

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇANKIRI İLİ KORGUN-KURŞUNLU İLÇELERİ ARASI ANDEZİT VE
KALKER ORTAK KULLANIMI İLE BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM DİZAYNI**

Mine ŞİMŞEK

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇANKIRI
2024**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Mine ŞİMŞEK tarafından hazırlanan “Çankırı İli Korgun-Kurşunlu İlçeleri Arası Andezit ve Kalker Ortak Kullanımı İle Bitümlü Sıcak Karışım Dizaynı” adlı tez çalışması 02/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliğı/oy çokluğı ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL

Jüri Üyeleri :

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL
İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Prof.Dr.Ender SARIFAKIOĞLU
İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Prof.Dr.Murat YAYLACI
İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hamit ALYAR

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “**Çankırı İli Korgun-Kurşunlu İlçeleri Arası Andezit ve Kalker Ortak Kullanımı İle Bitümlü Sıcak Karışım Dizayını**” konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (02/01/2024).

Mine ŞİMŞEK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇANKIRI İLİ KORGUN-KURŞUNLU İLÇELERİ ARASI ANDEZİT VE KALKER ORTAK KULLANIMI İLE BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM DİZAYNI Mine ŞİMŞEK

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL

Ulaşım ile ilgili mühendislik yapıları genellikle büyük maliyetler gerektirir ve bu sebeple ihtiyaçlar titizlikle incelenmelidir. Yol ağlarının yapımı, projelerin ekonomik ve karlı olmasını sağlamak için günümüz ihtiyaçları ve gelecekteki talepler doğrultusunda tasarlanmalıdır. Ayrıca, sürdürülebilirlik ve çevresel duyarlılık da göz önünde bulundurularak inşa edilmelidir. Bu yaklaşım, maliyetlerin kontrol altında tutulmasını sağlarken aynı zamanda ulaşım altyapısının uzun vadede etkili ve verimli bir şekilde kullanılmasını hedefler. Bu, maliyet-dayanım ve sürdürülebilirlik ilkelerini birleştirerek, ulaşım projelerinin toplumun ihtiyaçlarına cevap vermesini ve çevreyi korumasını sağlar. Yol yapımı sürecinde, Korgun-Kurşunlu Yolu örneğinde görüldüğü gibi, farklı yol katmanları için farklı özelliklere sahip agregaların seçimi büyük önem taşımaktadır. Burada, Andezit ve Kalker agregalarının bir arada kullanımı, temin maliyetleri ve teknik gereksinimlerin dengelemesi açısından önemli olmuştur. Bu karar, hem teknik standartlara uygunluğu sağlayarak hem de ekonomik açıdan etkin bir çözümü temsil etmektedir. Dizayn sürecinde kullanılan malzemelerin kalitesi ve uygunluğu, bir dizi deney ve analizlerle belirlenir. Bu çalışmada, andezit ve kalker agregalarının uygunluğunu belirlemek için elek analizi, özgül ağırlıkları ve su emme deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca, malzemenin dayanıklılığını ölçmek için Los Angeles, metilen mavisi soyulma ve penetrasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bitümün özgül ağırlığı da incelenmiş ve Marshall deneyiyle malzemenin kararlılık ve dayanıklılığı belirlenmiştir. Bu kapsamlı testler ve deneyler, andezit ve kalker agregalarının yolda kullanımının uygunluğunu ve performansını değerlendirmek için yapılmıştır. Bu veriler, yol yapımı sürecinde kullanılacak malzemelerin kalitesini ve uygunluğunu belirlemede önemli bir rol oynamaktadır.

2024, 64 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Esnek kaplama tasarımı, Andezit, Kalker, Bitümlü sıcak karışım

ABSTRACT

Master of Science Thesis

HOT MIX ASPHALT DESIGN WITH THE USAGE OF ANDESITE AND
LIMESTONE BETWEEN KORGUN-KURŞUNLU DISTRICTS OF ÇANKIRI
Mine ŞİMŞEK

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Başak VARLI BİNGÖL

Transportation structures generally require large costs and therefore the needs must be controlled meticulously. The construction of road networks must be designed in line with today's needs and future demands to ensure that projects are economical and profitable. Additionally, it should be built with sustainability and environmental awareness in mind. While this approach ensures that costs are kept under control, it also aims to use the transportation infrastructure effectively and efficiently during long time. This combines the principles of cost-effectiveness and sustainability, ensuring that transport projects respond to the needs of society and protect the environment. In the road construction process, selection of aggregates with different properties for different road layers is of great importance, as seen in the example of Korgun-Kurşunlu Road. Here, the combined use of Andesite and Limestone aggregates has been important in terms of balancing supply costs and technical requirements. This decision represents an economically effective solution while ensuring compliance with technical standards. The quality and suitability of the materials used in the design process are determined through a series of experiments and analyses. In this study, sieve analysis, specific gravity and water absorption tests were applied to determine the suitability of andesite and limestone. Additionally, methylene blue peeling and penetration tests were conducted in Los Angeles to measure the durability of the material. The specific gravity of bitumen was also applied and the stability and durability of the material was determined by the Marshall test. These comprehensive tests and experiments were conducted to evaluate the suitability and performance of andesite and limestone for on-road use. The data that achieved after the tests are milestone to determine the quality and suitability of the materials to be used in the road construction process.

2024, 64 pages

Keywords: Flexible pavement design, Andesit, Limestone, Hot mix asphalt

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Çankırı İli Korgun-Kurşunlu İlçeleri Arası Tasarlanan Bitümlü Sıcak Karışımda Kullanılan Andezit ve Kalker Agregalarının Uygunluklarının Belirlenmesi ve Bitümlü Sıcak Karışımda Ortak Kullanımı” konulu tez çalışmamda Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan, Korgun-Kurşunlu arası (Km: 0+000 ile Km 28+957,20) BSK yolun yapımında kullanılan Andezit ve Kalker malzemelerin uygunluğu, durabilite, stabilite, laboratuvar ve ekonomik etkileri yönünden Karayolları 15. Bölge Kontrol Şefi ile beraber incelenmiş, bu konuda yapılan çalışmalar, karşılaştıkları sorunlar ve sorunların çözümleri için aldıkları kararlardan hem teorik hem de uygulamalı olarak faydalanılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışması aşamasında yardımlarını esirgemeyen öneri ve katkılarını benimle paylaşan danışman hocam, Saygıdeğer Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL’e teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmam konu olan yol inşaatı esnasında, yapım çalışmalarının incelenmesini, deneyler için şantiye laboratuvarın kullanılmasını sağlayan, Kurumundan ihtiyacım olan bilgi ve belgeleri temin eden, Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü Kontrol Şefi Saygıdeğer Rasim BAŞ’a teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmalarımında engin bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Çankırı İli DSİ 52. Şube Müdürlüğü Yapı Denetim Görevlisi Saygıdeğer Murat ÇAVDAR’a teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmalarım esnasında Çankırı İli DSİ 52. Şube Müdürlüğü jeoloji Mühendisi Saygıdeğer Cemil ATAK’a bilgi, kaynak ve değerli tecrübelerini benimle paylaştığı için teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmalarım esnasında Çankırı İli DSİ 52. Şube Müdürlüğünde Yüksek İnşaat Mühendisi olarak görev yapan Sevgili Ayşe YAZICI’ya yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Tez Çalışma sürecimde; her gün beni sabırla arayıp yüreklendiren annem Hatice ŞİMŞEK’e, her zaman her konuda destekçim olan babam Abdülbaki ŞİMŞEK’e, emeğini esirgemeyen abim Emin ŞİMŞEK’e, Sevgili kardeşlerim; Vildan DEMİRHAN’a, Selim ŞİMŞEK’e, ablam İpek ÖZDEMİR’e ve son olarak her zaman kalbimde ve aklımda olan rahmetli ablam Merve ŞİMŞEK CESUR’a teşekkür ederim.

“Tezimi hayatımın anlamı, rehberim ve her daim yanımda hissettiğim sevgili rahmetli ablam Merve ŞİMŞEK CESUR’a ve onun biricik kızı Gülce Büşra CESUR’a ithaf ediyorum. Onların sevgisi ve ilhamı olmadan, bu çalışmanın tamamlanması mümkün olmazdı. Merve ablam ve Gülce Büşra’ya sonsuz sevgi ve minnettarlığımıla...”

Mine ŞİMŞEK

Çankırı, Ocak 2024



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.2 Karayolu.....	2
1.3 Karayolu Altyapısı.....	2
1.4 Karayolu Üstyapısı.....	2
1.4.1 Rijit üstyapılar.....	4
1.4.2 Esnek üstyapılar.....	7
1.4.3 Kompozit üstyapılar.....	10
1.5 Esnek Üstyapıda Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	10
1.5.1 Bitümlü bağlayıcılar.....	10
1.5.2 Agregalar.....	11
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	23
3. MATERYAL YÖNTEM.....	25
3.1 Çankırı İline Ait Yol Bilgileri.....	25
3.2 Çankırı İlinin Genel Jeolojisi.....	26
3.3 Çalışma Güzergahı ve Proje Tasarımıyla İlgili Bilgiler.....	266
3.3.1 Yol dizayn aşamasında karşılaşılan problemler.....	30
3.3.2 Yol dizayn aşamasında karşılaşılan problemlere getirilen çözüm.....	30
3.4 Malzemelere Uygulanan Deneyler.....	31
3.4.1 Agregada deneyleri.....	31
3.4.2 Bitüm deneyleri.....	43
4. BULGU.....	50
4.1 Agregada Laboratuvar Deneyi Sonuçları.....	50

4.1.1	Elek analizi sonuçları.....	50
4.1.2	Özgül ağırlık ve su emme deneyi sonuçları	53
4.1.3	Los Angeles (aşınma kaybı) deneyi sonuçları	54
4.1.4	Metilen mavisi deneyi sonucu	55
4.1.5	Soyulma deneyi sonuçları.....	56
4.2	Bitüm Deneyleri Sonuçları.....	57
4.2.1	Penetrasyon deneyi sonuçları	57
4.2.2	Marshall deneyi sonuçları	57
5.	SONUÇ	58
	KAYNAKLAR	61
	ÖZGEÇMİŞ.....	64

SİMGELER DİZİNİ

A	Havadaki ağırlık
B	Doygun kuru yüzey ağırlık
C	Sudaki ağırlık
DP	Pratik özgül ağırlık (g/cm ³)
Dt	Maksimum teorik özgül ağırlık (g/cm ³)
G	Hacim özgül ağırlık (g/cm ³)
Vh	Boşluk (%)
Vf	Asfaltta dolu boşluk (%)
VMA	Agregalar arası boşluk (%)



KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	American Society for Testing and Materials
BSK	Bitümlü Sıcak Karışım
CBR	The California Bearing Ratio
DSİ	Devlet Su İşleri
GT	Granüler Temel
İRAP	İl Afet Risk Azaltma Planı
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
km	Kilometre
KTŞ	Karayolları Teknik Şartnamesi
PMAT	Plent-Miks Alt Temel
PMT	Plent-Miks Temel
SK	Sathi Kaplama
V	Hacim (cm ³)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Karayolu tabakaları (Özen 2005).....	3
Şekil 1.2 Tipik yol kesiti ve esnek üst yapısı.....	3
Şekil 1.3 Kaplamalara göre yük dağılımı (Yeğinobalı 2009).....	5
Şekil 1.4 Bitümlü kaplamanın tabakaları (Dikbaş ve Yonar 2013).....	7
Şekil 1.5 Yüklerin derinlik boyunca etkisi.....	8
Şekil 1.6 Korgun-Kurşunlu arası yolda taban zemini.....	8
Şekil 1.7 Bitüm üretimi (Araştırma ve Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara 2012).....	11
Şekil 1.8 Yol yapımında kullanılan agregalar (Çetin 2007).....	12
Şekil 1.9 Korgun-Kurşunlu arası yolunda alt temel tabakası.....	13
Şekil 3.1 Çankırı il afet risk azaltma planı (İRAP), 2021.....	26
Şekil 3.2 Kurşunlu-Korgun yolu güzergahı ve trafik yükleri.....	27
Şekil 3.3 Kurşunlu-Korgun Yolu km: 0+000-28+957,20 arası üstyapı kalınlıkları.....	29
Şekil 3.4 Korgun-Kurşunlu yolu tabaka kalınlıkları ve enkesiti.....	30
Şekil 3.5 Elek analizi elek seti.....	33
Şekil 3.6 Kaba agrega özgül ağırlık deneyi.....	35
Şekil 3.7 İnce agrega özgül ağırlık deneyi.....	37
Şekil 3.8 Los Angeles deneyi tamburu.....	40
Şekil 3.9 Los Angeles deney bilyeleri.....	40
Şekil 3.10 Metilen deneyinde kullanılan karıştırıcı.....	42
Şekil 3.11 Metilen mavisi deneyi.....	42
Şekil 3.12 Penetrasyon deneyi.....	44
Şekil 3.13 Marshall deneyi stabilitesi ölçümü.....	48
Şekil 4.1 Plentmiks alt temel gradasyonu.....	51
Şekil 4.2 Plentmiks temel tabakası elek analizi gradasyonu.....	51
Şekil 4.3 Bitümlü temel gradasyonu.....	52
Şekil 4.4 Binder tabakası gradasyonu.....	52
Şekil 4.5 Aşınma tabakası gradasyonu.....	53
Şekil 4.6 Özgül ağırlık deneyi.....	54
Şekil 4.7 Los Angeles deneyi laboratuvar çalışması.....	555
Şekil 4.8 Karışıma tartılan metilen mavisi çözeltisinin eklenmesi.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	Alt temel tabakası gradasyon limitleri (KTŞ 2013, 401).....	14
Çizelge 1.2	Alt temel agregalarının fiziksel özellikleri (KTŞ 2013, 401)	15
Çizelge 1.3	Kaba agreganın fiziksel özellikleri (KTŞ 2013, 402)	16
Çizelge 1.4	Temelde kullanılan ince agregalarının fiziksel özellikleri (KTŞ 2013, 402)	17
Çizelge 1.5	Plent-miks temel tabakası gradasyon limitleri (KTŞ 2013, 402).....	17
Çizelge 1.6	Bitümlü temel tabakası için gradasyon limitleri (KTŞ 2013, 406).....	18
Çizelge 1.7	Kaba agreganın fiziksel özellikleri (KTŞ 2013, 406)	19
Çizelge 1.8	İnce agreganın özellikleri (KTŞ 2013, 406)	19
Çizelge 1.9	Mineral fillerin gradasyonu (KTŞ 2013, 406)	20
Çizelge 1.10	Binder tabakası gradasyonu (KTŞ 2013, 407).....	20
Çizelge 1.11	Aşınma tabakası gradasyonu (KTŞ 2013, 407)	21
Çizelge 1.12	Kaba agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri (KTŞ 2013, 407).....	21
Çizelge 1.13	İnce agreganın özellikleri (KTŞ 2013, 407)	22
Çizelge 1.14	Mineral filler gradasyonu (KTŞ 2013, 407)	22
Çizelge 3.1	Kurşunlu-Korgun yolu projelendirme formu.....	29
Çizelge 3.2	Kullanılan eleklerin açıklıkları (Orhan 2012).....	32
Çizelge 3.3	Deney numune minimum ağırlıkları (KTŞ 2013).....	32
Çizelge 3.4	Kaba agregalarının su emme ve özgül ağırlıkları için miktarı (KTŞ 2013)	34
Çizelge 3.5	Los Angeles deneyi için boyutlara göre agrega miktarları	38
Çizelge 3.6	Deneyde kullanılacak küre sayıları	39
Çizelge 4.1	Bitümlü temel kaba, ince ve filler agregaları için özgül ağırlık ve su emme deneyi sonuçları	53
Çizelge 4.2	Bitümlü temel Los Angeles deneyi sonuçları	54
Çizelge 4.3	Kalker agregası metilen sonucu	55
Çizelge 4.4	Andezit agregası metilen sonucu	55
Çizelge 4.5	Soyulma mukavemeti sonuçları.....	56
Çizelge 4.6	Penetrasyon deneyi sonuçları, dmm	57
Çizelge 4.7	Bitümün kullanıldığı katmanlar için Marshall Sonuçları.....	57

1. GİRİŞ

Bir ülkenin kalkınması ve ekonomik büyümesi, birçok farklı faktörün etkileşimi sonucu ortaya çıkan karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte yol ağlarının rolü oldukça kritiktir. Yollar, bir ülkenin gelişimi için temel bir taşıma altyapısı sağlar ve ekonomik büyümeyi hızlandırır. Bu nedenle, ülkemizde şehir içi ve şehirlerarası yol ağlarının inşası ve geliştirilmesi büyük bir öncelik olarak kabul edilmektedir.

Ülkenin yol ağlarının geliştirilmesi; ülke insanının ekonomik ve sosyal yönden gelişimi ve büyümesi ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca, şehir içi yol ağlarının geliştirilmesi, şehirlerin yaşanabilirlik ve iş yapılabilirlik seviyelerini artırarak günlük yaşamı kolaylaştırır. Şehirlerarası yol ağlarının oluşturulması ise ekonomik dengesizliği azaltarak bölgeler arası ticareti canlandırır. Yol ağlarının inşası sırasında çevresel duyarlılık ve sürdürülebilirlik göz önünde bulundurulmalı, böylece çevreyi koruyarak ekonomik büyümeyi desteklemeliyiz. Son olarak, yol ağlarının geliştirilmesi toplumların yaşam kalitesini artırır, çünkü eğitim, sağlık hizmetleri ve sosyal bağlantılara daha kolay erişim sağlar. Bu nedenle, ülkenin yol ağlarının geliştirilmesi ekonomik, sosyal ve çevresel açılardan büyük önem taşır.

Aralık 2022 itibarıyla, Karayolları Genel Müdürlüğü'nün toplam yol ağı 68.761 kilometredir. Bu yol ağının 29.862 km'si bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamalı, 36.877 km'si sathi kaplamalı (SK) ve 2.022 km'si diğer yollar olarak kategorize edilmektedir. Ülkemizde toplamda 3,633 km otoyol ve 28,906 km (%42) bölünmüş yol bulunmaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, 2023).

Ulaşım ile ilgili mühendislik yapıları, genellikle büyük maliyetler oluşturur ve bu nedenle ihtiyaçlar titizlikle araştırılmalıdır. Yol ağlarının yapımı da bu kapsamda ele alındığında, projelerin ekonomik ve işlevsel olması büyük bir önem taşır. Bu projeler, günümüz ihtiyaçlarına ve gelecekteki taleplere uygun bir şekilde tasarlanmalıdır. Sürdürülebilirlik ve çevresel duyarlılık da göz önünde bulundurulurken inşa edilmelidir. Bu yaklaşım, hem maliyetleri kontrol altında tutmayı, hem de ulaşım altyapısının uzun vadede etkili ve

verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayarak toplumun ihtiyaçlarına daha iyi cevap verebilir.

1.2 Karayolu

Karayolu, işlenmiş malzemelerin üst üste bindirilmiş katmanlarından oluşan bir yapıdır. Bu yapı, doğal zemin altındaki alt zemine uygulanan araç yüklerini dağıtmak amacıyla tasarlanmıştır.

1.3 Karayolu Altyapısı

Karayolları altyapısı; esnek üstyapı tasarımında kullanılan çeşitli yapı türlerini içerir. Her bir yapı türü, farklı katmanlardan oluşur, örneğin sızdırmazlık tabakası, yüzey tabakası binder tabakası, astar tabakası, temel tabakası, alt temel tabakası, sıkıştırılmış alt zemin ve doğal alt zemin gibi. Bu katmanlar, karayolunun dayanıklılığını, drenajını, su geçirmezliğini ve genel performansını artırmak için tasarlanmıştır. Karayolu alt yapısı, bu yapı türlerinin kombinasyonu ve katmanlarının düzenlenmesiyle oluşturulan bir sistemdir ve her bir katmanın belirli bir rolü ve işlevi vardır.

1.4 Karayolu Üstyapısı

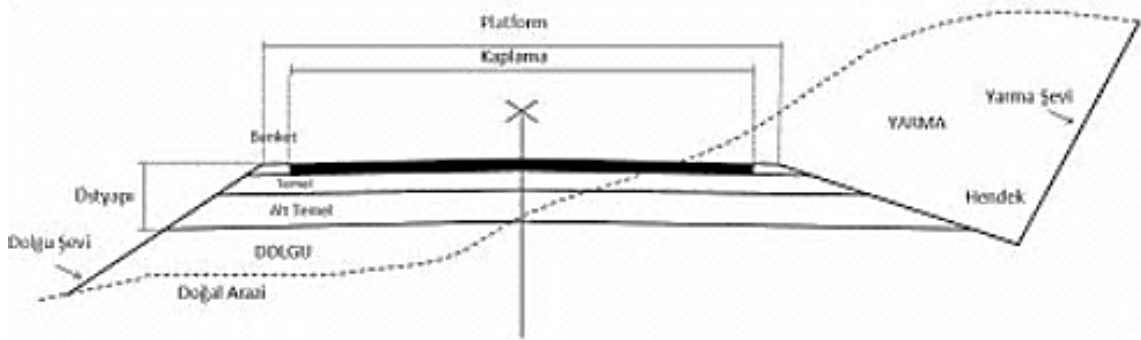
Karayolu üstyapısı, alt yapıya eklenen tabakalı yol yapısıyla, taşıtların dingil yüklerini altyapının taşıma kapasitesine uygun seviyelere düşürmeyi, altyapının korunmasını sağlamayı ve düzgün bir yüzeyde rahat bir şekilde yolculuk yapmayı amaçlar. Bu yol yapısı genellikle alt temel, temel ve kaplama katmanlarından oluşur (şekil 1.1) (Yılmaz 2008).

KAPLAMA	Aşınma
	Binder
TEMEL	Bağlayıcı
	Bağlayıcı
ALT TEMEL	Bağlayıcı
Taban Zemini	

Şekil 1.1 Karayolu tabakaları (Özen 2005)

Kaplama katmanları, çevresel etkilere ve yoğun trafik kullanımına karşı dayanıklılık gösterirken aynı zamanda trafik yüklerini zemine aktaran yapılardır. Zeminle etkileşimde bulunan her tabakanın yük dağıtma yeteneği, trafik yüklerinin nasıl iletileceğini belirler. Dolayısıyla, kaplama kalınlığı, zeminin taşıma kapasitesine ve kaplamanın türüne göre değişiklik gösterebilir (Tunç 2007).

Yol yapıları, kaplama katmanlarında kullanılan malzemenin çeşidine, özelliklerine ve inşa yöntemlerine bağlı olarak esnek üstyapılar, rijit yapılar ve yarı rijit yapılar olarak üç temel kategoriye ayrılır.



Şekil 1.2 Tipik yol kesiti ve esnek üst yapısı

Üstteki Şekil 1.2’de yola ait esnek üstyapı en kesiti görülmüyor. Yol yapımı ve düzenlemesi genellikle bir dizi önemli katman ve bileşenler içerir. İlk olarak, yolun taban zemini belirlenir ve daha sonra alt temel tabakası bu zemin üzerine yerleştirilir. Ardından, temel tabakası uygulanır ve dolgu seti ile dolgu şevleri oluşturulur. Banket temel tabakası ve

banket kaplaması, yolun kenarlarını güçlendirmek ve düzgünleştirmek için kullanılır. Yolun genişliği ve üstyapı elemanları belirlenirken seçme malzemeden oluşan tabaka kullanılır. Beton plakalar, hendek plakaları ve tesviye yüzeyi, yolun düzenlenmesi için önemli unsurlardır. Ayrıca, yolun yarma şevi eğimi, trafik eğimi ve banket eğimi gibi eğim unsurları belirlenir. Son olarak, yol genişliği ve üstyapı genişliği hesaba katılarak yol yapımı tamamlanır. Bu bileşenlerin bir araya gelmesiyle, yol kullanıcılarına güvenli ve dayanıklı bir yol sunulması hedeflenir.

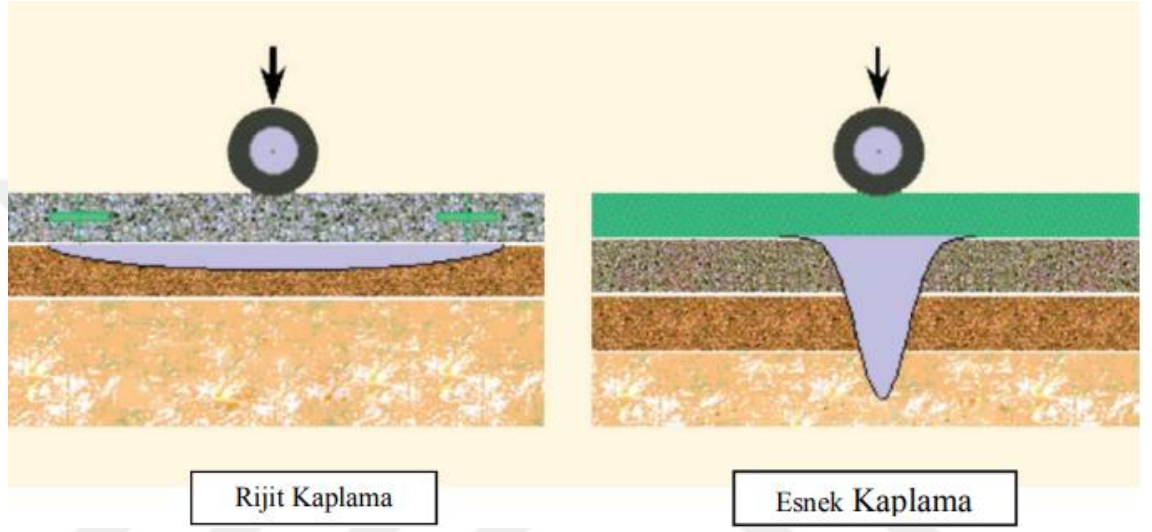
1.4.1 Rijit üstyapılar

“Rijit Üstyapı” veya “Beton Yollar” çimento betonu ile yapılan kaplamalarla oluşturulan üst yapının adıdır. Beton yolların temel işlevi, trafik yüklerini tabana ileterek aynı zamanda tabanın bozulmasını engellemektir. Beton kaplamaların davranışı, dökülen beton tabakalarının özellikleri kadar, altına yerleştirilen tabakaların özelliklerine bağlı olarak değişir.

Betondan oluşturulan yollar, 20 - 25 m²'lik alanlara bölünmüş enine ve boyuna derzlerle ayrılan plakalar halinde inşa edilebildiği gibi, derzsiz şekilde de oluşturulabilir. Beton plakaların yüksek rijitliği, taban zemininde oluşan gerilmelerin geniş bir alana yayılmasına olanak tanır. Bu özellik, zayıf zemin koşullarında bile beton yolların kullanılabilirliğini artırır (Ilıcalı 2001).

Beton, düşük çekme dayanımına sahiptir. Betonun deformasyon-gerilme ilişki lineer değildir. Ayrıca, yükler kaldırıldıktan sonra betonda kalıcı şekil değişiklikleri meydana gelebilir. Yük kaldırıldığında betonun eski haline dönmesi beklense de kalıcı şekil değişiklikleriyle karşılaşılabilir. Rijit kaplamalar tekerlek yükünün gerilmelerini daha geniş bir alana iletmek için yeterli eğilme mukavemetine sahip olduklarından, bu kaplamalar altında hareket eden tekerlek yüklerinin gerilmeleri daha geniş bir zemine dağıtılabilir. Beton kaplamalar ise sıcaklık değişimine bağlı olarak genişleme veya büzülme eğilimindedir ve bu durum termal gerilmelere yol açabilir. Donma ve çözülme döngüleri ise betonun yüzey pürüzlülüğünü etkileyebilir ve çatlaklara neden olabilir. Sıcaklık etkileri, yapısal tasarım, malzeme seçimi ve alt zemin hazırlığında önemli bir rol oynar.

Üst kaplama tabakası, yol kullanıcılarının güvenliği ve rahatlığı için gerekli yüzeyi oluşturur. Bu katman, trafik yüklerine ve çevresel etkilerine karşı yol yüzeyinin dayanıklılığını ve performansını sağlamak amacıyla inşa edilen kritik bir bileşendir. Rijit üstyapılarda, beton kaplama, betonun elastisite modülü ve dayanımı etkisinde yolun yük etkisi altında davranışını belirlemektedir. Tekerlek yükleri altında esnek ve rijit üstyapılarda davranış Şekil 1.3'te gösterilmektedir (Yeğinoğlu 2009).



Şekil 1.3 Kaplamalara göre yük dağılımı (Yeğinoğlu 2009)

Esnek üstyapılarda, en üst tabakaya gelen trafik yükleri sırasıyla önce temel tabakasına ardından alt temel tabakasına yayılarak en sonunda altyapıya, alt yapıdan da doğal zemine iletilir. Yükün katmanlar arasında iletilmesinde her katmanın önemi büyüktür. Tabaka kalınlıkları karşıladıkları yük miktarıyla birlikte zeminin karakteristik özelliklerine göre belirlenir. Aynı şartlar altında oluşturulan, esnek üstyapıyla oluşturulan katman kalınlığı, rijit üstyapının katman kalınlığından büyük olmalıdır.

Rijit üstyapılarda, yüksek elastiklik modülü ve sert beton kaplama tabakası veya plak, büyük yükleri rahatlıkla taşıyabilir ve doğal zeminle karşılaştırıldığında daha düşük gerilim iletimi sağlar. Zemin özellikleri, tabaka kalınlığını belirleme sürecinde daha az belirleyici etkidedir. Temel tabakası, beton plak için uygun bir alt taban oluşturmanın yanı sıra etkili drenajı sağlama amacıyla düzenlenir.

1.4.1.1 Taban zemini

Zeminin tabanı, sıkıştırılarak elde edilen doğal zeminden meydana gelir ve yapısal açıdan en kritik katmandır. Üstü yapı yükü, nihayetinde bu tabaka üzerine iletilir (Karaşahin 1993). Bu katmanın, yolun üzerinde oluşacak gerilimlere karşı direnç göstermesi gerekmektedir. Gerekli durumda, inşa edilecek karayolunun trafik altındaki yüküne, yolun niteliğine ve iklimsel koşullarına göre zemin düzeltilir. Bu zemin tabakasının temel işlevini yerine getirebilmesi için iyi bir drenaj sistemi gereklidir (Karaşahin 1993).

1.4.1.2 Temel tabakası ve alttemel tabakası

Temel tabakası, kaplama tabakasının altına inşa edilen ve trafik yüklerinin neden olduğu gerilmeleri absorbe etmeyi ve suyun uzaklaştırılmasını sağlamak için kullanılan bir yapıdır. Temel tabakası;

- Bağlayıcı içerenler: Çimento, Bitüm gibi malzemelerle bağlayıcı içerenler
- Bağlayıcı içermeyenler: Plentmix Temel, Roadmix Temel, Kırmataş Temel gibi bağlayıcı içermeyenler şeklinde farklı kategorilere ayrılır

Beton kaplamanın altında bulunan alttemel tabakası, beton plaka için homojen ve istikrarlı bir destek sağlama amacını taşır. Her türlü beton kaplama için en az 10 cm kalınlığında bir alttemel tabakası gereklidir. Eğer ekonomik bir seçenekse, alttemel kalınlığı artırılarak zeminin dayanımını ifade eden “k” (MN/m^3) değeri yükseltilebilir, bu da beton kaplama kalınlığının azaltılmasına imkân tanır (Tunç 2007).

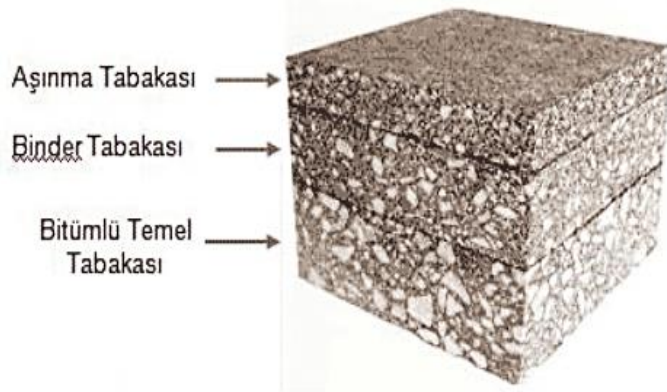
1.4.1.3 Beton kaplama

Betondan oluşan kaplamalar, taşıdığı yükleri temel tabakası ve zemin tabakasına ileterek karşılayan katmanlardır. Bu katmanlara kalınlık, iklimsel etkilere, trafik yoğunluğuna ve zemin koşullarına bağlı olarak değişebilir.

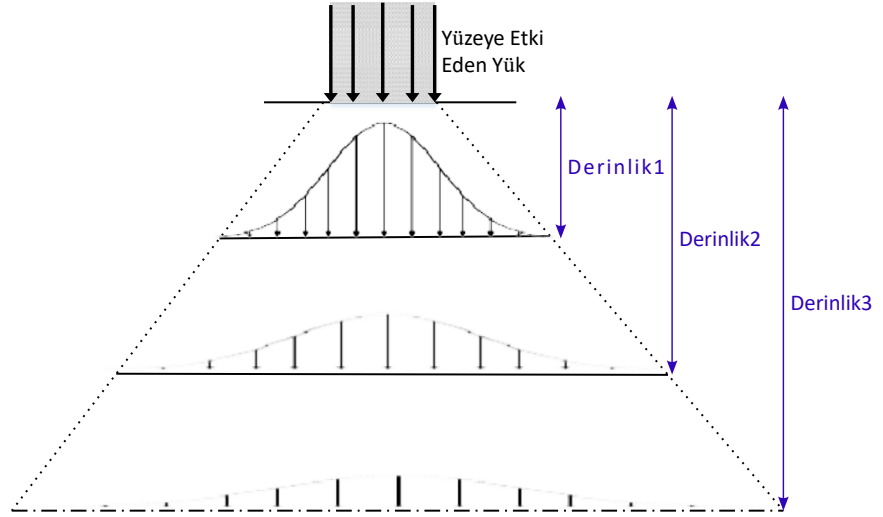
En yaygın kullanılan kaplama türü derzli donatısız beton kaplamadır. En az kullanılan kaplama çeşidi de derzli donatılı beton kaplamadır. Derzli donatısız beton kaplamanın diğerlerine göre fazla kullanılma sebebi diğerlerinde uzun dönem performansında problemler belirlenmesidir.

1.4.2 Esnek üstyapılar

“Esnek” terimi, üstyapı yapısının yükleri asfalt kaplamanın bükülmesi yoluyla taşıdığını ve bunun da yükü nispeten küçük bir alana dağıtma eğiliminde olduğunu gösterir. Bu nedenle, esnek bir üstyapı, yük kaynaklı gerilmelerin büyüklüğünü her bir katmanın dayanımının çok altında bir seviyeye düşürmek amacıyla çok katmanlı bir sistem olarak tasarlanır. Özel tasarım ihtiyacına göre alt temel tabakasının ihmal edilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Esnek üst yapı kaplama tabakaları Şekil 1.4’te verilmektedir. Esnek üst yapının yük etkisi altında katmanlarına göre yük dağılımı Şekil 1.5’te verilmiştir.



Şekil 1.4 Bitümlü kaplamanın tabakaları (Dikbaş ve Yonar 2013)



Şekil 1.5 Yüklerin derinlik boyunca etkisi

1.4.2.1 Taban zemini

Bağlanmamış granüler malzemelerden oluşan tabakadır. Bu tabaka sıkıştırılma sonucu elde edilirken tekerlek izine karşı dirençli hale getirilir. Bu tabaka alt temel ve temel tabakalarını karşı koruma sağlamalıdır. Şekil 1.6'da tezime konu olan yolun taban zemini gösterilmiştir.



Şekil 1.6 Korgun-Kurşunlu arası yolda taban zemini

1.4.2.2 Alt temel tabakası

Esnek bir kaplamanın alt temel tabakası, temel tabakasına göre daha düşük yapısal özelliklere sahiptir. Alt temel tabakası tekerlek izine karşı direnç göstermesi ve taban zeminini koruyacak şekilde granüler malzemelerden inşa edilmiştir. Bağlanmamış granüler malzemelerin gradasyonu, çevre koşulları için yapının drenajı için uygun olarak seçilmelidir.

Alt temel tabakadan istenilen özelliklerin yerine getirilmesi için dane dağılım oranlarının verilen sınırlar içerisinde olması, agreganın fiziksel şartlarının sağlanması ve taban zemininde oluşacak don etkisinin üst yapıya zarar vermeyecek şekilde alt temel tabakasının plastiklik özellikleri azaltılacak şekilde olmalıdır.

1.4.2.3 Temel tabakası

Kaplama tabakasıyla alt temel tabakası arasında yer alan üstteki kaplama tabakasından gelen yükleri alt katmanlara iletirken granülometreye uygunluğuyla drenaja yardımcı olarak kaplama tabakasında oluşan gerilmelere engel olan tabakadır.

1.4.2.4 Kaplama tabakası

Asfalt betonu olarak da bilinen aşınma ve binder tabakalarına kaplama tabakası denilmektedir. Bu tabakanın üst kısmında lastik kaplama yüzeyi arasındaki yüksek dikey ve kayma gerilmelerine sebep olan tekerlek izine ve düşük sıcaklık gerilmelerine neden olduğu termal çatlaklara karşı mükemmel dayanıklılık ve kayma direncine direnmek için tasarlanmıştır. Yüzey tabakanın altında yer alan tabaka ise tekerlek izi ve yorulma çatlaklarına karşı tasarlanmaktadır.

1.4.3 Kompozit üstyapılar

Kompozit üstyapı, aynı zamanda yarı rijit üstyapı olarak da anılmaktadır. Bu tür bir üstyapı, deformasyona uğramış rijit üstyapının yeniden onarılması veya deformasyona uğramış esnek yapının beton ilavesiyle güçlendirilmesi sonucu elde edilebilir.

Hasara uğrayan rijit üstyapının onarılması, genellikle bitümlü sıcak karışım kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntem, mevcut yolun hasarlı bölgelerini onarmak ve yolun dayanıklılığını yeniden sağlamak amacıyla kullanılır. Bitümlü sıcak karışım, yolun yüzeyini düzeltmek ve trafiğe uygun hale getirmek için etkili bir çözümdür.

Deforme olmuş esnek yapıda durum esnek yapının beton takviyesi ile güçlendirilmesiyle, yolun taşıma kapasitesini artırmak ve daha ağır yükleri taşıyabilmesini sağlamak amacıyla kullanılır. Bu yöntemde, mevcut esnek yolun alt yapısı beton takviyeli panellerle güçlendirilir, böylece yolun da dayanıklılığı ve ömrü uzatılır.

Otoyol çalışmalarının ülkemizde yoğun olduğu 1980'li yıllarda asfalt kaplama tabakalarının altında çimento bağlayıcılı karışımlar kullanılarak kompozit üstyapı tipinde yapılmaktaydı. Ama yapılan yollarda kısa sürede çimentodan kaynaklanan enine büzülme çatlakları meydana gelmiş ve bu bozuklukların onarımının zorluğu nedeniyle kompozit üstyapı tekniğinden vazgeçilmiştir (Türk Asfalt Mütahhitleri Derneği Bülteni 2014).

1.5 Esnek Üstyapıda Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

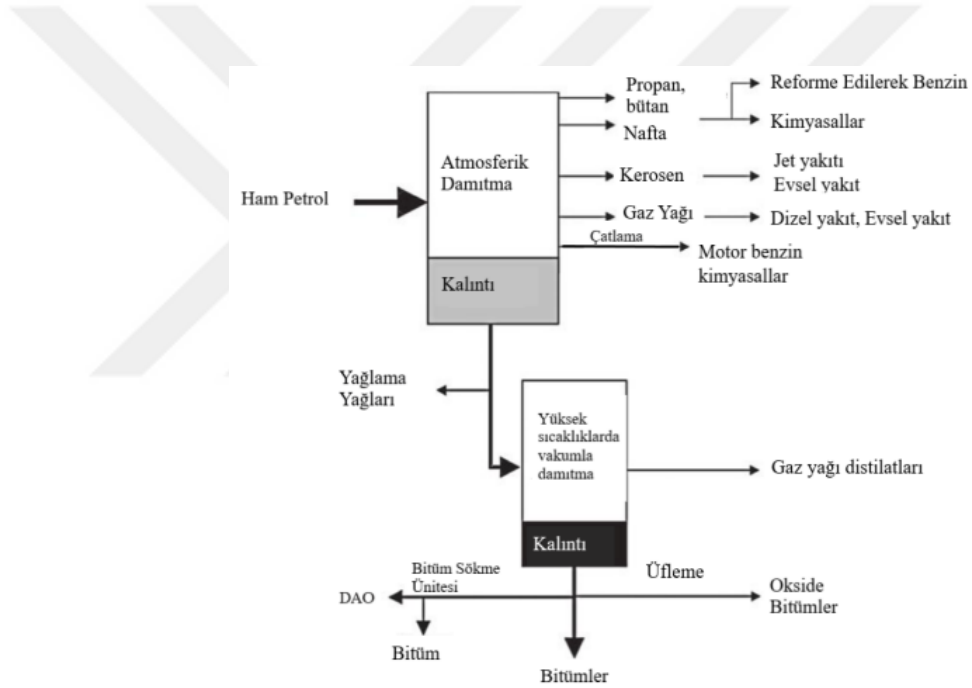
1.5.1 Bitümlü bağlayıcılar

Esnek üstyapılarda kullanılan temel malzemelerden biri olan bitüm, doğal kökenli veya projenik kökenli olabilen hidrokarbonların tertip edilmesi ile elde edilen yapışkan kıvamlı bir malzemedir. Katı, yarı katı veya gaz sıvı formda bulunabilir (Orhan 2012). Bitümlü bağlayıcılar asfaltlar ve katranlar olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Birincisi doğal asfaltlar, mineral malzemelerle karışmış bulunduğu yere göre isimlendirilen kaya

ve göl asfaltlarıdır. İkincisi yapay asfaltlar göl asfaltı, Trinidad bölgesinde rafine edildikten sonra %55 asfalt içerir ve Dünyada göl asfaltının bulunduğu yerlerden bir tanesidir

1.5.1.1 Bitümler

Petrol kökenli olan sıcak karışımlarda veya sathi kaplamalarda kullanılan yapışkan, su geçirmez, aitlere ve alkalilere ve tuzlara karşı dayanıklı, suyu kirletmeyen, ısıtıldığında sıvılaşabilen hidrokarbonlardan oluşan malzemedir. Bitümün oluşumu Şekil 1.7’de gösterildiği gibidir.

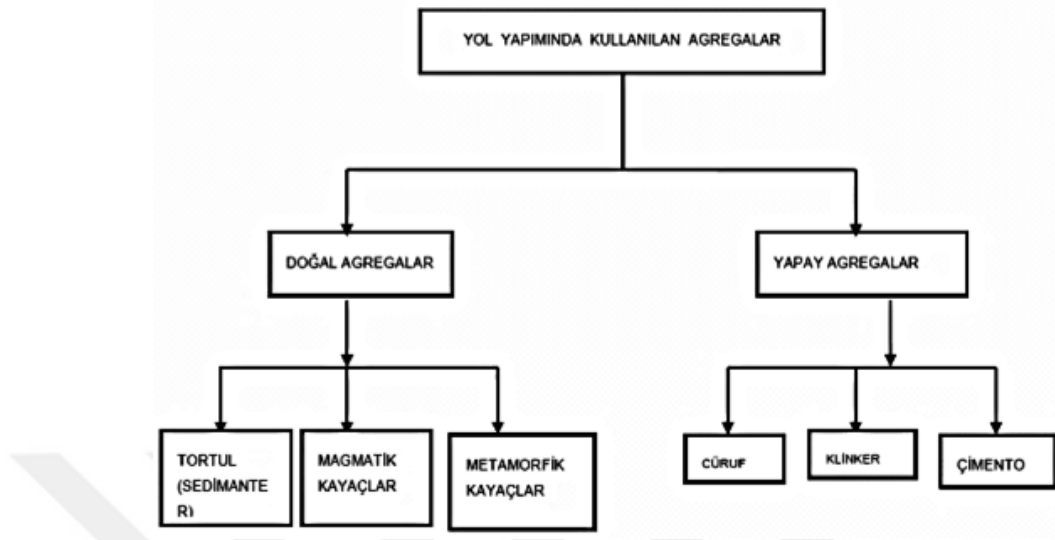


Şekil 1.7 Bitüm üretimi (Araştırma ve Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara 2012)

1.5.2 Agregalar

Bitümlü Sıcak karışımlarda ağırlıkça (%90-95) ve hacimce (%80-85) en fazla kullanılan malzemelerdir. Yolun tüm katmanlarında bulunarak trafik yüklerini taşımakla birlikte çevre koşullarına ve yolun yapıldığı zemine uygun şekilde kullanılmalıdır. Projeye uygun şekilde seçilen agrega üstyapı tabakalarının özelliklerine göre belirli şartlara sahip olması ve şartnameye uygun şekilde gradasyonlanması gerekmektedir.

Yol yapımında kullanılan agregalar Şekil 1.8’de gösterilmektedir.



Şekil 1.8 Yol yapımında kullanılan agregalar (Çetin 2007)

Doğal ya da yapay agregalar şartnameye göre fiziksel özellikleri yolun katmanlarına uygun olacak şekilde kullanılmaktadır. En çok kullanılan deneyler aşağıda belirtilmektedir.

- Tane Dağılımı (Gronülometre) Deneyi
- Aşınmaya Karşı Direnç Deneyi (Los Angeles)
- Su Emme ve Özgül Ağırlık Deneyi
- Soyulmaya Karşı Direnç Deneyi
- Metilen Mavisini Deneyi

1.5.2.1 Alt temel tabakası agregaları

Doğal zemin üzerine serilen ve temel tabakasının altında olan belli bir granülometreye sahip karışımdan az miktarda ince daneli malzemeye birlikte kum, çakıl ile birlikte oluşturulan tabakadır. Üst tabakalarından gelen trafik yüklerini taban zemini üzerinde iletilmesinde temel tabakanın yardımcısı olarak görev yaparken su ve don etkilerine karşı tampon bölge görevinde bulunmaktadır (Çetin 2007). Şekil 1.9’da tezimde bahsettiğim yolun alt temel tabakası bulunmaktadır.



Şekil 1.9 Korgun-Kurşunlu arası yolunda alt temel tabakası

Karayolları Teknik Şartnamesine göre alt temel tabakanın gradasyon limitleri Çizelge 1.1'de Tip-B ve fiziksel özellikleri Çizelge 1.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1 Alt temel tabakası gradasyon limitleri (KTŞ 2013, 401)

ELEK AÇIKLIĞI		TİP-A	TİP-B
mm	in	% GEÇEN	% GEÇEN
75	3	100	
50	2	-	100
37,5	1 1/2	85-100	80-100
25	1	-	60-90
19	3/4	70-100	45-80
9,5	3/8	45-80	30-70
4,75	NO.4	30-75	25-55
2,00	NO.10	-	15-40
0,425	NO.40	10-25	10-20
0,075	NO.200	0-12	0-12

Çizelge 1.2 Alt temel agregalarının fiziksel özellikleri (KTŞ 2013, 401)

DENEY ADI		ŞARTNAME LİMLTLERİ	DENEY STANDARDI
% Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, MgSO ₄ ile kayıp, %		≤25 (MS ₂₅)	TS EN 1367-2
Parçalanma Direnci (Los Angeles), %		≤45 (LA ₄₅)	TS EN 1097-2* AASHTO T 96
Yassılık İndeksi, %		35	BS 812
		≤30 (FI ₃₀)	TS EN 933-3*
Su Emme (Kaba ve İnce Agregada), %		≤3,5 (WA _{243,5})	TS EN 1097-6
Likit Limit, %		≤25	TS 1900-1 AASHTO T 89
Plastisite İndeksi, %		≤6	TS 1900-1 AASHTO T 90
Kil Toprağı ve Dağılabilen Dane Oranı, maksimum %		<u>İri Malzeme</u> (4,75 mm elek üstü) ≤2	ASTM C 142
Organik Madde, (%3 NaOH ile)		Negatif	TS EN 1744-1
METİLEN MAVİSİ, MB, g/kg	İnce agreganın 0/2 mm'lik kısmına	≤4,0 (MB _{4,0}) ≤5,5 (MB _{5,5})**	TS EN 933-9
	Öğütölmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına	≤5,5 (MB _{5,5})**	

*Referans Metot

**Magmatik kökenli kayalarda, şantiye konkasöründe üretilmiş ince agregada istenen şartname değerinin sağlanamaması durumunda bu şart aranacaktır.

1.5.2.2 Temel tabakası agregaları

Kullanılan kaba agregada (4,75 mm elek üzeri malzeme) Çizelge 1.3'te verilen özelliklerde bulunmaktadır. Donmuş ya da farklı malzemelerle karışmış olarak bulunmaması gerekmektedir.

Çizelge 1.3 Kaba agreganın fiziksel özellikleri (KTŞ 2013, 402)

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMITLERİ	DENEY STANDARDI
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, MgSO ₄ ile kayıp, %	≤25 (MS ₂₀)	TS EN 1367-2
Parçalanma Direnci (Los Angeles), %	≤35 (LA ₃₅)	TS EN 1097-2* AASHTO T-96
Kil Toprağı ve Dağılabilen Tane Oranı, %	≤1,0	ASTM C-142
Yassılık İndeksi, %	≤30	BS 812
	≤25 (FI ₂₅)	TS EN 933-3*
Organik Madde, (%3 NaOH ile)	Negatif	TS EN 1744-1 (Madde 15.1)
Su Emme (Kaba ve İnce Agregada), %	≤3,0 (WA ₂₄₃)	TS EN 1097-6 (Madde 8)

*Referans Metot

Temel yapımında kullanılacak ince malzemesi kırılmış ya da doğal çakıl, kırma kum, doğal kum, cüruf kumu veya benzeri malzemelerdir. Temelde kullanılan İnce Agregaların fiziksel Özellikleri Çizelge 1.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 1.4 Temelde kullanılan ince agregalarının fiziksel özellikleri (KTŞ 2013, 402)

DENEY ADI		ŞARTNAME LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI
Likit Limit, %		NP	TS 1900-1 AASHTO T 89
Plastisite İndeksi, %		NP	TS 1900-1 AASHTO T 90
Organik Madde, (%3 NaOH ile)		Negatif	TS EN 1744-1 (Madde 15.1)
METİLEN MAVİSİ, MB, g/kg	İnce agreganın 0/2 mm'lik kısmına	≤3,0 (MB _{3,0}) ≤4,5 (MB _{4,5})*	TS EN 933-9
	Öğütülmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına	≤4,5 (MB _{4,5})*	

*Magmatik kökenli kayalarda, şantiye konkasöründe üretilmiş ince agregada istenen şartname değerinin sağlanamaması durumunda bu şart aranacaktır.

Plent-Miks Temel tabakası kırılmış çakıl, kırılmış cüruf, kırma taş ve ince malzemeler kullanılarak Gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde kaba ve ince olacak şekilde üç ayrı tane boyutunu barındırmakta plent içinde yeterli su ile karıştırılarak hazırlanmaktadır. Uygulanan projeye göre farklı sayıda tabaka halinde uygulanmaktadır.

Üstyapı Projelendirilmesinde veya Takviye Raporlarda plent-miks kalınlığı 15 cm ve üzerindeyse PMT Tip-1, plent-miks temel tabakası kalınlığı 15 cm'den düşük olması durumunda ise PMT tip-1 veya PMT Tip-2 kullanılmaktadır. Plent-miks temel tabakası gradasyon limitleri Çizelge 1.5'te verilmiştir.

Çizelge 1.5 Plent-miks temel tabakası gradasyon limitleri (KTŞ 2013, 402)

ELEK AÇIKLIĞI		% GEÇEN	
mm	in	TİP-I	TİP-II
37,5	1 1/2	100	
25	1	72-100	100
19	3/4	60-92	80-100
9,5	3/8	40-75	50-82
4,75	NO.4	30-60	35-65
2,00	NO.10	20-45	23-50
0,425	NO.40	8-25	12-30
0,075	NO.200	0-10	2-12

1.5.2.3 Bitümlü temel tabakası agregaları

Bitümlü temelde agregalar kırmataş, kırılmış çakıl veya bunların karışımlarının bir arada bulunmasıyla oluşturulur. Karışım agregalarından kırmataş veya kırma çakıl sert, temiz, sağlam malzeme olmalıdır ve karışımdaki tüm malzemeler bitkisel kalıntılar, kil topaklanmaları ve diğer zararlı maddeler (sülfat, klorit vs) içermemelidir. Agregaların gradasyonu Çizelge 1.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 1.6 Bitümlü temel tabakası için gradasyon limitleri (KTS 2013, 406)

ELEK BOYU mm (in, NO)	TİP-I	TİP-II
37,5 (1 1/2")	100	100
25 (1")	72-100	80-100
19 (3/4")	60-90	70-90
12,5 (1/2")	50-78	61-81
9,5 (3/8")	43-70	55-75
4,75 (NO.4)	30-55	42-62
2,00 (NO.10)	18-42	30-47
0,425 (NO.40)	6-21	15-26
0,180 (NO.80)	2-13	7-17
0,075 (NO.200)	0-7	1-8

Kaba agregalar için gradasyon 300 m³'de ince agregalar için ise 100 m³'de bir elek analizi yapılmalıdır.

Bitümlü Temelerde kullanılan kaba agregaların fiziksel özellikleri Çizelge 1.7’de verilmektedir.

Çizelge 1.7 Kaba agreganın fiziksel özellikleri (KTŞ 2013, 406)

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMİTLERİ ^c	DENEY STANDARDI
Parçalanma Direnci (Los Angeles), % Kayıp	≤30 (LA ₄₅)	TS EN 1097-2* AASHTO T 96
Aşınma Direnci (Micro-Deval) ^b , % Kayıp	≤25 (M _{DE25})	TS EN 1097-1
% Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, MgSO ₄ ile kayıp, %	≤18 (MS ₁₈)	TS EN 1367-2
Kırılmışlık, ağırlıkça % (Tüm yüzeyi kırılmış – tüm yüzeyi yuvarlak)	≥95 - ≤0 (C _{95/0})	TS EN 933-5
Yassılık İndeksi, %	≤30	BS 812
	≤25 (FI ₂₅)	TS EN 933-3 ^a
Su Emme, %	≤2,5 (WA _{242,5})	TS EN 1097-6 (Madde 8)
Soyulma Mukavemeti, % bitümle kaplı yüzey (24 saat 60°C suda bekletmeden sonra)	≥60	TS EN 12697-11 (Kısım 403 EK-A)
Kil Toprakları ve Ufalanabilir Tane Oranı, %	≤0,3	ASTM C 142 AASHTO T 112

^aReferans Metot

^bGerek görüldüğünde yapılacaktır.

^cParantez içindeki ifade, şartname değerinin TS EN 13043'deki sınıfını gösterir.

Bitümlü Temelerde kullanılan ince agregaların özellikleri Çizelge 1.8'de verilmektedir.

Çizelge 1.8 İnce agreganın özellikleri (KTŞ 2013, 406)

ÖZELLİKLER	DENEY METODU	ŞARTNAME LİMİTLERİ
Plastisite İndeksi, %	TS 1900-1	NP
Organik Madde, (%3 NaOH ile)	TS EN 1744-1 (Madde 15.1)	Negatif
Su Emme, %	≤2,5 (WA _{242,5})*	TS EN 1907-6
METİLEN MAVİSİ, g/kg	İnce agreganın 0/2 mm'lik kısmına	≤2,0 (MB _{2,0}) ≤3,5 (MB _{3,5})*
	Öğütülmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına	≤3,5 (MB _{3,5})*

*Magmatik kökenli kayalarda, şantiye konkasöründe üretilmiş ince agregada istenen şartname değerinin sağlanamaması durumunda bu şart aranacaktır.

Mineral fillerin gradasyonu Çizelge 1.9'da verilmiştir.

Çizelge 1.9 Mineral fillerin gradasyonu (KTŞ 2013, 406)

ELEK BOYU mm (NO)	AĞIRLIKÇA % GEÇEN
0,425 (NO.40)	100
0,075 (NO.200)	

1.5.2.4 Asfalt betonu binder ve aşınma tabakası agregaları

Binder ve aşınma tabakalarının adına ya da iki tabakayı birlikte anlatmak için Asfalt betonu ifadesi kullanılmaktadır.

Binder tabakasının gradasyonu Çizelge 1.10'da ve Aşınma tabakasının gradasyonu Çizelge 1.11'de verilmektedir.

Çizelge 1.10 Binder tabakası gradasyonu (KTŞ 2013, 407)

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

Çizelge 1.11 Aşınma tabakası gradasyonu (KTŞ 2013, 407)

ELEK BOYU mm (in, NO)	TİP-1	TİP-2	TİP-3 ÇOK İNCE AŞINMA
19 (3/4")	100		
12,5 (1/2")	88-100	100	100
9,5 (3/8")	72-90	80-100	90-100
6,0 (1/4")	-	-	25-33
4,75 (NO.4)	42-52	55-72	23-31
2,00 (NO.10)	25-35	36-53	20-27
0,425 (NO.40)	10-20	16-28	12-18
0,180 (NO.80)	7-14	8-16	
0,075 (NO.200)	3-8	4-8	7-11

Kaba agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1.12’de verilmiştir.

Çizelge 1.12 Kaba agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri (KTŞ 2013, 407)

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

^aReferans Metot

^bGerek görüldüğünde yapılacaktır.

^cParantez içindeki ifade, şartname değerinin TS EN 13043’deki sınıfını gösterir.

İnce agreganın özellikleri Çizelge 1.13’te verilmektedir.

Çizelge 1.13 İnce agreganın özellikleri (KTŞ 2013, 407)

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMİTLERİ		DENEY STANDARDI
	BİNDER	AŞINMA	
Plastisite İndeksi, %	NP	NP	TS 1900-1
Organik Madde, (%3 NaOH ile)	Negatif	Negatif	TS EN 1744-1 (Madde 15.1)
Su Emme, %	≤2,5 (WA _{242,5})	≤2,0 (WA _{242,0})	TS EN 1097-6
METİLEN MAVİSİ, MB, g/kg	İnce agreganın 0/2 mm'lik kısmına	≤1,5 (MB _{1,5}) ≤3,0 (MB _{3,0})*	TS EN 933-9
	Öğütülmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına	≤3,0 (MB _{3,0})*	

*Magmatik kökenli kayalarda, şantiye konkasöründe üretilmiş ince agregada istenen şartname değerinin sağlanamaması durumunda bu şart aranacaktır.

Mineral fillerin gradasyonu Çizelge 1.14'te verilmektedir.

Çizelge 1.14 Mineral filler gradasyonu (KTŞ 2013, 407)

ELEK BOYU mm (NO)	AĞIRLIKÇA % GEÇEN
0,425 (NO.40)	100
0,075 (NO.200)	70-100

2. LİTERATÜR ÖZETİ

“Çankırı İli Korgun-Kurşunlu İlçeleri Arası Andezit ve Kalker Ortak kullanımı İle Bitümlü Sıcak Karışım Dizaynı” adlı tez çalışmasında ulusal ve uluslararası literatür taranarak konuyla alakalı öncel çalışmalar incelenmiştir. Aşağıda incelenen bu çalışmaların kısa bir özeti sunulmuştur.

Mogawer ve Stuart (1996), BSK’de karışımın performansına fillerin etkisinin olmadığını söylemiştir. Karışımındaki filler plastik davranışa ve karışımın yorulmasına etki etmektedir. Karışımında yer alacak olan bitümlü bağlayıcı ve agreganın belirlenmesiyle birlikte karışımın uygulanmasında gösterilecek özen şekil değiştirmelere karşı sağlam bir bitümlü kaplama elde edilmesi için önemlidir.

Halili (2003), yapılan araştırmalarında agrega üretiminde kırma-eleme işlemleriyle birlikte agreganın fiziko-mekanik özellikleri incelenmiş ve önemli noktaların kırma-eleme tesislerinin verimliliği ve kalitesinin en iyi seviyeye getirilmesi için optimum koşulları sağlaması gerektiğiyle birlikte Kırma-eleme tesisinin tasarımının kırıcı, elek ve konveyör bantlarının seçimi, kırımı yapılacak malzemenin jeo mekanik, jeolojik, yapısal ve teknolojik özelliklerinin dikkate alınması önemlidir. Malzemenin homojenliği ya da çatlaklı yapıya sahip olmasının yanında malzemenin kırılma şekli ve kaliteli üretim için agreganın yapısal özelliklerinin de önemi belirtilmiştir.

Turabi ve Okucu (2016)’da araştırmalarında, yol inşaatında temel ve alt temel tabakalarının kullanım amacı kaplamadan kaynaklanan yükleri güvenle zemine aktarmak, drenajı sağlamak, çevresel ve trafik etkilere dayanıklı ve istikrarlı bir zemin oluşturmaktır. Kullanılan agregalara büyük miktarda ihtiyaç vardır ve amaca uygun stabiliteye önemli katkıda bulunmaktadır. Özellikle bağlayıcısız temel ve alt temel tabakalarının tamamı, bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça %90-95 ve hacimce %80-85’i, beton kaplamaların ağırlıkça %70-80 ve hacimce %60-65’ini agregalar sağlamaktadır. Bu nedenle şartnameye uygun fiziksel özelliklere sahip agregaların kullanılması yolun hizmet ömrünü uzatır ve kalitesini artırır.

Curtis (1992) yaptığı çalışmada, asfalt agrega etkileşimleri asfalt yol yüzeylerinde agregayla asfaltın birbirine yapışmasını direkt olarak etkilemektedir. Bu etkileşimler, asfalt agrega ara yüzeyinde gerçekleşen fiziko-kimyasal olguları içermekle birlikte asfalt-agrega bağının dayanıklılığını belirlemektedir. Ayrıca farklı asfalt yol yüzeyinin uzun ömürlü ve yüksek kaliteli olması açısından önemlidir.

Folkes (1991) çalışmalarında, Kayaların agrega olarak kullanımında ayrışmaların önemli olduğunu belirtmiştir. Kayaların karakteristik özellikleriyle birlikte agregaların darbe dayanımının, agrega olma özelliklerinde belirleyici madde olduğunu belirtmiştir.

Smith ve Collis (2001) hazırladıkları kitapta, başta İngiltere olmak üzere çeşitli Avrupa ülkelerinde agregalar hakkında özet bilgiler vermişlerdir. Agregalar üzerine düzenlenen kitaplarında agregalar hakkında özet bilgiler verirken agregaları kullanım alanlarına göre ayrılmış şekilde ve kaya çeşitlerine göre değerlendirmişlerdir.

Woodward (1995), çalışmasında Nottingham Asfalt Testi ile farklı agrega kullanımının kaplama performansına etkisini incelemiştir. Buna bağlı olarak, Woodward Micro Deval deneyi ile kaplama dizaynında kullanılan agrega performansının belirlenebileceği tespit edilmiştir.

Senior ve Rogers (1991) çalışmalarında, agregaların aşınma özelliklerinin kayaların çeşidine göre farklılık göstermesine değinmiştir. Aşınmaları farklı agregaların sıcak karışım içindeki performansına etkisi üzerinde durmuştur. Ayrıca agregaların aşınma kriterleri birçok araştırmacılar tarafından konu edinilmiştir.

3. MATERYAL YÖNTEM

Bu bölümde, “Çankırı İli Korgun-Kurşunlu İlçeleri Arası Bitümlü Sıcak Karışımda Kullanılan Andezit ve Kalker Agregalarının uygunluklarının belirlenmesi ve Bitümlü Sıcak Karışımda ortak kullanımı” ile ilgili tez konumda adı geçen Andezit ve Kalker agregalarıyla ilgili yapılan çalışmalar ve hesaplamalar hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

Tez konusu ile ilgili çalışmalarda kullanılmak üzere Karayolları Genel Müdürlüğü 15. Bölge Müdürlüğü kontrollüğünden bilgi ve belge yardımı alınmıştır. Karayolları tarafından Kurşunlu-Korgun Yolu Km: 0+000-28+957,20 için en uygun ve en rantabl yol dizaynı gerçekleştirilmiş ve dizayna uygun olarak yapılan Agregada deneylerinin KTŞ’ye uygun oldukları tespit edilmiştir.

KGM tarafından yapılan deney ve ölçüm sonuçlarına göre dizayna karar verilmiş ve bu karara uygun olacak şekilde yol yapımında iki farklı ocaktan elde edilen Andezit ve Kalker agregasının kullanımı ile yol yapımı gerçekleştirilmiştir.

3.1 Çankırı İline Ait Yol Bilgileri

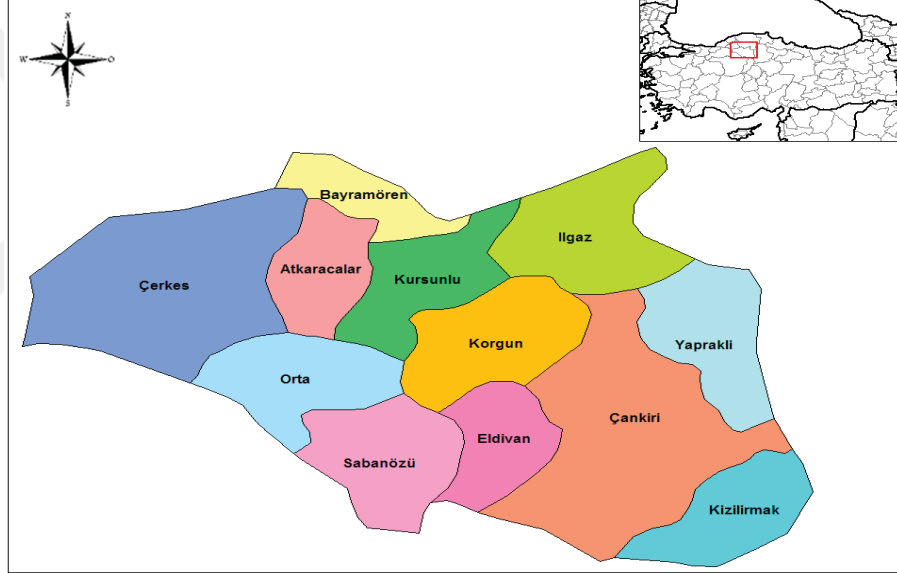
Çankırı ilinde, Karayolları Genel Müdürlüğü’nün sorumluluğunda toplam 607 km yol ağı yer almaktadır. Bu yol ağının içinde 257 km devlet yolu ve 350 km il yolu bulunmaktadır. Üstyapı çalışmalarına gelince, 187 km Bitümlü Sıcak Kaplamalı, 395 km Sathi Kaplamalı ve 25 km diğer yol şeklinde sınıflandırılmış yol bulunmaktadır. Çankırı ilindeki 607 km’lik yol ağının 229 km’si (%38) bölünmüş yoldan oluşmaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, 2023).

Çankırı ilinde karayolları ağlarını geliştirmek için; Kurşunlu-Korgun arası yolun genişletilmesi ile Çankırı-Ilgaz arası ve Ankara-Çankırı arası duble yol inşa edilmektedir.

Korgun-Kurşunlu arasındaki yol çalışması, Çankırı ile mega şehir İstanbul arasındaki mesafeyi 32 km kısaltmış, Çankırı-Ankara arasındaki duble yol çalışması ise Çankırı'nın Başkent Ankara'ya hızlı, konforlu ve kolay ulaşımını sağlamıştır.

3.2 Çankırı İlinin Genel Jeolojisi

Tez çalışmama konu olan Korgun-Kurşunlu arası yolun yapımı için kullanılan, andezit malzeme taş ocağı Kurşunlu Çukurca köyü sınırları içinde tez konusu yolun bitişiğinde 28 km'lik yapım yolunun 12. kilometresinde, Kalker malzeme taş ocağı ise Ilgaz Musa köyü sınırları içinde yeni yapım yoluna ortalama 50 km mesafede bulunmaktadır.



Şekil 3.1 Çankırı il afet risk azaltma planı (İRAP), 2021

3.3 Çalışma Güzergahı ve Proje Tasarımıyla İlgili Bilgiler

Proje çalışmalarının yapıldığı inceleme alanı yer bulduru haritasında verilmiştir. Tez çalışmasına konu yol Karayolları Genel Müdürlüğü 15. Bölge Müdürlüğü sınırlarında bulunmaktadır.

Çankırı ili Kurşunlu-Korgun Yolu Km: 0+000-28+957,20 arası bitümlü sıcak karışım ile yol yapımı gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2’te Proje başlangıç ve bitiş noktaları gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Kurşunlu-Korgun yolu güzergahı ve trafik yükleri

Kurşunlu-Korgun Yolunun Bitümlü Sıcak Karışım Proje başlangıç noktası Kurşunlu ilçesidir ve projenin sonu Korgun ilçesi sınırları içindedir. Esnek üstyapı Proje rehberinden yararlanılarak yol dizayn aşaması gerçekleştirilmiştir. Esnek üst yapı projelendirmelerinde tekerlek yükünün tabakalara dağılımı trapez şekildedir ve her bir tabakanın bu yüke karşı bir direnci vardır. Bu dirence göre tabakaların kalınlığı ekonomik koşullar da göz önünde bulundurularak belirlenir. Tabaka yükseklikleri bulunurken termal etkiler, yağmur, kar etkisi temel zemini ya da taban zemini tabakalarına kadar etki edebilmektedir ve bu yüzeylerde su rezervleri oluşturularak hasarlara neden olmaktadır. Güzel yapılmayan kaplamalar geçirimsizliği sebebiyle su sızıntısına neden olur ve bu da asfalt kaplamaları bozmaktadır. Boşluklu yapıya sahip donma-çözülme nedeniyle kaplamalarda bozulmalar meydana gelmektedir. Termal etkilerle bitümün yumuşama noktası aşılabilir ve tekerlek izleri bozulları meydana gelebilmektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurularak Marshall Deneyle kg cinsinden Aşınma, Binder ve Bitümlü temel tabakalarının taşıma kapasitesine karar verilir. Su bazlı bağlayıcıların temel malzemeleri için CBR testiyle taşıma kapasitelerine karar verilmektedir. Proje hazırlanırken trafik sayımları göz önünde bulundurularak dingil yüklerinin kaplamaya

yansıtırken Standat 8,2 ton dingil yüküne dönüştürerek yani taşıt eşdeğer faktörleriyle çarparak etki etmesini sağlıyoruz.

Yapılan incelemelerle mevcut güzergahta 2016 yılı trafik sayımlarına göre otomobil sayısı 498,orta yüklü ticari taşıt sayısı (minibüsler) 71, otobüs sayısı 8, kamyon sayısı 91 ve treyler sayısı 39 olarak tespit edilmiştir. Bu verilere göre proje süresi göz önünde bulundurularak trafikleri 2018 ve 2038 yıllarına göre her taşıt çeşidi için ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu sayımlara göre yolun 20 yıllık trafik sayımı 3.007.640 olarak hesaplanmaktadır. Çizelge 3.1’de Kurşunlu-Korgun yolu projelendirme formu verilmiştir.

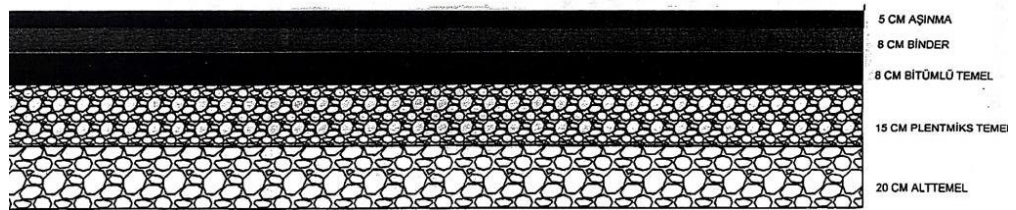
Esnek üstyapılar projelendirme rehberine göre bu değerlere karşılık gelen tabaka kalınlıkları 5 cm aşınma, 6 cm binder, 8 cm bitümlü temel ve 15 cm PMT olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1 Kurşunlu-Korgun yolu projelendirme formu

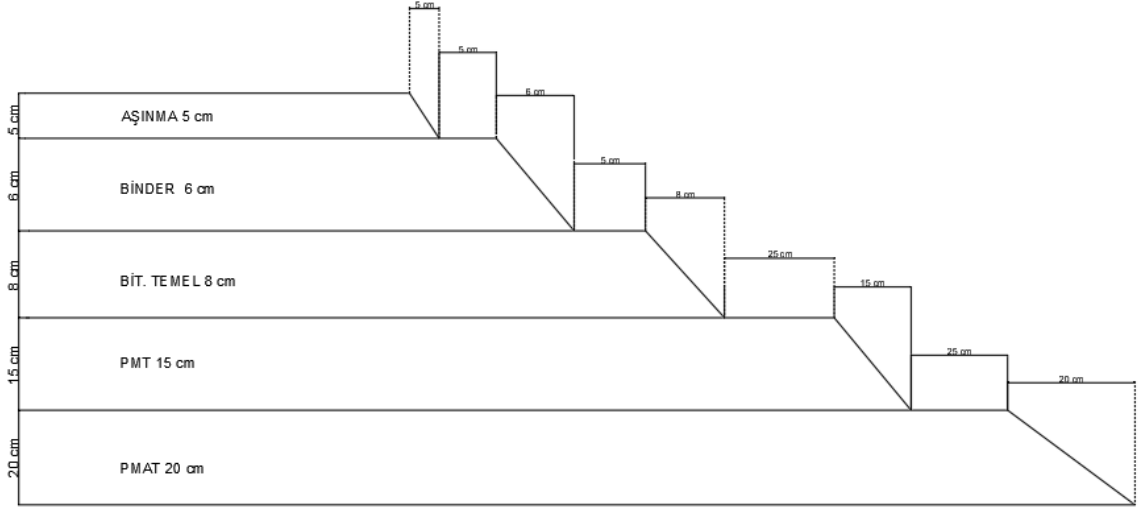
YOL SINIFI	DEVLET YOLU	GÜVENİLİRLİK (%) R	85%	ŞERİT SAYISI (İ+J)		PROJE SÜRESİ T=(YIL)	
Son servis kabiliyeti (Pt)	2,5	Stan. Normal Sapma, ZR	-1,037	i=Trafik yönü sayısı	2		
Hesap şeridi faktörü	1	Toplam stan. Sapma, So	0,45	j=Aynı yöndeki şerit sayısı	1	20	
TRAFİK GRUPLARI		TREYLER	KAMYON	OTOBÜS	OR. YÜK. TİC. TİŞ	OTOMOBİL	TOPLAM
2016	Yılı sayımı (YOGT)	39	91	8	71	498	
Trafik artış katsayısı, r (%)		0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	
2018	(ilk trafik) yılı, Ti	42	98	9	78	549	777
2038	(son trafik) yılı, Ts	92	216	23	208	1457	1996
Proje trafiği= $0,4343 \cdot (T_s - T_i) / \log(T_s / T_i)$		64	149	15	133	930	1291
Taşı eşdeğerlik faktörü, TEF		4,1	2,9	3,2	0,6	0,0006	
Hesap şeridine düşen günlük standart dingil yükü tekerrür sayısı, $W_g = (T_p / i) \cdot T_p$		131	217	24	40	0	412
Toplam Standart dingil (8,2 t) tekerrür sayısı, $(T_{8,2}) = W_g \cdot 365 \cdot t$		3.007.640					

Proje $M_R = 5124,017$ değerine göre önerilen alt temel kalınlığı 20 cm bulunmuştur.

Şekil 3.3'te Kurşunlu-Korgun yolunun tabaka kalınlıkları ve Şekil 3.4'te enkesiti verilmiştir.



Şekil 3.3 Kurşunlu-Korgun Yolu km: 0+000-28+957,20 arası üstyapı kalınlıkları



Şekil 3.4 Korgun-Kurşunlu yolu tabaka kalınlıkları ve enkesiti

Aşağıda yol yapımında kullanılan iki farklı kayaçtan elde edilen agregaların karşılaştırılmasını ve BSK (Bitümlü Sıcak Karışım) yolda birlikte kullanımının nedenlerini inceleyeceğiz.

3.3.1 Yol dizayn aşamasında karşılaşılan problemler

Korgun-Kurşunlu yolu yapımı hazırlık aşamasında kullanılacak olan agregalara yapılan deneylerde, Andezit agregasının Los Angeles değerinin düşük çıkmasına rağmen , Metilen Mavisi deneyinin yüksek yani agrega kirliliğinin yüksek, özgül ağırlığının düşük ve su emmesinin yüksek olması sebebiyle malzeme kalitesinde sorun olduğu tespit edilmiştir.

3.3.2 Yol dizayn aşamasında karşılaşılan problemlere getirilen çözüm

Korgun-Kurşunlu Yolunda kullanılacak olan andezit agrega üzerinde yapılan fiziksel deneylerden bazılarının kriterlerin üstünde çıkması sonucunda, inşaat alanına yakın ocaklardan alınan numuneler incelenmiş, Ilgaz Musa Köy’de bulunan taş ocağının kalker malzemesinin üzerinde yapılan deneylerin kriterleri sağladığı görülmüştür. KGM yetkililerince yol inşaatında kullanılacak agreganın buradan temin edilmesine karar verilmiştir. Ancak KGM yetkilileri ocak mesefesinin yol ağırlık merkezine yaklaşık 50

km mesafede olması, bununda maliyeti çok artırması sebebiyle iki ocağın malzemesini de kullanmaya karar vermişlerdir.

İki ocaktan alınan malzeme ile oluşturulan karışım üzerinde yapılan deneyler sonucunda da karışımın kriterlere uygunluğu tespit edilmiştir.

3.4 Malzemelere Uygulanan Deneyler

3.4.1 Agregada deneyleri

3.4.1.1 Elek analizi

Elek analizi, kullanılacak olan agreganın granülometresinin ASTM C 136 ve ASTM C 117'ye uygun olarak yapılabilmesini sağlamaktadır. Elek boyutları, malzemenin miktarına, malzemenin cinsine ve boyutuna göre kullanılacak olan deneye bağlı olarak değişmektedir.

Agregaların kendi içindeki tanelerinin boyutuna göre dağılımına granülometre, bu dağılımı gösteren eğriye de granülometre eğrisi denilmektedir. Elek analizi agregaların ince ve kaba tanelerin dağılımını öğrenmek için yapılır. Granülometre dağılımı önemlidir çünkü tüm malzemelerin orantılı şekilde boşlukları doldurması istenir. Elek Analizi deneyiyle kaba agreganın maksimum dane boyutu ve incelik modülü de belirlenmektedir (Gezer 2009).

Bitümlü karışımlarda kullanılan elek aralıkları aşağıda Çizelge 3.2'de verilmektedir.

Çizelge 3.2 Kullanılan eleklerin açıklıkları (Orhan 2012)

ELEK AÇIKLIĞI	
mm	inç
37,5	1 1/2
25,0	1
19,1	3/4
12,7	1/2
9,52	3/8
4,75	NO.4
2,00	NO.10
0,42	NO.40
0,177	NO.80
0,075	NO.200

Yapılan deney sonucuna göre agregaların dane boyutu dağılımı yapılırken dane dağılımına göre gradasyonun şartnameye uygunluğuna göre karışımların oranlarının hesaplanması yapılmaktadır.

Deneyin yapılışı şu şekilde gerçekleşmektedir; maksimum dane boyutuna göre agregaları temsilen bölgeç ya da dörtleme metoduna göre malzeme alınır ve $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklıkta etüvde ya da hava da kurutulur. Deneyde kullanılacak agrega boyutlarının minimum ağırlıkları Çizelge 3.3'te verilmektedir.

Çizelge 3.3 Deney numune minimum ağırlıkları (KTŞ 2013)

NORMAL MAKSİMUM BOYUT (mm, inç)	DENEY NUMUNESİ AĞIRLIĞI, MİN. (kg)
4,75 (NO.4)	0,50
9,5 (3/8)	1
12,5 (1/2)	2
19,0 (3/4)	5
25,0 (1)	10
37,5 (1 1/2)	15

Eleklerin bozulmaması için numuneler kurutulduktan sonra No.200 eleğinde yıkanırken üzerine No.80 ve No.40 eleği yerleştirilir. Yıkanan numuneler tekrar kurutulur ve en üstteki elekten başlanarak teker teker elenir. Elek üstlerinde kalanlar kümülatif olarak

tartılır. Tartımlar not edilir. Kurutulmuş numunelerle yapılan bu işlemde her eleğin üstünde kalan ve elekten geçen miktarlar % olarak hesaplanır.

Eleme işleminden sonra numuneler; Kaba agrega (No.4=4,75mm elek üstünde kalan), ince agrega (No.4=4,75mm ile No.200=0,075 mm arasında) ve mineral filler (No.200 =0,075 mm den geçen) olarak sınıflandırılmaktadır. Kullanılan elek seti Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5 Elek analizi elek seti

3.4.1.2 Özgül ağırlık ve su emme deneyi

Kaba agregalar için özgül ağırlık ve su emme deneyi

Kaba agregaların özgül ağırlıkları ve su emme oranlarının belirlenmesi için ASTM C127 standartı kullanılmıştır. Kullanılacak numunelerin ağırlıkları Çizelge 3.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 3.4 Kaba agregalarının su emme ve özgül ağırlıkları için miktarı (KTŞ 2013)

ELEK ARALIĞI (mm)	NUMUNE AĞIRLIĞI (g)
25-19	2000,0
19-12,5	1500,2
12,5-4,75	1000,0

Hazırlanan numuneler tel sepetin içine konarak 23 ± 2 °C bulunan suyun içinde 24 saat bekletilmelidir. Daha sonra bir bez yardımıyla numunelerin dışındaki su alınarak agregalarda doymuş kuru yüzey elde edilmelidir ve tartılmalıdır (B). Numunelerin sudaki ağırlığının belirlenmesi için tel sepete alınır ve suyun içinde tartım yapılır (C). Sudan çıkarılan numuneler tamamen kuru hale gelmesi için tepsiye konulur ve 110 ± 10 °C’de etüve gönderilir ve 24 saat etüvde kalır. Kurutulmuş numune etüvden çıkarılır oda sıcaklığına ulaşınca kadar beklenir ve tartılır (A). Tartımları tamamlanan numunelerin aşağıdaki denklemlere göre özgül ağırlıkları ve su emme oranları hesaplanır.

$$\text{Hacim Özgül Ağırlık} = \frac{(A)}{(B-C)} \quad (3.1)$$

$$\text{Zahiri Özgül Ağırlık} = \frac{(A)}{(A-C)} \quad (3.2)$$

$$\text{Su Emme Yüzdesi (\%)} = \frac{(B-A)}{(A)} \times 100 \quad (3.3)$$

Burada:

A = Etüv kuru, kuru ağırlık (g)

B = Doymuş kuru yüzey ağırlık (g)

C = Sudaki ağırlık (g)

Kaba agreganın özgül ağırlık deneyi uygulaması Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Kaba agrega özgül ağırlık deneyi

İnce agregalar için özgül ağırlık ve su emme deneyi

İnce agregaların özgül ağırlıkları ve su emme oranlarının belirlenmesi için ASTM C128 standarttı kullanılmıştır. Deney ASTM D 75 standardına göre 1000 g dan oluşan granülometrisi belirli malzeme kurutma işlemi olmadan 24 saat suda bekletilir. Malzeme kaybı olmamasına dikkat edilerek süzülen ince malzeme suyundan arındırılmak için emici bir yüzeye konularak ve sıcak hava üflenerek karıştırılarak doygun kuru yüzey haline getirilir. Bu işlem malzeme birbirini tutmayarak rahatça akabilir hale gelene kadar devam ettirilir.

Hazırladığımız numunenin 1000 g’lık kısmından 500 ± 10 g kadarını alıp tartıyoruz (S1). Tartılan numune bir piknometrenin içerisine dökülerek üzerine referans çizgisinin altına kadar (500 ml) su konulur. Piknometre kapatılır ve çalkalanarak gerekirse şişlenerek numune içindeki hava kabarcıklarının çıkması sağlanır. Hava kabarcıkların çıktığından emin olunduktan sonra piknometre referans çizgisine kadar doldurulur. Numune bu haliyle tartılır (C). Tartılan karışım kuruması için geniş bir kaba alınarak etüve yollanır ve $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ’de 24 saat bekletilir. Oda sıcaklığında bekletildikten sonra tartılır (A₁). Daha

sonra tekrar piknometreye alınıp referans çizgisine kadar doldurulup hava kabarcıklarından kurtulması sağlandıktan sonra tartılmıştır (B).

Su emme oranının tayini için elimizdeki 1000 g'lık numuneden 500 ± 10 g alınmış ve tartılmıştır (S_2). Numune $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 24 saat bekletilerek kurutulduktan sonra tartılmıştır (A_2).

Aşağıdaki formüllere göre hesaplamalar yapılmıştır (ASTM C127 2012).

$$\text{Hacim Özgül Ağırlık} = \frac{A}{B+S-C} \quad (3.4)$$

$$\text{Zahiri Özgül Ağırlık} = \frac{A}{B+A-C} \quad (3.5)$$

$$\text{Su Emme Yüzdesi (\%)} = \frac{S}{S-A} \times 100 \quad (3.6)$$

A = Kuru ağırlık (g)

B = Kalibrasyon çizgisine kadar doluyken piknometre ağırlığı (g)

C = Kalibrasyon çizgisine kadar su dolu ve numune konmuş piknometre ağırlığı (g)

S = Doygun kuru yüzey ağırlık (g)

İnce agreganın özgül ağırlık deneyi Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 İnce agrega özgül ağırlık deneyi

Mineral filler için özgül ağırlık ve su emme oranı deneyi

Mineral fillerin özgül ağırlığı ve su emme oranı ASTM C 128 standardına göre yapılmıştır. 0,075 mm (No.200) eleğin alındaki malzeme etüvde 24 saat boyunca $110\pm 10^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulur. Bu malzemeden 20 g alınarak 1 mg hassasiyete sahip tartıda tartılır (A). Piknometre referans çizgisine kadar su ile doldurulduktan sonra oda sıcaklığına kadar ısıtılır ve tartılır (B). Malzemeyi piknometreye koymak için piknometre boşaltılır ve 20 g malzeme piknometreye konulur üzerine referans çizgisine kadar su eklenir ve vakum malzemesine bağlanır.

Aşağıdaki bağıntıya göre hesaplamayı yapalım (ASTM C128 2012).

$$\text{Özgül Ağırlık} = \frac{A}{A+B-C} \quad (3.7)$$

A = Kuru ağırlık (g)

B = Kalibrasyon çizgisine kadar doluyken piknometre ağırlığı (g)

C = Kalibrasyon çizgisine kadar su dolu ve numune konmuş piknometre ağırlığı (g)

3.4.1.3 Los Angeles (aşınma) deneyi

Agregalar kullanım alanlarına göre etki eden çevresel ve mekanik etkilerden dolayı aşınmalar, parçalanmalar, ufalanmalara maruz kalabilmektedir. Bu bozulmalar belirli bir oranda olduğunda tolere edilebilmektedir. Los Angeles (aşınma) deneyiyle elimizdeki agreganın aşınmaya karşı ne kadar dirençli olduğunu yüzde olarak ifade edebilmek için yapılmaktadır. Kullanım alanına göre agregaların aşınma oranları farklılık gösterebilmektedir.

Los Angeles deneyi TS EN 1097-2'ye göre uygun eleklerde elenerek ve yıkanarak kaldığı eleklerle göre miktarları kaydedilmiştir. Agregalar 110 ± 5 °C'de 24 saat kurutulduktan sonra her elekte takılan agregalar tekrar elenmek için hazırlanır (TS EN 1097-2).

Aşınma sınıflarına göre gereken numunelerin miktarları aşağıdaki Çizelge 3.5'te verilmektedir.

Çizelge 3.5 Los Angeles deneyi için boyutlara göre agrega miktarları

ELEK AÇIKLIĞI		AŞINMA SINIFLARI						
GEÇTİĞİ ELEK (mm)	KALDIĞI ELEK (mm)	A	B	C	D	E	F	G
75	63					2500		
63	50					2500		
50	37,5					5000	5000	
37,5	25	1250					5000	5000
25	19	1250						5000
19	12,5	1250	2500					
12,5	9,5	1250	2500					
9,5	6,3			2500				
6,3	4,75			2500				
4,75	2,36				5000			
Toplam		5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Tolerans		±10	±10	±10	±10	±100	±75	±50
Devir Sayısı		500	500	500	500	1000	1000	1000

Deneyde kullanılacak bilye sayıları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Deneyde kullanılacak küre sayıları

	KÜRE SAYISI	YÜKLEM (gr)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15
E	12	5000±25
F	12	5000±25
G	12	5000±25

Deney numunesinin miktarı ayarlandıktan sonra kürelerle beraber Los Angeles makinesine atılır ağzı kapatılır ve makine dakikada 30-33 devir yapacak şekilde ayarlanır. Aşınma sınıfı B olan agregalar 500 devir yapacak şekilde deney yapılmaktadır. İstenilen devir sayısı da tamamlandıktan sonra numuneler 1,70 mm’lik elekten geçirilir ve elek üzerinde kalan numune tartılarak not alınır.

Aşınma yüzdesi aşağıdaki bağıntıyla bulunmaktadır.

$$\text{Aşınma Yüzdesi} = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 \quad (3.8)$$

M_1 = Numunenin ilk ağırlığı (g)

M_2 = Numunenin son ağırlığı (g)

Los Angeles deneyi tamburu Şekil 3.8’de ve bilyeleri Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.8 Los Angeles deneyi tamburu



Şekil 3.9 Los Angeles deney bilyeleri

3.4.1.4 Metilen mavisi deneyi

Agregaların kirlilik oranının belirlenmesi için yapılmaktadır. 2 mm'lik elekten geçen malzeme ile yapılmaktadır. Hazırlanan süspansiyonda kullanılan metilen mavisinin saflığı en az %98,5 olmalıdır. Bu deney TS EN 933-9 deney standartlarına göre

yapılacaktır. Litrede 10±1 g metilen kullanılır. Yapılan deneyde karışım beyaz filtre kâğıdına damlatılarak boyanın dağılarak iki farklı ton oluşması beklenir. Hazırlanan agregalar 45±5°C’de etüvde kurutulduktan sonra 2 mm elekten elenir ve elek altında kalan malzemedен 200 g tartılmış ve kaydedilmiştir (A).

Cam beher içerisinde 500±1 ml saf su üzerine tartılan ince agrega eklenir. Bu karışım dakikada 600 devir olan karıştırıcı ile 5 dakika karıştırılır. 5 dakika karıştırıldıktan sonra karışım içerisinde 5 ml metilen mavisi çözeltisi eklenir. Mikserin hız ayarı dakikada 400 devir olacak şekilde yavaşlatılır ve bu karışım 1 dakika karıştırılır. Karıştırma işlemi sonrasında karışımdan pipetle bir damla beyaz filtre kâğıdına alınır. Damla kontrol edilerek mavi renkte ton ayrışması damlanın etrafında 1 mm kadar var mı ve kalıcımı diye bakılır. Filtre kâğıdında ton ayrışması yoksa elde edilinceye kadar karışıma 1 ‘er ml çözelti eklenir ve karıştırma işlemi devam eder. Filtre kâğıdı üzerindeki damlada ton farkı oluşmuş ise damla 5 dakika süreyle takip edilir ve açık renkte kaybolma gözlemlenirse çözeltiye metilen eklenir ve deney devam eder. Filtre kâğıdında ton farkında 5 dakikadan sonra bir değişiklik olmadıysa eklenen çözeltinin hacmi not alınır (B).

Aşağıda metilen mavisi değeri hesaplanmıştır.

$$\text{Metilen mavisi değeri} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (3.9)$$

A = Karışıma eklenen metilen mavisi çözeltisi (ml)

B = Numune ağırlığı (g)

Metilen mavisi deneyinde kullanılan karıştırıcı Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10 Metilen deneyinde kullanılan karıştırıcı

Metilen mavisi deneyinde baget yardımıyla çözelti filtre kağıdına damlatılıp gözlemlenmektedir. Metilen mavisi deneyi Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11 Metilen mavisi deneyi

3.4.1.5 Soyulma deneyi

Agregaların soyulmaya karşı dirençlerini TS EN 12697-11’de belirtilen standartlara göre tayininin yapılmaktadır. Soyulma dayanımının agrega ile bitüm arasındaki birbirine yapışma yani adezyon etkisinin bir ölçütüdür. Su ve trafik yükleri agrega ve bitüm arasındaki adezyon kuvvetini bozmaktadır.

9,5-4,75 mm elekler arasındaki agregalardan 200 g alınarak yıkanıp $110\pm 10^{\circ}\text{C}$ ’de 24 saat etüvde kurutulularak işleme başlanır. 50 g mıcır behere konur 1 saat 150°C ’de etüvde bekletilir. 2,5 g bitüm 250 cm^3 ’lük beher içerisine konur. Beher kum banyosuna yerleştirilir. Mıcırlar behere dökülür ve agrega yüzeyleri homojen kaplaması için bitüm ve agrega karışımı olan beher 60°C ’lik etüvde 24 saat bekletilir. Yüzeyleri bitüm kaplı agregalar 10 cm çapında petri kaplarına yerleştirilir. Petrilerin içerisine saf su ilave edilerek kapakları kapatılır. 60°C ’lik etüvde 24 saat bekletildikten sonra suları boşaltılarak tekrar su eklenir ve kaplara yandan ışık verilerek agrega yüzeyleri incelenir.

3.4.2 Bitüm deneyleri

3.4.2.1 Penetrasyon deneyi

Penetrasyon batma ya da içine girme anlamına gelmektedir. Bitümlü bağlayıcının kıvamını ve sertliğini belirlemede kullanılır ve TS EN 1426 ya da ASTM D5 standartlarına uygun yapılabilir. Standart uçlu iğnenin belirli bir yük altında (100 g) belirli bir sürede (5 s) asfalt çimentosuna 25°C ’lik ortam sıcaklığında düşey doğrultudaki bitüm numunesine penetre olma miktarına (0,1 mm cinsinden) göre bitümün kıvamının bulunması için yapılan deneydir. Bitümün kıvamı ile penetrasyon değeri birbirine ters orantılıdır. Bitümün kıvamı arttıkça bitüm sertleşmiş demektir ve penetrasyon değeri düşer. Yapılan deney sonucunda okunan değer neyse penetrasyon değeri o demektir. Deney sonucunda okuduğumuz değer 100 ise asfaltın penetrasyonu 100 demektir. Bunun anlamı standart iğne asfaltın içine 1 cm girmiş demektir. En az üç okuma yapılması gerekir (Aslan 2014). Kullanılan aletin adı penetrometredir. Yapılan

deneydeki okumalar hızlı şekilde yapılmalı ve kullanılan standart iğne ıslatılan uygun çözücülerle (benzin, karbontetra klorür, triklor etilen) silin ve kur bezle temizlenir (ASTM D5-97 1997).

Penetrasyon değeriyle viskozite değeri benzer şekilde ifade edilse de bunlar birbiriyle ters orantılı kavramlar olduğu için farklı anlamlara gelir. Örneğin 80-100 penetrasyonlu asfalt ve 50-100 viskoziteli asfalt. Bu benzerlikten dolayı yanılgılar olabilmektedir. Penetrasyon değerinin yüksek olması viskozitenin düşük olması demektir ki bu da yumuşak bir bağlayıcı anlamına gelir. Normal yollarda kullanılan asfaltın penetrasyon değeri 30 ile 300 arasında değişmektedir. Aynı penetrasyonlu asfaltlardan yumuşama noktası yüksek olan asfalt sıcaklığa daha dayanıklıdır (Umar ve Ağar 1991). Penetrasyon deneyi uygulaması Şekil 3.12’de gösterilmektedir.



Şekil 3.12 Penetrasyon deneyi

3.4.2.2 Bitümün özgül ağırlık deneyi

Bitümün özgül ağırlığı oda sıcaklığında (25°C) belirli hacimdeki bitümün ağırlığının, aynı sıcaklık ve aynı hacimde bulunan saf suyun ağırlığına bölünmesiyle elde edilir.

Bitümün özgül ağırlığı TS 1087 deney standardına göre Piknometre ile ölçülür. Deneyin yapılışı: Boş ve kuru piknometre kabı tartılır ve not edilir (A). Piknometre kabı saf suyla doldurularak tekrar tartılır ve not edilir (B). Piknometre kabı boşaltılır ve kurutulur. Boş ve kuru piknometre kabının üçte ikisi bitümle doldurularak içinde hava kabarcığı olmadığına da dikkat edilerek tartılır ve not edilir (C). Bitüm konulduktan sonra geriye kalan üçte birlik kısmı saf suyla doldurularak tartılır ve not edilir (D).

$$\text{Özgül Ağırlık} = \left(\frac{C-A}{B-A-(D-C)} \right) \quad (3.10)$$

A = Piknometre ağırlığı (g)

B = Su dolu piknometre ağırlığı (g)

C = Piknometre ve bitüm ağırlığı (g)

D = Piknometre, bitüm ve su ağırlığı (g)

3.4.2.3 Marshall deneyi

Marshall deneyi, TS EN 12967-34 standardına göre gerçekleştirilen bir testtir. Bu deney, temel olarak bitüm ile kaplanmış agregaların, yanal yüzeylerine uygulanan yüke karşı gösterdiği plastik akma direncini ölçer. Deney için kullanılan agregaların tane çapları en fazla 25 mm olmalıdır. Ayrıca, belirli bir penetrasyon derecesine sahip bitüm ile bu agregaların sıcak bir şekilde karıştırılması gerekmektedir.

Marshall deneyi, asfalt karışımlarının dayanıklılığını ve performansını değerlendirmek amacıyla kullanılır. Deneyin temel adımları şunlardır: İlk olarak, belirli bir penetrasyon derecesine sahip bitümün hazırlanması ve seçilen agregalarla sıcak bir karışımın oluşturulması gereklidir. Bu karışım, özel Marshall briketlerine dökülür ve yanal

yüzeyleri pürüzsüz bir şekilde kaplanır. Daha sonra, briket test makinesine yerleştirilir ve yavaşça artan bir yük uygulanarak plastik akma noktası belirlenir. Plastik akma noktası, malzemenin plastik değişimini ve taşıma kapasitesini gösterir. Bu değerler, asfalt karışımlarının kalitesini ve performansını değerlendirmede kritik öneme sahiptir.

Karışımda kullanılacak malzemeler için bazı özelliklere dikkat edilmelidir. Bunlar;

Karışımda kullanılan malzemelerin ve agrega karışım granülometrelerinin proje şartnamesinde belirtilen özelliklere uygun olması gerekmektedir. Kullanılan agregaların hacim özgül ağırlıkları ve asfalt çimento özgül ağırlıklarıyla birlikte malzemelerin yoğunluk ve boşluk analizleri de belirlenmektedir (Öksüz 2011).

3.4.2.4 Marshall briketlerinin hazırlanması

Karayolları Teknik Şartname (KTS) 2013 406'da Marshall briketlerinin hazırlanması için bitümlü temel tabakası gradasyon limitleri Tip-A'da belirtilmiştir. 160°C sıcaklıktaki etüvde gradasyonu belirlenmiş olan 1150 g agrega numunesi 24 saat, bitüm ise 2-3 saat bekletilir. Deneyde kullanılacak malzemeler (kalıplar, şişleme çubukları, kürek ve agrega kapları) deney sıcaklığını etkilememesi için 160°C'de etüvde bekletilmektedir. Agregalar etüvden çıkarıldıktan sonra tartılan bitüm agrega üzerine dökülür. Bitüm miktarı agrega ağırlığının %3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6 ve 6,5 olacak şekilde belirlenir. Belirlenen her bitüm miktarı için üç adet toplam 21 tane numune hazırlanır. Agrega ve bitüm mikserde 1,5-2 dakika karıştırıldıktan sonra sıcaklığın düşmemesine dikkat edilerek mikser kabı ısıtıcıya yerleştirilir. Mikser başlığı da etüvde bekletilmesi gereken aparatlardandır. Karıştırılma işlemi bittikten sonra vazelin ya da yağ gibi bir madde ile yapışmanın önlenmesi için kalıplar yağlanır ve kalıp tabanına uygun boyutlu kesilerek hazırlanan yağlı kağıtlar yerleştirilir. Mikserdeki karışım kürek yardımıyla kalıplara 1/3 oranında dökülür kalıp içinde karışımın yerleşmesi için 25 kere şişlenir. Burada sıcaklık ölçümü yapılır ve 140°C sıcaklık altında olmaması beklenir. Daha sonra kalıbın 1/3'lük kısmı da dökülür ve 25 kere şişlenerek yerleştirilir. Son 1/3'lük kısım da dökülerek 25 kere şişlendikten sonra sıcaklık kaybını engellemek için 457,2 mm (18 inç) yükseklikten bırakılan 4536 g'lık ağırlıklı Marshall tokmağı düzeneğine yerleştirilen briketlerin her iki yüzeyine 75'er

darbe vurulur. Numunelerin soğuması için temiz ve düz bir yüzeye yerleştirilir ve yağlı kâğıtlar numuneler soğumadan çıkarılmalıdır. Temiz yüzeye bırakılan numuneler yaklaşık 3 saat sonra kalıplarından kriko yardımıyla ayrılır ve tam soğuması için 24 saat beklenir.

3.4.2.5 Marshall akma ve stabilite ölçümü

Soğuyan numunelerin etrafında varsa çapaklar temizlenir ve kumpas yardımıyla numunelerin yükseklikleri üç farklı yerden yaklaşık 120°'de bir ölçüm yapılır. Numuneler tartılır. Su sepetine atılarak sudaki ağırlığı ölçülür ve sudan çıkarıldıktan sonra yüksek emici bir bez yardımıyla yüzeyleri kurularak doymuş kuru yüzey ağırlıkları ölçülür ve not edilir. Yükseklik ve ağırlıklarının ölçümleri tamamlandıktan sonra numuneler 60°C sıcaklıktaki su banyosunda 30 dakika bekletilir. Su banyosundan çıkarılan numuneler kurulandıktan sonra Marshall dayanım cihazına yerleştirilerek cihaz çalıştırılır ve numune 51 mm/dakikalık bir hızla yük uygular. Bunun sonucunda numunenin akma ve dayanım değerleri elde edilir. Standart numune yüksekliği 63,5 mm kabul edilmektedir. Numunenin yüksekliği 63,5 mm'den farklıysa Marshall düzeltme katsayılarıyla yükler düzenlenir. Her bir briket için yapılan düzeltme aşağıdaki bağıntıyla yapılmaktadır.

$$c = 5,24 \times e^{-0,0258 \times h} \quad (3.11)$$

c = Düzeltme katsayısı

h = Numunenin yüksekliği (mm)

Marshall dayanım test cihazına konulan Marshall briketlerine yükleme yapıldıktan sonra stabilite değeri önce yükselir maksimuma ulaştıktan sonra düşmeye başlar burada bitümlü karışımın maksimum stabilitesi ölçülmüş olur. Numune kırılırken cihaz yardımıyla numunede gerçekleşen çökme veya hareket miktarı da belirlenir. Böylece Numunenin 'Marshall stabilitesi' ve 'Akma' değerleri bulunur. Bu değerlerin yanı sıra karışımın birim ağırlığı, boşluk oranı ve agreganın bağlayıcıyla dolu boşluk oranı da belirlenir (Umar ve Açar 1991).

Marshall deneyi stabilitesi ölçümü Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13 Marshall deneyi stabilitesi ölçümü

3.4.2.6 Marshall deneyinin hesaplamaları

Doğal agregası sınıfındaki Kalker ve Andezit için Marshall testi uygulanmıştır. KTŞ 2013 de belirtilen bitümlü temel Tip-A gradasyon limitlerine göre Penetrasyonu B50/70 olan bitüm ile

$$V = B - C \quad (3.12)$$

$$D_p = \frac{A}{V} \quad (3.13)$$

$$D_{Port} = \frac{(D_{P1} + D_{P2} + D_{P3})}{3} \quad (3.14)$$

$$w_b = \frac{W_a}{100 + W_a} \times 100 \quad (3.15)$$

$$G_{ag} = \frac{100}{\frac{\%K}{G_k} + \frac{\%I}{G_i} + \frac{\%M}{G_m}} \quad (3.16)$$

$$D_t = \frac{100 + W_a}{\frac{100}{G_{ef}} + \frac{W_a}{G_b}} \quad (3.17)$$

$$V_h = \frac{D_t - D_{port}}{D_t} \quad (3.18)$$

$$V_{MA} = 100 - \frac{D_p \times (100 - W_b)}{G_{ag}} \quad (3.19)$$

$$V_f = \frac{V_{MA} - V_h}{V_{MA}} \times 100 \quad (3.20)$$

A = Havadaki ağırlık

B = Doygun kuru yüzey ağırlık

C = Sudaki ağırlık

V = Hacim (cm³)

D_P = Pratik özgül ağırlık (g/cm³)

D_t = Maksimum teorik özgül ağırlık (g/cm³)

V_h = Boşluk (%)

V_{MA} = Agregalar arası boşluk (%)

V_f = Asfaltta dolu boşluk (%)

G = Hacim özgül ağırlık (g/cm³)

4. BULGU

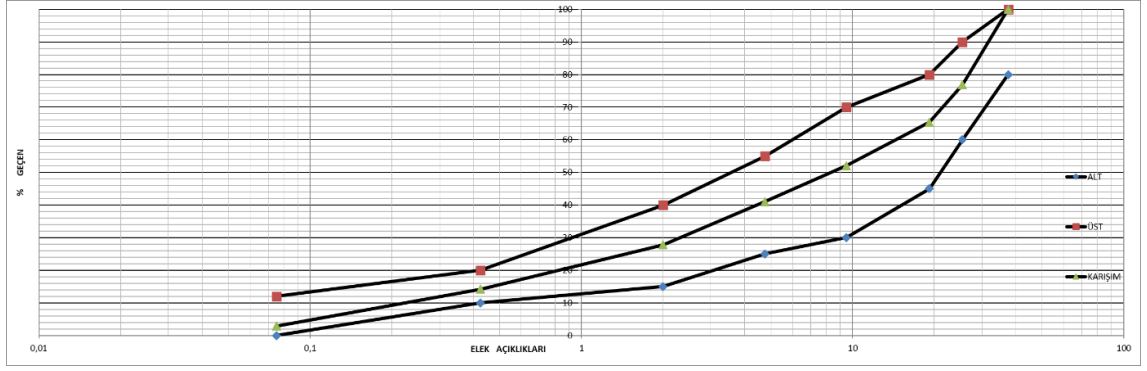
4.1 Agregat Laboratuvar Deneyi Sonuçları

Yapılan yolda kullanılacak olan agregaların belirli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Mühendislik açısından taşıma mesafesi ve agreganın fiziksel özelliklerinin yanında ocağın kapasitesi, işletim kolaylığı da göz önünde bulundurulmaktadır. Taş ocaklarının seçilmesi için temsili numuneler alınarak laboratuvar deneyleri yapılır ve agregat olarak kullanılacak olan kırmataş numunelerine fiziko-mekanik özelliklerin sağlanmış olmasının yanında tek başına agreganın özellikleri sağlanmış olsa dahi, yol yapımında kullanılacağı için bitümlü sıcak karışımlardaki performans özelliklerinin de sağlanmış olması için, Marshall karışım dizaynları yapılarak uygunluğuna bakılmaktadır. Bu işlemler yapıldıktan sonra ekonomik şartlarda göz önünde bulundurulurken Korgun- Kurşunlu arasında inşa edilecek yolda iki farklı kayaç türünden elde edilen agreganın kullanılmasına karar verilmiştir.

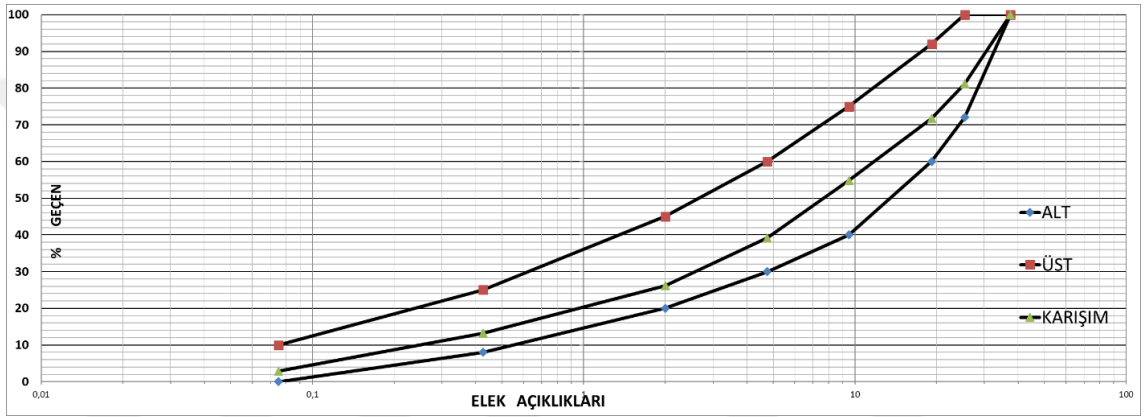
4.1.1 Elek analizi sonuçları

4.1.1.1 Plentmiks alttemel plentmiks temel tabaka elek analizi sonuçları

Yapılan çalışmada Plentmiks alttemel ve temel tabakaları için tek cins agregat 4 tip agregat boyutunda kullanılmaktadır. Çukurca taş ocağında üretilen 0-5 mm, 15-25 mm, 25-38 mm dane boyutlarında hazırlanan agregalardan Çukurca taş ocağından alınan Andezit agregalarının 10 günlük elek analizi sonuçlarına göre dizaynı esas alınmış olup, agregaların kullanım oranları, dizayn gradasyonları ve tolerans limitleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Plentmiks altemel gradasyonu(Tip-B)



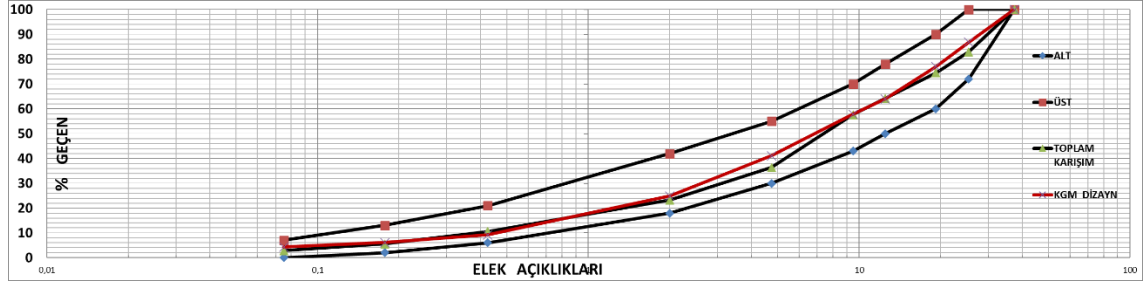
Şekil 4.2 Plentmiks temel tabakası elek analizi gradasyonu(Tip-1)

4.1.1.2 Bitümlü temel tabakası elek analizi sonuçları

Yapılan çalışmada Bitümlü Temel Tabakası Tip-A için 2 çeşit agrega ve 4 tip agrega boyutu kullanılmıştır.

Çukurca Taş ocağında üretilen Andezit agregasından 5-12 mm, 19-38 mm ve Musaköy taş ocağında üretilen kalker agregasından 0-5 mm, 12-19 mm tane grubu agregalardan oluşan bitümlü temel tabakası 4 tip agregadan oluşmaktadır. Karışımda 50/70 penetrasyonlu bitüm ve %0,3 oranında Natalya Kimya-Metyat isimli katkı kullanılmıştır.

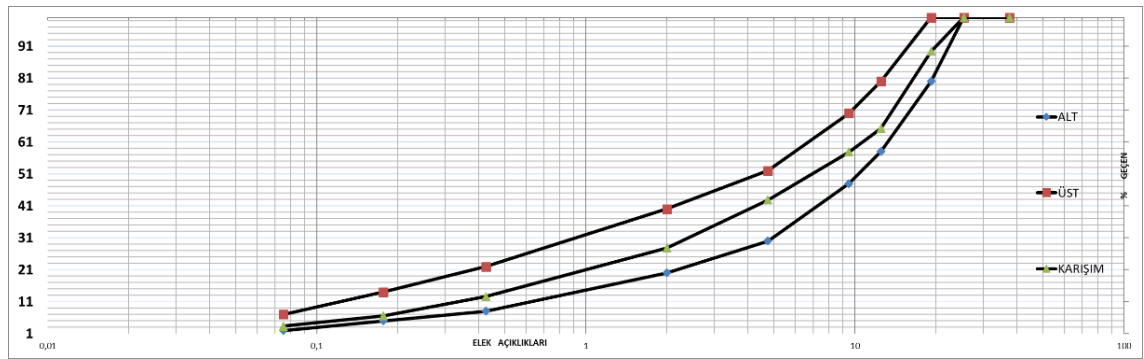
Karışım gradasyonunun hazırlanmasında kullanılan elekler ve sonuçları aşağıda Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3 Bitümlü temel gradasyonu(Tip-A)

4.1.1.3 Binder tabakası elek analizi sonuçları

Yapılan çalışmada binder tabakası için 2 farklı agrega cinsi ve 4 tip agrega boyutu kullanılmıştır. Çukurca taş ocağında üretilen Andezit agregalarından boyutları 5-12 mm, 19-25 mm ve Musaköy Taş ocağında üretilen kalker agregalarının 0-5 mm ve 12-19 mm boyutlarındaki tane boyutlarıyla yapılan karışımın gradasyonu hazırlığında kullanılacak elek analizi sonuçları Şekil 4.4'te verilmiştir.

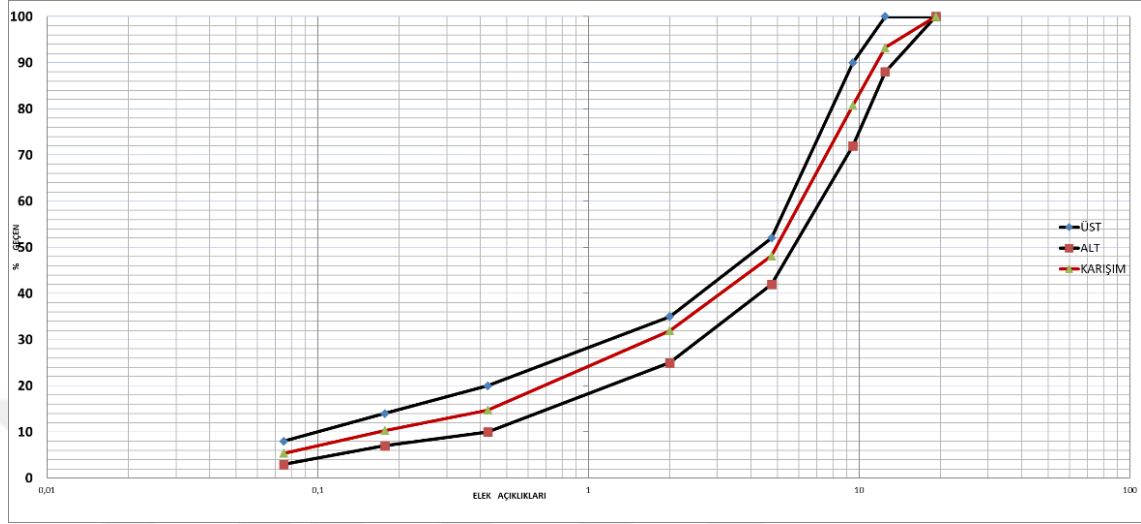


Şekil 4.4 Binder tabakası gradasyonu

4.1.1.4 Aşınma tabakası elek analizi sonuçları

Yapılan çalışmada Aşınma Tabakası için Musa köyden alınan Kalker agregasına ait 3 tip agrega boyutu kullanılmıştır. Musa köy taş ocağında üretilen 0-5 mm, 5-12 mm, 12-19

mm tane boyutlarıyla birlikte gönderilen 50/70 bitüm kullanılmıştır. Karışım gradasyonu uygunluğu Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5 Aşınma tabakası gradasyonu(Tip-A)

4.1.2 Özgül ağırlık ve su emme deneyi sonuçları

Kaba agrega, ince agrega ve mineral filler için özgül ağırlık ve su emme deneyleri ASTM C 127'e göre yapılmıştır. Sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Bitümlü temel kaba, ince ve filler agregaları için özgül ağırlık ve su emme deneyi sonuçları

ÖZGÜL AĞIRLIKLAR								
MALZEME	12-25		5-12		0-5		Mineral Filler	
Kuru özgül ağırlık hacim	2,687	2,687	2,467	2,464	2,707	2,709	2,527	2,527
W1/V1	2,687		2,466		2,708		2,527	
DKY özgül ağırlık	2,693	2,693	2,474	2,476	2,708	2,711	2,552	2,552
W2/V1	2,693		2,475		2,71		2,552	
Zahiri özgül ağırlık	2,704	2,704	2,484	2,493	2,71	2,714	2,593	2,593
W1/V2	2,704		2,488		2,712		2,593	
SU EMME								
Su emme %	0,24	0,24	0,27	0,47	0,04	0,06	1,01	1,01
100*(W2-W1)/W1	0,24		0,37		0,05		1,01	

Özgül ağırlık deneyi Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Özgül ağırlık deneyi

4.1.3 Los Angeles (aşınma kaybı) deneyi sonuçları

Agregaların üstyapıda meydana gelecek olan mekanik etkiler karşı dayanımını inceleyen deneyin sonucu Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Bitümlü temel Los Angeles deneyi sonuçları

AŞINMA SINIFI	A (ÇUKURCA) ANDEZİT	B (MUSAKÖY) KALKER
ELEKLER ARASI MALZEME	38,0-9,50 mm	16,0-8,0 mm
BİLYA SAYISI (ADET)	12	11
DÖNÜŞ SAYISI (DEVİR)	500	500
NUM. İLK AĞIRLIĞI (A)	5000	5000
NUM. SON AĞIRLIĞI (B)	4200	3921,4
ARADAKİ FARK (A-B)	800	1078,6
AŞINMA YÜZDESİ [(A-B)/A*100]	16	21,57

Los Angeles laboratuvar deneyi çalışması Şekil 4.7’de verilmiştir.

Şekil 4.7 Los Angeles deneyi laboratuvar çalışması

4.1.4 Metilen mavisi deneyi sonucu

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’te kalker ve andezit agregalarının metilen mavisi deneyi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.3 Kalker agregası metilen sonucu

KALKER	
(0-2) mm'lik Deney numunesi kısmının kuru kütlesi M1 gr	200
İlave edilen metilen mavisi boya çözeltisinin toplam kütlesi V1 gr	12
(0-2) mm aralığında beher kilogramı başına gr cinsinden boya miktarı $MB= (V1/M1)*10$	0,6

Çizelge 4.4 Andezit agregası metilen sonucu

ANDEZİT	
(0-2) mm'lik Deney numunesi kısmının kuru kütlesi M1 gr	200
İlave edilen metilen mavisi boya çözeltisinin toplam kütlesi V1 gr	90
(0-2) mm aralığında beher kilogramı başına gr cinsinden boya miktarı $MB= (V1/M1)*10$	4,5

Metilen mavisi çözeltisinin tartılması ve karışıma eklenmesi Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 Karışıma tartılan metilen mavisi çözeltisinin eklenmesi

4.1.5 Soyulma deneyi sonuçları

Çezilge 4.5 Soyulma mukavemeti sonuçları

	AŞINMA TABAKASI		BİNDER TABAKASI		BİTÜMLÜ TEMEL TABAKASI	
	MUSAKÖY (KALKER)	ÇUKURCA (ANDEZİT)	MUSAKÖY (KALKER)	ÇUKURCA (ANDEZİT)	MUSAKÖY (KALKER)	
Soyulma Mukavemeti (B 50/70, DOPSUZ, %)	40/45	70/75	40/45	70/75	40/45	

Musaköy taş ocağında üretilen kalker agregasının soyulma mukavemeti düşük olduğu için üretim sırasında uygun bir soyulma mukavemeti artırıcı katkı kullanılmıştır. %0,3 oranında Astek Gripper-L isimli katlı ile soyulma mukavemeti 80/85 olarak bulunmuştur.

4.2 Bitüm Deneyleri Sonuçları

4.2.1 Penetrasyon deneyi sonuçları

Penetrasyon deneyi sonuçları katmanlara göre Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Penetrasyon deneyi sonuçları, dmm

	AŞINMA TABAKASI	BİNDER TABAKASI	BİTÜMLÜ TEMEL TABAKASI
Bitümün Penetrasyon Deneyi, dmm	58	43	43

4.2.2 Marshall deneyi sonuçları

Bitümlü sıcak karışımlarda Marshall deneyi bitümün kullanıldığı her bir katman için ayrı yapılarak tabakalara göre sonuçlar Çizelge 4.7’de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.7 Bitümün kullanıldığı katmanlar için Marshall Sonuçları

Tabaka Adı	Optimum Bitüm	Pratik özgül ağırlık	Stabilite(kg)	Boşluk,%	Asfaltla dolu boşluk	V.M.A,%	Akma(mm)
Aşınma Tabakası	4,8	2,41	1225	4,25	70,7	14,5	3,52
Binder Tabakası	4,6	2,34	1390	4,52	65,8	13,2	3,4
Bitümlü Temel	4,5	2,338	1313	5,03	63,1	13,6	3,76

5. SONUÇ

Asfalt kaplama, dünyada ve ülkemizde en çok kullanılan yol üstyapı kaplama malzemesidir. Asfalt kaplamaların bozulmalara karşı dayanıklı olması için, hareketli dingil yüklerine karşı koyabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Esnek üst yapılar farklı özellikler barındıran tabakalardan oluşmaktadır.

Korgun-Kurşunlu Yolu Km: 0+000-28+957,20 arası yol çalışması sırasında kullanılması planlanan, Andezit agregasının bazı fiziksel özelliklerinin yeterli olmadığı tespit edilmesi üzerine, KGM yetkililerince yakın çevrede malzeme ocağı araştırması yapılmış, Musa Köyde bulunan kalker ocağının kalker malzemesinin kriterleri sağlaması üzerine bu malzemenin kullanılmasına karar verilmiştir. Yol inşaatında iki malzemenin ortak kullanımı ile mühendisliğin evrensel üç kriteri (ekonomiklik, durabilite, stabilite) sağlanmıştır. Yol sadece andezit kullanılarak yapılsa ekonomiklik ve stabiliteyi sağlayacak, ancak durabiliteyi sağlamayacaktır. Sadece kalker kullanılırsa stabilite ve durabilite sağlanacak, ancak nakliye mesafesi sebebiyle ekonomiklik sağlanamayacaktır.

KGM yetkilileri iki malzemenin ortak kullanımı planlayarak yolun ekonomik ve kullanışlı olmasını sağladığı gibi, her iki agreganın avantajlarını birleştirerek daha dayanıklı ve mukavemetli bir yol yapmış, hem durabiliteyi, hem de stabiliteyi sağlamıştır.

Andezit agregası, yol yapımında kullanılan taşıyıcı malzemelerden biridir, ancak bazen fiziksel özellikleri uygun olmayabilir. Fiziksel özelliklerin yetersizliği, yolun dayanıklılığını ve taşıma kapasitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, yol yapım projelerinde kullanılan agregaların uygunluğu büyük bir öneme sahiptir.

Yol katmanlarında, gerektiğinde tek başına Andezit veya Kalker agregası kullanılmış, gerektiğinde ise bu iki agreganın karışımı tercih edilmiştir.

Korgun-Kurşunlu Yolu üzerinde gerçekleştirilen deneyler ve değerlendirmeler sonucunda, KTŞ (Karayolları Teknik Şartnamesi) standartlarına uygun olarak yol

tabakaları için belirli malzeme seçenekleri ve karışımları benimsenmiştir. Bu kararlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

- Plentmixalt Temel Tabakası: Plentmixalt temel tabakasında tamamen andezit kullanılması kararı alınmıştır. Andezit malzemesi, bu tabakanın taşıma kapasitesini artırarak temel tabakasının dayanıklılığını sağlayacak uygun bir seçenektir.
- Plentmix Temel Tabakası: Plentmix temel tabakasında tamamen andezit kullanılması kararı alınmıştır. Andezit, temel tabakasının stabilitesini ve dayanıklılığını artırmak için uygun bir malzeme olarak kabul edilmiştir.
- Bitümlü Temel Tabakası: Bitümlü temel tabakasında andezit ve kalker karışımı kullanılması kararı alınmıştır. Bu karışım, bitümlü temel tabakasının mukavemetini artırarak yolun taşıma kapasitesini artırabilir.
- Binder Tabakası: Binder tabakasında andezit ve kalker karışımı kullanılması kararı alınmıştır. Bu karışım, yolun stabilitesini artırarak üst tabakalara geçişi sağlayacak uygun bir seçenektir.
- Aşınma Tabakası: Aşınma tabakasında tamamen kalker kullanılması kararı alınmıştır. Kalker malzemesi, yolun yüzey kaplaması olarak kullanılacak ve dayanıklı bir aşınma tabakası oluşturacaktır.

Agregaların katmanlara uygun şekilde kullanılması, asfalt betonun gereken özelliklere sahip olmasını sağlar. Bu bağlamda, taşıtlardan kaynaklanan statik ve dinamik yüklere karşı, kesme kuvvetine ve deformasyona karşı daha iyi fiziksel özelliklere sahip olan kalker agregası, andezit agregasına göre tercih edilmiştir.

Andezit ve kalker agregalarının karışım halinde kullanılması kararı, bir dizi faktörün dikkate alındığı ve KTSŞ (Karayolları Teknik Şartnamesi) uygunluğunun sağlanmasını hedefleyen bir yol yapım stratejisinin sonucudur. Kalker agregası, BSK (Bitümlü Sıcak

Karışım)gibi belirli katmanlarda kullanımı daha uygun bir agregadır; ancak, kalker agregasının temin edildiği taş ocağının uzaklığı, andezit agregasının kullanımını da zorunlu kılmıştır. Bu durum, yol yapım projelerinin ekonomik ve verimli bir şekilde yönetilmesini gerektirmiştir.

Karayolu yapımında agregaların seçimi ve kullanımı, hem teknik hem de ekonomik faktörlerin göz önünde bulundurulması gereken karmaşık bir süreçtir. Yolun farklı katmanlarının farklı gereksinimlere sahip olması, uygun malzeme seçimini gerektirir. Kalker agregası, BSK gibi özel gereksinimlere daha iyi uyabilir, ancak uzak bir kaynaktan bulunuyorsa veya temin maliyetleri yüksekse, andezit agregası gibi alternatif malzemelerin kullanımı kaçınılmaz hale gelebilir.

Bu nedenle, KTS uygunluğu sağlanacak şekilde ve ekonomik açıdan harcamaların minimum düzeyde tutulmasını sağlayacak şekilde, yeterli ve gerekli düzeyde kalker kullanımı tercih edilmiştir. Bu, hem yolların kalitesini korurken hem de bütçeyi etkili bir şekilde yönetirken dikkate alınan bir mühendislik kararıdır. Sonuç olarak, bu yaklaşım, hem teknik hem de ekonomik açıdan dengeli bir çözüm sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü, 2021, Ankara.
- Arslan F. 2014. Taş Mastik Asfalt Karışımlarında İstanbul Çevresindeki Cebeci-Dolamitli Kireçtaşı, Gölcük-Kumtaşı ve Karatepe-Bazaltı Kullanımının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 251 sayfa, İstanbul.
- ASTM C127, 2012. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate, American Society for Testing and Materials, ABD.
- ASTM C128, (2012), Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate, American Society for Testing and Materials, ABD.
- ASTM D5-97, 1997. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials, American Society for Testing and Materials, ABD.
- Curtis, C.W. 1992. Investigation of Asphalt-Aggregate Interactions in Asphalt Pavements. American Chemical Society, Fuel, 37: 1292-1297.
- Çankırı İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP), 2021. Web sitesi. https://cankiri.afad.gov.tr/kurumlar/cankiri.afad/dOKUMANLAR/IRAP/CANKIRI_IRAP.pdf. 230 sayfa, T.C. Çankırı Valiliği.
- Çetin, S. 2007. Afyonkarahisar Bölgesi Volkanik Kayaçların Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Agrega Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Dikbaş, A. ve Yonar, F. 2013. EAF Çelik İzabe Cürufunun Karayolu İnşaatında Dolgu, Temel ve Alttemel Malzemesi Olarak Kullanımı. İstanbul.
- Fookes, P. 1991. Geomaterials. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 24(1): 3-15.
- Gezer, B.B. 2009. Mersin İli Çelebili Köyü İçmeler Mevkiinde Yüzeyleyen Kireçtaşlarının Beton ve Asfalt Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 110 sayfa, Adana.

- Halili A, 2003. Agregada Üretiminde Kıırma Eleme ve Taşın Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Önemi. III. Ulusal Kıırmataş Sempozyumu, İstanbul.
- Ilıcalı, M. 2001. Asfalt ve Uygulamaları. İSFALT Bilimsel Yayınları, No: 1, 280 sayfa, İstanbul.
- Karashaın, M. 1993. Resilient Behaviour of Granular Materials for Analysis of Highway Pavements. Doktora Tezi, Nottingham Üniversitesi, 314 sayfa, Nottingham.
- Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), 2013. Alttemel. Bölüm 401.
- Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), 2013. Asfalt Betonu Binder ve Aşınma Tabakaları. Bölüm 407.
- Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), 2013. Bitümlü Temel. Bölüm 406.
- Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), 2013. Temel. Bölüm 402.
- Mogawer, W.S. ve Stuart, K.D. 1996. Effects of mineral fillers on properties of stone matrix asphalt mixtures. Transportation Research Record, 1530(1): 86-94.
- Orhan, F. 2012. Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları. Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Öksüz, B. 2011. Asfalt Betonu Kaplamalarda Volkanik Cüruf Ve Cam Atıklarının Filler Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 87 sayfa, Isparta.
- Senior, S. ve Rogers, C. 1991. Laboratory Tests for Predicting Coarse Aggregate Performance in Ontario. Transportation Research Record, 1301: 97-106.
- Smith, M.R. ve Collis, L. (eds.) 2001. Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes. Geological Society, Engineering Geology Special Publication No. 17, 339 sayfa, London.
- Tunç, A. 2007. Yol Malzemeleri (Agregada, Asfalt, Bitümlü Karışımlar, Beton, Zemin) ve Uygulamaları, 2. Baskı. Nobel Yayınları, 840 sayfa, Ankara.
- Tunç, A. 2007. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları. Nobel Yayın Dağıtım, 840 sayfa, İstanbul.
- Turabi, A. ve Okucu, A. 2016. Balıkesir İli Yol Çalışmalarında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Şartnameye Uygunluğu. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1): 45-51.
- Türk Asfalt Mütcaahhitleri Derneği Bülteni, Mart - Nisan, 2014, Sayı: 2, 8 sayfa, Ankara.

- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, 2023. Web sitesi.
<https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/default.aspx>. Erişim Tarihi:
07.06.2023
- Umar, F. ve Ağar, E. 1991. Yol Üstyapısı. İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, 339 sayfa, İstanbul.
- Woodward, W.D.H. 1995. Laboratory Prediction of Surfacing Aggregate Performance.
Ph.D. Thesis, University of Ulster at Jordanstown, Newtownabbey, County Antrim,
Northern Ireland.
- Yeğınobalı, A. 2009. Niçin Beton Yol, 1. Baskı. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği,
28 sayfa, Ankara.
- Yılmaz, A. 2008. Ferrokrom ve silikoferrokrom cürufları ile silis dumanının yol
üstyapısında kullanımının incelenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel
Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 220 sayfa, Isparta.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Mine ŞİMŞEK

Eğitim

Yüksek Lisans Çankırı Karatekin Üniversitesi 2024
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Lisans Erciyes Üniversitesi 2019
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

İş Deneyimi

Yıl	Kurum	Görev
2023-2024	Su-Bar Grup İnş. Tic.ve San. Anonim Şirketi	Saha Mühendisi