KARACADAĞ VOLKANİK BAZALTININ KARAYOLLARI ALTTEMEL VE TEMEL MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İRDELENMESİ

MUHAMMED ENES TÜRK

HAZİRAN 2022

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARACADAĞ VOLKANİK BAZALTININ KARAYOLLARI ALTTEMEL VE TEMEL MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İRDELENMESİ

MUHAMMED ENES TÜRK

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

HAZİRAN 2022
DİYARBAKIR

KARACADAĞ VOLKANİK BAZALTININ KARAYOLLARI ALTTEMEL VE TEMEL MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İRDELENMESİ

Muhammed Enes TÜRK tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Zemin Mekaniği ve Geoteknik Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Dr. Öğr. Üyesi M. Hayrullah AKYILDIZ
Danışman

Sınav Jürisi:

Doç. Dr. Aşkın ÖZOCAK
İnşaat Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi M. Hayrullah AKYILDIZ
İnşaat Mühendisliği, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. M. Salih KESKİN
İnşaat Mühendisliği, Dicle Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 20 / 06 /2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Muhammed Enes TÜRK

İmza: …….

TEŞEKKÜR

"Karacadağ volkanik bazaltının karayolları alttemel ve temel tabakalarında kullanımının irdelenmesi" tez konusunu seçmemde yardımcı olan lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana gerekli olan maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Hayrullah AKYILDIZ' a teşekkürü borç bilirim.

Tez incelemesindeki katkılarından lisans ve yüksek lisans eğitimimin her aşamasındaki yardımlarından dolayı değerli hocam sayın Doç. Dr. Salih KESKİN' e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca deneysel çalışmalarım için olanak sağlayan Karayolları Genel Müdürlüğü Toprak Laboratuvarı çalışanlarına ve özel olarak Sedat BATIHAN beye teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
TABLOLAR LİSTESİ x
KISALTMALAR LİSTESİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xiii
1. GİRİŞ 1
1.1 Karayolu Temel Tabakaları 2
1.2 Yol Üst Yapısının Tanımı 3
1.3 Yol Gövdesi 4
1.4 Alttemel 6
1.4.1 Kullanılan malzemeler 7
1.4.2 Sıkıştırma 9
1.5 Temel 10
1.5.1 Kaba agrega 11
1.5.2 İnce agrega 12
1.5.3 Temel tabakaları 13
1.5.3.1 Granüler temel tabakası 13
1.5.3.2 Plent-miks temel 15
1.5.3.3 Çimento bağlayıcılı granüler temel 16
1.6 Agrega 17
1.6.1 Doğal agrega 18
1.6.1.1 Magmatik kayaçlar 19
1.6.1.2 Sedimenter kayaçlar 22

1.6.1.3 Metamorfik kayaçlar 24
1.6.2 Yapay agrega 26
1.6.3 Agreganın beton dayanımına etki eden özellikleri 27
1.6.4 Beton agregalarında istenen özellikler 28
1.6.5 Agregaların miktar ve boyut tayini 29
1.7 Karacadağın Genel Coğrafik Özellikleri 30
1.8 Bazaltın Kullanım Alanları 32
1.9 Karacadağ Bölgesinde Tarım Faaliyetleri 37
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 39
3. MATERYAL METOD 43
3.1 Metilen Mavisi Deneyi 43
3.2 CBR Deneyi 48
3.3 Los Angeles Aşınma Deneyi 49
3.4 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi 55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 58
4.1 Elek Analizi 58
4.2 Metilen Mavisi Deneyi 60
4.3 Los Angeles Aşınma Deneyi 61
4.4 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi 64
4.5 CBR Deneyi 66
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 72
KAYNAKLAR 66
ÖZGEÇMİŞ 75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Yol Gövde Elemanları 5
Şekil 1.2 Farklı Boyutlarda Agregalar 18
Şekil 1.3 Oluşumlarına Göre Doğal Taş Şeması 19
Şekil 1.4 Soğuma Şekillerine Göre Derinlik Kayaçlar 20
Şekil 1.5 Karacadağ Bölgesi'nde Bazaltın Yeryüzündeki Mevcut Durumu 22
Şekil 1.6 Sedimenter (Tortul) Kayaçların Oluşumlarına Göre Sınıflandırılması 22
Şekil 1.7 Örnek Granülometri Eğrisi 29
Şekil 1.8 Karacadağ'daki Son Püskürme Kaynaklı Oluşan Krater 31
Şekil 1.9 Karacadağ Kayak Merkezi Görüntüsü 31
Şekil 1.10 Diyarbakır Evleri 32
Şekil 1.11 On Gözlü Köprü 33
Şekil 1.12 Eski Yemen Evleri 33
Şekil 1.13 Kars Kümbet Camii 34
Şekil 1.14 Deliller Hanı 34
Şekil 1.15 Deliller Hanı Güncel Hali 35
Şekil 1.16 Kurşunlu Camii 36
Şekil 1.17 Bazaltın peyzaj ve yapıda kullanımına bir örnek 36
Şekil 1.18 Karacadağ bölgesi pirinç ekili arazi ve içinde bulunan bazalt 38
Şekil 3.1 Metilen Mavisi Deney Aletleri 45
Şekil 3.2 400 devir dönen malzemeye ilk çözelti ilavesi 46
Şekil 3.3 CBR Deney Cihazı 49
Şekil 3.4 Los Angeles Deney Makinesi 50
Şekil 3.5 Los Angeles Aşınma Deneyi Cihazı 53
Şekil 3.6 Magnezyum Sülfat Deney Sepeti 56
Şekil 3.7 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deney Aletleri 57
Şekil 4.1 PMAT Elek Analizi Gradasyon Eğrisi 58
Şekil 4.2 PMT Elek Analizi Gradasyon Eğrisi 59
Şekil 4.3 İkame Sonucu Elde Edilen Oranlarda Elde Edilen Karışım 60
Şekil 4.4 Metilen Mavisi Filtre Kağıdı 61
Şekil 4.5 Los Angeles Deneyi 500 Devir Sonucu Malzemenin Tepsideki Hali 62
Şekil 4.6 Los Angeles Aşınma Deneyi Sonuçları 64

Şekil 4.7 MgSO4 Deneyi Malzemelerin Sepetteki Son Hali 65
Şekil 4.8 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi Sonucu 66
Şekil 4.9 CBR Deneyi Sonucu Malzemenin Son Hali 67
Şekil 4.10 CBR Deneyi Sonucu Kuru Birim Hacim Ağırlıkları 68
Şekil 4.11 CBR Deneyi Sonucu Optimum Su Muhtevaları 68
Şekil 4.12 CBR Değerleri 69

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Gradasyon Limitleri (Alttemel) 8
Tablo 1.2 Alttemel Malzemesinin Fiziksel Özellikleri 9
Tablo 1.3 Sıkıştırma Kriterleri (Alttemel) 10
Tablo 1.4 Kaba Agreganın Fiziksel Özellikleri 11
Tablo 1.5 İnce Agreganın Fiziksel Özellikleri 13
Tablo 1.6 Gradasyon Limitleri (Granüler Temel Tabakası) 14
Tablo 1.7 Sıkıştırma Kriterleri (Granüler Temel Tabakası) 15
Tablo 1.8 Gradasyon Limitleri (Plent- Miks Temel) 15
Tablo 1.9 Sıkıştırma Kriterleri (Plent-Miks Temel Tabakası) 16
Tablo 1.10 Gradasyon Limitleri (Çimento Bağlayıcılı Granüler Temel) 17
Tablo 1.11 Lefond Kırmataş ham maddelerinin magmatik kayaç olarak sınıflandırılması 20
Tablo 1.12 Lefond, 1985, Kırmataş ham maddelerinin sedimanter kayaç olarak sınıflandırılması 24
Tablo 1.13 Lefond, 1985, Kırmataş ham maddelerinin metamorfik kayaç olarak sınıflandırılması 26
Tablo 3.1 19 mm'den büyük iri agrega için test örneklerinin derecelenmesi 51
Tablo 3.2 38 mm'den küçük iri agrega için test örneklerinin derecelenmesi 52
Tablo 3.3 Los Angeles deney karışımları ve koşulları 52
Tablo 4.1 Elek Analizi Sonucu Elde Edilen İkame Değerleri 59
Tablo 4.2 Hava Tesirlerine Dayanım Testi Sonucu 65
Tablo 4.3 CBR Deney Sonuçları 68

KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltma	Açıklama
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CBR	California Bearing Capacity
ÇBGT	Çimento Bağlayıcılı Granüler Temel
DNA	Deoksiribo nükleik asit
GT	Granüler Temel Tabakası
ISRM	International Society for Rock Mechanics
KTŞ	Karayolları Teknik Şartnamesi
MB	Metilen Mavisi Değeri
$MgSo_4$	Magnezyum Sülfat
Na_2SO_4	Magnezyum Sülfat
PMAT	Plent- miks Alttemel
PMT	Plent-miks Temel

ÖZET

KARACADAĞ VOLKANİK BAZALTININ KARAYOLLARI ALTTEMEL VE TEMEL TABAKALARINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN İRDELENMESİ

Türk, Muhammed Enes TÜRK
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi M. Hayrullah AKYILDIZ
Haziran 2022, 68 sayfa

Yol inşaatları, tarihin eski çağlarından günümüze dek yapımı devam eden ve ihtiyaç sıralamasında büyük öneme sahip bir sektördür. Tarihin her döneminde büyük önem arz eden yol yapım çalışmaları, insanlığın daima ihtiyacı olan ulaşım için çok önemlidir. Bu sektörün gelişmesi ve gerekli hammadde ihtiyacından kaynaklı olarak yol inşaatı sektöründe kullanılmak üzere agrega ihtiyacı doğmaktadır. İhtiyaç duyulan bu agregalar çeşitli yöntemler ile temin edilmektedir. Temin edilecek olan agregaların, yol inşaatı maliyetlerini düşürmesi gerekmektedir.

Ocakların ya da malzemenin temin edildiği ortamın yakınlığı maliyeti oldukça düşürmektedir. Bu sebeple Karacadağ bölgesinde bulunan yüzeysel volkanik kayaç olan Karacadağ bazaltının ulaşılabilir bir malzeme olması ve tarıma elverişli araziler üzerinde bulunması göz önünde bulundurularak çalışmalar yapılmıştır.

Tezin ilk bölümlerinde karayolu inşaatı hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Tezin devam eden bölümlerinde ise malzemenin karayolu inşaatında kullanılabilir bir malzeme olabilmesi için Karayolları Teknik Şartnamesi'nde yer alan limit değerlere değinilmiştir. Son bölümlerde ise Karacadağ bazaltının kullanılabilmesi ve yeryüzünden ıslah çalışmaları sonucunda verimli arazilerden elde edilebilecek olan bitkilere yer verilmiştir. Karacadağ bazaltının ıslah edilmesi ve yol inşaatı alttemel ve temel tabakalarında kullanılması durumunda, hem karayolu inşaatı için gerekli olan agrega temini kolaylaşacaktır hem de bazalt agregaları yüzünden tarımsal faaliyet gösteremeyen araziler tarıma tekrardan kazandırılacaktır.

Karacadağ bazaltından elde edilen PMT ve PMAT malzemelerinin karayolları agrega deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçları Karayolları Teknik Şartnamesi'nde yer alan limit değerler ile kıyas edilmiştir. Bu deneylerin sonucunda, Karacadağ bazaltının karayolları alttemel ve temel tabakalarında kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir. Deney tekrarlarının arttırılması ve çeşitli bölgelerden Karacadağ bazaltı temini sonucunda yapılan deneyler ile daha güvenilir ve kesin sonuç elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karacadağ, Bazalt, Alttemel, Temel

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF KARACADAĞ BASALT AS SUB-BASE AND BASE MATERIAL FOR HIGHWAYS

Türk, Muhammed Enes
Master of Science in Department of Civil Engineering
Supervisor: Assist. Prof. M. Hayrullah AKYILDIZ
June 2022, 68 pages

Road construction is a sector that has been under construction since the ancient times of history and has a great importance in order of needs. Road construction works, which are of great importance in every period of history, are very important for transportation, which humanity always needs. Due to the development of this sector and the need for necessary raw materials, there is a need for aggregate to be used in the road construction sector. These needed aggregates are supplied by various methods. Aggregates to be supplied should reduce road construction costs.

The proximity of the furnaces or the environment where the material is supplied reduces the cost considerably. For this reason, studies have been carried out considering that Karacadağ basalt, which is a superficial volcanic rock in the Karacadağ region, is an accessible material and is located on arable lands.

In the first part of the thesis, general information about highway construction is given. In the following sections of the thesis, the limit values in the Highways Technical Specification are mentioned so that the material can be used in highway construction. In the last chapters, the use of Karacadağ basalt and the plants that can be obtained from fertile lands as a result of reclamation works from the earth are given. If Karacadağ basalt is rehabilitated and used in the sub-base and foundation layers of road construction, the aggregate supply required for highway construction will be facilitated, and the lands that cannot perform agricultural activities due to basalt aggregates will be reintroduced to agriculture.

Highway aggregate tests of PMT and PMAT materials obtained from Karacadağ basalt were carried out. The results of these tests were compared with the limit values in the Highways Technical Specifications. As a result of these experiments, it has been observed that Karacadağ basalt can be used in the subbase and foundation layers of highways. It has been concluded that more reliable and precise results can be obtained with the experiments carried out as a result of increasing the test repetitions and supplying Karacadağ basalt from various regions.

Keywords: Karacadağ, Basalt, Sub-base, Base

1. GİRİŞ

Tarihte yolların önemi ticaretin gelişmesi ile birlikte zamanla önemi artmıştır. Bilinen en eski yollar olan İpek Yolu, Baharat Yolu, Pers Kral Yolu vb. yollar hem ticaretin hem de kültürel etkileşimlerin gelişmesinde önemli rol oynamıştır. İlk çağlardan beri insanoğlu ihtiyaçları doğrultusunda birçok gelişme kaydetmiştir. Bu gelişmeler insanoğlunun hayat şartlarını kolaylaştırmak için yapılmıştır. Başta gıda, barınma, giyim gibi ihtiyaçların yanı sıra ulaşım da insanoğlu için büyük öneme sahip bir ihtiyaçtır. Bu amaçla zaman içerisinde ulaşım ihtiyacından kaynaklı yol yapım çalışmaları gelişim göstermiştir. Bu gelişmelerin sonucu olarak günümüzde yol uygulamaları oldukça gelişmiştir.

Üst yapı, barajlar, yollar, demiryolu, köprüler vb. inşaat yapıları gün geçtikçe gelişmekte ve sayıları artmaktadır. Bu sebepten ötürü yapılacak bu inşaat yapılarında kullanılmak üzere agrega ihtiyacı da artmaktadır. Agrega ihtiyacını karşılamak için agreganın kaliteli, dayanımı yüksek ve yapılacak olan yapı tasarımına uygun olmalıdır. Ayrıca temin edilecek agreganın yapılacak olan yapıya, plente ve santral gibi yapılara olabildiğince yakın olması istenir. Bu nedenle üzerinde çalışılan işin maliyetli olmaması adına ve işlerin daha uygun biçimde ilerlemesi için önemli bir faktör teşkil etmektedir. Bu sebepten ötürü kullanılacak agreganın temin edileceği yerin ve kullanılacağı yapıya yakın yerlerden temin edilmesi tercih edilmelidir.

Ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Karacadağ bazaltının kolay kesilebilir, şekillendirilebilir bir malzeme olması ve birden fazla amaç için kullanılmasının yanı sıra yapıların içinde veya yapı dışındaki birçok uygulamada kullanılabilirliği ile güncelliğini muhafaza etmektedir. Karacadağ bazaltı maliyeti düşük bir malzeme olmasının yanı sıra, fiziko-mekanik ve ısıl özellikler açısından kapsamlı bilgiye sahip olmadığımız ve iyi bir işçiliğe gereksinim duyulduğundan dolayı istenilen düzeyde kullanılmamaktadır.

Tarıma elverişli araziye sahip olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi içerisinde yer alan Karacadağ bölgesi kayak merkezi olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin toprak yapısı tarıma oldukça elverişlidir.

Karacadağ bölgesi patlama sonucu yüzeysel magmatik kayaçlar ile örtülüdür. Tarıma elverişli olan arazi, Karacadağ volkanik patlamasından sonra yeryüzüne çıkan bazaltın yüzeyde bulunmasından kaynaklı elverişliliğini yitirmektedir. Bu sebeple bu kayaçların toplanması ve bu arazilerin tarıma tekrardan kazandırılması gerekmektedir. Hem arazileri tarıma tekrardan kazandırmak hem de toplanan bazalt kayaçlarının inşaat sektöründe kullanılmasıyla iki taraflı fayda sağlayacaktır.

Çalışmanın amacı Karacadağ bölgesinde yüzeysel olarak var olan bazalt taşından elde edilecek olan agregaların yol inşaatı alttemel ve temel malzemesi olarak kullanılabilirliğinin tayinidir. Bu amaçla, agregalar üzerinde gerekli deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiş ve Karayolları Teknik Şartnamesi' nde yer alan limit değerler ile karşılaştırılarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

1.1 Karayolu Temel Tabakaları

Karayolu çeşitli araç ve yaya ulaşımından kamunun faydalanmasına açık arazi şeridine denir. Yolun harfiyat işleri sonucunda belirlenen enkesit ve kota getirilmesi sonucu ortaya çıkan yapıya altyapı denilmektedir. Yolun esas taşıyıcı kısmı olan altyapı; menfez, drenaj tesisleri ve istinat duvarları gibi yapıları içermektedir. Fakat altyapıdan beklenilen taşıyıcılık görevini yapabilmesi için tabakalar ile kaplama yapılması gerekmektedir.

Yol inşaatında üstündeki trafik yüklerini taşıması ve bu yükleri taban yüzeyine dağıtması amacıyla altyapının üzerine inşa edilen alttemel tabakası, temel kaplama tabakalarına yol üst yapısı olarak ifade edilmektedir. Kaplama tabakası trafik yükleri ile doğrudan etkileşim halinde olan tabakadır. Trafik yükleri sebebiyle oluşan çekme gerilmeleri ve basıncın maksimum derecede olmasından ötürü, bu tabakanın elastisite modülünün daha yüksek olması gerekmektedir. Trafiğin aşındırma etkilerine mukavemet göstermek, temel tabakasına iletilen kayma gerilmelerini ve basıncı azaltmak, temel tabakasına yüzey sularının geçişini engellemek, yolun kalıcı deformasyonlardan korunmasını sağlamak ve emniyetli bir sürüş sağlamak bu kaplama tabakasının görevlerinden birkaçıdır.

Karayolu üstyapıları, kaplama tabakası yapımında kullanılan malzemenin özelliklerine, cinsine ve yapım yöntemi farklılıklarına göre esnek ve rijit olacak şekilde iki ayrı gruba ayrılmaktadırlar. Rijit olarak tanımlanan üstyapıların kaplama tabakaları çimento betonundan meydana gelmektedir. Esnek üstyapılar ise bitümlü kaplama tabakalarıyla yapılan üst yapılarda kullanılmaktadır. Aynı zamanda ülkemizde tecrübe edildiği gibi esnek üstyapılar tercih edilmektedir. Esnek üstyapılar en tepeden aşağı doğru kaplama, temel, alttemel tabakaları olarak inşa edilmektedirler. Üstyapının taban zemini üzerine gelen alttemel tabakası, üstündeki tabakalardan gelen yüklemeleri taban zeminine ulaştırırken, aynı zamanda üstteki tabakaların yeraltı suyundan ve donma olaylarından korumak için inşa edilmektedir.

1.2 Yol Üstyapısının Tanımı

Yol gövdesini iki kısımdan meydana gelmektedir. Bunlar altyapı ve üstyapıdır. Altyapının kaliteli olması üst yapı tasarımını ve inşa edilen kaplamaların kullanım süresini oldukça etkilemektedir. Üstyapının etkisi, temel ve alttemel tabakaları, altyapı ve üstyapı tabanının niteliğine bağlı olduğu gibi bahsedilen tabakalar çevre şartları ve iklim etkilerini ve trafik kaynaklı gerilimleri minimalize etmede büyük bir role sahiptir. Bu sebepten ötürü, kararlı bir altyapı, kaliteli bir alttemel ve temel tabakası meydana getirmek, etkili ve uzun yıllar kullanılabilecek bir üstyapı sistemi inşası için önem arz etmektedir.

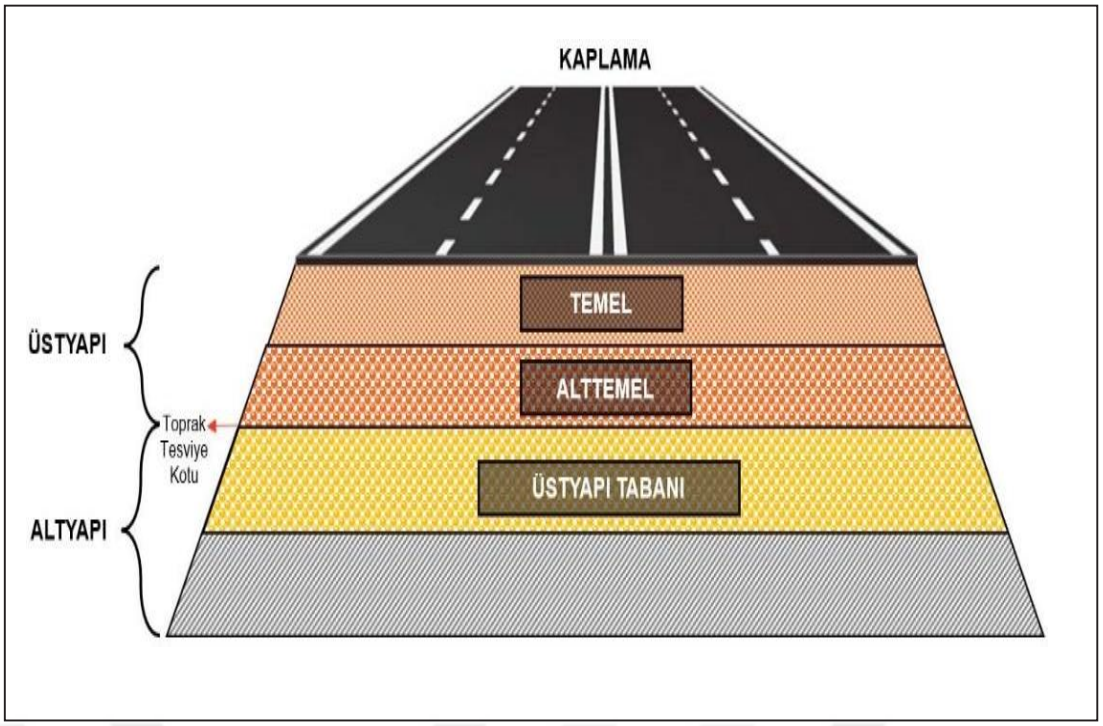
Ülkemiz hem iklim koşulları itibariyle hem de jeolojik yapı açısından birçok don olayları, zorlu zemin yapısı ve topografik durumlar vb. bölgesel değişikliklere sahiptir. Bu sebepten ötürü yol inşaatında, stabilizasyon malzemeleri ve toprağın değerini ve kullanılabilirlik düzeyini arttırmak, hem fiziksel hem kimyasal olarak işlenmesini temin etmek, hacim değişikliklerinin büyüklüğü, altyapı-üstyapı malzeme bileşenlerinin mukavemetinin yetersiz kalması, don kabarması ve temel tabakalarında meydana gelebilecek zayıflık kaynaklı oluşabilecek sorunları ortadan kaldırmak veya asgari seviyede tutmak çok önem arz etmektedir. Karayolunda çalışan mühendisler, önceden tasarlanan altyapı veya üstyapıyı desteklemek üzere mevcut malzemeleri geliştirmek ve değerlendirmek amacıyla farklı iyileştirmelere ihtiyaç duymaktadırlar.

Bu sebepten ötürü, zemin etüt çalışmalarının fayda- maliyet değerlendirmesinde, oluşturulan tasarım güvenirliği ve kalitesinin elde edilen zemin etüt raporu sonuçlarıyla direkt olarak ilişki içerisinde olduğu, karayolu yapılarının inşa sürecinde kaliteli yapımların özünde zemin özelliklerini ölçme niteliğinin olduğu saptanmıştır. Üstyapının tasarımı ve yapım aşamaları için üzerinde temel oluşturulacak olan zeminin tam olarak koşullarının belirlenmesi, altyapının özelliklerinin üstyapının inşa ve performansının üzerindeki etkisinin belirlenmesi, dolgu olarak kullanılacak malzemeyi karakterize etmek ve tasarım girdi değişkenlerine ulaşmak üzere araştırma mühendislik hizmetleri yapılmaktadır.

Üstyapı- altyapı malzeme maliyetleri, nitelikli malzeme sağlanması, sınırlı sayıdaki kaynakların son derece etkin kullanımı, nakledilecek mesafeler gibi farklılıklar harfiyat alanlarının ve mevcut zeminlerin verimli bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak için çimento, kireç, bitüm ve uçucu kül stabilizasyonlarının alternatif olarak kullanımı ihtiyacını meydana getirmektedir. Bundan kaynaklı olarak karayolu mühendislerinin tasarım, inşaat, bakım ve bu olayların yönetilmesi sırasında gelişen gelişmeler, küresel çapta uygulamaya konulan teknikler ve standartların bilincinde ve haberdar olmaları gerekmektedir.

1.3 Yol Gövdesi

Tasarımı üstünden geçecek olan yükleri taşımaya yetecek şekilde yapılan bir yol, üstyapı ve altyapı olmak üzere iki bölümden meydana gelmektedir.



Şekil: 1.1 Yol Gövde Elemanları

Üstyapı; trafikten kaynaklı yükleri taşıyıp ve azaltarak altında var olan altyapı tabakasına aktaran tabakalı yapıdır.

Altyapı; üstyapının trafikten gelen yükleri aktardığı yapıdır. Yarma, dolgu ve ariyet ocaklarından meydana gelmektedir.

Üstyapılar yapımlarında kullanılan malzemelerin özelliklerine göre rijit, yarı rijit ve esnek olacak şekilde 3 gruba ayrılırlar.

Esnek üstyapı; tesviye seviyesi ile temas içerisinde olan ve gelen yükleri tabana dağıtan bir üstyapı çeşididir. Esnek üstyapının stabilitesi agreganın kilitlenmesine, tanelerin sürtünmesine ve kohezyona bağlıdır.

Rijit üstyapı; kısmen yüksek eğilme mukavemetine sahip porland çimentosu katkısı ile yapılan tek tabakalı plak yardımıyla yükleri tabana dağıtan üstyapı çeşididir.

Yarı-Rijit üstyapı; bir veya daha fazla hidrolik bağlayıcılı tabaka ve bitümlü kaplama içeren ve yüklerin geniş yüzeye aktarımını sağlayan bir üstyapı çeşididir.

Tesviye yüzeyi; altyapının üst yüzeyi olmakla birlikte üstyapının üzerine oturduğu yüzeydir.

Üstyapı tabanı; dolgu ve yarmalarda üstyapı taşıma gücüne etkisin olacak seviyedeki derinliğe dek devam eden ve tesviye seviyesinin altında kalan malzemedir.

Alttemel; tesviye seviyesinin üzerine gelen, plastisitesi ve gradasyonu ve geri kalan fiziksel özellikleri açısından şartname limitlerine uygun granüler malzemelerden meydana gelen ve üstyapı temel tabakasını taşıyan tabakadır.

Temel; üstyapı tabanı ve alttemel üzerine tasarım aşamasında hesaplanmış kalınlığa sahip bir şekilde inşa edilen, alttemele benzer şekilde belirlenmiş fiziksel özelliklere sahip tabaka ya da tabakalara denir. Gerilmeleri dağıtmak, üzerine gelecek olan kaplamayı taşımak, don etkilerini azaltmak ve iyi bir drenaj sağlamak gibi amaçlar için yapılan tabakadır.

Kaplama tabakası: üstyapının en üstünde var olmakla birlikte genel olarak sathi kaplama veya asfalt betonundan meydana gelir. Kayma, iklim koşullarının ayrıştırma etkisi ve trafiğin aşındırma etkilerine karşı dayanım gösterir.

Yapımında bu kısımlar olan alttemel tabakası, temel tabakası ve üstyapı tabanında kullanılan malzemelerin kalite stabilizasyon işlemleri, mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve kalite kontrolünün temini genel olarak stabilizasyon ve toprak konuları olarak ifade edilebilir.

1.4 Alttemel

Karayolları Teknik Şartnamesi içeriğinde belirtilen ilgili gradasyon aralıkları içinde sürekli gradasyon elde edilecek şekilde hazırlanmış olan malzemenin suyla karıştırılarak ince tesviye işlemi tamamlanmış yarma ve dolgudan meydana gelen üstyapı tabanı üstüne bir yada birden çok tabakalar olacak şekilde, projesinde belirtilen profil, plan ve enkesitlere uyumlu bir serim ve sıkıştırma ile meydana getirilen tabaka Alttemel olarak adlandırılır.

Alttemel tabakası şişme, büzülme ve don kabarması vb. hacim değişikliklerine karşı koyma, kaplama altındaki drenajı sağlama, kaplamanın taşıma gücüne katkı sağlama görevlerini yerine getirmelidir.

Alttemel tabakası üstünde kalan tabakalara göre daha az gerilemeye maruz kaldığından dolayı daha az kaliteli ancak yeraltı suyunu drene yeteneği yüksek ve yeterince kararlı yapıya sahip granüler malzemelerden oluşturulmaktadır.

Alttemel tabakası yol üstyapısında kararlı ve üniform dayanım sağladığı için hem suyu serbest bir şekilde süzmekte hem de erozyona karşı direnç temin etmektedir. Aksi takdirde pompay olayı oluşabilmektedir. Pompaj ve erozyondan sonra çatlak veya derz yerlerinin altında malzeme kaybı gözlenebilmekte ve yol üstyapısı tabakalarında boşluklar oluşabilmektedir. Bu olay daha fazla çatlak oluşumuna, derz yerlerinin tahrip olmasına sebep olmakla birlikte, yol üstyapısının dayanımını kaybetmesine sebebiyet vermektedir. bu sebepten ötürü alttemel tabakası, tabanda oluşması muhtemel don etkisini ve taban zemininin taşıma gücünü aşan yüksek gerilmeleri üstyapıya yansıtmayacak özelliklere sahip olması gerekmektedir.

Karadağ vd. (2020) 4 tane kesit üzerinde yaptıkları analiz sonucunda, tekrarlı yüklemeler altında kırmataş temel ve cüruf alttemel kesitinin en iyi performansı gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmalar sonucunda yol üst yapısında doğal agrega yerine çelikhane cürufunun kullanılabileceğinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

1.4.1 Kullanılan malzemeler

Kum- çakıl ocaklarından sağlanan alttemel malzemelerinin gradasyonunun Tip-A gradasyon limitleri aralığında olmalıdır. Gradasyonu Tip- A limitlerine uygun olmayan malzemeler elendikten sonra gradasyonları düzenlenecektir. Kum-çakıl veya taş ocaklarından kırım işlemi sonucu hazırlanan alttemel malzemesinin gradasyonu Tip- B gradasyon limitlerine uygun olmalıdır. Kum- çakıl ocağında kırılmış malzeme ile hazırlanması halinde 4.75 mm eleğin üzerinde kalan miktarın en az % 50'sinin yüzeyinin iki veya daha fazla yüzünün kırılmış olması gerekmektedir. Bahsi geçen gradasyon limitleri Tablo 1' de yer almaktadır.

Tablo 1.1: Gradasyon Limitleri (Alttemel)

Elek Açıklığı(mm)		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

Alttemel malzemesinin kalite ve davranışının belirlenmesi sebebiyle birkaç deney yapılmaktadır. Bu deney sonuçları Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ) ’nde ilgili bölümlerde yer alan şartname limitleri aralığında olması beklenir. Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ) deney limit aralıkları aşağıda Tablo 2 de yer almaktadır.

Tablo 1.2: Alttemel malzemesinin fiziksel özellikleri

Deneyin Adı		**Şartname Limit Değerleri**	**Deney Standartları**
Hava Tesirlerine Karşı Dayanım, $MgSO_4$ 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_{24}3,5)	TS EN 1097 - 6
Likit Limit, %		≤ 25	TS1900- 1 AASHTO T 89
Plastisite İndeksi, %		≤ 6	TS1900- 1 AASHTO T 90
Dağılabilen Madde ve Kil Topağı oranı, maksimum %		İri malzeme (4,75mm 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

Tablo 1.2: Alttemel malzemesinin fiziksel özellikleri(Devamı)

1.4.2 Sıkıştırma

Alttemel tabakasında yapılacak olan sıkıştırma işlemi, çalışma ağırlığı 11 ton statik çizgisel yükü 30 kg/cm'den büyük, iki vibrasyon sistemli düz bandaja sahip silindirler ve yükü lastik başına 3500 kg' den az olmayan tekerlekli silindirler aracılığıyla yapılacaktır. Serilen tabaka kalınlığına ve kullanılan malzemeye uygun sıkıştırma yöntemi, işin başında yapılan deneme kesiminde saptanacaktır. Bahsedilen

deneme kesimi uzunluğu 100m2 olmalı ve minimum üç silindirleme şeridinden meydana gelmelidir.

Alttemel sıkıştırma işlemi aşağıdaki tabloda belirtilen standartlara ve limitlerine bağlı kalınarak yapılmalıdır.

Tablo 1.3: Sıkıştırma Kriterleri (Alttemel)

TİP-A	Sıkışma, Minimum %	96	TS1900-1, AASHTO T 180 Modifiye Proctor
	Optimum Su İçeriği %	$W_{opt} \pm 2$	TS1900-1, AASHTO T 180 Modifiye Proctor
TİP-B	Sıkışma, Minimum %	98	TS1900-1, AASHTO T 180 Modifiye Proctor
	Sıkışma, Minimum %	95	Titreşimli Tokmak TS 1900-1, BS 1377
	Optimum Su İçeriği %	$(W_{opt} - 2)$- W_{opt}	TS1900-1, AASHTO T 180 Modifiye Proctor
	Optimum Su İçeriği %	$W_{opt} + 1$	Titreşimli Tokmak TS 1900-1, BS 1377

Kontroller neticesinde, sıkışmanın Tablo 3' de belirtildiği gibi sıkışmaması durumunda, gerekli olması halinde su ilavesi yapılarak istenilen birim ağırlığa erişinceye dek sıkıştırma işlemi devam etmelidir.

1.5 Temel

Temel tabakasında kullanılan kaba agregalar; kırılmış cüruf, kırmataş, çakıl, kırılmış çakıl, teras çakılı vb. malzemeler kullanılabilmektedir.

Temel tabası, taşıma gücü yeterli taban ve alttemel tabakalarının üzerine yapılan Plent-Miks Temel(PMT), Granüler Temel(GT), Çimento Bağlayıcılı Granüler Temel(ÇBGT) olarak üç ayrı tip temel tabakasından oluşmaktadır.

1.5.1 Kaba agrega

Temel yapımında kullanılan kaba malzemenin fiziksel özellikleri Tablo 4' te detaylı olarak verilmiştir. Kullanılacak agreganın bu limitler arasında olması gerekmektedir. Kaba agrega içerisinde donmuş bir malzeme ve yabancı madde bulunmaması gerekmektedir.

Tablo 1.4: Kaba Agreganın Fiziksel Özellikleri

Deneyin Adı	**Şartname Limit Değerleri**	**Deney Standartları**
Hava Tesirlerine Karşı Dayanım, $MgSO_4$ ile kayıp, %	≤ 20 (MS_{20})	TS EN 1367-2
Parçalanma Direnci(Los Angeles), %	≤ 35 (LA_{35})	TS EN 1097-2 * AASHTO T-96
Dağılabilen Madde ve Kil Topağı oranı, maksimum %	≤ 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
Su Emme (Kaba ve İnce Agregada), %	≤ 3,0 (WA_{24})	TS EN 1097-6

Çakıl: Şekil ve boyları düzensiz olan, suyun etkisi ile aşınmış olarak doğada var olan agregalardır.

Kırılmış Çakıl: Kayaçların veya kırım sonucunda elde edilmesi istenen dmax ‘ın minimum 1.5 katı daha büyük boyutlu çakılın kırılması sonucu oluşan agregalardır.

Teras Çakıl: Kum, silt, kil ile karışmış halde bulunan, doğal oluşumlar halinde bulunan çakıldır. Trafik yoğunluğu çok düşük veya önem arz etmeyen yollarda fiziksel koşulların şartname limitlerine uygun olması şartıyla, kırılmadan kullanılabilir.

Kırmataş: Bazalt, dolomit, granit, kuvarsit, kalker vb. kayaçların kırılması sonucu meydana gelen agregadır.

Kırılmış Cüruf: Havada soğuma işlemi tamamlanmış yüksek fırın cürufunun kırılması sonucunda meydana gelen agregadır. AASHTO T 19’ a göre bu tip agregaların belirlenen gevşek birin ağırlığı 1.100 kg/m3 den fazla olmalıdır.

1.5.2 İnce agrega

İnce agrega olarak temel yapımında kullanılacak malzemenin kırma kum, kırılmış çakıl, cüruf kumu, doğal kum vb. malzemelerden veya karışımlardan oluşmaktadır.
Doğal Kum: Taşların doğal olarak bozulma ve ayrışmasından meydana gelen ve 2mm – 0.075 mm aralıklı elekler arasında kalan malzemelerdir.

İnce Çakıl: 9.5mm- 2mm aralıklı eleklerin arasında kalan malzemedir.

Taş Tozu: Taş ocaklarındaki kırım esnasında oluşan ince malzemedir.

Cüruf Kumu: Bu agrega yüksek fırın cürufunun havada soğutulduktan sonra elenmesi sonucunda elde edilir.

Tablo 1.5: İnce Agreganın Fiziksel Özellikleri

Deneyin Adı		**Şartname Limit Değerleri**	**Deney Standartları**
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
Metilen Mavisi, MB, g/kg	İnce agreganın 0/2 mm 'lik kısmına	≤ 3,0 (MB3,0) ≤ 4,5 (MB4,5)*	TS EN 933-9
	Öğütülen magmatik agreganın 0/2 mm' lik kısmına	≤ 4,5 (MB4,5)*	
Magmatik kökene sahip kayaçlarda, şantiye konkasöründe üretilen ince agregada istenilen şartname değeri sağlanmaması durumunda bu şart aranmalıdır.			

1.5.3 Temel tabakaları

1.5.3.1 Granüler temel tabakası (gt)

Şartnameye uygun hazırlanan, taşıma gücü yeterli taban veya alttemel tabakası üzerine birkaç tabaka halinde, içeriği kırılmış cüruf, kırılmış çakıl, kırmataş veya çakıl ile ince malzeme kullanılarak projeye uygun olarak sıkıştırma işlemi tamamlanan tabaka olarak ifade edilmektedir.

Bu temel tabakasının gradasyonu Tip A, Tip B ve Tip C olmak üzere 3 tip malzemeye ayrılmaktadır. Sathi kaplamalı devlet yolları ve asfalt beton kaplamalarında Tip A ya da Tip B kullanılırken sathi kaplama yapılacak olan il yolları için de Tip A, Tip B, Tip C malzemeler kullanılabilmektedir.

Tablo 1.6: Gradasyon Limitleri (Granüler Temel Tabakası)

Elek Açıklıkları		%Geçen		
mm	in	A	B	C
50	2	100		
37,5	1 1/2	80-100	100	
25	1	60-90	70-100	100
19	3/4	45-80	60-92	75-100
9,5	3/8	30-70	40-75	50-85
4,75	No. 4	25-55	30-60	35-65
2,00	No. 10	15-40	20-45	25-50
0,425	No. 40	8-20	10-25	12-30
0,075	No. 200	2-8	0-12	0-12

Granüller temel tabakası için kullanılacak olan malzemelerin, 4 nolu elek üstünde kalan agreganın ağırlıkça minimum %50'si iki ya da daha fazla yüzü kırılmış olmalıdır. Agreganın 200 nolu eleği geçen kısmı, 40 nolu elekten geçen kısmının ağırlıkça 2/3'ünden fazla olmayacaktır.

Granüler temel malzemesi, üzerine serim işlemi yapılabilecek olan alttemel tabakasının üzerine bir veya daha fazla tabakalar olacak şekilde sıkıştırılır. Bu sıkıştırma sonucunda Tablo 7'de verilen şartname limitlerine uygun değerler elde edilmelidir.

Tablo 1.7: Sıkıştırma Kriterleri (Granüler Temel Tabakası)

Minimum sıkışma%	98	Modifiye Proctor TS 1900 - 1 ASHTO T 180
	95	Titreşimli Tokmak TS 1900 - 1 BS 1377
Optimum su içeriği, %	$(W_{opt}-2) - W_{opt}$ $W_{opt} \pm 1$	Modifiye Proctor Titreşimli Tokmak

1.5.3.2 Plent- miks temel (pmt)

Fiziksel limitler aralığında, iyi derecelenmiş bir gradasyona sahip olan agreganın plentte optimum su muhtevası içeriğinde hazırlandıktan sonra yol temel malzemesi olarak serilmesi ile oluşan tabaka olarak ifade edilmektedir.

Plent- Miks Temel tabakasında kullanılacak agreganın kaba ve ince olacak şekilde en az üç farklı tane boyutu grubunun uygun oranlarda karıştırılması gereklidir. Plent-Miks Temel malzemesi için gradasyon limitleri Tablo 8' de verilmiştir.

Tablo 1.8: Gradasyon Limitleri (Plent- Miks Temel)

Elek Açıklığı(mm)		% 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

Tablo 1.8: Gradasyon Limitleri (Plent- Miks Temel)(Devamı)

9,5	3/8	40-75	50-82
4,75	No.4	30-60	35-65
2,00	No.10	20-45	23-50
0,475	No.40	8-25	12-30
0,075	No.200	0-10	2-12

Temel tabaka kalınlığı 15 cm veya üzerinde olması halinde PMT Tip-1, 15 cm' den düşük olması halinde ise PMT Tip-1 ya da Tip-2 kullanılması gerekmektedir.

Plent-Miks temel tabakasının serimi finişer aracılığıyla yapılmalıdır. Ayrıca tek seferde serip sıkıştırılacak maksimum malzeme yüksekliği 20 cm olmalıdır. Sıkıştırma kriterleri Tablo 9' da verilmiştir

Tablo 1.9: Sıkıştırma Kriterleri (Plent-Miks Temel Tabakası)

Minimum Sıkışma %	100	Modifiye Proctor TS 1900-1 ASHTO T 180
	97	Titreşimli Tokmak TS 1900-1 BS 1377
Optimum Su İçeriği, %	$(W_{opt}\text{-}1) - W_{opt}$ $W_{opt} \pm 0,5$	Modifiye Proctor Titreşimli Tokmak

1.5.3.3 Çimento bağlayıcılı granüler temel (çbgt)

Çakıl, kırılmış çakıl, kırılmış cüruf, kırmataş ve ince malzeme kullanılarak, uygun gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde hazırlanan malzemenin uygun oranlarda çimento ve su ile plentte karıştırılarak daha önceden

uygun hale getirilmiş alttemel tabakası üzerine serilmesi sonucu oluşan temel tabakasıdır.

Çimento bağlayıcılı granüler temel tabakasının serim ve sıkıştırılma işlemi belirli süreç zarfında tamamlanması gerekmektedir. Normal Portland çimentoları ile yapılan karışımın, plentten çıkışından itibaren yerine nakli, serimi reglaj ve sıkıştırma işlemleri maksimum 2 saat zarfında bitirilmesi gerekmektedir. Çimento bağlayıcılı granüler temel tabakası için kullanılacak malzemenin gradasyon limitleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 1.10: Gradasyon Limitleri (Çimento Bağlayıcılı Granüler Temel)

Elek Açıklığı(mm)		% Geçen
mm	in	
37,5	1 1/2	100
25	1	72-100
19	3/4	60-92
9,5	3/8	40-75
4,75	No.4	30-60
2,00	No.10	20-45
0,475	No.40	8-25
0,075	No.200	0-10

1.6 Agrega

Agrega belli boyuta sahip taş, doğal taş, parçalanarak ufalanmış kaya parçaları olarak adlandırılır. Agrega yapıları, şekilleri, boyutları, kimyasal ve fiziksel yapıları, içeriğine alınacak karışımlardan beklenen özellikler baz alınarak seçilir. Agregalar; çimento birleşişimi ile yoğun ve sert bir kütle oluşturur ve beton hacminin yaklaşık %60- %80' ini meydana getirmektedir. Agregalar; kum-çakıl mıcır, cüruf, kırma taş olmak üzere asfalt veya harç betonun ana maddeleridir.

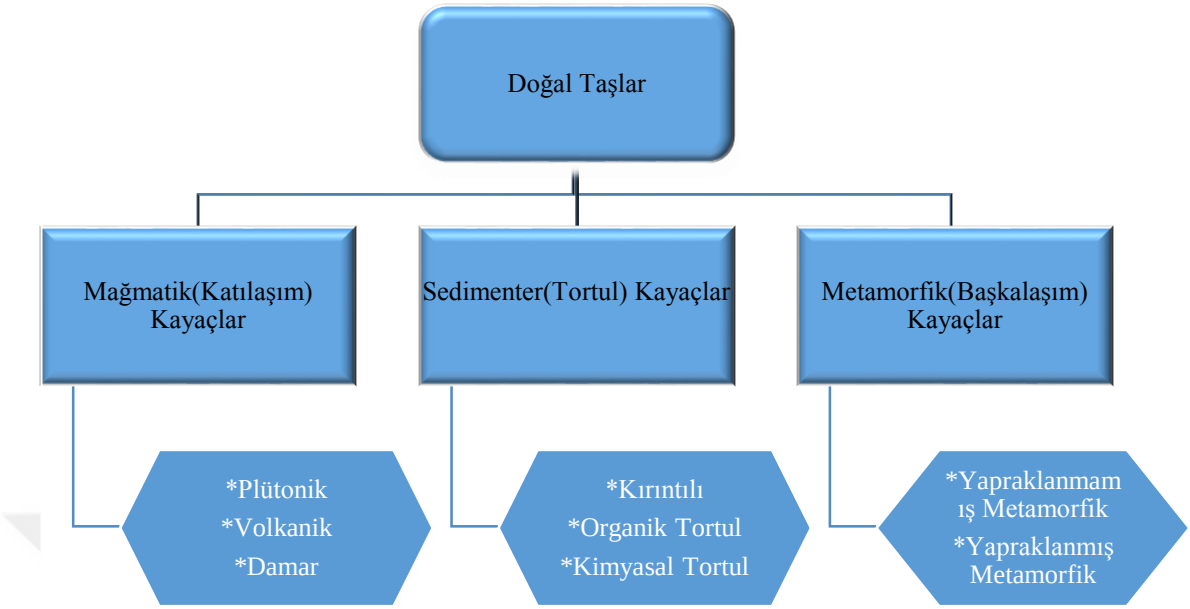


Şekil 1.2: Farklı Boyutlarda Agregalar

1.6.1 Doğal agregalar

Doğal agregalar, denizlerden, nehirlerden, dere yataklarından, çöller ve taş ocaklarından temin edilen, yapıları yoğun olan agregalardır. Bu agregalar doğal yollarla meydana gelmiş malzemelerdir.

Mineral topluluğu olan kayaçlar, kaya parçaları ve minerallerin bir bütün haline gelmesi ile oluşmaktadırlar. Kayaçlar, köken ve oluşum şartlarına bakılarak magmatik, metamorfik, sedimenter kayaçlar olmak üzere üç ayrı grupta incelenmektedirler.



Şekil 1.3: Oluşumlarına Göre Doğal Taş Şeması

1.6.1.1 Magmatik (katılaşım) kayaçlar

Çoğunlukla sert, yoğun ve dayanıklı yapıya sahip olan magmatik kayaçlar iyi birer doğal taş ve agregadır. Magmatik kayaçlar çoğunlukla mukavemeti düşük, hafif yapıya sahip ve yüksek absorbsiyonludurlar. Magmatik kayaçlar sert olmalarından ötürü, işlenmeleri ve aşınmaları zordur. (Öcal ve Dal, 2012)

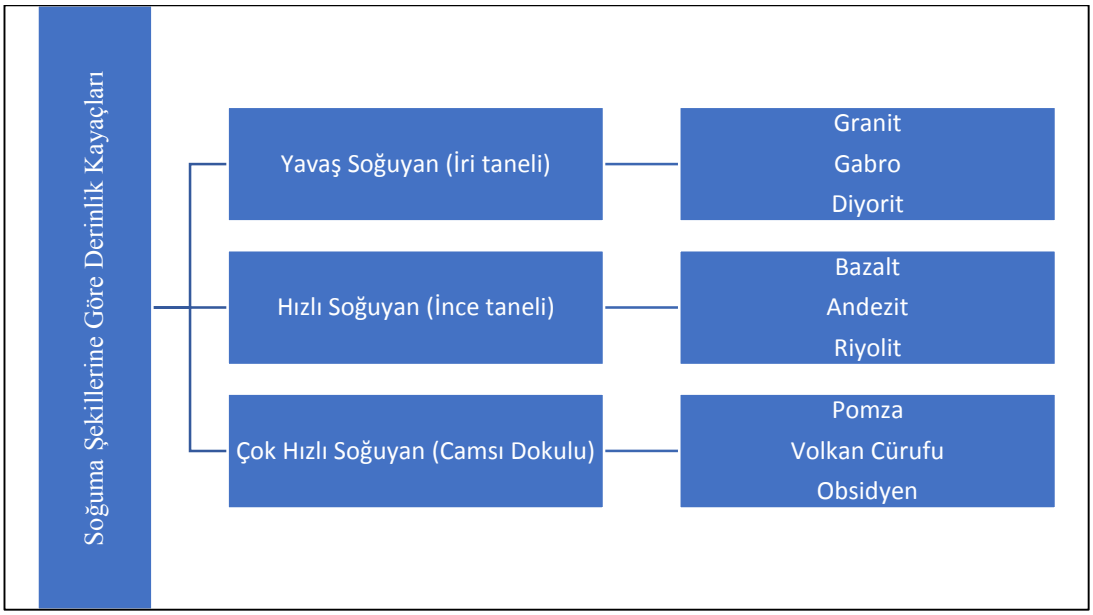
Magmatik kayaçlar, oluşum derinliklerine göre plütonik (derinlik) , damar (yarı derinlik) ve volkanik (yüzeysel) kayaçlar olmak üzere üç ayrı grupta incelenirler. (Öcal ve Dal, 2012)

Tablo 1.11: Lefond, Kırmataş Ham maddelerinin magmatik kayaç olarak sınıflandırılması (Uçar, 2008).

Grup	Genel Sınıflama	Kayaç	Yoğunluk
Magmatik(Katılaşım)	Derinlik (Plütonik)	Granit	2.60
		Gabro	2.90
		Siyenit	2.70
		Diyorit	2.80
		Peridotit	2.90
	Yüzey (Volkanik)	Bazalt	2.80
		Andezit	2.60
		Trakit	2.60
		Riyolit	2.60
		Diyabaz	2.90

Plütonik kayaçlar

Magmanın yer kabuğu derinliklerinde soğuması ile oluşan kayaçlara plütonik kayaçlar denir. Bu kayaçlar iridirler ve tam kristalli bir yapıya sahiptirler. Bu tip kayaçlar çoğunlukla yapısal olarak çatlaklı yapıya sahiptirler. Ancak bu kayaçlar ayrışmadan önce kırılma ve basınca karşı dayanıklıdırlar. Bu kayaçlar kristalli yapıya sahip oldukları için sağlam ve dayanımı yüksek kayaçlardır. Derinlik kayaçları soğuma farklılıklarına göre üç ayrı gruba ayrılırlar.



Şekil 1.4: Soğuma Şekillerine Göre Derinlik Kayaçlar

Damar (Yarı Derinlik) Kayaçlar

Plütonik kayaçlara nazaran daha yeryüzüne yakın kısımlarında, yarık ve çatlakları içinde soğuması ile oluşan kayaçlar olarak ifade edilir. Bu tip kayaçlar soğuma açısından volkanik kayaçlardan daha yavaş soğumaktadır. Görüntü açısından diğer plütonik ve volkanik kayaçlara da benzerler. Bu tip kayaçlara diabaz, porfir, aplit ve pegmatit kayaçları örnek gösterilebilir. (Öcal ve Dal, 2012)

Volkanik (Yüzey) Kayaçlar

Magmanın patlaması sonucu litosfer tabakasının yüzeyine veya yüzeyine yakın kısımlarında en hızlı soğumayla meydana gelen kayaçlardır. Yarı kristalli yapıda olan magmatik kayaçlardır. Bu tip kayaçlara andezit, riyolit, trakit ve üzerinde çalışmış olduğumuz bazalt taşını örnek olarak gösterebiliriz.

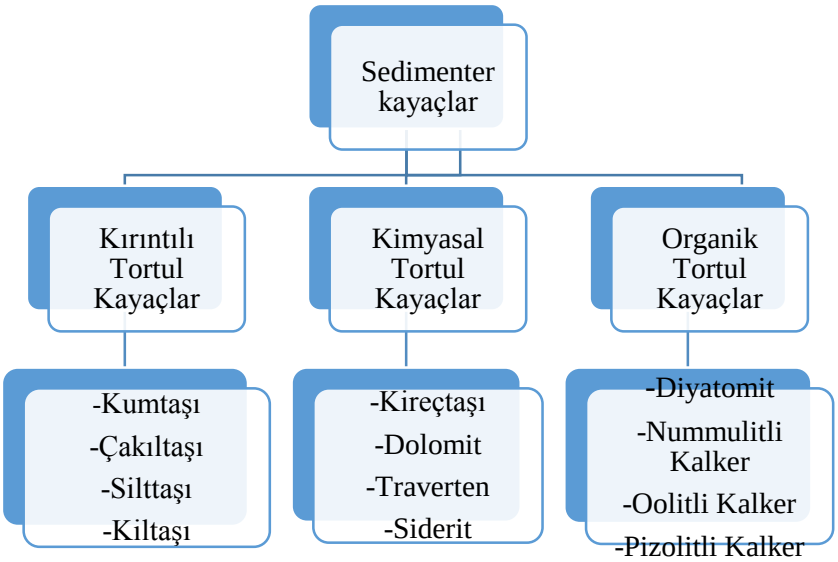
Bazalt: Yoğun, ince taneli, yüksek mukavemetli, basınca dayanıklı, sert, siyah ve koyu gri renklerinde doğada bulunan bazalt taşı gabro grubu volkanik bir türdür. Gabro grubunun yüzey volkanik kayacıdır. Kuvars içeriği %52'den azdır. Bileşiminde biyotit, olivin, kuvars ve plajioklas mineralleri bulundurmaktadır. Homojen yapısından kaynaklı ve düzgün kırılma açısı verilmesinden ötürü yapı malzemesi açısından özellikle yaya ve yol yapımı aşamalarında kullanımını görebildiğimiz bir kayaçtır. En önemli özelliklerinden bir tanesi de arazide altıgen prizma sütunları halinde bulunmasıdır. (Öcal ve Dal, 2012)



Şekil 1.5: Karacadağ Bölgesi'nde bazaltın yeryüzündeki mevcut durumu

1.6.1.2 Sedimenter (tortul) kayaçlar

Metamorfik ve magmatik kayaçların tektonik ve atmosferik parçalanmalar sonucunda tabakalar olarak tortu meydana getirmesiyle oluşan kayaçlardır. Bu kayaçlar heterojen boşluklu olmakla birlikte fosil yapıdadırlar. Sedimenter kayaçlar oluşum farklılıklarına göre 3 ayrı grupta incelenmektedir.



Şekil 1.6: Sedimenter (Tortul) Kayaçların Oluşumlarına Göre Sınıflandırılması

Kimyasal Tortul Kayaçlar: Kimyasal tepkimeler sonucu meydana gelmişlerdir. Kimyasal maddelerin bir ortamda bir araya gelmeleri ve tuzlu suların buharlaşması sonucu birleşmesine çeşitli doygun eriyiklerin birleşmesi denir.

Kireçtaşı: İçerik olarak % 90' dan fazla CaCO3 bulunduran kimyasal tortul kayaçlar kireçtaşı olarak adlandırılmaktadırlar. Türk standarlarına göre kireçtaşı, %90 mineralojik olarak kalsit minerali içermektedir Kireçtaşları alg, foraminifer ve mercan gibi taş yapan canlılardan da oluşabilirler.

Kireçtaşları HCI ile tepkimeye girdiklerinde köpürme meydana gelir. Çakı ile çizilen bir yüzeye sahiptirler. Sertlik olarak Mohs skalasında yaklaşık olarak 3 olarak bilinmektedir. Kireçtaşlarının basınç dayanımları, aşınması ve su emmesi doku farklılıklarına göre değişkenlik göstermektedir. Kireçtaşları gerek parke taşı olarak gerek yapı taşı olarak çeşitli inşaat işlerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. (Öcal ve Dal, 2012)

Kırıntılı Tortul Kayaçlar: Kırıntı halindeki sedimenter kayaçların parçalandıktan sonra taşınması sonucu bir araya gelmesi ile oluşurlar. Tane çapı büyüklüklerine göre çakıl, kum, silt, kil ve blok olarak adlandırılmaktadırlar. Bu kayaçlar çimentolanmaları halinde isimlerinin sonuna taşı getirilerek (Kiltaşı vb.) adlandırılırlar.

Kumtaşı: Oluşumunda 0.06-2 mm çap aralığına sahip kumların birleşmesi ile oluşan ve silis, karbonat ve demir çimentosu içeren tortul kayaçlara denir. İçeriğinde tane ve çimentonun % 90'ından büyük bir kısmı silis olması durumunda kuvarsit, feldspatlı olması durumunda arkoz ve mikalı olması durumunda ise grovak olarak isimlendirilmektedirler. Kumtaşlarının silisçe zengin tabakalı olanları peyzaj işlerinde parke taşı olarak kullanılmaktadır. (Öcal ve Dal, 2012)

Çakıltaşı (Konglomera): Türk standarlarına göre çakıltaşı; doğal alterasyon nedeniyle parçalandıktan sonra akarsularla getirilmiş ve %50'sinden fazlasının tane çapı olarak 2 mm'den büyük yuvarlak köşeli mineral ve kayaç parçalarının doğal çimento ile bağlanması ve diajenez geçirmesiyle oluşan kayaçlara denmektedir. Bu kayaçlar,

şekilsel farklılıklar açısından breş ve puding olarak iki ayrı türdürler. Hereke pudingine ülkemizin Marmara Bölgesi'nde yer alan birçok tarihi yapıda rastlanmaktadır.

Organik Tortul Kayaçlar: Bir kısmı mercanlar, algler, deniz canlılarının iskelet ve kabuklarından ve önemli çoğunluğu foraminifer adı verilen tek hücreli canlıların kalıntılarının oluşturduğu tortul kayaçlardır. Yapısal farklılıklarına göre ayrım yapılmasının yanı sıra, depo malzemesinin oluşumunda esas organizmalara göre de nummulitli kalker, rudistli kalker, mercan kalkeri, kokolitli kalker, fusulinli kalker, litografya kalkeri, göl kalkerleri, antroklu kalker, bitümlü kalker ve lümaşelli kalker olarak ayrılmaktadırlar. (Öcal ve Dal, 2012)

Tablo 1.12: Lefond, 1985, Kırmataş ham maddelerinin sedimenter kayaç olarak sınıflanrılması (Uçar, 2008).

Grup	Genel Sınıflama	Kayaç	Yoğunluk
Sedimenter(Tortul)	Kimyasal(Karbonatlı)	Kireçtaşı	2.60
		Dolomit	2.70
	Kırıntılı(Silisli)	Çört, Arjilit, Kiltaşı, Konglomera, Arkoz, Grovak, Kumtaşı, Şeyl, Kuvarsit,	2.60

1.6.1.3 Metamorfik (başkalaşım) kayaçlar

Sedimenter ve magmatik kayaçların gerilme etkisi, basınç ve sıcaklık altında kalması sonucunda yeni özellikler kazanması ile meydana gelen kayaç türü metamorfik kayaçlar olarak adlandırılır. Basınç, sıcaklık ve kesme kuvvetleri neticesinde oluşan metamorfizma esnasında taşların yapıları ve dokuları bozulmaktadır. Yapı, doku ve kristal şekil açısından başka yeni çeşit mineraller oluşur. Fakat kayaçlar kimyasal bileşim olarak değişime uğramaz. Basınç ve sıcaklık etkisi altında kiltaşı sleyte, kumlar kuvarsite, kalkarler mermere, alçıtaşı da anhidrite başkalaşmaktadır.

Görünüşleri genel olarak iri kristalli ve taneli bir yapıya sahiptirler. Kristallerin sınırları düzensizdir.

Yapraklanmamış Metamorfik Kayaçlar: Bu tip kayaçlara örnek olarak kuvarsit, mermer, serpantin gösterilebilir.

Mermer: TS 10449' da belirtildiğine göre dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı gibi karbonat içeriğine sahip kayaçların ısı ve basınç etkileri altında metamorfizmaya uğraması ve yeniden kristalleşmesi sonucu, içeriğinde bulunan tali minerallerden dolayı çeşitli renk çeşitleri olan, kesilme ve parlatılabilme özelliklerine sahip olan kayaç türüdür. Başkalaşıma uğrayan küçük ve iri taneli kalsit ve dolomit minerallerinden oluşan bu kayaçlar, yüksek oranda kalsiyum karbonat, kalsiyum karbonata nazaran daha az oranda magnezyum karbonat ve değişik oranlarda metal oksit içeriğine sahiptirler. Beyaz renkli ve yarı saydam olan mermerler saf olduklarında, zamanla geçirdikleri kimyasal çözünme süreçleri ve biçim değişiklikleri neticesinde renkli bir görünüme bürünürler.

Mermerler, eski yıllarda estetik ve dayanımı yüksek olması sebebiyle sanatsal alanlarda kullanılıyorken günümüzde başlıca inşaat sektörü, dekorasyon, heykel sanatı, süs eşyası yapımında kullanılmaktadırlar. Mermerin en yaygın kullanımı mimari alanlardır.

Yapraklanmış Metamorfik Kayaçlar: Bu tip kayaçlara gnays, arduvaz, şist ve fillit örnek olarak verilebilir.

Gnays: Magmatik veya sedimenter kayaçların başkalaşıma uğraması sonucu oluşan bir kayaç türüdür. Granit ve diyorit kayaçlarının başkalaşıma uğraması sonucu oluşmuştur. (Öcal ve Dal, 2012)

Tablo 1.13:Lefond, 1985, Kırmataş ham maddelerinin metamorfik kayaç olarak sınıflandırılması (Uçar, 2008).

Kayaç Tipi	Genel Sınıflandırma	Kayaç	Yoğunluk
Metamorfik(Başkalaşım)	Foliasyonlu	Fillit	2.70
		Sleyt, Şist, Gnays	2.80
		Amfibolit	3.00
	Foliasyonsuz	Mermer	2.70
		Kuvarsit	2.80

1.6.2 Yapay agregalar

Yüksek fırın cüruf kumu, yüksek fırın cüruf taşı veya izabe cürufu vb. sanayi menşeili kırılmış agrega veya kırılmamış taşa yapay agrega denilmektedir. (Çağlayan vd., 1999)

Yapay agregalar endüstriyel işlem veya işlemler sonucu elde edilmektedirler. Yapay agregalardan bazıları asfalt kaplama inşaatı alanında kullanılmaktadır. Bu agregalar;

Cüruf: Demir filizinin endüstride indirgenmesi esnasında yüksek fırınlardan artık madde olarak elde edilen malzemeye denir. Yapay agregalardan en fazla elde edilenidir. Alüminyum, cüruf, magnezyum ve kalsiyum elementlerinden oluşan kompleks bir karışımdır.

Klinker: Küllerin eriyerek topaklar haline gelmesi sonucu oluşan bir çeşit fırın atığıdır. Çok değişken bir malzeme olması sebebiyle, sadece bu işin yapımı için hazırlanan şartnamelere uygun olan klinker asfalt kaplama tabakalarının yapımında kullanılabilir.

Çimento: Çimento ilave edilen bitümlü karışımlar içerisinde yalnızca filler malzeme görevi görmektedir. Filler malzeme olarak kullanılan çimentonun eklenmesindeki amaç içeriğindeki çimentonun bağlayıcı özelliğinden fayda sağlamak değildir. Çimento standart granülometri ile birleşimleri, saflıkları ve bitümlü bağlayıcılar ile hiçbir reaksiyona girmediklerinden ötürü filler malzeme olarak kullanılmaya oldukça elverişlidir. (Uçar, 2008)

1.6.3 Agreganın beton dayanımına etki eden özellikleri

Agregalar beton hacminin yaklaşık olarak %75' lik bir kısmını oluşturmaktadırlar. Bu agregaların; türünün, biçiminin, organik madde miktarının, ince madde oranının, tane boyutu dağılımının, en büyük boyutunun, yüzey özelliklerinin ve hacim konsantrasyonunun betonun göstermiş olduğu performansta önemli rolü vardır.

İyi bir harç ve beton malzemesi için kullanılabilecek agregaya örnek olarak kuvars bileşimli çakıllar örnek gösterilebilir. Agregalar, betonun içeriğinde ağırlık olarak yaklaşık % 75-85 oranlarında bulunmaktadırlar. Bu agrega hem silis içerikli doğal çakıl olduğu gibi yine içerik olarak aynı kayaç ve blokların kırıcıda işlem görmesinden sonra meydana gelen karma malzeme de olabilir.

Agrega seçimi, beton yapımında kullanılacak agregalar için önem arz etmektedir. Kuvars kum ve çakıllar, yüksek alkali çimento ile karışımlarından sonra sertleşme başlaması halinde çimento içerisindeki alkali metaller kuvars grubunda yer alan mineraller ile reaksiyona girmeleri sonucu beton çatlamaya maruz kalır. Bundan dolayı silis birleşimi olan minerallerin ağırlığı % 9 oranından fazla olmamalıdır.

Diğer ülkelerdeki gibi bizim ülkemizde de ekonomik olarak en önde gelen sektörlerden biri inşaattır. İnşaat sektörünün ana yapı taşlarından birisi de agregalardır. Konut, sanayi inşaatlar, okul, hastane, işyeri ve merkezleri gibi üst yapı

inşaatlarında, boru hattı, su yapıları, köprü gibi altyapı çalışmalarının inşaatında ve önemli derecede yol yapım çalışmalarında üstyapı ve altyapıda kullanılan hammadde agregalardır. Agregalar kullanılmadan veya var olmadan insanların hayatlarını daha yaşanılabilir kılmak için inşa edilmekte olan yapıların inşası mümkün değildir. İhtiyaç sıralamasında madencilik türleri arasında agrega madenciliği ilk sırada yer almaktadır.

Agrega sektörünü Türkiye ekonomisinde vazgeçilmez sektör olmasının sebepleri; ulusal çapta inşaat üretim faaliyetleri ile alakadarlığı, başta inşaat alanı olacak şekilde çoğu farklı sektörler ile etkileşiminin olması ve oldukça güçlü iş potansiyelinin var olmasıdır.

1.6.4 Beton agregasında olması gereken özellikler

Agregalar, betonun dayanım ve özelliklerini doğrudan etkilemesinden ötürü kaliteli ve iyi beton üretiminde agregalarda şu özellikler aranmaktadır;

- Agrega aşınmamalı, dayanıklı olmalı ve su etkisinde yumuşayıp dağılmamalıdır.

- Sert ve dayanımı yüksek olmalıdır.

- Aşınma ve basınç etkilerine karşı dayanım oranları yüksek olmalıdır.

- Agregaların içinde beton özelliklerine zarar verecek malzemeler bulunmamalıdır.

- Çimento ile reaksiyon halinde zararlı bir bileşim oluşturmamaları, kullanılan donatıların korozyona(paslanma) karşı korunmasına engel olmamalıdır.

- Taneler şekil ve doku açısından yeterli olmalı, içeriğinde uzun ve yassı taneler mevcut olmamalıdır.

• Deniz kabuğu, odun vb. zayıf olarak tabir edilen taneler içeriğinde bulunmamalıdır.

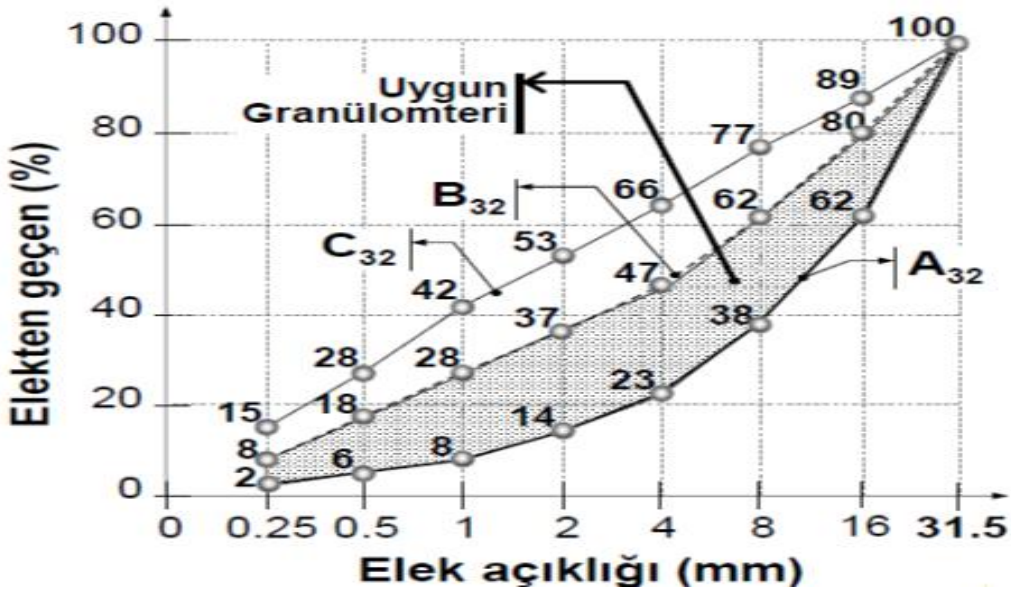
1.6.5 Agregalarda miktar ve boyut tayini

Agregalarda miktar ve boyut seçiminde; iri taneli agregaların arasındaki boşluklar küçük boyutlu agregalarla doldurulacak ve boşluk oranı en az olacak şekilde tayin edilir. Agregalar boyutlarına göre iki ayrılırlar. Bunlar;

1) İnce (Çapı 0-6 mm)

2) Kalın(Çapı 6-63 mm) olmak üzere ayrılmaktadırlar.

Agregalar, beton içeriğinin kayda değer kısmını oluşturduğundan dolayı kullanımı betonda maliyeti düşürür. Fakat dayanım ve işlenebilirliğinin sağlanması önemlidir. Agregalar elekten geçirilerek dane boyutu dağılım eğrisi çizilebilir.



Şekil 1.7: Örnek Granülometri Eğrisi

Sınır değerlerin belirlendiği TS 706' da sınır değerleri maksimum agrega boyutuna göre şekilde ele alınmıştır. Örnek olarak yapılmış olan elek analizinde A ve B eğrileri arasında kalan dane dağılımını "iyi" olarak, B ve C eğrileri arasında olmaları

halinde “kullanılabilir” olarak değerlendirilir. Çimentonun suyla birleşiminden meydana gelen hamur agregayı birbirine bağlaması sonucu dayanım olarak yüksek dayanımlı bir malzeme temin edilmesini sağlar. Bu bağın temin edilebilmesi için agrega temiz olmalı ve killi bir yapıya sahip olmamalıdır. Bunların ışığında malzemelerin dayanımları doğrudan betonun dayanımıyla ilgili olduğundan dolayı beton içerisinde kullanılan agreganın dayanım olarak yüksek dayanımlı olması istenir. Doğal ve yapay yollardan temin edilen agregaların tane çapına göre;

1. İri Agrega

2. İnce Agrega

3. Mineral Filler olacak şekilde üç ayrı gruba ayrılmaktadırlar.

Agregaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi adına çok sayıda deney vardır ve en çok ve en önemli agrega deneyleri aşağıdaki gibidir:

- Tane Dağılımı(Granülometri) Deneyi
- Parçalanmaya Karşı Direnç Deneyi
- Soyulmaya Karşı Direnç Deneyi
- Cilalanma Direnç Deneyi
- Hava Etkilerine Karşı Dayanıklılık Deneyi
- Özgül Ağırlık ve Su Emme Deneyi

1.7 Karacadağ Genel Coğrafik Özellikleri

Karacadağ, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ nin yaklaşık olarak ortalarında olmak ile birlikte Şanlıurfa Platosu ve Diyarbakır Havzası’nın kuzey-güney doğrultusunda

ayıran sönük bir yanardağdır. Rakımı en yüksek noktasının yüksekliği 1952 metredir. Karacadağ volkanı yapısal olarak akışkan lavlardan meydana gelen kalkan yanardağ yapısına sahiptir. Çapı 120 km olmakla beraber 8000 km2' lik bir alanda yer almaktadır. Bazaltik lavlardan meydana gelmektedir. Karacadağ püskürmeleri üç ayrı dönemde gerçekleşmiştir. Karacadağ; Mardin, Diyarbakır ve Şanlıurfa illeri sınırlarında yer almaktadır.



Şekil 1.8: Karacadağ'daki son püskürme kaynaklı oluşan krater



Şekil 1.9: Karacadağ Kayak Merkezi Görüntüsü

1.8 Bazaltın Kullanım Alanları

Yanardağlardan püsküren lavların, katı hal alması ile oluşan kayaç türü olan bazalt taşı, dayanıklı yapısı ve sağlam olmasından dolayı, özellikle kaldırım, bina, köprü gibi dayanımı yüksek olması gereken yapılarda sıkça kullanılmaktadır. Bazaltın yapı malzemesi olarak yaygın kullanılması ve tercih edilmesinin sebepleri; doğal yollardan çokça elde edilebilmesi ve kolay temin edilmesi, sağlıklı ve doğal bir yapıya sahip olması, basınca karşı dayanımı olarak ifade edilebilir. Farklı büyüklük ve kalınlıklarda kullanılabilirliği, mimari yapıların hem dış hem de içlerinde, zemin ve cephe kaplamasında, dekoratif bahçe düzenlemelerinde vb. yapıların neredeyse her safhasında kullanılabilecek bir malzeme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.10: Diyarbakır Evleri

Diyarbakır ve çevre illerde sıkça görülen bazalt taşlarından yapılan evlerden birine örnek olarak yukarıdaki yapı gösterilebilir. Diyarbakır'da Dağkapı olarak bilinen bölgede sıklıkla bu yapılara rastlamak mümkündür. Gerek yapıldıkları zamanın ulaşılabilir yapı malzemesi olması gerek dayanım açısından bazaltın yüksek dayanıma sahip olması sebebiyle bu bölgedeki çoğu yapıda bazaltın kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır.

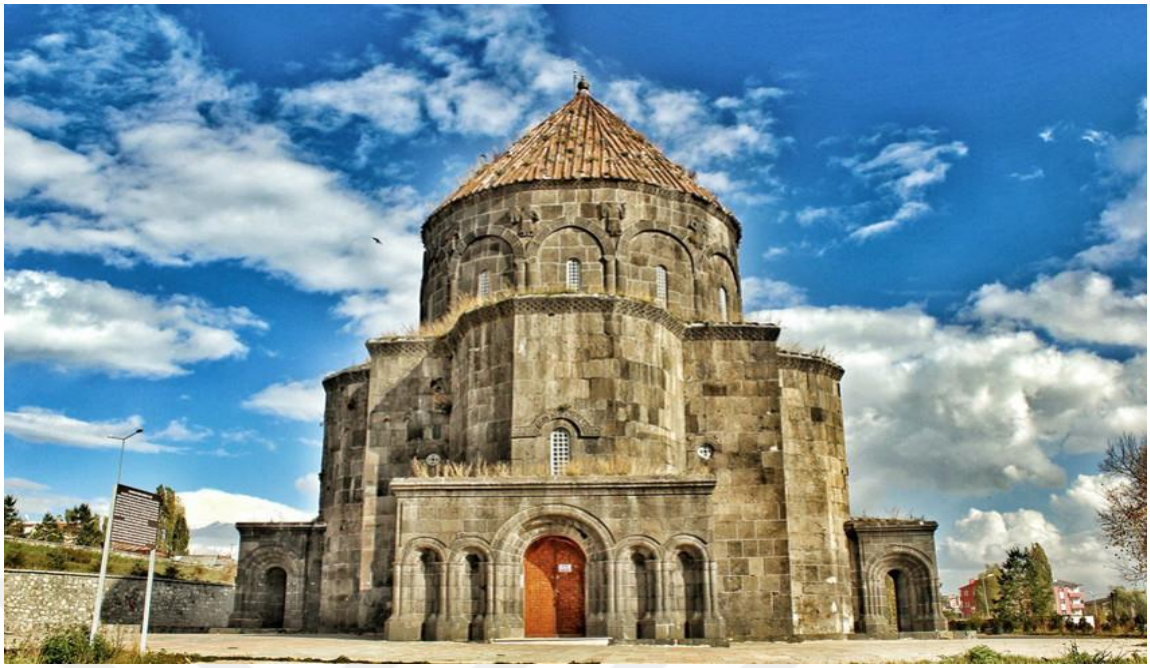


Şekil 1.11: On Gözlü Köprü

Bazalt taşları ile yapılan başka bir inşaat yapısı olan On Gözlü Köprü, Dicle nehrinin iki yakasını on adet kesik kemer üzerine köprü inşası sayesinde birleştirmektedir.



Şekil 1.12: Eski Yemen Evleri



Şekil 1.13: Kars Kümbet Camii (12 Havariler Kilisesi)

Yukarıda fotoğrafı bulunan Kars Kümbet Camii (12 Havariler Kilisesi) yapımında bazalt taşı kullanılmıştır. 940 yılında yapıldığı tahmin edilen bu caminin yapımında kullanılacak olan bazalt taşı, Ağrı Dağı'nın eteklerinden getirilmiştir. Günümüzde insanların tercihen doğal olan şeyleri seçmelerinden dolayı, kullanım alanında artış meydana gelen ve dekoratif amaçlı evlerde kullanılmaya başlanan bazalt, uzun yıllardan bu yana birçok mimari yapıda yapıtaşı olarak kullanılmıştır.



Şekil 1.14: Deliler Hanı



Şekil 1.15: Deliler Hanı Güncel Hali

Dünyada ve ülkemizde bazalt taşının kullanıldığı ünlü tarihi yapıların sayısı epey fazladır. Bu yapılardan bir tanesi de Diyarbakır' da bulunan Deliler Hanı' dır. Osmanlı valisi Hüsrev Paşa tarafından 1527 yılında yaptırılan bu han, hacı adaylarına rehberlik yapan insanların barınması için yaptırılmıştır. Deliler Hanının adı, bu hana gelen rehberlerin deli olarak adlandırılmış olmalarından kaynaklanmaktadır. Deliler Hanı günümüzde halen daha Diyarbakır ziyaretinde bulunanların ziyaret için gittiği tarihi bir mimari yapı olarak bulunmaktadır.



Şekil 1.16:Kurşunlu Camii

Tarihi çok eskiye dayanan Kurşunlu Camii restorasyon sonrasında bu şekilde restorasyonu tamamlanmıştır. Yapımında zamanında da olmak üzere bazalt taşı kullanılan Kurşunlu Camii restorasyon sonrasında da bazalt taşları ile restore edilmiş ve eski antik görünümüne kavuşmuştur.



Şekil 1.17: Bazaltın peyzaj ve yapıda kullanımına bir örnek

Dayanım açısından gerekli dayanımı gösterdiği için ve ulaşımının rahat olmasından kaynaklı bazaltın kullanım alanı artmıştır. Bazalt taşının birçok kullanım alanı olduğu bilinmektedir. Üst yapıda kullanılmakta olan bazalt peyzaj işlerinde ve restorasyon işlerinde de kullanılmaktadır. Diyarbakır Sur ilçesi Suriçi Mahallesi içindeki yeni yapıların olduğu bölgelerde bazaltın birden fazla kullanımını rastlayabiliyoruz.

1.9 Karacadağ Bölgesinde Tarım Faaliyetleri

Güneydoğu Anadolu Bölgesi elverişli coğrafi şartları dolayısıyla tarihin en eski dönemlerinden itibaren yerleşik hayata geçilen bir coğrafi bölgemizdir. Antik çağlardan beri yerleşim yeri olan Mezopotamya hem tarıma elverişli olması hem de etrafından geçen iki nehir sayesinde yerleşim yeri olarak tercih edilmiştir. Bu bölgenin en büyük avantajı toprağın verimli olması ve hayvancılığa da elverişli bir arazi yapısı olmasıdır. Bu sebepten dolayı çok çeşitli ekonomik faaliyet gerçekleştirilebilmiştir. Özellikle dönemin gereği olan tarımsal faaliyetlerde bulunmak isteyen insanlar, yıllar öncesinden bu bölgede yerleşik hayata geçiş yapmışlardır.

Karacadağ bölgesi sınırları içerisinde yetiştirilen tarım ürünleri Buğdaygiller, Baklagiller, Sebze ve Meyve olarak ayrılmaktadır.

Karacadağ bölgesinde yetiştirilen buğdaygiller, kendi aralarında buğday türleri, arpa türleri, pirinç bitkisi olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Oldukça fazla verim alınan buğdaygillerin yetiştiriciliği de yaygın olarak yapılmaktadır. McCorriston ve Hole (1991), ilk siyez buğdayının kültüre alındığı yeri Ürdün Vadisi olarak rapor etmişlerdir ve bu hipotez Jones ve ark,(1998) tarafından desteklenmiştir. Fakat Heun ve ark (1997), tarafından yapılan DNA analizleri sonucunda siyez buğdayının, Türkiye'nin Güneydoğu Bölgesi'nde Diyarbakır ili sınırları içerisinde bulunan Karacadağ dağında kültüre alındığı gösterilmiştir.

Karacadağ çeltiği, çoğunlukla Karacadağ eteklerinde bulunan siyah bazalt taşlarının arasında herhangi bir toprak işlemesi olmaksızın yetiştirilen, yetiştirme esnasında ek herhangi bir kimyasal kullanılmamaktadır. Bu bölgede üretimi sağlanan çeltiğin

tüketimi genel olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndedir. Bu bölgede yetiştirilen Karacadağ çeltiğinin organik tarım olarak değerlendirilmesi için birçok girişim söz konusudur.

Karacadağ'ın sulak kesimlerinde yaygın kültürü yapılmaktadır. Bölgesel olarak "Karacadağ Pirinci" olarak adlandırılan bu pirinç, yöre civarında tercih edilip tüketilen bir kültür çeşididir. Karacadağ coğrafi olarak pirinç madenidir. Bu dağ ve civarında pirinç verimi oldukça fazladır. Satışa sunulan ve ticari olarak önemli olan Karacadağ Pirinci' nin üretimi bölgede işgücünün artmasını da sağlamaktadır. Karacadağ toprakları, volkanik püskürüklerin tortulaşması sonucu oluşan derin kaya tabakalarından oluşan bir toprak tabakası durumundadır. Organik madde miktarı olarak zengin olsa bile %5 derin olmayan bir profile sahiptir. Sulu arazilerde, pirinç bu bölgedeki toprağa uyum sağlayabilecek en önem arz eden bitkidir.



Şekil 1.18: Karacadağ bölgesi pirinç ekili arazi ve içinde bulunan bazalt

Karacadağ bölgesinde doğal olarak yetiştirilen bitki çeşitlerinden bazıları da sebze olarak kullanılmaktadır. Bunların en yaygın olanları, 'Kenger' ve 'Akbandır' bitkileridir.

Sebze olarak kullanılan bitki türleri; Tere, Kenger, Akbandır, Yarpuz, Tuzik, Çobançantası, Hardal olmak üzere 7 çeşittir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Saltan ve Akıllı El(2021), yaptıkları çalışmada Isparta, Ankara- Polatlı, Afyon-Emirdağ bölgelerinden aldıkları bazalt ve sedimanter kökenli kalker agregaları üzerinde çeşitli deneyler yaparak yol alttemel ve temel tabakalarında kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak bazalt malzemesinin özelliklerinin bölgesel olarak değişiklik gösterdiğini, Ankara- Polatlı bazalt agregasının donma-çözülme kaybının %1 olduğunu, agrega numunelerinin dona karşı dayanımı ve aşınma değeri bakımından standartlardaki sınır değerlerini aşmadığını ifade etmişlerdir. Ayrıca bazalt agregasının esnek üstyapı inşaat yapımında kullanım açısından daha uygun olduğunu ve kalker malzemesinin de yol taban zemini veya alttemel malzemesi olarak kullanıma daha uygun olduğunu belirlemişlerdir. Bazalt agregasının yolun ömrünü uzatma konusunda büyük katkı sağlayacağını tespit etmişlerdir.

Bağırsakçı vd. (1995), yeryüzünde var olan volkanik kayaçları, bileşik içeriğindeki kuvars (SiO2) oranına göre bazaltik (%50 SiO2), andezitik (%60 SiO2), ve riyolitik (%70 SiO2) olmak üzere üç ayrı gruba ayırmışlardır. Karacadağ eski bir volkanik kayaç olmak ile birlikte Karacadağ'ın bileşimindeki elementlerin; Si, Mg, Fe, Al, Na, Ca, K ve Ti olduğunu ve genel olarak orta derecede alkalin niteliğinde bulunduğunu saptamışlardır.

Gümüşçü ve Turgut (2012), Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Karacadağ bazaltı, kolay kesim işlemi, şekillendirilmesi ve birden fazla kullanım için uygun olmasının yanı sıra, yapı içinde ve dışındaki uygulamalarda kullanımı nedeniyle güncel bir malzemedir. Karacadağ bazaltının düşük maliyetli olmasının aksine, ısıl ve fiziko-mekanik özelliklerinin kapsamlı bilinmemesinden ve iyi bir işçilik gereksiniminden dolayı istenilen düzeyde kullanılmamaktadır. Yazarlar çalışmalarında, Karacadağ bazaltının ısıl ve fiziko-mekanik özelliklerinin elde edilmesi için dört farklı ocaktan toplamda 168 adet numuneyi test etmişlerdir. Sonuçlara göre Karacadağ bazaltının ulusal standartlara kıyası sonucunda, Karacadağ bazaltının yapı sektöründe kullanıma uygun olduğunu vurgulamışlardır.

Ünsal (1993), boşluklu bazaltların, bazalt lavlarının volkanlardan çıkarken içindeki gazların uçarak taşın içinde boşluklar oluşması sonucu oluştuğunu belirtmiştir. Boşluklu bazaltların içindeki boşlukların çeşitli minerallerle dolduğunu, bazaltların yeryüzünde dayk, sil, örtü, akıntı vb. gibi pek çok formda bulunduğunu belirtmiştir. Türkiye'de bazaltlara spilit, pilow lavı, akıntı veya geniş platolar ve örtüler halinde birçok yerde karşılaşıldığını ve bunların büyük bir çoğunluğunun Miosen sonrası ve Kuvaterner başındaki püskürmelerle oluştuğunu belirtmiştir.

Dağtekin (2017), tarihin belirli dönemlerinde kente gelen araştırmacı ve gezginlerin, Diyarbakır'ın kendisinin ve yapılarının dış görünüş olarak bir bazalt bloku halinde göründüğünü ve Diyarbakır'ın bazalt taşı ile özdeşleştiğini ifade etmiştir. Bu sebepten ötürü, Diyarbakır sınırları içerisinde yer alan geleneksel şehir dokusunun genelince kullanılan, kent sınırları içerisinde yer alan, itibar sağlaması konusunda büyük katkı sağlayan ve kentte üretimi olan bazalt taşının "Diyarbakır Bazalt Taşı" olarak patentinin alınması/ tescillenmesi, kente mal olmuş bir ürünün üretimini ve kullanım zinciri içerisinde korunmasını ve sürdürülebilirliğini temin edecektir.

Yılmaz (2008), FeCr (Ferrokrom) cüruflarının mekanik ve fiziksel açıdan yol üstyapısının temel tabakalarında, doğal agregaya alternatif olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Aynı zamanda cüruf karışımları hidrolik bir bağlayıcı ile stabilizasyonu sonucu karışım yüksek dayanıma sahiptir ve bu sebepten ötürü yüksek trafik hacmine sahip karayolları için iyi bir stabilizasyon temel alternatifi oluşturabileceğini belirtmiştir.

Karadağ vd. (2020), çalışmalarında çelikhane cürufunun yol temel ve alttemel malzemesi olarak kullanılması için dört farklı yol kesiti üzerinde sonlu elemanlar yöntemiyle ve aksisimetrik analiz gerçekleştirerek araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre çelikhane cürufunun doğal agrega yerine yol üst yapısında kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Sadece alttemel tabakasında çelikhane cürufunun kullanılması halinde tekrarlı trafik yükleri altında hem yol performansının arttığı hem de doğal kaynaklardan tasarruf sağlanarak doğal kaynakların korunacağını savunmuşlardır.

Çalışmada çelikhane cürufunun dayanım ve rijitlik parametreleri kullanılarak ve dinamik analiz gerçekleştirilmek suretiyle analiz yapılmış ve sonuçlar doğal agrega ile karşılaştırılmıştır. Malzeme rijitlik ve dayanım parametrelerinin yanında yol performansını etkileyen diğer faktörler nem, yeraltı suyu, donma çözülme ve diğer iklim koşullarıdır. İlerideki çalışmalarda iklim faktörleri de göz önüne alınarak çalışmalar yapılabilir.

Uz (1990), gabro- diyabaz- bazaltların sert mermer grubunda yer almasına rağmen esasen bazik kayaç grubunda kabul etmiştir. Karbonat grubunun mermerlere oranla 2 kat daha sert olan gabro- diyabaz- bazalt grubunun, aşınmaya karşı mukavemeti, iyi cila kabul edişi ve asit etkilerine karşı dayanımı gibi farklı özelliklerinden dolayı bu malzemelerin özel kullanım alanlarının var olduğunu belirterek bazaltın diğer çeşit mermerlere oranla daha sert ve işleme, kesme zorluklarının olduğunu belirtmiştir.

Lefond (1975), bazalt volkanik kayacının granüler malzeme olarak kullanılmasına sebep olarak, bozulmaya karşı dayanımı, renklendirme işlemindeki uyumu, yatağın her yerinde aynı özellikleri göstermesi, yatağın düşük poroziteye ve yeterli rezerv oranına sahip olması, ultraviyole ışınlarına karşı geçirgen olmayışı ve kırım işleminden sonra aynı boyutlarda tanecik şeklinde temin edilmesine yormuştur.

Acar (2002), Karacadağ bazaltının laboratuvar amaçlı deneyler için alınan numunelerinin kimyasal analizleri sonucunda, silis oranının %46-50 arasında, alüminyum oranının %13-15 arasında, demiroksit oranının %4-5 oranında, potasyum oranının %1-1,5 oranı arasında, fosfat oranının %0.2-0.7 oranı arasında ve titan oranının %2-3 oranları arasında değerler elde etmiştir. Mineral içeriğinde Olivin oranı %17-30, Piroksen oranı %15- 17, ikincil olarak epidot oranı %5-6, labrador oranı %45-50 ve hematit, manyetit, sfen oranları %7-8 mineral içeriği sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca mermer ve bazalt arasında endüstriyel özellik yönünden en göze çarpan farklılık olarak bazaltın kesiminin zor olması ve cilalanma yeteneğinin az olmasını belirtmiş ve bazaltın mıcır malzemesi halinde kullanımının oldukça uygun olduğunu saptamıştır.

Kanat (1996), Diyarbakır surlarında bazalt taşının çoğunlukla çaplanmış moloz taş, ince yonu ve kesme taş halinde kullanıldığını belirtmiştir. Genellikle sıralı moloz örgüde kullanılacak olan bazaltın kenarları çekiç yardımıyla düzeltme işlemine tabi tutulmuş, dikdörtgen veya çok kenarlı biçimlendirilmiş taşlar olduğunu belirtmiştir. Restorasyon amacıyla kullanılacak olan ince yonu taşlar, yan ve yatak yüzlerinde 15 cm derinliğe kadar kesit daralması oluşmamasını ve taşların minimum boyutunun en az 20 cm olması gerektiğini belirtmiştir.

Sözen (1971), Çin Seddi'nden sonra dünyanın en sağlam, en geniş ve en uzun surlarından birinin ve eski Diyarbakır şehrini kuşatan Diyarbakır Surları olduğunu belirtmiştir. Diyarbakır Surları, Dicle'den Karacadağ'a uzanan geniş bazalt yaylanın doğu tarafına kurulmuş olduğunu, genellikle kalkan balığına benzer bir biçimde olduğunu ve İç Kale ve Dış kale olmak üzere iki kısımdan oluştuğunu belirtmiştir.
Tuncer (1999), Diyarbakır Surları' nın içinde yapılan yapıların malzemelerini incelemiş ve buna göre daha rijit olan gözeneksiz (erkek taş) bazalt taşlarının eşik, söve ve kolon gibi yerlerde kullanıldığını, erkek taşa göre daha gözenekli(dişi taş) bazalt taşlarının erkek bazalta nazaran daha çok kullanıldığını gözlemlemiştir. Eski Diyarbakır mimarisinde kullanılan harcın 5 temel malzemesinin kireç olduğunu ve avlularda bazalt yüzey süslemelerinde kireç kaymağına ilaveten yumurta akı eklendikten sonra cas olarak adlandırılan macunların kullanılmış olduğunu belirtmiştir.

Tuncer (1996), Diyarbakır'daki camilerin yapı sanatı, süsleme, yapı malzemesi ve mimarlık vb. farklı yönlerden incelemiş ve tüm camilerin yapımında ana yapı malzemesi olarak bazalt taşının kullanıldığını belirtmiştir.

Tuncer (2002), Diyarbakır'da yer alan kiliseler üzerinde mimarlık, süsleme, yapı sanatı ve yapı malzemesi yönlerinden incelemiş ve bu kiliselerin ana yapı taşı olan bazaltın uygulanış yöntemlerini belirtmiştir.

3. MATERYAL METOD

Diyarbakır ili Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almakta ve Hurriler' den bugüne birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Etrafı surlarla kuşatılan Diyarbakır' ın yapı ve mimarlık sanatının önemli bir parçası olan bazalt taşı kentin geneline hakimdir. Kentin surları, burçları, dar ve uzun sokakları, cami, hamam, kilise ve han gibi anıtsal yapıları, avlulu ve eyvanlı evlerinden oluşan geleneksel dokusu bazalt taşından yapılmıştır. Bazalt taşı Türkiye' de birçok yerde kullanılan bir malzeme olmasına rağmen Diyarbakır' da kentin bir bazalt platosu üzerinde yer alması, kentte var olan tüm medeniyetlerin mimari mirasının bu platoda yer alan bazalt taşından yapılmış olması malzemeye özgünlük ve farklılık kazandırmaktadır.

Karacadağ bazalt yatakları Türkiye' nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi' nde geniş alanlara yayılmaktadır. Bu bölgedeki bazalt taşlarının oluşumunu sağlayan Karacadağ volkanından inen bazalt akıntısı, özellikle Diyarbakır'ın üç bölgesinde yaygınlık göstermektedir. Doğusunda Diyarbakır- Mardin, batısında Diyarbakır- Şanlıurfa, kuzeyinde Diyarbakır- Elazığ yolu üzerindeki bölgelerde 120- 130 km çapında geniş bazalt platolarına rastlanmaktadır.

Karacadağ bazalt taşının temini Şanlıurfa yolu üzerinde 60. km üzerinde Güvercin köyü civarından toplama olarak elde edilen bazaltın kırılması sonucu elde edilmiştir.

3.1 Metilen Mavisi Deneyi

Gruplandırılmayan agregalar ya da ince agregalarda, 0 – 2 mm aralığının metilen mavisi deneyinin tayini için yapılmaktadır.

Kullanılan Kimyasallar

Kullanlan Boya Çözeltisi: Teknik kalitede veya standart kalitede üretilen metilen mavisi çözeltisi, (10,0±0,1g/1). Hazırlanan çözeltinin kullanım süresi hazırlandıktan en fazla 28 gün sonrasına kadardır. Çözelti ışıktan uzak bir şekilde saklanmalıdır.

Damıtık ya da demineralize su

Kaolinit: Boya kullanımında aşırıya kaçılmaması adına, 100 gr kaolinit için 1-2 gr arasında metilen mavisi değerine sahip kaolinit kullanımı tercih edilmektedir.

Aletler

Büret: 1/10 ml oranında veya 100 ml olacak şekilde derecelendirilmiş olması gerekmektedir.

Mikropipet:2 ml ve 5 ml hacimli büretin yerine kullanılabilecek mikropipetler.

Süzgeç (Filtre) Kâğıdı: Filtrasyon hızı 75s, 95 g/m2, gözenek büyüklüğü 8µm ve 0.20 mm kalınlıkta olmalıdır.

Cam Çubuk: 8 mm çapında ve 300 mm uzunluğa sahip olmalıdır.

Pervaneli Karıştırıcı: 3 veya 4 adet 75±10 mm çaplı pervane bıçağı olan ve bir dakikada 400±40 ve 600±60 devir yapabilecek hız temin edebilen bir karıştırıcı olmalıdır.

Terazi: Hassasiyeti %0.1 olmalıdır. Kronometrenin hassasiyeti 1 saniye olması gerekmektedir. Deney elek çapı 2mm olmalıdır.

Beher: Plastik veya cam olmalıdır. Yaklaşık olarak 1 veya 2 litre hacim kapasitesine sahip olmalıdır.

Ölçülü Balon: Kapasitesi 1 lt olmalıdır.

Havalandırmalı Etüv: 110±5 ºC sıcaklığa kadar sıcaklık sağlayabilir ve termostatik olarak kontrol edilebilir olmalıdır.

Termometre: Hassasiyeti 1 ºC olmalıdır.

Desikatör ve Spatula



Şekil 3.1: Metilen Mavisi Deney Aletleri

Deney Numunesinin Hazırlama

Laboratuvar malzemeleri, 0/2 mm tane büyüklüğündeki minimum 200 gr agrega ihtiva eden kısmı malzeme elde etmek için numuneyi azaltmak gerekmektedir. Elde edilen kısmi numune 110±5 ºC sıcaklıkta kütlesi sabit kalana dek kuruma işlemine tabi tutulur ve soğutulmak üzere oda sıcaklığına bırakılır.

Kurutulan kısmi numune, etkili bir ayırmanın ve 0/2 mm aralığındaki tanelerin toplanması adına bir deney fırçası yardımıyla, 2 mm açıklıklı bir elek ve koruyucu bir elekten elenir. Deney numunesinin bir kısmı tartım işlemine tabi tutulur ve ağırlık %0,1 gr fark olmaksızın M1 olarak kayda alınır.

Leke Deneyinin Açıklaması

Bu deney, ilave edilen her boyadan sonra cam çubuk yardımıyla alınan bir damla süspansiyonun süzgeç kağıdının üstüne bırakılmasıdır. Oluşan leke çoğunlukla renksiz ıslak bir bölge ile çevrelenmiş ve çoğunlukla homojen mavi renki bir merkeze sahip malzeme birikintisinden meydana gelir. Alınacak olan damlanın miktarı, yayıldığı zaman 8-12 mm çapında bir alan kaplayacak şekilde damlatılmalıdır. Deneyin pozitif olarak değerlendirilmesi için yaklaşık 1 mm açıklığa

sahip mavi bir halka ihtiva eden bir halenin, merkezdeki birikintinin etrafında meydana gelmesi halinde olur.

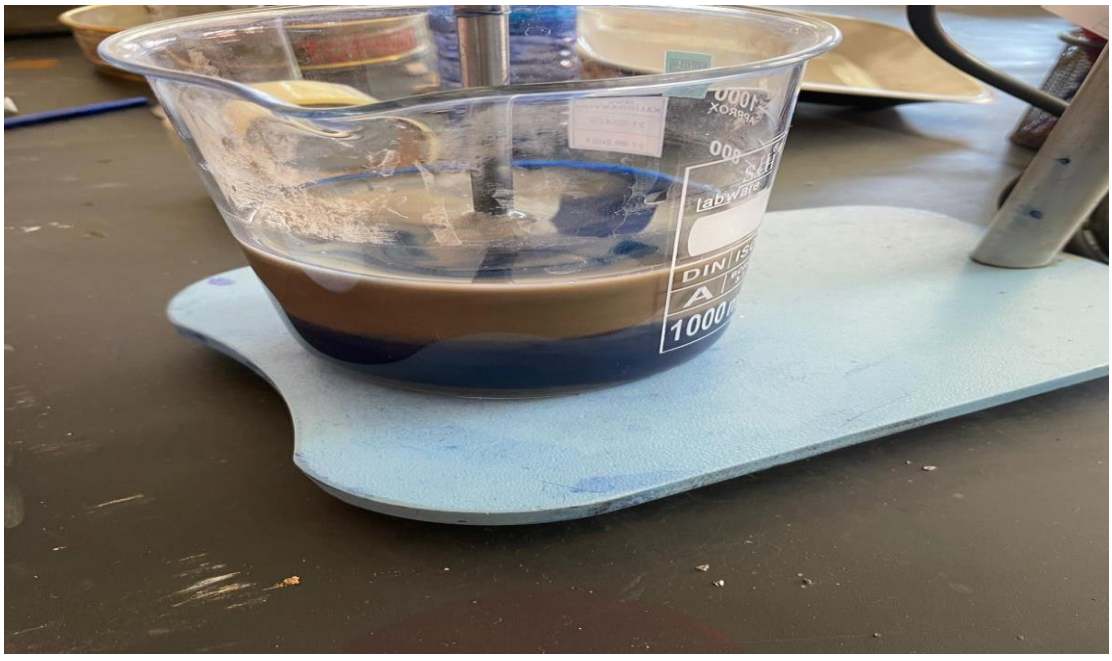
Deney Yöntemi

Deney numunesinin bulunduğu behere 500±5 ml damıtık veya demineralize su ilave edilir ve bir spatula yardımıyla malzeme karıştırılır.

İlave edilecek boya çözeltisi iyice karıştırılır. Büret boya çözeltisi ile doldurulur ve kalan çözelti karanlık bir ortamda saklanır.

Karıştırıcının hızı 600 devir/dakika olacak şekilde ayarlanır ve karıştırıcı pervanesi beherin tabanından yaklaşık 10 mm yukarıya konulur.

Kronometre, karıştırıcı ile birlikte çalıştırılır. 600±60 devir/dakika hızda numunenin 5 dakika karımasından sonra behere 5 ml boya çözeltisi eklenir. Çözelti ilavesinden sonra beherdeki malzeme, hızı 400±40 devir/ dakika olacak şekilde 1 dakika boyunca karıştırılır.



Şekil 3.2: 400 devir dönen malzemeye ilk çözelti ilavesi

Süzgeç kağıdı, yüzeyinin çoğunluğu herhangi bir sıvı ya da katı madde ile temas etmeyecek halde boş bir beherin üstüne ya da farklı bir destek üstüne konulur ve bu kağıt üzerinde leke deneyi yapılır.

Eklenen 5 ml'lik boya çözeltisi ilave edildikten sonra halenin görünmemesi durumunda, 5 ml ek boya çözeltisi eklenir. 1 dakika olacak şekilde karıştırma işlemi yapılır ve süzgeç kağıdı üzerine leke deneyi bir daha uygulanır. Halenin görülmemesi halinde, görülene kadar karıştırıp, boya eklenmesi ve sonrasında leke deneyinin yapılmasına devam edilir. Halenin gözlemlenmesi halinde, karışıma ek çözelti eklenmeden karıştırma işlemi yapılmaya devam eder ve 1 dakikalık aralıkla leke deneyi süzgeç kağıdı üzerine yapılır.

Halenin ilk 4 dakikada kaybolması durumunda, 5 ml ek boya çözeltisi ilave edilir. Halenin beşinci dakikada kaybolması durumunda ise sadece 2 ml olacak şekilde çözelti ilave edilir. Her iki durumda da 5 dakika süre zarfında varlığını sürdürecek şekilde karıştırılır ve leke deneyleri yapılmaya devam edilir. 5 dakika süre ile varlığı devam eden hale için ilave edilen boya çözeltisinin toplam hacmi (V1) kaydedilir.

Hesaplamalar

Deney yapılırken kaydedilen değerler ve deneyden sonra yapılması gereken hesaplamalar Metilen Mavisi Deney Formu' nda kayıt altına alınır.
Metilen mavisi değeri (MB) aşağıdaki hesaplama yöntemi ile hesaplanır.

$$MB = \frac{V1}{M1}\text{x}10 \qquad (3.1)$$

Burada;

M1: Deneyde kullanılan malzemenin ağırlığı, (gr)

V1: Eklenen boya çözeltisinin toplam hacmi, (ml)

Metilen mavisi değeri, 0-2 mm aralığının beher kilogramı için kullanılmış olan boya miktarı 0,1 gr yaklaşımla kaydedilir.

Deney kaolinit eklemesi sonucu gerçekleşmişse, metilen mavisi değeri için aşağıdaki formül kullanılır:

$$MB = \frac{(V1-V')}{M1}\text{x}10 \qquad (3.2)$$

Burada;

V′: Kaolinitin absorbe ettiği boya çözeltisinin hacmi, (ml)

V′ : Kaolinit tarafından adsorbe edilen boya çözeltisi hacmi, (ml)

3.2 Cbr (Kaliforniya Taşıma Oranı) Deneyi

Metot olarak OKY, AASHTO T 99- AASHTO T 180, TS EN 1900-1 baz alınarak sıkıştırılmış, nem oranı optimum değerlerde ya da işlem esnasında öngörülen Wn değerine eşit olan minimum üç toprak-su-kire. karışımı için yaş CBR tespit edilmelidir.

Yapılan üç örnek sonucunda da aşağıda belirtilen CBR değerini verecek minimum kireç oranı aranmalıdır. Yol inşaatlarında kullanılacağı yerin farklılığına göre bu sınır değerler farklılık göstermektedir. Sınır değerleri olarak tanımlanan değerler aşağıdaki gibidir.

Alttemel CBR ≥ 50

Üstyapı tabanı CBR ≥ 20

Dolgular için CBR ≥ 15

(Zayıf Zemin Kriteri CBR<10 kabul edilmiştir.)



Şekil 3.3: CBR Deney Cihazı

İyileştirilecek - stabilize edilecek malzemelerde şişme yüzdelerinin de belirlenmesi gerekmektedir. CBR koşullarını sağlayan üç örnekte de TS 1900-1, AASHTO O 99 ya da AASHTO T 180 metoduyla sıkıştırılan numuneler CBR kalıplarında ilk başta 7 gün (168 saat) boyunca sıcaklığı 20±1 ºC ve rutubeti > % 95 olan bir ortamda, sonrasında da minimum 4 gün ve şişme tamamlanıncaya kadar 20 ± 1 ºC sıcaklıkta olan suda bekletilir. Laboratuvar aşağıda belirtilen sınır değerlerinin üzerindeki karışımlar çalışmak için uygun değildir. Çalışmaların sürdürülmesi için kireç oranının arttırılması gerekmektedir.

Alttemel Şişme % < 0,5

Üstyapı Tabanı Şişme % < 1,0

Dolgular İçin Şişme % < 2,0

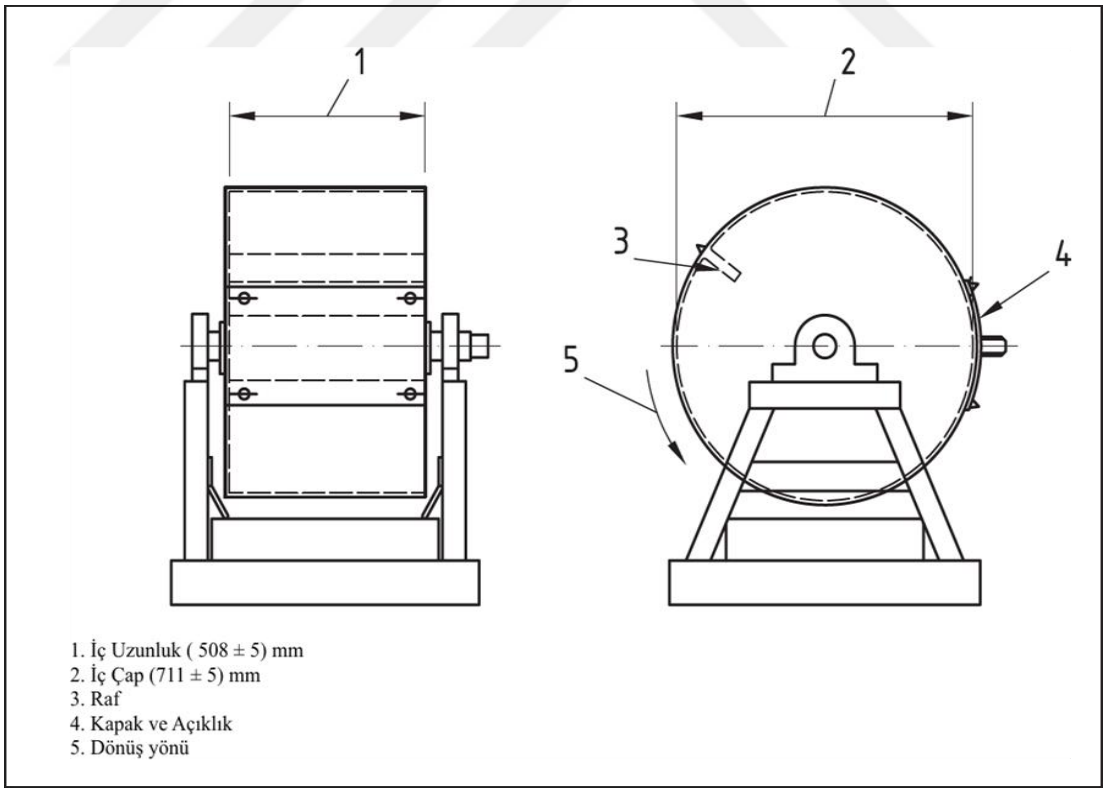
3.3 Los Angeles Aşınma Deneyi

Standart boyutlara sahip kayaçların belirli bir doğrultudaki darbelere karşı gösterdiği dayanım darbe dayanımı olarak ifade edilir. Kayaç agregalarının aşınma ve darbe

etkilerine karşı dayanımının belirlenmesi amacıyla kullanılan deneysel çalışmalardan birisi de Los Angeles Aşınma Deneyi' dir.

Amaç: Kullanım amaçlarına göre kayaçların aşınma ve darbe etkilerine karşı gösterdikleri dirençler önemli role sahiptirler. Los Angeles aşınma cihazıyla gerçekleştirilen bu deney, kayaçların aşınmaya karşı dayanımlarını belirlemede önemli bir deneydir. Yapılan bu deney, kayaçların aşınma ve darbeye karşı dayanımı açısından malzeme kalitesini araştırmak için yapılmaktadır.

Deney Aleti: Los Angeles deneyi cihazı aşağıda şekilde gösterildiği gibidir. İmalat malzemesi ağır sanayi çeliği olmakla birlikte silindirik bir tamburdan meydana gelmektedir. Silindirik tambur yatay eksenli olarak etrafında dönmektedir. Cihazın sayacı otomatiktir. Hedeflenen dönüş sayısına ulaştığında otomatik olarak durmaktadır. Cihazın içinde 12 adet 430 gr ağırlığında 47.6 mm çapında aşındırma bilyeleri vardır.



Şekil 3.4: Los Angeles Deney Makinesi

Genel Bilgi: Aşınma kaybı, kayaç yüzeylerinin çevresel aşındırıcı maddelerin sürtünmesi ile oluşan aşınma olarak ifade edilmektedir. Aşınma yavaş tempoda oluşum gösteren fiziksel ve mekanik bir olaydır. (Tekmen, 2006). Prensip olarak darbeli aşınma kaybı, bir silindir alet içinde deney numunesinin çelik bilyeler ile birlikte dönme esnasında yukarıda toplandıktan sonra serbest düşme sırasında çarpmaları neticesinde oluşan darbelerle küçük parçaların kopması veya kırılması prensibine dayanmaktadır.

Malzeme Özellikleri: İlgili yönetmelik(ISRM 2007) tarafından önerilmiş olan farklı agrega numunelerinin ağırlığı ve elek açıklığı aşağıda belirtilen tablolarda iki numune türü için mevcuttur.

Tablo 3.1: Çapı 19 mm'den büyük iri agregalar için test örneklerinin derecelenmesi(ISRM,2007)

Elek açıklığı(mm)		Gösterilen boyutların ağırlığı, g Derecelenme		
Elekten geçen	Elekten geçemeyen	1	2	3
75,00	63,00	2500±50	-	-
63,00	53,00	2500±50	-	-
53,00	38,00	5000±50	5000±50	-
38,00	25,40	-	5000±25	5000±25
25,40	19,00	-	-	5000±25
TOPLAM		10000±100	10000±75	10000±50

Tablo 3.2: Çapı 38 mm'den küçük iri agregalar için test örneklerinin derecelenmesi(ISRM,2007)

Elek açıklığı(mm)		Gösterilen boyutların ağırlığı, g Derecelenme			
Elekten geçen	Elekten geçemeyen	A	B	C	D
38,00	25,40	1250±25	-	-	-
25,40	19,00	1250±25	-	-	-
19,00	13,20	1250±10	2500±10	-	-
13,20	9,50	1250±10	2500±10	-	-
9,50	5,60	-	-	2500±10	-
5,60	4,70	-	-	2500±10	-
4,70	2,30	-	-	-	5000±10
TOPLAM		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Tablo 3.3: Los Angeles deney karışımları ve koşulları

Elek açıklığı(mm)		Gösterilen boyutların ağırlığı, g Derecelenme			
Elekten geçen	Elekten geçemeyen	A	B	C	D
40	25	%25	-	-	-
25	20	%25	-	-	-
20	12,5	%25	%50	-	-
12,5	10	%25	%50	-	-
10	8	-	-	%50	-
8	5	-	-	%50	-
5	2,5	-	-	-	%100
Agrega Ağırlığı: M (kg)		5	4,55	3,3	2,5
Bilye Sayısı		12	11	8	7

Yukarıda belirtilen farklı boyutlu agregalar için deney örnekleri mevcut olmasına rağmen çoğunlukla deney için her bir örnekten yaklaşık olarak 20 mm- 12.5 mm arası elekte kalan 2500 gr örnek ve 12.5 mm ile 10.0 mm arasında kalan 2500 gr kuru örnek alımı ile deney yapılır.



Şekil 3.5: Los Angeles Aşınma Deneyi Cihazı

Deneyin Yapılışı

a) Deneye tabi tutulacak malzeme ve taşındırma topları deney cihazına konulur. Alet dakikada 30-33 devir yapacak hızda çalıştırılır. 38mm'den küçük çaplı agregalar için devir sayısı 500'dür. 19 mm' den büyük çaplı agregalar için ise devir sayısı 1000 olması gerekmektedir. Cihaz dengeli bir şekilde çalışmalı ve çevresel hızı sabit olmalıdır. Çelik rafların açısal tip olması durumunda dönme yönü aşındırma toplarını rafların dış yüzeyinde yakalayacak şekilde düzenlenmelidir.

b) Belirlenen dönüş sayısına ulaşıldığında malzeme altındaki tepsiye boşaltılır ve 1.7 mm çaplı elekten elenir. Üstünde kalan malzeme 105 °C sıcaklıktaki etüvde kurutulur ve tartım işlemi gerçekleşir.

c) Teste tabi tutulan agreganın üniformluğu hakkında doğru sonuç aynı şekilde, 500 devir halinde 100 devir sonrasında, 1000 devir halinde ise 200 devirden sonra kayıpların ölçümü sonucu temin edilebilir. Malzeme kaybının bulunması için 1.7 mm çaplı eleğin üstünde kalan malzemenin yıkanması gerekmektedir. Üniform sertliğe sahip bir malzemede 100 devir sonrası oluşan kaybın 500 devir sonrasında oluşan

kayba ya da 200 devir sonrası kayıp oranının 1000 devir sonrası kayba oranla 0,20 yi geçmemelidir. Bu işlemler sırasında en ufak bir malzeme kaybı bile olmaması gerekmektedir.

Aşınma Oranı Hesabı

A) Kayıp yüzdesi; malzemenin deney öncesinde alınan ağırlığından deney sonucundaki alınan ağırlığa oranıdır.

B) İstenildiği durumlarda; 100 devir sonucu oluşan kaybın 500 devir sonrasında oluşan kayba oranı veya 200 devir sonucu oluşan kaybın 1000 devir sonrasında oluşan kayba oranı da bize aşınma oranı benzerliğini verir.

Aşınma kaybı ile alakalı formüller ve açıklamalar aşağıda verilmiştir.

$$K500 = \frac{G0 - G500}{G0} x100 \quad (3.3)$$

$$K1000 \frac{G0 - G1000}{G0} x100 \quad (3.4)$$

K: Aşınma Kaybı

G0: İlk tartım sonucu ağırlık, (gr)

G100: 100 devir sonucunda elek üstündeki agrega ağırlığı, (gr)

G200: 200 devir sonucunda elek üstündeki agrega ağırlığı, (gr)

G500: 500 devir sonucunda elek üstündeki agrega ağırlığı, (gr)

G1000: 1000 devir sonucunda elek üstündeki agrega ağırlığı, (gr)

Aşınma oranı benzerlikleri:

500 devir yapılan deney için;

$$Aşınma\ oranı\ benzerliği = \frac{G0 - G100}{G0 - G500} \quad (3.5)$$

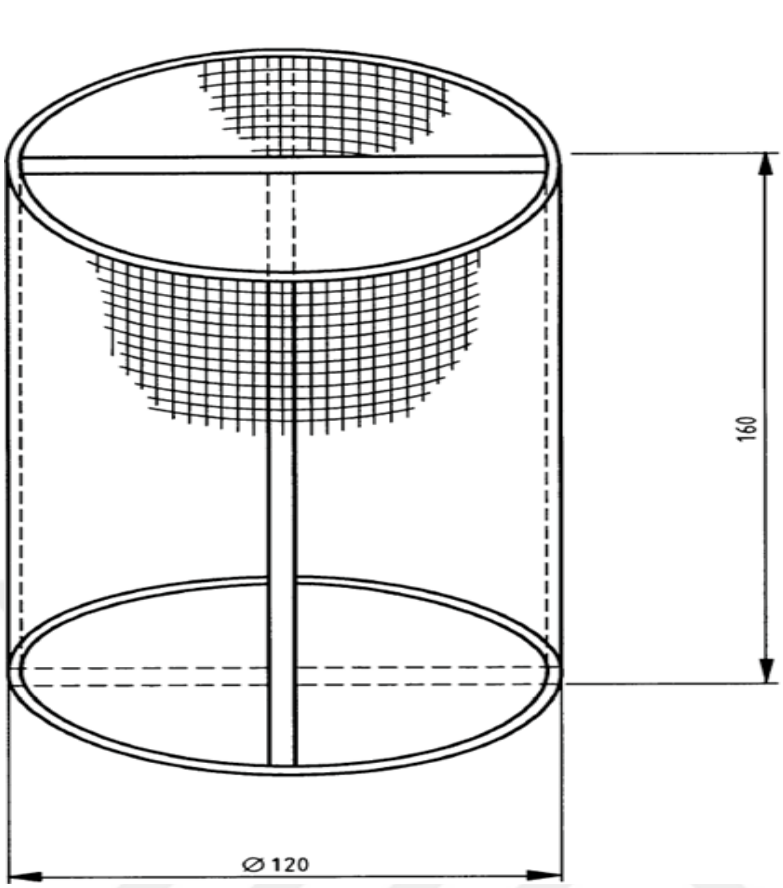
100 devir yapılan deney için;

$$Aşınma\ oranı\ benzerliği = \frac{G0 - G200}{G0 - G1000} \quad (3.6)$$

Agregaların kullanıldıkları alana göre mekanik etkiler yüzünden farklı şekillerde aşınabilir ve toz halinde parçalanabilir. Agrega yüzeyindeki veya bünyesindeki deformasyonun belirli bir oranda kalması inşa edilen yapı güvenliği için gereklidir. Aşınma bir diğer adıyla Los Angeles deneyi agreganın yüzde kaç oranında aşınmaya karşı dirençli olduğu konusunda yorum yapılmasını sağlar. Agreganın hangi alanda kullanılacağı konusunda karar vermek için gerekli bir testtir.

3.4 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi (Donma Deneyi)

Hava tesirlerine karşı dayanım deneyi, agregaların hava tesirlerinden kaynaklı ufalanma ve donmaya karşı gösterdikleri mukavemet hakkında, laboratuvar ortamında erken sonuç almak için yapılan hızlandırılmış bir deneydir. Bu deney, malzemenin birkaç tekrar dahilinde MgSO4 ve Na2SO4 çözeltileri içinde bekletilmesi, çözeltiden çıkan numunenin kurutulması ve aynı şekilde tekrar çözelti içerisinde bekletilmesi şeklinde yapılan bir deneydir. Agregalar sıvı emilimi yapmaya meyilli olmaları ve boşluklu bir yapıya sahip olmalarından dolayı çözelti içine batırılan agregaların içindeki boşlukların çözelti ile dolmasına neden olmaktadır. Çözeltiden çıkarılarak kurutulma işlemine tabi tutulan agregalardaki boşluklarda içine konulduğu MgSO4 ve Na2SO4 tuzları kalmaktadır. Bu agrega içinde oluşan tuzların tekrardan çözelti ile birleşmelerinin neticesinde boşluklardaki tuzlar şişerler. Bu oluşan şişme, üstyapı tabakaları yapımında bulunan agregaların içine giren suyun donmasının sonucu olan parçalanmayı ifade etmektedir.



Şekil 3.6: Magnezyum Sülfat Deney Sepeti

Hava tesirlerine karşı dayanım deneyi ASTM C 88 standartlarına göre uygulanmaktadır. 19-12,5 mm eleklerin arasında kalan malzemeden 670±10 gr, 12,5-9,5 mm eleklerin arasında kalan malzemeden 330±5 gr numune alınarak yapılmaktadır. Numune ilk başta yıkanılır. Daha sonra etüve 110±5 ˚C olacak şekilde ve sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Etüvden çıkan malzeme tartılıp ağırlığı A olacak şekilde not alınır ve çözelti içerisine konulur. Çözelti içerisine konulan agregalar 21±1 ˚C sıcaklıkta yaklaşık olarak 16-18 saat arası bekletilir. Çözelti içerisinde bekleme işlemi tamamlanan agregalar, çözeltiden çıkarıldıktan sonra 110± 5 ˚C sıcaklıktaki etüve atılır ve ağırlığı sabit olana kadar kurutulur. Kuruma işlemi yapılan numune oda sıcaklığına bırakılarak soğutulur ve tekrardan magnezyum sülfat çözeltisinin içine bırakılır. Çözelti içinde bekletme, kurutma ve çözelti içine yerleştirme işlemi 5 kere tekrarlanır. Son kurutmadan sonra malzeme su ile yıkandıktan sonra 8 mm eleğin üstünde kalan numune kurutulmak üzere etüve atılır. 110±5 ˚C sıcaklıkta kuruma işlemi tamamlanan numune kuru ağırlığın son tespiti için tartılmıştır ve B olarak not alınmıştır.



Şekil 3.7: Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deney Aletleri

Hava tesirlerine karşı dayanım deneyi sonucunda parçalanan tane oranının hesabı aşağıdaki bağlantı yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Parçalanan\ tane\ oranı = \frac{A-B}{A} x100 \quad (3.7)$$

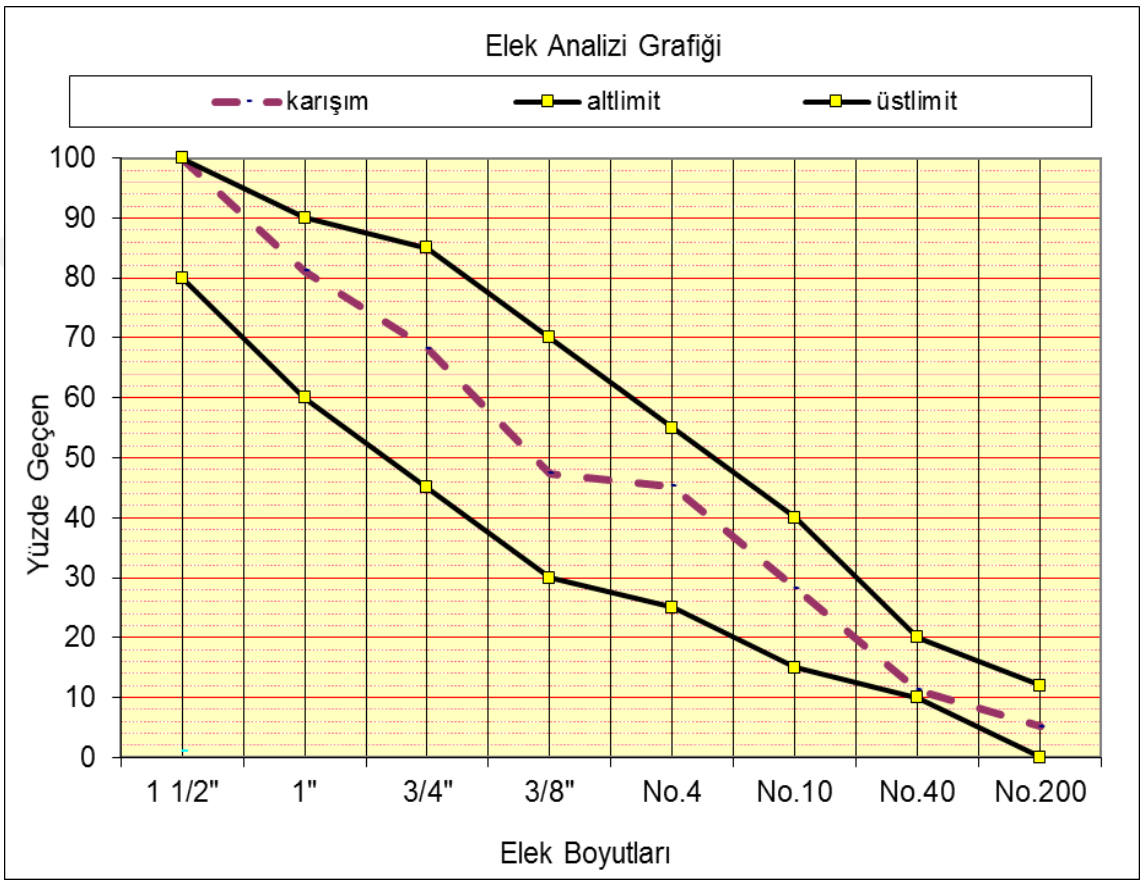
A: İlk kuru ağırlık (g)

B: Son kuru ağırlık (g)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

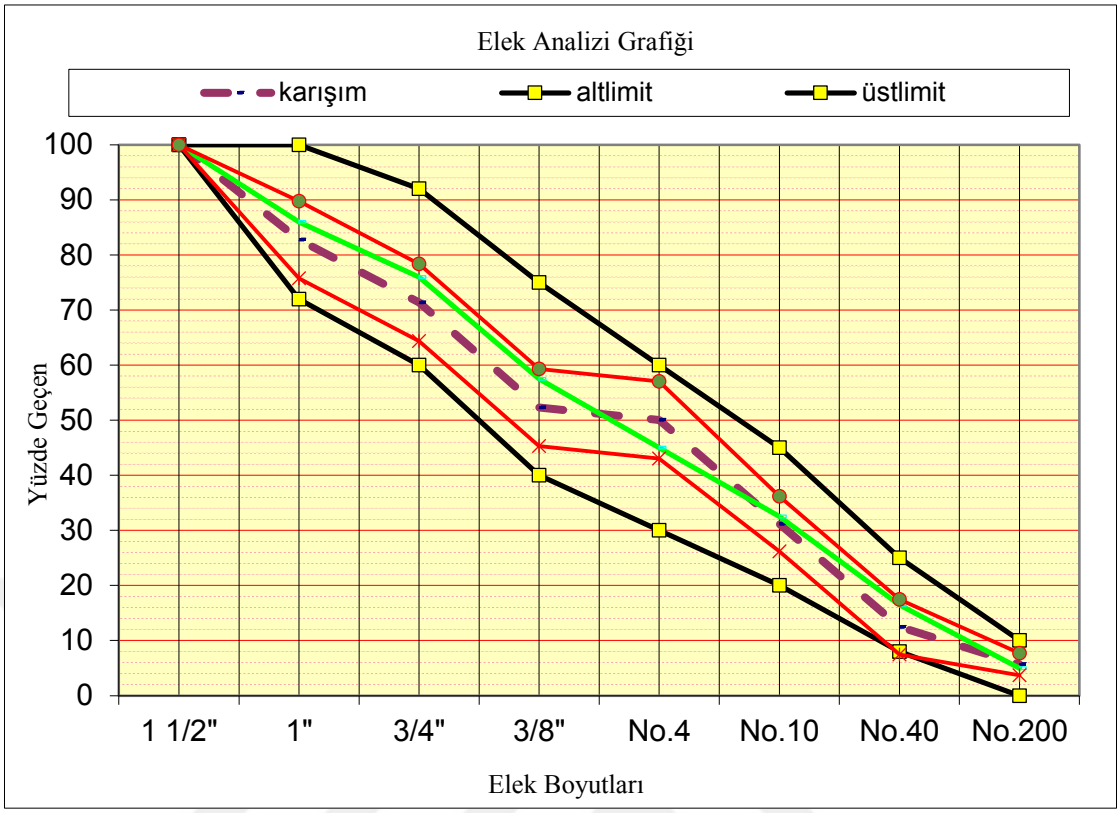
4.1 Elek Analizi

Elek analizi sonucu olarak PMT ve PMAT olarak iki ayrı sonuç elde edilmiştir. Bu yapılan elek analizi sonuçlarına bağlı olarak konkasör ayarları yapılmaktadır. Yapılan elek analizlerinin sonuçları aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.1: PMAT Elek Analizi Gradasyon Eğrisi

Alttemel gradasyon eğrisinden görüldüğü gibi hazırlanan karışım sonuçları alttemel malzemesi olarak belirlenen limitler aralığındadır. Malzemenin sadece 40 nolu elek aralığından geçen malzemelerin altlimit sınırına yaklaştığı görülmektedir. Bu malzemenin gradasyonunun ideal olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2: PMT Elek Analizi Gradasyon Eğrisi

PMT gradasyon eğrisine bakıldığında ise oluşturulan karışım altlimit ve üstlimit sınır değerleri aralığındadır. Bu malzemenin yine PMAT malzemesi gibi 40 nolu elek aralığında alttemel sınır limitine yaklaştığı görülmektedir. Malzeme gradasyonu belirli kısımlarda ideal malzeme sınırlarına benzerlik göstermekle birlikte kullanım açısından ideal bir karışımdır.

Tablo 4.1: Elek Analizi Sonucu Elde Edilen İkame Değerleri

ELEK AÇIKLIKLARI		Malzeme Yüzdesi, %	İkamede Yüzdeliğin Ağırlığı
3/4	3/8	49,804	2988,22
3/8	No.4	4,936	296,18
No.4	0	45,260	2715,60
TOPLAM=			6000,00



Şekil 4.3: İkame Sonucu Elde Edilen Oranlarda Elde Edilen Karışım

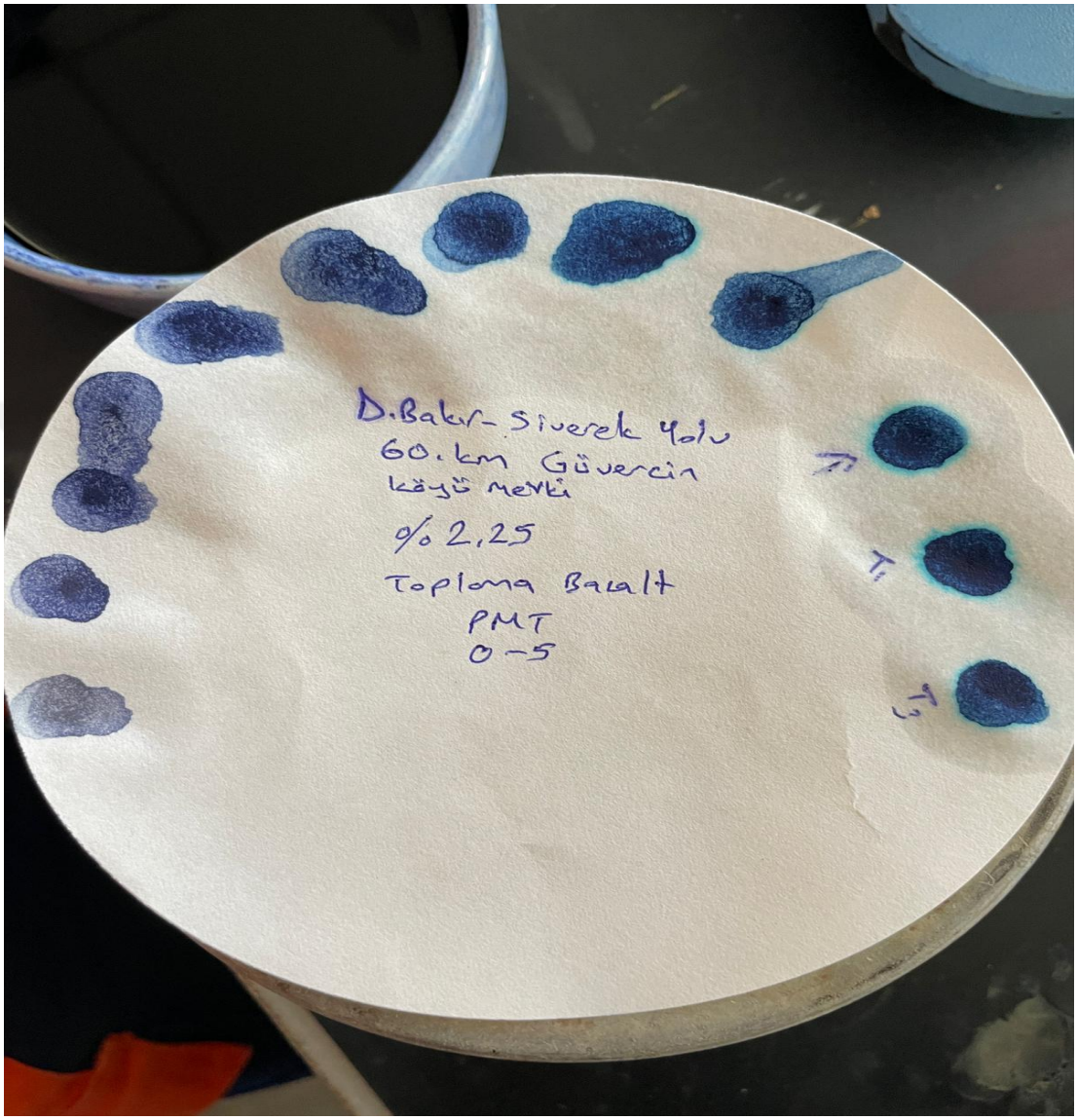
4.2 Metilen Mavisi Deneyi

Bu deney yapılırken malzeme karışımından homojen ve karışım oranlarında 200 gr malzeme 110 derece sıcaklıkta etüvde kurutulduktan sonra soğumaya tabii tutulduktan sonra üzerinde deney yapılmak üzere bir kaba ayrılmıştır. Sonrasında bu malzeme behere bırakılmıştır. Malzeme üzerine her biri bir dakika olacak şekilde 5 ml metilen çözeltisi eklenmiştir. 600 devirde dönen deney karıştırıcısı karışımı bir dakika boyunca karıştırdıktan sonra 5 ml çözelti eklenmiştir. Deney 9 tekrardan sonra sonuçlanmıştır. 9. tekrardan sonra oluşturulan halkaların etrafında gözle görülebilir şekilde hale meydana gelmiştir. Deney bitiminden sonra teyit amaçlı yapılan 3 adet ek tekrar süzgeç kağıdında görülmektedir.

Yapılan metilen mavisi deneyi sonucuna göre MB değeri 2.25 elde edilmiştir. Buna göre metilen mavisi sonucu olan 2.25;

Alttemel şartname limiti olan ≤ 5,5 (MB5,5), temel malzemesi şartname limiti olan ≤ 4,5 (MB4,5) sınır değerlerini sağlamaktadır. Bu deney sonucuna göre yol alttemel

ve temel malzemesi olarak kullanılabilirliği metilen mavisi deneyi açısından kullanılabilir bir malzemedir.



Şekil 4.4: Metilen Mavisi Filtre Kağıdı

4.3 Los Angeles Aşınma Deneyi

11 adet bilyenin içinde bulunduğu deney aleti içine hazırlanmış olan 5000□10 gr malzeme atıldıktan sonra 500 devir yapacak şekilde ayarlanmıştır. Malzeme devir bitince deney aletinin altında hazır bulunan tepsiye malzeme kaybı olmayacak şekilde dökülmüştür. Dökülen malzeme 1.7 mm' lik elekten elendikten sonra elek üzerinde kalan iri malzemeyi yıkanmış, sonrasında 105 °C sıcaklıktaki etüve atılmıştır. Kuruyan malzeme tartılarak ölçüm yapılmıştır.



Şekil 4.5: Los Angeles Deneyi 500 Devir Sonucu Malzemenin Tepsideki Hali

3 tekrarlı yaptığımız aşınma deneyi sonucuna göre Aşınma Malzemesi 1 (A1) , Aşınma Malzemesi 2 (A2), Aşınma Malzemesi 3 (A3) olacak şekilde sonuçlar alınmıştır.

Aşınma Malzemesi 1 (A1) için 5000±10 gr olarak hazırlanan malzeme elek üstünde 3855 gr olarak tartılmıştır.

Aşınma Malzemesi 2 (A2) için 5000±10 gr olarak hazırlanan malzeme elek üstünde 3840 gr olarak tartılmıştır.

Aşınma Malzemesi 3 (A3) için 5000±10 gr olarak hazırlanan malzeme elek üstünde 3780 gr olarak tartılmıştır.

Bu sonuçlara göre aşınma yüzdeleri

A1 için LA= 22,9

A2 için LA= 23,2

A3 için LA= 24,4 olarak hesaplanmıştır.

Aşınma deneyi sonuçları; alttemel malzemesi için ≤45(LA45), temel malzemesi için ≤35(LA35) olan sınır değerlerine aralığında bulunmak zorundadır.

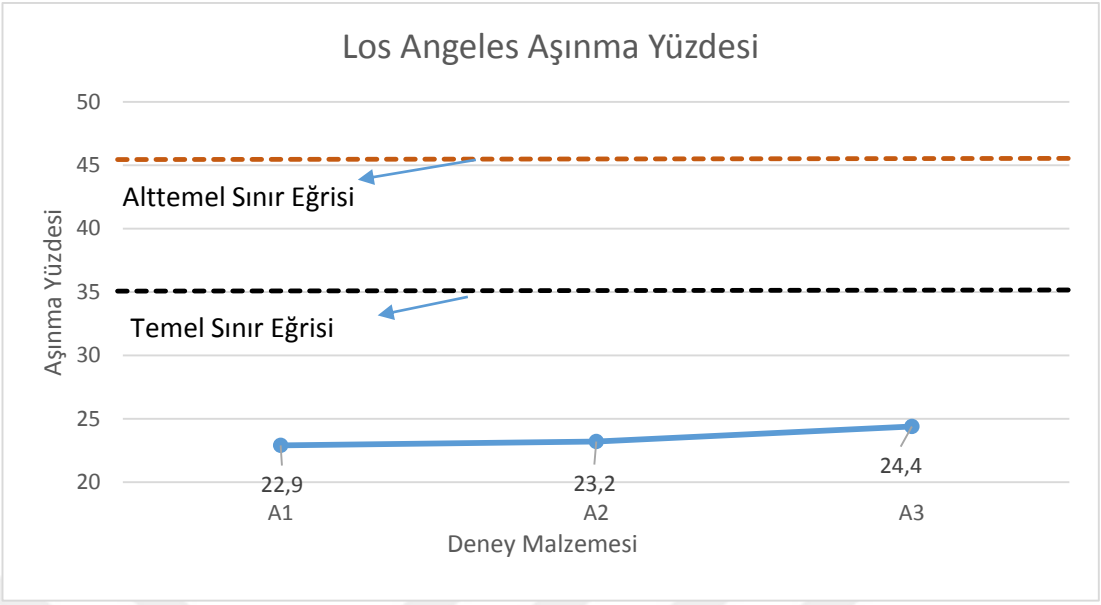
Genel ortalama olarak belirlediğimiz LA= 23.3 değeri için sınır değerleri kontrolü yaparsak;

Alttemel malzemesi olarak kullanım kontrolü;

23.3 ≤ 45(LA45) eşitsizliğinden de anlaşıldığı gibi aşınma değeri sınır değerinin altında olduğu görülmektedir. Bu yüzden bu malzeme alttemel malzemesi olarak kullanıma uygundur.

Temel malzemesi olarak kullanım kontrolü;

23.3 ≤ 35(LA35) eşitsizliğinden de anlaşıldığı gibi aşınma değeri sınır değerinin altında olduğu görülmektedir. Bu yüzden bu malzeme temel malzemesi olarak kullanıma uygundur.



Şekil 4.6: Los Angeles Aşınma Deneyi Sonuçları

Grafikten de anlaşıldığı üzere yapılan deney sonuçları, malzemenin karayolları yol yapım çalışmalarında alttemel ve temel olarak kullanıma uygun bir malzeme olduğunu göstermektedir.

4.4 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi (MgSo4)

Hava tesirlerine karşı dayanım deneyi için 2 adet malzeme üzerinde deney yapılmıştır. Bu malzemelerin karışımları PMT ve PMAT olacak şekilde kıyas yapılabilmesi adına ayrı tutulmuştur.

Malzemelerden ilki ağırlığı 498,1 gr olan HT1 malzemesi 6 Nolu sepete konulduktan sonra Mg So4 çözeltisinin içine bırakılmıştır. Bu malzeme karışım dizaynı olarak PMT dizaynına uygun şekilde hazırlanmıştır.

İkinci malzememiz de ağırlığı 499,6 gr olan HT2 malzemesi 3 Nolu sepete konulup aynı çözelti içerisine daldırılmıştır. Bu malzeme karışım dizaynı olarak PMAT dizaynına uygun şekilde hazırlanmıştır.



Şekil 4.7: MgSO4 Deneyi Malzemelerin Sepetteki Son Hali

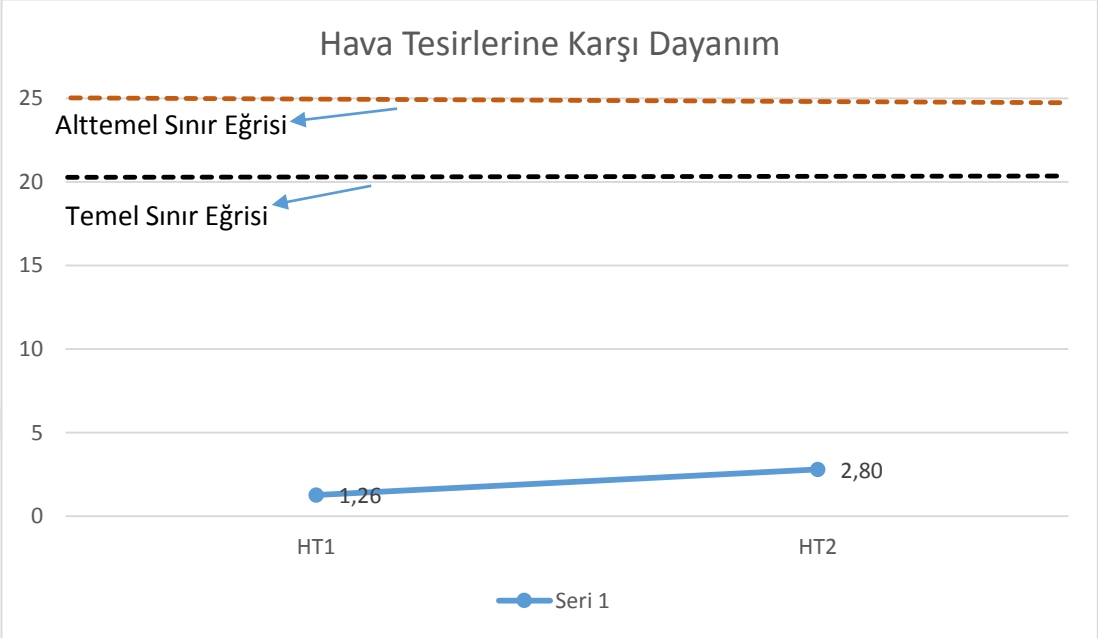
Çıkan sonuçlara göre malzemeler çözeltiden çıktıktan sonraki ağırlıkları tartılmıştır ve sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.2: Hava Tesirlerine Dayanım Testi Sonucu

Numune Adı	Deney Öncesi Ağırlık (gr)	Deney Sonrası Ağırlık (gr)
HT1	498,1	491,8
HT2	499,6	485,4

Yapılan deneylerin neticesinde 6 Nolu sepet ile bu deneye tabi tutulan HT1 malzemesinin deney sonucunda parçalanan tane oranı %1,26 olarak sonuçlanmıştır.

3 Nolu sepette deneye tabi tutulan HT2 malzemesinin deney sonucunda parçalanan tane oranı %2,80 olarak sonuçlanmıştır.



Şekil 4.8: Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deney Sonucu

Bu deneylerin ışığında alttemel ve temel malzemesi sınır limitleri kıyası yapılırsa; Alttemel için; MS= %2,80 ≤25(MS25) eşitsizliği sonucuna göre hazırlanan karışım yol inşaatında alttemel malzemesi olarak kullanılabilir.

Temel için; MS= %1,26 ≤20(MS20) eşitsizliği sonucuna göre hazırlanan karışım yol inşaatında temel malzemesi olarak kullanılabilir.

Bu deneylerin sonucunda deneye tabi tutulan Karacadağ bazaltının yol alttemel ve temel malzemesi olarak kullanılabilir bir malzeme olduğu anlaşılmaktadır.

4.5 Cbr (Taşıma Gücü Oranı) Deneyi

Yapılan çalışmanın diğer bir deneyi olan CBR deneyi için malzemelerimizden 3 adet deney tekrarı yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçları aşağıdaki gibidir.

1. deney için kullanılan karışıma CBR7, 2. deney için kullanılan karışıma CBR8, 3. Deney için kullanılan karışıma CBR9 isimleri verilmiştir.

Deney sonucunda tanktan alınan malzemenin kalıptan çıkarıldıktan sonraki fotoğrafı aşağıdaki fotoğrafta görülmektedir. Bu fotoğraftan da görüldüğü üzere şişmesinin olmadığı görülmektedir. Buna göre CBR şişme oranı kıyası yapılması durumunda;

Şişme oranı %0 olarak hesaplanmıştır. Alttemel Şişme % < 0,5 sınır değeri ile kıyasına bakılınca CBR deneyimizin sonucu olan şişme değeri limit sınırı içerisindedir.

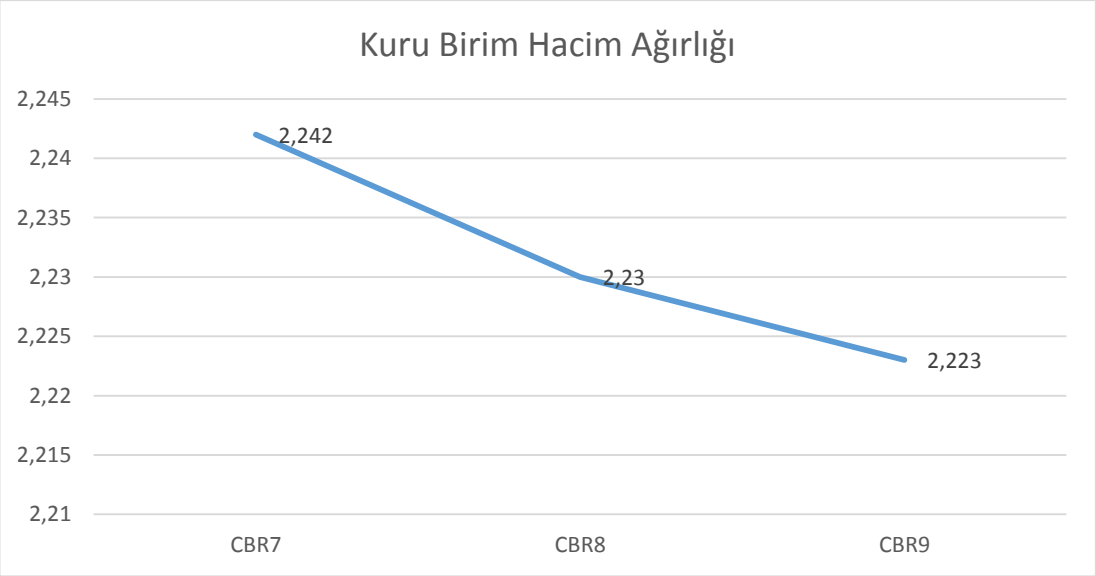


Şekil 4.9: CBR Deneyi Sonucu Malzemenin Son Hali

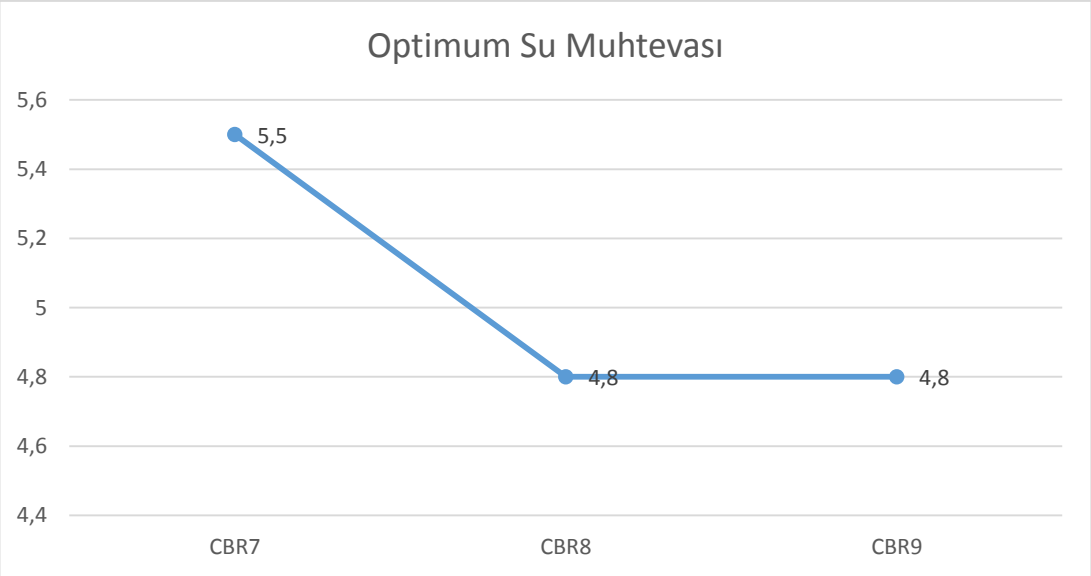
CBR deneyi sonuçları aşağıdaki gibidir;

Tablo 4.3: CBR Deney Sonuçları

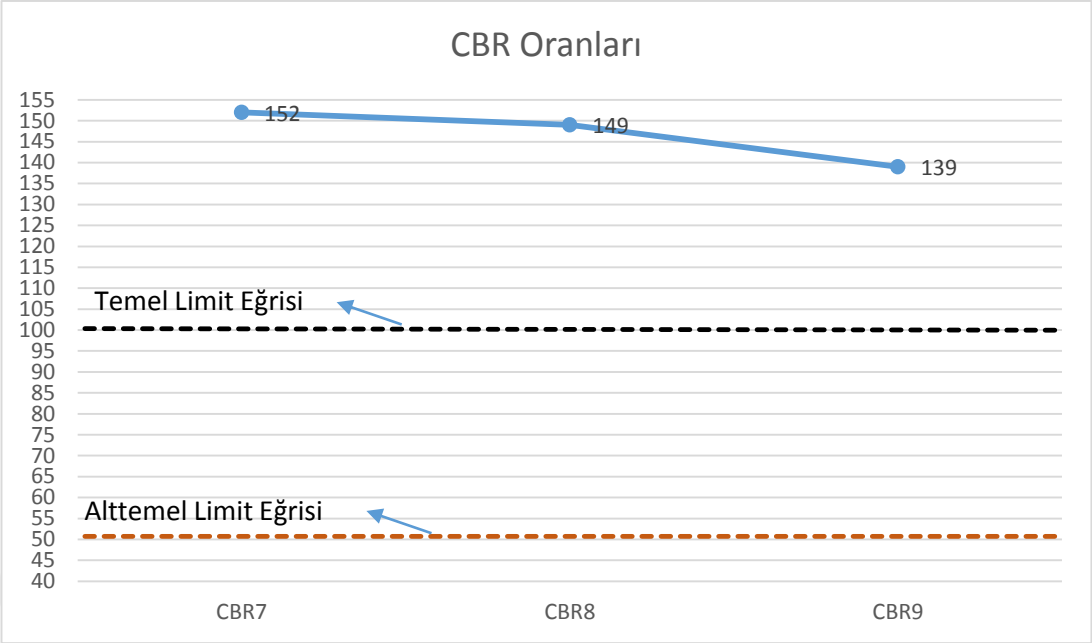
Malzeme Adı	Cbr Değeri	Optimum Su Muhtevası (%)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (Kn/m^3)
CBR7	152	5,5	2,242
CBR8	149	4,8	2,230
CBR9	139	4,8	2,223



Şekil 4.10: CBR Deneyi Sonucu Kuru Birim Hacim Ağırlıkları



Şekil 4.11: CBR Deneyi Sonucu Optimum Su Muhtevaları



Şekil 4.12: CBR Değerleri

Bu sonuçlara göre yol CBR sınır limit değeri olan Alttemel CBR ≥ 50, Temel CBR ≥ 100 kıyası yapılacak olursa CBR7, CBR8, CBR9 isimli deney malzemelerinin CBR değerleri, CBR sınır değerinin oldukça üstünde sonuçlanmıştır. Bu malzemenin CBR deneyi sonucuna göre malzeme yol inşaatında alttemel malzemesi olarak kullanılabilir. Deney tekrarının olmasının sebebi malzemenin iri malzemeden oluşmasından dolayı güvenilirliğinin olmayacağından kaynaklıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Karacadağ sınırları içinde yüzeysel olarak bulunan Karacadağ bazaltı üzerinde Elek Analizi, Los Angeles Parçalanma Deneyi, Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi, Metilen Mavisi Deneyi yapılmıştır. Bu deney sonuçlarına göre;

1. Karacadağ bazaltının elek analizi sonucu gradasyon limit değerleri aralığında yer almakla birlikte ideal karışım limitleri aralığına yakın değerler elde edilmiştir.

2. Los Angeles Parçalanma Deneyi sonucuna göre Karacadağ bazaltından elde edilen karışımlar olan LA1, LA2, LA3 isimli malzemelerin aşınma oranları sırasıyla 22.9 , 23.2 ve 24.2 olarak sonuçlanmıştır.

3. Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi sonucuna göre Karacadağ bazaltından elde edilen karışımlar olan HT1 ve HT2 isimli malzemelerin parçalanan tane oranları (MS) sırasıyla 1,26 ve 2,80 olarak sonuçlar elde edilmiştir. HT1 malzemesi alttemel gradasyon limitlerine uygun şekilde hazırlanmış ve parçalanan tane oranı (MS) 2.80 olarak hesaplanmıştır. Alttemel parçalanan tane oranı limiti olan ≤25(MS25) bağlantısını sağlamaktadır. HT2 malzemesi de temel gradasyon limitlerine uygun olacak şekilde hazırlanmıştır ve MS değeri 1.26 olarak hesaplanmıştır. Temel parçalanan tane oranı limiti olan ≤20(MS20) bağlantısını sağlamaktadır.

4. Metilen mavisi deneyi sonucuna göre, yapılan deneyde 9 damla sonucunda hale meydana gelmiştir. Metilen mavisi deneyi sonucu (MB) 2.25 olarak sonuçlanmıştır. Elde edilen sonuca göre malzemenin alttemel limit değeri olan ≤ 5,5 (MB5,5) ve temel limit değeri olan ≤ 4,5 (MB4,5) değerlerini sağladığı tespit edilmiştir.

5. CBR deneyi 3 adet numune üzerinde uygulanmıştır. Bu numuneler CBR7, CBR8, CBR9 olacak şekilde deneye tabi tutulmuş ve CBR değerleri sırasıyla 152, 149, 139 olarak sonuçlanmıştır. Deney sonucuna göre malzemenin alttemel limit değeri olan CBR ≥ 50 bağıntısı üç numune için de sağlanmaktadır. Deney sonucunda elde edilen şişme oranı %0 olarak hesaplanmıştır ve Alttemel Şişme % < 0,5 bağıntısına kıyasen uygunluğu tespit edilmiştir.

Yukarıda belirtilen sonuçlar ışığında, Karacadağ bazaltının Karayolları çalışmalarında yol alttemel ve temel tabakasında kullanılabilir bir malzeme olduğu saptanmıştır. Karacadağ bölgesinde yüzeysel olarak tarım arazilerinin üzerinde bulunan Karacadağ bazaltının toplanarak yol inşaatı sektöründe değerlendirilmesi ve tarıma elverişli arazilerin tarıma kazandırılmasının faydalı olacağı öngörülmüştür. Fakat Karacadağ bazaltının temini için gerekli olan işlemlerin detaylı maliyet hesabının yapılması gerekmektedir. Malzemenin temini açısından önemli uğraş ve maliyet gerektirebileceği belirlenmiştir. Fakat yeterli deney tekrarlarının temini ve tüm agrega deneylerinin de yapılması durumunda daha güvenilir ve kesin bir sonuç elde edilecektir.

KAYNAKLAR

Acar, A. (2002). *Diyarbakır Karacadağ bazaltlarının endüstriyel amaçlı kullanım alanları* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi Maden Müh. Anabilim Dalı, Diyarbakır).

Alp, A. (2010). *Diyarbakır Bitkisel Gen Kaynakları, Diyarbakır'da Tarım ve Hayvancılık Dergisi*, 166-179

ASTM C616, 1989, "Standard Specification for Quartz-Based Dimension Stone", Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C88, (2005). Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate, American Society for Testing and Materials, ABD.

BS 812 - 105.2, (1990). Elongation Index of Coarse Aggregate, British Standard, İngiltere.

Bağırsakçı, S. Akçay, E.A. Manav, E. Polat, C. (1995). *Diyarbakır, Ergani, Çınar, alanı jeolojisi raporu.* MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi yayını, 1-4.

Çağlayan, M., Haberveren, S., İpekoğlu, B., & Kurşun, İ. 1999. *Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş "İSTON"*, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 69-79

Dağtekin, E. E. (2018). *COĞRAFİ İŞARET OLARAK DİYARBAKIR BAZALT TAŞI VE TESCİLİ.* Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 17(66), 851-860.

Daniş, H. *Diyarbakır ve çevresinde agrega olarak kullanılan kayaçların özellikleri* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Fındık, F. S., & Saltan, M. (2005). Hafif Agregaların Esnek Üstyapı Alttemelinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi Bildirileri*, 22, 24.

GAP, Güneydoğu Anadolu Projesi. *"Karacadağ'da Yetiştirilen Bitkiler"*. http://www.gap.gov.tr. (Erişim tarihi14 Mayıs 2022)

Gümüşçü, M., & Turgut, P. (2012). Karacadağ Bazaltının Fiziko-Mekanik ve Isıl Özellikleri. *İÇİNDEKİLER/CONTENTS*, 84.

Heun, M., Schafer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B., & Salamini, F. (1997). Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science*, 278(5341), 1312-1314.

Kanat, V., 1996. *Dilaver barajı yapı malzemeleri planlama raporu*. DSİ Genel Müdürlüğü 10. Bölge Müdürlüğü, 10s. Diyarbakır.

Karadağ, H., FIRAT, S., & IŞIK, N. S. (2020). Çelikhane cürufunun yol temel ve alttemel malzemesi olarak kullanılması. *Politeknik Dergisi*, 23(3), 799-812.

Kızıl, S., & Ertekin, A. S. Diyarbakır Ve Çevresinde Yayılış Gösteren Bazı Tıbbi Bitkiler.

Kuloğlu, N., Kök, B. V., & Durmaz, B. (2006). Beton asfaltın farklı türden temeller üzerindeki serbest basınç mukavemet değerinin değişimi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 18(1), 91-97.

Lefond, S. J. (1975). Industrial Minerals and Rocks American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers. *Inc., New York*.

McCorriston, J., & Hole, F. (1991). The ecology of seasonal stress and the origins of agriculture in the Near East. *American Anthropologist*, 93(1), 46-69.

Öcal, A., D., Dal, M. 2012. Doğal Taşlardaki Bozunmalar, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, *Bogota* / Kırklareli,Birinci Baskı:128

Işık, N., Yıldız, S., & Keleştemur, O. (2008). Diyarbakır-Karacadağ Bazalt Taşlarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi.

Padulosi, S., Hammer, K., & Heller, J. (1996). Hulled wheats, promoting the conservation and used of underutilized and neglected crops. *IPGRI, Rome*, 262.

SALTAN, M., & EL, A. A. Farklı bölgelerden temin edilen bazalt agregasının temel ve alttemel malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması Investigation of usability of basalt aggregate obtained from different region as base and sub-base material.

Sozen, M. (1971). *Diyarbakir'i Turk mimarisi*. Diyarbakir'i Tanitma ve Turizm Dernegi.

Tekmen, T. (2006). *Kireçtaşlarından üretilen kilitli beton parke bloklarının mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi).

Tuncer, O. C. (1996). *Diyarbakır camileri: mukarnas, geometri, orantı*. Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi.

Tuncer, O. C., & Evleri, D. (1999). *Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Kültür ve Sanat Yayınları.*

Tuncer, O. C. (2002). *Diyarbakır kiliseleri*. *Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, Kültür ve Sanat Yayınları.*

Tunç, A., & Malzemeleri, Y. (2007). Uygulamaları, *Nobel Yayın Dağıtım*.

Ertekin, S. (2002). *Karacadağ bitki çeşitliliği*. Diyarbakır.

Uçar, H., & Anıl, M. Kırmataşların Beton Agregasında ve Hazır Beton Tesislerinde Kullanılma Kriterleri Örnek Uygulama Sağlıklı Köyü Kalker Ocağı.

Umar, F., & Ağar, E. (1985). *Yol üstyapısı*. İTÜ.

Umar, F. ve Yayla, N., (1994). *Yol İnşaatı*. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İstanbul

Uz, B. (1990). Ülkemizde Sert Mermer Grubu Serpantinit-Ultrabazikler. *Mermer Dergisi, Nisan sayısı*, 25, 27.

Ünsal, N. (2001). *İnşaat mühendisleri için jeoloji*. Alp Kırtasiye & Kitabevi Limited Şti..

Varol, T., (2004). *Bartın Yöresi Orman Yollarının Üstyapı Kalınlığının ve Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi* (Doktora tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak

YILMAZ, A., & SÜTAŞ, İ. (2008). Ferrokrom cürufunun yol temel malzemesi olarak kullanımı. *Teknik Dergi*, 19(93), 4455-4470.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad	Türk, Muhammed Enes
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)	

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans		
Lisans	Dicle Üniversitesi	2017
Lise	Rekabet Kurumu Anadolu Lisesi	2013

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2018-2019	Şimşek Grup Müşavirlik İnşaat Petrol Ve Madencilik Sanayi Ticaret Anonim Şirketi	İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1.
2.
3.
4.

Özel İlgiler

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Muhammed Enes TÜRK		
Öğrenci No	19806016		
Ana Bilim Dalı	Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Dr. Öğr. Üyesi M. Hayrullah AKYILDIZ		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Karacadağ Volkanik Bazaltının Karayolları Alttemel ve Temel Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin İrdelenmesi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	76		
Raporlama Tarihi	20.06.2022		
Benzerlik Oranı (%)	23		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 74 sayfalık kısmına ilişkin, 20/06/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 23 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☒Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☐Alıntılar hariç/dâhil

☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir,
gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Muhammed Enes TÜRK
Tarih:20.06.2022

Danışman Adı, Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi M. Hayrullah AKYILDIZ İmza:

Tarih: 20.06.2022

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK İmza:

Tarih: 20.06.2022

İmza: