

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin KAYGISIZ

**KAYSERİ YÖRESİNDEKİ YAPITAŞLARININ
FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAYSERİ YÖRESİNDEKİ YAPITAŞLARININ FİZİKO-MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Hüseyin KAYGISIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 10/12/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Mesut ANIL
ÜYE

.....
Prof. Dr. Alaettin KILIÇ
DANIŞMAN

.....
Doç. Dr. Ahmet M. KILIÇ
ÜYE

.....
Doç. Dr. Özen KILIÇ
ÜYE

.....
Doç. Dr. Abdülazim YILDIZ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAYSERİ YÖRESİNDEKİ YAPITAŞLARININ FİZİKO-MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Hüseyin KAYGISIZ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Alaettin KILIÇ
Yıl: 2010, Sayfa: 75
Jüri : Prof. Dr. Mesut ANIL
: Prof. Dr. Alaettin KILIÇ
: Doç. Dr. Ahmet M. KILIÇ
: Doç. Dr. Özen KILIÇ
: Doç. Dr. Abdülazim YILDIZ

Bu çalışmanın amacı; Kayseri yöresindeki yapıtaşı olarak kullanılabilen bazı tuf ve bazalt kayaçlarının fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve bu kayaçlara ait korelasyon katsayılarının hesaplanmasıdır.

İlk olarak alınan numuneler taş kesme ve işleme atölyesinde ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Laboratuvarında TSE standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Daha sonraki aşamada, standartlara uygun hale getirilen numunelerin fiziko-mekanik özellikleri saptanmıştır. İncelemeler sonucunda Kayseri taşının TSE standartlarına göre yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

Tüm çalışmalar neticesinde, deneyler mevcut standartlardan TS 10449, TS 6234 ve TS 11143'e göre yorumlandığında kayaçların bu standartların birçok sınır değerini taşıdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tuf, Bazalt, Yapıtaşı, Doğaltaş

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF BUILDING STONES AT LOCATION OF KAYSERİ

Hüseyin KAYGISIZ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Alaettin KILIÇ
Year: 2010, Sayfa: 75
Jury : Prof. Dr. Mesut ANIL
: Prof. Dr. Alaettin KILIÇ
: Assoc. Prof. Dr. Ahmet M. KILIÇ
: Assoc. Prof. Dr. Özen KILIÇ
: Assoc. Prof. Dr. Abdülazim YILDIZ

Aim of this study; determination of physico-mechanical properties of some tuff and basalt rocks using as building stone at location of Kayseri and calculating of cohesion coefficient of these rocks.

First, the samples taken from stone cutting and processing workshop and the Laboratory of Çukurova University, Faculty of Engineering and Architecture, Mining Engineering has been prepared in accordance with the TSE. The next step, the physico-mechanical properties of the samples were brought into compliance with standards. According to the results of observations, Kayseri stone is available to using as building material with accordance of the TSE.

According to the results, the experiment were interpreted according to the standards TS 10449, TS 6234 and TS 11143. It has been observed that the rocks covers limit values of these standards

Key Words : Tuff, Basalt, Building stone, Natural stone

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığım bu çalışmada, benden bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, beni sürekli yönlendiren ve her türlü kolaylığı sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Alaettin KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım sırasında gerekli olanağı sağlayan, zaman zaman deneyim ve bilgilerinden faydalandığım değerli Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Adem ERSOY'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında ve sonuçları yorumlarken yardımlarını benden esirgemeyen değerli hocalarım; Prof. Dr. Mesut ANIL, Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ, Doç. Dr. Özen KILIÇ 'a teşekkürlerimi sunarım.

Kaya mekaniği deneylerinin yapılmasında benden yardımlarını esirgemeyen ve tezimin her aşamasında büyük emeği geçen Araştırma Görevlisi Ahmet TEYMEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca; maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli anne ve babama sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Önceki Çalışmalar.....	5
2.2. Erciyes Volkanizmasının Oluşumu.....	13
2.2.1. Erciyes Volkanitleri.....	13
2.3. Tüfün Tanımı ve Oluşumu.....	16
2.4. Bazaltın Tanımı ve Oluşumu.....	17
3. MATERYAL VE METOD.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Metod.....	24
3.2.1. Fiziksel Özellikler.....	25
3.2.1.1. Birim Hacim Ağırlık Tayini.....	26
3.2.1.2. Su Emme Tayini.....	26
3.2.1.3. Gözeneklilik Tayini.....	27
3.2.1.4. Sonik Hız Deneyi.....	28
3.2.2. Mekanik Deneyler.....	30
3.2.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanım Deneyi.....	30
3.2.2.2. Eğilme Dayanımı Deneyi.....	34
3.2.2.3. Nokta Yük Dayanımı.....	35
3.2.2.4. Aşınma Dayanımı.....	37
3.2.2.5. Darbe Dayanımı.....	38

4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	41
4.1. Fiziksel Özellikler.....	41
4.1.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi	42
4.1.2. Ağırlıkça Su Emme Oranı.....	43
4.1.3. Sonik Hız.....	44
4.1.4. Porozite (Gözeneklilik Tayini).....	44
4.2. Numunelerin Mekanik Özellikleri.....	47
4.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	47
4.2.2. Nokta Yük Dayanım İndeksi.....	49
4.2.3. Eğilme Dayanımı.....	51
4.2.4. Darbe Dayanımı.....	52
4.2.5. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı (Böhme).....	52
4.3. Numunelerin Tek Eksenli Basınç Dayanımı ve Birim Deformasyon Eğrileri.....	54
4.4. Numunelerden Elde Edilen Korelasyon Katsayıları.....	56
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kayaçlar	23
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan kayaçların birim hacim ağırlıkları	42
Çizelge 4.2. Alınan numunelerin ağırlıkça su emme oranı değerleri	43
Çizelge 4.3. Alınan numunelerin sonik hız değerleri	45
Çizelge 4.4. Alınan numunelerin porozite (gözeneklilik derecesi) değerleri.....	46
Çizelge 4.5. Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması	46
Çizelge 4.6. Alınan numunelerin tek eksenli basınç dayanım değerleri.....	48
Çizelge 4.7. Tek eksenli basınç direncine göre kayaların sınıflandırılması.....	48
Çizelge 4.8. Çalışmada kullanılan kayaçların TEBD'na göre elastisitesi (Gpa)	49
Çizelge 4.9. Alınan numunelerin nokta yükü indeksi dayanım değerleri.....	50
Çizelge 4.10. Kayaçların nokta yük dayanımına göre sınıflandırılması	50
Çizelge 4.11. Alınan numunelerin eğilme dayanım değerleri.....	51
Çizelge 4.12. Alınan numunelerin darbe dayanım değerleri.....	53
Çizelge 4.13. Alınan numunelerin aşınma dayanım değerleri (cm ³ /50 cm ²)	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. Ocaktan alınmış işlem görmemiş gözenekli tuf kayacı.....	16
Şekil 2.2. Ocaktan alınmış işlem görmemiş gözenekli ve gözeneksiz ve bazalt kayaları	19
Şekil 2.3. Kayseri Bölgesindeki tuf ocağı.....	19
Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	21
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan kayaçlar	24
Şekil 3.3. Kayseri bölgesinden alınarak fiziko mekanik deneyler için hazır hale getirilen numunelerin görüntüsü	25
Şekil 3.4. Sonik hız ölçmede kullanılan pundit cihazı.....	29
Şekil 3.5. Basınç mukavemeti deneyi için kullanılan ekipman.....	31
Şekil 3.6. Eğilme dayanımı deney düzeneği	35
Şekil 3.7. Nokta yük deney cihazı	36
Şekil 3.8. Böhme yüzey aşındırma aleti.....	38
Şekil 3.9. Darbe dayanımı deney aleti	39
Şekil 4.1. Başakpınar gri tufünün Gerilme-Birim Deformasyon eğrisi	55
Şekil 4.2. Erkilet bazaltının Gerilme-Birim Deformasyon eğrisi.....	55
Şekil 4.3. Doymun haldeki T.E.B.D. ve Elatisite modülü grafiği.....	56
Şekil 4.4. Doymun haldeki T.E.B.D. ve P dalga hızı grafiği.....	56
Şekil 4.5. Doymun haldeki T.E.B.D. ve Nokta yük dayanımı grafiği.....	57
Şekil 4.6. Doymun haldeki T.E.B.D. ve Eğilme dayanımı grafiği.....	57
Şekil 4.7. Doymun haldeki T.E.B.D. ve Darbe dayanımı grafiği	58
Şekil 4.8. Doymun haldeki T.E.B.D. ve Birim hacim ağırlık grafiği.....	58
Şekil 4.9. Doymun haldeki Nokta yük dayanımı ve P dalga hızı grafiği.....	59
Şekil 4.10. Doymun haldeki Nokta yük dayanımı ve Darbe dayanımı grafiği	59
Şekil 4.11. Doymun haldeki Nokta yük dayanımı ve Aşınma dayanımı grafiği.....	60
Şekil 4.12. Doymun haldeki P dalga hızı ve Birim hacim ağırlık grafiği.....	60
Şekil 4.13. Kuru haldeki T.E.B.D. ve Elatisite modülü grafiği	61
Şekil 4.14. Kuru haldeki T.E.B.D. ve P dalga hızı grafiği.....	61
Şekil 4.15. Kuru haldeki T.E.B.D. ve Nokta yük dayanımı grafiği.....	62

Şekil 4.16. Kuru haldeki T.E.B.D. ve Darbe dayanımı grafiği	62
Şekil 4.17. Kuru haldeki T.E.B.D. ve Birim hacim ağırlığı grafiği.....	63
Şekil 4.18. Kuru haldeki Elastisite modülü ve P dalga hızı grafiği.....	63
Şekil 4.19. Kuru haldeki Elastisite modülü ve Aşınma dayanımı grafiği.....	64
Şekil 4.20. Kuru haldeki Nokta yük dayanımı ve Eğilme dayanımı grafiği	64
Şekil 4.21. Kuru haldeki P dalga hızı ve Eğilme dayanımı grafiği	65
Şekil 4.22. Kuru haldeki Birim hacim ağırlık ve Darbe dayanımı grafiği.....	65
Şekil 4.23. Doygun haldeki P dalga hızı ve Eğilme dayanımı grafiği.....	66
Şekil 4.24. Kuru haldeki Elastisite ve Ağırlıkça su emme oranı grafiği.....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

V _{pd}	: Doygun haldeki P dalga hızı, (km/sn)
V _{pk}	: Kuru haldeki P dalga hızı, (km/sn)
n	: Porozite (%)
A _w	:Ağırlıkça su emme oranı, (%)
KBH	: Kuru haldeki birim hacim ağırlık, (gr/cm ³)
DBH	: Doygun haldeki birim hacim ağırlık, (gr/cm ³)
BAD	: Böhme aşınma dayanımı, (cm ³ /50cm ²)
I _s	: Nokya yük dayanım indeksi, (Mpa)
E _d	: Doygun haldeki ortalama elastisite modülleri, (GPa)
E _k	: Kuru haldeki ortalama elastisite modülleri, (GPa)
TEBD	: Tek eksenli basınç dayanımı, (MPa)
s _{cd}	: Doygun haldeki tek eksenli basınç mukavemeti, (MPa)
s _{ck}	: Kuru haldeki tek eksenli basınç mukavemeti, (MPa)

1. GİRİŞ

Dünyadaki teknolojik ve bilimsel gelişmeler insanlarda çevre bilinciyle birlikte, daha sakin ve doğal ortamlarda yaşama arzusunu ve özlemini doğurmaktadır. Son yıllarda ülkemizde de özellikle büyük şehirlerde ve turistik yörelerde, hem yapılarda hem topluma açık ve kapalı alanlarda, çevre ile uyumlu doğal taşlar kullanılmaya başlanmıştır.

Doğal taş deyimi yer kabuğunda bulunan, değişik kökendeki her türlü kayaç için kullanılan genel bir terimdir. Endüstriyel ya da ticari anlamdaki doğal taş tanımı ise yasal izin ile üretilerek, işlenmeden ve veya işlenerek; boyutlandırılmadan veya boyutlandırılarak işlem gören kayaçlar için kullanılmaktadır. Örneğin bir kireçtaşı ocağından elde edilen taşlar, çimento ve kireç üretiminde hammadde olarak belirli işlemlerden geçirilerek kullanıldığı gibi, temel taşı olarak sadece yontularak, beton agregası olarak kırılıp elenerek, kaplama taşı olarak da, boyutlandırılmış bloklardan kesilip parlatılarak kullanılabilir. Bu örnekte görüldüğü gibi ‘Doğal taş’ deyimi, kullanım yerine ve amacına göre değişik işlevleri kapsayan bir şemsiye kavram niteliğindedir.

Yapıda genellikle yüzeyleri düzelterek parlatılmış doğal taş ürünleri kullanılır. Özel işlemlerle yüzeyi pürüzlü hale getirilmiş ve parlatılmadan kullanılan cephe kaplaması uygulamaları da son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Yapıların düşey yüzeylerinde, (iç ve dış) taban döşemelerinde, merdiven basamaklarında ve dekoratif amaçlarla gerçekleştirilen pürüzlü yüzey uygulamaları da kaplama amaçlıdır. Taşın doğası parlatmaya uygun olduğu için belirtilen şekilde kullanım, aşağıda açıklanacak olan mermerin ticari tanımına ters düşmez.

Yapıtışı sözcüğü, yol ve kaldırım döşemesi, bordür taşı, duvar ve dayanma yapısı malzemesi, çatı örtüsü, kıyı tahkimatı, dalga kıran ve baraj inşaatı, agrega üretimi gibi geniş bir kullanım alanını belirtmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu tür kullanımlar için yerinde kesme, doğal süreksizliklerden yararlanma ve patlayıcı madde kullanımı yoluyla ocak üretimi yapılmaktadır. Ürün boyutu ve özellikleri kullanım alanına göre farklılıklar gösterir. Doğal taş ocaklarında blok boyutu küçük

olan malzemeden genellikle yapıtaşı olarak yararlanılır. Bazı durumlarda ise doğal süreksizlikleri boyunca plaka şeklinde ayrılan yapıtaşları kaplama ve örtü amacıyla kullanılmaktadır. Gnays, fillit, grafit şist gibi dekorasyon ve çatı örtüsü amaçlı olarak kullanılan metamorfik taşlar bu gruba girerler.

Son yıllarda Taş-Toprak Endüstrisi olarak isimlendirilen ve çimento, seramik, cam gibi sektörlerin içine yukarıda tanımlanan yapıtaşları da alınmıştır. Başka bir deyişle, yapıtaşları çağdaş anlamda bir endüstriyel hammadde türü olarak benimsenmiştir.

İnşaatta kullanılan yapıtaşları kendi içinde:

- Yontulmamış (Ham) taşlar,
- Gelişigüzel yontulmuş taşlar,
- Kırılmış elenmiş taşlar (Agrega)
- Boyutlandırılmış blok taşları
- Kesilmiş, boyutlandırılmış levha (plaka), fayans vb. hale getirilerek

‘İşlenmiş taşlar’ olarak sınıflandırılmaktadırlar.

Tüfitler, Volkan bacasından yüzeye çıkan 500-600 °C sıcaklıkta, asidik malzemenin (çoğunlukla küller) sedimenter bir ortamda çökelmeleri ile oluşan kayaçlardır. Oluşumları sırasında içlerinde metal oksitleri içeren suların oluşturduğu şekiller nedeniyle çok değişik desen ve görüntüler sunan tüfitler daha çok şömine, barbekü, sütun vs. yerlerde kullanılır. Anadolu’nun her yöresinde yaygın olarak işletilmektedirler.

Bazalt, Piroksen, plajiyoklaz (labrador ve bitovnit), amfibol ve çok az biyotitten oluşan bir mineral bileşimine sahiptir. Olivin bazaltta ise bu minerallere olivin eklenir. Ülkemizde Çanakkale, Manisa, Kayseri, Nevşehir, Niğde, Konya illerimizde, doğu Anadolu’nun büyük bir bölümünde ve Diyarbakır’da büyük bir yayılım sunan bazaltlardan günümüzde ekonomik boyutlarda ürün veren ve işletilen Diyarbakır, Kula ve Aliğa bazaltlarıdır.

Doğal taşların, yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanılmaya başlaması dünya doğal taş üretiminin artmasına neden olmuştur. Özellikle son on yılda görülen artış, kazanım ve işleme teknolojisindeki gelişmelere paralellik göstermektedir.

Giderek daha verimli hale getirilen işleme teknikleri ile taş, daha kolay ve ekonomik olarak istenen şekilde işlenmekte ve birçok yeni kullanım alanı bulmaktadır.

Doğal yapı taşları, petrografik ve teknolojik yönlerden yapılarda kullanılmaya elverişli olan, çeşitli minerallerin bir araya gelmesiyle doğal olarak meydana gelen mineral topluluğudur. Doğal taşların duvarlarda kullanılmasıyla mimari yönden estetik görünümler elde edilebilir. Doğal taşlar renk, doku yönüyle yapılara çeşitli özellikler kazandırması yanında, kaplama ve taşıyıcı bir eleman olarak da kullanılabilir (Yılmaz ve Safel, 2004).

Doğal yapı taşları renk ve doku özelliğine göre; estetik görünümlü, homojen yapılı, fiziksel-mekanik-kimyasal etkilere dayanıklı, oyma ve süslemelerin yapılabilmesi için yeterli mukavemete sahip olmalıdır. Yapı malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda; tasarımcıların, mühendislerin, mimarların, uygulamacıların, TS 669'a (Doğal Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları) göre bilinmesi gereken fiziksel ve mekanik deneylerin nasıl yapılacağı belirtilmiştir (Koçu, 2006).

Doğal yapı taşlarında aranan özellikler genel olarak şu şekilde sıralanabilir; renk özelliği ve desen homojenliği, blok verme özelliği ve kesilip cilalanma, jeomekanik ve fiziksel özellikler, atmosferik ve kimyasal etkilere dayanım (Şentürk ve ark., 1995).

Bu çalışmada, Kayseri ve çevresinde ticari olarak satılan yerli tüf ile bazaltların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek, yapı ve kaplama taşı standartları ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile bölgedeki yapı taşı kullanıcıları kullanım amaçlarına en uygun yapıtaşlarını seçerken, çalışmadan elde ettiğimiz sonuçları kullanabileceklerdir.

İnceleme alanımız, gerek stratejik konumu gerekse ticari zenginliği açısından Ön Asya coğrafyası içinde önemli bir merkezdir. Kentin mimarisinde kullanılan temel malzeme kolay işlenebilen tüf, bazalt gibi yapı taşlarıdır.

Kayseri taş sektöründe önemli bir yere sahiptir. Kayseri çevresinde Erciyes dağının volkanik ürünleri olarak bol miktarda tüf taşı, bazalt ve bazalt kayrağı bulunur. Kayseri taşı terimi bunların hepsini ifade etse de, genelde ilk akla gelen Kayseri'de bulunan tüf taşıdır. Kayseri taşının, kent mimarisine önemli etkileri

olmuştur. Kayseri çevresinde hemen her bölgede bulunan camiler, tarihi konaklar, kiliseler, Osmanlı ve Selçuklu döneminden kalma eserlerde yoğun olarak Kayseri taşı kullanmıştır.

Volkanik kayaçlar, magmanın yeryüzüne oldukça yakın derinliklerde katılması ile oluşurlar. Volkanik kayaçların esas kaynağı olan magma, herhangi bir tektonik olay sonucu açılan çatlak, yarık veya bir kanal aralığı ile yeryüzüne kadar ulaşır. Magmanın akıcı özellikte olması, sıvı çözeltilerce zengin olması ve yüksek sıcaklık ve basınç altında bulunması gibi nedenlerle, akıcı özellikteki henüz katılmamış olan magma yeryüzüne kadar ulaşır. Yeryüzüne ulaşan sıvı magma, derindeki fizikokimyasal koşullar ve sıcaklığın ani bir düşme göstermesiyle birlikte atmosferik koşullarda ani bir soğumaya uğrar. Katılan lavlar (volkanik kayaçlar) ortam koşulları nedeniyle camsal veya yarı camsal dokular kazanır.

Bu çalışma Kayseri'deki volkanik Erciyes dağı çevresinde geniş bir alanda üretilen taşları kapsamaktadır. Bazaltlar ve tüfler bu alanın kuzeybatı ve güneydoğu kesimlerinde yaygın olup; Erkilet, Tomarza civarında üretimi yapılmaktadır. Bölgede Kayseri taşı olarak bilinen ve uzun yıllar boyunca yapı taşı olarak kullanılan volkanik kayaçların fiziko-mekanik özelliklerini belirlemektir.

Bu amaçla, volkanik kayaçların (tüf-bazalt gibi) bazı fiziksel ve mühendislik özellikleri laboratuvar deneyleri ile belirlenmiş ve sonuçlar TSE kriterlerine göre değerlendirilerek volkanik kayaçların yapı taşı olarak kullanılmasında öngörülen minimum ve maksimum değerlerle pek uyumağı anlaşılmış, ancak asırlar boyu sağlam kalan sanat yapılarının bulunması atmosferik etkilerden olumlu etkilenmelerin olduğu kanıtlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ve DENEY YÖNTEMLERİ

2.1. Önceki Çalışmalar

Penther (1905), Erciyes buzulunu bilim dünyasına tanıtan ilk araştırmacı olmuştur. 1902 yılında uzunluğunun 700 m olduğunu saptayan yazarın çalışması, 1900 yıllarından günümüze kadar buzuldaki gerilemenin saptanması açısından büyük önem taşımaktadır.

Erciyes yöresinde volkanik serilerin Neojen tortullarıyla ara tabakalı olduğuna dikkati çeken Bartcsch (1935), jeoloji ve jeomorfoloji haritası yapmıştır. Yöredeki son volkanik aktivitenin bazaltlardan oluştuğunu ve dönem bazaltlarının Sarıgöl civarında bloklar üzerine aktığını saptamıştır.

Daha önceki araştırmacılar (Lahn, 1945; Ayrancı, 1963; Ketin,1963); Erciyes'in bazaltik dönemle başladığını belirtmektedir. Bu yazarlar tarafından başlangıç volkanizması olarak nitelenen Erkilet yöresi bazaltları bu çalışma kapsamında Paleo - Erciyes olarak yorumlanmıştır. Bu volkanik etkinlik dönemi batıda İncesu, kuzeyde ise Erkilet yöresi volkanitlerini kapsamaktadırlar. Lahn (1945), Erciyes'te volkanik faaliyetin Kayseri'nin KB'sında bazaltlarla başladığını ve bunların Miyosen yaşlı tortullarla ilişkili olduğunu belirtir. Yaygın andezit ve dasitlerin Üst Neojen yaşlı oldukları görüşündedir (İzbırak ve Yalçınlar, 1951).

Yörede yaptıkları çalışmaya göre, Kayseri civarında Neojen arazisi, umumiyetle göl kökenli kalker ve marnlarla lav ve tüflerden, bir de konglomera ve grelerden oluşmuştur. Ancak bunların her yerde muntazam tabakalar halinde devam etmediği gözlenmiştir. Sarımsaklı Çayı vadisinin Kayseri ile Erkilet arasındaki yamaçlarında birbirinden farklı oluşuklar göze çarpar. Erciyes Dağı kuzey tepelerine karşılık gelen güney yamaç, genellikle andezitik lav, aglomera ve volkanik tüflerden oluşmuştur. Vadinin Erkilet İlçesi civarındaki yamaçlarında muntazam tabakalar halinde görülen volkanik tuf ve lavlar bulunmaktadır. Güneydoğudan kuzeybatıya ve eteklerden platolara doğru gidildikçe çeşitli Neojen teşekküllerinin birbirini takip ettiği görülür. Nitekim Erkilet'in doğu tarafında bulunan Akdere vadisinde aşağıdan yukarıya doğru şu formasyonlar tesbit edilmiştir.

1-En altta, ova seviyesinden itibaren yukarı doğru 20 m.ye yakın bir kalınlıkta beyaz ve yeşilimsi renkte ve göl menşeli marn ve kil tabakaları,

2-Kalınlıkları 50 m.ye yaklaşan ve marnlı tüflerle ara tabakalı olan dasitik pembe tüfler,

3-Ortalama kalınlıkları 4-5 m.yi geçmeyen ve Omurgalı fosillerini ihtiva eden marnlı gre ve tüfler ki içersinde; Hipparian gracilé ait kemikler, Antilop'lara ait çene, boynuz v.s., Ruminantlardan bir Gazel'la Sp.ye ait dişler, Rhinoceros sp. diş, vücut parçaları v.s., Hyaena eximia kafatası bulunmuş olup, bütün bu fosiller Üst Miyosen Ponsien'e ait olup, karasal ortamı temsil ederler,

4-Kalınlıkları yer yer değişen volkanik tüflü pembe marnlar (Ortalama 10 m),

5-Tüflü Neojen Serisini örten ve kalınlıkları ortalama olarak 10 m. civarında olan konglomera ve kalkerli breşler,

6-Yüksek platoların yapısını teşkil eden kalınlıkları 20-50 m. etrafında değişen bazalt lavları.

Yalçınlar (1950), araştırmacı yöreye ilişkin birçok yayınında çeşitli görüşler ortaya koymuştur. Erkilet yöresindeki omurgalı fosillerin Ponsiyen yaşlı oldukları ve volkanizmanın bu zamanda başladığını kabul etmektedir. Tüflerin daha doğuda yer aldığını belirten yazar, bu durumu tüflerin püskürmesi esnasında batıdan esen rüzgarların sağladığı görüşündedir. Yine araştırmacı, Kayseri ve Develi ovalarını Erciyes Yanardağı'nın kalderası olarak değerlendirmiştir.

Lebküchner (1956), yöredeki lavların andezit karakteri taşıdığını ve Erciyes'in doruk bölümünün hipersten andezitlerden meydana geldiği görüşündedir. Yazar, tüfleri andezitik ve riyolitik olmak üzere sınıflandırmış ve önce riyolitik tüflerin çıktığını belirtmiştir.

Ayrancı (1963), Erciyes'in kuzey bölümünün haritalarını hazırlayan yazar, ayrıntılı petrografik yorumlarda bulunmuştur. Volkanizmanın evrimini üç ana gruptan toplayan yazara göre: 1. Orojen Volkanizması, 2. İntermediyer ile bazik orta volkanizma dönemi, 3. Genç volkanik faaliyet dönemi. Yazar, son volkanik etkinliğin buzul devrinden sonraya rastladığına dikkat çekmektedir.

Pasquare (1968), Nevşehir yöresi volkanitlerinin detay jeolojisini yapan yazar, Erciyes volkanitlerine de değinmiştir. Koçdağı ve Develi dağı grubunun

Erciyes ana konisinden eski olduğunu, Erciyes konisinin strato volkan tipi gösterdiğine değinen araştırma, özellikle batı yamaçtaki volkanik stratigrafi üzerinde durmuştur.

Anatolid ve Torid kuşakları sınırında, volkan konisi olan Erciyes Dağının (3917 m) esas itibariyle andezit lav ve cürüfları, daha az olarak ta bazaltlardan oluştuğunu bildirmiştir. Erciyes etrafında 100 km kadar uzaklara yayılmış olan ve Neojen gölleri içinde, Neojen sedimentleriyle birlikte çökelmiş bulunan tüflerin çoğunlukla açık renkli asidik tüflerden ibaret olduğunu ve içlerinde Ponsiyen'i temsil eden Hipparion Gracile kemik ve dişleri bulunduğunu belirtmişlerdir (Baykal ve Tatar, 1970).

Güner ve ark. (1984) göre, Koçdağı esas olarak tuf, ignimbirit ve değişik türdeki andezitlerden oluşmaktadır. Volkan konisinin doğu ve güney yamaçları genç andezitik bazalt ve olivin bazalt lav akıntılarıyla sarılmıştır. Koninin kuzey yamaçları ikincil çıkışlar yönünden fakirdir ve derin yarılmış vadiler boyunca geniş tuf ve ignimbiritler yüzeylemişlerdir. Talas - Tomarza - Develi karayolunun geçtiği platoyu oluşturan tuf ve ignimbiritler Koç Dağı konisinin alt düzeylerini meydana getirir. Koni ile doğudaki Zamantı Nehrine kadar olan sahayı doldurmuş olan tuf ve ignimbiritlerin Bakırdağ nahiyesi girişindeki vadi yarmasında gösel sedimanların üstüne yatay konumda istiflendiği görülür. Zincidere köyü güneyinde Mağara Deresi Vadisinde andezit akıntılarının altında kalan gri, boz ve sarı renkli tüflerin kuzeye doğru olan eğimleri vadi boyunca koniye yaklaştıkça artar. Doğuda ise Tomarza da yatay ve yataya yakın konumda olan ignimbiritlerin batıdaki Koçdağı'na doğru gidildikçe eğimlendikleri gözlenmiştir. Güneydeki Sulakdere vadisinde yüzeyleyen tüflerde Koçdağı'na doğru sıvanırlar. Koçdağı kütlesinde radyal olarak gelişmiş olan vadi yarmalarında ve dağın batısındaki fay dikliğinde ortaya çıkan kalın tuf ve ignimbiritler koninin alt düzeylerinin kalın bir piroklastik malzemedan oluştuğunu göstermektedir. Bunların yayılma alanlarında da bir düzen görülür. Koni merkezindeki tüfler daha çok iri parçalı malzemedan oluşur ve bunlar düzensiz bir depolanma şekli gösterirler. Merkezi koniden uzaklaştıkça tüfleri oluşturan malzeme incilir ve dereceli bir çökelleme gösterir.

Güner ve ark. (1984) göre, Erciyes Ana konisinde volkanizmanın, evrimi ve volkanik şekillenme aşağıdaki gibi bir gelişim gösterir.

a. Başlangıç volkanizması: Tüf ve andezit çıkışlarıyla başlayan volkanik etkinlik patlamalı püskürmeyle gelişmiştir. Koni bu dönemde basık morfoloji göstermektedir.

b. Andezitik lav akıntıları: İki piroksen - andezit lavlarının çıktığı bu dönemde koni alansal olarak azami boyutlara erişmiştir.

c. Andezit, dasit, riyolit ve bunların aglomeralardan oluşan yüksek koni karmaşığı: Erciyes Dağı Ana konisi bunların çıkışlarıyla şekillenmiştir.

d. Erciyes konisinde volkanik etkinlik breşlerin bacayı tıkamasıyla son bulmuştur.

Sert mermer grubu içinde yer alan gabro-diyabaz-bazaltların esasen bazik kayalar grubu içerisinde kabul etmiştir. Karbonat grubu mermerlere oranla 2 kat daha sert olan gabro-diyabaz-bazalt grubunun, aşınmaya karşı yüksek direnci, iyi cila kabul etmesi ve asitlerden etkilenmemesi gibi farklı özellikleri nedeniyle özel kullanım alanlarına sahip olduğunu belirterek bazaltın diğer tür mermerlere oranla daha sert ve kesme, işleme zorlukları olduğunu tespit etmiştir (Uz, 1990).

Önen (1992)' de yaptığı çalışmasında Karacadağ bazaltının yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini tespit etmiştir.

Bazalt lavları volkanlardan çıkarken içindeki gazların uçarak taşın içinde boşluklar oluştuğunu ve bu türlere boşluklu bazalt dendiğini belirtmiştir. Bu boşlukların çeşitli minerallerle dolduğunu, bazaltların yeryüzünde dayk, sil, örtü, akıntı, gibi pek çok halde bulunduğunu, Türkiye'de bazaltlara spilit, pilow lavı, akıntı veya geniş platolar ve örtüler halinde pek çok yerde rastlandığını ve bunların büyük bir kısmının Miosen sonrası ve Kuvaterner başındaki püskürmelerle oluştuğunu belirtmiştir (Ünsal, 1993).

Doğal yapı taşlarında aranan özellikler genel olarak şu şekildedir:

- Renk özelliği ve desen verme homojenliği
- Blok verme özelliği ve kesilip cilalanma
- Jeomekanik ve fiziksel özellikleri
- Atmosferik ve kimyasal etkilere dayanım.

Doğal yapı taşlarının en önemli fiziksel özelliği renkleridir. Bu taşlar, estetik amaçlarla (dekorasyon amaçlı) kullanıldığı için, kullanım yerine bağımlı olarak renginin çekici olması gereklidir. Dekoratif taşlar, tek renkte olabildikleri gibi, değişik renkler gösteren bantlar, damarlar, benekler halinde çeşitli desenlerde de olabilmektedirler. Kayaçların renk ve desen yönünden homojenliğe sahip olmaları istenir (Şentürk ve ark., 1995).

Renk kayacın pazarlamasında önemli etkenlerden birisidir. Renk açısından homojenlik kayaçların piyasada daha iyi pazar bulabilmesini sağlamaktadır (Onargan ve Köse, 1997).

Kalite itibarıyla, doğal yapı taşlarında, renk, desen, görünüş, sertlik, sağlamlık, dış etkenlere karşı dayanım ve kesilip parlatılabilme gibi özellikler önem kazanmaktadır. Ancak birincil derecede öncelikli parametre ise, yatağın işletilip işletilemeyeceği hususunda önemli olan çıkarılacak blokların rengi, deseni ve görünüşüdür. Kaliteye etki eden diğer özelliklerden fiziksel ve mekanik özellikler ise mermerin kullanım yerini belirlemede son derece önemlidir.

Erciyes Volkanizmasının ilk oluşumu başlangıç volkanizması ne zaman oluştuğu, bu konuda bugüne kadar yapılan çalışmalarda doyurucu bir bilgiye rastlanmadığından bahisle literatürde Kuvaterner ve Geç Miyosen'de volkanizmanın aktif olduğuna dair bilgiler bulunduğunu, Miyosen kırıntıları ile Kuvaterner taraçalarını etkileyen, fayın genç hareketlerinin Çamardı dolayında tespit edildiğini bildirmişlerdir (Yetiş ve ark., 2000).

Erdoğan, (2001)'de yaptığı çalışmada Çukurova Bölgesindeki kayaçların mühendislik özelliklerini belirlemiş ve yapı kaplamacılıkta kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bu amaçla 7 farklı yapı ve kaplama kayacı üzerinde birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, darbe direnci, eğilme dayanımı, aşınma dayanımı, shore sclerescop sertlik indeks belirleme deneylerini uygulamıştır. Ayrıca kayaçlar ısıya dayanıklılık ve dona dayanıklılık deneyleri uygulamıştır.

Kahraman (2001), daha önce yayımlanmış 48 farklı kayacın dataları üzerinde, nokta yük dayanımı, Schmidt sertlik, P dalga hızı ve darbe dayanım değerleri verilerini kullanarak, bunların tek eksenli basınç dayanım değerleri ile olan ilişkilerini belirlemiş ve her bir kayaç tipi için bütün test sonuçlarının regresyon

katsayılarını değerlendirmiştir. Bu çalışmanın içerdiği test sonuçları içerisinde darbe dayanım testlerinin en çok tekrar edilebilir testler olduğunu, diğer test sonuçları için sonuçların değişkenliğinin birçok mühendislik amaç için kabul edilebilir sınırlarda olduğunu belirtmiştir.

Yazar sonuç olarak nokta yük dayanım indeks değerlerinin, tek eksenli basınç dayanım değerleri ile güçlü lineer ilişkilere sahip olduğunu, P dalga hızı ve Schmidt test sonuçlarının ise tek eksenli basınç dayanımı testleri ile kayda değer non-lineer ilişkiler ortaya koyduğunu belirtmiştir. Özellikle yumuşak kayalarda diğer kayaç tiplerine nispeten darbe dayanım değerleri ile tek eksenli basınç dayanım değerleri arasında çok açık olmayan zayıf non-lineer ilişkiler olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, darbe dayanım testleri hariç tüm test sonuçlarının tek eksenli basınç dayanımının tahmininde kolay tahmin imkanları sunduğunu belirtmiştir. Buna ilaveten ileriki çalışmalarda darbe dayanım test sonuçlarının sert kayalarda, özellikle tek eksenli basınç dayanımının tahminlerinde kullanılıp kullanılmayacağına kontrol edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Ancak çalışmada kullanılan bu test sonuçlarının farklı araştırmacıların farklı kayaç ve test koşullarında elde ettiği tahmini eşitlikler olmasının, bu eşitlikleri kullananların unutmaması gereken bir gerçek olduğunu belirtmiştir.

Kuşcu ve Yıldız (2001)' de yaptıkları çalışmalarında Ayazini (Afyon) tüflerinin yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması hakkında çalışmalar yapmışlardır.

Bazı kayaç türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyerek, inşaatlarda yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla kayaçlara bir dizi deneyler uygulamışlardır. Daha sonra elde ettikleri sonuçları TSE standartları ile karşılaştırmış ve kayaçların yer döşemesi, duvar kaplaması, merdiven basamağı kullanım alanlarına uygunluğunu araştırmışlardır. Son olarak da kayaç türlerinin teknomekanik özelliklerinin üretimde kalite kontrolünün sağlanmasına ve üretim sürecinin iyeleştirilmesine yönelik etkilerini vurgulamışlardır (Uysal ve ark., 2003).

Kekeç ve arkadaşları (2004)'te yaptıkları çalışmada, kayaçların doku özellikleri ile kırılma ve öğütülme özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir.

Çalışmalarında mermer, granit traverten ve bazalt olmak üzere 4 çeşit kayaç kullanmışlardır. Kayaçların petrografik, mekanik ve kırılma özelliklerini belirlemek için kayaçlara sertlik, gözeneklilik, nem içeriği, yoğunluk, nokta yükleme dayanımı, petrografik analizler ve kırılma öğütülme deneyleri uygulamışlardır.

Doğal yapı taşları, petrografik ve teknolojik yönlerden yapılarda kullanılmaya elverişli olan, çeşitli minerallerin bir araya gelmesiyle doğal olarak meydana gelen mineral topluluğudur. Doğal taşların duvarlarda kullanılmasıyla mimari yönden estetik görünüm elde edilebilir. Doğal taşlar renk, doku yönüyle yapılara çeşitli özellikler kazandırmasının yanında, kaplama ve taşıyıcı bir eleman olarak da kullanılabilir (Yılmaz ve Safel, 2004).

Demirbasa (2005)' de yaptığı çalışmada Çeşme (İzmir) yöresi tüflerinin mühendislik özelliklerini araştırmıştır.

Teymen (2005)'de yaptığı çalışmada bazı kayaçların petrografik, fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemiş ve yapı kaplamacılıkta kullanılabilirliğini araştırmıştır.

Kayaç içerisinde boşluk bulunması istenmeyen bir durumdur. Atmosfer etkilerine mukavemet özelliğini azaltmaktadır. Olan dayanıklılığı porozitenin artmasıyla azalmaktadır. Bazı tip kayaçlarda boşluk bulunması kusur oluşturmaz (Onargan ve ark., 2005).

Akgül (2006)' da yaptığı çalışmada Datça bölgesindeki volkanik tüflerin yapı malzemesi olarak değerlendirilmesini araştırmıştır.

Tortulaşma olayının çeşitli yolları ile oluşan kayaçlara Tortul Kayaçlar veya Sedimanter Kayaçlar adı verilir. Bu tür kayaçlar genellikle tabakalıdır ve çoğu kez fosil içerirler.

Tortul kayaçların oluşumu için üç aşama gereklidir.

- Kaynak
- Taşınma
- Depolanma

Tortul kayacın oluşumu için aşınma, ayrışma, kırılma, parçalanma veya yok olma yolları ile çeşitli boyutlarda parçalara ayrılabilen kayaçlara veya canlı organizmalara yani bir kaynağa ihtiyaç vardır. Kaynak kayaç magmatik, metamorfik

veya eski bir tortul kayaç olabilir. Kaynaktan çeşitli nedenlerle kopan değişik büyüklükteki parçalar genellikle bulunduğu yerden ötelere sürüklenir. Taşınma çoğu kez akan sular tarafından gerçekleştirilir. Tortul kayaların oluşumu için son aşama depolanmadır. Kaynaktan kopan parçalar çeşitli taşınma şekilleri ile depolanma havzasına gelip burada birikirler. Bu havza göl, deniz veya okyanus olabilir. Böylece sedimentasyon ve tortul kaya oluşumu başlar (Kun, 2000).

Duran (2009)'da yaptığı çalışmasında Erciyes volkanizmasının oluşumu, Koçcağz köyü (Kayseri) dolayının stratigrafisi ve tüflerin yapı-kaplama taşı olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır.

Geçmişte çok zor şartlarda çıkarılan ve kullanıma hazır hale getirilen bazalt taşı bugün fabrikalarda istenilen boyutlarda kesilerek, seri şekilde üretilmektedir. Son yıllarda Güneydoğu Anadolu Bölgesinde gelişen mermer işletmeciliği, bölgede büyük bir rezerv miktarına sahip olan bazalt taşının kullanım alanını arttıran bir faktör olmuştur. Bu gelişme beraberinde yöre kalkınmasına da büyük ölçüde katkı sağlamıştır. Bu gelişmeler bazalt taşının önemini arttırarak, bir endüstriyel ham madde olan bazalt taşının fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemeye, tarihsel süreçte kullanım alanlarını araştırmaya, bir yapı malzemesi olarak günümüz uygulamalarında geçirdiği aşamaların incelenerek yeni üretim çalışmalarının yapılmasına neden olmuştur. Fiziksel ve mekanik özelliklerinden dolayı yüksek dayanımı olan bazalt taşı, doğada yaygın olarak bulunan bir volkanik kayaç grubunu teşkil ettiği, çok sert, yoğun ve mukavemeti yüksek bir kayaç olduğu için günümüzde yapı taşı olarak kullanılmasının yanı sıra endüstride de farklı kullanım ve uygulama alanı bulur. Bununla birlikte Diyarbakır ve yakın çevresinde bazalt çıkaran ve işleyen fabrikaların sayısında artış görülmüştür (Halifeoğlu ve Dalkılıç, 2002).

Bir diğer önemli Kayseri taşı ise bazalttır. Son derece sert bir malzeme olan bazalt kayseri taş piyasasında önemli bir unsurdur. Sertliği ve kayganlaşmayan yüzeyi sayesinde dış mekanlar için son derece kullanışlı bir malzeme olan bazalt kaldırım taşı ve bordür gibi malzemelerin yapımında kullanılmasının yanı sıra araç yollarına da kullanılmaktadır. Çok yüksek bir dayanıma sahip olması ile bazalt kalabalık caddelerin kaldırımına ve hatta araç yollarına kapladıktan sonra yıllarca tekrar bakım istemeden rahatlıkla kullanılabilir.

Sancak ve ark., (2010)'da yaptıkları çalışmalarında yapı blok ve kaplama malzemesi olarak kullanılan sıkı-tüf (Küfeki) volkanik hammaddesinin fiziko-mekanik özelliklerini araştırmışlardır.

2.2. Erciyes Volkanizmasının Oluşumu

2.2.1. Erciyes Volkanitleri

Kayseri güneyindeki Erciyes dağı merkez olmak üzere çevredeki İncesu-Develi-Tomarza-Bünyan ve Boğazlıyan arasındaki alanda yer alan tüm volkanitler ‘Erciyes volkanitleri’ olarak adlandırılmışlardır. Erciyes dağı, Orta Anadolu'nun sönmüş volkanları arasında büyüklüğü ve yüksekliği ile en başta gelmekte olup, 3916 m yüksekliğe erişen merkez konisinin etrafında çapları 600-3000 m olan çeşitli büyüklüklerde 68 volkan konisi bulunmaktadır ve bunlar tek bir volkan değil volkanlar topluluğudur (Ketin, 1983). Erciyes dağı topluluğundaki volkanik faaliyetler Üst Miyosenden sonra başlamış ve çok yakın zamanlara kadar sürmüştür. Ünlü tarihçi Strabon (yaklaşık M.Ö. 40 yılı) Erciyes dağının lav, alev ve dumanlar çıkardığını yazmıştır (Yalçınlar, 1969). Şu halde yaklaşık 2000 yıl önce bile Erciyes dağı aktifti. Ayrıca bu bölgeye ilişkin eski Roma paraları üzerinde olasılıkla Erciyes'i betimleyen bir yanardağ resmi bulunmaktadır. Baykal ve Tatar (1970), Kayseri yakınlarında Kültepe'de arkeolojik kazılar sırasında bulunan volkanik bir cüruf içinde insan eliyle yapılmış seramik parçalarının ksenolit olarak bulunduğunu belirterek Erciyes volkanizmasının çok yakın zamanlarda da etkin olduğunu öne sürmüşlerdir.

Erciyes volkan topluluğunda çalışmalar yapan Ayrancı (1970), volkanizmanın 3 evrede oluşumunu tamamladığını; ilk evre ile doleritik bazalt-tüf ve ignimbrit-olivinli bazalt ve bazik damar taşlarının, ikinci evrede bazik-ortaç lavlar ile bazaltik andezitler, üçüncü evre ile de kuvarslı olivin bazalt-bazaltik tüf-bazik dayklar- andezitler ve en sonra çeşitli piroklastiklerin (lapilli kül, süngertaşı v.b.) meydana geldiğini belirtmiştir. Pasquare (1968) ise Erciyes volkanının 5 evrede oluştuğunu öne sürerek, birinci evre ile andezitik- bazaltik lavların oluşturduğu bir

kalkanın meydana geldiğini, ikinci evrede bu lav kalkanının çökerek bu çöküntü içinde merkez konisi ve etrafındaki lav kubbeleriyle asıl Erciyes'in andezitik strato volkanının geliştiğini, yer yer de dasit ve riyodasit dayklarının oluştuğunu; üçüncü evre ile magma hazinesinin yükselerek dasit ve riyodasitik domların oluştuğunu, dördüncü evrede olivin bazaltik lavların aktığını ve dasitik piroklastiklerin ise çok uzaklara püskürmelerle saçıldığını, son evrede ise dasitik lavlar ile süngertaşı ve küllerin oluştuğunu öne sürmüştür.

Güner ve ark., (1983a), Kayseri havzasının Alt Pliyosende KD-GB yönde normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylarla oluşmuş tektonik bir çukurluk olduğunu, Erciyes strato volkanının Kayseri havzasını GD dan sınırlayan ve sol yanal atımı ile düşey atımı (oblik) saptanan «Erciyes fayı» üzerinde oluştuğunu belirterek; volkanizmanın Üst Miyosen sonunda andezitik domların oluşumuyla başladığını, daha sonra riyolitik tüfler ve ignimbitlerin meydana geldiğini, Alt Pliyosende Kayseri havzasının oluşup Erciyes strato volkanının volkanik etkinliğinin sürdüğünü, Üst Pliyosende Erciyes ana konisinin tıkanarak yamaçlarda dasitik domların oluştuğunu, Alt Pleyistosende strato volkanın Erciyes fayı ile ikiye kesildiğini ve ışımsal çatlaklardan andezitik bazalt lavlarının çıktığını, Üst pleyistosenden itibaren ise bazaltik kül konileri ve lavların, en son olarak da riyodasitik lavlar ve andezitik lav, pomza ve cürufaların püskürdüğünü öne sürmüşlerdir. Güner ve Emre (1983), Erciyes dağındaki Pleyistosen buzullaşmasını inceleyerek buzullaşma olayının volkanizma ile kesintiye uğrayarak iki evrede geliştiğini ve volkan konisini büyük ölçüde aşındırdığını belirtmişlerdir.

Erciyes volkanik topluluğunun çeşitli evrelerinde püsküren piroklastikler ve ignimbitler çok uzak mesafelere kadar (100 km) yayılmışlar ve Orta Anadolu'nun karasal Neojen havzalarında kimi zaman karada kimi zamanda bir göl içinde yığılmışlardır. Ve böylece, özellikle batıda Nevşehir-Ürgüp İncesu dolaylarında, daha kuzeyde Kozaklı-Boğazlıyan çevresinde, doğuda Bünyan ve güneyde Tomarza-Develi dolaylarında kalın volkanik piroklastik örtüler oluşmuştur.

Nevşehir-Ürgüp dolaylarında kısmen Hasandağ ve Acıgöl volkanlarından, çoğunlukla daha batıdaki Erciyes volkanlar topluluğundan Üst Miyosen-Pliyosende şiddetli patlamalarla havadan gelerek bölgedeki Neojen havzasında çökelen ve

yığılan piroklastiklerin oluşturduğu tüfler ve ignimbritler geniş alanlarda yaygındırlar. Volkanik ürünler karasal Neojen havzası içinde kimi zaman karada kimi zaman da göl içinde çökel kayalarla ardalanmalı olarak yığılmışlardır. Kalınlıkları yüzlerce metreye erişen bu birimler içinde eski insanlar tarafından kiliseler, mağaralar, evler ve yeraltı şehirleri yapılmıştır. Ihlara vadisi, Göreme, Üçhisar vb. mevkilerde bu yapılar çok ilginç görünümündedirler. Ayrıca yine yörede volkanitlerin daha sonra aşınmalarıyla oluşan peribacaları da doğada çok ender gözlenen oluşuklardandır. Bölgedeki platolarda açılan vadi yamaçlarında yüzeyleyen tüf, tüfit, ignimbrit, lahar, volkan külü ve süngertaşı ardalanmasından meydana gelen volkanitlere bağımlı olarak gelişen peribacalarında incelemeler yapan Emre ve Güner (1985), bunların oluşabilmesi için takke ve gövde kayaçlarına gereksinim olduğunu gözlemiş; ignimbrit ve laharların takke; tüf-tüfit-volkan külü ve süngertaşlarının ise gövde kayaçlarını meydana getirdiklerini; Kuvaternerde yarı kurak iklim koşullarının egemen olduğu bölgede sel sularının yamaçları oymalarıyla peribacalarının oluştuklarını belirtmişlerdir. Güner ve arkadaşları (1983b) de Erciyes dağı ve yakın çevresindeki bazaltdan riyolite kadar kalkalkalen ailenin tüm türlerini içeren bu volkanitlerin mineralojik bileşimlerinin Pasifik çevresi adayayı volkanitlerinin bileşimine uyduklarını, kimyasal bileşimlerinin ise Pasifik çevresi ve And tipi kayaç serileri arasında geçiş gösterdiklerini ve oluşumlarında kıta kabuğunun önemli ölçüde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Kayseri kuzeyinde Emmiler-Hırka çevresinde çalışan Uygun (1976), volkanitlerin Alt Pliyosende oluşmaya başlayarak Alt Kuvaternere değin devam ettiklerini, Pliyosen yaşlı volkanitlerin «Yemliha aglomerası», «Çokgözköprü bazaltı», «Kuşçu andeziti», «Tahar tüfü», «Akyol tüfü» ve «Topuzdağ bazaltı» olarak; Alt Kuvaterner yaşlı olanların da «Valibabatepe tüfü» olarak adlandırıldıklarını belirtmiştir. Araştırmacı, inceleme alanında 3 ayrı seviyede gözlenen diyatomit yataklarının oluşumunu, silisçe zengin post-volkanik termal kaynaklara ve silikat ayrışımına dayandığını belirtmiştir.

İşlenmesi gözeneksiz oranla nispeten daha kolay olan gözenekli bazalt taşı (halk dilinde dişi taş) avlu ve eyvan döşemeleri ile taşıyıcı olmayan ara duvarlarda kullanılmıştır. Gözeneksiz ve daha dayanıklı olan bazalt taşı (halk dilinde erkek taş)

ise duvarlarda, sütunlarda, sütun başlıklarında, sövelerde, eşiklerde, havuz kenarlarındaki profillerde, bingilerde, ayı başlarında, saçak altlarında ve çörlenlerde kullanılmıştır (Tekin, 1997).

2.3. Tüfün Tanımı ve Oluşumu

Tüfler, Volkan küllerinin tabakalar halinde birikmesi ile meydana gelen kayalardır. Volkanik küllerin konsolide bir hale gelmesiyle oluşmaktadır. Özellikle volkaniklere bağlı riyolit – dasit türü tüfit kayalar ilgi görmektedir. Bünyelerinde serbest olarak kuvars mineralleri bulunabilir. Tüfler sedimanter kayalar gibi tabakalanma gösterebilmektedir. Doğal olarak değişik renkteki özellikle beyaz, pembe, sarı-kırmızı desenli ve yeşil renklerin hakim olduğu tüfler üretilmektedir. Kayseri çevresinde bulunan ve tüf taşı olarak adlandırılan doğal taşın asıl adı “İgnimbrit” olarak geçer. Kayseri ve çevresinde bol miktarda bulunan tüf taşı volkanik bir malzemedir. Değişik renk ve sertliklerde bulunan tüf taşı, renk çeşitliliğinden ve kolay işlenebilmesinden dolayı dekoratif taş olarak oldukça kullanışlıdır. Binalarda cephe kaplama taşı, söve, sütun, kat silmesi gibi değişik şekillerde kullanılan tüf taşı, ayrıca kaldırım taşı, bordür olarak çevre düzenleme malzemesi olarak da kullanılır. Ocaktan alınmış işlem görmemiş gözenekli tüf kayacı Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Ocaktan alınmış işlem görmemiş gözenekli tüf kayacı

2.4. Bazaltın Tanımı ve Oluşumu

Bazalt, yerkabuğunun çatlaklarından dışarı çıkan erimiş lavların soğuyup katılaşmasıyla oluşan volkanik bir kayalık türüdür.

Volkanik bir malzeme olan bazalt Erciyes Dağının volkanik faaliyetleri sonucu Kayseri`de bol miktarda bulunmaktadır. Oldukça sert bir malzeme olan bazalt bu özelliği nedeni ile zemin kaplama taşı olarak rahatlıkla kullanılmaktadır. Traverten gibi kışın kayganlaşmaması dış mekanlarda yoğun olarak kullanılmasını sağlamıştır. Bazalt bordür ve kaldırım taşı olarak kullanılmasının yanında araç yollarında da kullanılmaktadır.

Son derece sert bir malzeme olan bazalt Kayseri taş piyasasında önemli bir unsurdur. Sertliği ve kayganlaşmayan yüzeyi sayesinde dış mekanlar için son derece kullanışlı bir malzeme olan bazalt kaldırım taşı ve bordür gibi malzemelerin yapımında kullanılmasının yanı sıra araç yollarına da kullanılmaktadır. Çok yüksek bir dayanıma sahip olması ile bazalt kalabalık caddelerin kaldırımlarına ve hatta araç yollarına kapladıktan sonra yıllarca tekrar bakım istemeden rahatlıkla kullanılabilir.

Bazaltların rengi kurşuni ya da siyah, yoğunluğu da öbür volkanik kayaların çoğundan daha fazladır. Yeryüzünde çok yaygın olan volkanik kayalara, örneğin riyolite oranla silis içeriği daha düşük, demir ve magnezyum oranı ise oldukça yüksektir. Yapısındaki başlıca mineraller feldispat, piroksen, olivin ve demir oksitleridir.

Bazalt, akıcı ve bazik lavların soğuma yüzeyine dik olarak beş ve altı kenarlı sütunlar şeklinde katılaşması ile oluşmuştur. Koyu gri-siyah arasında değişen renklere sahiptir. Bazalt su emme, paslanma, dona, darbelere ve sürtünmelere karşı çok dayanıklıdır. Renk değiştirmez ve aşırı derecede camsı niteliği yoktur. Bu nedenle de uzun süre yapıda leke ve kılcal çatlaklar oluşmaz. Asitlere karşı dayanıklıdır. Bu özelliklerinden dolayı yapılarda bolca kullanılmıştır (Erkan, 1995).

Geçmişte çok zor şartlarda çıkarılan ve kullanıma hazır hale getirilen bazalt taşı bugün fabrikalarda istenilen boyutlarda kesilerek, seri şekilde üretilmektedir. Son yıllarda Güneydoğu Anadolu Bölgesinde gelişen mermer işletmeciliği, bölgede büyük bir rezerv miktarına sahip olan bazalt taşının kullanım alanını arttıran bir

faktör olmuştur. Bu gelişme beraberinde yöre kalkınmasına da büyük ölçüde katkı sağlamıştır. Bu gelişmeler bazalt taşının önemini arttırarak, bir endüstriyel ham madde olan bazalt taşının fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemeye, tarihsel süreçte kullanım alanlarını araştırmaya, bir yapı malzemesi olarak günümüz uygulamalarında geçirdiği aşamaların incelenerek yeni üretim çalışmalarının yapılmasına neden olmuştur. Fiziksel ve mekanik özelliklerinden dolayı yüksek dayanımı olan bazalt taşı, doğada yaygın olarak bulunan bir volkanik kayaç grubunu teşkil ettiği, çok sert, yoğun ve mukavemeti yüksek bir kayaç olduğu için günümüzde yapı taşı olarak kullanılmasının yanı sıra endüstride de farklı kullanım ve uygulama alanı bulur. Bununla birlikte Diyarbakır ve yakın çevresinde bazalt çıkaran ve işleyen fabrikaların sayısında artış görülmüştür (Halifeoğlu ve Dalkılıç, 2002).

Günümüzden 61000 yıl önce başlayan volkanik etkinlik, aralıklarla 22000 yıl öncesine kadar devam etmiştir. Bu dönemde andezitik lavlar ve piroklastik materyal (tefra) çıkışı olmuştur. İkinci volkanik evre günümüzden yaklaşık 22000 yıl önce başlamıştır ve daha güçlü patlamalarla bazaltik, andezitik ve dazitik karakterde lav akıntıları oluşmuştur. Üçüncü evre yaklaşık 15000 yıl öncesinde başlamış ve günümüzden 5000 yıl öncesine kadar devam etmiştir. Bu evrenin başlıca volkanik ürünleri bazaltik lav akıntıları ve volkan cürufudur. Dördüncü ve son evre 2500 yıldan beri sürmektedir.

Volkandan çıkan tüm katı materyal piroklastik materyal veya tefra olarak adlandırılır. Bu madde volkan bacasından magmadan ayrılan gazların oluşturduğu patlamalarla eski etkinliklerde katılmış olan lavların ve baca duvarlarının parçalanması sonucunda meydana gelirler. Piroklastik materyalin içinde patlamanın etkisiyle karışmış olan lav damlacıkları da bulunur. Kimyasal olarak silika, alümina, demir oksit, kalsiyum, magnezyum gibi ana oksitlerin yanı sıra daha az miktarlarda sodyum, potasyum, titanyum, mangan, fosfor oksitleri ve azar miktarlarda diğer oksitleri içermektedir. Manyetit, olivin ve diğer bazı minerallerin de bulunmasına karşın plajyoklas ve piroksen (ojit) yapıdaki başlıca iki mineraldir.

Ocaktan alınmış işlem görmemiş gözenekli ve gözeneksiz bazalt kayaları Şekil 2.2' de, Kayseri Bölgesindeki tüf ocağı ise Şekil 2.3' te verilmiştir.



Şekil 2.2. Ocaktan alınmış işlem görmemiş gözenekli, gözeneksiz ve bazalt kayalar

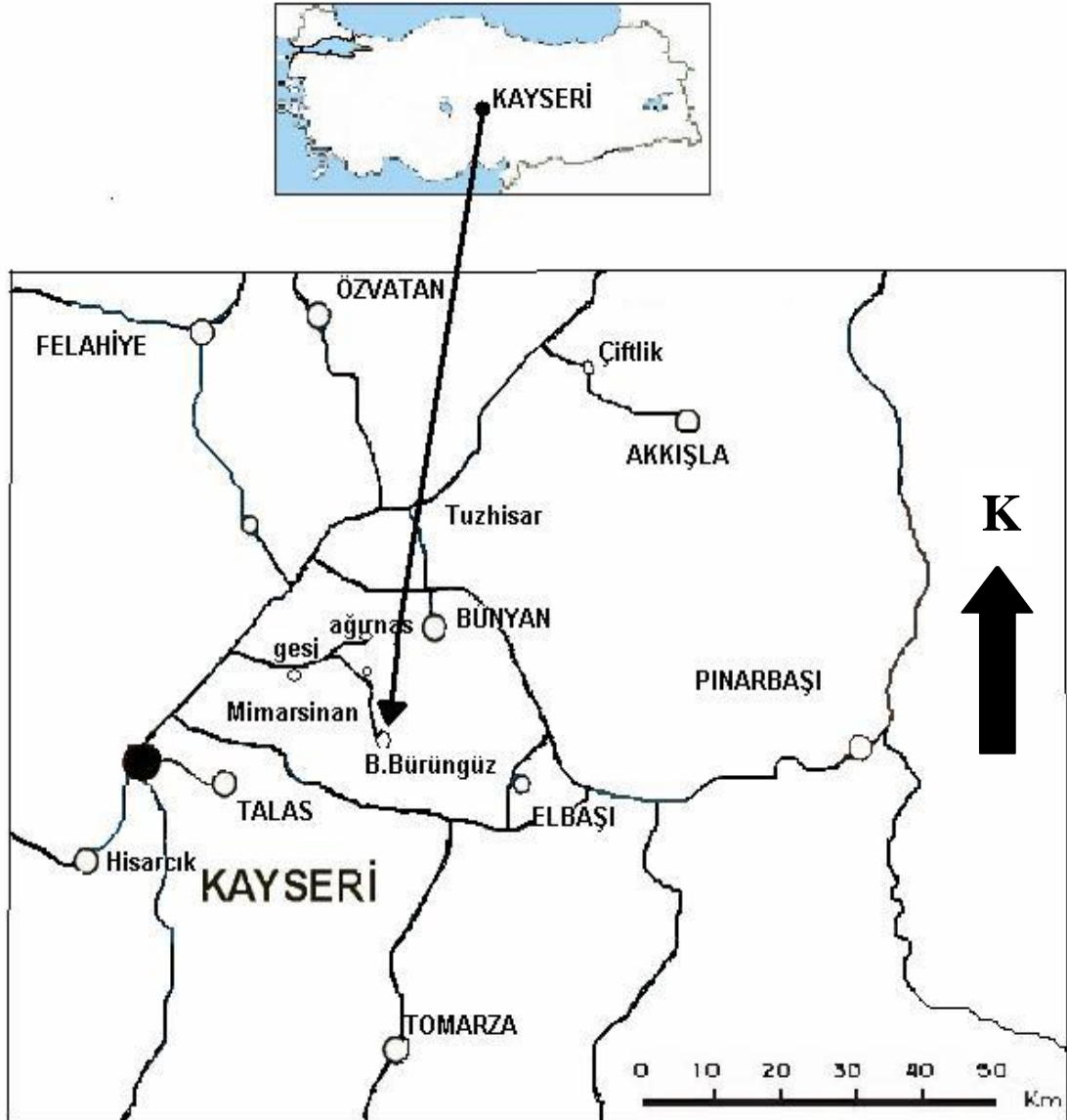


Şekil 2.3. Kayseri Bölgesindeki tüf ocağı

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışma alanı Orta Anadolu'nun güneydoğusunda yer alan Kayseri ili sınırları içerisindedir (Şekil 3.1). Erciyes Dağı'nın kuzey eteklerinde kurulu olan Kayseri ilinin İncesu, Develi, Tomarza, Talas ilçeleri ve Hacılar, Hisarcık nahiyeleri söz konusu alan içerisinde yer alan büyük yerleşim birimleridir. Parazit koniler genellikle ana tektonik hatlar ile uyumlu bir uzanım sunmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Bölgenin en yaşlı birimleri güneyde Yahyalı ilçesi dolayında yüzeyleyen Devoniyen yaşlı az metamorfik şistler ve kireçtaşlarıdır. Devoniyen birimleri üzerine Yahyalı doğusunda Özbek köyü dolayında Permo - Karbonifer yaşlı kumtaşı, kuvarsitli ve marnlı kireçtaşları yüzeyleyler. Permo - Karbonifer yaşlı birimler Koramaz Dağında da yüzeyleyler ve yarı metamorfik kireçtaşı ve kalkşistler halindedir (Ketin, 1963). Lebküchner (1956), Koramaz Dağında glokofaşıst bulunduğunu belirtmiştir.

Yetiş (1978a, b), Ecemiş Fay Kuşağı doğu bloğunda, Maden Boğazı kuzey kesimlerinde koyu gri - siyah renkli, kireçtaşı - dolomit yapıllı Permo – Karbonifer yaşlı birimlerin yüzeyleydiğini bildirmiştir.

Erciyes Dağını çevreleyen platoları meydana getiren volkanik fasiyesteki Neojen yaşlı birimler kireçtaşı, kil, marn, tuf aralanmasından ibaret olup, Erkilet yöresinde 400 m kalınlığa erişir. Birim içerisinde Ponsiyen'i temsil eden Hipparion Gracile, Rhinoceros fosilleri bulunmuştur (Yalçınlar, 1950).

Birimdeki volkanik fasiyes üst düzeylere doğru artmakta ve en üstte ignimbiritler yer almaktadır. Kayseri - Nevşehir arasında kalan sahadaki yaygın volkanizmanın genel olarak Geç Miyosen'de başladığı bildirilmektedir. Erciyes Yanardağı konisi dışında kalan bu sahanın batısındaki volkanik etkinlik andezitik lavlarla başlamıştır (Batum, 1978). Kuzeyde Erkilet yöresi ise tuf ve ignimbiritler tarafından örtülmüştür. Geniş platoları meydana getiren tuf ve ignimbiritler en yaygın birimi oluştururlar. Gesi güneydoğusunda bunlar içerisinde açılan vadilerde olivin bazaltlar yüzeyleyler. Batıda Oludağ bazaltı (Pasquare, 1968), kuzeyde Erkilet yöresinde ise doleritik tuf ve ignimbirit serisi üzerine gelir. Doğuda Koç dağı andezit akıntılarıyla Erciyes Volkanik kompleksi bunların üzerinde kurulur.

Kayseri ve çevresinde bulunan kayaçların fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla kullanılan kayaçların isim, köken ve alındıkları bölgeler Çizelge 3.1'de, kullanılan numunelerin makro resimleri de Şekil 3.2' de verilmektedir. Çalışmalar sırasında 18 farklı tuf türü ve 3 farklı bazalt türü kullanılmıştır. Bazaltlar Erkilet ve Nevşehir' den temin edilmiş olup; tuf kayaçları ise yine aynı şekilde Kayseri ve yakın İlçelerinden temin edilmiştir. Bazalt grubu olarak yalnızca, Erkilet Bölgesinden alınan numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır. Kayseri

ili ve yakın çevresindeki Bölgelerden ise, Koçcağız, Tomarza, Kuruköprü, Başakpınar, Kamber tüfleri temin edilerek bu kayaçlar üzerinde deneyler yapılmıştır.

Bölgenin en sert yapıtaşı olarak bilinen Erkilet bazaltının fiziko mekanik özellikleri araştırma bulgularında verilmiştir. Erkilet bazaltına yakın özelliklerde bulunan Nevşehir tüfü ise hemen hemen Erkilet Bölgesinden alınan numuler ile karşılaştırıldığında yakın sonuçları içerdiği görülmektedir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kayaçlar

No	Kayaç cinsi	Alındığı Bölge
1	Koçcağız siyah	Kayseri bölgesi
2	Tomarza sarı	Kayseri bölgesi
3	Tomarza kahve	Kayseri bölgesi
4	Koçcağız gri	Kayseri bölgesi
5	Tomarza füme	Kayseri bölgesi
6	Başakpınar gri	Kayseri bölgesi
7	Koçcağız pempe	Koçcağız bölgesi
8	Tomarza lila	Tomarza bölgesi
9	Erkilet bazalt(füme)	Erkilet bölgesi
10	Başakpınar sarı	Kayseri bölgesi
11	Tomarza kahve	Tomarza bölgesi
12	Nevşehir bazaltı	Nevşehir bölgesi
13	Erkilet pembesi	Erkilet bölgesi
14	Koçcağız sarı	Koçcağız bölgesi
15	Başakpınar kırmızı	Kayseri bölgesi
16	Kuruköprü gri	Kayseri bölgesi
17	Başakpınar siyahı	Kayseri bölgesi
18	Kamber gri	Kamber bölgesi
19	Tomarza siyahı	Tomarza bölgesi
20	Erkilet bazalt	Erkilet bölgesi
21	Başakpınar kahve	Kayseri bölgesi



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan kayaçlar

3.2. Metod

Doğal taş ocağından alınan numuneler, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan taş kesme makineleri yardımı ile deneyler için, dikdörtgen ve küp numuneler şekline getirilmiş ve bu numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri, deney aletleri kullanılarak tespit edilmiştir.

İlk etapta deneyler için standartta belirtilen boyutlarda örnekler hazırlanmış ve daha sonra TS 699 standardına uygun olarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Bulunan deneyler sonuçları yapı ve kaplama taşı standartları olan; TS 10834 ve TS 11135

standartlarındaki verilerle karşılaştırılarak bu tüf ve bazaltların; yer döşemesi, duvar kaplaması, merdiven basamağı v.b. kullanım alanlarına uygun olup olmadığı araştırılmıştır.

3.2.1. Fiziksel Özellikler

Kayseri bölgesinden sistematik olarak alınıp laboratuara getirilen örnek numunelerin fiziksel özellikleri tayin edilmiştir. Kayseri bölgesinden alınarak fiziko-mekanik deneyler için hazır hale getirilen numunelerin görüntüsü Şekil 3.3' te verilmiştir.



Şekil.3.3. Kayseri Bölgesinden alınarak fiziko-mekanik deneyler için hazır hale getirilen numunelerin görüntüsü

3.2.1.1 Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Birim hacim ağırlık deneyi, kaya örneklerinin (küp, silindir, dikdörtgenler prizması) kütleli birim hacim ağırlığının tayini amacı ile yapılmıştır. Deneyde; ölçüm kumpas aleti (0,1 mm hassasiyette), terazi (0,1 g hassasiyette) ve etüv (105 ± 5 °C kapasiteli) kullanılmıştır. Öncelikle deney numunelerinin boyutlarının her biri, birbirine dik doğrultuda ölçülmüş ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Bulunan ortalama boyutlardan da deney numunelerinin hacimleri hesaplanmıştır. Kuru birim hacim ağırlık tayini için numuneler 105 °C'ye ayarlanmış etüvde en az 12 saat kurutulduktan sonra tartılmıştır. Numunelerin doygun birim hacim ağırlığının belirlenmesi amacıyla, numuneler 24 saat suda bekletilerek yüzeylerindeki su tanecikleri hafifçe havlu ile silinerek tartılmıştır. Bu işlemler her bir numune için üç kez tekrarlanarak ortalamalar bulunmuştur. Elde edilen veriler kullanılarak numunelerin doygun ve kuru birim hacim ağırlık (ρ) değerleri eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\rho = \frac{W}{V} \quad (3.2)$$

Burada;

ρ : Birim hacim ağırlık, (g/cm³),

W : Örnek ağırlığı, (g),

V : Hacim, (cm³).

3.2.1.2. Su Emme Tayini

Ağırlıkça su emme deneyi, kaya örneklerinin ağırlıklarına oranla boşlukların alabileceği su miktarının saptanması amacıyla yapılmıştır. Deneyde ölçüm kumpas aleti (0,1 mm hassasiyette), saf su (450 ml), terazi (0,1g hassasiyette) ve etüv (110 ± 5 °C kapasiteli) kullanılmıştır. İlk olarak kayaç örneğinin çapı ve boyu kumpas ile ölçülmüştür. Daha sonra ağırlıkları terazide belirlenerek hacimleri hesaplanmıştır. Numuneler saf su içerisine konularak 12 saat bekletilmiştir. 12 saat sonunda örnekler

saf su içerisinde çıkarılarak, suya doymun yüzeyleri kâğıt havlu ile hafifçe kurulandıktan sonra ıslak ağırlıkları terazide belirlenmiştir. Numuneler sıcaklığı 105 °C'ye ayarlanmış fırında en az 12 saat kurutulduktan sonra hassas terazide tartılmıştır. Ağırlıkça su emme oranları eşitlik 3.3 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$A_w = ((W_d - W_k) / W_k) \times 100 \quad (3.3)$$

Burada;

W_d : Suda doyurulmuş örnek ağırlığı, (g),

W_k : Kuru örnek ağırlığı, (g),

A_w : Ağırlıkça su emme oranı, (%).

3.2.1.3. Gözeneklilik Tayini

Porozite ve boşluk oranı deneyi, düzenli bir geometriye sahip kayaç örneklerinin gözenekliliğinin ve boşluk oranının saptanması amacıyla yapılmıştır. Bu deneyde cam beher, ölçüm kumpas aleti (0,1 mm hassasiyette), saf su (beheri dolduracak miktarda), kâğıt havlu, desikatör, terazi (0,1 g hassasiyette), ve fırın (110 ± 5 °C kapasiteli) kullanılmıştır.

Deney öncesi küp kayaç örneğinin çapı ve boyu ölçüm kumpası kullanılarak birbirine dik iki ayrı yönde ölçülerek ortalaması alınmıştır. Örnekler, sıcaklığı 105 °C'ye ayarlanmış fırında en az 12 saat kurutulmuştur. Daha sonra havadan nem almadan soğuması için 30 dakika desikatörde tutulmuştur. Sonra hassas terazide tartılarak kuru ağırlığı belirlenmiştir.

Numune su dolu beherin içinde 48 saat bekletilip suya doymun hale getirildikten sonra kâğıt havlu ile yüzey, kurulanıp hassas terazide tartılarak doymun ağırlığı belirlenmiştir. Bu işlemler her bir numune için üçer kez tekrarlanarak ortalama değerler tespit edilmiştir.

Görünür gözeneklilik (n) eşitlik 3.4, boşluk oranı (e) eşitlik 3.5 ve boşlukların hacmi eşitlik 3.6 kullanılarak belirlenmiştir.

Eşitlik 3.4 - 3.6 yardımıyla hesaplanmış olup; birimlerin açıklanması aşağıda verilmiştir.

$$n = \frac{V_v}{v} \times 100 \quad (\%) \quad (3.4)$$

$$e = \frac{n}{100 - n} \quad (3.5)$$

$$V_v = \frac{W_d - W_k}{\rho_w} \quad (\text{m}^3) \quad (3.6)$$

Burada;

W_d : Doygun ağırlık, (g),

V_v : Kütleli hacim, (10^{-9}m^3),

W_k : Kuru ağırlık, (g),

ρ_w : Suyun özkütlesi, (g/cm^3).

3.2.1.4. Sonik Hız Deneyi

Ultrasonik teknikler uzun yıllardır madencilik bilminde ve jeoteknik uygulamalar içinde kullanılmaktadır. Bunlar, jeofizik çalışma alanlarında ve kayaçların dinamik özelliklerinin laboratuardaki saptanmasında kullanılır. Bu teknikler, uygulanmasının kolaylığı ve malzemenin örselenmemesinden dolayı, jeoteknik mühendisliğinde gittikçe artarak kullanılmaya başlanmıştır. Denemeler, dolgu tayininde, kaya saptaması donatılarında, kaya kütlelerindeki püskürme etkinliğinde ve kaya sınıflamalarında sismik hızın saptanması ile yapılmaktadır. Kaya kütle deformasyonu ve basıncının tahmini, yeraltı açıklıklarının etrafında gelişmiş çatlak zonlarının büyüklüğü (uzunluğu), kayacın su içerme derecesinin saptanması ve çatlak kaya kütle karakteristiği sismik tekniklerin uygulandığı diğer bazı uygulamalardır.

P dalga hızı laboratuarlarda doğrudan ya da dolaylı olarak ölçülebilir. Dolaylı yöntemler doğrudan yöntemlere göre daha kolaydır. Bu nedenle eğer doğrudan P dalga hızı ile dolaylı P dalga hızı arasında güçlü bir ilişki kurulabilirse, doğrudan P

dalga hızı değeri, dolaylı ölçümlerden tahmin edilebilir ve böylece ölçümleri daha da kolaylaştırabilir (Kahraman, 2002).

Kayaçların dinamik elastisite katsayıları, silindirik veya kübik olarak hazırlanan deney örnekleri üzerinde ultrases ölçüm değerlerinin analizi ile belirlenmektedir. Alt ve üst yüzeyleri hassas şekilde düzeltilmiş örnekler, bu yüzeylere gres sürülerek sismik analizatörü (alıcı-verici) arasına verici yerleştirilerek impuls'un geçme süresine bağımlı olarak sismik hız ölçüm aletinin kalibrasyonu yapılır (Şekil 3.4). Sonrasında, deney örnekleri her iki transdüsur uçları arasına yerleştirilerek, P ve S dalga hızlarının örneği bir uçtan diğer geçmesi için gerekli net süreler belirlenerek kaydedilir. Bulunan bu değerler kullanılarak dalga hızları aşağıdaki eşitlik 3.7 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$V = \frac{L}{T} \quad (3.7)$$

Burada;

V= P ve S dalga hızı, m/sn,

L= Örnek kalınlığı, m,

T= Dalganın örneği geçme zamanı, sn.



Şekil 3.4. Sonik hız ölçmede kullanılan pundit cihazı

3.2.2. Mekanik Deneyler

3.2.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanım Deneyi

Basınç Mukavemeti deneyi için kullanılacak malzemenin kondisyonunu sağlamak amacı ile değişmez kütleye gelinceye kadar etüvde kurutulması sağlanmalıdır.

Kesici Cihaz: Deney numuneleri düzgün küp veya silindir şeklinde, ıslak yöntemle kesilmesine elverişlidir.

Aşındırıcı Cihaz: Deney numunelerinin özellikle basınç uygulanacak yüzeylerinin tam düzlem olacak şekilde ıslak yöntemle aşındırılmasına elverişlidir.

Kumpas: Kolları basınç mukavemeti deney numunelerinin en büyük boyutunu ölçebilecek uzunlukta ve 0,1 mm hassasiyettedir.

Basınç Deney Presi: Yeterli kapasitede ve üst başlığı mafsal ile donatılmış, uygulanan yükün en az %1'i kadar hassasiyettedir.

Basınç mukavemeti deneyi için genellikle kenarları yaklaşık 70 mm olan küp deney numuneleri kullanılır. Ancak ayrıtları 50 mm'den küçük olmayan küp numuneleri ile yükseklik/çap oranı 1/1'den küçük olmayan silindirik deney numuneleri de kullanılabilir. İri kristalli taşlarla, bünye yapısı değişik özellikler ve iri gözenekler gösteren taşlarda ise, küp deney numunelerinin kenarları ile silindirik deney numunelerinin çap ve yükseklikleri yaklaşık 100 mm olmalıdır. Bu şekilde hazırlanan ve kondisyonlanan deney numunelerinin basınç uygulanacak yüzeylerinin boyutları kumpas yardımıyla 0,1 mm hassasiyetle ölçüldükten sonra deney presinin tablaları arasına ve tam ortaya gelecek şekilde yerleştirilir (Şekil 3.5). Yük, basınç gerilmesi saniyede yaklaşık 10 kgf/cm²- 12 kgf/cm² (1,0 N/mm²- 1,2 N/mm²) artacak şekilde ve çarpmasız olarak deney numunesi kırılıncaya kadar uygulanır. Pres göstergesinden okunan en büyük yük tespit edilir (pk).

Tabii yapı taşının basınç mukavemeti aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

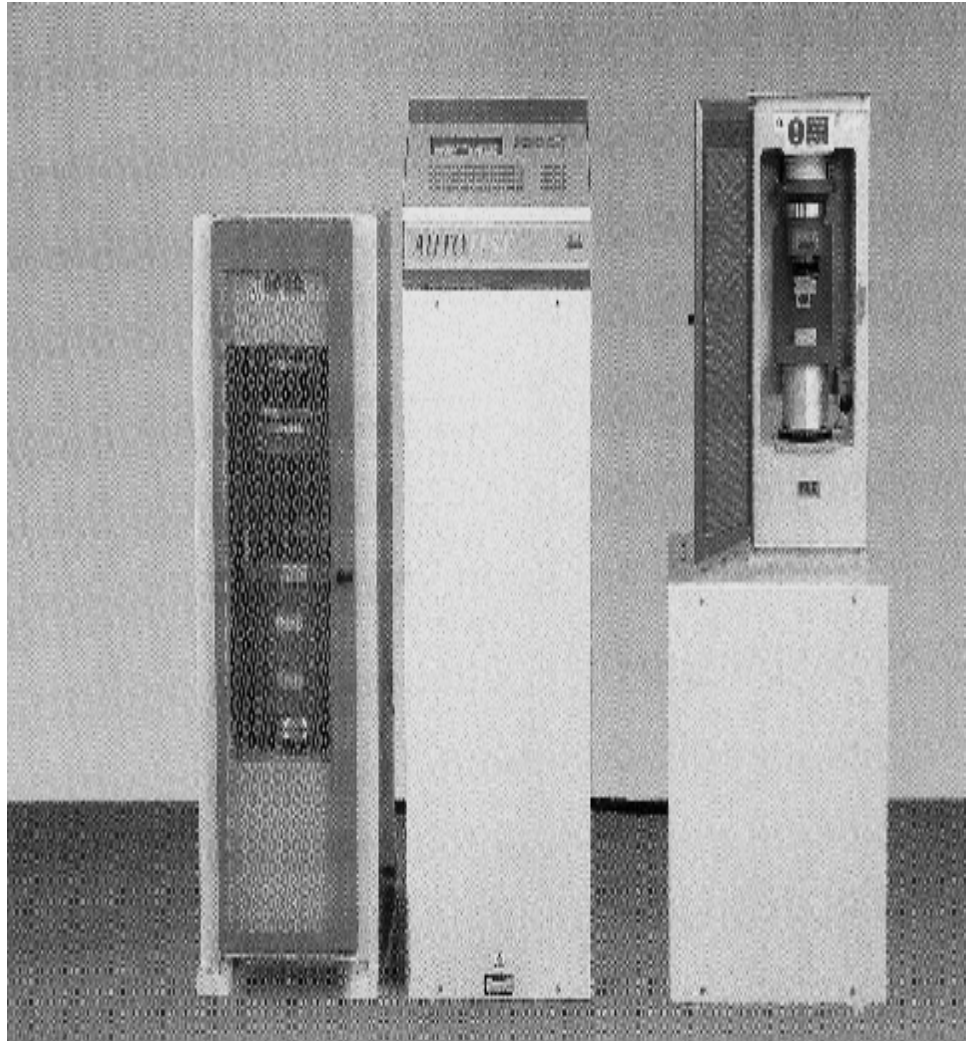
$$f_b = \frac{P_k}{A} \quad (3.8)$$

Fb: Taşın basınç mukavemeti (kgf/cm²)

Pk: Kırılmaya sebep olan en büyük yük (kgf),

A: Taşın yük uygulanan yüzünün alanı (cm^2).

Taşın basınç mukavemeti formülü eşitlik 3.8'de belirtilmiştir. Bu eşitlikte de belirtildiği gibi; kırılmaya sebep olan en büyük yükün yük uygulanan yüzeyini alanına oranı taşın basınç mukavemetini vermektedir. Kayaçların dayanımı denilince genellikle Tek Eksenli Basınç Dayanımı anlaşılmaktadır ve simgesi (σ_c)'dir. Tek eksenli basınç deneyinden kayaların içsel sürtünme açısı (ϕ) ve kohezyonu da (c) yaklaşık olarak bulunabilir. Basınç mukavemeti deneyi için kullanılan ekipman Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Basınç mukavemeti deneyi için kullanılan ekipman

Basınç dayanımı, üzerlerine uygulanan basınç yüklerine karşı kayaların kırılmadan önceki, dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Bu deneyde amaç, L/D oranı 2-2,5 olan düzgün geometrik biçimli kayaç örneklerinin (silindir, küp veya prizma şeklinde), tek eksenli ve düşey olarak uygulanan yükler altında dayanım sınırlarının bulunmasıdır. Kayaçların basınç dayanımının bulunması, hem sınıflama hem de tasarım açısından oldukça gereklidir.

Kayaçların dayanımı denilince genellikle Tek Eksenli Basınç Dayanımı anlaşılmaktadır ve simgesi (σ_c)'dir. Tek eksenli basınç deneyinden kayaların içsel sürtünme açısı (ϕ) ve kohezyonu da (c) yaklaşık olarak bulunabilir.

Kayaçların basınç dayanımına etki eden jeolojik özellikler;

- Litoloji,
- Süreksizlik,
- Su içeriği,
- Çimentolanma ve kristallenme derecesi,
- Homojenite,
- izotropluk,
- Ayrışma derecesi,
- Yükseklik/Çap oranı (L/D için en uygun değer 2–2.5),
- Yükleme hızı,
- Numunenin alt ve üst yüzeylerinin nitelikleri,

Ayrıca numunelerin üzerinde yapılan deneyler de basınç dayanımını etkiler. Deney sırasında numune üzerine düşey olarak yük uygulayabilecek ve bu yükleri ölçebilecek bir hidrolik test makinesi, test makinesine monteli küresel başlık veya karot çapına uygun küresel yüzeyli çelik diskler veya silindirler, gerektiğinde yükleme hızının kontrolü için kronometre, 0.1 mm hassasiyetinde kumpas, deformasyon ölçüme aleti (dial gauge) kullanılmaktadır. Numuneler doğal nemini koruyacak biçimde saklanmalı ve bu süre en fazla 30 gün olmalıdır. Deney yapılacak numunenin boyu ve çapı kumpas ile birbirlerine dik iki yönde ayrı ayrı ölçülerek bu değerlerin ortalaması alınarak kesit alanı hesaplanır. Numune, test makinesinin ortasındaki yükseltme plakasının üzerine merkezlenerek yerleştirilir. Eğer test makinesinin tavanına monte edilmiş büyük küresel başlık yoksa küçük boyutlu ve küresel yüzeyli iki çelik silindir

numunenin üzerine konur ve plakalar ile numune arasında boşluk kalmayacak şekilde numune test makinesine sabit bir şekilde yerleştirilir. Numune 5 ila 10 dakika arasında yenilecek şekilde (5 – 10 cm²/sn) sürekli olarak sabit bir gerilme hızında yük uygulanır. Numune yenildiği anda yükleme durdurulup yenilme yükü göstergeden okunur.

Tek eksenli basınç dayanım deneylerinde, numuneler üzerinde birim deformasyon ölçer (strain gauge) yapıştırılmak suretiyle, deney numunelerine uygulanan tek eksenli basınç gerilmesine karşı yatay genleşme oranları belirlenebilmektedir. Bu veriler, kayaçların poisson oranını belirlemede kullanılır. Ayrıca düşey genleşme oranlarının da ölçümü ile kayaç numuneleri için genleşme, gerilme diyagramları elde edilebilmekte ve buradan kayacın deformasyon özellikleri ile Young Modülü belirlenebilmektedir .

Kayaçların elastisite (Young) modüllerinin belirlenebilmesi için tek eksenli basınç deneyinin yapıldığı sırada test cihazına ilave olarak, en az 2 mm boy değişimini 0,002 mm hassasiyetle ölçebilen, ibreli veya dijital deformasyon ölçer (boy değişimi ölçer) cihaza gerek duyulur. Cihaz pres tablasına uygun şekilde yerleştirilir. Hazırlanan numunelerde 0,1 mm hassasiyetle ölçülüp pres tablasına konulur. Önce 10 kgf (100 N)'lik bir kuvvet uygulanarak numune sıkıştırılır ve deformasyon ölçer alet sıfırlanır. Numuneye darbesiz ve sürekli olacak şekilde yük uygulanır. Deformasyon ölçerde boy değişimleri takip edilir ve genellikle 500 kgf (5000 N) yük artışlarındaki boy değişimleri (ΔL) en az 0,002 mm hassasiyetle kaydedilir. Ölçüm yapılan yüklerdeki P basınç gerilmeleri ile bunlara karşılık gelen boy değişim oranları aşağıdaki 3.9'daki eşitlik yardımı ile hesaplanır.

$$e = \frac{\Delta L}{L} \quad (3.9)$$

Burada;

L : ilk boy, (mm),

ΔL : Boy değişimleri, (mm),

e : Birim deformasyon.

Gerilme - Birim deformasyon eğrisi yüksek ve düşük gerilmelere karşılık gelen bölgelerde doğrusal değildir. Bu nedenle "Elastiklik Modülü" (Young Modülü) değişik hesaplama metotlarıyla yapılır.

Bulunan e değerleri apsiste, s değerleri de ordinatta gösterilerek "Gerilme-Birim deformasyon eğrisi " çizilir.

3.2.2.2. Eğilme Dayanımı Deneyi

Eğilme dayanımı; standart boyutlardaki mermerlerin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mermerin kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plakalar şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü, plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe mermerin eğilme dayanımına göre tespit edilebilmektedir.

Kayaçların eğilme dayanımlarının belirlenmesi için TS 699'a uygun olarak 30 mm x 100 mm x 200 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Her bir kayaçtan 10'ar adet hazırlanmıştır. İlk olarak numunelerin boyutları kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Daha sonra numuneler eğilme deney cihazının deney presi tablaları arasına yükleme ortadan uygulanacak şekilde yerleştirilmiştir. Alt mesnetler de merkezleri arasındaki uzaklık 180 mm ve birbirlerine paralel olacak şekilde sabitleştirilmiştir. Deney numunelerinin üzerine yaklaşık 5 kg kuvvetlik yük verilerek mesnetlerin tam yerleşmesi sağlanmıştır. Son olarak da yük artışı 450 kg'ı geçmeyecek şekilde artırılarak, kırılma anındaki yük değeri kaydedilmiştir. Bulunan deney sonuçları aşağıda verilen eşitlik yerine konularak hesaplanmıştır. Eğilme dayanımı düzeneği Şekil 3.6'da verilmiştir.

$$\sigma_{EĞ} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (3.10)$$

Burada:

$s_{EĞ}$ = Kayacın eğilme dayanımı, kg / cm²,

P = Kırılmaya neden olan en büyük yük, kg,

L= Deney numunesinin mesnetler arası mesafesi, cm,

b= Deney numunesinin genişliği, cm

h= Deney numunesinin kalınlığı, cm



Şekil 3.6 Egilme dayanımı deney düzenegi

3.2.2.3. Nokta Yük Dayanımı

Bu deney kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yükü dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılır. Nokta-yükü dayanım indeksi tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde de kullanılır.

Standart Nokta Yükleme Aleti: Yükleme pompası, yük göstergesi, gövdesi, konik başlıkları ve ölçüm cetvelinden oluşan alet, Ölçüm Kumpası: (0,1 mm hassasiyette)

Bu deney için silindirik karot örneklerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli örneklerde kullanılabilir. Ayrıca, karot örneği konik yükleme başlığı altına karot eksenine dik veya paralel konumda yerleştirilebilir. Bu nedenle nokta yükleme deneyi;

Çapsal deney (karot eksenine dik yönde yükleme)

Eksenel deney (karot eksenine paralel yönde yükleme)

Blok ve düzensiz örneklerle deney

Laboratuar çalışmasında çapsal deney uygulanmıştır.

Çapı kumpas ile ölçülen örnek konik uçlar arasına karotun eksenine dik yönde yerleştirilir. Konik uçlar ile örnek arasında açıklık kalmaması için pompa kullanılarak silindirik yüklem tablası yükseltilir. Nokta yük indeksi ve boyut düzeltme eşitlikleri 3.11 ve 3.12’de belirtilmiştir. Nokta yük deney cihazı Şekil 3.7’de belirtilmiştir.



Şekil 3.7. Nokta yük deney cihazı

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (3.11)$$

$$F = \left[\frac{D_{e(mm)}}{50} \right]^{0.45} \quad (3.12)$$

$$I_s(50) = F \times I_s$$

De = Eşdeğer çap (mm),

P= Yenilme yükü (kN),

F= Boyut düzeltme faktörü,

Is =Düzeltilmemiş nokta yük dayanımı (MPa),

Is₍₅₀₎= Düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi (MPa).

3.2.2.4. Aşınma Dayanımı

Kayaçların yüzey aşınma dayanımlarının belirlenmesi için TS 699'a uygun olarak 5'er adet numune hazırlanmıştır. İlk olarak numuneler 105 °C de etüvde kurutulmuştur. Daha sonra numunelerin kalınlıkları ölçülmüştür. Hazırlanan deney numuneleri aşındırma cihazının numune tutucu çerçevesi içine yerleştirilmiştir. Her bir devir için 20 gr aşındırma tozu sürtünme şeridi üzerine serpilmiştir. Çelik manivela aracılığı ile deney örneği üzerine 30 kg'lık yük uygulanarak örneğin sürtünme şeridine 0,6 kg/cm² lik bir basınç ile bastırılması sağlanmış ve disk döndürülmüştür. 22 devir sonunda otomatik olarak duran disk üzerinden aşındırma tozu ve numune artıkları temizlemiştir. Her örnek için 22 devirlik 20 aşınma periyodu, yani 440 devir uygulanmıştır. 440 devir sonunda deney numuneleri sert bir fırça ile temizlenerek kalınlıkları tekrar ölçülmüş ve meydana gelen aşınma miktarları hacimsel olarak tespit edilmiştir.

Deneylelerdeki ağırlık kaybından (Δm), hareketle hacim azalması (ΔV) olarak belirtilmiş olup; eşitlik 3.13 ve 3.14 kullanılarak hesaplanmıştır. Bu deneyin yapılması sırasında kullanılan böhme yüzey aşındırma aleti Şekil 3.8' de verilmiştir.

$$\Delta m = M_i - M_s \quad (3.13)$$

$$\Delta m = \Delta V / dh \quad (3.14)$$

Burada;

Δm : 50cm'lik yüzeyde meydana gelen aşınma oranı, (g/cm²),

M_i : Numunenin aşınma öncesi ağırlığı, (g),

M_s : Numunenin aşınma sonrası ağırlığı, (g),

dh : Numunenin birim hacim ağırlığı, (g/cm³),

ΔV : Numunenin 50cm'lik yüzeyindeki hacim kaybı, (cm³/50cm²).



Şekil 3.8. Böhme yüzey aşındırma aleti

3.2.2.5. Darbe Dayanımı

Darbe dayanımı; standart boyutlardaki kayaçların belirli bir doğrultuda gelen darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Kayaçların kullanım alanlarının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

Kayaçların darbe dayanımlarının belirlenmesi için şiştözite düzlemine paralel veya dik konumda alınan 40 x 40 x 40 mm boyutlarındaki küp numuneler kullanılmaktadır. Darbe dayanımı deneyleri Şekil 3.9'da da şematik görünümü verilen darbe dayanımı deney düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Örnek numuneler Şekil 3.9'da görülen darbe dayanımı deney düzeneğinde örsün üzerindeki örnek yuvasına yerleştirilir ve bunun üzerine çelik paka konularak deney tokmağı aşağıdaki eşitlikten hesaplanan yükseklikten düşürülür: Darbe dayanımı eşitliği 3.15'de verilmiştir.

$$H= 0.04V \quad (3.15)$$

Burada ;

H: Tokmağın düşme yüksekliği; cm,

V: Deney numunesinin hacmi; cm³

Birinci darbeden sonraki takip eden her darbede düşme yüksekliği, bir evvelki yüksekliğin, ilk düşme yüksekliği (H) kadar artırılmasıyla elde edilir. Deney numunesi kırılmaya kadar bu işleme devam edilir ve darbe sayısı tespit edilir. Düşme yüksekliğinin artırılmasına rağmen geri sıçrama miktarı artmaz veya azalır; kırılma, çatlama veya pullanma olursa deney numunesi kırılmış sayılır. Bu son darbe, darbe sayının (n) hesaplanmasında dikkate alınmaz. Darbe dayanımı ise 3.16'daki eşitlik ile belirlenebilmektedir:

$$D_n = n \cdot (n+1) \quad (3.16)$$

Burada;

D_n: Kayacın darbe dayanımı, kg cm/ cm³

n: Kırılmaya sebep olan darbe sayısı.



Şekil 3.9. Darbe dayanımı deney aleti

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasında Kayseri yöresinde kullanılan kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş olup ve bunlara bağlı olarak ta tüm numunelerin korelasyon katsayıları belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında toplam 21 tür kayaç, fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek, bu özelliklerinin yardımı ile sınıflandırılmış ve tüm bu çalışmalar neticesinde benzer özelliklere sahip kayaçlar 2 ana grupta incelenmiştir. Buna göre;

· Mağmatik Kayaçlar: Bu grup oluşturulurken fiziko mekanik deneyler neticesinde magma kökenli derinlik, yarı derinlik ve yüzey kayaçları aynı sınıfta değerlendirilmiş, Bazalt, Bazaltik tuf isimli kayaçlardan bu grup oluşturulmuştur.

· Tuf Grubu Kayaçlar: Bu gruptaki kayaçların tamamı fiziko mekanik analizler neticesinde tuf olarak adlandırılmış ve bu grupta değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Andezitik Tuf, Riyolitik Tuf (Sarı), Dasitik Tuf (Gri), Dasitik Tuf (Pembe), RiyolitikTuf (Krem) isimli kayaçlar bu grubu temsil eden kayaçlardır.

Tez çalışmasının gerçekleştirilmesi amacıyla, araziden alınan örneklerden, ilk aşamada taş işleme atölyelerinde küp ve plaka şeklinde hazırlandı.

İkinci aşamada, küp örnekler laboratuarda standartlara uygun olarak hazırlanmıştır. Üçüncü aşamada, TSE standartlarına uygun olarak hazırlanan küp ve plaka şeklindeki bu örnekler ait fiziko-mekanik özellikler belirlenmiştir. Son aşamada ise Kayseri bölgesinin kayacı yapı malzemesi olarak kullanılması incelenmiştir.

4.1. Fiziksel Özellikler

Kayseri yöresinden getirilen örnekler, laboratuarda standartlara uygun olarak kesilerek 21 kayaç örneği üzerinde deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir. Kayaçlara hem kuru halde hem de suya doygun halde deneyler yapılarak fiziksel özellikleri belirtilmiştir. Fiziksel özellikler arasında numunelere; birim hacim ağırlık deneyi, ağırlıkça su emme oranı, sonik hız ve porozite (gözeneklilik derecesi) deneyleri uygulanmıştır.

4.1.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Araziden alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan örnekler Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarları'nda birim hacim ağırlık deneyine tabii tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre uygun bağıntılar kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar doymun ve kuru haldeki birim hacim ağırlık deney sonuçları Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan kayaçların birim hacim ağırlıkları

No	Kayaç Adı	DHB (gr/cm ³)	KBH (gr/cm ³)
1	Koççağız siyah	1,789 ± 0,010	1,440 ± 0,017
2	Tomarza sarı	1,992 ± 0,030	1,768 ± 0,001
3	Tomarza kahve	2,099 ± 0,030	1,950 ± 0,028
4	Koççağız gri	1,948 ± 0,010	1,710 ± 0,029
5	Tomarza füme	2,060 ± 0,050	1,860 ± 0,008
6	Başakpınar gri	2,135 ± 0,030	1,990 ± 0,024
7	Koççağız pempe	2,105 ± 0,040	1,890 ± 0,010
8	Tomarza lila	2,061 ± 0,010	1,890 ± 0,010
9	Erkilet bazalt(füme)	2,633 ± 0,030	2,590 ± 0,001
10	Başakpınar sarı	1,696 ± 0,020	1,360 ± 0,010
11	Tomarza kahve	2,092 ± 0,010	1,910 ± 0,008
12	Nevşehir bazaltı	2,728 ± 0,020	2,690 ± 0,001
13	Erkilet pembesi	2,103 ± 0,020	1,860 ± 0,010
14	Koççağız sarı	1,843 ± 0,010	1,570 ± 0,010
15	Başakpınar kırmızı	1,887 ± 0,020	1,600 ± 0,001
16	Kuruköprü gri	2,129 ± 0,010	1,960 ± 0,001
17	Başakpınar siyahı	2,180 ± 0,010	2,020 ± 0,002
18	Kamber gri	1,846 ± 0,010	1,550 ± 0,001
19	Tomarza siyahı	1,783 ± 0,070	1,410 ± 0,040
20	Erkilet bazalt	2,610 ± 0,020	2,610 ± 0,020
21	Başakpınar kahve	2,048 ± 0,020	1,850 ± 0,050

Araziden alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan örnekler Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarları'nda birim hacim ağırlık deneyine tabii tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre uygun bağıntılar kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar doymun ve kuru haldeki birim hacim ağırlık deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

Deney sonuçlarına göre; tüf grubu kayaçların birim hacim ağırlıkları suya doymun halde 1,696-2,135 gr/cm³, kuru halde ise, 1,360-1,990 gr/cm³ çıkmıştır. Bazalt türü kayaçların birim hacim ağırlıkları suya doymun halde 2,610- 2,728 gr/cm³, kuru halde ise, 2,610-2,690 gr/cm³ çıkmıştır.

4.1.2. Ağırlıkça Su Emme Oranı

Kayseri Bölgesinden alınan numunelerin ağırlıkça su emme oranının belirlenmesi için yapılan deney sonuçları Çizelge 4.2.' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Alınan numunelerin ağırlıkça su emme oranı değerleri (Aw)

No	Kayaç Adı	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)
1	Koçcağız siyah	23,39
2	Tomarza sarı	13,25
3	Tomarza kahve	9,56
4	Koçcağız gri	14,74
5	Tomarza füme	10,44
6	Başakpınar gri	7,42
7	Koçcağız pempe	12,73
8	Tomarza lila	9,88
9	Erkilet bazalt(füme)	1,21
10	Başakpınar sarı	25,39
11	Tomarza kahve	9,40
12	Nevşehir bazaltı	0,85
13	Erkilet pembesi	12,89
14	Koçcağız sarı	17,81
15	Başakpınar kırmızı	18,26
16	Kuruköprü gri	8,54
17	Başakpınar siyahı	7,19
18	Kamber gri	18,80
19	Tomarza siyahı	23,43
20	Erkilet bazalt	2,71
21	Başakpınar kahve	11,18

Kayseri Bölgesinden alınan numunelerin ağırlıkça su emme oranının belirlenmesi için yapılan deney sonuçları aşağıda verilmiştir. Tüf grubu kayaçların ağırlıkça su emme oranı % 7,19-25,39 arasında, bazalt grubu kayaçların ise ağırlıkça su emme oranı % 0,85-2,71 arasındadır.

Tüf grubu kayaçların yaklaşık $\frac{1}{4}$ ü kadar su emdiği, bazaltların ise hemen hemen % 2'lik kısmının su emdiği görülmektedir.

Bazaltların ve tüflerin yapı malzemesi olarak kullanıldığı düşünülürse, tüflerin iç yapıda, bazaltların ise dış yapıda kullanıldığı ortaya çıkmaktadır.

4.1.3. Sonik Hız

Kayseri Bölgesinden alınan numunelere doymun ve kuru halde sonik hız deneyi için yapılan laboratuar çalışmaları sonucunda elde edilen Çizelge 4.3 'te verilmiştir.

Ortalama sonik hız deneyleri sonucuna bakıldığında; bazalt türü kayaçların sonik hız değerlerinin tüf grubu kayaçların sonik hız deneyleri sonuçlarına göre daha yüksek çıktığı gözlenmiştir.

Kayseri Bölgesinden alınan numunelere doymun ve kuru halde sonik hız deneyi için yapılan laboratuar çalışmaları sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Tüf grubu kayaçların suya doymun haldeki sonik hızları 1,73-3,72 km/sn, bazalt grubu kayaçların ise suya doymun halde sonik hızları 5,06-5,22 km/sn arasındadır. Tüf grubu kayaçların kuru haldeki sonik hızları 1,55-3,48 km/sn, bazalt grubu kayaçların ise kuru haldeki sonik hızları 4,22-4,48 km/sn arasındadır.

4.1.4. Porozite (Gözeneklilik Derecesi)

Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989) ise Çizelge 4.4'te, Kayseri Bölgesinden alınan numunelerin zahiri porozite (gözeneklilik derecesi) değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Kayseri Bölgesinden alınan numunelerin zahiri porozite (gözeneklilik derecesi) değerleri aşağıda belirtilmiştir.

Bazalt grubu kayaların porozitesi % 2,29-3,13 arasında, tuf grubu kayaların ise % 14,48-34,43 arasında çıktığı görülmüştür.

Tuf grubu kayaların yaklaşık üçte birinin boşluklu yapıya sahip olduğunu ve bazalt grubu kayaların ise boşluklarının yok denecek kadar az olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.3 Alınan numunelerin sonik hız değerleri (Vp)

No	Kayaç Adı	Vpd(km/sn)	Vpk(km/sn)
1	Koççağız siyah	2,37 ± 0,21	2,11 ± 0,17
2	Tomarza sarı	2,28 ± 0,02	2,17 ± 0,31
3	Tomarza kahve	3,13 ± 0,46	2,77 ± 0,22
4	Koççağız gri	1,92 ± 0,03	1,87 0,05
5	Tomarza füme	3,65 ± 0,22	2,74 ± 0,13
6	Başakpınar gri	2,94 ± 0,14	2,65 ± 0,25
7	Koççağız pempe	2,32 ± 0,19	2,16 ± 0,14
8	Tomarza lila	2,71 ± 0,15	2,32 ± 0,02
9	Erkilet bazalt(füme)	5,22 ± 0,78	4,26 ± 0,26
10	Başakpınar sarı	1,73 ± 0,23	1,55 ± 0,22
11	Tomarza kahve	3,25 ± 0,35	2,84 ± 0,44
12	Nevşehir bazaltı	5,06 ± 0,11	4,48 ± 0,26
13	Erkilet pembesi	2,39 ± 0,15	2,18 ± 0,12
14	Koççağız sarı	2,24 ± 0,20	2,09 ± 0,13
15	Başakpınar kırmızı	2,57 ± 0,23	2,42 ± 0,17
16	Kuruköprü gri	2,55 ± 0,09	2,16 ± 0,20
17	Başakpınar siyahı	3,72 ± 0,24	3,48 ± 0,66
18	Kamber gri	2,03 ± 0,03	1,98 ± 0,05
19	Tomarza siyahı	2,22 ± 0,32	2,17 ± 0,20
20	Erkilet bazalt	5,11 ± 0,22	4,22 ± 0,38
21	Başakpınar kahve	3,41 ± 0,42	2,99 ± 0,33

Çizelge 4.4. Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989)

Kaya Sınıfı	Porozite (%)
Çok kompakt	< 1
Az boşluklu	1-2,5
Orta boşluklu	2,5-5
Oldukça boşluklu	5-10
Çok boşluklu	10-15
Çok fazla boşluklu	> 20

Çizelge 4.5 Alınan numunelerin porozite (gözeneklilik derecesi) değerleri (n)

No	Kayaç Adı	Porozite (Gözeneklilik Derecesi) (%)
1	Koççağız siyah	34,17
2	Tomarza sarı	23,37
3	Tomarza kahve	18,70
4	Koççağız gri	24,79
5	Tomarza füme	19,43
6	Başakpınar gri	14,48
7	Koççağız pempe	23,94
8	Tomarza lila	18,71
9	Erkilet bazalt(füme)	3,13
10	Başakpınar sarı	34,43
11	Tomarza kahve	17,93
12	Nevşehir bazaltı	2,29
13	Erkilet pembesi	24,16
14	Koççağız sarı	25,79
15	Başakpınar kırmızı	29,26
16	Kuruköprü gri	16,74
17	Başakpınar siyahı	14,58
18	Kamber gri	29,07
19	Tomarza siyahı	33,40
20	Erkilet bazalt	2,96
21	Başakpınar kahve	20,62

4.2. Numunelerin Mekanik Özellikleri

Kayseri yöresinden getirilen örnekler, laboratuarda standartlara uygun olarak kesilerek 21 kayaç örneği üzerinde deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Numuneler Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında tek eksenli basma dayanımı, nokta yük dayanım indeksi, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, sürtünme sonrası aşınma kaybı deneylerle tespit edilerek sonuçlar çizelgelerle sunulmuştur.

Numuneler, hem kuru halde iken hem de doymun halde iken mekanik özellikleri incelenmiştir.

4.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Kayseri bölgesinden alınan numuneler için yapılan; kuru ve doymun haldeki basma dayanımı deneyi sonuçları Çizelge 4.6 'da verilmiştir.

Tek eksenli basınç direncine göre kayaların sınıflandırılması (Dere ve Miller, 1966) Çizelge 4.7'de, çalışmada kullanılan kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarına göre elde edilen doymun ve kuru haldeki elastisite modülleri Çizelge 4.8.' de verilmiştir.

Kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarına bakıldığında, bazaltların tüflere oranla daha dayanıklı olduğu görülmektedir. Tek eksenli basınç dayanımları ile birim deformasyon dağılım eğrileri değerlerine bakıldığında kayaçların iyi bir özelliğe sahip olduğu görülmektedir.

Bazalt grubu kayaçların suya dolgun haldeki tek eksenli basınç dayanımlarının 85,35-121,43 MPa, kuru halde iken 82,70-163,35 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Tüf grubu kayaçların suya doymun haldeki tek eksenli basınç dayanımlarının 7,80- 63,00 MPa, kuru halde iken 7,40-69,20 MPa arasında olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.6. Alınan numunelerin tek eksenli basınç dayanım değerleri (σ_c)

No	Kayaç Adı	σ_{cd} (MPa)	σ_{ck} (MPa)
1	Koçcağız siyah	14,10 ± 0,81	13,86 ± 2,27
2	Tomarza sarı	27,60 ± 1,99	31,85 ± 2,87
3	Tomarza kahve	37,73 ± 3,76	29,30 ± 3,32
4	Koçcağız gri	31,25 ± 1,55	32,23 ± 0,91
5	Tomarza füme	32,05 ± 8,42	35,76 ± 4,32
6	Başakpınar gri	63,00 ± 3,10	69,20 ± 11,74
7	Koçcağız pempe	24,40 ± 0,90	25,55 ± 1,71
8	Tomarza lila	54,65 ± 2,23	66,70 ± 0,01
9	Erkilet bazalt(füme)	94,90 ± 0,20	106,80 ± 10,28
10	Başakpınar sarı	7,80 ± 0,56	7,40 ± 0,01
11	Tomarza kahve	38,45 ± 3,55	48,25 ± 10,84
12	Nevşehir bazaltı	121,43 ± 11 ,80	163,35 ± 5,36
13	Erkilet pembesi	20,15 ± 0,10	26,35 ± 5,61
14	Koçcağız sarı	21,75 ± 0,55	26,10 ± 0,66
15	Başakpınar kırmızı	19,00 ± 0,39	18,70 ± 3,08
16	Kuruköprü gri	51,25 ± 3,22	60,50 ± 8,20
17	Başakpınar siyahı	58,00 ± 7,02	65,30 ± 6,37
18	Kamber gri	25,80 ± 0,79	26,95 ± 1,03
19	Tomarza siyahı	13,25 ± 2,24	15,85 ± 1,25
20	Erkilet bazalt	85,35 ± 3,44	82,70 ± 11,03
21	Başakpınar kahve	32,30 ± 2,39	43,00 ± 1,23

Çizelge 4.7. Tek eksenli basınç direncine göre kayaların sınıflandırılması (Dere ve Miller,1966)

Kaya sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (Mpa)
Çok düşük dirençli	< 25
Düşük dirençli	25-50
Orta dirençli	50-100
Yüksek dirençli	100-200
Çok yüksek dirençli	> 200

Çizelge 4.8. Çalışmada kullanılan kayaların TEBD'na göre elastisitesi (Gpa)

No	Kayaç Adı	Ed (GPa)	Ek (GPa)
1	Koçcağız siyah	3,23 ± 0,01	3,16 ± 0,42
2	Tomarza sarı	3,16 ± 0,28	3,43± 0,05
3	Tomarza kahve	4,85 ± 1,01	5,66 ± 0,59
4	Koçcağız gri	3,36 ± 0,03	3,51 ± 0,31
5	Tomarza füme	5,13 ± 0,73	5,30 ± 1,55
6	Başakpınar gri	5,96 ± 0,78	6,41 ± 1,38
7	Koçcağız pempe	3,02 ± 0,11	3,09 ± 0,28
8	Tomarza lila	5,62 ± 0,03	6,50 ± 0,09
9	Erkilet bazalt(füme)	9,85 ± 0,60	11,04 ± 0,97
10	Başakpınar sarı	1,46 ± 0,28	1,32 ± 0,01
11	Tomarza kahve	6,67 ± 1,31	9,13 ± 0,89
12	Nevşehir bazaltı	13,98 ± 0,96	13,87 ± 1,11
13	Erkilet pembesi	2,13 ± 0,86	2,86 ± 0,91
14	Koçcağız sarı	2,97 ± 0,37	3,20 ± 0,61
15	Başakpınar kırmızı	4,17 ± 0,47	4,22 ± 0,19
16	Kuruköprü gri	4,82 ± 0,07	5,31 ± 0,15
17	Başakpınar siyahı	7,21 ± 0,07	7,20 ± 0,86
18	Kamber gri	3,24 ± 0,21	3,31 ± 0,19
19	Tomarza siyahı	2,62 ± 0,70	3,24 ± 0,39
20	Erkilet bazalt	10,55 ± 1,44	11,61 ± 5,21
21	Başakpınar kahve	5,73 ± 0,53	6,88 ± 0,47

4.2.2. Nokta Yük Dayanım İndeksi

Kayseri bölgesinden alınan numunelerin; doymun ve kuru haldeki nokta yük dayanım sonuçları Çizelge 4.9'da, kayaların nokta yük dayanımına göre sınıflandırılması (Bieniawski, 1975) Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Tüflere uygulanan deney sonucunda suya doymun haldeki nokta yük dayanım indekslerinin 0,98-4,81 MPa, kuru halde ise 1,30-4,84 MPa olduğu gözlenmiştir.

Bazaltlara yapılan deney sonucunda suya doymun halde iken, 5,23-8,73 MPa, kuru halde ise 6,60-9,73 MPa çıktığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.9. Alınan numunelerin nokta yükü indeksi dayanım değerleri

No	Kayaç Adı	Is (Doğgun)	Is (Kuru)
1	Koççağız siyah	3,48 ± 0,45	4,89 ± 0,68
2	Tomarza sarı	2,24 ± 0,15	3,63 ± 0,28
3	Tomarza kahve	3,50 ± 0,33	4,04 ± 0,43
4	Koççağız gri	1,23 ± 0,09	1,87 ± 0,09
5	Tomarza füme	3,20 ± 0,01	3,99 ± 0,02
6	Başakpınar gri	4,81 ± 0,61	4,84 ± 0,34
7	Koççağız pempe	3,45 ± 0,23	5,07 ± 0,28
8	Tomarza lila	3,29 ± 0,58	3,87 ± 0,79
9	Erkilet bazalt(füme)	7,98 ± 0,52	7,88 ± 0,69
10	Başakpınar sarı	0,98 ± 0,09	1,30 ± 0,03
11	Tomarza kahve	2,68 ± 0,27	3,37 ± 0,62
12	Nevşehir tüfü	8,73 ± 0,11	9,73 ± 0,23
13	Erkilet pembesi	3,07 ± 0,21	2,95 ± 0,90
14	Koççağız sarı	2,04 ± 0,20	3,69 ± 0,27
15	Başakpınar kırmızı	1,67 ± 0,10	2,31 ± 0,17
16	Kuruköprü gri	2,22 ± 0,20	2,75 ± 0,20
17	Başakpınar siyahı	3,56 ± 0,35	3,74 ± 0,46
18	Kamber gri	1,76 ± 0,27	3,88 ± 1,06
19	Tomarza siyahı	2,06 ± 0,12	1,98 ± 0,26
20	Erkilet bazalt	5,23 ± 0,40	6,60 ± 0,63
21	Başakpınar kahve	2,44 ± 0,23	2,92 ± 0,35

Çizelge 4.10. Kayaçların nokta yük dayanımına göre sınıflandırılması (Bieniawski, 1975)

Kaya sınıfı	Nokta yük direnci (Mpa)
Çok düşük dirençli	< 1
Düşük dirençli	1-2
Orta dirençli	2-4
Yüksek dirençli	4-8
Çok yüksek dirençli	> 8

Çizelge 4.11. Alınan numunelerin eğilme dayanım değerleri (MPa)

No	Kayaç Adı	Eğilme (Doymun)	Eğilme (Kuru)
1	Koççağız siyah	5,15 ± 3,03	6,12 ± 0,91
2	Tomarza sarı	3,22 ± 1,33	3,38 ± 1,69
3	Tomarza kahve	6,67 ± 1,06	6,94 ± 0,39
4	Koççağız gri	1,21 ± 0,73	1,27 ± 0,53
5	Tomarza füme	5,10 ± 0,56	6,20 ± 0,78
6	Başakpınar gri	4,97 ± 1,17	5,77 ± 0,65
7	Koççağız pempe	6,17 ± 0,86	8,39 ± 1,97
8	Tomarza lila	5,13 ± 1,34	6,44 ± 1,38
9	Erkilet bazalt(füme)	11,70 ± 0,99	11,87± 0,73
10	Başakpınar sarı	0,32 ± 0,14	0,71 ± 0,62
11	Tomarza kahve	6,25 ± 1,01	6,20 ± 0,01
12	Nevşehir bazaltı	9,64 ± 1,72	10,89 ± 1,85
13	Erkilet pembesi	3,92 ± 0,91	4,32 ± 0,01
14	Koççağız sarı	4,82 ± 0,18	4,99 ± 3,40
15	Başakpınar kırmızı	1,99 ± 0,41	1,81 ± 0,91
16	Kuruköprü gri	5,35 ± 0,70	5,20 ± 0,58
17	Başakpınar siyahı	5,28 ± 0,32	4,6 ± 0,97
18	Kamber gri	2,01 ± 1,17	3,97 ± 0,32
19	Tomarza siyahı	4,93 ± 1,09	3,35 ± 2,38
20	Erkilet bazalt	8,51 ± 0,52	10,86 ± 0,90
21	Başakpınar kahve	3,02 ± 2,49	4,98 ± 0,53

4.2.3. Eğilme Dayanımı

Tüf grubu kayaçlara yapılan deneyler sonucunda kuru halde iken, 0,71-6,20 MPa, suya doymun halde iken 0,32-6,25 MPa arasında çıktığı gözlenmiştir. Bazalt grubu kayaçlara uygulanan deneyler sonucunda kuru halde iken, 10,86-11,87 MPa, suya doymun halde ise 8,51-11,70 MPa arasında değiştiği gözlenmektedir. Alınan numunelerin eğilme dayanım değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

4.2.4. Darbe Dayanımı

Kayseri bölgesinden alınan numunelere yapılan; doygun ve kuru haldeki darbe dayanımı deneyi sonuçları Çizelge 4.12' de verilmiştir.

Doygun ve kuru haldeki darbe dayanımı deneyi sonuçlarına bakıldığında bazalt türü kayaçların yaklaşık 25-50 kg.cm/cm³, tüf grubu kayaçların ise yaklaşık 4-25 kg.cm/cm³ çıktığı görülmüştür.

Bazalt türü kayaçların darbe dayanım değerleri tüf grubu kayaçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Tüf grubu kayaçların hemen hemen hepsinde aynı özellikler görülmektedir. Bazaltlar içerisinde ise en yüksek dayanıma sahip olan Bölge Erkilet Bölgesi olup; bazaltlar bu grup içinde en iyi dayanımlara sahiptirler.

4.2.5. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı (Böhme)

Kayseri bölgesinden alınan numuneler için yapılan böhme aşınma dayanımı sonuçları Çizelge 4.13' de verilmiştir.

Her örnek için 22 devirlik 20 aşınma periyodu, yani 440 devir uygulanmıştır. 440 devir sonunda deney numuneleri sert bir fırça ile temizlenerek kalınlıkları tekrar ölçülmüş ve meydana gelen aşınma miktarları hacimsel olarak tespit edilmiştir.

Numune deney sonuçları göz önünde bulundurulduğunda tüf türü kayaçların % 20 ile % 30 arasında aşındığı gözlenmiş olup; bazalt grubu numuneler üzerinde yapılmış aşınma dayanımlarında ise % 5 ile % 10 olduğu saptanmıştır.

Yapılan deney sonuçlarına göre, tüf grubu kayaçların aşınma kayıplarının 20,20-76,24 cm³/50 cm², bazalt grubu kayaçların ise 13,50-16,32 cm³/50 cm² olduğu hesaplanmıştır. Bazalt türü kayaçların tüf grubu kayaçlara göre daha az aşındığı deneyler sonucunda ispatlanmıştır.

Aynı oluşum mekanizmasına sahip kayaçlardan elde ettiğimiz aşınma kayıpları değerleri birbirine yakın sonuçlar vermektedir. Bu sonuçların birbirine yakın olmasının nedeni ise aynı tür yapıya sahip olmalarıdır.

Çizelge 4.12. Alınan numunelerin darbe dayanım değerleri

No	Kayaç Adı	Darbe (Doygun)	Darbe (Kuru)
1	Koççağız siyah	8 ± 3,46	8
2	Tomarza sarı	12	12
3	Tomarza kahve	12	9 ± 3,28
4	Koççağız gri	10 ± 3,46	10 ± 3,46
5	Tomarza füme	9 ± 4,24	9 ± 3,28
6	Başakpınar gri	12,66 ± 7,02	16 ± 5,65
7	Koççağız pempe	12	10 ± 3,46
8	Tomarza lila	24,60 ± 15,53	12,66 ± 7,02
9	Erkilet bazalt (füme)	49 ± 9,89	24,60 ± 15,53
10	Başakpınar sarı	2	2
11	Tomarza kahve	9 ± 4,24	10 ± 3,46
12	Nevşehir tüfü	36 ± 8,48	34 ± 6,92
13	Erkilet pembesi	12	12
14	Koççağız sarı	4 ± 2,82	6 ± 3,46
15	Başakpınar kırmızı	9 ± 4,24	12,66 ± 7,02
16	Kuruköprü gri	20	25 ± 7,07
17	Başakpınar siyahı	9 ± 4,24	10 ± 3,46
18	Kamber gri	8	8 ± 3,46
19	Tomarza siyahı	6 ± 3,46	12
20	Erkilet bazalt	25 ± 7,07	24,60 ± 15,53
21	Başakpınar kahve	8	9 ± 4,24

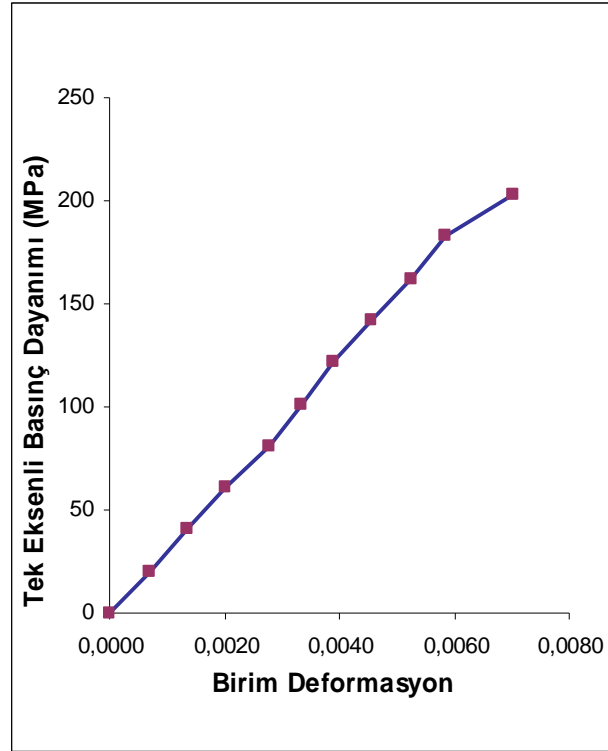
Çizelge 4.13. Alınan numunelerin (Böhme) aşınma dayanım değerleri $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$

No	Kayaç Adı	Böhme aşınma değeri ($\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$)
1	Koçcağız siyah	76,24
2	Tomarza sarı	38,64
3	Tomarza kahve	37,76
4	Koçcağız gri	41,80
5	Tomarza füme	31,36
6	Başakpınar gri	21,76
7	Koçcağız pempe	40,00
8	Tomarza lila	26,34
9	Erkilet bazalt(füme)	16,32
10	Başakpınar sarı	64,00
11	Tomarza kahve	25,93
12	Nevşehir tüfü	13,50
13	Erkilet pembesi	28,00
14	Koçcağız sarı	42,00
15	Başakpınar kırmızı	41,70
16	Kuruköprü gri	27,10
17	Başakpınar siyahı	20,20
18	Kamber gri	34,48
19	Tomarza siyahı	86,32
20	Erkilet bazalt	15,60
21	Başakpınar kahve	41,20

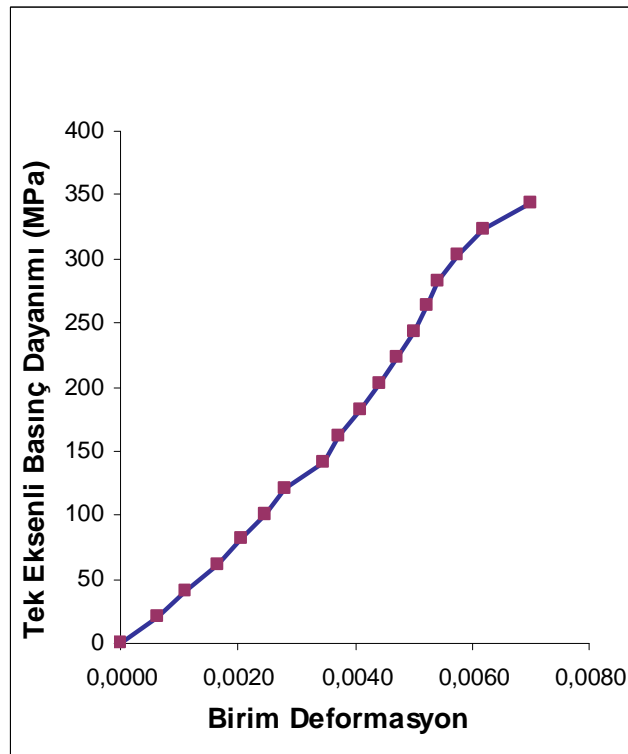
4.3. Numunelerin Tek Eksenli Basınç Dayanımı ve Birim Deformasyon Eğrileri

Tek eksenli basınç dayanım değerlerinin 7,84 ile 163,37 kg/cm^2 arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna karşılık nokta yük dayanım değerleri 1,30 ile 9,73 kg/cm^2 arasındadır. Suyun hemen hemen tüm kayalarda tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modül değerlerini düşürdüğü gözlenmektedir.

Numunelerden elde edilen gerilme ve birim deformasyon eğrilerine bakıldığında grafiklerin yatayla yapmış olduğu açının tanjantı bize elastisite modülünü verir. Numunelere uygulanmış olan deneyler sonucu elde edilen tek eksenli basınç dayanımı ve birim deformasyon eğrileri; Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' te verilmiştir.



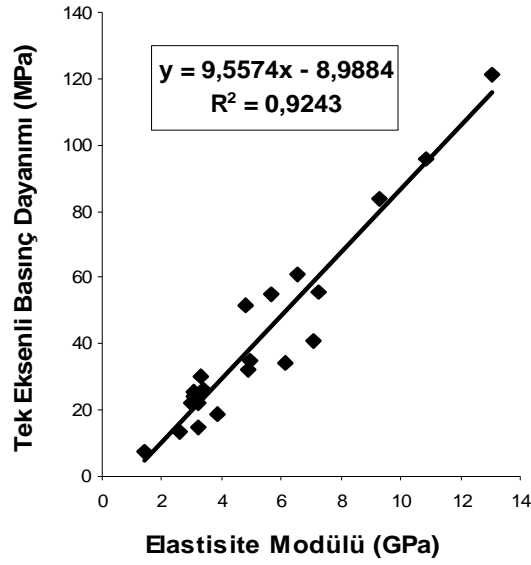
Şekil 4.1. Başakpınar sarı tüfünün gerilme-birim deformasyon eğrisi



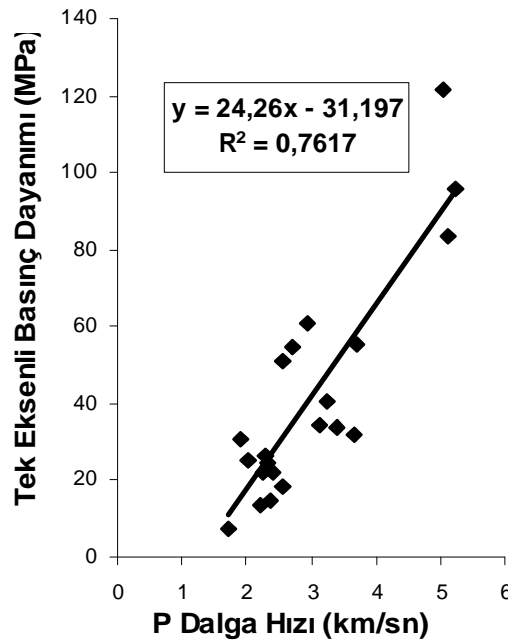
Şekil 4.2. Erkilet bazaltının gerilme-birim deformasyon eğrisi

4.4. Numunelerden Elde Edilen Korelasyon Katsayıları

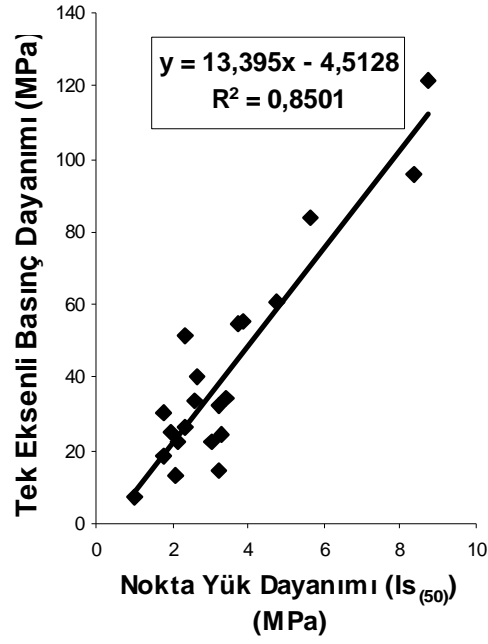
Aynı oluşum mekanizmasına sahip olan 21 kayacın korelasyon katsayıları yüksek sonuçlar sunmaktadır. Numunelere uygulanan kuru ve doygun haldeki korelasyon katsayı grafikleri Şekil 4.3 - 4.24'te verilmiştir.



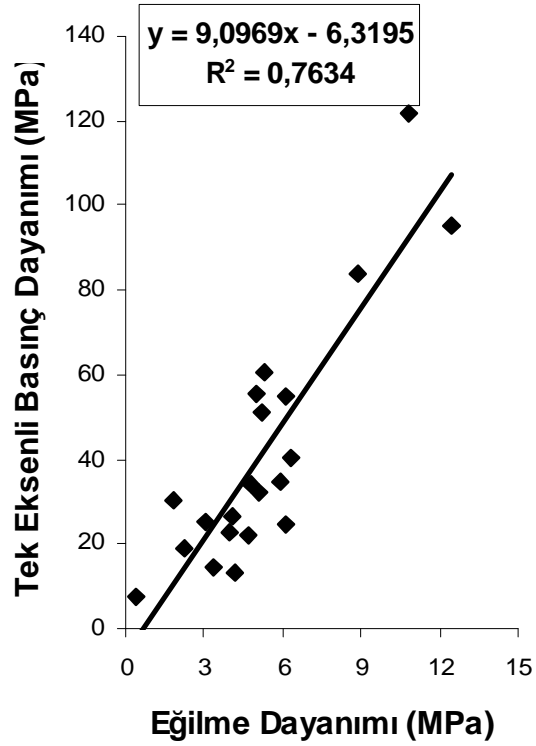
Şekil 4.3. Doygun haldeki T.E.B.D. ve Elatisite modülü grafiği



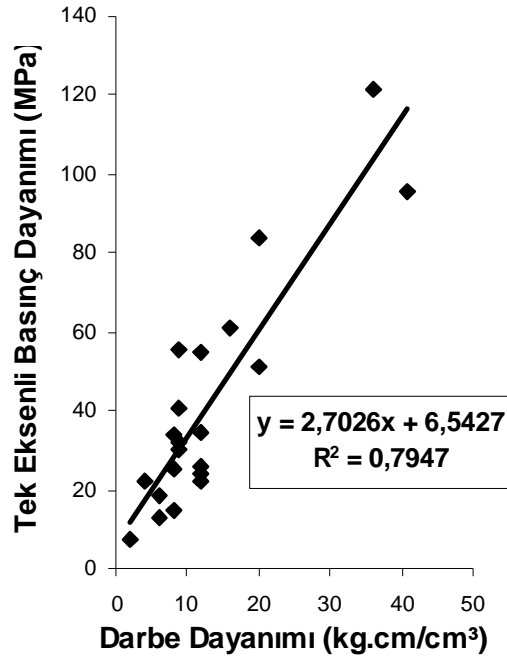
Şekil 4.4. Doygun haldeki T.E.B.D. ve P dalgası hızı grafiği



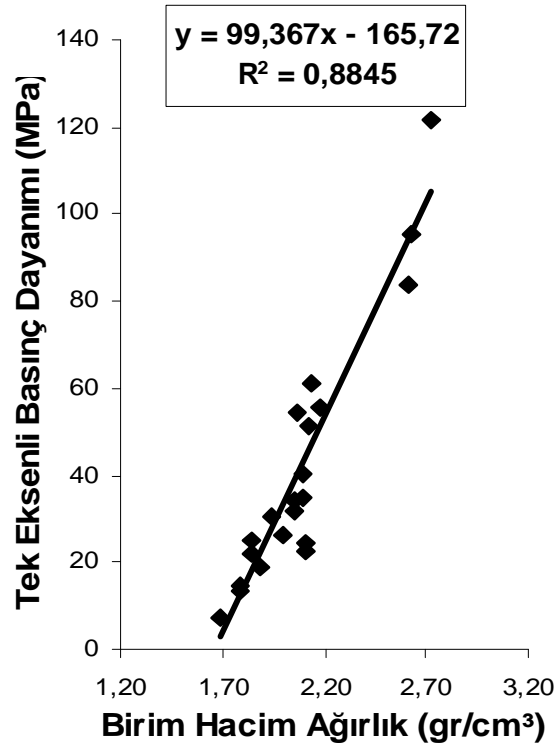
Şekil 4.5. Doygun haldeki T.E.B.D. ve Nokta yük dayanımı grafiği



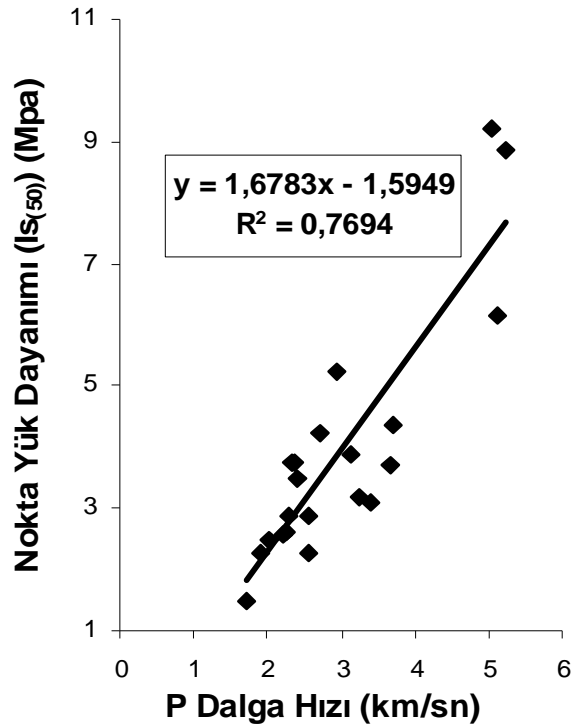
Şekil 4.6. Doygun haldeki T.E.B.D. ve Eğilme dayanımı grafiği



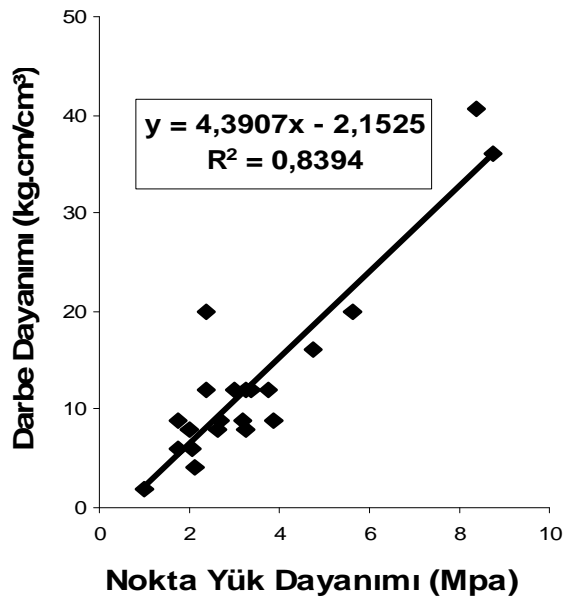
Şekil 4.7. Doygun haldeki T.E.B.D. ve Darbe dayanımı grafiği



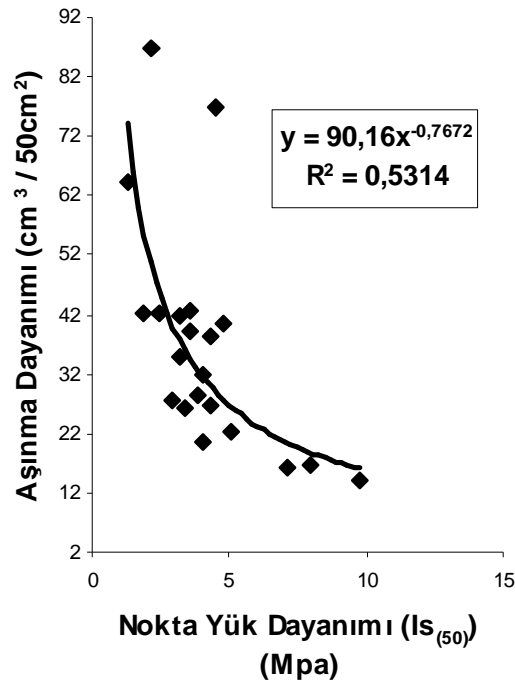
Şekil 4.8. Doygun haldeki T.E.B.D. ve Birim hacim ağırlık grafiği



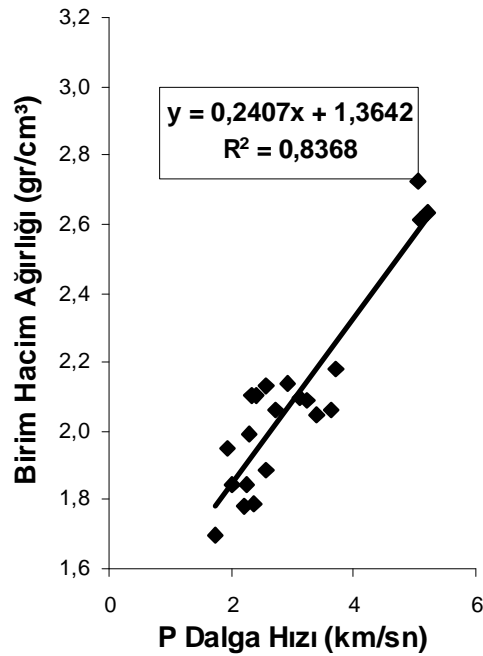
Şekil 4.9. Doymun haldeki Nokta yük dayanımı ve P dalga hızı grafiği



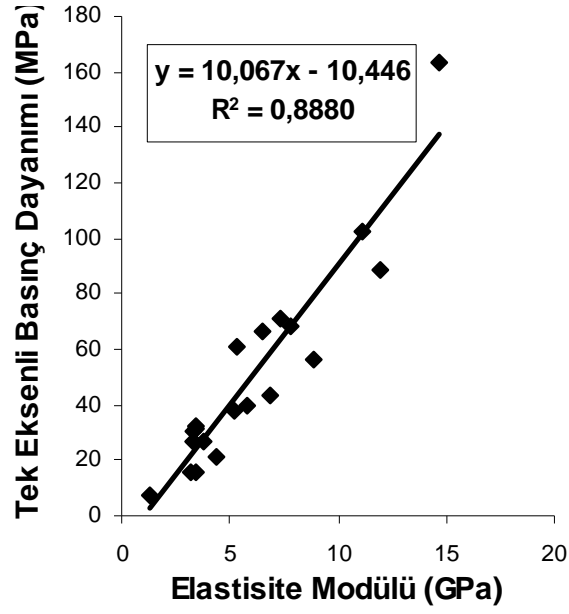
Şekil 4.10. Doymun haldeki Nokta yük dayanımı ve Darbe dayanımı grafiği



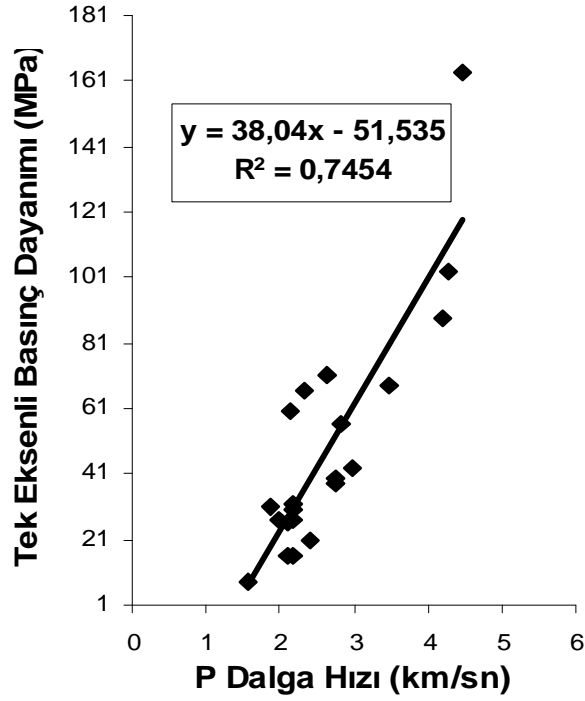
Şekil 4.11. Doygun haldeki Nokta yük dayanımı ve Aşınma dayanımı grafiği



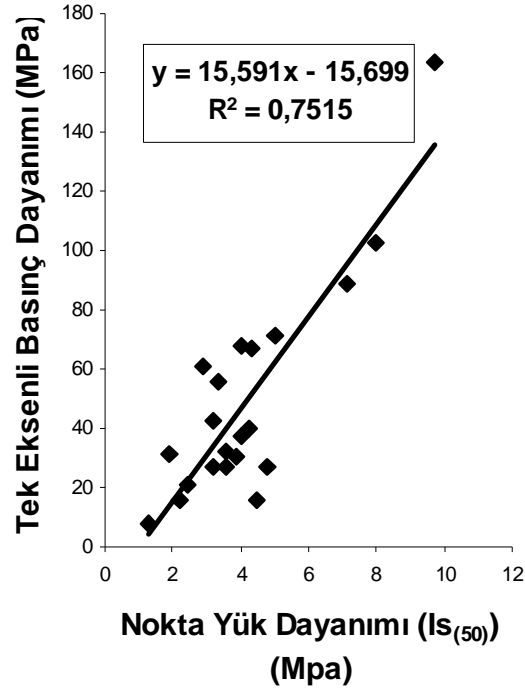
Şekil 4.12. Doygun haldeki P dalga hızı ve Birim hacim ağırlık grafiği



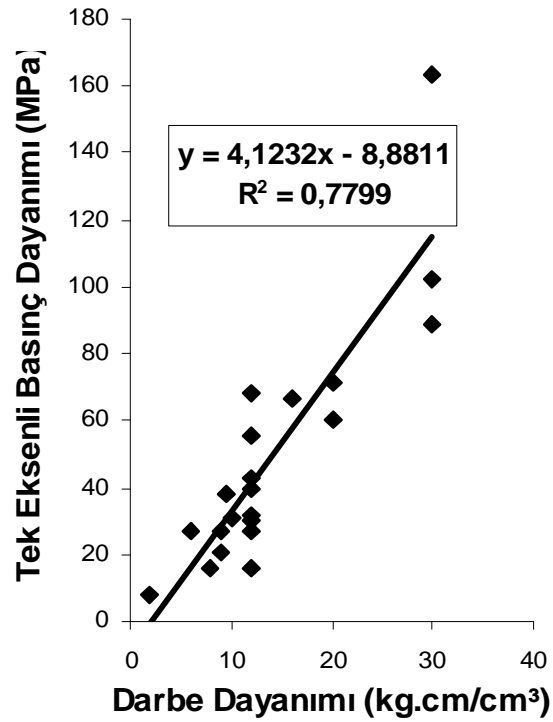
Şekil 4.13. Kuru haldeki T.E.B.D. ve Elastisite modülü grafiği



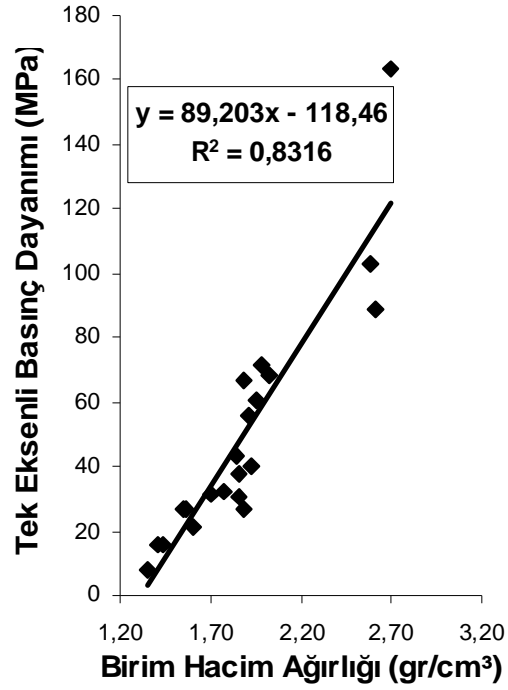
Şekil 4.14. Kuru haldeki T.E.B.D. ve P dalga hızı grafiği



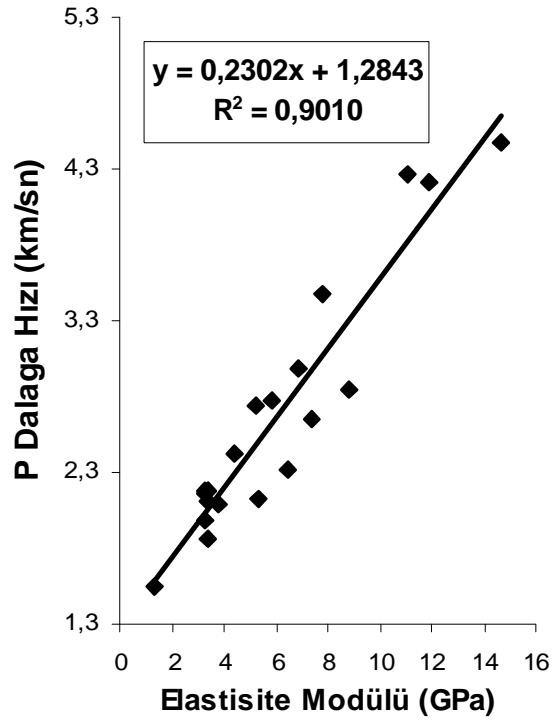
Şekil 4.15. Kuru haldeki T.E.B.D. ve Nokta yük dayanımı grafiği



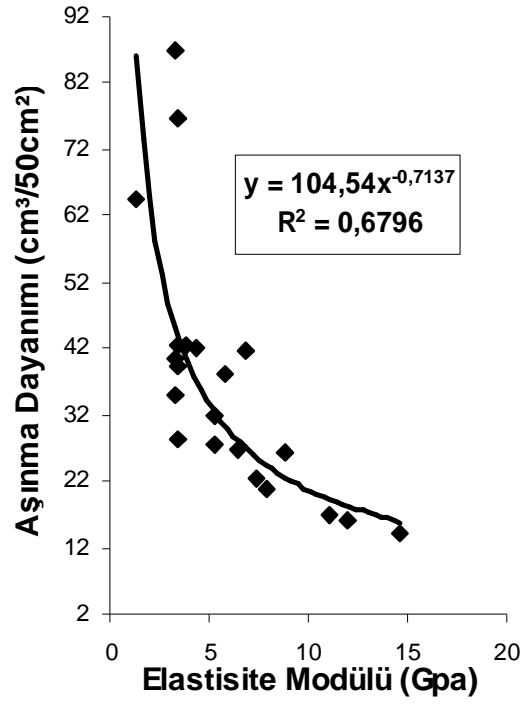
Şekil 4.16. Kuru haldeki T.E.B.D. ve Darbe dayanımı grafiği



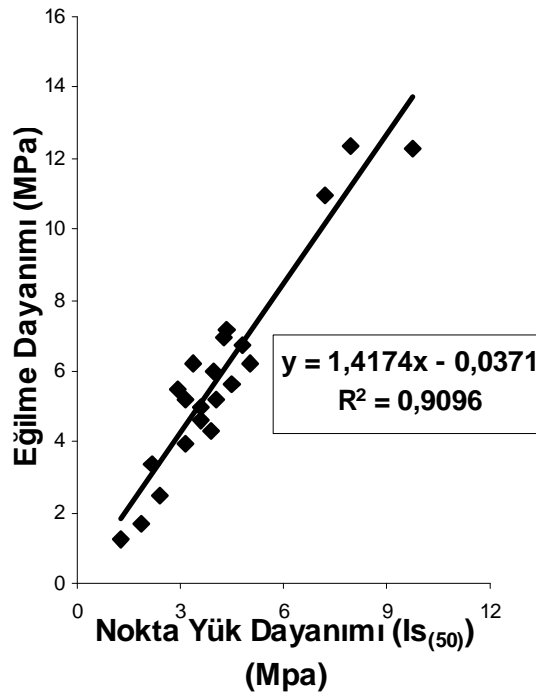
Şekil 4.17. Kuru haldeki T.E.B.D. ve Birim hacim ağırlığı grafiği



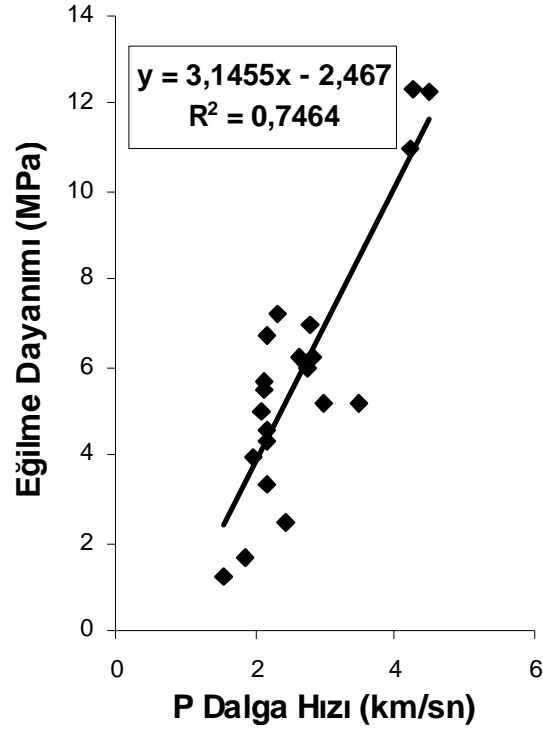
Şekil 4.18. Kuru haldeki Elastisite modülü ve P dalga hızı grafiği



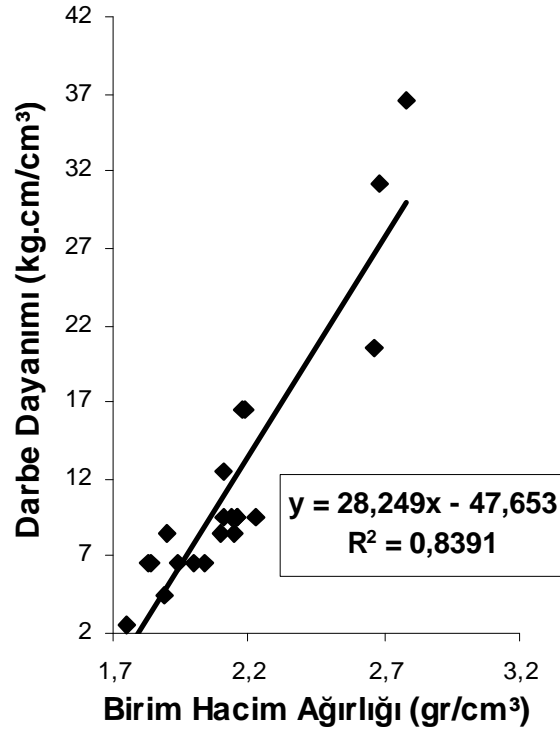
Şekil 4.19. Kuru haldeki Elastisite modülü ve Aşınma dayanımı grafiği



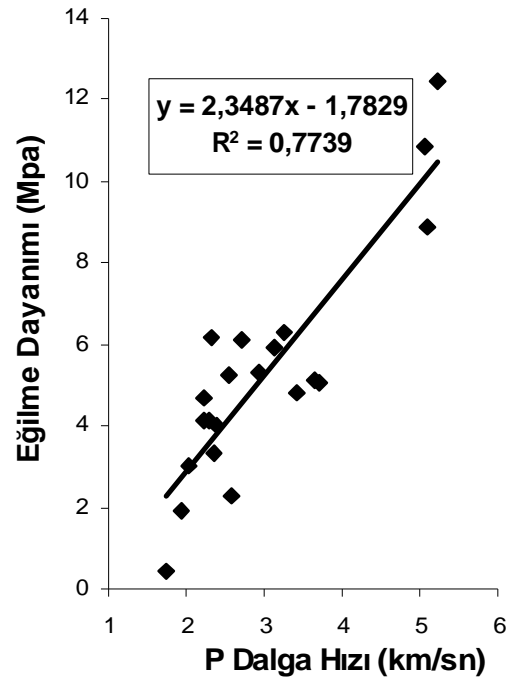
Şekil 4.20. Kuru haldeki Nokta yük dayanımı ve Eğilme dayanımı grafiği



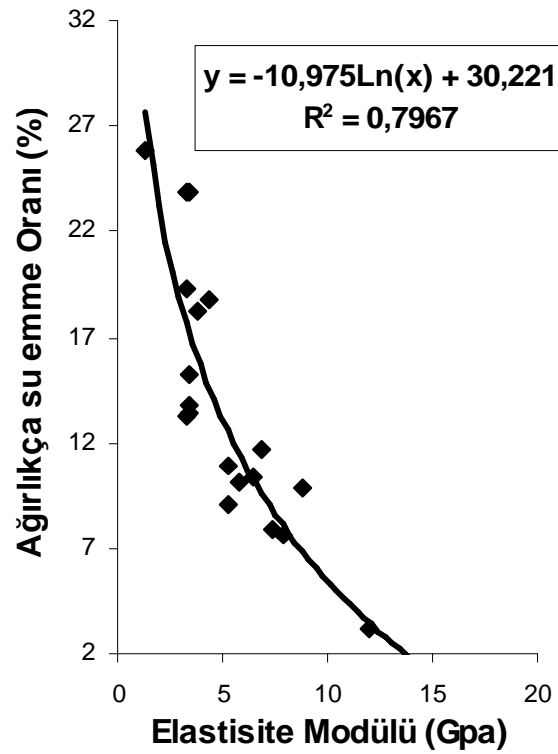
Şekil 4.21. Kuru haldeki P dalga hızı ve Eğilme dayanımı grafiği



Şekil 4.22. Kuru haldeki Birim hacim ağırlık ve Darbe dayanımı grafiği



Şekil 4.23. Doygun haldeki P dalga hızı ve Eğilme dayanımı grafiği



Şekil 4.24. Kuru haldeki Elastisite ve Ağırlıkça su emme oranı grafiği

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Kayseri yöresinin çeşitli bölgelerinden temin edilen tüf ve bazaltların fiziksel, mekanik özellikleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Yapılan çalışma ile farklı köken ve özelliklere sahip toplam 21 kayacın değerlendirildiği (18 tüf kayacı ve 3 bazalt kayacı) bu çalışmada, tek eksenli basınç dayanımının tahmininde oldukça yüksek korelasyon katsayılı regresyonlar elde edilmiştir.

1. Tüf grubu kayaçların birim hacim ağırlıkları suya doymun halde 1,696-2,135 gr/cm³, kuru halde ise, 1,360-1,990 gr/cm³ çıkmıştır. Bazalt türü kayaçların birim hacim ağırlıkları suya doymun halde 2,610- 2,728 gr/cm³, kuru halde ise, 2,610-2,690 gr/cm³ çıkmıştır.

2. Tüf grubu kayaçların ağırlıkça su emme oranı % 7,19-25,39 arasında, bazalt grubu kayaçların ise ağırlıkça su emme oranı % 0,85-2,71 arasındadır.

3. Tüf grubu kayaçların yaklaşık ¼ ü kadar su emdiği, bazaltların ise hemen hemen % 2'lik kısmının su emdiği görülmektedir. Bazaltların ve tüflerin yapı malzemesi olarak kullanıldığı düşünülürse, tüflerin iç yapıda, bazaltların ise dış yapıda kullanıldığı ortaya çıkmaktadır.

4. Tüf grubu kayaçların suya doymun haldeki sonik hızları 1,73-3,72 km/sn, bazalt grubu kayaçların ise suya doymun halde sonik hızları 5,06-5,22 km/sn arasındadır. Tüf grubu kayaçların kuru haldeki sonik hızları 1,55-3,48 km/sn, bazalt grubu kayaçların ise kuru haldeki sonik hızları 4,22-4,48 km/sn arasındadır.

5. Bazalt grubu kayaçların porozitesi % 2,29-3,13 arasında, tüf grubu kayaçların ise % 14,48-34,43 arasında çıktığı görülmüştür. Tüf grubu kayaçların yaklaşık üçte birinin boşluklu yapıya sahip olduğunu ve bazalt grubu kayaçların ise boşluklarının yok denecek kadar az olduğu gözlenmiştir.

6. Bazalt grubu kayaçların suya dolgun haldeki tek eksenli basınç dayanımlarının 85,35-121,43 MPa, kuru halde iken 82,70-163,35 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Tüf grubu kayaçların suya doymun haldeki tek eksenli basınç dayanımlarının 7,80- 63,00 MPa, kuru halde iken 7,40-69,20 MPa arasında olduğu tespit edilmiştir.

7. Tüflere uygulanan deney sonucunda suya doymun haldeki nokta yük dayanım indekslerinin 0,98-4,81 MPa, kuru halde ise 1,30-4,84 MPa olduğu gözlenmiştir. Bazaltlara yapılan deney sonucunda suya doymun halde iken, 5,23-8,73 MPa, kuru halde ise 6,60-9,73 MPa çıktığı tespit edilmiştir.

Numunelere uygulanan deneyler sonucunda, Korelasyon katsayılarının birbirine yakın değerler çıktığı görülmüştür. Suyun, kayaçların mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilediği bilinen bir gerçektir. Kayaçların doymun birim hacim ağırlıkları ile doymun tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişkilerin kuru birim hacim ağırlıkları ile kuru tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişkilerden daha yüksek korelasyonlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Aşınma dayanımı genel olarak en iyi korelasyonları ağırlıkça su emme oranı ve nokta yük dayanımı ile vermektedir.

Çalışma sonucu tespit edilen bağıntılar oldukça kuvvetli ilişkiler sunmaktadır. 21 farklı kayaç kullanarak kurulan bağıntılardan çok yüksek korelasyon katsayısına sahip olanlar özellikle, ilk mühendislik proje tasarım aşamasında kullanılabilir. Kayaçların tamamının kullanıldığı bağıntılardaki asıl amaç tek eksenli basınç dayanımının tahmininde en iyi ilişkiyi sunan mühendislik özelliğinin tespit edilmesi olduğundan, bağıntılardan ziyade bu mühendislik özelliğinin seçiminde yardımcı olacaktır. Bir çok mühendislik özelliği bakımından aynı kategoride değerlendirilebilen kayaçların özelliklerinden yola çıkılarak elde edilen bağıntıların kullanılmasında fayda vardır. Ancak gruplardaki yapı taşı sayılarının sınırlı olması bu bağıntıların olumsuz yanıdır. Bu nedenle yapı taşlarının sayılarının olabildiğince fazla tutulduğu çalışmaların yapılması gereklidir.

KAYNAKLAR

- AKGÜL, E., 2006. Datça Bölgesindeki Volkanik Tüflerin Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- AYRANCI, B., 1970. Orta Anadolu'nun Kayseri Civarındaki Erciyes Volkanik Bölgesinin (Kantitatif İncelemelere İstinaden) Petroloji ve Jeolojisi: MTA Dergisi, 74, 13-24.
- BALBAY, I., 1997. İzmir Yöresindeki Tüflerin Fiziksel- Mekanik Özellikleri ve Endüstride Kullanım Alanları. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bitirme Projesi, İzmir.
- BARTSCH, G., 1935. Das Gebiet Des Erciyes Dağı Und Die Scodt Kayseri in Mittel-Anatolian. Jahrb. Geograph. Ges. Zu Hannover Für., 1934-1935.
- BATUM, İ., 1978. Nevşehir Güneybatı'sındaki Göllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi. Hacette Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi, Cilt:4. Sayı: 1-2. 102 s.
- BAYKAL, F., ve TATAR, Y., 1970. Erciyes Volkanizmasının Yaşı Hakkında Yeni Gözlemler. TJK. Bült., Ankara, Cilt:12/2, sayı:2, 19-25.
- BIENIAWSKI, Z.T., 1975. The Point-Load Test in Geotechnical Practice. Engineering Geology 9: M 1pp.
- BIENIAWSKI, A., 1975. Kayaçların Nokta Yük Dayanımına Göre Sınıflandırılması. Rapor No: 1258. s: 31-32.
- BİLGİN, N., 1979. İnşaat ve Maden Mühendisleri için Uygulamalı Kazı Mekaniği. Birsen Yayın Evi, İstanbul 192s.
- ÇİFTEPALA, M., KILIÇ, Ö., ANIL, M., 2003. Meşe bağları (Toplu köy-Çermik-Diyarbakır) Kireçtaşı Mermerlerinin Fiziko Mekanik Özellikleri. Türkiye IV. Mermer ve Doğal taş Sempozyumu (MERSEM'2003) Bildiriler Kitabı, s: 221-230.
- DEMİRBASA, A., 2005. Çeşme Yöresindeki Tüflerin Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği, s:32, İzmir.
- DERE, B., MILLER, N., 1966. Tek Eksenli Basınç Direncine Göre Kayaların Sınıflandırılması. Ankara MTA Rapor No: 2352, 32.

- DURAN, F., 2009. Erciyes Volkanizmasının Oluşumu, Koçcağız Köyü (Kayseri) Dolayının Stratigrafisi ve Tüflerin Yapı-Kaplama Taşı Olarak kullanılabilirliği. Çukurova Üniversitesi, jeoloji Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ERDOĞAN, Y., 2001. Çukurova Bölgesinde Yüzeyleyen Kayaçların Mühendislik Özelliklerinin Belirlenerek Yapı ve Kaplamacılıkta Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ç. Ü. Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ERKAN, Y., 1995. Magmatik petrografi. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendislik Bölümü Yayını 169s. Ankara.
- GÜNER, Y., Emre, Ö. ve BAŞ, H., 1984. Erciyes Yanardağı'nın Jeolojisi ve Jeomorfolojisi. MTA Temel Araştırmalar Dairesi Başkanlığı, Ankara, MTA Rapor Numarası: 7550, 7-72.
- HALİFEOĞLU, M., DALKILIÇ, N., 2002. Tarihten Günümüze Diyarbakır Bazaltının Gelişim Süreci ve Bugünkü Kullanım Alanları. I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, 9-13 Ekim, 570-579.
- İZBIRAK, R. ve Yalçınlar, İ., 1951. Kayseri'nin Kuzeyinde Üst Miosene Ait Omurgalılar. T.J.K. Bülteni, Cilt III. Sayı 1.
- KAHRAMAN, S., 2001. Estimating The P-Weave Velocity Valve of İntact Racle From İndirect Laboratory Measurements, İnternational Journal of Rock Mechanics and Minig Sciences. 39: 723-728.
- KARAKUŞ, A., (1999). Diyarbakır Yöresinde İşletilebilir Nitelikteki Mermerleri Kesilebilirlik Parametrelerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, s: 56
- KEKEÇ, B., ÜNAL M.; ŞENSÖĞÜT C., 2004. Kayaçların Doku Özellikleri ile Kırılma ve Öğütülme Özellikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. KAY MEK' 2004-VII-Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas.
- KETİN, İ., 1982. Genel Jeoloji Yer Bilimine Giriş. İTÜ Vakfı, Cilt I, s:1096, İstanbul.
- KETİN, İ., 1963. Türkiye'nin Tektonik Birlikleri. MTA Dergisi. Ankara. No:66. 20-34.
- KOÇU, N., 2006. Doğal Taşların Duvarlarda Yapı Malzemesi Olarak Kullanılması, Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Deney Yöntemleri. 30.

- Yıl Fikret Kutman Jeoloji Sempozyumu, Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.
- KUŞÇU, M., Yıldız, A., 2001, Ayazini Tüflerinin Yapıtışı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem'2001) Bildiriler Kitabı, Afyon, s.85-98
- KUN, N., 2000. Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi.
- LAHN, E., 1945. Anadolu'da Neojen ve Dördüncü Zaman Volkanizması. T.C.D. No:7-8, 71-87.
- LEBKÜCHNER, R.F., 1956. Kayseri ve Avanos-Ürgüp Havalisi ile Boğazyılan Havalisinin Uzunyayla'ya Kadar Olan Kısmının Jeolojisi. Ankara MTA Rapor No: 2656, 32-37.
- ONARGAN, T., KÖSE, H., DELİORMANLI, A., 2005. Mermer. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- ÖNEN. S., 1992. Karacadağ Bazaltının Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Fırat Üni. Kimya Müh. Kütüphanesi, s: 36, Şanlıurfa.
- PASGUARE, G., 1963. Geology of The Cenozoic Volcanic Area of Central Anatolia. Atti Accad. Naz. Lincei. Sect, Roma, 8/40, 1077-1085
- PENTHER, A., 1905. Eine Reisein Des Gebesit Des Erciyes Dağ. Abl., K. Georg, Ges Wie. BD: VI., 63-81.
- SANCAK ve arkadaşları, 2010. Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 32260 Türkiye.
- ŞENTÜRK, A., GÜNDÜZ, L., SARIŞIK, A., 1995. Yapı Taşı Olarak Kullanılan Endüstriyel Kayaçlara Teknik Bir Bakış. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu 21-22 Nisan 1995, s: 333-334.
- TARHAN, F., 1989. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri. Genel Yayın No:145, KTÜ, Trabzon.
- TEKİN, A., 1997. Anadolu'nun taşlara yazıldığı kent. D.Ü. Yayınevi, 33s. Diyarbakır.
- TEYMEN, A., 2005. Bazı Kayaçların Petrografik, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. Ç. Ü. Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- T.S.E., 1987. TS 699 Doğal Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları. Ankara.

- T.S.E., 1988. TS 6234 Granit- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan. Aralık 1988, Ankara.
- T.S.E., 1992. TS 10449 Mermer- Kalsiyum Karbonata Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan. Kasım 1992, Ankara.
- T.S.E., 1992. TS 10834 Gabro - Yapı Ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan. Kasım 1992, Ankara.
- T.S.E., 1993. TS 11143 Traverten Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan. Aralık 1993, Ankara.
- T.S.E, 1993. TS 11135 Trakit - Yapı Ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan. Aralık 1993, Ankara.
- UYGUN, A., 1976. Geologie und Diatomit – Vorkommen des Emmiler – Hırka Neogen Beckens (Kayseri – Türkiye), Doktora Tezi, 137 s., Bonn.
- UYVAL, Ö., AKÇAKOCA, H., TOPAL, İ., 2003. Bazı Doğal Taşların Tekno Mekanik Özellikleri Ve Uygun Kullanım Alanlarının Belirlenmesi.
- UZ. B., 1990. Ülkemizde Sert Mermer Grubu Serpantin-Ultrabazikler. Mermer Dergisi, Mart, 10-11.
- UZ, B. (2001). Sert Mermer Grubuna Bir Örnek; Diyarbakır Karacadağ Bazaltlarının Mermer Açısından İncelenmesi. Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Afyon, 43-53.
- ÜNSAL, N., 1993. İnşaat Mühendisleri İçin Jeoloji. Alp Yayınevi, s: 36, İstanbul.
- YALÇINLAR, İ., 1950. Strüktürel Morfoloji. İ.Ü.Coğrafya Enstitüsü Yayını. No:29. 18-19.
- YILMAZ, H., SAFEL, R., 2004. Mermer Sektörü. Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O. İktisadi Araştırmalar ve Mevzuat Yönetmeliği. Sektör Araştırmaları Serisi No:31.
- YETİŞ, C. ve ÇETİN, H., KOP, A. ve TAPTIK, A., 2000. Kuvaterner Stratigrafisi ve Ecemiş Fay Kuşağı Boyunca Kaba Alüvyal Yelpazeler: Çamardı – Niğde. 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı. Bildiri Özleri. Ankara. 233 s.
- YETİŞ, C., 1978a. Çamardı (Niğde) Yakın ve Uzak Dolayının Jeoloji İncelenmesi ve Ecemiş Yarılım Kuşağının Maden Boğazı – Kamışlı Arasındaki Özellikleri. İ.Ü. Fen Fak. Doktora Tezi, İstanbul, 164 s.

YETİŞ, C., 1978b. Geology of the Çamardı (Niğde) Region and the Characteristics of the Ecemiş Fault Zone Between Maden BoĐaz and KamiŐlı, Revue de la Faculte des. Scienses, İstanbul, B/43, 41-61.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Adanada'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimimi Adana'da tamamladı. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümünü kazandı. 2007 yılında bu bölüm'den mezun oldum. Aynı yıl Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2007 yılında özel bir Mühendislik firmasında işe girdi. Halen görevine devam etmektedir.