

**T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GRAFİT'İN BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMDAKİ ETKİSİ

FİKRİYE BAŞKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET YÜCEL ÜRÜŞAN**

İSTANBUL, 2020

Fikriye BAŞKAN tarafından hazırlanan “Grafit’in Bitümlü Sıcak Karışımdaki Etkisi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İstanbul Gelişim Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Yücel ÜRÜŞAN

İnşaat Mühendisliği, İstanbul Gelişim Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan : Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN

İnşaat Mühendisliği, İstanbul Gelişim Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Doç. Dr. Savaş ERDEM

İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh.

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Teslim Tarihi: / / 2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Dr. Öğr. Üyesi Ümit ALKAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

FİKRİYE BAŞKAN

/ /

GRAFİT'İN BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMDAKİ ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Fikriye BAŞKAN

GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2020

ÖZET

Yol üstyapıları; esnek ve rijit olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bağlayıcı olarak bitümlü malzeme türünün kullanıldığı üstyapı çeşidi esnek yol üstyapısı olarak adlandırılmaktadır. Üstyapı tasarımının konforlu, ekonomik, güvenli, kaliteli olması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda yol üstyapı ömrünü uzatmak için bitümlü sıcak karışıma çeşitli katkıları ilave edilerek yol üstyapı dayanımını artırma çalışmaları yapılmaktadır.

Uzun üstyapı ömrünü sağlayan ana unsur, üstyapıda kullanılan malzemelerin kalitesi, karışım malzemelerinin birbirine uyumu, temel malzemelerde veya taban zeminindeki mukavemetin yapısal olarak üstyapıyı karşılayabilecek durumda olmasıdır. Üstyapı deformasyonlarına neden olan birçok etken mevcuttur. Bunlar; temel taşıma kapasitesinin yeterli olmaması, bununla birlikte temelde kullanılan malzemelerin yeterli kalınlıkta, sertlikte, kalitede olmaması, trafik yükünün artmasıyla üstyapıda meydana gelen tekerlek izinde oturma, iklim koşulları ve sıcaklık değişimlerinin gerektiği ölçüde dikkate alınmaması vb. gibi sıralanabilir.

Bitümlü sıcak karışımların, bilhassa tekerlek izi gibi kalıcı deformasyonlara ve termal çatlamalara karşı direncinin geliştirilmeye ihtiyacı vardır. Bitümlü sıcak karışımın performansını arttırmak için ülkemizde ve çeşitli ülkelerde bitümlü sıcak karışıma çeşitli katkıları ilave edilerek özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada bitümlü sıcak karışım performansını arttırmak için çeşitli üstün özelliklere sahip Grafit malzemesinin bitümlü sıcak karışım içindeki performansı incelenmiştir. Bu amaçla bitümlü sıcak karışım çeşitlerinden taş mastik asfalt karışımıyla çalışma yapılmıştır. Burada, bitümlü sıcak karışımındaki filler yerine Grafit malzemesi kullanılarak modifikasyonu araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Bitümlü sıcak karışım, Taş mastik asfalt, Grafit

Sayfa Adedi : 55

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi AHMET YÜCEL ÜRÜŞAN

THE EFFECT OF GRAPHITE ON BITUMINOUS HOT MIXTURE

(M. Sc. Thesis)

Fikriye BAŞKAN

GELİŞİM UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2020

ABSTRACT

The road superstructures are flexible and rigid. The type of superstructure in which bituminous material is used as binder is called flexible road superstructure. The superstructure design is aimed to be comfortable, economical, safe and high quality. In this direction, in order to extend the life of the road superstructure, various additives are added to the hot bituminous mixture to increase the strength of the road superstructure.

The main factor that provides long superstructure life is the quality of the materials used in the superstructure, the compatibility of the mixture materials with each other, and the strength of the base materials or the floor soil is structurally able to meet the superstructure. There are many factors that cause superstructure deformations. These; the insufficient carrying capacity of the foundation however, the materials used in the foundation are not of sufficient thickness, hardness and quality, due to the raise in traffic load in the superstructure are not taken into account to the extent necessary of the wheel tracking deformations, climatic conditions and temperature changes .

There is a need to raise the resistance of bituminous hot mixtures to permanent deformations and thermal cracking, in particular wheel tracks. It is aimed to improve the properties of bituminous hot mixture by adding various additives to bituminous hot mixture in our country and various countries in order to increase the performance of hot mixture. In this study, in order to improve the performance of bituminous hot mixture, the performance of graphite material with various superior properties in bituminous hot mixture was investigated. For this purpose, a study was carried out with stone mastic asphalt mixture of bituminous hot mixture varieties. Here, modification of the bituminous hot mixture using graphite material was investigated instead of filler.

Key Words : Bituminous hot mix, Stone mastic asphalt, Graphite

Page Number : 55

Supervisor : Dr. Öğr. Üyesi AHMET YÜCEL ÜRÜŞAN

TEŐEKKÖR

Bu çalıőmamda maddi ve manevi desteęini hiç esirgemeyen aileme, yűksek lisans eęitimim boyunca dersler ve genel bilgilendirme konusunda sűrekli etkileőim içinde olduęum danıőman hocam Dr. Őęr. Ŭyesi Sayın Ahmet Yűcel ŬRŬŐAN'a ve dięer hocalarıma, İstanbul Geliőim Ŭniversitesi yűksek lisans grubunda aktif olarak paylaőımlarda bulunan tűm arkadaőlarıma, gűrev aldıęım iő yerimde bana kolaylıklar saęlayan, laboratuvar ve malzeme imkanı sunan űirketime, aynı zamanda desteklerini hiç esirgemeyen iő arkadaőlarıma teőekkűrű bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
TABLULARIN LİSTESİ.....	x
GRAFİKLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Bitüm.....	3
2.2. Agrega.....	4
2.3. Filler	4
2.4. Bitümlü Sıcak Karışım.....	4
2.5. Taş Mastik Asfalt (TMA)	5
2.6. Grafit	5
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	7
3.1. Karışım Oranları ile Karışım Gradasyonu Tolerans Limitleri.....	7
3.2. Agrega Deneylerinin Sonuçları	8
3.3. Bitüm Deneylerinin Sonuçları	10
3.4. Grafit'in İlave Edileceği Karışımın Deney Sonuçları	12
3.5. Grafit Deneylerinin Sonuçları.....	13
3.6. Grafit'li Karışımın Hazırlanması İçin Yapılan Deneyler.....	13

	Sayfa
3.6.1. Agregaların hazırlanması.....	14
3.6.2. Grafit malzemesinin elek analizi.....	15
3.6.3. Dizayn karışım miktarlarının belirlenmesi.....	18
3.6.4. Malzemelerin karıştırılması ve Marshall tokmağı ile sıkıştırılması	20
3.6.5. Briketlerin yüksekliklerinin ölçülmesi	24
3.6.6. Marshall briketlerinin hacim özgül ağırlıklarının belirlenmesi	25
3.6.7. Marshall briketleri üzerinde stabilite ve akma deneylerinin yapılması...	26
4. BULGULAR	31
4.1. Grafit’li ve Grafitsiz Bitümlü Sıcak Karışım Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	31
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	40

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Grafit'in kimyasal yapısı	6
Şekil 3.1. Agregaların elenmesi	15
Şekil 3.2. Agregaların elle eleme yöntemiyle dane boyutlarına göre ayrılması	15
Şekil 3.3. Grafit malzemesinin elek analizi için yıkanması	16
Şekil 3.4. Grafit malzemesinin etüvte kurutulması	17
Şekil 3.5. Etüvde kurutulan grafit malzemesi	17
Şekil 3.6. Grafit malzemesinin elek analizi	18
Şekil 3.7. Malzemelerin belirtilen miktarlarda tartılması	21
Şekil 3.8. Malzemelerin etüvde uygun sıcaklığa gelene kadar bekletilmesi.....	21
Şekil 3.9. Malzemelerin karıştırılması	22
Şekil 3.10. Karışımın Marshall briket kalıplarına dökülmesi	22
Şekil 3.11. Sıkıştırma işlemi için uygun sıcaklığın (145 °C) beklenmesi.....	23
Şekil 3.12. Marshall tokmağı ile briketlerin sıkıştırılması.....	23
Şekil 3.13. Mashall briketlerinin kalıplarından çıkartılması	24
Şekil 3.14. Marshall briketlerinin yüksekliğinin ölçülmesi	24
Şekil 3.15. Briketin havadaki kuru birim ağırlığının belirlenmesi	25
Şekil 3.16. Briketin sudaki ağırlığının belirlenmesi	25
Şekil 3.17. Briketin doygun yüzey ağırlığının belirlenmesi	26
Şekil 3.18. Briketlerin akma ve stabilite değerlerini belirlenmesi	27

TABLoların LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 3.1. Agregaların kullanım miktarları ile dizayn gradasyonu ve tolerans limitleri	7
Tablo 3.2. Agrega deneylerinin sonuçları.....	10
Tablo 3.3. Bitüm deneylerinin sonuçları.....	11
Tablo 3.4. Karışımındaki bitüm miktarını belirlemek için Marshall Yöntemi ile yapılan deney sonuçları	12
Tablo 3.5. Karışımın deney sonuçları	13
Tablo 3.6. Grafit deneylerinin sonuçları.....	13
Tablo 3.7. Grafit malzemesinin filler malzemesi yerine kullanılabilirliğinin tespiti için yapılan elek analizi sonuçları.....	16
Tablo 3.8. Karışım gradasyonu elek arasına göre malzeme miktarı.....	19
Tablo 3.9. %6, %10 ve %15 Grafit'e göre karışımındaki Grafit miktarı.....	20
Tablo 3.10. Agrega karışım dizaynındaki ilave malzeme miktarları.....	20
Tablo 3.11. Deney sonuçlarını hesaplama işlemlerinde kullanılan formüller	28
Tablo 3.12. Karışım malzemelerinin fiziksel özellikleri ve kullanım yüzdeleri.....	29
Tablo 3.13. Grafit yüzdelerine göre Marshall briketlerine ait deney sonuçları.....	30
Tablo 4.1. Grafitsiz bitümlü sıcak karışım deney sonuçları	31
Tablo 4.2. Grafit'li ve grafitsiz bitümlü sıcak karışım deney sonuçları	32

GRAFİKLERİN LİSTESİ

Grafik	Sayfa
Grafik 3.1. Karışım gradasyonunun grafiği	8
Grafik 4.1. Grafit miktarının değişimiyle hacim özgül ağırlık grafiği	32
Grafik 4.2. Grafit miktarının değişimiyle boşluk grafiği	33
Grafik 4.3. Grafit miktarının değişimiyle stabilite grafiği	33
Grafik 4.4. Grafit miktarının değişimiyle agregalar arası boşluk grafiği.....	34
Grafik 4.5. Grafit miktarının değişimiyle akma grafiği	34
Grafik 4.6. Grafit miktarının değişimiyle asfalt dolu boşluk grafiği	35

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

mm	Milimetre, uzunluk birimi
km	Kilometre, uzunluk birimi
gr	Gram, kütle birimi
°C	Derece Celsius, sıcaklık birimi
kN	Kilonewton, kuvvet birimi
lb	Libre, kütle ölçüsü birimi
cm³	Santimetreküp, hacim birimi
inç (‘‘)	Uzunluğu 2,54 cm. olan İngiliz uzunluk ölçü birimi.

Kısaltmalar

Açıklamalar

BS	İngiliz Standardı
B	Bitüm
BSK	Bitümlü Sıcak Karışım
Dp	Pratik yoğunluk
Dt	Teorik yoğunluk
Gef	Efektif özgül ağırlık
Gsb	Hacim özgül ağırlık
Gsa	Zahiri özgül ağırlık
KTŞ	Karayolları Teknik Şartnamesi
SBS	Stiren - Butadien - Stiren
TMA	Taş Mastik Asfalt
TS EN	Türk Standardı-Avrupa Standardı
Vf	Asfaltla dolu boşluk
VMA	Agregalar Arası Boşluk
Vh	Hava boşluğu

1. GİRİŞ

Karayolu üstyapısında ülkemizde ve birçok ülkede bitümlü sıcak karışım yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitümlü sıcak karışım içinde belirli oranlarda bitüm, agregata ve imalat türüne göre çeşitli katkıları barındırmaktadır. Bitümlü sıcak karışım içindeki çeşitli gradasyonlardaki agregata dayanımı kadar bitümün mevcut özellikleri de oldukça önemlidir. Bitümlü sıcak karışımında kullanılan filler malzemesi, bitümlü sıcak karışım tabakalarında boşluk, aderans ve bağlayıcılığı arttıran bir malzemedir.

Bir karbon minerali olan ve aşağıda açıklanan özelliklerinden dolayı bu çalışmada bitümlü sıcak karışımındaki performansı araştırılan Grafit, doğada siyah ve gri renkte, daha çok magmatik kayalar ile birlikte katı formda bulunmaktadır. Grafit malzemesi, ısı ve elektriği iyi iletir, ısıya karşı dayanımı yüksektir. Kimyasal reaksiyonlara karşı duyarsız olup normal sıcaklıklarda kararlıdır. Asit, baz ve tuzlara karşı dayanıklı bir malzemedir. Trafik yükünün artmasıyla yol üstyapısında meydana gelen kalıcı deformasyonları, sıcaklık değişimi, iklim koşulları etkisiyle meydana gelen termal çatlakları önlemek amacıyla bitümlü sıcak karışımına filler yerine belirli oranlarda Grafit malzemesi karıştırılmıştır. Bitümlü sıcak karışım çeşitlerinden taş mastik asfalt karışımıyla çalışma yapılmıştır ve bitümlü sıcak karışımına uygulanan deneyler uygulanmıştır. Deney sonuçları grafitsiz yapılan bitümlü sıcak karışım deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada, ikinci bölümde bitümlü sıcak karışımında kullanılacak malzemeler ile ilgili genel bilgiler verilmiştir, üçüncü bölümde karışımı hazırlamak için yapılan deneyler belirtilmiştir ve dördüncü bölümde Grafit'li ve grafitsiz deney sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Asfalt, yol kaplamalarında kullanılan en eski mühendislik malzemelerinden biridir. Kullanışlı yapısı, bağlayıcılığı ve esnekliği sayesinde yol üstyapı kaplamaları için önemli bir malzemedir. Tarihte ilk olarak asfalt milattan önce 3000 yılı civarında Sümerler tarafından bağlayıcı maddesi olarak kullanılmıştır. Asfalt karışımlar için ilk asfalt plenti, 1920-1930 yılları arasında kullanılmıştır. Türkiye’de ilk asfalt çalışmaları Osmanlı döneminde başlamıştır ve Cumhuriyet döneminde gelişmiştir [1].

Asfalt karışımlarda bitüm bağlayıcıdır, ham petrolün damıtılmasından sonra elde edilen atık maddelerden oluşur. Asfaltın, agrega ve çeşitli katkıları ile karıştırılmasıyla bugünkü yol kaplamalarında kullanılan bitümlü karışımlara ulaşılmaktadır. Asfalt karışımlar, geliştirilen teknik özellikleri ile dayanımı yüksek, daha konforlu, çevreyle uyumlu, uzun ömürlü yolların yapımına olanak sağlamaktadır. Günümüzde, Amerika’daki karayollarının %94’ü ve Avrupa’daki karayollarının %95’i asfalt kaplamadan oluşmaktadır [1].

Asfalt kaplama, uygulama şekillerine göre farklılık göstermektedir. Soğuk, sıcak ve ılık karışım gibi farklı alternatif uygulama tipleriyle avantaj sağlamaktadır.

Asfalt kaplamaların avantajları;

1. Asfalt yollar daha güvenlidir. Asfalt karışımlar, hava koşullarına karşı harika bir sürtünme direncine sahiptir. Yüksek sürtünme direnci, trafik kaza riskini en düşük seviyeye düşürmektedir.
2. Asfalt yollar daha konforludur. Asfalt yüzeyi, düzgün bir yüzeye sahip olup, sürüş konforunu artırmaktadır. Araçların içindeki ve dışındaki gürültü seviyesi daha düşüktür.
3. Asfalt, yapısal olarak betonda olduğu gibi reaktif bir özellik göstermemektedir. Asit ve sülfatlara karşı direnci yüksektir ve diğer malzemeler ile reaksiyona girmemektedir.
4. Asfalt kaplamaların bakım ve onarımı daha hızlıdır. Asfaltın serimi ve sıkıştırılması gerçekleştirildikten birkaç saat sonra trafiğe açılabilir.

5. Asfalt kaplamalar, yapısal olarak elastik ve kalıcı deformasyonlara karşı daha dayanıklıdır ve maruz kaldığı trafik yüklerini esneklik özelliği sayesinde tabana yayar, bu durumda yol ömrünü uzatmaktadır.

6. Asfalt yolların, maliyeti gerek ilk aşamada gerekse de bakım, onarım aşamasında daha düşüktür.

Asfalt kaplamaların dezavantajları;

1. Asfalt kaplamalarda sıcaklık önemli bir parametredir. İklim koşullarının kötü olması asfalt karışımların, plentten çıkış sıcaklığının korunması, serme, sıkıştırma vb. işlemlerin kalitesini etkilemektedir.

2. Asfalt karışımının serileceği zeminin rutubeti önemlidir. Yüksek rutubetli zeminler üzerine asfalt kaplama uygulanması sakıncalıdır.

3. Petrol damıtan rafinerilerin sayısının az olduğu ülkelerde, asfalt karışımlarda bağlayıcı olarak kullanılan bitüm malzemesinin, plentlere taşınması yüksek bir ulaşım maliyetini beraberinde getirmektedir.

4. Asfalt karışımlarda kullanılacak agregaların kurutulması ve ısıtılması işlemlerinde çevre kirliliği oluşmaktadır.

2.1. Bitüm

Bitüm, genel olarak sıvı veya katı bir maddedir. Hidrokarbonlardan oluşur ve trikloretilen maddesi içinde çözünür. Bitüm, ısıtıldığında yumuşar ve uçucu bir malzeme değildir. Bitüm, petrolün rafinerilerde damıtılması ile elde edilir. Doğal bir şekilde de doğada bulunabilir. Örneğin; Trinidad Göl'ünde çeşitli mineral maddelerle birlikte bulunabilmektedir [2]. Bu çalışmada 50/70 penetrasyon dereceli bitüm kullanılmıştır.

2.2. Agregaya

Bitümlü sıcak karışımlarda kullanılacak agregaların seçiminde, malzemelerin temin edildiği taş ocağı, maliyeti ve karışımda kullanılabilir kalitede olması dikkate alınmaktadır. Agreganın karışım için uygun olup, olmadığı deneylerle belirlenen fiziksel özelliklerinden anlaşılmaktadır. Agreganın temiz, organik madde içermeyen, istenilen yassılıkta ve absorpsiyonda, dayanımı ve soyulmaya karşı mukavemetinin yüksek özelliklerde olması istenmektedir.

Bu çalışma, ERAY BAZALT taş ocağında üretilen (7-13 mm ve 13-19 mm) bazalt malzemesi ve Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Ana Gövde KM 147+500 Yarma ve Yan Ariyet Ocağından, 0-5 mm (Meta Kumtaşı) alınarak dizayn edilmiştir.

2.3. Filler

Mineral filler, karışımlar için önemli bir malzemedir. Karışım iskeletindeki boşlukların doldurulmasını, aderansın ve bağlayıcılığın artmasını sağlar. Bir malzemenin filler sayılabilmesi için elek analizi sonucu tamamının 0,425 mm elekten geçmesi ve ağırlıkça en az %70'inin 0,075 mm elekten geçiyor olması gerekmektedir. Karışım gradasyonunda 0,425 mm elekten geçen malzeme miktarı yeterli değil ise, agrega karışımına uygun gradasyonu sağlayabilmek için filler malzemesi ilave edilmektedir. Mineral filler; mermer tozu, taş tozu, yanmış fırın atıkları, doğal kum, sönmüş kireç vb. maddelerden oluşabilmektedir. Filler malzemesinin, kilsisi ve topraksı yapıda olmaması, organik ve zararlı madde içermemesi gerekmektedir [3].

2.4. Bitümlü Sıcak Karışım

Bitümlü Sıcak Karışım, 145-165°C sıcaklıktaki agrega karışımı ile yine aynı sıcaklıktaki ısıtılmış asfalt çimentosunun homojen olarak karıştırılması ile elde edilmektedir. Bitüm, ısıtılarak viskoz sıvı hale getirilmesi ile uygun akıcılığa gelmesinden sonra, kurutulan ve ısıtılan agrega ile bir asfalt plenti tesisinde karıştırılmaktadır. Bu karışımlar bitümlü sıcak karışım (BSK) olarak adlandırılmaktadır [4]. Bitümlü sıcak karışım, dizaynını oluşturmak

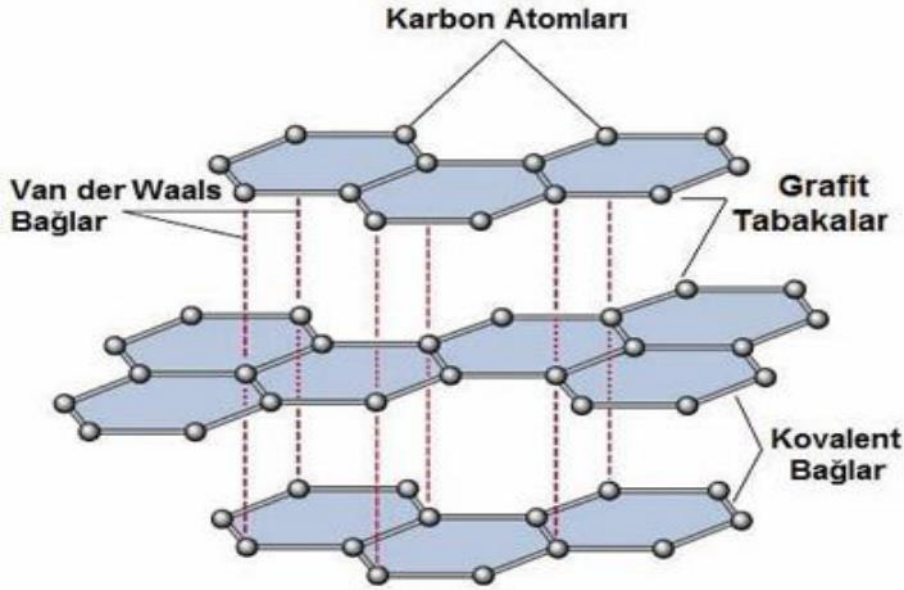
için iki deney yöntemi mevcuttur. Bu yöntemler, Superpave ve Marshall yöntemidir. Marshall yöntemi, ülkemizde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Fakat, Superpave yöntemi, yeni bir tasarım yöntemi olup ülkemizde kullanımı yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada, Marshall yöntemi kullanılmıştır. Marshall yöntemi, Bruce Marshall tarafından, tekerlek yüklerine karşı koyabilmek amacıyla düşünülmüştür. Marshall yöntemi, Superpave yöntemine göre daha kullanışlı ve hızlı bir deney yöntemidir. Marshall deney yöntemi ile stabilite, akma, pratik özgül ağırlık, bitüm oranı, bitümle dolu boşluk oranı, boşluk oranı, agregalar arası boşluk oranı değerleri tespit edilmektedir.

2.5. Taş Mastik Asfalt Karışımı (TMA)

Taş mastik asfalt karışımında kaba agreganın miktarı ince agregaya ve filler miktarına göre daha fazladır. Karışımda, iri agregaların fazlalığı iskeletsel yapıda boşluklar meydana getirmektedir. Bu boşluklarda ince agregaya + filler + bitüm harcı ile (mastik harç) doldurulmaktadır. Bu yapıdaki karışıma, taş mastik asfalt karışımı denilmektedir. TMA karışımındaki kaba agreganın yüksek olmasının nedeni, ağır trafik yüklerine karşı yüksek dane teması ve iç kenetlenmeyle mukavemeti arttırmaktır. Taş mastik asfalt karışımında, bitüm miktarı fazladır ve durabiliteyi arttırmaktadır. TMA karışımında, bitüm oranının yüksek olması nedeniyle, karışımdan bitümün süzülmesini önlemek amacıyla karışıma selüloz elyaf ilave edilmektedir. TMA yapımında katkıların kullanılması bitüm miktarını artırmasına, buna bağlı durabilitenin yükselmesine ve oluşan deformasyonlara karşı dayanımı arttırmaktadır [4]. Bu çalışmada dizaynda, %4,5 LG 501 SBS (Kraton) katkılı Modifiye Bitüm ve Viatop 66 Selüloz Elyaf (%0,35) kullanılmıştır.

2.6. Grafit

Karbonun bir allotropu olan grafit, ametal bir elementtir. Hekzagonal kristal yapısına sahip Grafit'te, Şekil 2.1'de görüldüğü gibi karbon atomları iki boyutlu düzlemde, tabakalar halinde birbirine bağlanmıştır. Karbonların bu dizilimi sayesinde tabakalar birbirlerinin üzerinde kolayca kayar. Grafit'in yağlayıcı bir özellikte olması bu sebeptendir. Karbon atomlarının oluşturduğu tabakalar içerisindeki bağlar oldukça kuvvetlidir. Tabakalar, arasındaki bağlar ise zayıftır. Bunun sonucunda Grafit, genel olarak kaygan bir davranış göstermektedir [5].



Şekil 2.1. Grafit'in kimyasal yapısı

Grafit'in, ısıya, asit, baz ve tuzlara karşı dayanımı oldukça yüksektir. Kimyasal tepkimelere duyarsız olup kararlı bir yapıdadır. Doğada katı halde bulunur, erime sıcaklığına ulaştığında sıvı hale geçmeyip doğrudan gaz haline geçer. Erime sıcaklığı 3927 °C'dir. Yanma sıcaklığı oksijenli ortamlarda 600-670 °C'dir. Normal hava koşullarında, 3500°C'de yanıcı değildir [5].

Bir karbon minerali olan Grafit, doğada siyah ve gri renkte, daha çok magmatik kayalar ile birlikte katı formda bulunmaktadır. Karbonun bir allotropudur ve karbon atomlarının dizilimi nedeniyle yağlıca özelliktedir. Yumuşak bir yapıda olup bükülme özelliğine sahiptir. Kullanım alanı oldukça fazladır. Kurşun kalemde belirli miktarda Grafit bulunmaktadır. Grafit'in yüksek sıcaklıklardaki performansı, asit, baz ve tuzlara karşı dayanımı nedeniyle döküm sanayiinde, bazı laboratuvar malzemeleri ve boya malzemelerinin üretiminde kullanılmaktadır. Metal aletlerin yağlanması, araba balataları, lastik, motor yağlarında katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. İyi bir iletken olan Grafit, elektronik malzemelerin üretiminde de kullanılmaktadır [6]. Oldukça fazla kullanım alanına sahip Grafit, Avrupa Birliği'nin belirlediği kritik hammaddeler arasında yer almaktadır [7]. Grafit, ısıya karşı direncinin yüksek olması nedeniyle nükleer enerjide nötron yavaşlatıcı olarak da kullanılmaktadır [8].

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

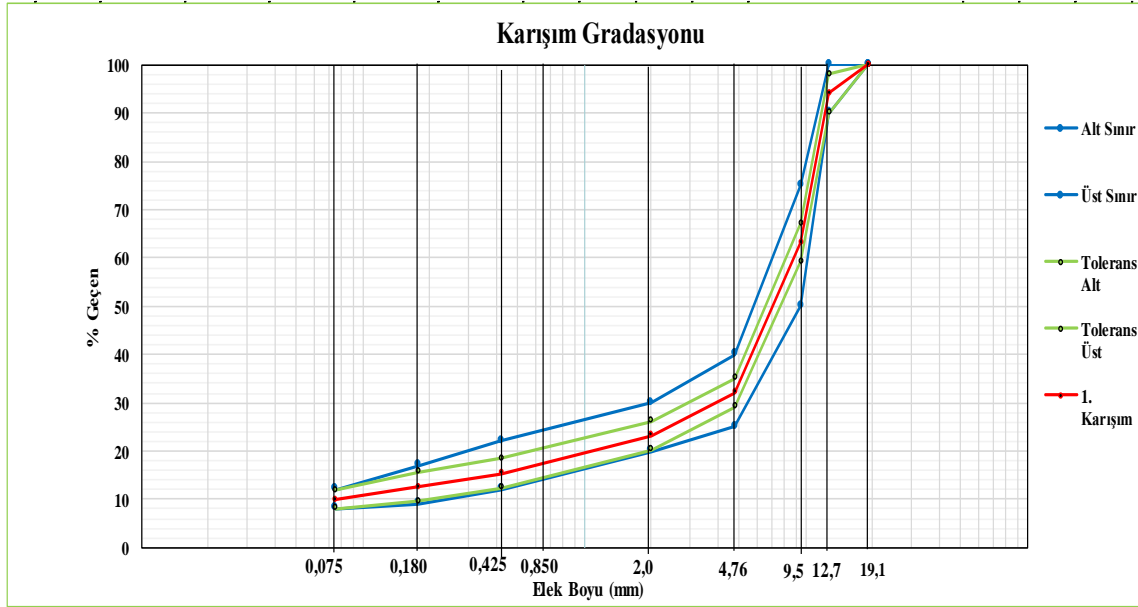
3.1.Karışım Oranları ile Karışım Gradasyonu Tolerans Limitleri

Dizaynda, ERAY BAZALT taş ocağında üretilen (7-13 mm ve 13-19 mm) bazalt malzemesi ve Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Ana Gövde KM 147+500 Yarma ve Yan Ariyet Ocağından 0-5 mm (Meta Kumtaşı) dane boyutu grubu agregalar ile %4,5 LG 501 SBS katkılı Modifiye Bitüm ve Viatop 66 Selüloz Elyaf (%0,35) kullanılmıştır. Karışım gradasyonunun hazırlanmasında, aşağıdaki Tablo 3.1’de verilen elek analizi sonuçları esas alınmıştır. Tablo 3.1’de agregaların kullanım miktarları ile dizayn gradasyonu ve tolerans limitleri verilmiştir. Karışım gradasyonu (13-19 mm), (7-13 mm), (0-5 mm) ve filler dahil dört ayrı dane grubunun belirli oranlarda karıştırılmasından oluşturulmuştur. Bu agregalar, bitümlü malzemeler ile karıştırıldığında agrega karışımı üniform ve homojen olacaktır [3]. Agrega karışımının Tablo 3.1’de belirtilen dizayn tolerans limitleri ve şartname limitleri arasında olması gerekmektedir. Tablo 3.1’de görüldüğü gibi karışımının maksimum dane boyutu 19 mm’dir. Belirlenen karışımda kaba agrega yüzdesinin ince agrega ve filler miktarına göre fazla olmasının nedeni, kaba agrega ile dayanımı arttırmak, kaplamadaki deformasyonları azaltmaktır. Hazırlanacak olan karışımlarda kaba agreganın fazla olması agregalar arası boşluk miktarını arttırmaktadır. Bu boşluklarda, mastik harç denilen modifiye bitüm, filler, ince agrega ve bitümün kusmasını önleyen elyaf ile doldurulmaktadır [9].

Tablo 3.1. Agregaların kullanım miktarları ile dizayn gradasyonu ve tolerans limitleri

Elek Boyu		13-19 mm	7-13 mm	0-5 mm	Filler	Karışım	Dizayn Tolerans Limitleri		K.T.Ş TMA AŞINMA Tip-1-A (2014)	
mm.	inch	12,0%	58,0%	20,0%	10,0%	100,0%				
19,1	3/4"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100	100
12,7	1/2"	51,0	100,0	100,0	100,0	94,1	90,1	98,1	90	100
9,52	3/8"	5,1	56,1	100,0	100,0	63,2	59,2	67,2	50	75
4,76	No.4	1,4	3,4	100,0	100,0	32,1	29,1	35,1	25	40
2,00	No.10			66,0	100,0	23,2	20,2	26,2	20	30
0,420	No:40			26,8	100,0	15,4	12,4	18,4	12	22
0,177	No:80			18,5	88,6	12,6	9,6	15,6	9	17
0,075	No.200			11,4	75,3	9,8	8,0	11,8	8	12

Aşağıda gösterilen Grafik 3.1 çizimi, Tablo 3.1’de belirlenen karışım dizaynına esas olacak çeşitli tane grubundaki malzemelerin gradasyonu, dizayn tolerans limitleri ve şartname limitleri esas alınarak çizilmiştir [10]. Grafik 3.1’den görüldüğü gibi karışım gradasyonu, şartname ve tolerans limitleri arasındadır.



Grafik 3.1. Karışım gradasyonunun grafiği

3.2. Agregada Deneylerinin Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneylere ait sonuçlar Tablo 3.2’de verilmiştir ve deney sonuçlarının Karayolları Teknik Şartnamesi kriterlerine uygunluğu gösterilmiştir.

Tablo 3.2’de belirtilen agregalara uygulanan deneylerin amaçları kısaca aşağıda açıklanmıştır:

Agreganın özgül ağırlığı ve absorpsiyonu; Agregaların özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, agregalara TS EN 1097-7’ye uygun olarak özgül ağırlık deneyi uygulanmıştır [11]. Birim hacimdeki agreganın havadaki ağırlığının, aynı hacimde ve sıcaklıkta 25°C’deki saf suyun ağırlığına oranı, agreganın özgül ağırlığıdır. Danenin, hacim tanımlamasına bağlı olarak, hacim, zahiri ve efektif özgül ağırlık türü vardır. Hacim özgül ağırlık, geçirimsiz ve geçirimli tüm boşluklarla katı dane hacmini, zahiri özgül ağırlık,

geçirimsiz boşluklarla beraber katı dane hacmini, efektif özgül ağırlık ise, asfalt absorbe eden boşluklar dışında tüm hacmi kapsar [12].

MgSO₄ donma kaybı deneyi; Agregaların özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, agregalara TS EN 1367-2'ye uygun olarak MgSO₄ donma kaybı deneyi uygulanmıştır [13]. Uzun süre boyunca hava tesirlerine maruz kalan agregaların çözülme ve donmaya karşı gösterdikleri dayanımın tespit edilmesi için uygulanan kolay ve hızlı bir deneydir [4].

Metilen mavisi deneyi; Agregaların özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, agregalara TS EN 933-9'da belirlenmiş koşullar esas alınarak metilen mavisi deneyi uygulanmıştır [14]. Bu deney ile agregalardaki kirlilik miktarı tespit edilmektedir [15]. Agregada kil vb. organik maddeler bulunmamalıdır. Boya absorpsiyonu ile yapılan deneyde, ince agregadaki kil miktarı belirlenmektedir [12].

Los Angeles aşınma kaybı deneyi; Agregaların özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, agregalara TS EN 1097-2'ye uygun olarak Los Angeles aşınma kaybı deneyi uygulanmıştır [16]. Darbeleme ve aşınma sonucu agreganın standart gradasyonunun ne ölçüde bozulduğunu, agrega yüzeyinde ve bünyesindeki deformasyonu ölçen deneydir.

Bu deneyde dane büyüklüğü 75 mm'den küçük olan kaba agregalar kullanılır ve Los Angeles aşınma makinesi ile agregaların aşınmaya karşı direnci belirlenir [4].

Yassılık indeksi deneyi; Agregaların özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, agregalara TS EN 933-3'e uygun olarak yassılık indeksi deneyi uygulanmıştır [17]. Agregada karışımındaki danelerin belirli yassılıkta olması istenmektedir ve böylece karışımında bulunan yassı daneler, kolaylıkla bitüm ile bağ kurabilmektedir [18]. Yassı agregalar; kalınlığı, nominal boyutunun 0,6'sından daha küçük olan agregalardır. Agregaların yassılık indeksini belirlerken, açıklıkları olan bir şablon kullanılır ve şablondan geçirilen yassı danelerin ağırlığı, toplam numune ağırlığına oranlanır. Bu oranın yüzdesi yassılık indeksidir [4].

Soyulma mukavemeti deneyi; Agregaların özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, agregalara TS EN 12697-11'e uygun olarak soyulma mukavemeti deneyi uygulanmıştır [19]. Asfalt kaplamalarda, zamanla su ve sıcaklık etkisiyle agrega bitüm adezyonunda azalma görülür ve bu durum kaplamanın deforme olmasına neden olur. Agregada ve bitüm

adezyonun belirtilen etkiler atında soyulmaya karşı direnci, soyulma mukavemeti deneyi ile saptanabilmektedir. Soyulma miktarında, kullanılan agrega cinsi (kalker, bazalt, gibi), yapısı ve bitümlü bağlayıcı çeşidi etkilidir. Deney sonucunda, agreganın soyulma mukavemeti düşük bulunur ise, kullanılacak bitüme katkı maddeleri ilave edilir ve miktarı deneyle belirlenir. Böylece, soyulma mukavemeti artırılır [4]. Tablo 3.2’de belirtilen deney sonuçlarından da görüldüğü gibi soyulma mukavemeti için katkı kullanılmasına gerek yoktur.

Tablo 3.2. Agrega deneylerinin sonuçları

AGREGA DENEYLERİNİN SONUÇLARI					
Ocak Adı		Eray Bazalt, Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Ana Gövde KM:147+500 Yarma ve Yan Ariyet Ocağı			
	Kaba Agrega	İnce Agrega	Filler	Şartname Limitleri	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,668	2,686			TS EN 1097 - 7
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,735	2,715	2,716		
Absorpsiyonu %	0,92	0,40			
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,703		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,703		
MgSO ₄ Donma Kaybı, %			2	≤ 14	TS EN 1367-2
Metilen Mavisı, g/kg			0,5	≤ 3	TS EN 933-9
Los Angeles Aşınma Kaybı, %			15	≤ 25	TS EN 1097-2(2010)
Yassılık İndeksi, %			10	≤ 25	BS 812
Soyulma Mukavemeti %(dizaynda kullanılan bitüm ile)			85-90	≥ 60	KTŞ 403.K.1s Ek-A

3.3.Bitüm Deneylerinin Sonuçları

Dizaynda kullanılan bitüme uygulanan deneylere ait sonuçlar Tablo 3.3’te verilmiştir. Bitüme uygulanan deneylerin amaçları kısaca açıklanmıştır.

Parlama noktası deneyi; Bağlayıcı özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, bitümlü bağlayıcılara TS EN ISO 2592’ye uygun olarak parlama noktası deneyi uygulanmıştır [20]. Bir maddenin buharının alev aldığı fakat yanmayı sürdürmediği en düşük sıcaklıktır.

Bitümün, uygulama esnasında yüksek sıcaklıklarda ısıtılırken oluşabilecek herhangi bir yanma ve alev alma durumuna karşı önlem almak bakımından parlama noktası önemlidir [4].

Bitüm Özgül Ağırlığı; Bağlayıcı özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, bitümlü bağlayıcılara TS EN 15326+A1'e uygun olarak bitüm özgül ağırlığı deneyi uygulanmıştır [21]. 25°C'de, bitümlü malzemenin hacminin havadaki ağırlığı ile aynı koşullarda ve hacimdeki suyun ağırlığına oranı bitüm özgül ağırlığını vermektedir. Genellikle piknometre metodu ve özgül ağırlığın tayini metodu ile belirlenir [4].

Bitüm penetrasyonu; Bağlayıcı özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, TS EN 1426'da belirlenmiş koşullar esas alınarak bitümlü bağlayıcılara, bitüm penetrasyon deneyi uygulanmıştır [22]. Bitümlü bağlayıcının kıvamlılık veya sertliğini belirlemek amacıyla penetrasyon deneyi yapılır. Penetrasyon değeri, 100 gram ağırlığında bir iğnenin, 5 saniye süre sonunda asfaltın içine dikey olarak batma mesafesidir. Penetrasyon değeri ve kıvamlılık birbiriyle ters orantılıdır. Penetrasyon değeri arttıkça bitümün yumuşadığı, penetrasyon değeri azaldıkça bitümün sertleştiği ve kıvamlılığının arttığı görülmektedir [4].

Yumuşama noktası; Bağlayıcı özelliklerini tespit edebilmek amacıyla, bitümlü bağlayıcılara TS EN 1427'de belirlenmiş koşullar esas alınarak yumuşama noktası deneyi uygulanmıştır [23]. Bitümlü bağlayıcının, sıcaklık karşısındaki performansını ölçmek için yüzük-bilya yöntemi ile yumuşama noktası deneyi yapılır. Bu deneyle, bitümün akmaya başladığı sıcaklık belirlenir. Yumuşama noktası değeri arttıkça bitümlerin viskozitesi de artmaktadır. Bu nedenle bitümlü sıcak karışım uygulama sıcaklıkları da yüksek olmaktadır [4].

Tablo 3.3. Bitüm Deneylerinin Sonuçları

Dizaynda Kullanılan Bitüme Yapılan Deneyler		
Cinsi	B 50/70	
Parlama Noktası, °C	320	TS EN ISO 2592
Bitüm Özgül Ağırlığı, gr/cm³	1,016	TS EN 15326+A1
Bitüm Penetrasyonu, mm	62	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C	47	TS EN 1427

3.4. Grafit'in İlave Edileceği Karışımın Deney Sonuçları

Dizayn, Marshall yöntemi ile yapılmış olup optimum bitüm, kuru agregaya göre ağırlıkça 6,10 (100 gram agrega + 6,10 gram uygun özellikte bitüm) olarak bulunmuştur. Karışımın bitüm miktarını belirlemek için yapılan Marshall deney sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir. Asfalt karışımlarda bitümün, belirli hacimde olması gerekir [24]. Optimum bitüm yüzdesi, genellikle boşluk değeri dikkate alınarak bulunur. Boşluk değeri dikkate alınarak diğer değerlerin şartname kriterlerini sağlayıp sağlamadığına bakılır. Bitüm miktarını belirlerken yine karışımın kullanılacağı bölgenin iklim şartları da göz önünde bulundurulur [25]. Karışımlar hazırlanırken, sıcak ve soğuk yerlerde oluşabilecek deformasyonları azaltmak, dayanımı artırmak ve durabiliteyi sağlamak için uygun karışımlar belirlenmelidir [4]. Tablo 3.5'te görüldüğü gibi optimum bitüm değerinde boşluk miktarı, agregalar arası boşluk miktarı vb. deney sonuçları şartname limitlerine uygundur. Karışım sonucunda belirlenen optimum bitüm miktarı sabit kalmak koşuluyla ilerleyen bölümlerde 3.6.3'te belirtilen miktarlarda Grafit malzemesi ile karıştırılmıştır. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Tablo 3.4. Karışımdaki bitüm miktarını belirlemek için Marshall yöntemi ile yapılan deney sonuçları

Biriket No	BİTÜM		Sıcaklık °C	Biriket Yüksekliği				Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doğum Yüzey Ağırlığı (gr)	Hacim (cm ³)	Hacim Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Mak.Teo. Öz. Ağırlık (gr/cm ³)	Boşluk (%)	Ag. Arası Boşluk (%)	Asfaltla Dolu Boşluk (%)
	(%e)	(%de)		1	2	3	Ort.									
	Wa	Wb		A	C	B	V									
1	5,5	5,21	145	62,9	63,1	63,1	63,0	1149,1	668,6	1152,7	484,1	2,374	2,487	4,5	15,9	71,5
2			145	63,5	63,7	63,4	63,5	1147,2	666,3	1150,3	484,0	2,370				
3			145	63,2	63,5	63,2	63,3	1148,0	668,4	1150,9	482,5	2,379				
Ortalamalar												2,374				
4	6,00	5,66	145	62,0	61,9	62,1	62,0	1135,4	661,3	1138,0	476,7	2,382	2,470	3,6	16,0	77,7
5			145	63,1	63,2	62,9	63,1	1133,8	661,1	1135,8	474,7	2,388				
6			145	62,5	62,5	62,5	62,5	1141,8	664,0	1144,6	480,6	2,376				
Ortalamalar												2,382				
7	6,5	6,10	145	62,6	62,6	62,4	62,5	1137,1	661,5	1139,1	477,6	2,381	2,454	2,7	16,3	83,1
8			145	61,7	61,7	61,6	61,7	1136,6	662,5	1137,6	475,1	2,392				
9			145	61,8	61,7	61,7	61,7	1134,7	660,9	1136,3	475,4	2,387				
Ortalamalar												2,387				
10	7	6,54	145	61,3	61,4	61,7	61,5	1101,5	636,1	1103,5	467,4	2,357	2,438	3,3	17,7	81,4
11			145	61,9	61,7	61,8	61,8	1103,3	637,8	1105,6	467,8	2,358				
12			145	61,9	61,9	61,7	61,8	1105,5	639,2	1107,9	468,7	2,359				
Ortalamalar												2,358				

Tablo 3.5. Karışımın deney sonuçları

KARIŞIMIN DENEY SONUÇLARI		
	DİZAYN	ŞARTNAME
Optimum Bitüm	6,1	Min. 5,8
Elyaf Miktarı%	0,35	0,3-1,0
Boşluk,%	3,37	2-4
Pratik Özgül Ağırlık g/cm ³	2,384	
Teorik Özgül Ağırlık g/cm ³	2,467	
V.M.A.,%	16,1	Min.16

3.5. Grafit Deneylerinin Sonuçları

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan Grafit malzemesine uygulanan fiziksel ve kimyasal deneylere ait sonuçlar Tablo 3.6'da verilmiştir. Grafit malzemesinin filler malzemesi yerine kullanılabilirliğinin tespiti için yapılan elek analizi sonuçları bölüm 3.6.2'de verilmiştir.

Tablo 3.6. Grafit deneylerinin sonuçları

GRAFİT TOZUNUN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	
Formu	Katı
Renk	Siyah
Koku	Kokusuz
Ph	5-6
Su Çözünürlüğü(20 C°)	Çözünmez
Bağlı Yoğunluk(20 C°- g/cm³)	2,2

3.6. Grafit'li Karışımın Hazırlanması İçin Yapılan Deneyler

Bu çalışmada, yukarıda belirtilen bitümlü sıcak karışım taş mastik dizaynındaki filler malzemesi yerine belirli oranlarda grafit malzemesi eklenerek, Grafit malzemesinin, bitümlü sıcak karışım içindeki performansı incelenmiştir.

Marshall yöntemi ile yapılacak dizaynda BSK dizayn numunelerinin hazırlanması için izlenen adımlar aşağıda belirtilmiştir.

Daha önce Tablo 3.1'de belirlenmiş olan agrega gradasyonuna bağlı karışımın filler oranına bağlı Grafit miktarını belirlemek üzere %6, %10, %15 Grafit içeriklerinde numuneler hazırlanmıştır. Dizayn karışımına ait, yeterli veri elde edilebilmesi için her bir Grafit içeriğinde en az üç numune hazırlanmıştır. Bu nedenle, bir Marshall dizaynı üç farklı Grafit içeriğinde yapılacağından en az 9 numuneye gerek olacaktır [26]. Her bir numune yaklaşık olarak 1.1 kg agrega karışım numunesi ile hazırlanmıştır.

3.6.1. Agregaların hazırlanması

Agregalar, ilk öncelikle yüzeylerinde bulundurabileceği toz vb. maddelere karşı yıkanmıştır. Yıkanan agregaları 105°C'de sabit ağırlığa gelene kadar fırında kurutulmuş ve istenen eleklerden kuru yöntem ile Şekil 3.2'te görüldüğü gibi elenerek ayrılmıştır. Malzemelerin tane boyut dağılımını belirlemek için en kolay ve en yaygın yöntem elek analizi yöntemidir. Eleme işlemi, otomatik veya elle yapılabilir [27]. Elle eleme yöntemiyle yapılan elek analizi Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Bu yöntem ile karışımı oluşturan malzemelerin boyutları belirlenmiştir. Boyut dağılımı ile karışımda hangi boyutta ne kadar miktar malzeme bulunduğu gösterilmiştir. Elek analizinde kullanılacak olan en iri elek açıklığı, karışımda kullanılacak en iri dane boyutuna göre seçilmiştir. Eleme işlemi için aşağıda belirtilen elek serisi kullanılmıştır.

- 19,1 mm – 12,7 mm (3/4 inç-1/2 inç)
- 12,7 mm – 9,5 mm (1/2 inç -3/8 inç)
- 9.5 mm – 4.76 mm (3/8 inç - No. 4)
- 4.756mm – 2 mm (No. 4 - No. 10)
- 2 mm – 0,420 mm (No.10-No.40)
- 0,420 mm – 0,177 mm(No.40-No.80)
- 0,177 mm – 0,075 mm(No.80-No.200)



Şekil 3.1. Agregaların elenmesi



Şekil 3.2. Agregaların elle eleme yöntemiyle dane boyutlarına göre ayrılması

3.6.2. Grafit malzemesinin elek analizi

Bir malzemenin filler sayılabilmesi için elek analizi sonucu tamamının 0,425 mm elekten geçmesi ve ağırlıkça en az %70'inin 0,075 mm elekten geçiyor olması gerekir [3]. Bu çalışmada, Grafit malzemesi filler yerine kullanılacağı için No.200 elekte elenip karışıma ilave edilmiştir. İlk öncelikle Grafit malzemesi Şekil 3.3'te gösterildiği gibi yıkanmıştır. Daha sonra etüvde kurutulmuştur (Şekil 3.4). Etüvde kurutulan Grafit malzemesinin (Şekil 3.5) elek analizi sonucu ağırlıkça en az %70'inin 0,075 mm (No. 200) elekten geçen

malzeme olması esasına dayanarak elenmiş ve karışıma hazır edilmiştir (Şekil 3.6). Tablo 3.7’de, açıklanan deney sonuçlarında 0,075 mm (No. 200) eleğinden geçen malzeme miktarının %70’ten fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 3.7. Grafit malzemesinin filler malzemesi yerine kullanılabilirliğinin tespiti için yapılan elek analizi sonuçları

Elek Boyu		Kalan(gr)	Kalan%	Geçen%
mm.	inch			
0,42	No.40	0		100
0,177	No.80	5,4	5,4	94,6
0,075	No.200	27,2	27,1	72,9
Net Numune(gr)		100,4		



Şekil 3.3. Grafit malzemesinin elek analizi için yıkanması



Şekil 3.4. Grafit malzemesinin etüvte kurutulması



Şekil 3.5. Etüvde kurutulan grafit malzemesi



Şekil 3.6. Grafit malzemesinin elek analizi

3.6.3. Dizayn karışım miktarlarının belirlenmesi

Agrega karışımı hazırlamak için gerekli agrega malzeme miktarları hesaplanarak Tablo 3.8’de verilmiştir. Karışıma ilave edilecek Grafit malzemesi, yüzdelerine göre hesaplanarak miktarları Tablo 3.9’da verilmiştir. Agregaya karışımına ilave edilecek bitüm ve selüloz elyaf Viatop miktarları da Tablo 3.10’de hesaplanarak verilmiştir.

Tablo 3.8’deki sonuçların hesaplanmasına ilişkin çalışmalar;

Karışım gradasyonunun da her elek arası hesaplanmıştır ve 1100 gram içindeki miktarı belirlenmiştir.

19,1 mm ile 12,7 mm elek arasındaki karışım gradasyonu elek arası;

$$100 - 94,1 = \%5,9$$

1100 gr agrega karışımı içindeki 19,1 mm ile 12,7 mm elek arasındaki malzeme miktarı (gr);

$1100 * 5,9 / 100 = 64,9$ gramdır.

Diğer eleklerle ait malzeme miktarları da aynı yöntemle hesaplanmıştır ve Tablo 3.8'de sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.8. Karışım gradasyonu elek arasına göre malzeme miktarı

Elek Boyu		Karışım Gradasyonu %	Karışım gradasyonu elek arası %	1100 gr agrega karışımı içindeki malzeme miktarları(gr)
mm.	inch			
19,1	3/4"	100,0		
			5,9	64,9
12,7	1/2"	94,1		
			30,9	339,9
9,52	3/8"	63,2		
			31,1	342,1
4,76	No.4	32,1		
			8,9	97,9
2,00	No.10	23,2		
			7,8	85,8
0,420	No:40	15,4		
			2,8	30,8
0,177	No:80	12,6		
			2,8	30,8
0,075	No.200	9,8		
FİİLER			9,8	107,8

Tablo 3.9'daki sonuçların hesaplanmasına ilişkin çalışmalar;

1100 gr agrega karışımındaki toplam filler miktarı 107,8 gramdır. Fillerin % 6'sının Grafit miktarı;

$107,8 * 6 / 100 = 6,47$ gramdır.

$107,8 - 6,47 = 101,33$ gram filler malzemesidir.

1100 gram agrega karışımında, 6,47 gram Grafit (% 6) ve 101,33 gram filler kullanılmıştır (Tablo 3.9).

%10 ve %15 Grafit yüzdelere ait malzeme miktarları da aynı yöntemle hesaplanmıştır ve Tablo 3.9’da sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.9. %6, %10 ve %15 Grafit’e göre karışımdaki Grafit miktarı

Grafit Yüzdesi (%)	Grafit(gr)	Filler(gr)	Karışımdaki Toplam Filler Miktarı(gr)
6	6,47	101,33	107,8
10	10,78	97,02	107,8
15	16,17	91,63	107,8

Tablo 3.10’deki sonuçların hesaplanmasına ilişkin çalışmalar;

1100 gram agrega karışımına % 0,35 selüloz elyaf Viatop ve % 6,1 oranında bitüm ilave edilmiştir;

$$1100 * 0,35 / 100 = 3,85 \text{ gram selüloz elyaf Viatop,}$$

$$[1100 \text{ gram agrega} + 3,85 \text{ gram selüloz elyaf Viatop}] * 6,1(\% \text{’e Bitüm}) / 100 = 67,33 \text{ gram Bitüm}$$

Tablo 3.10. Agrega karışım dizaynındaki ilave malzeme miktarları

Agrega karışımına ilave malzeme miktarları	Selüloz Elyaf Viatop %0,35	Optimum Bitüm Miktarı %6,1
1100 gr	3,85 gr	67,33 gr

3.6.4.Malzemelerin karıştırılması ve Marshall tokmağı ile sıkıştırılması

Bölüm 3.6.3’te belirtilen dizayn karışım miktarları belirtilen miktarlarda tartılmış olup Şekil 3.7’de verilmiştir. Şekil 3.8’de etüvde 150°C - 160°C’de bekletilen malzemeler (agrega, bitüm, viatop, kaşık, Marshall briket kalıpları) gösterilmiştir [28]. Yine aynı sıcaklıkta bekletilen metal tencere içinde, belirtilen oranlarda malzemeler Şekil 3.9’da gösterildiği gibi karıştırılarak sıkıştırılmak üzere Şekil 3.10’deki Marshall briket kalıpları içine konulmuştur.

Karayolları Teknik Şartnamesi’nde belirtildiği gibi, Marshall briketlerinin 25 kez şişlenmesi işleminden sonra sıcaklığının 145°C’ye kadar düşmesi beklenmiştir (Şekil

3.11). Uygun sıcaklığa ulaşan briketler Marshall tokmağı ile 2×50 darbeyle Şekil 3.12’de gösterildiği gibi sıkıştırılmıştır. Her bir Grafit yüzdesi için 3 tane numune hazırlanmıştır.



Şekil 3.7. Malzemelerin belirtilen miktarlarda tartılması



Şekil 3.8. Malzemelerin etüvde uygun sıcaklığa gelene kadar bekletilmesi



Şekil 3.9. Malzemelerin karıştırılması



Şekil 3.10. Karışımın Marshall briket kalıplarına dökülmesi



Şekil 3.11. Sıkıştırma işlemi için uygun sıcaklığın (145 °C) beklenmesi



Şekil 3.12. Marshall tokmağı ile briketlerin sıkıştırılması

Bu şekilde hazırlanan Marshall briketleri 24 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra briket kalıplarından numune çıkarma krikosu yardımıyla çıkartılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Marshall briketlerinin kalıplarından çıkartılması

3.6.5. Briketlerin yüksekliklerinin ölçülmesi

Marshall briketlerinin her birinin yüksekliği 3 noktadan ölçü aleti ile ölçülmüştür (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Marshall briketlerinin yüksekliğinin ölçülmesi

3.6.6.Marshall briketlerinin hacim özgül ağırlıklarının belirlenmesi

Kütle hacim özgül ağırlığının belirlenmesi, sıkıştırılmış numunelerin oda sıcaklığına soğuduktan sonra hassas terazide tartılmasıyla belirlenir. İlk öncelikle her bir briketin havadaki kuru ağırlığı belirlenmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Briketin havadaki kuru birim ağırlığının belirlenmesi

Havadaki kuru ağırlığı tartıldıktan sonra sudaki ağırlığı tartılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Briketin sudaki ağırlığının belirlenmesi

Briketin sudaki ağırlığı belirlendikten sonra briket yüzeyi havlu ile kurutulup doymun yüzey ağırlığı için briket tartımı yapılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Briketin doymun yüzey ağırlığının belirlenmesi

3.6.7.Marshall briketleri üzerinde stabilite ve akma deneylerinin yapılması

Stabilite ve akma, dizaynda önemli bir rol üstlenir. Akma, bitümün trafik altında yüke göstermiş olduğu direnç, stabilite ise agrega karşımının yük altında göstermiş olduğu dirençtir [29]. Her ikisi de Marshall dizaynında önemlidir. Düşük akma ve stabilite değerleri asfaltın ömrünü minimum seviyeye indirir, bu durum yol üstyapılarında istenmeyen bir durumdur [30].

Marshall stabilitesi ve akma deneyi, sıkıştırılmış silindirik numunelere uygulanır. Belirlenmiş sabit bir basınç altında, 51mm/dakika hızında, briketlerin çelik plakalara yerleştirilmesiyle yükleme gerçekleştirilmiştir. Yükleme esnasındaki maksimum kuvvet (kN) stabiliteyi, maksimum kuvvette ki deformasyonda akmayı (mm) vermektedir [31].

Deneyde ilk olarak, briket numuneleri su banyosunda $60 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 30 dk bekletilmiştir. Hem stabilite hem de akma değeri belirlenirken numunenin su banyosundan çıkarılmasından itibaren toplam 30 saniye içerisinde ölçümün tamamlanması gerekmektedir. Briket numunesi sıcak su havuzundan çıkartılmış ve bir havlu ile yüzeyi kurutulup, 50 kN kapasiteli Marshall stabilite deney cihazına yerleştirilip maksimum yük

ve akma değerleri ölçülmüştür. Mashall akma ve stabilite değerleri dijital olarak Marshall test cihazından okunmuştur (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Briketlerin akma ve stabilite değerlerini belirlenmesi

Tablo 3.12’de kaba agrega, ince agrega, filler ve Grafit malzemelerinin fiziksel özellikleri ve karışım yüzdeleri verilmiştir.

Grafit karışımlı dizayn, Marshall yöntemiyle yapılmıştır. Her Grafit yüzdesi için Tablo 3.11’de verilen formüllerle hesaplanan pratik yoğunlukları (D_p), teorik özgül ağırlıkları (D_t), asfaltla dolu boşluk (V_f), agregalar arası boşluk (VMA), hava boşluğu (V_h), Marshall briketlerinin ortalama yükseklikleri ve briket yükseklikleri esas alınarak belirlenen düzeltilmiş stabilite ve akma değerleri Tablo 3.13’de verilmiştir. Tablo 3.13’de bölüm 3.6 kapsamında yapılan tüm deney sonuçları yer almaktadır. Bu deney sonuçlarının hesaplanmasında Tablo 3.11’deki formüller kullanılmıştır.

Tablo 3.13’de görüldüğü gibi karışım içindeki Grafit yüzdeleri (%6, %10, %15) arttıkça hacim özgül ağırlık, asfalt dolu boşluk, stabilite ve akma değerlerinde azalma, boşluk miktarı ve agregalar arası boşlukta artma olmuştur.

Tablo 3.11. Deney sonuçlarını hesaplama işleminde kullanılan formüller

AÇIKLAMALAR	FORMÜLLER
Dp : Pratik Yoğunluk Dt : Teorik Yoğunluk Gef : Agregaların Efektif Özgül Ağırlığı Gsb : Agregaların Hacim Özgül Ağırlığı Gsa : Agregaların Zahirî Özgül Ağırlığı Vf : Asfaltla Dolu Boşluk VMA : Agregalar Arası Boşluk Vh : Hava Boşluğu A : Havadaki Ağırlık C : Sudaki Ağırlık B : Doygun Yüzey Ağırlığı V : Hacim Wa : Agreganın Yüzdesi Olarak Bitüm Miktarı Gb : Bitümün Özgül Ağırlığı Pba : Agreganın Bitüm Absorpsiyonu %K : Ağırlıkça Kaba Agregaların Yüzdesi %İ : Ağırlıkça İnce Agregaların Yüzdesi %F : Ağırlıkça Filler Yüzdesi Gk : Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı Gi : İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı Gf : Fillerin Zahirî Özgül Ağırlığı	$V = B - C$ $Dp = A / V$ $Dt = (100 + Wa) / ((100 / Gef) + (Wa / Gb))$ $Vh = ((Dt - Dp) / Dt) * 100$ $Gsb = 100 / ((K\% / Gk) + (İ\% / Gi) + (F / Gf))$ $VMA = 100 - ((Dp * (100 - (Wa * 100) / (100 + Wa))) / Gsb)$ $Vf = ((VMA - Vh) / VMA) * 100$ $Pba = 100 * (Gef - Gsb) / (Gef * Gsb) * Gb$

Tablo 3.13. Grafit yüzdelerine göre Marshall briketlerine ait deney sonuçları

Briket No	FİLLER MİKTARININ %6'sı GRAFIT	Emilim (%de)		Sıcaklık °C	Briket Yüksekliği			Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doğru Yüzey Ağırlığı (gr)	Hacim (cm3)	Hacim Özgü Ağırlık (gr/cm3)	Mak. Teo. Öz. Ağırlık (gr/cm3)	Boşluk (%)	Ag. Arası Boşluk (%)	Asfalta Dolu Boşluk (%)	Akma		Stabilite		Düzeltilmiş Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite	
		Wb	Wd		1	2	3										Ort.	mm	1/100 inç	kg		lb	kg
1	% 6 Grafit	5,75	145	63,0	63,6	63,0	63,2	1156,7	672,8	1160,3	487,5	2,373	2,464	3,8	16,4	76,8	4,45	17,80	641	1413	1,008	646	1424
2				63,6	64,1	63,6	63,8	1158,4	672,1	1162,1	490,0	2,364					5,03	20,12	609	1343	0,983	605	1334
3				62,8	62,6	63,1	62,8	1159,2	673,5	1161,6	488,1	2,375					5,22	20,88	632	1394	1,018	643	1418
Ortalamalar																							
1	% 10 Grafit	5,75	145	63,1	63,4	63,6	63,4	1160,7	671,6	1162,9	491,3	2,363	2,463	4,2	16,7	74,9	3,80	15,20	558	1230	1,003	560	1235
2				63,3	63,2	63,6	63,4	1158,9	671,2	1163,7	492,5	2,353					2,51	10,04	625	1378	1,003	627	1383
3				63,7	63,9	63,4	63,7	1160,3	672,9	1163,6	490,7	2,365					3,71	14,84	586	1292	0,995	583	1286
Ortalamalar																							
1	% 15 Grafit	5,75	145	64,2	63,9	64,1	64,1	1157,3	669,1	1163,8	494,7	2,339	2,460	4,7	17,2	72,7	3,99	15,96	607	1338	0,985	598	1319
2				64,0	63,8	64,1	64,0	1165,5	673,0	1169,5	496,5	2,347					3,11	12,44	605	1334	0,988	598	1319
3				63,4	63,7	63,9	63,7	1160,0	671,0	1165,1	494,1	2,348					2,81	11,24	575	1268	0,995	572	1261
Ortalamalar																							
Ortalamalar																							

4.BULGULAR

4.1.Grafit’li ve Grafitsiz Bitümlü Sıcak Karışım Sonuçlarının Karşılaştırılması

Grafitsiz sıcak karışım için 3 numune hazırlanmıştır ve bölüm 3.6 kapsamında yapılan deneyler her bir numuneye uygulanmıştır. Grafit ilavesi olmadan yapılan taş mastik asfalt karışımı Marshall briket deney sonuçları aşağıda belirtilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Grafitsiz bitümlü sıcak karışım deney sonuçları

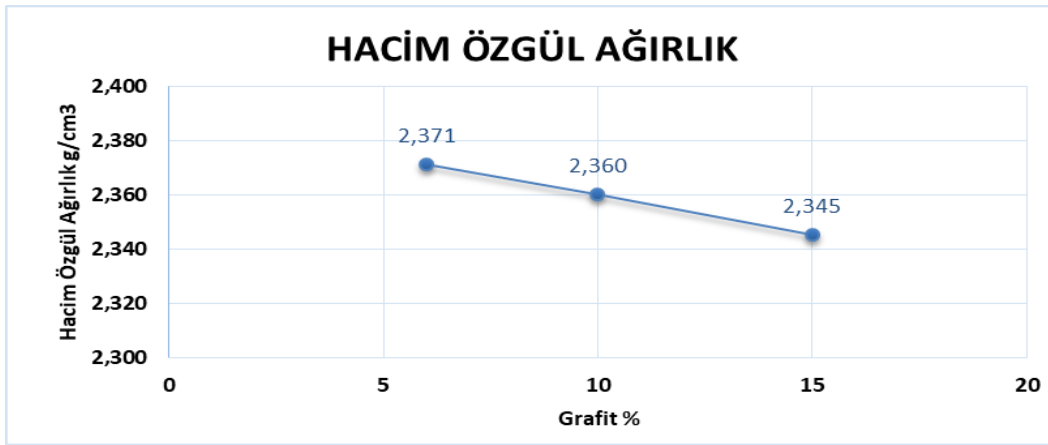
Briket No	FİLLER İLE YAPILAN ÇALIŞMA	Bitüm (%de)	Sıcaklık				Binet Yüksekliği	Havadaki Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun Yüzey Ağırlığı (gr)	Hacim (cm ³)	Hacim Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Mak.Teo. Öz. Ağırlık (gr/cm ³)	Boşluk (%)	Ag. Arası Boşluk (%)	Asfaltla Dolu Boşluk (%)	Akma		Stabilite		Düzeltilmiş Stabilite									
			1	2	3	Ort.											A	C	B	V	Dp	Dt	Vh	Vma	Vf	F	S'	Düzeltilme Faktörü	kg	lb
1	GRAFİTSİZ	5,75	145	63,7	63,9	64,3	64,0	1166,2	679,3	1168,4	489,1	2,384	2,467	3,6	16,3	77,9	4,98	19,92	1005	2216	0,988	993	2190							
2	NORMAL	5,75	145	64,4	64,5	64,8	64,6	1174,3	682,2	1176,6	494,4	2,375					5,98	23,92	1053	2322	0,973	1025	2260							
3	KTŞ TMA	5,75	145	64,9	64,8	64,9	64,9	1172,1	681,4	1175,7	494,3	2,371					6,89	27,56	1068	2355	0,968	1034	2280							
Ortalamalar												2,377				5,95	23,80	1042	2298	-	1017	2243								

Grafit’li ve grafitsiz bitümlü sıcak karışım deney sonuçları Tablo 4.2’de özetle verilmiştir. Bu iki karışım arasında karşılaştırılma yapıldığında Grafit’in karışımın özelliklerini iyileştirmediği, performansını arttırmadığı görülmektedir. Tablo 4.2’de verilen grafitsiz karışım sonuçları Tablo 3.5’te belirtilen karayolları şartname limitlerine uygundur. Fakat Grafit’li karışımında boşluk değerleri şartname limitlerine uygun değildir. KTŞ’ye göre %Boşluk değeri 2-4 aralığında olmalıdır. Grafit’li deney sonuçlarında bu değerler 4’ün üzerindedir. Diğer Grafit’li deney sonuçları (agregalar arası boşluk, asfalt dolu boşluk, akma vb.) Karayolları Teknik Şartnamesi limitlerine uygundur, fakat grafitsiz karışım performansına göre daha düşük performansa sahiptir. Aşağıda verilmiş olan çizelgelerde Grafit yüzdeleri (%6, %10, %15) arttıkça karışım performansındaki değişim rahatça görülebilmektedir.

Tablo 4.2. Grafit'li ve grafitsiz bitümlü sıcak karışım deney sonuçları

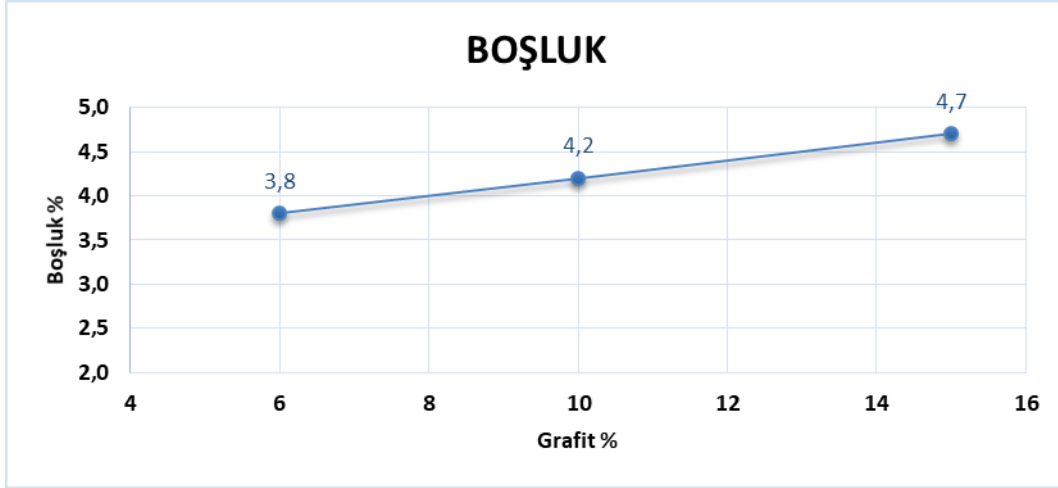
GRAFİTLİ VE GRAFİTSİZ KARIŞIM DİZAYN SONUÇLARI												
	%'de GRAFİT	Hacim Özgül Ağırlık	%'de GRAFİT	Boşluk	%'de GRAFİT	Stabilite	%'de GRAFİT	Agregalar Arası Boşluk	%'de GRAFİT	AKMA	%'de GRAFİT	Asfalt Dolu Boşluk
	Optimum Bitüm	6	2,371	6	3,8	6	631	6	16,4	6	4,90	6
6,1(%)	10	2,360	10	4,2	10	590	10	16,7	10	3,34	10	74,9
	15	2,345	15	4,7	15	589	15	17,2	15	3,30	15	72,7
	Grafitsiz Karışım	2,377	Grafitsiz Karışım	3,6	Grafitsiz Karışım	1017	Grafitsiz Karışım	16,3	Grafitsiz Karışım	5,95	Grafitsiz Karışım	77,9

Grafit miktarının değişimiyle hacim özgül ağırlık performansında yoğunluğun azaldığı görülmektedir (Grafik 4.1). Bu özellik karışımın boşluklarının tayininde kullanılır [32].



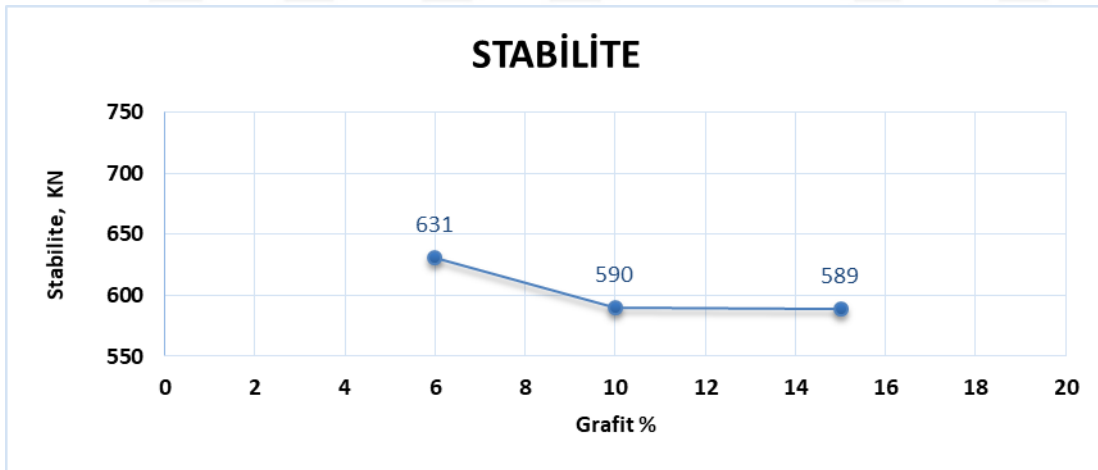
Grafik 4.1. Grafit miktarının değişimiyle hacim özgül ağırlık grafiği

Grafit miktarının değişimiyle karışımındaki boşluk miktarı artmaktadır ve buna bağlı olarak performansı azalmaktadır (Grafik 4.2). Hava veya su geçişine karşı asfalt kaplamanın direnci yüksek olmalıdır. Kaplamadaki boşluk miktarı arttıkça asfaltın geçirimsizliği artar ve tabakanın kolayca aşınmasına, tekrarlanan trafik yüklerinden dolayı oluşan, deformasyonlara karşı direncinin azalmasına neden olur [33].



Grafik 4.2. Grafit miktarının değişimiyle boşluk grafiği

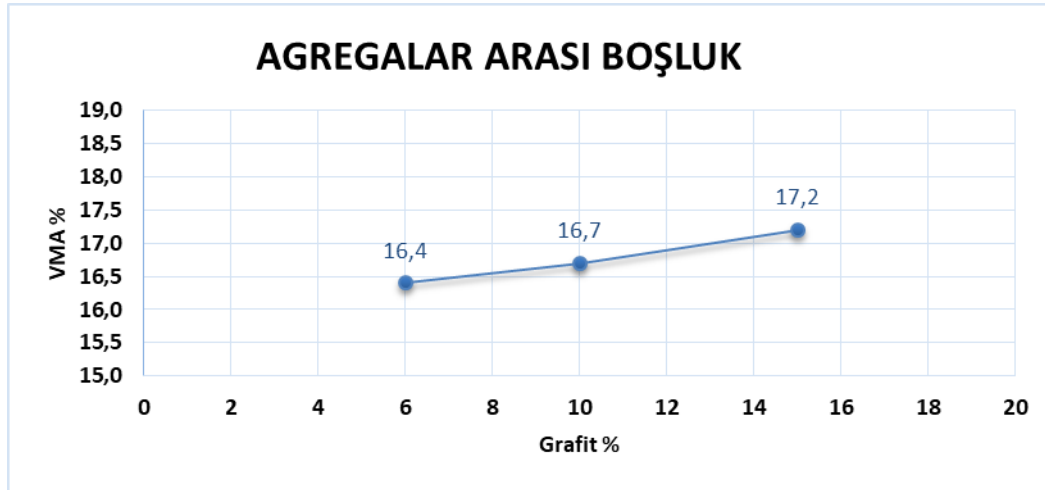
Grafit miktarının değişimiyle stabilite performansında azalma görülmektedir (Grafik 4.3). Stabilite, trafik yüklerinden dolayı meydana gelebilecek ötelenme ve tekerlek izleri vb. deformasyonlara karşı tabakanın direnç gösterme yeteneğidir. Stabilitenin, trafik yüklerini karşılayabilecek kadar yüksek olması gerekir [4]. Stabilite değerinin düşük olması tekerlek izinde oturma, ötelenme, çatlama vb. deformasyonlara neden olmaktadır [34].



Grafik 4.3. Grafit miktarının değişimiyle stabilite grafiği

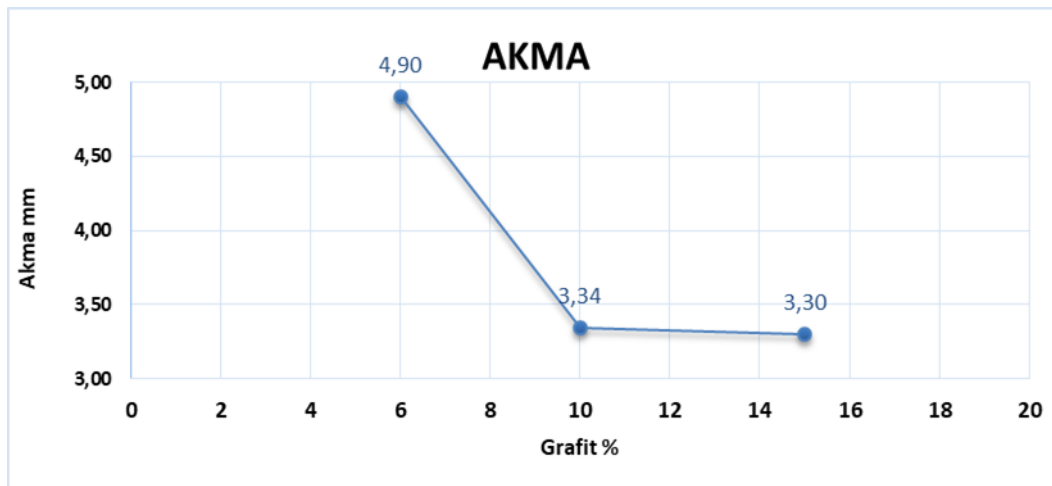
Grafit miktarının değişimiyle agregalar arası boşluk miktarı artmaktadır (Grafik 4.4). Agregalar arası boşluk, sıkıştırılmış asfalt karışımında, agregaya yapısı nedeniyle meydana gelen boşluklardır. Buradaki amaç, asfalt çimentosu (bitüm) için yeterli yüzeyi yaratıp, onun agregaya partiküllerini birbirine yeterli oranda bağlayabilmesini sağlamaktır. Bunu yaparken de sıcaklık arttığında ve asfalt genişlediğinde bitümün sıvılaşıp akmaması hadisesinin de olmamasıdır [35]. Agregalar arası boşluk arttıkça bitüm miktarında da artış

olacaktır. Bu durumda agreganın agrega ile temasını yitirilmesine ve yüksek trafiğe maruz alanlarda tekerlek izinde oturma ile yana açılıp sırt vermesi gibi deformasyonlara neden olacaktır [36].



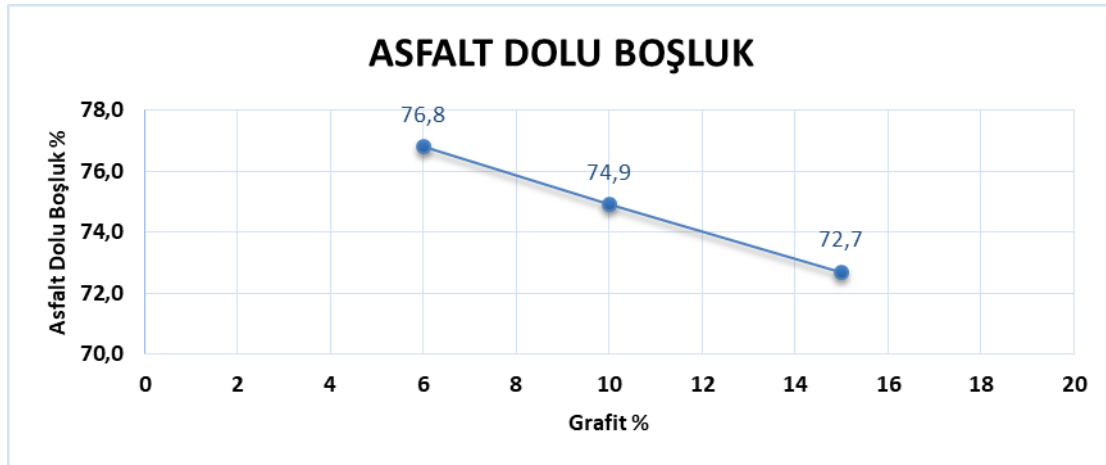
Grafik 4.4. Grafit miktarının değişimiyle agregalar arası boşluk grafiği

Grafit miktarının değişimiyle akma grafiğinde azalma görülmektedir (Grafik 4.5). Bu da kaplamanın daha kırılğan olduğunu göstermektedir. Yol kaplamalarında istenen bir durum değildir [37].



Grafik 4.5. Grafit miktarının değişimiyle akma grafiği

Grafit miktarının değişimiyle asfalt dolu boşluk grafiğinde azalma görölmektedir (Grafik 4.6). Asfaltla dolu boşluk (VFA), mineral agregalar arası boşlukların efektif bağlayıcı ile dolmuş kısmının hacimsel olarak % (yüzde) ile ifade edilmiş değeridir. Asfalt dolu boşluk azalırsa, karışımlardaki izin verilebilir “ hava boşlukları” artacaktır [38].



Grafik 4.6. Grafit miktarının değişimiyle asfalt dolu boşluk grafiği

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, taş mastik asfalt dizaynında kullanılan filler malzemesinin yerine Grafit malzemesi kullanılmıştır. Karışım dizaynındaki mevcut filler miktarı azaltılarak yerine Grafit malzemesi belirli yüzdelerle karıştırılmış olup normal KTŞ taş mastik asfalttaki performans ile karşılaştırılmıştır. Grafit malzemesi karışım yüzdeleri %6, %10 ve %15 olarak belirlenmiş olup karışım dizaynı yapılmıştır. Bitümlü sıcak karışım dizaynı Marshall metoduna göre yapılmıştır. Bu çalışmada, optimum bitüm miktarı sabit tutulmuştur ve değeri 6,1'dir. Karışımındaki filler yüzdesinde değişiklik yapılarak Grafit malzemesi ilave edilmiştir. Yapılan testlerden elde edilen sonuçlar şöyle sıralanabilir;

Grafit ilaveli taş mastik asfalt karışımı sonuçları, Grafit ilavesiz taş mastik asfalt karışımı sonuçları ile kıyaslandığında Grafit malzemesi arttıkça hacim özgül ağırlık, asfalt dolu boşluk, stabilite ve akma değerlerinde azalma, boşluk miktarı ve agregalar arası boşlukta artma olmuştur.

Grafit malzeme miktarı %'de 15'ten fazla olduğunda bitüm ihtiyacının arttığı ve dizayn karışımında bitümün malzemeleri sarmadığı görülmüştür.

Grafit malzemesinin taş mastik asfaltın özelliklerinde herhangi bir iyileştirme yapmadığı, miktarı arttıkça bitümlü sıcak karışım taş mastik asfaltın, performansını düşürdüğü görülmüştür.

Çalışmada, Grafit malzemesinin, asfalt karışım performansını olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bu yüzden bitümlü sıcak karışımlar için agrega temin edilirken göz önünde bulundurulması gereken en önemli hususlardan biri taş ile birlikte aynı ocakta bulunma ihtimali olan Grafit malzemesinin ayrıştırılmasıdır.

KAYNAKLAR

1. Büyüksaraçoğlu Y. Asfalt Yol İnşaatının Tedarik Zincirinin Simülasyon Tabanlı Modellenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği, İstanbul, 2019.
2. Kuloğlu, N., Yılmaz, M., Kök, B. V. Farklı Penetrasyon Derecelerine Sahip Asfalt Çimentolarının Kalıcı Deformasyona Karşı Dayanımlarının Ve İşlenebilirliklerinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 13, Sayı 1, 2008.
3. Karayolları Teknik Şartnamesi, Ankara, 2013.
4. Orhan, F. Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları, Ankara 2012.
5. Çuhadaroğlu, A. D., Kara, E. Grafit: Bir Genel Değerlendirme, Bülent Ecevit Üniversitesi- Mühendislik Fakültesi, Cilt 8, Sayı 1, Zonguldak, 2008.
6. İnternet: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.URL:www.mta.gov.tr, (Son Erişim Tarihi: 14.11.2019).
7. İnternet: Grafit nedir.URL:https://www.makaleler.com/grafit-nedir, (Son Erişim Tarihi: 16.10.2019).
8. İnternet: Nükleer enerji dünyasında Grafit.URL:http://www.nukleer.web.tr/cgi-bin/link.cgi, (Son Erişim Tarihi: 17.12.2019).
9. İnternet: Taş mastik asfalt ürünleri.URL:https://isfalt.istanbul, (Son Erişim Tarihi: 17.11.2019).
10. Karayolları Bölge Müdürlüğü-Karayolu Teknik Şartnamesi, Bölüm 400 Yol Üstyapısı, Yayın: 267, Ankara, 2006.
11. TS EN 1097-7 (2009) Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler–Piknometre yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 12.
12. İnternet: Agrega deneyleri.URL:www.insapedia.com, (Son Erişim Tarihi: 08.07.2019).
13. TS EN 1367-2 (2010) Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler–Bölüm2:Magnezyum sülfat deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 17.
14. TS EN 933-9 (2010) Agregaların geometrik özellikleri için deneyler–Bölüm 9:İnce tanelerin tayini–Metilen mavisi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 12.
15. Özbebek, H., Açıık, H. İnce Agregalarda Yapılan Metilen Mavisi ve Kum Eşdeğerliği Deney Sonuçlarının Beton Özelliklerine ve Maliyetine Etkisi, Adana, 2012.
16. TS EN 1097-2 (2010) Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler–Bölüm 2:Parçalanma direncinin tayini için metotlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 30.

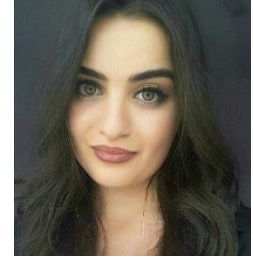
17. TS EN 933-3 (2012) Agregaların geometrik özellikleri için deneyler–Tane şekli tayini yassılık endeksi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 11.
18. Su, Ö. Kırkağaç (Manisa), Kızılören (Soma-Manisa) ve Bakacak (Karesi- Balıkesir) Civarında Yüzeyleyen Kireçtaşlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Balıkesir Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi, Balıkesir, 2019.
19. TS EN 12697-11 (2012) Bitümlü karışımlar-Deney metotları–Sıcak karışimli asfalt içi–Bölüm 11:Agrega ve bitüm arasındaki bağlanmanı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 28.
20. TS EN ISO 2592 (2017) Petrol ile ilgili ürünler–Parlama ve yanma noktasının tayini–Cleveland açık kap yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 30.
21. TS EN 15326+A1 (2010) Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar–Yoğunluk ve özkütle tayini–Kapiler kapaklı piknometre yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 14.
22. TS EN 1426 (2015) Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar–İğne batma derinliği tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 16.
23. TS EN 1427(2015) Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar–Yumuşama noktası–Halka ve bilya yöntemi tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 20.
24. İnternet: Bitüm nedir.URL:www.insapedia.com, (Son Erişim Tarihi: 19.12.2019).
25. Sağlık, A., Arıkan, Öztürk, E. Türkiye’de Sathi Kaplamalarda Kullanılan Bitümlerin Performans Sınıflarının Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi-Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Cilt 29, 2014.
26. İnternet: Karayolu.URL:<https://www.slideshare.net/karayolu-staj-defteri-yusuf-yildiz>, (Son Erişim Tarihi: 22.11.2019).
27. İnternet: Elek analizi.URL:<http://kim.muhendislik.omu.edu.tr/tr>, (Son Erişim Tarihi: 19.12.2019).
28. Birliker, R.Y., 1998, Bitümlü Karışımlara Eklenebilecek Katkılar ile Bu Tip Bitümlü Karışımların Davranışlarının Araştırılması ve Bir Yorulma Eğrisi Tahmin Modeli, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 208s, İstanbul, 2019.
29. Çolak, K., C. Asfalt Kaplamalarda Sinerjetik Fayda Konusunun Anlaşılmasında Marshall Oranı Yaklaşımının Kullanılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2006.
30. Deniz, M., T., Lav, A., H. Asfaltlarda Bitümle Birlikte Granüler Sülfür Kullanımının Stabiliteye Etkisi, İTÜ-Fen Bilimleri Enstitüsü, Cilt:9, Sayı:6, 137-148, İstanbul, 2010.

31. Ahmedzade, P., Alataş, T., Geçkil, T. Siyah Karbonun Asfalt Karışımların Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi, Fırat Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi, Cilt 25, Sayı 2, Elazığ, 2007.
32. Önal, M.A. ve Karaca, S., Asfalt Betonu ve Diğer Karışım Tipleri İçin Karışım Dizayn Metotları (Çeviri), Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1990.
33. Koca, İ, Bitümlü Kaplamalar Yapım Tekniği, T.C.K. 14. Bölge Müdürlüğü, Bursa, 1987.
34. Karpuz, O., Asfalt Emülsiyonu ile Hazırlanan Soğuk Karışımların Stabilitelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2000.
35. Otoyol AŞ.-Nömayg. [ABD] Asfalt Enstitüsü MS 2[El Kitabı Serileri 2]-Asfalt Karışım Dizaynı Metodları Türkçe Çevirisi (Kısım 3-5-6-7-12-13), 7. Basım, 2014.
36. Özgan, E., Serin, S., Kap, T. Sıcak Karışım Parametrelerinin Marshall Stabilitesine Etkisinin Çok Yönlü İncelenmesi, Düzce Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2011.
37. Kuloğlu, N., Durmaz, B., Kök, B. V. Beton Asfaltın Farklı Türden Temeller Üzerindeki Serbest Basınç Mukavemet Değerinin Değişimi, Fırat Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Dergisi, Elazığ, 2006.
38. Karakaş, A., S., Sayın, B., Yıldızlar, B., Asfalt Betonun Fiziksel Özelliklerinde Darbeli Sıkıştırmanın Etkisi, İstanbul Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Dergisi, Elazığ, 2011.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : FİKİRİYE BAŞKAN
 Uyuğu : TC
 Doğum tarihi ve yeri : 01.08.1993
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 05516201436
 Faks : fikriyebkn93@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	İstanbul Gelişim Üniversitesi	2018 - 2020
Yüksek lisans	İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi	2018 - 2019
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi	2012 - 2017
Lise	İskenderli İMKP Lisesi	2008 - 2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-2018	İstanbul Yeni Havalimanı Projesi	İnşaat Mühendisi
2018-2019	Kuzey Marmara Otoyolu Projesi	İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yunanca



ĞELİŐİM ĞELİŐMEKTİR..