



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KAYAÇLARIN DOKUSAL VE MİNERALojİK
ÖZELLİKLERİNE BAĞLI OLARAK
KIRILMA ŞEKİLLERİNİN BELİRLENMESİ

Alhassane KOUROUMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Alhassane KOUROUMA tarafından hazırlanan “kayaçların dokusal ve mineralojik özelliklerine bağlı olarak kırılma şekillerinin belirlenmesi” adlı tez çalışması 21/Ağustos/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Niyazi BİLİM

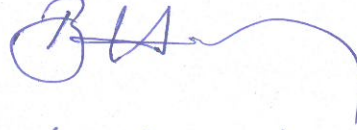
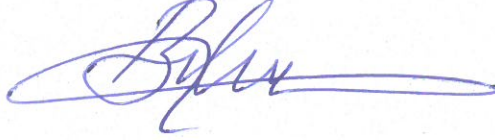
Danışman

Doç. Dr. Bilgehan KEKEÇ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

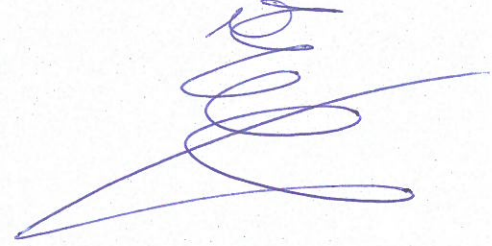
Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Alhassane KOUROUMA

Tarih: 22.08.2019



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAYAÇLARIN DOKUSAL VE MİNEROLOJİK ÖZELLİKLERİNE BAĞLI OLARAK KIRILMA ŞEKİLLERİNİN BELİRLENMESİ

Alhassane KOUROUMA

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr Bilgehan KEKEÇ

2019, 78 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Niyazi BİLİM
Doç. Dr. Bilgehan KEKEÇ
Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN**

Agregalar dünyada kullanılan birincil yapı malzemelerinden biridir. Kayaçların kırılarak kırmataş agregası haline getirirken özelliklerinin iyi bilinmesi son derece önemlidir. Çünkü agregaların yapısı, dayanıklılığı, agregaların tane şekli gibi özellikler doğrudan agreganın oluşturulduğu kayacın mineralojik, dokusal ve mühendislik özelliklerine bağlıdır. Başka bir deyişle, agregaların kullanım yerlerini önemli ölçüde etkileyen başta kırılma şekli olmak üzere, birçok agrega özelliği ana kayacın yapısal özelliklerine bağlıdır ve bunların önceden bilinmesi ya da tahmin edilmesi agreganın kullanıldığı yerdeki kalitesini ve ekonomik ömrünü doğrudan etkileyecek bir unsurdur.

Bu çalışmada, dört çeşit yapı taşı artığı örnek olarak seçilmiş ve bu artıkların mineralojik ve dokusal özellikleri incelenmiştir. Ayrıca fiziksel ve mekanik özellikleri de belirlenen bu artık kayaçlardan elde edilen agregalarının kırılma şekilleri tayin edilerek, agregaların oluşturulduğu kayaçların fiziko-mekanik özellikleri, mineralojik ve petrografik özellikleri ile oluşturulan agregaların kırılma şekilleri arasındaki ilişkiler istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı taşı, Kayaçlar, Agregalar, Dokusal özellikler, Kırılma şekilleri, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF FRACTURE SHAPES OF ROCKS DEPENDING ON THEIR TEXTURE AND MINERALOGICAL PROPERTIES

Alhassane KOUROUMA

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Mining Engineering**

Advisor: Dr Bilgehan KEKEÇ

2019, 78 Pages

**Jury
Prof. Dr. Niyazi BİLİM
Assoc. Prof. Dr. Bilgehan KEKEÇ
Assist. Prof. Dr. Ali Ekrem ARITAN**

Aggregates are one of the primary building materials used in the world. It is extremely important to know the properties of rocks that break into aggregates. Because the properties of aggregates such as structure durability of aggregates and grain shape, directly depend on the mineralogical, textural and engineering properties of the rock from which the aggregate derive. In other words, many aggregate properties, particularly the fracture shape, which significantly affect the uses of aggregates, depend on the structural properties of the parent rock, and a prior knowledge of them or their prediction is a key factor that will directly affect the quality and economic life of the aggregate where it is used.

In this study, four types of building block residues were selected as specimens and the mineralogical and textural properties of these residues were investigated. In addition, the fracture shapes, physical and mechanical properties of the aggregates, obtained from these residual rocks, were determined and the relations between the physico-mechanical properties, mineralogical and petrographic properties of the aggregates and the fracture shapes of the aggregates were analysed using statistical methods.

Keywords: Building rock, Rocks, Aggregates, Textural properties, Fracture shapes, Physical properties, Mechanical properties.

ÖNSÖZ

“Kayaçların doku ve mineralojik özelliklerine bağlı olarak kırılma şekillerinin belirlenmesi” başlıklı bu yüksek lisans tezinin ana amacı, agregaların kırılma şekilleri ile agregaların üretildikleri kayaçların fiziko-mekanik, mineralojik ve doku özellikleri arasındaki bir ilişki olup olmadığının incelenmesidir.

Bu tezin laboratuvar çalışmaları, bu çalışmanın tamamlanması konusunda kendisine minnettar olduğum danışmanım Doç. Dr. Bilgehan KEKEÇ'in denetimi sayesinde Ekim 2018 - Ocak 2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Tezdeki tüm örnekleri sağlayan ÖZ KARDEŞLER firmasına teşekkür ederim. Ayrıca arkadaşlarım Savaş ZOR ve Hüdayi YILMAZ'a numunelerimi toplama ve laboratuvara taşıma konusunda yardımcı oldukları için teşekkür ederim. Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvar teknikeri İbrahim KÜÇÜK' e çalışmalarım boyunca göstermiş olduğu yardım ve tavsiyeler için de teşekkür ederim. Son olarak, deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Maden Mühendisliği Bölümü tüm araştırma görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Alhassane KOUROUMA
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
1.3. Çalışmanın İçeriği.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Kayaçlar Hakkında Genel Bilgiler	4
2.1.1. Kayaçların sınıflandırılması	4
2.2. Kayaçların Özellikleri	7
2.2.1. Kayaçların Dokusal Özellikleri	7
2.2.2. Kayaçların fiziksel özellikleri.....	12
2.2.3. Kayaçların mekanik özellikleri.....	13
2.3. Agregalar.....	14
2.3.1. Agregaların tanımı	14
2.3.2. Agregaların sınıflandırılması	15
2.4. Agregaların Özellikleri	19
2.4.1. Agregaların ana kayaçlara bağlı özellikleri.....	19
2.4.2. Agregaların kendi özellikleri	20
2.5. Kayaçların Fiziko-Mekanik Özellikleri, Mineral Özellikleri, Doku Özellikleri İle Kırılma Şekilleri Üzerine Yapılan Çalışmalar	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Kullanılan Kayaç Türleri	24
3.2. Numunelerin Hazırlanması	24
3.2.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için kullanılan numuneler	24
3.2.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi için kullanılan numuneler	26
3.2.3. Elek analizi numunelerin hazırlanması	27
3.2.4. Yassılık indeksi numunelerin hazırlanması.....	28
3.2.5. Şekil faktörü tayini için numunelerin hazırlanması	28
3.2.6. Los Angeles deneyi için numunelerin hazırlanması	29
3.2.7. Kırılabilirlik indeksinin (CI) belirlenmesi için numunelerin hazırlanması ...	30
3.2.8. Doku ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi için numunelerin hazırlanması	30
3.3. Çalışmada Kullanılan Yöntemler	30
3.3.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi.....	30
3.3.2. Tek eksenli basınç dayanımının belirlenmesi.....	34

3.3.3. Kayaçların doku ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi	35
3.3.4. Agregaların özelliklerinin belirlenmesi.....	35
3.3.5. Korelasyon yöntemi	41
4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	43
4.1. Mineralojik Ve Doku Özelliklerin Belirlenmesi	43
4.2. Numunelerin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	43
4.2.1. Yoğunluk ve porozite.....	43
4.2.2. Sertlik	44
4.2.3. Tek eksenli basınç dayanımı	45
4.3. Agregaların Özelliklerinin Belirlenmesi.....	46
4.3.1. Örnek kayaçlardan elde edilen agregaların elek analizleri ve d_{50} değerleri ..	46
4.3.2. Kırılma şekillerinin tayini	47
4.3.3. Örnek kayaçların kırılması ilk elde edilen yassılık indeksi tayini	48
4.3.4. Los Angeles deneği (LA)	48
4.3.5. Kırılabilirlik indeksi (CI).....	50
5. ANALİZ VE DEĞERLENDİRMELER.....	51
5.1. Mineralojik Özellikler İle Agrega Özelliklerinin Arasındaki İlişki Grafikleri	52
5.1.1 Mineralojik özellikler ile agrega geometrik özellikleri arasındaki ilişki grafikleri.....	52
5.1.2 Mineralojik özellikler ile agrega mekanik özellikleri arasındaki ilişki grafikleri.....	54
5.2. Fiziksel Özellikler İle Kırılma Şekli Arasındaki İlişki Grafikleri	56
5.2.1. Sertlik ile şekil faktörü ilişki grafiği	56
5.2.2. Yoğunluk ile kırılma şekli ilişki grafiği	57
5.2.3. Porozite ile kırılma şekli ilişki grafiği.....	58
5.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımı İle Kırılma Şekli Arasındaki İlişki Grafiği.....	60
5.4. Fiziksel Özellikler İle Yassılık İndeksi Arasındaki İlişki Grafikleri	60
5.4.1. Yoğunluk ile yassılık indeksi arasındaki ilişki grafiği.....	60
5.4.2. Porozite ile yassılık indeksi arasındaki ilişki grafiği	61
5.4.3. Sertlik ile yassılık indeksi arasındaki ilişki grafiği	62
5.5. Tek Eksenli Basınç Dayanımı İle Yassılık İndeksi Arasındaki İlişki Grafiği	63
5.6. Agrega Özellikleri Arasındaki İlişki Grafikleri.....	63
6. SONUÇLAR	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ.....	71

KISALTMALAR

LA: Los Angeles deneyi

ISRM: Uluslararası kaya mekanik derneği (International Society of Rock Mechanics)

CI: Kırılabilirlik indeksi (Crushing Index)



1. GİRİŞ

Şehirler büyümeye devam ettikçe, altyapıya olan talep de artmaktadır dolayısıyla agrega talebi artmaya devam edecektir. Doğal agregaları korumak için yapılan kısıtlayıcı düzenlemeler nedeniyle, son yıllarda ana agrega kaynağı olarak, kırılmış agrega üretimi, doğal agrega (kum ve çakıl birikintileri) üretiminden daha fazladır.

Agregalar küçük kaya parçaları, yani inşaat ve kamu işleri için kullanılan, 0-125 mm arasında değişen kum ve çakıldır.

Kullanım alanlarına bakıldığında, yaşam ortamımızın her yerinde agregalar bulunur. Agregalar, özellikle inşaat sektörü için vazgeçilmez malzemelerdir; yollar, kaldırımlar, demiryolları, sanayi bölgeleri, ticari platformlar, evler, ofis binaları, atölyeler ve fabrikalar, okullar, hastaneler vb. inşaatların temel hammaddeleridir.

Fransa'daki ulusal agrega üreticiler birliğinin rakamlara göre, Fransa'da inşaat ihtiyacını karşılamak için her yıl yaklaşık 400 milyon ton bu malzemeye ihtiyaç vardır. Bu, kişi başına yılda 7 ton, günde de 20 kilo anlamına gelmektedir. Karayolları ve demiryollarının yanı sıra yolların ve çeşitli yol ağlarının inşaatında büyük miktarda agrega tüketilmektedir. Her yıl, mevcut yolları revize etmek, yeni yollar inşaat etmek ve yol bağlantıları üzerinde çalışmak (sihhi tesisat, gömülü elektrik kabloları, gaz kaynakları vb.) için 200 milyon tondan fazla agrega gerekmektedir. Örnek olarak, bir kilometrelik bir otoyol inşaat etmek için yaklaşık 30.000 ton agrega gerekir; Bir kilometrelik bir demiryolu inşa etmek için 10.000 ton agrega gerekir ve klasik bir beton evinin inşaatı için 100 ila 300 ton kum ve çakıl gerekmektedir.

Asfalt kaplama yollarda kullanılan malzemelerin %95'i agregadan oluşmaktadır. Bu nedenle, agregalar yol tasarımında önemli bir rol oynarlar. Dolayısıyla, tasarımın özelliklerine göre, agregaların istenen özellikleri değişebilmektedir. İnşaat tekniklerinin gelişimi, yol kaplamasının kalınlığının azaltılmasını mümkün kılmıştır, ancak yeni altyapılar için tüm bakım ve inşaat alanlarını sağlamak için bugün büyük miktarlarda yine de agregaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Önerilen bir kullanım için uygun agrega seçimi, kullanıcılar için önemli bir husustur, belirli bir alanda kullanılmak istenen bir agregadan beklenen şartlar, genellikle agrega özelliklerine bağlıdır. Bununla birlikte, kabul edilebilir değerlerinin agrega tipine ve kabul edilen standarda bağlı olarak değiştiğine dikkat etmek önemlidir.

Kayaçların dokusal özellikleri, mekanik performanslarını önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle, bir kayanın doku özellikleri, aşınma ve kırılma şekli, belirli mekanik performansın değerlendirilmesinde belirleyici olarak kullanılabilir. Doku, kayaçların geometrik parametrelerini ifade eder: tane büyüklüğü, tane şekli, tane yönü, nispi tane ve matris yüzeyleri (genleşme yoğunluğu) ve diğer parametreler olarak mineral bileşimi, çimento tipi, kristalleşme derecesi ve bağların yapısı vs.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında, Konya bölgesindeki taş ve mermer atölyelerden alınan dört çeşit yapı taşı artığının fiziko-mekanik ve petrografik-mineralojik özelliklerinin belirlenerek bu özellikler ile kırılma şekilleri arasında bir ilişki varlığının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Kayaçlar ve agregalar üzerine yapılan çalışma birçok deneyi kapsamaktadır. Bu deneylerin detaylarına bakıldığında, kayaçların ve agregaların, petrografik, fiziksel, mekanik ve kırılabilirlik özelliklerinin belirlenmeleri gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında;

- Kayaçların porozite, yoğunluk ve Schmidt sertlik deneyleri yapılmış ve bu özellikleri belirlenmiştir.
- Kayaçların tek eksenli basınç dayanımı değerleri belirlenmiştir.
- Bu çalışmada örnek olarak kullanılan kayaçların kırılması ile elde edilen agregaların elek analizi, yassılık indeksi ve aşınmaya karşı dayanıklılık (Los Angeles Aşınma Dayanımı) deneyleri yapılmış ve bu özellikleri belirlenmiştir.
- Agregaların kırılma şekillerini tasvir etmek üzere şekil ve hacim faktörleri, kırılabilirlik özelliklerini belirlemek üzere kırılabilirlik indeksi deneyleri yapılmıştır.
- Dokusal özelliklerini belirlemede ise, kaya numunelerinden ince kesitler alınarak polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Bu analiz sonucunda kayaçların mineral içerikleri ve doku türleri belirlenmiştir.

Bu tezin kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar aşağıdaki şekilde özetlemiştir.

1.3. Çalışmanın İçeriği

Bu çalışma giriş, kaynak araştırması, malzeme ve yöntem, laboratuvar çalışmaları, analiz ve değerlendirmeler ve sonuç bölümleri olma üzere altı ana başlık altında gerçekleştirilmiştir.

Giriş bölümünde; Agregaların tanımı ve önemleri vurgulanmıştır. Ayrıca, bu tez çalışmasının amacı ve kapsamı anlatılmıştır.

- Kaynak araştırması bölümünde, tezde kullanılan kavramla hakkında genel bilgi verilmiştir. Aynı zamanda kayaçların mekanik ve doku özellikleri ile kırılma şekillerinin aralarındaki ilişkiler hakkında, daha önce yapılan çalışmalar ve araştırma bulguları gözden geçirilmiş ve rapor edilmiştir.
- Malzeme ve yöntem bölümünde, çalışmada kullanılan kayaç numunelerinin hazırlanış yöntemleri ve her bir özelliği belirlemek için uygulanan metodolojiler hakkında bilgi verilmiştir.
- Laboratuvar çalışmaları bölümünde, kayaçlar ve agregalar için yapılan deneylerden ve bu deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar sunulmuştur.
- Analiz ve değerlendirme bölümünde, kayaçların mekanik, fiziksel ve mineralojik özellikleri ile kırılma şekilleri ve kırılabilirlik indeksleri arasındaki ilişkiler istatistiksel bir yöntem kullanılarak analiz edilmiştir.
- Sonuç bölümünde ise, çalışmada elde edilen önemli bulgular ve öneriler sunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynak araştırmasının amacı, kayaçların mekanik, mineralojik ve doku özellikleri ile kırılma şekillerinin aralarındaki ilişkiler hakkında yerel ve yabancı literatürde yapılan incelemeleri, araştırma bulgularını raporlamaktır. Ayrıca, kaynak araştırması bu tezin okuyucusuna, tezdeki belirtilen ve kullanılan kavramları tanıştırmaktadır.

2.1. Kayaçlar Hakkında Genel Bilgiler

Kaya çeşitli minerallerin veya mineral ve taş parçacıklarının bir araya gelmesinden ya da bir mineralin çok miktarda birikmesinden meydana gelen katı birikintiler olarak tanımlanmıştır. Diğer bir deyişle kayaç, bir veya daha fazla mineral veya mineral malzemeden oluşan, doğal olarak meydana gelen katı malzeme olarak tanımlanmaktadır.

2.1.1. Kayaçların sınıflandırılması

Literatürde, birçok araştırmacı kayaçlar için çeşitli sınıflamalar yapmıştır. Genellikle sınıflandırmalar, oluşum sürecine göre ve dokusuna göre yapılmaktadır (Bayram, 2009).

Kayaçlar, oluşum sürecine dayanarak üç ana grupta toplanabilmektedir; bunlar magmatik kayaçlar, sedimanter kayaçlar ve metamorfik kayaçlardır. Bu üç kaya türünün her biri, kimya (kompozisyon), doku, ve formasyon ortamı gibi bazı kriterlere göre daha fazla grupta sınıflandırılabilir.

2.1.1.1. Magmatik kayaçlar

Magmatik kayaçlar, doğrudan magmanın soğumasından meydana gelen kristalli katılardır. Magmanın katılma derinliğine ve zamanına bağlı olarak, magmatik kayaçlar, derinlik (plütonik) kayaçlar ve yüzey (volkanik) kayaçlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Plütonik kayaçlar, 1 mm'den daha büyük tane boyutuna sahip minerallerden oluşmuştur. Yüzey kayaçlar ise 1 mm'den daha küçük tane boyutuna sahip minerallerden meydana gelmiş ve camsı malzemelerden oluşmuşlardır. Tane boyutundaki bu değişim, magmanın soğuma derecesi ve katılaşması sürecinde oluşan fiziko- kimyasal koşullara bağlıdır (Akkoç, 2002).

Magmatik kayaçlar, kimyasal bileşimlerinde bulunan SiO₂ oranına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilirler (Mibei, 2014):

- Asidik kayaçlar: SiO₂ oranı %66'dan büyüktür,
- İntermediyer kayaçlar: SiO₂ oranı %55-66 arasındadır,
- Bazik kayaçlar: SiO₂ oranı %45-55 arasındadır ve
- Ultra bazik kayaçlar: SiO₂ oranı %45'den küçüktür.

2.1.1.2. Sedimenter kayaçlar

Sedimenter kayaçlar çeşitli kayaçlardan (magmatik, metamorfik ve sedimenter) kopan parçaların birikmesi ve çimentolaması ile oluşan kayaçlardır (Bayram, 2009). Başka deyişle tortul kayaçlar, çökeltilerin çökertilmesi ve katılaşması sonucu, özellikle su (nehirler, göller ve okyanuslar), buz (buzullar) ve rüzgârla taşınan çökelti yoluyla oluşan kayaçlardır. Ayrıca deniz sedimenti birikintilerinden de gelebilirler. Genellikle bu kayaçlar tabakalı olup çoğunlukla fosil içermektedirler.

Sedimenter kayaçlar silikatlı kayaçlar ve karbonatlı kayaçlar olarak sınıflandırabilmektedir.

2.1.1.3. Metamorfik kayaçlar

Mevcut kayaçların (magmatik, tortul, metamorfik) yüksek basınç ve sıcaklıkta kabuk ya da üst mantonun içine kimyasal olarak aktif sıvılara maruz kaldığında metamorfik kayaçlar oluşturur. Bu kayaçlar, tektonik olayların ardından meydana gelen kayaçlardır. Kuvarsitler, gnays, şeyler, mikaşistler ve mermerler metamorfik kayaçların örneklerindedir.

Goodman, kayaçları dokularına göre sınıflandırmaktır ve bu sınıflandırma aşağıdaki Çizelge 2.1' de özetlenmiştir (Öztürk, 2006).

Çizelge 2.1. Kayaçların dokularına göre sınıflandırılması (Öztürk, 2006)

Doku	İçerdiği Mineraller	Kayaç Örnekleri
Kristalen Doku	Çözünebilir karbonatlar ve tuzlar	Kireçtaşı, dolomit, kaya tuzu, torna, jips
	Sürekli bantlardaki mika veya diğer düzlemsel mineraller	Mikaşist, klorit şist, grafit şist
	Devamlı mika yaprakları içermeyen bantlı silikat mineralleri	Gnays
	Gelişigüzel yönelimli ve dağılımlı tekdüze tane boyutuna sahip silikat mineralleri	Granit, diyorit, gabro, siyenit
	Çok ince taneli ve boşluklu matris içinde gelişigüzel yönelimli ve dağılımlı silikat mineralleri	Bazalt, riyolit, diğer volkanik kayaçlar
	İleri derecede makaslanmış kayaçlar	Serpantinit, milonit
Kırıntılı (klastik) doku	Duraylı çimentolu	Silis çimentolu kumtaşı ve Limonitik kumtaşı
	Az çözünebilir çimentolu	Kalsit çimentolu kumtaşı ve Konglomera
	Çok çözünebilir çimentolu	Jips çimentolu kumtaşı ve Konglomera
	Tamamı çimentolamamış veya zayıfça Çimentolamış	Ufalanabilir kumtaşı, tuf
	Çimentolamamış	Kil bağlayıcılı kumtaşı
Çok İnce Taneli Kayaçlar	İzotrop, sert kayaçlar	Hornfels, bazı bazalt türleri
	Makro ölçekte anizotrop fakat mikro ölçekte izotrop sert kayaçlar	Çimentolu şeyler, tabakalı Sert kumtaşları
	Mikroskopik düzeyde anizotrop sert kayaçlar	Sleyt, fillit
	Yumuşak, zemin gibi kayaçlar	Kompaksiyon şeyli, tebeşir, Marn
Organik Kayaçlar	Yumuşak kömür	Linyit ve bitümlü kömür
	Taşkömürü	
	Petrollü şeyl	
	Bitümlü şeyl	
	Petrollü kum	

2.2. Kayaçların Özellikleri

Kayaçlar, dokusal, fiziksel ve mekanik özelliklerine göre üç kategoride incelenebilmektedir. Genel olarak, kayaçların saptanan fiziksel özelliklerine bakıldığında özgül ağırlık, su emme, porozite ve yoğunluk sayılabilmektedir. Kayaçların mekanik özellikleri ise basınç dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü ve poisson oranı olarak sayılabilmektedir (Akkoç, 2002).

Tüm bu kayaç özellikleri, kendisinden üretilen agregaların da özellikleri doğrudan etkilemektedir.

2.2.1. Kayaçların Dokusal Özellikleri

2.2.1.1. Dokunun tanımı

Doku, bir kayadaki mineral taneciklerinin ve diğer bileşenlerin boyutları ve şekilleri ve bu boyutların ve şekillerin, birbirleriyle nasıl bağlantılı olduğuyula ilgilidir (Tuğrul ve Zarif, 1999). Doku, kayayı oluşturan süreçle alakalıdır.

Kayaçların en önemli dokusal özellikleri: tane büyüklüğü, tane şekli, tane yönelimi, tanelerin nispi oranı ve matris materyalleridir (Ersoy ve Waller, 1995).

2.2.1.2. Kayaçalarda görülen doku türleri

Literatürde, kayaçların dokularıyla ilgili araştırmalar, üç amaç üzerine odaklanmıştır (Kekeç, 2005).

- Mineral dokularındaki simetrinin belirlenmesi; Bu, geçmişte kayaçalardaki deformasyon simetrisini hakkında bilgi edinilmesini sağlar.
- Kayaçalardaki fiziki anizotropisinin belirlenmesi; Hacimli kayaçların anizotropi özelliğinin doku ile ilgisidir.
- Dış parametreler (gerilme dağılımları, ısı, basınç vb.); kaya dokusu oluşumunun üzerinde etkisidir.

a) Magmatik kayalarda görülen doku türleri

Magmatik kayalardaki ilk doku grubu mineral kristallerinin büyüklüğüne odaklanır. Kristal boyutu esas olarak soğuma oranını yansıtır, fakat aynı zamanda kaya kompozisyonundan (özellikle su veya gaz içeriğinden de) da büyük ölçüde etkilenir. Çoğu durumda, elde edilen tane büyüklüğü, magmanın ne kadar hızlı soğumasına bağlı olarak değişir. Genel olarak, soğuma ne kadar yavaş olursa, nihai kayadaki kristaller o kadar büyüktür. İnce taneli kayalara "ekstrüzif" denir ve genellikle volkanik patlamalar aracılığıyla üretilmektedir.

İkinci doku grubu ise volkanik kayalarla ilgilidir. Volkanizma, magmatik kayalarda oldukça belirgin özellikler yaratır. Magmatik kayalarda görülen bazı doku türleri aşağıda sunulmaktadır.

- **İri Taneli (Phaneritic) dokular**

İri taneli dokular genellikle derin yeraltında yavaş yavaş soğuyan magmalara işaret etmektedir. Yavaş soğuma, kristallere kolayca görülebilen boyutlara (yani, 1 mm'den daha büyük) büyümesi için yeterli zaman verir. İlk oluşan kristaller, düzenli şekillere sahip olma eğilimindedirler, çünkü bunlar, çevreleyen sıvıda serbestçe büyürler. Daha sonra oluşan kristaller, katı komşular arasında yer bulmaktadırlar. İri taneli dokuda, ortalama kristal-tanecik boyutu az ya da çok muntazamdır ve ortalama tane büyüklüğü 1/16 mm ila 3 cm arasındadır. Ortalama kristal büyüklüğü yaklaşık 1 cm olacaktır.

- **İnce taneli (Afanitik)**

Bu dokular magmanın hızlı bir şekilde soğuması ile oluşmaktadır. Hızlı soğuma, kristallerin büyümesini büyük oranda engellemektedir. Bu dokularda, esasen tüm taneler 1/16 mm'den küçüktür. Nadir olarak daha büyük kristaller olabilir, ancak daha büyük kristaller kaya hacminin yaklaşık % 5'inden veya % 10'undan fazlasını oluşturmazsa, doku hala afanitik olarak kabul edilmektedir.

- **Porfiritik Dokular**

Porfiritik bir doku, kristal tane boyutlarının bimodal dağılımını gösterir. Bu volkanik kayalarda çok yaygın bir dokudur. "Bimodal" tane büyüklüğü dağılımı iki farklı tane büyüklüğü çokluğu anlamına gelmektedir. Bir veya daha fazla mineral, minerallerin geri kalanından sürekli olarak daha büyüktür.

- **Pegmatitik Dokular**

Pegmatitik bir doku, mineral tanelerinin son derece büyük olduğu bir dokudur. En büyük olanlar, yaklaşık 3 cm uzunluğunda olabilir. Bu doku entruzif kayalarda bulunmaktadır.

- **Camsı Dokular**

Eğer bir kaya, görünür mineral kristalleri olmayan bir (renkli) cam bloğa benziyorsa, camsı bir dokuya sahiptir. Yüzeysel olarak, camsı bir doku, hiç bir kristalin oluşamayacak kadar, hızlı olarak soğumasını ifade etmektedir.

- **Vesiküler Doku (Açık alanlar, kabarcıklar)**

Magma çözünmüş gazlar içeriyorsa, magma yüzeye geldiğinde çözünmüş gazlar kabarma eğiliminde olacaktır. Soğuma hızlı olduğundan, tüm gaz lav akışından kaçamayacak ve kabarcıklar (vesiküller) oluşacaktır. Bu tip dokularda, kayaç hacminin büyük bir kısmı (% 40 veya daha fazla) küresel veya eliptik boşluklardan oluşmaktadır. Kayacın önemli bir kısmı hava boşluğu içerdiğinden, bu tür kayalar çok hafif olabilmektedir.

- **Piroklastik Doku (volkanik kül ve tuf tortuları)**

Bir piroklastik doku, kaya parçaları, pomza ve volkanik külün karışımını gösterir. Kül çok ince tanelidir, bu nedenle sadece kaya parçaları ve pomza tanımlanabilir. Piroklastik bir dokuya sahip bir kayaya, en büyük parçası 2.4 inçten daha az olması durumunda tuf denir, taneler daha büyükse volkanik breş denilir.

- **Scoria ve Pomza**

Scoria çok küçük (<1mm) vesiküllerle birlikte son derece vesiküler, bazaltik bir lavdır. Pomza, felsik volkanik camın bir köpüğüdür. Yapısında çok fazla hava bulunan ve çoğunlukla su üzerinde yüzebilen kaya köpüğüdür. Taze pomzalar yakından incelendiğinde camsı niteliği görülmektedir.



Şekil 2.1. Magmatik kayalarda görülen temel doku türleri; a) İri taneli doku, b) İnce taneli doku, c) Porfiritik doku, d) camsı, e) Tuf dokusu, f) Vesiküler dokusu

b) Sedimanter kayaçların genel doku türleri

Sedimanter kayaçlar detritik/silicatlı ve kalsitli veya kimyasal olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmaktadır.

- **Detritik kayaçlar**

Bu kayaçlar, silikat mineralleri ile çimentolanan diğer kaya parçalarından oluşmaktadır. Detritik kayaçlar büyük ölçüde kuvars, feldispat, kayaç parçaları, kil mineralleri ve mikadan oluşmaktadır. Herhangi bir tipte mineral mevcut olabilir, ancak bunlar genellikle yerel olarak var olan mineralleri temsil eder. En yaygın detritik tortul kayaçlar, breş ve konglomera, kumtaşı, silttaşı ve şeyldir.

- **Kimyasal tortul kayalar**

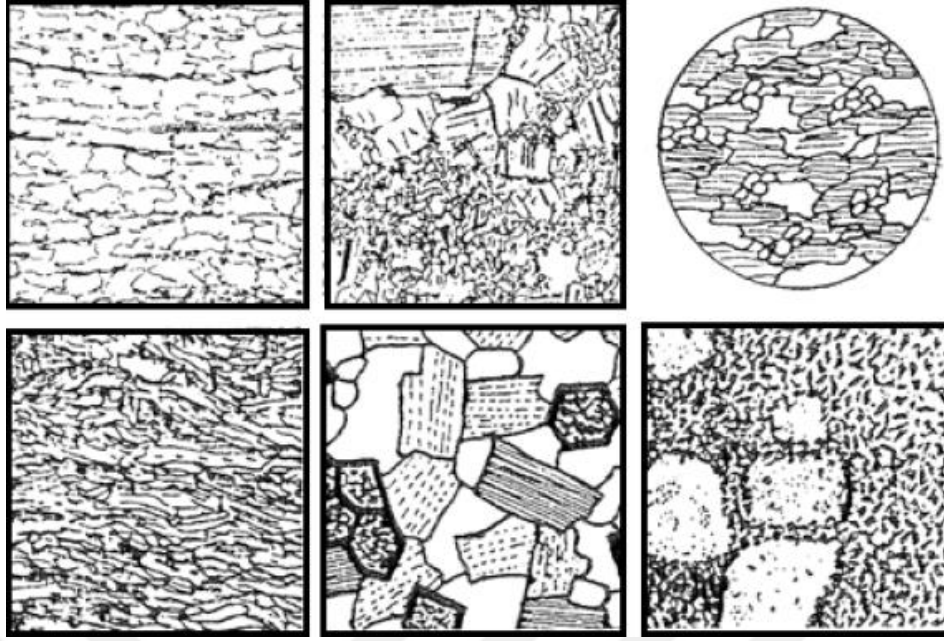
Suda erime özelliğine sahip kayaların suda eriyerek başka alanlara taşınıp tortulanması ile oluşmaktadır. Kimyasal tortul taşların en tanınmış örnekleri jips, traverten, kireç taşı (kalker), çakmaktaşıdır.

c) Metamorfik kayaların genel doku türleri

Metamorfik kayalardaki doku türleri aşağıdaki ana gruplara göre ayrılabilir (Kekeç, 2005; Bayram, 2009).

- Granoblastik doku; Yaklaşık eşit büyüklükte minerallerin oluşturduğu doku türüdür.
- Lepidoblastik (Yapraksı) doku; Bu dokuda iri taneli, lamel veya yaprak şeklindeki mineraller, paralel bir yönde dizilirler.
- Nemoblastik (Çubuksu) doku; Bu doku, büyük ölçüde paralel pozisyonda bulunan çubuklu kristallerden oluşur. Bu dokuda genellikle foliasyon görülmemektedir.
- Kataklastik doku; Bu doku yönlendirilmemiş ve parçalanmış minerallerle karakterize edilir. Önceden var olan mineral dokular baskındır.
- Granolepidoblastik doku; Bu dokuda, mikalı ve taneli bileşenler ardışık seviyeler oluşturmaktadır.

Yukarıdaki dokular dışında, diabloit, ofitik porfoblastik, mortier, ultramilonitik, blastomilonitik, grano-nemoblastik, granoporfiroblastik, demet, çiçek/gül, nodül, vermikular, koronitik, gnaysik, vb. dokular mevcuttur (Ceylanoğlu, 1996; Çavuşoğlu, 2005; Kekeç, 2005).



Şekil 2.2. Metamorfik kayalarda görülen doku türleri (Bayram, 2009)

2.2.2. Kayaçların fiziksel özellikleri

Kayaçların fiziksel özellikleri, kayaçların oluşumuna, dokusuna ve bileşimine göre değişir ve kaya malzemesinin tanımlanmasında önemli roller oynamaktadır (Öztürk, 2006). Bu çalışmada örnek kayaçların yoğunluğu, porozite ve Schmidt sertliği gibi bazı fiziksel özellikleri incelenmiştir.

2.2.2.1. Yoğunluk

Yoğunluk, belirli bir sıcaklık ve basınç altında birim hacimdeki madde miktarıdır. ρ harfi ile sembolize edilir. Kayaç malzemelerin yoğunluğunu, Caliper veya Arşimet terazisi yardımlarıyla tayin edilmektedir.

Yoğunluk tayininde kullanılan formül Eşitlik 2.1’de verilmiştir.

$$\rho_d = \frac{G_w}{B_v} \quad (2.1)$$

Burada;

ρ_d : Kuru yoğunluk

G_w : Kuru ağırlık

B_v : Bulk hacmi

2.2.2.2. Porozite

Porozite veya gözeneklilik, kayaçların önemli fiziksel özellikleri arasında yer almaktadır. Gözeneklilik (porozite) kayadaki boşluk hacminin toplam hacmine oranı olarak tanımlanmaktadır.

Farklı kayaç türlerinin gözeneklilikleri de değişkendir ve kayacın büyüklüğüne, şekline ve kayacın oluşturan malzemelerin dağılımına bağlı olarak değişmektedir.

Porozite, aşağıdaki Eşitlik 2.2-2.3'ten tayin edilmektedir.

$$n = \frac{V_p}{B_v} \times 100 \quad (2.2)$$

$$V_p = W_{sat} - G_w \quad (2.3)$$

n: Porozite

V_p : Boşluk hacmi

B_v : Bulk hacmini

W_{sat} : Doymuş ağırlık

G_w : Kuru ağırlık

2.2.2.3. Schmidt sertliği

Sertlik, kayaçların çeşitli mineral bileşenlerinin tipi, boyutu, şekli ve miktarının ve mineral taneler arasındaki bulunan bağ kuvvetinin bir fonksiyonudur (Ersoy ve Waller, 1995). Kayaçların sertliğini değerlendirmesinde kullanılan birkaç deney türü vardır, ancak bu tezde Schmidt çekici yöntemi kullanılmıştır.

Kayaçların Schmidt sertliği belirlemek hem sahada hem de laboratuvarında yapılabilir.

2.2.3. Kayaçların mekanik özellikleri

Kayaçların mekanik özellikleri, dinamik ve statik yükler altında kaya malzemelerinin davranışını belirlemek için kullanılan parametrelerdir (Öztürk, 2006). Bu çalışma kapsamında kullanılan kayaçlar üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.1. Tek eksenli basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı deneyleri; kayaçların, üzerine gelecek yük karşısında gösterecekleri direnci tanımlamak amacıyla yapılan deneylerdir. Kayaçlardan elde edilen karot numuneleri tek eksenli basınçta maruz bırakılarak dayanımları hesaplanmaktadır. Numunelerin alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel olup boylarının çaplarına olan oranı 2.5-3 arasında olmalıdır.

Kayaçların basınç dayanımını hesaplamak için Eşitlik 2.4 kullanılmaktadır.

$$C_0 = \frac{P}{A} \quad (2.4)$$

Burada,

C_0 , Basınç dayanımı, Kgf / cm²

P, Kırılma yükü, Kgf

A, Numunenin yüzey alanı, $A=\pi D^2/4$, cm²

2.3. Agregalar

2.3.1. Agregaların tanımı

Agregalar, kum, çakıl ve kırma taş gibi doğal bir kaynaktan, organik olmayan malzemeler olarak veya yüksek fırın cürufu, genişmiş perlit ve genişmiş kil gibi yapay granüler malzemeler olarak da tanımlanabilmektedir (Akkoç, 2002).

Öztürk (2006), agregaları dolgu işlerinde, beton yapımında ve yol yapımında kullanılan kırılmış ve öğütülmüş malzemeler olarak tanımlamıştır.

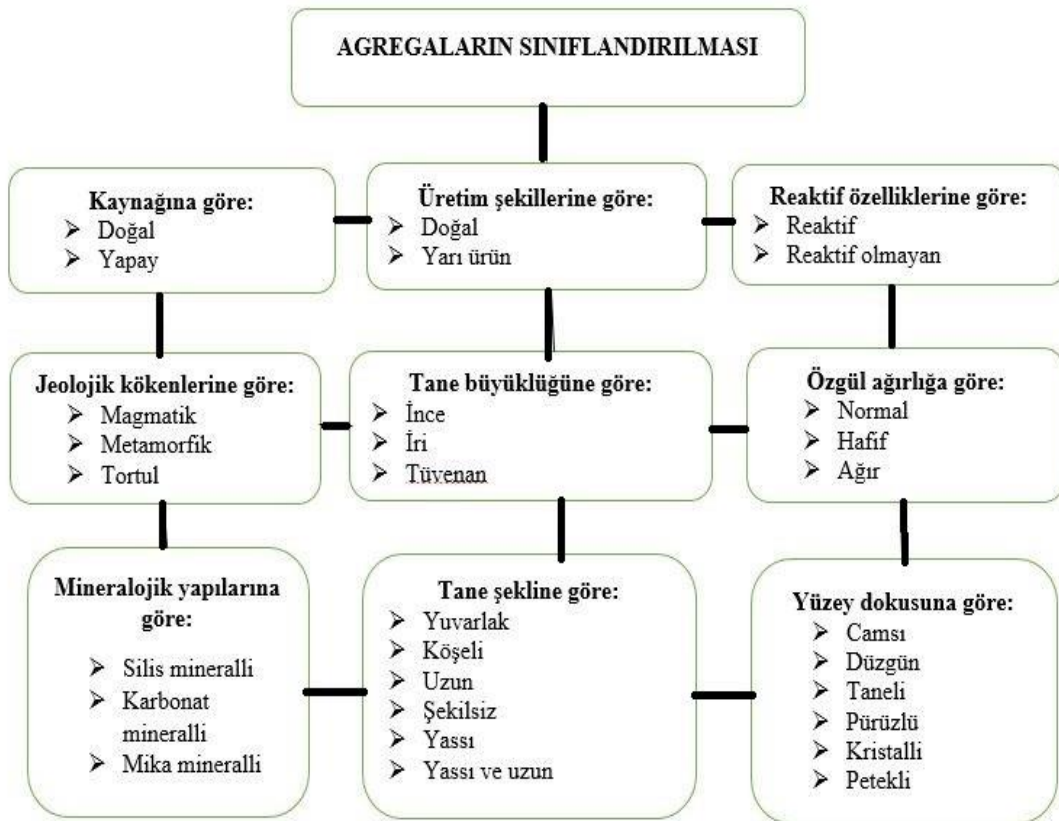
Bu tez çalışmasında, betonda veya asfaltta kullanıma uygun kum, çakıl, kırma taş, cüruf gibi çeşitli büyüklükteki taneli malzemelere agregaya denmiştir. Agregalar, doğal, yapay veya daha önce yapılarda kullanılmış malzemelerden tekrar kazanım yoluyla elde edilmiş olabilmektedir. Agregaların özellikleri kendisinden yapılan malzemenin özelliklerine de yansır. Yani kendi özellikleri iyi olan agregaya ile yapılan beton ve asfaltın özellikleri de iyi olmaktadır (Akbulut ve ark., 2003). Agregalar genel olarak bağlayıcılar yardımıyla beton ve asfalt yapımında kullanılırlar ve betonun yaklaşık %70-75'ini asfaltın %90'ını oluşturmaktadır.

2.3.2. Agregaların sınıflandırılması

Agregalar birçok şekilde sınıflandırılabilir. Sınıflandırmanın amacı, agregaları daha iyi tanımlamak ve beton veya asfalt yapılarında farklı sınıflara ait agregaları doğru bir şekilde kullanabilmektir. Sınıflandırma işlemi, belirli bir sınıftaki malzemenin beton için uygun olduğunu göstermektedir. Bir agreganın herhangi bir inşaat amacına uygunluğunu belirlemek için, önce o agreganın özelliklerini araştırmak gerekmektedir (Apaydın, 2007).

Genel olarak agregalar elde edilmiş şekillerine, birim ağırlıklarına, boyutlarına, tane şekillerine, yüzey dokusuna, kaynaklarına, jeolojik ve mineralojik yapılarına göre sınıflandırılmaktadır (Bal, 2011).

Agregaların sınıflandırılması, Şekil 2.3'te özetlenmektedir.



Şekil 2.3. Agregaların sınıflandırılması (Çavuşoğlu, 2005)

2.3.2.1. Agregaların Kaynağına göre sınıflandırılması

a) Doğal Agregalar

Doğal agregalar, üretim işlemlerinden (kırılma, ezilme, eleme ve yıkama) başka hiçbir işlem uygulanmamış olan agregalardır. Bu agregalar nehir yatakları, eski buzul yatakları, deniz ve göl kenarları, teraslar ve taş ocakları gibi doğal kaynaklardan ya da konkasörde kırma, eleklerden eleyerek değişik tane boyu sınıflarına ayırma ve yıkama işlemlerinden elde edilmektedir. Kum, çakıl ve kırma taş en tipik en kullanılan doğal agregalardır (Çavuşoğlu, 2005).

b) Yapay Agregalar

Yapay agregalar genellikle sanayide üretilir veya bir endüstrinin atık maddesi olarak elde edilir. Belirli amaçlar için kullanılabilen çeşitli yapay agrega türleri mevcuttur. (Bal, 2011). Yüksek fırın cürufu, geliştirilmiş kil agregası, perlit, uçucu kül, izabe cürufu, geliştirilmiş perlit, kırılmış kiremit veya tuğla bu tür agrega örneklerindedir.

2.3.2.2. Agregaların jeolojik kökenlerine göre sınıflandırılması

Doğal kökenli agregalar, fiziksel ve kimyasal olarak, oluştukları kayaçların orijin özelliklerini yansıtır. Doğal agregalar kuvvetli bağlı minerallerle oluşan magmatik, metamorfik ve tortul kökenli kayaçlardan veya konsolide olmayan ve kırıntılı elemanlar ile oluşturan sedimanter kökenli kayaçlardan üretilmektedir. Kısacası, jeolojik kökenlerine göre, doğal agregalar Magmatik kökenli agregalar, Metamorfik kökenli agregalar, Tortul kökenli agregalar olarak sınıflandırılmaktadır.

2.3.2.3. Agregaların tane şekline göre sınıflandırılması

Tane şekilleri, agregaların geometrik özelliklerinden sayılmaktadır. Tane şekillerine göre agregalar yuvarlak, şekilsiz, köşeli, yassı ve uzun olarak sınıflandırılmaktadır.

Genel olarak, doğal agrega ocağından çıkarılan malzemeler yuvarlak ve yuvarlağa yakın şekilde bulunmaktadır aynı zamanda içlerinde az bir kısım da olsa yassı ve uzun taneler içerebilir. Agreganın tanesinin üç boyutu arasında 1/3 oranından daha büyük boyut farkı varsa bu agregalara da yassı agregalar denilir. Konkasörden elde edilmiş agregalar ise köşeli şekilde bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, agreganın tanelerinin şekillerinin önemi agreganın özellikleri bölümünde, daha detaylı olarak anlatılmıştır.

2.3.2.4. Agregaların tane büyüklüğüne göre sınıflandırılması

Tane boyutlarına göre agregalar ince, iri ve tüvenan olarak üçe ayrılmaktadır.

a) İnce agregalar

Genellikle 4 mm göz açıklıklı kare delikli eleklerden geçen agregaya denilir.

b) İri agregalar

4 ile 63 mm arasında olan agregalardır.

c) Tüvenan ve filler agregalar

Ocağından veya konkasörden elde edilerek belirli bir boy sınıfına ayrılmamış agregalardır.

2.3.2.5. Agregaların özgül ağırlığa göre sınıflandırılması

a) Normal ağırlıklı agregalar

Bunlar, özgül ağırlığı 2,4-2,8 g/cm³ arasında olan agregalardır.

b) Hafif agregalar

Bu agregaları, özgül ağırlığı 2,4 g/cm³'ten küçük olan agregalardır. Genleştirilmiş kil, genleştirilmiş perlit, bims gibi agregalar hafif agregalara örnektir. Bu tür agregalarla "hafif beton" üretilmektedir.

c) Ağır agregalar

Bunlar, özgül ağırlıkları $2,8 \text{ g/cm}^3$ 'ten büyük olan agregalardır. Kırılarak taneli duruma getirilmiş, hematit, manyetit, barit gibi demir cevherleri ağır agrega örneklerdendir.

2.3.2.6. Agregaların yüzey dokusuna göre sınıflandırılması

Agregaların yüzey dokusuna göre camsı, pürüzsüz, taneli, pürüzlü, kristalli ve peteksi olmak üzere altı ana başlıkta sınıflandırılabilir. Bu başlıklara ait özellikler Çizelge 2.2'de detaylı bir şekilde açıklamaktadır.

2.3.2.7. Agregaların elde edilmiş (üretim) şekillerine göre sınıflandırılması

Agregalar üretimlerine göre doğal agregalar (kum, çakıl, vb. gibi) ve yarı ürün agregalar (cüruf, genişletilmiş perlit vs. gibi) olarak sınıflandırılır.

2.3.2.8. Agregaların reaktif özelliklerine göre sınıflandırılması

Reaktif özelliklerine göre agregalar reaktif ve reaktif olmayan agregalar olarak gruplandırılabilir (Çizelge 2.2).

2.3.2.9. Agregaların mineralojik yapılarına göre sınıflandırılması

Agregalar mineralojik yapılarına göre silis mineralli agregalar, karbonat mineralli agregalar ve mika mineralli agregalar olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Agreganın mineralojik yapısını bilmek, göstereceği özellikler hakkında fikir sahibi olmamızı sağlamaktadır.

Çizelge 2.2. Agregaların yüzey özelliklerine göre sınıflandırılması (Bal, 2011)

Yüzey Karakteri	Açıklamalar	Örnek
Camsı	Konkoidal (midye kabuğu) kırılması sonucu yüzeyler camsı.	Siyah çakmak taşı, obsidyen camı, cüruf.
Pürüzsüz (Düzgün)	Tanesel veya laminalı kayaçların pürüzsüz kırılması ya da su içerisinde sürtünme nedeniyle ortaya çıkar.	Çakıl, çört, sleyt, mermer ve bazı riyoitler.
Taneli	Kırılma neticesinde yüzeydeki keskinliklerin üniform şekilde yuvarlaşması sonucu oluşmuş yüzeylerdir.	Kum taşı, oolit.
Pürüzlü	Yapısında zorlukla görülebilen, orta ve ince taneseli kayaçların kırılması sonucu ortaya çıkan yüzeyleridir.	Bazalt, felsit, porfir, kireçtaşı.
Kristalli	Yapısında kolayca görülebilen kristal parçacıkları vardır.	Granit, gabro, gnays.
Peteksi	Yüzeyinde görülebilen boşluklar ve oyuklar vardır.	Tuğla, sünger taşı, köpük, cüruf, klinker, genişleştirilmiş kil.

2.4. Agregaların Özellikleri

Kullanımlarına bakılmaksızın (beton/yol), agregalar çeşitli özelliklere sahiptir. Agregalar bazı kriterler ve kalite gereksinimlerini karşılamalıdır. Agregaların genel özellikleri agregaların ana kayaçlara bağlı özellikleri (aşınma dayanımı, yoğunluk ve gözeneklilik gibi) ve agregaların işletme sürecine bağlı özellikleri (tane dağılımı, tane boyutları, tane şekilleri, gibi) olmak üzere iki ana başlıkta gruplandırılabilir.

Tüm doğal agrega taneleri bir kaya bloktan oluşmaktadır. Bu, doğal ayrışma ve aşınma süreciyle veya yapay olarak kırılma ile parçalanmış olabilir. Bu nedenle, birçok özellik tamamen ana kayaca bağlıdır. Diğer yandan, agrega tarafından sahip olunan fakat ana kayacda bulunmayan bazı özellikler de olabilmektedir. (Neville, 1995).

2.4.1. Agregaların ana kayaçlara bağlı özellikleri

Bu özellikler, agreganın elde edildiği ana kayanın oluşum sürecine bağlıdır (Makani, 2011).

2.4.2. Agregaların kendi özellikleri

Makani (2011), agregaları işletme sürecine bağlı özellikleri bakımından, geometrik özellikleri ve mekanik özellikleri olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bu özellikleri agregaların kendi özellikleri olarak düşünülebilmektedir.

2.4.2.1. Agregaların geometrik özellikleri

Agregalarda tanelerin dağılımı (granülometri) ve tane şekilleri, agreganın geometrik özelliklerindedir.

a) Agregaların granülometrisi (tane dağılımı)

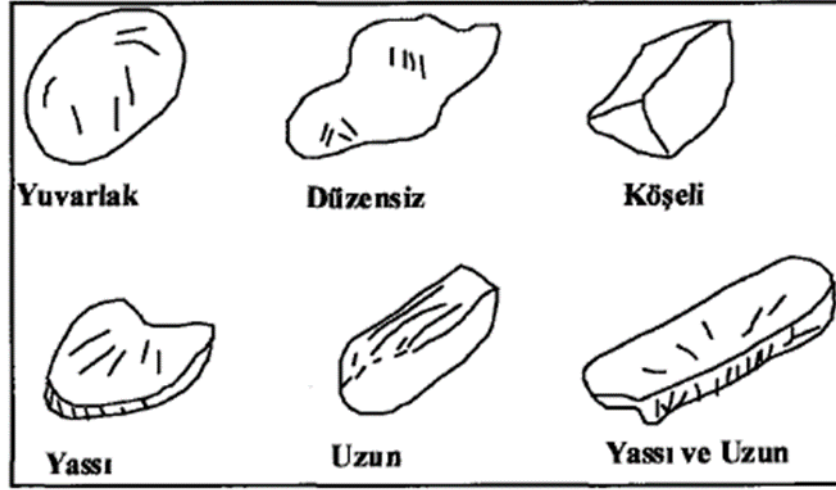
Agrega yığını içerisindeki tanelerin büyüklüklerine göre dağılımına, gradasyon veya granülometri ismi verilmektedir. Gradasyonun belirlenmesinin amacı, agreganın içerisinde hangi tane boyutundan ne kadar bulunduğunu tespit etmektir. Agreganın numunesindeki tanelerin değişik boyutlarda olması, sabit bir hacim içerisinde yer alan agreganın taneleri arasında daha az boşluk bulunmasına yol açmaktadır. Agreganın gradasyonu, elek analizi deney yöntemiyle bulunmaktadır (Çavuşoğlu, 2005).

b) Agregaların tane şekilleri

Tane şekli, tanelerin uzunluğu, genişliği ve kalınlığı boyutlarının ölçülmesi ile belirlenmektedir. Bu işlem ince tanelere göre iri taneler için daha kolaydır. “Küresellik (sphericity)”, “yuvarlaklık (roundness) ve “biçim (form)” sayılabilmektedir (Cihan, 2012).

Genellikle, agregalarda tane şeklinin kübik ve küresel olması istenilmektedir (Öztürk, 2006).

Agreganın karışımında, yassı ve uzun taneler ne kadar az ise tane şekli açısından agreganın o kadar iyidir. Agregaların tane şekilleri Şekil 2.4’te, özellikleri ise Çizelge 2.3’te sunulmuştur.



Şekil 2.4 Agrega tane şekillerinin gösterimi (Çavuşoğlu, 2005)

Çizelge 2.3. Agregaların tane şekline göre sınıflandırması (TS 706 EN 1260)

Sınıflandırma	Tanımlama
Yuvarlak "rounded"	Su ile tamamen aşınmış veya sürtünme ile şekil kazanmış. taneler kenar ve köşe içermez.
Köşeli "angular"	Kaba düzlemsel yüzeylerin ara kesitlerinde iyi belirlenmiş kenarlar içerirler.
Düzensiz "irregular"	Doğal olarak düzensizdir veya kısmen sürtünme ile şekillenmişlerdir. Yuvarlak köşelere sahiptirler.
Yassı "flaky"	Kalınlığı diğer iki boyutuna kıyasal ince olan malzeme.
Uzun "elongated"	Genellikle köşeli olan bir malzemedir. Çakılların bir boyutu diğer iki boyutundan belirgin şekilde daha uzundur.
Yassı ve uzun "flaky and elongated"	Uzunluğu, genişliğinden ve genişliğinde kalınlığından belirgin şekilde daha uzun olan malzemedir

2.4.2.2. Agregaların mekanik özellikleri

Agregaların mekanik özellikleri olarak, aşınmaya karşı dayanımı ve agregaların kırılabilirlik indeksi örnek olarak alınmıştır.

a) Aşınma dayanımı

Aşınmaya karşı dayanım, kaya malzemelerinin darbe altında kırılmaya, parçalanmaya veya dağılmaya karşı gösterdiği dayanımdır. Aşınma dayanımının tespitinde, yaygın olarak Los Angeles aşınma dayanımı deneyi kullanılmaktadır. Bu deneyde, malzemeler çelik bilyeler yardımıyla bir tambur içerisinde belirli bir hızda döndürülerek aşındırılmaktadır ve oluşan malzeme kaybı ölçülmektedir (Akkoç, 2002).

b) Agregaların kırılabilirlik indeksi

Kayaçların kırıcıda maruz kaldığı kuvvetler sonucu kırılmaya karşı gösterdiği dayanımı dolaylı ölçebilmek için, kırılabilirlik indeksi deneyleri kullanılmaktadır.

2.5. Kayaçların Fiziko-Mekanik Özellikleri, Mineral Özellikleri, Doku Özellikleri İle Kırılma Şekilleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Kaya dokusunun tekil parametreleri ile kayanın fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişki hakkında birçok araştırma yapılmıştır. Aşağıdaki paragraflarda önceki çalışmalardan bazıları özetlenmiştir.

Kekeç (2005) “yapı malzemesi olarak kullanılan bazı kayaç turların dokusal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırması” konulu yüksek lisans tez çalışmasında, kayaçların dokusal, fiziksel ve mekanik özelliklerin arasındaki ilişkiyi modellemiştir. Bu çalışmada, kayaçların dokuların tanımlamak için ortalama tane boyut indeksi (OTBI) yaklaşımı kullanmıştır.

Çomaklı ve Çayırılı (2017) beş farklı kayaç numunesinin kırılma özellikleri ve kayaç içerisindeki mineral özelliklerinin arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Ersoy ve Waller (1995) birkaç sedimanter ve magmatik kayaçlar için doku katsayısı, fiziksel ve mekanik özellikleri araştırmışlardır. Araştırmalarında, bu kayaçları doku katsayısına göre sınıflandırmışlardır.

Ozan (2009), bazı doğal taşların dokusal özellikleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırılması” isimli yüksek lisans tez çalışmasında, kayaların dokusal özellikleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler incelemiştir. Çalışmada kullanılan doğal taşların, doku özellikleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri ilişkilendirilmiştir.

Akkoç (2002) yüksek lisans tezinde agregaların mekanik özellikleri ile dokusal özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Dokusal özellikler, doku katsayısı (TC) ile mekanik ve fiziksel özellikler ise aşınma dayanımı, tane şekli, porozite tane yoğunluğu olarak analiz edilmiştir.

Azzoni ve ark. (1996), farklı kaya litolojilerin (magmatik, tortul ve metamorfik kayalar) doku katsayısını belirlemiştir ve bu dokulara göre, kayaları sınıflandırmıştır.

Akkoç (2002) Trabzon ili ve çevresinden alınan doğal taşların agrega malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması isimli yüksek lisans tez çalışmasında, traverten, kireçtaşı, çamur taşı, andezit, bazalt ve tuf gibi bazı doğal taşların agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır.

Öztürk (2006) doktora çalışmasında, kayaç malzemelerinin mekanik, fiziksel ve kesilebilirlik özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Ayrıca, kayaç malzemesinin fiziksel ve kesilebilirlik özellikleri ile TC (doku özellikleri) arasındaki ilişkileri incelemiştir.

Benediktsson (2015) parçacık şeklinin agregaların mekanik özelliklerine etkisi isimli yüksek lisans tez çalışmasında, parçacık şeklinin Los Angeles aşınma direnci ve yassılık indeksi gibi agregaların mekanik özelliklerini nasıl etkilediğini anlamaya çalışmıştır.

Çavuşoğlu (2005) yüksek lisans tez çalışmasında, üç farklı üretilen kırılmış dere malzemesinin beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırmıştır.

Bal (2011) yüksek lisans tez çalışmasında, bazı ocaklarından elde edilen beton agregalarının fiziko-mekanik ve mineralojik özelliklerini belirleyerek betonda alkali silika reaksiyonuna etkilerini incelemiştir.

Makani (2011) doktora tez çalışmasında, agregaların mineralojik yapısının betonların mekanik davranışları üzerindeki etkisini incelemiştir.

Howarth ve Rowlands (1986) kayaların mekanik özelliklerini doku katsayısı ile ilişkilendirmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan kayaç numunelerinin hazırlanması ve bazı özelliklerinin belirlenmesi için uygulanmış metodolojiler bu bölümde açıklamaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan kayaçlar, Konya ili sınırları içerisinde bulunan mermer ve granit kesme atölyelerden temin edilmiştir. Bu kayaçların deneylere hazır hale getirilmesi ve deneyler Konya Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği (maden işletmeciliği) laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.1. Kullanılan Kayaç Türleri

Bu tez çalışmasında, üç farklı mermer (beyaz mermer (BM), gri mermer (GM), siyah mermer (SM)) ve bir granit (GR) olmak üzere makro düzeyde farklı tane boyutuna sahip dört (4) farklı kayaç kullanılmıştır.

3.2. Numunelerin Hazırlanması

Agreganın kalitesini tayin edebilmek için, o agreganın oluşturulduğu kaya numunesi üzerinde deneysel çalışmalar yapmak gerekmektedir. Deneysel çalışmalar belirli standarda uygun yapılmaktadır. Doğru bir şekilde alınamamış ve standart dışı numuneler üzerinde yapılan deneylerin hiçbir önemi yoktur.

Bu çalışmada kullanılan kaya numuneleri, üretim bölgelerinden toplandıktan sonra, analiz ve test için standart boyutlara getirilmek amacıyla Konya Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına getirilmiştir. Petrografik (dokusal) analiz için ince kesit numuneleri, fiziksel ve mekanik özellikler belirlemek için silindirik numuneler hazırlanmıştır. Bu kayaçlardan oluşturulan agregaların özelliklerini belirlemek için ise agrega numuneleri hazırlanmıştır.

3.2.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için kullanılan numuneler

Bu tez çalışmasında kayaç numunelerinin fiziksel özellikleri olarak yoğunluk, gözeneklilik ve sertlik belirlenmiştir.

Kaya örneklerinin yoğunluk ve porozite özelliklerini belirlemek için her kayaç örneği bloğundan toplam 10 tane silindirik numune hazırlanmıştır. Kayaçların sertliğini belirlemek için ise her bir kaya türü için ortalama 6 cm kalınlığında blok numuneler alınmıştır (Şekil 3.1-3.2).



Şekil 3.1. Yoğunluk ve porozite numuneleri



Şekil 3.2. Sertlik belirlemek için kullanılan kaya blok örneği

3.2.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi için kullanılan numuneler

Bu çalışmada kaya örneklerin tek eksenli basınç dayanımları belirlenmiştir. Bu deney için her bir kaya türünden Uluslararası Kaya Mekaniği ISRM (2007) standartlarına uygun olarak silindirik numuneler hazırlanmıştır (Şekil 3.3).

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi, 140 mm boy ve 54 mm çapında düzgün silindirik şekilli numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her kaya türünden ISRM (2007) standardına uygun olarak hazırlanan 10 adet numune kullanılmıştır.

Blok halinde olan kayalardan karot alınabilmesi için, Konya Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği laboratuvarında bulunan karot alma makinesi kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Karot alma ve kesme ekipmanları ve numuneler

3.2.3. Elek analizi numunelerin hazırlanması

Elek analizi için değişik göz açıklıklarına sahip kare delikli elekler kullanılmaktadır. Bu deney, değişik standartlara göre farklı kaya fraksiyonlarıyla yapılabilmektedir. Türk standartlarına göre elek analizi için kullanılması gereken kare delikli eleklerin göz açıklıkları; 125 mm-90 mm-63 mm-31.5 mm-16 mm-8 mm-4 mm-2 mm-1 mm-0.5 mm ve 0.125 mm iken ASTM standardına göre 100 mm-95 mm-75 mm-63 mm-50 mm-25 mm-19 mm-12.5 mm- 9.5 mm-4.75 mm-2.36 mm-1.18 mm-0.60- mm-0.30 mm ve 0.15 mm olmaktadır. Bu tez çalışmasında elek analizi için, 10 mm boyuttan küçük yani 10 mm'lik göz açıklıklığında, elekten geçen kırılmış kayaç numuneleri kullanmıştır. 10 mm, 9,5 mm, 8 mm, 4,75 mm, 3,35 mm, 2,8 mm, 2 mm ve 1,7 mm elekten geçen kırılmış kayaç fraksiyonlarla elek analizi yapılmıştır. Elek analizi numunelerinin hazırlanma işlemleri aşağıda Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Elek analizinin numuneleri ve kullandığı elekler

3.2.4. Yassılık indeksi numunelerin hazırlanması

Genel olarak, yassılık indeksini belirlemek için 4 mm'den büyük ve 80 mm'den küçük olan agregalar kullanılmaktadır. Türk standardına göre (TS 9582 En 933-3), yassılık indeksi Çizelge 3.1'de belirtilen tane büyüklüğü fraksiyonlarına ayrılmaktadır.

Çizelge 3.1. Silindirik çubuklu elekler (Ünsal ve Şen, 2008)

Kare gözlü elek aralıkları di/Di (mm)	Silindirik silindirik çubuklu eleklerin açıklığı (mm)
63/80	40
50/63	31,5
40/50	25
31,5/40	20
25/31,5	16
20/25	12,5
16/20	10
12,5/16	8
10/12,5	6,3
8/10	5
6,3/8	4
5/6,3	3,15
4/5	2,5

Bu tez çalışmasında, 8mm ile 16mm tane büyüklüğünde her biri kırılmış agregalardan (Siyah mermer SM, Beyaz mermer BM, Gri mermer GM ve Granit GR) kullanmıştır, yani 8/10; 10/12,5 ve 12,5/16 fraksiyonlar kullanmıştır.

3.2.5. Şekil faktörü tayini için numunelerin hazırlanması

Agregaların şekil ve hacim faktörleri, çok küçük fraksiyonlar dışındaki elek analizi için seçilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Buna göre 9,5 mm, 8 mm ve 4,75 mm büyüklüğünde agrega fraksiyonlar kullanılmıştır. Her fraksiyondan, rastgele 20 adet agrega alınarak (Şekil 3.5) gerekli ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.5. Şekil faktörü tayini için numunelerin hazırlanması

3.2.6. Los Angeles deneyi için numunelerin hazırlanması

Bu tez çalışmasında Los Angeles deneyi, Avrupa standartlarına uygun olarak 10/14 mm büyüklüğünde kırılmış agregalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, her kaya türü için, 14 mm'lik bir elekten geçen ve 10 mm'lik bir elek üstünde kalan agregalar test edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Los Angeles deney cihazı ve numuneleri

3.2.7. Kırılabilirlik indeksinin (CI) belirlenmesi için numunelerin hazırlanması

Kırılabilirlik indeksi, çeneli kırıcıda kırılan 20 mm ile 12,5 mm dar tane boyutunda örnek agregalardan 500 g olacak şekilde kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Kırılabilirlik indeksi deneyinde kullanılan numuneler

3.2.8. Doku ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi için numunelerin hazırlanması

Doku ve mineralojik analizler için bu tez çalışmasına örnek teşkil eden her bir kayaç türünden ince kesitler hazırlanmıştır.

3.3. Çalışmada Kullanılan Yöntemler

3.3.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Kayaçların fiziksel özellikleri; kayaçların yapısına, oluşum süreçlerine, yapılarına, dokularına bağlı olarak bir kayaçtan öbür kayaca farklı olabilir aynı zamanda kaya malzemesinin tanımlanmasında da önemli rol oynamaktadır.

Bu tez çalışmasında, kayaç numunelerinin fiziksel özelliklerini belirlemek için yoğunluk, gözeneklilik ve sertlik belirleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için yapılan deneylerde uluslararası kaya mekaniği derneğinin önermiş olduğu ISRM (2007) standartları kullanılmıştır.

3.3.1.1. Yoğunluk ve porozite belirlenme deneyleri

Kaya örneklerinin yoğunluk ve porozite özelliklerini belirlemek için her kayaç örneği bloğundan toplam 10 tane silindirik numune hazırlanmıştır (Şekil 3.8).

Yoğunluk ve porozite belirleme deneyinde bulk hacmi (B_v), örnek kuru ağırlığı (G_w), doymuş ağırlığı (W_{sat}) ve sudaki ağırlığı (W_{sub}) parametreleri ISRM'2007 standartlarına göre belirlenmiştir.

Bulk hacmini hesaplamak için Calipper ve Buoyancy olmak üzere iki metot mevcuttur. Bu çalışmada düzgün geometrik şekilli numuneler seçildiği için Calipper metodu kullanılmıştır. Her boyut (çap, D ve uzunluk, L) için birkaç ölçüm alınarak ortalaması hesaplanmıştır ve bulk hacmi Eşitlik 3.1 ile bulunmuştur.

$$B_v = \pi \times \frac{D^2}{4} \times L \quad (3.1)$$

Burada,

B_v : Numunenin bulk hacmi

D : Numunenin çapı

L : Numunenin kalınlığı

Numunelerin bulk hacmi hesaplandıktan sonra, numuneler 24 saat boyunca bir etüv içinde ve 105°C'da sabit ağırlığa kadar kurutulmuştur ve bir terazi yardımıyla her bir numunenin kuru ağırlığı (G_w) ölçülmüştür. Daha sonra numuneler en az 48 saat suya batırılarak doymuş hale getirilmiştir.

Numuneler daha sonra üzerindeki suyu gidermek amacıyla nem beziyle kurutularak ve yine ağırlığı ölçülmüş ve numunelerin doymuş ağırlıkları (W_{sat}) belirlenmiştir.

Aşağıdaki denklemler (Eşitlik 3.2-3.5) kullanılarak her numunenin kuru yoğunluğu (kuru yoğunluğu, ρd) ve porozitesi (gözeneklilik) bulunmuştur.

a) Kuru yoğunluk (ρd_i):

$$\rho d_i = \frac{G_{wi}}{B_{vi}} \quad (3.2)$$

Burada,

ρd_i : Numunenin yoğunluğu

G_{wi} : Numunenin kuru ağırlığı

B_{vi} : Numunenin bulk hacmini

b) Porozite (n_i):

$$n_i = \frac{W_{(sat)i} - G_{(w)i}}{B_{(v)i}} \quad (3.3)$$

Burada,

n_i : Numunenin porozitesi

$W_{(sat)i}$: Doymuş ağırlığı

G_{wi} : Kuru ağırlığı

B_{vi} : Bulk hacmini

Bütün numunelerin yoğunluğu ve porozitesi hesaplandıktan sonra, elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak her bir kaya türünün (granit, siyah mermer, beyaz mermer ve gri mermer) yoğunluğu ve porozitesi hesaplanmıştır.

$$\rho d = \frac{\sum_i^{10} \rho d_i}{10} \quad (3.4)$$

Burada,

ρd : Ortalama yoğunluk

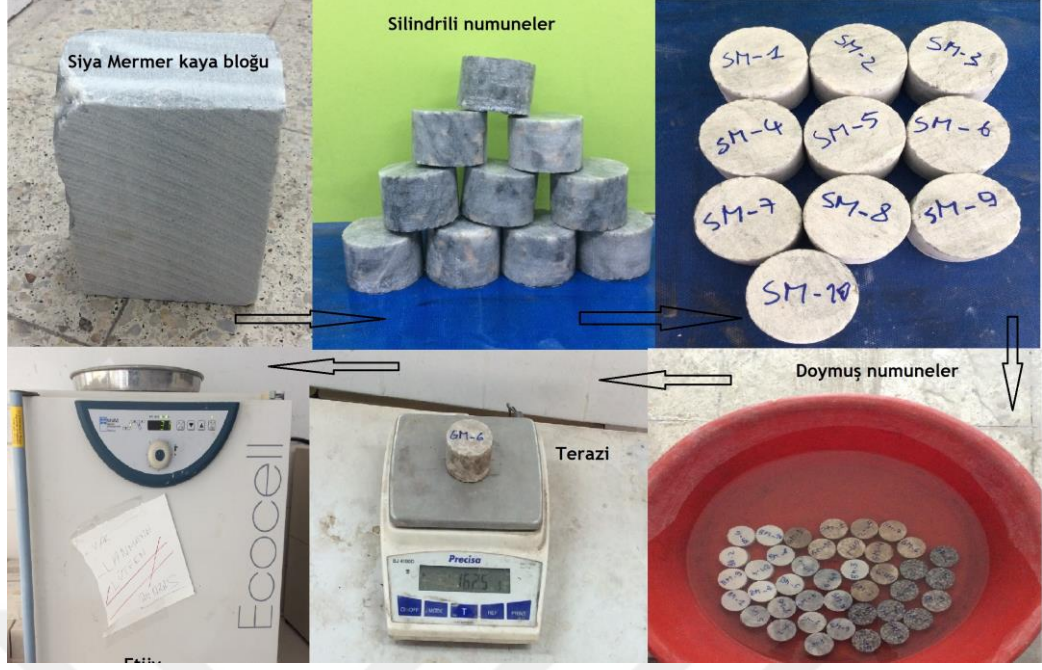
ρd_i : Bir numunenin yoğunluğu

$$n = \frac{\sum_i^{10} n_i}{10} \quad (3.5)$$

Burada,

n : Ortalama porozite

n_i : Bir numunenin porozitesi



Şekil 3.8. Kayaçların yoğunluk ve porozite belirleme yöntemi

3.3.1.2. Sertlik belirleme deneyi

Kayaçların sertliğini belirlemek için her bir kaya türü için ortalama 6 cm kalınlığında blok numuneler alınmıştır ve laboratuvara getirilmiştir. Sertlik deneyi Schmidt çekici kullanılarak doğrudan kaya bloklarının düzgün yüzeylere üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9).

Schmidt çekici deneyi, kayaçların homojenliğini test etmek için ve basınç dayanımı hakkında bir fikir edinmek için yapılmaktadır. Bu deneyinin yöntemi, Ceylanoğlu (1996)'da açıklandığı gibi ve aşağıdaki aşamalar takip edilerek yapılmıştır.

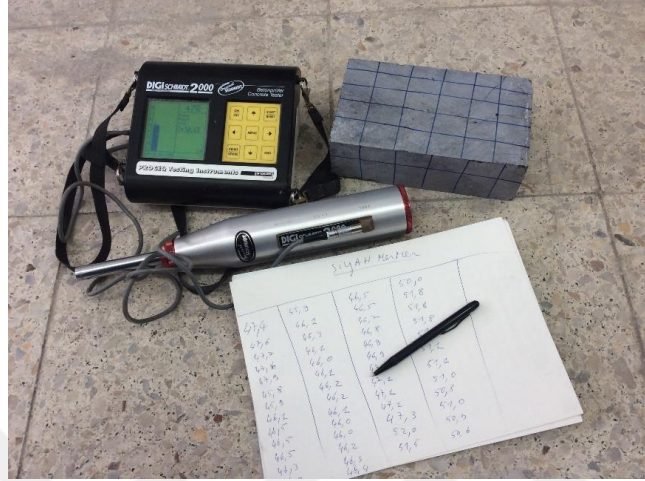
- Deney numuneleri (kaya bloklar) üzerinde çizgiler çizilerek, çekicinin deneyde hangi konumda tutulacağı kaydedilmiştir.
- Çekici kaya blok test yüzeyinde dik tutarak, piston (plunger) çekiç vuruşu yapana kadar baskı uygulanmıştır.
- Aynı noktada en az 5 ölçüm alınmış ve en yüksek değer o nokta için kaydedilmiştir.
- Çizilmiş kareler arasında en az 20 değişik noktada seri ölçümler yapılarak, en yüksek değerlerin %50'sini seçilmiş ve aritmetik ortalaması alınarak o kayaç numunesi için Schmidt çekici değeri (Eşitlik 3.6) belirlenmiştir.

$$\text{Aritmetik ortalama} = a = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (3.6)$$

a: Schmidt çekici değeri

X_j : bir noktadaki ölçümü

N: ölçüm nokta sayısı



Şekil 3.9. Schmidt çekici cihazı ve kayaç bloğu

3.3.2. Tek eksenli basınç dayanımının belirlenmesi

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi yapabilmek için Konya Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği kaya mekaniği laboratuvarında bulunan 300 ton kapasiteli hidrolik pres kullanılmıştır (Şekil 3.10).

ISRM 2007 standartlarına uygun olarak hazırlanan numuneler üzerine sürekli olarak 0,5- 1 Mpa/sn yük uygulanarak kırılma anında kırılma yükü (P) kaydedilmiştir.

Kaydedilen kırılma yüklerinin numunenin yüzey alanına oranı ile numuneye ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri hesaplanmıştır.

Her bir kayaç örneğine üzerinde yapılan 10 deneyin aritmetik ortalaması ile o kayaca ait tek eksenli basınç dayanımı belirlenmiştir.



Şekil 3.10. Hidrolojik pres

$$C_0 = \frac{P}{A} \quad (3.7)$$

Burada,

C_0 , Basınç dayanımı,

P , Kırılma yükü,

A , Numunenin yüzey alanı, $A=\pi D^2/4$

3.3.3. Kayaçların doku ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi

Doku analizi için çeşitli teknikler mevcuttur. Bu tez çalışmasında optik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde, alınan ince kesitler polarizan mikroskop kullanılarak laboratuvarında analiz edilmektedir. Böylece, numunenin içerdiği farklı mineraller ve yüzdeleri de belirlenmiştir.

3.3.4. Agregaların özelliklerinin belirlenmesi

Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, agregaların özellikleri geometrik özellikler ve mekanik özellikler olmak üzere iki ana grupta göre sınıflandırılabilir.

Bu çalışmada, agregaların geometrik özellikleri yassılık indeksi ve şekil ve hacim faktörleri kullanılarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda agregaların Los Angeles aşınma dayanımı, kırılmış agreganın elek analizleri ve kırılabilirlik indeksi değerler de belirlenmiştir.

3.3.4.1. Elek analizi ve d_{50} değerinin belirlenmesi

Elek analizinin amacı, kırılmış agregalar da tane boyu dağılımının belirlenmesidir. Boyut dağılımı, bir agrega numunesindeki her boyutun oranıdır. Bir agrega numunesinin boyut dağılımı, bu agregadaki her tane boyutu için ne kadar miktar bulunduğunu göstermektedir.

Eleme işlemleri el ile sarsarak yapılmıştır ve eleme, en büyük elekten (9,5 mm) en küçük eleğe (1,7 mm) gerçekleşmiştir.

Kırılmış, kurutulmuş ve tartılmış deney numunesi ilk olarak 9,5 mm'lik eleğe alınarak elenmiştir. Elek üzerinde kalan numune miktarı bir terazi ile tartılmıştır. Elekten geçen numune ise bir sonraki elekten elenerek aynı işlem her elek açıklığı için tekrar yapılmıştır. Elek analizi deneyinin sonunda her eleğin üzerinde kalan malzeme miktarının, toplam deney numunesi miktarına oranının yüzdesi alınarak tane boyu dağılımı belirlenmiştir. Tane boyu dağılımı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$S_n(\%) = \frac{W_n}{W_0} \times 100 \quad (3.8)$$

S_n = Herhangi bir (n) göz açıklığındaki elek üstünde kalan malzeme oranı (%)

W_n = Göz açıklığı (n) olan elek üzerinde kalan malzemenin miktarı (gr)

W_0 = Deney numunesinin toplam ağırlığı (gr)

- **d_{50} değerleri belirlenmesi**

d_{50} değeri, kırılmış malzemenin ağırlıkça %50'sinin geçtiği boyut olarak tanımlanmaktadır. Elek analizinden elde edilen veriler ile kümülatif elek altı değerleri hesaplanmış ve bu değerler kullanılarak kümülatif elek altı eğrileri çizilmiştir. Her bir numuneye ait kümülatif elek altı eğrilerinden ise d_{50} değerleri belirlenmiştir.

3.3.4.2. Yassılık indeksi tayini

Yassılık indeksi, agreganın tane şeklini belirlemek için yapılan fiziksel bir deney yöntemidir. Yassılık indeksinin değeri ne kadar düşükse, agreganın kübik şekle o kadar yakındır. Agregaların yassılık indeksi tayininin amacı agregaların dayanımını ve kullanım yerlerini etkileyen yassı ve uzun tanelerin miktarını tespit ederek agregaların uygunluğunu araştırmaktır.

Yassılık indeksi tayini, Türk standartlarına göre (TS 9582 EN 933-3, 1999), Konya Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Yassılık indeksi tayini deneyi, numunelerin kare gözlü eleklerle elemesi ve silindirik çubuklu eleklerle elemesi olmak üzere iki eleme işleminden oluşmaktadır (Şekil 3.11). Numuneler bir kare gözlü elekten d_i/D_i (d_i : en küçük tane büyüklüğü, D_i : en büyük tane büyüklüğü) farklı tane fraksiyonlarına göre ayrılmaktadır (burada 8/10; 10/12,5 ve 12,5/16). Daha sonra bir silindirik çubuklu elek ile elenmektedir. Silindirik çubuklu eleklerdeki çubuklar arasındaki mesafe ile kare gözlü eleklerin göz açıklıkları arasındaki mesafe Türk standartları tarafından Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Yassılık indeksi tayinde kullanılan kare gözlü ve silindirik çubuklu elekler

Deney prosedüründe, tüm d_i/D_i tane büyüklüğü fraksiyonu kütleleri toplamı hesaplanmaktadır ve M_1 olarak kaydedilmektedir. Silindirik çubuklu elekten geçen miktarların kütlesi toplamı hesaplanarak M_2 olarak kaydedilmektedir. Toplam yassılık indeksi FI bu verilere bağlı olarak aşağıdaki Eşitlik 3.9 ile hesaplanmaktadır:

$$FI = \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \times 100 \quad (3.9)$$

Burada;

M_1 , Her tane büyüklüğü fraksiyonundaki tanelerin toplam kütlesi, g

M_2 , Her tane büyüklüğü fraksiyonunun Silindirik çubuklu eleklerden geçen tanelerinin toplam kütlesi, g.

Toplam yassılık endeksi (FI), en yakın tam sayıya yuvarlatılarak kayıt edilir. Agregada içerisinde yassı tanelerin oranı %50'den az olmalıdır. Fakat pratikte agregada yağmında %10'u geçen yassı tane içeriği olması istenmeyen bir durumdur.

3.3.4.3. Agregaların şekil faktörü tayinin

Numunelerin kırılma şekillerindeki farklılıkları tanımlamak amacıyla, şekil ve hacim faktörleri kullanılmıştır.

Şekil ve hacim faktörlerini belirlemek için çeşitli yöntemler vardır: Bunlar, Mikroskop yöntemi, Heywood Formülleri ve Ağırlık yöntemidir. Bu tez çalışmasında, Heywood formülleri yöntemi kullanılmıştır.

Şekil ve hacim faktörlerinin Heywood formülleriyle belirlenmesi, Heywood tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde, form ve hacim faktörleri aşağıdaki parametreler kullanılarak hesaplanır:

- L_o , tanelerin ortalama uzunluğu;
- B_o , tanelerin ortalama genişliği;
- T_o , tanelerin ortalama kalınlığı;
- n , uzama oranı,
- m , düzgünlük oranıdır.

Uzunluk, genişlik ve kalınlık (L_o , B_o ve T_o) parametrelerini belirlemek için, seçilen her fraksiyondan (9,5 mm, 8 mm, ve 4,75 mm) ve her kaya türünden (GR granit, Beyaz mermer BM, Siyah mermer SM ve Gri mermer GM), rastgele 20 adet agregada alınmış ve dijital kumpas yardımıyla doğrudan ölçülmüştür. Bu farklı ölçülerin aritmetik ortalaması alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Diğer iki parametre ise (uzama (n) ve düzgünlük (m) oranları) Eşitlik 3.10-3.11 kullanarak hesaplanmıştır.

- Uzama oranı, n

$$n = \frac{L_0}{B_0} \quad (3.10)$$

n: Uzama oranı

L₀: Tanenin uzunluğu

B₀: Tanenin genişliği

- Düzgünlük Oranı, m

$$m = \frac{B_0}{T_0} \quad (3.11)$$

m: Düzgünlük oranı

B₀: Tanenin genişliği

T₀: Tanenin kalınlığı

Şekil ve hacim faktörleri (f ve k), aşağıda sunulan Heywood formülleri Eşitlik 3.12-3.13 kullanarak bulunmuştur.

- Şekil faktörü, f

$$f = 1,57 \times \frac{1 + (n + 1)}{n \times m} \quad (3.12)$$

f: Şekil faktörü (kırılma şekli)

n: Uzama oranı

m: Düzgünlük oranı

- Hacim faktörü, k

$$k = \frac{\pi \times \sqrt{\pi}}{8 \times m \times \sqrt{n}} \quad (3.13)$$

k: Hacim faktörü

n: Uzama oranı

m: Düzgünlük oranı

3.3.4.4. Los Angeles deneyi

Los Angeles deneyi, standartlara göre, Konya Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (EN 1097-2: 2010). Los Angeles deney yöntemi, yatay eksen etrafına dönen bir tamburun içine 5000 ± 5 g (M_0) agrega örneği yerleştirilerek başlamaktadır. Deney numuneleri ile tamburun içine çapı yaklaşık 45 mm olan ve yaklaşık 400 g ağırlığında 11 adet küresel çelik bilye yerleştirilmektedir. Tambur, 500 devir için dakikada 30 veya 31 tur arasında sabit bir hızda döner özellik taşımaktadır. Deney tamamlandıktan sonra deney numuneleri toplanarak, 1.6 mm'lik bir elek kullanılarak elenir ve 1.6 mm'lik elek üzerinde kalan malzeme yıkanır, (110 ± 5) °C'de 24 saat boyunca kurutularak tartılmaktadır (m). Los Angeles deneyinde kullanılan cihazlar Şekil 3.12-3.13'te sunulmuştur.



Şekil 3.12. Los Angeles deneyinde kullanılan çelik bilya

Los Angeles değeri (LA), Eşitlik 3.14 kullanarak hesaplanmaktadır:

$$LA = \frac{M_0 - m}{M_0} \quad (3.14)$$

Burada,

LA, Los Angeles değeri

M_0 , numunenin başlangıç kütlesidir (g);

m , 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan numune kütlesidir (g).



Şekil 3.13. Los Angeles deneyin yöntemi

3.3.4.5. Agregaların kırılabilirlik indeksinin (CI) belirlenmesi

Kayaçların kırıcıda maruz kaldığı kuvvetler sonucu kırılmaya karşı gösterdiği dayanımı dolaylı ölçülebilmek için, kırılabilirlik indeks deneyi kullanılmaktadır.

Bu deneyde, öncelikle çeneli kırıcıda kırılan kayaçlar 20 mm ile 12,5 mm dar tane boyutunda 500 g olacak şekilde sınıflandırılmıştır. -20 + 12,5 mm dar tane boyutuna hazırlanmış kayaçlar çeneli kırıcıda kırılmıştır. Ardından kırılan malzeme 9,5 mm boyutundaki elekten elenerek tartılmıştır. Elek altındaki malzeme ilk ağırlığa bölünerek kırılabilirlik indeks değeri (CI) bulunulabilmektedir.

3.3.5. Korelasyon yöntemi

Bu çalışmada, farklı değişkenler arasındaki ilişkiyi bulabilmek için regresyon yöntemi kullanılmıştır. Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan istatistiksel bir analiz metodudur. Eğer tek bir değişken kullanılarak analiz yapılıyorsa buna tek değişkenli regresyon, birden çok değişken kullanılıyorsa çok değişkenli regresyon analizi olarak isimlendirilmektedir.

Regresyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı, ve eğer ilişki var ise bu ilişkinin gücü hakkında bilgi edilebilmektedir. En kullanılan regresyon modeli, doğrusal regresyon modelidir ve korelasyon katsayısı değeri ile tanımlanmaktadır.

Korelasyon katsayısı R ile tanımlanır ve korelasyon katsayısının karesi belirleme katsayısı (R^2) olarak adlandırılmaktadır. Belirleme katsayısı (R^2) değeri:

- 1'e yaklaştıkça iki değişkenlerinin ilişkisi artar,
- 0'e yaklaştıkça iki değişkenlerinin ilişkisi azalır ve yok olur ve
- -1'e yaklaştıkça değişkenler arasında ilişkinin ters orantılı ilişki olduğu tanımlanmaktadır.

Korelasyon katsayısı Eşitlik 3.15 ile hesaplanır:

$$R(X, Y) = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2} \sqrt{\sum(Y - \bar{Y})^2}} \quad (3.15)$$

Burada,

X: X değişkenin değerleri

Y: Y değişkenin değerleri

\bar{X} : X değişkenlerinin aritmetik ortalaması

\bar{Y} : Y değişkenlerinin aritmetik ortalaması

4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bu bölümde kullanılan kayaçların ve agregaların özelliklerini belirlemek için yapılan deneylerden elde edilen test sonuçları sunulmaktadır.

4.1. Mineralojik Ve Doku Özelliklerin Belirlenmesi

Mineralojik ve doku analizleri kayaçlardan alınan ince kesitlerin polarizan mikroskop altında incelenmesi ile gerçekleştirilmiştir. İnce kesitleri tanımlanan bu kayaçlara ait mineral içerikleri ve oranları Çizelge 4.1’de özetlenmiştir ve aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Çizelge 4.1. İnce kesitlerin mineralojik ve doku analizi

Kayaç	Mineral içeriği	Oran	Doku
Granit (GR)	Kuars	20%	Taneli holokristalin
	Plajiyoklaz	30%	
	Ortoklaz	20%	
	Amfibol	17%	
	Biyotit	13%	
Beyaz Mermer (BM)	Karbonat	98%	Kristalize kireçtaşı
	Kuars	2%	
Siyah Mermer (SM)	Karbonat	99%	Kristalize kireçtaşı
	Kuars	1%	
Gri Mermer (GM)	Karbonat	100%	Kristalize kireçtaşı

4.2. Numunelerin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu bölümde, materyal ve yöntem bölümünde ayrıntılı anlatılan yöntemler kullanılarak elde edilen fiziksel ve mekanik test sonuçları sunulmaktadır.

4.2.1. Yoğunluk ve porozite

Yoğunluk ve porozite belirlemek için, her bir kaya tipinden 10 adet silindirik kaya numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler ISRM’2007 standartlarına uygun olarak analiz edilmiştir. Yapılan testlerden elde edilen bulgular Çizelge 4.2’de sunulmaktadır.

Çizelge 4.2. Kayaçların yoğunluk ve porozite deney sonuçları

Numune Adı	Yoğunluk ρ_g (g/cm ³)	Porozite n (%)
Siyah Mermer SM	2,63	0,16
Beyaz Mermer BM	2,63	0,17
Gri Mermer GM	2,70	1,27
Granit GR	2,62	1,02

Çizelge 4.2 incelediğinde, incelenen kayaçların yoğunluk değerleri arasında fazla bir fark olmadığı gözlenmiştir. Porozite değerlerine bakıldığında ise Granit (GR) ve Gri Mermer (GM) numunelerinin diğer numunelerden daha gözenekli olduğu anlaşılmaktadır.

4.2.2. Sertlik

Kayaç sertlik değerini belirlemek için Schmidt sertlik deneyi deneyi uygulanmıştır. Bu deney için, 6 cm kalınlığında ve boyutları en az 20 × 20 cm olan kaya blokları kullanılmıştır (Şekil 4.1). Her bir kayaç türü için 20 adet Schmidt sertlik okuması yapılmış ve bunlardan en büyük 10 okuma seçilerek aritmetik ortalaması alınmış ve Schmidt sertliği belirlenmiştir. Yapılan testler sonucunda elde edilen sertlik değerleri Çizelge 4.3'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.3. Sertlik deney sonucu

Numune Adı	Schmidt sertlik değeri
Siyah Mermer SM	49,7
Beyaz Mermer BM	46,5
Gri Mermer GM	59,3
Granit GR	55,4



Şekil 4.1. Sertlik deney prosedürü

Çizelge 4.3'te, incelediğimiz numunelere ait Schmidt çekici değerlerine göre en sert kayacın gri mermer (GM) ve en yumuşak kayacın beyaz mermer (BM) olduğu görülmüştür.

4.2.3. Tek eksenli basınç dayanımı

Tek eksenli basınç dayanımı deneyleri ISRM 2007'de önerilen standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu deneyde, her kayaç türü için boy/çap oranı 2,5-3 arasında değişen 10 adet örnek kullanılmıştır (Şekil 4.2). Deney sonuçları Çizelge 4.4'te sunulmaktadır.



Şekil 4.2. Tek eksenli basınç deneyinde kırılmış numuneler

Çizelge 4.4. Tek eksenli basınç deney sonucu

Numune Adı	Basınç Dayanımı (Mpa)	Basınç Dayanımı (KN)
Siyah Mermer SM	26,02	59,60
Beyaz Mermer BM	29,74	68,10
Gri Mermer GM	42,81	98,03
Granit GR	61,87	141,70

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi, tek eksenli basınç dayanım değeri, en yüksek olan kayaç granit, en düşük ise siyah mermer olarak belirlenmiştir.

4.3. Agregaların Özelliklerinin Belirlenmesi

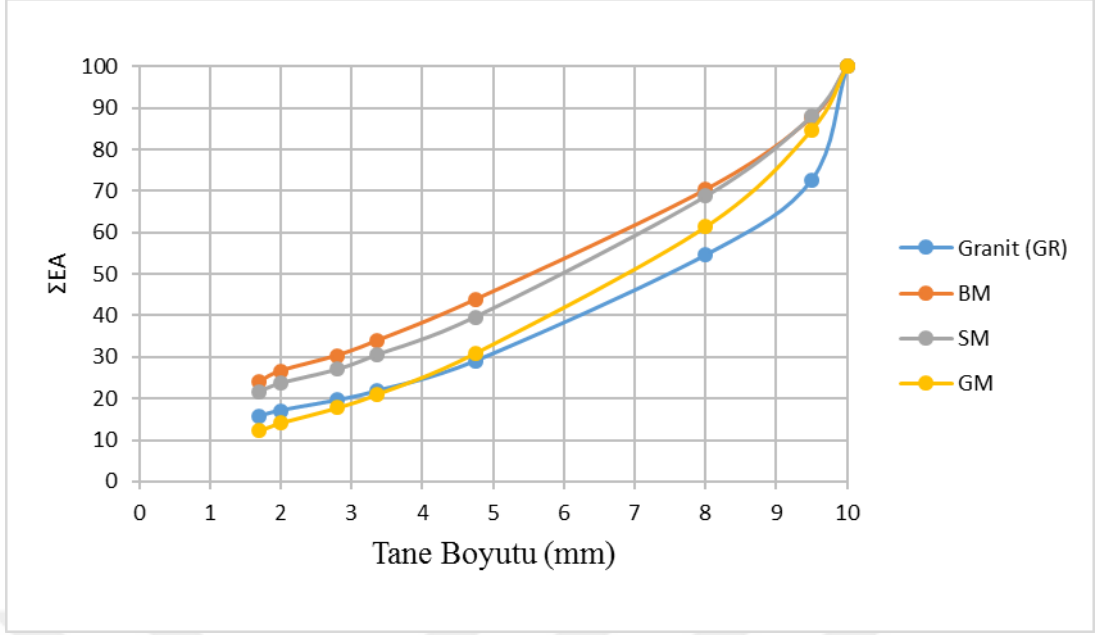
4.3.1. Örnek kayaçlardan elde edilen agregaların elek analizleri ve d_{50} değerleri

Bu çalışmada, elek analizi, materyal ve yöntem bölümünde detaylı olarak anlatıldığı gibi, Türk standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Kayaç örneklerine ait kümülatif elek altı değerleri Çizelge 4.5'te, grafiği ise Şekil 4.3'te sunulmaktadır.

d_{50} değerleri ise, elek analizinden elden edilen veriler ile çizilen kümülatif elek altı eğrilerinden doğrudan hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5. Agregaların elek analizi sonucu

Tane Boyutu (mm)	Kümülatif elek altı değerleri (ΣEA)			
	Granit (GR)	Beyaz Mermer (BM)	Siyah Mermer (SM)	Gri Mermer (GM)
10	100,00	100,00	100,00	100,00
9,5	72,67	87,75	88,04	84,77
8	54,57	70,35	68,74	61,40
4,75	29,05	43,84	39,67	30,98
3,35	21,80	33,84	30,47	21,01
2,8	19,61	30,38	27,04	17,86
2	17,11	26,64	23,69	14,16
1,7	15,79	24,10	21,70	12,28



Şekil 4.3. Agregaların elek analizi sonuç grafikleri

Elde edilen kümülatif elek altı eğrileri incelediğinde elde edilen d_{50} değerleri belirlenmiş ve Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Agregaların d_{50} değerleri

Numune Adı	d_{50} Değeri
Siyah Mermer (SM)	5,9
Beyaz Mermer (BM)	5,5
Gri Mermer (GM)	6,8
Granit (GR)	7,4

Kırılmış malzemenin ağırlıkça %50'sinin geçtiği boyut olan d_{50} değerinin en yüksek olduğu numunenin granit olduğu görülmektedir.

4.3.2. Kırılma şekillerinin tayini

Agregaların kırılma şekillerini belirlemek için, kırılan numunelerin şekil ve hacmindeki değişiklikler belirlenmiştir. Bu değişiklikler, şekil ve hacim faktörleriyle tanımlanmıştır. Bölüm 3.3.4'de detayları anlatılan yöntemler takip edilerek, şekil ve hacim faktörleri belirlenmiş ve elde edilen sayısal sonuçlar Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Şekil ve hacim faktörleri

Numune Adı	Şekil ve Hacim katsayısı						f(H)	k(H)
	Elek aralığı: -8,0+4,75		Elek aralığı: -9,5+8,0		Elek aralığı: -10+9,5			
	f(H)	k(H)	f(H)	k(H)	f(H)	k(H)		
Granit GR	3,21	0,35	3,15	0,35	3,28	0,38	3,21	0,36
Beyaz Mermer BM	3,33	0,38	3,41	0,4	3,27	0,37	3,34	0,38
Siyah Mermer SM	3,24	0,37	3,21	0,36	3,31	0,38	3,25	0,37
Gri Mermer GM	3,27	0,36	3,31	0,38	3,27	0,37	3,28	0,37

4.3.3. Örnek kayaçların kırılması ilk elde edilen yassılık indeksi tayini

Agregaların yassılık indeksi tayininin amacı, agregaları etkileyen yassı ve uzun tanelerin miktarını tespit ederek, agregaların uygunluğunu araştırmaktır. Bu deney, Bölüm 3’de açıkladığı gibi TS 9582 EN 933-3 (1999) standardına uygun olarak yapılmış ve sonuçlar aşağıda Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

Agregaların yassılık indeksinin değeri ne kadar düşükse, agrega kübik şekle o kadar yakın olarak tanımlamaktadır. Buna göre, Çizelge 4.8’de sunulan değerler incelediğinde, en uygun agreganın granit agregalar en yassı agreganın ise beyaz mermer olduğu söylenebilmektedir.

4.3.4. Los Angeles deneği (LA)

Bu çalışmada, kayaçların aşınma dayanımlarının belirlenmesi için yapılan Los Angeles aşınma deneyleri EN 1097-1: 2011 standartlarında belirtilen şartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 4.9’da sunulmuştur.

Çizelge4.8. Yassılık indeksi sonuçları

Kare gözlü Eleğinin Aralığı di/Di (mm)	Kare Elek üzerinde kalan kütlesi, Ri (g)	Çubuklu Eleğinin açıklığı, (mm)	Çubuklu Elekten Geçen kütlesi, mi (g)	Her Aralık İçin Yassılık İndeksi, Fi=(mi/Ri)*100	Yassılık indeksi, FI=(M2/M1)*100
Granit GR					
12,5/16	553,7	8	61,4	11	15
10/12,5	207,3	6,3	28,7	14	
8/10	414,5	5	82,3	20	
M1= ΣRi	1175,5				
M2 = Σmi	172,4				
Beyaz Mermer BM					
12,5/16	423,8	8	81,8	19	28
10/12,5	132,5	6,3	40,1	30	
8/10	242,8	5	98,4	41	
M1= ΣRi	799,1				
M2 = Σmi	220,3				
Siyah Mermer SM					
12,5/16	651,5	8	85,1	13	16
10/12,5	232,9	6,3	18,8	8	
8/10	317,5	5	85,7	27	
M1= ΣRi	1201,9				
M2 = Σmi	189,60				
Gri Mermer					
12,5/16	532,5	8	72,1	14	17
10/12,5	165,9	6,3	19,8	12	
8/10	339,5	5	84,0	25	
M1= ΣRi	1037,9				
M2 = Σmi	175,9				

Çizelge4.9. Los Angeles deney sonuçları

Numune Adı	Devir Sayısı	Standart Bilye Sayısı	Elek Aralığı (mm)	İlk numune Miktarı M0 (gr)	1.7mm Elekte Kalan m, (g)	1.7 mm Elekten Geçen (g)	LA
Siyah Mermer SM	500	11	14/10	5000	2764,0	2236,0	44,72
Beyaz Mermer BM	500	11	14/10	5000	2781,0	2219,0	44,38
Gri Mermer GM	500	11	14/10	5000	3331,5	1668,5	33,37
Granit GR	500	11	14/10	5000	2512,0	2488,0	49,76

Teorik olarak, LA değeri ne kadar düşükse, agreganın aşınmaya karşı direnci o kadar iyidir. Çizelge 4.9 incelediğinde en düşük LA değerine sahip olan numunenin gri mermer olduğu görülmektedir.

4.3.5. Kırılabilirlik indeksi (CI)

Kırılabilirlik indeksi kayaçların kırıcıda maruz kaldığı kuvvetler sonucu kırılmaya karşı gösterdiği dayanımı ölçülebilmek için kullanılmıştır. Malzeme ve yöntem bölümünde detaylı anlatılan prosedür izlenerek, yapılan kırılabilirlik deneyleri neticesinde kırılabilirlik değerleri belirlenmiştir ve sonuçlar Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Kırılabilirlik indeksinin deney sonucu

Numune Adı	Toplam ağırlığı (g)	9,5 elekten geçen ağırlığı (g)	CI
Granit (GR)	1175,1	854	72,67
Beyaz Mermer (BM)	1297,1	1138,2	87,75
Siyah Mermer (SM)	1264,1	1112,9	88,04
Gri Mermer (GM)	1186,1	1005,4	84,77

Elde edilen bulgulara göre en düşük CI değerinin granit en yüksek değerinin siyah mermer olduğu belirlenmiştir.

5. ANALİZ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde, örnek seçilen kayalar ve örnek kayaçların kırılması ile elde edilen agrega numunelerin mekanik, fiziksel, kırılabilirlik ve mineralojik özellikleri, istatistiksel bir yöntem kullanılarak ilişkilendirilmiştir.

Numunelerin mineralojik özellikleri ile mekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkinin araştırılabilmesi için gerekli veriler, 4 farklı kaya türünden alınan ince kesitlerden ve laboratuvar deneylerinden elde edilmiştir. İki değişken arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi için regresyon analizleri (R^2) gerçekleştirmiştir. Bölüm 3.3.5'te anlatıldığı gibi, korelasyon katsayısı R ile tanımlanır ve karesi belirleme katsayısı (R^2) olarak adlandırılmıştır. R^2 değerinin yüksek olması ilişkinin (korelasyon) yüksek olduğuna işaret ederken, R^2 değerinin düşük olması ise bu inceleme ile bir ilişkinin ortaya konulmadığına işaret etmektedir. Yani R^2 değeri 1'e yaklaştıkça iki değişken arasındaki ilişki artar, 0'e yaklaştıkça iki değişken arasındaki ilişki azalır ve yok olur ve -1'e yaklaştıkça iki değişken arasındaki ilişki ters orantılı olarak artar şeklinde yorumlanmaktadır.

Bu çalışmada R^2 :

- 1'e yaklaştıkça kuvvetli ilişki;
- 0,6-0,7 arası mümkün ilişki
- 0,4-0,6 arası muhtemel ilişki
- 0,4< ilişki yok olarak tanımlamıştır.

Bu çalışma sırasında elde edilmiş tüm özelliklerinin korelasyon matrisi Çizelge 5.1'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Özellikler arasındaki korelasyon matrisi

	Porozite	Yoğunluk	Sertlik	UCS	d50	FI	LA	CI	f
Yoğunluk	0,643								
Sertlik	0,967	0,692							
UCS	0,772	0,019	0,660						
d50	-0,145	-0,444	0,025	0,062					
FI	-0,536	-0,131	-0,681	-0,488	-0,749				
LA	-0,419	-0,964	-0,496	0,246	0,448	-0,004			
CI	0,521	0,442	0,318	0,421	-0,878	0,430	-0,319		
f	-0,423	0,221	-0,500	-0,647	-0,792	0,915	-0,387	0,406	
h	-0,604	0,106	-0,636	-0,810	-0,617	0,876	-0,318	0,168	0,969

5.1. Mineralojik Özellikler İle Agregada Özelliklerinin Arasındaki İlişki Grafikleri

Mineralojik özellikler ile agregada özelliklerinin arasındaki ilişkinin korelasyon matrisi aşağıda Çizelge 5.2’de sunulmuştur.

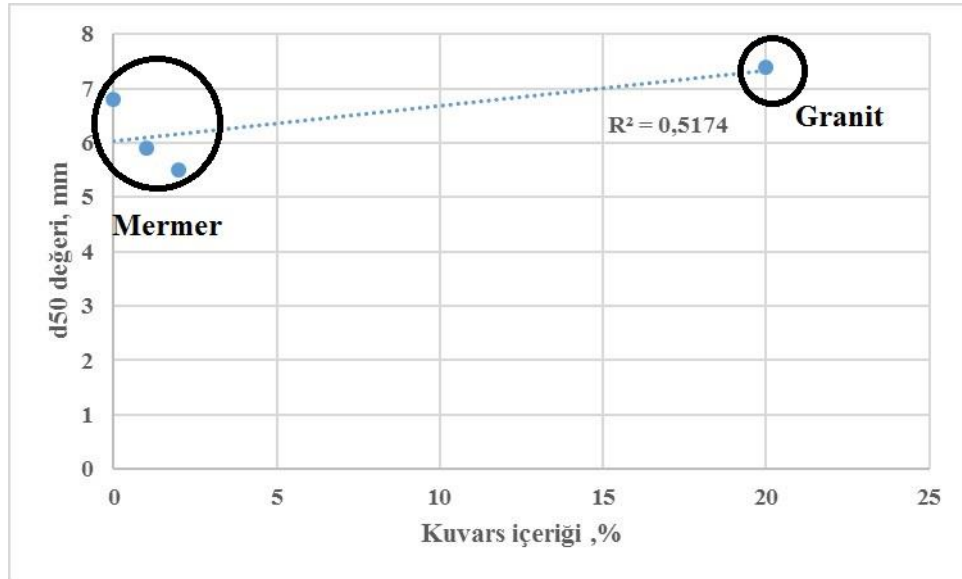
Agregaların özellikleri, agregaların geometrik özellikleri ve agregaların mekanik özelliklerine olarak ayrılmıştır.

Çizelge 5.2. Doku ile agregada özellikleri arasındaki korelasyon matris

	Kuvars (%)	d50	Fl	f	h	LA
d50	0,719					
Fl	-0,375	-0,730				
f	-0,689	-0,771	0,915			
h	-0,771	-0,902	0,876	0,969		
LA	0,700	0,045	-0,004	-0,387	-0,318	
Cl	-0,961	-0,878	0,497	0,730	0,850	-0,478

5.1.1 Mineralojik özellikler ile agregada geometrik özellikleri arasındaki ilişki grafikleri

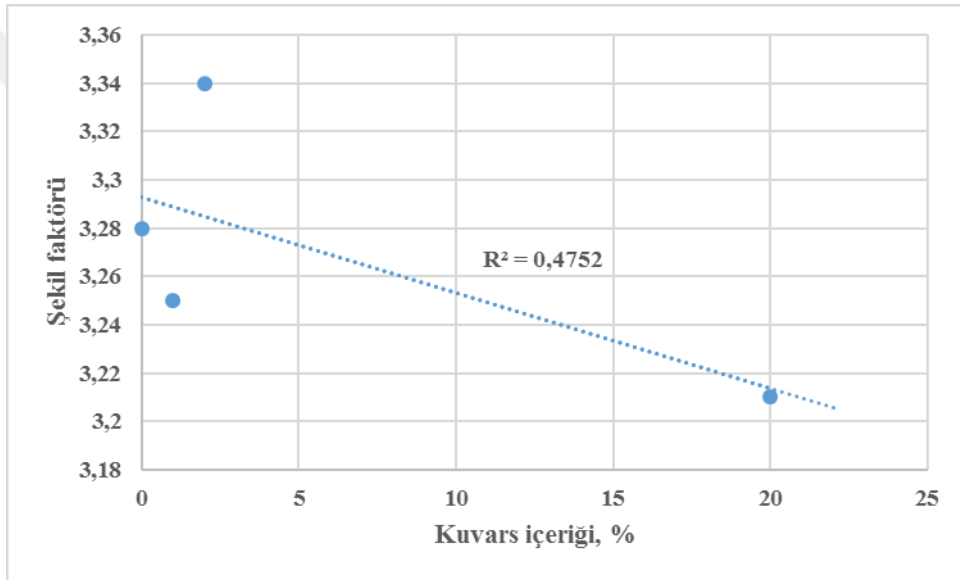
Agregaların geometrik özellikleri d₅₀ değerleri ve şekil ve hacim faktörleri ile tanımlanmaktadır. d₅₀ değerleri ile kuvars içeriği ilişki grafikleri Şekil 5.1’de sunulmaktadır.



Şekil 5.1. Kuvars içeriği ile d₅₀ ilişki grafiği

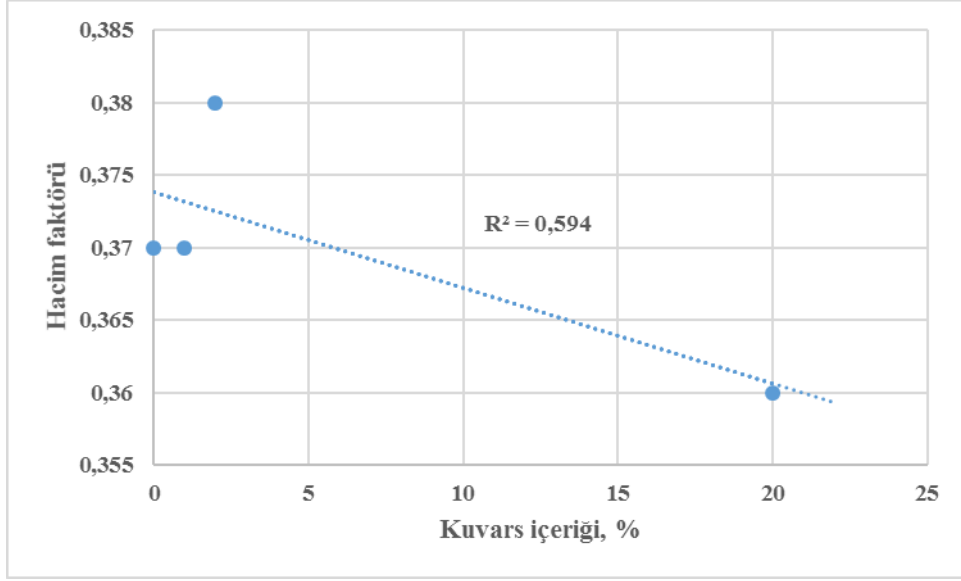
Şekil 5.1’de görüldüğü gibi kayaçların kuvars içeriği ile d_{50} değeri arasında muhtemel bir ilişki olabileceği görülmektedir. Burada kuvars içeriği arttıkça kayaçların d_{50} değerinin de arttığı görülmektedir. Ayrıca kayaç türleri oluşumlarına göre sınıflandırıldığında bu ilişkinin daha yüksek olabileceği Şekil 5.2’de verilen grafikten tahmin edilebilmektedir.

Numunelerin ince kesitlerinden elde edilen kuvars içeriği ile şekil faktörü arasındaki ilişkiyi belirlemek için oluşturulan ve Şekil 5.2’de sunulan ilişki grafiği incelendiğinde ters orantılı bir eğilimin olduğu görülmektedir. Bu çalışmada örnek olarak kullanılan kayaçların oluşumlarına göre sınıflandırıldığında yine muhtemel ilişkinin daha belirgin olabileceği tahmin edilmektedir.



Şekil 5.2. Kuvars içeriği ile şekil faktörü ilişki grafiği

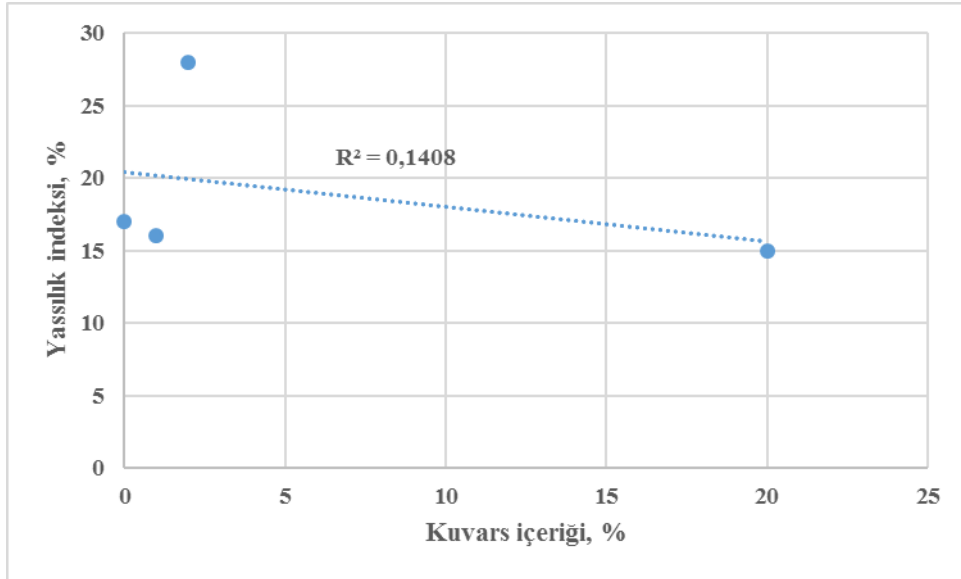
Şekil 5.3’te verilen kuvars içeriği ile hacim faktörü ilişki grafiği incelendiğinde muhtemel bir ilişkinin varlığından bahsedilmesi mümkün görülmektedir. Yani kuvars içeriği arttıkça kayaçların hacim faktörü değerleri azaltmaktadır. Ayrıca, yine kayaç örneklerinin oluşumlarına göre grup oluşturduğu grafikten gözlenebilmektedir.



Şekil 5.3. Kuvars içeriği ile hacim faktörü ilişki grafiği

5.1.2 Mineralojik özellikler ile agrega mekanik özellikleri arasındaki ilişki grafikleri

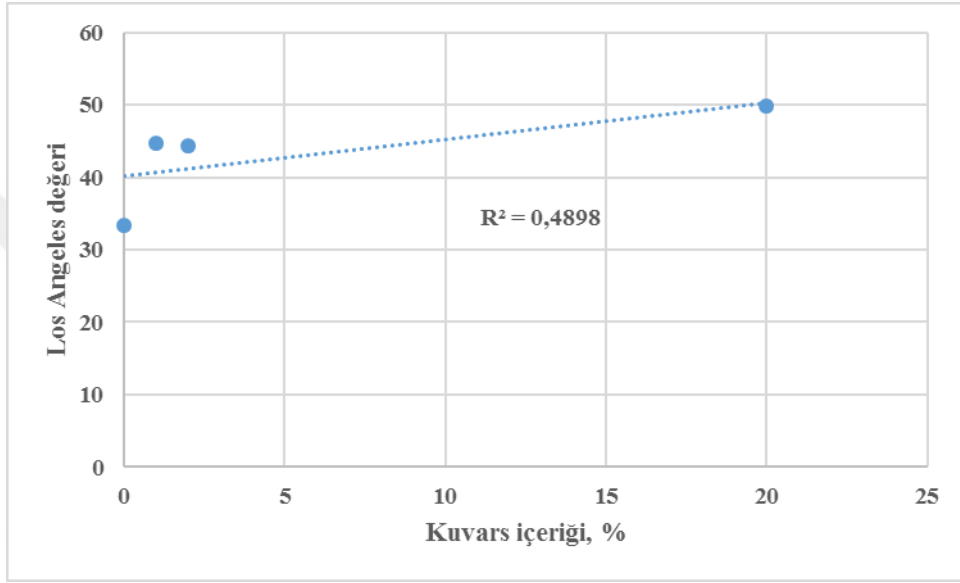
Bu çalışmada, örnek olarak seçilen kayaç numunelerin kırılması ile oluşturan agrega örneklerinin yassılık indeksi (FI), kırılabilirlik indeksi (CI) ve Los Angeles aşınma dayanımı değeri (LA) tespit edilmiştir. Aşağıda Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’de sunulan ilişki grafiklerinde kuvars içeriği ile agrega özellikleri arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 5.4. Kuvars içeriği ile yassılık faktörü ilişki grafiği

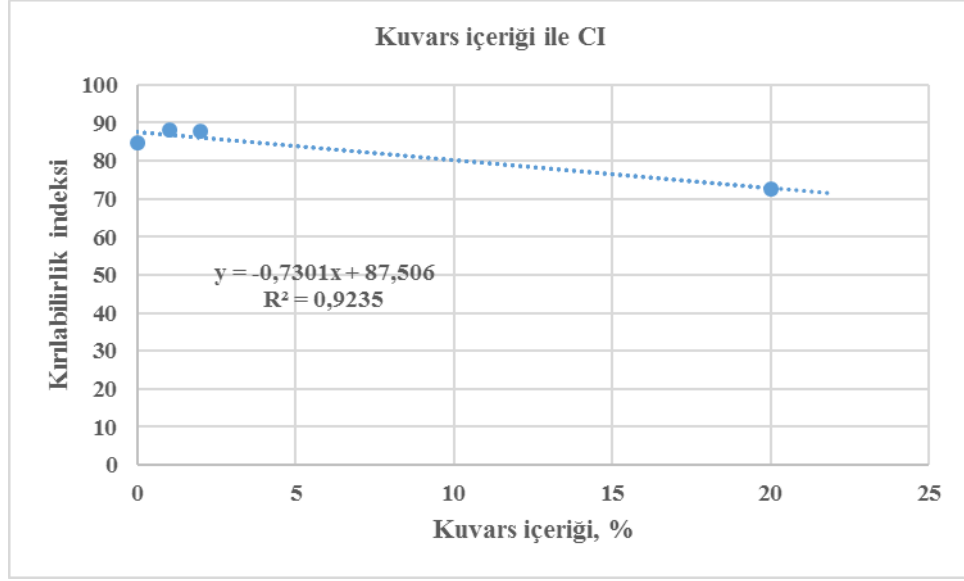
Şekil 5.4 görüldüğü üzere kuvars içeriği ile yassılık indeksi değerleri arasında ters orantılı bir eğilim belirlenmesine rağmen korelasyon katsayısının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Şekil 5.5'te sunulan kuvars içeriği ve LA değerleri grafiği incelendiğinde ise kuvars içeriği ile Los Angeles değerleri arasında muhtemel bir ilişkiden bahsedilebilmektedir. Ancak numune sayısı artırıldığında daha anlamlı sonuçlara ulaşılabileceğini düşünülmektedir.



Şekil 5.5. Kuvars içeriği ile yassılık faktörü ilişki grafiği

Şekil 5.6'da görüldüğü üzere kırılabilirlik indeksi ile kuvars içeriği arasında yüksek korelasyon katsayısına sahip bir ilişkinin varlığı görülmektedir. Bu ilişkide kuvars içeriği arttıkça kayaçların kırılabilirlik özelliklerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu ilişki grafiğinde de yine kayaçların oluşumuna göre gruplandırıldığı görülmektedir.



Şekil 5.6. Kuvars içeriği ile CI ilişki grafiği

5.2. Fiziksel Özellikler İle Kırılma Şekli Arasındaki İlişki Grafikleri

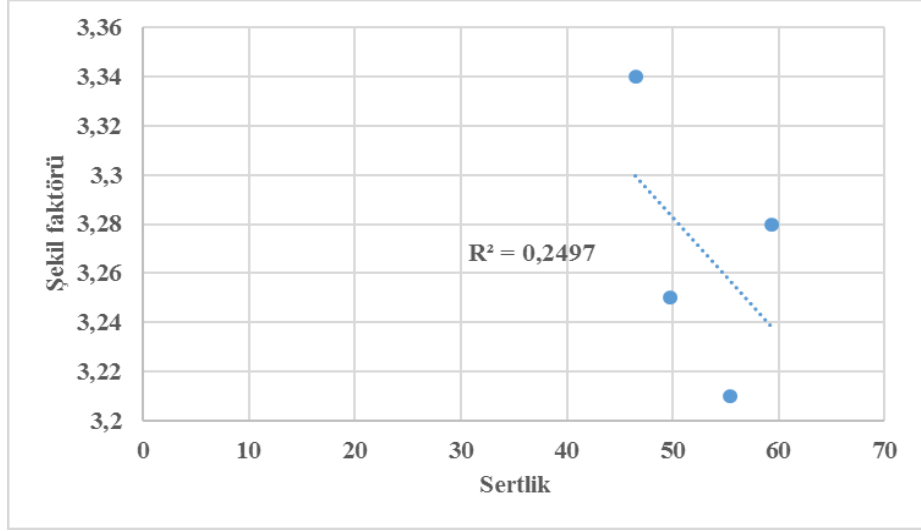
Bu tez çalışmasında şekil faktörü ve hacim faktörü değerleri kırılma şeklini temsil olarak kabul edilmiştir. Buna göre, kayaç örneklerin fiziksel özellikleri ile kırılma şekillerinin korelasyon matrisi Çizelge 5.3'te sunulmaktadır.

Çizelge 5.3. Fiziksel özellikler ile kırılma şekli arasındaki korelasyon matrisi

	ρ_g (g/cm ³)	Porosity	hardness	f
Porosity	0,618			
hardness	0,683	0,966		
f	0,214	-0,421	-0,500	
h	0,110	-0,604	-0,635	0,969

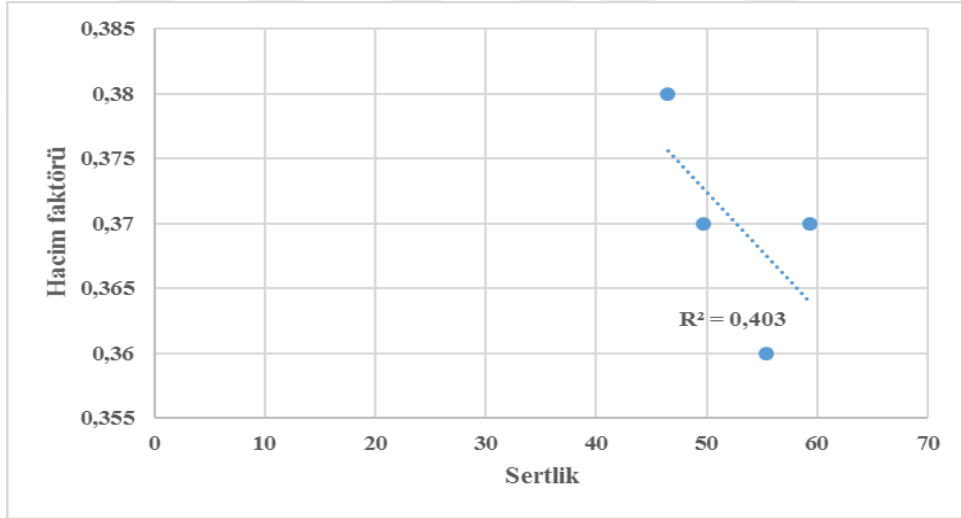
5.2.1. Sertlik ile şekil faktörü ilişki grafiği

Şekil 5.7'de sunulan sertlik ile şekil faktörü ilişki grafiği incelediğinde değişkenler arasında ters orantılı eğilimin varlığı tespit edilmiştir. Eldeki verilere göre bir ilişkinin varlığından bahsedilememektedir. Ancak örnek sayısının artırılması ile muhtemel bir ilişki öngörülmektedir.



Şekil 5.7. Sertlik ile kırılma şekli ilişki grafiği

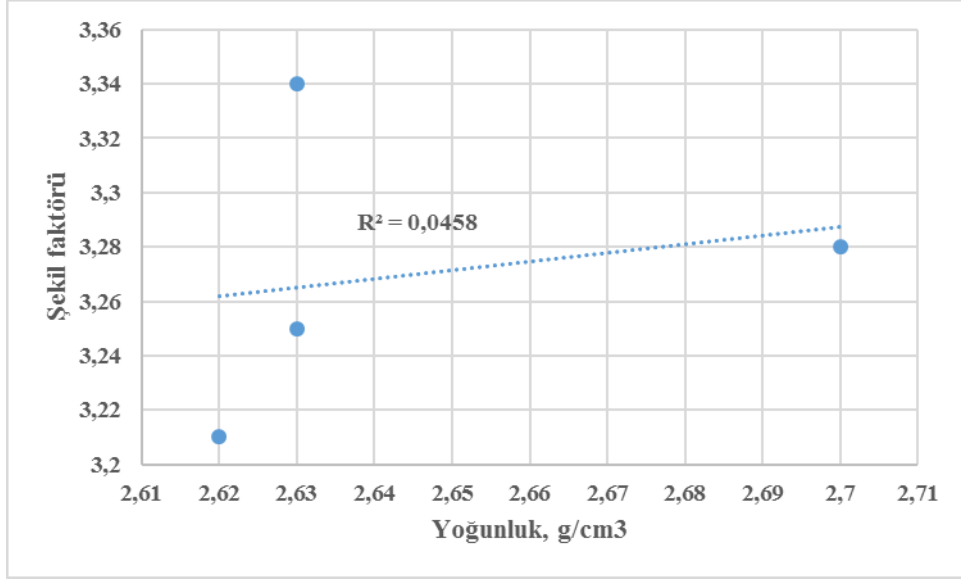
Şekil 5.8’de sunulan sertlik ile hacim faktörü ilişki grafiğinde de benzer şekilde düşük korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Bu bilgiler ışığında kuvvetli bir ilişkinin varlığından bahsedilmemektedir.



Şekil 5.8. Sertlik ile hacim faktörü ilişki grafiği

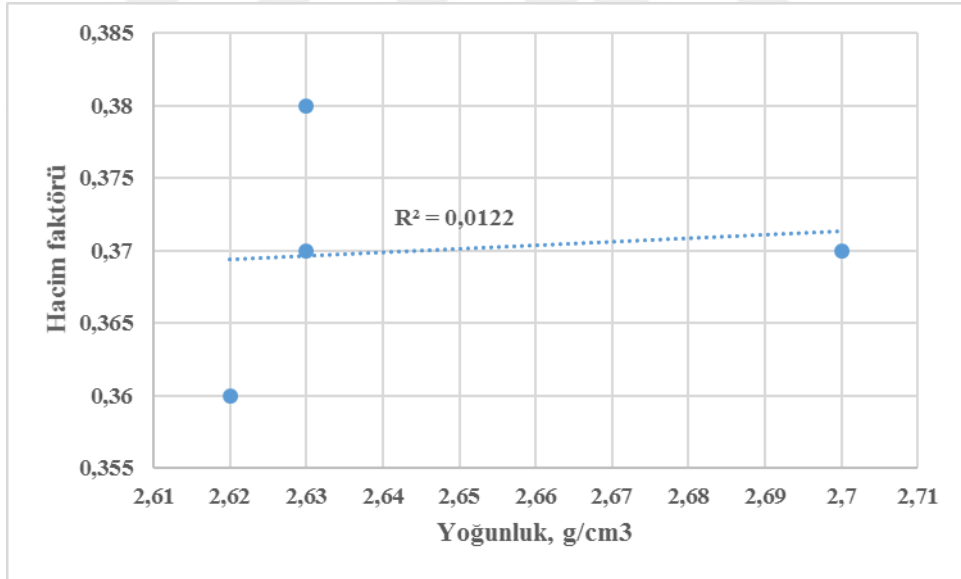
5.2.2. Yoğunluk ile kırılma şekli ilişki grafiği

Yoğunluk ile kırılma şekli değişkenleri arasındaki ilişki grafiği incelediğinde anlamlı bir ilişkinin varlığı bulunamamıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Yoğunluk ile kırılma şekli ilişki grafiği

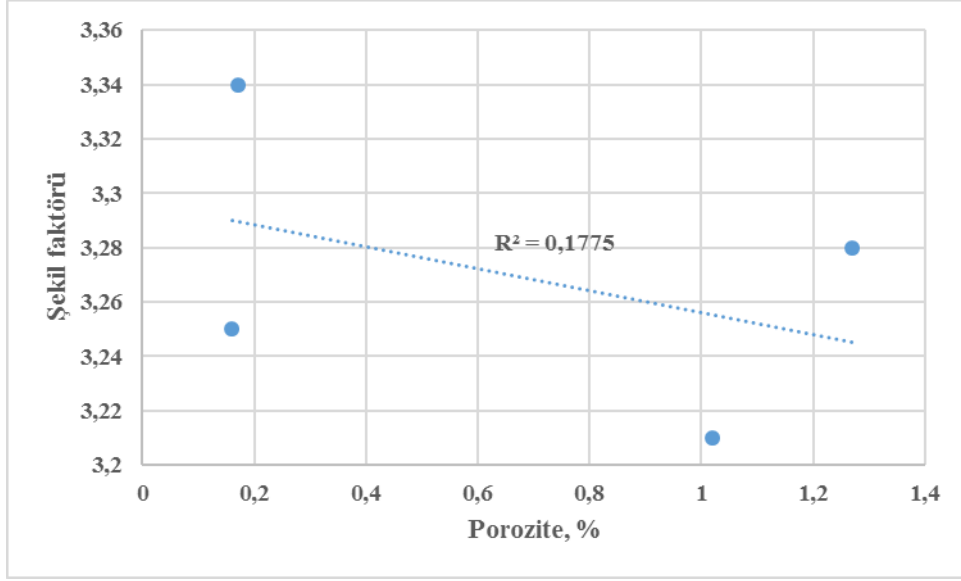
Bezer şekilde, yoğunluk ile hacim faktörü ilişkilerine bakıldığında da anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Yoğunluk ile hacim faktörü ilişki grafiği

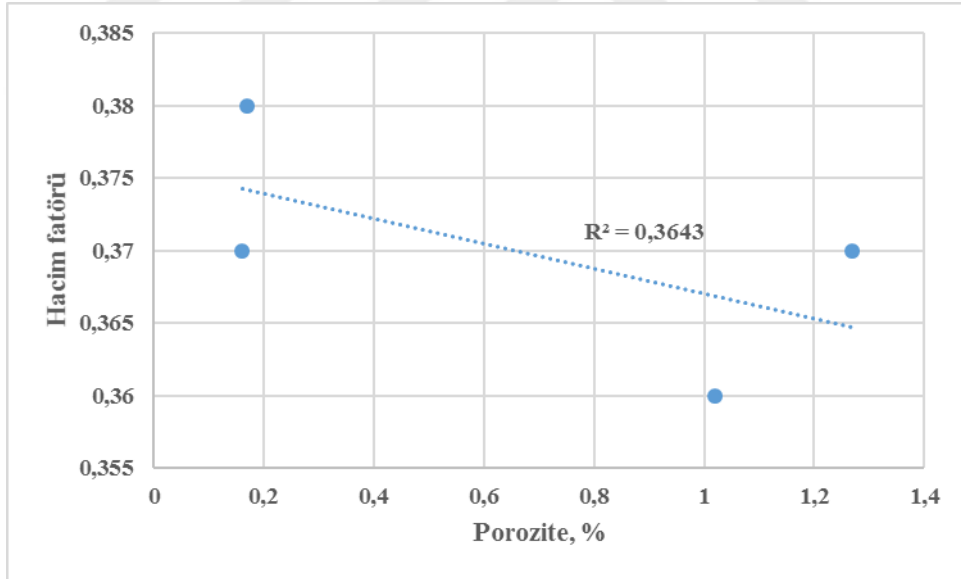
5.2.3. Porozite ile kırılma şekli ilişki grafiği

Şekil 5.11’de sunulan grafik incelediğinde bu çalışmada örnek seçilen kayaç numunelerin porozite ile kırılma şekli değişkenleri arasında herhangi bir ilişkiden bahsedilememiştir.



Şekil 5.11. Porozite ile kırılma şekli ilişki grafiği

Şekil 5.12’de sunulan porozite ile hacim faktörü grafiği incelediğinde korelasyon katsayısının düşük bir değerde olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu iki değişken arasında bir ilişkinin varlığın da bahsedilememektedir.

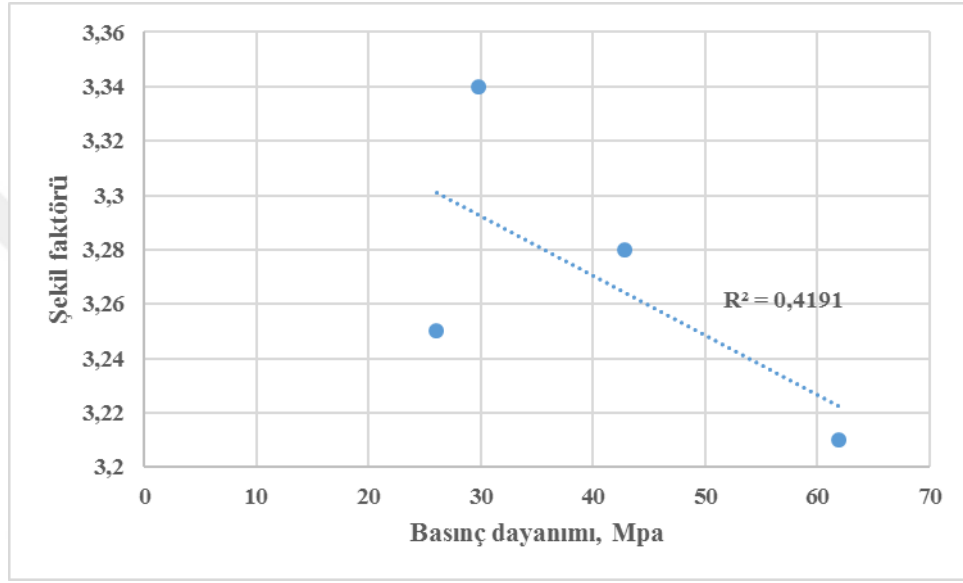


Şekil 5.12. Porozite ile hacim faktörü ilişki grafiği

Genel olarak, fiziksel özellikler ile agregaların tane şekilleri arasındaki ilişkileri tanımlamak amacıyla oluşturulan ilişki grafikleri incelediğinde değişkenler arasında düşük korelasyon katsayısı değerleri elde edilmiştir. Ancak örnek olarak seçilen kayalar oluşumlarına göre sınıflandırıldığında ve örnek sayısı artırıldığında daha olumlu sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

5.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımı İle Kırılma Şekli Arasındaki İlişki Grafiği

Oluşturulan basınç dayanımı ve şekil faktörü ilişki grafiği (Şekil 5.13) incelendiğinde, kullanılan 4 farklı kayaç örneğine ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri ve bu kayaçlardan kırılarak elde edilen agrega örneklerinin şekil faktörü değerleri arasında ters orantılı bir eğilimin olduğu ve örnek sayısının artırıldığında daha belirgin bir ilişkinin olabileceği düşünülmektedir.



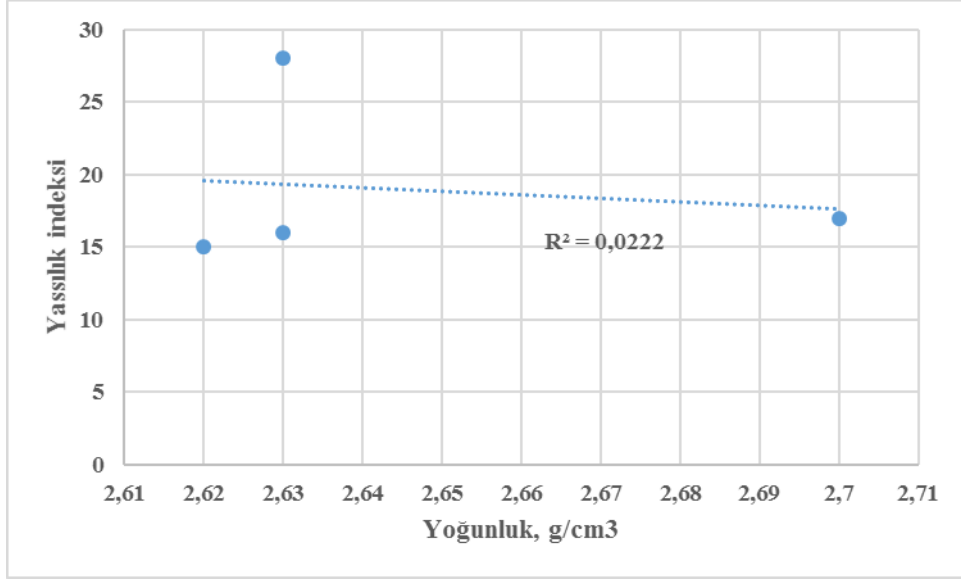
Şekil 5.13. Tek eksenli basınç dayanımı ile kırılma şekli ilişki grafiği

5.4. Fiziksel Özellikler İle Yassılık İndeksi Arasındaki İlişki Grafikleri

Kayaç örneklerinin fiziksel özellikleri ile örnek kayaçların kırılması ile elde edilen agrega örneklerine ait yassılık indeks değerleri arasındaki ilişki grafikleri bu bölümde alt başlıklar halinde sunulmaktadır.

5.4.1. Yoğunluk ile yassılık indeksi arasındaki ilişki grafiği

Yoğunluk ve yassılık indeksi değerleri arasındaki ilişkileri belirlemek üzere oluşturulan ilişki grafiği Şekil 5.14'te sunulmaktadır.

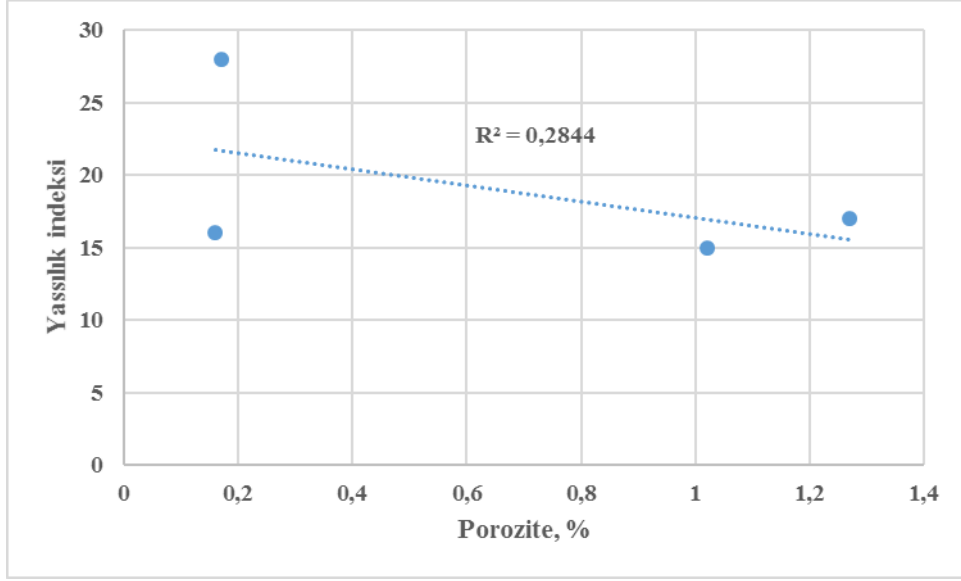


Şekil 5.14. Yoğunluk ile yassılık indeksi ilişki grafiği

Şekil 5.14'te sunulan yoğunluk ile yassılık indeksi arasındaki ilişki grafiği incelendiğinde korelasyon katsayısının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında bir ilişkiden söz etmek mümkün olmamıştır.

5.4.2. Porozite ile yassılık indeksi arasındaki ilişki grafiği

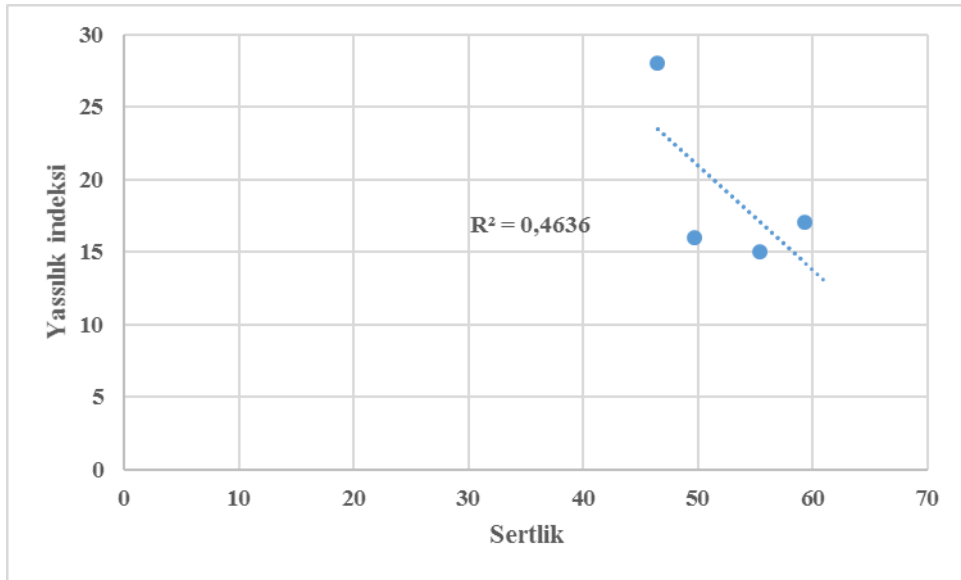
Porozite ile yassılık indeksi arasındaki ilişki varlığını belirlemek üzere oluşturulan grafik Şekil 5.15'te sunulmaktadır. Grafik incelendiğinde ters orantılı bir eğilimin varlığı tespit edilmiştir. Ancak eldeki veriler ışında bir ilişki varlığından söz edilememiştir. Örnek sayısının artırılarak bu iki değişken arasında daha anlamlı bir sonuç elde edilebileceği öngörülmektedir.



Şekil 5.15. Porozite ile yassılık indeksi ilişki grafiği

5.4.3. Sertlik ile yassılık indeksi arasındaki ilişki grafiği

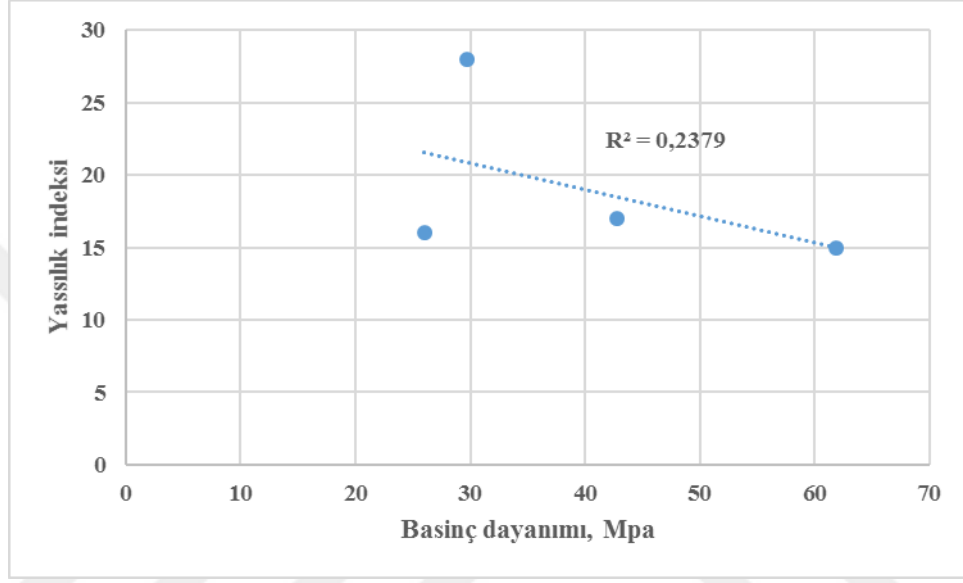
Kullanılan numunelerin sertlik değerleri ile yassılık indeksi değerleri arasındaki ilişki grafiğine (Şekil 5.16) bakıldığında, sertlik ile yassılık indeksi arasında ters orantılı bir eğilim olduğu görülmektedir. Ancak eldeki veriler ile elde edilen korelasyon katsayısı kuvvetli bir ilişki varlığına işaret etmemektedir.



Şekil 5.16. Sertlik ile yassılık indeksi ilişki grafiği

5.5. Tek Eksenli Basınç Dayanımı İle Yassılık İndeksi Arasındaki İlişki Grafiği

Tek eksenli basınç dayanımı ile yassılık indeksi değerleri arasında muhtemel bir ilişkinin varlığını araştırmak amacıyla bu iki değişken arasında bir ilişki grafiği oluşturularak Şekil 5.17’de sunulmuş ve grafik incelediğinde bir ilişki varlığından bahsetmek mümkün olmamıştır.

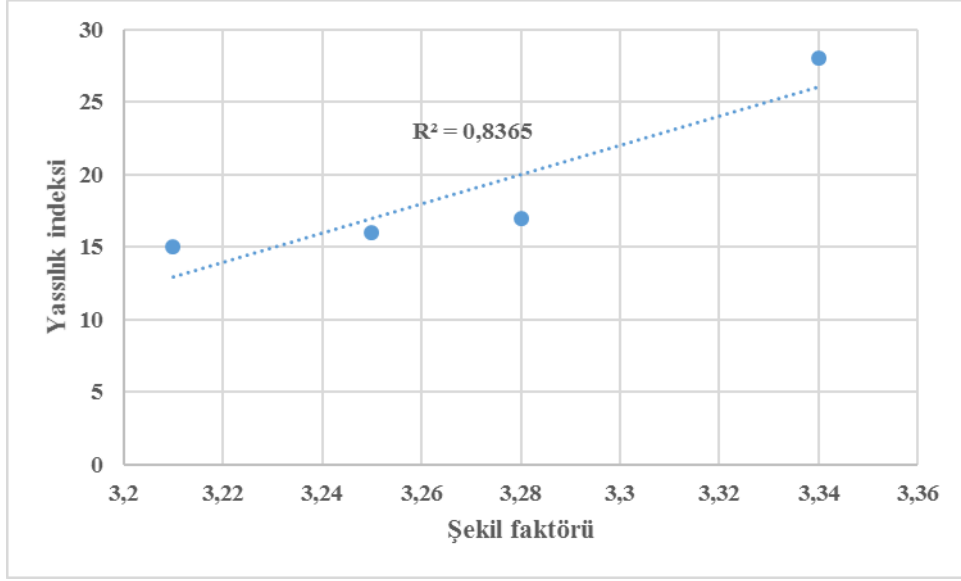


Şekil 5.17. Basınç dayanımı ile yassılık indeksi ilişki grafiği

5.6. Agrega Özellikleri Arasındaki İlişki Grafikleri

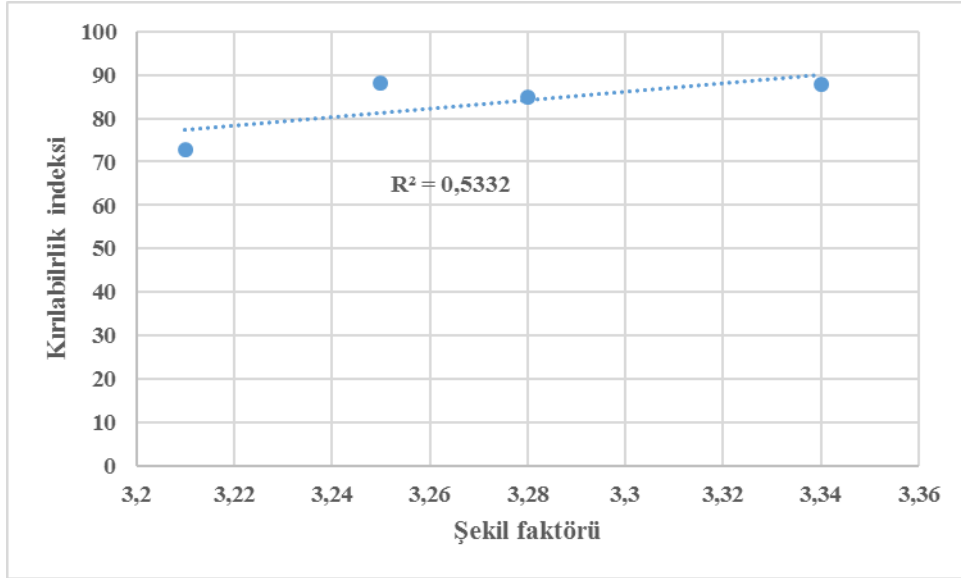
Agregaların geometrik özellikleri ile mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmak için oluşturulan ilişki grafikleri aşağıda sunulmaktadır.

Şekil 5.18’de sunulan kırılma şekli ile yassılık indeksi grafiği incelediğinde güçlü bir korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Bu iki değişken arasında mümkün bir ilişkinin olduğu söylenebilmektedir. Şekil faktörü değeri arttıkça kayaçların yassılık indeksi değerlerinin de arttığı belirlenmiştir.



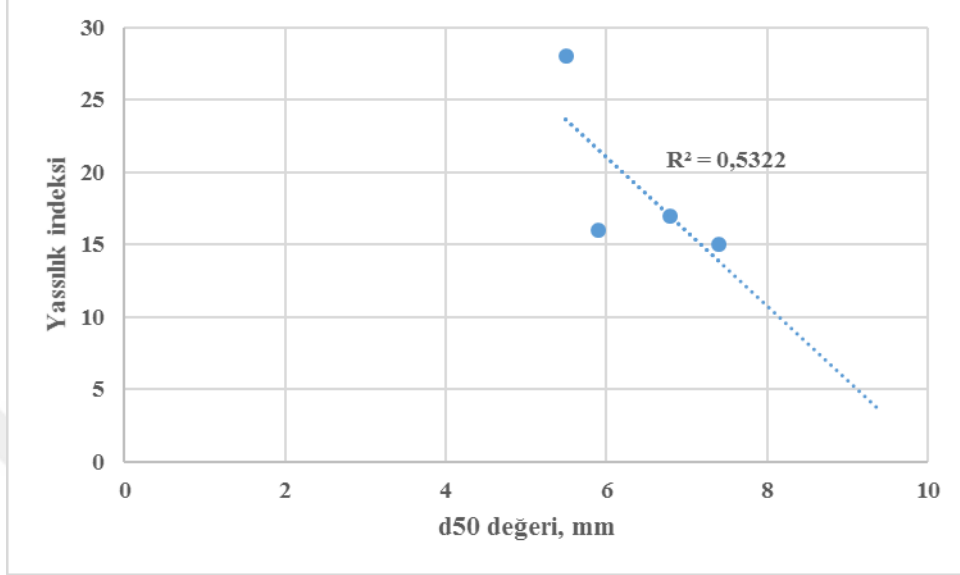
Şekil 5.18. Şekil faktörü ile yassılık indeksi ilişki grafiği

Şekil 5.19’da sunulan kırılma şekli ile kırılabilirlik indeksi değerleri arasındaki ilişki grafiği incelediğinde muhtemel bir ilişkinin varlığı söz konusudur. Burada da şekil faktörü değeri arttıkça kayaçların kırılabilirlik indeksi değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. Örnek sayısı artırıldığında daha anlamlı ilişkinin söz konusu olabileceği düşünülmektedir.



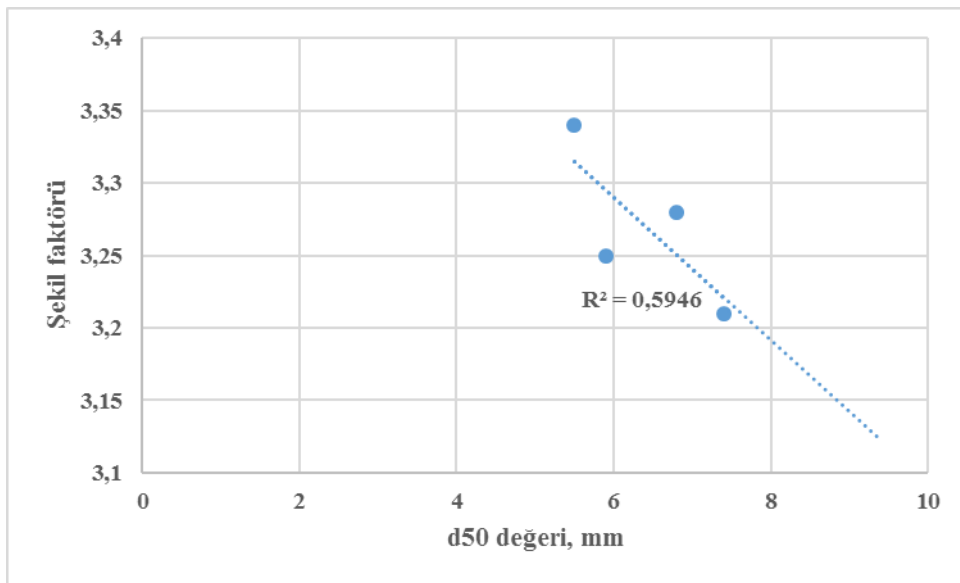
Şekil 5.19. Şekil faktörü ile kırılabilirlik indeksi ilişki grafiği

Şekil 5.20’de d_{50} değeri ile yassılık indeksi değişkenleri arasındaki ilişki grafiği sunulmaktadır. Bu iki değişken arasında ters orantılı bir eğilim yakalanmıştır. d_{50} değeri arttıkça kayaçların yassılık indeksi değerlerinin azaldığı görülmektedir.



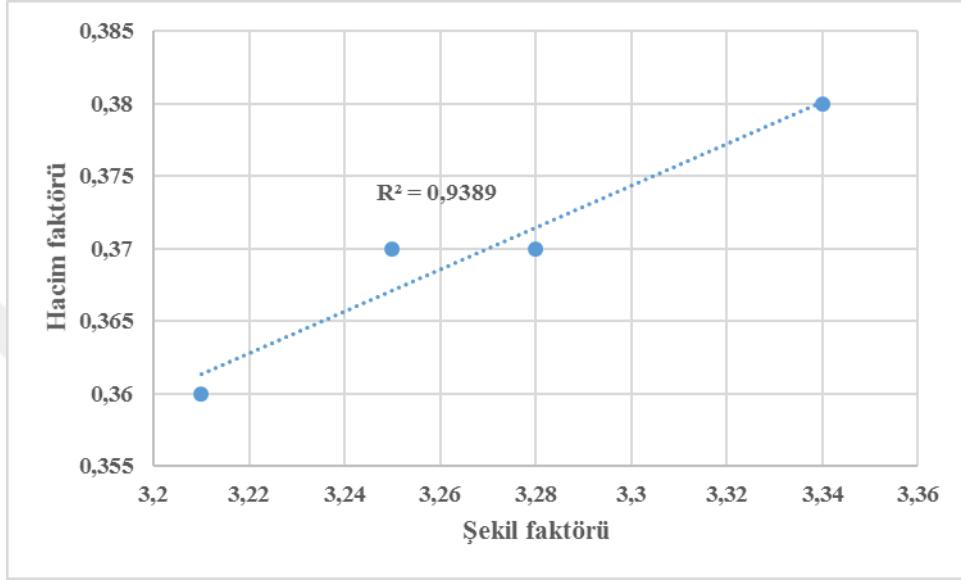
Şekil 5.20. d_{50} ile yassılık indeksi ilişki grafiği

Şekil 5.21’de sunulan d_{50} değeri ile kırılma şekli arasındaki ilişki grafiği incelendiğinde yine ters orantılı bir eğilim yakalanmıştır. Bu iki değişken arasında da muhtemel bir ilişkinin varlığından bahsedilebilmektedir. Benzer şekilde d_{50} değeri arttıkça kayaçların şekil faktörü değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 5.21. d_{50} ile kırılma şekli ilişki grafiği

Şekil 5.22’de sunulan kırılma şekli ile hacim faktörü arasındaki ilişki grafiği, kayaç örneklerinin kırılma şekillerini tasvir etmek üzere kullanılan şekil faktörü ve hacim faktörü değerleri arasındaki ilişkiyi tanımlamak üzere oluşturulmuştur. Grafik incelendiğinde güçlü bir korelasyon katsayısı ile bu iki değer arasında bir uyumluluk olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.22. Şekil faktörü ile hacim faktörü ilişki grafiği

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada Konya ilinde yer alan doğal taş atölyelerden elde edilen üretim artığı yapı taşları kırarak çeşitli boyut aralıklarında agregalar elde edilmiştir. Mineralojik analizler ve doku analizleri için biri granit diğerleri mermer numuneleri olmak üzere dört farklı kayaç türünden ince kesitler hazırlanmıştır. Polarizan mikroskop altında incelenen ince kesitler yardımıyla kayaç örneklerine ait mineralojik içerik yüzdeleri, doku tasvirleri yapılmıştır. Kayaçlar üzerinde ve bu kayaçlardan oluşturulan agregalar üzerinde tez metninde detaylı olarak anlatılan testler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan kayaçların ve bu kayaçlardan elde edilen agregaların mineralojik ve fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler istatistiksel bir yöntem olan korelasyon katsayısı yöntemi ile analiz edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, mineralojik özellikler ile kırılma şekli arasında bir ilişkinin olabileceği ancak örnek sayısının artırılması gerektiği kanaati oluşmuştur. Artırılacak örneklerin ise oluşumlarına göre sınıflandırılarak analiz edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, bu çalışma göstermiştir ki kayaç mineralojik özelliklerinin kayaçların bazı fiziko-mekanik özellikleri ile yüksek korelasyon katsayısı elde edilebilmektedir.

Ayrıca, çalışmada kullanılan kayaç örneklerinin ve bu örneklerden oluşturulan agregaların özellikleri ve kırılma şekilleri arasındaki ilişkiler analiz edilmiş ve aşağıdaki çıkarımlar elde edilmiştir.

- Kayaçların kuvars içeriği ile d_{50} değeri arasında muhtemel bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca kayaç türleri oluşumlarına göre sınıflandırıldığında bu ilişkinin daha yüksek olacağı düşünülmektedir.
- Kuvars içeriği ile şekil faktörü ilişki grafiği incelendiğinde ters orantılı bir eğilim belirlenmiştir. Ancak yine kayaç türlerinin oluşumlarına göre toplandığı belirlenmiştir.
- Kayaç örneklerinin kuvars içeriği ile hacim faktörü arasında muhtemel bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yine kayaç örneklerinin oluşumlarına göre grup oluşturduğu gözlemlenmiştir.
- Kayaçların kuvars içeriği ile yassılık indeksi değerleri arasında ters orantılı bir eğilim belirlenmesine rağmen korelasyon katsayısının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir.

- Kayaçların kuvars içeriği ile Los Angeles aşınma değerleri arasında muhtemel sayılabilecek bir ilişkiden bahsedilebilmektedir. Ancak numune sayısı artırıldığında daha anlamlı sonuçlara ulaşılabileceğini düşünülmektedir.
- Kayaçların kuvars içeriği ile kırılabilirlik indeksi olarak tanımlanan değerler arasında yüksek korelasyon katsayısına sahip kuvvetli bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.
- Kayaç örneklerinin fiziksel özellikleri ile kırılma şeklini tasvir eden şekil faktörü ve hacim faktörü değerleri arasında düşük korelasyon katsayıları tespit edilmiştir. Bu değişkenler arasında bir ilişkinin varlığından bahsedilememiştir.
- Kullanılan 4 farklı kayaç örneğine ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile şekil faktörü değerleri arasında ters orantılı bir eğilim olduğu belirlenmiştir. Örnek sayısı artırıldığında iki değişken arasında ilişki yoğunluğunun artacağı düşünülmektedir.
- Kayaç örneklerinin fiziksel özellikleri ile yassılık indeksi değerleri değerlendirildiğinde ters orantılı bir eğilimin söz konusu olduğu belirlenmiştir. Bu değişkenler arasındaki ilişkilerin daha anlamlı olarak değerlendirilebilmesi için örnek sayısının artırılması önerilmektedir.
- Kayaç örneklerinin kırılma şekli değerleri ile yassılık indeksi değerleri arasında yüksek korelasyon katsayısına sahip güçlü bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.
- Kayaç örneklerinin kırılma şekli ile kırılabilirlik indeksi değerleri arasında doğru orantılı bir eğilim tespit edilmiştir. Bu değişkenler arasında muhtemel bir ilişkiden bahsetmek mümkündür.
- Kayaç örneklerinin d_{50} değerleri ile yassılık indeksi değerleri arasında ters orantılı bir eğilimin olduğu ve bu değişkenler arasında muhtemel bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir. Örnek sayısının artırıldığına bu ilişkinin daha anlamlı olabileceği düşünülmektedir.
- Kayaç örneklerinin d_{50} değerleri ile kırılma şekillerini tasvir etmek üzere kullanılan şekil faktörü değerleri arasında ters orantılı bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir. Kullanılan örnek sayısının artırılması ile bu ilişkinin daha anlamlı olabileceği düşünülmektedir.
- Kayaç örneklerinin kırılma şekillerini tasvir etmek üzere kullanılan şekil faktörü değerleri ile hacim faktörleri değerleri arasında da yüksek korelasyon katsayısına sahip bir uyumluluk olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, H., İağa, Y. ve Gürer, C., 2003, Atık Agregaların Asfalt Yol Kaplamalarında Tekrar Kullanım İmkanları ve CEN Standartları, *III Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 3-4.
- Akkoç, E., 2002, Agregaların Mekanik zellikleri İle Dokusal zellikleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması, *İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- Apaydın, M. S., 2007, Farklı Kökenli Agregaların Beton zelliklerine Etkisi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Azzoni, A., Bailo, F., Rondena, E. and Zaninetti, A., 1996, Assessment of texture coefficient for different rock types and correlation with uniaxial compressive strength and rock weathering, *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 29 (1), 39-46.
- Bal, S., 2011, Kayaçlarda Fiziko-mekanik Ve Mineralojik zelliklerini Betonda Alkali-silika Reaksiyonuna Etkisi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi TRABZON*.
- Bayram, O., 2009, Bazı Doğal Tağların Dokusal zellikler Ğle Fzgksel Ve Mekanık zellikler Arasındaki Ğlğğkğlerğn Arağtirilmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- Benediktsson, S., 2015, Effects of particle shape on mechanical properties of aggregates, *NTNU*.
- Ceylanoğlu, A., 1996, Kaya mekaniği laboratuvar deneyleri, Cumhuriyet Üniversitesi, p.
- avuşoğlu, I., 2005, Harşit ayından (Tirebolu-giresun) Elde Edilen Kirilmiş Dere Malzemesinin Beton Agregasi Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi*.
- omaklı, R. ve Çayırılı, S., 2017, Kayaç Dokularındaki Minerallerin Bazı Şekil zellikleri İle Kayaç Kirilabilirliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 670-680.
- Ersoy, A. and Waller, M. D., 1995, Textural Characterization of Rocks, *Engineering Geology*, 39 (3-4), 123-136.
- Howarth, D. F. and Rowlands, J. C., 1986, Development of an index to quantify rock texture for qualitative assessment of intact rock properties, *Geotechnical Testing Journal*, 9 (4), 169-179.
- ISRM, 2007, The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006, International Soc. for Rock Mechanics, Commission on Testing Methods, p.

- Kekeç, B., 2005, Yapi Taşı Olarak Kullanılan Bazı Kayaçların Doku, Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerin Arştırmaları., *Selçuk University*.
- Makani, A., 2011, Influence de la nature minéralogique des granulats sur le comportement mécanique différé des bétons, *Toulouse, INSA*.
- Mibeı, G., 2014, Introduction to types and classification of rocks, *001374011*.
- Neville, A. M., 1995, Properties of concrete, longman London, p.
- Öztürk, C. A., 2006, Kayaç Dokusal Özelliklerinin Sınıflandırılması Ve Kaya Mühendisliği Uygulamaları, *İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- Tuğrul, A. and Zarif, I., 1999, Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey, *Engineering Geology*, 51 (4), 303-317.
- Ünsal, A. ve Şen, H., 2008, Beton ve beton malzemeleri laboratuvar deneyleri, *TC Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü*.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Alhassane KOUROUMA
Uyruğu : Gine
Doğum Yeri ve Tarihi : Kankan 22 Ekim 1988
Telefon : 0539 892 42 83

E-Posta : alaskofaban@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İl	Bitirme Yılı
Lise	: 3 Avril	Kankan	2007
Üniversite	: Kofi Annan	Conakry	2013
Yüksek Lisans	: Konya Teknik	Konya	2019

YABANCI DİLLER

Türkçe – Fransızca – İngilizce – İspanyolca

YAYINLAR