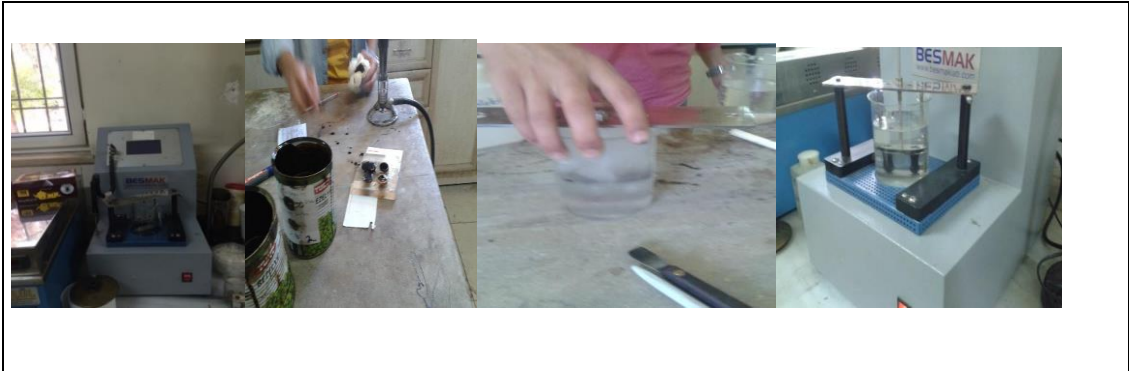
Asfalt çimentosunun ısıya karşı duyarlılığı okside asfaltlara nazaran çok daha fazladır. Asfaltların ısı değişimlerine karşı olan bu duyarlılıklarını ölçmek için halka bilya metodu ile yumuşama noktası tespit edilir.

Bir su banyosu içine yerleştirilmiş üzerinde bir bilya bulunan standart bir halka içindeki bitümlü maddenin belli bir hızla ısıtılması ile yumuşayan maddenin tabanına değdiği anda termometrede okunduğu sıcaklıktır.

Deney için gerekli aletler; Pirinç levha, pirinç halka, Çelik bilya, su banyosu ve Termometre olarak sıralanmaktadır.

Yumuşama noktası deneyi için, pirinç plaka vazelenir, halka üzerine yerleştirilir. Halka akıcı hale getirilen numune ile doldurulur. Bir saat süreyle oda sıcaklığında bekletilir, tesviye edilir, soğuması için bekletilir. Su banyosu 5 °C'ye kadar soğutulmuş su ile 9 cm yüksekliğe kadar doldurulur. Numuneyi taşıyan halkanın alt yüzü banyonun tabanından 2,5 cm yukarıda olacak şekilde kalıp banyoya yerleştirilir. Termometre halkadan 0,5 cm uzaklıkta olacak şekilde banyoya daldırılır. Termometrenin haznesi kalıbın alt sathı ile aynı hizda olmalıdır. Su banyosunun sıcaklığı içinde numune ve bilya 15 dakikada 5 °C'de sabit tutulur. Sonra bilya halka içindeki numunenin tam ortasına yerleştirilir. Banyonun suyu ile ilk üç dakikadan sonra dakikada 5 °C yükseltilecek şekilde ısıtılır. Sıcaklığın artması ile yumuşayan malzemenin banyoya değdiği anda termometreden okunan sıcaklık yumuşama noktası olarak kaydedilir. Yumuşama noktası 80°C üzerinde olan malzemelerde saf su yerine gliserin kullanılmalıdır. Başlangıç noktası sıcaklığı 32 °C olmalıdır. Yumuşama noktası numune hazırlanmasına ait deney düzeneği (Şekil 3.17)'de gösterilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Şekil 3.17: Yumuşama Noktası Deneyi Düzeneği



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş.Geliştirme Başmüh.Lab.-Diyarbakır

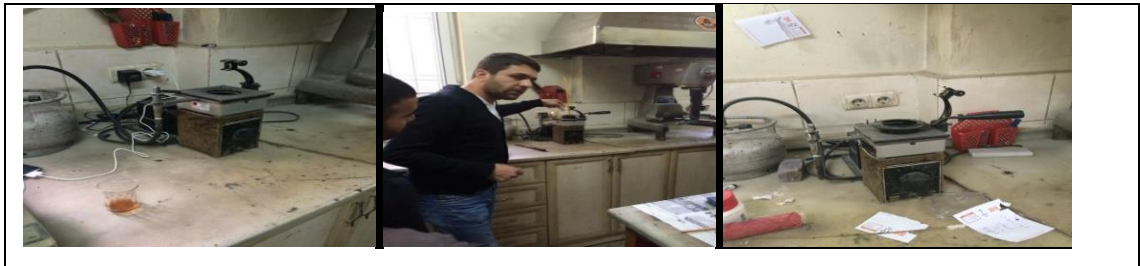
3.3.2.4 Parlama Ve Yanma Noktası Deneyi (TS EN ISO 2592, TS 1171)

Asfalt çimentolarında parlama noktası CLEVELAND açık kabı ile yapılır, burada yanma noktasıda tayin edilebilir. Alev temasında numunenin 5 saniye süre ile yandığı andaki sıcaklık yanma noktasını verir.

Deney için gerekli aletler; Cleveland açık kabı (Deney kabı, ısıtma levhası, ısıtıcı), Termometre ve hava cereyanını önlemek için gerektiğinde kullanılan sacdan yapılmış altı üstü açık kalkan olarak sıralanmaktadır.

Parlama ve Yanma Deneyi için; cihaz hava akımı olmayan bir yere yerleştirilir. Numune kabı 1505 °C-160 °C'ye kadar ısıtılan numune hava kabarcığı kalmayacak şekilde doldurulur. Termometre haznesi kabın dibinden 6, 5 mm yukarıda kalacak ve kabın yarıçapına (ortasına) deney başlangıcında sıcaklık artışı parlama noktasına yaklaşıncaya kadar (28 °C) dakikada 14-17 °C / dakika, bundan sonra ise ortalama 5, 5°C/dakika olmalıdır. Deney alevinin çapı 4 mm olmalıdır. Parlama noktasına 28 °C'ye yaklaşıldığı andan itibaren termometrenin her 3 °C yükselişinde alev numunesinin üzerinde geçirilmelidir. Alev kap üzerinden yaklaşık bir saniyede geçirilir. Numune yüzeyinin herhangi bir noktasında parlama görüldüğü anda okunan sıcaklık parlama noktası olarak kaydedilir. Bu sıcaklık tespit edildikten sonra ısıtmaya aynı hızla devam edilir. Numunenin 5 saniyeden fazla süre ile yandığı yandığı anda termometreden okunan sıcaklık yanma sıcaklığıdır. Sonuçlar barometre basıncına göre düzeltilmelidir. Parlama ve Yanma Deney cihazı (Şekil 3.18)'de gösterilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Şekil 3.18: Parlama ve Yanma Deney Cihazı



Kaynak: Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araş. Geliştirme Başmüh. Lab.-Diyarbakır

3.3.2.5 Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (RTFOT (TS EN 12607-1))

Bu deney ısı ve havanın yarı katı asfaltik maddeler üzerindeki etkilerini ölçmeye yarar. Deney 3.2 mm kalınlığındaki bir asfalt filminin 5 saat süreyle 53 °C sıcaklığındaki döner tablalı bir etüvde ısıtılmasından sonra ağırlık kaybı ile penetrasyon ve duktilite yönünden meydana gelen değişmelerin saptandığı bir deneydir.

Deney için kullanılan aletler; Etüv, Numune kabı ve Termometre şeklinde sıralanmaktadır.

Etüv : Elektrikle ısıtılan 30x30x30 ebadında otomatik kontrollü, dakikada 5,6 devir yapabilen ve üzerinde en az 14 cm çaplı iki numune kabı taşıyan rafı bulunan bir etüvdür.

Numune Kabı: 1 cm yüksekliğinde 14 cm çapında alüminyum veya paslanmaz çelikten yapılmıştır. Kap eğrilmiş olmamalıdır.

Termometre: Sıcaklığı ölçmede kullanılmaktadır.

Dönel ince film halinde ısıtma deneyi, Numune akıcı hale getirilir. 3,2 mm kalınlık teşkil edecek miktardaki malzeme tartılarak numune kabına konur. Numune miktarı şöyle hesaplanır.

Alan (Kabın) $=\pi r^2=3,14*7^2=153,86\text{cm}^2$ Çap=14 cm ;Kalın=3,2mm=0,32 cm özg=1,030

Numune Hacmi=AlanxYükseklik=153,86 x 0,32=49,24 cm^3

Numunenin ağırlığı=hacimxÖzg=49,24 x 1,030=50,72 gr

Numune kabı ısıtılarak asfaltın, kabın her tarafında aynı yükseklikte olması sağlanır (3,2mm) oda sıcaklığına gelen kap tartılır. Numune $163\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 'lik etüvün rafına konur. Sıcaklığın yeniden deney sıcaklığına ulaşması beklenir. Numune 5 saat süreyle $163\text{ }^\circ\text{C}$ 'de tutulur. O süre $162\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye erişmeye ile başlar, deney sonunda etüvden alınan numuneler etüvden çıkartılarak oda sıcaklığında soğutulur. Numunenin ortalaması alınır. Deney sonunda $163\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ısıtılarak penetrasyon ve duktilite için numune hazırlanır. Sonuç olarak;

- i. Ağırlık kaybı
- ii. Malzemenin orjinal penetrasyonu
- iii. Deneyden sonraki penetrasyonun orjinal penetrasyona göre yüzdesi (%)
- iv. Deneyden önceki duktilite
- v. Deneyden sonraki duktilite

Ağırlık kaybı yüzdesi (%) = $100*(\text{ilk ağırlık} - \text{son ağırlık})/(\text{ilk ağırlık})$ formülü ile bulunur.

Örneğin; Boş ağırlığı=42, 2; Dolu ağırlığı = 92,8 ; Deneyden sonra dolu kap= 92,50

İlk ağırlık =92,80-42,20=50,60

Son ağırlık=92,50- 42,20=50,30

Ağırlık kaybı yüzdesi (%) = $100*(\text{ilk ağırlık}-\text{son ağırlık})/(\text{ilk ağırlık})$

Ağırlık kaybı yüzdesi (%) = $100*(50,60-50,30)/50,60=\text{yüzde } 0,59\text{ }(\% 0,59)$

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler.

Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği.
Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.2.6 Çözünürlük Deneyi (TS EN 12592)

Bu deney içinde çok az veya hiç mineral malzeme bulunmayan katran veya asfalt gibi bitümlü malzemelerin organik çözücülerdeki çözünürlüğünün tespitidir. Burada kullanılan çözücüler karbon di sulfur, karbon tetra klorür, benzen ve triklor etilendir. Belirtilen dört çözücüler de zehirli olup ilk üçü kolay yanıcıdır. Dolayısı ile deneyde triklor etilen tercih edilir.

Deney için kullanılan aletler; Dibi delikli porselen gooch krozesi, lastik adaptörlü süzme hunisi, yan taraftan çıkışlı süzme erleni.

Çözünürlük deneyi, önce gooch krozesi sabit tartıma getirildikten sonra 0,5 gramlık asbest tozu veya amyant tozu olacak şekilde dibi asbestle sapanır. Sabit ağırlığı getirilen kroze tartılır. 2 gram numune darası alınmış erlende 0,1 mg veya 1 mg hassasiyetle tartılır, üzerine azar azar 100 ml çözücü konup sürekli karıştırılarak numunenin çözülmesi sağlanır. Erlenin ağzı kapatılarak 15 daikak bekletilir. Daha önceden hazırlanıp tartılan gooch krozesi süzme hunisine yerleştirilir. Krozenin dibindeki asbest çözücü ile ıslatılır ve karışım süzülür. Süzülen karışım renksiz oluncaya kadar yıkanır. Kroze çıkarılıp 110 °C 'lik etüvde kurutulur. Soğutulup tartılır

A= Boş kroze ağırlığı (amyantlı)

$D=100 \times (B-A)/C$

B= Dolu kroze ağırlığı

$E=100-D$

C=Numune miktarı

D=çözünmeyen Madde yüzdesi (%)

E=Çözünen Madde yüzdesi (%)

Örneğin; Boş erlen ağırlığı =81, 9374 gr, Dolu erlen ağırlığı=83, 9307 gr, Boş kroze ağırlığı=17, 0694 gr, Dolu kroze ağırlığı=17, 0774 gr

Yüzde (%) Çözünürlük =?

Numune miktarı= Dolu erlen-Boş erlen=83, 9307-81, 9374=1, 9933 gr

Çözünmeyen kısım= Dolu kroze- Boş kroze =17, 0774-17, 0694=0, 0080 gr

Çözünmeyen madde yüzdesi (%) = $D = 100 \times (\text{dolu kroze}-\text{boş kroze})/\text{Numune miktarı}$

$$D=100*(17,0774-17,0694)/1,9933$$

$$D=\%0,4$$

Çözünen madde yüzdesi (%) = $1 - \%0,4 = \%99,6$

(Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araş. Geliştirme Başmüh. Lab. - Diyarbakır). (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No:2. Diyarbakır).

3.3.2.7 Leke Deneyi (Ksilen Eşdeğeri Metodu)

Bu deney ham petrolün damıtılması sırasında elde edilen asfaltik ürünlerin kraking'e uğrayıp uğramadıklarını veya uğramışlarsa uğramış derecelerini tayin eden bir deneydir.

Kraking derecesi ksilen eşdeğerinin tayini ile belirlenir. Bu deney sadece petrol kökenli asfalt numunelerine uygulanır. Organik bileşiklerinin, genellikle ağır petrol ürünlerinin özel şartlar altında ısıtılması ile daha küçük molekül ağırlıklı petrol ürünlerine dönüştürülmesine kraking denir. Deney için kullanılan cihazlar; sokslet balonu (500 cc'lik dibi düz balon), Mantar tıpa (içine 20 cm uzunluğunda cam boru geçirilmiş), süzgeç kağıdı (orta güzenekli No:50) ve su banyosu olarak sıralanmaktadır.

Leke Deneyinin için; akıcı hale gelen 20 gr numune balona alınır. Gerekteğinde balon ısıtılarak numunenin balonun dibinde ince bir film olacak şekilde yayılması sağlanır, bilahare balon oda sıcaklığına getirilir. Balona pipetle 10 ml ticari adı Skelly-solve konur ve ağzına cam boru geçirilmiş mantar tıpa takılır ve 5 dakika hızlı ve dairesel hareketle dönderilerek karıştırılır. Balon boynuna kadar kaynayan suya batırılır. Balon muhtevası çözününceye kadar her dakikanın son 5 saniyesinde döndürülerek karıştırmak sureti ile balon 8 dakika banyoda tutulur. 8 dakikanın sonunda numune çözünmezse ikinci bir numune hazırlanır ve işlemlere gliserin (115 °C) banyosunda devam edilir. Numune tamamen dağılınca cam boru altı ucu çözeltiye batıncaya kadar boru balonun içine itilir ve 30 dakika oda sıcaklığında bekletilerek soğutulur sonra 15 dakika 32 °C 'lik su banyosunda tutulur. İyice karıştırılıp cam boru ile bir damla alınıp süzgeç kağıdına konur, süzgeç kağıdında meydana gelen leke 5 dakika sonra dikkatle incelenir. Eğer damla ortası koyu bir leke meydana getirmiş ise deney sonucu pozitifdir. Yani kraking vardır. Eğer damla düzgün kahverengi daire şeklinde bir leke meydana getirmiş ise sonuç negatifdir. Yani kraking yoktur.

Leke deneyi sonucu pozitif olan asfaltik maddeler için gerektiğinde krakinge uğramanın derecesini bulmak için 'Ksilen eşdeğeri' tayini yapılır (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır) .

3.3.2.8 Özgül Ağırlık Deneyi (TS 1087)

Bitümlü maddenin özgül ağırlığı bunların 25 °C 'de hacmi bilinen bir miktarının ağırlığının aynı sıcaklıkta ve aynı hacimdeki suyun ağırlığına bölünmesi ile elde edilen orandır. Özgül ağırlık $25/25^0$ şeklinde gösterilir. Birimi yoktur.

Hidrometre Yöntemi

Çok akıcı bitümlere uygulanır. Numune sıcaklığı 25 °C'dir. Hidrometreden okunan değer 15 °C 'deki suyun özgül ağırlığının birim kabul edilmesine dayanır. Pratikte ise 25 °C'lik özgül ağırlık istenir. Dolayısı ile bulunan değer 1,002 ile çarpılması gerekir. Özgül ağırlık $=25/25^0 =$ özgül ağırlık $25/15^0 \times 1,002$ hidrometre bastırılarak sokulduğunda kendiliğinden yukarı çıkamıyorsa madde yüksek vizkoziteli demektir. Bu maddeye Piknometre yöntemi uygulanmalıdır.

Piknometre Yöntemi

Sıvı petrol asfaltları ve asfalt emülsiyonları için uygulanır. Asfalt çimentoları içinde uygulanır.

Piknometrenin ağzı kapağın içine oturacağı şekilde traşlanmıştır. Cam kapak içinde kılcal çıkış boruları vardır.

Sıvı Petrol Asfalt ve Asfalt Emülsiyonlarında Özgül Ağırlık Tayini Deneyi

Önce piknometre temizlenip kurutulup kapağı ile 1 mg duyarlı terazide tartılır. Sonra piknometre saf su ile doldurulup kapağı kapatılır, içinde hava boşluğu olmamalıdır. 25 °C'deki su banyosunda en az 40 dakika tutulur, dış sathı kurulanıp tartılır. Kuru piknometre daha sonra hava kabarcığı olmamasına dikkat edilerek özgül ağırlık tayin edilecek sıvı ile doldurulur, sıvının fazlası kapak üstündeki delikten atılır. Piknometre 25 °C'lik su banyosunda en az 40 dakika bekletilir.

A=Boş Piknometre

B=Piknometre +Su ağırlığı

C= Piknometre +Numune ağırlığı

Özgül Ağırlık $25/25^0=(C-A) / (B-A)$ formülü ile bulunur.

Asfalt Çimentolarının Özgül Ağırlık Tayini

Tam akıcı olmayan numunelerde ise piknometre akıcı hale getirilen sıvı ile yaklaşık yarısına kadar doldurulur. Numune kabın üst sathına, cidarına bulaşmamalı ve hava kabarcığı olmamalıdır. Piknometre 25 °C'lik su banyosunda (40 dak) bekletildikten sonra kapağı ile tartılır. Piknometrenin geri kalan kısmı su ile doldurulur kapağı kapatılır, 25 °C'lik su banyosunda en az 40 dakika tutulur, alınıp kurutulur ve hemen tartılır. Özgül Ağırlığı piknometre ile tespiti düzeneği (Şekil 3.19)'da verilmiştir.

E= Piknometre +Yarısına kadar numune+ Su

D= Piknometre +Yarısına kadar numune dolu

A=Boş Piknometre ağırlığı

B= Piknometre + Su dolu ağırlığı

Özgül ağırlık $25/25^0 =[(D-A)] / [(B-A)-(E-D)]$

Özgül ağırlık tayininde şu hususlara dikkat edilecektir.

- i. Kullanılacak su saf su olmalıdır.
- ii. Piknometre kurulanırken el ısısı ile ısınıp genleşmemeli
- iii. Piknometre doldurulurken ve kapağı kapatılırken içinde hava kabarcığı olmamalıdır.
- iv. Tartımlar çabuk yapılmalı hassasiyet 1 mg olmalı
- v. Bulunan özgül ağırlık deneyleri arasındaki fark '0 ,005' I geçmemelidir.

Örneğin,

Piknometre ağırlığı=23, 01

Su + Piknometre= 73, 19

½ numune +Piknometre =55, 10

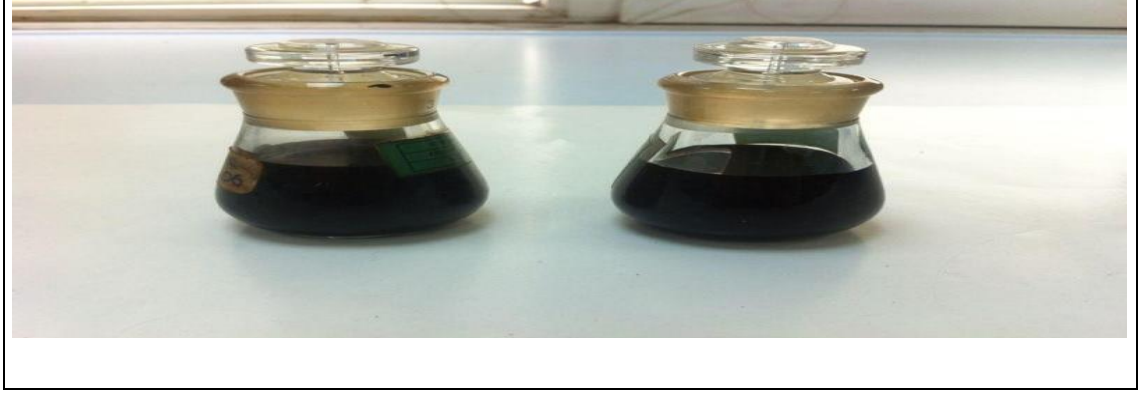
½ numune+Piknometre+1/2 su =74, 60

Özgül ağırlık= $[(55-10-23,01)] / [(73,19-23,01)-(74,60-55,10)]=32,09/30,68=1,046$

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği.

Yayın No: 2. Diyarbakır).

Şekil 3.19: Özgül Ağırlığının Piknometre ile Tespiti



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş.Geliştirme Başmüh.Lab.-Diyarbakır

3.3.2.9 Viskozite Deneyi (Saybolt-Furol Viskozitesi) (TS 117)

Sıvı asfaltların viskozitelerini ölçmeye yarayan özel bir deney olup, 60 cm³ sıvı asfaltın belirli çaptaki bir delikten belirli bir sıcaklıkta akma süresidir.

Viskozite sıcaklıkla değiştiğinden her sınıf sıvı asfaltın en uygun akma süresini veren sıcaklık seçilmiş ve tespit edilmiştir.

Viskozite standart tüp olarak Üniversal delikli tüp kullanılırsa Saybolt üniversal viskozite, furol delikli tüp kullanılırsa Saybolt-Furol viskozitesi elde edilmiş olur.

Akma zamanı 32 saniyeden fazla olan yağlar ve damıtlanmış petrol ürünlerinin viskozitesi Saybolt üniversal ile tespit edilir. Saybolt furol viskozitesi ise akma zamanı 25 saniyeden fazla olan fuel-oil ve benzeri destilasyon ürünlerine uygulanır.

Saybolt-Furol ise akma süresi 1000 Saybolt Üniversal saniyeden fazla olanlara uygulanır.

Üniversal Viskozite =10x Furol Viskozite

Viskozite deneyi, viskozitenin yağ banyosundan satandard bir yağ bulunmalı, deney sırasında viskozimetre cihazı hava akımlarının etkisinde kalmamalı ve deney numunesi toz ve buhardan etkilenmemelidir.

Viskozite deneyi için, önce deney tüpü hazırlanır ve temizlenir. Numune tüpe bırakılmadan öncev 160 mikron elekten süzülür. Tüpün altlığına hava ve sıvının sızmasına engel olacak şekilde kolayca tüp çıkabilen mantar tapa takılır.Banyo sıcaklığı ayarlanarak istenilen sıcak temin edilir. Tüp içindeki numune cam bagetle karıştırılarak sıcaklık kontrol edilir. Bir dakikalık karışım sonunda sıcaklık değişmiyorsa termometre ve cam baget tüpten çıkartılır.

Numune deney tüpünün işaretli yerine kadar doldurulmuştur. Toplama kabı deney tüpünün ve ilk damla kabın kenarına değecek şekilde ve özel yerine konur. Tüpün mantarı çekilir, ilk damla toplama kabının kenarına kenarına değdiği anda kronometre çalıştırılır. Kap işaretli yere kadar dolunca kronometre dordururlur, aradaki zaman saniye cinsinden Saybolt vizkozitesi değeridir.

Kinematik vikožite belli hacimdeki bir sıvının çok hassas kontrol edilen bir sıcaklıkta kalibra edilmiş bir kılcal borudan çıkarak geçmesi için gereken süre ölçülür. Vizkozite deney düzeneği (Şekil 3.20)'de verilmiştir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Şekil 3.20: Viskozite Deney Düzeneği



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş.Geliştirme Başmüh.Lab.-Diyarbakır

3.3.2.10 Destilasyon Deneyi (TS 122)

Bu deney standart bir balon içindeki bitümlü maddenin belirtilen ısıtma hızlarıyla 360 °C'ye kadar damıtılması ile elde edilen belirli sıcaklıktaki fraksiyonların toplam destilataya göre hacmen yüzdelerinin (%) bulunmasını sağlar.

Deneyde kullanılan cihazlar; Balon (500 millimetrelilik (cc) standart destilasyon balonu), Soğutucu (25 cm uzunluğunda su soğutucu), Boynuz (Soğutucuda yoğunlaşan sıvının mezure akmasını sağlayan cam boru), Kalkan (Hava akımından korunmak için), Toplama Kabı (100 cc 'lik mezür), Kalıntının konacağı kap ve Termometre olarak sıralanmaktadır.

Destilasyon Deneyi için; cihaz koru halde kurulur, numune iyice karıştırılır, gerekirse ısıtılır, balona 200 cc numune alınır. Numune ağırlığı şöyle hesaplanır.

$$\text{Ağırlık} = 200 \times \text{Özgül ağırlık } 25/25^0$$

Isıtma hızı balonun çıkış borusu ucundan ilk damlanın 5 ile 15 dakikada olmasını sağlayacak şekildedir.

Gerekli damlama hızlarına göre destilasyon devam edilir. Fraksiyonlar 225 °C -360 °C arası kadar alınır. Isıtma sırasında numune köpürürse ısı yavaşlatır.

Termometre 360 °C'yi gösterince deneye son verilir. Kalıntı 10 saniyede kendi kabına alınır. Kalıntı soğuyup buharlaşma azalınca iyice karıştırılıp gerekli deneyler için (penetrasyon, düktilite) kalıplara dökülür. 360°C'ye kadar geçen toplam destilatın aşağıdaki sıcaklıklarda verilen fraksiyonları toplam destilatın hacmen yüzdesi (%) olarak hesaplanır.

Örneğin;

Numune miktarı 200 cc

$$225 \text{ °C destilat hacmi} = 17 \text{ cc} \quad 17 \times 100 / 90 = 19$$

$$260 \text{ °C destilat hacmi} = 50 \text{ cc} \quad 50 \times 100 / 90 = 56$$

$$316 \text{ °C destilat hacmi} = 75 \text{ cc} \quad 75 \times 100 / 90 = 83$$

$$360 \text{ °C destilat hacmi} = 90 \text{ cc} \quad 90 \times 100 / 90 = 100$$

$$225 \text{ °C} \quad \% = 19$$

$$260 \text{ °C} \quad \% = 56 \quad \text{Kalıntı} = 100 * (200 - 90) / 200 = 55$$

$$316 \text{ °C} \quad \% = 83 \quad \text{Kalıntı (AC)} \% = 55$$

$$360 \text{ °C} \quad \% = 100 \quad \text{Çözünen benzin} \% = 45$$

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.2.11 Bitümlü Maddelerde Su Miktarı Tayini

Bu deney bitümlü madde içinde bulunan suyun uçucu bir çözücü yardımıyla damıtılarak hacmen yüzdesini (%) tayinidir.

Deneyde kullanılan cihazlar; Damıtma kabı (500 cc veya 1000 cc dibi yuvarlak), ısıtıcı (cam bolunu ısıtmak için elektrik ocağı veya hava gazı), soğutucu (40 cm'lik geri soğutucu), Su tayini mezürü (10 cc veya 25 cc hacminde ilk cm^3 'ü $0,1 cm^3$ 'e bölümlenmiş diğer kısmı $0,2 cm^3$ 'e bölümlenmiş olmalıdır.) ve Çözücü (bitümlü madde için uygun bir çözücü) olarak sıralanmaktadır.

Bitümlü Maddelerde Su Miktarı Tayini Deneyi için; Denenecek numune miktarı numunede bulunan suyun hacmi su tayin mezürünün kapasitesini aşmayacak şekilde seçilmelidir. Numune sıvı ise iyice karıştırılıp bir mezüre 100 cc alınır balona boşaltılır. Mezür önce 50cc sonra iki defa 25 cc 'lik çözücü ile temizlenir. Katı ise akıcı hale gelinceye kadar ısıtılır, iyice karıştırıldıktan sonra $100 cm^3$ hacmi verecek miktar darası alınmış balona tartılarak alınır. (Numune ağırlığı = Özağırlığı $25/25^0 \times 100$) Üzerine 100 cc çözücü konur, su tayin cihazı çözücüye göre bazı değişiklikler gösterir. Çözücü olarak Ksilol, benzin ve aromatik çözücüler kullanıldığında su bunlardan ağır için tuzağın alt kısmında toplanır. Triklor etilen kullanıldığında ise su daha hafif olduğundan tuzağın üst kısmında toplanır.

Destilasyonun sonunda su tayin mezürü içindekilerle birlikte oda sıcaklığına kadar soğutulur, sonra suyun hacmi dikkatle okunur.

Numunenin su yüzdesi (%) hacim olarak şöyle hesaplanır.

$$\text{Su yüzdesi (\%)} = 100 \times (\text{Su Hacmi}) / (\text{Numune Hacmi})$$

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No:2. Diyarbakır).

3.3.2.12 Engler Vizkozimetresi ile Özgül Vizkozite Tayini (Katranlara Uygulanır)

Engler özgül vizkozitesi, engler vizkozimetresi kullanılarak seçilen bir sıcaklıkta $50 cm^3$ malzemenin akış süresinin saniye olarak değerinin aynı hacimdeki suyun $25 ^\circ C$ 'deki akış süresinin saniye olarak değerine bölünmesi ile elde edilen orandır.

Deneyde kullanılan cihazlar; Engler vizkozimetresi (Yağ banyosu, deney kabı ve tıkaçtan ibaret ayrıca bir karıştırıcı ve termometre tutucu bulunur), toplama kabı ($50 cm^3$ hacminde cam kap), Kohlrausch balonu veya 200 cc ölçeklenen cam mezür ve Termometre olarak sıralanmaktadır.

Vizkozimetrenin kalibrasyonu; vizkozimetrede 200 cc damıtık su 20 °C’de 50-52 saniyede akmaktadır. Kap iyice temizlenir, yağ banyosu 20 °C’de tutulur, tıkaç yerine bağlanır, deney kabı 20 °C ’deki işaretli yere kadar doldurulur. Kapak ve termometre yerine yerleştirilir. Su karıştırılarak 20 °C’da en az 3 dakika 200 cc lik mezür (Kohlrausch) balonu akma deliğinin altına yerleştirilir, tıkaç çevrilir ve kronometre çalıştırılır. Balona akan su işaret çizgisine gelince kronometre durdurulur. Bu süre 50-52 saniye olmalıdır. 20 °C’deki 200 cc suyun akma süresi 0,224 ile çarpılarak 25 °C’deki 50 cm³ suyun akma süresini veren faktör bulunur.

Engler Vizkozimetresi ile Özgül Vizkozite Tayini Deneyi için; vizkozitesinin yağ banyosu istenen deney sıcaklığına getirilir. (40 °C veya 50 °C) Banyo sıcaklığı en çok deney sıcaklığından 1 °C fazla olabilir. Numune süzülerek deney kabına doldurulur. (50 cm³’lük işaretli yere kadar) Toplama kabı akma borusunun altına yerleştirilir. Kapak ve termometre yerine konur, numune 2 dakika kadar karıştırılır. En az 3 dakika deney sıcaklığına gelmesi için beklenir. Tıkaç çekildiği anda kronometre çalıştırılır. 50 cc numunenin tamamen aktığı anda kronometre durdurulur. Özgül vizkozite şöyle hesaplanır.

E= (50 cm³ numunenin akış süresi) / (25 °C’de 50 cm³ suyun akış süresi) veya

E= (Numune akış süresi) / (Suyun akış süresi)

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.2.13 Yüzme Deneyi (Sıvı Petrollerden SC Sınıfına Uygulanır)

Bu deney penetrasyon için çok yumuşak, vizkozite deneyi için çok kıvamlı olan numunenin kıvamlılık tayinini kapsar.

Bu deneyde numune her iki ucu açık olan Yüksük şeklinde bir kalıba dökülür, soğutulur, kalıp alüminyumdan yapılmış bir yüzgecin altına takılır. Belirli sıcaklıktaki su banyosunun altına bırakılır, suyun yüksük içindeki asfaltı itererek yüzgecin içine girmesi için geçen sürenin saniye cinsinden değeri, yüzme değeri deneyidir. O, halde asfalt katılaştıkça yüzme değeri artar

Deneyde kullanılan cihazlar; Yüzgeçler (Alüminyumdan), Yüksük (Pirinçten), Termometre ve Su banyosu olarak sıralanmaktadır.

Yüzme Deneyi için; pirinç yüksük dar ağzı alta gelmek şartı ile vazelinlenmiş pirinç

levhaya oturtulur. Numune en düşük sıcaklığa kadar ısıtılarak akıcı hale getirilir, karıştırılır ve yüksük taşacak şekilde doldurulur. Yüksükteki asfalt kökenli ise (numune) yüksek oda sıcaklığına gelmesi için 15-60 dakika bekletilir, sonra 5 dakika müddetle +5 °C'deki su banyosunda tutulur üstü tesviye edilir. Sonra alttaki pirinç levha ile birlikte 15 dakikadan az, 30 dakikadan çok olmamak kaydı ile 5 °C' deki su banyosunda bekletilir. Numune katran ürünü ise yüksük doldurulur doldurulmaz 5 °C' deki suya 5 dakika konur. Yüksükten taşan kısım tesviye edilir levhadan yüksükten ayrılır, alüminyum yüzgeçteki üzerine vidalanarak hepsi birden 5 °C 'lik su banyosuna bir dakikada süre ile batırılır. Banyo suyunun sıcaklığı (deney) 32 °C ± 0,5 veya ± 0,5 °C olmalıdır.

Asfaltla doldurulan yüksük +5 °C 'lik su banyosundan çıkarıldıktan sonra alüminyum yüzgeçteki yerine vidalandıktan sonra 5 dakika süre ile yine +5 °C su banyosuna konmalıdır. +5 °C 'lik su banyosundan çıkartılan yüzgeç derhal deney banyosundaki yerine konur. Yüksük içindeki madde ısınarak akıcılık kazandıkça alt tarafından yukarıya doğru itilir, yüzgecin içine su dolar ve geç batar, yüksüğün yüzgeçle beraber su üzerine oturtulması yüzgece su dolması arasındaki zaman kronometre ile tayin edilir. Yüzme deneyinin sonucu bu zamanın saniye olarak ifadesidir.

Yüzme deneyi sıvı petrolerden SC sınıfının destilasyon kalıntısına uygulanır (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.2.14 Destilasyon (Katranlara Uygulanır)

Katranlardaki destilasyon sıvı petrolerde olduğu gibidir. Ancak aralarındaki bazı farklılıklar vardır. Farklılıklar aşağıda belirtilmiştir.

Sıvı petrol Asfaltlarında.....

- 1-Numune 200 cc
- 2-Su soğutucu 20 cm
- 3- Destilata göre hacmen yüzdesi (%)
- 4-Frakسیونlar
- 225 °C
- 260 °C
- 316 °C
- 360 °C

Katranlarda.....

- 1-Numune 100± 1 gram
- 2-Hava soğutucu 40 cm
- 3- Tüm numuneye göre ağırlıkça yüzde (%) hesaplanır
- 4- Fraksiyonlar
- 170 °C
- 235 °C
- 270 °C
- 300 °C ---- altı bakiye (kalıntı)

Örneğin; 170 °C’de geçen ağırlık	2 gr	kümülatif % 2	ağırlıkça % 2
170 °C - 235 °C’de geçen ağırlık	7, 5 gr	kümülatif % 9, 5	ağırlıkça % 7, 5
235 °C - 270 °C’de geçen ağırlık	8, 0 gr	kümülatif % 17, 5	ağırlıkça % 8, 0
270 °C - 300 °C’de geçen ağırlık	6, 0 gr	kümülatif % 23, 5	ağırlıkça % 6, 0

Bakiye kalıntı =100 - 23, 5=% 76, 5

(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

3.3.3 Karışıma Uygulanan Deneyler (Bitüm ve Agrega Karışımı)

Asfalt ve Agrega karışımı alınarak içindeki bitüm oranının tespiti için istenilen metodla deney yürütülür.

Deney sonucunda kaybolan bitüm yüzdesi yüzde ve yüze göre hesaplanır. Deney esnasında filler malzemesinin kaybolmamasına özen göstermeliyiz.

Yapımı tamamlanmış bitümlü sıcak karışımın kaplamadaki bitümün uygun miktarda kullanılıp kullanılmadığının tesbitini yapmak için ekstraksiyon deneyi yapılır. Ekstraksiyon, bitümlü sıcak karışımdaki bitüm yüzdesinin tayini için malzemenin agrega ve bitüm olarak ayrılması demektir.

Bitüm ve Agrega karışımına uygulanan Ekstraksiyon Deneyleri:

- a) El Santrifüjü
- b) Soksolet Metodu
- c) Santfrüj
- d) Nükleer Cihaz olmak üzere bitüm yüzdesi dört ayrı yöntemle bulubabilir
(TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Ekstraksiyon Deneyi Bitüm yüzdesinin Tespiti:

- i. Plentten alınan karışım numunesi veya yoldan alınan briket halindeki numune etüvde ısıtılarak birbirine yapışmış tanelerin ayrılması sağlanır.
- ii. Deney için 1000-2500 gram arasında temsil bir numune alınarak santfrüjün çanağında konur ve çanak içinde dağıtılır.

- iii. Çanak içindeki numune filtre kağıdı ile birlikte tartılır.
- iv. Çanağın kapağı, filte kağıdı üzerine konulur, üstündeki vida sıkıştırılır ve çanak yerine yerleştirilir. Kapak kapatılarak yan tarafındaki mandallar sıkıştırılır.
- v. Santfrüjün kapağındaki delikten çanak içinetakriben 450 cm³ trikloretilen boşaltılır.
- vi. Numune önceden ısıtılmış ise 2-3 dakika, ısıtılmamış ise 10-15 dakika beklenir. Sonra çevirme kolu saat yönünde çevrilmeye başlanır. Önce yavaş yavaş sonradan çözeltinin bir ip şeklini alması şeklinde akmaya başladığı zaman hızla çevrilmelidir.
- vii. Çanaktaki çözücü bitince tekrar 450 cm³ çözücü konur ve kol tekrar çevrilmeye başlanır.
- viii. Bu işlem akma borusundan çıkan çözücünün renginin, renksiz veya çok açık renk almasına kadar devam eder.
- ix. Bundan sonra santfrüjün kapağı açılır. Çanak içindeki numune ve filtre kağıdı ile birlikte 110 °C 'lik etüve konur. Böylece numune içinde kalmış olabilecek çözücü buharlaşır.
- x. Numune Etüvden çıkartılarak oda sıcaklığında soğutulur.
- xi. Çanak içindeki numune ve filtre kağıdı birlikte tartılır.
- xii. İlk ve son ağırlıklar arasındaki fark karışımdaki bitüm miktarını verir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Örneğin; Bitüm miktarı, numunenin deney öncesi ağırlığı ve numunenin deney sonrası ağırlığı;

Karışımın (numunenin) Ağırlığı: 1164 gram

Çanak +Filtre + Numune ağırlığı (Karışım) =1968 gram (Deney Öncesi Ağırlık)

Çanak +Filtre + Agrega ağırlığı =1896, 5 gram (Deney Sonrası Ağırlık)

Bitüm Miktarı = Deneyden Önceki Ağırlık- Deneyden Sonraki Ağırlık

Bitüm Miktarı = 1968 – 1896, 5

Bitüm Miktarı = 71, 5 gram

Kuru Agregası = 1164-71, 5 = 1092, 5 gram

Kuru Agregaya göre Bitüm yüzdesi (%) (Wa) = 100* (71, 50) / (1092, 50) =6, 5

100 gram Kuru Agregada 6, 5 gram Bitüm bulunur.

Bitüm yüzdesinin (%) Hesabı (Wb) = 100 * (71, 50) / (1164) =6, 10

100 gram Karışımında 6, 10 gram Bitüm bulunur.

SIKIŞMA yüzdesi (%) ve BOŞLUK yüzdesinin (%) kontrolü

Sıkışma yüzdesi (%) = 100* (Pratik yoğunluk) / (Teorik yoğunluk)

Sıkışma yüzdesi (%) = 100* (Yoldaki Pratik yoğunluk) / (Laboratuar Pratik yoğunluk)

Boşluk yüzdesi (%) = 100* (Teorik yoğunluk-Pratik Yoğunluk) / (Teorik yoğunluk)

Boşluk yüzdesi (%) = 100-Sıkışma yüzdesi (%)

Sonuçlar:

✓ Asfalt betonu kaplamalarında yoldaki Pratik yoğunluk maksimum teorik yoğunluğunun yüzde (%) 94' den az olmayacaktır.

Sıkışma yüzdesi (%) = 100* (Pratik yoğunluk) / (Teorik yoğunluk) > 94

✓ Yoldaki Pratik yoğunluk laboratuar Pratik yoğunluğu yüzde (%) 98' sinden az olmayacaktır.

Sıkışma yüzdesi (%) =100* Yoldaki Pratik yoğunluk)/ (Laboratuar Pratik yoğunluk)> 98
'den az olamayacaktır.

✓ Yoldaki Pratik yoğunluk: Alınan karot numunesinin havadaki sudaki ağırlıkları alınarak bulunur.

Pratik Yoğunluk (Dp) =100* (P hava) / (P hava-P su) formülünden bulunur veya nükleer cihazla direk olarak yoldaki yoğunluk hesaplanır (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Örnek; Karışım 700 gr , Denev sonucunda agrega =645 gr,

Kayıp =700-645=55 gr

700 gr malzeme ekstraksiyon deneyinde etilen ile yıkanmış denev sonucunda 645 gr olarak kalmıştır. Bu demektirki karışımında 55 gr bitüm vardır.

645 gr	55 gr	700 gr	55 gr
100'de	x=8, 53% (yüze)	100 'de	x=7, 86% (yüzde)
x= 55*100/645=8, 53 % (yüze)		x = 55*100/700= 7, 86% (yüzde)	

Denev sonucunda; Agregaya göre (yüze), Asfalt karışıma göre (yüzdeye) olmak üzere iki sonuçlu olur. Yapılan çalışma bir 100'e göre olduğu için yüze göre sonuçlandırılması gerekmektedir

Sokslet Denevi ile Bitüm Yüzdesinin Tespiti:

Sokslet Metodu ile bitüm yüzdesi, karışımın ilk ağırlığından, denev sonunda kalan toplam agrega ağırlığının çıkarılmasıyla bulunur.

Sokslet denevi, prinçten yapılmış bir sokslet kabı ve bu kabın içine girebilecek büyüklükte bir tel sepet ile, sokslet kabının üzerine konulan helezon şeklindeki su soğutucusundan ibaret cihaz ile yapılır. Ayrıca denev esnasında bir Erlenmayer ve ısıtıcıya ihtiyaç vardır.

Denevin yapılışı;

- i. Plentten veya yoldan alınan briket halindeki numune laboratuvara getirilerek, etüvde ısıtılır. Isıtma esnasında birbirine yapışmış danelerin ayrılması sağlanır.
- ii. Segregasyona meydan vermeden bu karışım numunesinden 700-800 gram kadar denev numunesi hazırlanır.
- iii. Alttaki erlene çözücü doldurularak sokslet cihazı kurulur.
- iv. Tel sepet içine süzgeç kâğıdından yapılmış kartuş yerleştirildikten sonra tartılarak 'A' ağırlığı (Tel Sepet+ Süzgeç kâğıdı) alınır.
- v. Denev numunesi tel sepet içine konur ve tekrar tartılarak 'B' ağırlığı (Tel Sepet+ Süzgeç kâğıdı+ Karışım) alınır.
- vi. Deneve başlamak için, tel sepet sokslet kabına yerleştirilerek kabın üzerinde helezon şeklineki su soğutucu konur.
- vii. Soğutucudan su geçirmeye başlandıktan sonra erlen ısıtılmaya başlanır. Isıtılmadan dolayı buharlaşan çözücü yukarıdaki soğutucuya çarpınca yoğunlaşır ve tel

sepetteki karışımın üzerine devamlı olarak damlanır. Belirli bir seviyeye gelen çözücü sifon yaparak erlenin içine boşalır. Pirinç sokslet kabının yan tarafındaki cam boru vasıtası ile içerdeki sıvının rengi koyu olduğu halde sifon yaptıkça açılarak nihayet kendi rengini alır ve deneye son verilir.

viii. Tel sepet sokslet kabından çıkartılarak, malzeme içinde kalan bir kısım çözcünün uçması için etüvde kurutulur. Soğuduktan sonra tartılarak 'C' ağırlığı (Deneyden Sonraki Tel Sepet +Kâğıt Süzgeç + Malzeme) alınır.

ix. Tel Sepet ağırlıkları arasındaki fark ekstrakte edilmiş bitüm miktarını verir (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Sokslet deneyi ve Santfuj ile ilgili düzenek (Şekil 3.21) 'de gösterilmiştir.

Şekil 3.21: a) Sokslet Deneyi Düzenegi

b) Santfruj Deneyi Düzenegi



Kaynak: Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araş. Geliştirme Başmüh.Lab.-Diyarbakır

Sokslet, Santfruj, El Santfrujü metoduna ait bitüm miktarının tespiti ile ilgili aşağıda örneklere yer verilmiştir.

Örneğin; Tel Sepet +Süzgeç Ağırlığı (A) = 180 gr

Tel Sepet+ Süzgeç Kağıdı + Karşımı (B) = 900 gr

Deneyden Sonraki Tel Sepet +Süzgeç Kağıdı+Karşım (C) =860 gr

Deneye Tabi Tutulacak Karşım Miktarı = B-A=900-180 =720 gr

Deneyden Sonraki Malzeme Ağırlığı =C-A= 860- 180 = 680 gr malzeme

Bitüm Miktarı =720-680 =40 gr

Karışımındaki Yüzde Bitüm Miktarı yüzde (%) = $100 * 40 / 720 = 5,55$ % (yüzde)

100 gr Kuru agregaya verilen bitüm (yüze) = $100 * 40 / 680 = 5,88$ % (Yüze)

Örneğin; Karışım= 737, 6 gr, Bitüm =37, 60 gr ve kaçak filler=4, 5 olduğuna göre

Yüze ve Yüzdeye göre bitüm oranı?

Agrega =737, 6-37, 60=700 gr

Agrega =700+4, 5=704, 5

Bitüm=37, 60-4, 5=33, 10

704, 5 gr	33, 1 gr	737, 60 gr	33, 1 gr
100'de	x=4, 69 % (Yüze)	100 'de	x=4, 48% (yüzde)
x= 33, 1*100/704, 5=4, 69 % (yüze)		x = 33, 1*100/737, 60= 4, 48% (yüzde)	

Deney sonucunda; Agregaya göre (yüze), Asphalt karışıma göre (yüzdeye) olmak üzere iki sonuçlu olur. Yapılan çalışma bir 100'e göre olduğu için yüze göre sonuçlandırılır.

Santfrüj metoduna örnek; Kap ağırlığı= 124,70gr, Kap+Numune=804gr

Elek +Kartuş=1149 gr, Elek+Kartuş+Numune=1803 olduğuna göre bitüm (yüze), ve bitüm (yüzde) oranı?

Asfaltlı Numune=804-124, 7=679, 3

Saf Numune =1803-1149=654

Bitüm =679, 30-654=25, 30

654 gr	25, 30 gr	679, 30 gr	25,30gr
100'de	x=3, 86 % (Yüze)	100 'de	x=3, 70 % (yüzde)
x= 25, 30*100/654=3, 86 % (yüze)		x = 25, 30*100/679, 30= 3, 70% (yüzde)	

Sokslet metoduna örnek; Kağıt Süzgeç=8,8gr, Kağıt süzgeç +Karışım=746,4gr
Malzeme+Kağıt süzgeç=675, 0 gr olduğuna göre bitüm (yüze), ve bitüm (yüzde) oranı?

Karışım =746, 4-8, 8=737, 60 gr
Bitüm =737, 60-666, 20=71, 40 gr

Saf Numune=675-8, 8=666, 20 gr

666, 20 gr	71, 40 gr	737, 60 gr	71,40gr
100'de	x=10, 70 % (Yüze)	100 'de	x=9, 68 % (yüzde)
x= 71, 4*100/666, 20=10, 70 % (yüze)		x = 71, 40*100/737, 60= 9, 68% (yüzde)	

Örnek karışım ve kaçak filler hesabına örnek; Kaçak =%7, Saf malzeme=800gr

Karışım=850 gr olduğuna göre bitüm (yüze) ve bitüm (yüzde) oranı?

Bitüm =850-800=50 gr

100 'de 7 kaçırırsa

800' de $x=5,6$ =Kaçak filler %5, 60

Saf numune =800; Bitüm=50; kaçak =5, 60 olduğuna göre

Toplam saf numune=800+5,6=805,60; Toplam bitüm=50-5,6=44,40

805,6'de 44,4

100 'de $x=5,51$ $x=5,51$ % yüz göre 5,60 yerine 5,51 yazılmalıdır.

Santfrüj Metoduna ait örnek karışım ve kaçak filler hesabı:

Kap=125gr

Karışım =925-125=800gr

Kap+Numune=925 gr

Numune=2150-1400=750gr

Elek+Kartuş=1400gr

Bitüm =800-750=50gr

Elek+Karkuş+Numune=2150gr

800'de 50 gr

Filler kaçığı=%9

100 'de $x=6,25$ % (yüzde)

Yüze göre bitüm=?

Yüzdeye göre bitüm=?

750'de 50 gr

100'de 9 kaçak ise

100'de $x=6,66=6,67$ % (yüze)

750'de $x=6,67=6,68$ % (Kaçak)

Agrega =750

Karışım=800

Bitüm =43,2

Kaçak =6,8

Numune =756,8

Numune=756,8

Toplam Numune=750+6,8=756,80

Bitüm=800-756,8=43,2

Karışım=756,8+43,2

Karışım=800

756,8 'de 43,2

800'de 43,2

100 'de $x=5,71$ (yüze göre)

100 'de $x=5,4$ (yüzde)

$x=43,20*100/756,80=5,71$ % (yüze)

$x=43,20*100/800=5,40$ % (yüzde)

Örnek karışım ve kaçak filler hesabı:

Kap=250gr

Kap+Karışım=1025 gr

Elek+Kartuş=1700gr

Elek+Karkuş+Numune=2400gr

Filler kaçığı=%8

Yüze göre bitüm=?

Yüzdeye göre bitüm=?

$$\text{Bitüm} = 775 - 700 = 75 \text{ gr}$$

$$\text{Karışım} = 1025 - 250 = 775 \text{ gr}$$

$$\text{Saf Numune} = 2400 - 1700 = 700 \text{ gr}$$

$$775 \text{ 'de} \quad 75 \text{ gr}$$

$$100 \text{ 'de} \quad x=9, 67\% \text{ (yüzde)}$$

$$100 \text{ 'de} \quad 8 \text{ kaçak ise}$$

$$700 \text{ 'de} \quad x=5, 6\% \text{ (Kaçak)}$$

$$\text{Numune} = 700$$

$$\text{Kaçak} = 5, 6$$

$$\text{Saf Numune} = 700 + 5, 6 = 705, 6$$

$$705, 6 \text{ 'de} \quad 69, 4$$

$$100 \text{ 'de} \quad x=9, 83 \text{ (yüze göre)}$$

$$x = 69, 40 * 100 / 705, 50 = 9, 83\% \text{ (yüze)}$$

$$700 \text{ 'de}$$

$$100 \text{ 'de}$$

$$75 \text{ gr}$$

$$x=10, 71\% \text{ (yüze)}$$

$$\text{Bitüm} = 75$$

$$\text{Kaçak} = 5, 6$$

$$\text{Toplam Bitüm} = 75 - 5, 6 = 69, 4$$

$$775 \text{ 'de} \quad 69, 4$$

$$100 \text{ 'de} \quad x=8, 95 \text{ (yüzde)}$$

$$x = 69, 40 * 100 / 775 = 8, 95\% \text{ (yüzde)}$$

El Santfrüjü Örnek karışım ve kaçak filler hesabı:

$$\text{Kartuş+Filtre} = 2252 \text{ gr}$$

$$\text{Kartuş+Filtre+Karışım} = 3963 \text{ gr}$$

$$\text{Kartuş+Filtre+Agrega} = 3885 \text{ gr}$$

$$\text{Kaçak Filler yüzdesi} = \% 1$$

$$\text{Karışım} = 3963 - 2252 = 1711 \text{ gr}$$

$$\text{Saf Numune} = 1711 - 78 = 1633 \text{ gr}$$

$$\text{Yüze göre bitüm} = ?$$

$$\text{Yüzdeye göre bitüm} = ?$$

$$\text{Bitüm} = 3963 - 3885 = 78$$

$$100 \text{ 'de} \quad 1 \text{ kaçak ise}$$

$$1633 \text{ 'de} \quad x=16, 33\% \text{ (Kaçak)}$$

$$\text{Toplam} = 1633 + 16, 33 = 1649, 33$$

$$\text{Bitüm} = 1711 - 1649, 33 = 61, 67$$

$$1649, 33 \text{ 'de} \quad 61, 67$$

$$100 \text{ 'de} \quad x=3, 73 \text{ (yüze göre)}$$

$$x = 61, 67 * 100 / 1649, 33 = 3, 73\% \text{ (yüze)}$$

$$\text{Saf numune} = 1633$$

$$\text{Kaçak} = 16, 33$$

$$1711 \text{ 'de} \quad 61, 67$$

$$100 \text{ 'de} \quad x=3, 6 \text{ (yüzde)}$$

$$x = 61, 67 * 100 / 1711 = 3, 60\% \text{ (yüzde)}$$

3.4 Marshall Metodu Ve Hesap Yöntemi (TS 3720 ve ASTM D1559)

Bitümlü Sıcak Karışımların Dizayn Metodlarından olan Marshall metodunun verilerini kullanarak karışımların fiziksel özellikleri ile optimum bitüm miktarını belirlemektir. Marshall metodu ve hesap yöntemi aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- a) Agreganın gradasyonun tespiti ve elek analizinin yapılması
- b) Kaba agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı
- c) İnce agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı
- d) Fillerin agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı
- e) Karışımda kullanılacak Bitümün Özgül Ağırlığı (AC 60/70)
- f) Karışımda kullanılacak Bitümün Penetrasyonu
- g) Kuru agregaya nazaran bitüm yüzdesi (Wa)
- h) Karışımdaki normal bitüm yüzdesi (Wb)
- i) Karışımda kullanılacak bitüm miktarı tespiti
- j) Asfalt betonu briketlerinin biriketlerinin yüksekliğinin tespiti
- k) Briketin havadaki ağırlığının hesabı
- l) Briketin Sudaki ağırlığının hesabı
- m) Briketin hacminin hesabı
- n) Briketin pratik yoğunluğunun (D_p)
- o) Briketin teorik yoğunluğunun (D_T)
- p) Boşluk yüzdesinin (%) hesabı (V_h)
- q) Bitümlü dolu boşluk yüzdesi (%)
- r) Stabilite ve düzeltilmiş stabilite
- s) Akma
- t) Boşluk yüzdesi (%) – Pratik yoğunluk –Bitüm dolu boşluk yüzdesi (%) akma grafikleri
- u) Optimum bitüm miktarının tespiti
- v) Asfalt Betonu Briketlerinin Şartname limitleri (TIRMAN, S. Bitümlü

Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

a) Agreganın Gradasyonun Tespiti Elek Analizi

Karışımında kullanılacak üç veya dört tip değişik boyuttaki agregaların minimum 10 günlük elek analizleri ortalaması alınarak karışımın gradasyonunu sağlayacak şekilde karışım oranları iki bilinmeyenli denklem yardımı veya grafik metodu ile tayin edilir.

Karışıma katılan agregaların karışım oranların cebrik toplamı karışımın gradasyonu verir.

Karışımın gradasyonu elek analizi grafiğine işlenerek karışım eğrisi çizilir. Karışım eğrisinin, şartnamenin ideal eğrisiyle çakışması her zaman arzu edilen durumdur. Şartname sınır eğrisi çizilir ve tolerans hudutları belirlenerek tolerans eğrisi çizilir.

Tolerans eğrisi hiçbir zaman şartname hudutları dışına çıkamaz

En ideal karışım eğrisi ideal gradasyon eğrisiyle çakışan egridir.

Tolerans yüzdeleri her elek için şartnamelerinden (Aşınma, Binder, Bitümlü Temel, Plentmiks Temel) alınır.

b) Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı

Karışımın gradasyonuna göre elek analizinde kaba agreganın No.4 ve No.4 üstündeki her boy eleğin üstünde kalan agregaların yüzde (%) kalanları bulunur. No.4 ve No.4 üstündeki her boy elek üzerinden yüzde (%) kalanların cebrik toplamı alınarak No.4 üstünde kalan kaba agregaların yüzde (%) kalanı bulunur.

Kaba agregaların zahiri özgül ağırlığı için 1000-1200 gr agregaya ihtiyaç olduğundan No.4 üzerinde kalan kaba agreganın yüzde (%) kalanın cebrik toplamı deney için gerekli agrega miktarına bölünmesiyle bir katsayı elde edilecektir.

Bu katsayının her elek boyu üzerinde yüzde (%) kalanlarla ayrı ayrı çarpımının cebrik toplamı bize deney için her boyutta agregadan alacağımız miktarı verir. Her elek üzerinden hesaplanan miktarda kaba agrega alınarak deneye tabi tutulur (TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No: 2. Diyarbakır).

Zahiri Özgül Ağırlık = $(A) / (A-B) = \text{ton/m}^3$ A=Malzemenin havadaki ağırlığı

B= Malzemenin sudaki ağırlığı

Yukarıdaki tanımları örneklendirirsek: Deney için 1080 gr Numune alınırsa bunun elek çaplarına göre dağılımı (Tablo 3.19)'da gösterilmiştir.

Tablo 3.19: Elekler Arasında Kalan Malzemenin Elek Çaplarına Göre Dağılımı

Elek Boyutu	% Geçen	Elekler arasında kalan	%	Numunenin Gradasyonu % Elek çaplarına göre dağılımı (gr)
1"	100			
3/4"	87	13=100-87		260=13,0*1080/54
1/2"	71,20	15,80=87-72,20		316=15,8*1080/54
3/8"	61,70	9,50=71,20-61,70		190=9,50*1080/54
No.4	46	15,70=61,70-46,0		314=15,70*1080/54
	Toplam	54 gr		1080 gr

c) İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı

Karışımın gradasyonuna göre elek analizinde ince agreganın No.4 geçen No.200 üzerinde kalan elek açıklığı üzerinden yüzde (%) kalanı bulunur. Yüzde (%) kalanların cebrik toplamı alınır.

Deney için gerekli numune miktarının (90-120 gram) ince agreganın her elek üzerindeki yüzde (%) kalanlarının cebrik toplamına bölünmesiyle bir katsayı bulunur.

Bu katsayı her elek boyu üzerindeki yüzde (%) kalanlarla ayrı ayrı çarpımının cebrik toplamı bize her her elek üzerinde alacağımız malzeme miktarı ve bunların toplamını verir.

Her elek boyu üzerinden hesaplanan miktarda ince agrega alınarak deneye tabi tutulur.

a= Píknometrenin boş ağırlığı (gr)

b= Píknometrenin su ile dolu ağırlığı (gram)

c= Píknometrenin içinde kuru numune ile birlikte ağırlığı 8gram)

d= İçinde numune olan píknometrenin üzerinde kalan kısmı su ile doldurulduktan sonraki ağırlığı (gr)

İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı= (c-a)/[(b-a)- (d-c)]

Yukarıdaki tanımları örneklendirirsek: Deney için 107,30 gr Numune alınırsa bunun elek

çaplarına göre dağılımı (Tablo 3.20)'de gösterilmiştir.

Tablo 3.20: Elekler Arasında Kalan Malzemenin Elek Çaplarına Göre Dağılımı

Elek Boyutu	% Geçen	Elekler arasında % kalan(İnce Agregası)	Numunenin Gradasyonu % Elek çaplarına göre dağılımı (gr)
No.4	46		
No.10	33,90	12,10=100-87	33,21=12,1*107,3 /39,10
No.40	14,20	19,70=33,90-14,20	54,06=19,7 *107,3 /39,10
No.80	9,20	5,0=14,20-9,20	13,72=5,0*107,3/39,10
No.200	6,90	2,30=9,20-6,9	6,31=2,30 *107,3 /39,10
Toplam		39,10 gr	107,30 gr

Agrega Miktarının Hesaplanması

63, 50 ± 1, 3 mm yükseklikte 10 cm çapındaki bir Marshall Briketi için 1100-1250 gram agregaya ihtiyaç vardır.

Her bitüm yüzdesi için bir seri, toplam altı (6) seri briket hazırlanır.

Her bitüm yüzdesinde üç (3) briket hazırlanır

Her seri için yüzde 0, 5 (% 0, 5) oranında bitüm artırılarak altı seri briket dökülür.

Her seride bir briketin kaybın gözünde alırsak (kırılma bozulma veya yenilenmesi icab eder) her seri için dört (4) briket, altı (6) seri için yirmidört briket hazırlanması gerekir.

Bir briket için 110 gram agregaya ihtiyaç olduğundan yirmidört (24) briket için 1100*24= 26.400 gram kuru agregaya ihtiyaç vardır.

Laboratuvarda Bir Briket İçin Gerekli Agregası Miktarının Tespiti.

Değişik boyutlardaki agregalardan karışıma iştirak eden yüzde oranlarının yirmidört (24) briket için gerekli malzeme miktarı (26.400 gram) ile elde edilen miktarlar kadar agregası ayrı ayrı alınır.

Değişik boyutlardaki agregadan toplam 26.400 gram alınarak karıştırılır.

Kaplama çeşidine göre (aşınma, binder) seçilen elek serisinden agregası boyutlarına ayırmak için eleme yapılır.

Her elek üzerinde kalan yüzdelerin bir briket için gerekli agregası miktarı (1100 gram) ile çarpımı bize değişik boyutta bir briket için alacağımız agregası miktarını verir. Bu miktarların yirmidört (24) ile çarpımı, yirmidört (24) briket için gerekli agregası miktarını

verir.

Pratikte No.4 elekten geçen agregaların elek analizi yapılmaz. Direkt karışım gradasyonundaki yüzde geçeni alınarak bir briket için gerekli malzeme miktarı (1100 gram) ile çarpılarak bir briket için (No.4-0) boyutunda alınacak agrega miktarı tespit edilmiş olur.

Laboratuvarda bir briket agrega miktarı için örnek:

Değişik boytlarda kırılan agregalardan karışıma iştirak eden yüzdelere göre toplam 26.400 gram agrega alınır.

(3/4"-3/8") arasındaki agrega karışıma %25 oranında katılıyor= $1100*25/100=275$ gr

(3/8"-0) arasındaki agrega karışıma %14 oranında katılıyor= $1100*14/100=154$ gr

(No.4-0) arasındaki agrega karışıma %55 oranında katılıyor= $1100*55/100=605$ gr

(No.10-0) arasındaki agrega karışıma %6 oranında katılıyor= $1100*6/100=66$ gr (kum)

Alınan agregalar kaplama çeşidine uygun elek serilerinden elenerek boyutlarına ayrılarak her elek üzerinde yüzde (%) kalanları bulunur.

Tablo 3.21: Laboratuvarda Bir Briket İçin Gerekli Agrega Miktarının Tespiti

Elek Boyutu	% Geçen	Elekler arasında % kalan	Bir (1) Briket için gerekli agrega miktarı (gr)	Yirmidört(24) Briket için gerekli agrega miktarı(gr)
3/4"	100		$172,44=14,46*1100/92,24$	$24*172,44=4.138,56$
1/2"	85,54	$14,46=100-85,54$	$100,89=8,46*1100/92,24$	$24*100,89=2.421,36$
1/8"	77,08	$8,46=85,54-77,08$	$111,86=9,38*1100/92,24$	$24*111,86=2.684,64$
No:4	67,70	$9,38=77,08-67,70$	$292,17=24,50*1100/92,24$	$24*292,17=7.012,08$
No:10	43,20	$21,57=43,20-21,63$	$257,23=21,57*1100/92,24$	$24*257,23=6.173,52$
No:40	21,63	$8,54=21,63-13,09$	$101,84=8,54*1100/92,24$	$24*101,84=2.444,16$
No:80	13,09	$5,33=13,09-7,76$	$63,57=5,33*1100/92,24$	$24*63,57=1.525,68$
No.200	7,76	7,76		
Toplam		92,24 gr	1100 gr	26.400 gr

Yukarıdaki (Tablo 3.21)'da görüldüğü gibi bir briket için gerekli olan agrega miktarı 1.100 gr yirmidört (24) briket için gerekli agrega miktarı 26.400 gr olmaktadır.

Şantiyede Bir Briket İçin Gerekli Agrega Miktarının Tespiti.

Değişik boyutlardaki agregalardan karışıma iştirak eden yüzde oranı ile bir briket için gerekli agrega miktarının (1100 gr) çarpımı ile değişik boyutlardaki agregalardan alınacak miktarlar hesaplanır.

Şantiyede bir (1) ve yirmidört (24) briket için agrega miktarı için örneklendirilirse;

Değişik boyutlarda kırılan agregalardan karışıma iştirak eden yüzdelere göre toplam 26.400 gram agrega alınır.

(3/4"-3/8") arasındaki agrega karışıma %25 oranında katılıyor= $1100*25/100=275$ gr

(3/8"-0) arasındaki agrega karışıma %14 oranında katılıyor= $1100*14/100=154$ gr

(No.4-0) arasındaki agrega karışıma %55 oranında katılıyor= $1100*55/100=605$ gr

(No.10-0) arasındaki agrega karışıma %6 oranında katılıyor= $1100*6/100=66$ gr

(Kum)

Alınan agregalar kaplama çeşidine uygun elek serilerinden elenerek boyutlarına ayrılarak her elek üzerinde yüzde (%) kalanları bulunur.

Tablo 3.22: Şantiyede Bir (1) ve Yirmidört (24) Briket için Agrega Miktarı

Elek Boyutu	% Geçen	Elekler arasında % kalan	Bir (1) Briket için gerekli agrega miktarı (gr)	Yirmidört(24) Briket için gerekli agrega miktarı(gr)
3/4"	100		$172,44=14,46*1100/92,24$	$24*172,44=4.138,56$
1/2"	85,54	$14,46=100-85,54$	$100,89=8,46*1100/92,24$	$24*100,89=2.421,36$
1/8"	77,08	$8,46=85,54-77,08$	$111,86=9,38*1100/92,24$	$24*111,86=2.684,64$
		$9,38=77,08-67,70$		
No:4	67,70	$24,50=77,08-67,70$	$292,17=24,50*1100/92,24$	$24*292,17=7.012,08$
No:10	43,20	$21,57=43,20-21,63$	$257,23=21,57*1100/92,24$	$24*257,23=6.173,52$
No:40	21,63	$8,54=21,63-13,09$	$101,84=8,54*1100/92,24$	$24*101,84=2.444,16$
No:80	13,09	$5,33=13,09-7,76$	$63,57=5,33*1100/92,24$	$24*63,57=1.525,68$
No.200	7,76			
Toplam		92,24 gr	1100 gr	26.400 gr

Yukarıdaki (Tablo 3.22) görüldüğü gibi bir briket için gerekli olan agrega miktarı 1.100 gr yirmidört (24) briket için gerekli agrega miktarı 26.400 gr olmaktadır.

d) Bitüm Yüzdesinin Tespiti

Kuru Agregaya Nazaran Bitüm Yüzdesi (Wa)

Asfalt betonu binder tabakasında kullanılacak bitüm yüzdesinin (%) minimum 3, 5 maksimum 6, 5 arasında değişir.

Asfalt betonu aşınma tabakasında kullanılacak bitüm yüzdesinin (%) minimum 4, 0 maksimum 7, 0 arasında değişir.

Kuru agregaya nazaran bitüm yüzdesi (Wa) minimum değerden başlayarak her seride üç biriket için yüzde 0, 5 (% 5) artırmak surety ile 4-4, 5-5-5, 5-6-6, 5 şeklinde alınır. Bu değerler marshall deney formuna kaydedilir.

Wa= 100 birim kuru agregaya ilave edilecek bitüm yüzdesini ifade eder.

Normal Bitüm Yüzdesi (Wb)

Wb= Bitüm + Agregaya karışım içindeki bitüm yüzdesini belirtir.

İlk seri için 100 birim kuru agregaya 3,5 birim bitüm ilave edilmişse bitüm+ agregaya karışımı $100+3,5=103,5$ birim olmaktadır.

Örneğin; Toplam malzemedeki (karışımındaki) bitüm yüzdesi 3, 5 birim olursa 100 birimdeki bitüm miktarı? 103, 5 birimde 3, 5 birim varsa
100' de $x=3,38$ olur. $x=3,5*100/103,5=3,38$

Wb=3, 39 bu değer marshall deney formuna işlenir.

e) Bitüm Miktarının Tespiti

Bir Marshall Briketi için 1100 gram kuru agregaya ve hesapla belirlenen bir oranda bitüme ihtiyaç vardır.

Birinci (1.) Seri için gerekli bitüm miktarı:

100 'de 4

1100'de $x=44$ gram $x=1100*4/100=44$ gram

İkinci (2.)Seri için gerekli bitüm miktarı:

100 'de 4, 5

1100'de $x=49,5$ gram $x=1100*4,5/100=49,5$ gram

Üçüncü (3.)Seri için gerekli bitüm miktarı:

100 'de 5

1100'de $x=55$ gram $x=1100*5/100=55$ gram

Dördüncü (4.)Seri için gerekli bitüm miktarı:

100 'de 5, 5

1100'de $x = 60, 5 \text{ gram}$ $x = 1100 * 5, 5 / 100 = 60, 5 \text{ gram}$

Beşinci (5.) seri için gerekli bitüm miktarı:

100 'de 6

1100'de $x = 66 \text{ gram}$ $x = 1100 * 6, 0 / 100 = 66, 0 \text{ gram}$

Altıncı (6.) seri için gerekli bitüm miktarı:

100 'de 6, 5

1100'de $x = 71, 5 \text{ gram}$ $x = 1100 * 6, 5 / 100 = 71, 5 \text{ gram}$ şeklinde bulunur.

f) Laboratuvarda Marshall Briketinin Hazırlanması

- i. Asfalt betonu aşınma tabakası elek serisinden elenerek dane boyutlarına ayrılan agrega karışım gradasyonuna uygun olarak (Hesaplanan miktarda) toplamı 1100 gram tarılarak alınır.
- ii. Tam olarak 1100 gram olarak hesaplanan agregalar ayrı ayrı kaplara bırakılır.
- iii. Agrega kaplara 155 °C'lik etüve bırakılarak yirmidört saat süreyle ısıtılmaya bırakılır.
- iv. Daneye başlamadan en az bir saat önce asfalt çimentosu 155 °C'lik etüvede bırakılarak 155 °C'ye kadar ısıtılır.
- v. Deneyde kullanılması gereken aletlerde (mikser kabı, Marshall Tokmağı, briket kalıbı, spatül, bakkal küreği v.b) aynı sıcaklıktaki etüvede ısıtılır.
- vi. 155 °C'ye kadar ısıtılan agrega yine etüvede ısıtılmış karışım kabına (mikser kabı) boşaltılarak terazi üzerine bırakılarak terazi sıfırlanır.
- vii. 155 °C'ye kadar ısıtılmış asfalt çimentosu her seri için hesaplanan miktarda karışım kabı içindeki agreganın üzerine ilave edilir.
- viii. Karıştırma kabını zaman geçirmeden mikserdeki yerine yerleştirilerek kap içindeki agrega iki dakika karışıma tabi tutulur.
- ix. Karıştırma işleminden sonra, kab içinde malzeme kalmayacak şekilde bu iş için uygun bir bakkal küreğine alınarak, numune kalıbına dökülür (iki dakikalık karıştırma işleminin sonuna doğru numune kalıbı etüvden alınarak sıkıştırma altlığındaki yerine

yerleştirilmiş ve kalıp çapına göre kesilmiş uygun bir kağıt kalıbın içine bırakılır).

- x. Numuneden fire vermemek koşuluyla alt ve üstte ince, orta kısmı ise daha iri agregaların gelmesine özen gösterilir. Onbeş defa kenarı on defa ise ortası şişlenerek kalıp tutucu yerine yerleştirilir. Alta bırakıldığı gibi numunenin üst kısmından kağıt bırakılır.
- xi. Sıkıştırma tokmağı 45, 7 cm yükseklikten düşüş yaptırılarak ön ve arka yüzüne elli adet vuruş yapılır.
- xii. Numunenin Numunenin ön ve arka yüzeyindeki kağıtlar çıkartılır, briketler numaralandırılır.
- xiii. Kalıplar soğumak üzere beş dakika musluk altına tutulur.
- xiv. Soğuyan kalıplardan briketler kiriko vasıtasıyla çıkartılır.
- xv. Briketler onbeş yirmi saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra yumuşak tel fırça ile yüzeyleri temizlenir.
- xvi. Briketlerin yükseklikleri kompasla üç ayrı yerinden ölçülerek Marshall Formundaki yerine yazılır.
- xvii. Briketler havada ve suda tartılır, Pratik yoğunluklar bulunarak forma işlenir.
- xviii. Briketler kırk dakika 60 °C'lik su banyosunda bekletilir.
- xix. Su banyosundan çıkartılan briketler kırma makinasına yerleştirilir. Yükleme düzeneği yardımıyla yükleme yapılarak briketler kırılır. Dialgeyçte stabilite, flovmetreden ise akma değeri okunup forma yazılır.
- xx. Stabilite değerleri briket yüksekliğine bağlı düzeltme faktörleri ile çarpılarak düzeltilmiş stabilite elde edilir.

Aşınma Tabakası için bitüm yüzdesi (%) 4, 0-7, 0

Binder Tabakası için bitüm yüzdesi (%) 3, 5-6, 5 arasında değişir.

Sıkıştırılmış numune çapı 10 cm yüksekliği ise 63, 5±1, 3 mm olmaktadır.

Aşınmada bitüm yüzdesi yüzde 4 'ten başlayarak yüzde 0, 5 artırılır.

g) Marshall Briketinin Yüksekliğinin Belirilenmesi

İdeal bir briketin yüksekliği 63, 5 mm olarak Kabul edilir. Mukavemet değeri bu standart yüksekliğe göre değerlendirilir. Standart briket yüksekliğine karşılık bir katsayı verilir. Katsayı birin altında düşer. Briketin yüksekliği 63, 5 mm'den az olursa katsayı birden büyük değer alır.

Briket yüksekliğinin ölçülmesinin nedeni, briket kırılmasıyla elde edilen stabilite değerinin yüksekliğe bağlı olan düzeltme faktörüyle çarpılıp briketin gerçek stabilite değerini bulmaktır (standart yüksekliğe bağlı olarak).

Bunun için bir serideki her briketin değişik yerlerde üç okuma yapılır, forma kaydedilir. Okumaların ortalaması, ortalama yükseklik olarak forma yazılır.

Birinci serideki ilk briket için yapılan okumalar 60, 7-60, 6-60, 7 bulunmuştur. Bu yükseklikler ve ortalama yükseklik;

$(60, 7+60, 6+60, 7)/3 = 60, 66$ olarak bulunur. Ancak 60, 7 olarak yazılır.

Bu uygulamalar diğer seri için de yapılarak bulunan değerler marshall deney raporuna kaydedilir. $(h_1+h_2+h_3) / 3$ bulunan değerler marshall deney formuna işlenir.

h) Briketin Havadaki Ağırlığının Tespiti.

Briketler onbeş veya yirmi saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra yükseklik okumaları yapılır ve hassas bir şekilde havadaki ağırlıkları tespit edilerek Marshall Deneyi formuna kaydedilir.

i) Briketin Sudaki Ağırlığının Tespiti.

Havadaki ağırlıkları alınan briketler daha sonra su içinde tartılarak sudaki ağırlıkları alınır forma kaydedilir.

j) Briketin Hacminin bulunması

Havadaki ve suda tartımları alınan briketlerin hacimleri havadaki ağırlıktan sudaki ağırlığın çıkarılmasıyla elde edilir.

$$V_{\text{hacim}} = P_{\text{hava}} - P_{\text{su}}$$

k) Marshall Briketinin Pratik Yoğunluğunun Hesaplanması

Briketin Pratik yoğunluğu havadaki ağırlığının hacmine bölünmesiyle elde edilir.

$$D_p = P_H / V_B \quad D_p = \text{Pratik yoğunluk} \quad P_H = \text{Briketin Havadaki ağırlığı} \quad V_B = \text{Briketin hacmi}$$

Aynı bitüm yüzdesindeki üç briketin Pratik yoğunlukları birbirilerine göre toleransları içinde olanların en az ikisinin ortalaması alınarak forma kaydedilir. Üçüde 0,02 tolerans içinde değilse bitüm yüzdesi için deney yapılır.

l) **Briketin Teorik Yoğunluğun Tespiti**

$$D_T = (100 + W_a) / [(kaba \% / G_k) + (ince \% / G_i) + (Filler \% / G_f) + (W_a / G_b)]$$

Formülünden her bitüm yüzdesi için ayrı ayrı hesaplanarak marshall deney formuna kaydedilir.

D_T = Teorik yoğunluk

W_a = Kuru agregaya nazaran bitüm yüzdesi

G_k = Kaba agreganın zahiri özgül ağırlığı

G_i = İnce agreganın zahiri özgül ağırlığı

G_f = Fillerin zahiri özgül ağırlığı

G_b = Bitümün özgül ağırlığı

Kaba % = Karışımın gradasyonundaki kaba agregaya yüzdesi (%)

İnce % = Karışımın gradasyonundaki İnce agregaya yüzdesi (%)

Kaba % = Karışımın gradasyonundaki fillerin yüzdesi (%)

m) **Stabilite ve Düzeltilmiş Stabilite ve Değerinin Bulunması**

Briketler, 60 °C'lik su banyosunda kırk dakika bekletildikten sonra, kırım kırım kafasının içi ve klavuz çubukları iyice temizlenip, kırma kafasının sıcaklığı 20 °C-40 °C arasında olan kırma makinasına yerleştirilir.

Briketlere yükleme düzeneği ile yükleme yapılır. Yükleme hızı 51 mm/dakikalık sabit bir deformasyon hızıyla, en büyük yük değerine erişinceye kadar devam ettirilir. En büyük yük değeri okunup forma kaydedilir.

Numuneyi su banyosundan çıkarma, kırma kafasına yerleştirme kırma kafasını yükleme aygıtına koyma, 'Akma' değerini almak için flovmetreyi sıfırlama ve briketi kırma işleminin tümü otuz saniye içinde tamamlanmalıdır.

Deney yapılan laboratuvardaki marshall yükleme aygıtının kalibre katsayısı 18,5 olduğundan dialgeyçten okunan en büyük yük değerini 18,5 ile çarpıp STABİLİTE değeri olarak kaydedilir.

6, 3 mm kalınlığındaki sıkıştırılmış numuneler (Briketler) için bulunan değerler gerçek değerlerdir. 63,5 mm kalınlığından farklı yükler ‘Marshall stabilite faktörleri’ ile çarpılarak ‘Dzeltilmış stabilite’ değerleri bulunur.Aynı serideki  numunenin değerleri ortalaması dzeltilmış stabilite olarak forma kaydedilir.

Diğer serilerdeki briketlerin stabilite değerleri aynı yöntemle hesaplanır.

Düzeltme faktörlerinin stabilite değerleri ile çarpımı bize dzeltilmış stabilite değerini verir.

Aynı bitüm yüzdesindeki  numunenin kırılma yüklerini en büyük ve en kk değerleri arasındaki fark 120 kg’ı geçmez ise nn ortalaması marshall stabilite olarak alınır.Eğer fark bu değerlerden büyük ise, aralarındaki 60 kg’dan fazla olmayan iki değerin ortalaması marshall stabilite değeri kabul edilir. Buda sağlanmazsa deney yenilenir.

Dzeltilmış Stabilite=Dzeltme katsayısı X Stabilite

Ortalama Dzeltilmış stabilite= (S1+S2+S3)/3

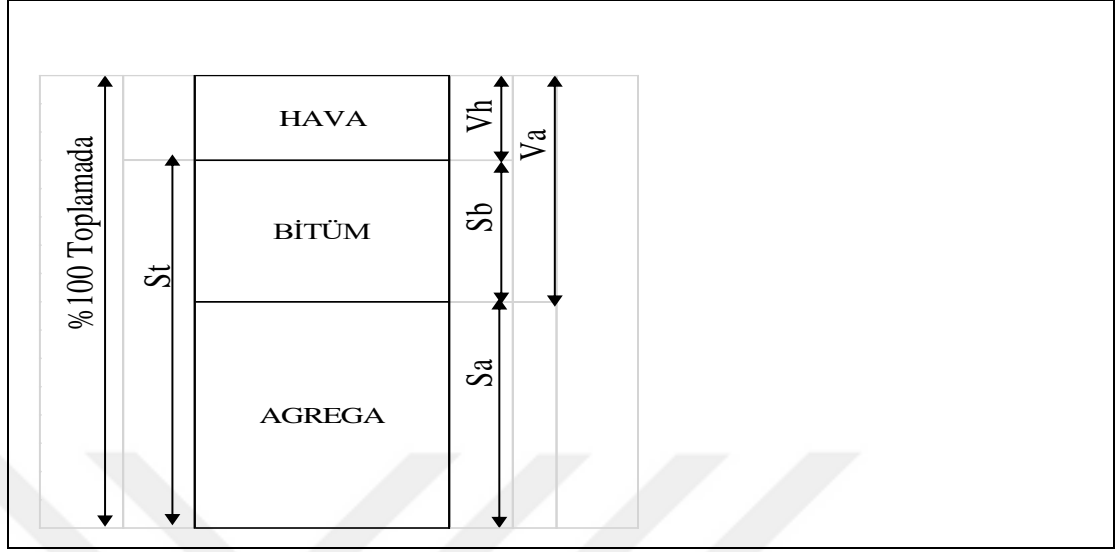
n) Akma Değerinin Hesabı

Numunelerin akma değerleri, numunelerin Marshall Aygıtının kullanılması esnasında alınır.

Numunelerin akma kafasına yerleştirip, flovmetre sıfıra ayarlanır ve kırma için yk bindirilir. Yüklemeye 51 mm/ dak ‘lık sabit bir deformasyon hızıyla en büyük yük değerine erişinceye kadar devam edilir. En büyük yüke erişildiği anda folvmetrede akma değeri okunup, forma kaydedilir.

o) Boşluk Yüzdesinin (%) hesabı (V_h)

Şekil 3.22: Boşluk Yüzdesinin Hesabının Şematik Gösterimi



D_t = Teorik yoğunluk

$$V_h = 100 * (D_t - D_p) / D_t = 100 - S_t$$

D_p = Pratik yoğunluk

$$S_b = (D_p * W_b) / G_b$$

S_t = Agregat + Bitüm.

$$S_a = S_t - S_b$$

V_a = Hava + Bitüm

$$V_a = 100 - S_a$$

S_a = Agregat

V_a ' da S_b

S_b = Bitüm

100 'de

$$V_f = 100 * S_b / V_a$$

V_f = Bitümlle dolu boşluk yüzdesi

V_h = Hava

W_b = Karışımındaki bitüm yüzdesi

G_b = Bitümün özgül ağırlığı

Briketteki agregadan orta kalan boşluğun hacmen yüzdesi (V_a)

$V_a = 100 - S_a$ olarak bulunur. S_a değerini formülde yerine konulursa ; ($S_a = S_t - S_b$)

$V_a = 100 - (S_t - S_b)$, S_b 'nin değerini ($S_b = (D_p * W_b) / G_b$) formülde yerine konursa

$$V_a = 100 - (S_t - (D_p * W_b) / G_b)$$

$$V_a = 100 - S_t + (D_p * W_b) / G_b; V_h = 100 - S_t$$

$V_a = V_h + (D_p * W_b) / G_b$ olarak bulunur (Şekil 3.22).

p) Bitümle Dolu Boşluk Yüzdesinin (%) hesabı (V_f)

$V_f = 100 * S_b / V_a$; $S_b = (D_p * W_b) / G_b$ formüle uyarlayalım

$$V_f = 100 * [(D_p * W_b) / G_b] / V_a$$

$$V_f = 100 * (D_p * W_b) / (G_b * V_a) \text{ olur.}$$

(V_h), (V_a) ve (V_f) nin tespiti yukarıdaki formüllere göre hesaplanır.

Boşluk Yüzdesinin (%) hesabı (V_h) : Asfalt betonu briketlerindeki boşluk yüzdeleri teorik yoğunluk ve Pratik yoğunluğa bağlı olarak hesaplanır.

$$V_h = 100 * (D_t - D_p) / D_t = 100 - S_t$$

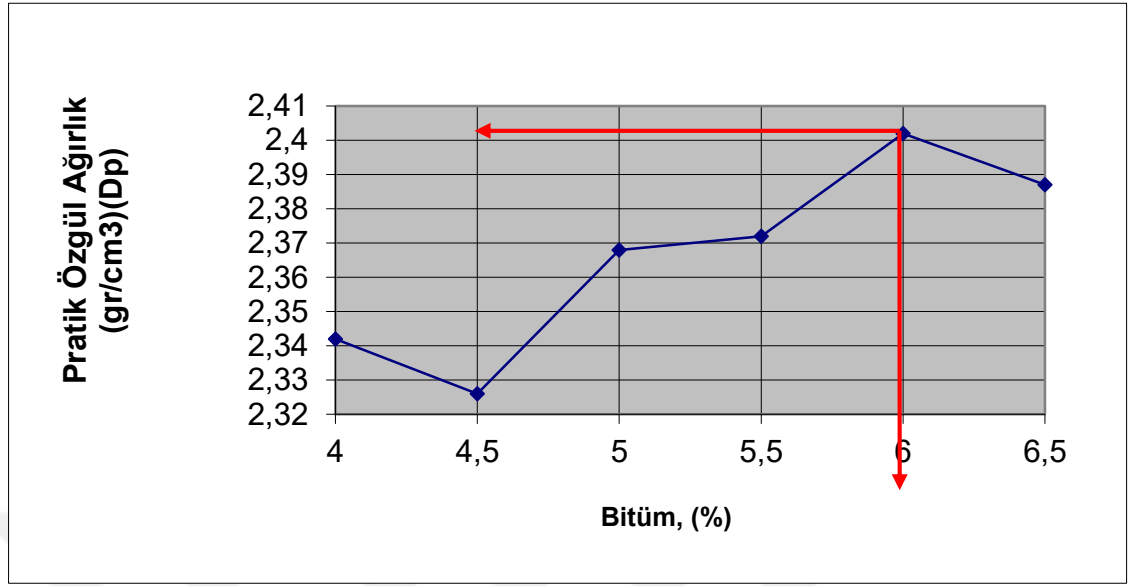
q) Pratik Yoğunluk Grafiğinin Çizimi (D_p)

Kuru agregaya göre bitüm yüzdesi (W_a) değerleri grafiğin yatay çizgisi (apsis) üzerine, Pratik yoğunluk değerleri ortalaması ise grafiğin dikey çizgisi (ordinat) üzerine yazılır. Bitüm yüzdesi (%) ve Pratik yoğunluk değerlerinin kesiştiği noktalar tespit edilir ve noktalardan geçen eğri çizilir. Eğrinin maksimum noktasında bitüm yüzdesi (%) hacmine inilen dik, maksimum Pratik yoğunluğu karşılık gelen yüzdeyi (%) verir.

Örneğin;

<u>Bitüm Yüzdesi (W_a)</u>	<u>Pratik yoğunluklar</u>
4, 0	2,342
4, 5	2,326
5, 0	2,368
5, 5	2,372
6, 0	2,403
6, 5	2,387

Şekil 3.23: Pratik Yoğunluk Grafiğinin Çizimi (Dp)



Grafik çizilip (Şekil 3.23) maksimum noktadan apsise dik inildiğinde, Pratik yoğunluk (özgül ağırlık) değerlerine karşılık gelen bitüm yüzdesi (%) yüzde 5, 95 olarak bulunur

r) Stabilite Grafiğinin Çizimi

Agregaya nazaran verilen bitüm W_a yüzdesi (%), W_a değerleri apsise, deneler sonucunda bulunan düzeltilmiş stabilite değerleri ise ordinate yazılır.

Bitüm yüzdesi (%) ile düzeltilmiş stabilite değerlerinin kesiştiği noktalar tespit edilir ve noktalardan geçen egrî çizilir, egrinin maksimum noktasından bitüm yüzdesine (%) inilen dik maksimum stabiliteye karşılık gelen bitüm yüzdesini (%) verir.

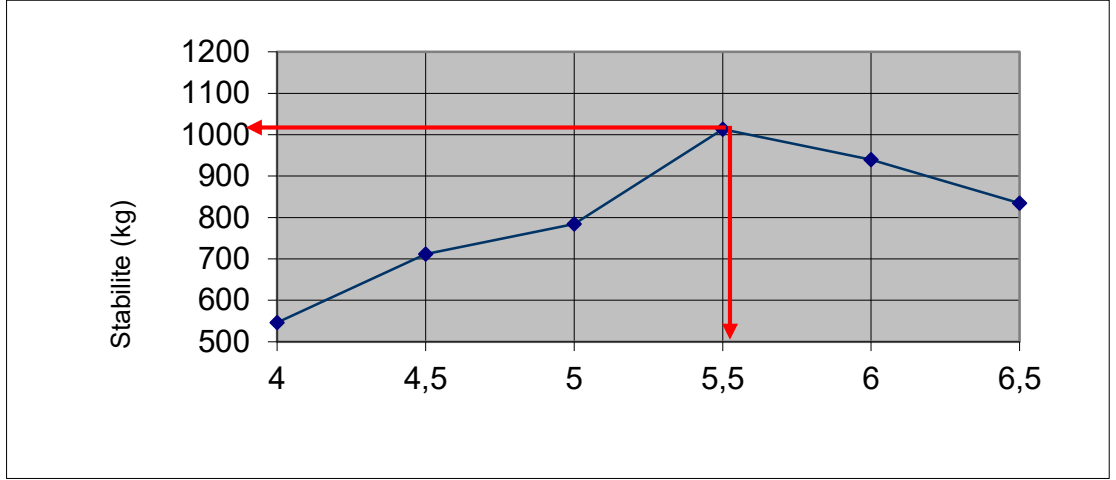
Örneğin;

Bitüm Yüzdesi (W_a)

Düzeltilmiş stabilite ortalama değerler

4, 0	546, 10
4, 5	711, 80
5, 0	784, 60
5, 5	1013, 40
6, 0	939, 50
6, 5	834, 80

Şekil 3.24: Stabilite Grafiğinin Çizimi (STB)



Stabilite grafiği çizilip (Şekil 3.24) apseye dik inildiğinde maksimum stabilite değerine gelen bitüm yüzdesi (%) 5, 55 olarak bulunur.

s) Asfalt ile Dolu Boşluk Yüzdesi (%) Grafiğinin Çizilmesi

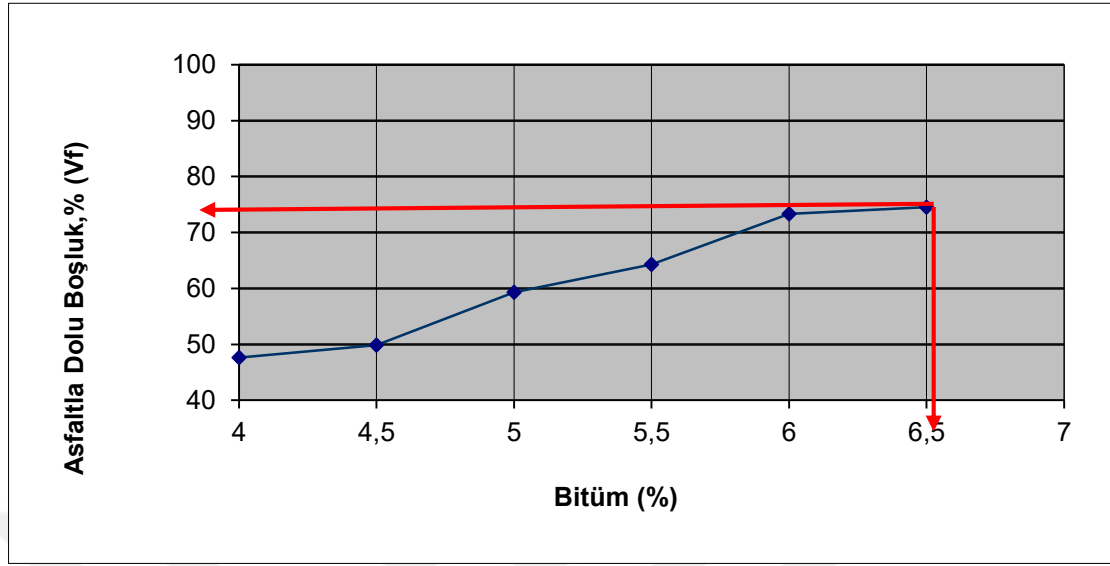
Bitüm yüzdesi (%) W_a apseye, asfaltla dolu boşluk yüzdesinin (%) değerleri ordinate yazılır. Bitüm yüzdeleri ile, asfaltla dolu boşluk yüzdesinin kesiştiği noktalar tespit edilir. Noktalardan geçen eğri çizilir, eğriye asfalt aşınma binder tabakası için uygun görülen bitümle dolu boşluk yüzdesi şartname değerlerinin (75-85) orta noktasından (80) çıkılan dik eğriyi kestiği noktadan bitüm yüzdesine inilen dik , asfaltla dolu boşluk yüzdesi şartname limitleri aralığına düşen bitüm yüzdesini verir. Örneğin;

Bitüm Yüzdesi (W_a)

Asfalt ile Dolu Boşluk Yüzdesi (%)

4, 0	47, 62
4, 5	49, 86
5, 0	59, 32
5, 5	64, 30
6, 0	73, 33
6, 5	74, 55

Şekil 3.25: Asfaltla Dolu Boşluk Grafiğinin Çizimi (Vf)



Asfaltla dolu boşluk yüzdesi (Şekil 3.25) grafiği çizilip, ordinattan uygun görülen şartname limitleri ortasından çıkılan dikin eğriyi kestiği noktaya karşılık gelen yüzde 6, 60 olarak bulunur.

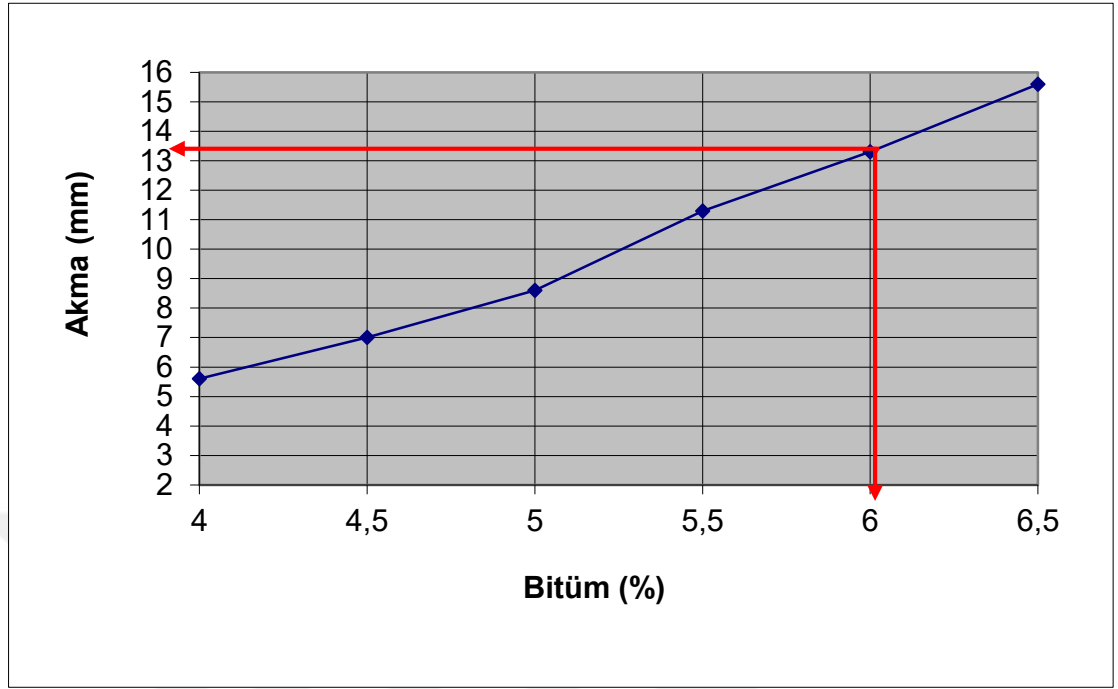
t) Akma Grafik Egrisinin Çizilmesi

Optimum bitüm yüzdesini (%) tespit etmede akma grafiğinin fonksiyonu yoktur, ancak grafiği üzerinde, optimum bitüm yüzdesine karşılık gelen değer in şartname limitleri dahilinde olması gerekir.

Bitüm yüzdeleri apside, deney neticesinde bulunan akma değerleri ortalaması ordinate işlenir. Karşılıklı değerlerin kesiştiği noktalar bulunur. Eğri çizilir.

<u>Bitüm Yüzdesi (Wa)</u>	<u>Akma değerleri ortalaması (%)</u>
4, 0	5, 6
4, 5	7, 0
5, 0	8, 60
5, 5	11, 30
6, 0	13, 30
6, 5	15, 60

Şekil 3.26: Akma Grafiğinin Çizimi (Akma)



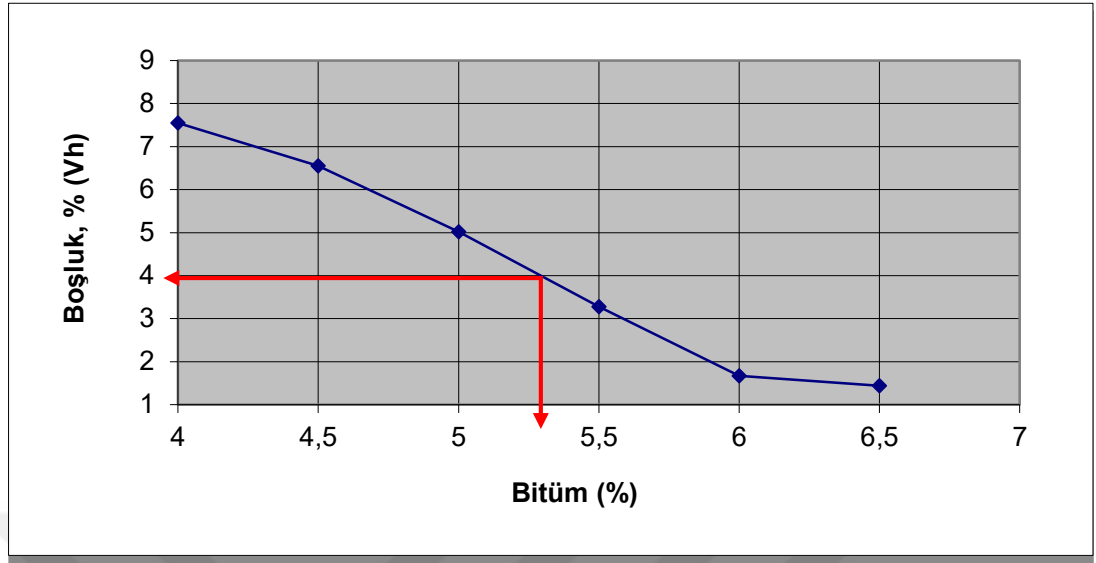
Optimum bitüm yüzdesi (%) 6, 10 için akma değeri 13, 70 olarak (Şekil 3.26) bulunur.

u) Boşluk yüzdesinin (%) grafiğinin Çizilmesi

Bitüm yüzdesi (%) W_a apsiste, Boşluk yüzdesi (%) ortalamaları ordinate yerleştirilir. Değerlerin kesişim noktaları tespit edilerek grafik eğrileri çizilir. Eğriye asfalt betonu aşınma takabası için uygun görülen boşluk yüzdeleri (%) şartname değerlerinin (3-5) orta noktasından (4) çıkılan dikin kestiği noktadan apside inilen dik bitüm yüzdesini (%) verir.Örneğin

<u>Bitüm Yüzdesi (W_a)</u>	<u>Boşluk değerleri ortalaması (%)</u>
4, 0	7, 55
4, 5	6, 55
5, 0	5, 02
5, 5	3, 28
6, 0	1, 67
6, 5	1, 44
7, 0	1, 17

Şekil 3.27: Boşluk Yüzdesinin Grafiğinin Çizimi (Vh)



Grafik çizilip (Şekil 3.27) ordinattan eğriye çıkılan dikin kestiği noktadan (boşluk yüzdesine karşılık gelen) bitüm yüzdesi (%) 5, 20 bulunur.

v) **Optimum Bitüm Miktarının Hesaplanması**

Optimum bitüm miktarının tespiti için çizilen Pratik yoğunluk, Stabilite, Asfaltla Dolu Boşluk yüzdesi grafiklerinden bu değerlere karşılık gelen bitüm yüzdesinin cebrik toplamının dörtte bölünmesi ile bulunur. Bu nedenle grafiklerden elde edilen;

Pratik yoğunluk değerine karşılık gelen (Dp) bitüm yüzdesi =5, 95

Stabilite değerine karşılık gelen bitüm yüzdesi =5, 5

Boşluk yüzdesine karşılık gelen değer=5, 20

Asfalt ile Dolu Boşluk Yüzdesine karşılık gelen bitüm yüzdesi =6, 10

Optimum bitüm= D_p % bitüm +Stabilite %bitüm+A.D.B.bitüm %+Boşluk %/4

Optimum bitüm= $(5, 95+5, 5+6, 10+5, 2)/4=5, 68$ bulunur.

Optimum bitüme tekabül eden Akma, Stabilite, Boşluk, Bitümle dolu boşluk yüzdesi, Pratik yoğunluk ve Agregalararsı dolu boşluk değerleri bulunur.

Bulunan değerlerin şartname limitleri içinde olup olmadığı tespit edilir (Tablo 3.23).

Tablo 3. 23: Asfalt Betonu Dizayn Kriterleri (Şartname Limitleri-KTŞ)

Özellikler	Binder		Aşınma TİP1-TİP-2		Aşınma TİP-3		Deney Standardı
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	
Briket Yapımında Uygulanacak Darbe Sayısı	75		75		75		TS EN 12697-30
Marshall Stabilitesi, kg	750	-	900	-	400	-	TS EN 12697-34
Boşluk, %	4	6	3	5	5	12	TS EN 12697-8
Asfaltla Dolu Boşluk (VFA),%	60	75	65	75	-	-	TS EN 12697-8
Agregalar Arası Boşluk (VMA),%	13	15	14	16	-	-	TS EN 12697-8
Akma, mm (10 ⁻² inc)	2(8)	4(16)	2(8)	4(16)	2(8)	4(16)	TS EN 12697-34
Filler /Bitüm oranı	-	1,4	-	1,5			
Bitüm (Ağırlıkça, 100 'e)	3,5	6,5	4,0	7,0	5,0	8,0	TS EN 12697-1
Sıkıştırılmış Bitümlü Karışımların Sudan Kaynaklanan Bozulmalara Karşı Direnci, İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Oranı, min. %	80		80		80		AASHTO T 283
Tekerlek izinde oturma (30.000 devirde,60 °C 'de),maks %	-		8		-		TS EN 12697-22
Tekerlek izinde oturma (3.000 devirde,60 °C 5 cm kalınlığında numune),maks %					7		TS EN 12697-22
Not: Tabakalar arası yapışma dayanımı TS EN 12697-48'e göre yapılabilecektir.							

Kaynak: KTŞ; 407/6

4. ÇALIŞMADA KULLANILAN AGREGALARIN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Çalışmada kullanılan agregalar çakıl taşı, bazalt taşı ve kalker taşının özellikleri irdelenmiştir. Çalışma için kullanılacak olan bu agregalar gruplarının elek analizleri ve temel fiziksel özellikleri belirtilmiştir.

4.1 DİYARBAKIR YÖRESİNE AİT BAZALTIN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesi geniş bazalt lavları ile örtülüdür. Diyarbakır Karacadağ bazaltı ise yaklaşık olarak 80 metre kalınlığındaki 10000 km² lik bir alanda kuzey- güney yönlü bir elips şeklinde yayılma gösterir (Erkan, 1995) .

Bazalt, akıcı ve bazik lavların soğuma yüzeyine dik olarak beş ve altı kenarlı sütunlar şeklinde katılaşması ile oluşmuştur. Koyu gri-siyah arasında değişen renklere sahiptir. Bazalt su emme, paslanma, dona, darbelere ve sürtünmelere karşı çok dayanıklıdır. Renk değiştirmez ve aşırı derecede camsı niteliği yoktur. Bu nedenle de uzun süre yapıda leke ve kılcal çatlaklar oluşmaz. Asitlere karşı dayanıklıdır. Bu özelliklerinden dolayı yapılarda bolca kullanılmıştır (Erkan, 1995) .

Bazalt doğada en yaygın olarak bulunan volkanik kayalar grubunu teşkil eder. Çok geniş alanlarda yayılıma sahip lav akıntılarıdır. Ufak kristalli veya camsı, Koyu gri-siyah arasında değişen renklere sahip volkanik bir kayadır (<http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/utbd/article/viewFile/3630/3410> Aylin ERÇİN KAHVECİ, Abdullah KADAYIFÇI;2) .

Bazalt, akıcı ve bazik lavların soğuma yüzeyine dik olarak beş ve altı kenarlı sütunlar şeklinde katılaşması ile oluşmuştur. Ayrıca bu çeşit lavların hava ile temas eden dış kısımları ve akıntı uçları boşluklu olabilir. Bu durum taşın bir cüruf görünümünü verir. Soğumakta olan lavdan çıkan gaz tanecikleri bu boşlukların oluşumunu sağlar. Taşın iç kısımlarına gidildikçe boşluklar küçülür ve sayıları azalır. Bu tür bazalta gözenekli bazalt denir. Suyu daha fazla emer ve soğurma özelliği fazladır (Erkan, 1995) .

Bazalt su emme, paslanma, dona, darbelere ve sürtünmelere karşı çok dayanıklıdır. Renk değiştirmez ve aşırı derecede camsı niteliği yoktur. Bu nedenle de uzun süre yapısında leke ve kılcal çatlaklar oluşmaz. Asitlere karşı dayanıklıdır. Bu özelliklerinden dolayı yapılarda bolca kullanılmıştır (Erkan, 1995) .

Fiziksel ve mekanik özelliklerinden dolayı yüksek dayanımı olan bazalt taşı, doğada yaygın olarak bulunan bir volkanik kayaç grubunu teşkil ettiği, çok sert, yoğun ve mukavemeti yüksek bir kayaç olduğu için günümüzde yapı taşı olarak kullanılmasının yanı sıra endüstride de farklı kullanım ve uygulama alanı bulur (Halifeoğlu ve Dalkılıç, 2002) .

Gözeneksiz bazaltın ise düz bir yapısı vardır. Ocaktan alınmış işlem görmemiş gözenekli gözeneksiz bazalt kayalar (Şekil 4.1)'de gösterilmiştir.

Şekil 4.1: Ocaktan Alınmış İşlem Görmemiş Gözenekli Gözeneksiz Bazalt Kayalar



Kaynak: Halifeoğlu ve Dalkılıç, 2002

4.1.1 Diyarbakır Karacadağ Bazaltının Kimyasal Bileşimi

Karacadağ zirvesine yakın farklı yerlerden alınan numune örneklerinin temel element kimyasal analizler, Japonya'dan gelen bir araştırma grubu tarafından Tokyo Üniversitesi Deprem Araştırma Enstitüsünde X-ray flouresans spektrometresi ile (XRF) yapılmıştır. Bu araştırmaya göre (Tablo 4.1)'deki değerler ortaya çıkmıştır (<http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/utbd/article/viewFile/3630/3410> Aylin ERÇİN KAHVECİ, Abdullah KADAYIFÇI; 2) .

Tablo 4.1: Bazaltın Kimyasal Analizi

Bileşenler	1.Numune	2.Numune	3.Numune	4.Numune
SiO ₂	46.04	48.70	46.79	45.88
TiO ₂	3.18	2.62	2.94	2.86
Al ₂ O ₃	13.89	14.05	14.18	13.68
Fe ₂ O ₃	4.89	4.32	4.62	4.69
FeO	8.80	7.78	8.31	8.44
MnO	0.15	0.15	0.16	0.16
MgO	8.76	8.57	9.19	8.82
CaO	9.12	8.67	8.77	9.32
Na ₂ O	3.64	3.23	3.18	3.78
K ₂ O	1.04	1.36	1.30	1.63
P ₂ O ₅	0.44	0.48	0.51	0.69

Örneklerin bu temel element kapsamı ile genellikle orta derecede alkalik nitelikte oldukları belirlenmektedir.

4.1.2 Diyarbakır Karacadağ Bazaltının Mekanik Özellikleri

4.1.2.1 Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Bu deneyde bazaltın tek eksenli düşey doğrultuda etkiyen yükler karşısında davranışları ve dayanımları belirlenmiştir. Basınç dayanımı deneyleri tabaka düzlemlerine dik olarak yapılmıştır. Gözenekli ve gözeneksiz bazaltın tek eksenli basınç dayanımı (Tablo 4.2) 'de ve çekme dayanımı ise (Tablo 4.3)'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Tek eksenli Basınç Dayanımı

N. Cinsi	N.No	N.Çapı (mm)	N.Boy (mm)	Boy- Çap Oranı	Yüzey Alan (mm ²)	Yenilme yükü (kN)	Basınç Day. (MPa)	Ort. Basınç Day.
Gözeneksiz	1	41	101	2.46	1320.25	147.0	111.34	89.10
Gözeneksiz	2	42	102	2.43	1385.44	140.8	101.63	
Gözeneksiz	3	42	102	2.43	1385.44	104.5	75.43	
Gözeneksiz	4	41	104	2.54	1320.25	103.6	78.46	
Gözeneksiz	5	41	102	2.49	1320.25	103.8	78.62	
Gözenekli	6	42	104	2.48	1385.44	60.8	43.89	51.76
Gözenekli	7	42	103	2.45	1385.44	69.2	49.95	
Gözenekli	8	42	102	2.43	1385.44	71.1	51.32	
Gözenekli	9	41	108	2.63	1320.25	80.7	61.12	
Gözenekli	10	42	102	2.43	1385.44	73.3	52.51	

Gözeneksiz bazaltın ortalama tek eksenli basınç dayanımı; 89.10 MPa, Gözenekli bazaltın ortalama tek eksenli basınç dayanımı ise 51.76 MPa olarak hesaplanmıştır (Acar, 2002).

4.1.2.2 Çekme Dayanımı (Brazilian Yöntemi)

Tablo 4.3: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Çekme Dayanımı

N.Cinsi	N. No	Numune Çapı (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Kal.Çap Oran	Yenilme Yüğü (kN)	ÇekmeD. y. (MPa)	Ort.Çek. Day.(MPa)
Gözeneksiz	1	56	27	0.48	32.9	14.37	13.94
Gözeneksiz	2	56	27	0.48	33.0	14.42	
Gözeneksiz	3	56	27	0.48	38.5	16.82	
Gözeneksiz	4	56	27	0.48	26.0	11.36	
Gözeneksiz	5	56	27	0.48	29.4	12.84	
Gözenekli	6	56	27	0.48	16.0	6.99	7.16
Gözenekli	7	56	27	0.48	19.3	8.43	
Gözenekli	8	56	27	0.48	13.2	5.77	
Gözenekli	9	56	27	0.48	16.1	7.03	
Gözenekli	10	56	27	0.48	17.4	7.60	

Gözeneksiz bazaltın ortalama çekme dayanımı; 13.94 MPa, gözenekli bazaltın ortalama çekme dayanımı ise 7.16 MPa olarak hesaplanmıştır (Acar, 2002).

4.1.2.3 Nokta Yüğü Dayanımı

Nokta yüğü dayanımı deneyi, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan, nokta yüğü dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılmaktadır (Acar, 2002).

Nokta yüğü dayanımı indeksleri (Tablo 4.4)' de verilmiştir.

Tablo 4.4: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Nokta Yük Dayanımı

N. cinsi	N. No	Test Tipi	W (mm)	D (mm)	De ² (mm)	Yen. Yüğü (kNt)	Nokta yük İndeksi IS	Boyut Düzeltme Faktör	Is(50)	Ort IS
Gözeneksiz	1	Çapsal	50	41	1681	17	10.113	0.915	9.25	9.81
Gözeneksiz	2	Çapsal	48	40	1600	19	11.875	0.904	10.74	
Gözeneksiz	3	Çapsal	53	42	1764	21	11.905	0.925	11.01	
Gözeneksiz	4	Çapsal	59	42	1764	20.5	11.621	0.925	10.75	
Gözeneksiz	5	Çapsal	60	42	1764	16	9.070	0.925	8.39	
Gözeneksiz	6	Çapsal	47	41	1681	15	8.923	0.915	8.16	
Gözeneksiz	7	Çapsal	52	42	1764	15	8.503	0.925	7.87	
Gözeneksiz	8	Çapsal	51	42	1764	15	8.503	0.925	7.87	
Gözeneksiz	9	Çapsal	48	40	1600	17	10.625	0.904	9.61	
Gözeneksiz	10	Çapsal	54	40	1600	16	10.000	0.904	9.04	
Gözenekli	11	Çapsal	57	41	1681	9	5.354	0.915	4.90	5.48
Gözenekli	12	Çapsal	63	42	1764	8	4.535	0.925	4.19	
Gözenekli	13	Çapsal	69	42	1764	7.5	4.252	0.925	3.93	
Gözenekli	14	Çapsal	54	41	1681	8	4.759	0.915	4.35	
Gözenekli	15	Çapsal	49	42	1764	13	7.696	0.925	7.12	
Gözenekli	16	Çapsal	52	40	1600	9	5.625	0.904	5.09	
Gözenekli	17	Çapsal	61	41	1681	9	5.354	0.915	4.90	
Gözenekli	18	Çapsal	58	41	1681	8	4.759	0.915	4.35	
Gözenekli	19	Çapsal	65	42	1764	11	6.256	0.925	5.79	
Gözenekli	20	Çapsal	67	40	1600	10	6.25	0.904	5.65	

4.1.2.4 Darbe Dayanımı

Bazaltın darbe dayanımlarının belirlenmesinde şahmerdan denilen alet kullanılmaktadır.

Gözenekli ve gözeneksiz bazaltın darbe dayanımı değerleri (Tablo 4.5) 'de verilmiştir.

Gözenekli ve gözeneksiz bazaltın yüzey aşınma kaybı değerleri (Tablo 4.6)'de verilmiştir.

Tablo 4.5: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Darbe Dayanımı

Numune Cinsi	Numune No	Darbe Sayısı (n)	Darbe Dayanım (Nmm/mm ³)	Ortalama Darbe Day. (Nmm/mm ³)
Gözeneksiz	1	4	2	2.54
Gözeneksiz	2	4	2	
Gözeneksiz	3	5	3	
Gözeneksiz	4	6	4.2	
Gözeneksiz	5	4	2	
Gözeneksiz	6	5	3	
Gözeneksiz	7	5	3	
Gözeneksiz	8	4	2	
Gözeneksiz	9	3	1.2	
Gözeneksiz	10	5	3	
Gözeneksiz	11	3	1.2	1.18
Gözeneksiz	12	2	0.6	
Gözeneksiz	13	2	0.6	
Gözeneksiz	14	3	1.2	
Gözeneksiz	15	4	2	
Gözeneksiz	16	2	0.6	
Gözeneksiz	17	3	1.2	
Gözeneksiz	18	3	1.2	
Gözeneksiz	19	4	2	
Gözeneksiz	20	3	1.2	

4.1.2.5 Sürtünme İle Aşınma Kaybı

Bazaltın sürtünme ile aşınma kaybının belirlenmesi amacıyla Böhme Yüzey Aşınma

Deneyi yapılmıştır (Acar, 2002) .

Tablo 4.6: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Yüzey Aşınma Kaybı

Numune cinsi	Numune No	Deney Önc.Ort. Kal.d0 (cm)	DeneySonOrt Kal.d1 (cm)	Böhme Yüz.Aş.Kay.d (cm/50cm ²)	Ort.Böh. Yüz.Aş. Kay.d (cm/50cm ²)
Gözeneksiz	1	7.62	7.40	0.22	0.27
	2	7.69	7.42	0.27	
	3	7.64	7.31	0.33	
Gözenekli	1	7.75	7.47	0.28	0.23
	2	7.80	7.63	0.17	
	3	7.69	7.45	0.24	

4.1.2.6 Darbeli Aşınma Kaybı (Los Angeles Deneyi)

Darbeli aşınma kaybı esas olarak, bir silindir içinde deney numunesi parçalarının çelik

bilyelerle birlikte dönme sırasında yukarıda toplanıp, serbest düşme esnasında çarpışmaları sonucu oluşan darbelerle kırılma veya küçük parçaların kopması prensibine dayanmaktadır (Acar, 2002).

Gözenekli ve gözeneksiz bazaltın darbeli aşınma kaybı (Los Angeles Deneyi) değeri (Tablo 4.7) verilmiştir.

Tablo 4.7: Gözenekli ve Gözeneksiz Bazaltın Darbeli Aşınma Kaybı (Los Angeles Deneyi)

Numune cinsi	Numune No	100 Dev. Aşınma Kaybı K100 (%)	500 Dev. Aşınma Kaybı K100 (%)
Gözenekli	1	8.14	28.14
Gözeneksiz	2	7.54	26.28

4.1.3 Diyarbakır Karacadağ Bazaltının Fiziksel Özellikleri

4.1.3.1 Isıl İletkenlik

Isıl iletkenlik katsayıları DIN 51046'ya uygun olarak sıcak tel yöntemine göre ölçme yapan cihaz (shoterm-ATM) kullanılarak ölçülmüştür. Bu yöntemde, ısıtıcı tel (krom-nikel) iki örnek arasına yerleştirilir. Üstteki örnek yalıtılmış ve iletkenliği bilinen plaka (prob), alttaki örnek arasına yerleştirilir. Üstteki örnek yalıtılmış ve iletkenliği bilinen plaka (prob), alttaki örnek ise ısıl iletkenliği bilinmeyen ölçülecek olan numunedir. Her numune, üç ayrı noktadan ve üçer defa ölçülerek ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamaları alınmıştır (Acar, 2002).

Gözenekli ve gözeneksiz kayaç kumuneleri için ısıl iletkenlik katsayısı değerleri (Tablo 4.8) 'de verilmiştir.

Tablo 4.8: Gözenekli ve Gözeneksiz Kayaç Numuneleri için Isıl İletkenlik Katsayısı; (W/MK)

W/MK	Gözeneksiz	Gözenekli
K1	1.533	1.274
K2	1.325	1.250
K3	1.341	1.222
K	1.399	1.249

4.1.3.2 Yoğunluk Tespiti

Gözeneksiz bazaltın yoğunluğu 2852 kg/m^3 , gözenekli bazaltın yoğunluğu ise 2282 kg/m^3 olarak hesaplanmıştır (Acar, 2002).

4.1.3.3 Özgül Isı Kapasitesi

Özgül ısı kapasitesi deneyinde yakıtların ısı değerlerinin tespitinde kullanılan kalorimetre kullanılmıştır. Bazalt kayacının özgül ısı kapasitesi deneyinde; gözeneksiz bazaltın özgül ısı kapasitesi 1013 J/kgK , gözenekli bazaltın özgül ısı kapasitesi ise 924 J/kgK olarak hesaplanmıştır (Acar, 2002).

4.1.3.4 Su Emme ve Kuruma Deneyi

Bu deneyin amacı, su ile direk ilişkili olacak yapı malzemelerinde donma sonucu bünyesindeki buz kristallerinin genişleme imkânı bulabileceği bir kuru hacim bulunabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu özellik malzemede dona karşı güvence oluşturmaktadır. Yapılan deneyler sonucunda su emme oranı gözeneksiz bazalt için yüzde 1.72, gözenekli bazalt için yüzde 4.12 değerleri bulunmuştur. Numuneler üzerinde yapılan su emme deneylerinde az da olsa birbirinden farklı su emme oranları elde edilmiştir. Bununla birlikte sonuçlar yüzde 30 kritik değerinin oldukça aşağısındadır. Yörenin iklim şartları da dikkate alındığında donma sonucu malzemede çatlama, yüzeyde tozlanma ve kabuk halinde dökülme veya toplam kütlelerin dağılması söz konusu değildir. Kuruma malzeme yüzeyinden buharlaşma yolu ile olduğundan burada malzeme derinliğinden yüzeye kılcal kanallar vasıtasıyla suyun hareketi söz konusudur. Malzeme azda olsa teneffüs kabiliyetine sahiptir (Acar, 2002).

4.1.3.5 Bazaltın Kesilebilirlik ve Parlatılabilirlik Özellikleri

Bir testereyle ortalama $6.000\text{--}7.000 \text{ m}^2$ mermer kesimi yapılabilirken bazalt için kullanılan soket yüzde 30–40 oranlarında sertleştirildikten (elmas ilavesiyle) sonra $550\text{--}600 \text{ m}^2$ bazalt kesimi yapılabilir. Cila alma yeteneğine sahip olan bazalt mermere oranla yüzde 20–25 daha az cila kabul etmektedir (Acar, 2002).

4.2 DİYARBAKIR YÖRESİNE AİT DERE MALZEMESİNİN ÖZELLİKLERİ

4.2.1 Dicle Nehri Agregalarıyla Hazırlanan Bitümlü Sıcak Karışımların Optimum Özelliklerinin Belirlenmesi

Dicle Nehri'nden temin edilen ve dere malzemesi olarak kullanılan agregalarla hazırlanan bitümlü sıcak karışımların optimum bitüm oranının belirlenmesi ve şartnamelere

uygunluğu kapsamında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Aşınma tabakası Tip II'ye göre agrega gradasyonu hazırlanıp, değişik bitüm oranlarında Marshall Stabilitesi deneyi yapılarak, optimum bitüm oranı tespit edilmiş ve şartname limitleriyle kıyaslaması yapılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma neticesinde, dere malzemesinin fiziksel özelliklerinin asfalt betonu karışımlarında kullanılmasının elverişli olduğu ve standartlarda belirtilen sınır değerler içerisinde kaldığı deneysel olarak elde edilmiştir

(A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010).

4.2.2 Dere Malzemesi Üzerinde Deneysel Çalışmalar

Dere malzemesi olarak temin edilip konkasörle kırılan agregadan; aşınma tabakası için Tip II gradasyon limiti ortalaması (Tablo 4.9)'dan alınarak hazırlanan agrega üzerinde yapılan deneyin sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiş ve şartname limitleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmadaki değerler aşağıdaki (Tablo 4. 10)'da verilmiştir (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010).

Tablo 4. 9: Aşınma Tabakasında Kullanılan Agrega Gradasyonu

Agreganın Geçtiği Elek Boyu		Agreganın Gradasyonu	Tip II	
(mm)	(inç)	Malzeme miktarı (gr)	% Geçen	% Geçen
19	3/4	-	100	100
12,5	1/2	138	88,5	77-100
9,5	3/8	162	75	66-84
4,75	No:4	228	56	46-66
2,00	No: 10	192	40	30-50
0,425	No: 40	240	20	12-28
0,180	No: 80	90	12,5	7-18
0,075	No: 200	66	7	4-10
No: 200 altı (Filler)		84		
Toplam		1200		

Karayolları Genel Müdürlüğü Fenni Şartnamesi, aşınma tabakası Tip II'ye göre hazırlanan mineral agrega gradasyonunda; iri agrega oranı yüzde 11,5, orta agrega oranı yüzde 32,5, ince agrega oranı yüzde 49 ve filler oranı yüzde 7 olarak alınmıştır.

Agregaların fiziksel özellikleri (Tablo 4.10)'da ve deney sonuçları Tablo (4.11)'de verilmiştir.

Tablo 4.10: Agregaların Fiziksel Özellikleri [ASTM, 7-12]

Fiziko-mekanik değerler (standartlar)	Agrega Tipi		
	Kaba > 4.75 mm	İnce 4.75-0.075 mm	Filler <0.075 mm
Los Angeles aşınma kaybı, % (ASTM C-131)	17,5	-	-
Hava tesirlerine karşı dayanıklılık,% (ASTM C-88)	6,09	-	-
Absorpsiyon yüzdesi, % (ASTM C-127)			
Hacim özgül ağırlık, gr/cm ³	1,071	1,420	-
Yaş hacim özgül ağırlık, gr/cm ³	2,684	2,655	2,651
Zahiri hacim özgül ağırlık, gr/cm ³	2,713	2,655	-
(ASTM C-27, ASTM C-128, ASTM D-854)	2,764	2,759	-

Tablo 4.11: Deney Sonuçları ve Şartname Sınırları

Deneyin Adı	Deney Sonucu	Şartname Sınırları (KTSŞ 2006)
Aşınma kaybı (maks.%)	17,5	35
Donma kaybı (maks.%)	6,09	10
Kaba agregaya için su absorpsiyonu (maks.%)	1,071	2,5

(Tablo 4.11)'den de anlaşılacağı üzere, konkasörlerle kırılıp agregaya olarak kullanılan dere malzemesinin, KGM Fenni Şartnamesi kriterlerini sağladığı, yapılan laboratuvar deneyleriyle anlaşılmıştır. Böylece, Şartname koşullarına uyan bu malzemenin, asfalt betonu kaplamalarındaki bitümlü sıcak karışımlarda kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmeyeceği belirlenmiştir.

4.2.3 Marshall Metodu ile Karışım Dizaynı

Marshall yöntemi, maksimum boyu 25 mm. veya daha küçük agrega ihtiva eden ve penetrasyon veya viskozite ile sınıflandırılmış asfalt çimentosu kullanılarak sıcak asfalt karışımlara uygulanmaktadır. Bu yöntemde, Marshall aleti kullanılarak bitümlü karışımın plastik akmaya karşı stabilitesi elde edilmektedir (Önal, MA, Karaca, S, (1990), Asfalt Betonlu Karışım Dizayn Metotları, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara).

Marshall metodunda deney numunelerinin hazırlanmasından önce aşağıdaki işlemlerin yapılmış olması gerekmektedir.

- a) Karışımında kullanılacak malzemelerin şartnamede istenilen özelliklere uygunluğunun kontrolü,
- b) Agrega karışım gradasyonunun şartname gradasyonuna uygunluğunun kontrolü,
- c) Yoğunluk ve boşluk analizinde kullanılmak üzere, karışımında kullanılan agreganın hacim özgül ağırlığı ve asfalt çimentosunun özgül ağırlığının tayini,

Söz konusu rutin testler, şartnamelerin ve laboratuvar tekniğinin bir sonucudur ve birçok karışım tasarımında yapılması gereken işlemlerdir (Umar, F, Açar, E, (1991), Yol Üst Yapısı, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul).

4.2.3.1 Marshall Numuneleri Hazırlanmasında Kullanılan Aletler

- a) Su Banyosu: Hazırlanan Marshall briketlerinin 60°C'de kuru için ayarlanabilen termostatlı alettir.
- b) Tepsiler: Metal, düz tabanlı olanları, agregaları ısıtmak; yuvarlak ve yaklaşık 4 lt. Kapasiteli olanları bitümü ısıtmada kullanılır.
- c) Mekanik Karıştırıcı: Agreganın tüm sathının sarılmasını temin edip, homojen bir karışım sağlayan mekanik karıştırıcıdır.
- d) Numune Sıkıştırma Kalıpları: 101 mm. çapında ve 76 mm. yüksekliğinde taban plakası ilavesiyle silindir bir kalıptan oluşur.
- e) Numune Çıkartıcısı: Standart silindir kalıp içerisindeki numuneleri çıkartmaya yarayan 98±2 mm. kalınlığında en az 13 mm. olan çelik bir diskidir.
- f) Etüv: Elektrikle çalışan, agregayı, asfaltı ve gerekli araçları ısıtmak için kullanılan sıcaklığı 150°C - 200°C aralığında değişen bir cihazdır.
- g) Numune Sıkıştırma Tokmağı: Sıkıştırma yüzeyi (37 / 8") çapında düz silindirik

ve 4536 gr. ağırlığında bir kütlenin 457 mm. yükseklikten düşüşünü sağlayan bir düzendir.

h) Marshall Yükleme Aygıtı: Deney tablasının 51 mm/dk. düzgün bir hareket yapmasını sağlayan, çelik halka şeklinde iki segmanı olan, akma ve stabiliteyi gösteren aygıttır.

i) Diğer Aletler: Yukarıda belirtilen aletlerin dışında termometreler, teraziler, karıştırma kaşığı, kürek, spatula, eldivenler, boya kalemi gibi araçlarda kullanılmaktadır (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010)

4.2.4 Marshall Briketlerinin Hazırlanması

Çalışma kapsamında, dere malzemesinin kırılmasıyla elde edilen agregalar, KGM Yollar Fenni Şartnamesi aşınma tabakası Tip II'ye göre hazırlanmıştır. Deney briketlerinin hazırlanmasında TS 3720'nin ön gördüğü hususlar göz önüne alınmıştır. Agregalar karışımları ile karışımın içine yerleştirileceği kalıplar ve diğer malzemeler etüvde 160-170 °C'de en az 3 saat kalmak üzere ısıtılmıştır. Bitümlü bağlayıcı malzemesi olarak AC 75-100 penetrasyonlu asfalt çimentosu kullanılmıştır. Asfalt çimentosu daha önce 140-150 °C bir sıcaklıktaki etüvde, akıcı ve işlenmiş bir halde kıvamına gelinceye kadar ısıtılmıştır. Marshall briketleri için 1200 gr.lık alınan agregalar karışımları etüvde kurutulduktan sonra hemen tartılıp, istenen bitüm yüzdesine göre kullanılacak bitüm ağırlığı tespit edilmiştir. Hazırlanan briketlerde asfalt çimentosu kuru agregaya göre yüzde olarak karışımda kullanılmıştır (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010).

Dere malzemesinden hazırlanan agregalar karışımlarına değişik bitüm oranlarında (yüzde 4, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 ve 6.5) bitüm ilave edilip, her bitüm yüzdesinden üçer tane olmak üzere toplam 18 adet numune, asfalt betonunun fiziksel özelliklerini ve optimum bitüm oranını tespit etmek için hazırlanmıştır (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010).

Agregalara, tespit edilen bitüm miktarı katıldıktan sonra, bitümlü sıcak karışım, soğumadan mekanik mikserde iyice karıştırılmıştır. Bu işlem, karıştırıcıda bulunan agregaların bitümlü kaplanması bakımından homojen bir hal alınca kadar devam etmiştir. Daha sonra karıştırıcı kovanındaki karışım, bitümün daneler arasına daha iyi bir şekilde nüfus etmesi için, ısıtılmış bir kürekle karıştırma işlemine devam edilmiştir. Bu

karıştırma işlemi yaklaşık 2 dakika sürmüştür. Karıştırma işlemi tamamlanmış bitümlü karışım bir kürekle alt ve üst aparatlar ile taban plakasından oluşmuş, temiz ve etüvde ısıtılmış kalıplara yerleştirilmiştir. Numunenin daha sonra kolay çıkmasını sağlamak amacıyla kalıpların cidarları yağlanmış olup, altında filtre kâğıdı kullanılmıştır. Sıcak karışımın kalıp içerisinde homojen ve iyi bir şekilde yerleşmesi için ısıtılmış kenar ve orta noktaları 10 – 15 defa spatulayla şişlenmiştir. Numune kalıba yerleştirildikten sonra üzerine filtre kâğıdı konarak sıkıştırma aletine yerleştirilmiştir. Sıkıştırma aletinde 457 mm. yükseklikten serbest olarak düşen sıkıştırma tokmağı ile numune yüzüne 75 darbelik sıkıştırma yapılmış ve işlem, aynı numune ters çevrilerek tekrarlanmıştır. Bu şekilde silindirik kalıplar içinde sıkıştırılan sıcak bitümlü numunelerin numaraları ve bitüm yüzdeleri kalıplar üzerinde belirtilerek oda sıcaklığında 24 saat soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra numune çıkarıcı olan hidrolik bir kriko ile numuneler kalıplarından çıkarılmıştır. Tüm numuneler hazırlandıktan sonra her bir numunenin yüksekliği üç farklı yerinden kumpasla ölçülmüş, havadaki ve sudaki ağırlıkları ile doygun yüzey-kuru numune ağırlıkları olmak üzere üç kez tartma işlemi yapılarak ağırlıklar belirlenmiştir. Bitümlü sıcak karışımların karıştırılıp kalıplara yerleştirilmesi işlemleri (Şekil 4.2)'de verilmiştir (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010)

Şekil 4.2: Bitümlü Sıcak Karışımların Karıştırılıp Kalıplara Yerleştirilmesi İşlemleri



4.2.5 Deney Numunelerinin Test Edilmesi

Dere malzemesi ve asfalt çimentosu ile hazırlanmış Marshall briketleri sıcaklığı 60 ± 1 °C olan su banyosuna yerleştirilerek 30 dakika bekletilmiş, daha sonra kırılmıştır.

Şekil 4.3: (a) Marshall Briketleri ve Numunelerin Kürü (b) Numunelerin Marshall Test Aletiyle Kırılması



Su banyosundan çıkartılan numuneler Marshall yükleme aygıtının aparatlarından olan kırma kafasına yerleştirilmiştir. Kırma kafasının alt ve üst parçaları numune yerleştirilmeden önce temizlenip yağlanmış olması gerekmektedir. Akma ve stabilite değerlerini ölçen elektronik Marshall test aletine numune kırma kafası içinde düzgünce oturtulup, flowmetre (kılavuz çubuğu) ile teması sağlanmıştır. Yüklemeye 51 mm/dk.'lık sabit bir deformasyon hızıyla devam edilmiştir. En büyük penetrasyon ve buna karşılık gelen akma değerine ulaşıldığında cihaz, otomatik olarak yüklemeyi bitirmektedir. En büyük akma ve buna karşılık gelen yük, dijital ekrandan okunup kaydedilmiştir. Marshall briketleri ve numunelerin kürü ve numunelerin marshall test aletiyle kırılması (Şekil 4.3 (a) ve (b))'de gösterilmiştir (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010).

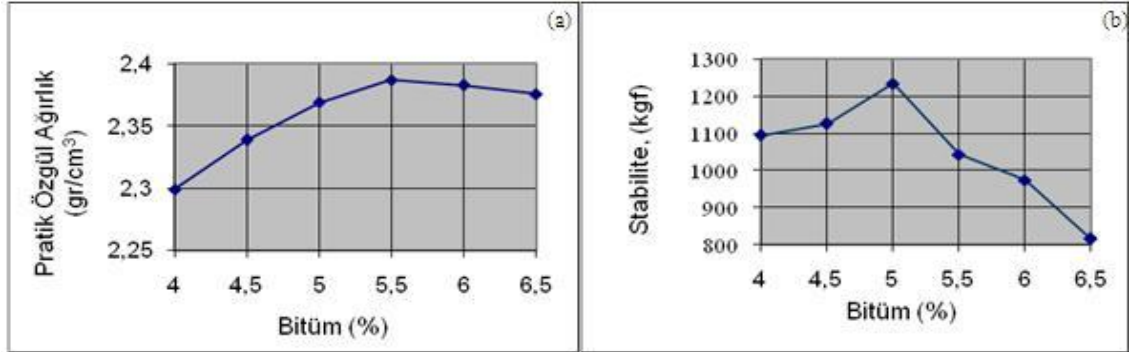
Yollar Fenni Şartnamesinde 63,5 mm. yüksekliğindeki Marshall numuneleri için bulunan stabilite değerleri gerçek değerlerdir. Bu kalınlıktan farklı olan numunelerde "Marshall Stabilite Düzeltme Faktörleri" katsayıları kullanılarak düzeltilmiş stabilite değerleri bulunup, işlemler gerçekleştirilmiştir. Marshall yükleme aletinde, stabilite "kN" ve akma "mm" olarak okunmuş, stabilite değeri daha sonra düzeltme faktörüyle çarpılıp, "kgf" cinsine çevrilerek gerçek stabilite değeri elde edilmiştir. Asfalt betonunun fiziksel özelliklerine ait şartname kriterleri aşağıdaki (Tablo 4.12)'de gösterilmiştir. Ayrıca bulunan bu değerler grafikler üzerinde aşağıda (Şekil 4.4),(Şekil 4.5) ve (Şekil 4.6)'de gösterilmiştir (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010).

Tablo 4.12: Asfalt Betonunun Fiziksel Özellikleri

Özellikler	Hafif ve orta trafikli yollar				Ağır trafikli yollar, Otoyollar ve tırmanma şeritleri			
	Binder		Aşınma		Binder		Aşınma	
	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
Briket Yapımında Uygulanacak Darbe Sayısı	50	-	50	-	75	-	75	-
Marshall Stabilesi (kg)	600	-	750	-	750	-	900	-
Boşluk, (%)	4	6	3	5	4	6	3	5
Asfaltla Dolu Boşluk (%)	65	75	75	85	65	75	75	85
Akma (mm)	2,5	4,6	2,5	4,6	2	4	2	4
Filler / Bitüm Oranı	-	-	-	-	-	1,4	-	1,5
Asfalt Çimentosu (%)	3,5	6,5	4	7	3,5	6,5	4	7

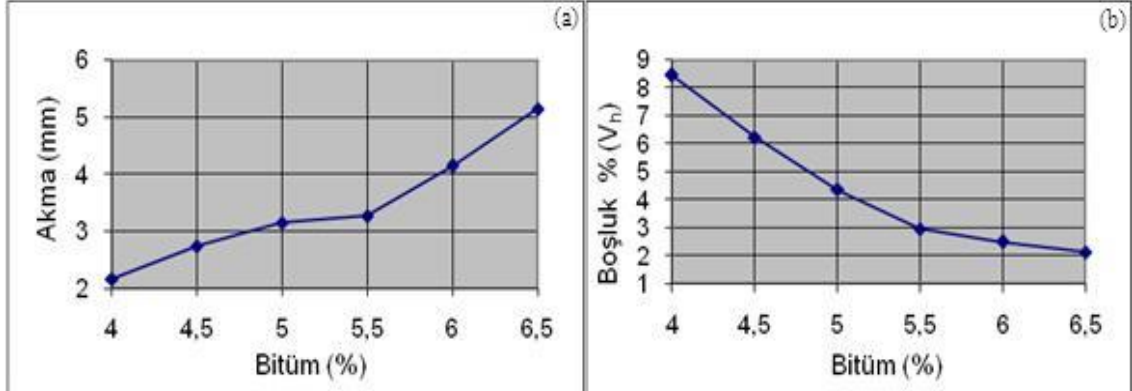
Kaynak: A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014–16Ekim 2010

Şekil 4.4: (a) Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (b) Bitüm – Stabilesite ilişkisi



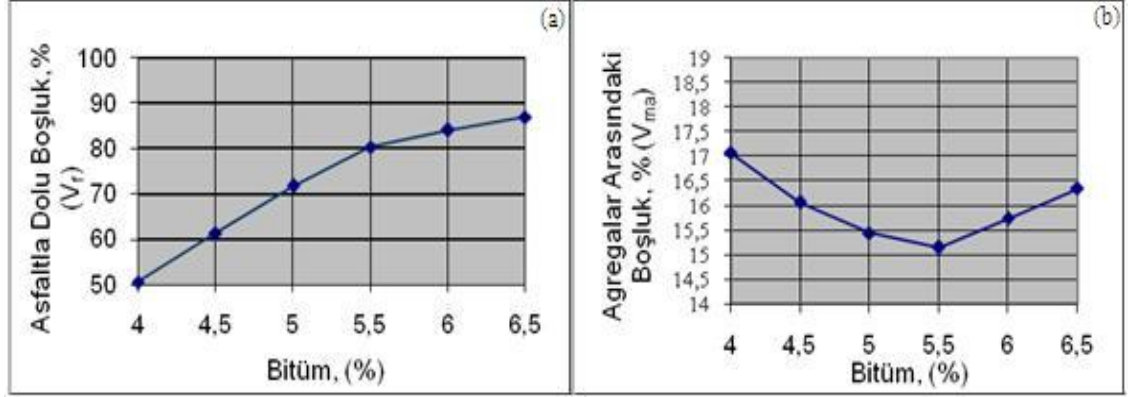
Kaynak: A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014–16Ekim 2010

Şekil 4.5: (a) Bitüm – Akma ilişkisi (b) Bitüm – Boşluk ilişkisi



Kaynak: A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014–16Ekim 2010

Şekil 4.6: (a) Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (b) Bitüm – Agregalar arasındaki Boşluk İlişkisi



Kaynak: A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014–16Ekim 2010

(Şekil 4. 4),(Şekil 4.5) ve (Şekil 4.6)'de görülen bitüm yüzdelerinin aritmetik ortalaması ile karışımın optimum bitüm yüzdesi elde edilmiştir. Grafiklerden; pratik özgül ağırlık ve stabilite eğrilerinin maksimum değerine karşılık gelen bitüm yüzdeleri bulunmuştur. Bitümle dolu boşluk yüzdesi aşınma tabakası için şartnamelerde (75-85) arasında olduğundan, şartname ortalaması olan yüzde 80'e karşılık gelen bitüm yüzdesi bulunmuştur. Boşluk yüzdesi ise aşınma tabakası için şartnamelerde (3-5) arasında olduğundan, şartname ortalaması olan yüzde 4'e karşılık gelen bitüm oranı bulunmuştur. Pratik özgül ağırlığın maksimum olduğu bitüm yüzde 5,5, stabilitenin maksimum olduğu bitüm yüzde 5,0, boşluk yüzde 4 iken bitüm yüzde 5,13, bitümle dolu boşluk yüzde 80 iken bitüm yüzdesi 5.5 ve bu sonuçlara göre, optimum bitüm oranı yüzde 5,28 olarak elde edilmiştir. (Şekil 4.4)'de optimum bitüm oranındaki maksimum özgül ağırlık $2,38 \text{ gr/cm}^3$, stabilite 1127 kg olarak görülmektedir. (Şekil 4.5)'de optimum bitüm oranındaki akma 3,22 mm. ve Şekildeki agregalar arasındaki boşluk yüzdesi (V_{ma}), yüzde 15,28 tespit edilmiştir. Dere malzemesi ve AC 75-100 asfalt çimentosuyla hazırlanan Marshall briketlerine uygulanan deneylerin, KGM Yollar Fenni Şartnamesi ile karşılaştırılması (Tablo 4.13)'te görülmektedir (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014–16 Ekim 2010).

Tablo 4.13: Marshall AASHTO Şartname Limitleri ile Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tabaka	Bitüm Cinsi	Özellikler	K.G.M		Deney Sonuçları
			min.	maks.	
Aşınma	AC 75/100	Marshall Stabilite (kgf)	900	-	1234
		Boşluk (%)	3	5	4
		Asfaltla Dolu Boşluk (%)	75	85	80
		Akma (mm)	2	4	3,22
		Uygulanacak Darbe	75	85	75
		Bitüm Yüzdesi	4	6	5,28

Deney sonuçlarına göre hazırlanan briketlerin fiziksel özelliklerinin (stabilite, boşluk, asfaltla dolu boşluk, akma, darbe ve bitüm yüzdesi) KGM Fenni Şartname limitleri içinde kaldığı anlaşılmıştır (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010).

4.2.6 Dere Malzemesinin Sonuçları

Gerçekleştirilen çalışmada, dere malzemesinin fiziksel özelliklerinin asfalt betonu karışımlarda kullanılması deneysel olarak incelenmiştir. Dere malzemesinin agrega olarak bitümlü sıcak karışımlarda kullanılmasıyla ilgili fiziksel özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan deneysel çalışmada aşınma dayanımı, hava tesirlerine karşı dayanıklılık ve özgül ağırlık değerlerinin şartname limitleri içinde kaldığı tespit edilmiştir. Aşınma tabakasında kullanılacak karışım için hazırlanan Marshall Briketlerinde optimum bitüm oranı yüzde 5, 28 olarak bulunmuştur. Optimum bitüm oranındaki numunelerin stabilite, boşluk oranı, asfaltla dolu boşluk oranı ve akma değerlerinin şartname limitleri içinde kaldığı, asfalt beton yapımındaki bitümlü sıcak karışımlarda kullanılabileceği deneysel olarak belirlenmiştir (A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 201014-16 Ekim 2010).

4.3. DİYARBAKİR ERGANİ YÖRESİNDE YÜZEYLEYEN FIRAT FORMASYONU KALKERLERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE ASFALT BETONU KAPLAMASINDA OPTİMUM BİTÜM ORANININ TESPİTİ.

Diyarbakır Büyükşehir Belediyesinin şehir içi ve ilçe yollarında yapmış olduğu esnek üst yapı kaplamalarında kullandığı Diyarbakır Ergani ilçesi yöresine ait kalkerlerden hazırlanmış üç cins değişik ebatlardaki görünümler malzemeye yönelik; aşınma, özgül ağırlık ve hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneylerini kapsamaktadır.

Bağlayıcı malzeme olarak AC75-100 asfalt çimentosu kullanılmış olup, daha sonar hazırlanan numuneler Marshall Deneyine tabi tutulup, elde edilen sonuçlar Belediye ve Yollar Fenni şartnamesi ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak, Ergani yöresinde yüzeyleyen Fırat formasyonunun ait kalkerlerin don ve aşınma kaybı değerlerinin yüksek olduğu, dane çapı dağılımına göre kaba danalı agregaların bir kısmının su emme oranlarının yüksek olduğu görülmüş ve bitüm sıcak karışımlarda kullanıldığında optimum bitüm oranının yüzde 5,45 olarak tespit edilmiştir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

Yapılan çalışmada esnek üst yapılarda kullanılan bitüm ve agregalar üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Bağlayıcı malzeme olarak asfalt çimentosu (AC 75-100) ve agrega olarak Ergani yöresinde yüzeyleyen Midyat Grubuna ait Miyosen yaşlı Fırat Formasyonu kalkerleri kullanılmıştır.Bu deneyler sonucunda bulunan değerlerin şartnamelere uygun olup olmadığı tespit edilmiş ve aşınma tabakasındaki optimum bitüm miktarı, Belediyenin uygulamada kullandığı değerlerle karşılaştırılmıştır (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

4.3.1 Ergani Yöresinde Yüzeyleyen Zemin Formasyonu

Ergani yöresinde en altta Eosen yaşlı karbonat ve kireçtaşları ile temsil edilen Hoya formasyonu yer almaktadır.Bunun üzerine kıltaşı, kumtaşı, ardalanmasından oluşan Miyosen yaşlı Lice formasyonu gelmektedir. Lice formasyonu üzerinde de, resifal kireçtaşlarından oluşan Fırat formasyonu yer almaktadır.Fırat formasyonu resif karekteri gereği yer yer Lice formasyonuna ait kil taşları ile yanal ve düşey yönde geçiş göstermektedir.Bu nedenle yer yer agrega oluşturma açısından çok kaliteli kireçtaşları

şeklinde yüzeylenirken, yanal ve düşey devamında farklılaştığı gözlenmektedir.Fırat formasyonuna ait kireçtaşları Ergani'nin güneyindeki sırtlarda yüzeylenmektedir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır) .

4.3.2 Agregada Uygulanan Deneyler

4.3.2.1 Elek Analizleri

Beton asfalt kaplamalarının aşınma tabakasında kullanılan Ergani Kalkeri üzerinde daha önce işyeri karışım formülünde miktarları belirlenmiş üç cins agrega ve bitümlü bağlayıcı toplam karışım yüzdeleri (Tablo 4.14)'de verilmiştir. Bu miktarlara göre yapılan elek analizlerinin (Tablo 4.14)'e Tip 2'ye uygun olduğu görülmüştür.Elek analizleri sonuçları (Tablo 4.14)'de gösterilmiştir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır) .

Tablo 4.14: Ergani Kalkeri Elek Analizleri Sonuçları ve Şartname Limitleri

Elek Boyu	Kümülatif Ağırlık (gr)	Her bir ekte üzerinde kalan(gr)	Her bir elek altında kalan(gr)	Elekte kalan (%)	Elekte geçen (%)	Tip 2 Şartname ortalaması (% geçen)
19mm(3/4")	-	0,0	1200,0	-	100	100
12,5mm(1/2")	229,00	229,0	971,0	19	81	88,5
9,5mm(3/8")	380,20	151,20	819,8	32	68	75
4,75mm(No 4)	584,20	204,0	615,8	49	51	56
2,00mm(No 10)	898,20	314,0	301,8	75	25	40
0,425mm(No 40)	1031,60	133,4	168,4	86	14	20
0,180mm(No 80)	1067,00	35,40	133	89	11	12,5
0,075mm(No 200)	1127,60	60,6	72,4	94	6	7
Filler	1200,00	72,4	0	100	-	-
Toplam	-	1200	-	100	-	-

Tablo 4.15: Agregada Karışımı Gradasyonu ve Bitüm Oranı

Malzeme kullanım alanı	Tabaka	Agregada Dane Çapı (mm)	Agregada Miktarı (kg)	Agregada Yüzdesi (%)	Bitüm Cinsi (AC)	Bitüm Miktarı (kg)	Bitüm yüzdesi (%)
BELEDİYE	AŞINMA	0-5	600	34	AC75/100	96	5-6
		5-12,5	650	37			
		12,5-19	450	25			
		Filler	75	4			
		Toplam	1775	100			
KARAYOLLARI	AŞINMA	0-5	955	55	AC75/100	89	5
		5-10	459	27			
		10-19	170	10			
		19-25	136	8			
		Filler	60	3,5			
		Toplam	1780	100			

NOT: Beton asfalt karışımı min 150 °C ve max 165 °C arasında hazırlanmış ve 45 °C hava sıcaklığında yola serildiği varsayılmaktadır.

Diyarbakır'da Belediye'ye ait şehir içi yollarda kullanılan Ergani konkasör Tesislerinde üretilen 12,5-19 mm agregadan yüzde 25, 5-12,5mm agregadan yüzde 37, 0-5 mm agregadan yüzde 34 ve fillerden yüzde 4 oranında 1200 gr agregada karıştırılarak elek analizi yapıldı. Elek analizleri sonuçları (Tablo 4.14)'de gösterilmiştir. (Tablo 4.14)'deki elek analizleri sonuçları, aşınma tabakasının Tip 2'ye uygun olduğu görülmüştür. Agregada karışımı gradasyonu ve bitüm oranları (Tablo 4.15)'de verilmiştir.

4.3.2.2 Los Angeles Aşınma Deneyi

Numunenin ilk ağırlığı (gr) =A

Numunenin son ağırlığı (gr) =B

Aşınma yüzdesi= (A-B)/A*100

Aşınma yüzdesi= (5000-3275)/5000*100=yüzde 34, 5

Karayolları Fenni Şartnamesine göre beton asfaltındaki agreganın max aşınması yüzde 27 olduğundan bulduğumuz değer aşınma yönünden uygun değildir.

4.3.2.3 Agregaların Hava Tesirlerine Karşı Mukavemet Deneyi

Bu çalışmada kaba agregalar için dona karşı mukavemet deneyi yapıлып, 3/4, 1/2, 3/8 ve 4 nolu elekler kullanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki (Tablo 4.16)'da verilmiştir.

Tablo 4.16: Kaba Agregası Numunesini Donma Kaybı

Elek Açıklığı(mm)	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-4"	Toplam
Orjinal Numunenin Gradasyonu (%)	51	6	43	100
Deneyden Önceki Ağırlık(gr)	440	48	382	
Deneyden Sonraki Ağırlık(gr)	360	29,5	280,5	
Donma Kaybı (%)	18	38,50	26,60	
Düzeltilmiş Donma Kaybı (%)	9,18	2,31	11,44	22,93

Kaba agregası numunesinin düzeltilmiş donma kaybı yüzde 22,93 bulunmuştur. Yollar Fenni Şartnamesine göre max yüzde 15'tir.

Agreganın kullanıldığı bölge iklim bakımından sıcak ve fazla yağış almayan bir yer olduğundan kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

4.3.2.4 Agregaların Su Absorpsiyonu ve Özgül Ağırlığının Tayini için Standart Deney Metotları

Agregası karışımları herbiri değişik özgül ağırlıklara sahip, kaba, ince ve filler malzemelerinden oluşmaktadır. Bu metotlar ile agregaların hacim özgül ağırlık, doygun hacim özgül ağırlık, zahiri özgül ağırlık ve absorpsiyonu tayin edilmektedir.

Ergani kalkerli olarak 0-5 mm arası ince agregası, 5-12,5 mm ve 12,5-19mm arası kaba agregası ve 200 nolu elek altı filler kullanılmıştır. Kaba agregaların özgül ağırlık ve su absorpsiyonu (Tablo 4.17), (Tablo 4.18) ve (Tablo 4.19)'da verilmiştir.

Tablo 4.17: Kaba Agrega için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (12, 5-19mm)

A	Kurutulmuş numune ağırlığı(gr)	528,7
B	Doygun-yüzey Kuru numunenin	540,43
C	Doygun-yüzey Kuru numunenin sudaki	328,30
A/(B-C)	Hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,492
B/(B-C)	Yaş hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,5
A/(A-C)	Zahiri özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,638
((B-A)/A)*100	Absorpsiyon yüzdesi (%)	2,217

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2, 5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamıştır (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

Tablo 4.18: Kaba Agrega için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (5-12,5mm arası)

A	Kurutulmuş numune ağırlığı(gr)	492,5
B	Doygun-yüzey Kuru numunenin ağırlığı(gr)	505,96
C	Doygun-yüzey Kuru numunenin sudaki	304,81
A/(B-C)	Hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,449
B/(B-C)	Yaş hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,5
A/(A-C)	Zahiri özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,624
((B-A)/A)*100	Absorpsiyon yüzdesi(%)	2,729

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2, 5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamamıştır.

Tablo 4.19: İnce Agrega için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (0-5mm arası)

A	Piknometre ağırlığı(gr)	484,7
B	Piknometre+su ağırlığı(gr)	1679,95
C	Piknometre+Doygun-yüzey Kuru numune	984,72
D	Piknometre+numune+su ağırlığı(gr)	1987,15
E	Kuru numune ağırlığı(gr)	494
E/(B+E-D)	Zahiri özgül ağırlığı(gr)	2,635
E/(B+C)-(A-D)	Hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,567
(C-A-E)/E	Absorpsiyon yüzdesi (%)	1,03

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2,5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamıştır (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

4.3.2.5 Beton Asfalt Numunelere Uygulanan Marshall Deneyi ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi

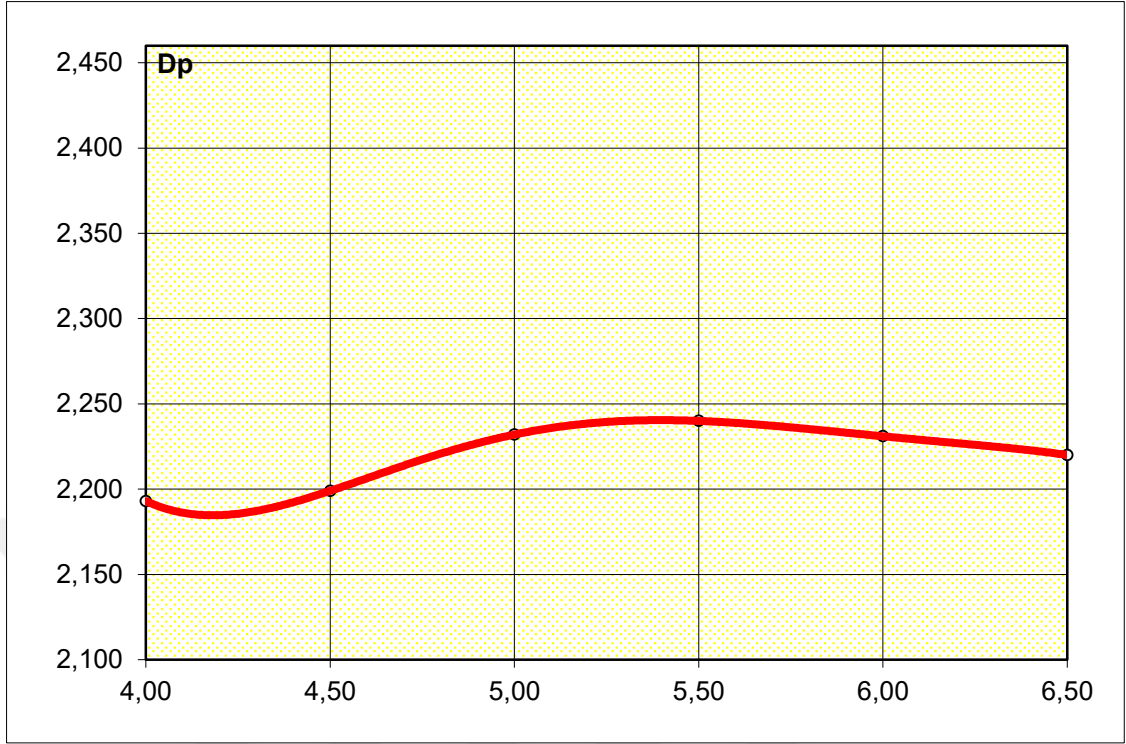
Beton asfalt kaplamalarında optimum bitüm oranının tayini için Ergani kalkeri ile hazırlanmış agrega karışımlarına AC75/100 penetrasyon derecesinde yüzde (4,0-4,5-5,0-5,5-5,6) bitüm oranlarında ve aynı bitüm yüzdesinden üç adet olmak üzere toplam 18 adet marshall numunesi hazırlandı.Bu numunelerin havadaki,doygun yüzey kuru ve sudaki ağırlıkları bulundu.Hazırlanan Marshall briketlerindeki aynı bitüm yüzdesindeki üç numune Marshall deneyine tabii tutulduklarında stabilite (KN) ve akma(mm) parametreleri elde edildi. Kırılma arasında aynı bitüm oranında üç numunenin en küçük ve en büyük kırılma sıralarındaki yük arasındaki fark 120 kgf 'ti geçmediği takdirde üçünün ortalaması stabilite ve akma değerlerinin ortalaması da akma değeri olarak alındı. Daha sonar pratik özgül ağırlık, stabilite, akma, boşluk ile dolu boşluk oranı grafikleri çizildi (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

Tablo 4.20: Aşınma Tabakası için Marshall Metodu Dizayn Değerleri

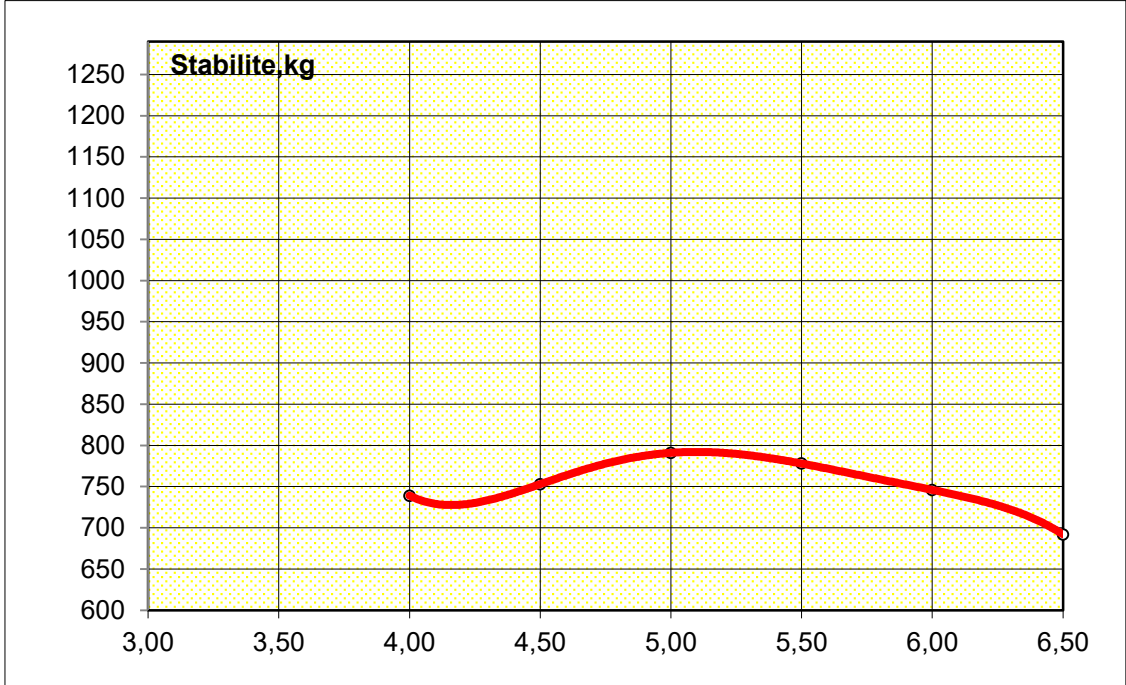
No	Bitüm	Ort	W1	W2	W3	Dp	Dt	Vh	V _{MA}	Vf	Akma	Stabilite	Düzelme	Düz
	% Wa	Numune	(gr)	(gr)	(gr)	gr/cm ³	gr/cm ³	(%)	(%)	(%)	(mm)	(kN)	Faktörü	Stabilite
1	4	70,12	1247,18	720,87	1288,65	2,197	2,383	7,97	16,18	50,74	7,36	8,53	0,854	728
2	4	70,17	1242,78	726,56	1284,62	2,227					7,8	8,45	0,852	720
3	4	70,29	1242,88	721,49	1298,39	2,154					7,15	9,05	0,85	769
Ort						2,193					7,44			739
1	4,5	70,32	1248,21	708,9	1248,47	2,172	2,367	7,1	16,39	56,68	8,51	8,12	0,85	690
2	4,5	70,11	1255,01	709,99	1273,33	2,228					7,57	10,1	0,854	863
3	4,5	70,33	1260,29	718,63	1292,42	2,196					7,65	8,31	0,85	706
Ort						2,199					7,91			753
1	5	70,04	1246,72	718,62	1277,76	2,23	2,353	5,14	15,58	67,01	8,65	10	0,856	856
2	5	70,18	1254,87	708,63	1272,25	2,226					8,9	9,33	0,852	795
3	5	70	1256,67	712,38	1273,23	2,241					9,25	8,45	0,856	723
Ort						2,232					8,93			791
1	5,5	70,07	1245,17	721,47	1275,36	2,248	2,338	4,21	15,9	73,5	9,1	9,42	0,854	804
2	5,5	70,07	1240,24	718,66	1277,76	2,218					9,2	8,1	0,854	692
3	5,5	69,9	1243,55	720,95	1271,87	2,255					9,5	9,77	0,858	838
Ort						2,24					9,27			778
1	6	70,03	1245,27	699,49	1257,24	2,233	2,234	4	16,42	75,64	9,4	7,41	0,856	634
2	6	70,13	1263,97	713,32	1280,85	2,227					9,83	9,27	0,854	792
3	6	70,1	1263,58	713,45	1279,3	2,233					10,45	9,5	0,854	811
Ort						2,231					9,89			746
1	6,5		1230,59	723,69	1274,43	2,234	2,31	3,89	17,53	77,81	10,55	7,9	0,854	675
2	6,5		1252,9	721,26	1287,63	2,212					10,85	8,2	0,854	700
3	6,5		1240,19	703,37	1263,31	2,214					10,75	8,2	0,856	702
Ort						2,22					10,72			692

Marshall Deney Grafikleri

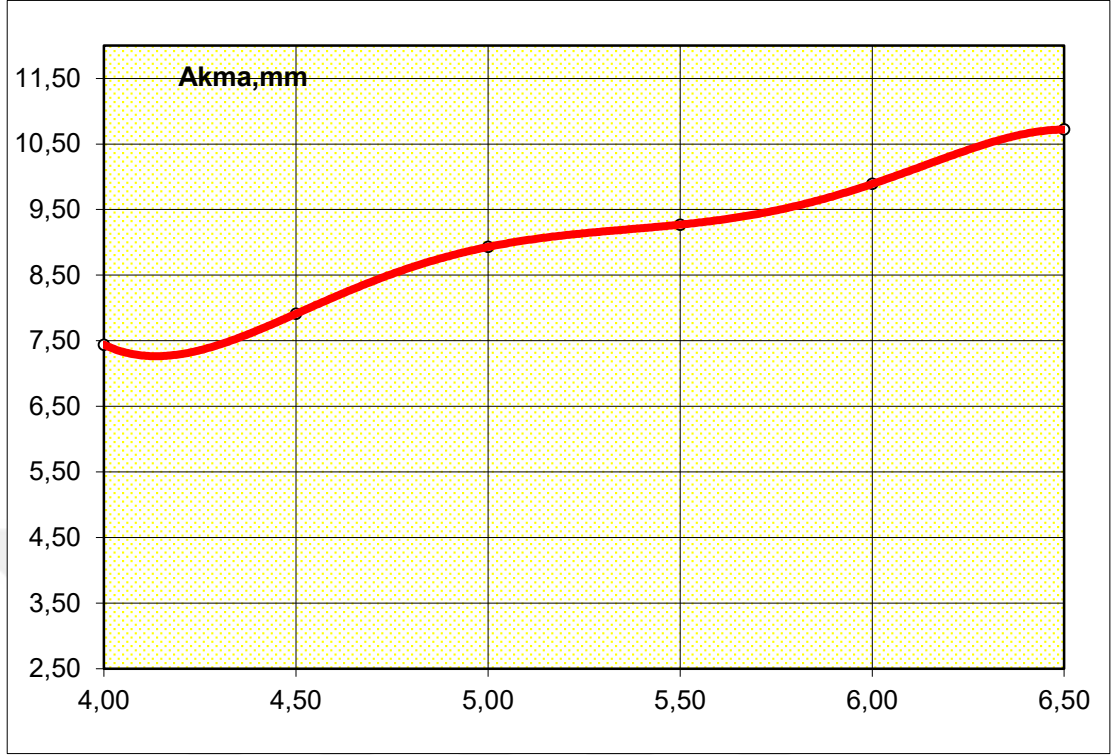
Şekil 4.7: Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp)



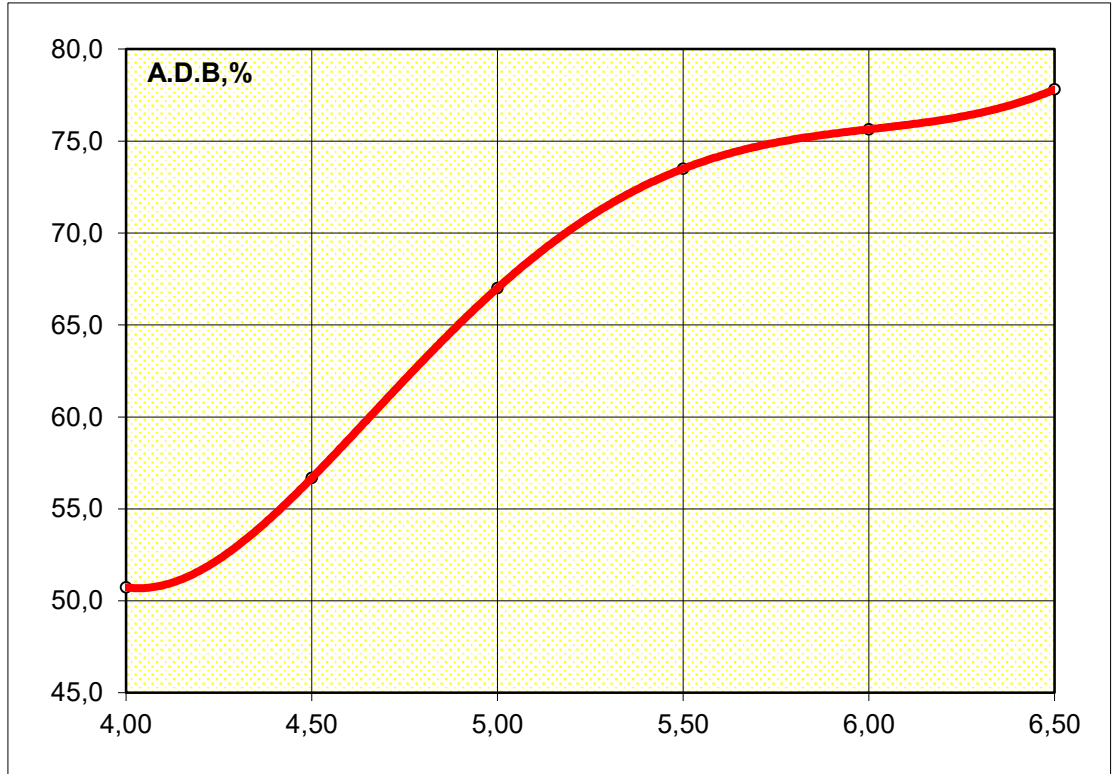
Şekil 4.8: Bitüm – Stabilite İlişkisi



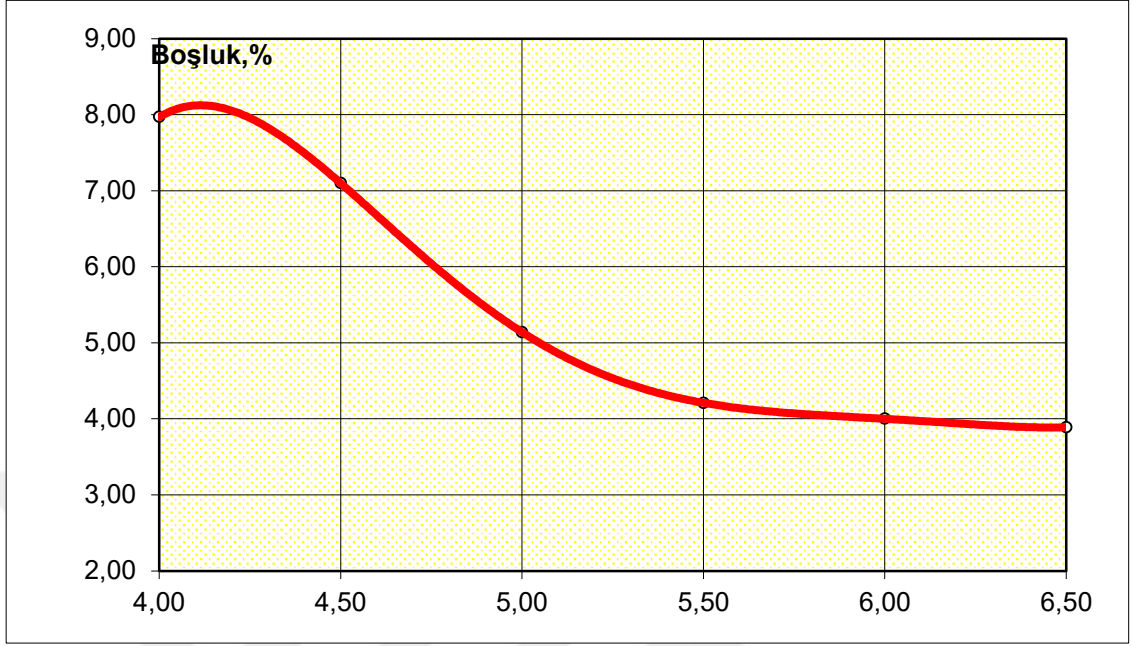
Şekil 4.9: Bitüm-Akma İlişkisi



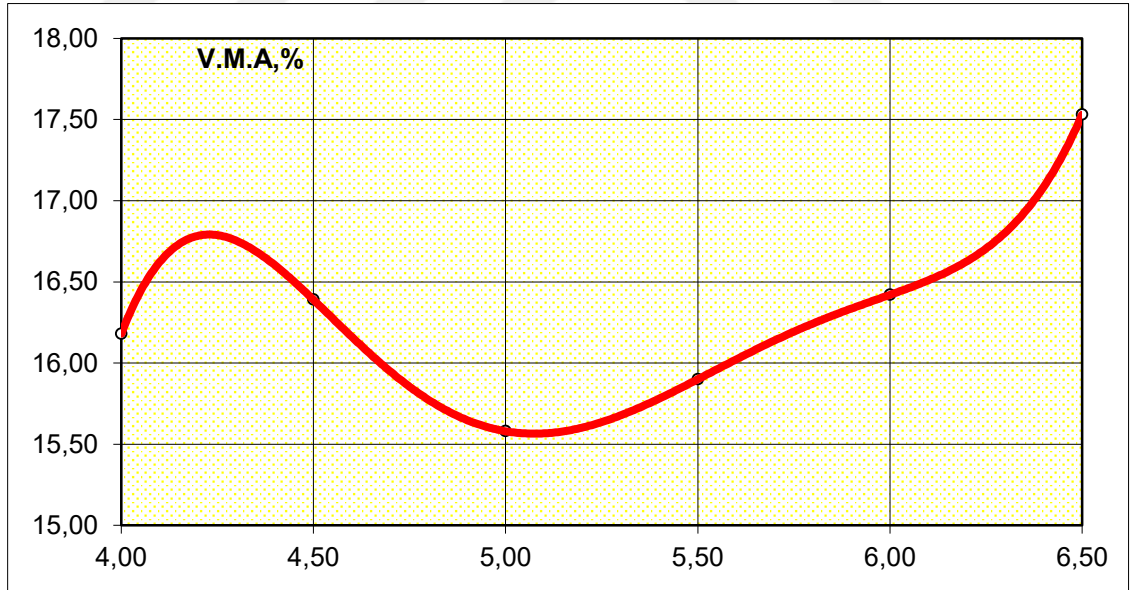
Şekil 4.10: Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (Vf)



Şekil 4.11: Bitüm – Hava Boşluğu İlişkisi (V_h)



Şekil 4.12: Bitüm-Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi (V_{MA})



4.3.3.6 Optimum Bitüm Yüzdesinin Bulunması

Grafikteki eğrilerden max. yoğunluk ve stabilite değerlerine karşılık gelen bitüm yüzdeleri ile boşluk ve bitüm ile dolu boşluk eğrileri için uygulamadaki değerlerin ortalamasına karşı gelen bitüm yüzdeleri tespit edilerek, bu dört değer aritmetik

ortalaması alınarak optimum bitüm yüzdesi bulundu. Bu optimum bitüm yüzdesine göre akma değerleri bulunarak şartname sınırları içerisinde kalıp kalmadığı araştırıldı ve elde edilen bitüm yüzdelерinin aritmetik ortalaması ile karışımın optimum bitüm yüzdesi bulundu. Optimum bitüm oranı = $(5,5+5,0+5,3+6,0)/4$ = yüzde 5,45

Optimum bitüm oranındaki akma, ve optimum bitüm oranındaki agregalar arasındaki boşluk yüzdesi (V_{MA}) tespit edildi. Akma 9,2 mm olarak V_{MA} ise yüzde 15,7 bulundu (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

4.3.3.7 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ergani Kalkeri ve Ac75/100 asfalt çimentosu ile hazırlanan Marshall Briketlerine göre uygulanan deney ve hesapların sonuçları (Tablo 4.21)'de AASHO şartname limitlerine göre karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.21: Deney Sonuçları ve AASHO Şartname Limitleri (Karayolları Genel Müdürlüğü yayınları)

Tabaka	Bitüm Cinsi	Özellikler	Şartname Limitleri		Deney Sonuçları
			Min.	Max.	
Aşınma	AC75/100	Marshall Stb(kN)	900	-	778
		Boşluk (%)	3	5	4
		Asfaltla dolu boşluk (%)	75	85	80
		Akma (mm)	2	4	9,2
		Uygulanacak darbe	75	85	75
		Bitüm yüzdesi	4	6	5,45

Deney Sonuçlarına göre akma miktarı şartname limitlerine göre üstel, stabilite de şartname limitlerinin altında çıkmış ve optimum oranı yüzde 5,45 olarak tespit edilmiştir. İklimi sıcak olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi için bu akma miktarı maksimum üzerinde olduğundan agreganın granülometrisinin değiştirilmesi veya 60/70 penetrasyonda asfalt çimentosunun kullanılması gerekmektedir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

5. ÇALIŞMADA KULLANILAN AGREGALARIN AŞINMA TABAKASI VE BİNDER TABAKASINA UYGUNAN DENEYLER

5.1 AŞINMA TABAKASINA UYGULANAN DENEYLER

5.1.1 Dere Kum-Çakıl Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Dicle Nehri OLGAÇLAR KUM+ÇAKIL DERE Ocağı Konkasör Tesisleri)

5.1.1.1 Giriş

Yol üst yapıları kullanılan malzeme cinslerine ve bağlayıcı tiplerine göre; rijit üst yapılar, yarı rijit üst yapılar ve esnek üst yapılar olarak sınıflandırılır. Türkiye’de en fazla kullanılan yol üst yapısı esnek üst yapılardır.

Yapılan çalışmada esnek üst yapılarda kullanılan bitüm ve agregalar üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Bağlayıcı malzeme olarak asfalt çimentosu (AC 75-100) ve agregalar olarak Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere ocağından temin edilmiştir. Olgaçlar Kum Çakıl Ocağı malzemesi ile ilgili deneylere yer verilmiştir.

Bu deneyler sonucunda bulunan değerlerin şartnamelere uygun olup olmadığı tespit edilmiş ve aşınma tabakasındaki optimum bitüm miktarı, uygulamada kullandığı değerlerle karşılaştırılmıştır.

5.1.1.2 Agregada Uygulanan Deneyler ve Dizayn Deney Sonuçları

Beton asfalt kaplamalarının aşınma tabakasındaki kullanılan OLGAÇLAR KUM+ÇAKIL DERE Ocağı konkasör tesislerin ocağından temin edilen agregalar Diyarbakır Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araştırma Geliştirme Başmühendisliği Laboratuvarında işyeri karışım formülünde miktarları belirlenmiş agregalar ve bitümlü bağlayıcı toplam karışım yüzdeleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Aşınma Dizaynı, Elek analizleri sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

(Tablo 5.1), (Tablo 5.2), (Tablo 5.3), (Tablo 5.4), (Tablo 5.)’de Diyarbakır Dicle Nehri OLGAÇLAR KUM+ÇAKIL DERE Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deneyi Sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.1: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney¹

Sonuçları

Bitüm Penetrasyonu	=	: 63	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,G _{k-h}	2,692	Gef-deney	: 2,710
Bitüm Özgül Ağırlığı,G _b		: 1,030	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,G _{k-z}	2,767	Gef-hesap	: 2,710
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu P _{ba}		: 0,56	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,G _{i-h}	2,636	Karışım. Mıdır	: 1200 gr
Agreganın Etkif Özg. Ağırlığı,G _{ef}		: 2,710	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,G _{i-z}	2,726	Darbe Sayısı	: 75
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı,G _{sb}		: 2,671	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı,Gr-z	2,743	%Va=Agrega Hacim %'si	: 84,37
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı,G _{sa}		: 2,748			%Vb=Bitüm Hacim %'si	: 11,32
					%Vh=Hava Hacim %'si	: 4,31

Ocak İsmi/OLGAÇLAR KUM+ÇAKIL DERE
Tabaka İsmi: AŞINMA

No	BİTÜM		Sıcaklık °C	YÜKSEKLİKLER,mm				Havada	Sudaki	Doy.Yüz	Hacim	Hacim	Maks.Te	%	%	Asf.Dol	Akma	Stabilite	Düzltm.	Düzeltilm
	Wa,%	g		1	2	3	ortlm	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağırlık	Özgül Ağırlık	Boşluk	%	Boşluk				
								A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	V.M.A	V _i	mm	kg	Faktörü	kg
1	4,00	48,0	155	65,4	65,4	65,3	65,4	1230,4	716,4	1238,5	522,1	2,357					2,60	1285	0,957	1229
2	4,00	48,0		65,5	65,4	65,3	65,4	1236,2	718,2	1244,0	525,8	2,351					2,63	1292	0,956	1235
3	4,00	48,0		65,6	65,6	65,5	65,6	1235,8	717,9	1242,7	524,8	2,355					2,65	1287	0,952	1226
												2,354	2,550	7,68	15,25	49,6	2,63			1230
4	4,50	54,0	155	65,2	65,3	65,3	65,3	1242,5	724,3	1248,4	524,1	2,371					2,83	1312	0,959	1258
5	4,50	54,0		65,0	65,1	65,1	65,1	1243,4	725,9	1249,3	523,4	2,376					2,84	1317	0,963	1268
6	4,50	54,0		64,9	65,0	65,1	65,0	1241,6	725,1	1247,4	522,3	2,377					2,86	1308	0,964	1261
												2,375	2,532	6,23	14,92	58,3	2,84			1263
7	5,00	60,0	155	64,8	64,8	64,7	64,8	1247,6	730,4	1251,6	521,2	2,394					3,10	1345	0,970	1304
8	5,00	60,0		64,6	64,7	64,8	64,7	1245,2	729,8	1249,5	519,7	2,396					3,15	1341	0,971	1302
9	5,00	60,0		65,0	64,9	64,8	64,9	1242,7	728,4	1246,5	518,1	2,399					3,17	1348	0,967	1303
												2,396	2,515	4,72	14,56	67,6	3,14			1303
10	5,50	66,0	155	64,3	64,4	64,4	64,4	1251,2	735,7	1253,9	518,2	2,415					3,32	1372	0,978	1342
11	5,50	66,0		64,4	64,5	64,4	64,4	1250,1	735,9	1253,1	517,2	2,417					3,38	1380	0,977	1348
12	5,50	66,0		64,4	64,5	64,3	64,4	1248,9	734,7	1251,7	517,0	2,416					3,30	1375	0,978	1344
												2,416	2,498	3,28	14,27	77,0	3,33			1345

¹Tablonun devamı arka sayfadadır.

Tablo 5.2: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları

13	6,00	72,0	155	64,0	64,1	64,2	64,1	1255,4	735,1	1257,3	522,2	2,404					3,52	1354	0,985	1333	
14	6,00	72,0		63,9	64,0	64,1	64,0	1254,7	735,0	1256,7	521,7	2,405					3,57	1350	0,987	1332	
15	6,00	72,0		63,8	63,9	64,0	63,9	1253,8	734,2	1255,7	521,5	2,404					3,58	1355	0,989	1341	
												2,404	2,481	3,08	15,07	79,5	3,56				1335
16	6,50	78,0	155	63,7	63,8	63,9	63,8	1253,4	731,4	1255,0	523,6	2,394					3,78	1320	0,992	1309	
17	6,50	78,0		63,6	63,7	63,8	63,7	1260,9	735,3	1262,5	527,2	2,392					3,81	1315	0,994	1307	
18	6,50	78,0		63,8	63,9	63,7	63,8	1258,6	733,2	1260,1	526,9	2,389					3,85	1319	0,992	1308	
												2,391	2,465	2,97	15,93	81,3	3,81				1308
5,10	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Grafikten)											2,403	2,511	4,35	14,5	70,0	3,10	Fill/Bit	Stb/akm	1320	
5,10	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Geff_deneyle)											2,403	2,511	4,31	14,4	70,1	3,10			1320	
5,10	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Geff_hesapla)											2,403	2,511	4,30	14,4	70,1	3,10	1,03	426	1320	
AŞINMA DİZAYN KRİTERLERİ														(3-5)	min14	(65-75)	(2-4)	max1.5		min900	

AŞINMA DİZAYN KRİTERLERİ														(3-5)	min14	(65-75)	(2-4)	max1.5		min900
BİNDER DİZAYN KRİTERLERİ														(4-6)	min13	(60-75)	(2-4)	max1.4		min750
BİTÜMLÜ TEMEL DİZAYN KRİTERLERİ														(4-7)	min12	(55-70)	(2-5)	-		min600
SMA DİZAYN KRİTERLERİ														(2-4)	min16	-	(2-4)	-		min750

$$V=B-C$$

$$Dp=A/V \quad Dt=(100+Wa)/(100/Geff+Wa/Gb)$$

$$Vh=(Dt-Dp) \times 100/Dt$$

$$Gsb=100/(%K/Gk-h+%I/Gi-h+%F/Gf-z)$$

$$Gsa=100/(%K/Gk-z+%I/Gi-z+%F/Gf-z)$$

$$VMA=100-(Dp \times (100-Wa/(1+Wa/100)))/Gsb$$

$$Vf=(VMA-Vh) \times 100/VMA$$

$$Pb=100 \times Gb \times (Gef-Gsb)/(Gef \times Gsb)$$

Kaba %'si= 52,9
İnce %'si= 41,8
Filler %'si= 5,2

1½" 100,0
1" 100,0
¾" 100,0
½" 93,1
⅜" 78,0
No.4 47,1
No.10 32,0
No.40 14,5
No.80 9,4
No.200 5,2

Tablo 5.3: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları

B1	A1	V	Va	Vb	Vh	%Va	%Vb	%Vh
3,8	96,2	42,4	35,5	3,7		83,62	8,80	0,00
3,8	96,2	42,5	35,5	3,7		83,42	8,78	0,00
3,8	96,2	42,5	35,5	3,7		83,55	8,79	0,00
3,8	96,2	42,5	35,5	3,7	3,3	83,53	8,79	7,68
4,3	95,7	42,2	35,3	4,2		83,71	9,91	0,00
4,3	95,7	42,1	35,3	4,2		83,89	9,93	0,00
4,3	95,7	42,1	35,3	4,2		83,94	9,94	0,00
4,3	95,7	42,1	35,3	4,2	2,6	83,85	9,93	6,23
4,8	95,2	41,8	35,1	4,6		84,12	11,07	0,00
4,8	95,2	41,7	35,1	4,6		84,20	11,08	0,00
4,8	95,2	41,7	35,1	4,6		84,29	11,09	0,00
4,8	95,2	41,7	35,1	4,6	2,0	84,21	11,08	4,72
5,2	94,8	41,4	35,0	5,1		84,45	12,22	0,00
5,2	94,8	41,4	35,0	5,1		84,54	12,23	0,00
5,2	94,8	41,4	35,0	5,1		84,49	12,23	0,00
5,2	94,8	41,4	35,0	5,1	1,4	84,49	12,23	3,28
5,7	94,3	41,6	34,8	5,5		83,69	13,21	0,00
5,7	94,3	41,6	34,8	5,5		83,72	13,22	0,00
5,7	94,3	41,6	34,8	5,5		83,69	13,21	0,00
5,7	94,3	41,6	34,8	5,5	1,3	83,70	13,21	3,08
6,1	93,9	41,8	34,6	5,9		82,94	14,18	0,00
6,1	93,9	41,8	34,6	5,9		82,87	14,17	0,00
6,1	93,9	41,9	34,6	5,9		82,76	14,15	0,00
6,1	93,9	41,8	34,6	5,9	1,2	82,86	14,17	2,97

B1=Bitüm %'si (Bitüm +Agrega'ya göre)
A1=Agrega %'si (Bitüm+Agrega'ya göre)
V=Toplam Karşım Hacmi
Va=Agrega Hacim %'si
Vb=Bitüm %'si
Vh=Hava Boşluğu %'si
%Va=Agrega Hacim %'si
%Vb=Bitüm Hacim %'si
%Vh=Hava Hacim %'si

Opt. Bitüm	Deney	4,9	95,1	41,6	35,1	4,7	1,8	84,37	11,32	4,31
5,10	Hesap	4,9	95,1	41,6	35,1	4,7	1,8	84,37	11,32	4,30

Şartname	SMA									16,0
	AŞINMA									12-13

Tablo 5.4: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları

					Gradasyon Eğrisi (AŞINMA TABAKASI)											
					tutul. filler% = 0											
Y.F.Ş AŞINMA 1997	Y.F.Ş BİNDER 1997	Y.F.Ş BİT. TEM. Tip-A	Y.F.Ş BİT. TEM. Tip-B	SMA 12.5/0	ELEK AÇIKLIĞI		0 MLZ-1 % geçen	0 MLZ-2 % geçen	8 MLZ-3 % geçen	44 MLZ-4 % geçen	48 MLZ-5 % geçen	100 KARŞ GRAD	DÜZLT DZYN GRAD	Y.F.Ş AŞINMA 1997		
					mm	inch										
100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100,0	100 100		
100 100	100 100	72 100	80 100	100 100	25,4	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 100		
100 100	80 100	60 90	70 90	100 100	19,1	3/4"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 100	100	
83 100	58 80	50 78	61 81	90 100	12,7	1/2"	100,0	100,0	26,4	97,7	100,0	93,1	93,1	88 100	94	
70 90	48 70	43 70	55 75	50 75	9,52	3/8"	100,0	100,0	0,5	68,0	100,0	78,0	78,0	72 90	81	
40 55	30 52	30 55	42 62	25 40	4,76	No.4	100,0	100,0	0,0	1,4	96,8	47,1	47,1	42 52	47	
25 38	20 40	18 42	30 47	20 30	2,00	No.10	100,0	100,0	0,0	0,6	66,1	32,0	32,0	25 35	30	
10 20	8 22	6 21	15 26	12 22	0,42	No.40	100,0	100,0	0,0	0,0	30,3	14,5	14,5	10 20	15	
6 15	5 14	2 13	7 17	9 17	0,177	No.80	100,0	100,0	0,0	0,0	19,5	9,4	9,4	7 14	10,5	
4 10	2 8	0 7	1 8	8 14	0,075	No.200	100,0	100,0	0,0	0,0	10,9	5,2	5,2	3 8	5,5	

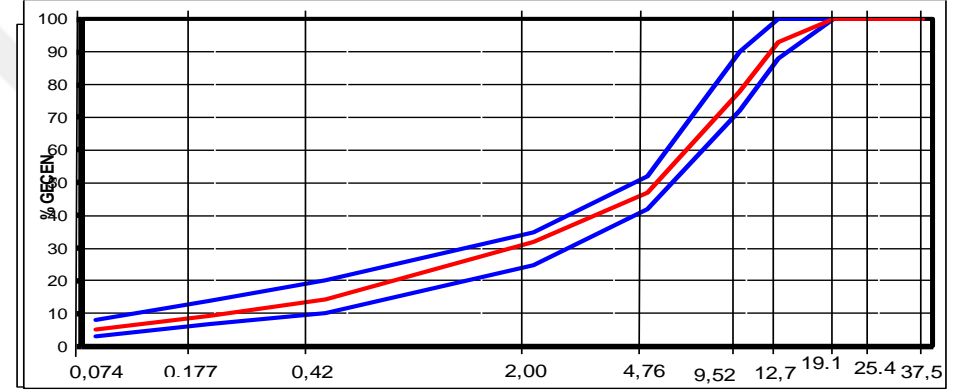
Gradasyon Eğrisi (AŞINMA TABAKASI)

ELEK AÇIKLIĞI		DZYN GRAD	TOLERANS LİMİTLERİ	ŞARTNAME LİMİTLERİ
mm	inch			
37,5	1 1/2"	100	100	100
25,4	1"	100	100 100	100 100
19,1	3/4"	100	100 100	100 100
12,7	1/2"	93,1	88,1 98,1	88 100
9,5	3/8"	78,0	73,0 83,0	72 90
4,8	No.4	47,1	42,1 52,1	42 52
2,0	No.10	32,0	28,0 36,0	25 35
0,4	No.40	14,5	10,5 18,5	10 20
0,18	No.80	9,4	5,4 13,4	7 14
0,08	No.200	5,2	3,2 7,2	3 8

- Dizayn Gradasyonu
- Şartname Limitleri
- Tolerans Limitleri

Tablo 5.5: Diyarbakır Dicle Nehri Olgaçlar Kum+Çakıl Dere Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları

KABA AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Havadaki ağırlık :	1570,8	1570,8	
D.Y.K havada ağırlık :	1586,5	1586,5	
D.Y.K suda ağırlık :	1003,1	1003,1	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,692	2,692	2,692
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,767	2,767	2,767
Su Absorpsiyonu,% :	1,00	1,00	1,00
İNCE AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI (1-2)			
Piknometre ağırlığı :	117,4	126,9	
Piknometre+su ağırlığı :	424,3	432,4	
Piknom.+DYK ağırlık :	218,6	228,2	
Piknom.+num.+su ağırlık :	487,7	495,6	
Kuru numune ağırlığı :	100,0	100,0	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,646	2,627	2,636
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,732	2,720	2,726
Su Absorpsiyonu,% :	1,20	1,30	1,25
FİLLER ÖZGÜL AĞIRLIĞI (3-4)			
Piknometre ağırlığı :	118,450	119,820	
Piknometre+su ağırlığı :	427,520	430,560	
Piknom.+kuru ağırlık :	158,450	159,820	
Piknom.+num.+su ağırlık :	452,920	456,000	
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,740	2,747	2,743
EFFEKTİF ÖZGÜL AĞIRLIK			
Piknometre ağırlığı :	1014,6		
Piknometre+su ağırlığı :	3408,9		
Piknometre+su+num. ağırlığı :	4162,8		
Piknometre+num. ağırlığı :	2258,5		
Dt :	2,511	2,511	
% Bitüm :	5,10	5,10	
Gbit :	1,030	1,030	
Geff :	2,710	2,710	2,710

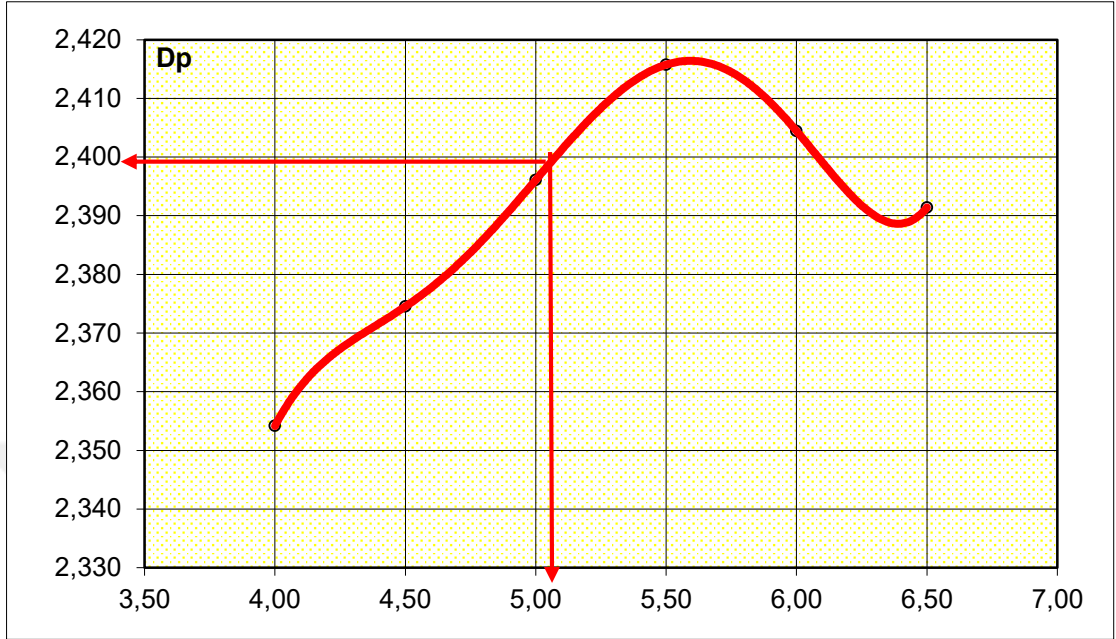


ELEK AÇIKLIĞI		DİZAYN		KALAN		BİRİKET		Gk
mm	inch	GRADS	%		%	1160	1500	
37,5	1 1/2"	100,0	0,0					
25,4	1"	100,0	0,0	(1 1/2"-1") arası	0,0	0,0	0,0	
19,1	3/4"	100,0	0,0	(1"-3/4") arası	0,0	0,0	263,4	
12,7	1/2"	93,1	6,9	(3/4"-1/2") arası	80,0	80,0	499,1	
9,52	3/8"	78,0	15,1	(1/2"-3/8") arası	175,6	175,6	316,1	
4,76	No.4	47,1	30,9	(3/8"-#4) arası	358,2	358,2	421,4	
2,00	No.10	32,0	15,1	(#4-#10) arası	175,0	175,0		
0,42	No.40	14,5	17,4	#10'dan geçen	371,1	371,1		
0,177	No.80	9,4	5,2					
0,075	No.200	5,2	4,1					
0,000	No.∞	0,0	5,2					
		TOPLAM	100,0			TOPLAM	1160,0	1500,0

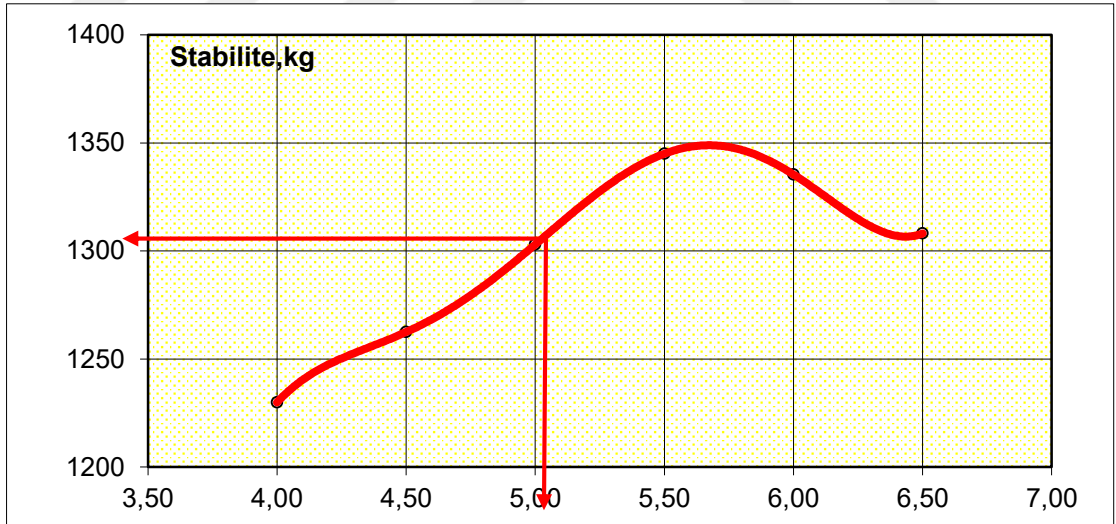
İNCE AGREGA DÜZELTİMESİ									
GEREKEN				MEVCUT				FARK	
Elek	% Geç	% Kalan	kg	Elek	% Geç	% Kalan	kg	kg	kg
No.10	100,0	0,0	0,000	No.10	100,0	0,0	0,000	0,000	0,000
No.40	45,5	54,5	0,273	No.40	100,0	0,0	0,000	0,000	0,273
No.80	29,3	16,2	0,081	No.80		100,0	0,000	0,000	0,081
No.200	16,4	12,9	0,065	No.200		0,0	0,000	0,000	0,065
No.∞	0,0	16,4	0,082	No.∞		0,0	0,000	0,000	0,082
TOPLAM		100,0	0,500	TOPLAM		100,0	0,000	0,000	0,500

Marshall Deney Grafikleri

Şekil 5.1: Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp)

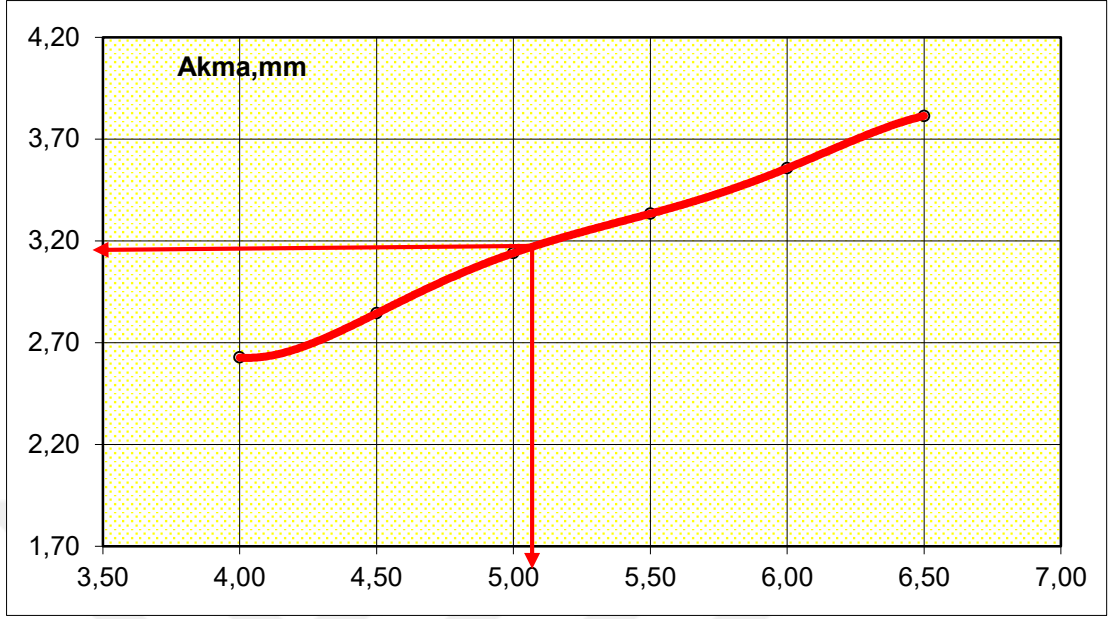


Şekil 5.2: Bitüm – Stabilite İlişkisi

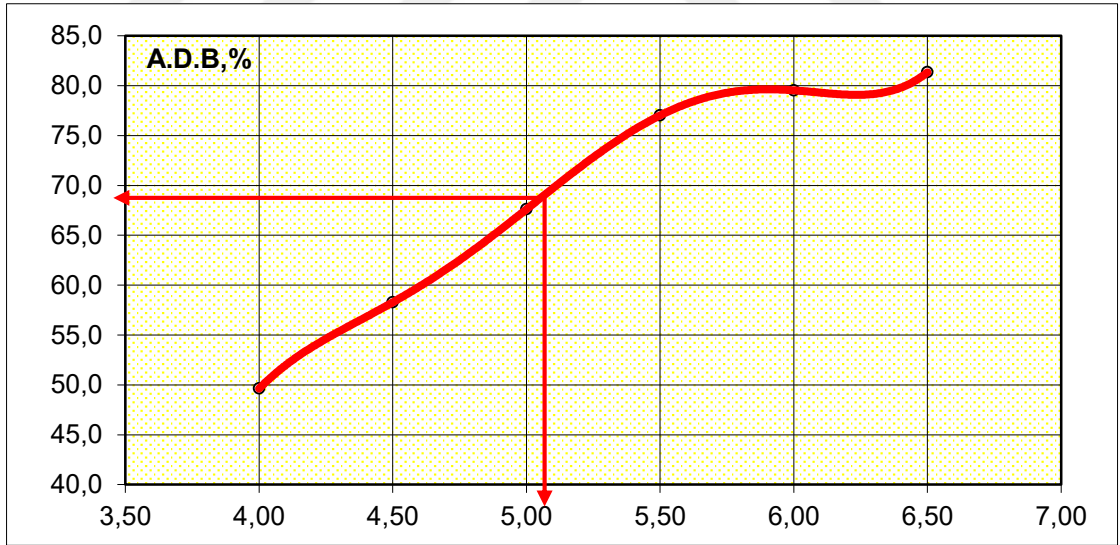


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
4,00	2,354	7,68	15,25	49,6	2,63	1230
4,50	2,375	6,23	14,92	58,3	2,84	1263
5,00	2,396	4,72	14,56	67,6	3,14	1303
5,50	2,416	3,28	14,27	77,0	3,33	1345
6,00	2,404	3,08	15,07	79,5	3,56	1335
6,50	2,391	2,97	15,93	81,3	3,81	1308

Şekil 5.3: Bitüm-Akma İlişkisi

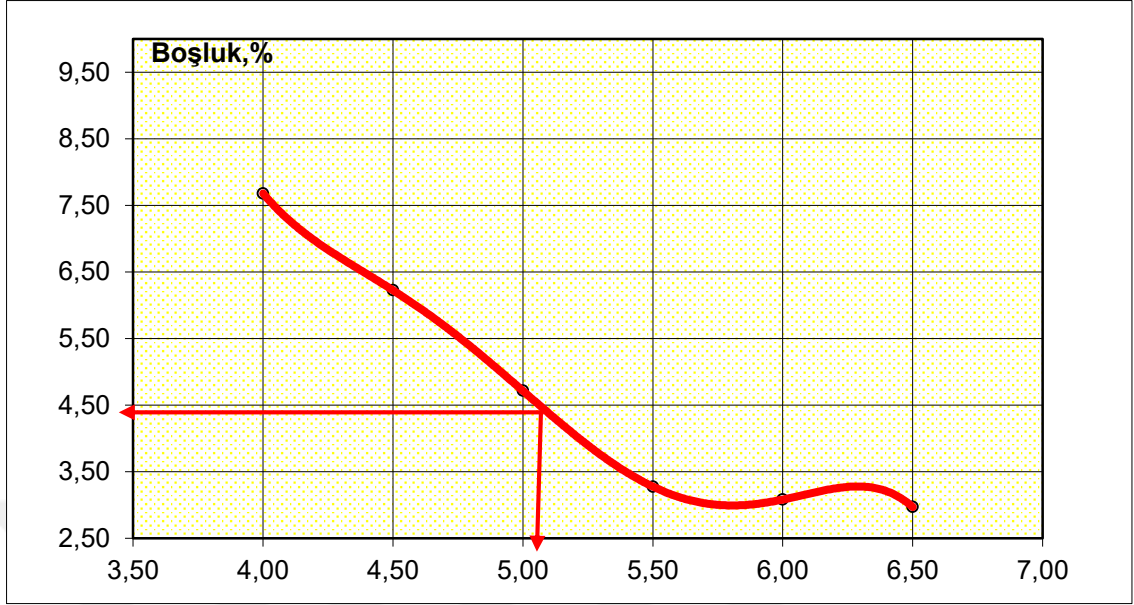


Şekil 5.4: Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (Vf)

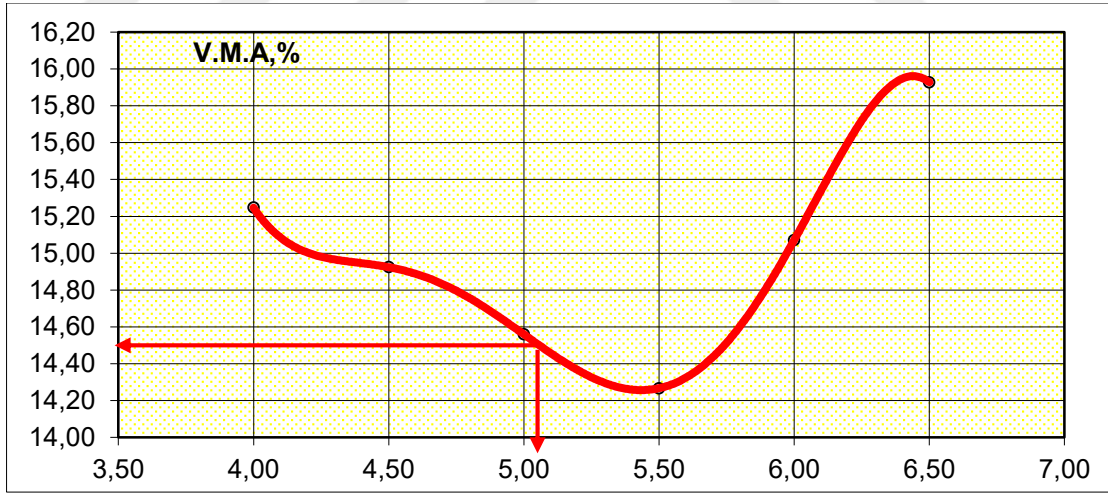


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
4,00	2,354	7,68	15,25	49,6	2,63	1230
4,50	2,375	6,23	14,92	58,3	2,84	1263
5,00	2,396	4,72	14,56	67,6	3,14	1303
5,50	2,416	3,28	14,27	77,0	3,33	1345
6,00	2,404	3,08	15,07	79,5	3,56	1335
6,50	2,391	2,97	15,93	81,3	3,81	1308

Şekil 5.5: Bitüm – Hava Boşluğu İlişkisi (Vh)



Şekil 5.6: Bitüm-Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi (VMA)



Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
4,00	2,354	7,68	15,25	49,6	2,63	1230
4,50	2,375	6,23	14,92	58,3	2,84	1263
5,00	2,396	4,72	14,56	67,6	3,14	1303
5,50	2,416	3,28	14,27	77,0	3,33	1345
6,00	2,404	3,08	15,07	79,5	3,56	1335
6,50	2,391	2,97	15,93	81,3	3,81	1308

5.1.1.3 Agregada uygulanan Deneyler

Kum Çakıl Dere ocağından üretilen konkasör tesislerinde üretilmiş 3 Tip Agregada ile Tip 1 Aşınma Tabakası Karışım Dizaynının yapılmıştır.

5.1.1.3.1 Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri-Dizayn Deneyleri

Aşınma tabakası dizaynı için Olgaçlar Kum-Çakıl Ocağından üretilen (19 – 12 mm), (12 – 5 mm), (5 – 0 mm) dane boyutu grubu agregalar, Bitüm olarak 50/70 penetrasyonlu Batman bitümü kullanılmıştır. Karışım gradasyonunun hazırlanmasında, aşağıdaki tabloda verilen elek analizi sonuçları esas alınmıştır. Tabloda agregaların kullanım oranları ile dizayn gradasyonu ve tolerans limitleri verilmektedir.

Tablo 5.6: Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri

KULLANIM ORANLARI		8	44	48	100	Düzeltilmiş	K.T.Ş. B. Aşınma Tip-1			
ELEK AÇIKLIĞI		MLZ-1 (19 – 12)	MLZ-3 (12 - 5 mm)	MLZ-4 (5-0 mm)		Dizayn Grad.	Kısım 407 Limitleri			
mm	inch	% Geçen	% Geçen	% Geçen	KARŞ. GRAD.	% 0 filler Tutulması	Tolerans Limitleri		Şartname Limitleri	
19,1	3/4"	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12,7	1/2"	26,4	97,7	100	93,1	93,1	89,1	97,1	88	100
9,52	3/8"	0,5	68	100	78,0	78,0	74	82	72	90
4,75	No.4	0,0	1,4	96,8	47,1	47,1	43,1	51,1	42	52
2	No.10	0,0	0	66,1	32,0	32,0	29	35	25	35
0,42	No.40	0,0	0,6	30,3	14,5	14,5	11,5	14,5	10	20
0,177	No.80	0,0	0,0	19,5	9,4	9,4	6,4	12,4	7	14
0,075	No.200	0,0	0,0	10,9	5,2	5,2	3,2	7,2	3	8

5.1.1.3.2 Agregada Deney Sonuçları

Dizayn Gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 5.7: Agregada Deney Sonuçları

Ocak Adı		Olgaçlar Kum-Çakıl Ocağından		
Kayanın Cinsi		Kum-Çakıl		
	Kaba Agregada	İnce Agregada	Filler	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,692	2,646		TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,767	2,732	2,740	
Absorpsiyonu %	1,00	1,20		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)-Gef-deney			2,710	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)-Gef-hesap			2,710	
Cılanma Değeri			-----	
Donma Kaybı, % (MgSO4)			4,5	TS EN 1907-2
Parçalanma Direnci (Los Angeles), %			18,6	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			13,62	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			40-45	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Metilen Mavisini %			1,25	TS EN 933-10
Kırılmışlık %			100	
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			63	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			51	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

5.1.1.3.3 Karışıma ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça %5,10 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Tablo 5.8: Karışıma ait Deney Sonuçları

Karışımındaki Toplam Bitüm Optimum Bitüm%	5,10		
DİZAYNIN	Şartname		
		Min.	Maks.
Optimum Bitüm	5,10	4	7
Pratik Özgül Ağırlık	2,403		
Stabilite, kg	1200	Min900	
Boşluk, %	4,31	3	5
Asfaltla Dolu Boşluk, %	70,1	65	75
V.M.A, %	14,4	14	16
Akma,mm	3,10	2	4

5.1.2 Bazalt Taşı Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Konkasör Tesisleri)

5.1.2.1 Giriş

Yol üst yapıları kullanılan malzeme cinslerine ve bağlayıcı tiplerine göre; rijit üst yapılar, yarı rijit üst yapılar ve esnek üst yapılar olarak sınıflandırılır. Türkiye’de en fazla kullanılan yol üst yapısı esnek üst yapılardır.

Yapılan çalışmada esnek üst yapılarda kullanılan bitüm ve agregalar üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Bağlayıcı malzeme olarak asfalt çimentosu (AC 75-100) ve agrega olarak Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Konkasör Tesisleri ocağından temin edilmiştir. Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Konkasör Tesisleri malzemesi ile ilgili deneylere yer verilmiştir.

Bu deneyler sonucunda bulunan değerlerin şartnamelere uygun olup olmadığı tespit edilmiş ve aşınma tabakasındaki optimum bitüm miktarı, uygulamada kullandığı değerlerle karşılaştırılmıştır.

5.1.2.2 Agregada Uygulanan Deneyler-Dizayn Deney Sonuçları

Beton asfalt kaplamalarının aşınma tabakasinda kullanılan Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Konkasör Tesisleri ocağından temin edilen agregalar Diyarbakır Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araştırma Geliştirme Başmühendisliği Labaratuarında işyeri karışım formülünde miktarları belirlenmiş agrega ve bitümlü bağlayıcı toplam karışım yüzdeleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Aşınma Dizaynı, Elek analizleri sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

(Tablo 5.9), (Tablo 5.10), (Tablo 5.11), (Tablo 5.12), (Tablo 5.13) ’de Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.9: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları¹

DİYARBAKIR GEYİKTEPE BAZALT T.O AŞINMA DİZAYNI
Tabaka İsmi: AŞINMA

Bitüm Penetrasyonu	=	: 63	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}	: 2,744	Gef-deney	: 2,854
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b		: 1,030	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}	: 2,886	Gef-hesap	: 2,854
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu P _{ba}		: 0,88	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}	: 2,834	Karışım. Micir	: 1200 gr
Agreganın Etketif Özg. Ağırlığı, G _{ef}		: 2,854	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}	: 2,986	Darbe Sayısı	: 2X75
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}		: 2,786	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{r-z}	: 2,838	%Va=Agrega Hacim %'si	: 83,42
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}		: 2,921			%Vb=Bitüm Hacim %'si	: 12,25
					%Vh=Hava Hacim %'si	: 4,33

No	BİTÜM		Sıcaklık °C	YÜKSEKLİKLER, mm				Havada	Sudaki	Doy.Yüz	Hacim	Hacim	Maks.Te	%	%	Asf.Dol	Akma	Stabilite	Düzlüm.	Düzlüm.
	Wa,%	g		1	2	3	ortim	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağırlık	Özgül Aç	Boşluk	%	Boşluk				
							A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	V.M.A	V _f		kg	Faktörü	kg	
1	4,00	48,0	156	66,2	66,2	66,3	66,2	1240,6	736,0	1250,3	514,3	2,412				2,55	1063	0,938	997	
2	4,00	48,0		65,9	65,9	65,8	65,9	1241,6	738,1	1250,4	512,3	2,424				2,54	1050	0,946	993	
3	4,00	48,0		66,3	66,2	66,1	66,2	1240,1	740,0	1248,9	508,9	2,437				2,51	1050	0,939	986	
												2,424	2,672	9,27	16,33	43,2	2,53			992
4	4,50	54,0	155	66,3	66,3	66,2	66,3	1242,8	744,9	1248,2	503,3	2,469				2,75	1162	0,938	1090	
5	4,50	54,0		66,1	66,1	66,2	66,1	1243,2	745,2	1250,1	504,9	2,462				2,74	1160	0,940	1091	
6	4,50	54,0		66,4	66,4	66,4	66,4	1244,2	746,0	1251,2	505,2	2,463				2,76	1160	0,935	1084	
												2,465	2,652	7,05	15,34	54,0	2,75			1088
7	5,00	60,0	155	65,8	65,7	65,9	65,8	1246,7	750,0	1250,3	500,3	2,492				2,98	1200	0,947	1137	
8	5,00	60,0		65,1	65,0	65,0	65,0	1250,0	751,2	1254,6	503,4	2,483				3,01	1210	0,964	1166	
9	5,00	60,0		66,5	66,7	66,5	66,6	1246,2	749,5	1250,1	500,6	2,489				3,00	1206	0,931	1123	
												2,488	2,632	5,47	14,94	63,4	3,00			1142
10	5,50	66,0	156	65,7	65,7	65,7	65,7	1249,4	756,2	1253,0	496,8	2,515				3,21	1300	0,950	1234	
11	5,50	66,0		64,6	64,5	64,4	64,5	1250,8	757,0	1254,0	497,0	2,517				3,20	1275	0,975	1244	
12	5,50	66,0		65,4	65,6	65,5	65,5	1251,6	738,9	1259,7	520,8	2,403	iptal			3,19		0,954	0	
												2,516	2,613	3,71	14,40	74,2	3,21			1239

¹Tablonun devamı arka sayfadadır.

Tablo 5.10: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları

13	6,00	72,0	155	65,7	65,7	65,8	65,7	1253,0	755,0	1255,6	500,6	2,503					3,11	1301	0,949	1234	
14	6,00	72,0		65,3	65,3	65,3	65,3	1251,0	752,9	1254,0	501,1	2,497					3,09	1284	0,958	1230	
15	6,00	72,0		64,4	64,8	64,5	64,6	1250,1	755,6	1253,6	498,0	2,510					3,08	1248	0,974	1215	
												2,503	2,594	3,50	15,23	77,0	3,09				1227
16	6,50	78,0	157	63,9	63,8	63,9	63,9	1256,0	756,0	1258,1	502,1	2,501					3,00	1200	0,990	1188	
17	6,50	78,0		63,0	63,0	63,0	63,0	1255,6	755,3	1259,0	503,7	2,493					3,00	1195	1,012	1209	
18	6,50	78,0		63,5	63,5	63,4	63,5	1255,4	756,1	1257,3	501,2	2,505					2,95	1189	1,000	1189	
												2,500	2,576	2,95	15,75	81,3	2,98				1195
5,30	OPTIMUM BİTÜM SONUÇLARI (Grafikten)											2,507	2,620	4,30	14,5	70,0	3,10	Fill/Bit	Stb/akm	1200	
5,30	OPTIMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Geff_deneyle)											2,507	2,620	4,33	14,5	70,2	3,10			1200	
5,30	OPTIMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Geff_hesapla)											2,507	2,620	4,32	14,5	70,3	3,10	1,40	387	1200	
AŞINMA DİZAYN KRİTERLERİ														(3-5)	min14	(65-75)	(2-4)	max1.5		min900	

AŞINMA DİZAYN KRİTERLERİ														(3-5)	min14	(65-75)	(2-4)	max1.5		min900
BİNDER DİZAYN KRİTERLERİ														(4-6)	min13	(60-75)	(2-4)	max1.4		min750
BİTÜMLÜ TEMEL DİZAYN KRİTERLERİ														(4-7)	min12	(45-65)	(2-5)	-		min600
SMA DİZAYN KRİTERLERİ														(2-4)	min16	-	(2-4)	-		min750

$$V=B-C$$

$$Dp=A/V \quad Dt=(100+Wa)/(100/Geff+Wa/Gb)$$

$$Vh=(Dt-Dp) \times 100/Dt$$

$$Gsb=100/(%K/Gk-h+%I/Gi-h+%F/Gf-z)$$

$$Gsa=100/(%K/Gk-z+%I/Gi-z+%F/Gf-z)$$

$$VMA=100-(Dp \times (100-Wa/(1+Wa/100)))/Gsb$$

$$Vf=(VMA-Vh) \times 100/VMA$$

$$Pb=100 \times Gb \times (Gef-Gsb)/(Gef \times Gsb)$$

Kaba %'si= 52,9
İnce %'si= 39,7
Filler %'si= 7,4

1½" 100,0
1" 100,0
¾" 100,0
½" 91,4
¾" 81,3
No.4 47,1
No.10 27,7
No.40 14,4
No.80 10,8
No.200 7,4

Tablo 5.11: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları

B1	A1	V	Va	Vb	Vh	%Va	%Vb	%Vh
3,8	96,2	41,5	33,7	3,7		81,27	9,01	
3,8	96,2	41,3	33,7	3,7		81,65	9,05	
3,8	96,2	41,0	33,7	3,7		82,10	9,10	
3,8	96,2	41,3	33,7	3,7	3,8	81,67	9,05	9,27
4,3	95,7	40,5	33,5	4,2		82,79	10,32	
4,3	95,7	40,6	33,5	4,2		82,56	10,29	
4,3	95,7	40,6	33,5	4,2		82,58	10,30	
4,3	95,7	40,6	33,5	4,2	2,9	82,64	10,30	7,05
4,8	95,2	40,1	33,4	4,6		83,15	11,52	
4,8	95,2	40,3	33,4	4,6		82,86	11,48	
4,8	95,2	40,2	33,4	4,6		83,07	11,51	
4,8	95,2	40,2	33,4	4,6	2,2	83,03	11,50	5,47
5,2	94,8	39,8	33,2	5,1		83,52	12,73	
5,2	94,8	39,7	33,2	5,1		83,58	12,74	
5,2	94,8	41,6	33,2	5,1		79,82	12,16	
5,2	94,8	39,7	33,2	5,1	1,5	83,55	12,73	3,71
5,7	94,3	40,0	33,1	5,5		82,74	13,76	
5,7	94,3	40,1	33,1	5,5		82,52	13,72	
5,7	94,3	39,8	33,1	5,5		82,98	13,80	
5,7	94,3	39,9	33,1	5,5	1,4	82,75	13,76	3,50
6,1	93,9	40,0	32,9	5,9		82,30	14,82	
6,1	93,9	40,1	32,9	5,9		82,01	14,77	
6,1	93,9	39,9	32,9	5,9		82,41	14,84	
6,1	93,9	40,0	32,9	5,9	1,2	82,24	14,81	2,95

Opt. Bitüm	Deney	5,0	95,0	39,9	33,3	4,9	1,7	83,42	12,25	4,33
5,30	Hesap	5,0	95,0	39,9	33,3	4,9	1,7	83,42	12,25	4,32

Şartname	SMA									16,0
	AŞINMA									12-13

B1=Bitüm %'si (Bitüm +Agrega'ya göre)
A1=Aareaa %'si (Bitüm+Aareaa'ya göre)
V=Toplam Karışım Hacmi
Va=Agrega Hacim %'si
Vb=Bitüm %'si
Vh=Hava Boşluğu %'si
%Va=Agrega Hacim %'si
%Vb=Bitüm Hacim %'si
%Vh=Hava Hacim %'si

V=B-C
 $Dp=A/V$ $Dt=(100+Wa)/(100/Geff+Wa/Gb)$
 $Vh=(Dt-Dp) \times 100/Dt$
 $Gsb=100/(%K/Gk-h+%I/Gi-h+%F/Gf-z)$
 $Gsa=100/(%K/Gk-z+%I/Gi-z+%F/Gf-z)$
 $VMA=100-(Dp \times (100-Wa/(1+Wa/100)))/Gsb$
 $Vf=(VMA-Vh) \times 100/VMA$
 $Pb=100 \times Gb \times (Gef-Gsb)/(Gef \times Gsb)$

Kaba %'si= 100,0
İnce %'si= 0,0
Filler %'si= 0,0

1½" 47,1
1" 27,7
¾" 14,4
½" 10,8
3/8" 7,4
No.4 0,0
No.10 0,0
No.40 0,0
No.80 0,0
No.200 0,0

Tablo 5.12: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları

Diyarbakır Geyik Tepe Bazalt Taş Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları					Gradasyon Eğrisi/ DİYARBAKIR GEYİKTEPE BAZALT T.O AŞINMA DİZAYNI									
Y.F.Ş AŞINMA 1997	Y.F.Ş BİNDER 1997	Y.F.Ş BİT. TEM. Tip-A	Y.F.Ş BİT. TEM. Tip-B	SMA 12.5/0	ELEK AÇIKLIĞI		19 MLZ-1 % geçen	40 MLZ-2 % geçen	41 MLZ-3 % geçen	MLZ-4 % geçen	MLZ-5 % geçen	tutul. filler% = 1		Y.F.Ş AŞINMA 1997
					mm	inch						100 KARŞ GRAD	DÜZLT DZYN GRAD	
100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100,0	100 100
100 100	100 100	72 100	80 100	100 100	25,4	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 100
100 100	80 100	60 90	70 90	100 100	19,1	3/4"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 100
83 100	58 80	50 78	61 81	90 100	12,7	1/2"	55,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	91,5	83 100
70 90	48 70	43 70	55 75	50 75	9,52	3/8"	12,1	95,4	100,0	100,0	100,0	100,0	81,5	70 90
40 55	30 52	30 55	42 62	25 40	4,76	No.4	0,6	16,3	100,0	0,0	100,0	100,0	47,6	40 55
25 38	20 40	18 42	30 47	20 30	2,00	No.10	0,1	0,9	68,5	0,0	100,0	100,0	28,5	25 38
10 20	8 22	6 21	15 26	12 22	0,42	No.40	0,0	0,2	37,1	0,0	0,0	0,0	15,3	10 20
6 15	5 14	2 13	7 17	9 17	0,177	No.80	0,0	0,0	28,4	0,0	0,0	0,0	11,6	6 15
4 10	2 8	0 7	1 8	8 14	0,075	No.200	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	8,3	4 10

Gradasyon Eğrisi/ DİYARBAKIR GEYİKTEPE BAZALT T.O AŞINMA DİZAYNI

ELEK AÇIKLIĞI		DZYN GRAD	TOLERANS LİMITLERİ	ŞARTNAME LİMITLERİ	— Dizayn Gradasyonu	— Şartname Limitleri	- - - - - Tolerans Limitleri
mm	inch						
37,5	1 1/2"	100	100	100			
25,4	1"	100	100; 100	100; 100			
19,1	3/4"	100	100; 100	100; 100			
12,7	1/2"	91,4	86,4; 96,4	83; 100			
9,5	3/8"	81,3	76,3; 86,3	70; 90			
4,8	No.4	47,1	42,1; 52,1	40; 55			
2,0	No.10	27,7	23,7; 31,7	25; 38			
0,4	No.40	14,4	10,4; 18,4	10; 20			
0,177	No.80	10,8	6,8; 14,8	6; 15			
0,075	No.200	7,4	5,4; 9,4	4; 10			

Tablo 5.13: Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Aşınma Dizayn Deney Sonuçları

KABA AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI

Havadaki ağırlık :	2156,4	2156,4	
D.Y.K havada ağırlık :	2195,2	2195,2	
D.Y.K suda ağırlık :	1409,2	1409,2	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,744	2,744	2,744
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,886	2,886	2,886
Su Absorpsiyonu,% :	1,80	1,80	1,80

İNCE AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI

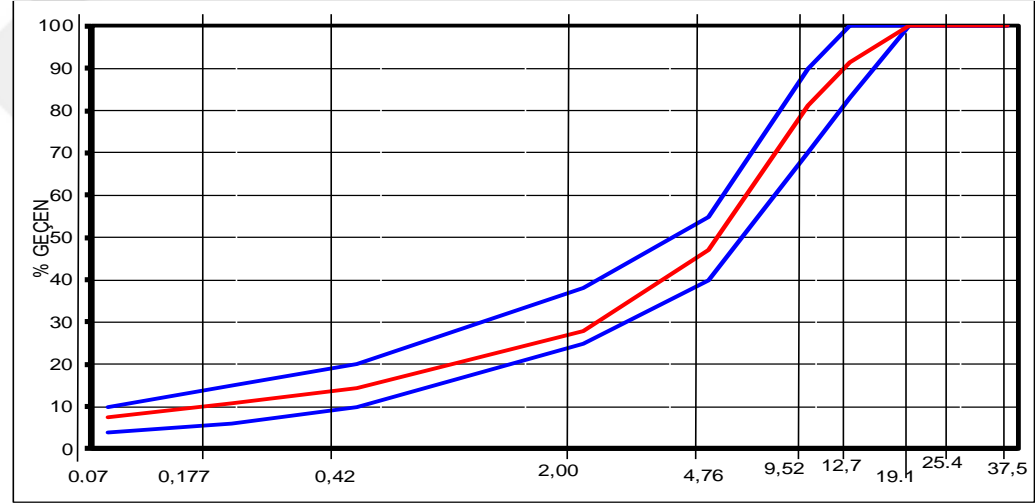
Piknometre ağırlığı :	122,3	117,8	
Piknometre+su ağırlığı :	422,6	422,3	
Piknom.+DYK ağırlık :	224,1	219,6	
Piknom.+num.+su ağırl :	489,1	488,9	
Kuru numune ağırlığı :	100,0	100,0	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,831	2,837	2,834
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,982	2,990	2,986
Su Absorpsiyonu,% :	1,79	1,80	1,79

FİLLER ÖZGÜL AĞIRLIĞI

Piknometre ağırlığı :	122,590	125,220	
Piknometre+su ağırlığı :	420,680	427,720	
Piknom.+kuru ağırlık :	162,590	165,220	
Piknom.+num.+su ağırl :	446,601	453,610	
Zahiri Özgül Ağırlık	2,841	2,835	2,838

EFFEKTİF ÖZGÜL AĞIRLIK

Piknometre ağırlığı :	122,590		
Piknometre+su ağırlığı :	420,680		
Piknometre+su+num. ağırlığı :	162,590		
Piknometre+num. ağırlığı :	446,601		
Dt	2,621	2,621	
% Bitüm	5,30	5,300	
G_{bit}	1,030	1,030	
G_{eff}	2,854	2,854	2,854



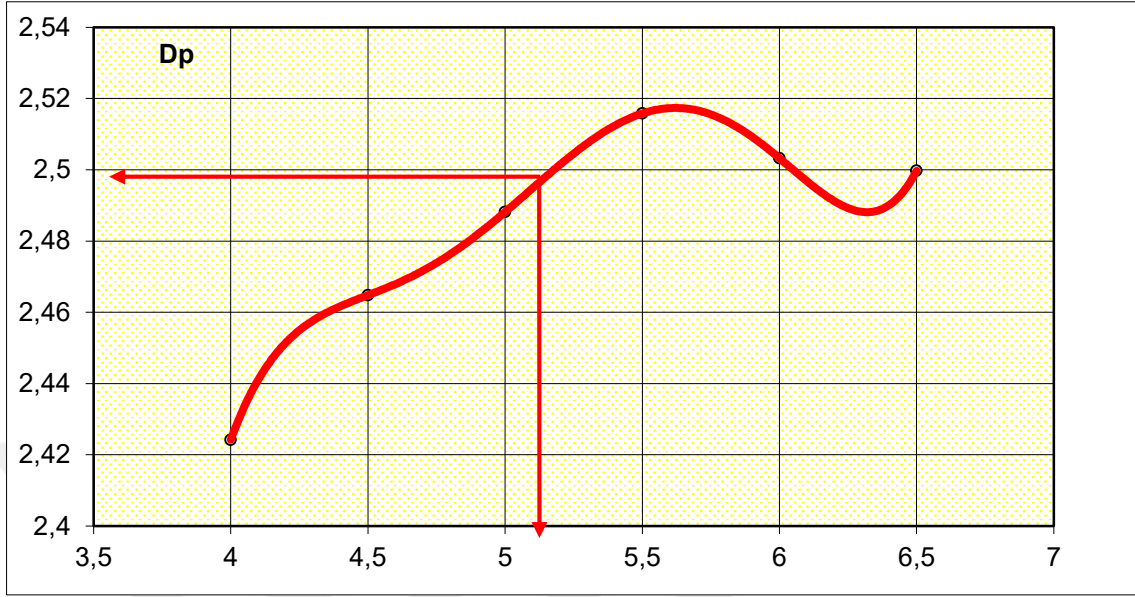
ELEK AÇIKLIĞI		DİZAYN KALAN		BRİKET		G _k
mm	inch	GRADS	%	1200	2500	
37,5	1 1/2"	100,0	0,0			
25,4	1"	100,0	0,0	(1 1/2"-1") arası	0,0	0,0
19,1	3/4"	100,0	0,0	(1"-3/4") arası	0,0	0,0
12,7	1/2"	91,4	8,6	(3/4"-1/2") arası	103,2	406,4
9,52	3/8"	81,3	10,1	(1/2"-3/8") arası	121,6	478,8
4,76	No.4	47,1	34,2	(3/8"-#4) arası	410,0	1614,8
2,00	No.10	27,7	19,4	(#4-#10) arası	232,4	
0,42	No.40	14,4	13,3	#10'dan geçen	332,9	
0,177	No.80	10,8	3,7			
0,075	No.200	7,4	3,4			
0,000	No.∞	0,0	7,4			
TOPLAM				100,0		
				TOPLAM	1200,0	2500,0

İNCE AGREGA DÜZELTMESİ

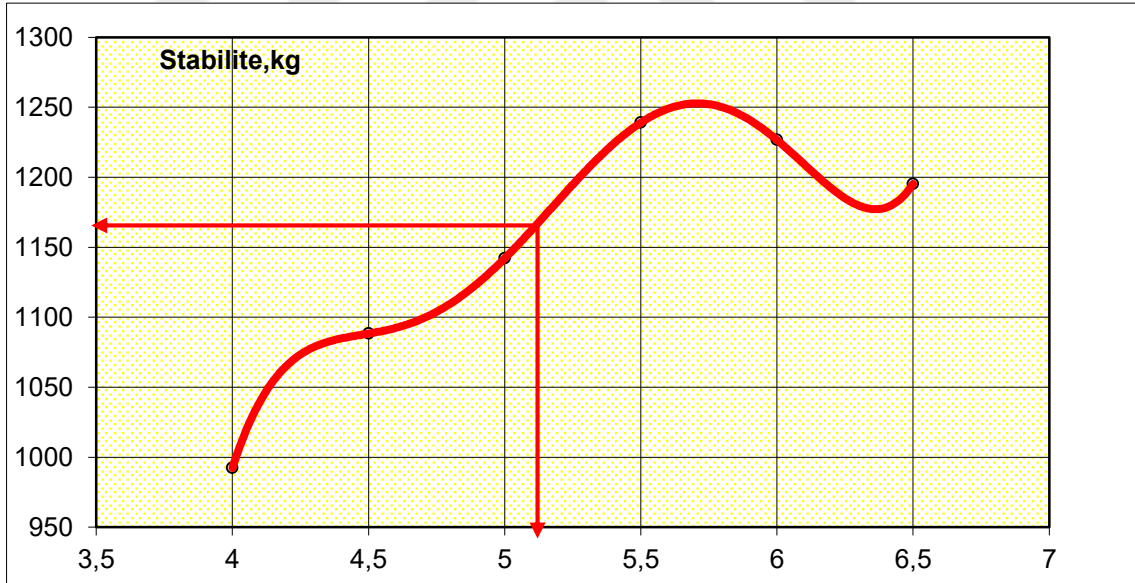
GEREKEN				MEVCUT	
Elek	% Geç	% Kalar	kg	Elek	% Geç
No.10	100,0	0,0	0,000	No.10	100,0
No.40	52,0	48,0	0,000	No.40	
No.80	38,8	13,3	0,000	No.80	
No.200	26,7	12,1	0,000	No.200	
No.∞	0,0	26,7	0,000	No.∞	
TOPLAM	100,0	0,000	0,000	TOPLAM	

Marshall Deney Grafikleri

Şekil 5.7: Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp)

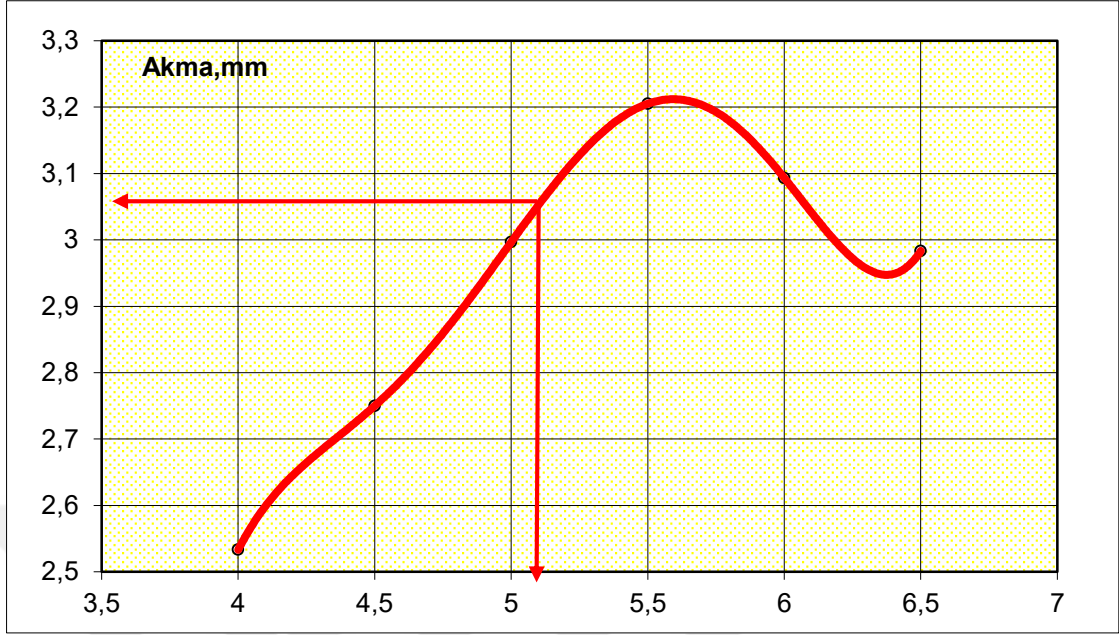


Şekil 5.8: Bitüm – Stabilite İlişkisi

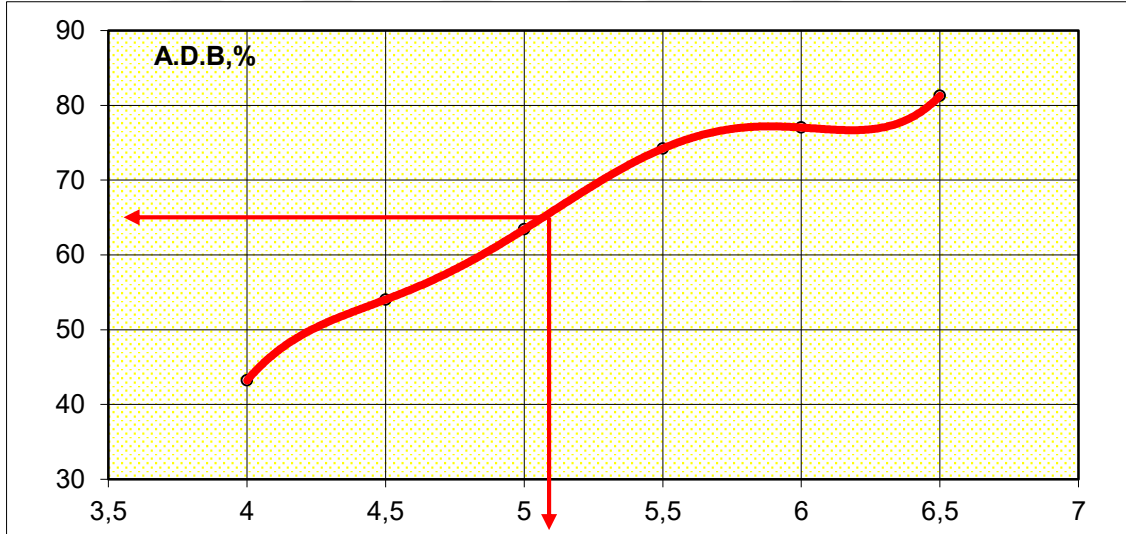


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
4,00	2,424	9,27	16,33	43,2	2,53	992
4,50	2,465	7,05	15,34	54,0	2,75	1088
5,00	2,488	5,47	14,94	63,4	3,00	1142
5,50	2,516	3,71	14,40	74,2	3,21	1239
6,00	2,503	3,50	15,23	77,0	3,09	1227
6,50	2,500	2,95	15,75	81,3	2,98	1195

Şekil 5.9: Bitüm-Akma İlişkisi

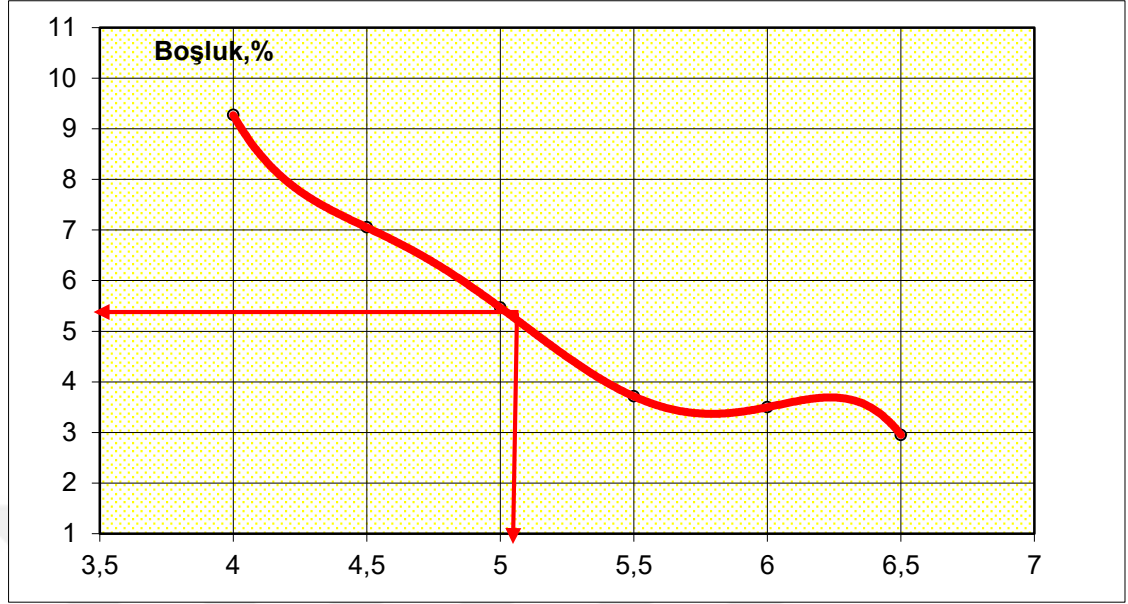


Şekil 5.10: Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (Vf)

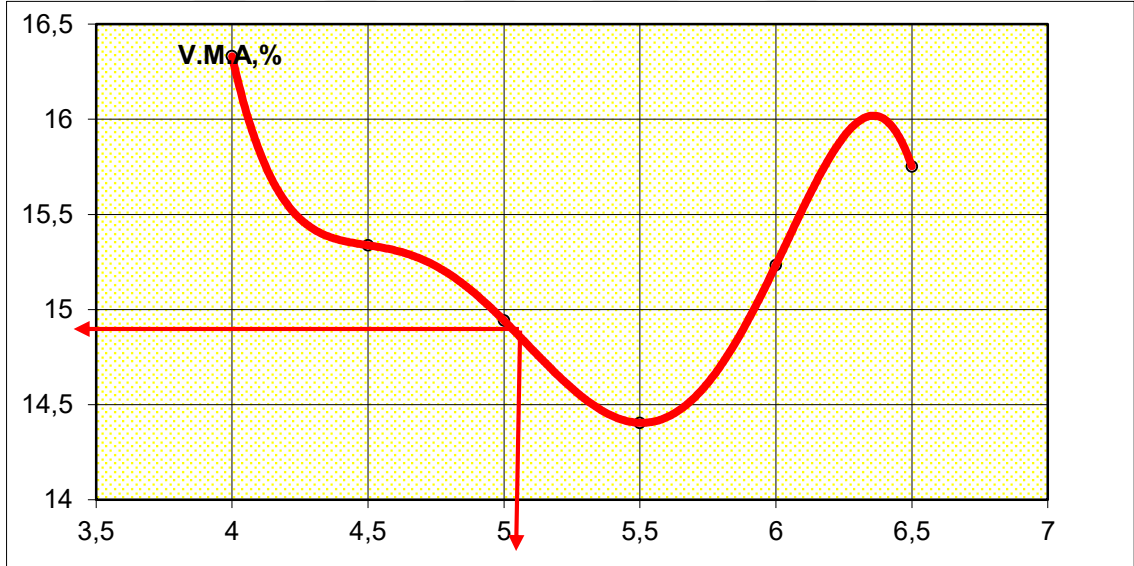


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
4,00	2,424	9,27	16,33	43,2	2,53	992
4,50	2,465	7,05	15,34	54,0	2,75	1088
5,00	2,488	5,47	14,94	63,4	3,00	1142
5,50	2,516	3,71	14,40	74,2	3,21	1239
6,00	2,503	3,50	15,23	77,0	3,09	1227
6,50	2,500	2,95	15,75	81,3	2,98	1195

Şekil 5.11: Bitüm – Hava Boşluğu İlişkisi (Vh)



Şekil 5.12: Bitüm-Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi (VMA)



Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
4,00	2,424	9,27	16,33	43,2	2,53	992
4,50	2,465	7,05	15,34	54,0	2,75	1088
5,00	2,488	5,47	14,94	63,4	3,00	1142
5,50	2,516	3,71	14,40	74,2	3,21	1239
6,00	2,503	3,50	15,23	77,0	3,09	1227
6,50	2,500	2,95	15,75	81,3	2,98	1195

5.1.2.3 Agregada Uygulanan Deneyler

Bazalt taşocağında üretilen konkasör tesislerinde üretilmiş 3 tip agrega ile Tip 1 Aşınma Tabakası Karışım Dizaynının yapılmasıdır.

5.1.2.3.1 Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri-Dizayn Deneyleri

Bazalt Taşocağından üretilen (9,52-19,1 mm), (4,76-9,52 mm)(0-4,76mm) dane boyutu grubu agregalar ve 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Karışım gradasyonunun hazırlanmasında, aşağıdaki tabloda verilen elek analizi sonuçları esas alınmıştır. Tabloda agregaların kullanım oranları ile dizayn gradasyonu ve tolerans limitleri verilmektedir.

Tablo 5.14: Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri

KULLANIM ORANLARI		0	19	40	41		100	K.T.Ş. B.T Tip-A			
ELEK AÇIKLIĞI		(19,1-37,5 mm)	(9,52-19,1 mm)	(4,76–9,5mm)	(0-4,76)	%1 filler tutulması Düzeltilmiş Dizayn Grad	KARŞ. GRAD	Kısım 406 Limitleri			
mm	inch	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen			Şartname		Tolerans	
37,5	1 1/2"	0				100	100	100	100	100	100
25,4	1"	0	100			100	100	100	100	100	100
19,1	3/4"	0	100			100	100	100	100	100	100
12,7	1/2"	0	55,2	100		91,4	91,5	83	100	87,4	95,4
9,52	3/8"	0	12,1	95,4	100	81,3	81,5	70	90	77,3	85,3
4,75	No.4	0	0,6	16,3	100	47,1	47,6	40	55	43,1	51,1
2	No.10	0	0,1	0,9	68,5	27,7	28,5	25	38	24,7	30,7
0,42	No.40	0	0	0,2	37,1	14,4	15,3	10	20	11,4	17,
0,177	No.80	0	0	0	28,4	10,8	11,6	6	15	7,8	13,8
0,075	No.200	0	0	0	20,3	7,4	8,3	4	10	5,4	9,4

5.1.2.3.2 Agregada Deney Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 5.15: Agregada Deney Sonuçları

	Kaba Agregada	İnce Agregada	Filler	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,744	2,831		TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,886	2,982	2,841	
Absorpsiyonu %	1,80	1,79		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,854	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,854	
Cilalanma Değeri				
Na ₂ SO ₄ Donma Kaybı, %			1,71	ASTM C-88
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			20,6	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			10,08	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			50-55	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			63	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			50,5	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

5.1.2.3.3 Karışıma ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde 5,30 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Tablo 5.16: Karışıma ait Deney Sonuçları

	Dizayn	Şartname
Optimum Bitüm	5,3	4-7
Pratik Özgül Ağırlık	2,507	
Stabilite, kg	1200	Min.900
Boşluk, %	4,33	4-7
Asfaltla Dolu Boşluk, %	70,2	65-75
V.M.A, %	14,5	Min. 14
Akma, mm	3,10	2-4

5.1.3 Kalker Taşı Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Diyarbakır Ergani Yöresinde Yüzeyleyen Fırat Formasyonu Kalkerlerinin Fiziksel Özellikleri ve Asfalt Betonu Kaplamasında Optimum Bitüm Oranın Tespiti)

5.1.3.1 Giriş

Yol üst yapıları kullanılan malzeme cinslerine ve bağlayıcı tiplerine göre; rijit üst yapılar, yarı rijit üst yapılar ve esnek üst yapılar olarak sınıflandırılır. Türkiye’de en fazla kullanılan yol üst yapısı esnek üst yapılarıdır. Diyarbakır Büyükşehir Belediyesinin şehir içi ve ilçe yollarında yapmış olduğu esnek üst yapı kaplamalarında kullandığı Diyarbakır Ergani ilçesi yöresine ait kalkerlerden hazırlanmış 3 cins değişik ebatlardaki görünümler malzemeye yönelik; aşınma , özgül ağırlık ve hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneylerini kapsamaktadır. Diyarbakır Büyükşehir Belediyesinin şehir içi ve ilçe yollarında yapmış olduğu esnek üst yapı kaplamalarında kullandığı Diyarbakır Ergani ilçesi yöresine ait kalkerlerden hazırlanmış 3 cins değişik ebatlardaki görünümler malzemeye yönelik; aşınma , özgül ağırlık ve hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneylerini kapsamaktadır. Bağlayıcı malzeme olarak AC75-100 asfalt çimentosu kullanılmış olup, daha sonar hazırlanan numuneler Marshall deneyine tabi tutulup, elde edilen sonuçlar Belediye ve Yollar Fenni şartnamesi ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak, Ergani yöresinde yüzeyleyen Fırat formasyonunun ait kalkerlerin don ve aşınma kaybı değerlerinin yüksek olduğu, dane çapı dağılımına göre kaba danalı agregaların bir kısmının su emme oranlarının yüksek olduğu görülmüş ve bitüm sıcak karışımlarda kullanıldığında optimum bitüm oranının yüzde 5,45 olarak tespit edilmiştir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni. Müh. Mim. Fak. Diyarbakır).

Yapılan çalışmada esnek üst yapılarda kullanılan bitüm ve agregalar üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Bağlayıcı malzeme olarak asfalt çimentosu (AC 75-100) ve agrega olarak Ergani yöresinde yüzeyleyen Midyat Grubuna ait Miyosen yaşlı Fırat Formasyonu kalkerleri kullanılmıştır.

Bu deneyler sonucunda bulunan değerlerin şartnamelere uygun olup olmadığı tespit edilmiş ve aşınma tabakasındaki optimum bitüm miktarı, Belediyenin uygulamada kullandığı değerlerle karşılaştırılmıştır (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni. Müh. Mim. Fak.-Diyarbakır).

5.1.3.2 Ergani Yöresinde Yüzeyleyen Zemin Formasyonu

Ergani yöresinde en altta Eosen yaşlı karbonat ve kireçtaşları ile temsil edilen Hoya formasyonu yer almaktadır. Bunun üzerine kıltaşı, kumtaşı, ardalanmasından oluşan Miyosen yaşlı Lice formasyonu gelmektedir. Lice formasyonu üzerinde de, resifal kireçtaşlarından oluşan Fırat formasyonu yer almaktadır.

Fırat formasyonu resif karakteri gereği yer yer Lice formasyonuna ait kil taşları ile yanal ve düşey yönde geçiş göstermektedir. Bu nedenle yer yer agrega oluşturma açısından çok kaliteli kireçtaşları şeklinde yüzeyleyirken, yanal ve düşey devamında farklılaştığı gözlenmektedir. Fırat formasyonuna ait kireçtaşları Ergani'nin güneyindeki sırtlarda yüzeylemektedir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

5.1.3.3 Agregada Uygulanan Deneyler

5.1.3.3.1 Elek Analizleri

Beton asfalt kaplamalarının aşınma tabakasında kullanılan Ergani Kalkeri üzerinde daha önce işyeri karışım formülünde miktarları belirlenmiş üç cins agrega ve bitümlü bağlayıcı toplam karışım yüzdeleri (Tablo 5.17)' de verilmiştir. Bu miktarlara göre yapılan elek analizlerinin (Tablo 5.17)'e Tip 2 'ye uygun olduğu görülmüştür. Elek analizleri sonuçları (Tablo 5.18)'de gösterilmiştir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

Tablo 5.17: Ergani Kalkeri Elek Analizleri Sonuçları ve Şartname Limitleri

Elek Boyu	Kümülatif Ağırlık (gr)	Her bir elekte üzerinde kalan(gr)	Her bir elek altında kalan(gr)	Elekte kalan (%)	Elekte geçen (%)	Tip 2 Şartname ortalaması (% geçen)
19mm(3/4")	-	0,0	1200,0	-	100	100
12,5mm(1/2")	229,00	229,0	971,0	19	81	88,5
9,5mm(3/8")	380,20	151,20	819,8	32	68	75
4,75mm(No 4)	584,20	204,0	615,8	49	51	56
2,00mm(No 10)	898,20	314,0	301,8	75	25	40
0,425mm(No 40)	1031,60	133,4	168,4	86	14	20
0,180mm(No 80)	1067,00	35,40	133	89	11	12,5
0,075mm(No 200)	1127,60	60,6	72,4	94	6	7
Filler	1200,00	72,4	0	100	-	-
Toplam	-	1200	-	100	-	-

Tablo 5.18: Agrega Karışımı Gradasyonu ve Bitüm Oranı

Malzeme kullanım alanı	Tabaka	Agrega Dane Çapı (mm)	Agrega Miktarı (kg)	Agrega Yüzdesi (%)	Bitüm Cinsi (AC)	Bitüm Miktarı (kg)	Bitüm yüzdesi (%)
BELEDİYE	AŞINMA	0-5	600	34	AC75/100	96	5-6
		5-12,5	650	37			
		12,5-19	450	25			
		Filler	75	4			
		Toplam	1775	100			
KARAYOLLARI	AŞINMA	0-5	955	55	AC75/100	89	5
		5-10	459	27			
		10-19	170	10			
		19-25	136	8			
		Filler	60	3,5			
		Toplam	1780	100			

NOT: Beton asfalt karışımı min 150 °C ve max 165 °C arasında hazırlanmış ve 45 °C hava sıcaklığında yola serildiği varsayılmaktadır.

Diyarbakır'da Belediye'ye ait şehir içi yollarda kullanılan Ergani konkasör Tesislerinde üretilen 12,5-19 mm agregadan yüzde 25, 5-12,5mm agregadan yüzde 37, 0-5 mm agregadan yüzde 34 ve fillerden yüzde 4 oranında 1200 gr agregaya karıştırılarak elek analizi yapıldı.Elek analizleri sonuçları tabloda gösterilmiştir.Tablodaki elek analizleri sonuçları, aşınma tabakasının Tip 2'ye uygun olduğu görülmüştür.

5.1.3.3.2 Los Angeles Aşınma Deneyi

Numunenin ilk ağırlığı (gr) =A

Numunenin son ağırlığı (gr) =B

Aşınma yüzdesi= (A-B)/A*100

Aşınma yüzdesi= (5000-3275)/5000*100=yüzde 34, 5

Karayolları Fenni Şartnamesine göre beton asfaltındaki agreganın max aşınması yüzde 27 olduğundan bulduğumuz değer aşınma yönünden uygun değildir.

5.1.3.3.3 Agregaların Hava Tesirlerine Karşı Mukavemet Deneyi

Bu çalışmada kaba agregalar için Dona karşı mukavemet deneyi yapıлып, 3/4, 1/2, 3/8 ve 4 nolu elekler kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 19' da verilmiştir.

Tablo 5.19: Kaba Agregası Numunesini Donma Kaybı

Elek Açıklığı(mm)	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-4"	Toplam
Orjinal Numunenin Gradasyonu (%)	51	6	43	100
Deneyden Önceki Ağırlık(gr)	440	48	382	
Deneyden Sonraki Ağırlık(gr)	360	29,5	280,5	
Donma Kaybı (%)	18	38,50	26,60	
Düzeltilmiş Donma Kaybı (%)	9,18	2,31	11,44	22,93

Kaba agregası numunesinin düzeltilmiş donma kaybı yüzde 22, 93 bulunmuştur.Yollar Fenni Şartnamesine göre max yüzde 15'tir.

Agreganın kullanıldığı bölge iklim bakımından sıcak ve fazla yağış almayan bir yer olduğundan kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır) .

5.1.3.3.4 Agregaların Su Absorpsiyonu ve Özgül Ağırlığının Tayini için Standart Deney Metotları

Agregası karışımları herbiri değişik özgül ağırlıklara sahip, kaba, ince ve filler malzemelerinden oluşmaktadır. Bu metotlar ile agregaların hacim özgül ağırlık, doymuş hacim özgül ağırlık, zahiri özgül ağırlık ve absorpsiyonu tayin edilmektedir.

Ergani kalkerli olarak 0-5 mm arası ince agregası,5-12,5 mm ve 12,5-19mm arası kaba agregası ve 200 nolu elek altı filler kullanılmıştır.

Tablo 5.20: Kaba Agregası için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (12,5-19mm)

A	Kurutulmuş numune ağırlığı(gr)	528,71
B	Doygun-yüzey Kuru numunenin ağırlığı(gr)	540,43
C	Doygun-yüzey Kuru numunenin sudaki ağırlığı(gr)	328,30
A/(B-C)	Hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,492
B/(B-C)	Yaş hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,5488
A/(A-C)	Zahiri özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,638
((B-A)/A)*100	Absorpsiyon yüzdesi (%)	2,217

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2, 5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamıştır (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

Tablo 5.21:Kaba Agregası için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (5-12,5mm arası)

A	Kurutulmuş numune ağırlığı(gr)	492,52
B	Doygun-yüzey Kuru numunenin ağırlığı(gr)	505,96
C	Doygun-yüzey Kuru numunenin sudaki ağırlığı(gr)	304,81
A/(B-C)	Hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,449
B/(B-C)	Yaş hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,515
A/(A-C)	Zahiri özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,624
((B-A)/A)*100	Absorpsiyon yüzdesi (%)	2,729

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2, 5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamamıştır.

Tablo 5.22: İnce Agrega için Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (0-5mm arası)

A	Piknometre ağırlığı(gr)	484,72
B	Piknometre+su ağırlığı(gr)	1679,95
C	Piknometre+Doğgun-yüzey Kuru numune	984,72
D	Piknometre+numune+su ağırlığı(gr)	1987,15
E	Kuru numune ağırlığı(gr)	494,9
$E/(B+E-D)$	Zahiri özgül ağırlığı(gr)	2,635
$E/(B+C)-(A-D)$	Hacim özgül ağırlığı(gr/cm ³)	2,567
$(C-A-E)/E$	Absorpsiyon yüzdesi(%)	1,03

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2,5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamıştır (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır) .

5.1.3.3.5 Beton Asfalt Numunelere Uygulanan Marshall Deneyi ve Sonuçları

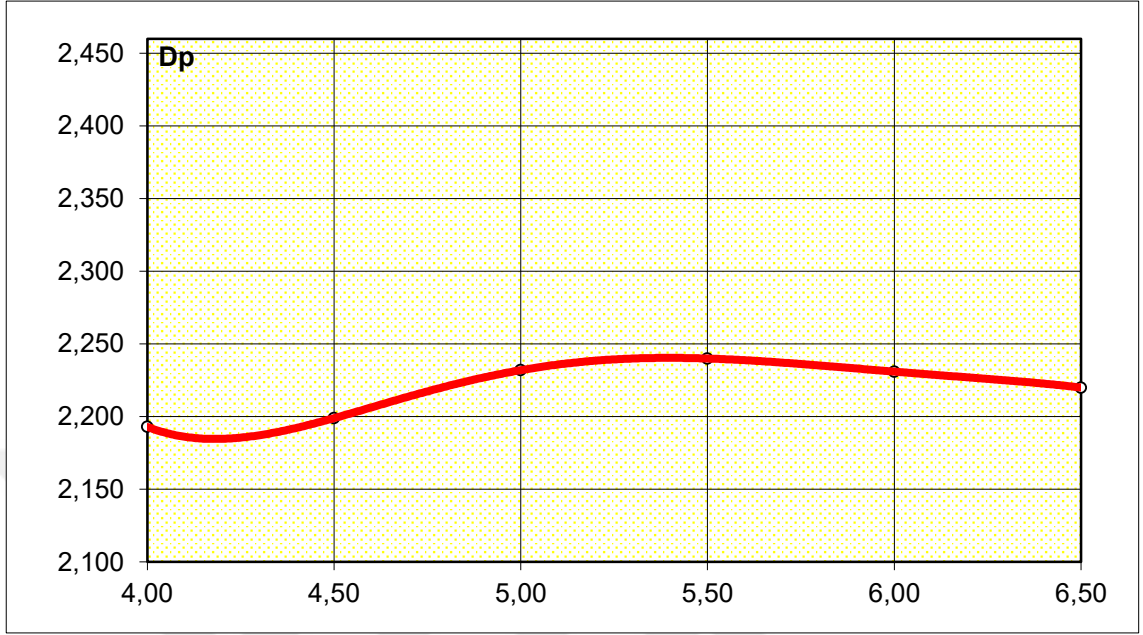
Beton asfalt kaplamalarında optimum bitüm oranının tayini için Ergani kalkeri ile hazırlanmış agrega karışımlarına AC75/100 penetrasyon derecesinde yüzde (4,0-4,5-5,0-5,5-5,6) bitüm oranlarında ve aynı bitüm yüzdesinden üç adet olmak üzere toplam 18 adet marshall numunesi hazırlandı.Bu numunelerin havadaki,doğgun yüzey kuru ve sudaki ağırlıkları bulundu.Hazırlanan Marshall briketlerindeki aynı bitüm yüzdesindeki üç numune Marshall deneyine tabii tutulduklarında stabilite (KN) ve akma(mm) parametreleri elde edildi. Kırılma arasında aynı bitüm oranında üç numunenin en küçük ve en büyük kırılma sıralarındaki yük arasındaki fark 120 kgf 'ti geçmediği takdirde üçünün ortalaması stabilite ve akma değerlerinin ortalaması da akma değeri olarak alındı. Daha sonar pratik özgül ağırlık, stabilite, akma, boşluk ile dolu boşluk oranı grafikleri çizildi (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır) .

Tablo 5.23: Aşınma Tabakası için Marshall Metodu Dizayn Değerleri

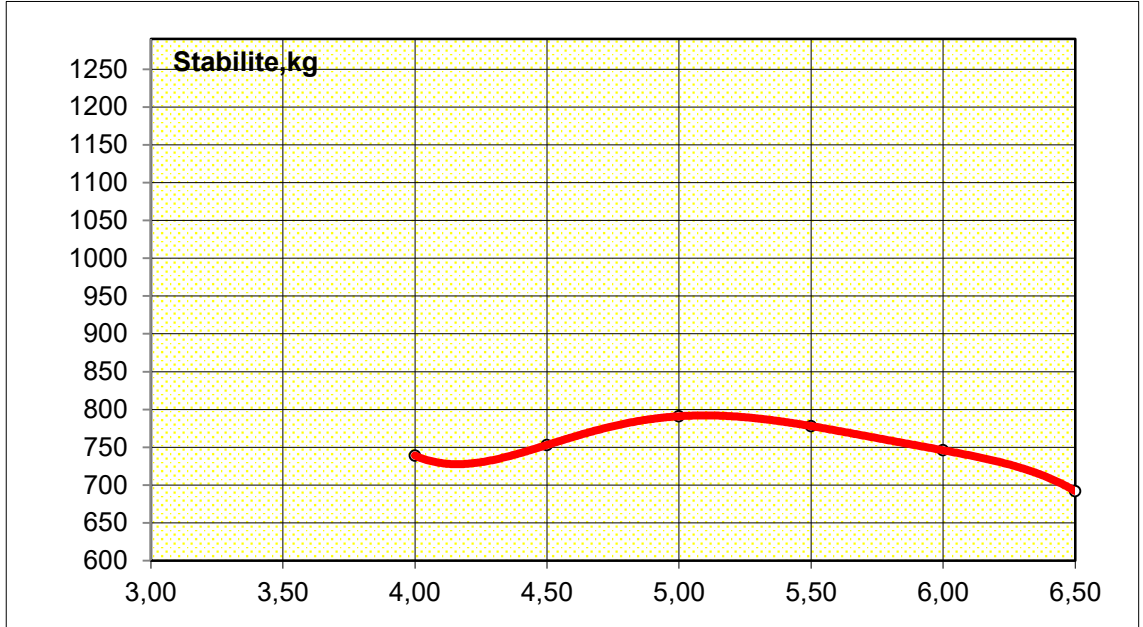
No	Bitüm	Ort	W1	W2	W3	Dp	Dt	Vh	V _{MA}	Vf	Akma	Stabilite	Düzeltilme	Düz
	% Wa	Numune	(gr)	(gr)	(gr)	gr/cm ³	gr/cm ³	(%)	(%)	(%)	(mm)	(kN)	Faktörü	Stabilite
1	4	70,12	1247,18	720,87	1288,65	2,197	2,383	7,97	16,18	50,74	7,36	8,53	0,854	728
2	4	70,17	1242,78	726,56	1284,62	2,227					7,8	8,45	0,852	720
3	4	70,29	1242,88	721,49	1298,39	2,154					7,15	9,05	0,85	769
Ort						2,193					7,44			739
1	4,5	70,32	1248,21	708,9	1248,47	2,172	2,367	7,1	16,39	56,68	8,51	8,12	0,85	690
2	4,5	70,11	1255,01	709,99	1273,33	2,228					7,57	10,1	0,854	863
3	4,5	70,33	1260,29	718,63	1292,42	2,196					7,65	8,31	0,85	706
Ort						2,199					7,91			753
1	5	70,04	1246,72	718,62	1277,76	2,23	2,353	5,14	15,58	67,01	8,65	10	0,856	856
2	5	70,18	1254,87	708,63	1272,25	2,226					8,9	9,33	0,852	795
3	5	70	1256,67	712,38	1273,23	2,241					9,25	8,45	0,856	723
Ort						2,232					8,93			791
1	5,5	70,07	1245,17	721,47	1275,36	2,248	2,338	4,21	15,9	73,5	9,1	9,42	0,854	804
2	5,5	70,07	1240,24	718,66	1277,76	2,218					9,2	8,1	0,854	692
3	5,5	69,9	1243,55	720,95	1271,87	2,255					9,5	9,77	0,858	838
Ort						2,24					9,27			778
1	6	70,03	1245,27	699,49	1257,24	2,233	2,234	4	16,42	75,64	9,4	7,41	0,856	634
2	6	70,13	1263,97	713,32	1280,85	2,227					9,83	9,27	0,854	792
3	6	70,1	1263,58	713,45	1279,3	2,233					10,45	9,5	0,854	811
Ort						2,231					9,89			746
1	6,5		1230,59	723,69	1274,43	2,234	2,31	3,89	17,53	77,81	10,55	7,9	0,854	675
2	6,5		1252,9	721,26	1287,63	2,212					10,85	8,2	0,854	700
3	6,5		1240,19	703,37	1263,31	2,214					10,75	8,2	0,856	702
Ort						2,22					10,72			692

Marshall Deney Grafikleri

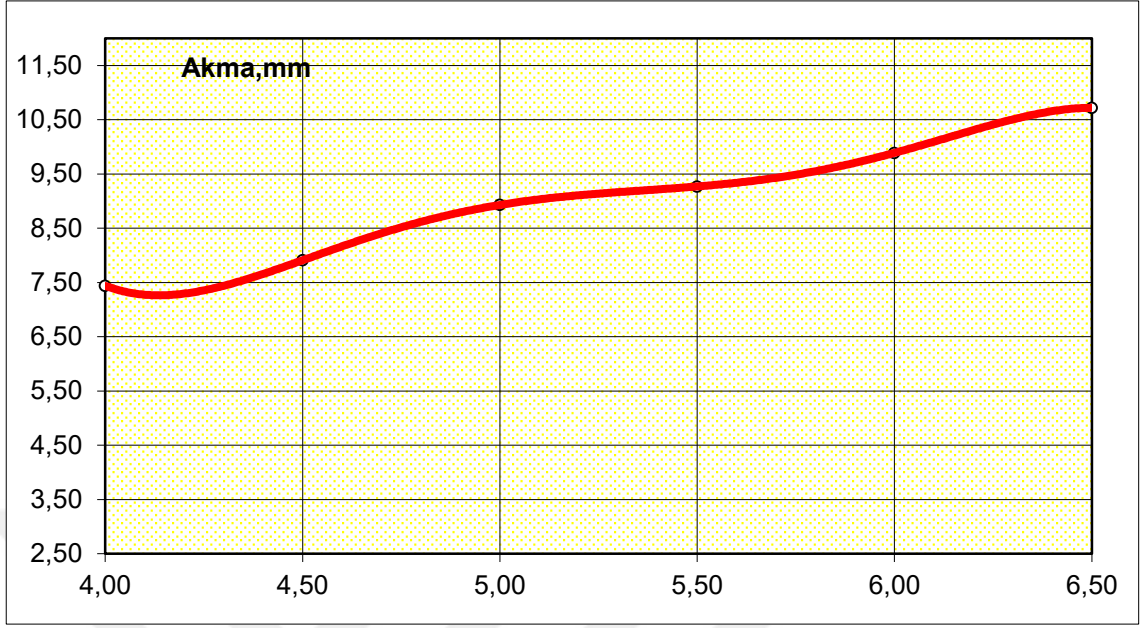
Şekil 5.13: Bitüm – Pratik Özgül Ağırlık İlişkisi (D_p)



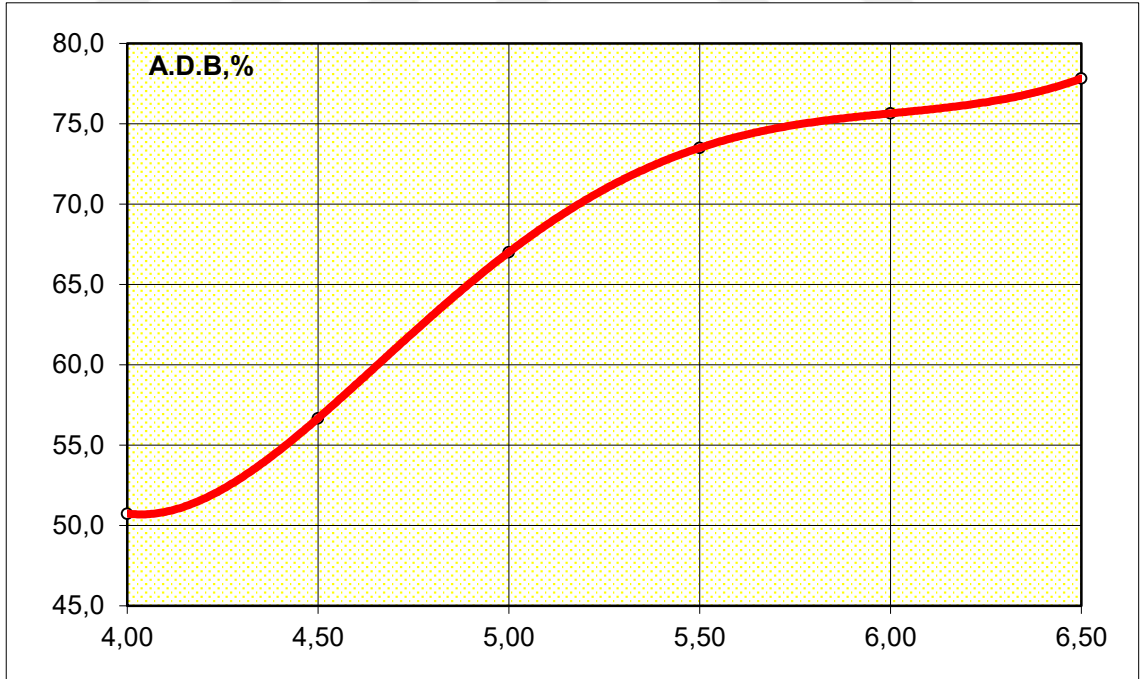
Şekil 5.14: Bitüm – Stabilite İlişkisi



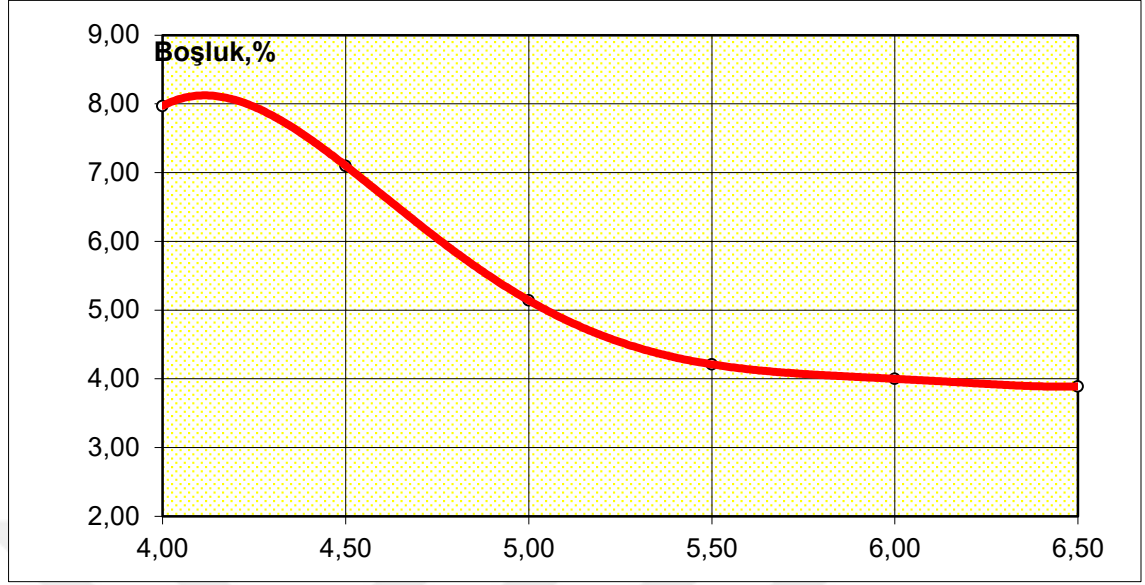
Şekil 5.15: Bitüm-Akma İlişkisi



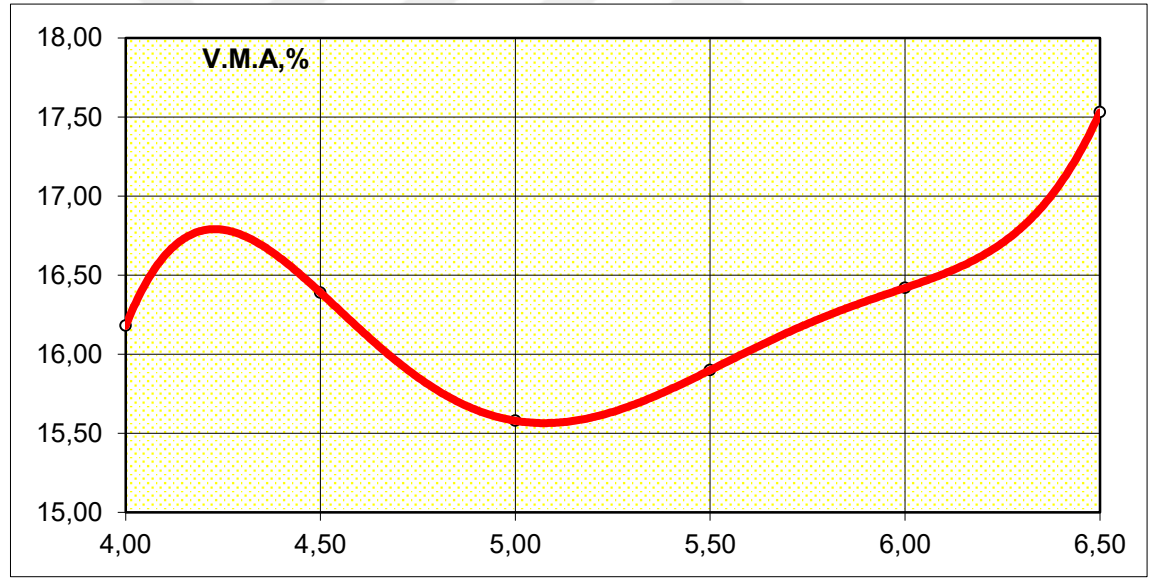
Şekil 5.16: Bitüm – Asfaltla Dolu Boşluk İlişkisi (Vf)



Şekil 5.17: Bitüm – Hava Boşluğu İlişkisi (V_h)



Şekil 5.18: Bitüm-Agrega Arasındaki Boşluk İlişkisi (V_{MA})



5.1.3.3.6 Optimum Bitüm Yüzdesinin Bulunması

Grafikteki eğrilerden max. yoğunluk ve stabilite değerlerine karşılık gelen bitüm yüzdeleri ile boşluk ve bitüm ile dolu boşluk eğrileri için uygulamadaki değerlerin ortalamasına karşı gelen bitüm yüzdeleri tespit edilerek, bu dört değer aritmetik ortalaması alınarak optimum bitüm yüzdesi bulundu. Bu optimum bitüm yüzdesine göre Şekil 4.9'den akma değerleri bulunarak şartname sınırları içerisinde kalıp kalmadığı araştırıldı. Şekil 4.7, 4.8, 4.10, 4.11' ten elde edilen bitüm yüzdesinin aritmetik ortalaması

ile karışımın optimum bitüm yüzdesi bulundu. Optimum bitüm oranı $= (5,5 + 5,0 + 5,3 + 6,0) / 4 =$ yüzde 5,45

Şekil 4.9’da optimum bitüm oranındaki akma, Şekil 4.12 ’da ise optimum bitüm oranındaki agregalar arasındaki boşluk yüzdesi (V_{MA}) tespit edildi. Akma 9,2 mm olarak V_{MA} ise yüzde 15,7 bulundu (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

5.1.3.3.7 Deney Sonuçları

Ergani Kalkeri ve Ac75/100 asfalt çimentosu ile hazırlanan Marshall Briketlerine göre uygulanan deney ve hesapların sonuçları Tabloda AASHO şartname limitlerine göre karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.24: Deney Sonuçları ve AASHO Şartname Limitleri (Karayolları Genel Müdürlüğü yayınları)

Tabaka	Bitüm Cinsi	Özellikler	Şartname Limitleri		Deney Sonuçları
			Min.	Max.	
Aşınma	AC75/100	Marshall Stb (kN)	900	-	778
		Boşluk (%)	3	5	4
		Asfaltla dolu boşluk (%)	75	85	80
		Akma (mm)	2	4	9,2
		Uygulanacak darbe	75	85	75
		Bitüm yüdesi	4	6	5,45

Deney Sonuçlarına göre akma miktarı şartname limitlerine göre üstel, stabilite de şartname limitlerinin altında çıkmış ve optimum oranı yüzde 5,45 olarak tespit edilmiştir. İklimi sıcak olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi için bu akma miktarı maksimumun çok üzerinde olduğundan agreganın granülometrisinin değiştirilmesi veya 60/70 penetrasyonda asfalt çimentosunun kullanılması gerekmektedir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır)

5.2. BİNDER TABAKASINA UYGULANAN DENEYLER

5.2.1 Dere Kum-Çakıl Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Dicle Nehri Hasman Kum Çakıl Ocağı Ocağı Konkasör Tesisleri)

5.2.1.1 Giriş

HASMAN KUM ÇAKIL OCAĞI malzemesinin konkasör tesislerinde üretilen 4 tip agrega ile Binder Tabakası Karışım Dizaynı yapılmıştır.

5.2.1.2 Yapılan Çalışmalar (Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri)-Dizayn Deney Sonuçları

Bitümlü Temel Tabakası dizaynı için Hasman Kum çakıl ocağından üretilen (19,1-25,4mm), (12,7 -19,1 mm), (4,76-12,7mm), (0-4,76mm) dane boyutu grubu agregalar ve 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Karışım gradasyonunun hazırlanmasında, aşağıdaki tabloda verilen elek analizi sonuçları esas alınmıştır. Tabloda agregaların kullanım oranları ile Dizayn gradasyonunda yüzde 1,0 filler tutulması hesaplanarak düzeltilmiş gradasyon baz alınmıştır.

Yol Binder tabakasında kullanılan **HASMAN KUM ÇAKIL OCAĞI** konkasör tesislerin ocağından temin edilen agregalar Diyarbakır Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliği Labaratuarında işyeri karışım formülünde miktarları belirlenmiş agrega ve bitümlü bağlayıcı toplam karışım yüzdeleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Binder tabakası Dizaynı, Elek analizleri sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

(Tablo 5.25), (Tablo 5.26), (Tablo 5.27), (Tablo 5.28) ve (Tablo 5.29)'da Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.25: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deneý Sonuçları¹

DERE MALZEMESİ KUM ÇAKIL/ Asfalt Betonu Binder Tabakası Karışım Dizaynı / (HASMAN KUM ÇAKIL OCAĞI)
TABAKA İSMİ:Binder Tabakası

Bitüm Penetrasyonu	=	: 64	Kaba Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı,Gk-h	2,686	Gef-deneý	: 2,712
Bitüm Özgöl Ağırlığı,Gb		: 1,030	Kaba Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı,Gk-z	2,753	Gef-hesap	: 2,712
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu Pba		: 0,620	İnce Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı,Gi-h	2,630	Karışım. Mıdır	: 1150 gr
Agreganın Etketif Özg. Ağırlığı,Gef		: 2,712	İnce Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı,Gi-z	2,759	Darbe Sayısı	: 75
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı,Gsb		: 2,669	Fillerin Zahiri Özgöl Ağırlığı,Gf-z	2,769	%Va=Agrega Hacim %'si	: 85,6
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı,Gsa		: 2,756			%Vb=Bitüm Hacim %'si	: 9,92
					%Vh=Hava Hacim %'si	: 4,48

No	BİTÜM		VERİLEN	YÜKSEKLİKLER,mm				Havada	Sudaki	Doy.Yüz	Hacim	Hacim	Maks.Te	%	Asf.Dol	Akma	Stabilite	Düzelim.	Düzelim			
	Wa,%	Wb%	BİTÜM	1	2	3	ortlma	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağır	Özgöl A	Boşluk	%					Boşluk	Faktörü	Stabilite
			g					A	C	B	V	Dp	Dt	Vh	V.MA					Vf	mm	kg
1	3,50	3,38		61,7	61,8	61,7	61,7	1189,9	704,6	1196,6	492,0	2,418				3,30	1232	1,047	1290			
2				61,5	61,5	61,5	61,5	1190,2	704,3	1198,9	494,6	2,406				3,60	1256	1,053	1250			
3				61,5	61,5	61,5	61,5	1191,2	701,2	1199,2	498,0	2,392				3,80	1288	1,053	1210			
												2,406	2,570	6,41	12,90	50,4	3,57		1250			
4	4,00	3,85		61,6	61,6	61,7	61,6	1195,6	702,3	1199,6	497,3	2,404				3,20	1322	1,047	1384			
5				62,0	62,0	62,2	62,1	1196,6	707,9	1202,3	494,4	2,420				3,30	1310	1,036	1357			
6				62,2	62,2	62,1	62,2	1198,2	709,6	1205,6	496,0	2,416				3,50	1309	1,033	1352			
												2,413	2,552	5,43	13,04	58,4	3,33		1364			
7	4,50	4,31		62,2	62,2	62,1	62,2	1203,6	708,9	1206,9	498,0	2,417				3,10	1388	1,033	1386			
8				62,4	62,4	62,3	62,4	1209,6	715,6	1213,6	498,0	2,429				3,10	1399	1,028	1399			
9				62,4	62,4	62,4	62,4	1210,2	716,9	1215,9	499,0	2,425				3,20	1425	1,028	1385			
												2,424	2,534	4,35	13,09	66,7	3,13		1390			

¹Tablonun devamı arka sayfadadır.

Tablo 5.26: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

10	5,00	4,76		62,9	63,0	63,0	63,0	1212,6	712,6	1214,6	502,0	2,416					2,90	1320	1,013	1337	
11				62,9	63,1	63,1	63,0	1216,6	712,6	1217,9	505,3	2,408					2,90	1310	1,013	1327	
12				63,5	63,5	63,5	63,5	1218,9	714,2	1220,6	506,4	2,407					3,40	1289	1,000	1289	
												2,410	2,517	4,23	13,99	69,8	3,07				1318
13	5,50	5,21		62,9	63,0	63,0	63,0	1220,2	711,3	1221,6	510,3	2,391					3,60	1289	1,013	1306	
14				62,9	63,1	63,1	63,0	1219,9	714,3	1222,0	507,7	2,403					3,50	1269	1,013	1285	
15				63,5	63,5	63,5	63,5	1216,9	710,2	1217,9	507,7	2,397					3,40	1278	1,000	1278	
												2,397	2,499	4,10	14,86	72,4	3,50				1290
4,40	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Grafikten)											2,424	2,538				3,50	Fill/Bit	Stabilite	1322	
4,40	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Geff_deneyle)											2,424	2,537	4,47	13,0	65,6	3,50			1322	
4,40	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Geff_hesapla)											2,424	2,538	4,48	13,0	65,5	3,50			1322	
BİNDER TABAKASI DİZAYN KRİTERLERİ														(4-6)	min13	(60-75)	(2-4)	1,4		min750	

$$V=B-C$$

$$Dp=A/V \quad Dt=(100+Wa)/(100/Geff+Wa/Gb)$$

$$Vh=(Dt-Dp) \times 100/Dt$$

$$Gsb=100/(\% K/Gk-h+\% \dot{I}/Gi-h+\% F/Gf-z)$$

$$Gsa=100/(\% K/Gk-z+\% \dot{I}/Gi-z+\% F/Gf-z)$$

$$VMA=100-(Dp \times (100-Wa/(1+Wa/100)))/Gsb$$

$$Vf=(VMA-Vh) \times 100/VMA$$

$$Pb=100 \times Gb \times (Gef-Gsb)/(Gef \times Gsb)$$

Kaba %'si= 55,2
İnce %'si= 38,9
Filler %'si= 5,9

1 ½"	100,0
1"	100,0
¾"	87,2
½"	67,9
3/8"	58,1
No.4	44,8
No.10	29,6
No.40	15,7
No.80	8,9
No.200	5,9

Tablo 5.27: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

B1	A1	V	Va	Vb	Vh	%Va	%Vb	%Vh
3,38	96,6	41,3	35,6	3,3	2,4	86,15	7,94	5,91
0,00	100,0	41,6	36,9	0,0	2,6	88,72	0,00	6,38
0,00	100,0	41,8	36,9	0,0	2,9	88,19	0,00	6,94
1,13	98,9	41,6	36,5	1,1	2,7	87,70	2,63	6,41
3,85	96,2	41,6	35,5	3,7	2,4	85,23	8,98	5,79
0,00	100,0	41,3	36,9	0,0	2,1	89,24	0,00	5,16
0,00	100,0	41,4	36,9	0,0	2,2	89,07	0,00	5,34
1,28	98,7	41,4	36,4	1,2	2,2	87,84	3,00	5,43
4,31	95,7	41,4	35,3	4,2	1,9	85,27	10,10	4,62
0,00	100,0	41,2	36,9	0,0	1,7	89,55	0,00	4,15
0,00	100,0	41,2	36,9	0,0	1,8	89,42	0,00	4,29
1,44	98,6	41,3	36,3	1,4	1,8	88,08	3,38	4,35
4,76	95,2	41,4	35,1	4,6	1,7	84,82	11,17	4,01
0,00	100,0	41,5	36,9	0,0	1,8	88,77	0,00	4,32
0,00	100,0	41,5	36,9	0,0	1,8	88,75	0,00	4,35
1,59	98,4	41,5	36,3	1,5	1,8	87,45	3,71	4,23
5,21	94,8	41,8	34,9	5,1	1,8	83,57	12,10	4,33
0,00	100,0	41,6	36,9	0,0	1,6	88,59	0,00	3,87
0,00	100,0	41,7	36,9	0,0	1,7	88,37	0,00	4,10
1,74	98,3	41,7	36,2	1,7	1,7	86,84	4,04	4,10

4,21	95,8	41,3	35,3	4,1	1,8	85,61	9,92	4,47
4,21	95,8	41,3	35,3	4,1	1,8	85,61	9,92	4,48

B1=Bitüm %'si (Bitüm+Agrega'ya göre)
 A1=Agrega %'si (Bitüm+Agrega'ya göre)
 V=Toplam Karışım Hacmi
 Va=Agrega Hacim %'si
 Vb=Bitüm %'si
 Vh=Hava Boşluğu %'si
 %Va=Agrega Hacim %'si
 %Vb=Bitüm Hacim %'si
 %Vh=Hava Hacim %'si

V=B-C
 $D_p = A/V$ $D_t = (100+W_a)/(100/G_{eff} + W_a/G_b)$
 $V_h = (D_t - D_p) \times 100/D_t$
 $G_{sb} = 100 / (\%K/G_{k-h} + \%I/G_{i-h} + \%F/G_{f-z})$
 $G_{sa} = 100 / (\%K/G_{k-z} + \%I/G_{i-z} + \%F/G_{f-z})$
 $VMA = 100 - (D_p \times (100 - W_a / (1 + W_a / 100))) / G_{sb}$
 $VF = (VMA - V_h) \times 100 / VMA$
 $P_b = 100 \times G_b \times (G_{ef} - G_{sb}) / (G_{ef} \times G_{sb})$

Tablo 5.28: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

Gradasyon Eğrisi/ DIYARBAKIR Asfalt Beton Binder Tabakası Karışım Dizaynı /
(HASMAN KUM ÇAKIL OCAĞI)

K.T.Ş AŞINMA 1997	K.T.Ş BİNDER 1997	K.T.Ş BİT. TEM. Tip-A	K.T.Ş BİT. TEM. Tip-B	SMA 12.5/0	ELEK AÇIKLIĞI		21 19,1-25,4 % geçen	17 19,1- 9,5 % geçen	18 9,5-4,75 % geçen	44 4,75- 0 % geçen	tutul. filler% = 1		K.T.Ş BİT. TEM. Tip-A
					mm	inch					100	DÜZLT	
											KARŞ GRAD	DZYN GRAD	
100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100	100,0	100 100
100 100	100 100	72 100	80 100	100 100	25,4	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 100
100 100	80 100	60 90	70 90	100 100	19,1	3/4"	39,7	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	80 100
83 100	58 80	50 78	61 81	90 100	12,5	1/2"	0,7	35,6	100,0	100,0	0,0	0,0	58 80
70 90	48 70	43 70	55 75	50 75	9,50	3/8"	0,5	0,6	79,3	100,0	0,0	0,0	48 70
40 55	30 52	30 55	42 62	25 40	4,75	No.4	0,0	0,1	7,5	100,0	0,0	0,0	30 52
25 38	20 40	18 42	30 47	20 30	2,00	No.10	0,0	0,0	0,6	68,6	0,0	0,0	20 40
10 20	8 22	6 21	15 26	12 22	0,425	No.40	0,0	0,0	0,0	37,6	0,0	0,0	8 22
6 15	5 14	2 13	7 17	9 17	0,180	No.80	0,0	0,0	0,0	22,3	0,0	0,0	5 14
4 10	2 8	0 7	1 8	8 14	0,075	No.200	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	0,0	2 7

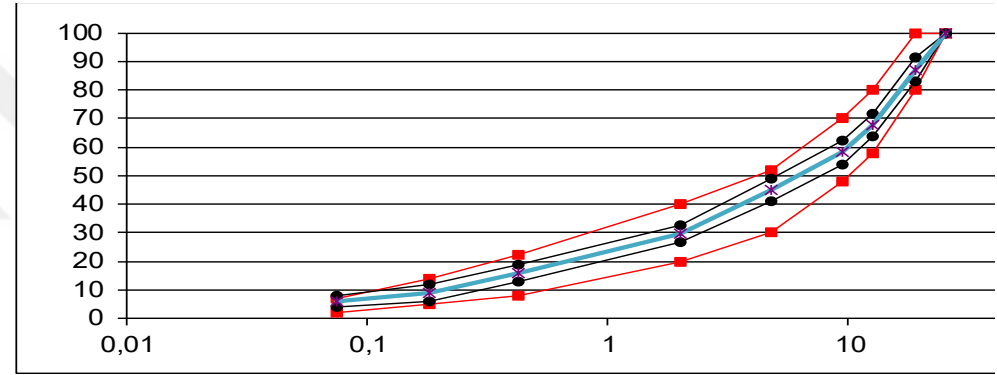
ELEK AÇIKLIĞI		DZYN GRAD	TOLERANS LİMİTLERİ	ŞARTNAME LİMİTLERİ	
mm	inch				
37,5	1 1/2"	100	100 100	100	100
25,4	1"	100,0	100,0 100,0	100	100
19,1	3/4"	0,0	-4,0 4,0	80	100
12,5	1/2"	0,0	-4,0 4,0	58	80
9,5	3/8"	0,0	-4,0 4,0	48	70
4,75	No.4	0,0	-4,0 4,0	30	52
2,00	No.10	0,0	-3,0 3,0	20	40
0,425	No.40	0,0	-3,0 3,0	8	22
0,180	No.80	0,0	-3,0 3,0	5	14
0,075	No.200	0,0	-2,0 2,0	2	7

———— Dizayn Gradasyonu
———— Şartname Limitleri
----- Tolerans Limitleri

Opt. Bitümün Tesbiti %Bitüm	Optimumdaki Sonuçlar	KTŞ BİNDER
Hacimsel Öz. Ağırlık	4,5	2,424
Hava Boşluğu	4,1	4 ~ 6
Bitümle Dolu Boşluk	4,6	60 ~ 75
Stabilite	4,4	Min 750Kg
VMA		13
Akma		3,5
Optimum Bitüm (Wa)	4,4	3,5-6,5

Tablo 5.29: Hasman Kum Çakıl Ocağı Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

KABA AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Havadaki ağırlık :	949,0	949,0	
D.Y.K havada ağırlık :	961,4	961,4	
D.Y.K suda ağırlık :	615,0	615,0	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,740	2,740	2,740
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,841	2,841	2,841
Su Absorpsiyonu,% :	1,31	1,31	1,3
İNCE AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Piknometre+su ağırlığı :	1196,5	1196,5	
Piknom.+DYK ağırlık :	340,3	340,3	
Piknom.+num.+su ağırlığı :	1413,1	1413,1	
Kuru numune ağırlığı :	334,0	334,0	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,700	2,700	2,700
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,845	2,845	2,845
Su Absorpsiyonu,% :	1,89	1,89	1,89
FİLLER ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Piknometre ağırlığı	120,8	120,8	
Piknometre+su ağırlığı	618,0	618,0	
Piknom.+kuru ağırlık	221,0	221,0	
Piknom.+num.+su ağırlığı	683,7	683,7	
Zahiri Özgül Ağırlık	2,904	2,904	2,904
EFFEKTİF ÖZGÜL AĞIRLIK			
Piknometre ağırlığı			
Piknometre+su ağırlığı	365,0	365,0	
Piknom.+su+num. Ağ.	975,0	975,0	
Piknom.+num. Ağ.	1022,0	1022,0	
Dt	2,481	2,481	
% Bitüm	4,40	4,40	
Gbit	1,030	1,030	
Geff	2,644	2,644	2,644



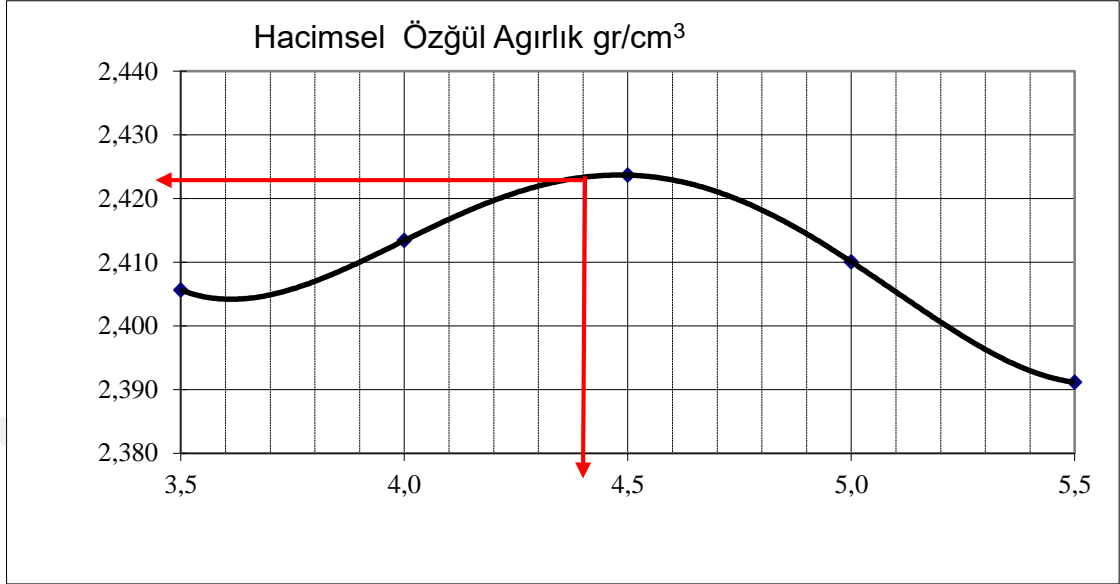
İNCE AGREGA DÜZELTMESİ

GEREKEN				MEVCUT				FARK
Elek	% Geç	% Kalan	kg	Elek	% Geç	% Kalan	kg	
No.10	100,0	0,0	0,000	No.10	100,0	0,0	0,000	0,000
No.40	44,9	55,1	169,0	No.40	47,8	52,2	166,7	2,3
No.80	29,6	15,3	46,9	No.80	33,5	14,3	45,7	1,3
No.200	18,7	10,9	33,4	No.200	23,4	10,1	32,3	1,2
No.∞	0,0	18,7	57,4	No.∞	0,0	23,4	74,7	-17,4
TOPLAM	100,0	306,7	306,7	TOPLAM	100,0	319,4	319,4	-12,7

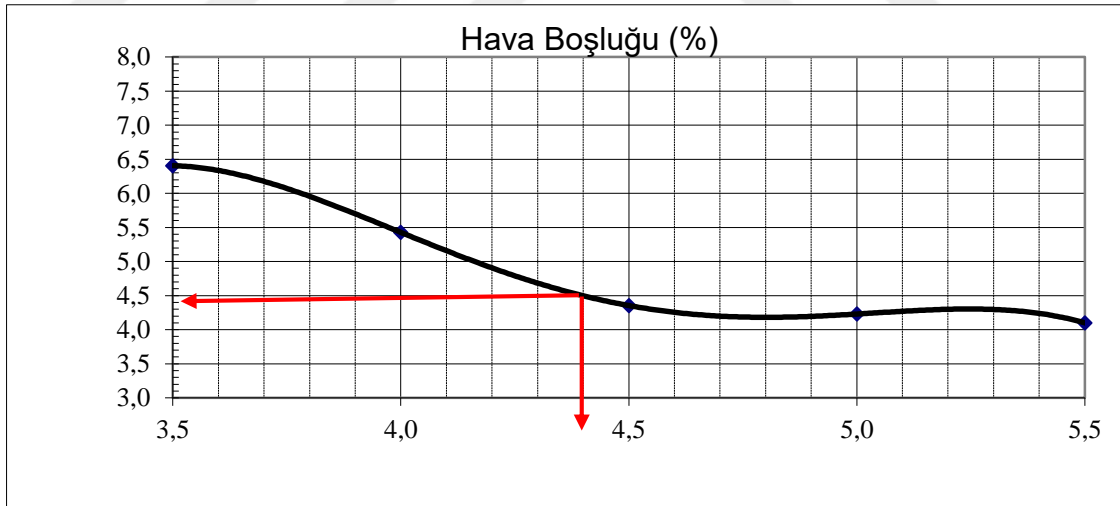
ELEK AÇIKLIĞI		DİZAYN	KALAN	BRİKET		G _k			
mm	inch	GRADS	%	1150	2500				
37,5	1 1/2"	100,0	0,0			100	0	0	
25,4	1"	100,0	0,0	(1 1/2"-1") arası	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
19,1	3/4"	87,2	12,8	(1"-3/4") arası	147,1	713,5	87,3	12,7	12,8
12,7	1/2"	67,9	19,3	(3/4"-1/2") arası	222,3	875,8	68,2	19,1	19,3
9,52	3/8"	58,1	9,8	(1/2"-3/8") arası	112,9	444,7	58,5	9,7	9,8
4,76	No.4	44,8	13,2	(3/8"-#4) arası	152,3	600,1	45,4	13,1	13,2
2,00	No.10	29,6	15,2	(#4-#10) arası	175,1		30,3	15,1	15,2
0,42	No.40	15,7	13,9	#10'dan geçen	340,3		16,5	13,7	13,9
0,177	No.80	8,9	6,8				9,8	6,7	6,8
0,075	No.200	5,9	3,0	TOPLAM	1150,0	2634,1	6,9	2,9	3,0
0,000	No.∞	0,0	5,9					5,9	5,9
		TOPLAM	100,0					99,0	

Marshall Deney Grafikleri

Şekil 5.19: Bitüm-Hacimsel Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp)

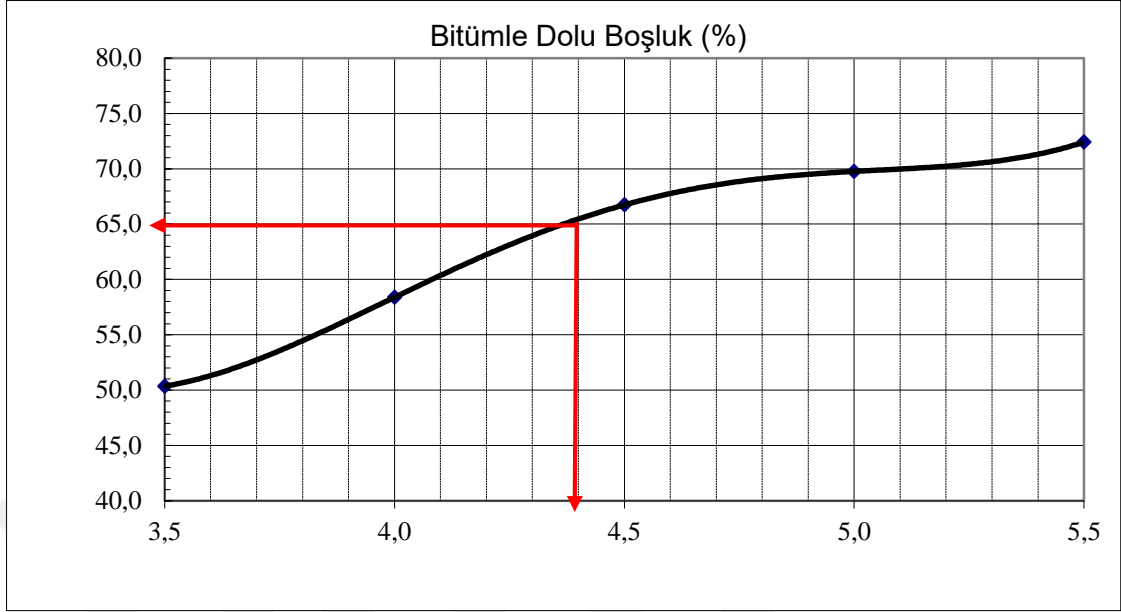


Şekil 5.20: Bitüm-Hava Boşluğu İlişkisi (Vh)

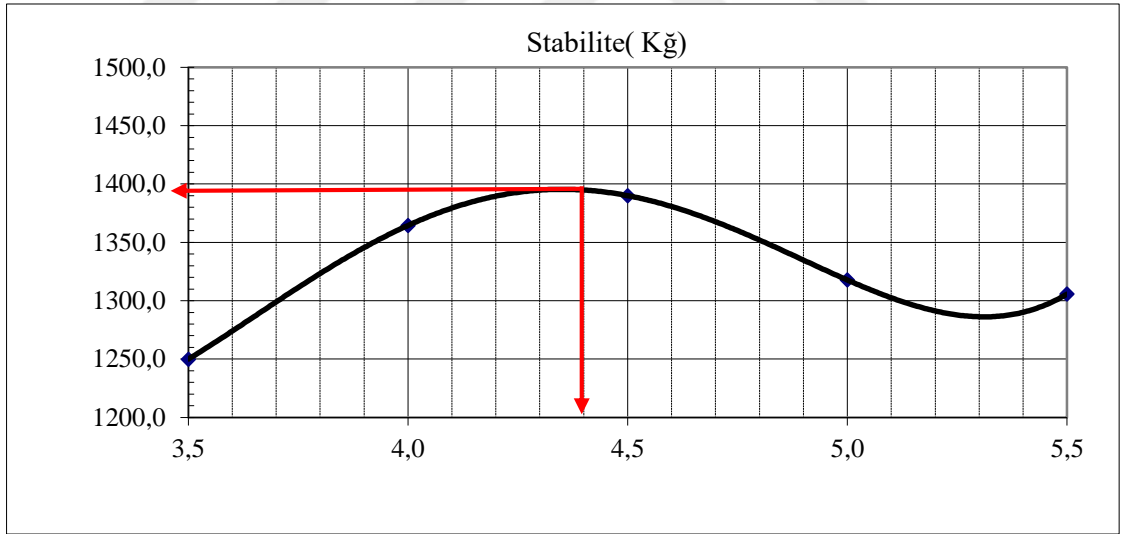


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,406	6,41	12,90	50,4	3,57	1250
4,00	2,413	5,43	13,04	58,4	3,33	1364
4,50	2,424	4,35	13,09	66,7	3,13	1390
5,00	2,410	4,23	13,99	69,8	3,07	1318
5,50	2,391	4,10	14,86	72,4	3,60	1306

Şekil 5.21: Bitüm-Dolu Boşluk İlişkisi (ADB)

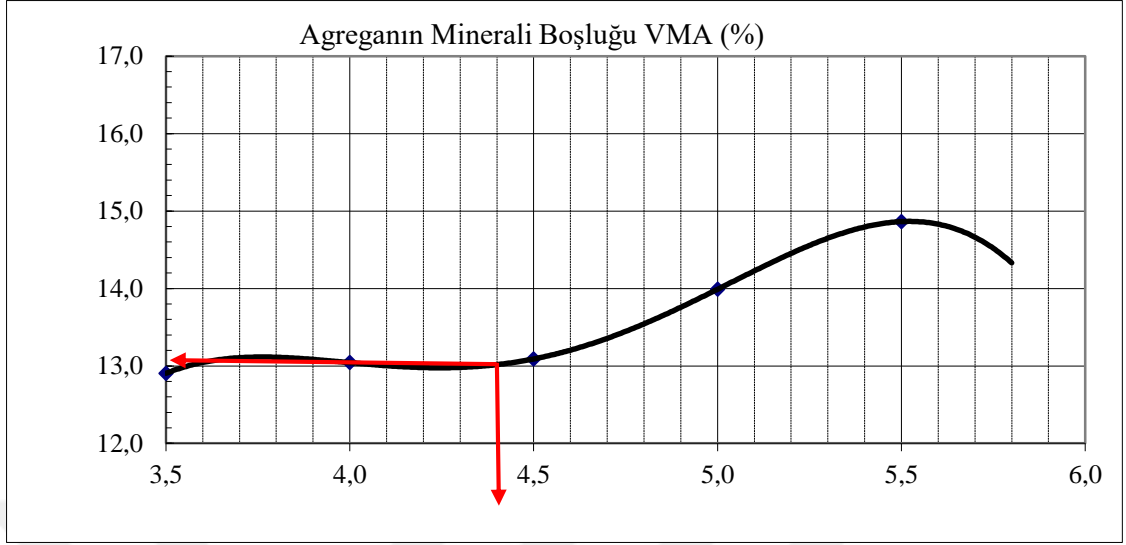


Şekil 5.22: Bitüm-Stabilite İlişkisi

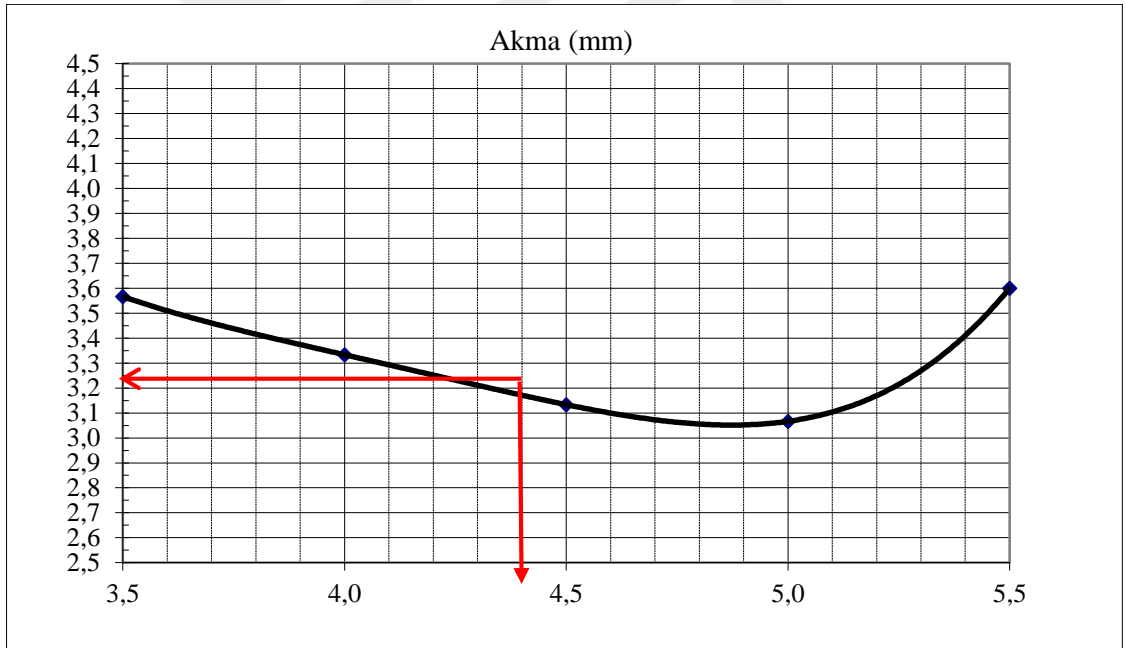


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,406	6,41	12,90	50,4	3,57	1250
4,00	2,413	5,43	13,04	58,4	3,33	1364
4,50	2,424	4,35	13,09	66,7	3,13	1390
5,00	2,410	4,23	13,99	69,8	3,07	1318
5,50	2,391	4,10	14,86	72,4	3,60	1306

Şekil 5.23: Bitüm-Agrega Minerali Boşluğu İlişkisi (VMA)



Şekil 5.24: Bitüm-Akma İlişkisi



Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,406	6,41	12,90	50,4	3,57	1250
4,00	2,413	5,43	13,04	58,4	3,33	1364
4,50	2,424	4,35	13,09	66,7	3,13	1390
5,00	2,410	4,23	13,99	69,8	3,07	1318
5,50	2,391	4,10	14,86	72,4	3,60	1306

5.2.1.3 Agrega Deney Sonuçları

Bitümlü Temel Tabakası dizaynı için Hasman Kum çakıl ocağından üretilen (19,1-25,4mm), (12,7 -19,1 mm), (4,76-12,7mm), (0-4,76mm) dane boyutu grubu agregalar ve 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Karışım gradasyonunun hazırlanmasında, aşağıdaki tabloda verilen elek analizi sonuçları esas alınmıştır. Tabloda agregaların kullanım oranları ile Dizayn gradasyonunda %1,0 filler tutulması hesaplanarak düzeltilmiş gradasyon baz alınmıştır.

Tablo 5.30: Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri

		21	17	18	44	Düzeltilmiş	K.T.Ş BİNDER			
ELEK AÇIKLIĞI		(19,1-25,4) mm	(12,7-19,1) mm	(4,76-12,7) mm	(0-4,76) mm	Dizayn Grad.				
Mm	inch	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen	% 1,0 Filler	Şartname		Tolerans	
37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25,4	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19,1	3/4"	39,7	100	100	100	87,2	80	100	83,2	91,2
12,7	1/2"	0,7	35,6	100	100	67,9	58	80	63,9	71,9
9,52	3/8"	0,5	0,6	79,3	100	58,1	48	70	54,1	62,1
4,75	No.4	0	0,1	7,5	100	44,8	30	52	40,8	48,8
2,00	No.10	0	0	0,6	68,6	29,6	20	40	26,6	32,6
0,42	No.40	0	0	0	37,7	15,7	8	22	12,7	18,7
0,177	No.80	0	0	0	22,3	8,9	5	14	5,9	11,9
0,075	No.200	0	0	0	15,5	5,9	2	8	3,9	7,0

Tablo 5.31: Agrega Deney Sonuçları

Ocak Adı		HASMAN		
Kayanın Cinsi		DERE KIRMA MALZEMESİ		
	Kaba Agrega	İnce Agrega	Filler	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,740	2,700		TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,841	2,845	2,904	
Absorpsiyonu %	1,31	1.89		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,712	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,712	
Cilalanma Değeri				
Ma ₂ SO ₄ Donma Kaybı, %			0,98	ASTM C-88
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			18.7	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			13.4	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			30-35	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			64	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			49	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

5.2.1.4 Karışıma Ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde 4,40 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir. Marshall Briketleri 140 – 145°C’ de sıkıştırılmıştır.

Tablo 5.32: Karışıma ait Deney Sonuçları

Karışımındaki Toplam Bitüm Optimum Bitüm%	4,40	
şımındaki Eklenecek Yeni Bitüm (85 gr kuru agrega+15,46 gr kazıma malzemesi)	4.21	
Karışımındaki Toplam Bitüm	Dizayn	Şartname
Pratik Özgül Ağırlık	2,424	
Stabilite, kg	1390	Min:750 Kğ
Boşluk, %	4,47	4- 6
Asfaltla Dolu Boşluk, %	65,6	60-75
V.M.A, %	13.0	Min. 13
Akma, mm	3,50	2- 4

5.2.2 Bazalt Taşı Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Diyarbakir Geyiktepe Taş Ocağı Konkasör Tesisleri)

5.2.2.1 Giriş

Bazalt taşocağında üretilen konkasör tesislerinde üretilmiş 4 tip agrega gönderilerek A.Tipi Bitümlü Temel Tabakası Karışım Dizaynının yapılmıştır.

5.2.2.2 Yapılan Çalışmalar (Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri)-Dizayn Deney Sonuçları

Bazalt Taşocağından üretilen (19,1 mm-37,5mm), (9,52-19,1 mm), (4,76-9,52 mm) ve (0-4,76mm) dane boyutu grubu agregalar ve 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Karışım gradasyonunun hazırlanmasında, aşağıdaki tabloda verilen elek analizi sonuçları esas alınmıştır. Tabloda agregaların kullanım oranları ile dizayn gradasyonu ve tolerans limitleri verilmektedir.

(Tablo 5.33), (Tablo 5.34), (Tablo 5.35), (Tablo 5.36) ve (Tablo 5.37)'da Diyarbakir GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.33: Diyarbakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları¹

GEYİK TEPE BAZALT TAŞ OCAĞI -BİNDER DİZAYNI

Bitüm Penetrasyonu	=	: 65	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,Gk-h	2,769	Gef-deney	: 2,879
Bitüm Özgül Ağırlığı,Gb		: 1,030	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,Gk-z	2,924	Gef-hesap	: 2,878
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu Pba		: 0,97	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,Gi-h	2,837	Karışım. Micir	: 1150 gr
Agreganın Etketif Özg. Ağırlığı,Gef		: 2,878	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,Gi-z	3,008	Darbe Sayısı	: 75
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı,Gsb		: 2,802	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı,Gf-z	2,914	%Va=Agrega Hacim %si	: 82,66
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı,Gsa		: 2,955			%Vb=Bitüm Hacim %si	: 12,13
					%Vh=Hava Hacim %si	: 5,21

No	BİTÜM		Sıcaklık °C	YÜKSEKLİKLER,mm				Havada	Sudaki	Doy.Yüz	Hacim	Hacim	Maks.Te	%	%	Asf.Dol	Akma	Stabilite	Düzlüm.	Düzeltilm
	Wa,%	g		1	2	3	ortlm	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağırlık	Özgül Ağırlık	Boşluk	%	V.M.A				
1	3,50	40,3	154	62,0	62,0	62,0	62,0	1171,5	693,5	1182,4	488,9	2,396					2,11	724	1,039	752
2	3,50	40,3		61,9	61,9	61,8	61,9	1173,2	692,4	1183,0	490,6	2,391					2,12	711	1,043	741
3	3,50	40,3		62,1	62,2	62,2	62,2	1171,0	694,1	1184,1	490,0	2,390					2,10	721	1,034	746
											2,392	2,713	11,83	17,50	32,4	2,11				746
4	4,00	46,0	155	61,8	61,9	62,0	61,9	1175,2	700,1	1186,4	486,3	2,417					2,45	891	1,042	928
5	4,00	46,0		62,0	62,0	62,0	62,0	1176,8	700,2	1187,0	486,8	2,417					2,48	888	1,039	923
6	4,00	46,0		62,5	62,5	62,4	62,5	1176,2	699,8	1186,7	486,9	2,416					2,48	883	1,026	906
											2,417	2,692	10,24	17,07	40,0	2,47				919
7	4,50	51,8	154	61,4	61,4	61,4	61,4	1173,2	705,8	1181,4	475,6	2,467					2,73	938	1,056	991
8	4,50	51,8		62,0	62,0	61,9	62,0	1178,1	707,1	1187,0	479,9	2,455					2,70	969	1,040	1008
9	4,50	51,8		62,3	62,3	62,2	62,3	1176,9	706,8	1184,7	477,9	2,463					2,70	974	1,031	1005
											2,461	2,672	7,87	15,94	50,6	2,71				1001
10	5,00	57,5	156	61,8	61,9	61,7	61,8	1201,5	725,1	1205,9	480,8	2,499					2,95	1003	1,045	1048
11	5,00	57,5		61,2	61,3	61,3	61,3	1202,0	726,1	1207,0	480,9	2,499					2,96	1010	1,060	1071
12	5,00	57,5		61,5	61,5	61,5	61,5	1204,2	727,0	1209,2	482,2	2,497					2,90	999	1,053	1052
											2,499	2,651	5,77	15,07	61,7	2,94				1057

¹Tablonun devamı arka sayfadadır.

Tablo 5.34: Diyarbakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

Sonuçları

13	5,50	63,3	155	60,5	60,4	60,3	60,4	1195,6	724,3	1198,4	474,1	2,522					3,05	917	1,087	997	
14	5,50	63,3		60,0	60,0	59,9	60,0	1196,3	724,8	1200,0	475,2	2,517					3,04	907	1,100	998	
15	5,50	63,3		59,4	59,4	59,5	59,4	1192,9	722,0	1197,0	475,0	2,511					3,02	900	1,117	1006	
												2,517	2,632	4,37	14,86	70,6	3,04				1000
16	6,00	69,0	155	60,5	60,4	60,4	60,4	1204,2	727,0	1206,4	479,4	2,512					2,84	876	1,086	951	
17	6,00	69,0		60,8	60,7	60,9	60,8	1201,4	725,1	1204,1	479,0	2,508	iptal				2,78	881	1,074	947	
18	6,00	69,0		61,0	61,0	61,0	61,0	1205,1	727,8	1208,2	480,4	2,509					2,84	890	1,068	951	
												2,510	2,613	3,92	15,48	74,7	2,84				951
19	6,50	74,8	155	60,2	60,2	60,2	60,2	1211,0	727,3	1212,8	485,5	2,494					2,63	863	1,093	943	
20	6,50	74,8		60,5	60,6	60,5	60,5	1210,5	727,1	1213,0	485,9	2,491					2,61	857	1,083	928	
21	6,50	74,8		60,2	60,2	60,2	60,2	1211,3	727,0	1213,1	486,1	2,492					2,65	866	1,093	947	
												2,492	2,594	3,91	16,48	76,3	2,63				939
5,25	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Grafikten)											2,504	2,642	5,20	15,1	65,5	2,95	Fill/Bit	Stb/akm	1040	
5,25	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Gef _f deneyle)											2,504	2,642	5,24	15,1	65,3	2,95			1040	
5,25	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Gef _f hesapla)											2,504	2,642	5,21	15,1	65,5	2,95	1,00	353	1040	
BİNDER DİZAYN KRİTERLERİ														(4-6)	min13	(60-75)	(2-4)	max1.4		min750	
AŞINMA DİZAYN KRİTERLERİ														(3-5)	min14	(65-75)	(2-4)	max1.5		min900	
BİNDER DİZAYN KRİTERLERİ														(4-6)	min13	(60-75)	(2-4)	max1.4		min750	
BİTÜMLÜ TEMEL DİZAYN KRİTERLERİ														(4-7)	min12	(45-65)	(2-5)	-		min600	
SMA DİZAYN KRİTERLERİ														(2-4)	min16	-	(2-4)	-		min750	

V=B-C

$$D_p = A/V \quad D_t = (100 + W_a) / (100 / G_{ef} + W_a / G_b)$$

$$V_h = (D_t - D_p) \times 100 / D_t$$

$$G_{sb} = 100 / (\%K / G_k - h + \%I / G_i - h + \%F / G_f - z)$$

$$G_{sa} = 100 / (\%K / G_k - z + \%I / G_i - z + \%F / G_f - z)$$

$$VMA = 100 - (D_p \times (100 - W_a / (1 + W_a / 100))) / G_{sb}$$

$$V_f = (VMA - V_h) \times 100 / VMA$$

$$P_b = 100 \times G_b \times (G_{ef} - G_{sb}) / (G_{ef} \times G_{sb})$$

Kaba %'si= 56,5

İnce %'si= 38,2

Filler %'si= 5,2

1/2" 100,0

1" 100,0

3/4" 86,2

1/2" 71,8

3/8" 62,2

No.4 43,5

No.10 28,2

No.40 13,9

No.80 9,2

No.200 5,2

Tablo 5.35: Diyarbakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

B1	A1	V	Va	Vb	Vh	%Va	%Vb	%Vh		
3,4	96,6	41,7	33,6	3,3	0,0	80,44	7,87	0,00		
3,4	96,6	41,8	33,6	3,3	0,0	80,28	7,85	0,00		
3,4	96,6	41,8	33,6	3,3	0,0	80,23	7,85	0,00		
3,4	96,6	41,8	33,6	3,3	4,9	80,32	7,85	11,83		
3,8	96,2	41,4	33,4	3,7	0,0	80,74	9,02	0,00		
3,8	96,2	41,4	33,4	3,7	0,0	80,77	9,03	0,00		
3,8	96,2	41,4	33,4	3,7	0,0	80,71	9,02	0,00		
3,8	96,2	41,4	33,4	3,7	4,2	80,74	9,02	10,24		
4,3	95,7	40,5	33,3	4,2	0,0	82,02	10,31	0,00		
4,3	95,7	40,7	33,3	4,2	0,0	81,63	10,26	0,00		
4,3	95,7	40,6	33,3	4,2	0,0	81,88	10,30	0,00		
4,3	95,7	40,6	33,3	4,2	3,2	81,84	10,29	7,87		
4,8	95,2	40,0	33,1	4,6	0,0	82,69	11,55	0,00		
4,8	95,2	40,0	33,1	4,6	0,0	82,71	11,56	0,00		
4,8	95,2	40,0	33,1	4,6	0,0	82,64	11,55	0,00		
4,8	95,2	40,0	33,1	4,6	2,3	82,68	11,55	5,77		
5,2	94,8	39,7	32,9	5,1	0,0	83,06	12,76	0,00		
5,2	94,8	39,7	32,9	5,1	0,0	82,91	12,74	0,00		
5,2	94,8	39,8	32,9	5,1	0,0	82,71	12,71	0,00		
5,2	94,8	39,7	32,9	5,1	1,7	82,89	12,74	4,37		
5,7	94,3	39,8	32,8	5,5	0,0	82,34	13,80	0,00		
5,7	94,3	39,9	32,8	5,5	0,0	82,22	13,78	0,00		
5,7	94,3	39,9	32,8	5,5	0,0	82,23	13,79	0,00		
5,7	94,3	39,8	32,8	5,5	1,6	82,28	13,79	3,92		
6,1	93,9	40,1	32,6	5,9	0,0	81,38	14,78	0,00		
6,1	93,9	40,1	32,6	5,9	0,0	81,28	14,76	0,00		
6,1	93,9	40,1	32,6	5,9	0,0	81,30	14,77	0,00		
6,1	93,9	40,1	32,6	5,9	1,6	81,32	14,77	3,91		
Opt. Bitüm 5,25	Deney	5,0	95,0	39,9	33,0	4,8	2,1	82,66	12,13	5,24
	Hesap	5,0	95,0	39,9	33,0	4,8	2,1	82,66	12,13	5,21

B1=Bitüm %'si (Bitüm+Agrega'ya göre)
A1=Agrega %'si (Bitüm+Agrega'ya göre)
V=Toplam Karşım Hacmi
Va=Agrega Hacim %'si
Vb=Bitüm %'si
Vh=Hava Boşluğu %'si
%Va=Agrega Hacim %'si
%Vb=Bitüm Hacim %'si
%Vh=Hava Hacim %'si

V=B-C
 $D_p = A/V$ $D_t = (100 + W_a) / (100 / G_{eff} + W_a / G_b)$
 $V_h = (D_t - D_p) \times 100 / D_t$
 $G_s b = 100 / (\%K / G_k - h + \%L / G_i - h + \%F / G_f - z)$
 $G_s a = 100 / (\%K / G_k - z + \%L / G_i - z + \%F / G_f - z)$
 $VMA = 100 - (D_p \times (100 - W_a / (1 + W_a / 100)) / G_s b)$
 $VF = (VMA - V_h) \times 100 / VMA$
 $P_b = 100 \times G_b \times (G_{ef} - G_s b) / (G_{ef} \times G_s b)$

Şartname	SMA									16,0
	AŞINMA									

Tablo 5.36: Diyarbakır GeyükTepe Taş Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

					Gradasyon Eğrisi/ DİYARBAKIR GEYİKTEPE BAZALT T.O BİNDER DİZAYNI									
					tutul. filler%= 3									
Y.F.Ş AŞINMA 1997	Y.F.Ş BİNDER 1997	Y.F.Ş BİT. TEM. Tip-A	Y.F.Ş BİT. TEM. Tip-B	SMA 12.5/0	ELEK AÇIKLIĞI		18	18	20	44	ideal	100	DÜZLT	Y.F.Ş BİNDER 1997
					mm	inch	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen	KARŞ	DZYN	
100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100,0	100 100
100 100	100 100	72 100	80 100	100 100	25,4	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 100
100 100	80 100	60 90	70 90	100 100	19,1	3/4"	25,9	100,0	100,0	100,0	90,0	86,7	86,2	80 100
83 100	58 80	50 78	61 81	90 100	12,7	1/2"	0,6	47,4	100,0	100,0	69,0	72,6	71,8	58 80
70 90	48 70	43 70	55 75	50 75	9,52	3/8"	0,5	10,2	87,2	100,0	59,0	63,4	62,2	48 70
40 55	30 52	30 55	42 62	25 40	4,76	No.4	0,0	3,6	7,9	97,6	41,0	45,2	43,5	30 52
25 38	20 40	18 42	30 47	20 30	2,00	No.10	0,0	2,2	3,8	66,3	30,0	30,3	28,2	20 40
10 20	8 22	6 21	15 26	12 22	0,42	No.40	0,0	1,8	2,7	35,5	15,0	16,5	13,9	8 22
6 15	5 14	2 13	7 17	9 17	0,177	No.80	0,0	0,0	2,4	26,1	9,5	12,0	9,2	5 14
4 10	2 8	0 7	1 8	8 14	0,075	No.200	0,0	0,0	1,3	17,8	5,0	8,1	5,2	2 8

Gradasyon Eğrisi/ DİYARBAKIR GEYİKTEPE BAZALT T.O BİNDER DİZAYNI

ELEK AÇIKLIĞI		DZYN GRAD	TOLERANS LİMLTLERİ	ŞARTNAME LİMLTLERİ
mm	inch			
37,5	1 1/2"	100	100	100
25,4	1"	100	100;100	100;100
19,1	3/4"	86	86;86	80;100
12,7	1/2"	71,8	66,8;76,8	58;80
9,5	3/8"	62,2	57,2;67,2	48;70
4,8	No.4	43,5	38,5;48,5	30;52
2,0	No.10	28,2	24,2;32,2	20;40
0,4	No.40	13,9	9,9;17,9	8;22
0,177	No.80	9,2	5,2;13,2	5;14
0,075	No.200	5,2	3,2;7,2	2;8

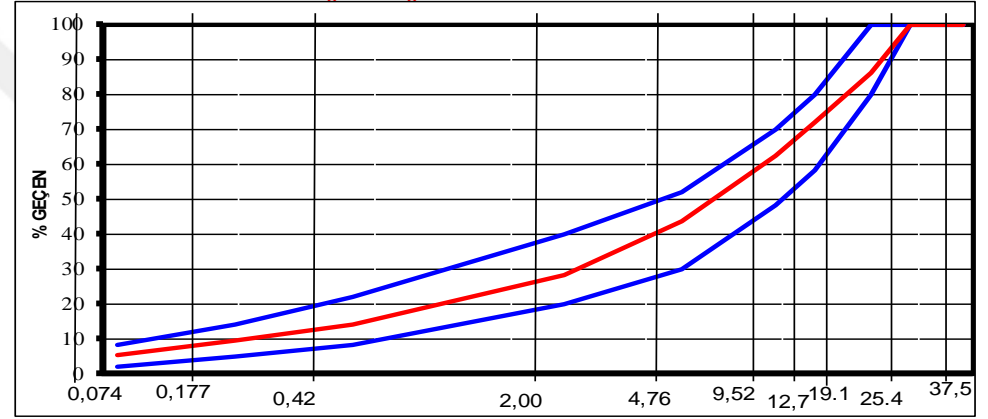
- Dizayn Gradasyonu
- Şartname Limitleri
- - - - - Tolerans Limitleri

Tablo 5.37: Diyarbakır GeyikTepe Taş Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

KABA AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Havadaki ağırlık :	3141,2	3141,2	
D.Y.K havada ağırlık :	3201,4	3201,4	
D.Y.K suda ağırlık :	2066,8	2066,8	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,769	2,769	2,769
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,924	2,924	2,924
Su Absorpsiyonu,% :	1,92	1,92	1,92
İNCE AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Piknometre ağırlığı :	122,3	117,8	
Piknometre+su ağırlığı :	422,6	422,3	
Piknom.+DYK ağırlık :	224,3	219,8	
Piknom.+num.+su ağırlık :	489,4	489,0	
Kuru numune ağırlığı :	100,0	100,0	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,841	2,833	2,837
Zahiri Özgül Ağırlık :	3,012	3,003	3,008
Su Absorpsiyonu,% :	2,00	2,00	2,00

FİLLER ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Piknometre ağırlığı	122,630	125,250	
Piknometre+su ağırlığı	420,680	427,720	
Piknom.+kuru ağırlık	182,630	185,250	
Piknom.+num.+su ağırlık	460,120	467,100	
Zahiri Özgül Ağırlık	2,918	2,910	2,914

EFFEKTİF ÖZGÜL AĞIRLIK			
Piknometre ağırlığı	962,3		
Piknometre+su ağırlığı	3415,2		
Piknometre+su+num. ağırlığı	4157,5		
Piknometre+num. ağırlığı	2156,7		
Dt	2,642	2,642	
% Bitüm	5,25	5,25	
Gbit	1,030	1,030	
Geff	2,879	2,879	2,879



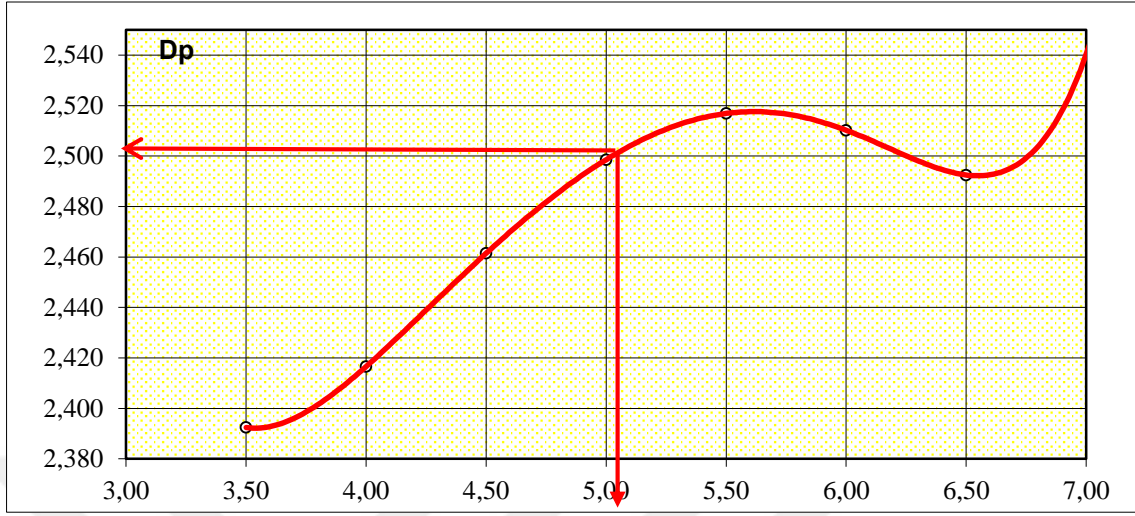
İNCE AGREGA DÜZELTMESİ

GEREKEN				MEVCUT				FARK
Elek	% Geç	% Kalan	kg	Elek	% Geç	% Kalan	kg	kg
No.10	100,0	0,0	0,000	No.10	100,0	0,0	0,000	0,000
No.40	49,3	50,7	0,000	No.40		100,0	0,000	0,000
No.80	32,8	16,5	0,000	No.80		0,0	0,000	0,000
No.200	18,6	14,2	0,000	No.200		0,0	0,000	0,000
No.∞	0,0	18,6	0,000	No.∞		0,0	0,000	0,000
TOPLAM		100,0	0,000	TOPLAM		100,0	0,000	0,000

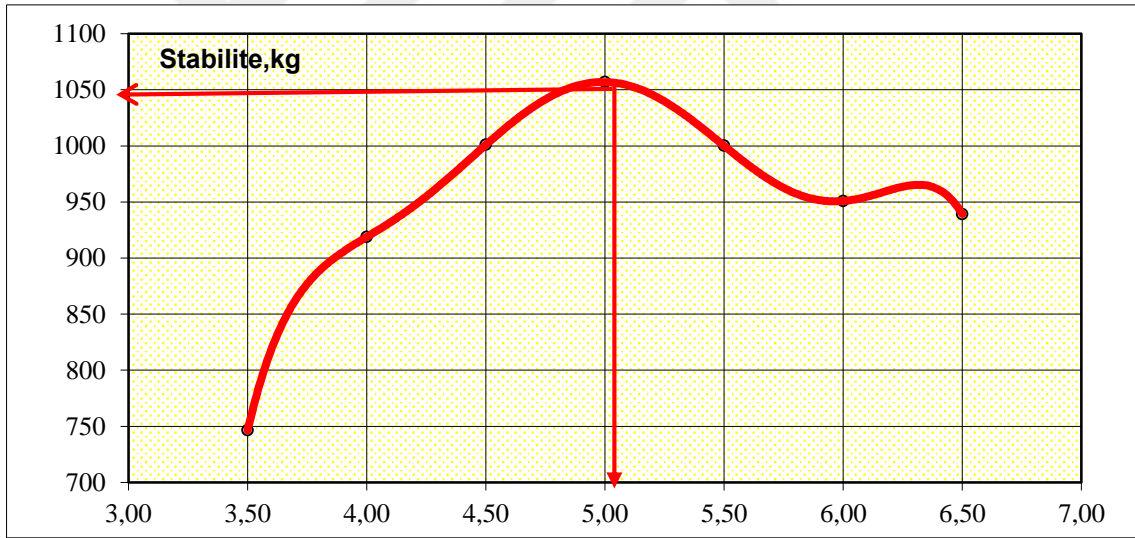
ELEK AÇIKLIĞI		DIZAYN	KALAN	BRIKET		
mm	inch	GRADS	%	1150	Gk	
37,5	1 1/2"	100,0	0,0			
25,4	1"	100,0	0,0	(1 1/2"-1") arası	0,0	
19,1	3/4"	86,2	13,8	(1"-3/4") arası	158,1	
12,7	1/2"	71,8	14,5	(3/4"-1/2") arası	166,2	
9,52	3/8"	62,2	9,6	(1/2"-3/8") arası	109,9	
4,76	No.4	43,5	18,8	(3/8"-#4) arası	215,7	
2,00	No.10	28,2	15,3	(#4-#10) arası	176,0	
0,42	No.40	13,9	14,3	#10'dan geçen	324,0	
0,177	No.80	9,2	4,7			
0,075	No.200	5,2	4,0			
0,000	No.∞	0,0	5,2			
				TOPLAM	1150,0	2682,5

Marshall Deney Grafikleri

Şekil 5.25: Bitüm-Dp ilişkisi

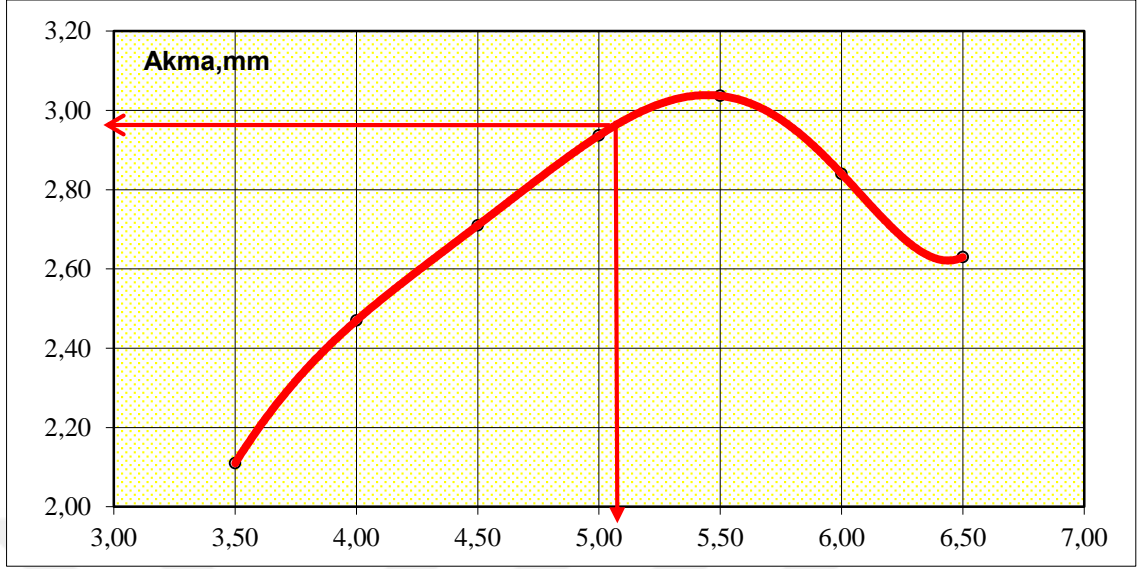


Şekil 5.26: Bitüm-Stabilite ilişkisi

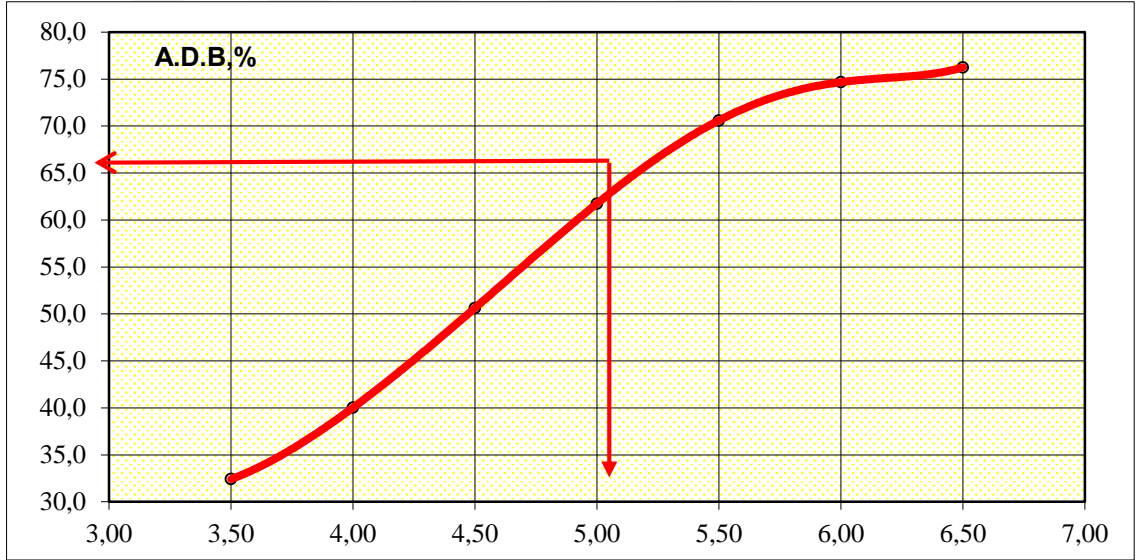


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,392	11,83	17,50	32,4	2,11	746
4,00	2,417	10,24	17,07	40,0	2,47	919
4,50	2,461	7,87	15,94	50,6	2,71	1001
5,00	2,499	5,77	15,07	61,7	2,94	1057
5,50	2,517	4,37	14,86	70,6	3,04	1000
6,00	2,510	3,92	15,48	74,7	2,84	951
6,50	2,492	3,91	16,48	76,3	2,63	939

Şekil 5.27: Bitüm-Akma

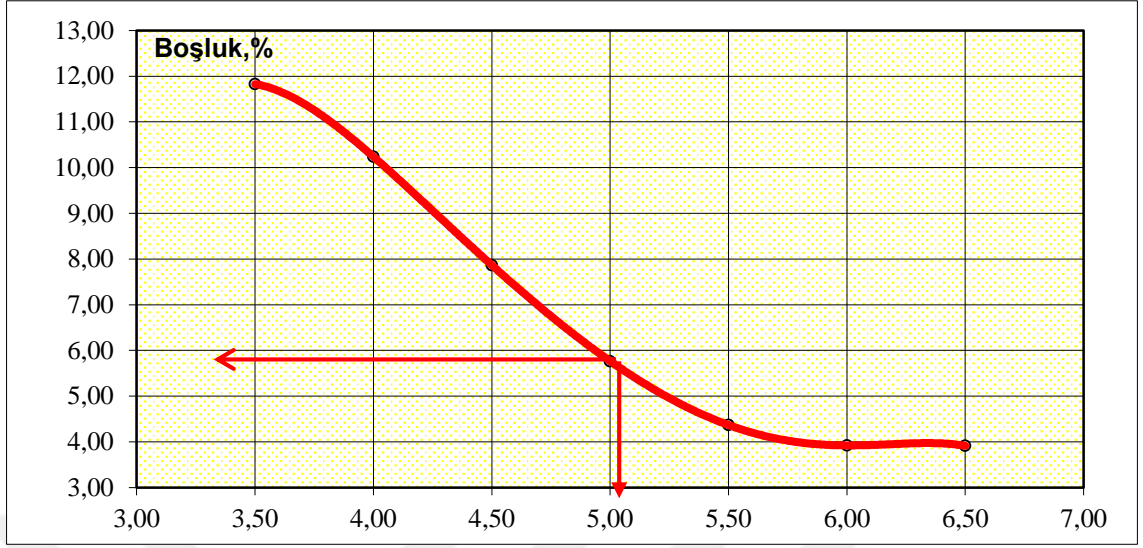


Şekil 5.28: Bitüm-A.D.B ilişkisi

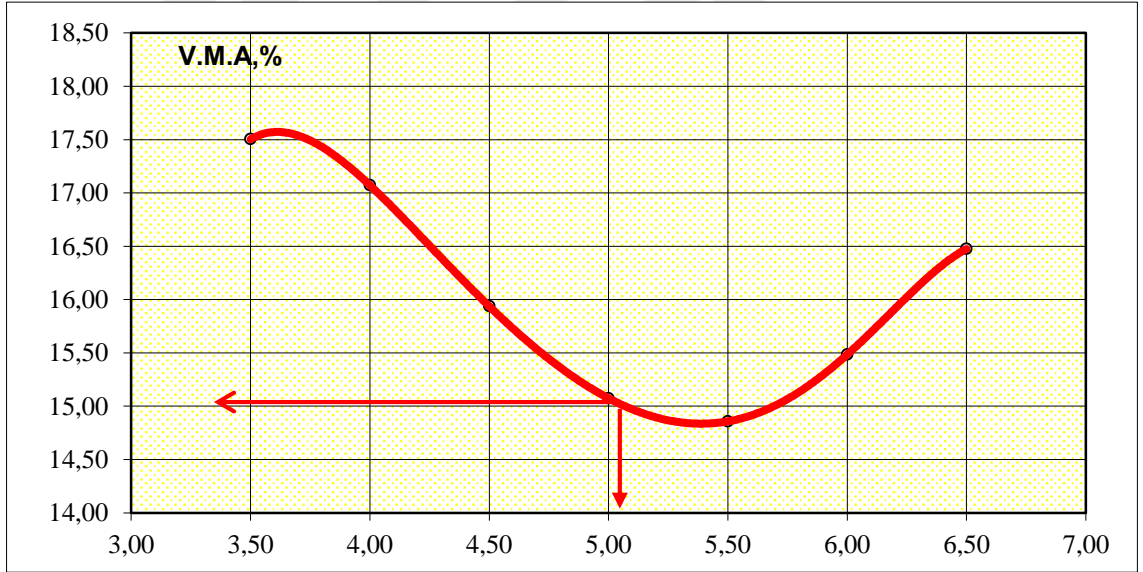


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,392	11,83	17,50	32,4	2,11	746
4,00	2,417	10,24	17,07	40,0	2,47	919
4,50	2,461	7,87	15,94	50,6	2,71	1001
5,00	2,499	5,77	15,07	61,7	2,94	1057
5,50	2,517	4,37	14,86	70,6	3,04	1000
6,00	2,510	3,92	15,48	74,7	2,84	951
6,50	2,492	3,91	16,48	76,3	2,63	939

Şekil 5.29: Bitüm-Boşluk İlişkisi (Vh)



Şekil 5.30: Bitüm-V.M.A ilişkisi



Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,392	11,83	17,50	32,4	2,11	746
4,00	2,417	10,24	17,07	40,0	2,47	919
4,50	2,461	7,87	15,94	50,6	2,71	1001
5,00	2,499	5,77	15,07	61,7	2,94	1057
5,50	2,517	4,37	14,86	70,6	3,04	1000
6,00	2,510	3,92	15,48	74,7	2,84	951
6,50	2,492	3,91	16,48	76,3	2,63	939

5.2.2.3 Agrega Denev Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 5.38: Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri

KULLANIM ORANLARI		25	18	15	42	%0 filler tutulması	K.T.ř. B.T Tip-A			
ELEK AçIKLIğI		(19,137,5m)	(9,5-19,1mm)	(4,76–9,5mm)	(0-4,76)		Düzeltilmiş Dizy Grad.	Kısım 406 Limitleri		
Mm	inch	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen		şartname		Tolerans	
37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25,4	1"	45,5	100	100	100	86,4	72	100	81,4	91,4
19,1	3/4"	0,7	100	100	100	75,2	60	90	70,2	80,2
12,7	1/2"	0,4	43,9	100	100	65,0	50	78	60,0	70,0
9,52	3/8"	0	7,3	93,1	100	57,3	43	70	52,3	62,3
4,75	No.4	0	0,7	42,3	100	48,5	30	55	45,5	51,5
2	No.10	0	0,4	5,0	61,3	26,6	18	42	23,6	29,6
0,42	No.40	0	0,1	2,3	26,0	11,3	6	21	8,3	14,3
0,177	No.80	0	0	1,5	17,4	7,5	2	13	4,5	10,5
0,075		0	0	1,0	9,8	4,3	0	7	2,3	6,3

Tablo 5.39: Agregada Bitüm Deneş Sonuçları

	Kaba Agregada	İnce Agregada	Filler	Deneş Standardı
Hacim Özgöl Ağırlığı	2,769	2,841		TS EN 1097-6
Zahiri Özgöl Ağırlığı	2,924	3,012	2,918	
Absorpsiyonu %	1,92	2,0		
Karışımın Efektif Özgöl Ağırlığı (deneşle)			2,879	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgöl Ağırlığı (hesapla)			2,878	
Cilalanma Değeri				
Ma ₂ SO ₄ Donma Kaybı, %			6,4	ASTM C-88
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			17,8	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			19,27	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			65-70	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Bitüm Özgöl Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			65	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			50,5	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

5.2.2.4 Karışımada Ait Deneş Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregada göre ağırlıkça yüzde 5,25 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğers sonuçlar aşığıda verilmektedir.

Tablo 5.40: Karışımada Optimum Bitüm Deneş Sonuçları

	Dizayn	Şartname
Optimum Bitüm	5,25	3,5-6,5
Pratik Özgöl Ağırlık	2,504	
Stabilite, kg	1150	Min.750
Boşluk, %	5,24	4-6
Asfaltla Dolu Boşluk, %	65,30	60-75
V.M.A, %	15,0	13-15
Akma, mm	2,95	2-4

5.2.3 Kalker Taşı Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deneyler (Diyarbakır Çağçağ Kalker Ocağı Konkasör Tesisleri)

5.2.3.1 Giriş

Binder tabakası yapımında kullanılmak üzere Çağçağ kalker taşocağı malzemesinin konkasör tesislerinde üretilen 4 tip agrega ile Binder Tabakası Karışım Dizaynı yapılmıştır.

5.2.3.2 Yapılan Çalışmalar (Karışım Oranları Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri)-Dizayn Deney Sonuçları

Kazı malzemeden gradasyon olarak (0–3/4”) elekleri arasında kalan kısımdan alınan malzemelere, laboratuvarında uygulanan ekstraksiyon deneyleri ortalamaları sonucunda yüzde bitüm oranı 4,71 olarak bulunmuştur.

Binder Tabakası dizaynı için Çağçağ Kalker Taş ocağından üretilen (19,1-25,1mm), (12,7-19,1 mm), (4,76-12,7mm), (0-4,76mm) dane boyutu grubu agregalar ve 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Karışım gradasyonunun hazırlanmasında, Dizaynda kazınmış asfalt kaplama agregası yüzde 15 olarak kullanılmıştır. Dizayn gradasyonunda yüzde 1,0 filler tutulması hesaplanarak düzeltilmiş gradasyon baz alınmıştır.

(Tablo 5.41), (Tablo 5.42), (Tablo 5.43), (Tablo 5.44) ve (Tablo 5.45)’de Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.41: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney

Sonuçları¹

Asfalt Betonu Binder Tabakası Karışım Dizaynı / ÇAĞÇAĞ KALKER TAŞ OCAĞI + % 15 KAZI MALZEMESİ
TABAKA İSMİ: BİNDER TABAKASI MALZEMESİ

Bitüm Penetrasyonu	=	: 61	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,Gk-h	2,648	Gef-deney	: 2,699
Bitüm Özgül Ağırlığı,Gb		: 1,030	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,Gk-z	2,728	Gef-hesap	: 2,699
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu Pba		: 0,877	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,Gi-h	2,609	Karışım. Mıdır	: 1150 gr
Agreganın Etketif Özg. Ağırlığı,Gef		: 2,699	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,Gi-z	2,817	Darbe Sayısı	: 75
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı,Gsb		: 2,638	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı,Gf-z	2,730	%Va=Agrega Hacim %'si	: 85,0
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı,Gsa		: 2,759			%Vb=Bitüm Hacim %'si	: 10,36
					%Vh=Hava Hacim %'si	: 4,59

No	BİTÜM		VERİLEN	YÜKSEKLİKLER,mm				Havada	Sudaki	Doy.Yüz	Hacim	Hacim	Maks.Te	%	%	Asf.Dol	Akma	Stabilite	Düzltn.	Düzeltn	
	Wa,%	g	BİTÜM	1	2	3	ortlma	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağır	Özgül A	Boşluk	%	Boşluk	mm	kg	Faktörü	Stabilite	
			g					A	C	B	V	Dp	Dt	Vh	V.M.A	Vf	kg	kg			
1	3,50	40,3	32,2	61,7	61,8	61,7	61,7	1186,5	690,5	1191,2	500,7	2,370					4,00	955	1,047	1000	
2	3,50	40,3	32,2	61,5	61,5	61,5	61,5	1184,5	690,1	1190,2	500,1	2,369					3,90	939	1,053	989	
3	3,50	40,3	32,2	61,5	61,5	61,5	61,5	1184,3	685,1	1188,2	503,1	2,354					3,90	945	1,053	995	
												2,364	2,559	7,61	13,42	43,3	3,93				995
4	4,00	46,0	37,9	61,6	61,6	61,7	61,6	1186,9	692,5	1189,2	496,7	2,390					3,90	985	1,047	1031	
5	4,00	46,0	37,9	62,0	62,0	62,2	62,1	1187,8	693,1	1191,0	497,9	2,386					3,80	989	1,036	1025	
6	4,00	46,0	37,9	62,2	62,2	62,1	62,2	1188,2	692,1	1191,2	499,1	2,381					3,70	995	1,033	1028	
												2,385	2,541	6,11	13,06	53,2	3,80				1028
7	4,50	51,8	43,7	62,2	62,2	62,1	62,2	1190,2	696,0	1192,3	496,3	2,398					3,60	1025	1,033	1059	
8	4,50	51,8	43,7	62,4	62,4	62,3	62,4	1191,2	697,5	1193,2	495,7	2,403					3,40	1020	1,028	1049	
9	4,50	51,8	43,7	62,4	62,4	62,4	62,4	1190,6	696,5	1192,1	495,6	2,402					3,50	1025	1,028	1054	
												2,401	2,523	4,82	12,90	62,6	3,50				1054
10	5,00	57,5	49,4	62,9	63,0	63,0	63,0	1195,2	696,9	1196,9	500,0	2,390					3,30	1000	1,013	1013	
11	5,00	57,5	49,4	62,9	63,1	63,1	63,0	1194,9	695,5	1195,9	500,4	2,388					3,20	989	1,013	1002	
12	5,00	57,5	49,4	63,5	63,5	63,5	63,5	1195,6	696,2	1196,8	500,6	2,388					3,20	998	1,000	998	
												2,389	2,506	4,66	13,76	66,2	3,23				1004

¹Tablonun devamı arka sayfasındadır.

Tablo 5.42: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney

Sonuçları

13	5,50	63,3	55,2	63,6	63,7	63,6	63,6	1199,9	695,2	1200,3	505,1	2,376					3,50	978	0,998	976	
14	5,50	63,3	55,2	63,7	64,0	64,1	63,9	1202,3	695,2	1203,2	508,0	2,367					3,60	989	0,985	974	
15	5,50	63,3	55,2	64,1	64,2	64,1	64,1	1201,9	692,3	1202,5	510,2	2,356					3,90	975	0,985	960	
												2,366	2,489	4,93	14,99	67,1	3,67				970
4,65	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Grafikten)											2,402	2,518				3,50	Fill/Bit	Stabilite	1010	
4,65	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Geff_deneyle)											2,402	2,518	4,59	13,0	64,7	3,50			1010	
4,65	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Geff_hesapla)											2,402	2,518	4,59	13,0	64,7	3,50			1010	
BİNDER TABAKASI DİZAYN KRİTERLERİ														(4-6)	13-15	(60-75)	(2-4)	1,4		min750	

* Kazı Malzemesinin Dizayndaki BİTÜM oranı yüzdesi (%0,7)olarak tespit edilmiştir

V=B-C

$D_p = A/V$ $D_t = (100 + W_a) / (100 / G_{eff} + W_a / G_b)$

$V_h = (D_t - D_p) \times 100 / D_t$

$G_{sb} = 100 / (\%K / G_{k-h} + \%I / G_{i-h} + \%F / G_{f-z})$

$G_{sa} = 100 / (\%K / G_{k-z} + \%I / G_{i-z} + \%F / G_{f-z})$

$VMA = 100 - (D_p \times (100 - W_a / (1 + W_a / 100))) / G_{sb}$

$V_f = (VMA - V_h) \times 100 / VMA$

$P_b = 100 \times G_b \times (G_{ef} - G_{sb}) / (G_{ef} \times G_{sb})$

Kaba % 'si= 58,4

İnce % 'si= 36,0

Filler % 'si= 5,6

1½" 100,0

1" 100,0

¾" 87,0

½" 66,3

3/8" 55,7

No.4 41,6

No.10 26,4

No.40 13,0

No.80 8,4

No.200 5,6

Tablo 5.43: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

B1	A1	V	Va	Vb	Vh	%Va	%Vb	%Vh
3,38	96,6	42,2	35,8	3,3	3,1	84,83	7,78	7,39
3,38	96,6	42,2	35,8	3,3	3,1	84,79	7,78	7,43
3,38	96,6	42,5	35,8	3,3	3,4	84,27	7,73	8,00
3,38	96,6	42,3	35,8	3,3	3,2	84,63	7,76	7,61
3,85	96,2	41,8	35,6	3,7	2,5	85,13	8,92	5,94
3,85	96,2	41,9	35,6	3,7	2,6	84,99	8,91	6,10
3,85	96,2	42,0	35,6	3,7	2,6	84,82	8,89	6,29
3,85	96,2	41,9	35,6	3,7	2,6	84,98	8,91	6,11
4,31	95,7	41,7	35,5	4,2	2,1	85,03	10,03	4,94
4,31	95,7	41,6	35,5	4,2	2,0	85,21	10,05	4,75
4,31	95,7	41,6	35,5	4,2	2,0	85,18	10,04	4,78
4,31	95,7	41,6	35,5	4,2	2,0	85,14	10,04	4,82
4,76	95,2	41,8	35,3	4,6	1,9	84,35	11,05	4,60
4,76	95,2	41,9	35,3	4,6	2,0	84,26	11,04	4,70
4,76	95,2	41,9	35,3	4,6	2,0	84,28	11,04	4,68
4,76	95,2	41,9	35,3	4,6	1,9	84,30	11,04	4,66
5,21	94,8	42,1	35,1	5,1	1,9	83,43	12,02	4,54
5,21	94,8	42,3	35,1	5,1	2,1	83,12	11,98	4,90
5,21	94,8	42,4	35,1	5,1	2,3	82,74	11,92	5,34
5,21	94,8	42,3	35,1	5,1	2,1	83,10	11,98	4,93
4,44	95,6	41,6	35,4	4,3	1,9	85,05	10,36	4,59
4,44	95,6	41,6	35,4	4,3	1,9	85,05	10,36	4,59

B1=Bitüm %'si (Bitüm+Agrega'ya göre)
A1=Agrega %'si (Bitüm+Agrega'ya göre)
V=Toplam Karışım Hacmi
Va=Agrega Hacim %'si
Vb=Bitüm %'si
Vh=Hava Boşluğu %'si
%Va=Agrega Hacim %'si
%Vb=Bitüm Hacim %'si
%Vh=Hava Hacim %'si

Tablo 5.44: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

K.T.Ş AŞINMA 1997	K.T.Ş BİNDER 1997	K.T.Ş BİT. TEM. Tip-A	K.T.Ş BİT. TEM. Tip-B	SMA 12.5/0	ELEK		22 19,1-25,4 % geçen	17 19,1- 9,5 % geçen	14 9,5-4,75 % geçen	32 4,75- 0 % geçen	15 RC % geçen	tutul. filler%= 1		K.T.Ş BİT. TEM. Tip-A
					AÇIKLIĞI							100	DÜZLT	
					mm	inch						KARŞ GRAD	DZYN GRAD	
100 100	100 100	100 100	100 100	100 100	37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100,0	100 100
100 100	100 100	72 100	80 100	100 100	25,4	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 100
100 100	80 100	60 90	70 90	100 100	19,1	3/4"	41,4	100,0	100,0	100,0	100,0	87,1	87,0	80 100
83 100	58 80	50 78	61 81	90 100	12,5	1/2"	2,7	35,4	100,0	100,0	93,5	66,6	66,3	58 80
70 90	48 70	43 70	55 75	50 75	9,50	3/8"	0,5	1,6	82,5	100,0	81,6	56,2	55,7	48 70
40 55	30 52	30 55	42 62	25 40	4,75	No.4	0,0	0,0	12,2	100,0	56,3	42,2	41,6	30 52
25 38	20 40	18 42	30 47	20 30	2,00	No.10	0,0	0,0	0,9	66,1	39,0	27,1	26,4	20 40
10 20	8 22	6 21	15 26	12 22	0,425	No.40	0,0	0,0	0,0	34,4	19,0	13,9	13,0	8 22
6 15	5 14	2 13	7 17	9 17	0,180	No.80	0,0	0,0	0,0	22,9	13,1	9,3	8,4	5 14
4 10	2 8	0 7	1 8	8 14	0,075	No.200	0,0	0,0	0,0	16,5	8,3	6,5	5,6	2 7

ELEK AÇIKLIĞI		DZYN GRAD	TOLERANS LİMITLERİ		ŞARTNAME LİMITLERİ	
mm	inch					
37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100
25,4	1"	100,0	100,0	100,0	100	100
19,1	3/4"	87,0	83,0	91,0	80	100
12,5	1/2"	66,3	62,3	70,3	58	80
9,5	3/8"	55,7	51,7	59,7	48	70
4,75	No.4	41,6	37,6	45,6	30	52
2,00	No.10	26,4	23,4	29,4	20	40
0,425	No.40	13,0	10,0	16,0	8	22
0,180	No.80	8,4	5,4	11,4	5	14
0,075	No.200	5,6	3,6	7,6	2	7

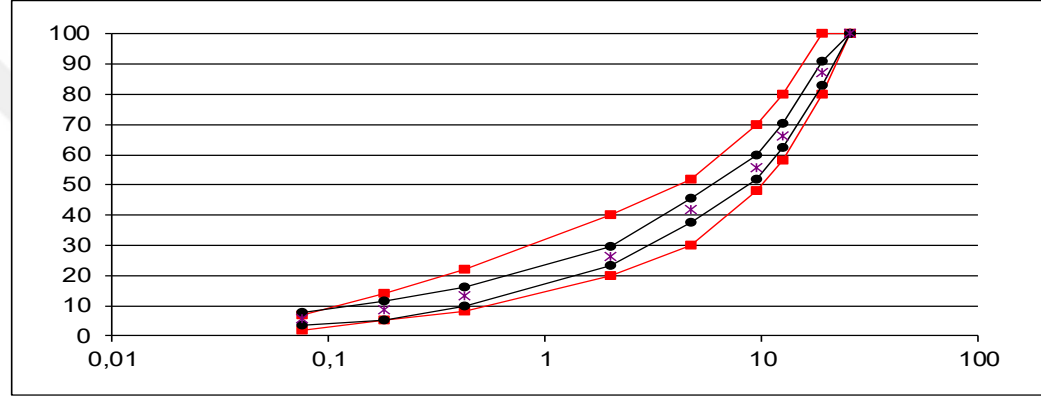
———— Dizayn Gradasyonu

———— Şartname Limitleri

----- Tolerans Limitleri

Tablo 5.45: Diyarbakır Çağçağ kalker Ocağı Konkasör Tesisleri Elek Analizleri, Şartname Limitleri ve Binder Dizayn Deney Sonuçları

KABA AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Havadaki ağırlık :	949,0	949,0	
D.Y.K havada ağırlık :	961,4	961,4	
D.Y.K suda ağırlık :	615,0	615,0	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,740	2,740	2,740
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,841	2,841	2,841
Su Absorpsiyonu,% :	1,31	1,31	1,3
İNCE AGREGA ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Piknometre+su ağırlığı :	1196,5	1196,5	
Piknom.+DYK ağırlık :	340,3	340,3	
Piknom.+num.+su ağırlık :	1413,1	1413,1	
Kuru numune ağırlığı :	334,0	334,0	
Hacim Özgül Ağırlık :	2,700	2,700	2,700
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,845	2,845	2,845
Su Absorpsiyonu,% :	1,89	1,89	1,89
FİLLER ÖZGÜL AĞIRLIĞI			
Piknometre ağırlığı :	120,8	120,8	
Piknometre+su ağırlığı :	618,0	618,0	
Piknom.+kuru ağırlık :	221,0	221,0	
Piknom.+num.+su ağırlık :	683,7	683,7	
Zahiri Özgül Ağırlık :	2,904	2,904	2,904
EFFEKTİF ÖZGÜL AĞIRLIK			
Piknometre ağırlığı :	365,0	365,0	
Piknometre+su ağırlığı :	975,0	975,0	
Piknom.+su+num. Ağ. :	1022,0	1022,0	
Dt :	2,481	2,481	
% Bitüm :	4,65	4,65	
Gbit :	1,030	1,030	
Geff :	2,654	2,654	2,654

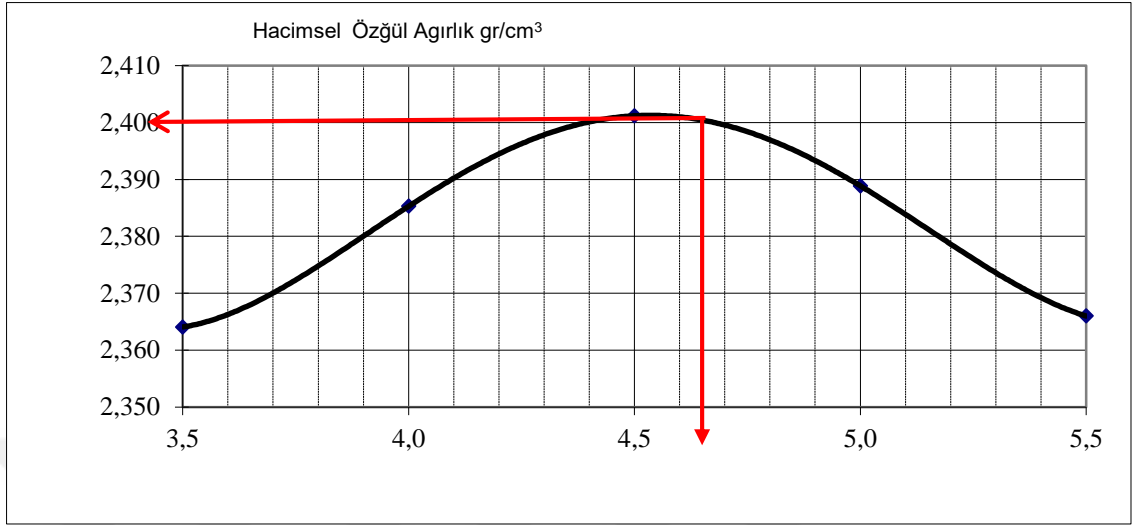


İNCE AGREGA DÜZELTMESİ										
GEREKEN					MEVCUT					FARK
Elek	% Geç	% Kalan	kg		Elek	% Geç	% Kalan	kg	kg	
No.10	100,0	0,0	0,000		No.10	100,0	0,0	0,000	0,000	
No.40	44,9	55,1	169,0		No.40	47,8	52,2	166,7	2,3	
No.80	29,6	15,3	46,9		No.80	33,5	14,3	45,7	1,3	
No.200	18,7	10,9	33,4		No.200	23,4	10,1	32,3	1,2	
No.∞	0,0	18,7	57,4		No.∞	0,0	23,4	74,7	-17,4	
TOPLAM		100,0	306,7		TOPLAM		100,0	319,4	-12,7	

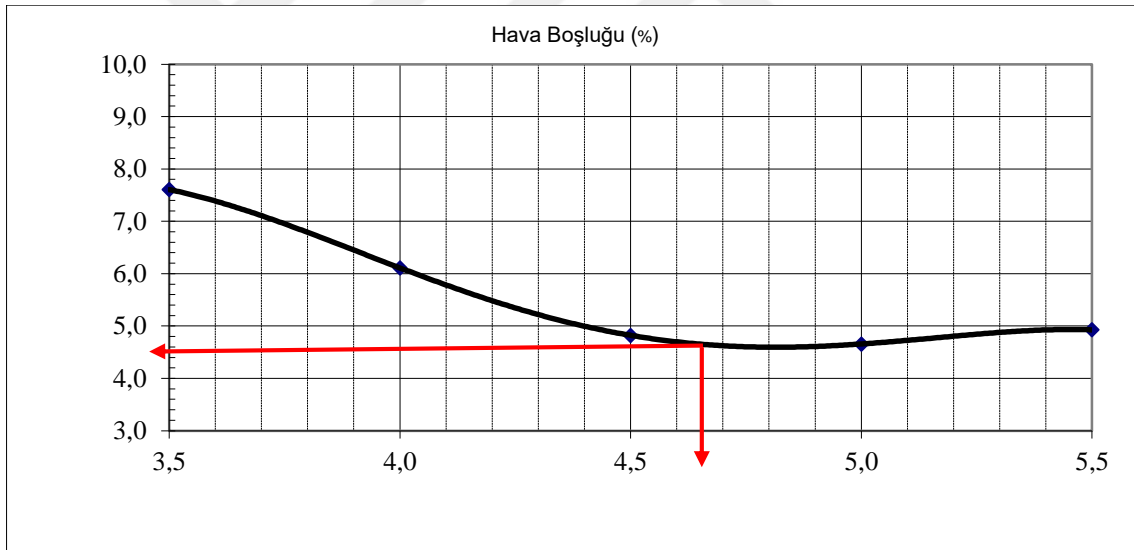
ELEK AÇIKLIĞI		DİZAYN		KALAN		BRİKET		Gk					
mm	inch	GRADS	%			1150	2500						
37,5	1 1/2"	100,0	0,0					100	0	0	0,0	100,0	
25,4	1"	100,0	0,0	(1 1/2"-1") arası		0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	
19,1	3/4"	87,0	13,0	(1"-3/4") arası		149,8	783,2	87,1	12,9	13,0	13,0	87,0	
12,7	1/2"	66,3	20,7	(3/4"-1/2") arası		237,8	884,7	66,6	20,5	20,7	33,7	66,3	
9,52	3/8"	55,7	10,6	(1/2"-3/8") arası		121,6	452,3	56,2	10,5	10,6	44,3	55,7	
4,76	No.4	41,6	14,2	(3/8"-#4) arası		162,8	605,9	42,2	14,0	14,2	58,4	41,6	
2,00	No.10	26,4	15,2	(#4-#10) arası		174,5		27,1	15,0	15,2	73,6	26,4	
0,42	No.40	13,0	13,4	#10'dan geçen		303,5		13,9	13,3	13,4	87,0	13,0	
0,177	No.80	8,4	4,6					9,3	4,6	4,6	91,6	8,4	
0,075	No.200	5,6	2,8					6,5	2,8	2,8	94,4	5,6	
0,000	No.∞	0,0	5,6						5,5	5,6			
		TOPLAM	100,0			TOPLAM	1150,0	2726,0			99,0		

Marshall Deney Grafikleri

Şekil 5.31: Bitüm-Hacimsel Özgül Ağırlık İlişkisi (Dp)

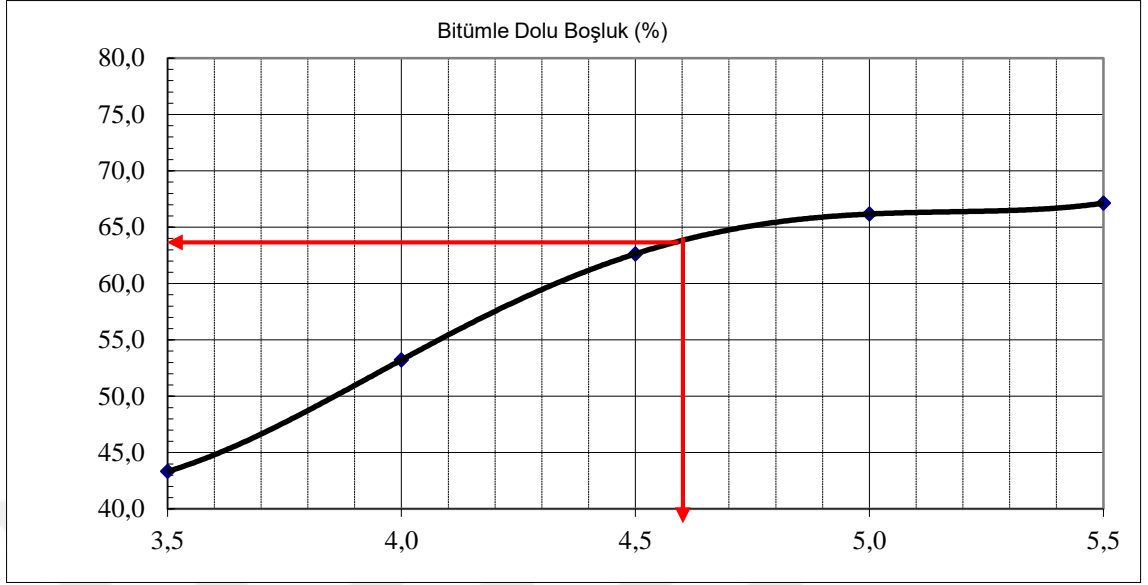


Şekil 5.32: Bitüm-Hava Boşluğu İlişkisi (Vh)

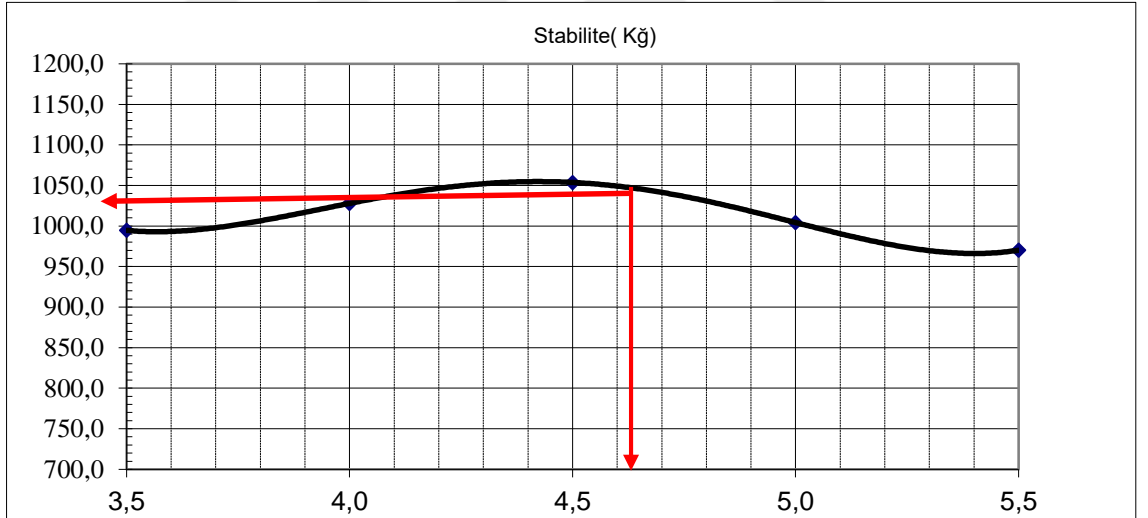


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,364	7,61	13,42	43,3	3,93	995
4,00	2,385	6,11	13,06	53,2	3,80	1028
4,50	2,401	4,82	12,90	62,6	3,50	1054
5,00	2,389	4,66	13,76	66,2	3,23	1004
5,50	2,366	4,93	14,99	67,1	3,67	970

Şekil 5.33: Bitüm-Dolu Boşluk İlişkisi (ADB)

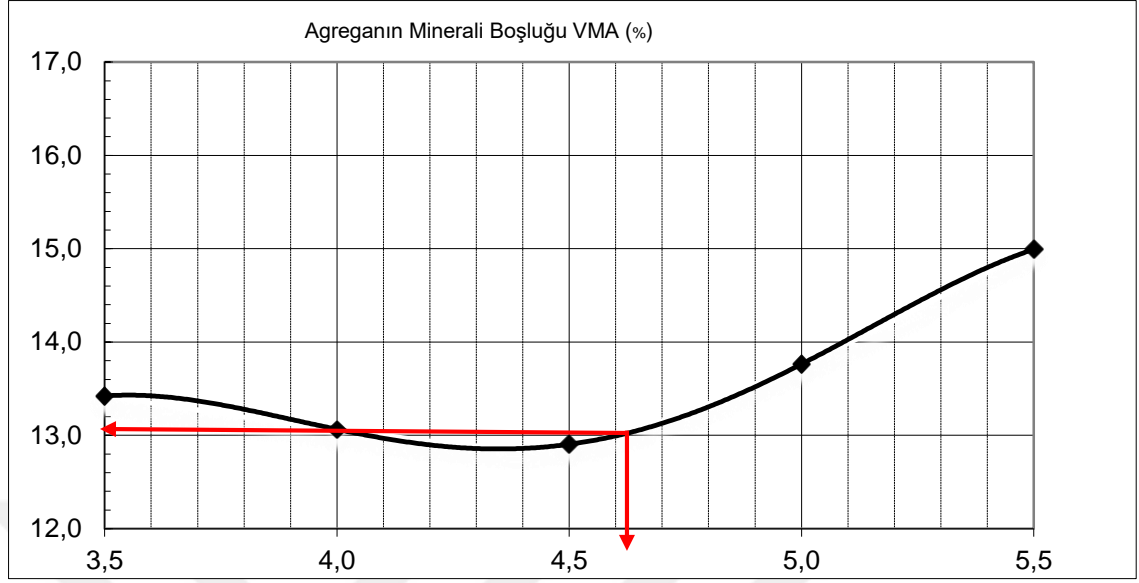


Şekil 5.34: Bitüm-Stabilite İlişkisi (STB)

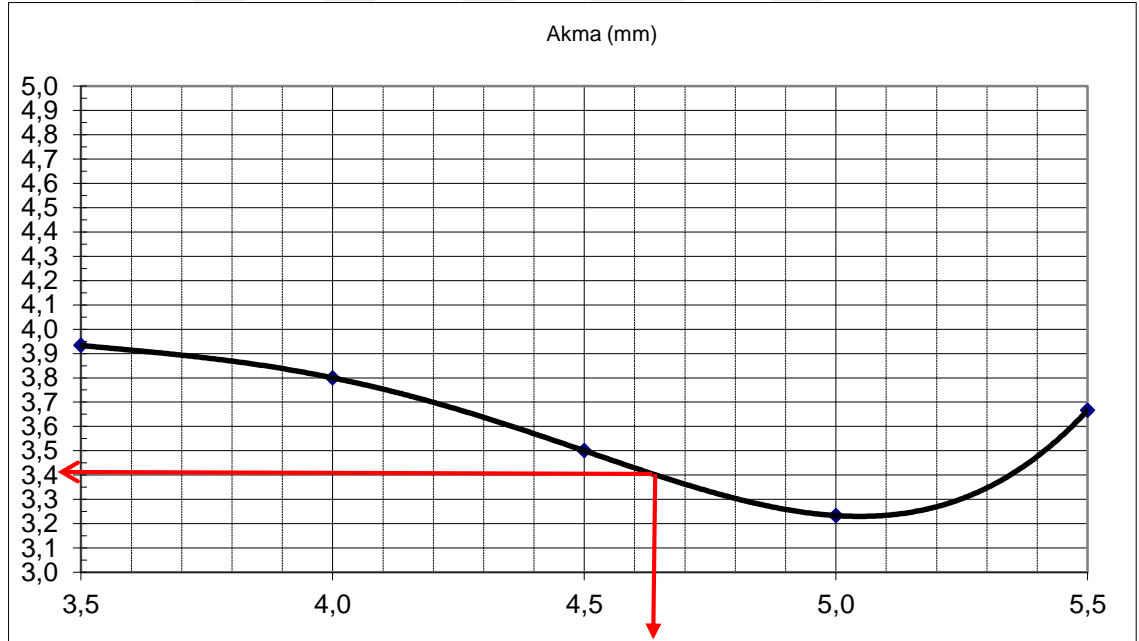


Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,364	7,61	13,42	43,3	3,93	995
4,00	2,385	6,11	13,06	53,2	3,80	1028
4,50	2,401	4,82	12,90	62,6	3,50	1054
5,00	2,389	4,66	13,76	66,2	3,23	1004
5,50	2,366	4,93	14,99	67,1	3,67	970

Şekil 5.35: Bitüm-Agreganın Boşluğu İlişkisi (VMA)



Şekil 5.36: Bitüm-Akma İlişkisi (AKM)



Wa	Dp	Vh	VMA	ADB	AKM	STB
3,50	2,364	7,61	13,42	43,3	3,93	995
4,00	2,385	6,11	13,06	53,2	3,80	1028
4,50	2,401	4,82	12,90	62,6	3,50	1054
5,00	2,389	4,66	13,76	66,2	3,23	1004
5,50	2,366	4,93	14,99	67,1	3,67	970

5.2.3.3 Agrega Denev Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 5.46: Karışım Oranları–Karışım Gradasyonu–Tolerans Limitleri

KULLANIM ORANLARI		22	17	14	32	15	Düzeltilmiş	K.T.Ő		BİNDER	
ELEK AçIKLIğI		(19,1-25,1) mm	(12,7-19,1) mm	(4,76–12,7) mm	(0-4,76) mm	(0-19,1) mm	Dizy Grad.				
mm	inch	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen		% 1,0 Filler	Şartname		Tolerans
37,5	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25,4	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19,1	3/4"	41,4	100	100	100	100	87,0	80	100	83,0	91,0
12,7	1/2"	2,7	35,4	100	100	93,3	66,3	58	80	62,3	70,3
9,52	3/8"	0	1,6	82,5	100	81,6	55,7	48	70	51,7	59,7
4,75	No.4	0	0	12,2	100	56,3	41,6	30	52	37,6	45,6
2,00	No.10	0	0	0,9	66,1	39,0	26,4	20	40	23,4	29,4
0,42	No.40	0	0	0	34,4	19,0	13,0	8	22	10,0	16,0
0,177	No.80	0	0	0	22,9	13,1	8,4	5	14	5,4	11,4
0,075	No.200	0	0	0	16,5	8,3	5,6	2	7	3,6	7,0

Tablo 5.47: Agrega Bitüm Deneyi

Ocak Adı		Çağçağ		
Kayanın Cinsi		Kalker		
	Kaba Agrega	İnce Agrega	Filler	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,740	2,700		TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,841	2,845	2,904	
Absorpsiyonu %	1,31	1,89		TS EN 1097-6
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,699	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,699	
Metilen mavisi .g/kg			1,0	
Cilalanma Değeri				
Ma ₂ SO ₄ Donma Kaybı, %			-----	TS EN 1367-2
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			28,7	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			13,2	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			30-35	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			61	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			51	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

5.2.3.4 Karışıma Ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde 4,65 (85 gr agrega+ 15 gr kazıma malzemesi+3,80 gr bitüm) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir. Marshall briketleri 140 – 145°C’ de sıkıştırılmıştır.

Tablo 5.48: Karışıma Ait Optimum Bitüm Deneyi

Karışımındaki Toplam Bitüm Optimum Bitüm%	4,65	
Karışımındaki Eklenecek Yeni Bitüm (85 gr kuru agrega+15 gr kazıma malzemesi)	3,80	
Karışımındaki Toplam Bitüm	Dizayn	Şartname
Pratik Özgül Ağırlık	2,402	
Stabilite, kg	1150	Min.750 Kğ
Boşluk, %	4,59	4- 6
Asfaltla Dolu Boşluk, %	63	60-75
V.M.A, %	13,0	13-15
Akma, mm	3,50	2- 4

6. DEĞERLENDİRME

6.1 AŞINMA TABAKASINA UYGULANAN DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1.1 Dere Kum-Çakıl Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi (Dicle Nehri Olgaçlar Kum-Çakıl Ocağı Konkasör Tesisleri)

6.1.1.1 Agregada Deney Sonuçları

Dizayn Gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.1: Agregada Deney Sonuçları

Ocak Adı		Olgaçlar Kum-Çakıl Ocağından		
Kayanın Cinsi		Kum-Çakıl		
	Kaba Agregada	İnce Agregada	Filler	Deney Standardı
HacimÖzgülAğırlığı	2,692	2,646		TS EN 1097-6
ZahiriÖzgülAğırlığı	2,767	2,732	2,740	
Absorpsiyonu %	1,00	1,20		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)-Gef-deney			2,710	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)-Gef-hesap			2,710	
Cilalanma Değeri			-----	
Donma Kaybı, % (MgSO4)			4,5	TS EN 1907-2
Parçalanma Direnci (Los Angeles), %			18,6	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			13,62	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			40-45	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Metilen Mavisini %			1,25	TS EN 933-10
Kırılmışlık %			100	
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			63	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			51	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

6.1.1.2 Karışıma ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça %5,10 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.2: Karışıma ait Deney Sonuçları

Karışımdaki Toplam Bitüm Optimum Bitüm%	5,10		
DİZAYNIN	Şartname		
		Min.	Maks.
Optimum Bitüm	5,10	4	7
Pratik Özgül Ağırlık	2,403		
Stabilite, kg	1200	Min900	
Boşluk, %	4,31	3	5
Asfaltla Dolu Boşluk, %	70,1	65	75
V.M.A, %	14,4	14	16
Akma,mm	3,10	2	4

6.1.2 Bazalt Taşı Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi (Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Taşocağı Konkasör Tesisleri)

6.1.2.1 Agrega Deney Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.3: Agrega Deney Sonuçları

	Kaba Agrega	İnce Agrega	Filler	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,744	2,831		TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,886	2,982	2,841	
Absorpsiyonu %	1,80	1,79		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,854	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,854	
Cıalanma Değeri				
Na ₂ SO ₄ Donma Kaybı, %			1,71	ASTM C-88
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			20,6	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			10,08	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			50-55	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			63	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			50,5	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

6.1.2.2 Karışıma ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde 5,30 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.4: Karışıma ait Deney Sonuçları

	Dizayn	Şartname
Optimum Bitüm	5,3	4-7
Pratik Özgül Ağırlık	2,507	
Stabilite, kg	1200	Min.900
Boşluk, %	4,33	4-7
Asfaltla Dolu Boşluk, %	70,2	65-75
V.M.A, %	14,5	Min. 14
Akma, mm	3,10	2-4

6.1.3 Kalker Taşı Malzemesine (Aşınma Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi (Diyarbakır Ergani Yöresi Kalker Taşı)

6.1.3.1 Los Angeles Aşınma Deneyi

Numunenin ilk ağırlığı (gr) =A

Numunenin son ağırlığı (gr) =B

Aşınma yüzdesi= (A-B)/A*100

Aşınma yüzdesi= (5000-3275)/5000*100=yüzde 34, 5

Karayolları Fenni Şartnamesine göre beton asfaltındaki agreganın max aşınması yüzde 27 olduğundan bulduğumuz değer aşınma yönünden uygun değildir.

6.1.3.2 Kaba Agreganın Numunesini Donma Kaybı

Kaba agreganın numunesinin düzeltilmiş donma kaybı yüzde 22, 93 bulunmuştur.Yollar Fenni Şartnamesine göre max yüzde 15'tir.

Agreganın kullanıldığı bölge iklim bakımından sıcak ve fazla yağış almayan bir yer olduğundan kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır) .

6.1.3.3 Kaba Agreganın İçin Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (12, 5-19mm)

Kaba Agreganın İçin Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyon yüzdesi 2,217 'dir.

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2, 5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamıştır (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

6.1.3.4 Kaba Agreganın İçin Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (5-12,5mm arası)

Kaba Agreganın İçin Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu yüzdesi 2,729'dır.

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2, 5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamamıştır.

6.1.3.5 İnce Agreganın İçin Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu (0-5mm arası)

İnce Agreganın İçin Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu yüzdesi 1,03'dir.

KGM Yollar Fenni Şartnamesine göre kaba agreganın su absorpsiyonu yüzdesi max yüzde 2, 5 olarak verilmiştir. Kullanılan Diyarbakır Ergani kalkerninin su emme yüzdesi bu değeri sağlamıştır (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

6.1.3.6 Optimum Bitüm Yüzdesinin Bulunması

Max. Yoğunluk ve stabilite değerlerine karşılık gelen bitüm yüzdeleri ile boşluk ve bitüm ile dolu boşluk eğrileri için uygulamadaki değerlerin ortalamasına karşı gelen bitüm yüzdeleri tespit edilerek, bu dört değer aritmetik ortalaması alınarak optimum bitüm yüzdesi bulundu. Optimum bitüm oranı= $(5, 5+5, 0+5, 3+6, 0)/4$ =yüzde 5,45 (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

6.1.3.7 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ergani Kalkeri ve AC 75/100 asfalt çimentosu ile hazırlanan Marshall Briketlerine göre uygulanan deney ve hesapların sonuçları Tablo 21'de AASHO şartname limitlerine göre karşılaştırılmıştır.

Tablo 6.5: Deney Sonuçları ve AASHO Şartname Limitleri (Karayolları Genel Müdürlüğü yayınları)

Tabaka	Bitüm Cinsi	Özellikler	Şartname Limitleri		Deney Sonuçları
			Min.	Max.	
Aşınma	AC75/100	Marshall Stb (KN)	900	-	778
		Boşluk (%)	3	5	4
		Asfaltla dolu boşluk (%)	75	85	80
		Akma (mm)	2	4	9, 2
		Uygulanacak darbe	75	85	75
		Bitüm yüdesi	4	6	5, 45

Deney Sonuçlarına gör akma miktarı şartname limitlerine göre üste, stabilite de şartname limitlerinin altında çıkmış ve optimum oranı yüzde 5, 45 olarak tespit edilmiştir. İklimi sıcak olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi için bu akma miktarı max. Çok üzerinde olduğundan agreganın granülometrisinin değiştirilmesi veya 60/70 penetrasyonda asfalt çimentosunun kullanılması gerekmektedir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır).

6.2 BİNDER TABAKASINA UYGULANAN DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

6.2.1 Dere Kum-Çakıl Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi (Dicle Nehri Hasman Kum Çakıl Ocağı Ocağı Konkasör Tesisleri)

6.2.1.1 Agregâ Deney Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.6: Agregâ Deney Sonuçları

Ocak Adı		HASMAN		
Kayanın Cinsi		DERE KIRMA MALZEMESİ		
	Kaba Agregâ	İnce Agregâ	Filler	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,740	2,700		TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,841	2,845	2,904	
Absorpsiyonu %	1,31	1,89		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,712	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,712	
Cilalanma Değeri				
Ma ₂ SO ₄ Donma Kaybı, %			0,98	ASTM C-88
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			18,7	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			13,4	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			30-35	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			64	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			49	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

6.2.1.2 Karışıma Ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde 4,40 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir. Marshall Briketleri 140 – 145°C’ de sıkıştırılmıştır.

Tablo 6.7: Karışıma ait Deney Sonuçları

Karışımdaki Toplam Bitüm Optimum Bitüm%	4,40	
Şımdaki Eklenecek Yeni Bitüm (85 gr kuru agrega+15,46 gr kazıma malzemesi)	4.21	
Karışımdaki Toplam Bitüm	Dizayn	Şartname
Pratik Özgül Ağırlık	2,424	
Stabilite, kg	1390	Min:750 Kğ
Boşluk, %	4,47	4- 6
Asfaltla Dolu Boşluk, %	65,6	60-75
V.M.A, %	13.0	Min. 13
Akma, mm	3,50	2- 4

6.2.2 Bazalt Taşı Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi (Diyarbakir Geyiktepe Taş Ocağı Konkasör Tesisleri)

6.2.2.1 Agrega Deney Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.8: Agrega Deney Sonuçları

	Kaba Agrega	İnce Agrega	Filler	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,769	2,841		TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,924	3,012	2,918	
Absorpsiyonu %	1,92	2,0		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,879	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,878	
Cilalanma Değeri				
Ma ₂ SO ₄ Donma Kaybı, %			6,4	ASTM C-88
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			17,8	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			19,27	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			65-70	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			65	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			50,5	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

6.2.2.2 Karışıma Ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde 5,25 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.9: Karışıma Bitüm Deney Sonuçları

	Dizayn	Şartname
Optimum Bitüm	5,25	3,5-6,5
Pratik Özgül Ağırlık	2,504	
Stabilite, kg	1150	Min.750
Boşluk, %	5,24	4-6
Asfaltla Dolu Boşluk, %	65,30	60-75
V.M.A, %	15,0	13-15
Akma, mm	2,95	2-4

6.2.3 Kalker Taşı Malzemesine (Binder Tabakası) Uygulanan Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi (Diyarbakır Çağçağ Kalker Ocağı Konkasör Tesisleri)

6.2.3.1 Agregada Deney Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Tablo 6.10: Agregaya ait Bitüm Deneyi Sonuçları

Ocak Adı		Çağçağ		
Kayanın Cinsi		Kalker		
	Kaba Agregaya	İnce Agregaya	Filler	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,740	2,700		TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,841	2,845	2,904	
Absorpsiyonu %	1,31	1,89		TS EN 1097-6
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,699	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,699	
Metilen mavisi .g/kg			1,0	
Cilalanma Değeri				
Ma ₂ SO ₄ Donma Kaybı, %			-----	TS EN 1367-2
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			28,7	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			13,2	BS 812
Soyulma Mukavemeti, %			30-35	KTŞ
Bitüm Özgül Ağırlığı			1,030	TS1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			61	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			51	TS EN 1427
İmalatta Kullanılacak Bitümlü Bağlayıcı			Rafinerisi	Batman
			Tipi	Bitüm
			Sınıfı	B 50/70

6.2.3.2 Karışıma Ait Deney Sonuçları

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde 4,65 (85 gr agregaya+ 15 gr kazıma malzemesi+3,80 gr bitüm) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir. Marshall briketleri 140 – 145°C’ de sıkıştırılmıştır.

Tablo 6.11: Karışıma Bitüm Deneyi Sonuçları

Karışımındaki Toplam Bitüm Optimum Bitüm%	4,65	
Karışımındaki Eklenecek Yeni Bitüm (85 gr kuru agregaya+15 gr kazıma malzemesi)	3,80	
Karışımındaki Toplam Bitüm	Dizayn	Şartname
Pratik Özgül Ağırlık	2,402	
Stabilite, kg	1150	Min.750 Kğ
Boşluk, %	4,59	4- 6
Asfaltla Dolu Boşluk, %	63	60-75
V.M.A(Agregalar arası boşluk), %	13,0	13-15
Akma, mm	3,50	2- 4

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 AŞINMA TABAKASINA UYGULANAN DENEYLERİN SONUÇLARI

7.1.1 Dere Malzemesine (Dicle Nehri Olgaçlar Dere Çakıl) Uygulanan Deney Sonuçları

Aşınma tabakasında kullanılmak üzere Diyarbakır yöresine ait Dicle nehri olgaçlar çakıl ocağından numune alınarak, asfalt betonunun fiziksel özelliklerinin etkisini araştırılması ve karışıma ait deneyler, Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliği laboratuvarında dere malzemesinin dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agrega ve bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

7.1.1.1 Agrega ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları

- a. Kaba agrega hacim özgül ağırlığı değeri :2,692
- b. Kaba agrega zahiri özgül ağırlığı değeri: 2,767
- c. İnce agrega hacim özgül ağırlığı değeri. 2,646
- d. İnce agrega zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,732
- e. Fillerin zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,740
- f. Karışımın efektif özgül ağırlığı (deneyle)-Gef-deney .2,710
- g. Karışımın efektif özgül ağırlığı (hesapla)-Gef-hesap. 2,710
- h. Absorpsiyon yüzdesi (%) kaba agrega için:1,00 (Şartname limiti : $\leq 2,0$ (WA₂₄ 2,0) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- i. Absorpsiyon yüzdesi (%) ince agrega için: 1,20 (Şartname limiti: $\leq 2,0$ (WA₂₄ 2,0) ;KTŞ (2013) : 407/4)
- j. Donma kaybı yüzdesi (% (MgSO₄):4,50 (Şartname limiti: 16 (MS₁₆) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- k. Parçalanma Direnci (Los Angeles) yüzdesi (%): 18,60 (Şartname limiti: ≤ 27 (LA₂₇) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- l. Yassılık indeksi yüzdesi (%) . 13,62 (Şartname limiti: ≤ 25 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- m. Soyulma mukavemeti yüzdesi (%): 40-45 (Şartname limiti: ≥ 60 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- n. Metilen mavisi yüzde (%) :1,25 (Şartname limiti: $\leq 1,50$ MB_{1,5}) ; KTŞ (2013) : 407/4)

- o.** Kırılma yüzdesi (%) : 100 (Şartname limiti: $\geq 95 - \leq 0$ (C_{95/0}) ;KTŞ 2013:407/3)
- p.** Bitüm özgül ağırlığı: 1,030
- q.** Bitüm Penetrasyonu (dmm) :63
- r.** Yumuşama Noktası (°C) :51
- s.** İmalata kullanılacak bitümlü bağlayıcı: Batman Rafinerisi B 50/70 bitüm sınıfı Agregaya ve bitüme uygulanan deney sonuçlarının şartname limitleri içerisinde kaldığı (KTŞ (2013):407/3,407/4), soyulma mukavemetinin ise şartname limitini sağlamadığı (KTŞ (2013):407/3) tespit edilmiştir.Soyulma Mukavemetinin şartname limitini sağlaması için Karayolları Teknik Şartnamesinin Kısım 411'de belirtilen soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddelerinin kullanılarak şartname limitine getirilmesi sağlanmalıdır (KTŞ (2013) : Kısım 411) .

7.1.1.2 Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları

Dere malzemesi karışımın Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda,optimum bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde (%) 5,10 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- a)** Karışımındaki toplam optimum bitüm :5,10 (Şartname limiti:4-7;KTŞ (2013) : 407/6)
- b)** Pratik özgül ağırlık :2,403
- c)** Stabilite (kg) :1200 (Şartname limiti :Min900;KTŞ (2013) : 407/6)
- d)** Boşluk yüzdesi (%) :4,31 (Şartname limiti:3-5;KTŞ (2013) : 407/6)
- e)** Asfaltla Dolu Boşluk yüzdesi (%) :70,10 (Şartnamenlimiti:65-75; KTŞ (2013) : 407/6)
- f)** Agregalar arası boşluk (V.M.A) yüzdesi(%):14,4 (Şartname limiti:14-16;KTŞ (2013) : 407/6)
- g)** Akma(mm):3,10 (Şartname limiti: 2-4;KTŞ (2013) : 407/6) olduğu tespit edilmiştir.

Dere malzemesinin karışımına uygulanan deney sonuçlarının Karayolları Teknik Şartnamesinin (KTŞ (2013); 407/6) şartname limitleri içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Dere çakıl malzemesine ait 5 cm kalınlığında 1 m² asfalt betonun (Bitümlü Sıcak Karışım –BSK) aşınma tabakası için 2016 yılı Karayolları birim fiyatları kullanılarak yapılan

analiz sonucunda (Tablo 7.1) 'de 1 m² fiyatının 6,67 TL olduğu tespit edilmiştir (6,67 TL / m²).

Tablo 7.1: 5 cm Kalınlığında Dere Çakıl Malzemesinin 1 m² Asfalt Betonunun Aşınma Tabakası Yapılması Analizi (2016 Karayolları Birim Fiyatları ile).

İMALATIN ADI		5 CM. SIKIŞMIŞ KALINLIKTA 1 M ² ASFALT BETONU AŞINMA TABAKASI YAPILMASI (KIRILMIŞ VE ELENMİŞ ÇAKILLI MALZEME İLE) (TİP 1) (HERŞEY DAHİL)				
İMALATIN BİRİMİ		M ²	BİRİM FİYAT YILI			2016
Sıra	Birim	İŞİN CİNSİ	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı	TUTARI
No	Fiyat No				TL	TL
1	KGM/6405/E	5 cm. sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonunun aşınma tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş çakıllı malzeme ile) (tip 1)	1	m ²	5,62	5,62
2	07.006/K	Bitümlü yapıştırıcı nakli (Mort: 115 km)	0,0002	tn	25,45	0,01
3	KGM/4358	Katı Bitümlü malzemenin sarnıç veya tanklarda emiş derecesine kadar ısıtılması (Makine ile) (Mort: 115 km)	0,00576	tn	14,63	0,08
4	07.006/K	BSK malzemesinin plentten serim yerine taşınması (Mort: 35km)	0,120	tn	9,70	1,16
5	07.006/K	Bitümlü malzemenin rafineriden plent yerine nakli (Mort: 115 km)	0,00576	tn	25,45	0,15
6	07.005/K	Bitümlü sıcak karışımlar için gerekli agreganın konkasör yerinden plent sahasına nakli (M=1000mt)	0,11424	tn	1,51	0,17
7	07.005/K	Ocak konkasör arası taş nakli (M=1000mt)	0,11424	tn	0,93	0,11
					TOPLAM	6,67 TL
					TOPLAM 1 m ² FİYATI	6,67 TL

7.1.2 Bazalt Malzemesine (Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Konkasör Tesisleri) Uygulanan Deney Sonuçları

Aşınma tabakasında kullanılmak üzere Diyarbakır yöresine ait geyiktepe bazalt ocağından numune alınarak, asfalt betonunun fiziksel özelliklerinin etkisini araştırılması ve karışıma ait deneyler, Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliği laboratuvarında bazalt malzemesinin dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agrega ve bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

7.1.2.1 Agrega ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları

- Kaba agrega hacim özgül ağırlığı değeri :2,744
- Kaba agrega zahiri özgül ağırlığı değeri: 2,886
- İnce agrega hacim özgül ağırlığı değeri. 2,831

- d) İnce agrega zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,982
- e) Fillerin zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,841
- f) Karışımın efektif özgül ağırlığı (deneyle)-Gef-deney 2,854
- g) Karışımın efektif özgül ağırlığı (hesapla)-Gef-hesap. 2,854
- h) Absorpsiyon yüzdesi (%) kaba agrega için: 1,80 (Şartname limiti: $\leq 2,0$ (WA₂₄ 2,0) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- i) Absorpsiyon yüzdesi (%) ince agrega için: 1,79 (Şartname limiti: $\leq 2,0$ (WA₂₄ 2,0) ; KTŞ (2013) : 407/4)
- j) Donma kaybı yüzdesi (% (MgSO₄): 1,71 (Şartname limiti: 16 (MS₁₆) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- k) Parçalanma Direnci (Los Angeles) yüzdesi (%) : 20,6 (Şartname limiti: ≤ 27 (LA₂₇) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- l) Yassılık indeksi yüzdesi (%) : 10,08 (Şartname limiti: ≤ 25 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- m) Soyulma mukavemeti yüzdesi (%) : 50-55 (Şartname limiti: ≥ 60 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- n) Bitüm özgül ağırlığı: 1,030
- o) Bitüm Penetrasyonu (dmm) :63
- p) Yumuşama Noktası (°C) :50,5
- q) İmalata kullanılacak bitümlü bağlayıcı: Batman Rafinerisi B 50/70 bitüm sınıfı
- Agrega ve bitüme uygulana deney sonuçlarının şartname limitleri içerisinde kaldığı (KTŞ (2013):407/3,407/4), soyulma mukavemetnin ise şartname limitini sağlamadığı (KTŞ (2013):407/3) tespit edilmiştir.Soyulma Mukavemetinin şartname limitini sağlaması için Karayolları Teknik Şartnamesinin Kısım 411'de belirtilen soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddelerinin kullanılarak şartname limitine getirilmesi sağlanmalıdır (KTŞ (2013) : Kısım 411) .

7.1.2.2 Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları

Bazalt malzemesi karışımın Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda optimum bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde (%) 5, 30 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- a) Karışımındaki toplam optimum bitüm :5,30 (Şartname limiti:4-7;KTŞ

(2013) : 407/6)

- b) Pratik özgül ağırlık :2,507
- c) Stabilité (kg) :1200 (Şartname limiti :Min900;KTŞ (2013) :407/6)
- d) Boşluk yüzdesi (%) :4,33 (Şartname limiti :3-5;KTŞ (2013) :407/6)
- e) Asfaltla Dolu Boşluk yüzdesi (%) :70,2 (Şartname limiti : 65-75; KTŞ (2013) :407/6)
- f) Agregalar arası boşluk (V.M.A) yüzdesi (%) :14,5 (Şartname limiti : 14-16;KTŞ (2013) :407/6)
- g) Akma (mm):3, 10 (Şartname limiti: 2-4; KTŞ (2013) :407/6) olduğu tespit edilmiştir.

Bazalt malzemesi karışımına uygulanan deney sonuçlarının Karayolları Teknik Şartnamesinin (KTŞ (2013); 407/6) şartname limitleri içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Bazalt malzemesine ait 5 cm kalınlığında 1 m² asfalt betonun (Bitümlü Sıcak Karışım – BSK) aşınma tabakası için 2016 yılı Karayolları birim fiyatları kullanılarak yapılan analiz sonucunda (Tablo 7.2) 'de 1 m² fiyatının 9,22 TL olduğu tespit edilmiştir (9,22 TL / m²).

Tablo 7.2: 5 cm kalınlığında bazalt malzemesinin 1 m2 asfalt betonu aşınma tabakası yapılması analizi (2016 Karayolları birim fiyatları ile)

İMALATIN ADI		5 CM. SIKIŞMIŞ KALINLIKTA 1 M ² AŞINMA TABAKASI YAPILMASI (KIRILMIŞ VE ELENMİŞ TOPLAMA BAZALT TAŞ) (HERŞEY DAHİL) (İdare malı bitim ile)				
İMALATIN BİRİMİ		M ²	BİRİM FİYAT YILI			2016
Sıra No	Birim Fiat No	İŞİN CİNSİ	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	TUTARI (TL)
1	KGM/6454/M-T	5 cm Sıkışmış Kalınlıkta 1 m2 Asfalt Betonu Aşınma Tabakası Yapılması (Kırılmış ve elenmiş toplama bazalt taşı İle)	1	m2	7,54	7,54
2	07.006/K	Bitümlü yapıştırıcı nakli (115 KM)	0,0002	tn	25,45	0,01
3	KGM/4358	Taşıma dolayısıyla soğuyan bitümün ısıtılması (M=115 KM)	0,0058	tn	14,63	0,08
4	07.006/K	BSK malzemesinin plentten serim yerine taşınması (M=35 KM)	0,12	tn	9,70	1,16
5	07.006/K	Bitümlü Malzemenin rafineriden plent yerine nakli (M=115 KM)	0,0058	tn	25,45	0,15
6	07.005/K	Bitümlü sıcak karışımlar için gerekli agreganın konkasör yerinden plent sahasına nakli (M=1000 mt)	0,1142	tn	1,51	0,17
7	07.005/K	Ocak konkasör arası taş nakli (M=1000 MT)	0,1142	tn	0,93	0,11
TOPLAM:					9,22 TL	
TOPLAM 1 m2 FİYATI						9,22 TL

7.1.3 Kalker Taşı Malzemesine (Ergani Kalker Taşı) Uygulanan Deney Sonuçları

7.1.3.1 Agregata ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları

Ergani kalker malzemesi üzerinde yapılan fiziksel deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

- a. Donma kaybı yüzdesi (% (MgSO₄):22,93 (Şartname limiti: 16 (MS₁₆); KTŞ 2013:407/3)
- b. Parçalanma Direnci (Los Angeles) yüzdesi (%): 34,5 (Şartname limiti: ≤27 (LA₂₇); KTŞ (2013) : 407/3)
- c. Kaba agregata için özgül ağırlık ve su absorpsiyonu yüzde (%): 2,729 (Şartname limiti: ≤2,0 (WA₂₄ 2,0); KTŞ (2013) : 407/3)
(Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır) .

Yukarıda belirtilen deney sonuçlarından da anlaşılacağı üzere Diyarbakır ve yöresindeki kalker taşının agregata deneylerinin bir kısmı şartname limitlerini (KTŞ (2013):407/3) sağlamamıştır.

7.1.3.2 Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları

Ergani Kalker malzemesi ve AC 75/100 asfalt çimentosu ile hazırlanan Marshall Briketlerine göre uygulanan deney ve hesapların sonuçları aşağıda verilmiştir. Optimum Bitüm kuru agregata göre ağırlıkça yüzde (%) 5,45 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- a) Karışımındaki toplam optimum bitüm yüzde(%): 5,45 (Şartname limiti: 4-7; KTŞ (2013) : 407/6)
- b) Stabilitate (kg):778 (Şartname limiti:Min900;KTŞ (2013) : 407/6)
- c) Boşluk yüzdesi (%) :4,0 (Şartname limiti:3-5;KTŞ (2013) : 407/6)
- d) Asfaltla Dolu Boşluk yüzdesi (%) :80 (Şartname limiti :65-75; KTŞ (2013) : 407/6)
- e) Akma (mm):9,20 (Şartname limiti: 2-4;KTŞ (2013) : 407/6) olduğu tespit edilmiştir (Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır) .

Yukarıda belirtilen deney sonuçlarından da anlaşılacağı üzere Diyarbakır ve yöresindeki kalker malzemesinin agregata ve karışım deneylerinin bir kısmı şartname limitlerini (KTŞ (2013):407/6) sağlamamıştır.

7.2 BİNDER TABAKASINDA UYGULANAN DENEYLERİN SONUÇLARI

7.2.1 Dere Çakıl Malzemesine (Dicle Nehri Hasman Kum Çakıl) Uygulanan Deney Sonuçları

Binder tabakasında kullanılmak üzere Diyarbakır yöresine ait Dicle hasman çakıl ocağından numune alınarak, asfalt betonunun fiziksel özelliklerinin etkisini araştırılması ve karışıma ait deneyler, Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliği laboratuvarında dere malzemesinin dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agrega ve bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmiştir.

7.2.1.1 Agrega ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları

- a) Kaba agrega hacim özgül ağırlığı değeri :2,740
- b) Kaba agrega zahiri özgül ağırlığı değeri: 2,841
- c) İnce agrega hacim özgül ağırlığı değeri. 2,700
- d) İnce agrega zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,845
- e) Karışımın efektif özgül ağırlığı (deneyle)-Gef-deney .2,712
- f) Karışımın efektif özgül ağırlığı (hesapla)-Gef-hesap. 2,712
- g) Fillerin zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,904
- h) Absorpsiyon yüzdesi (%) kaba agrega için: 1,31 (Şartname limiti : $\leq 2,5$ (WA_{242,5}) ;KTŞ (2013) : 407/3)
- i) Absorpsiyon yüzdesi (%) ince agrega için: 1,89 (Şartname limiti: $\leq 2,5$ (WA_{242,5}) ;KTŞ (2013) : 407/4)
- j) Donma kaybı yüzdesi (% (MgSO₄): 0,98 (Şartname limiti: 18 (MS₁₈) ;KTŞ (2013) : 407/3)
- k) Parçalanma Direnci (Los Angeles) yüzdesi (%):18,70 (Şartname limiti: ≤ 30 (LA₃₀) ;KTŞ (2013) : 407/3)
- l) Yassılık indeksi yüzdesi (%) . 13,40 (Şartname limiti: ≤ 30 ;KTŞ (2013) : 407/3)
- m) Soyulma mukavemeti yüzdesi (%) : 30-35 (Şartname limiti: ≥ 60 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- n) Bitüm özgül ağırlığı: 1,030
- o) Bitüm Penetrasyonu (dmm) :64
- p) Yumuşama Noktası (°C) :49

q) İmalata kullanılacak bitümlü bağlayıcı: Batman Rafinerisi B 50/70 bitüm sınıfı Agregaya ve bitüme uygulanan deney sonuçlarının şartname limitleri içerisinde kaldığı (KTŞ (2013):407/3,407/4), soyulma mukavemetinin ise şartname limitini sağlamadığı (KTŞ (2013):407/3) tespit edilmiştir. Soyulma Mukavemetinin şartname limitini sağlaması için Karayolları Teknik Şartnamesinin Kısım 411'de belirtilen soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddelerinin kullanılarak şartname limitine getirilmesi sağlanmalıdır (KTŞ (2013) : Kısım 411) .

7.2.1.2 Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları

Dere malzemesi karışımın Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde(%) 4,40 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- a) Karışımındaki toplam optimum bitüm :4,40 (Şartname limiti:3,5-6,5;KTŞ (2013) : 407/6)
- b) Pratik özgül ağırlık :2,424
- c) Stabilité (kg) :1390 (Şartname limiti:Min750;KTŞ (2013) : 407/6)
- d) Boşluk yüzdesi (%) :4,47 (Şartname limiti:4-6;KTŞ (2013) ; 407/6)
- e) Asfaltla Dolu Boşluk yüzdesi (%) :65,60 (Şartname limiti :60-75;KTŞ (2013) : 407/6)
- f) Agregalar arası boşluk (V.M.A) yüzdesi(%): 13 (Şartname limiti: 13-15;KTŞ (2013) : 407/6)
- g) Akma (mm):3,50 (Şartname limiti:2-4;KTŞ (2013) : 407/6) olduğu tespit edilmiştir.

Dere malzemesi karışımına uygulanan deney sonuçlarının Karayolları Teknik Şartnamesinin (KTŞ (2013); 407/6) şartname limitleri içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Dere malzemesine ait 8 cm kalınlığında 1 m² asfalt betonun (Bitümlü Sıcak Karışım – BSK) aşınma tabakası için 2016 yılı Karayolları birim fiyatları kullanılarak yapılan analiz sonucunda (Tablo 7.3) 1 m² fiyatının 10,40 TL olduğu tespit edilmiştir(10,40 TL / m²).

Tablo 7.3: 8 cm Kalınlığında Çakıl Malzemesinin 1 m2 Asfalt Betonu Binder Tabakası Yapılması Analizi (2016 Karayolları Birim Fiyatları ile)

İMALATIN ADI		8 CM SIKIŞMIŞ KALINLIKTA 1 M2 ASFALT BETONU BİNDER TABAKASI YAPILMASI (KIRILMIŞ VE ELENMİŞ ÇAKILLI MALZEME İLE) (İDARE MALİ BİTÜM İLE)				
İMALATIN BİRİMİ		M2	BİRİM FİYAT YILI			2016
Sıra No	Birim Fiat No	Birim Fiat No	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	TUTARI (TL)
1	6308-D	8 cm.Sıkışmış Kalınlıkta 1 m2 Asfalt Betonu Binder tabakası yapılması (Konkasörle Kırılmış ve Elenmiş Çakıllı Malzeme İle)	m ²	1,0000	8,73TL	8,73TL
2	KGM/4358	Taşıma dolayısıyla soğuyan bitümün ısıtılması(M=100 KM)	ton	0,008256	12,72TL	0,11TL
3	07.006/K	BSK malzemesinin plentten serim yerine taşınması(M=10 Km)	ton	0,1920	4,78TL	0,92TL
4	07.006/K	Bitümlü malzemenin rafineriden plent yerine nakli(M=100 KM)	ton	0,008256	22,50TL	0,19TL
5	07.005/K	Bitümlü sıcak karışımlar için gerekli agreganın konkasör yerinden plent sahasına nakli(M=1 KM)	ton	0,1837	1,51TL	0,28TL
6	07.005/K	Ocak konkasör arası taş nakli(M=1000 MT)	ton	0,1837	0,93TL	0,17TL
7	07.006/K	Bitümlü yapıştırıcı nakli (100 Km)	ton	0,0002	22,50TL	0,00 TL
TOPLAM						10,40 TL
TOPLAM 1 m² FİYATI						10,40 TL

7.2.2 Bazalt Malzemesine (Diyarbakır Geyiktepe Bazalt Konkasör Tesisleri) Uygulanan Deneysel Sonuçları

7.2.2.1 Agregaya ve Bitüme Uygulanan Deneysel Sonuçları

Binder tabakasında kullanılmak üzere Diyarbakır yöresine ait geyiktepe bazalt ocağından numune alınarak, asfalt betonunun fiziksel özelliklerinin etkisini araştırılması ve karışıma ait deneyler, Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliği laboratuvarında bazalt malzemesinin dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregaya ve bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Kaba agregaya hacim özgül ağırlığı değeri :2,769
- Kaba agregaya zahiri özgül ağırlığı değeri: 2,924
- İnce agregaya hacim özgül ağırlığı değeri. 2,841
- İnce agregaya zahiri özgül ağırlığı değeri. 3,012

- e) Karışımın efektif özgül ağırlığı (deneyle)-Gef-deney : 2,879
- f) Karışımın efektif özgül ağırlığı (hesapla)-Gef-hesap: 2,878
- g) Fillerin zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,918
- h) Absorpsiyon yüzdesi (%) kaba agrega için: 1,92 (Şartname limiti : $\leq 2,5$ (WA_{242,5}) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- i) Absorpsiyon yüzdesi (%) ince agrega için: 2,0 (Şartname limiti: $\leq 2,5$ (WA_{242,5}) ; KTŞ (2013) : 407/4)
- j) Donma kaybı yüzdesi (% (MgSO₄): 6,4 (Şartname limiti: 18 (MS₁₈) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- k) Parçalanma Direnci (Los Angeles) yüzdesi (%) : 17,80 (Şartname limiti: ≤ 30 (LA₃₀) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- l) Yassılık indeksi yüzdesi (%) : 19,27 (Şartname limiti: ≤ 30 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- m) Soyulma mukavemeti yüzdesi (%) : 65-70 (Şartname limiti: ≥ 60 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- n) Bitüm özgül ağırlığı: 1,030
- o) Bitüm Penetrasyonu (dmm) : 65
- p) Yumuşama Noktası (°C) : 50,5
- q) İmalata kullanılacak bitümlü bağlayıcı: Batman Rafinerisi B 50/70 bitüm sınıfı
Agrega ve bitüme uygulana deney sonuçlarının şartname limitleri içerisinde kaldığı (KTŞ (2013):407/3,407/4) tespit edilmiştir.

7.2.2.2 Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları

Bazalt malzemesi karışımın Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde(%)5,25 olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- a) Karışımındaki toplam optimum bitüm :5,25 (Şartname limiti:3,5-6,5 ; KTŞ (2013) : 407/6)
- b) Pratik özgül ağırlık :2,504
- c) Stabilitate (kg) :1150 (Şartname limiti:Min750 ; KTŞ (2013) : 407/6)
- d) Boşluk yüzdesi (%) :5,24 (Şartname limiti:4-6 ; KTŞ (2013) : 407/6)
- e) Asfaltla Dolu Boşluk yüzdesi (%) :65,30 (Şartname limiti :60-75 ;

KTŞ (2013) : 407/6)

f) Agregalar arası boşluk (V.M.A) yüzdesi(%): 15 (Şartname limiti: 13-15;KTŞ (2013) : 407/6)

g) Akma (mm):2,95 (Şartname limiti: 2-4;KTŞ (2013) : 407/6) olduğu tespit edilmiştir.

Bazalt malzemesinin karışımına uygulanan deney sonuçlarının Karayolları Teknik Şartnamesinin (KTŞ (2013); 407/6) şartname limitleri içersinde kaldığı tespit edilmiştir.

Bazalt malzemesine ait 8 cm kalınlığında 1 m² asfalt betonun (Bitümlü Sıcak Karışımın-BSK) aşınma tabakası için 2016 yılı Karayolları birim fiyatları kullanılarak yapılan analiz sonucunda (Tablo 7.4) 1 m² fiyatının 13,49 TL olduğu tespit edilmiştir (13,49 TL / m²).

Tablo 7.4: 8 cm kalınlığında bazalt malzemesinin 1 m2 asfalt betonu BİNDER tabakası yapılması analizi (2016 Karayolları birim fiyatları ile)

İşin adı		8 CM. SIKIŞMIŞ KALINLIKTA 1 M2 ASFALT BETONU BİNDER TABAKASI YAPILMASI (Konkasörle Kırılmış ve Elenmiş Toplama Bazalt taş) (İDARE MALİ BİTÜM İLE HER ŞEY DAHİL)				
İMALATIN BİRİMİ		M ²	BİRİM FİYAT YILI			2016
Sıra No	Birim Fiyat No	İŞİN CİNSİ	Miktarı	Birimi	Birim Fiyat (TL)	TUTARI (TL)
1	6308-T	8 cm.sıkışmış kalınlıkta 1 m2 asfalt betonu binder tabakası yapılması (Konkasörle Kırılmış ve Elenmiş Toplama Bazalt Taş)	1,000000	M2	11,79	11,79
2	KGM/4358	Taşıma dolayısıyla soğuyan bitümün ısıtılması(M=100 KM)	0,009216	TN	12,72	0,12
3	07.006/K	BSK malzemesinin plenten serim yerine taşınması(M=10 km)	0,192000	M3	4,78	0,92
4	07.006/K	Bitümlü malzemenin rafineriden plent yerine nakli(M=100 KM)	0,009216	M3	22,50	0,21
5	07.005/K	Bitümlü sıcak karışımlar için gerekli agreganın konkasör yerinden plent sahasına nakli(M=1 KM)	0,182784	M3	1,51	0,28
6	07.005/K	Ocak konkasör arası taş nakli(M=1000 MT)	0,182784	M3	0,93	0,17
7	07.006/K	Bitümlü yapıştırıcı nakli (100 KM)	0,000200	TN	22,50	0,00
TOPLAM						13,49 TL

7.2.3 Kalker Malzemesine (Diyarbakır Çağçağ Konkasör Tesisleri) Uygulanan Deneyler

7.2.3.1 Agregata ve Bitüme Uygulanan Deney Sonuçları

Binder tabakasında kullanılmak üzere Diyarbakır yöresine ait çağçağ konkasör tesisleri ocağından numune alınarak, asfalt betonunun fiziksel özelliklerinin etkisini araştırılması ve karışıma ait deneyler, Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Başmühendisliği laboratuvarında kalker malzemesinin dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregata ve bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmiştir.

- a) Kaba agregata hacim özgül ağırlığı değeri :2,740
- b) Kaba agregata zahiri özgül ağırlığı değeri: 2,841
- c) İnce agregata hacim özgül ağırlığı değeri. 2,700
- d) İnce agregata zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,845
- e) Karışımın efektif özgül ağırlığı (deneyle)-Gef-deney :2,699
- f) Karışımın efektif özgül ağırlığı (hesapla)-Gef-hesap: 2,699
- g) Fillerin zahiri özgül ağırlığı değeri. 2,904
- h) Absorpsiyon yüzdesi (%) kaba agregata için: 1,31 (Şartname limiti : $\leq 2,5$ (WA_{242,5}) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- i) Absorpsiyon yüzdesi (%) ince agregata için: 1,89 (Şartname limiti: $\leq 2,5$ (WA_{242,5}) ; KTŞ (2013) : 407/4)
- j) Metilen mavisi (gr/kg):1,0 (Şartname limiti: $\leq 1,50$ MB_{1,5}) ; KTŞ (2013) : 407/4)
- k) Parçalanma Direnci (Los Angeles) yüzdesi (%) : 28,70 (Şartname limiti: ≤ 30 (LA₃₀) ; KTŞ (2013) : 407/3)
- l) Yassılık indeksi yüzdesi (%) : 13,20 (Şartname limiti: ≤ 30 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- m) Soyulma mukavemeti yüzdesi (%) : 30-35 (Şartname limiti: ≥ 60 ; KTŞ (2013) : 407/3)
- n) Bitüm özgül ağırlığı: 1,030
- o) Bitüm Penetrasyonu (dmm) :61
- p) Yumuşama Noktası (°C) :51
- q) İmalata kullanılacak bitümlü bağlayıcı: Batman Rafinerisi B 50/70 bitüm sınıfı

Agrega ve bitüme uygulana deney sonuçlarının şartname limitleri içerisinde kaldığı (KTŞ (2013):407/3,407/4), soyulma mukavemetnin ise şartname limitini sağlamadığı (KTŞ (2013):407/3) tespit edilmiştir.Soyulma Mukavemetinin şartname limitini sağlaması için Karayolları Teknik Şartnamesinin Kısım 411’de belirtilen soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddelerinin kullanılarak şartname limitine getirilmesi sağlanmalıdır (KTŞ (2013) : Kısım 411) .

7.2.3.2 Karışıma Uygulanan Deney Sonuçları

Kalker malzemesi karışımın Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça yüzde(%) 4,65 (85 gr agrega+15 gr kazıma malzemesi +3,80 gr bitüm) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir. Marshall Briketleri 140 °C – 145°C’ de sıkıştırılmıştır.

- a) Karışımındaki toplam optimum bitüm :4,65 (Şartname limiti:3,5-6,5;KTŞ (2013) : 407/6)
- b) Karışımındaki eklenecek yeni bitüm (85 gr kuru agrega +15 gr kazıma malzemesi):3,80
- c) Pratik özgül ağırlık :2,402
- d) Stabilite (kg) :1150 (Şartname limiti:Min750;KTŞ (2013) : 407/6)
- e) Boşluk yüzdesi (%) :4,59 (Şartname limiti:4-6;KTŞ (2013) : 407/6)
- f) Asfaltla Dolu Boşluk yüzdesi (%) :63,0 (Şartname limiti :60-75;KTŞ (2013) : 407/6)
- g) Agregalar arası boşluk (V.M.A) yüzdesi(%): 13 (Şartname limiti: 13-15;KTŞ (2013) : 407/6)
- h) Akma (mm):3,50 (Şartname limiti:2-4;KTŞ (2013) : 407/6) olduğu tespit edilmiştir.

Kalker malzemesine karışımına uygulanan deney sonuçlarının Karayolları Teknik Şartnamesinin (KTŞ; 407/6) şartname limitleri içerisinde kaldığı tespit edilmiştir.

Kalker malzemesine ait 8 cm kalınlığında 1 m² asfalt betonun (Bitümlü Sıcak Karışımın–BSK) Binder tabakası için 2016 yılı Karayolları birim fiyatları kullanılarak yapılan analiz sonucunda (Tablo 7.5) 1 m² fiyatının 11,61 TL olduğu tespit edilmiştir(11,61 TL/ m²).

Tablo 7. 5: 8 cm kalınlığında Kalker malzemesinin 1 m² asfalt betonu binder tabakası yapılması analizi (2016 Karayolları birim fiyatları ile)

İşin adı		8 CM. SIKIŞMIŞ KALINLIKTA 1 M ² ASFALT BETONU BİNDER TABAKASI YAPILMASI (KALKER KIRILMIŞ VE ELENMİŞ OCAK TAŞI İLE) (HER ŞEY DAHİL) (idare malı bitüm ile)				
İMALATIN BİRİMİ		M ²	BİRİM FİYAT YILI			2016
Sıra No	Birim Fiyat No	İŞİN CİNSİ	Miktarı	Birimi	2016 Yılı Birim Fiyatı (TL)	TUTARI (TL)
1	KGM/6308	8 cm. sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonu binder tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile)	1	M2	9,94	9,94
2	KGM/4358	Taşıma dolayısıyla soğuyan bitümün ısıtılması(M=100KM)	0,00826	TN	12,72	0,11
3	07.006/K	BSK malzemesinin plentten serim yerine taşınması(M=10 km)	0,192	TN	4,78	0,92
4	07.006/K	Bitümlü malzemenin rafineriden plent yerine nakli(M=100KM)	0,00826	TN	22,50	0,19
5	07.005/K	Bitümlü sıcak karışımlar için gerekli agreganın konkasör yerinden plent sahasına nakli (M=1000 MT)	0,18374	TN	1,51	0,28
6	07.005/K	Ocak konkasör arası taş nakli (M=1000 MT)	0,18374	TN	0,93	0,17
7	4.611/1A NA	Bitümlü yapıştırıcı nakli (100 KM)	0,0002	TN	22,50	0,00
TOPLAM						11,61 TL

7.3 SONUÇ VE ÖNERİLER

7.3.1 Aşınma Takabası için Sonuç ve Öneriler

Aşınma tabakası için yapılan agrega bitüm ve karışıma uygulanan deneylerin sonucunda Kalker malzemesine uygulanan deneylerin bir kısmının şartname limitlerini taşımadığı tespit edilmiştir.

Dere ve bazalt malzemelerinin üzerinde yapılan deney ve elde edilen sonuçlara göre dere ve bazalt malzemelerinin şartname limitlerini sağladığı, sadece soyulmaya mukavemeti değerinin şartname limitlerini sağlamadığı tespiti yapılmıştır. Soyulma Mukavemetinin şartname limitini sağlaması için Karayolları Teknik Şartnamesinin Kısım 411'de belirtilen soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddelerinin kullanılarak şartname limitine

getirilmesi sağlanmalıdır (KTŞ (2013) ; Kısım 411) .

Dere malzemesine Marshall metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizaynda; agreg ve bitüme uygulanan deneyler ile karışıma uygulanan deneyler sonucunda; optimum bitüm oranının yüzde 5, 10 olduğu, akmanın ise 3, 10 olduğu tespit edilmiştir.

Bazalt malzemesine Marshall metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizaynda; agreg ve bitüme uygulanan deneyler ile karışıma uygulanan deneyler sonucunda; optimum bitüm oranının yüzde 5, 30 olduğu, akmanın ise 3, 10 olduğu tespit edilmiştir.

Dere ve bazalt malzemelerinin aynı mesafede olması koşulu ile 2016 yılı Karayolları birim fiyatlarına göre yapılan analiz sonucunda; 5 cm aşınma tabakasının dere malzemesi ve idare malı bitüm kullanılarak yapılması halinde 1 m² yolun fiyatı 6,67 TL'dir (6,67 TL/m²). Bazalt malzemesinin kullanılarak yapılması halinde ise 1 m² yolun fiyatı ise 9, 22 TL'dir (9, 22 TL/m²).

Optimum bitüm, akma ve yolun maliyet analizi beraber değerlendirildiğinde, dere malzemesinin seçilmesi teknik açıdan uygun kaynakların verimli kullanılması açısından ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır.

Dere ve bazalt malzemelerinin Soyulma mukavemetinin şartname limitine getirilmesi için Karayolları Teknik Şartnamesinin (2013) Kısım 411'de belirtilen şekilde, kullanılacak kimyasal katkı malzemeler veya kirecin uygunluğu ve kullanım oranı ile ilgili soyulma deneyleri yapılmalı, yapılacak deneylerin uygunluğuna müteakip kullanım oranları ve bu kullanım oranlarına göre detaylı bir çalışma ile fiyat mukayesesi yapılarak malzeme seçiminin yapılması uygun olacaktır.

7.3.2 Binder Takabası için Sonuç ve Öneriler

Binder tabakası için dere, bazalt ve kalker malzemelerinin üzerinde yapılan deney ve elde edilen sonuçlara göre dere, bazalt ve kalker malzemelerinin şartname limitlerini sağladığı, sadece dere ve kalker malzemelerinin soyulma mukavemeti şartname limitlerini sağlamadığı tespiti yapılmıştır. Soyulma Mukavemetinin şartname limitini sağlaması için Karayolları Teknik Şartnamesinin Kısım 411'de belirtilen soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddelerinin kullanılarak şartname limitine getirilmesi sağlanmalıdır (KTŞ (2013) ; Kısım 411) .

Marshall metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda; Agreg ve bitüme uygulanan deneyler ile karışıma uygulanan deneyler sonucunda; Dere malzemesine ait optimum bitüm yüzde 4, 40 olduğu ve akmanın 3, 50 olduğu tespit edilmiştir. Bazalt

malzemesinin optimum bitüm oranının yüzde 5, 25 olduğu, akmanın ise 2, 95 olduğu tespit edilmiştir. Kalker malzemesinin optimum malzemesinin 4, 65 ve akmanın ise 3, 50 olduğu tespit edilmiştir.

Dere, bazalt ve kalker malzemelerinin aynı mesafede olması koşulu ile 2016 yılı Karayolları birim fiyatlarına göre yapılan analiz sonucunda; 8 cm binder tabakasını dere malzemesi ve idare malı bitüm kullanılarak yapılması halinde 1 m² yolun fiyatının 10,40 TL'dir (10,40 TL/m²). Kalker malzemesinin kullanılarak yapılması halinde ise 1 m² yolun fiyatı ise 11, 61 TL'dir (11, 61 TL/m²). Bazalt malzemesinin kullanılması halinde 1 m² yolun fiyatının 13, 49 TL'dir (13, 49 TL/m²).

Optimum bitüm, akma ve yolun maliyet analizi beraber değerlendirildiğinde, dere malzemesinin seçilmesi teknik açıdan uygun kaynakların verimli kullanılması açısından ekonomik olduğu sonucuna varılmaktadır.

Dere ve kalker malzemelerinin Soyulma mukavemetinin şartname limitine getirilmesi için Karayolları Teknik Şartnamesinin (2013) Kısım 411'de belirtilen şekilde, kullanılacak kimyasal katkı malzemeler veya kirecin uygunluğu ve kullanım oranı ile ilgili soyulma deneyleri yapılmalı, yapılacak deneylerin uygunluğuna müteakip kullanım oranları ve bu kullanım oranlarına göre detaylı bir çalışma ile fiyat mukayesesi yapılarak malzeme seçiminin yapılması uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar:

Tekin, A., 1997. Anadolunun Taşlara Yazıldığı Kent. 33s. Diyarbakır

Tuncer, O.C., 2002. Diyarbakır Kiliseleri. Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Kültür ve Sanat Yayınları

Şenol Ahmet (2010). "Karayolu Üst Yapısı" Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sivas.

Ulaş Duygu (2014). "Bitümlü Sıcak Karışım Tipleri" Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bartın.

Önal, MA, Karaca, S, (1990), Asphalt Betonu Karışım Dizayn Metotları, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.

Umar, F, Açar, E, (1991), Yol Üst Yapısı, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Geçkil Tacettin (2012). "Düktilite Deneyi" İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Deney Kitapçığı, Malatya.

Atatürk Üniversitesi (2008). "Deney Föyleri" Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum.

DEÜ (2014). "Yapı Malzemesi" Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Niğde Üniversitesi (2013). "Agrega Deneyleri" Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Niğde.

Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ) -2006-2013

Sürelî Yayınlar:

AKBULUT, H., İağa, Y., & Gürer, C. (2003). Atık Agregaların Asfalt Yol Kaplamalarında Tekrar Kullanım İmkanları ve CEN Standartları. *III. Ulusal Kırmata Sempozyumu, İstanbul.*

Akkoç Emel (2002). " Agregaların Mekanik Özellikleri İle Dokusal Özellikleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

ALATAŞ, T., AHMEDZADE, P., & DOĞAN, Y. (2006). Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanılan Agregaların Cinsinin Kaplamanın Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Der.*, 18(1), 79-89.

Atabey Volkan (2012). "Agrega Deneyleri" <https://www.volkanatabey.com.tr/>.

Atasağun Neslihan (2009). " Piroliz Yöntemi Kullanılarak Sıvılaştırılmış Çörek Otu Küspesi ile Modifiye Edilen Bitümlü Bağlayıcıların Reolojik Özellikleri" Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Bedirhanoglu İdris (2011). "Yapı Malzemesi", Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.

ağlayan, M., Haberveren, S., İpekoğlu, B., & Kurşun, İ. (1999). Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş "İSTON", *2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.*

Doğan Hasan (2011). "Agregalardaki Tozluluk Derecesinin Bitüm Bağlayıcılar Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması" Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.

Gürer, C., Akbulut, H., & etin, S. (2011). AFYONKARAHİSAR ŞEHİR İÇİ KAPLAMALARINDA KULLANILAN AGREGALARIN KAYMA DİRENCİ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 13(2).

Kaya, M. (2011). Türkiye coğrafi bölgeleri için bitümlü bağlayıcıların performans derecelerinin belirlenmesi ve SBS katkılı gözlem yolu yapılması (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

- MEB (2006). "Agrega Deneyleri" Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Geliştirilmesi Projesi İnşaat Alanı, Ankara.
- Orhan Fatma (2012). "Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları", Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- UÇAR, H., & ANIL, M. (2008). Kırmataşların Beton Agregasında Ve Hazır Beton Tesislerinde Kullanılma Kriterleri Örnek Uygulama Sağlıklı Köyü Kalker Ocağı.
- Asi, IM, (2007), Performance evaluation of SUPERPAVE and Marshall asphalt mix designs to suite Jordan climatic and traffic conditions, Construction and Building Materials, 21, 1732-1740.
- Acar, A., 2002. Diyarbakır Karacadağ Bazaltlarının Endüstriyel Amaçlı Kullanım Alanları. Yüksek Lisans Tezi Maden Müh. Anabilim Dalı, Diyarbakır
- Erkan, Y., 1995. Magmatik Petrografi. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendislik Bölümü Raporu 44s. Ankara
- Halifeoğlu , M., Dalkılıç, N., 2002. Tarihten Günümüze Diyarbakır Bazaltının gelişim süreci ve bugünkü kullanım alanları. I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, 9-13 Ekim, 570- 579s. İstanbul
- A.Sertaç Karakaş, Barış Sayın ve Cemil Akçay BMYS 2010 (14–16 Ekim 2010) İ.Ü. Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, 34116, İstanbul
- Uzm.A.Sertaç Karakaş, Prof.Bekir YILDIRIM Dicle Üni.Müh.Mim.Fak.-Diyarbakır
- Kuloğlu, N., Yılmaz, M. Ve KÖK, B. V. 2008 Farklı Penetrasyon Derecelerine Sahip Asfalt Çimentolarının Kalıcı Deformasyona Karşı Dayanımlarının Ve İşlenebilirliklerinin İncelenmesi Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi **13** (1)
- TIRMAN, S., Bitümlü Kaplamalara Uygulanan Deneyler. Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü Araştırma Baş Mühendisliği. Yayın No:2. Diyarbakır

Diğer Yayınlar

TS EN 1367-1 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi (Donma Deneyi) TS EN
1367-2 Agregaların Parçalanma Direncinin Tayini

TS EN 1097-6 Agregaların Tane Yoğunluğu Ve Su Emme Oranı Deneyi TS EN 1097-
6 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Tayini

TS 3529 Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tespiti

TS 9582 EN 933-3 Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler TS EN 1426
Penetrasyon Deneyi

TS 120 EN 1427 Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar - Yumuşama Noktası Tayini ve
Halka Bilye Metodu

TS 118 EN 1426 Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar - İğne Batma Derinliği Tayini TS
119 Bitümlü Maddelerin Düktilite Deneyi için Metot

TS EN 12607-1 Bitümlü Maddelerde Isıtma Etkisinin Tayini – Dönel ince Film
Halinde Isıtma Kaybı Metodu

TS EN ISO 2592 Parlama Yanma Noktası Tayini Deneyi

TS 1087 Bitümlü Maddelerde Özgül Ağırlık Tayini (Hidrometre, Piknometre ve Su
İçinde Tartma Metotları İle)

TS 1090 EN 12592 Bitümler Ve Bitümlü Bağlayıcılar - Çözünürlük Tayini TS 117
Saybot-Furol Viskozitesi Deneyi

TS EN 15326 Bitüm Özgül Ağırlık Deneyi KGM, Karayolları Teknik Şartnamesi,
2006 KGM, Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013 BS 812 Yassılık İndeksi
Deneyi

TS EN 12697-12 A Bitümlü numunelerin suya duyarlılığının tayini

TS EN 12697-23 Bitüm numunelerinin gerilme mukavemetinin dolaylı tayini

ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Hüseyin DAYAN
- Sürekli Adresi** : Yüksek Öğrenim Kredi ve Yurtlar Kurumu Diyarbakır İl Müdürlüğü İnşaat Emlak Şube Müdürü **(Diyarbakır)**
- Doğum Yeri ve Yılı** : Dicle-01/01/1971
- Yabancı Dili** : İngilizce
- İlk Öğretim** : Dicle Atatürk İlkokulu- **Dicle/ (Diyarbakır)**
- Orta Öğretim** : Dicle Lisesi- **Dicle/ (Diyarbakır)**
- Lisans** : Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü - **(Diyarbakır)**
- Çalışma Hayatı:**
- Deneyimler** :
- 1997-1999 :Özel Sektörde Şantiye Şefi
- 1999– 2001 : Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Öğretim elemanı (Uzman) **(Diyarbakır)**
- 2001 - 2010 : Diyarbakır Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü İnşaat Mühendisi **(Diyarbakır)**
- 2010-2011 : Erzurum Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü Şube Müdürü **(Erzurum)**
- 2011-2012 : Erzurum Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Şube Müdürü **(Erzurum)**
- 2012-2014 : Diyarbakır Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Şube Müdürü **(Diyarbakır)**
- 2014-2016 : Mardin Artuklu Üniversitesi Şube Müdürü **(Mardin)**
- 2016-..... : Gençlik ve Spor Bakanlığı Yüksek Öğrenim Kredi ve Yurtlar Kurumu Genel Müdürlüğü Diyarbakır İl Müdürlüğü İnşaat Emlak Şube Müdürü **(Diyarbakır)**