

AFYONKARAHİSAR BÖLGESİ VOLKANİK KAYAÇLARIN
SICAK KARIŞIM ASFALT KAPLAMALARINDA
AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS

SEDAT ÇETİN

DANIŞMAN

DOÇ.DR. HÜSEYİN AKBULUT

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ 2007

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AFYONKARAHİSAR BÖLGESİ VOLKANİK KAYAÇLARIN
SICAK KARIŞIM ASFALT KAPLAMALARINDA
AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

SEDAT ÇETİN

DANIŞMAN

DOÇ.DR. HÜSEYİN AKBULUT

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ 2007

ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT danışmanlığında,

Sedat ÇETİN tarafından hazırlanan

“AFYONKARAHİSAR BÖLGESİ VOLKANİK KAYAÇLARIN SICAK
KARIŞIM ASFALT KAPLAMALARINDA AGREGA OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI”

başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/06/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Prof.Dr.Mustafa KARAŞAHİN	
Üye	Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT	
Üye	Yrd.Doç.Dr.Osman ÜNAL	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç.Dr.Emine SOYTÜRK
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
TEŞEKKÜR	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1 Doğal Agregalar	4
2.1.1 Sedimanter Kayaçlar (Çökelim)	5
2.1.2 Metamorfik Kayaçlar	6
2.1.3 Magmatik Kayaçlar (Volkanik)	6
3.MATERYAL ve METOT	13
3.1 Materyal	13
3.1.1 Agregalar	13
3.1.2 Bitüm (AC)	14
3.2 Metot	14
3.2.1 Mineral Agrega Numunelerinin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	15
3.2.1.1 Kaba Agregalar İçin Özgül Ağırlık Deneyleri ve Su Absorpsiyonu	15
3.2.1.2 İnce Agregalar İçin Özgül Ağırlık Deneyleri ve Su Absorpsiyonu	16
3.2.1.3 Mineral Filler Zahiri Özgül Ağırlığının Tayini	17
3.2.1.4 Sıkışık ve Gevşek Birim Hacim Ağırlık Deneyleri	18
3.2.1.4.1 Sıkışık Birim Hacim Ağırlık Deneyi	18
3.2.1.4.2 Gevşek Birim Hacim Ağırlık Deneyi	19
3.2.1.5 Agrega Gradasyonu	19
3.2.1.6 Çamurlu Madde Miktarı Tayini	20
3.2.1.7 Los Angeles Aşınma Dayanımının Tespiti	21

3.2.1.8	Agrega Darbelenme Değerinin Tayini	22
3.2.1.9	Agregalar İçin Yassılık İndeksi Değeri Tayini	24
3.2.1.10	Agregaların Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık (Donma) Deneyi	25
3.2.2	Asfalt Deneyleri	27
3.2.2.1	Penetrasyon Deneyi	27
3.2.2.2	Marshall Metodu ile Karışım Dizaynı	27
3.2.2.3	Marshall Stabilite ve Akma Deneyi	31
3.2.2.4	Optimum Bitüm Yüzdesinin Belirlenmesi	32
3.2.2.5	Tekerlek İzinde Deformasyon Deneyi	34
3.2.2.6	Mekanik Batırma Deneyi	35
3.2.3	Kaplama Karışım Hesapları İçin Gerekli Bağıntılar	36
3.2.3.1	Agrega Efektif Özgöl Ağırlığının Tayini	36
3.2.3.2	Bitüm Absorpsiyon Yüzdesinin Hesaplanması	36
3.2.3.3	Kaplama Karışımının Efektif Bitüm Yüzdesinin Hesaplanması	37
3.2.3.4	Farklı Bitüm Miktarlarında Hazırlanan Karışımın Maksimum Özgöl Ağırlığının Tayini	37
3.2.3.5	Sıkıştırılmış Kaplama Karışımında Yüzde VMA Hesabı	38
3.2.3.6	Sıkıştırılmış Kaplama Karışımındaki Hava Boşluğu ve V_f Yüzdesinin Hesaplanması	39
4.	BULGULAR	41
4.1	Mineral Agreganın Fiziksel Özellikleri İlgili Deney Sonuçları	41
4.1.1	Özgöl Ağırlık ve Su Emme Deneyi Sonuçları	41
4.1.2	Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları	42
4.1.3	Karışımarda Kullanılacak Agregada Gradasyonu	42
4.1.4	Çamurlu Madde Miktarı Tayini Sonuçları	44
4.1.5	Los Angeles Aşınma Deneyi Sonuçları	44
4.1.6	Agrega Darbelenme Deneyi Sonuçları	45
4.1.7	Agrega Yassılık İndeksi Deney Sonuçları	46
4.1.8	Agregaların Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık Deney Sonuçları	46
4.2	Asfalt Karışımlarla İlgili Deney Sonuçları	48
4.2.1	Bitüm Özellikleri	48
4.2.2	Marshall Metodu ile Optimum Bitüm Yüzdesinin Belirlenmesi	48

4.2.3 Tekerlek İzinde Deformasyon Deneyi Sonuçları	55
4.2.4 Mekanik Batırma Deney Sonuçları	56
4.3 Jeolojik Analiz Sonuçları	57
5.TARTIŞMA ve SONUÇ	62
6.KAYNAKLAR	65
İnternet Kaynakları	70
EKLER	
Ek 1. VT Numunesi İçin Marshall Dizayn Sonuçları	xii
Ek 2. VK Numunesi İçin Marshall Dizayn Sonuçları	xiii
Ek 3. K1 Numunesi İçin Marshall Dizayn Sonuçları	xiv
Ek 4. K2 Numunesi İçin Marshall Dizayn Sonuçları	xv
Ek 5. Özgeçmiş	xvi

ÖZET
YÜKSEK LİSANS

AFYONKARAHİSAR BÖLGESİ VOLKANİK KAYAÇLARIN SICAK KARIŞIM
ASFALT KAPLAMALARINDA AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

Sedat ÇETİN

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin AKBULUT

Ülkemizde her yıl yol yapımında 100 milyon ton civarında agrega kullanılmakta olup, yol üstü yapı tabakalarının teşkilinde temel yapıtaşı niteliğindeki bu agregaların kalitesi, yolun mekanik dayanımı, hizmet ömrü, trafik güvenliği ve çevresel açıdan hayati bir önem taşımaktadır.

Bu çalışmada volkanik kökenli agrega kaynaklarının tespit edilmesi ve sıcak karışım asfalt kaplamalarının aşınma tabakasında kullanılabilirliğinin araştırılması için bir ön çalışma olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Afyonkarahisar Bölgesi İncehisar İlçesi Seydiler Kasabası Tekerek ve Kepez Bölgesinden alınan kaya örnekleri agregalara dönüştürülmüş ve 3 farklı fraksiyon olarak (0-6 mm, 6-16 mm, 16-25 mm) elenmiş ve iri taneli fraksiyonlar yıkanmıştır. Agregâ örnekleri üzerinde Gradasyon Analizi, Özgül Ağırlık, Birim Ağırlık, Su Emme, Los Angeles Aşınma, Agregâ Darbelene Deneyi, Çamurlu Madde Miktarı Tayin Deneyi, Yassılık indeksi ve MgSO₄ Dayanıklılık deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sıcak Karışım Deneyleri olarak Marshall Stabilite-Akma, Marshall Mekanik Batırma, Tekerlek İzinde Deformasyon deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar halihazırda kullanılan kontrol numuneleriyle (K1, K2) karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre volkanik agrega numunelerinden VT numunesinin asfalt kaplamaların aşınma tabakalarında kullanılabileceği, fakat VK numunesinin kullanılamayacağı sonuçlarına varılmıştır.

2007, 70

Anahtar kelimeler: Agregâ, Volkanik Kayaç, Sıcak Karışım Asfalt.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

Investigation the Using of Afyonkarahisar Volcanic Rocks in Hot Mix Asphalt

Pavements as Aggregate

Sedat ÇETİN

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Education of Contraction

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AKBULUT

Per year nearly 100 million tons of aggregates are used in road construction in Turkey. The quality of aggregates as a main material of the construction of road pavements layers, is very important from the point of view of mechanical resistance, long service life, traffic safety and environmental impacts. The long-term performance of HMA pavements is strongly dependent on the characteristics of the aggregate in the mixture.

This study was performed as pre investigation to determination of volcanic originated aggregate sources and investigation of using in hot mix asphalt pavements wearing courses. Rock samples which were taken in Afyonkarahisar City-İscehisar District-Seydiler Small town-Tekerek and Kepez Area, transformed to aggregates and sieved as 3 different fractions (0-6 mm, 6-16 mm- 16-25 mm) and coarse fractions were washed. Aggregates samples performed to Los Angeles Abrasion, Impact Value, water absorbing, specific gravity tests were performed. After the aggregates tests, samples were performed to the Marshall Stability-Flow tests. And test results were compared to control samples that were produced from limestone aggregates. According to the test results, pavement properties were improved with using volcanic aggregates in hot mix asphalt.

2007, 70

Keywords: Aggregate, Igneous Rocks, Hot Mix Asphalt

TEŞEKKÜR

Bu tezin yapılmasında bana her türlü desteği ve olanağı sağlayan, yol gösteren Sayın Doç.Dr. Hüseyin AKBULUT hocama, her zaman benim için örnek teşkil eden ve tezin her aşamasında bizzat çalışarak desteğini eksik etmeyen, bilgilerini esirgemeyen ve benim sıkıntılara ortak olan Sayın Arş. Grv. Cahit GÜRER hocama, laboratuvar çalışmamı gerçekleştirdiğim Afyonkarahisar Belediyesi Asfalt Laboratuvarında bana her türlü olanağı sağlayan Şube Müdürü Sayın Güven KAYHAN'a, Asfalt laborantı Ahmet İBA'ya ve tüm asfalt şantiyesi personeline, çalışmalarım çıkış noktasını belirleyen, destek ve yardımlarını esirgemeyen A.K.Ü. Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Doç.Dr. Ahmet YILDIZ'a, benim bugünlere gelmemde her türlü maddi manevi desteği sağlayan ve hep yanımda olan sevgili aileme, değerli sıra arkadaşlarım Recep PEYNİRCİ ve Hakan AKBABA'YA, yanımda olan bana güç veren sıkıntıma ortak olan çok değerli arkadaşım Sayın Habibe GÜNGÖR'e teşekkürü bir borç bilirim.

SEDAT ÇETİN

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

Gr	Gram
⁰ C	Santigrad Derece
%	Yüzde
Dk	Dakika
Mbar	Megabar
Kg/m ³	Kilogram/metreküp
Dm ³	Desimetreküp
Gr/cm ³	Gram/santimetreküp
Cm	Santimetre
Mm	Milimetre
Cm ²	Santimetrekare
ml	Mililitre
Kg	Kilogram
Sn	Saniye
İnç	İnç
Lb	Pound

2. Kısaltmalar

AC	Asfalt Çimentosu
LAV	Los Angeles Aşınma Değeri
AIV	Agrega Darbelenme Değeri
G _{ef}	Agrega Efektif Özgül Ağırlığı.
P _{ba}	Bitüm Absorbsiyon Yüzdesi.
P _{bc}	Kaplama Karışımının Efektif Bitüm Yüzdesi.
W _a	Agreganın Ağırlıkça Yüzdesi.
DT	Karışımın Maksimum Özgül Ağırlığı.
G _b	Bitüm Özgül Ağırlığı.
VMA	Agregalar Arası Boşluk Yüzdesi.
VFA	Asfaltla Dolu Boşluk Yüzdesi.
V _f	Asfaltla Dolu Boşluk

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No	
Şekil 1.1	Tipik Bir Yol Üstyapı Kesiti ve Gerilme Dağılımı	2
Şekil 1.2	Hareketli Bir Dingil Yüğü Tarafından Oluşturulan Gerilmeler	3
Şekil 2.1	Yol Yapımında Kullanılan Agregalar	4
Şekil 2.2	Volkanik Kayaçların Oluşumu	7
Şekil 2.3	Batı Anadolu'daki Volkanik Merkezlerin Bölgesel Dağılımı	10
Şekil 3.1	Numunelerin Alındığı Yerleri Gösteren Yer Bul Haritası	14
Şekil 3.2	Tekerek Bölgesi	15
Şekil 3.3	Kepez Bölgesi	15
Şekil 3.4	Deneyisel Çalışma	15
Şekil 3.5	Çalışmalarda Kullanılan Los Angeles Aşınma Cihazı	22
Şekil 3.6	Çalışmalarda Kullanılan Darbelenme Deney Cihazı	24
Şekil 3.7	Bir Penetrometre Cihazı	28
Şekil 3.8	1200 gr'lık Karışım Tartımı, Aparat ve Karışımların Isıtılması	30
Şekil 3.9	Çalışmalarda Kullanılan Isıtıcılı Mekanik Asfalt Karıştırıcısı ve Bir Karıştırma İşlemi	30
Şekil 3.10	Çalışmada Marshall Deney Numunelerini Hazırlamak İçin Kullanılan Otomatik Tokmak	31
Şekil 3.11	Hidrolik Numune Çıkarıcı ve Su Banyosu	32
Şekil 3.12	Deney Numuneleri ve Bir Marshall Deney Cihazı	33
Şekil 3.13	Marshall Deneyi Sonrası Numuneler	33
Şekil3.14.a	Kalıplara Dökülen Deney Numunesini Sıkıştırma Cihazı	35
Şekil 3.14.b	Fransız Tekerlek İzinde Deformasyon Ölçme Cihazı	35
Şekil 4.1	VT Numunesine Ait Granülometri Eğrileri	43
Şekli 4.2	VK Numunesine Ait Granülometri Eğrileri	43
Şekil 4.3	K1 Numunesine Ait Granülometri Eğrileri	43
Şekil 4.4	K2 Numunesine Ait Granülometri Eğrileri	44
Şekil 4.5	Karşılaştırılmalı Los Angeles Deney Sonuçları	45
Şekil 4.6	Karşılaştırılmalı Darbelenme Deney Sonuçları	45
Şekil 4.7	Agrega Yassılık İndeksi Deney Sonuçları	46
Şekil 4.8	Agrega Donma-Çözülme Deney Sonuçları	

Şekil 4.9	VT Karışımına ait Stabilite-Bitüm İlişkisi	48
Şekil 4.10	VK Karışımına ait Stabilite-Bitüm İlişkisi	48
Şekil 4.11	K1 Karışımına ait Stabilite-Bitüm İlişkisi	48
Şekil 4.12	K2 Karışımına ait Stabilite-Bitüm İlişkisi	48
Şekil 4.13	VT Karışımına ait PÖA-Bitüm İlişkisi	49
Şekil 4.14	VK Karışımına ait PÖA-Bitüm İlişkisi	49
Şekil 4.15	K1 Karışımına ait PÖA-Bitüm İlişkisi	49
Şekil 4.16	K2 Karışımına ait PÖA-Bitüm İlişkisi	49
Şekil 4.17	VT Karışımına ait Vf-Bitüm İlişkisi	50
Şekil 4.18	VK Karışımına ait Vf-Bitüm İlişkisi	50
Şekil 4.19	K1 Karışımına ait Vf-Bitüm İlişkisi	50
Şekil 4.20	K2 Karışımına ait Vf-Bitüm İlişkisi	50
Şekil 4.21	VT Karışımına ait Boşluk-Bitüm İlişkisi	51
Şekil 4.22	VK Karışımına ait Boşluk-Bitüm İlişkisi	51
Şekil 4.23	K1 Karışımına ait Boşluk-Bitüm İlişkisi	51
Şekil 4.24	K2 Karışımına ait Boşluk-Bitüm İlişkisi	51
Şekil 4.25	VT Karışımına ait Akma-Bitüm İlişkisi	52
Şekil 4.26	VK Karışımına ait Akma-Bitüm İlişkisi	52
Şekil 4.27	K1 Karışımına ait Akma-Bitüm İlişkisi	52
Şekil 4.28	K2 Karışımına ait Akma-Bitüm İlişkisi	52
Şekil 4.29	VT Karışımına ait VMA-Bitüm İlişkisi	53
Şekil 4.30	VK Karışımına ait VMA-Bitüm İlişkisi	53
Şekil 4.31	K1 Karışımına ait VMA-Bitüm İlişkisi	54
Şekil 4.32.a	K2 Karışımına ait VMA-Bitüm İlişkisi	54
Şekil 4.32.b	Bir Yolda Oluşmuş Tekerlek İzinde Oluklaşma	55
Şekil 4.32.c	Sıkıştırılmış Tekerlek İzinde Deformasyon Deneyi VT Numuneleri	54
Şekil 4.33	Deneye Tabi Tutulduktan Sonra Tekerlek İzinde Oluklaşma Oluşmuş Numuneler	55
Şekil 4.34	Tekerlek İzinde Deformasyon Deneyi Sonuçları	55
Şekil 4.35	Mekanik Batırma Deney Sonuçları	56
Şekil 4.36	VK Numunesi Polarizan Mikroskop Görüntüsü	57
Şekil 4.37	VT Numunesi Polarizan Mikroskop Görüntüsü	57

Şekil 4.38	VK Numunesi Hornblend Mineralleri	58
Şekil 4.39	VT Numunesi Piroksen Mineralleri	58
Şekil 4.40	VK Numunesi Soğuma Boşlukları	59
Şekil 4.41	VT Numunesi Soğuma Boşlukları	59
Şekil 4.42	VT Numunesi Sekonder Kalsit Kristalleri	59
Şekil 4.43	Volkanik Agregası Numunelerinin Analiz Sonuçları	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1 Bazı Kayaçların Tipik L.A. Aşınma Kaybı Değerleri	10
Çizelge 3.1 Yassılık İndeksi Deneyine Alınacak Malzeme Miktarları	25
Çizelge 3.2 Donma Deneyi Tane Boyutları ve Ağırlıkları	26
Çizelge 3.3 Trafik Durumuna Göre Eşdeğer Dingil Yükleri	31
Çizelge 3.4 Marshall Metodu ile Aşınma Tabakası Dizayn Kriterleri	34
Çizelge 3.5 Minimum VMA Değerleri	34
Çizelge 4.1 Zahiri Özgül Ağırlık Deney Sonuçları	41
Çizelge 4.2 Hacim Özgül Ağırlık Deney Sonuçları	41
Çizelge 4.3 Su Emme Deney Sonuçları	42
Çizelge 4.4 Gevşek ve Sıkışık Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları	42
Çizelge 4.5 Agregaların Hacimce Çamurlu Madde Oranları	44
Çizelge 4.6 AC' ye Ait Özellikler	47
Çizelge 4.7 Volkanik Agrega Numunelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları	61

1.GİRİŞ

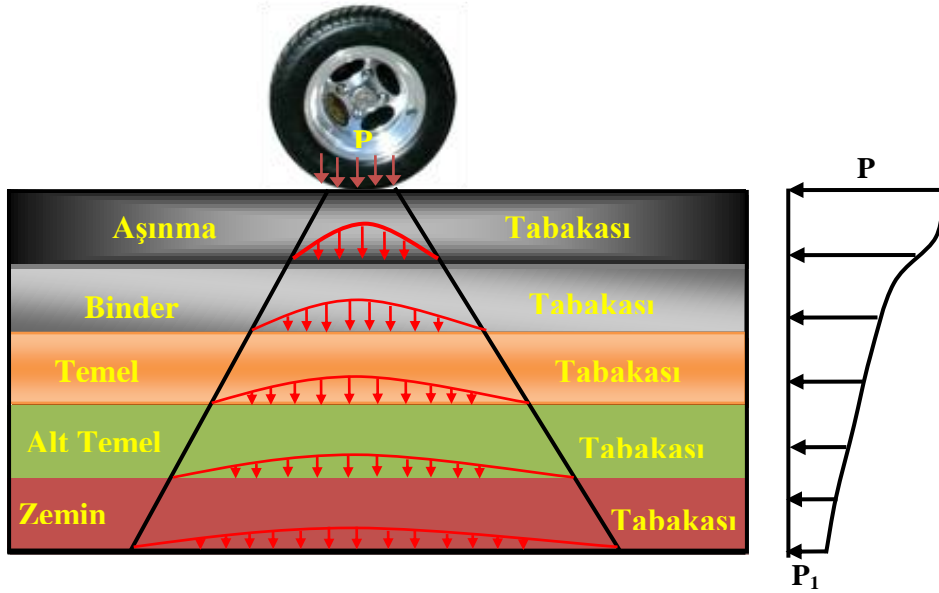
İnşaat sektörü tüm ülkelerde ulusal ekonomi açısından birincil sektördür ve bu sektörün en önemli ham maddelerinden biri de agrega'dır. Agrega kullanmadan insan hayatını kolaylaştıran birçok yapının inşa edilmesi olanaksızdır. Tüm Dünya'da 16,5 milyar tonluk yıllık üretimi ile agrega madenciliği en önemli madencilik alanıdır (Langer vd, 2004). Agrega madenciliği talep açısından tüm madencilik türleri arasında ilk sıradadır. İngiltere'de 2001 yılında 74,7 milyar sterlinlik inşaat işinin 40 milyar sterlinini yeni yapılan işler geri kalan 34,7 milyar sterlinlik bölümünü ise tamir ve bakım işleri oluşturmaktadır. İngiltere'de aynı yıl kullanılan toplam agrega miktarı yıllık 173 milyon tondur. Bu kullanımın % 39'unu beton agregası, % 27'si yol inşaatı ve bakımı, % 25'i dolgu inşaatı işleri oluşturmaktadır (Steadmen vd, 2004). U.S.'de 2000 yılında yaklaşık değeri 14,4 milyar dolar olan 2,7 milyar metrik ton agrega doğal agrega (kırmataş, kum, çakıl) üretimi gerçekleştirilmiştir. U.S.'de aynı yıl üretilen doğal agrega üretiminin ekonomik değeri gümüş, altın ve bakır madenlerine göre daha yüksek bir değere ulaşmıştır. U.S.'de inşaat sektöründe kullanılan agrega toplam doğal agrega pazarının %80'ini oluşturmaktadır. Geri kalan %20'lik miktar ise zirai amaç ve portland çimentosu üretiminde kullanılmak üzere kireçtaşı oluşturmaktadır(Drew et al.2002). Ülkemizde yalnızca 2004 yılı devlet karayollarının bakım ve onarımları için harcanan agrega 1.069.979 m³'dür. Bu rakam yaklaşık 2,5 milyon tondan fazla agregaya karşılık gelmektedir (KGM, 2005). Bu çarpıcı örnekler agrega malzemesinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Agrega birçok inşaat imalatında olduğu gibi yol üst yapılarının da başlıca hammaddesidir. Bağlayıcısız temel ve alt temel tabakalarının tamamı, bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça %90-95'i ve hacimce %80-85'i, beton kaplamaların ağırlıkça %70-80'i ve hacimce %60-75'i agregalardan oluşur(Umar ve Ağar 1985, White M. 1992, Önal ve Kahramangil 1993, Tunç 2001, Uluçaylı 2002, Akbulut vd. 2003, Saltan 2004, Kuloğlu 2007).

Bir yol üstyapısı esnek ve rijit kaplamalı üst yapılar olmak üzere iki farklı tür altında incelenir. Esnek yol üst yapıları asfalt kaplamalı yol üst yapıları olarak da adlandırılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde en çok kullanılan üstyapı çeşidi asfalt

kaplamalı üstyapılardır. Asfalt kaplamaların hareketli dingil yüklerinin oluşturduğu gerilmelere karşı koyabilecek şekilde inşa edilmesi gerekir. Aksi durumda kısa zaman içerisinde asfalt kaplamalarda çeşitli bozulmalar meydana gelebilir.

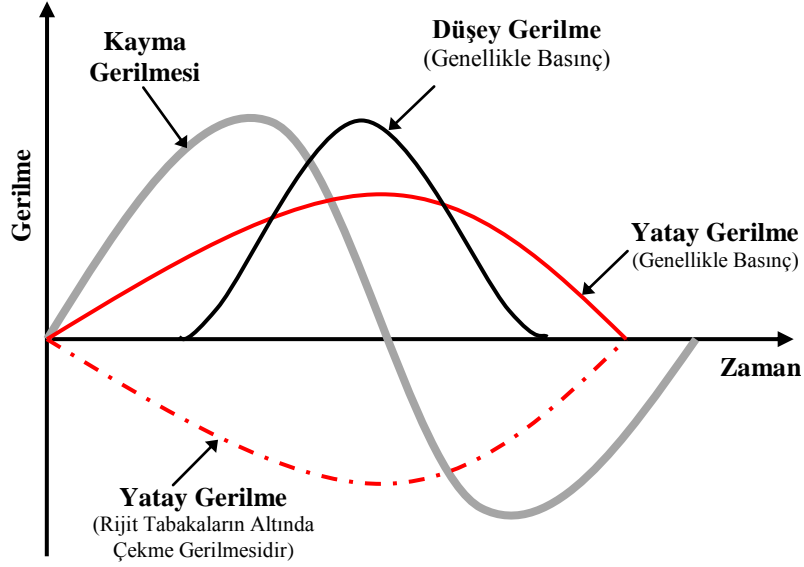
Asfalt kaplamalı yol üst yapıları farklı özelliklere sahip tabakalardan meydana gelmektedir. Asfalt kaplamayı oluşturan en üst tabaka kaplama tabakasıdır. Kaplama tabakası, aşınma ve binder tabakası olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Bazı durumlarda asfalt kaplama yalnızca aşınma tabakasından oluşmaktadır. Binder tabakasının altında sırasıyla temel, alt temel ve taban zemini tabakaları bulunmaktadır(Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Tipik Bir Yol Üstyapı Kesiti ve Gerilme Dağılımı

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi, yol üst yapılarının en üst tabakası olan aşınma tabakası, en yüksek gerilmeye maruz kalan tabakadır. Dolayısıyla bu tabakada kullanılacak olan agregaların diğer tabakalara göre daha üstün fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olması gerekir(Önal ve Kahramangil 1993, Tuğrul ve Zarif 1998, Cooley et al. 2002, Brandes and Robinson 2006, Kutluhan ve Ağar 2004, Özen vd. 2004).

Şekil 1.2’de yol üst yapısının maruz kaldığı hareketli dingil yükleri tarafından oluşan gerilmeler görülmektedir.



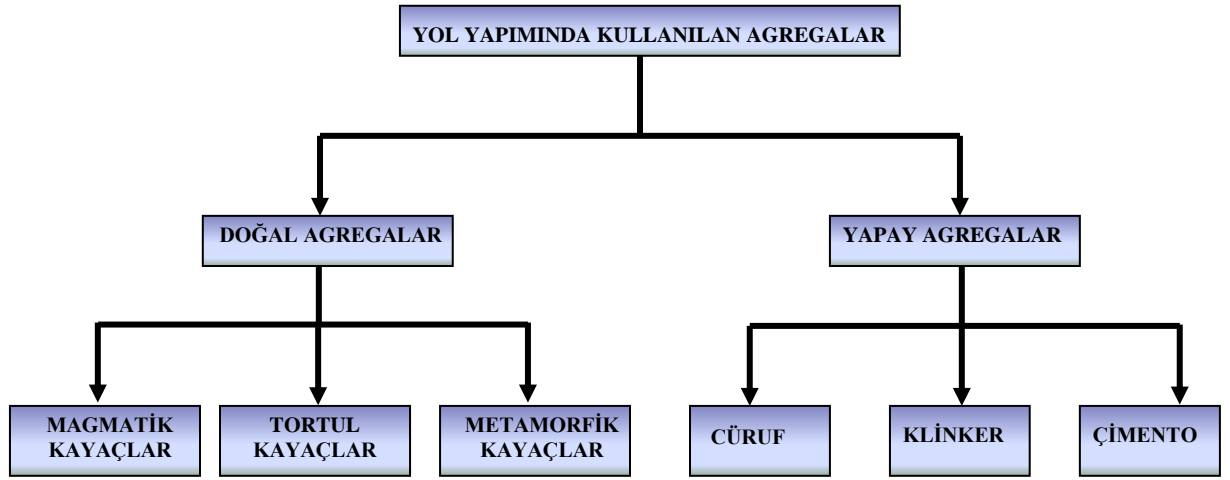
Şekil 1.2 Hareketli Bir Dingil Yükü Tarafından Oluşturulan Gerilmeler

Asfalt kaplamalı yol üst yapıları tekrarlı trafik yüklerine maruz kaldığından bu tip yapılarda kullanılacak olan agregaların seçiminin çok dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Çünkü yol üst yapısı düşey ve yatay basınç gerilmeleri ile kayma gerilmelerine ve bunlara ilaveten kaplama tabakaları da ayrıca çekme gerilmelerine maruz kalmaktadır (Şkriyelj 2001, Çelik 2007).

Bu amaçla, iki farklı bölgeden volkanik kayaç kökenli numuneler alınmıştır. Volkanik kökenli numuneler araziden küçük kaya parçacıkları şeklinde çıkartılmış ve çeneli kırıcıda kırılmak suretiyle kırmataş haline dönüştürülmüş, daha sonra 3 farklı fraksiyon (0-6, 6-16, 16-25 mm) olarak elenmiş ve yıkanmıştır. Volkanik kökenli kırmataşları, halihazırda TC Karayolları ve Afyonkarahisar Belediyesi tarafından asfalt kaplamalarda kullanılan kırmataşlarla karşılaştırmak bakımından, iki farklı kireçtaşı kökenli kırmataş numuneleri (K1, K2) alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde öncelikle, kırmataşların fiziksel özelliklerini belirlemek maksadıyla standart kırmataş deneyleri daha sonra da sıcak karışım asfalt deneyleri yapılmıştır ve volkanik kökenli agrega numunelerinin asfalt kaplamaların aşınma tabakalarında kullanılıp kullanılmayacağı belirlenmiştir.

2.GENEL BİLGİLER

Agrega yol yapımında kullanılan en önemli malzemedir. Üstyapının ağırlıkça ve hacimce önemli bir kısmını oluşturan agrega, yola etkiyen yüklerin oluşturduğu gerilmelerin karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenlerden dolayı agregaların özellikleri, yol mühendisleri için çok önemli olup, değişik agrega tiplerinin ve özelliklerinin bilinmesi, yol üst yapılarının sağlıklı bir şekilde projelendirilebilmesi açısından önemlidir. Yol agregaları orijinlerine göre doğal ve yapay agregalar olarak ikiye ayrılırlar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Yol Yapımında Kullanılan Agregalar

2.1 Doğal Agregalar

Doğal olarak oluşmuş kayalardan fiziksel yolla doğrudan doğruya elde edilirler. Doğal agreganın hammaddesi olan kayalar bir veya birkaç mineralin bir araya gelmesiyle oluşan mineral topluluklardır.

Yerkabuğunda bulunan tüm kayalar kökenleri ve oluşum şartlarına göre başlıca 3 büyük grupta toplanırlar. Bunlar:

1. Sedimanter Kayalar(Çökelim Kayaları)
2. Metamorfik Kayalar (Başkalaşım Kayaları)
3. Magmatik Kayalar(Volkanik Kayalar)

Magmatik ve metamorfik kayalar, yerkrresinin %95'ini oluştururlar. Bu kayaların yzeyde belirlenen mostraları ancak %25 kadardır. Buna karşın sedimanter kayalar ise, yerkabuğunun %75'ini, yerkrrenin ise %5'ini oluştururlar.

2.1.1 Sedimanter Kayalar (ökelim)

Sedimanter kayalar, tortullaşma-sedimantasyon(ökelim) olayları sonucu meydana gelirler. Kökeni yerin dış kısmı, yeryüzü, atmosfer ve hidrosfer olan sedimantasyon ile oluşan kayalardır. Bu kayaların oluşum ortamları çeşitli çökelim havzalarıdır. Bu havzalardaki çökelim okyanusal, denizel, gösel ve tamamen karasal koşullarda gerekleēebilir.

Sedimanter kayalar, kimyasal ve mineralojik bileşimine ve kökenlerine göre sınıflandırılırlar. Ancak sedimanter kayaların sınıflandırılması daha çok onların kökenlerine ve oluşum ortamlarına göre yapılmaktadır. Kökenlerine göre sedimanter kayalar: Kökeni kırıntılı, organik, kimyasal ve volkanik olmak üzere 4 grupta sınıflandırılır.

Sedimanter kayalar genel olarak aşağıda belirtilen özelliklere sahiptir:

1. Katmansı bir yapıya sahiptir.
2. Katmansı yapılar içinde makro ve mikro fosiller içerebilirler.
3. Sedimanter kayalar belirli bir sedimantasyon devresi sonucu oluştuğuna göre sınırları, dolayısıyla tavan ve tabanları bellidir. Çoğunlukla alt ve üst yzeyi bellidir.
4. Sedimanter kayalar bazı koşulların dışında gözle görülebilir mineral ve kristal içermezler.
5. Yerkabuğunun derinliklerine kadar inmezler, yzeyde yayılımları farklıdır.
6. Yatay ve düşey hareketler sonucu kırıklı, özellikle kıvrımlı bir yapıya sahiptir.

2.1.2 Metamorfik Kayaçlar

Magmasal ya da tortul kayaçların yüksek sıcaklık, basınç ve mineralleştirici eriyiklerin etkisiyle değişik bir yapı-doku ve mineralojik kazanmasıyla ortaya çıkarlar (Çoğullu 1976).

Metamorfizma (Başkalaşım) olayı; kayaçların bileşimini oluşturan minerallerin yeni bir düzen alması şeklinde başka bir kayaca dönüşmesi olayıdır. Metamorfizmayı oluşturan fiziksel faktörlerin etkisiyle metamorfizma geçiren kayaçların biçimleri bozulur veya değişir. Böylece yeni bir yapı ortaya çıkar. Bu ayırtman özelliği minerallerin düzenli veya az çok düzgün seviyeler halinde sıralanmış olmalarıdır ki bu yapıya yapraksı yapı veya şistozite adı verilir.

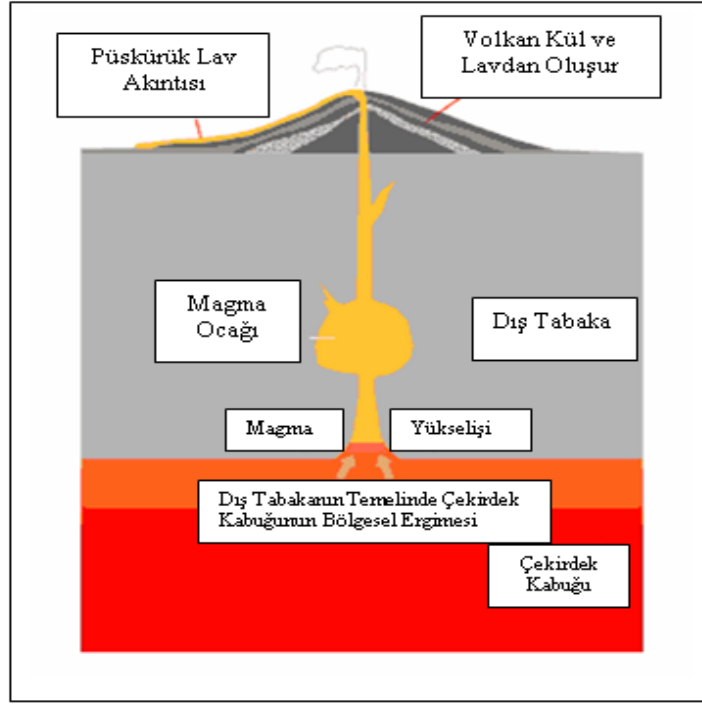
Metamorfik kayaçlar genel olarak aşağıda belirtilen özelliklere sahiptir:

1. Genellikle kristalli bir yapıya sahiptirler.
2. Metamorfizm derecesi düşük olan metamorfik kayaçlar yapraksı bir yapı gösterir.
3. Metamorfizmaya özgü yeni mineral içerir.
4. Primer (ilksel) kayaca özgü olan katmansı(tabakalı) yapılar kaybolabilir.
5. Metamorfizma derecesi çok düşük olan metamorfik kayaçlar nadiren fosil içerebilir.
6. Büyük masifler halinde bulunur.

2.1.3 Magmatik Kayaçlar (Volkanik)

Magmatik kayaçlar yerin derinliklerinde akkor(erimiş) vaziyette bulunan magmanın, yerin içinde ve yüzeye yakın derinliklerinde veya yüzeyde soğuyarak katılaşmasıyla oluşan kayaçlardır. Magma yer içinde bulunan gazlarla doymuş yüksek basınç ve sıcaklıkta olan ergimiş silikatların heterojen karışımıdır. İçerdikleri SiO₂ yüzdesine göre bu kayaçları oluşturan magmalar, asit (granitik, riyolitik), nötr (andezitik), bazik (bazaltik) ve ultrabazik magma (peridotitik) tiplerine ayrılırlar (Karaman ve Kibici 1999, Acar 2002).

Magmanın ortalama sıcaklığı yaklaşık 1300 °C kadardır. Magma yerin derinliklerinde ve yüzeyde hareket edebilir. Magma'nın yerin derinliklerindeki hareketlerine plütonizma, yeryüzündeki hareketlerine de volkanizma adı verilir. Magmatik kayalar ekstrusif (dış volkanik) ve intrusif (iç volkanik) kayalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Volkanik Kayaların Oluşumu (İnt. Kyn.1)

Extrusif kayalar, volkanik hareket gibi sebeplerden dolayı yeryüzüne çıkmış olan malzemelerden oluşmakta ve genel olarak camsı yapılardan seçilmektedir (Riolit, Bazalt, Andezit, vs.). Intrusif kayalar ise yer kabuğunun derinliklerinde soğuma ve tabakalaşma sonucu meydana gelmiştir. Bunlar bütünüyle kristal dokuya sahiptir (Granit, Diorit, Gabro, vs.). Yeryüzünün altında orijinal şekilde oluşmalarının yanında, genellikle yeryüzü hareketleri ve erozyondan dolayı günümüzde yüzeyde bulunmaktadır (Uluçaylı 2002).

Magmatik kayalar genel olarak aşağıda belirtilen ozelliklere sahiptir:

1. Magmatik kayalar ergimiş silikat karışımı halinde olan magmanın çeşitli derinliklerde katılaşmasıyla oluştuğu için sedimanter kayalarla hiçbir ilişkisi yoktur. Yani fosilsizdir.
2. Magmanın çeşitli ısıda katılaşmasıyla kayalar meydana geldiği için kristalli ve yarı kristalli olabilirler.
3. Tabakalı bir yapıları yoktur. Yalnız soğumadan dolayı sütunsal bir yapı kazanırlar.
4. Magmatik kayalar kütle halindedir.

Magmatik kayaların oluşumunda, dolayısıyla bu kayaların değişik yapı ve doku kazanmalarında magmanın hareketinin ve yerleşme derinliğinin önemi büyüktür. Magmatik kayalar oluşum derinliklerine göre 3 alt gruba ayrılırlar. Bunlar:

1. Derinlik Kayaları (Plütonik Kayalar)
2. Yarı Derinlik Kayaları (Damar Kayalar)
3. Yüzey Kayaları (Volkanik Kayalar)

Afyonkarahisar ve vresindeki volkanizma ürünleri geniş yayılım sunmasına rağmen yapılan çalışmalar daha çok bölgesel ozellik göstermektedir. Söz konusu volkanizma ürünlerinin doğal taş olarak kullanılabilirliğiyle ilgili olarak da çok sayıda çalışma yapılmıştır (Kuşcu ve Yıldız 2001, Kuşcu vd. 2003). Ayrıca andezitik bileşimli volkanik kayaların yol agregası olarak kullanılabilirliği üzerine kk çapta çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalardan olumlu sonuçlar alınmıştır (Gürer 2004).

Sert, dayanıklı ve yoğun oldukları için volkanik kayalar mükemmel bir agregat kaynağı olarak bilinmektedir. Bununla birlikte bazı volkanik kayalar türleri çok gevrek, bazıları ise oldukça gözenekli bir yapıya sahiptir. Agregaların dayanımı ve sertliği son ürünün (asfalt veya beton ürünleri) mekanik bozulmaya karşı direnç kapasitesini etkiler. Yumuşak ve zayıf parçacıkların işleme ve karıştırma sırasında parçalanıp kırılması beton ve bitümlü karışımların her ikisinde de zararlı etki yaratmaktadır. Bu tip bozulmalar agreganın gradasyonunu etkileyerek trafik ve atmosferik ortam etkilerini

ağırlaştırır. Beton ve asfalt kaplamalardaki bozulmaların birincil veya ikincil nedeni uygun olmayan agrega kullanımı veya kullanılan agregaların istenmeyen maddeler içermesidir. Genelde asfalt ve beton karışımlarda kullanılacak agregalar için şartnamelerin diğer uygulamalara göre çok daha katı sınırları vardır (İnt. Kyn.2).

Karışım içindeki agregaların karıştırma, donanım, trafik ve hava etkileri sonucu mekanik bozulması genelde agreganın dayanıksız olmasına bağlı olmaktadır. Mekanik bozulma agrega tanelerinin nokta teması sonucu kırılması ile gerçekleşir, kırıcı hareket danelerin birbirine aşındırıcı teması sonucu daha da artar. Mekanik bozulma bitümlü karışımlarda beton karışımlara göre daha önemlidir. Volkanik kökenli agregalar mekanik dayanım yönünden diğer agregalara göre daha üstündür (Langer 1988).

Ülkemizde bitümlü sıcak karışım yolların en üst tabakası olan asfalt betonu aşınma tabakasının dayanıklılığını ve kaymaya karşı direncini artırarak, hizmet ömrünü ve sürüş konforunu yükseltmek amacıyla, ağır trafikli yollarda volkanik kayalardan üretilmiş agrega kullanılması Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından 1997 yılında bir genelge ile yürürlüğe konmuştur (KGM 2005).

Yapılan çalışmalar İncehisar-Bayat-Kırka arasında kalan bölgede yoğunlaşmıştır (Şekil 2.3). Arazi çalışmalarında elde edilen veriler laboratuvar çalışmaları sonuçlarıyla birlikte değerlendirilerek volkanik kayaların özellikleri ortaya çıkarıldı. Ayrıca volkanik kayalardan elde edilen agregalar üzerinde fiziksel, mekanik testler yapılmış ve bulunan sonuçlar ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılarak söz konusu volkanik kayaların agrega olarak kullanılabilme olanakları üzerine yorumlar yapılmıştır.



Şekil 2.3 Batı Anadolu'daki Volkanik Merkezlerin Bölgesel Dağılımı (Aydar 1998)

Agregaların aşınma özellikleri, üretildikleri kayaların türlerine göre değişim göstermekte ve bu özellikler agregaların sıcak karışım asfalt içerisindeki performansında etkili olmaktadır. Agregalar üzerine yapılan çalışmalarda modal bileşim, mineral şekli, boyutu, bunların dağılımı, küçük boyutlu kristal miktarı agreganın parçalanma ve aşınmaya karşı olan direncini etkilediği görülmüştür (Vallius 1995, Rismantojo 2002). Farklı cins agregalara ait mekanik özellikler çizelge 2.1'de görülmektedir.

Çizelge 2.1 Bazı Kayaların Tipik L.A. Aşınma Kaybı Değerleri (İnt.Kyn.3)

Kayaç tipi	Tipik L.A. Aşınma Kaybı (% Ağırlık)	Aşınma Tabakası	Binder Tabakası
Genel Değerler		DENEY METODU	DENEYMETODU
Sert, Volkanik kayalar	10	ASTM C 131	ASTM C 131
Yumuşak Kireçtaşları ve Kumtaşları	60		
Bazı Özel Kayalar için Aralıklar		STANDART	STANDART
Bazalt	10 – 17	MAKSİMUM%30	MAKSİMUM%35
Dolomit	18 – 30		
Gnays	33 – 57		
Granit	27 – 49		
Kireçtaşı	19 – 30		
Kuartz	20 – 35		

Akbulut ve diğerkleri (2003) yapmış oldukları çalışmada ülkemizde kaliteli agrega kullanımının Avrupa ile entegrasyon sürecinde, yol standartlarının yükseltilmesi ihtiyacı ile orantılı olarak giderek önem kazanacağından bahsetmişlerdir.

Brandes ve Robinson (2005), sıcak karışım asfalt kaplamaların uzun süreli performansı karışım içindeki agreganın özelliklerine bağlıdır. Hawaii’de ulaştırma bakanlığı tarafından kullanılan agrega özelliklerini belirleyen deneyler kaplama performans ömrünün arazide uzun süreli dayanımıyla ilgili araştırmalardır. Yapılan ilave deneyler bölgesel bazaltik agregaların kalite standartlarını optimize etmek için yapılan çalışmalardır ve bazı görüşlere göre U.S.’nın diğerk bölgelerinde bulunan bazaltik agregalardan belirgin şekilde farklıdır. Elde edilen sonuçlar halihazırda kullanılan LosAngeles Aşınma Deney verilerinin tek başına yeterli olmadığını göstermiştir ve ilave olarak Agrega durabilite indeks deneyinin yapılması gerektiği kanısına varılmıştır. Yazarlar mevcut verileri bireysel agrega deneylerinden elde edilmiştir fakat bu bilgiler değerlendirilirken uzun kaplama performansını etkileyen ve geçmiş dönem veri eksikliğinden dolayı göz önünde bulundurulamayan diğerk faktörlerin de etkili olduğu sonuçlarına varmışlardır.

Orhan ve Yalçın (2004), bazalt ve kalker olmak üzere iki farklı cins agrega üzerinde normal bitüm ve polimer modifiye bitüm kullanarak, aşınma tabakası karışımlarından, optimum bitümde, optimum bitümün üzerinde ve optimum bitümün altında değişik bitüm yüzdelerinde, hazırlanan numunelerin Marshall Stabiliteleri ile indirekt çekme mukavemetleri ve trafik simulator cihazı ile belirlenen tekerlek izi oturma miktarlarını bulmuşlardır. Bazalt agrega kullanılan karışımlarda tekerlek izi deformasyonunun gradasyonunun kalker agregaya göre ince olmasına rağmen bir miktar azaldığını göstermişlerdir. Yazarlar, bazalt agregada orta malzemenin daha fazla kullanıldığında tekerlek izi deformasyonunun daha da düşeceğini belirtmişlerdir.

Worden J.’ye (2005) göre granit, bazalt gibi volkanik kökenli agregalar, kuvarsit ve hornfels gibi yapraksı olmayan metamorfik kayalardan üretilen agregalar yol üst yapıları için en uygun agregalardır. Fakat klastik sedimanter kayalar, şist ve arduvaz gibi yapraksı metamorfik kayalar, kimyasal ve organik kökenli kireçtaşları

dayanımlarının düşük olması ve uzun ömürlü olmamaları gibi dezavantajlarından dolayı agrega hammaddesi olarak uygun özelliklere sahip değildirler.

Alataş ve diğerleri (2006), bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agrega cinsinin kaplamanın fiziksel özelliklerine etkisi adlı bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Kalker, Bazalt İncesi Kalker-irisi Bazalt ve incesi Bazalt-İrisi Kalker olmak üzere dört farklı agrega grubu kullanılmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü Yollar Fenni Şartnamesi tarafından verilen aşınma tabakası için tip II gradasyonu ortalama değerlerine göre Marshall briketleri hazırlanmış ve Marshall stabilite ve indirekt çekme deneyleri yapılmış ve sonuç olarak en ekonomik karışımın Kalker, dayanımı en yüksek olan karışım ise Bazalt karışımı olduğu görülmüştür.

Keskin ve Kılıç (2003), Doğu Akdeniz yöresi bazaltlarının kırmataş olarak değerlendirilme olanakları adlı bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Osmaniye Toprakkale ve Hatay Erzin İlçeleri sınırları içerisinde yer alan bazaltların kırmataş olarak kullanılabilme olanakları araştırılmıştır. Üç aşamalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada arazi gözlemleri ve kimyasal analizler, ikinci aşamada fiziksel özellikler ve son aşamada ise mekanik özellikler belirlenmiştir. Elde edilen bulguların analizi, standartlarla karşılaştırılması ve yorumlanması sonucunda bölgede bulunan bazaltların kırmataş olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Korkanç ve Tuğrul (2006), Niğde yöresi bazaltlarının agrega kaynağı olarak değerlendirilmesiyle ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada bölgedeki İğredağ bazaltları, Karataş volkanitleri ile Melendiz volkanitlerini içerisinde gözlenen bazaltik lavlar seçilmiştir. Seçilen bu birimler, bileşim ve dokularına göre onbir fasiyese ayrılarak incelemiştir. Bazaltların petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanı sıra, agrega olarak kullanım özellikleri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre Karataş volkanitleri ile Melendiz volkanitlerine ait düşük poroziteli, az mikro çatlaklı, sert ve yüksek dayanımlı örneklerin birçok alanda kullanılmalarının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

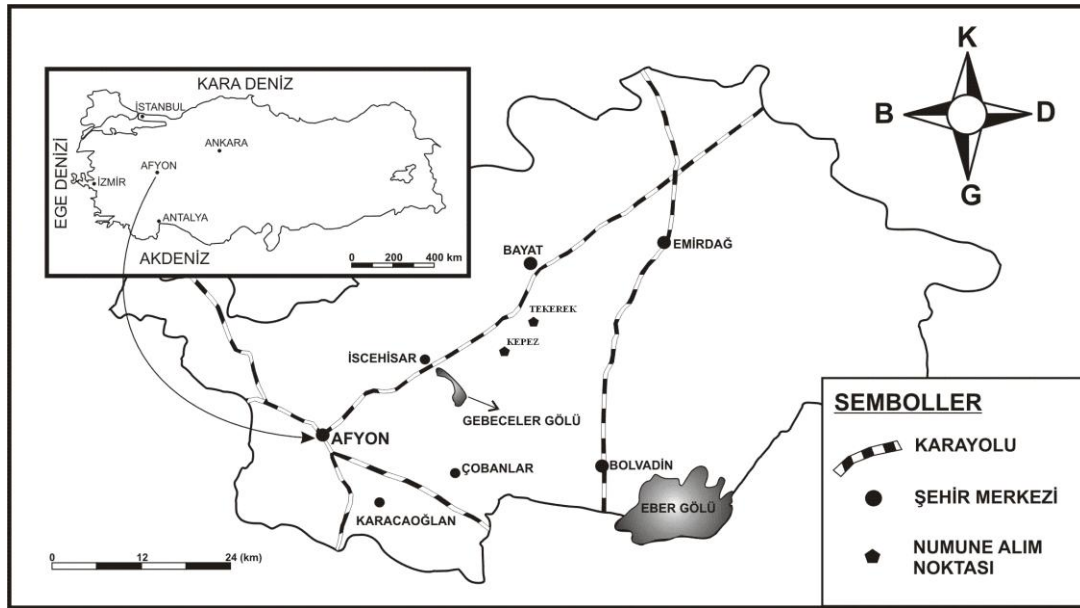
3.MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Yapılan çalışmada materyal olarak agrega ve bitüm (AC) kullanılmıştır. Kullanılan materyallere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1.1 Agregalar

Çalışmamızda kullanılan volkanik kökenli agregalar Afyonkarahisar İli İscehisar bölgesinden sağlanmıştır. Kontrol agregası olarak halihazırda Afyonkarahisar Bölgesi asfalt kaplama yapımında kireçtaşı kökenli agregalar (K1: Kolsan, K2:Malak) kullanılmıştır. Şekil 3.1'deki haritada volkanik kayaların elde edildiği bölgeler (VT: Tekerek, VK: Kepez), şekil 3.2 ve 3.3'de ise volkanik kökenli kayaların yüzeysel rezervleri görülmektedir. Kireçtaşı kökenli agregalar ise Afyonkarahisar İli Çobanlar ve Karacaoğlan bölgelerindeki ocaklardan sağlanmıştır.



Şekil 3.1 Numunelerin Alındığı Yerleri Gösteren Yer Bul Haritası



Şekil 3.2 Tekerek Bölgesi



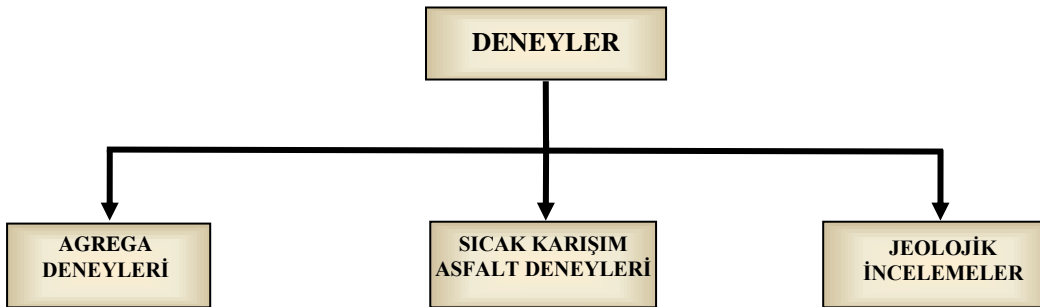
Şekil 3.3 Kepez Bölgesi

3.1.2 Bitüm (AC)

Çalışmada bağlayıcı olarak, Afyonkarahisar Belediyesi asfalt santralinden elde edilen, Aliğa rafinerisinde üretilmiş penetrasyon bitümü cinsi bağlayıcı kullanılmıştır. Söz konusu bitümlü bağlayıcı 50–70 penetrasyonludur.

3.2 Metot

Çalışmada kullandığımız malzemelerin fiziksel özelliklerini tespit etmek amacıyla yapılan deneyler şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4 DeneySEL Çalışma

3.2.1 Mineral Agrega Numunelerinin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Deneysel çalışmamızın konusunu oluşturan üç farklı gradasyondaki dört adet agregadan, asfalt briket numunelerini üretmeden önce, fiziksel özelliklerinin tespit edilebilmesi için numuneler üzerinde Özgül Ağırlık ve Su Absorpsiyonu, Çamurlu Madde Miktarı Tayini, Elek Analizi, Los Angeles Aşınma, Agrega Darbe Dayanımı, Yassılık İndeksi ve MgSO₄ Dayanıklılık deneyi olmak üzere standart kırmataş deneyleri yapılmıştır.

3.2.1.1 Kaba Agregalar İçin Özgül Ağırlık Deneyleri ve Su Absorpsiyonu

ASTM C 127 metodu kullanılarak kaba agrega su absorpsiyonu ve özgül ağırlığı belirlenmiştir. Bu deneyde numunenin karışım gradasyonunu temsil etmesine dikkat edilmelidir. Deney şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

1. Hazırlanan numune yikanarak su içinde 24 saat bekletilir.
2. Su içerisinden çıkarılan numune emici özelliğe sahip olan bir bez üzerine yayılarak agrega daneleri teker teker kurulanır. Yüzey kuru-suya doygun hale gelmiş agrega numunesi tartılır (B_k).
3. Tel sepete konulan agrega numunesinin 25±1 °C sıcaklıktaki suda tartımı yapılır(C_k).
4. Numune tel sepet içinden bir tepsiye boşaltılarak 110±5 °C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur. Etüvden çıkartılan numune 1 ile 3 saat arasında oda sıcaklığında soğutularak tartılır(A_k).
5. Özgül ağırlık değerleri ve su absorpsiyon yüzdesi aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Hacim Özgül Ağırlığı} = \frac{A_k}{B_k - C_k} \quad (3.1)$$

$$\text{Zahiri Özgül Ağırlık} = \frac{A_k}{A_k - C_k} \quad (3.2)$$

$$\text{Absorpsiyon (\%)} = \frac{B_k - A_k}{A_k} \quad (3.3)$$

Burada;

A_k =Kuru numune ağırlığı (gr)

B_k =Yüzey Kuru-Suya Doygun numune ağırlığı (gr).

C_k = Yüzey Kuru-Suya Doygun numunenin sudaki ağırlığı (gr).

3.2.1.2 İnce Agregalar İçin Özgül Ağırlık Deneyleri ve Su Absorpsiyonu

ASTM C 128 metodu kullanılarak ince agrega su absorpsiyonu ve özgül ağırlığı şu şekilde belirlenir:

1. Karışım gradasyonunu temsil edecek şekilde en az 500 gr agrega kullanılır.
2. 200 nolu elekten yıkanan malzeme bir tepsi içine alınarak üzeri su ile kaplanır ve 24 saat bekletilir. Daha sonra ince malzeme kaybına neden olmayacak şekilde suyu süzülür ve absortif olmayan düzgün bir yüzey üzerine serilir.
3. Numuneyi yüzey kuru-suya doygun hale getirebilmek için sıcak hava akımı karşısında devamlı karıştırılarak kurutma işlemine tabi tutulur. Bu işleme malzeme serbest dökülebilir hale gelinceye kadar devam edilir. Bu anı tespit etmek için koni metodu uygulanır.
4. Yüzey kuru suya doygun hale gelen yaklaşık 500 gr numune piknometre içine konarak tartılır (C_i).
5. Üzerine numune yüzeyini kaplayacak seviyede su ilave edilir. Hava kabarcıklarının çıkması için piknometre her iki yönde 15–20 dakika çalkalanır.
6. Daha sonra piknometrenin boş kısmı işaret çizgisine kadar su ile doldurulur. 25 ± 1 °C sıcaklıktaki su banyosunda bekletilir. Su ve malzeme sıcaklığı 25 °C'ye ulaştığında piknometre su banyosundan çıkarılıp kurulanır ve tartılır (D_i).
7. İnce agrega piknometreden bir tepsiye boşaltılır ve 110 ± 5 °C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur. Etüvden çıkarılan numune soğutularak tartılır(E_i).
8. İnce agreganın özgül ağırlık ve su absorpsiyon yüzdesi aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Hacim Özgül ağırlığı} = \left(\frac{E_i}{B_i - C_i - A_i - D_i} \right) \quad (3.4)$$

$$\text{Zahiri Özgül Ağırlık} = \left(\frac{E_i}{B_i + E_i - D_i} \right) \quad (3.5)$$

$$\text{Absorpsiyon (\%)} = \left(\frac{C_i - A_i - E_i}{E_i} \right) 100 \quad (3.6)$$

Burada;

A_i: Piknometre ağırlığı (gr)

B_i: 25 °C deki su dolu piknometre ağırlığı (gr)

C_i: Piknometre ve doymuş-yüzey kuru numune ağırlığı (gr)

D_i: 25 °C deki numune ve su dolu piknometre ağırlığı (gr)

E_i: Kuru numune ağırlığı (gr)

3.2.1.3 Mineral Filler Zahiri Özgül Ağırlığının Tayini

Filler malzemelerinin zahiri özgül ağırlıkları ASTM C 854 metodu kullanılarak şu şekilde belirlenir:

1. 110±5 °C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulan filler malzemesi şişenin üçte biri dolacak şekilde piknometrenin içerisine konularak tartılır (C_f).
2. Piknometre yarısına kadar su doldurulur ve en az 5 dk, yaklaşık 50 mbar vakum sağlayan desikatör içerisinde bırakılarak havası alınır.
3. Daha sonra piknometre tamamen su ile doldurularak 25±1 °C'lik su banyosunda en az 60 dk bekletilir. Su banyosundan çıkarılır ve kurularak tartılır (D_f).
4. Fillerin zahiri özgül ağırlığı aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\text{Zahiri Özgül Ağırlık} = \left(\frac{C_f - A_f}{B_f - A_f - D_f - C_f} \right) \quad (3.7)$$

Burada;

A_f: Piknometre ağırlığı (gr)

B_f: 25 °C deki su dolu piknometre ağırlığı (gr)

C_f: Piknometre ve doygun-yüzey kuru numune ağırlığı (gr)

D_f: 25 °C deki numune ve su dolu piknometre ağırlığı (gr)

3.2.1.4 Sıkışık ve Gevşek Birim Hacim Ağırlık Deneyleri

3.2.1.4.1 Sıkışık Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Sıkışık Birim Hacim Ağırlık Deneyi TS 707'ye göre şu şekilde yapılmıştır:

1. Sıkışık birim hacim ağırlık deneyinde ağırlığı tartılarak belirlenmiş uygun ölçü kabı üçte birine kadar doldurulur.
2. Bu işlem esnasında yüzeyin her tarafına yapılacak 25 vuruş ile sıkıştırma yapılır. Sıkıştırma işlemi, kap ikinci kez 2/3'ü, üçüncü kez tamamı taşarcasına doldurularak oluşturulan ikinci ve üçüncü tabakalar içinde 25 kez şişlenerek tekrarlanır.
3. Ölçü kabı üst yüzü şişleme çubuğu ile sıyırılarak düzeltilir.
4. Daha sonra ölçü kabı agregaya ile birlikte tartılır.

Agreganın sıkışık birim ağırlığı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\Delta_s = \frac{W_2 - W_1}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (3.8)$$

Burada;

Δ_s : Sıkışık birim hacim ağırlık (kg/m³)

W₂: Sıkışık agregaya ile dolu ölçü kabı ağırlığı (gr)

W₁: Ölçü kabı boş ağırlığı (gr)

V: Ölçü kabının iç hacmi (dm³)

3.2.1.4.2 Gevşek Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Gevşek Birim Hacim Ağırlık Deneyi TS 707'ye göre şu şekilde yapılmıştır:

1. Gevşek birim hacim ağırlık deneyinde ağırlığı tartılarak belirlenmiş uygun ölçü kabı üçte birine kadar doldurulur.
2. Ölçü kabı, küreğin ölçü kabı üst yüzeyinden 5 cm'den daha fazla yükseğe kaldırılmamasına özen gösterilerek, taşarcasına doldurulur.
3. Ölçü kabı üst yüzeyindeki fazla iri agrega elle sıyrılarak düzlenir, sıyırma düzleminden taşan iri agrega varsa yerine elle ince agrega ilave edilir.
4. Ölçü kabı içindeki agrega ile birlikte tartılır.

Agreganın gevşek birim hacim ağırlığı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\Delta_g = \frac{(W_2 - W_1)}{V} (kg/m^3) \quad (3.9)$$

Burada;

Δ_g : Gevşek birim hacim ağırlık (kg/m^3)

W_2 : Gevşek agrega ile dolu ölçü kabı ağırlığı (gr)

W_1 : Ölçü kabı boş ağırlığı (gr)

V : Ölçü kabının iç hacmi (dm^3)

3.2.1.5 Agregada Gradasyonu

Kaplamanın stabilitesine ve yoğunluğuna etki eden önemli özelliklerden birisi de agregada gradasyonudur. Dolayısıyla, değişik boyutlardaki agregada danelerinin hangi oranlarda bulunması gerektiği şartnamelerde alt ve üst limitlerle belirtilmiştir. Agregalar konkasörlerde 0–5, 5–10, 10–20 ve 20–20 üstü olmak üzere değişik boyutlarda üretilir. Bu agregada gruplarından her birinde ayrı ayrı elek analizi yapılmak ve belirli oranlarda karıştırılmak suretiyle nihai gradasyon elde edilir.

Çalışmada dört farklı kırmataş numunesi kullanılmıştır. Numunelerin iki adedi Afyonkarahisar Bölgesinde bulunan volkanik kökenli kayalar diğer ikisi ise halihazırda üretimi yapılan kırmataş numuneleridir. Belirtilen numunelerden VT ve VK numuneleri

volkanik kökenli kayaçları temsil etmektedir. VT numunesi 16–25 mm, 6–16 mm ve 0–6 mm dane çaplarında, VK numunesi de aynı şekilde 16–25 mm, 6–16 mm ve 0–6 mm dane çaplarında çeneli bir kırıcıda kırılmak suretiyle laboratuvar ortamında üretilmiştir. K1 ve K2 numuneleri halihazırda üretimi yapıp kaplama ve beton imalatında kullanılmakta olan kayaçlardır.

Elek analizi için ASTM C 702'ye göre numune alınır. Numune şantiyede agrega yığınının veya konkasör bantından alınabilir. Fakat bunlardan en doğru sonucu konkasör bandından alınan numuneler verir. Şayet yığından numune alınacaksa bir boru yardımıyla yığının değişik noktalarından numune alınarak, ayrı bir alanda karıştırılmak suretiyle dörtleme işlemine tabi tutulmalıdır.

Ülkemizde karayolu kırmataşlarında 1", 3/4", 1/2", 3/8", No:4, No:10, No:40, No:80, No:200 standart elekleri kullanılır. Elekler büyükten küçüğe doğru sıralanır ve malzeme en üst elekten başlanarak elenir. Elek üstü kalan malzemeler yığışlımlı olarak 0,1 gr hassasiyetinde bir terazi ile tartılır. Daha sonra yüzde geçenler, toplam yüzde kalanlar ve belli boyutlardaki yüzdeler toplam ağırlığın % 0,1'i yakınlığında hesaplanır.

3.2.1.6 Çamurlu Madde Miktarı Tayini

Özellikle üst yapı agregaları için çamurlu madde miktarı tayini önemli bir deneydir. Çamurlu madde miktarı karışım içerisindeki mineral filler değerinin artmasına neden olacağından karışımın stabilitesi azalabilir. TS 3527'ye göre deney şu şekildedir:

1. Bu deney için alınan 750 gr deney malzemesi, 1000 ml'lik bir mezür içerisine konulur ve üzerine 750 ml su eklenir.
2. Kabın ağzı plastikle hava almayacak şekilde kapatılarak iyice çalkalanır.
3. Bu işlem 20 şer dakikalık aralıklarla toplam 3 kez tekrarlanır.
4. 24 saat sonra agrega üzerine çöken ince malzeme yüksekliği ve alanı tespit edilir.

Çamurlu madde miktarının ağırlıkça hesabı aşağıdaki eşitlikten yapılabilir:

$$\text{Ağırlıkça Çamurlu Madde Miktarı} = \left(\frac{Ah_{24}\gamma_{24}}{1000} \right) 100 \quad (3.10)$$

Burada;

A: 24 saat sonra çökelen çamurlu maddenin çökeldiği alan (cm²)

h₂₄: 24 saat sonra çökelen çamurlu maddenin yüksekliği (cm)

γ₂₄: Yaklaşık özgül ağırlık değeri (0,9 gr/cm³)

Çamurlu madde miktarını hacim esasına göre hesaplayabilmek için aşağıdaki eşitlikten yararlanır:

$$\text{Hacimce Çamurlu Madde Miktarı} = \left(\frac{h}{H} \right) 100 \quad (3.11)$$

3.2.1.7 Los Angeles Aşınma Dayanımının Tespiti

Los Angeles Deneyi aşınma ve darbelenme etkileri sonucunda mineral agregaların standart gradasyonunun bozulmasının ölçümü deneyidir. Bu deneyde, 14 mm deney eleğinden geçen ve 10 mm deney eleğinde kalan agregalara uygulanır. Deney kısmının kütlesi (5000±5) gr'dır. Deney için 31 devir/dk ile 33 devir/dk arasında dönme yapabilen, 11 adet çelik bilye ile aşındırma yapabilen bir tambur kullanılır.



Şekil 3.5 Çalışmalarda Kullanılan Los Angeles Aşınma Cihazı

Los Angeles Deneyi ASTM C 131'e göre şu şekilde yapılmıştır:

1. Tamburun içinin temizliği kontrol edildikten sonra, önce bilyeler daha sonra agrega numunesi tambur içine yerleştirilir ve tamburun kapağı sıkıca kapatılır.
2. 500 devir dönme işlemi tamamlandıktan sonra, tamburun açıklık kısmı tepsinin tam ortasına getirilerek agregalar tepsiye dökülür.
3. Tambur temizlenir, ince tanelerin raf etrafında kalmamasına dikkat edilir.
4. Bilyeler tepside alandıktan sonra 1,6 mm'lik elek kullanılarak ıslak eleme yapılır.
5. 1,6 mm elekte kalan kısım 110 ± 5 °C'deki etüvde sabit kütleyle gelinceye kadar kurutulur.
6. Şekil 3.5'de tipik bir Los Angeles Aşınma test cihazı ve bir numunenin deneyden önce ve deneyden sonraki halleri görülmektedir.

Los Angeles katsayısı LA aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$LA = \left(\frac{5000 - M}{50} \right) \quad (3.12)$$

Burada;

M=1,6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon ağırlığıdır (gr).

Deney her bir numune için üçer adet yapılmış ve numuneler 500 devirlik aşınma işlemine tabi tutulmuştur. ASTM C 131-89'a göre yol kaplamalarında kullanılacak malzemelerde aşınma % 35 değerinden küçük olmalıdır.

3.2.1.8 Agrega Darbelenme Değerinin Tayini

Agreganın ani şok ve çarpma etkilerine karşı dayanımının belirlenmesini sağlayan diğer bir deney türü de agrega darbelenme deneyidir. Bu deney 14 mm BS eleğinden geçip 10 mm BS eleğinde kalan agregalara uygulanır. Agregalar deneyden önce kurutulmuş olarak yüzey kuru hale getirilir.

1. Darbelenme deneyinde kullanılacak agrega miktarı iç çapı 75 mm ve iç yüksekliği 50 mm olan bir metal mezür yardımıyla belirlenir.
2. Mezür, en fazla 50 mm yükseklikten dökülecek şekilde 1/3'üne kadar doldurulur ve şişleme çubuğu ile 25 defa şişlenir.
3. Mezür daha sonra 2/3'üne kadar sonra da tamamen doldurulur.
4. Doldurma işleminden sonra şişleme çubuğu mezürün üzerinde gezdirilerek çubuğa temas eden agregalar alınacak ve varsa yüzeydeki boşluklar ele alınan uygun agregalarla tamamlanır.
5. Mezüre giren agrega ağırlığı(A) tartılarak kaydedilir ve aynı numuneye ait diğer deneyler için aynı miktarda malzeme kullanılır (EN 1097-2 1998).
6. Darbelenme deney aleti düzgün ve sağlam bir yüzey üzerine konularak sabitlenir, mezürle ölçülen miktarda agrega kalıp içerisine konulur ve kalıp sabitlenir.
7. Daha sonra tokmak ayarlanarak 380 ± 5 mm yükseklikten 15 defa 1 sn'den daha kısa aralıklarla agrega üzerine 13,5 kg'lık bir ağırlık düşürülür.
8. Şekil 3.6'da darbelenme deney cihazı görülmektedir.



Şekil 3.6 Çalışmalarda Kullanılan Darbelenme Deney Cihazı

9. Bu işlemden sonra deneye tabi tutulmuş agrega kalıp içerisinden çıkarılarak bir tepsiye alınır ve 8 nolu elekten elenir.
10. Daha sonra No:8 eleği geçen (B) ve kalan (C), malzemeleri 0,1 gr hassasiyetle tartılır. İnce malzeme yüzdesi (K) şu şekilde hesaplanır:

$$K = \left(\frac{B}{A} \right) 100 \quad (3.13)$$

Yüksek kaliteli agregaların darbelenme değeri % 18'den az olmalıdır.

3.2.1.9 Agregalar İçin Yassılık İndeksi Değeri Tayini

Bu deney metodu, kalınlığı nominal boyutunun 0,6'sından daha küçük olan agrega danelerinin yassı olarak sınıflandırılmasını esas alan bir metoddur. İki elek arasında kalan danelerin nominal boyutu, bu iki elek açıklığının aritmetik ortalamasıdır. Çizelge 3.1'de deneyde kullanılacak malzeme miktarları verilmiştir.

Çizelge 3.1 Yassılık İndeksi Deneyine Alınacak Malzeme Miktarları

Elek Açıklığı (mm)	Minimum Malzeme Miktarı (kg)
63-50	25
50-37,5	18
37,5-25	8
25-19	2,5
19-12,5	1
12,5-9,5	0,5
9,5-6,3	0,250

Yassılık indeksi, yassı danelerin ayrılması ile bulunan ağırlığın deneye alınan toplam numune ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilir. Deney 6,3 mm'den büyük ve 63 mm'den küçük malzemelere uygulanır (EN 933-3, 1997).

Deney uygulanacak numune için çizelge 3.1’de belirtilen ağırlıkta agrega numunelerinde mevcut fraksiyonlar için eleme işlemi yapılır. Her elek arasında kalan malzeme danelerinin, şablon üzerindeki kendi açıklığından geçip geçmediği el ile teker teker denir. Her fraksiyonun yassı danelerinin ağırlığı tartılarak kaydedilir. Daha sonra her fraksiyon ağırlığındaki yassı dane yüzdesi aşağıdaki formül yardımıyla ayrı ayrı hesaplanır. Deney sonunda yassı danelerin oranı % 35’i geçmemelidir.

$$\text{Yassı Dane Yüzdesi} = \frac{M_2 \times 100}{M_1} \quad (3.14)$$

Burada;

M_1 =Deneye alınan malzeme ağırlığı, (gr)

M_2 =Deneyde bulunan yassı malzeme ağırlığıdır, (gr)

3.2.1.10 Agregaların Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık (Donma) Deneyi

Agregaların hava etkileriyle donarak ufalanmaya karşı olan dirençleri hakkında laboratuarda kısa süre içinde karar verebilmek amacıyla uygulanan hızlandırılmış bir deneydir. Bu deneyde doymuş sodyum sülfat ya da magnezyum sülfat çözeltisi kullanılır. Çözeltinin hazırlanması için saf ve susuz magnezyum sülfat çözeltisi ($MgSO_4$) her litre su için 350 gr, kristalize magnezyum sülfat tuzu ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) çözeltisi ise her litre su için 1400 gr gereklidir. Çözelti 25–30 °C sıcaklıktaki su içinde iyice karıştırılarak yavaş yavaş çözülür. Çözelti ayrıca sodyum sülfat tuzu ile de hazırlanabilir. Saf ve susuz sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisi her litre su için 250 gr, kristalize sodyum sülfat tuzu ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) çözeltisi ise her litre su için 750 gr gereklidir. Deneyde kullanılacak tane boyutları ve ağırlıkları çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Donma Deneyi Tane Boyutları ve Ağırlıkları

Tane Boyutu (mm)	Ağırlık (gr)
63-50	3000±300
50-37.5	2000±200
37.5-25	1000±50
25-19	500±30
19-12.5	630±10
12.5-9.5	330±5
9.5-4.75	300±5

Şartnamede belirtilen sınırlar içinde kalacak biçimde elenmiş ve 110 °C'lik etüvde kurutulmuş olan agregadan çizelge 3.2'de belirtilen miktarlarda tel sepetler ve elekler üzerine konularak, üzeri en az 2 cm kaplayacak şekilde sodyum sülfat ya da magnezyum sülfat çözeltisi içine daldırılır ve kabın üzeri kapatılır. Sıcaklığı 21 °C olan ortamda 16-18 saat bekletilir. Daldırma süresi sonunda agrega numunesi çözeltiden çıkartılarak 5 dakika süzmeye bırakılır ve 110 °C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur. Etüvden çıkarılınca oda sıcaklığına kadar soğutulur. Numune ikinci kez çözeltiliye daldırılarak anlatılan işlemler yinelenir. Normal beton ve bitümlü kaplama agregaları için bu daldırma ve kurutma işlemleri 5 kez tekrarlanır. 5.devre sonunda etüvden çıkan numune soğutulup, çözelti tamamen temizleninceye kadar suyla yıkanır. Daha sonra numuneler 110 °C'lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur ve tartılır. Deney sonrası her elek üzerinde kalan agrega ağırlığı ile ilk numune ağırlığı arasındaki fark donma kaybıdır. Bu kaybın ilk ağırlığa göre yüzdesi ise donma kaybı yüzdesidir. Şartnamede belirtilen tane boyutlarına göre bulunan donma kayıpları o agrega için uygulanacak özgün granülometriye çevrilir.

3.2.2 Asfalt Deneyleri

3.2.2.1 Penetrasyon Deneyi

Yarı katı veya akıcı olmayan bağlayıcıların kıvamlarının viskozimetre ile ölçülmesi mümkün değildir. Bu durumda penetrasyon deneyi yapılır. Penetrasyon ölçmek için kullanılan alete penetrometre denir. Şekil 3.7’de deneyde kullanılan bir penetrometre cihazı görülmektedir.



Şekil 3.7 Bir Penetrometre Cihazı

Deney yapılırken penetrasyon cihazı düzgün bir yere yerleştirilir ve gösterge sıfıra getirilir. Numune istenen 25 °C sıcaklıkta olmalıdır. İstenen ağırlıkta (genellikle 100 gr) numune yüzeyine ancak degecek şekilde ayarlanır. İğne belirli bir zaman aralığında serbest bırakılır. Genellikle 5 sn’lik zaman bitiminde penetrasyon değeri okunur. Kabın kenarından ve birbirinden 1’er cm’ lik uzaklıkta en az 3 okuma yapılır. Bu okumalar en kısa zamanda yapılmalıdır. İğne, her seferinde uygun bir çözücü ile (Karbon tetra klorür, tri klor etilen, benzin) ısıtılmış bezle silinir. Sonra kuru bezle temizlenir (ASTM D5-97 2003).

3.2.2.2 Marshall Metodu ile Karışım Dizaynı

Bu metod ile dizayn kavramı, Birleşik Devletler, Mississippi Devlet Otoyolları Departmanında çalışan Bruce Marshall tarafından geliştirilip formüle edilmiştir. Birleşik Devletler Mühendislik Şirketinin ileri araştırma ve korelasyon çalışmalarıyla, Marshall Deney Yöntemi geliştirilerek bugün kullanılan son halini almıştır. Daha sonra

bu dizayn yöntemi, “American Society for Testing and Materials” tarafından standartlaştırılmıştır. Bu yöntem penetrasyon veya viskozite derecesi belli asfalt çimentolarına ve maksimum boyutu 25 mm (1 inç) veya daha az olan agregalar kullanarak yalnızca sıcak karışım asfalt kaplamalara uygulanır (ASTM D 1559–89, 1992). Ülkemiz karayolları karışım dizaynlarında da bu yöntem kullanılmaktadır.

Marshall Metodu için işlem deney numunelerin hazırlanması ile başlar. Bütün bu işlemlerin başlangıcı için şunlar takip edilir:

- Kullanım için önerilen malzemeler proje şartnamelerini sağlamalıdır.
- Agregaların sınıflarının proje şartnamelerinin istekleri doğrultusunda oranlandırılması yapılır.
- Kullanılacak malzemelerin yoğunluk ve boşluk analizleri, karışımda kullanılacak agregaların hacim özgül ağırlıkları ve asfalt çimentosunun özgül ağırlıkları tespit edilir.

Marshall Metodunda standart, silindirik 64 mm yükseklik 102 mm çapında deney numuneleri kullanılır. Bu numuneler ısıtma-karıştırma ve sıkıştırma işlemlerinden oluşan özel bir prosedürle hazırlanır. Marshall Metodu ile karışım dizaynının en önemli özelliği, sıkıştırılmış deney numunelerinde yoğunluk-boşluk analizi ve stabilite-akma deneyleridir (Uluçaylı 2002).

Deney numuneleri hazırlanırken ilk olarak agregalar 105–110 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulur. İstenen fraksiyonlarda elenip, kurutulan agregalardan, ayrı ayrı kaplarda 1200 gr’lık karışım tartımları yapılır. Her Agreganın ve bitüm kombinasyonlarından en az üç adet numune hazırlanır. Hazırlanan kuru karışımlar ve bitüm etüve konularak sıcaklıklarının 3–4 saat süre boyunca 150–160 °C’ye gelmesi beklenilir. Sıkıştırma işlemine başlamadan yarım saat öncesinde numune kalıpları, tokmak başlığı, mikser karıştırma kabı ve ucu, spatula, metal numune küreği gibi metal aparatlar da etüv içerisine yerleştirilerek ısıtılır. Isıtma işleminden sonra agreganın ve asfalt çimentosunu tamamıyla üniform bir asfalt dağılımına sahip karışımı meydana getirmek için mekanik karıştırıcı ile homojen bir dağılım elde edilene kadar 3–5 dakika

karıştırılır. Şekil 3.8 ve 3.9’da karışım için hazırlanan malzeme ve karıştırma işleminde kullanılan ısıtıcı mekanik karıştırıcı görülmektedir.



Şekil 3.8 1200 gr'lık Karışım Tartımı, Aparat ve Karışımların Isıtılması



Şekil 3.9 Çalışmalarda Kullanılan Isıtıcı Mekanik Asfalt Karıştırıcısı ve Bir Karıştırma İşlemi

Asfalt çimentosu ve sıvı petrol asfaltın 170 ± 20 °C viskozite oluşacak şekilde ısıtılacağı sıcaklık, karıştırma sıcaklığıdır. Karışım kalıbın içine yerleştirilmeden önce kalıbın tabanına, ölçüsüne göre kesilmiş filtre kağıdı yerleştirilir. Numuneler 101,6 mm (4 inç) çapında ve 76,2 mm (3 inç) yüksekliğindeki numune kalıbında, 457,2 mm (18 inç) den düşen 4536 g (10 lb) ağırlığındaki özel bir tokmakla sıkıştırılır. Şekil 3.10’da numuneleri sıkıştırma işleminde kullanılan otomatik tokmak görülmektedir.



Şekil 3.10 Çalışmada Marshall Deney Numunelerini Hazırlamak İçin Kullanılan Otomatik Tokmak

Dizayn trafik yüküne bağlı olarak (hafif-orta-ağır), sıkıştırma uygulanacak numunelerin her iki yüzeyine 35–50 veya 75 darbe uygulanır. Bu çalışmada ağır trafik şartlarına göre dizayn yapıldığından 75 darbe uygulanmıştır. Çizelge 3.3’de trafik durumuna göre eşdeğer dingil yükleri görülmektedir. Sıkıştırmadan sonra numuneler oda sıcaklığında hareket esnasında deformasyon yapamayacak duruma gelene kadar soğumaya bırakılır. Şayet hızlı soğuma istenirse fan kullanılabilir (O’Flaherty 2002).

Çizelge 3.3 Trafik Durumuna Göre Eşdeğer Dingil Yükleri

Trafik Durumu	Eşdeğer Dingil Yüğü (EAL)
Hafif	$<10^4$
Orta	$10^4 \sim 10^6$
Ağır	$>10^6$

3.2.2.3 Marshall Stabilite ve Akma Deneyi

Oda sıcaklığına kadar soğumuş olan briket numune kalıptan bir numune çıkarma krikosu yardımı ile çıkarılarak, 24 saat laboratuvar sıcaklığında bekletilir. Bir kumpas yardımıyla üç ayrı yerden yükseklikleri ölçülen numunelerin havada, 25 °C suda ve yüzey kuru suya doymun durumdaki tartımları yapılır.

Stabilite ve akma deneylerine geçmeden önce numuneler 60 ± 1 °C'lik su banyosunda 30 ila 40 dakika bekletilir. Şekil 3.11'de numune çıkarmaya yarayan hidrolik numune çıkarıcı ve su banyosunda deney için beklemeye alınmış numuneler görülmektedir.



Şekil 3.11 Hidrolik Numune Çıkarıcı ve Su Banyosu

Numune çelik bir halkanın iki segmanı arasına yerleştirilir. Akma ölçer yerleştirilerek sıfırlanır. Deneyde; üst segman sabittir. Maksimum yüke erişinceye kadar, alt segmanın hareket etmesiyle dakikada 50,8 mm'lik (2 inç) bir hızla yükleme yapılır. Numune kırılıncaya kadar yüklemeye devam edilir ve Marshall Stabilite değeri kaydedilir. “Marshall Stabilitesi” adı verilen bu değerin numunenin kırılmasını sağlayan kg cinsinden toplam yük miktarıdır. Ayrıca numunenin çökme ya da hareket miktarı olan akma değeri ölçülür. Bu esnada deney numunesinin su banyosundan çıkarılıp, maksimum yük saptamasına kadar geçen süre 30 saniyeden fazla olmamalıdır. Numune yüksekliği 63,5 mm'den (2 1/2 inç) farklıysa Marshall Stabilite düzeltme katsayıları kullanılarak yüke düzeltme faktörü uygulanır. Ayrıca bu deneyle karışımın birim ağırlığı, boşluk oranı ve

bağlayıcı ile dolu bulunan agregat boşluğu yüzdesi de saptanır (ASTM D 1559–89, 1992, Önal ve Karaca 1984). Şekil 3.12’de deneyde kullanılan numuneler ve Marshall deney cihazı, şekil 3.13’de ise Marshall deneyi sonrasında kırılan numuneler görülmektedir.



Şekil 3.12 Deney Numuneleri ve Bir Marshall Deney Cihazı



Şekil 3.13 Marshall Deneyi Sonrası Numuneler

3.2.2.4 Optimum Bitüm Yüzdesinin Belirlenmesi

Optimum bitüm yüzdesinin hesaplamak için farklı bitüm yüzdelerinde hazırlanmış olan numunelere ait pratik özgül ağırlık, stabilite, akma, boşluk, bitüm ile dolu boşluk, mineral agregatlar içindeki boşluk grafikleri çizilir. Daha sonra yoğunluk ve stabilite eğrilerinin en büyük değerlerine karşı gelen bitüm yüzdeleri, asfaltla dolu boşluğu % 65–78 arasına karşılık gelen, boşluk oranı % 3–5 arasına karşılık gelen bitüm

yüzdeleri grafiklerden okunarak bulunan değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak optimum bitüm yüzdeleri tayin edilir. Bu şekilde belirlenen bitüm oranına göre üretilen sıcak asfalt karışımı, şartnamelerde belirtilen özellikleri taşıyacaktır. Daha sonra kontrol için optimum bitüm miktarlarının şartnamelerde belirtilen akma ve % VMA'ları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Çizelge 3.4'de Marshall Metodu ile aşınma tabakası dizayn kriterleri görülmektedir.

Çizelge 3.4 Marshall Metodu ile Aşınma Tabakası Dizayn Kriterleri (YFŞ 2004)

ÖZELLİKLER	AŞINMA TABAKASI	
	MİN.	MAK.
Darbe Sayısı	75	-
Marshall Stabilite (kg)	900	-
Boşluk (%)	3	5
Asfaltla Dolu Boşluk (%)	65	75
Akma (mm)	2	4
Filler/Bitüm Oranı	-	1,5
Asfalt Çimentosu	4	7
Agregalar Arası Boşluk (VMA), (%)	14	-

Agregalar arası boşluk değerleri (VMA) çizelge 3.5'de belirtilen değerlerden fazla olmamalıdır.

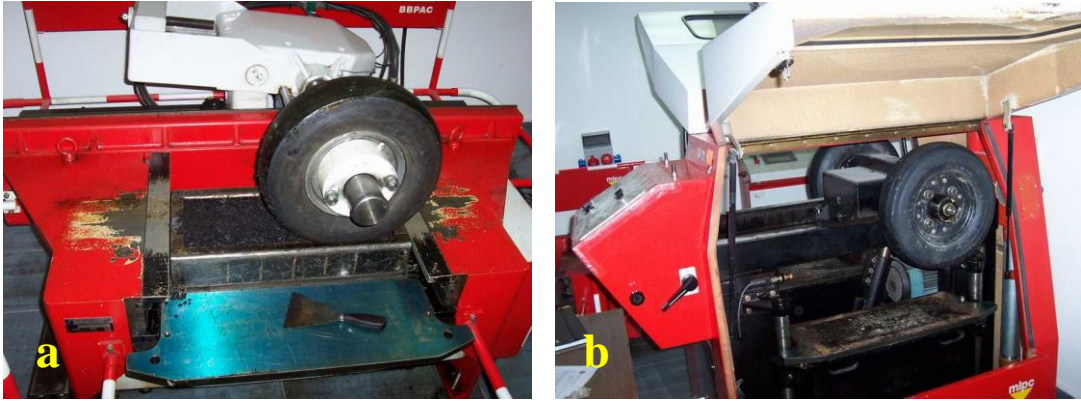
Çizelge 3.5 Minimum VMA Değerleri (Tunç 2001)

Nominal D_{max}	Min VMA %
2 ^{''}	11,5
1 ½ ^{''}	12,0
1 ^{''}	13,0
¾ ^{''}	14,0
½ ^{''}	15,0
⅜ ^{''}	16,0

3.2.2.5 Tekerlek İzinde Deformasyon Deneyi

Bu deney yöntemi İngiltere Yol Araştırma Laboratuvarı tarafından geliştirilmiştir (Wheel-Tracking Test). Deney Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Daire Başkanlığı, Üst Yapı Laboratuvarlarında bulunan Fransız tekerlek izinde deformasyon cihazı ile yapılmıştır. Bu cihaz ilk kez Kanada'da Quebec eyaletinde asfalt karışımların tekerlek izi deformasyon direncini belirlemek için kullanılmıştır.

Bu deney yönteminde, deneye tabi tutulacak karışımlardan hazırlanan numuneler, karışımın kullanılacağı hava koşulları için kritik olabilecek yükseklikteki sıcaklık koşullarında deneysel olarak sağlanan trafik etkisine maruz bırakılmakta ve numunede oluşan deformasyonlar, belli bir süre izlenerek kaydedilmektedir. Oluşan deformasyonların, zamana karşı grafiğe geçirilmesi sonucunda elde edilen eğrinin eğimi, o numunede kullanılan karışımın deformasyona olan yatkınlığı için bir ölçü olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.14. a) Kalıplara Dökülen Deney Numunesini Sıkıştırma Cihazı
b) Fransız Tekerlek İzinde Deformasyon Ölçme Cihazı

Karışımlar, seçilen granülometri ve saptanan bitüm oranına göre mekanik bir karıştırıcıda karıştırılmak sureti ile hazırlanır. Hazırlanan bu karışımlar, 500×180×100 mm boyutundaki çelik kalıp içine yerleştirilerek, LCPC düzlem sıkıştırıcı makinesi ile pnömomatik tekerlekle silindirlenerek sıkıştırılır. Şekil 3.14 (a)'da kalıplara dökülen deney numunesini sıkıştırma için kullanılan cihaz görülmektedir. Deneyden önce numuneler soğuması için 24 saat oda sıcaklığında bekletilir. Deney esnasında numunelere

pnömatik bir tekerlek vasıtasıyla (400 mm çapında 90 mm genişliğinde) 600±30 kPa tekerlek basıncı altında 5000±50 N yük uygulanır. Deneye başlamadan önce numunelere ön ısıtma yapılmaksızın 1000 pas tekerlek geçişi yapılır (1 pas=Tekerleğin bir ileri bir geri hareketidir.) Daha sonra 1000, 3000, 5000, 10000, 20000, 30000 ve 50000 pas tekerlek geçişleri sonucunda numunelerde oluşan deformasyonlar ölçülür. Ölçüm adımlarında meydana gelen ortalama deformasyon bir önceki ortalama deformasyon sonucuna göre % 10 daha fazlaysa deney durdurulur ve bir sonraki adımda ortalama tekerlek izi deformasyonunun % 10'dan daha fazla olacağı tahmin edilebilir. Tekerlek izinde oluşan deformasyon, tekerleğin geçtiği eksen üzerinde alınan 15 farklı okumanın ortalaması alınarak hesaplanır. Şekil 3.14 (b)'de Fransız Tekerlek İzinde Deformasyon Ölçme Cihazı (French Laboratory Rutting Tester) görülmektedir. Tekerlek izindeki deformasyon 30 000 pas tekerlek geçişinden sonra 10 mm'nin altında olmalıdır (Uzarowski 2004).

3.2.2.6 Mekanik Batırma Deneyi

Mekanik batırma deneyleri, genellikle çeşitli şekillerde sıkıştırılmış (Marshall kompaktörü vb.) bitümlü karışımların suya batırılmasından sonra mekanik özelliklerindeki değişimin ölçülmesini içermektedir. Dolayısıyla, batırma işlemlerinden sonra belirlenen malzeme yapısındaki değişikliğin başlangıçtakine oranlanması soyulmanın dolaylı bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Batırma öncesi ve sonrasındaki Marshall stabilitesi oranı, korunan Marshall stabilitesi olarak adlandırılır ve genellikle yüzde olarak belirtilir.

Belirli bir agrega tipi ve gradasyonu için daha önceden yapılmış Marshall deneyine ait maksimum stabiliteye karşılık gelen bitüm miktarı tespit edilir ve belirlenen bitüm miktarınca 6 adet Marshall numunesi üretilir. Üretilen Marshall numuneleri bünyelerindeki boşlukların su ile dolması amacıyla 0-1 °C arasındaki sıcaklıktaki su altında vakum uygulanır ve ardından 48 saat süreyle 60 °C'lik su banyosunda tutulur. Son olarak bu numunelerin de Marshall stabiliteyi saptanarak, diğer numunelerin standart Marshall stabilitesine oranı korunan Marshall stabilitesi olarak adlandırılır(AASTHO T 165-2).

3.2.3 Kaplama Karışım Hesapları İçin Gerekli Bağlıntılar

3.2.3.1 Agreganın Efektif Özgül Ağırlığının Tayini

Agrega tarafından absorbe edilen asfalt hacmi, absorbe edilen suyun hacminden daha azdır. Bunun sonucu olarak agreganın efektif özgül ağırlık değeri, hacim ve zahiri özgül ağırlık değerleri arasında olmalıdır. Efektif özgül ağırlık bu limitlerin dışına düştüğünde değerin yanlış olduğu varsayılmaktadır. Bu durumda ASTM D 2041'e göre yapılan teorik özgül ağırlık deneyi yeniden gözden geçirilmelidir. Bu deneyin yapılamadığı durumlarda, hacim özgül ağırlık ve zahiri özgül ağırlık değerlerinin ortalaması alınarak bulunan efektif özgül ağırlık değeri hesaplarda kullanılabilir.

Agreganın efektif özgül ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$G_{ef} = \left(\frac{100}{\frac{100 + W_a}{DT} - \frac{W_a}{D_b}} \right) \quad (3.15)$$

Burada;

G_{ef} =Agrega Efektif özgül ağırlığı (asfalt absorbe eden boşluklar hariç tüm boşlukları içerir).

W_a =Agreganın Yüzdesi Olarak Bitüm.

D_T =Gevşek kaplama karışımının boşluksuz maksimum özgül ağırlığı.

G_b =Bitüm Özgül Ağırlığı.

3.2.3.2 Bitüm Absorpsiyon Yüzdesinin Hesaplanması

Absorpsiyon karışımının toplam ağırlığının yüzdesinden ziyade agreganın ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilir. Asfalt absorpsiyon yüzdesi (P_{ba}) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$P_{ba} = 100 \left(\frac{G_{ef} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{ef}} \right) \times G_b \quad (3.16)$$

Burada;

P_{ba} : Agreganın ağırlıkça yüzdesi olarak, absorbe edilen bitüm.

G_{ef} : Agreganın efektif özgül ağırlığı.

G_{sb} : Agreganın hacim özgül ağırlığı.

G_b : Bitüm Özgül Ağırlığı.

3.2.3.3 Kaplama Karışımının Efektif Bitüm Yüzdesinin Hesaplanması

Efektif bitüm yüzdesi, toplam bitüm miktarının agrega tarafından absorbe edilen bitüm miktarı kadar eksiktir. Bu, toplam bitüm miktarının agrega dışını kaplayan kısımdır ve kaplama karışımın performansına etki edecek bitüm miktarıdır.

$$P_{bc} = W_a - P_{ba} \quad (3.17)$$

Burada;

P_{bc} : Agreganın ağırlıkça yüzdesi olarak efektif bitüm miktarı.

W_a : Agreganın ağırlıkça yüzdesi olarak bitüm.

P_{ba} : Agreganın ağırlıkça yüzdesi olarak absorbe edilen bitüm.

3.2.3.4 Farklı Bitüm Miktarlarında Hazırlanan Karışımın Maksimum Özgül Ağırlığının Tayini

Her bir bitüm yüzdesindeki hava boşluğu hesaplanırken, farklı bitüm yüzdelerindeki maksimum özgül ağırlığa ihtiyaç duyulur. ASTM D 2041'e göre deney yapılırken en sağlıklı sonucu alabilmek için optimuma yakın bitüm yüzdesinde hazırlanmalı ve D_T için iki veya üç deney yapılmaya çalışılmalıdır.

Bitüm miktarının değişmesi bitüm absorpsiyonunu önemli ölçüde değiştirmez, bu sebeple maksimum özgül ağırlık(D_T), aşağıdaki bitüm yüzdesi ile her bitüm yüzdesi için ayrı ayrı hesaplanabilir.

$$D_T = \frac{100 + W_a}{\frac{100}{G_{ef}} + \frac{W_a}{G_b}} \quad (3.18)$$

Burada;

D_T : Kaplama karışımının boşluksuz maksimum özgül ağırlığı.

W_a : Agreganın ağırlıkça yüzdesi olarak bitüm.

G_{ef} : Agreganın efektif özgül ağırlığı.

G_b : Bitüm özgül ağırlığı.

3.2.3.5 Sıkıştırılmış Kaplama Karışımında Yüzde VMA Hesabı

Agregalar arası boşluk yüzdesi (VMA), efektif bitüm miktarını ve hava boşluğunu içeren, sıkıştırılmış kaplama karışımının agregada daneleri arasındaki boşluk olarak tanımlanır ve toplam hacmin yüzdesi olarak hesaplanır.

VMA, agreganın hacim özgül ağırlığı esas alınarak hesaplanır ve sıkıştırılmış kaplama karışım hacminin yüzdesi olarak ifade edilir. Böylece VMA, sıkıştırılmış kaplama karışımının hacminden agreganın hacim özgül ağırlığı ile hesaplanan hacmin çıkarılmasıyla hesaplanır. Eğer karışım kompozisyonu agregada ağırlığının yüzdesi olarak bulunmuşsa,

$$VMA = \left(100 - \frac{D_p}{G_{sb}} \right) \left(\frac{100}{100 + W_a} \right) 100 \quad (3.19)$$

Burada;

VMA : Agregalar arası boşluk yüzdesi.

D_p : Sıkıştırılmış karışımın hacim özgül ağırlığı.

G_{sb} : Agreganın hacim özgül ağırlığı.

W_a : Agreganın ağırlıkça yüzdesi olarak bitüm.

3.2.3.6 Sıkıştırılmış Kaplama Karışımındaki Hava Boşluğu ve V_f Yüzdesinin Hesaplanması

Sıkıştırılmış kaplama karışımı içerisindeki hava boşluğu (V_h), bitümle kaplanmış agrega daneleri arasındaki küçük hava boşluklarından ibarettir.

$$V_h = \left(\frac{D_T - D_p}{D_T} \right) 100 \quad (3.20)$$

Burada;

V_h : Toplam hacmin yüzdesi olarak sıkıştırılmış karışımındaki hava boşluğu.

D_T : Kaplama karışımının maksimum özgül ağırlığı.

D_p : Sıkıştırılmış karışımın (briketin) hacim özgül ağırlığı.

Asfaltla dolu boşluk (V_f), sıkıştırılmış kaplama karışımının bitümle dolan boşluklarını içerir.

$$V_f = \left(\frac{VMA - V_h}{VMA} \right) 100 \quad (3.21)$$

Burada;

V_f : Asfaltla dolu boşluk.

VMA : Agregalar arası boşluk yüzdesi.

V_h : Toplam hacmin yüzdesi olarak sıkıştırılmış karışımındaki hava boşluğu.

3.2.4 Jeolojik İncelemeler

Çalışmamızda kullanılan volkanik kökenli agrega (VT, VK) numunelerinin ince kesitleri hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitler Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Polarizan Mikroskop kullanılarak volkanik kökenli agregaların mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca çalışmamızda kullanılan 4 çeşit agrega numunesinin kimyasal analizleri Kanada ACME Laboratuvarlarında ICP-MS cihazıyla yaptırılmıştır.



Şekil 3.15 Polarizan Mikroskop

4. BULGULAR

4.1 Mineral Agreganın Fiziksel Özellikleriyle İlgili Deney Sonuçları

4.1.1 Özgül Ağırlık ve Su Emme Deneyi Sonuçları

Çalışmada kullanılan dört farklı agrega numunesine ait özgül ağırlık ve su emme deneyi sonuçları çizelge 4.1–2 ve 3’de görülmektedir. Deneyler ASTM C 127–88.’e göre yapılmıştır. VK numunesinin su emme yüzdesi en yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.1 Zahiri Özgül Ağırlık Deney Sonuçları

NUMUNE	ZAHİRİ ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm ³)					ORTALAMA
VT (No 4 üstü)	2,56	2,64	2,63	2,63	2,63	2,62
VT (No 4-No 200 arası)	2,67	2,68	2,66	2,68	2,69	2,68
VT (Filler)	2,71	2,70	2,67	2,70	2,70	2,69
VK (No 4 üstü)	2,52	2,51	2,51	2,51	2,48	2,50
VK (No 4-No 200 arası)	2,65	2,65	2,65	2,63	2,61	2,64
VK (Filler)	2,82	2,72	2,82	2,72	2,77	2,77
K1 (No 4 üstü)	2,70	2,70	2,70	2,69	2,70	2,70
K1 (No 4-No 200 arası)	2,70	2,71	2,70	2,68	2,67	2,69
K1 (Filler)	2,59	2,54	2,56	2,56	2,57	2,56
K2 (No 4 üstü)	2,70	2,72	2,70	2,69	2,70	2,70
K2 (No 4-No 200 arası)	2,68	2,70	2,68	2,68	2,70	2,69
K2 (Filler)	2,55	2,63	2,55	2,63	2,55	2,58

Çizelge 4.2 Hacim Özgül Ağırlık Deney Sonuçları

NUMUNE	HACİM ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm ³)					ORTALAMA
VT (No 4 üstü)	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
VT (No 4-No 200 arası)	2,61	2,60	2,60	2,61	2,61	2,61
VK (No 4 üstü)	2,43	2,42	2,41	2,41	2,39	2,41
VK (No 4-No 200 arası)	2,36	2,46	2,38	2,35	2,37	2,39
K1 (No 4 üstü)	2,68	2,67	2,67	2,67	2,68	2,67
K1 (No 4-No 200 arası)	2,62	2,61	2,64	2,62	2,61	2,62
K2 (No 4 üstü)	2,68	2,68	2,68	2,66	2,67	2,67
K2 (No 4-No 200 arası)	2,61	2,59	2,60	2,61	2,62	2,60

Çizelge 4.3 Su Emme Deney Sonuçları

NUMUNE	SU EMME YÜZDESİ					ORTALAMA
	%					
VT (No 4 üstü)	2,10	1,88	1,75	1,70	1,80	1,84
VT (No 4-No 200 arası)	1,46	1,86	1,33	1,73	1,86	1,64
VK (No 4 üstü)	2,60	2,60	2,80	3,00	2,40	2,68
VK (No 4-No 200 arası)	8,20	5,00	7,40	7,60	6,60	6,96
K1 (No 4 üstü)	0,50	0,60	0,70	0,50	0,50	0,56
K1 (No 4-No 200 arası)	1,80	2,40	1,60	1,40	1,40	1,72
K2 (No 4 üstü)	0,50	0,80	0,50	0,60	0,60	0,60
K2 (No 4-No 200 arası)	1,80	2,40	2,00	1,80	1,80	1,96

4.1.2 Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları

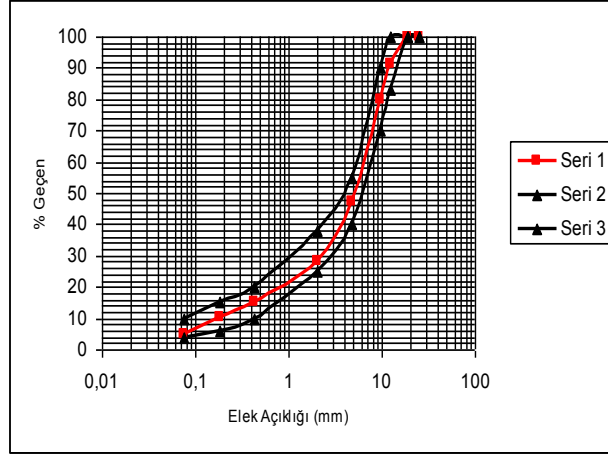
Gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık deney sonuçları çizelge 4.4’de görülmektedir.

Çizelge 4.4 Gevşek ve Sıkışık Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları

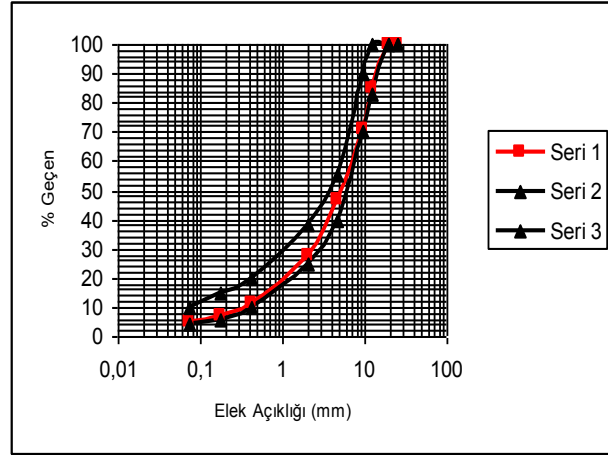
NUMUNELER	SIKIŞIK BHA (gr/cm ³)	GEVŞEK BHA (gr/cm ³)
VT (16-25)	1,45	1,29
VT (6-16)	1,47	1,30
VT (0-6)	1,73	1,59
VK (16-25)	1,55	1,37
VK (6-16)	1,59	1,44
VK (0-6)	1,88	1,73
K1 (12-25)	1,47	1,43
K1 (6-12)	1,50	1,34
K1 (0-6)	1,58	1,53
K2 (12-25)	1,49	1,40
K2 (6-12)	1,52	1,38
K2 (0-6)	1,59	1,51

4.1.3 Karışımlarda Kullanılacak Agrega Gradasyonu

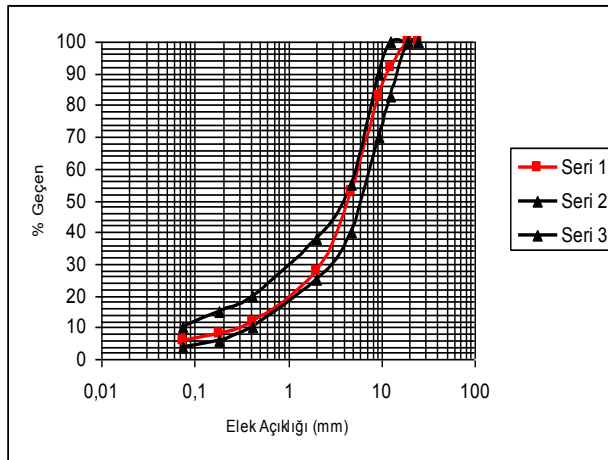
Çalışmada kullanılan agrega numunelerinin elek analizleri ASTM C 136-84 a’ya göre yapılmıştır ve Aşınma Tip 2’ye göre eğrileri şekil 4.1-2-3 ve 4’de verilmiştir. Yapılan elek analizleri sonucu bütün numunelerin Aşınma Tip 2’nin sınır eğrileri arasında kaldığı görülmektedir.



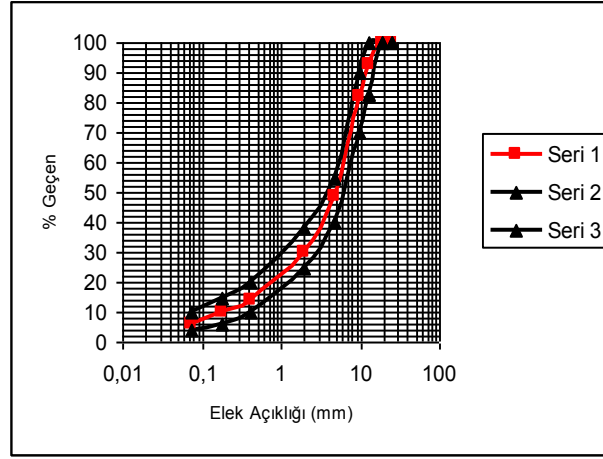
Şekil 4.1 VT Numunesine Ait Granülometri Eğrileri



Şekil 4.2 VK Numunesine Ait Granülometri Eğrileri



Şekil 4.3 K1 Numunesine Ait Granülometri Eğrileri



Şekil 4.4 K2 Numunesine Ait Granülometri Eğrileri

4.1.4 Çamurlu Madde Miktarı Tayini Sonuçları

Agregaların hacimce çamurlu madde oranları aşağıda çizelge 4.5’de verilmiştir. Bu deney TS 3547’ye göre yapılmıştır. Deney sonucunda en fazla çamurlu madde K2 numunesinde görülmüştür.

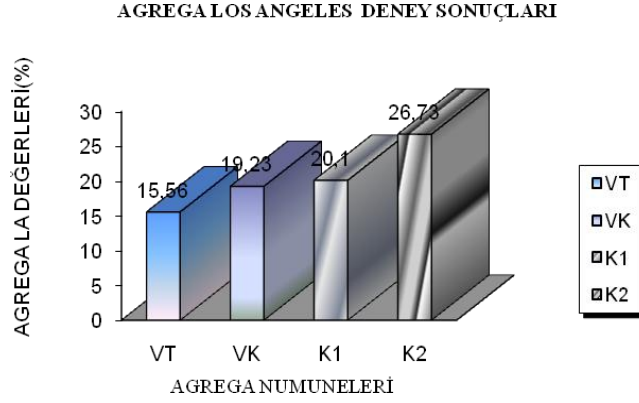
Çizelge 4.5 Agregaların Hacimce Çamurlu Madde Oranları

Numune	Hacimce Çamurlu Madde Oranı (%)
VT	3,00
VK	0,80
K1	7,90
K2	9,14

4.1.5 Los Angeles Aşınma Deneyi Sonuçları

Kaplamalarda kullanılacak agregaların kompaksiyon ve trafik yükleri altında kırılma ve aşınmaya karşı direncini tespit etmek amacıyla EN 1097’ye göre yapılan Los Angeles aşınma deneyi sonuçları şekil 4.5’de görülmektedir. Deney dört grup agrega numunesi için (VT, VK, K1, K2) üçer kez yapılmıştır. Ortalama Los Angeles aşınma kayıpları sırasıyla % 15,56, % 19,23, % 20,1, % 26,73 olarak bulunmuştur. Buna göre en fazla aşınma kaybını kireçtaşı kökenli agrega olan K2 numunesinde, en az aşınma kaybı ise

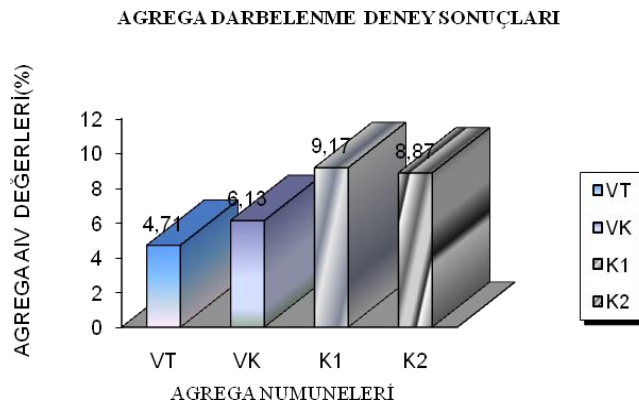
volkanik kökenli kayaç olan VK numunesinde gözlemlenmiştir. Tüm numunelerde aşınma kaybı % 35 olan kritik değerin altındadır.



Şekil 4.5 Karşılaştırmalı Los Angeles Deney Sonuçları

4.1.6 Agregada Darbelenme Deneyi Sonuçları

Agregaların kırılmalara ve parçalanmalara karşı fiziksel dayanımını belirlemede kullanılan önemli deneylerden bir diğeri de agregada darbelenme deneyidir. Dört adet numunede (VT, VK, K1, K2) yapılan beş adet deney sonucuna göre ortalama agregada darbelenme kayıpları sırasıyla % 4,71, % 6,13, % 9,17 ve % 8,87 olarak bulunmuştur. Agregada Darbelenme deney sonuçları şekil 4.6'da görülmektedir.

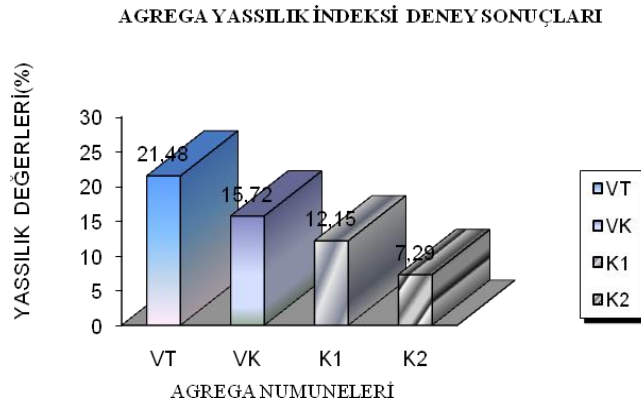


Şekil 4.6 Karşılaştırmalı Darbelenme Deney Sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre en fazla darbelenme kaybı kireçtaşı kökenli K1 agregasında, en az darbelenme kaybı ise volkanikli kökenli VT agregasında görülmüştür. Aşınma tabakası trafik yüklerine en fazla maruz tabaka olduğundan dolayı bulunan deney sonuçları olumludur. Tüm numunelerde aşınma kaybı % 18 olan kritik değerin altındadır.

4.1.7 Agregaya Yassılık İndeksi Deney Sonuçları

Yassı ve silindirik danelerin çekme dayanımları düşük olduğu için trafik ve çevre etkisi altında kolayca aşınıp kırılabilirler. Bu yüzden kaplamalarda kullanılacak agregaların aşınma etkisine karşı dayanıklı olmaları gerekir. Agregaya Yassılık İndeksi değerleri Şekil 4.7’de görülmektedir.

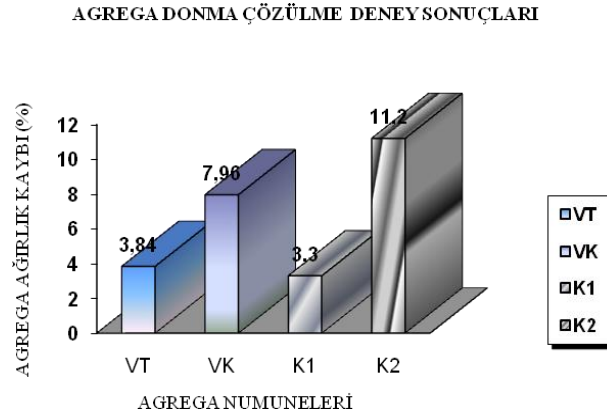


Şekil 4.7 Agregaya Yassılık İndeksi Deney Sonuçları

4.1.8 Agregaların Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık (Donma) Deney Sonuçları

Agregalar donma-çözülme etkisi altında hacim değişikliği göstermektedirler. Gözenekleri su ile dolan agregaya taneleri, suyun donması sonucunda bir hacim genişlemesi meydana gelir. Oluşan bu hacim genişlemesi sonucunda agregaya tanelerinde çok büyük içsel gerilmeler meydana gelir fakat buzun erimesi sonucunda bu gerilmeler ortadan kalkar. Donma-çözülme olaylarının çok sayıda olması durumunda agregaya taneleri çatlayıp ufalabilir. Bu nedenle sıcak karışı asfalt kaplama içerisinde

kullanılacak agregaların donma etkisin karşı dayanıklı olması istenir. Dört adet numunede (VT, VK, K1, K2) yapılan donma-çözülme deney sonucuna göre ortalama agregaya kayıpları sırasıyla % 3,84, % 7,96, % 3,3 ve % 11,2 olarak bulunmuştur. Agregaya Darbelenme deney sonuçları şekil 4.7’de görülmektedir. Tüm numunelerde ağırlık kaybı şartnamenin belirttiği %12 kritik değerinin altındadır.



Şekil 4.8 Agregaya Donma-Çözülme Deney Sonuçları

4.2 Asfalt Karışımlarla İlgili Deney Sonuçları

4.2.1 Bitüm Özellikleri

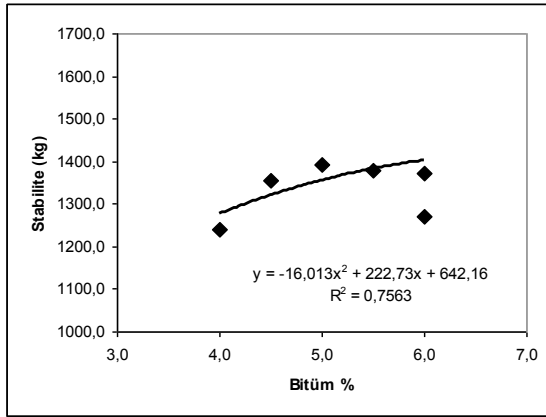
Çalışmada kullanılan bitümlü bağlayıcıya ait özgül ağırlık ve penetrasyon özellikleri çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 AC' ye Ait Özellikler

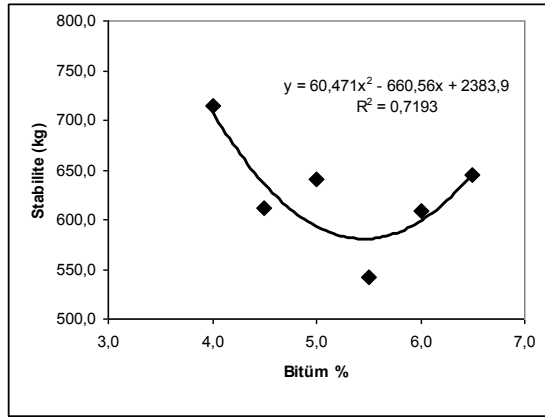
Özellikler	Değerler	Kullanılan Standart
Kaynak	Aliğa/Türkiye	
Penetrasyon Derecesi	50/70	
Penetrasyon Derecesi (25 °C'de)	63	ASTM D 5
Özgül Ağırlık	1,060	ASTM D 70
Yumuşama Noktası (°C)	49	ASTM D 36
Isıtma Kaybı (%)	2	ASTM D 6
Parlama Noktası (°C)	296	ASTM D 92
Düktilite (5 cm/dk)	>100 cm	ASTM D 113
Viskosite (135 °C'de)	0,420 Pa s	ASTM D 4402
Viskosite (165 °C'de)	0,114 Pa s	ASTM D 4402

4.2.2 Marshall Metodu ile Optimum Bitüm Yüzdelerinin Belirlenmesi

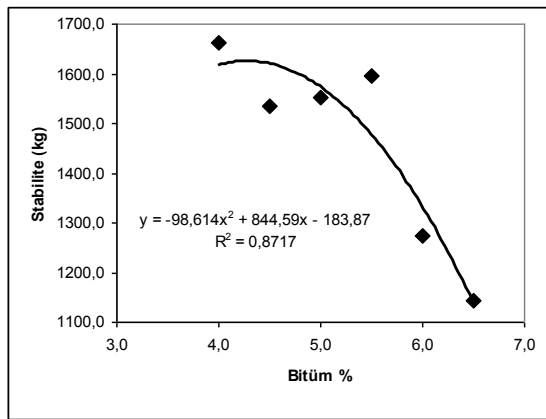
Marshall Yöntemi ile yapılan deneyler sonrasında Stabilite-Bitüm %, Pratik Özgül Ağırlık- Bitüm %, Asfaltla Dolu Boşluk %- Bitüm %, Boşluk %- Bitüm % değerleri hesaplanarak, grafikleri çizilmiştir. Bu grafiklerden şartnamenin belirttiği şekilde elde edilen bitüm oranlarının aritmetik ortalamaları alınarak optimum bitüm oranları VT, VK, K1 ve K2 numuneleri için sırasıyla %5.9, %5.25, %4.96, %5.18 olarak elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin ekonomik oran sınırları içerisinde olduğu belirlenmiştir.



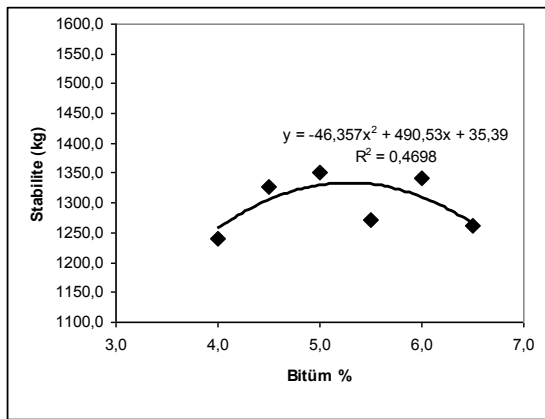
Şekil 4.9 VT Karışımına ait Stabilite-Bitüm İlişkisi



Şekil 4.10 VK Karışımına ait Stabilite-Bitüm İlişkisi



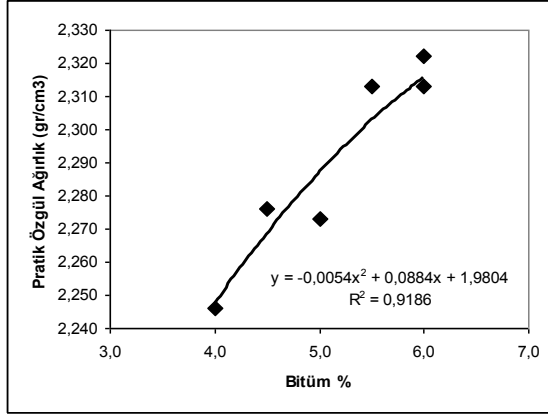
Şekil 4.11 K1 Karışımına ait Stabilite-Bitüm İlişkisi



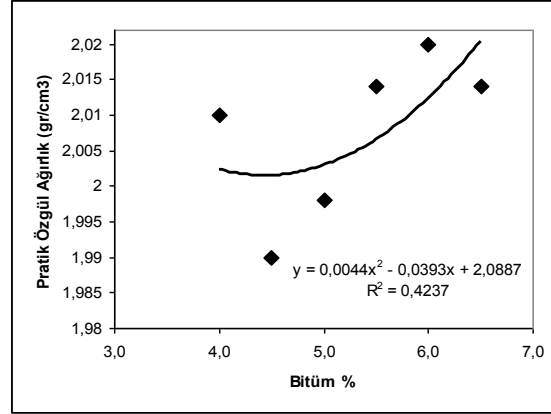
Şekil 4.12 K2 Karışımına ait Stabilite-Bitüm İlişkisi

Özellikle asfalt kaplamaların aşınma tabakalarının en çok maruz kaldığı, taşıtlardan gelen sürekli dinamik yükler, uzun süreli statik yükler ile hızlanan ve yavaşlayan araçların tekerlek etkileri altında oluşan basınç, çekme, kesme kuvveti ve sökülme etkileri karşısında kaplamanın davranışını en çok etkileyen özelliklerden biri kaplamanın stabilite özelliğidir. Kaplamanın bu tip etkilere dayanabilmesi için yeterli derecede stabiliteye sahip olması gerekir. Dolayısıyla kaplamanın iskeletini oluşturan agrega, karışımın stabilite özelliğine doğrudan doğruya etkimektedir. Bununla birlikte stabilite özelliği karışım hazırlama, sıkıştırma esnasındaki sıcaklık, kaplamanın yeterince sıkıştırılıp sıkıştırılmadığı, optimum bitüm oranı vb. birçok faktöre de bağlıdır. Kullanılan agregalar açısından kıyaslandığında volkanik agregalardan hazırlanan VT ve VK karışımlarındaki maksimum stabilite değerleri sırasıyla 1390 ve 713 kg elde edilmişken, kireçtaşı agrega numuneleriyle hazırlanan K1 ve K2 karışımlarında sırasıyla 1600 ve 1325 kg olarak maksimum stabilite değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerden VK karışımına ait olan 713 kg stabilite değeri

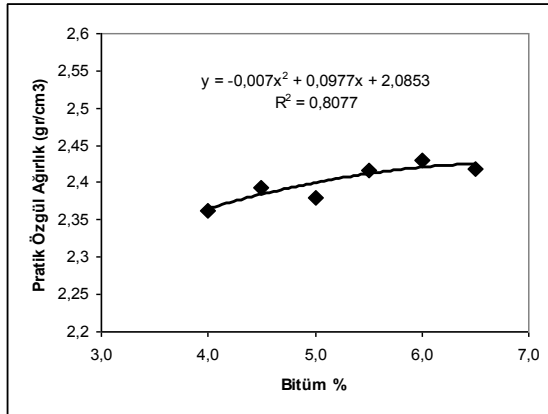
şartnamenin belirttiği sınır değere çok yakın olarak elde edilmiştir (KGM Fenni Şartname, 1998). Oysa bu değer sınır değer olduğunda üzerinde olması arzu edilir. Şekil 4.9–10–11 ve 12’de Stabilite-Bitüm % ilişkileri görülmektedir.



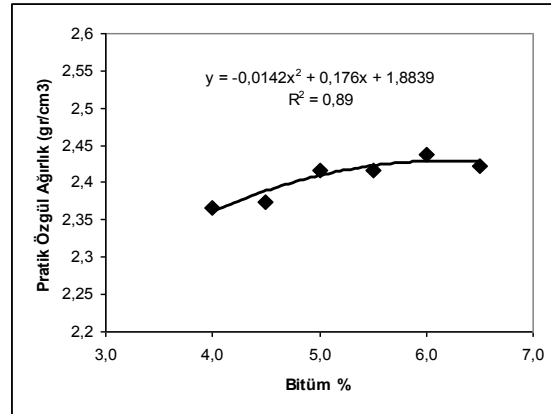
Şekil 4.13 VT Karışımına ait PÖA-Bitüm İlişkisi.



Şekil 4.14 VK Karışımına ait PÖA-Bitüm İlişkisi.



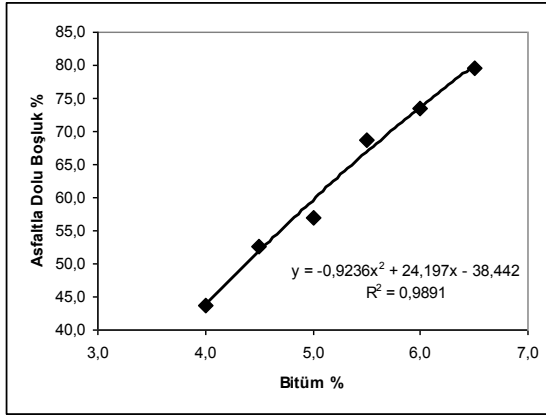
Şekil 4.15 K1 Karışımına ait PÖA-Bitüm İlişkisi



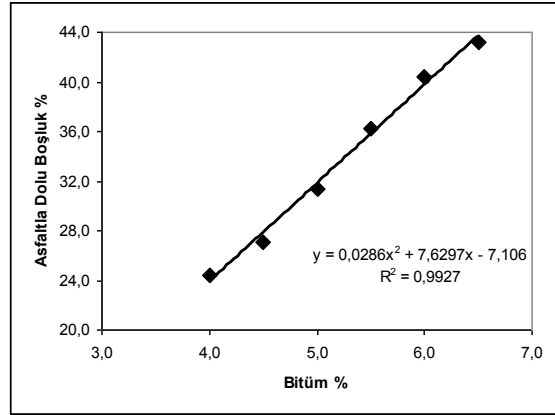
Şekil 4.16 K2 Karışımına ait PÖA-Bitüm İlişkisi

Bitümlü karışımların yoğunluğu arttıkça durabilite ve stabilite gibi fiziksel özellikleri de daha iyi olur. Dolayısıyla yoğunluk önemli bir fiziksel göstergedir. Maksimum Stabilitesi 713 kg olan VK volkanik agregasından üretilen asfalt betonunun maksimum yoğunluğu’da 2.020 gr/cm³ olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte max stabilite değeri 1390 kg olan VT numunesinin yoğunluğu’da 2.315 gr/cm³ olarak, kireç taşı kontrol karışımlarına benzer şekilde yoğunluk ve stabilite değerlerinde bir kararlılık olduğu görülmüştür. Sırasıyla 1600 kg ve 1325 kg stabilite değerleri elde edilen K1 ve K2 karışımlarının maksimum yoğunlukları 2.410 ve 2.430 gr/cm³ olarak elde edilmiştir. K2 kontrol agregasından elde edilen karışımın maksimum yoğunluğu diğer numunelere göre yüksek olmasına rağmen stabilitesinin K1 ve VT agregalarından elde edilen karışımlarına göre düşük olmasının, agrega numunesinin aşınma dayanımlarının düşük

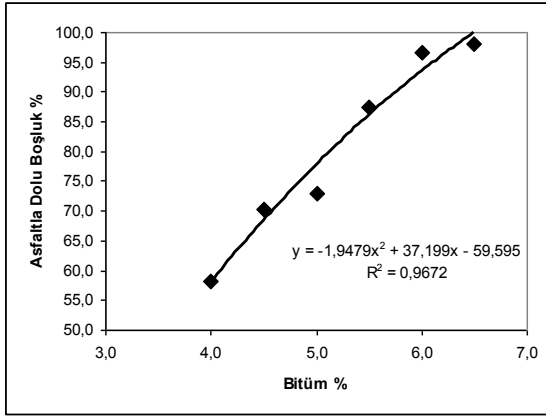
olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 4.13–14–15 ve 16’da pratik özgül ağırlık-bitüm % ilişkileri görülmektedir.



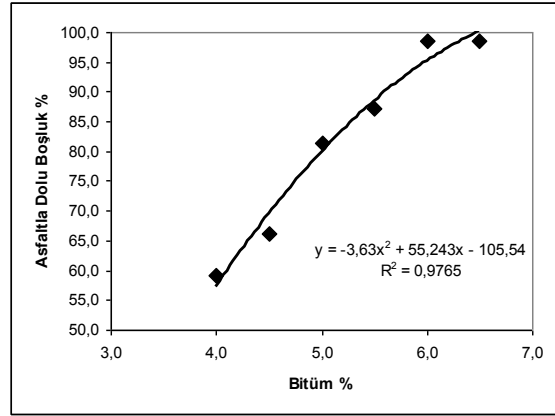
Şekil 4.17 VT Karışımına ait Vf-Bitüm İlişkisi



Şekil 4.18 VK Karışımına ait Vf-Bitüm İlişkisi



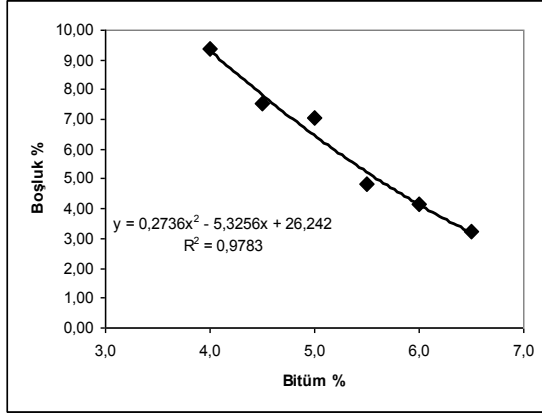
Şekil 4.19 K1 Karışımına ait Vf-Bitüm İlişkisi



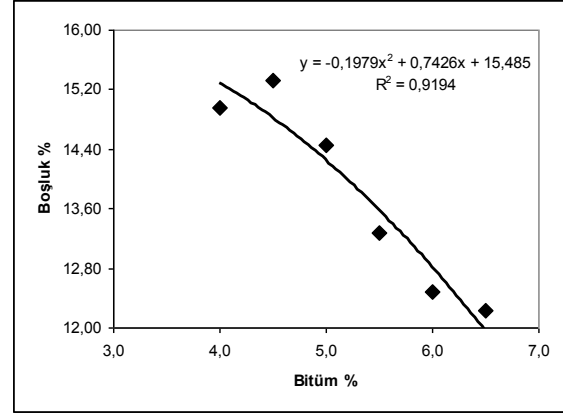
Şekil 4.20 K2 Karışımına ait Vf-Bitüm İlişkisi

Asfaltla dolu boşluk karışımının plastisite, durabilite ve trafikle olan sürtünme katsayısı gibi parametrelerin kontrol edilmesinde önemli bir özelliktir. Ayrıca bu özellik agrega ve asfalt daneleri arasında bir asfalt filmi oluşumunun istenen değerlerde olup olmadığının belirlenmesinde önemli bir göstergedir. Bu film tabakası agrega ve asfalt arasında bir bağ oluşturarak kaplamanın atmosferik koşullara dayanımı özelliğine doğrudan etkir. Çalışmada kullanılan VT ve VK volkanik agrega numunelerinden üretilen karışımlara ait optimum bitüm oranlarına tekabül eden asfaltla dolu boşluk yüzdeleri sırasıyla % 72.0 ve % 34.0 olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte K1 ve K2 kireçtaşı kontrol numunelerinden üretilen karışımlara ait optimum bitüm oranlarına tekabül eden asfaltla dolu boşluk yüzdeleri ise sırasıyla % 73.0 ve % 83.0 olarak elde edilmişlerdir. K2 karışımının optimum bitüm oranına tekabül eden asfaltla dolu boşluk oranı beklenildiği gibi şartname değerlerinin oldukça altında elde edilmiştir (KGM

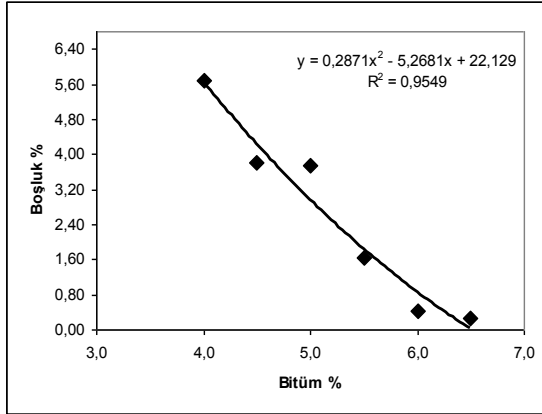
Yollar Fenni Şartnamesi, 1994). Bununla birlikte VT ve K1 numuneleri kabul edilebilir sınırdaysen, K2 numunesi şartname sınırları içerisinde. Şekil 4.17–18–19 ve 20’de karışımlara ait asfaltla dolu boşluk oranına karşılık- bitüm % ilişkileri görülmektedir.



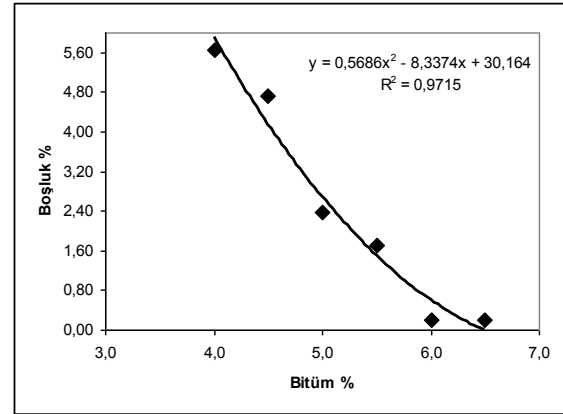
Şekil 4.21 VT Karışımına ait Boşluk-Bitüm İlişkisi



Şekil 4.22 VK Karışımına ait Boşluk-Bitüm İlişkisi



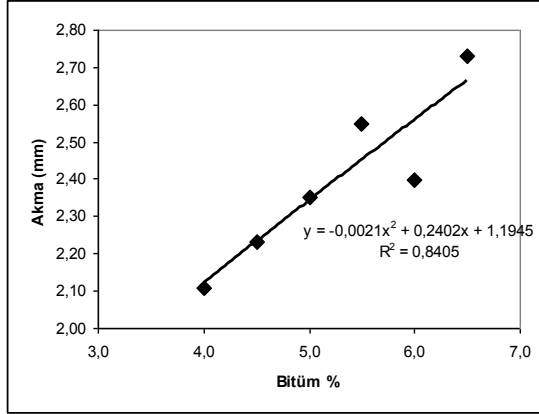
Şekil 4.23 K1 Karışımına ait Boşluk-Bitüm İlişkisi



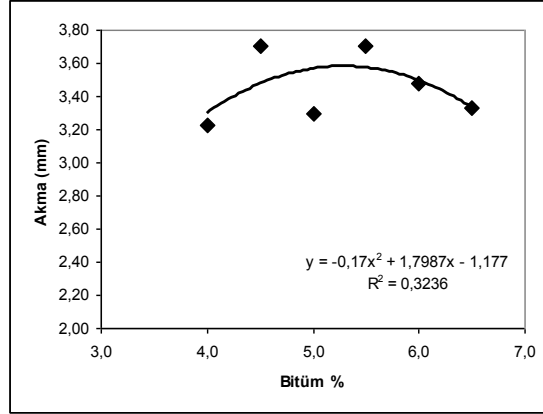
Şekil 4.24 K2 Karışımına ait Boşluk-Bitüm İlişkisi

Sıcak karışımların boşluk oranları da şartname dizayn sınırları arasında olmalıdır. Çünkü boşluğun artması malzemenin stabilitesinin düşmesine ve geçirimli olmasına neden olur. Ayrıca boşluk oranı arttıkça malzemenin oksidasyonu hızlanacak bu durum malzemenin gevrek bir davranış göstermesine dolayısıyla çabuk bozulmasına neden olabilecektir. Çok düşük boşluk oranı ise sıcak mevsimlerde yol yüzeyinde kuma yaparak yol yüzeyinin kaygan bir hal almasına neden olabilecektir. Ayrıca düşük boşluk oranı ağır trafik altındaki karışımın plastik deformasyona uğrama eğilimini de arttıracaktır. VT ve VK karışımlarının optimum bitüm oranlarına karşılık gelen boşluk %'leri sırasıyla % 4.50 ve % 13.80 olarak elde edilirken, K1 ve K2 karışımlarının optimum bitüm oranlarına karşılık gelen boşluk %'leri sırasıyla % 3.40 ve % 2.10 olarak elde edilmiştir. Stabilitesi çok düşük bir değer olarak elde edilen ve diğer fiziksel

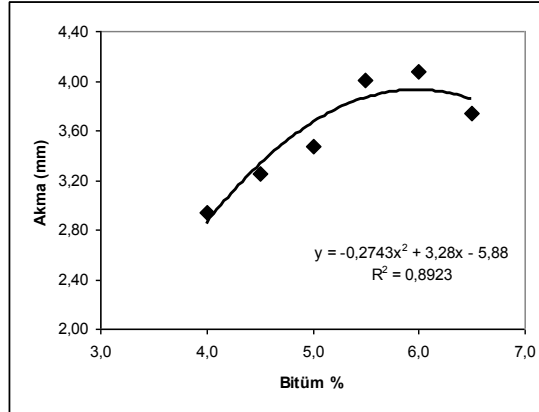
özellikleri de şartname sınırları içerisinde olmayan VK karışımının boşluk oranı da şartname sınırlarının belirttiğinin çok üzerinde elde edilmiştir. Şekil 4.21–22–23 ve 24’de karışımlara ait boşluk oranına karşılık gelen-bitüm % ilişkileri görülmektedir.



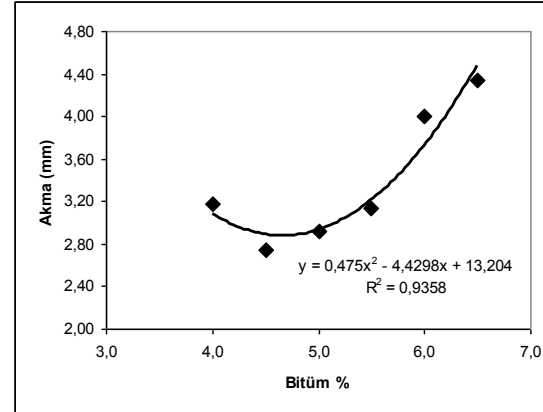
Şekil 4.25 VT Karışımına ait Akma-Bitüm İlişkisi



Şekil 4.26 VK Karışımına ait Akma-Bitüm İlişkisi



Şekil 4.27 K1 Karışımına ait Akma-Bitüm İlişkisi

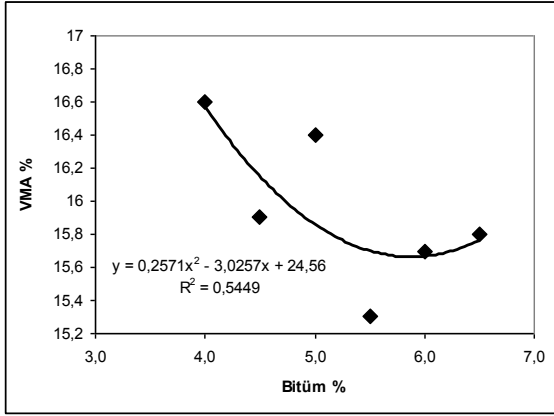


Şekil 4.28 K2 Karışımına ait Akma-Bitüm İlişkisi

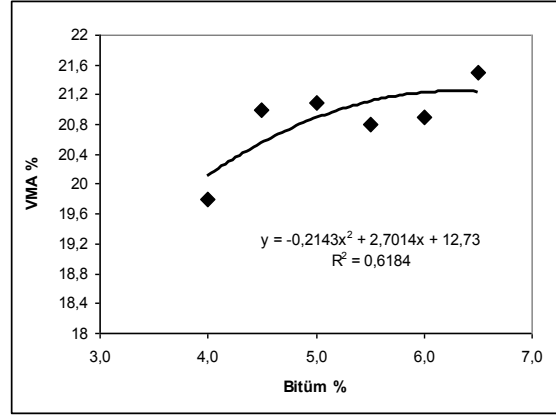
Marshall Yöntemi ile karışım dizaynında kontrol amaçlı olarak akma-bitüm % ve mineral agregada içerisindeki boşluğa karşılık - bitüm % ilişkilerine ait grafiklerden yararlanılır. Akma Marshall numunelerinin kırıldığı andaki yüke tekabül eden deformasyon değeridir. Akma değeri karışımın plastikliğı ve gevrekliğı hakkında en önemli göstergelerden birisidir. VT ve VK numuneleri için optimum bitüm oranlarına tekabül eden akma değerleri sırasıyla 2.51 ve 3.57 mm olarak elde edilirken, K1 ve K2 kontrol karışımlarında sırasıyla 3.59 mm ve 3.00 mm olarak elde edilmiştir.

Asfalt karışım içerisindeki agregalar arasındaki asfalt filmi hacmi ile boşluk hacminin toplamı mineral agregalar arasındaki boşluğu oluşturur. Bu değer VT ve VK için sırasıyla % 15.60 ve % 20.88 olarak elde edilirken, K1 ve K2 kontrol numuneleri için

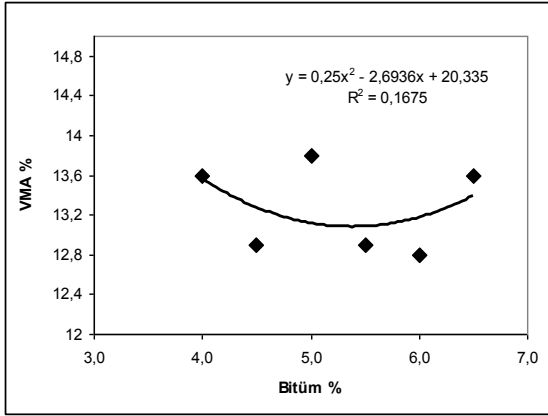
ise % 13.20 ve % 13.00 olarak elde edilmiştir. VT, K1 ve K2 karışımları şartnamede belirtilen sınıra oldukça yakın iken, VK numunesindeki boşluk oranı şartnamede istenen değerden daha fazladır. VT numunesi daha gözenekli bir yapıya sahip olduğu için boşluk oranı % 14 olan şartname değerine göre nispeten büyük çıkmıştır. Bununla birlikte, daha sonra yapılacak olan çalışmalarda bazalt kırma kumu yerine kireçtaşı kökenli kırma kumun tercih edilmesiyle bu değer şartname değerini sağlayabilir. Akma-Bitüm % oranı ilişkileri Şekil 4.25–26–27 ve 28’de görülmektedir.



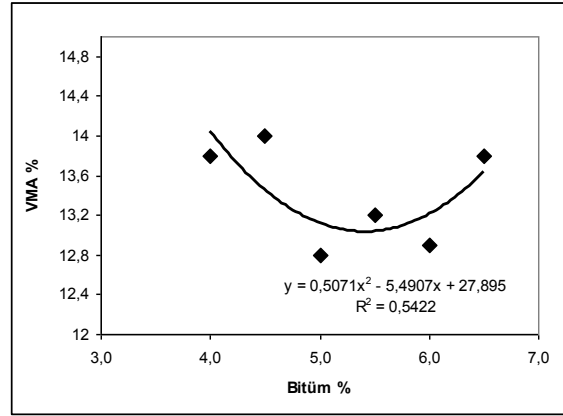
Şekil 4.29 VT Karışımına ait VMA-Bitüm İlişkisi



Şekil 4.30 VK Karışımına ait VMA-Bitüm İlişkisi



Şekil 4.31 K1 Karışımına ait VMA-Bitüm İlişkisi



Şekil 4.32 K2 Karışımına ait VMA-Bitüm İlişkisi

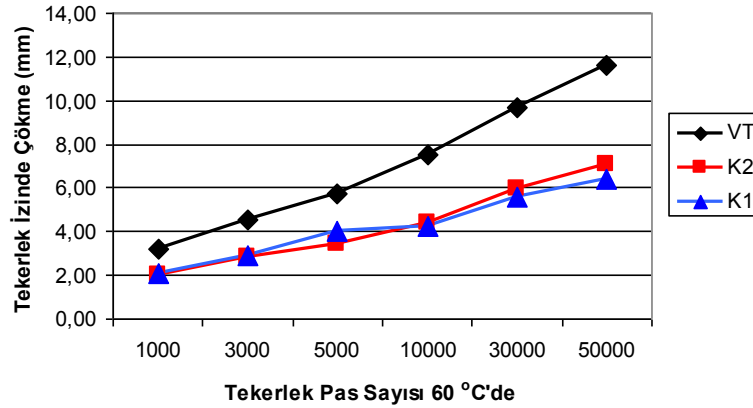
Gözenekli bir yapıya sahip olan VT numunesinin optimum bitüm oranı % 5.90 olarak elde edildiğinden ve tamamen bazalt kullanılarak oluşturulduğundan bu karışım için % VMA oranının şartnamede öngörülenden daha yüksek bir değer olacağı düşünülmektedir. VMA % ve Bitüm % ilişkileri şekil 4.29–30–31 ve 32’de görülmektedir.

4.2.3 Tekerlek İzinde Deformasyon Deneyi Sonuçları

Özellikle sıcak iklim koşullarında, asfalt kaplamaların aşınma tabakaları tekerlek izinde oluşan plastik deformasyonlara karşı dirençli olmalıdır. Asfalt kaplama yüzeylerinde oluşan tekerlek izlerindeki oluklaşmalar araçların seyir güvenliğini açısından tehlike oluşturur. Özellikle soğuk havalarda bu kısımlarda biriken sular donarak araçların kaymasına dolayısıyla trafik kazalarına neden olabilir.



Şekil 4.33 a) Bir Yolda Oluşmuş Tekerlek İzinde Oluklaşma b) Sıkıştırılmış Tekerlek İzinde Deformasyon Deneyi VT Numuneleri c) Deneye Tabi Tutulduktan Sonra Tekerlek İzinde Oluklaşma Oluşmuş Numuneler

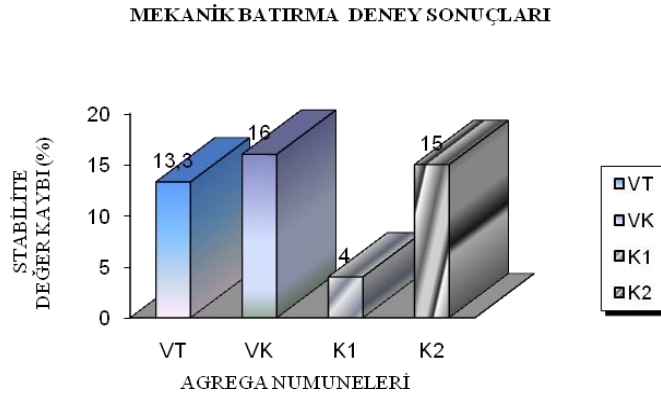


Şekil 4.34 Tekerlek İzinde Deformasyon Deneyi Sonuçları

Marshall Deneyi sonuçlarına göre standart sıkışma oranını sağlayamayan VK volkanik agrega numunesi üzerinde Tekerlek İzinde Deformasyon deneyi yapılmamıştır. Geriye kalan VT ve K1, K2 numunelerinden hazırlanan sıcak karışım numuneleri Tekerlek İzinde deformasyon deneyine tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre tüm numunelerde 30 000 devir sonunda oluşan deformasyon 10 mm'nin altında olmakla birlikte, VT numunesinde görülen deformasyon K1 ve K2 numunelerine göre sırasıyla % 64 ve % 54 daha yüksek elde edilmiştir.

4.2.4 Mekanik Batırma Deney Sonuçları

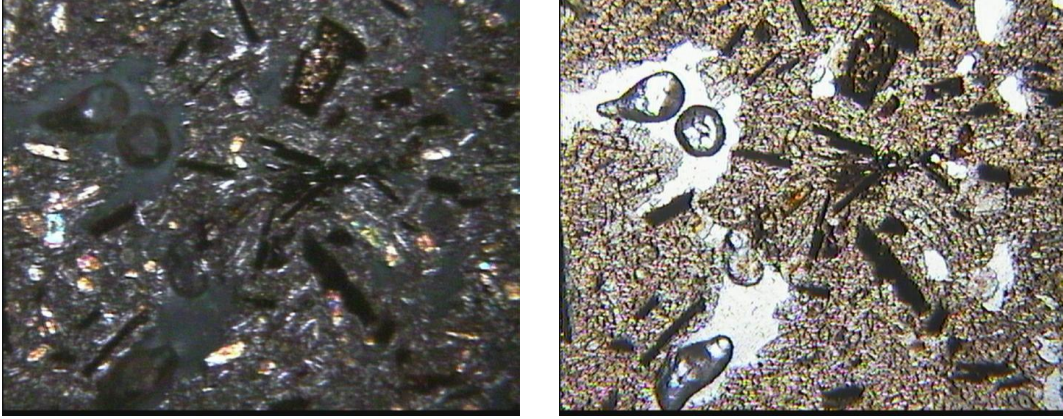
Mekanik batırma deney sonucu şekil 4.35'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en çok stabilite değer kaybı VK numunesinde gözlenmiştir.



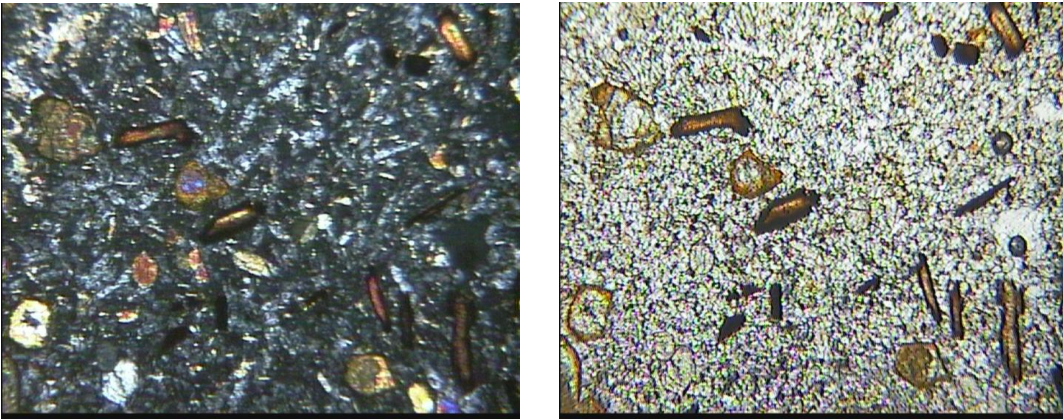
Şekil 4.35 Mekanik Batırma Deney Sonuçları

4.3 Jeolojik Analiz Sonuçları

Kepez (VK) ve Tekerek (VT) bölgelerinden alınan volkanik kayalarda plajyoklas mikrolitleri ve camdan oluşmuş bir hamur içerisinde piroksen, plajyoklas ve hornblend fenokristalleri gözlenmektedir. Şekil 4.36'da Kepez volkanitlerinde hamurda plajyoklas mikrolitleri, Şekil 4.37'de Tekerek volkanitleri ise camsı hamur ve akma yapısı görülmektedir.



Şekil 4.36 VK Numunesi Polarizan Mikroskop Görüntüsü

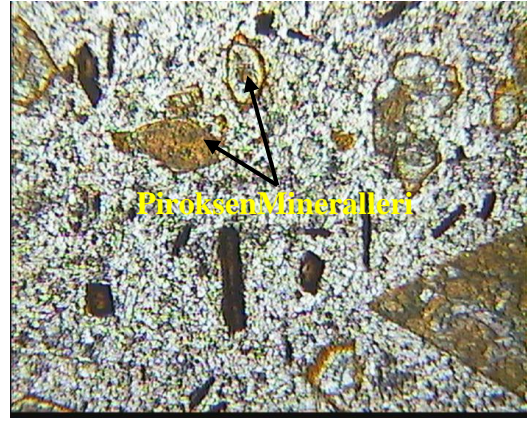
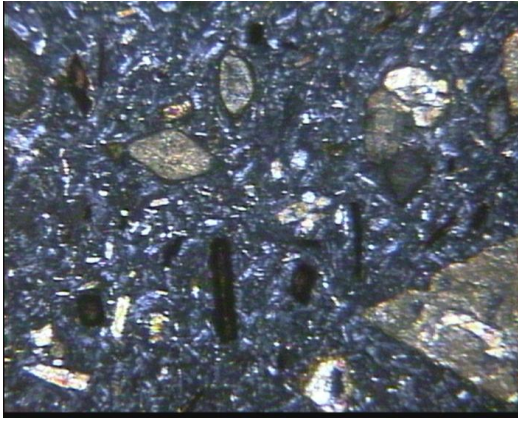


Şekil 4.37 VT Numunesi Polarizan Mikroskop Görüntüsü

Ayrıca iki bölge kayalarının bileşimindeki mineral türleri benzer olmasına rağmen, bu kayalardaki en önemli farklılık bileşimdeki minerallerin kayaç içindeki oranlarından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.38'e Kepez volkanitleri hornblend mineralleri, Şekil 4.39'da Tekerek volkanitleri piroksen mineralleri görülmektedir.

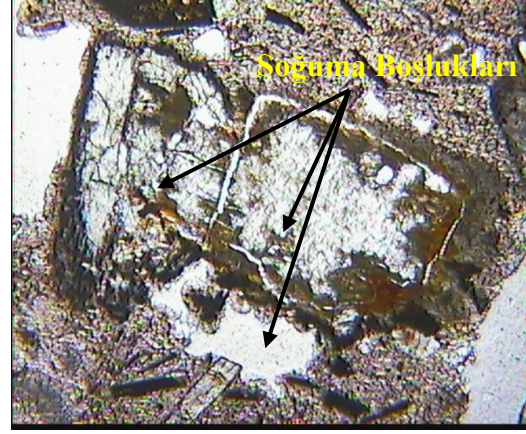
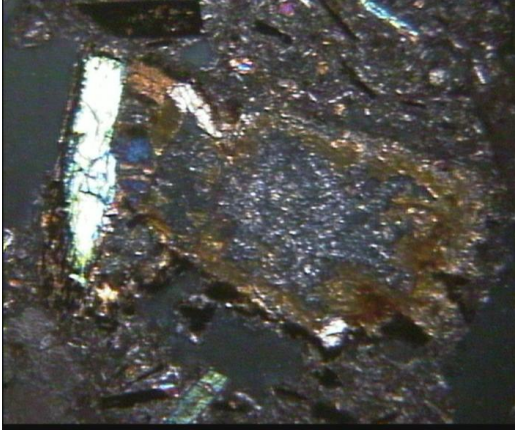


Şekil 4.38 VK Numunesi Hornblend Mineralleri

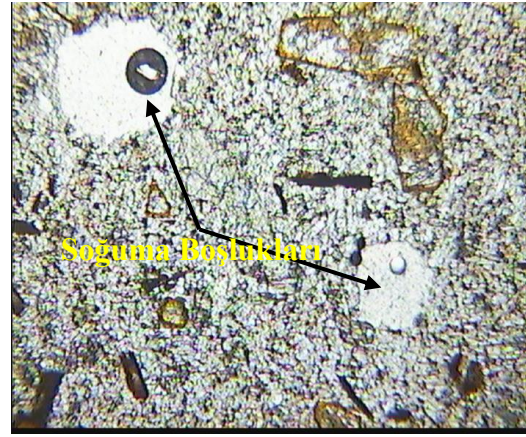
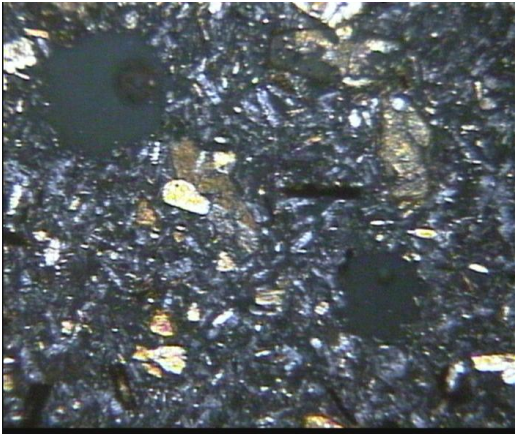


Şekil 4.39 VT Numunesi Piroksen Mineralleri

Her iki bölgeye ait kayalarda ayrışma belirgin olup, piroksen, hornblend ve plajiklas kristallerinde ayrışmanın etkisi fark edilir derecededir. Şekil 4.40-41’de hızlı soğumanın etkisiyle volkanik kayalarda oluşan soğuma boşlukları görülmektedir. Soğuma boşlukları Volkanik Tekerek yöresindeki kayalara göre Volkanik Kepez yöresindeki kayalarda oldukça yoğun olarak izlenmektedir.

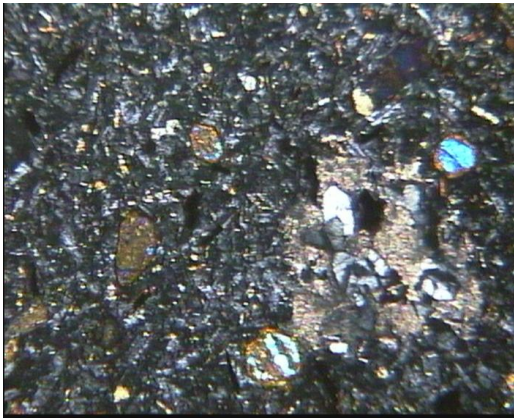


Şekil 4.40 VK Numunesi Soğuma Boşlukları



Şekli 4.41 VT Numunesi Soğuma Boşlukları

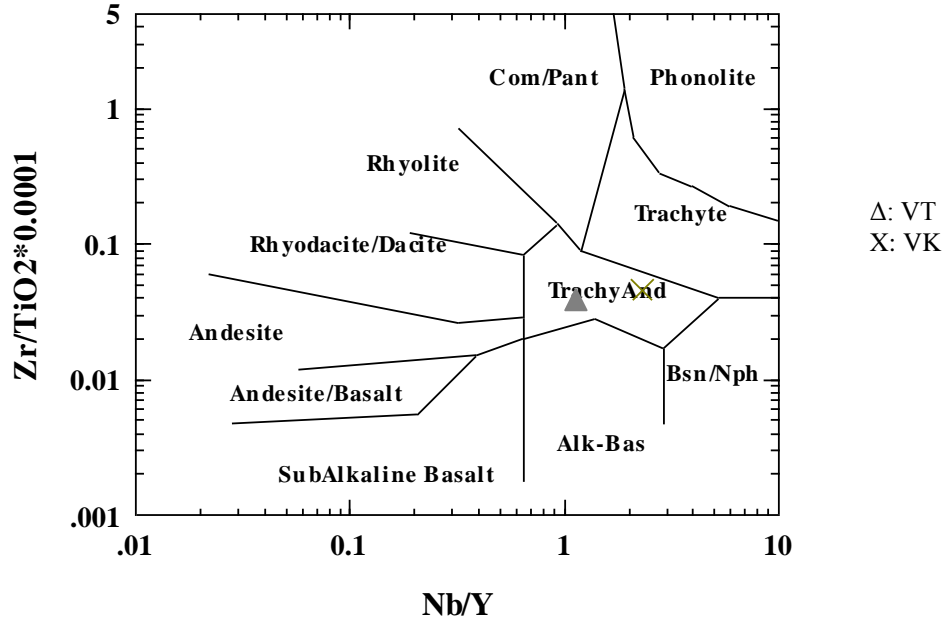
Söz konusu boşlukların boyutu 10-70 μ m arasında değişmektedir. Ayrıca soğuma boşlukları her iki bölgede de akma yönüne uyumlu olarak kayaç dağılım sunmaktadır. Tekerek yöresindeki volkanitlerde soğuma boşluklarının büyük bir bölümü sekonder kalsit kristalleriyle doludur (Şekil 4.42).



Şekil 4.42 VT Numunesi Sekonder Kalsit Kristalleri

Kepez (VK) ve Tekerek (VT) bölgelerinin volkanik kayaçlarına ait polarizan mikroskop incelemeleri değerlendirildiğinde bu bölgelere ait volkanitlerin fiziksel özelliklerindeki farklılıkların kayaçların bileşimindeki piroksen, hornblend ve camsı hamurun farklı oranda bulunması, farklı soğuma boşlukları oranları ve Tekerek bölgesindeki volkanitlerin soğuma boşluklarında gözlenen sekonder kalsit minerallerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kayaçta plajioklas ve piroksen mikrolitleri ve camdan oluşan bir matriks içerisinde feldispat, piroksen ve biyotit fenokristalleri ile az oranda manyetit mineralleri belirlenmiştir. Feldispatlar çoğunlukla plajioklas türünde olup çok az oranda alkale feldispatlar da kayaçta gözlenmiştir. Matrikste akma dokusu belirgindir. Biyotitler kahverengimsi pleokroizmasıyla karakteristik olup, dilinimleri ve kenarları boyunca opasitleşme yaygındır. Birimde yoğun bir şekilde gözlenen gözeneklilik, 5-5 ile 70-100 arasında değişmekte olup gözenekler bazı bölgelerde alterasyon sırasında açığa çıkan demirli eriyiklerle doludur. Kanada ACME laboratuvarında ICP-MS cihazıyla yapılan analiz sonucunda her iki volkanik agrega örneklerinin andezitik bileşimli olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.43). Gözlenen kırmızımsı rengin biyotitlerdeki alterasyonun şiddetinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Çizelge 4.7’de volkanik agrega numunelerinin kimyasal analiz sonuçları görülmektedir.



Şekil 4.43 Volkanik Agrega Numunelerinin Analiz Sonuçları

Çizelge 4.7 Volkanik Agrega Numunelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

ELEMENT	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI
VT	%54.61	%10.70	%6.27	%8.31	%5.64	%1.76	%6.84	%1.77	%1.15	%0.09	%0.083	%2.2
VK	%57.78	%14.15	%5.58	%3.18	%6.42	%2.37	%5.73	%1.24	%0.85	%0.08	%0.031	%2.2

5.TARTIŞMA ve SONUÇ

Afyonkarahisar Bölgesinde bulunan volkanik kökenli kayaçların asfalt kaplamalarda agrega olarak kullanılmaya uygun olup olmadığını belirlemek için numuneler üzerinde standart agrega deneyleri ve bu agregalardan üretilen asfalt numuneleri üzerinde Marshall Stabilite ve akma deneyleri yapılmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Deneysel çalışmaya öncelikli olarak agrega deneyleri ile başlanmış ve numuneler üzerinde sıkışık ve gevşek birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme, agrega deneyleri, ayrıca aşınma özelliklerini belirlemek amacıyla agrega darbelenme ve Los Angeles aşınma kaybı deneyleri gerçekleştirilmiştir. VT ve VK agrega numunelerinin ortalama su emme oranları sırasıyla %1.74 ve %4.82 olarak elde edilirken, K1 ve K2 agregalarının su emme oranları sırasıyla %1.14 ve %1.28 olarak elde edilmiştir. Su emme oranı oldukça yüksek olan VK numunesinin sıkışık ve gevşek birim ağırlıkları da diğer numunelere göre oldukça düşük elde edilmiştir. Los Angeles aşınma deneyi sonuçlarına göre tüm agrega numuneleri şartnamede belirtilen % 35 sınır değerinin altında bir kayıp göstermişlerdir. Bununla birlikte VT numunesinin aşınma kaybı diğer üç numuneye göre oldukça düşük (%15.56) elde edilmiştir. Su emme oranı diğer numunelere göre oldukça yüksek olan VK agrega numunesinin Los Angeles aşınma kaybı (% 19.23) kireç taşı kökenli agrega numunelerine yakın çıkmıştır. Agregada darbelenme deneyinde her iki volkanik agrega numunesinin aşınma kaybının da kireç taşı numunelerine göre oldukça düşük olduğu görülmüştür. Los Angeles aşınma kaybında en düşük aşınma kaybını veren VT numunesi darbelenme deneyinde de % 4.71 oranında aşınma kaybı ile en küçük kaybı vermiştir. Volkanik agrega numunelerinden yalnızca VT numunesinden standartların belirttiğinden çok daha düşük aşınma kaybı elde edilmiştir.
- Deneysel çalışmanın ikinci aşamasında laboratuvar ortamında üretilen VT ve VK agrega numunelerinden ve halihazırda kaplama yapımında kullanılan K1 ve K2 agrega numunelerinden Marshall yöntemi ile ağır trafik şartları için sıcak karışım aşınma tabakası dizaynı yapılarak optimum bitüm oranları, Marshall

Stabilite, Akma değerleri belirlenmiş, yoğunluk ölçümleri yapılarak grafikleri çizilmiştir. VT, VK, K1 ve K2 numunelerinin optimum bitüm oranları sırasıyla %5.9, %5.25, %4.96, %5.18 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin tüm numunelerde ekonomik kullanım sınırları içerisinde olduğu görülmüştür.

- Marshall Stabilite deneyine göre VT numunesinden hazırlanan karışımlarda VK numunesine göre oldukça yüksek stabilite değeri elde edilmiştir. Kireç taşı numunelerde ise K1 numunesinde K2'ye göre daha yüksek stabilite değeri elde edilmiştir. Stabilite değerleri $K1 > VT > K2 > VK$ şeklinde elde edilmiştir. Genelde yüksek stabilite ağır trafik yükleri altında arzu edilen bir özellik olmasına rağmen, çok yüksek stabilite ve düşük akma değeri karışımın gevrekliğinin bir göstergesidir. VT volkanik agrega numunesinin yüzey pürüzlülüğünün kireçtaşı agregalara göre daha fazla oluşu, VT karışımının akma değeri diğer karışımlara göre daha düşük elde edilmiştir. Bununla birlikte akma ve stabilite değerleri VT, K1 ve K2 karışımlarında şartnamede belirtilen sınır değeri sağlamıştır. Fakat VK karışımının stabilite değeri çok düşüktür. Marshall Stabilite ve Akma deneyi sonuçlarına göre VT, K1 ve K2 karışımlarının ağır trafik altında esnek bir davranış sergileyecekleri düşünülmektedir.
- Boşluk oranları bakımından VT, K1 ve K2 karışımları şartname değerlerini sağlarken, VK karışımında şartnamenin belirttiğinin çok üzerinde bir boşluk oranı elde edilmiştir. Karışımın yoğunluk değerleri de $K2 > K1 > VT > VK$ şeklinde elde edilmiştir. Bu deneylerin sonucunda VT, K1 ve K2 karışımlarının dış ortam etkilerine dayanıklı, geçirimsizlik özelliklerinin ağır trafik şartları altında iyi olacağı söylenebilir.
- Tekerlek izinde deformasyon deneyi sonuçlarına göre VT numunesinden üretilen sıcak karışım asfalt kaplamalar K1 ve K2 numunelerine göre kalıcı deformasyona (tekerlek izinde oluklaşma) daha çok meyilli olacaktır. Hali hazırda kullanılan K1 ve K2 numunelerinden üretilen sıcak karışım asfalt kaplamaların kalıcı deformasyona karşı dirençleri oldukça iyidir. VT numunesinin tekerlek izi deformasyonunun yüksek çıkmasının nedenlerinin başında agreganın gözenekli oluşu dolayısıyla optimum bitüm oranının

diğerlerine göre yüksek oluşunun önemli derecede etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu tip volkanik kökenli agregaların iri malzemeleri, kireçtaşı kökenli agregaların ince malzemeleriyle kullanılarak bitüm oranları düşürülebileceği gibi kaplamanın mekanik performansı da geliştirilebilir.

- Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda VT volkanik kökenli agregasının ağır trafik hacimli asfalt kaplamaların aşınma tabakasında kullanılmaya uygun bir kayaç olduğu bununla birlikte VK numunesinin asfalt karışımlarda kullanılmaya uygun olmadığı fakat üstün aşınma özellikleri göz önünde bulundurularak yapılacak farklı deneylerde yüzeysel kaplamalar için uygun olabileceği kanısına varılmıştır.
- Volkanik kökenli kayaçlar ile sıcak karışım asfalt kaplamalar içerisinde tamamen tüm fraksiyonlarda herhangi bir katkı maddesi veya kireçtaşı kökenli bir kayaç katılmamasından dolayı bu kayaçlara ait grafikler norm değerlerden azda olsa farklı çıkmıştır. Volkanik kökenli kayaçların bu tarz bir kullanımı daha önce söz konusu olmadığından çalışmamızda bulunan değerlerin bir örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.
- Volkanik agrega kaynaklarının önemi ve Afyonkarahisar Bölgesinde asfalt kaplama agrega niteliği taşıyan volkanik kayaç rezervlerinin belirlenmesi amacıyla bir ön çalışma olarak yapılan bu çalışmada Afyonkarahisar'ın İscehisar-Seydiler bölgesindeki kayaç numuneleri araştırılmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda çalışma alanı ve kapsamı daha da genişletilerek çalışmanın sonuçları geliştirilebilir.
- Ülkemizin çeşitli bölgelerinde ve Afyonkarahisar'da bulunan üstün fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olan bazalt, andezit vb. volkanik kökenli agrega hammaddelerinin, sıcak karışım asfalt kaplamalarının özellikle aşınma tabakalarında kullanılması ülkemiz ağır karayolu trafiğinden kaynaklanan kaplama bozulmalarını geciktirilmesini sağlayacağı gibi, bakım-onarım maliyetlerinin azalması sonucu ülkemiz ekonomisine de büyük katkısı olacaktır.

6.KAYNAKLAR

- Acar, G.A., 2002, “Diyarbakır Karacadağ Bazaltlarının Endüstriyel Amaçlı Kullanım Alanları” Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Akbulut, H., İçağa, Y., Gürer, C., 2003, “Atık Agregaların Asfalt Yol Kaplamalarında Tekrar Kullanım İmkanları ve CEN Standartları” III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 3-4 Aralık, 271-276
- Alataş, T., Ahmedzade, P. ve Doğan, Y., 2006, “Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanılan Agregaların Cinsinin Kaplamanın Fiziksel Özelliklerine Etkisi” Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(1), 81-89
- Aashto T 165-02 “Standard Method of Test for Effect of Water on Cohesion of Compacted Bituminous Mixtures.” Annual Book of AASTHO Standarts USA.
- Astm C 127–88. 1992, “Test Metod for Specific Gravity and Adsorption of Coarse Aggregate.” Annual Book of ASTM Standards USA.
- Astm C 128–88. 1992, “Test Metod for Specific Gravity and Adsorption of Fine Aggregate.” Annual Book of ASTM Standards USA.
- Astm C 131–89. 1992, “Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregates by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.” Annual Book of ASTM Standards USA.
- Astm C 136-84a. 1992, “Standard Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.” Annual Book of ASTM Standards USA.
- Astm D5-97,2003, “Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials.” Annual Book of ASTM Standards USA.

Astm D6–95(2000)e1, “Standard Test Method for Loss on Heating of Oil and Asphaltic Compounds.” Annual Book of ASTM Standards USA, 2003.

Astm D36–95(2000)e1, “Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus).” Annual Book of ASTM Standards USA, 2003.

Astm D70–03,2003, “Standard Test Method for Specific Gravity and Density of Semi-Solid Bituminous Materials (Pycnometer Method).” Annual Book of ASTM Standards USA.

Astm D92-02b, “Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester.” Annual Book of ASTM Standards USA, 2003.

Astm D113–99, “Standard Test Method for Ductility of Bituminous Materials.” Annual Book of ASTM Standards USA, 2003.

Astm D 1559–89. 1992, “Standard Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus.” Annual Book of ASTM Standards USA.

Astm D4402–02 “Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer.” Annual Book of ASTM Standards USA, 2003.

Aydar E., 1998, “Early Miocene to Quaternary evolution of volcanism and the basin formation in western Anatolia: a review.” Journal of Volcanology and Geothermal Research 85, 69 – 82.

Brandes, G.H. and Robinson, E.C., 2006, “Correlation of Aggregate Test Parameters to Hot Mix Asphalt Pavement Performance in Hawaii” Journal of Transportation Engineering, January 1, Vol.132, pp.86-95

- Cen, European Committee for Standardisation, 1998, EN 1097-2, Test for mechanical and physical properties of aggregates- Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation, Brussels.
- Cooley, L.A., Huner, S.M. and James, H.R., 2002, "Micro-Deval Testing of Aggregates in the Southeast" NCAT Auburn University Report No.02-09, October
- Çelik, O.N., 2007, "106.Eğitim Semineri Asfalt Günleri" Selçuk Üniversitesi, Konya, 23-25 Mart 2007
- Çoğullu, E.H., 1976, "Petrografi ve Petroloji Magmatizma" İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul
- Gürer, C., 2004, "Atık Mermer Parçalarının Bitümlü Yol Kaplamalarında Değerlendirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Karaman, E.M., Kibici, Y., 1999, "Temel Jeoloji Prensipleri" Eylül, Ankara
- Kuloğlu N., 2007, "106.Eğitim Semineri Asfalt Günleri" Selçuk Üniversitesi, Konya, 23-25 Mart 2007
- Keskin, Ö.M. ve Kılıç, M.A., 2003, "Doğu Akdeniz Yöresi Bazaltlarının Kırmataş Olarak Değerlendirilme Olanakları" 3.Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 3-4 Aralık, 301-306
- Korkanç, M. ve Tuğrul, A., 2006, "Niğde Yöresi Bazaltlarının Alternatif Agregat Olarak Değerlendirilmesi" 4.Ulusal Kırmataş Sempozyumu, TMMOB Madem Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 1-2 Aralık, 93-100

- Kuşcu, M. ve Yıldız, A., 2001, “Ayazini (Afyon) Tüflerinin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması” III. Mermer Sempozyumu, 3-5 Mayıs, Afyon, 85-98
- Kuşcu, M., Yıldız, A. ve Bağcı, M., 2003, “Investigation of Ağın andesite as a building stone (İscehisar- Afyon, W-Turkey).” International Symposium on Industrial Minerals and Building Stones, İstanbul, pp.243–253
- Kutluhan, S. ve Açar, E., 2004, “Bitümlü Sıcak Karışımlarda Tekerlek İzi Oluşumunun İncelenmesi” 4.Ulusal Asfalt Sempozyumu, KGM Toplantı Salonu, Ankara, 25-26 Kasım, 213-223
- Langer, H.W., 1988, “Natural aggregates of the conterminous United States” U.S. Geological Survey bulletin ; 1594) Bibliography: p. Supt. of Docs. No: I 19.3:1594, United States Government Printing Office, Washington, USA
- Langer, H.W., Drew, J.L. and Sachs, S.J., 2004, “Aggregate is important construction material” American Geological Institute
- O’flaherty, C.A., 2002, “Highways”, Tordon Hill, Oxford, ISBN:0 7506 50907.
- Orhan, F. ve Yalçın, G., 2004, “Agrega ve Bitüm Cinsi Değişiminin Bitümlü Sıcak Karışımların Performansına Etkisi”, 4. Ulusal Asfalt Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, 25-26 Kasım, 167-180
- Önal, M. E. ve Karaca, S., 1984, “Asfalt Betonu ve Diğer Sıcak Karışım Tipleri için Karışım Dizayn Metotları”, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Önal, A.M. ve Kahramangil, M., 1993, “Bitümlü Karışımlar Laboratuar El Kitabı” KGM Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 200 s., Ankara.

- Özen, H., Tayfur, S., Aksoy, A. ve Eren, K.B., 2004, “Yassı Tanelerin Bitümlü Sıcak Karışımların Performansına Etkisi” 4.Ulusal Asfalt Sempozyumu, KGM Toplantı Salonu, Ankara, 25-26 Kasım, 398-404
- Rismantojo, E., 2002, “Permanent Deformation and Moisture Susceptibility Related aggregate Tests for Use in Hot-Mix Asphalt Pavements.” PhD Thesis, Purdue University, West Lafayette.
- Şkriyelj, S., 2001, “Kırmataşların(Agregaların) Yol İnşaatlarındaki Kullanımının Değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Tuğrul, A. ve Zarif, I.H., 1998, “Correlation of Mineralogical and Textural Characteristics with Engineering Properties of Selected Granitic Rocks From Turkey”, Engineering Geology, Vol.51, pp 303-317.
- Tunç A., 2001, “Yol Malzemeleri ve Uygulamaları” 840 s., İstanbul.
- Uluçaylı, M., 2002, “Asfalt El Kitabı”, İsfalt, 500 s., İstanbul.
- Umar, F.ve Açar, E., 1991, “Yol Üstyapısı” İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Vallius, P., 1995, “The suitability of rapakivi granite varieties of Wiborg batholith for the production of asphalt pavement.” PhD dissertation, FinnRA Research Report 1., pp.109
- Worden, J., 2005, “Construction Materials Lecture Notes” University of Southern Queensland.
- White, M., 1992, “Bituminous Mixes and Flexible Pavements an Introduction.” BACMI publication, England,pp.22-23.

Uzarowski, L., and Paradis, M.,2004, "Accelerated performance testing of canadian asphalt mixes using three different wheel rut testers" Annual Conference of theTransportation Association of Canada Quebec City, Quebec,2004

İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

1. http://www.rjmaxwell.com/uploads/Basic_Geological_Classification.pdf 08.11.2006
2. www.pitandquarry.com 16.09.2005
3. http://training.ce.washington.edu/WSDOT/Modules/03_materials/physical_properties#physical_properties 15.04.2006

EKLER

VK NUMUNESİ İÇİN MARSHALL DİZAYN SONUÇLARI

Briket	Bitüm %'si		Briket Yüksekliği				Havadaki	Sudaki	Doy. Yüz. Kuru	Hacim	Hacim Özg.	Maks. Teo.	Boşluk %	VMA	Asfaltla Dolu	Akma	Stabilite	Düz.	Düzel.
	No	Wa	(gr)	1	2	3	ORT.	Ağırlık (g) A	Ağırlık (g) C	Ağırlık (g) B	Cm ³ V	Ağırlık (Dp)	Öz. Ağr. (Dt)	Vh	%	Boşluk % (Vf)	(mm)	(kg)	Fak.
1	4	48	69,0	68,0	70,0	69,0	1237,4	690,9	1242,2	551,3	2,245	2,478	9,35	16,6	43,62	2,15	1403	0,877	1230,4
2	4	48	70,0	69,0	69,0	69,3	1234,7	692,3	1240,7	548,4	2,251					2,17	1432	0,871	1247,3
3	4	48	69,0	69,0	68,0	68,7	1234,7	689,6	1240,3	550,7	2,242					2,00	1401	0,884	1239,0
ORTALAMALAR											2,246	2,11	1412	1238,9					
4	4,5	54	69,0	69,0	70,0	69,3	1243,1	704,2	1249,4	545,2	2,280	2,461	7,54	15,9	52,54	2,20	1580	0,871	1376,2
5	4,5	54	70,0	69,0	69,0	69,3	1242,2	699,2	1249,0	549,8	2,259					2,24	1555,2	0,871	1354,6
6	4,5	54	69,0	69,0	69,0	69,0	1238,1	702,2	1243,4	541,2	2,288					2,27	1520	0,877	1333,0
ORTALAMALAR											2,276	2,23	1551,7	1354,6					
7	5	60	69,0	68,0	68,0	68,3	1248,7	702,6	1252,5	549,9	2,271	2,445	7,03	16,4	57,06	2,35	1620	0,884	1432,1
8	5	60	68,2	69,6	68,4	68,7	1246,9	702,7	1252,1	549,4	2,270					2,40	1510	0,895	1351,5
9	5	60	69,8	69,4	70,0	69,7	1253,5	707,7	1257,6	549,9	2,280					2,30	1610,8	0,864	1391,8
ORTALAMALAR											2,273	2,35	1580,2	1391,8					
10	5,5	66	69,0	69,4	68,0	68,8	1259,1	716,7	1261,2	544,5	2,312	2,430	4,81	15,3	68,62	2,55	1545	0,881	1361,1
11	5,5	66	69,6	69,4	70,4	69,8	1259,4	716,6	1263,2	546,6	2,304					2,60	1580	0,862	1362,0
12	5,5	66	68,0	69,0	68,2	68,4	1247,4	713,9	1251,2	537,3	2,322					2,50	1590	0,888	1411,9
ORTALAMALAR											2,313	2,55	1571,6	1378,3					
13	6	72	67,4	67,4	69,6	68,1	1259,2	718,9	1260,5	541,6	2,325	2,414	4,17	15,7	73,42	2,45	1540	0,895	1378,3
14	6	72	69,3	68,6	68,6	68,8	1259,1	715,5	1260,8	545,3	2,309					2,40	1556,5	0,881	1371,3
15	6	72	69,8	70,0	68,6	69,5	1258,6	715,9	1261,6	545,7	2,306					2,35	1570	0,869	1364,3
ORTALAMALAR											2,313	2,40	1555	1371,3					
16	6,5	78	69,6	68,6	64,3	67,5	1261,1	718,8	1263,7	544,9	2,314	2,399	3,23	15,8	79,53	2,75	1425	0,871	1241,2
17	6,5	78	68,6	67,4	69,6	68,5	1262,0	720,3	1263,1	542,8	2,325					2,70	1390	0,886	1231,5
18	6,5	78	68,6	68,6	69,2	68,8	1261,8	720,8	1263,4	542,6	2,325					2,73	1520	0,881	1339,1
ORTALAMALAR											2,322	2,73	1445	1270,6					

VK NUMUNESİ İÇİN MARSHALL DİZAYN SONUÇLARI

Briket	Bitüm %'si		Briket Yüksekliği				Havadaki	Sudaki	Doy.Yüz. Kuru	Hacim	Hacim Özg.	Maks.Teo.	Boşluk %	VMA	Asfaltla Dolu	Akma	Stabilite	Düz.	Düzel.
No	Wa	(gr)	1	2	3	ORT.	Ağırlık (g) A	Ağırlık (g) C	Ağırlık (g) B	cm ³ V	Ağırlık (Dp)	Öz. Ağır. (Dt)	Vh	%	Boşluk % (Vf)	(mm)	(kg)	Fak.	Stabilite
1	4	44	72,4	73,6	72,8	72,9	1119,5	588,8	1139	550,2	2,035	2,364	14,96	19,8	24,41	3,10	970	0,811	786,67
2	4	44	74,4	73,4	74,0	73,9	1126,5	582,2	1148,2	566,0	1,990					2,90	975	0,793	773,18
3	4	44	73,4	74,4	73,4	73,7	1123,1	586,2	1146,1	559,9	2,006					3,70	730	0,797	581,81
ORTALAMALAR											2,010					3,23	891,67		713,9
4	4,5	49,5	72,8	73,0	74,0	73,3	1131,7	594,5	1156,9	562,4	2,012	2,350	15,32	21,0	27,04	3,40	965	0,804	775,9
5	4,5	49,5	75,2	74,0	76,0	75,1	1132,7	596,5	1168,9	572,4	1,979					3,80	750	0,775	581,3
6	4,5	49,5	75,4	75,6	76,6	75,9	1127,2	589,6	1159,6	570,0	1,978					3,80	620	0,767	475,5
ORTALAMALAR											1,990					3,70	778,33		610,9
7	5	55	73,0	73,8	72,8	73,2	1138,4	601,4	1167,9	566,5	2,010	2,335	14,46	21,1	31,32	3,40	847	0,806	682,7
8	5	55	74,0	73,2	73,0	73,4	1135,6	593,9	1161,3	567,4	2,001					3,10	895,8	0,803	719,4
9	5	55	74,8	75,2	76,0	75,3	1137,5	595,2	1169,0	573,8	1,982					3,40	670	0,773	517,9
ORTALAMALAR											1,998					3,30	804,27		640,0
10	5,5	60,5	74,8	74,0	74,2	74,3	1143,1	602,7	1170,6	567,9	2,013	2,322	13,27	20,8	36,23	3,80	723	0,786	568,3
11	5,5	60,5	75,2	75,4	75,6	75,4	1138,9	600,2	1167,9	567,7	2,006					3,40	738	0,772	569,7
12	5,5	60,5	75,0	75,2	74,6	74,9	1144,2	604,9	1170,8	565,9	2,022					3,80	628	0,777	488,0
ORTALAMALAR											2,014					3,70	696,33		542,0
13	6	66	73,6	74,4	73,8	73,9	1151,4	606,7	1177,5	570,8	2,017	2,308	12,48	20,9	40,36	3,30	828	0,795	658,3
14	6	66	75,0	74,6	74,2	74,6	1150,1	609,4	1179,8	570,4	2,016					3,45	790	0,780	616,2
15	6	66	73,2	73,2	73,0	73,1	1144,3	604,1	1168,7	564,6	2,027					3,70	684	0,808	552,7
ORTALAMALAR											2,020					3,48	767,33		609,0
16	6,5	71,5	73,0	73,2	73,8	73,3	1153,6	605,0	1177,3	572,3	2,016	2,295	12,23	21,5	43,19	3,30	680	0,804	546,7
17	6,5	71,5	72,8	72,6	73,6	73,0	1151,6	602,2	1175,1	572,9	2,010					3,40	880	0,810	712,8
18	6,5	71,5	73,4	72,8	73,6	73,3	1147,6	606,6	1175,6	569,0	2,017					3,30	840	0,804	675,4
ORTALAMALAR											2,014					3,33	800		645,0

K1 NUMUNESİ İÇİN MARSHALL DİZAYN SONUÇLARI

Briket	Bitüm %'si		Briket Yüksekliği				Havadaki	Sudaki	Doy.Yüz. Kuru	Hacim	Hacim Özg.	Maks.Teo.	Boşluk %	VMA	Asfaltla Dolu	Akma	Stabilite	Düz.	Düzel.																
No	Wa	(gr)	1	2	3	ORT.	Ağırlık (g) A	Ağırlık (g) C	Ağırlık (g) B	cm ³ V	Ağırlık (Dp)	Öz. Ağr. (Dt)	Vh	%	Boşluk % (Vf)	(mm)	(kg)	Fak.	Stabilite																
1	4	48	66,3	66,1	65,7	66,0	1238	720,7	1241	520,3	2,379	2,506	5,69	13,6	58,13					3,28	2101	0,943	1981,2												
2	4	48	67,3	66,1	66,5	66,6	1243	721,2	1247,9	526,7	2,360													2,91	1751	0,932	1631,9								
3	4	48	66,6	67,5	67,3	67,1	1238	719,1	1245,8	526,7	2,350														2,64	1491	0,920	1371,7							
ORTALAMALAR																										2,94	1781		1661,6						
4	4,5	54	66,2	67,3	66,6	66,7	1251	728,6	1254,2	525,6	2,380	2,489	3,82	12,9	70,36									2,78	1526	0,930	1419,2								
5	4,5	54	64,6	64,4	65,4	64,8	1244,0	732,4	1247,5	515,1	2,415														3,40	1669	0,968	1615,6							
6	4,5	54	65,4	65,8	64,8	65,3	1234,0	719,5	1236,6	517,1	2,386															3,56	1646	0,956	1573,6						
ORTALAMALAR																													3,25	1613,7		1536,1			
7	5	60	67,7	67,1	68,1	67,6	1250,3	724,5	1252,5	528,0	2,368	2,472	3,74	13,8	72,94													3,73	1607,5	0,908	1459,6				
8	5	60	66,0	67,3	66,2	66,5	1257,3	731,7	1258,7	527,0	2,386															3,56	1799,5	0,934	1680,7						
9	5	60	65,9	65,7	67,0	66,2	1254,6	730,2	1255,9	525,7	2,387																3,12	1615	0,939	1516,5					
ORTALAMALAR																														3,47	1674		1552,3		
10	5,5	66	65,8	66,3	65,3	65,8	1263,2	739,3	1263,9	524,6	2,408	2,456	1,63	12,9	87,37															4,30	1746,5	0,947	1653,9		
11	5,5	66	65,2	66,4	65,3	65,6	1262,2	741,6	1263,0	521,4	2,421																3,61	1592,5	0,951	1514,5					
12	5,5	66	65,4	66,5	65,8	65,9	1265,2	743,2	1266,0	522,8	2,420																	4,12	1712	0,945	1617,8				
ORTALAMALAR																																4,01	1683,7		1595,4
13	6	72	64,2	66,0	64,2	64,8	1256,0	740,2	1256,5	516,3	2,433	2,441	0,43	12,8	96,67																4,63	1349	0,968	1305,8	
14	6	72	65,5	64,6	64,9	65,0	1263,3	743,9	1263,8	519,9	2,430																	4,15	1276	0,963	1228,8				
15	6	72	65,2	64,8	64,3	64,8	1259,7	741,5	1260,4	518,9	2,428																		3,43	1329	0,968	1286,5			
ORTALAMALAR																																	4,07	1318	
16	6,5	78	66,0	65,4	66,2	65,9	1267,9	743,8	1268,6	524,8	2,416	2,425	0,26	13,6	98,07																	3,78	1121	0,945	1059,3
17	6,5	78	64,8	65,5	65,7	65,3	1258,9	740,5	1259,7	519,2	2,425																			3,07	1310	0,956	1252,4		
18	6,5	78	66,1	66,2	65,5	65,9	1276,0	748,6	1276,9	528,3	2,415																			4,36	1180,5	0,945	1115,6		
ORTALAMALAR																																		3,74	1203,8

K2 NUMUNESİ İÇİN MARSHALL DİZAYN SONUÇLARI

Briket	Bitüm %'si		Briket Yüksekliği				Havadaki	Sudaki	Doy.Yüz. Kuru	Hacim	Hacim Özg.	Maks.Teo.	Boşluk %	VMA	Asfaltla Dolu	Akma	Stabilite	Düz.	Düzel.
	No	Wa	(gr)	1	2	3	ORT.	Ağırlık (g) A	Ağırlık (g) C	Ağırlık (g) B	cm ³ V	Ağırlık (Dp)	Öz. Ağır. (Dt)	Vh	%	Boşluk % (Vf)	(mm)	(kg)	Fak.
1	4	48	68,2	66,7	66,7	67,2	1242,1	724,7	1249,6	524,9	2,366	2,509	5,64	13,8	59,09	3,10	1368	0,918	1255,8
2	4	48	66,7	65,8	67,7	66,7	1236,72	723,5	1244,8	521,3	2,372					3,30	1319	0,930	1226,7
3	4	48	67,3	68,6	66,9	67,6	1238,1	724,2	1248,3	524,1	2,362					3,15	1367	0,908	1241,2
ORTALAMALAR										2,367	3,18					1351,3	1241,2		
4	4,5	54	65,8	65,3	66,9	66,0	1234,43	717,6	1239,5	521,9	2,365	2,492	4,73	14,0	66,14	2,56	1376	0,943	1297,6
5	4,5	54	65,7	68,2	66,6	66,9	1250,4	729,1	1254,1	525,0	2,382					2,80	1402	0,925	1296,9
6	4,5	54	68,3	66,6	66,8	67,2	1243,5	724,7	1248,4	523,7	2,374					2,88	1509,5	0,918	1385,7
ORTALAMALAR										2,374	2,75					1429,2	1326,7		
7	5	60	63,2	64,3	64,6	64,0	1254,4	735,8	1255,9	520,1	2,412	2,475	2,39	12,8	81,41	2,96	1505	0,988	1486,9
8	5	60	62,9	63,6	64,4	63,6	1249,0	734,6	1250,0	515,4	2,423					3,00	1394,5	0,998	1391,7
9	5	60	63,4	64,5	65,8	64,6	1252,5	734,3	1253,5	519,2	2,412					2,81	1210,5	0,973	1177,8
ORTALAMALAR										2,416	2,92					1370	1352,2		
10	5,5	66	64,2	63,2	63,4	63,6	1243,8	730,5	1245,0	514,5	2,417	2,459	1,70	13,2	87,15	3,65	1262	0,998	1259,5
11	5,5	66	63,9	63,6	62,6	63,4	1244,4	732,0	1245,6	513,6	2,423					2,98	1276,1	1,003	1280,0
12	5,5	66	64,4	64,1	64,5	64,3	1256,6	736,4	1257,7	521,3	2,411					2,77	1302,5	0,980	1276,5
ORTALAMALAR										2,417	3,13					1280,2	1272,0		
13	6	72	61,8	60,7	61,1	61,2	1177,8	693,9	1179,4	485,5	2,426	2,443	0,20	12,9	98,44	3,81	1299,4	1,062	1380,0
14	6	72	63,1	65,3	63,5	63,9	1240,7	733,4	1241,8	508,4	2,440					4,00	1303	0,990	1290,0
15	6	72	61,0	60,8	61,3	61,0	1193,2	706,5	1194,0	487,5	2,448					4,20	1266,8	1,068	1353,0
ORTALAMALAR										2,438	4,00					1289,7	1341,0		
16	6,5	78	67,9	66,4	67,2	67,1	1305,1	767,8	1305,5	537,7	2,427	2,427	0,21	13,8	98,51	4,54	1308	0,920	1203,4
17	6,5	78	64,3	66,7	65,2	65,4	1256,8	736,6	1257,4	520,8	2,413					3,89	1386,5	0,954	1322,7
18	6,5	78	66,6	67,5	65,5	66,5	1289,6	759,0	1290,4	531,4	2,427					4,58	1348,5	0,934	1259,5
ORTALAMALAR										2,422	4,34					1347,7	1261,9		

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı SEDAT ÇETİN

Doğum Yeri İZMİR

Doğum Tarihi 26.08.1981

Medeni Hali BEKAR

Yabancı Dili İNGİLİZCE

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise YENİŞEHİR SAĞLIK MESLEK LİSESİ

Lisans A.K.Ü. T.E.F.YAPI EĞİTİMİ BÖLÜMÜ

Yüksek Lisans A.K.Ü. F.B.E.YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı

ÜNİVERSİTE AFYONKARAHİSAR KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
2005-

Yayımları (SCI ve diğer)

GÜRER, C., AKBULUT, H., CETİN, S., 2006, www.teknolojikarastirmalar.com Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi., “Afyonkarahisar Bölgesinden Elde Edilen Bir Volkanik Agreganın Aşınma Özelliklerinin Belirlenmesi”

GÜRER, C., AKBULUT, H., CETİN, S., Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi “Trafik ve Yol Güvenliği III. Uluslararası Kongresi” “Kayma Direncinin Yol Güvenliği Üzerine Etkileri ve Afyonkarahisar Bölgesi Yol Üst Yapı Agregaları Üzerine Bir Değerlendirme” 17-19 MAYIS 2006, ss 1069-1077 ,Ankara

GÜRER, C., AKBULUT, H., CETİN, S., YILDIZ, A., TMMOB Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi 4.Ulusal Kırmataş Sempozyumu “Mermer Atıklarının Düşük ve Orta Trafik Hacimli Asfalt Kaplamalarda Kırmataş Olarak Kullanılabilirliği” 1-2 Aralık 2006, ss 195-202, İstanbul

GÜRER, C., AKBULUT, H., CETİN, S., 4th Fae International Symposium “High Strength Concrete and Material Properties” 30 Nov-01 Dec 2006, ss 171-178, Cyprus