



**T. C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SIVAS BÖLGESİ BEYAZ TRAVERTENLERİN DAYANIMININ
BASİT YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Celal Kaan KARADELİ
(2010FEY020)**

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Salih YÜKSEK

**SIVAS
EYLÜL 2019**

Celal Kaan KARADELİ 'nin hazırladığı ve “**Sivas Bölgesi Beyaz Travertenlerin Dayanımının Basit Yöntemlerle Belirlenmesi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Salih YÜKSEK**
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Önder Uysal**
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba DOĞAN
Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof.Dr. Özlem Pelin CAN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu'nda (Yönerge) belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Celal Kaan KARADELİ

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu'nda (Yönerge) belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

09.09.2019

Celal Kaan KARADELİ

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, tezin her aşamasında değerli bilgisini ve yardımını esirgemeyen, tecrübeleriyle yol gösteren danışman hocam, Dr. Öğretim Üyesi Salih YÜKSEK'e çok teşekkür ederim.

Jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Önder UYSAL ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuğba DOĞAN hocalarıma yaptıkları olumlu eleştiriler ve katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her evresinde maddi manevi destekleriyle beni hiç bir zaman yalnız bırakmayan bana destek olan değerli aileme ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen eşime sonsuz teşekkür ederim. 09/09/2019

Sevgili Babama, Anneme ve Canım Kardeşlerime ...



ÖZET

SİVAS BÖLGESİ BEYAZ TRAVERTENLERİN DAYANIMININ BASİT YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Celal Kaan KARADELİ

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Salih YÜKSEK

2019, 55+xvi sayfa

Sivas, madenlerin çeşitliliği ve travertenleriyle oldukça zengin bir bölgedir. İl merkezine yakın değişik renk, desen ve dokuda birçok traverten yatakları bulunmaktadır. Bu travertenlerden geçmişte ve günümüzde daha çok tercih edilen beyaz travertenler olmuştur. Bu çalışma kapsamında Sivas bölgesi beyaz travertenlerinin basit yöntemlerle kalitesi ve/veya dayanımları araştırılmıştır. Sivas il merkezine yakın bir beyaz traverten ocağından blok numuneler alınarak kaya mekaniği laboratuvarına getirilmiş ve deneyler için standartlara uygun boyutlarda tabakalanmaya dik "Vein-Cut" ve tabakalanmaya paralel "Cross Cut" olacak şekilde karot, kübik ve prizmatik örnekler hazırlanmıştır. Örneklerin öncelikle beyaz travertenlerin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra numuneler üzerinde önce tahribatsız ölçümler daha sonrada tahribatlı deneyler gerçekleştirilmiştir. Tahribatsız basit deneylerden numunelerin kesim şekline göre ıslak ve kuru durumda; P-dalga hızı, elastisite modülü, Equotip, Shore ve Schmit sertlik ölçümleri yapılmıştır. Tahribatlı deneylerden; nokta yükleme ve suda dağılma-slake durability indeks deneyleri, sürtünmeli aşınma-Böhme deneyi ve Los-Angles aşınma deneyleri, tek eksenli basma ve indirek çekme deneyleri, eğilme ve darbe deneyleri yapılmıştır.

Laboratuvar çalışmalarından başka beyaz travertenlerin yerinde-arazide basit yöntemlerle dayanımları Schmidt sertlik değerlerine göre tahmin edilmiştir. Buna göre ocaktaki travertenlerin homojen görünümde olmasına rağmen sertlik değerleri heterojen bir yapıda olduğunu göstermiştir.

Beyaz travertenler için yapılan tahribatsız ve yarı tahribatlı basit veya kolay deneylerle tahribatlı deneyler arasında ilişkiler geliştirilmiştir. Beyaz travertenlerin sahada yapılan bu basit deneylerle dayanımları hakkında hızlı bir şekilde sayısal fikir edinelebileceği ve ocak yerinde seçimli madencilik yapılarak traverten bloklarının çıkarılacağı bölgelerin belirlenmesine kılavuz olacağı ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Rezonans tester, Pundit, Aşınma, Equotip, Schmidt

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE DURABILITY OF WHITE TRAVERTINES OF SIVAS BY SIMPLE METHODS

Celal Kaan KARADELİ

Master of Science Thesis, Department of Mining Engineering

Supervisor: Dr. Salih YÜKSEK

2019, 55+xvi pages

Sivas is a rich region with the diversity of mines and travertines. There are many travertine beds in different colors, patterns and textures close to the city center. Of these travertines, white travertines have been preferred in the past and today. In this study, the quality and / or strength of white travertines of Sivas region were investigated with simple methods. Block samples were taken from a white travertine quarry close to Sivas city center and brought to rock mechanics laboratory. For the experiments, core, cubic and prismatic samples were prepared as Vein-Cut perpendicular to the stratification and "Cross Cut paralel parallel to the stratification. First of all, physical properties of white travertines were determined. Non-destructive measurements and then destructive tests were performed on the samples. According to the cutting method of the samples from simple non-destructive tests, wet and dry condition; P-wave velocity, modulus of elasticity, Equotip, Shore and Schmit hardness were measured. Destructive tests; point loading and dispersion-slake durability index tests, friction wear-Böhme test and Los-Angles wear tests, uniaxial compression and indirect tensile tests, bending and impact tests were performed. In addition to laboratory studies, in-field strengths of white travertines were estimated by Schmidt hardness values. Accordingly, although the homogeneous appearance of travertines in the quarry hardness values showed a heterogeneous structure. Relations between simple and easy non-destructive and semi-destructive tests for white travertines have been developed. It has been demonstrated that with these simple experiments in the field, the white travertines can quickly obtain a numerical idea about their strength and guide the determination of the regions where travertine blocks will be extracted by performing selective mining.

Key words: Resonance tester, Pundite, Abrasion, Equotip, Schmidt

İÇİNDEKİLER

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR	VI
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
ÇİZELGELER DİZİNİ	XIII
ŞİMGELER DİZİNİ	XV
KISALTMALAR DİZİNİ	XVI
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problemin Tanımı.....	1
1.2 Tez Konusu ve Kapsamı.....	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Traverten Tanım-Tarihçe, Oluşumu Ve Dağılımı.....	3
2.2 Sivas Bölgesi Traverten Oluşumları	5
2.3 Literatürde Kayaçların Dayanım Özelliklerini Belirlemede Basit Yöntemlerle Doğrudan Yöntemler Arasında Geliştirilmiş İlişkiler.....	6
3. MATERYAL VE METOD	9
3.1 Beyaz Travertenlerin Jeolojik, Mineralojik, Petrografik Ve Kimyasal Özellikleri	9
3.2 Arazide Yapılan Ölçümler	11
3.5 Laboratuvar Deneyleri.....	14
3.5.1 Deney numunelerinin hazırlanması	14
3.5.2 Beyaz travertenlerin fiziksel özellikleri	16
3.5.3 Beyaz travertenlerin dayanımlarının belirlenmesinde uygulanan basit deneyler	19
3.5.4 Beyaz travertenlerin dayanımlarının belirlenmesinde mekanik deneyler	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	40
4.1 Beyaz Travertenlerin Arazide Yapılan Ölçümlerin Değerlendirilmesi.....	40
4.2 Beyaz Travertenlerin Dayanımının Belirlenmesinde Yapılan Basit Deneylerin Değerlendirilmesi	41
4.3 Beyaz Travertenlerin Dayanımının Belirlenmesinde Yapılan Mekanik Deneylerin Değerlendirilmesi	43
4.2 Beyaz Travertenlerin Dayanımının Belirlenmesinde Yapılan Deney Sonuçlarının Korelasyonu Ve Geliştirilen Matematiksel Denklemler	43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	50
5.1 Sonuçlar	50
5.2 Öneriler	50
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Travertenlerde Oluşan Ana Boşluk Şekilleri Ve Doku İsimleri (Choquete Ve Pray, 1970 Den Modifiye Edilmiş, Pentacost 1995).....	4
Şekil 2.2 Traverten Oluşum Şekilleri: (A) Tepe Tipi; (B) Sırt Veya Kemer Tipi; (C) Şelale Tipi; (D) Baraj Tipi; (E) Akıntı Kabuklu Küresel Oluşumlu Tip; (F) Gölsel Kabuklu Küresel Oluşumlu Tip; (G) Bataklik Yataklanması Tipi; (H) Çimentolanmış Çakıllı Tip	4
Şekil 2.3 Türkiye Travertenleri Dağılım Haritası (Polat 2011).....	5
Şekil 2.4 Sivas Bölgesi Traverten Yataklarının Dağılımı(Mesci 2004).	6
Şekil 3.1 Sivas Bölgesi Traverten Bölgeleri-Ocakları (Url-1).	9
Şekil 3.2 Beyaz Traverten İnce Kesit Görüntüsü	10
Şekil 3.3 Traverten Ocağında Aynada(Soldaki Resim) Ve Kesilmiş Blok(Sağdaki Resim) Üzerinde Schmidt Sertlik Ölçümü.....	11
Şekil 3.4 Karot Alama Ve Karot Düzeltme Makineleri	14
Şekil 3.5 Tabakalanmaya Dik-Vein Cut Ve Tabakalanmaya Paralel-Cross Cut Karot Numuneler.....	14
Şekil 3.6 Aşınma Ve Eğilme Deneyleri İçin Hazırlanan Numuneler	15
Şekil 3.7 Pundit Cihazı Ve Vp Ölçümü	19
Şekil 3.8 Shore Sertlik Deneyi.....	22
Şekil 3.9 L-Tipi Schmidt Çekici Ve Kalibre Bloğu.....	23
Şekil 3.10 Resonance Tester Deney Düzeneği	24
Şekil 3.11 Nokta Yükleme Deney Düzeneği.....	27
Şekil 3.12 Sürtünme İle Aşınma Kaybı Deney Aleti Görünümü.....	29
Şekil 3.13 Darbeli Aşınma Deneyi(Los- Angeles Metodu)	31
Şekil 3.14 Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık(Slake Durability) İndeksi Deney Düzeneği	32
Şekil 3.15 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Düzeneği (NX Karot Tipi Numunelerin Kırılması).....	33
Şekil 3.16 Çekme Dayanımı Deney Düzeneği.....	35
Şekil 3.17 Eğilme Dayanımı Deney Düzeneği	37
Şekil 3.18 Darbe Dayanımı Cihazı Deney Düzeneği.....	39
Şekil 4.1 Beyaz Traverten Üretim Aynası Schmidt Sertlik Dağılım Haritası	40
Şekil 4.2 Beyaz Traverten Kesilmiş Blok Schmidt Sertlik Dağılım Haritası	41
Şekil 4.3 Suda Dağılma Dayanım Abağı (Gample 1971).....	42
Şekil 4.4 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin Equotip Sertlik İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.....	44
Şekil 4.5 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin Equotip Sertlik İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.....	44
Şekil 4.6 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin Vp Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.....	45

Şekil 4.7 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin Vp Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.	45
Şekil 4.8 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin RT-Dinamik Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.	46
Şekil 4.9 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin RT-Dinamik Elastisite Modülü İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.	46
Şekil 4.10 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin Equotip Sertlik İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.	47
Şekil 4.11 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin Equotip Sertlik İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.	47
Şekil 4.12 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin Vp Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.	48
Şekil 4.13 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin Vp Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.	48
Şekil 4.14 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin RT-Dinamik Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Tek Eksenli Basınç Direnci-Ucs (Qu) İle Nokta Yük Endeksini (Is) İlişkilendiren Denklemler(A) (Kahraman 2001'den Alınmıştır)	7
Çizelge 2.2 Tek Eksenli Basınç Direnci İle Schmidt Sertliği Ve Elastisite Modülü İlişkisi (Goudie 2006'dan Alınmıştır).....	7
Çizelge 2.3 UCS İle Vp Arasındaki Matematiksel İlişkiler	8
Çizelge 3.1 Travertenlerin Kimyasal Analiz Sonuçları	10
Çizelge 3.2 Başlıbüyük Beyaz Traverten Ocağı Aynada Schmidt Çekici İle Yapılan Sertlik Ölçüm Değerleri.....	12
Çizelge 3.3 Başlıbüyük Beyaz Traverten Ocağı Kesilmiş Blok Üzerinde Schmidt Çekici İle Yapılan Sertlik Ölçüm Değerleri	13
Çizelge 3.4 Beyaz Travertenlerin Doğal Birim Hacim Ağırlıkları	16
Çizelge 3.5 Beyaz Travertenlerin Kuru Birim Hacim Ağırlıkları.....	16
Çizelge 3.6 Beyaz Travertenlerin Kütlece Su Emme Oranları	17
Çizelge 3.7 Beyaz Travertenlerin Hacimce Su Emme Oranları	17
Çizelge 3.8 Beyaz Travertenlerin Mineral Tane Yoğunluğu Değerleri	18
Çizelge 3.9 Beyaz Travertenlerin Toplam Porozite Değerleri	18
Çizelge 3.10 Beyaz Travertenlerin Etkili Porozite Değerleri.....	18
Çizelge 3.11 Beyaz Travertenlerin Doluluk Oranı Değerleri	18
Çizelge 3.12 Beyaz Travertenlerin Su içeriği Değerleri.....	18
Çizelge 3.13 Beyaz Traverten Yaş Ve Kuru Yatay Damarlı(Cross-Cut) Numunelerinin Vp Ve E Okumaları.....	20
Çizelge 3.14 Beyaz Traverten Yaş Ve Kuru Dikey Damarlı(Vein-Cut) Numunelerinin Vp Ve E Okumaları	20
Çizelge 3.15 Yatay Damarlı(Cross-Cut) Traverten Numunelerinin Kuru Ve Yaş Equotip Sertlik Okumaları	21
Çizelge 3.16 Dikey Damarlı(Vein-Cut) Traverten Numunelerinin Kuru Ve Yaş Equotip Sertlik Okumaları	21
Çizelge 3.17 Beyaz Traverten Vein-Cut Ve Cross-Cut Kesim Shore Sertliği Deney Sonuçları	22
Çizelge 3.18 Beyaz Traverten Schmidt Sertliği Deney Sonuçları	23
Çizelge 3.19 Yatay Damarlı-Cross-Cut- Yaş Beyaz Travertenlerin Frekans Değerleri Ve Dinamik Elastisite Hesaplamaları	25
Çizelge 3.20 Dikey Damarlı-Vein-Cut- Yaş Beyaz Travertenlerin Frekans Değerleri Ve Dinamik Elastisite Hesaplamaları	25
Çizelge 3.21 Yatay Damarlı-Cross-Cut- Kuru Beyaz Travertenlerin Frekans Değerleri Dinamik Elastisite Hesaplamaları	26

Çizelge 3.22 Dikey Damarlı-Vein-Cut- Kuru Beyaz Travertenlerin Frekans Değerleri Ve Dinamik Elastisite Hesaplamaları	26
Çizelge 3.23 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim Nokta Yük Dayanım İndeksi ($I_{s(50)}$) Deney Sonuçları.....	28
Çizelge 3.24 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim Nokta Yük Dayanım İndeksi ($I_{s(50)}$) Deney Sonuçları.....	28
Çizelge 3.25 Beyaz Traverten Cross-Cut Ve Vein-Cut Kesim Böhme Deney Sonuçları	30
Çizelge 3.26 500 Devir Sonundaki Aşınma Oranları.....	31
Çizelge 3.27 Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık (Slake Durability) İndeksi Deneyi	32
Çizelge 3.28 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Σ_c) Sonuçları	34
Çizelge 3.29 Beyaz Traverten Vein-Cut Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Σ_c) Sonuçları.....	34
Çizelge 3.30 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim İndirek Çekme Dayanımı (Σ_t) Deney Verileri	36
Çizelge 3.31 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim İndirek Çekme Dayanımı (Σ_t) Deney Verileri	36
Çizelge 3.32 Cross-Cut Kesim Numunelerin Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları	37
Çizelge 3.33 Vein-Cut Kesim Numunelerin Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları.....	38
Çizelge 3.34 Darbe Dayanımı Deney Sonuçları.....	38
Çizelge 4.1 Beyaz Travertenlerin Fiziksel Özellikleri	41
Çizelge 4.2 Beyaz Travertenlerin Basit Deney Sonuçları	42
Çizelge 4.3 Beyaz Travertenlerin Mekanik Özellikleri	43

SİMGELER DİZİNİ

E	: Elestisite modülü (GPa)
σ_b	: Basınç direnci (MPa)
V_p	: P dalga hızı (m/s)
<i>ISI</i>	: Darbe dayanımı indeksi
<i>I₅₀</i>	: Nokta yükleme dayanımı indeksi
UCS	: Tek eksenli basınç mukavemeti (MPa)
n	: Porozite (%)
γ	: Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)
ω	: Su içeriği (%)
ϕ	: içsel sürtünme açısı (°)
HLD	: Equotip sertlik değeri
R	: Korelasyon katsayısı
R²	: Açıklayıcılık katsayısı



KISALTMALAR DİZİNİ

MTA	: Maden Tetkik Arama
İMMİB	: İstanbul Maden ve Mermer İhracatçıları Birliđi
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
İÜ	: İstanbul Üniversitesi
ODTÜ	: Orta Dođu Teknik Üniversitesi



1. GİRİŞ

Yapı taşları olan mermer ve travertenlerin uzun dönem kullanımının belirlenmesi için bu taşların dayanım özelliklerinin bilinmesi gerekir. Taşların dayanım veya sağlamlığını belirlemek için yerinde ve laboratuvarında birçok deney yapılmaktadır. Bu deneyler genelde basınç, çekme direnci, eğilme direnci, nokta yükleme dayanımı, darbe dayanımı, sulu ve kuru aşınma gibi doğrudan tahribatlı deneyler ile ultrasonik ses hızı, değişik sertlik ölçüm deneyleri, fotogrametrik ve lazerli ölçümler gibi indirekt tahribatsız deneylerden oluşmaktadır. Direkt olarak yapılan tahribatlı deneyler hem zaman almakta hem de bazı yumuşak kayalardan karot örnekleri almak zor olduğu için bunun yerine dolaylı yöntemler veya basit deneylerle kayaların dayanımlarının tahmini üzerine çalışmalar yapılmaktadır. D'Andrea ve arkadaşları (1964) indirekt yöntemlerle kayaçların basınç direncini tahmini üzerine araştırmalar yapmışlardır. Hoek ve Brown (1997) kaya kütlelerinin sağlamlılığını tahmin etmede dolaylı pratik metodları önermişlerdir. Bilgin ve Shahriar (1986) çalışmalarında kayaçların ve kömür damarlarının mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan dolaylı yöntemleri değerlendirmişlerdir. Potro&Hürimann (2009) volkanik kayalar üzerinde nokta yükleme, L ve N tipi Schmidt çekici ve tek eksenli basınç deneyleri yaparak dolaylı metodlarla direct metodları karşılaştırmışlar. Kahraman (2001) kayaçların basınç direncini basit yöntemlerle pratik olarak belirlenmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Aydın&Basu (2005) kaya malzemelerinin özelliklerini belirlemede Schmidt çekicinin kullanımını araştırmışlardır. Benzer şekilde Fener ve arkadaşları da (2005) kayaçların basınç direncini belirlemede indirekt metodların kullanımını karşılaştırmalı değerlendirmesini yapmışlardır. Yine bazı araştırmacılar da dolaylı yöntemlerin arasındaki ilişkileri incelemişlerdir (Sharma ve ark. 2010). Bir başka çalışmada kayaçların sertlikleri ile mekanik özellikleri arasında ilişkiler geliştirilmiştir (Yaşar ve ark. 2004). Yukarıda verilen çalışmalardan başka dolaylı yöntemlerle kayaçların dayanım özellikleri belirlenmesi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (ISRM 1981, Xu ve ark. 1990, Sachpazis 1990, Cargill&Shakor 1990, Romana 1999, Yılmaz&Sendir 2002, Dinçer ve ark. 2004, Kılıç&Teymen 2008, Singh ve ark. 2012, Yağız 2011, Kılıç&Teymen 2008, Kahraman&Yeken 2010)

Bu çalışmada Sivas il merkezine yakın Başbüyük köyü mevkiinde bulunan beyaz travertenlerin fiziksel özellikleri ile tahribatsız basit testler ve tahribatlı mekanik deneylerle dayanım ve sağlamlılığı ortaya konmuş parametreler arasında ilişkiler araştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada önceki çalışmalarda kullanılmayan basit ve dolaylı yöntemlerden olan Rezonans tester ve Equotip sertliklik cihazları ile beyaz travertenlerin sağlamlılığı belirlenmiştir.

1.1 Problemin Tanımı

Sivas bölgesi traverten oluşumları bakımından oldukça zengindir ve daha çok Sıcak çermik ve soğuk çermik civarında yataklanmıştır. Sıcak çermik civarında oluşan travertenler daha çok sarı, kahve renkli küçük boşluklar içeren sırt tipi, bantlı, kabuksu diye adlandırılan travertenler olurken soğuk çermik civarındaki travertenler ise beyaz ve kirli beyaz renkli tabakalı şeklindedir. Önceleri daha çok sıcak çermik civarındaki travertenler üzerine bilimsel ve teknik araştırmalar yapılmıştır

(Ayaz 1998, Tekin&Ayyıldız 2001, Mesci 2004, Yüksek ve ark. 2010). Soğuk çermik civarında yataklanan beyaz travertenler üzerine pek fazla çalışma olmayıp, Sül ve ark. (1998) tarafından beyaz travertenlerin kireç yapımında kullanılabilirliği üzerine bir araştırma bulunmaktadır. Sivas'taki Şifahye ve Buriciye medresesi, Gök medrese, Kale camii, Behrampaşa hanı ve hamamı gibi bir çok Selçuklu ve Osmanlı eserlerinde daha çok beyaz travertenlerin kullanıldığı görülmektedir. Halen günümüzde de beyaz travertenler restorasyonda bina ve camilerin, döşeme ve kaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu kadar yaygın kullanımına rağmen beyaz travertenlerin dayanım özellikleri üzerine pek fazla çalışma yapılmamıştır. Sivas ve ülke ekonomisi için Sivas bölgesi beyaz travertenlerin özelliklerinin belirlenmesi ve hatta rezervinin ortaya konulması gerekmektedir.

1.2 Tez Konusu ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında, Sivas ili soğuk çermik civarında bulunan travertenlerin yerinde ve laboratuvarında fiziksel ve mekanik özellikleri hem basit yöntemlerle hem de tahribatlı yöntemlerle araştırılarak indirek ve direk metodlar arasındaki ilişkilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Soğuk çermik Başbüyük beyaz traverten ocağında yerinde basit yöntemlerle inceleme ve ölçümler gerçekleştirilerek ocak içindeki travertenlerin sağlamlılıkları belirlemektir. Daha sonra ocaktan alınan blok numuneler laboratuvara getirilerek standartlara uygun boyutlarda örnekler hazırlanarak bir dizi deneyler gerçekleştirmektir. Bu çalışma için öncelikle geniş bir literatür araştırması yapılarak önceki çalışmalar derlenmiştir. Traverten tanımı, oluşumu, sınıflandırması gibi bilgiler ile yerinde ve laboratuvarında kullanılan cihazlar/deneyler ikinci bölümde anlatılmıştır. Ocaktan alınan doğal numunelerin petrografik ve mineralojik özellikleri, numuneler üzerinde yapılan basit-tahribatsız deneyler ile kuru ve ıslak aşınma, basınç-çekme ve eğilme mukavemeti deneyleri, darbe ve nokta yükleme gibi deneyler ve sonuçları üçüncü bölümde anlatılmıştır. Dördüncü bölümde deneylerden elde edilen veriler, bulgular ve tartışmalar yapılmış tablo ve grafikler şeklinde sunulmuş ve yorumlanmış ve karşılaştırılmıştır. Tez çalışmasının sonuçları ve öneriler beşinci bölümde özetlenmiştir.

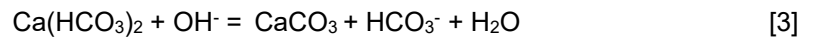
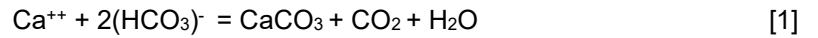
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde travertenlerin tanımı, oluşumu, sınıflandırması ve Türkiye'deki ve Sivas bölgesi travertenleri hakkında bilgiler derlenmiştir. Daha sonra kayaçların dayanımlarını belirlemede kullanılan basit yöntemlerle doğrudan yöntemler üzerine yapılmış çalışmalar ve bağıntılar özetlenmiştir.

2.1 Traverten Tanım-Tarihçe, Oluşumu Ve Dağılımı

Traverten kelimesi etimolojik olarak İtalyanın Lazio şehrinde "Bagni di Tivoli" yöresinde bulunan sıcak su kaynakları için kullanılan "Lapis Travertinus" 'dan geldiği düşünülmektedir. Travertinus kelimesi de Roma'nın 26 km doğusunda bulunan Roman adı "Tivoli" olan kasabanın orijinal adının "tibirtunus veya tivertino" olduğu belirtilmektedir. Traverten taş ocağı Romalılar döneminde "Bagni di Tivoli" kasabası yakındaki taş ocaklarından çıkarılarak Roma'ya gönderilmiş ve bina yapımında yaygın olarak kullanılmıştır (Pentacost, 2005). İngilizce konuşulan ülkelerde traverten yerine "calcareous tufa" veya "tufa" adı kullanılmışlardır. Fransızlar traverten için "le tuf calcaire" derken Almanlar ise "kalktuff" ismini kullanmışlardır.

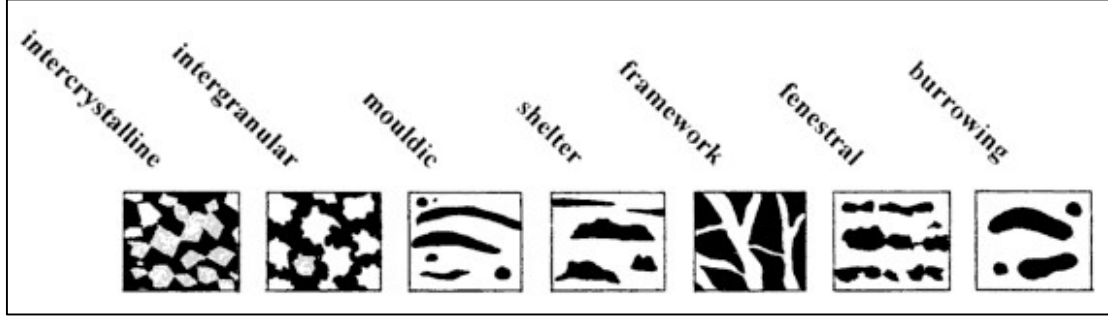
Traverten için literatürde çok sayıda tanım bulunmaktadır. En basit tanımı "sıcak su kaynaklarının ve nehirlerinin evaporasyonu sonucu oluşan malzeme" olarak tariflenmektedir (Mitchell, 1985). Traverten; kalsiyum bikarbonat içerikli sıcaksu kaynaklı suların çatlak, kırık, mağara gibi boşluklarda veya basıncın düştüğü yüzey ortamlarında çökmesi ile oluşmuş, değişik renk, yapı ve dokuya sahip bantlı veya çoğunlukla boşluk içeren kalsit veya aragonit minerallerinin oluşturduğu kimyasal bir kayaçtır. 2 mmol/l veya 80 ppm den daha büyük miktarda Ca⁺⁺ iyonları içeren yeraltı sularının yüzeyinden zengin CO₂ gazının çıkmasıyla (degassing) travertenler oluşmaktadır. Traverten oluşumlarının kimyasal reaksiyonları aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir (Pentacost 2005). En yaygın traverten oluşum reaksiyonları aşağıda [1], [2] ve [3] nolu reaksiyonlarda gösterilmiş olup birinci denklemde verilen tersinir reaksiyon şeklindedir.



Sedimanter veya kimyasal tortul bir kayaç olan travertenlerin çıkarılması ve kullanılması oldukça eskidir. 4000 yıldan daha fazla zamandır kullanılan travertenler eski Mısırlılar daha sonra Romalılar tarafından metal testerelerle veya aşındırıcı telle taş ocaklarından bloklar halinde çıkarmışlardır (Pentacost, 2005). Selçuklu ve Osmanlı döneminde yapılan çoğu tarihi eserlerde özellikle duvarların inşasında travertenlerin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

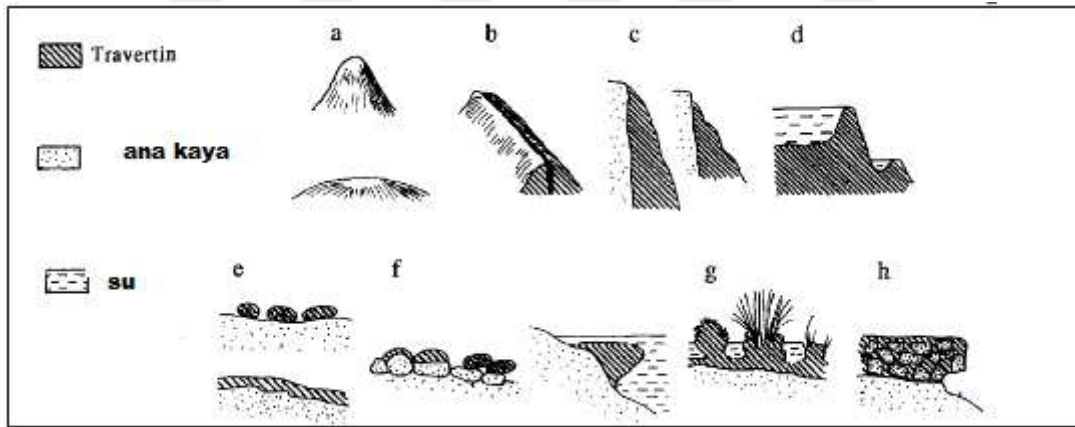
Travertenlerin çökme ortamlarına, jeokimyasına, doku ve morfolojisine göre çok sayıda sınıflandırmalar yapılmıştır. Jeokimyasal sınıflamada travertenleri iklimsel faktörlerin etkili olduğu "metojen travertenler" ve yeraltısuyu akışlarının etkili olduğu "termojen travertenler" olarak iki

kategoriye ayrılmıştır. Boşluklar bütün travertenlerin karakteristik özelliği olup boşluk dokusu bakımından, intercrystalline doku, mouldic doku, fenestral doku ve shelter dokulu olarak sınıflandırılmıştır. Travertenlerde oluşan boşluk şekilleri ve doku isimleri Şekil 2.1' de görülmektedir. Şekilde siyah bölgeler boşlukları göstermektedir.



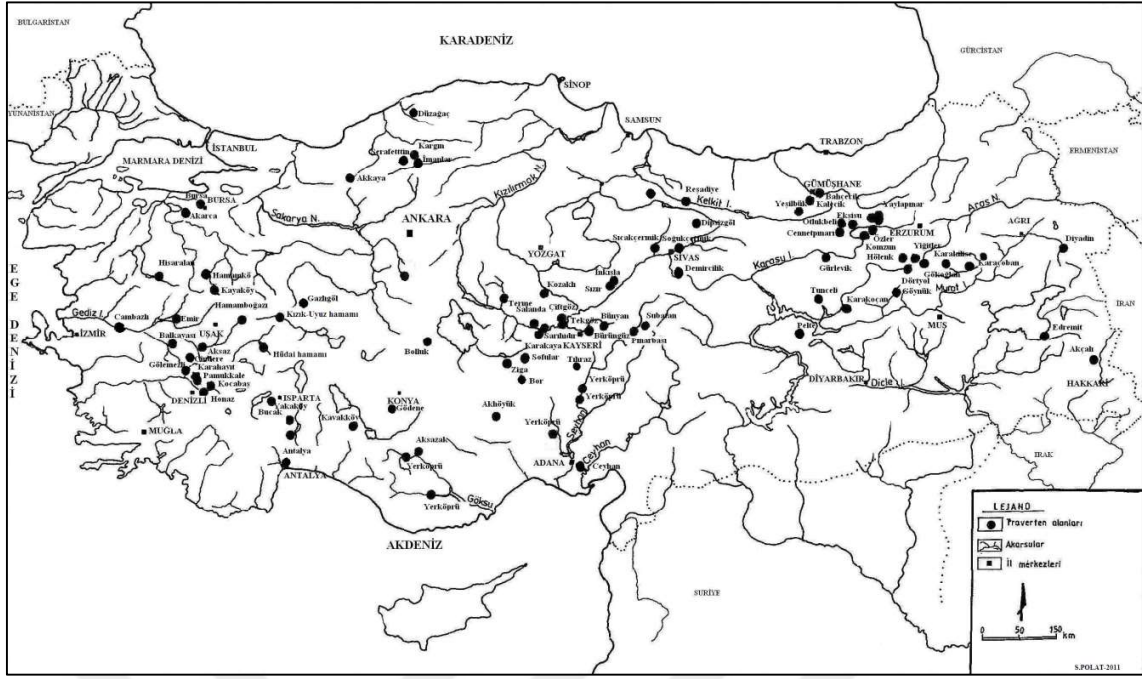
Şekil 2.1 Travertenlerde Oluşan Ana Boşluk Şekilleri Ve Doku İsimleri (Choquete Ve Pray, 1970 Den Modifiye Edilmiş, Pentacost 1995).

Yataklanma veya çökme ortamlarına göre yerinde(otokton) veya taşınmış(allokton) travertenler olarak iki şekilde oluşmuştur. Yerinde oluşan travertenler morfolojik olarak 8 alt kategoride isimlendirilmiştir (Pentacost 1995). Bunlar, tepe tipi (mounds), sırt/semer tipi (fissure ridge), şelale tipi (cascades), baraj tipi (dam), akıntı kabuklu küresel oluşumlu tip, gölsel kabuklu küresel oluşumlu tip, bataklık yataklanması tipi ve çimentolanmış çakıllı tip (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Traverten Oluşum Şekilleri: (A) Tepe Tipi; (B) Sırt Veya Kemer Tipi; (C) Şelale Tipi; (D) Baraj Tipi; (E) Akıntı Kabuklu Küresel Oluşumlu Tip; (F) Gölsel Kabuklu Küresel Oluşumlu Tip; (G) Bataklık Yataklanması Tipi; (H) Çimentolanmış Çakıllı Tip

Ülkemiz jeotermal sıcak sular bakımından zengin olduğu gibi traverten oluşumları bakımından da çok zengin olup traverten oluşumları ülkenin her tarafına yayılmış durumdadır. Polat (2011) çalışmasında Türkiye'de bulunan traverten oluşumunu ve tiplerini araştırmış ve Türkiye Travertenlerinin bulunduğu yerleri haritasını oluşturmuştur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Türkiye Travertenleri Dağılım Haritası (Polat 2011)

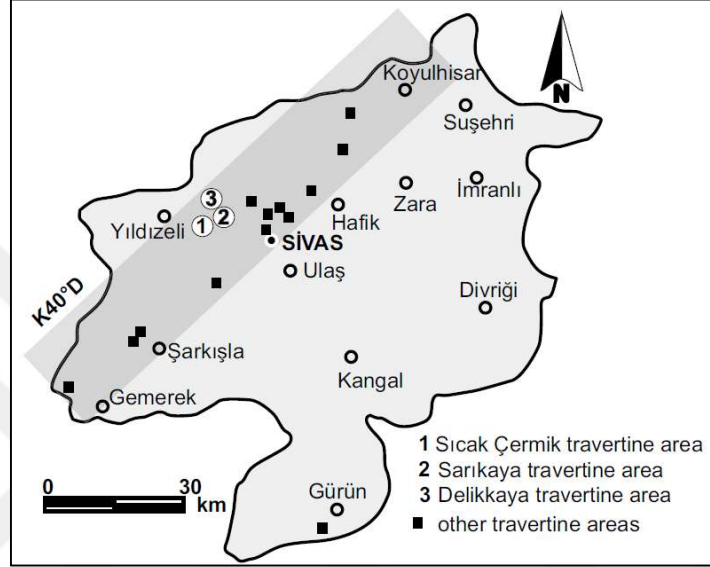
2.2 Sivas Bölgesi Traverten Oluşumları

Jeotermal su ve traverten kaynakları bakımından Sivas bölgesi oldukça zengindir. Sivas il merkezindeki traverten oluşumları daha çok “sıcak çermik” ve “soğuk çermik” yakınlarında yer almaktadır. Sivas bölgesine özgün sarı travertenler daha çok Sivas-Yıldızeli arasında bulunan Sıcak çermik yakın çevresinde bulunurken, daha açık renkli olan traverten oluşumları ise Sivas il merkezinin kuzey doğusunda ve 15 km mesafede soğuk çermik civarında bulunmaktadır. Sarı traverten oluşumları birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Sarı travertenler üzerine en detaylı çalışma Ayaz (1998) tarafından yapılmıştır. Araştırmacı sıcak çermik yakın çevresinde bulunan Karlıkaya, Kandilsırtı, Sarıkaya ve Uyuz Çermik mevkielelerinde bulunan traverten alanlarında ve ocaklarda saha incelemeleriyle jeolojik oluşum ve haritalarını yapmış ve travertenlerin sırt tipi ve damar tipi travertenler şeklinde oluştuğunu belirtmiştir. Tekin ve arkadaşları (2001), Sıcak çermik jeotermal alanındaki güncel travertenlerin petrografik özelliklerini araştırmıştır. Bölgede oluşan travertenlerin kaynağının meteorik kökenli ve morfolojilerinin, çatlak sırtı, kabuksu, süngerimsi, şelale, taraça ve göl yelpazeleri şekilli morfolojilerinin olduğunu belirlemişlerdir. Travertenlerin oluşumunda mikrobiyolojik aktivitenin etkili olduğu ve Coccoid, Pedomicrobium, Beggiatoa ve Thiobacillus türü bakteriler ile mavi ve yeşil alglerin rol oynadıklarını öne sürmüşlerdir. Mesci (2004) doktora tez çalışmasında Sıcak çermik (Sivas) ve yakın yöresindeki traverten oluşumlarını ve aktif tektonikle ilişkisini araştırmıştır. Sivas il sınırları içerisinde güncel olarak 16 değişik noktada sıcak su çıkışının ve traverten oluşumunun devam ettiğini ve bölgedeki traverten oluşumunun U/Th yaşlandırma bulgularına göre yaklaşık 400.000 yıl önce başladığını belirtmektedir. Sivas ili traverten oluşumları üzerine çalışmalardan başka bölgedeki sıcak su kaynaklarının hidrojeolojisi (Erişen vd. 1996, Kaçaroğlu

vd. 1994), çevre jeolojisi (Şimşek 1991 ve Tekin vd. 2000), ve sıcak su sondaj çalışmaları (Olçayto 2003) üzerine araştırmalarda bulunmuşlardır.

Literatür taramasında da belirtildiği üzere traverten oluşumları, Gemerek, Şarkışla, Yıldızeli, Karaçayır ve Olukman yörelerinde güneybatı-kuzeydoğu güzergâhları boyunca yaklaşık 150 km'lik bir hat boyunca uzanmaktadır (Şekil 2.4). Söz konusu bu bölgelerde hâlihazırda 20 den fazla üretim yapan traverten ocakları bulunmaktadır (Migem 2011). Bu çalışmada örneklerin alındığı ve yerinde ölçümlerin yapıldığı Başbüyük mevki traverten ocakları ile ilgili detaylı bilgiler bir sonraki bölümde verilmiştir.



Şekil 2.4. Sivas Bölgesi Traverten Yataklarının Dağılımı(Mesci 2004).

2.3 Literatürde Kayaçların Dayanım Özelliklerini Belirlemede Basit Yöntemlerle Doğrudan Yöntemler Arasında Geliştirilmiş İlişkiler

Numune alınamayan, doğrudan deneyleri yapılamayan ve yerinde-arazide kayaçların sağlamlılığını belirlemek için birçok dolaylı basit yöntemler veya deney düzenekleri geliştirilmiştir. Bu yöntem veya deneylerden en yaygın kullanılanları; Schmidt sertlik (L, N tipi), Shore sertlik, Nokta yükleme, Darbe dayanımı indeksi, PUNDIT-Ultrasonik P ve S dalga hızı (V_p , V_s) ölçümleridir. Literatürde bu konuda değişik kökenli kayaçların dayanımlarını söz konusu bu yöntemlerin kullanılması üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır (D'Andrea vd. 1964, Broch&Franklin 1972, ISRM 1981, Inoue&Ohomi 1981, Bilgin&Shahriar 1986, Hoek &Brown 1997, Xu vd. 1990, Sachpazis 1990, Cargill&Shakor 1990, Romana 1999, Meulenkamp&Grima. 1999, Kahraman 2001, Yılmaz&Sendir 2002, Dinçer vd. 2004, Yaşar vd. 2004, Aydın&Basu 2005, Fener vd. 2005, Aoki&Matsukura 2007, Sharma&Singh 2008, Petro&Hürlimann 2009, Kahraman&Yeken 2010, Sharma vd. 2010, Yağız 2011, Singh vd. 2012.). Bu çalışmalarda daha çok tek eksenli basınç direncini tahmin etmede nokta yükleme dayanım indeksi, Schmidt sertlik değeri, darbe dayanımı indeksi, suda dayanım indeksi, V_p ve V_s ultrasonik ses hızı gibi parametreler kullanılmıştır. Çizelge 2.1' de farklı araştırmacılar tarafından nokta yükleme ile tek eksenli basınç direnci arasında geliştirilen matematiksel korelasyon ilişkileri görülmektedir. Çizelgeden de görüldüğü gibi ISRM tarafından önerilen ilişkide nokta yükleme indeks değerinin

20 ila 25 katı tek eksenli basınç direncini vermekte olup bu ilişki daha yaygın kullanılmaktadır. Çizelge 2.2' de ise tek eksenli basınç direncini tahmin etmede Schmidt sertliği ve young modülü ilişkileri verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü gibi çalışılan kaya türüne göre farklı ilişkiler araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir.

Çizelge 2.1 Tek Eksenli Basınç Direnci-Ucs (Qu) İle Nokta Yük Endeksini (Is) İlişkilendiren Denklemler(A) (Kahraman 2001'den Alınmıştır).

Araştırmacılar	Denklem
D'Andrea et al.	$q_u = 15.3I_{s50} + 16.3$
Broch and Franklin	$q_u = 24I_{s50}$
Bieniawski	$q_u = 23I_{s50}$
Hassani et al.	$q_u = 29I_{s50}$
Read et al.	
(1) Sedimentary rocks	$q_u = 16I_{s50}$
(2) Basalts	$q_u = 20I_{s50}$
Forster	$q_u = 14.5I_{s50}$
Gunsallus and Kulhawy	$q_u = 16.5I_{s50} + 51.0$
ISRM	$q_u = 20 \dots 25I_{s50}$
Chargill and Shakoor	$q_u = 23I_{s54} + 13$
Chou and Wong	$q_u = 12.5I_{s50}$
Grasso et al.	$q_u = 9.30I_{s50} + 20.04$

^a q_u ve I_s MPa.

Çizelge 2.2. Tek Eksenli Basınç Direnci İle Schmidt Sertliği Ve Elastisite Modülü İlişkisi (Goudie 2006'dan Alınmıştır).

Araştırmacılar	Denklem	R
Deere and Miller (1966)	$UCS=10^{(0.00014;N+31.6)}$	0.94
	$E=6.95\gamma^2N-1.14 \times 10^6$	0.88
Aufmuth (1973)	$UCS=6.9 \times 10^{[1.348 \log(\gamma;N)+3.16]}$	
	$E=6.9 \times 10^{[1.06 \log(\gamma;N)+1.86]}$	
Beverly et al. (1979)	$UCS=12.74 \exp^{(0.185;N)}$	
	$E=192(N\gamma^2)12710$	
Kidybinski (1980)	$UCS=0.447 \exp^{[0.045(N+3.5)+\gamma]}$	
Singh et al. (1983)	$UCS=2N$	0.72
Shorey et al. (1984)	$UCS=0.4N-3.6$	0.94
Haramy and DeMarco (1985)	$UCS=0.994N-0.383$	0.7
Ghose and Chakraborti (1986)	$UCS=0.88N-12.11$	0.87
O' Rourke (1989)	$UCS=702N-11040$ (psi)	0.77
Xu et al. (1990)	$UCS=\exp(aN+b)$	0.88
	$E=\exp(cN+d)$	0.96
	a,b,c ve d coefficient depend on rock type	
Sachpazis (1990)	$N=0.2329UCS+15.7244$	0.91
	$N=0.5155E+17.4880$	0.77
	$E=0.3752UCS+4.479$	0.81
Aggastalis (1996)	$UCS=1.31N-2.52$	0.55
Gökçeoğlu (1996)	$UCS=0.0001N^{3.2658}$	0.84
Kahraman (1996)	$UCS=4.5 \times 10^{-4}(N\gamma)^{2.46}$	0.93
Katz et al. (2000)	$UCS=0.792+0.067N \pm 0.231$	0.96
	$E=-8.967+3.091 \ln N$	0.99
Yılmaz and Sendir (2002)	$UCS=\exp(0.818+0.059N)$	0.98
	$E_1=\exp(1.146+0.054N)$	0.91

R regresyon katsayısı; N Schmidt değeri; UCS tek eksenli basınç direnci, E young mod

Yine çok yaygın olarak kullanılan daha çok karot numuneler üzerinde ölçülen ultrasonik V_p ve V_s hızları ile tek eksenli basınç direnci arasında matematiksel korelasyonlar geliştirilmiştir ve bunlardan bazıları Çizelge 2.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 2.3 UCS İle V_p Arasındaki Matematiksel İlişkiler

Araştırmacı	Denklem
Freyburg (1972)	$UCS = 0.035V_p - 31.5$
McNally (1987)	$UCS = 1277 e^{(-11.2/V_p)}$
Tuğrul&Zarif (1999)	$UCS = 35.54 V_p - 55$
Sharma and Singh (2008)	$UCS = 0.0642 V_p - 117.99$
Khandelwal and Singh (2009)	$UCS = 0.133V_p - 227.19$
Diamantis et al. (2009)	$UCS = 0.11V_p - 515.56$
Altındağ (2011)	$UCS = 12.746 V_p^{1.194}$

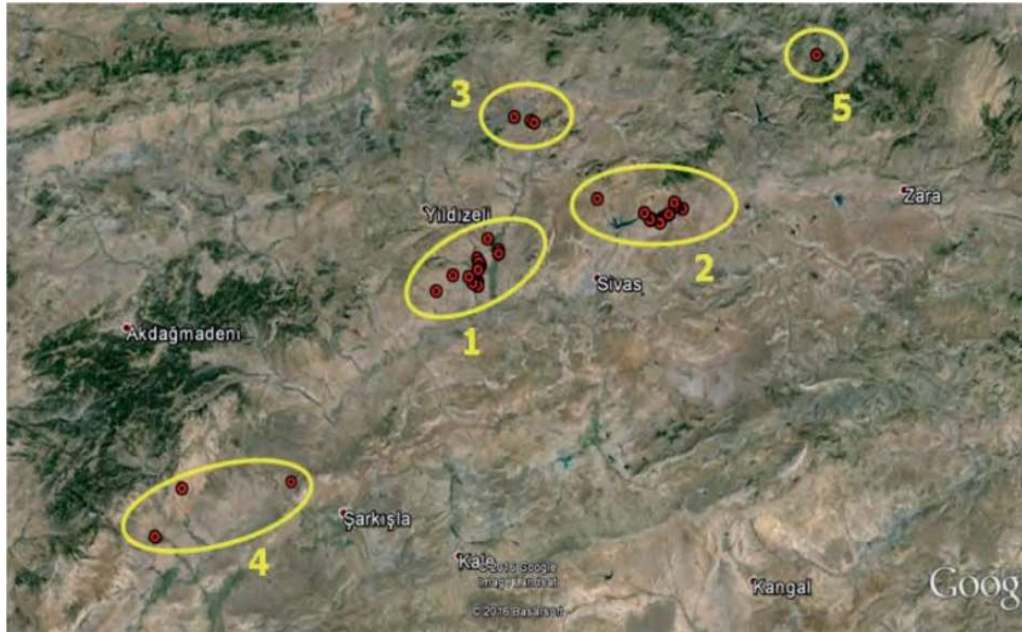
3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde deneylerde kullanılan numunelerin jeolojik, mineralojik ve kimyasal özellikleri ve yerinde ve laboratuvarında yapılan deney ve ölçümler anlatılmıştır.

3.1 Beyaz Travertenlerin Jeolojik, Mineralojik, Petrografik Ve Kimyasal Özellikleri

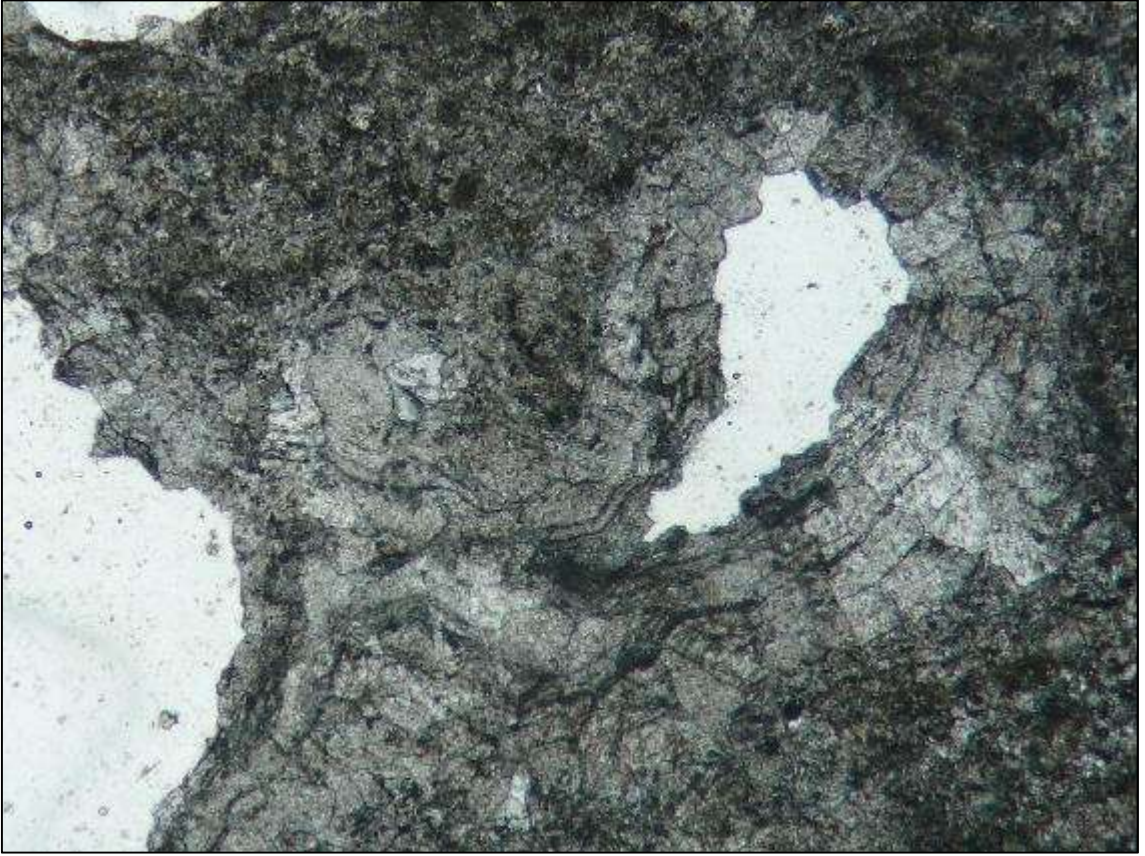
Sivas il alanının orta kesimlerinde kuzeydoğu-güneybatı yönlü olarak uzanan ve yaklaşık 250 km uzunluğa, 50 km genişliğe sahip olan havza Sivas Tersiyer havzası olarak tanımlanmaktadır. Temel kayalar üzerinde bulunan Sivas Tersiyer havzasının stratigrafisi, alttan üste doğru; Pazarcık Volkanitleri (Paleosen), Gülandere Formasyonu (Eosen), Selimiye Formasyonu (Oligosen), Kemah Formasyonu (Alt Miyosen), Hafik Formasyonu (Alt-Orta Miyosen), İncesu Formasyonu (Üst Miyosen-Alt Pliyosen), Bayat Volkanitleri (Üst Pliyosen) ve **travertenler** ile alüvyonlar (Kuvaterner) şeklinde sıralanmıştır(Url-2). Sivasın jeolojik istifine bakıldığında travertenler en üstte yer almaktadır. Gerek sıcak çermik yöresinde olsun gerekse soğuk çermik civarındaki traverten oluşumları volkanik bir dağ olan Yıldızdağı volkanizması ile ilgilidir. Sıcak çermik civarındaki traverten oluşumunda demir ve mangan getirimi daha çok olduğu için sarı ve kahverenkli olurken soğuk çermik civarında bu malzemeler fazla olmadığı için beyaz kirli beyaz sekinde damarlı oluşmuştur.

Sivas ili traverten üretimi bakımından Türkiye'nin önemli illerinden biridir. İl sınırları içerisinde 30'a yakın traverten ocağı üretim yapmaktadır. Sivas ili travertenlerini beş farklı üretim bölgesinde toplanabilir. Bunlar 1- Yıldızeli güneydoğusu 2- Sivas kuzeydoğusu 3-Sivas kuzeyi 4-Şarkışla batısı ve 5-Zara kuzeyidir(Url-1). Bu bölgelerin konumları Şekil 3.1 de gösterilmiştir. Bu çalışmada 2. Bölgedeki Sivas Başıbüyük ocaklarında yerinde ölçümler ve laboratuvarında deneyler için bu ocağın blok numuneler alınmıştır.



Şekil 3.1 Sivas Bölgesi Traverten Bölgeleri-Ocakları (Url-1).

Başıbüyük ocağında traverten kalınlığı 1.5 m ila 10 m arasında değişmektedir. Ocaktan alınan numunelerin incekesitleri hazırlanmış ve doku ve bileşimi şekil 3.2’ de verilmiştir. İnce kesit mikroskopik incelemesinden traverteninin, beyaz, krem renkli, mikritik kalsit ağırlıklı ince kristalli traverten olup 2-9 mm çaplı yuva tipi makro gözeneklidir ve gözenek cidarları jel dokuludur. Mikritik ve sparitik doku özelliğı gösterir. Mikritik doku içerisinde yer yer erime boşlukları gelişmiştir. Erime boşlukları yuvarlağımsı ve uzamış olarak bulunurlar. Bu erime boşlukları bütünüyle ve kenarlarından itibaren ikincil kalsitlerle doldurulmuşlardır. Kalsitler küçük kristaller şeklindedir ve öz şekilsizdirler. Boşlukları dolduran bu kristaller aynı zamanda mikritik zemin içerisinde geliş güzel dağılmış olarak bulunurlar.



Şekil 3.2. Beyaz Traverten İnce Kesit Görüntüsü

Traverten numunelerinin kimyasal analizleri XRF cihazı ile belirlenmiş ve esas element % miktarları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Genel olarak numuneler %94-96 oranında kalsit (CaCO_3) minerali içermekte ve numunelerde çok az miktarda kuvars minerali gözlenmiştir.

Çizelge 3.1 Travertenlerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Kimyasal analiz değerleri					
Ca	% Si	% Fe	%Mn	% Ba	% Ti
41.087	0.001	0.716	0.089	0.028	0.008

3.2 Arazide Yapılan Ölçümler

Numunelerin alındığı Başbüyük traverten ocağında yerinde basamaklarda seçilen bir bölgede aynada ve kesilmiş bir blok üzerinde 25 cm x 25 cm boyutlarında oluşturulan gridlerin orta noktalarında basit ölçme yöntemlerinden Schmidt çekici ile sertlik okumaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Traverten Ocağında Aynada(Soldaki Resim) Ve Kesilmiş Blok(Sağdaki Resim) Üzerinde Schmidt Sertlik Ölçümü.

Ocak üretim aynasında oluşturulan 60 tane bloğun orta noktasında herbir blokta 10 adet olmak üzere toplam 600 okuma gerçekleştirilmiş olup okuma sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir. Benzer şekilde kesilmiş blok üzerinde de 25cmx25cm boyutlarında çizilen gridlerin orta noktalarında Schmidt çekici ile 330 ölçüm yapılmıştır ve Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Başbüyük Beyaz Traverten Ocağı Aynada Schmidt Çekici İle Yapılan Sertlik Ölçüm Değerleri

Blok no	Koordinatlar		ortalama	Schmidt Sertlik değerleri									
	x	y		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	12.5	137.5	15	20	13	11	15	20	15	12	16	21	8
2	37.5	137.5	9	8	8	8	10	10	10	10	10	10	8
3	62.5	137.5	19	28	10	15	15	25	22	18	15	10	30
4	87.5	137.5	14	12	12	12	10	18	18	15	18	30	10
5	112.5	137.5	18	10	15	15	25	22	18	15	25	30	10
6	137.5	137.5	14	12	12	12	10	18	18	15	18	30	10
7	162.5	137.5	26	20	20	22	30	28	40	28	18	35	18
8	187.5	137.5	21	20	22	15	15	15	22	30	30	30	12
9	212.5	137.5	18	12	18	18	22	20	22	12	20	26	8
10	237.5	137.5	23	12	20	18	18	28	28	28	32	10	35
11	12.5	112.5	17	12	16	19	12	20	24	19	16	24	10
12	37.5	112.5	14	16	18	16	14	14	10	12	12	18	10
13	62.5	112.5	16	12	12	20	18	20	20	12	10	20	10
14	87.5	112.5	17	16	20	18	24	18	12	12	18	28	10
15	112.5	112.5	18	18	22	20	10	14	12	28	20	32	10
16	137.5	112.5	17	12	26	20	14	14	12	10	24	30	10
17	162.5	112.5	18	20	18	10	22	10	20	24	22	24	10
18	187.5	112.5	20	12	15	20	20	18	18	30	30	30	10
19	212.5	112.5	24	26	24	18	32	18	20	35	20	38	18
20	237.5	112.5	19	18	18	22	17	18	22	22	18	28	15
21	12.5	87.5	21	24	18	22	15	24	18	24	20	25	12
22	37.5	87.5	16	16	20	18	14	15	15	14	16	24	14
23	62.5	87.5	18	16	18	20	22	18	15	19	16	26	15
24	87.5	87.5	19	18	22	15	17	26	18	12	24	30	10
25	112.5	87.5	22	16	14	19	22	28	32	28	16	36	14
26	137.5	87.5	20	22	18	16	24	19	17	22	20	26	14
27	162.5	87.5	20	18	18	23	22	14	28	18	16	12	28
28	187.5	87.5	20	23	26	22	18	16	22	18	18	32	14
29	212.5	87.5	17	22	13	13	15	20	19	21	16	22	12
30	237.5	87.5	21	24	16	20	16	18	22	32	20	34	16
31	12.5	62.5	19	16	16	18	22	16	18	24	22	24	14
32	37.5	62.5	20	16	16	22	21	16	18	24	24	24	12
33	62.5	62.5	23	22	24	20	14	20	24	26	30	30	12
34	87.5	62.5	17	18	16	20	12	16	22	12	16	24	12
35	112.5	62.5	15	14	12	18	12	16	12	19	19	24	10
36	137.5	62.5	21	18	24	24	16	20	24	16	22	26	14
37	162.5	62.5	18	20	14	16	12	24	18	20	16	30	10
38	187.5	62.5	18	21	14	18	16	22	14	21	20	36	14
39	212.5	62.5	19	15	24	16	24	18	18	18	22	31	11
40	237.5	62.5	22	22	23	25	18	20	16	24	24	31	13
41	12.5	37.5	20	24	26	14	28	20	14	14	22	32	14
42	37.5	37.5	16	14	16	19	18	18	16	14	12	21	12
43	62.5	37.5	20	18	18	18	20	22	18	20	26	26	16
44	87.5	37.5	19	16	20	18	16	18	20	22	19	26	12
45	112.5	37.5	19	18	20	18	19	21	16	16	21	31	12
46	137.5	37.5	18	14	18	16	21	18	12	26	18	27	12
47	162.5	37.5	16	18	20	16	16	16	14	14	14	24	12
48	187.5	37.5	20	24	20	14	20	18	16	30	14	30	12
49	212.5	37.5	20	16	21	19	18	19	20	20	24	29	14
50	237.5	37.5	22	30	32	24	26	13	18	16	16	12	32
51	12.5	12.5	19	16	18	24	22	15	17	19	24	26	14
52	37.5	12.5	18	22	14	16	25	17	14	18	18	26	12
53	62.5	12.5	19	17	24	22	16	21	19	17	16	24	10
54	87.5	12.5	23	24	17	19	18	32	30	28	16	34	14
55	112.5	12.5	19	18	16	22	18	18	24	18	14	24	10
56	137.5	12.5	24	18	24	24	18	34	30	18	22	34	16
57	162.5	12.5	18	22	16	20	22	14	12	17	24	26	12
58	187.5	12.5	15	14	14	16	19	14	14	16	16	20	14
59	212.5	12.5	19	20	16	21	20	14	20	20	24	25	12
60	237.5	12.5	18	24	20	14	18	18	16	14	16	12	31

Çizelge 3.3 Başibüyük Beyaz Traverten Ocağı Kesilmiş Blok Üzerinde Schmidt Çekici İle Yapılan Sertlik Ölçüm Değerleri

Blok no	Koordinatlar		Ortalama	Schmidt değerleri				
	x	y		1	2	3	4	5
1	12.5	137.5	33	26	32	40	41	26
2	37.5	137.5	29	18	24	44	44	12
3	62.5	137.5	36	40	38	30	42	26
4	87.5	137.5	31	32	32	30	38	18
5	112.5	137.5	35	40	30	34	40	30
6	137.5	137.5	33	38	22	38	40	20
7	162.5	137.5	30	32	30	28	36	22
8	187.5	137.5	31	40	28	24	48	12
9	212.5	137.5	37	44	32	34	46	14
10	237.5	137.5	37	30	44	36	48	12
11	262.5	137.5	37	34	38	38	42	25
12	12.5	112.5	35	36	32	36	40	28
13	37.5	112.5	35	36	36	32	40	18
14	62.5	112.5	36	42	38	28	44	26
15	87.5	112.5	35	36	36	32	36	32
16	112.5	112.5	23	22	20	28	40	20
17	137.5	112.5	23	22	28	20	42	18
18	162.5	112.5	36	44	32	32	48	28
19	187.5	112.5	33	38	32	30	50	18
20	212.5	112.5	26	26	28	24	36	18
21	237.5	112.5	41	46	38	40	48	22
22	262.5	112.5	35	40	38	26	40	24
23	12.5	87.5	34	36	30	36	36	24
24	37.5	87.5	38	44	36	35	46	22
25	62.5	87.5	41	42	40	40	44	36
26	87.5	87.5	40	38	40	42	44	35
27	112.5	87.5	40	42	40	38	46	30
28	137.5	87.5	33	32	32	34	30	38
29	162.5	87.5	28	32	22	30	42	16
30	187.5	87.5	39	38	40	40	42	32
31	212.5	87.5	39	40	41	36	44	32
32	237.5	87.5	29	28	22	36	38	15
33	262.5	87.5	20	28	20	12	32	10
34	12.5	62.5	30	28	32	30	40	18
35	37.5	62.5	33	34	34	30	38	22
36	62.5	62.5	27	24	32	26	32	10
37	87.5	62.5	40	40	40	40	42	30
38	112.5	62.5	35	40	44	20	44	18
39	137.5	62.5	37	42	28	42	42	28
40	162.5	62.5	29	36	32	20	40	18
41	187.5	62.5	37	36	36	40	40	18
42	212.5	62.5	27	32	22	28	42	18
43	237.5	62.5	35	36	36	32	40	30
44	262.5	62.5	32	30	30	36	44	28
45	12.5	37.5	33	34	34	30	41	25
46	37.5	37.5	25	26	22	28	38	20
47	62.5	37.5	35	38	34	34	41	32
48	87.5	37.5	35	32	36	36	38	24
49	112.5	37.5	33	34	34	32	41	32
50	137.5	37.5	35	38	38	30	38	24
51	162.5	37.5	35	38	36	32	41	26
52	187.5	37.5	34	34	36	32	44	30
53	212.5	37.5	37	36	40	34	40	26
54	237.5	37.5	33	34	32	34	42	22
55	262.5	37.5	31	30	29	34	42	28
56	12.5	12.5	31	32	32	28	36	16
57	37.5	12.5	31	36	24	34	40	16
58	62.5	12.5	37	38	36	38	36	28
59	87.5	12.5	31	38	30	26	40	24
60	112.5	12.5	39	36	41	41	41	16
61	137.5	12.5	37	44	36	30	44	30
62	162.5	12.5	33	30	40	28	44	24
63	187.5	12.5	37	44	30	36	46	22
64	212.5	12.5	40	42	42	36	42	34
65	237.5	12.5	40	40	40	40	40	28
66	262.5	12.5	38	32	42	40	42	18

3.5 Laboratuvar Deneyleri

Bu bölümde Başlıbüyük traverten ocağından alınan blok numunelerden standartlara göre hazırlanan örnek numuneler üzerinde önce tahribatsız basit ölçüm cihazları ile yapılan ölçümler daha sonra tahribatlı kaya mekaniği deneyleri ve sonuçları anlatılmıştır.

3.5.1 Deney numunelerinin hazırlanması

Ocaktan getirilen blok örneklerden Sivas Cumhuriyet Üniversitesi maden mühendisliği laboratuvarında bulunan karotiyerden TS 699 (1987), TS EN standartları ve Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği Standartlarında (ISRM, 1981) belirtilen deney şartlarında deneyler için istenilen boyutlarda numuneler hazırlanmıştır. Maden mühendisliği laboratuvarında bulunan Şekil 3.4'te gösterilen karot alma makinesi ve karot düzeltme makinesiyle gerekli olan boy/çap oranlarında boyutlandırılmıştır. Bloklardan traverten tabakalanmasına dik şekilde ticari olarak "Vein-Cut" olarak isimlendirilen numuneler "V" ön harfi verilerek numaralandırılırken, tabakalanmaya paralel "Cross-Cut" olarak isimlendirilen numuneler ise "C" ön harfi verilerek numaralandırılmıştır. Hazırlanan ve numaralandırılan numuneler Şekil 3.5 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Karot Alma Ve Karot Düzeltme Makineleri



Şekil 3.5 Tabakalanmaya Dik-Vein Cut Ve Tabakalanmaya Paralel-Cross Cut Karot Numuneleri

Aşınma deneyleri için kübik numuneler ve eğilme deneyleri için prizmatik numuneler yine standartlarda belirtildiği şekilde mermer fabrikasında kesilerek hazırlanmış ve Slake durability ve Los Angeles deneyleri için de standartlara göre yuvarlak numuneler hazırlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Aşınma Ve Eğilme Deneyleri İçin Hazırlanan Numuneler

3.5.2 Beyaz travertenlerin fiziksel özellikleri

Hazırlanan silindirik beyaz traverten numunelerinin; **doğal birim ağırlık, kuru birim ağırlık, etkili porozite, toplam porozite, kütlece su emme, hacimce su emme, mineral tane yoğunluğu, doluluk oranı ve nem oranı** gibi fiziksel özellikleri TS 699 (1987), TS EN 13755 (2003), TS EN 14157 (2005) ve ISRM (1981)'e göre belirlenmiştir. Bu deneylerin standartlarda belirtildiği şekilde yapılışı ve hesaplamaları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3.5.2.1 doğal birim hacim ağırlık veya hacim kütlesi deneyi

Bu deneyle mermer gibi tabii yapı taşlarının boşluklarıyla birlikte doğal haldeki hacimlerinin kütleleri tayin edilmektedir. Deney için en az üç adet olmak üzere genellikle silindirik veya prizmatik numuneler kullanılmaktadır. Dijital kumpasla çap ve boyları en az iki kere ölçülerek ortalamaları alınmakta, silindir hacmi veya prizma hacmi formülü ile hacimleri (V) cm³ veya m³ cinsinden hesaplanmaktadır. Numunelerin ağırlıkları 0.1g (ölçümlerimizde 0.01g kullanıldı) hassasiyetinde terazide tartılmakta ve yer çekim ivmesi ile çarpılarak ağırlığı bulunmaktadır (W). Elde edilen veriler aşağıdaki eşitlikler [4], [5] kullanılarak numunelerin doğal birim hacim ağırlığı bulunmaktadır. Travertenlere ait doğal birim hacim ağırlık ve doğal yoğunluk değerleri Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

$$\text{Yoğunluk, } \rho = W/V, \text{ g/cm}^3 \quad [4]$$

$$\text{Birim hacim kütlesi } d_h = 9.81 \times \rho \quad [5]$$

Çizelge 3.4 Beyaz Travertenlerin Doğal Birim Hacim Ağırlıkları

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	2.15	2.05	2.11	0.049

*birimler g/cm³

3.5.2.2 Kuru birim hacim ağırlık veya kuru yoğunluk

Bir önceki deneydeki numuneler 105 °C 'ye ayarlanmış etüvde en az 24 saat süreyle değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakıldıktan sonra 0.1 g hassasiyetli (deneylerimizde 0.01g hassasiyetli terazi kullanılmıştır) terazide tartılmaktadır. Elde edilen veriler aşağıdaki eşitlikler [6], [7] kullanılarak numunelerin kuru birim hacim ağırlığı veya kuru yoğunluk bulunmaktadır. Beyaz travertenlere ait kuru birim hacim ağırlık veya kuru yoğunluk değerleri Çizelge 3.5'de verilmiştir.

$$\text{Kuru Yoğunluk, } \rho_d = W_d/V, \text{ g/cm}^3 \quad [6]$$

$$\text{Kuru Birim hacim kütlesi } d_k = 9.81 \times \rho_d \quad [7]$$

Çizelge 3.5 Beyaz Travertenlerin Kuru Birim Hacim Ağırlıkları

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	2.04	2.00	2.02	0.07

*birimler g/cm³

3.5.2.3 ağırlıkça ve hacimce su emme

Bu deney, düzenli geometriye sahip kayaç örneklerinin, ağırlıklarına ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının tayini amacıyla yapılmaktadır. Deney numunelerinin çap ve boyları kumpasla ölçülerek hacimleri bulunmuştur (V). Daha sonra numuneler 20 °C ± 5 °C sıcaklıkta su bulunan kab içerisine ¼ 'üne kadar daldırıldı. Bu durumda 1 saat bekletildikten sonra ½ 'sine kadar suya batacak şekilde su ilave edildi ve 1 saat bekletildikten sonra numunelerin üzerini 1.5-2 cm aşacak şekilde su ilave edildi. Bu şekilde en az 12 saat olmak üzere 24 veya 48 saat suda bekletildi. Sudan çıkarılan numuneler ıslak bez veya süngerle silinerek terazide tartıldı. Numuneler tekrar suya daldırıldı ve 24 saat suda bekletildi. Bu tartma işlemi 24 saat aralıklarla değişmez kütleyle gelinceye kadar devam edildi. Bundan sonra doymun haldeki deney numuneleri arşimet terazisinde 0.1 g hassasiyetle su içindeki kütleleri bulundu. Daha sonra deney numuneleri 105 °C ayarlanmış fırında değişmez kütleyle gelinceye kadar 24 saat etüvde kurutuldu. Elde edilen suya doymun ve kuru ağırlık ve hacim ölçümleri ile aşağıdaki eşitlikler [8], [9] kullanılarak numunelerin ağırlıkça ve hacimce su emme oranları hesaplandı. Beyaz travertenlere ait hacimce ve ağırlıkça su emme oranları sırasıyla Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7'de verilmiştir.

$$\text{Kütlece su emme (\%)} S_w = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad [8]$$

$$\text{Hacimce su emme (\%)} S_v = \frac{W_s - W_d}{V_x} \times 100 \quad [9]$$

Çizelge 3.6 Beyaz Travertenlerin Kütlece Su Emme Oranları

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	2.19	2.05	2.12	0.07

*Değerler % cinsindedir

Çizelge 3.7 Beyaz Travertenlerin Hacimce Su Emme Oranları

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	4.67	4.51	4.59	0.08

*Değerler % cinsindedir

3.5.2.4 piknometre deneyi, mineral tane yoğunluğu, toplam porozite, etkili porozite ve doluluk oranı

Mineral tane yoğunluğu piknometre deneyi ile belirlenmektedir. Traverten numuneleri, 0.2mm açıklıklı elekten geçecek şekilde öğütüldü. Numuneler ve piknometre 105 °C'de 24 saat fırında kurutulduktan sonra desikatörde 1 saat soğumaya bırakıldı. Piknometrenin boş ağırlığı tartıldı (P₁). Yakalaşık 5-7gr numune piknometreye konuldu ve birlikte tartıldı (P₂). Daha sonra numunenin tam olarak ıslanması için saf su piknometrenin üst seviyesine kadar çalkalayarak dolduruldu ve tartılır (P₃). Piknometre boşaltılıp temizlendikten sonra ağızına kadar saf su ile doldurulup tartıldı (P₄) ve aşağıdaki eşitlikler [10], [11] yardımıyla mineral tane yoğunluğu ve toplam porozite hesaplandı.

$$\text{Mineral tane yoğunluğu (gr/cm}^3\text{)}, \rho_g = \frac{(P_2 - P_1) \cdot \rho_w}{[(P_4 + P_2) - (P_3 + P_1)]} \quad [10]$$

Travertenlerin daha önce belirlenen kuru yoğunlukları (ρ_d) kullanılarak toplam poroziteleri ise aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$\text{Toplam porozite (\%), } n_t = [(\rho_g - \rho_d) / \rho_g] * 100 \quad [11]$$

Bu deney, düzgün geometriye sahip kayaç örneklerinin porozitesinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu deneyde bir önceki su emme deneyinde anlatılan adımlar izlendi. Örneklerin geometrileri ölçülerek hacimleri bulundu (V). Numunelerin suya doygun kütleleri (Ws) ve kuru haldeki kütle değerleri (Wd) ve suyun yoğunluğu (ρ_w) değerleri ile aşağıda verilen formüller [12], [13] yardımıyla Etkili porozite bulundu.

$$\text{Boşlukların hacmi (cm}^3\text{), } V_v = W_s - W_d / \rho_w \quad [12]$$

$$\text{Etkili Porozite (\%), } n = V_v / V \quad [13]$$

Deneylerde kullanılan travertenlere ait mineral tane yoğunluğu, toplam porozite, etkili porozite ve doluluk oranı değerleri sırasıyla Çizelge 3.8, Çizelge 3.9, Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11'de görülmektedir.

Çizelge 3.8 Beyaz Travertenlerin Mineral Tane Yoğunluğu Değerleri

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	2.29	2.25	2.17	0.004

*birimler g/cm³

Çizelge 3.9 Beyaz Travertenlerin Toplam Porozite Değerleri

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	10.61	8.49	9.15	0.004

*değerler % cinsindedir

Çizelge 3.10 Beyaz Travertenlerin Etkili Porozite Değerleri

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	8.65	4.71	7.05	2.07

*Değerler % cinsindedir

Çizelge 3.11 Beyaz Travertenlerin Doluluk Oranı Değerleri

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	91.51	89.39	90.17	1.50

*Değerler % cinsindedir

3.5.2.5 su içeriği veya nem oranı

Bu deneyle kayaç örneklerinin içerdiği suyun ağırlığının (Ww) kurutulmuş numune ağırlığına (Ws) oranı olarak belirlenir. Hesaplama aşağıdaki eşitlik [14] kullanılır. Travertenlere ait su içeriği değerleri Çizelge 3.12'de verilmiştir.

$$\text{Su içeriği (\%), } \omega = W_w / W_s * 100 \quad [14]$$

Çizelge 3.12 Beyaz Travertenlerin Su içeriği Değerleri

Numune adı	Maksimum	Minimum	Ortalama	Standart sapma
Beyaz traverten	0.1057	0.0966	0.1025	0.0051

*Değerler % cinsindedir

3.5.3 Beyaz travertenlerin dayanımlarının belirlenmesinde uygulanan basit deneyler

Hazırlanan beyaz traverten numunelerinin kuru ve yaş durumdaki; **P-dalga hızı Vp, Equotip sertlik, Shore sertlik, Schmidt sertlik, Rezonans tester ile elastisite modülü, Nokta yükleme**, gibi deneyler standartlara uygun şekilde yapılmıştır. Bu deneylerin standartlarda belirtildiği şekilde yapılışı ve hesaplamaları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3.5.3.1 beyaz travertenlerin p-dalga hızı, vp

Deneyler kuru ve suya doymuş örnekler üzerinde ISRM (1981)'e uygun olarak yapılmıştır. Deney numunelerinin boyları üç farklı noktadan ölçülüp aritmetik ortalaması alınarak ortalama numune boyu hesaplandı. Numune alt ve üst tabanları sonuçların sağlıklı olması açısından pürüzsüz ve düzgün olmalıdır. Deneye başlamadan önce deney aleti kendi kalibre aparatıyla kalibre edildi. Numunenin alt ve üst yüzeyleri ile aletin gönderici ve alıcısı arasındaki temasın artırılarak tam teması sağlamak amacıyla ve düz bir yüzey oluşturmak için numunelerin tabanlarına ince bir şekilde vazelin yağı sıvandı. Sonra cihazın dijital göstergesinden P - dalgasının örnekten geçiş süresi mikro saniye (Tp) olarak ölçüldü. Ölçülen bu değerler Eşitlik [15]'de yerine konarak numunelerin sismik hız (Vp) değerleri hesaplandı. Sismik hız ölçümlerinde her kayaç örneği için suya doymuş ve kuru olmak üzere 10 adet cross-cut kesim, 10 adet vein-cut kesim örnekler kullanıldı. Deneye ait numunelerde 5'er adet ortalama Vp değerleri Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir. Deneyler UPV E48 markalı sismik cihaz (Şekil 3.7) ile gerçekleştirildi.

$$V_p = \frac{L}{T_p} \quad [15]$$

Burada;

Vp : P – dalgasının yayılma hızı (m/sn),

L : Numunenin boyu (m),

Tp : P – dalgasının geçiş süresi (sn)



Şekil 3.7 Pundit Cihazı Ve Vp Ölçümü

Çizelge 3.13 Beyaz Traverten Yaş Ve Kuru Yatay Damarlı(Cross-Cut) Numunelerinin Vp Ve E Okumaları

Numune no	Boy (mm)	Çap (mm)	Vp_yaş (km/s)	E_yaş	Vp_kuru	E_kuru
C-1	114.81	53.32	4.25	7.09	3.62	5.83
C-2	113.48	53.19	4.23	7.09	3.47	5.81
C-3	113.96	53.29	4.11	7.08	3.47	5.81
C-4	112.38	53.30	4.37	7.10	3.55	5.82
C-5	113.49	53.15	4.30	7.09	3.36	5.80
C-6	109.57	53.20	4.19	7.09	3.65	5.83
C-7	112.53	53.39	4.48	7.11	3.65	5.83
C-8	114.46	53.23	4.08	7.07	3.59	5.83
C-9	115.67	53.37	4.47	7.11	3.67	5.83
C-10	115.16	53.25	4.19	7.09	3.84	5.85
Ort.			4.27	7.09	3.59	5.82

Çizelge 3.14 Beyaz Traverten Yaş Ve Kuru Dikey Damarlı(Vein-Cut) Numunelerinin Vp Ve E Okumaları

Numune no	Boy (mm)	Çap (mm)	Vp_yaş	E_yaş	Vp_kuru	E_kuru
V-1	112.29	53.21	4.72	7.13	3.87	5.85
V-2	113.24	53.23	4.39	7.10	6.56	5.82
V-3	113.20	53.19	4.39	7.10	4.03	5.86
V-4	112.38	53.29	4.44	7.11	4.19	5.87
V-5	112.24	53.21	4.40	7.08	3.75	5.84
V-6	112.14	53.23	4.34	7.10	4.05	5.87
V-7	113.71	53.30	4.63	7.12	4.25	5.88
V-8	112.18	53.22	4.10	7.08	3.83	5.85
V-9	113.68	53.23	4.57	7.12	4.13	5.87
V-10	111.67	53.09	4.37	7.10	3.70	5.84
Ort.			3.44	7.10	3.24	5.86

3.5.3.2 beyaz travertenlerin equotip sertlik deneyi

Bu deney eğrilik yarıçapı 10 mm'den büyük olan silindirik veya en az 4 cm² yüzey alanı olan yüzeyi düzeltilmiş kayaç örneklerinin sertlik değerini belirlemek amacıyla yapıldı. Bu deney ASTM A956 ve DIN50156 standartlarına göre yapılmaktadır. Silindirik traverten numunelerinin her birinin üst ve alt yüzeylerinde 10 adet değerlerin ortalamaları alınarak Equotip sertlik değerleri belirlenmiştir (Şekil 3.8). Equotip3 cihazı ile Leep (HDL) sertlik değeri ölçüldü. Bu değer bilyenin çarpma hızı ile geri dönüş hızı arasındaki orandır. Daha sonra ölçülen bu değer Rockwell, Brinell, Shore ve Vickers sertlik değerlerine otomatik olarak çevrilebilmektedir. Beyaz travertenlere ait Cross-cut ve

Vein-cut numunelerin Yaş ve kuru durumda Equotip sertlik değerleri sırasıyla Çizelge 3.15 ve 3.16'da toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 3.15 Yatay Damarlı(Cross-Cut) Traverten Numunelerinin Kuru Ve Yaş Equotip Sertlik Okumaları

Numune no	HLD okumaları (kuru)						ortalama	HLD okumaları (yaş)					ortalama
	üst	alt											
c-1	üst	460	370	437	344	378	388.3	360	370	323	443	417	369.4
	alt	351	332	550	305	356		378	366	392	391	308	
c-2	üst	283	380	253	326	199	362.9	278	333	277	300	229	317.7
	alt	369	502	320	486	511		392	238	410	280	440	
c-3	üst	622	352	586	566	665	452.7	441	340	357	466	491	362.3
	alt	421	414	307	300	294		278	214	331	348	357	
c-4	üst	523	362	305	387	522	419.8	453	308	316	361	369	389
	alt	411	476	339	412	461		367	299	537	426	454	
c-5	üst	480	453	302	208	269	413.2	310	362	276	272	403	333.9
	alt	626	282	510	619	383		451	329	189	421	326	
c-6	üst	458	269	404	469	218	373.3	330	303	584	398	323	368.3
	alt	315	363	417	409	411		452	315	294	301	383	
c-7	üst	551	409	461	654	577	459.9	531	357	447	645	434	426.1
	alt	397	418	434	298	400		464	411	466	300	206	
c-8	üst	406	413	583	333	169	428.6	445	325	321	326	461	405.5
	alt	407	524	509	480	462		461	434	422	449	411	
c-9	üst	429	523	417	391	589	502.9	333	396	412	340	501	477.4
	alt	483	584	455	628	530		629	600	453	524	586	
c-10	üst	435	286	339	544	355	435.4	489	632	255	534	193	434.7
	alt	587	580	372	366	490		474	463	237	539	531	
Ort.						423.7	Ort.					488.43	

Çizelge 3.16 Dikey Damarlı(Vein-Cut) Traverten Numunelerinin Kuru Ve Yaş Equotip Sertlik Okumaları

Numune no	HLD okumaları (kuru)						ortalama	HLD okumaları (yaş)					ortalama
	üst	alt											
v-1	üst	479	422	487	322	358	409.7	569	435	438	395	410	480.6
	alt	413	490	371	306	449		526	512	523	497	501	
v-2	üst	527	523	563	501	497	415.7	508	364	446	382	386	400.1
	alt	118	391	362	307	368		366	320	441	516	272	
v-3	üst	368	393	399	382	270	374.7	259	314	469	303	329	345.7
	alt	363	401	333	389	449		433	394	222	313	421	
v-4	üst	499	591	362	345	513	452.3	349	493	394	489	429	418.8
	alt	468	383	340	483	539		314	420	388	482	430	
v-5	üst	347	513	282	341	360	374,0	320	464	507	339	364	373.7
	alt	273	360	365	499	400		439	431	254	288	331	
v-6	üst	504	535	406	334	458	386.6	383	352	417	380	383	352.4
	alt	314	360	349	240	366		227	380	320	345	337	
v-7	üst	347	552	312	435	408	465.8	390	390	401	568	471	431.5
	alt	516	630	638	449	371		381	479	476	312	447	
v-8	üst	442	400	276	242	340	366.8	440	353	571	302	598	406.9
	alt	539	336	321	379	393		418	314	393	359	321	
v-9	üst	402	258	401	433	474	365.2	274	351	450	589	311	396.9
	alt	405	354	449	219	257		525	528	426	180	335	
v-10	üst	307	324	283	596	579	378.4	364	415	410	318	295	369.7
	alt	217	412	340	287	439		430	292	422	385	366	
Ort.						401.69	Ort.					397.63	

3.5.3.3 beyaz travertenlerin shore sertlik deneyi

Shore sertliği deneyi Altındağ ve Güney (2006) tarafından önerilen ISRM standardına göre yapıldı. Shore sertliği testlerinin belirlenmesinde her kayaç için 7*7*7 cm boyutlarında 3'er adet örnek alınarak C-2 tipi Shore Scleroscope'u (Şekil 3.8) kullanıldı. Şekilde görüldüğü gibi deneyde pompa şişirilir bilye yukarı çıkar ve düğme gevşetilerek bilye serbest düşmeye bırakılarak shore sertliği skaladan okundu. Her yüzeyde 5'er adet olmak üzere toplamda 90 adet okuma yapılmış ve bunların aritmetik ortalaması hesaplandı Shore sertliği değerleri hesaplandı ve sonuçlar Çizelge 3.17 verildi.



Şekil 3.8 Shore Sertlik Deneyi

Çizelge 3.17 Beyaz Traverten Vein-Cut Ve Cross-Cut Kesim Shore Sertliği Deney Sonuçları

Örnek No.	YÜZEY																			
	a1	a2	a3	a4	a5	b1	b2	b3	b4	b5	c1	c2	c3	c4	c5	d1	d2	d3	d4	d5
V-1	51	60	70	70	65	28	60	60	43	35	45	62	68	65	65	47	57	63	63	60
V-2	61	28	32	56	65	65	60	63	52	50	70	60	62	57	48	68	62	57	53	57
V-3	67	60	40	25	50	55	53	42	70	39	48	50	52	37	68	62	64	61	33	51
ortalama	55																			
C-1	60	33	60	60	57	55	50	45	47	35										
C-2	30	52	45	72	51	54	42	58	52	57										
C-3	32	47	45	43	32	65	66	70	33	73										
ortalama	51																			

3.5.3.4 beyaz travertenlerin schmidt sertlik deneyi

Schmidt çekici sertliği deneyi ISRM (1981)'e göre yapıldı. 0,74 Nm çarpma enerjisine sahip L tipi olmak üzere Schmidt çekici (Şekil 3.9) kullanıldı. Numuneler üzerinde L tipi Schmidt çekici ile farklı noktalardan alınmak üzere ölçümler alındı. Ölçümler alınırken Schmidt çekici numune yüzeyine dik (90°) uygulandı. Kayaç numuneleri için 20 adet okuma yapıldı ve okunan değerlerin aritmetik ortalaması hesaplandı. Elde edilen sonuçlar L tipi için Çizelge 3.18'de verildi.



Şekil 3.9 L-Tipi Schmidt Çekici Ve Kalibre Bloğu

Çizelge 3.18 Beyaz Traverten Schmidt Sertliği Deney Sonuçları

Örnek No.	GERİ SIÇRAMA DEĞERİ				
	1	2	3	4	5
C-1-ÜST	16	20	18	16	19
C-1-ALT	19	34	40	33	41
C-2-ÜST	43	21	34	25	22
C-2-ALT	42	30	34	16	41
Ort.	28				
V-1-ÜST	30	20	26	23	19
V-1-ALT	40	29	21	38	26
V-2-ÜST	17	29	26	30	30
V-2-ALT	32	33	40	22	39
Ort.	27				

3.5.3.5 beyaz travertenlerin rezonans tester ile elastisite modülü belirleme deneyi

Yeni bir deney olan Resonance Tester cihazı ile silindirik karot numunelerinin elastisite modülü dolaylı olarak hesaplanabilmektedir. Resonance tester deneyi şekil 3.10'da görülmektedir. Tahribatsız ve basit deneylerden olan bu yöntemde boyuna, vevine enine ses frekansları okumaları yapılmaktadır. Beyaz travertenlerin yaş ve kuru durumda deneyler gerçekleştirildi ve sonuçlar Çizelge 3.19, Çizelge 3.20, Çizelge 3.21 ve Çizelge 3.22'de verildi. Her bir yönde 5 okuma gerçekleştirildi ve hesaplama tablosunda bu veriler kullanılarak numunelerin elastisite modülleri belirlendi.



Şekil 3.10 Resonance Tester Deney Düzenegi

Çizelge 3.19 Yatay Damarlı-Cross-Cut- Yaş Beyaz Travertenlerin Frekans Değerleri Ve Dinamik Elastisite Hesaplamaları

Cylinder #	YAŞ Ağırlık (gr)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)					Fundamental Transverse Frequency (Hz)					Fundamental Torsional Frequency (Hz)				
		1537	1272	795	1590	1802	1643	2014	1431	1219	1484	1643	1643	8851	1537	1908
C-1	572.2	1537	1272	795	1590	1802	1643	2014	1431	1219	1484	1643	1643	8851	1537	1908
C-2	562.9	1802	1113	1598	1643	1219	1643	1484	1484	1590	1431	2014	2014	1855	1908	1855
C-3	562.5	1537	1590	1537	1537	1484	1378	1961	901	1643	1537	954	8798	8745	2014	1961
C-4	553.2	1325	1537	1431	1431	1378	1060	1007	1166	954	484	795	484	901	795	795
C-5	553.1	1007	954	1219	1060	848	1060	1219	1219	1166	1325	1590	1537	1537	1590	1431
C-6	535.5	1484	2067	1007	484	795	1696	1537	1113	1007	848	1484	1166	901	795	1378
C-7	565.2	1908	2120	1537	1431	1484	1060	1166	954	795	901	1272	795	901	1272	1219
C-8	560	1060	1802	2120	2067	1378	2809	1696	1378	1749	1749	3021	2968	2968	2968	3021
C-9	590.7	1484	1696	1166	1537	1325	2014	1749	1802	1219	1802	9805	9805	795	2067	9911
C-10	562.2	2067	1484	1643	1749	2120	1060	1272	1325	1378	1166	2120	1431	1749	1802	1749

Cylinder #	Length (meters)	Diameter (meters)	Mass (kg)	Fundamental Transverse Frequency (Hz)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)	Fundamental Torsional Frequency (Hz)	Suggested Poisson's Ratio	K/L	B N ^{s2} / (kg ^{m2})	C N ^{s2} * (kg ^{m2})	D N ^{s2} * (kg ^{m2})	T Correction Factor	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Transverse Frequency E _t (GPa)	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Longitudinal Frequency E _l (GPa)	Dynamic Modulus of Rigidity from Torsional Frequency G _t (GPa)	Dynamic Poisson's Ratio
C-1	0.11481	0.05332	0.5722	2014	1802	8851	0.19	0.12	205.7	3008.2	205.7	10.00	7.0	0.4	9.2	-0.98
C-2	0.11348	0.05319	0.5629	1643	1802	2014	0.19	0.12	204.3	2933.4	204.3	10.00	4.5	0.4	0.5	-0.60
C-3	0.11396	0.05329	0.5625	1961	1590	8798	0.19	0.12	204.4	2948.6	204.4	10.00	6.4	0.3	8.9	-0.98
C-4	0.11238	0.0533	0.5532	1166	1537	901	0.19	0.12	201.5	2825.5	201.5	10.00	2.1	0.3	0.1	0.46
C-5	0.11349	0.05315	0.5531	1325	1219	1590	0.19	0.12	204.6	2943.0	204.6	10.00	2.9	0.2	0.3	-0.71
C-6	0.10957	0.0532	0.5355	1696	2067	1484	0.19	0.12	197.2	2638.5	197.2	10.00	4.1	0.5	0.2	-0.03
C-7	0.11253	0.05339	0.5656	1166	2120	1272	0.19	0.12	201.1	2817.7	201.1	10.00	2.2	0.5	0.2	0.39
C-8	0.11446	0.05323	0.56	2809	2120	3021	0.19	0.12	205.7	3001.0	205.7	10.00	13.3	0.5	1.1	-0.75
C-9	0.11567	0.05337	0.5907	2014	1696	9911	0.19	0.12	206.8	3064.8	206.8	10.00	7.3	0.4	12.0	-0.99
C-10	0.11516	0.05325	0.5622	1378	2120	2120	0.19	0.12	206.8	3051.8	206.8	10.00	3.3	0.5	0.5	-0.50
												ortalama=	5.3	0.4	3.3	-0.5

Çizelge 3.20 Dikey Damarlı-Vein-Cut- Yaş Beyaz Travertenlerin Frekans Değerleri Ve Dinamik Elastisite Hesaplamaları

Cylinder #	YAŞ Ağırlık (gr)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)					Fundamental Transverse Frequency (Hz)					Fundamental Torsional Frequency (Hz)				
		1908	1802	1060	1643	2120	1431	1060	1908	1537	1749	954	1961	1060	2438	2226
V-1	563.2	1908	1802	1060	1643	2120	1431	1060	1908	1537	1749	954	1961	1060	2438	2226
V-2	552.9	1802	1749	1431	1431	1113	2173	2491	1378	1325	1272	1113	1219	8851	795	8851
V-3	554.5	795	1378	1272	1590	2173	1272	1060	1060	46423	1113	2491	1007	1272	1007	848
V-4	547.6	1325	1537	954	1484	1696	1325	1272	1908	1696	1802	1908	795	1643	901	1219
V-5	539.4	1749	1325	1431	1855	1643	1696	1855	1590	1484	1961	1961	2067	2014	2120	848
V-6	546.5	1696	1643	1643	1643	1537	1908	1325	1537	2120	1378	1007	2385	2385	2544	2756
V-7	565.6	2173	1908	2067	1749	1961	1166	1696	1272	1749	2067	901	795	1325	1908	1219
V-8	539.8	1325	1219	795	1484	1378	1855	2438	2332	901	901	1166	2438	2226	2544	2809
V-9	560.7	2703	1007	1007	1007	1113	1696	1749	2014	1908	1961	2438	2067	2279	2226	1272
V-10	546.1	1805	2173	901	1855	1643	1590	848	1537	1060	1749	1166	2915	3445	848	4081

Cylinder #	Length (meters)	Diameter (meters)	Mass (kg)	Fundamental Transverse Frequency (Hz)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)	Fundamental Torsional Frequency (Hz)	Suggested Poisson's Ratio	K/L	B N ^{s2} / (kg ^{m2})	C N ^{s2} * (kg ^{m2})	D N ^{s2} * (kg ^{m2})	T Correction Factor	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Transverse Frequency E _t (GPa)	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Longitudinal Frequency E _l (GPa)	Dynamic Modulus of Rigidity from Torsional Frequency G _t (GPa)	Dynamic Poisson's Ratio
V-1	0.11481	0.05332	0.5632	1908	2120	2438	0.19	0.12	205.7	3008.2	205.7	10.00	6.2	0.5	0.7	
V-2	0.11348	0.05319	0.5529	2491	1802	8851	0.19	0.12	204.3	2933.4	204.3	10.00	10.1	0.4	0.8	
V-3	0.11396	0.05329	0.5545	4642	2173	2491	0.19	0.12	204.4	2948.6	204.4	10.00	35.2	0.5	0.7	
V-4	0.11238	0.0533	0.5476	1908	1696	1908	0.19	0.12	201.5	2825.5	201.5	10.00	5.6	0.3	0.4	
V-5	0.11349	0.05315	0.5394	1961	1855	2120	0.19	0.12	204.6	2943.0	204.6	10.00	6.1	0.4	0.5	
V-6	0.10957	0.0532	0.5465	2120	1696	2756	0.19	0.12	197.2	2638.5	197.2	10.00	6.5	0.3	0.8	
V-7	0.11253	0.05339	0.5656	2067	2173	1908	0.19	0.12	201.1	2817.7	201.1	10.00	6.8	0.5	0.4	
V-8	0.11446	0.05323	0.5398	2438	1484	2809	0.19	0.12	205.7	3001.0	205.7	10.00	9.6	0.2	0.9	
V-9	0.11567	0.05337	0.5607	2014	2703	2438	0.19	0.12	206.8	3064.8	206.8	10.00	7.0	0.8	0.7	
V-10	0.11516	0.05325	0.5461	1749	2173	4081	0.19	0.12	206.8	3051.8	206.8	10.00	5.1	0.5	1.9	
												ortalama=	9.8	0.5	1.6	

Çizelge 3.21 Yatay Damarlı-Cross-Cut- Kuru Beyaz Travertenlerin Frekans Değerleri Dinamik Elastisite Hesaplamaları

Cylinder #	Kuru Ağırlık (gr)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)					Fundamental Transverse Frequency (Hz)					Fundamental Torsional Frequency (Hz)				
		1219	1696	1696	1484	1378	1802	2226	8003	8003	8003	8215	8215	8215	8215	8215
C-1	538.9	1219	1696	1696	1484	1378	1802	2226	8003	8003	8003	8215	8215	8215	8215	8215
C-2	531.1	1537	1537	1537	1537	1537	1590	954	1484	1590	1590	1590	1113	1908	1484	1855
C-3	525.9	1272	1007	1166	1219	1060	1749	7897	1855	7844	2968	7897	7950	2014	2067	7897
C-4	519.8	1378	1484	1484	1484	1537	1802	1908	2120	2226	2703	8268	8268	8215	8268	8268
C-5	520.6	1961	1378	1590	1961	1961	2597	7685	7685	3127	2703	7685	2862	7685	2385	2438
C-6	500	954	954	1007	954	1749	1484	8374	8427	8374	8427	8109	8109	8374	8374	8374
C-7	536.7	1802	1219	1378	1325	1060	2120	1802	1431	2226	1802	2597	2650	1272	2809	2703
C-8	523	1598	954	1007	954	654	7791	7844	7844	901	7844	795	7844	795	7844	7844
C-9	565.6	1537	1696	1643	1590	1590	1431	1590	1378	1325	1113	1484	1431	901	1431	1431
C-10	526.7	1802	1696	1908	1855	2067	8003	1272	8056	1219	1060	1749	901	8003	8003	8003

Cylinder #	Length (meters)	Diameter (meters)	Mass (kg)	Fundamental Transverse Frequency (Hz)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)	Fundamental Torsional Frequency (Hz)	Suggested Poisson's Ratio	K/L	B N ^{s2} / (kg/m ²)	C N ^{s2} * (kg/m ²)	D N ^{s2} * (kg/m ²)	T Correction Factor	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Transverse Frequency E _t (GPa)	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Longitudinal Frequency E _l (GPa)	Dynamic Modulus of Rigidity from Torsional Frequency G _t (GPa)
C-1	0.11481	0.05332	0.5389	8003	1696	8215	0.19	0.12	205.7	613.7	205.7	2.04	21.2	0.3	7.5
C-2	0.11348	0.05319	0.5311	1590	1537	1908	0.19	0.12	204.3	598.4	204.3	2.04	0.8	0.3	0.4
C-3	0.11396	0.05329	0.5259	7897	1272	7950	0.19	0.12	204.4	601.5	204.4	2.04	19.7	0.2	6.8
C-4	0.11238	0.0533	0.5198	2703	1537	8268	0.19	0.12	201.5	576.4	201.5	2.04	2.2	0.2	7.2
C-5	0.11349	0.05315	0.5206	7685	1961	7685	0.19	0.12	204.6	600.4	204.6	2.04	18.5	0.4	6.3
C-6	0.10957	0.0532	0.5	8427	1749	8374	0.19	0.12	197.2	538.3	197.2	2.04	19.1	0.3	6.9
C-7	0.11253	0.05339	0.5367	2226	1802	2809	0.19	0.12	201.1	574.8	201.1	2.04	1.5	0.4	0.9
C-8	0.11446	0.05323	0.523	7844	1598	7844	0.19	0.12	205.7	612.2	205.7	2.04	19.7	0.3	6.6
C-9	0.11567	0.05337	0.5656	1590	1696	1484	0.19	0.12	206.8	625.2	206.8	2.04	0.9	0.3	0.3
C-10	0.11516	0.05325	0.5267	8056	2067	8003	0.19	0.12	206.8	622.6	206.8	2.04	21.3	0.5	7.0
												ortalama=	12.5	0.3	5.0

Çizelge 3.22 Dikey Damarlı-Vein-Cut- Kuru Beyaz Travertenlerin Frekans Değerleri Ve Dinamik Elastisite Hesaplamaları

Cylinder #	KURU Ağırlık (gr)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)					Fundamental Transverse Frequency (Hz)					Fundamental Torsional Frequency (Hz)				
		1537	1802	1908	1855	1855	2544	2783	1590	2067	8215	1590	8268	8268	8268	1166
V-1	540.5	1537	1802	1908	1855	1855	2544	2783	1590	2067	8215	1590	8268	8268	8268	1166
V-2	520.2	1484	1855	1537	2014	1537	2544	2226	2279	2650	2756	1749	7844	7844	7844	1643
V-3	516.9	1696	1537	1590	1696	1378	2650	901	2756	2703	2597	795	1272	9063	1166	2173
V-4	509.9	2014	1696	2014	1908	2226	1643	2279	2650	2173	2915	9593	9593	1696	9434	9593
V-5	494.4	954	848	1007	1219	1060	2438	1961	3127	2544	1643	8639	1378	1590	8586	848
V-6	505.7	1219	1272	901	1696	2120	1802	2809	2544	9275	2385	1802	1590	1643	2438	1537
V-7	533.3	1113	1643	1378	1113	1378	1696	1749	1484	1696	1537	1378	1325	1219	1272	1378
V-8	495.2	1643	1378	1643	2067	1802	1219	1219	1272	1537	1484	1113	1272	1378	1166	1590
V-9	524.2	2120	2544	2491	1855	1643	2014	2385	2968	2014	3445	8904	8904	8851	1484	8904
V-10	513.9	2014	954	795	2279	1484	1802	8321	8268	2809	8268	1537	7791	7791	7791	7738

Cylinder #	Length (meters)	Diameter (meters)	Mass (kg)	Fundamental Transverse Frequency (Hz)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)	Fundamental Torsional Frequency (Hz)	Suggested Poisson's Ratio	K/L	B N ^{s2} / (kg/m ²)	C N ^{s2} * (kg/m ²)	D N ^{s2} * (kg/m ²)	T Correction Factor	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Transverse Frequency E _t (GPa)	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Longitudinal Frequency E _l (GPa)	Dynamic Modulus of Rigidity from Torsional Frequency G _t (GPa)
V-1	0.11481	0.05332	0.5405	8215	1908	8268	0.19	0.12	205.7	613.7	205.7	2.04	22.4	0.4	7.6
V-2	0.11348	0.05319	0.5202	2756	2014	7844	0.19	0.12	204.3	598.4	204.3	2.04	2.4	0.4	6.5
V-3	0.11396	0.05329	0.5169	2756	1696	9063	0.19	0.12	204.4	601.5	204.4	2.04	2.4	0.3	8.7
V-4	0.11238	0.0533	0.5099	2915	2226	9593	0.19	0.12	201.5	576.4	201.5	2.04	2.5	0.5	9.5
V-5	0.11349	0.05315	0.4944	3127	1219	8639	0.19	0.12	204.6	600.4	204.6	2.04	2.9	0.2	7.5
V-6	0.10957	0.0532	0.5067	9275	2120	2438	0.19	0.12	197.2	538.3	197.2	2.04	23.4	0.4	0.6
V-7	0.11253	0.05339	0.5333	1749	1643	1378	0.19	0.12	201.1	574.8	201.1	2.04	0.9	0.3	0.2
V-8	0.11446	0.05323	0.4952	1537	2067	1590	0.19	0.12	205.7	612.2	205.7	2.04	0.7	0.4	0.3
V-9	0.11567	0.05337	0.5242	3445	2544	8904	0.19	0.12	206.8	625.2	206.8	2.04	3.9	0.7	8.6
V-10	0.11516	0.05325	0.5139	8321	2279	7791	0.19	0.12	206.8	622.6	206.8	2.04	22.2	0.6	6.5
												ortalama=	8.4	0.4	5.6
												std	9.9		

3.5.3.6 beyaz travertenlerin nokta yükleme deneyi

Nokta yükleme dayanım indeksi deneyi ISRM (1985)'e göre yapılmıştır. Her kesim için 10'ar adet 7x7x7 cm boyutlarında kayaç örneği numuneler kullanılmış ve deneylere ait sonuçlar Çizelge 3.23 ve Çizelge 3.24'de verilmiştir. Deneylerde ELE marka nokta yük deney aleti (Şekil 3.11) kullanılmıştır. Kalınlığı ve genişliği kompas ile ölçülen numune konik uçlar arasına yerleştirilir ve yükleme başlatılır. Numunenin yenildiği yük kaydedilir. Deneyde L≥0.5D ve 0.3 W<D boyut

limitleri (L: Boy, D:Kalınlık, W: Genişlik) kullanılarak nokta yük dayanım indeksi değerleri eşitlik [16], [17], [18], [19] kullanılarak hesaplanmıştır.

$$D_e^2 = 4A/\Pi \quad [16]$$

(A=WD;konik başlıkların temas noktalarından geçen örneğin en küçük kesit alanı)

De : Eşdeğer çap, mm

D : Numune kalınlığı, mm

W : Numune genişliği, mm

$$I_S = \frac{P}{D_e^2} \quad [17]$$

Burada;

IS : Düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi, MPa

P : Kırılma yükü, N

De : Eşdeğer çap, mm

$$F = \left(\frac{D_e}{50}\right)^{0,45} \quad [18]$$

Burada;

F : Düzeltme faktörü

De : Eşdeğer çap, mm

$$I_S(50) = I_S \times F \quad [19]$$

IS(50) : düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi, MPa

IS : Düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi, MPa

F : Düzeltme faktörü



Şekil 3.11 Nokta Yükleme Deney Düzeneği

Çizelge 3.23 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim Nokta Yük Dayanım İndeksi ($I_{s(50)}$) Deneysel Sonuçları

Numune No	D (mm)	P (kN)	I_s (MPa)	$I_{s(50)}$ (MPa)	UCS ($c \times I_{s(50)}$) (MPa)
1	67	14	3.12	3.56	71.16
2	67	10	2.23	2.54	50.83
3	66	5	1.15	1.30	26.01
4	68	11	2.38	2.73	54.64
5	65	14	3.31	3.73	74.58
6	68	11	2.38	2.73	54.64
7	65	8	1.89	2.13	42.62
8	66	11	2.53	2.86	57.23
9	67	13	2.90	3.30	66.07
10	64	14	3.42	3.82	76.39
Ortalama			2.53	2.87	57.42

*(UCS için c katsayısı 20 alınmıştır)

Çizelge 3.24 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim Nokta Yük Dayanım İndeksi ($I_{s(50)}$) Deneysel Sonuçları

Numune No	D (mm)	P (kN)	I_s (MPa)	$I_{s(50)}$ (MPa)	UCS (MPa)
1	69	15	3.15	3.64	72.84
2	66	9	2.07	2.34	46.82
3	68	11	2.38	2.73	54.64
4	66	4	0.92	1.04	20.81
5	68	9	1.95	2.24	44.70
6	69	9	1.89	2.19	43.70
7	67	10	2.23	2.54	50.83
8	68	7	1.51	1.74	34.77
9	69	12	2.52	2.91	58.27
10	67	8	1.78	2.03	40.66
Ortalama			2.04	2.34	46.80

*(UCS için c katsayısı 20 alınmıştır)

3.5.4 Beyaz travertenlerin dayanımlarının belirlenmesinde mekanik deneyler

Hazırlanan beyaz traverten numunelerinin; **Kuru-sürtümlü aşınma-Böhme deneyi**, **Los-Angles aşınma deneyi**, **Suda dağılma-Slake durability deneyi**, **Tek eksenli basınç deneyi-UCS**, **Brazilyan-İndirek çekme deneyi**, **Eğilme deneyi**, **Darbe dayanımı deneyi** gibi deneyler standartlara uygun şekilde yapılmıştır. Bu deneylerin standartlarda belirtildiği şekilde yapılışı ve hesaplamaları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3.5.4.1 beyaz travertenlerin sürtümlü aşınma-böhme deneyi

Deneyler kuru örnekler üzerinde TS EN 14157 (2005)'e uygun olarak yapılmıştır. Sürtünme ile aşınma kaybının belirlenmesi için Kaya mekaniği laboratuvarında bulunan Böhme aşınma deney düzeneği (Şekil 3.12) kullanıldı. Kayaç için 7,1x7,1x7,1 cm boyutlarında 10 adet Vein-cut kesim 10 adet Cross-cut kesim numune kullanıldı. Numunelerin alt ve üst yüzeylerinin birbirine paralel

olmasına dikkat edilmiştir. Bu deneyde 30 devir/dk. ± 1 devir/dk hızla dönmesini sağlayan yaklaşık 750 mm çapında yatay olarak yerleştirilmiş döner bir aşındırma diski bulunmaktadır. Numuneye dönen disk üzerinde belirli bir kuvvet uygulayan donanım yüzey aşındırıcı olarak kullanılmaktadır. Deneylerde 20 gr $\pm 0,5$ gr zımpara tozu sürtünme şeridi üzerine serpildi, (3kg) 29.4 N ağırlık numuler üzerine yüklendi. 22 devir sonunda numune düşey eksen etrafında 90° çevrildi. Her numune için 22 devirden meydana gelen deney, numuneye 16 defa uygulandı. Deney numunesi iyice temizlendikten sonra numune boyutları 0.01 mm hassasiyetle olan kumpas ile ölçüldü ve numune hassas terazide tartıldı. Kayaçların deney sonundaki aşınma oranları Eşitlik [20] ve Eşitlik [21] kullanılarak hesaplandı. Deneye ait sonuçlar Çizelge 3.25'de verilmiştir.

$$G_n = G_0 - G_a \quad [20]$$

Burada;

G_n : Deney sonunda aşınan kütle miktarı, gr

G_0 : Deney öncesinde numunenin kuru ağırlığı, gr

G_a : Deney sonrasında aşınmayan kütle miktarı, gr

$$V_a = \frac{G_n}{d_h} \quad [21]$$

Burada;

V_a : aşınan kısmın hacmi, 50 cm² /cm³

G_n : Deney sonrasında aşınmayan kütle miktarı, gr

d_h : Birim hacim ağırlık, gr/cm³



Şekil 3.12 Sürtünme İle Aşınma Kaybı Deney Aleti Görünümü

Çizelge 3.25 Beyaz Traverten Cross-Cut Ve Vein-Cut Kesim Böhme Deney Sonuçları

Numune no	Boyutlar (mm)			V _{ilk} (mm ³)	Kuru ağırlık1 (gr) W1	Bulk Yoğunluk (g/cm ³)	Çevrim sonrası boyutlar			V _{son} (cm ³)	Kuru ağırlık2 (gr) W2	Hacim kaybı (w1-w2)/γ (cm ³ /50cm ²)	Hacim kaybı-boyut (Vilk-Vson) (cm ³)
	a1	b1	h1				a2	b2	h2				
C1	73.23	72.74	70.74	376.81	744.5	1.98	73.23	72.74	66.29	353.11	700.1	22.42	23.7
C2	73.39	71.3	70.67	369.8	807.5	2.18	73.39	71.3	66.42	347.56	757.1	23.12	22.24
C3	72.65	73.75	72.43	388.08	677.7	1.75	72.65	73.75	63.95	342.64	617.1	34.63	45.44
C4	69.78	72.05	72.09	362.44	799.6	2.21	69.78	72.05	67.97	341.73	748.1	23.30	20.71
C5	72.77	72.59	69.05	364.75	812	2.23	72.77	72.59	64.76	342.09	766.3	20.49	22.66
C6	71.03	71.61	72.12	366.84	824.2	2.25	71.03	71.61	67.38	342.73	768.1	24.93	24.11
C7	71.98	70.65	70.72	359.64	697.4	1.94	71.98	70.65	63.7	323.94	630.4	34.54	35.7
C8	72.55	72.45	70.34	369.72	719.3	1.95	72.55	72.45	64.42	338.61	657.1	31.90	31.12
C9	72.42	72.83	70.68	372.79	807.7	2.17	72.42	72.83	66.15	348.9	754.9	24.33	23.89
C10	72.65	70.74	66.75	343.05	762.6	2.22	72.65	70.74	63.12	324.39	720.8	18.83	18.66
	Ort.	70.56	367.39	765.25	2.09		Ort.	65.42	340.57	712.00	25.85	26.82	
V1	71.9	69.69	72.58	363.68	794.2	2.18	71.9	69.69	67.81	339.78	737.6	25.92	23.9
V2	72.96	72.53	70.12	371.06	781.4	2.11	72.96	72.53	65.63	347.3	735.5	21.8	23.76
V3	70.95	72.63	71.21	366.95	782.8	2.13	70.95	72.63	67.21	346.34	735.9	21.99	20.61
V4	73.39	70.8	70.36	365.59	682.5	1.87	73.39	70.8	65.11	338.31	627.3	29.57	27.28
V5	72.43	69.81	69.41	350.96	694	1.98	72.43	69.81	67.84	343.02	643	25.79	7.94
V6	72.61	71	72.59	374.22	822.6	2.2	72.61	71	69.08	356.13	772.9	22.61	18.1
V7	72.21	70.5	70.8	360.43	712.6	1.98	72.21	70.5	66.89	340.52	666.6	23.27	19.91
V8	70.76	67.51	72.42	345.95	673.4	1.95	70.76	67.51	67.09	320.49	619.7	27.59	25.46
V9	70.52	66.39	71.91	336.67	757.4	2.25	70.52	66.39	68.36	320.05	716.9	18	16.62
V10	72.1	70.71	70.55	359.68	751.9	2.09	72.1	70.71	65.92	336.07	711.9	19.13	23.6
	Ort.	359.52	745.28	2.07			Ort.	338.80	696.73	23.57	20.72		

3.5.4.2 beyaz travertenlerin los-angeles aşınma deneyi

Darbeli aşınma deneyi TS 699 (1987) kullanılarak A sınıfına göre yapılmış ve kayaçların aşınma oranları belirlendi. Kaya mekaniği laboratuvarındaki Los-angeles deney düzeneği Şekil 3.13 görülmektedir. Kayaçlar ve aşındırıcı bilyalar Los Angles deney aletine yerleştirildi. Makina dakikada 30-33 devir yapacak bir hızla çalıştırıldı, 500 devir sonunda malzeme boşaltıldı ve 1,6 mm'lik elekten büyük olan malzeme ayrıldı kalanlar bu elekten elendi. Elek üzerinde kalan iri malzeme yıkandı 105°C fırında kurutuldu, tartıldı. Kayaçların 500 devir sonundaki aşınma oranları, eşitlik [22] kullanılarak hesaplandı. Deneye ait sonuçlar ise Çizelge 4.24'de verildi. Çizelge 3.26'de görüldüğü üzere beyaz travertenlerin Los-angeles aşınma değeri % 51.59 olarak hesaplandı.

$$K_{500} = \frac{G_0 - G_{500}}{G_0} * 100 \quad [22]$$

Burada;

K₅₀₀ : 500 devir sonundaki aşınma kaybı , %

G₀ : Deney numunesinin deneyden önceki kütlesi, gr

G₅₀₀ : Deney numunesinin 500 devir sonunda göz açıklığı 1.6 mm olan elek üzerinde kalan kısmının kütlesi, gr



Şekil 3.13 Darbeli Aşınma Deneyi(Los- Angeles Metodu)

Çizelge 3.26 500 Devir Sonundaki Aşınma Oranları

Elek açıklığı (mm)	AĞIRLIK (gr)	Toplam ağırlık (gr)	Bilya sayısı (adet)	Çevrim süresi (dk)	Çevrim sonrası 1.6 mm elekten geçen ağırlık (gr)	çevrim sonrası 1.6 mm eleküstünde kalan miktar (gr)	AŞINMA ORANI (%)
20-12.5	2501.20	5001.70	11	10	2580.60	2421.10	51.59
12.50-10	2500.50						

3.5.4.3 beyaz travertenlerin suda dağılma-slake durability deneyi

Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık (Slake Durability) İndeksi Deneyi ISRM(1981)'e göre Şekil 3.14'de görülen deney düzeneği kullanılarak yapılmış ve kayaçların kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflamaya karşı gösterdiği duraylılığı belirlenmiştir. Deneyde kurutulan kayaçlar ve tambur ağırlıkları tartıldı. Tambur merkezinin alt seviyesine kadar su dolduruldu ve 20 devir/ dakika hızla dönen tambur motoru çalıştırılarak 10 dakika süre ile döndürüldü. Çevrim sonunda tamburlar kayaçlarla beraber etüvde 24 saat kurutuldu ve tartıldı. Aynı işlem ikinci çevrim içinde yapıldı. Kayaçların bu duraylılığı eşitlik [23] kullanılarak hesaplandı. Deneye ait sonuçlar Çizelge 3.27'de verildi.

$$I_{d2} = \frac{C-D}{A-D} \quad [23]$$

Formülde;

A: Tambur+Örnek ağırlığı, g

B: birinci çevrimden sonunda Tambur+kalan örnek Ağırlığı, g

C: ikinci çevrimden sonunda Tambur +kalan örnek ağırlığı, g

D: Tambur ağırlığı, g



Şekil 3.14 Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık(Slake Durability) İndeksi Deney Düzeneği

Çizelge 3.27 Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık (Slake Durability) İndeksi Deneyi

Örnek No.	Deney Sıvısı Sıcaklığı (° C)	Tambur No	Tambur+Örnek Ağırlığı A(g)	Tambur+Kalan Örnek Ağırlığı 1.çevrim B(g)	Tambur +Kalan Örnek Ağırlığı 2.çevrim C(g)	Tambur Ağırlığı D(g)	$Id1=((B-D)/(A-D))*100$	$Id2=((C-D)/(AD))*100$
T-1	20	1	2264.80	2259.20	2253.50	1715.50	98.98	97.94
T-2	20	2	2275.80	2270.00	2264.40	1731.30	98.93	97.91

3.5.4.4 beyaz travertenlerin tek eksenli basınç direnci-ucs deneyi

Kayaçların tek eksenli basınç dayanım deneyleri TS EN 1926 (2000) ve ISRM (1981)'e göre yapıldı. Deneylerde ELE 2000 model hidrolik pres kullanıldı (Şekil 3.15). TS EN 1926 (2000)'e göre her bir kayaç örneği için NX karot boyutlarında 10'ar adet Vein-cut ve Cross-cut örnekler kullanıldı ve tek eksenli basınç dayanımları belirlendi. Numune, hidrolik pres tablaları arasına yerleştirildi. Yükün numune üzerine homojen şekilde yayılmasını sağlamak amacıyla numune alt

ve üst kısmına numune ile aynı çapta olan çelik diskler konuldu. Hidrolik preslerde numunenin üzerine konulduğu alt tabla yukarı doğru hareket eder. Prese bağlı bilgisayar aracılığıyla numune üzerine düşey yük uygulandı. Yük, saniyede 0,5 – 1 MPa gerilme oluşturacak şekilde sürekli ve sabit bir hızla uygulandı. Numune yenildiği anda bilgisayardan yenilme yükü okunarak kaydedildi. Vein-cut kesim örnekler için yapılan deneylere ait sonuçlar Çizelge 3.28'de, Cross cut kesim boyutlarındaki örneklere ait deney sonuçları ise Çizelge 3.29'da verilmiştir. Her bir kayaç türü için NX karot numuneleri alınarak ve Boy/Çap oranı 2 olacak şekilde hazırlanmış ve her bir kesim şekli için 10 adet numune üzerinde deneyler gerçekleştirildi. Numuneler hidrolik preste 0,5-1 MPa'lık yükleme hızı altında kırılmıştır. Tek eksenli basınç dayanım (σ_c) değerleri ise Eşitlik [24] yardımıyla hesaplandı.

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad [24]$$

Burada;

σ_c : Basınç dayanımı, MPa

P : Yenilme anındaki yük, N

A : Numunenin kesit alanı, mm²



Şekil 3.15. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Düzeneği (NX Karot Tipi Numunelerin Kırılması)

Çizelge 3.28 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Σ_c) Sonuçları

Örnek No.	Çap (D) (mm)	Boy (l) (mm)	Kesit Alanı (cm ²)	Yenilme Yüğü (F) (kN)	Tek eksenli Basınç Dayanımı = (F/A)*1000 (Mpa)
C-1	53.32	114.81	22.33	48.11	21.55
C-2	53.19	113.48	22.20	39.22	17.66
C-3	53.29	113.96	22.29	31.81	14.26
C-4	53.30	112.38	22.30	38.56	17.28
C-5	53.15	113.49	22.17	37.10	16.72
C-6	53.20	109.57	22.21	26.96	17.13
C-7	53.39	112.53	22.37	41.70	18.63
C-8	53.23	114.46	22.24	30.39	17.66
C-9	53.37	115.67	22.36	39.61	17.80
C-10	53.25	115.16	22.25	26.96	17.11
				Ortalama	17.58

Çizelge 3.29 Beyaz Traverten Vein-Cut Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Σ_c) Sonuçları

Örnek No.	Çap (D) (mm)	Boy (l) (mm)	Kesit Alanı (cm ²)	Yenilme Yüğü (F) (kN)	Tek eksenli Basınç Dayanımı = (F/A)*1000 (Mpa)
V-1	53.21	112.29	22.23	48.41	21.77
V-2	53.23	113.24	22.24	32.09	14.42
V-3	53.19	113.20	22.21	47.51	21.38
V-4	53.29	112.38	22.29	37.31	16.73
V-5	53.21	112.24	22.23	30.94	13.92
V-6	53.23	112.14	22.24	36.62	16.46
V-7	53.30	113.71	22.30	41.24	18.49
V-8	53.22	112.18	22.23	35.42	15.92
V-9	53.23	113.68	22.24	38.17	17.15
V-10	53.09	111.67	22.12	39.48	17.84
				Ortalama	17.40

3.5.4.5 beyaz travertenlerin indirekt çekme direnci-brazilian deneyi

Kayacın indirek çekme dayanımı (σ_t) değerleri ISRM (1981)'e göre yapıldı. Her kesim için kayaç örneği için 2,7 cm boyunda, 5,4 cm çapında 10'ar adet örnek kullanıldı. Deney düzeneği Şekil 3.16' görülmektedir. Cross cut kesim boyutlarındaki örneklere ait deney sonuçları Çizelge 3.30 'de, Vein-cut kesim örnekler için yapılan deneylere ait sonuçlar Çizelge 3.31'de vermiştir. Çekme dayanımı değerleri Eşitlik [25] kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_t = \left(\frac{0,636 * F}{D * t} \right) 1000$$

[25]

Burada;

σ_t : Çekme dayanımı, MPa

F : Kırılma yükü, N

t : Numunenin kalınlığı, mm

D : Numunenin çapı, mm



Şekil 3.16 Çekme Dayanımı Deney Düzeneği

Çizelge 3.30 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim İndirek Çekme Dayanımı (Σ_t) Deney Verileri

Örnek No.	Çap (D) (mm)	Kalınlık (t) (mm)	Yenilme Yüğü (F) (kN)	Çekme Dayanımı (Mpa)
CC-1	53.34	29.99	5.59	2.22
CC-2	53.17	28.63	3.59	1.50
CC-3	53.26	27.68	5.99	2.58
CC-4	53.32	29.54	6.63	2.68
CC-5	53.15	30.43	4.28	1.68
CC-6	53.30	27.49	5.34	2.32
CC-7	53.18	28.57	7.59	3.18
CC-8	53.24	28.52	4.54	1.90
CC-9	53.19	28.26	3.62	1.53
CC-10	53.09	28.32	3.66	1.55
Ortalama				2.11

Çizelge 3.31 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim İndirek Çekme Dayanımı (Σ_t) Deney Verileri

Örnek No.	Çap (D) (mm)	Kalınlık (t) (mm)	Yenilme Yüğü (F) (kN)	Çekme Dayanımı (Mpa)
VV-1	53.35	28.18	6.47	2.74
VV-2	53.12	29.00	6.26	2.58
VV-3	53.35	28.03	4.52	1.92
VV-4	53.35	27.49	4.26	1.85
VV-5	53.11	28.06	3.45	1.47
VV-6	53.24	28.88	4.83	2.00
VV-7	53.21	28.87	2.36	0.98
VV-8	53.28	28.62	8.59	3.58
VV-9	53.40	28.54	7.08	2.95
VV-10	52.91	29.92	4.45	1.79
Ortalama				1.98

3.5.4.6 beyaz travertenlerin eğilme dayanımı deneyi

Eğilme dayanımı (σ_b) deneyi TS 699 (1987) standart kullanılarak belirlendi. TS 699 (1987) göre her kayaç örneği için 5x10x20 cm boyutlarında 10'ar adet cross-cut ve vein-cut kesim için örnekler kullanılmış ve deneylere ait sonuçlar Çizelge 3.32'de ve 3.33'de verilmiştir. İki mesnet üzerinde duran numunenin tam ortasından dik yönde düşey yük uygulanmaktadır. Bu şekilde malzeme eğilmekte ve kırılmaktadır. Kırılmanın malzemenin orta bölgesinde ve dik yönde olması istenir. Burada numunede hem basma hem de çekme kuvvetleri meydana gelmekte ve numune kırılana kadar eğilmektedir. Kayaçların çekme dayanımlarının basma dayanımlarından daha

düşük numuneler eğilme dayanımı deney aparatında (Şekil 3.17) sabit yükleme hızı altında kırılmıştır. Her iki standart için eğilme dayanımları Eşitlik [26] yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_b = \frac{3*P*L}{2*B*H^2} \quad [26]$$

Burada;

σ_b : Eğilme dayanımı, MPa

P : Kırılma yükü, N

L : Numunenin alt mesnetleri altında kalan boyu, mm

B : Numunenin genişliği, mm

H : Numunenin yüksekliği, mm



Şekil 3.17 Eğilme Dayanımı Deney Düzeneği

Çizelge 3.32 Cross-Cut Kesim Numunelerin Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları

Örnek No.	EN (a) (mm)	Boy (b) (mm)	YÜK (H) (mm)	ağırlık (w) (gr)	iki mesnet arasındaki mesafe (mm)	Yenilme Yüğü (F) (kN)
EC-1	101.16	200.89	51.26	1821.30	125	6.14
EC-2	101.70	200.75	51.71	2286.80	125	13.13
EC-3	101.19	200.58	50.95	1841.20	125	6.95
EC-4	101.07	200.70	51.25	2155.30	125	10.73
EC-5	101.47	201.27	51.51	2201.60	125	11.12
EC-6	100.27	201.34	51.30	2044.10	125	7.73
EC-7	100.27	201.68	51.23	2103.30	125	5.45
EC-8	100.21	200.39	51.30	2278.40	125	10.11
EC-9	101.91	200.16	51.36	2189.70	125	7.57
EC-10	101.27	201.08	51.54	2240.90	125	8.50
Ortalama						8.74

Çizelge 3.33 Vein-Cut Kesim Numunelerin Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları

Örnek No.	EN (a) (mm)	Boy (b) (mm)	YÜK (H) (mm)	ağırlık (w) (gr)	iki mesnet arasındaki mesafe (mm)	Yenilme Yüğü (F) (kN)
EV-1	99.51	200.60	52.05	2103.20	125	9.07
EV-2	101.13	200.65	51.58	2069.20	125	7.15
EV-3	99.63	200.65	51.89	2226.60	125	10.64
EV-4	102.19	200.68	49.77	2258.40	125	11.08
EV-5	100.77	200.61	50.66	2178.90	125	8.26
EV-6	100.13	200.60	50.02	2019.01	125	6.95
EV-7	103.14	200.29	51.10	2315.50	125	6.25
EV-8	99.38	200.87	50.94	2089.60	125	8.19
EV-9	101.32	200.56	51.03	2251.90	125	8.82
EV-10	101.98	200.67	51.80	2204.80	125	9.34
Ortalama						8.57

3.5.4.7 beyaz travertenlerin darbe dayanımı deneyi

Darbe dayanımı (σ_{da}) deneyi TS 699 (1987)'a göre yapılarak kayaçların darbe dayanım değerleri belirlenmiştir. Her kesim için çap boy uzunlukları 1 inch yani 2.54 cm boyutlarında 10'ar adet örnek kullanıldı. Deneylerde Şekil 3.34'de gösterilen darbe dayanımı cihazı kullanıldı. Deney darbe dayanım cihazının her bir yüksekliğinde serbest olarak bırakılan düzeneğin n darbe sayısında kırılması ile darbe dayanımı belirlendi. Darbe dayanımı (σ_{da}) değerleri de Eşitlik [27] yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3.32'de verilmiştir.

$$(\sigma_{da}) = n \times (n + 1) \quad [27]$$

Burada;

σ_{da} : Darbe dayanımı, kgf cm / cm³ (N mm / mm³)

n : Kırılmaya sebep olan darbe sayısı

Çizelge 3.34. Darbe Dayanımı Deney Sonuçları

Örnek no	Çap (D) (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Darbe adedi n	Darbe dayanımı (n*n+1) / V kgf.cm/cm ³
V-1	25.17	25.98	12.93	7	4.33
V-2	25.11	25.23	12.49	9	7.20
V-3	25.06	26.45	13.05	9	6.90
V-4	25.26	26.11	13.08	11	10.09
V-5	25.15	25.88	12.86	9	7.00
Ortalama					7.104
C-1	25.19	27	13.46	9	6.69
C-2	25.09	26.34	13.02	7	4.30
C-3	25.19	26.58	13.25	7	4.23
C-4	25.11	27.3	13.52	8	5.33
C-5	25.27	25.62	12.85	8	5.60
Ortalama					5.23



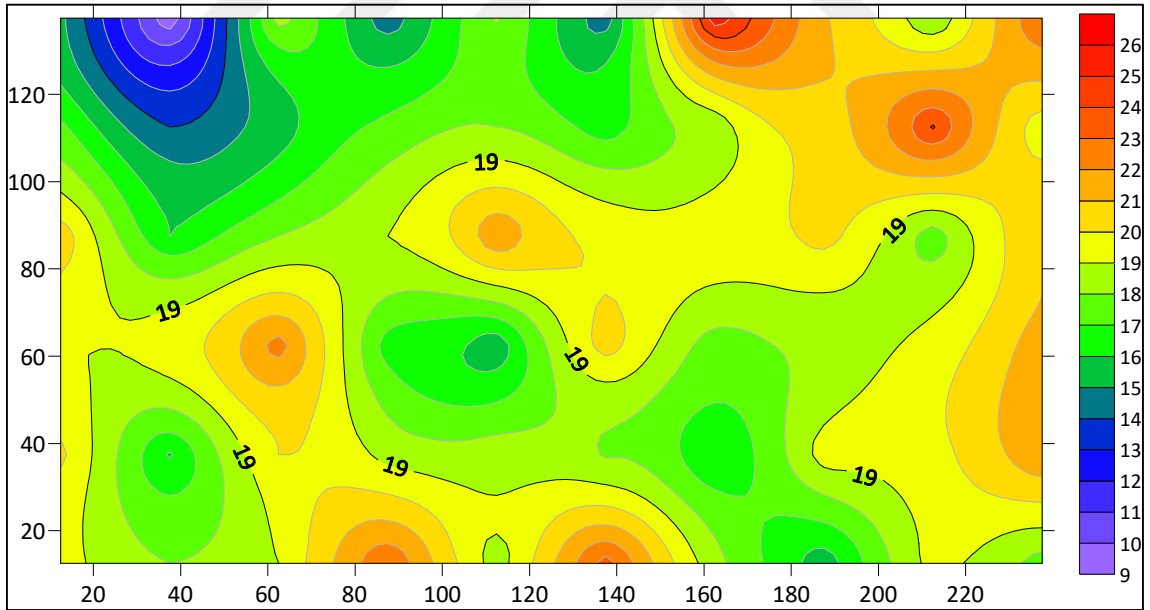
Şekil 3.18. Darbe Dayanımı Cihazı Deney Düzenegi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

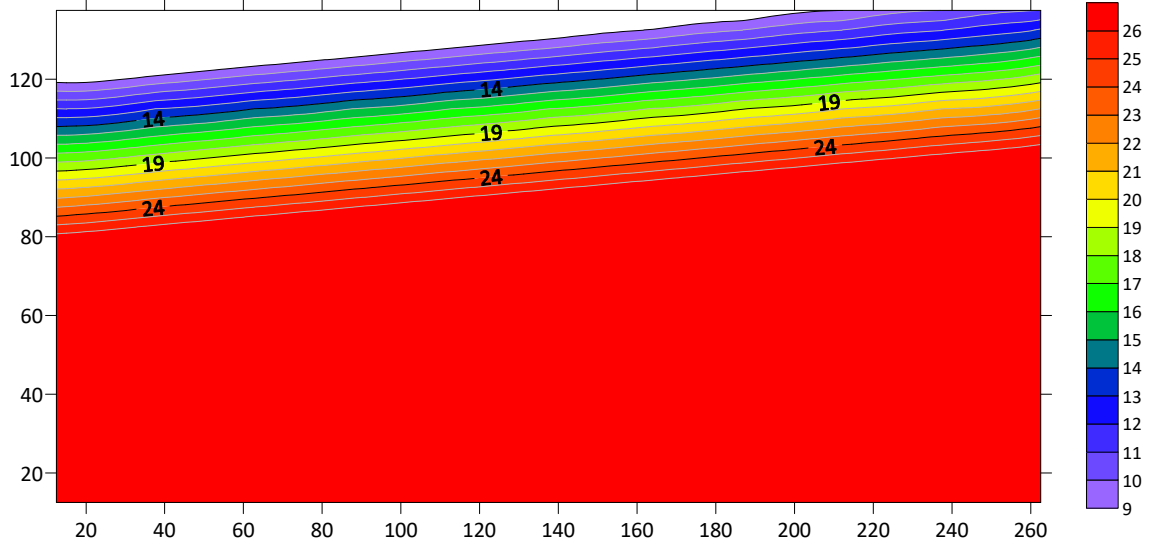
Bu bölümde Başıbüyük beyaz traverten ocağındaki ölçümler ile laboratuvarında yapılan basit ve tahribatlı deney sonuçları ve yorumu ile değişik dayanım parametreleri arasında geliştirilen matematiksel ilişkiler tartışılmıştır.

4.1 Beyaz Travertenlerin Arazide Yapılan Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Arazide 2.5mx1.5m lik bir üretim aynasında 25x25 cm boyutlarında 60 grid oluşturulmuş ve bu gridlerin orta noktalarında aynada ve kesilmiş büyük blok üzerinde Schmidt çekici sertlik okumalarının ortalama değerleri kullanılarak sertlik dağılım haritası oluşturulmuştur. Aynada yapılan ölçümlerin dağılım haritası Şekil 4.1 ve kesilmiş blok üzerinde ölçülmüş schmidt sertlik değerlerinden oluşturulan harita Şekil 4.2' de gösterilmiştir. Aynada yapılan ölçümde beyaz travertenlerin sertlik değerleri değişken heterojen bir yapı göstermektedir. Kesilmiş blok için çizilen yüzey tomografik haritadan da görüldüğü üzere bloğun alt taraflarının oldukça sağlam olduğu sol üst kesimin zayıf olduğu görülmektedir. Ocak içerisinde bu tip basit ölçümler yapılarak seçimli blok üretimi yapılabilir hatta üretilen bloğun sağlamlılığı kolayca belirlenebilir.



Şekil 4.1 Beyaz Traverten Üretim Aynası Schmidt Sertlik Dağılım Haritası



Şekil 4.2 Beyaz Traverten Kesilmiş Blok Schmidt Sertlik Dağılım Haritası

4.2 Beyaz Travertenlerin Dayanımının Belirlenmesinde Yapılan Basit Deneilerin Değerlendirilmesi

Beyaz travertenlerin yapılan deneylerle fiziksel özellikleri aşağıdaki Çizelge 4.1'de özetlenmiştir. TSE 11143 'de belirtilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında beyaz travertenlerin standart değerlerle uyumlu olduğu ve yeterli özelliklerde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1 Beyaz Travertenlerin Fiziksel Özellikleri

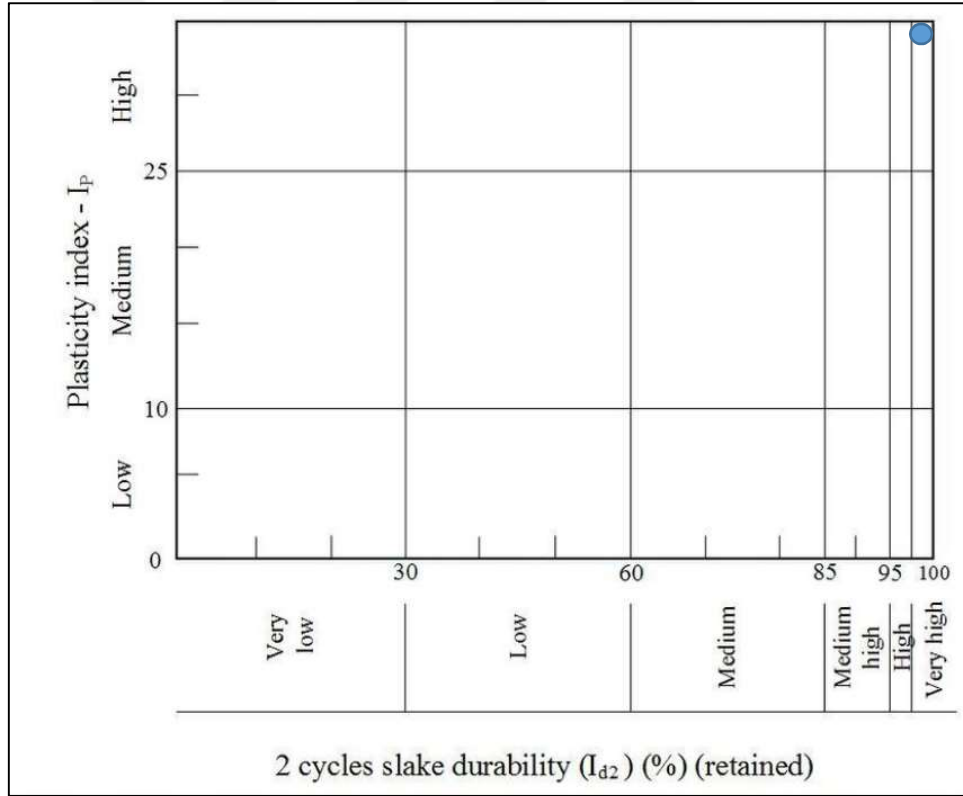
Fiziksel Özellik	Deney sonuçları
Doğal birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	2.11±1.3
Kuru birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	2.02±1.1
Mineral Tane yoğunluğu (gr/cm ³)	2.17±0.8
Kütlece su emme (%)	2.12±0.07
Hacimce su emme (%)	4.59±0.08
Porozite (%)	9.15±0.004
Etkili Porozite (%)	7.05±2.07
Doluluk oranı (%)	90.17±1.5

Beyaz travertenler üzerinde yapılan basit deneylerin sonuçları Çizelge 4.2' de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere tüm basit deneylerin sonucuna göre Cross-cut kesit dayanım değerlerinin Vein-cut kesim dayanım değerlerinden büyük olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.2 Beyaz Travertenlerin Basit Deney Sonuçları

Fiziksel Özellik	Beyaz traverten_Cross-cut kesim		Beyaz traverten_Vein-cut kesim	
	Kuru	Islak	Kuru	Islak
Vp (km/s)	3.59±0.13	4.27±0.14	3.24±1.01	3.44±0.17
Pundit-cihazı ile Elastisite modülü E (GPa)	5.82±0.01	7.09±0.01	5.86±0.02	7.10±0.02
Eqotip sertlik değeri (HLD)	423.7±42.43	488.43±48.53	401.69±131.74	397.63±40.37
Shore sertlik değeri (HS)	51±13.61		55±11.69	
Schmidt çekici (L-tipi) sertlik değeri (SH)	28±9.58		27±7.06	
Nokta yükleme dayanım indeksi Is(50), (MPa)	2.87±0.78		2.34±0.70	
Resonance Tester Elastisite modülü (GPa)	12.5±9.6	5.3±3.4	9.8±9.1	8.4±9.9
Slake durability indeksi Id (%)	98.44			

Beyaz travertenlerin Suda dağılma deneyi sonrası % Id₁ index değeri 98.96 ve % Id₂ değeri ise 97.93 bulunmuştur. Bu değerlerin Gample (1971) abağında suda dağılmaya karşı dayanımı “Çok yüksek” sınıfında yer aldığı görülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Suda Dağılma Dayanım Abağı (Gample 1971).

4.3 Beyaz Travertenlerin Dayanımının Belirlenmesinde Yapılan Mekanik Deneilerin Değerlendirilmesi

Beyaz travertenlerin basit deneyler sonrası aynı numunelerin mekanik deneyleri yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.3'de özetlenmiştir.

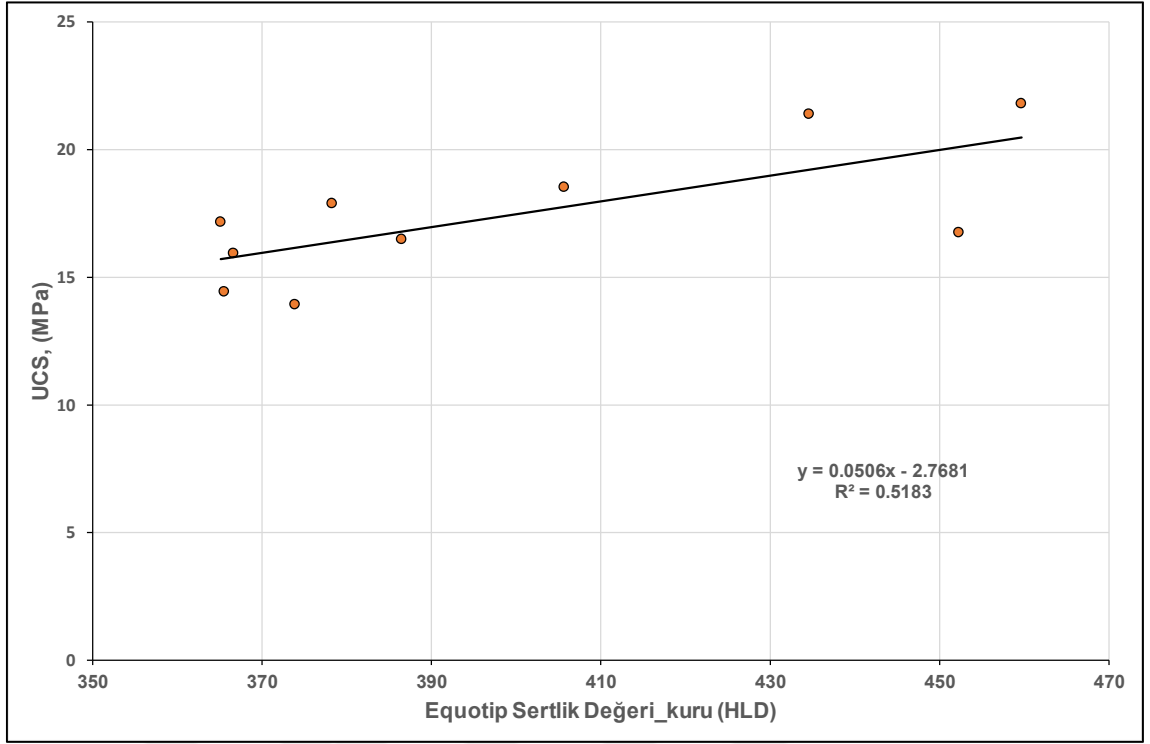
Çizelge 4.3 Beyaz Travertenlerin Mekanik Özellikleri

Mekanik Özellik	Cross-cut kesim	Vein-Cut kesim
Böhme Aşınma direnci (cm ³ /50cm ²)	25.85	23.57
Tek eksenli Basınç Direnci-Cross-cut kesim (MPa)	17.58±3.34 /mta:18	17.40±3.45 /mta: 15.63
Statik elastisite Modülü (GPa)	9.82	13.56
İndirekt Çekme dayanımı (Mpa)	2.11	1.98
Eğilme Dayanımı (MPa)	8.74	8.57
Darbe Dayanımı (MPa)	7.10	5.23

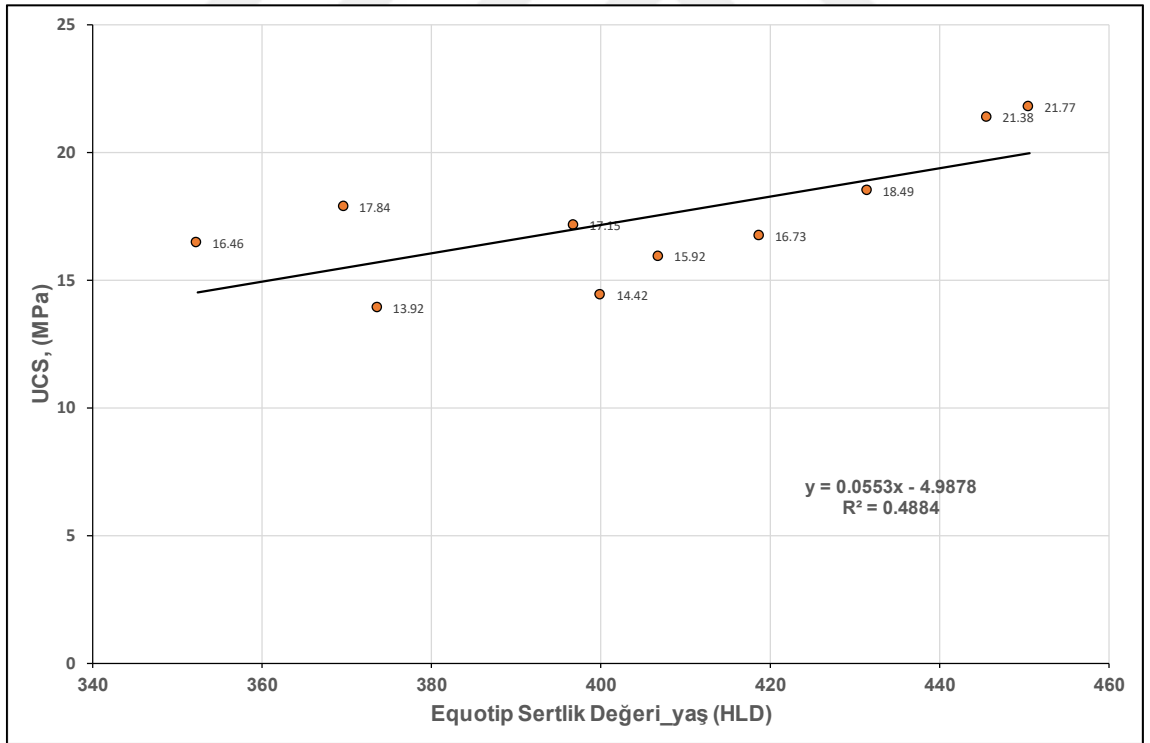
Travertenler için belirtilen TS (11143) standardına göre basınç dayanımı taşımada 47.98 MPa, kaplamada ise 29.98 MPa olması istenmektedir. Deneyleri yapılan beyaz travertenler belirtilen sınır değerlerin altında kalmaktadır. Ancak aynı standartta eğilme dayanımı 2.94 MPa olup deneyleri yapılan beyaz tarvertenler bu değer in oldukça üstündedir.

4.2 Beyaz Travertenlerin Dayanımının Belirlenmesinde Yapılan Deney Sonuçlarının Korelasyonu Ve Geliştirilen Matematiksel Denklemler

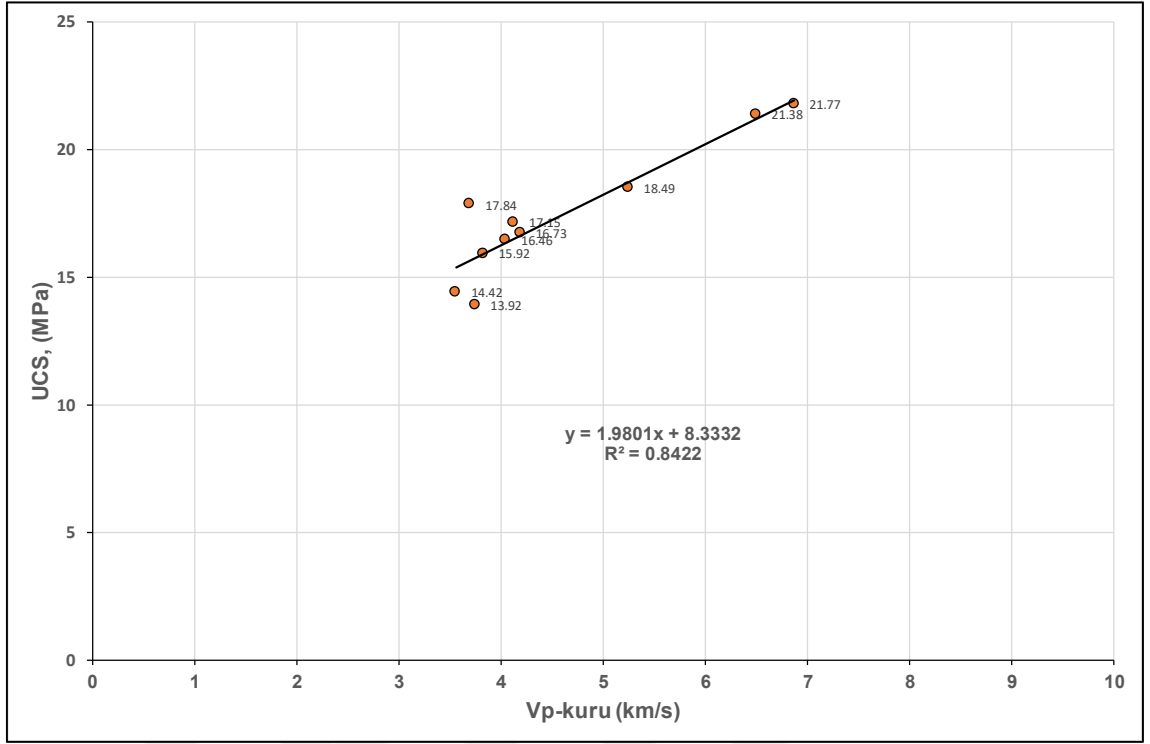
Beyaz travertenlerin bazı basit deney sonuçları ile mekanik deneyler arasında ilişkiler geliştirilmiştir. Vein-Cut kesim kuru numuneler için Equotip sertlik (HLD) ile tek eksenli basınç dayanımı (UCS) arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür (Şekil 4.4). Benzer şekilde yaş numunelerin Equotip sertliği ile tek eksenli basınç direnci arasında da doğrusal bir ilişki olup, ilişki grafiği ve denklemi Şekil 4.5'de verilmiştir. Diğer bir basit yöntem olan PUNDİT cihazı ile ölçülen vein-cut kuru ve yaş durumdaki numunelerin Vp değerleri ile tek eksenli basınç direnci arasındaki ilişkiler Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 'de gösterilmiştir. Şekillerde de görüleceği üzere Vp hızı ile basınç direnci arasında yüksek korelasyon katsayılı doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Bir başka basit yöntem olan RT-Resonance Tester cihazı ile ölçülen vein-cut kuru ve yaş durumdaki numunelerin dinamik elastisite modülü değerleri ile tek eksenli basınç direnci arasındaki ilişkiler Şekil 4.8 ve Şekil 4.9 'da verilmiştir. Şekillerde de görüleceği üzere RT-Dinamik Elastisite modülü ile basınç direnci arasında anlamlı doğrusal bir ilişki olduğu hesaplanmıştır.



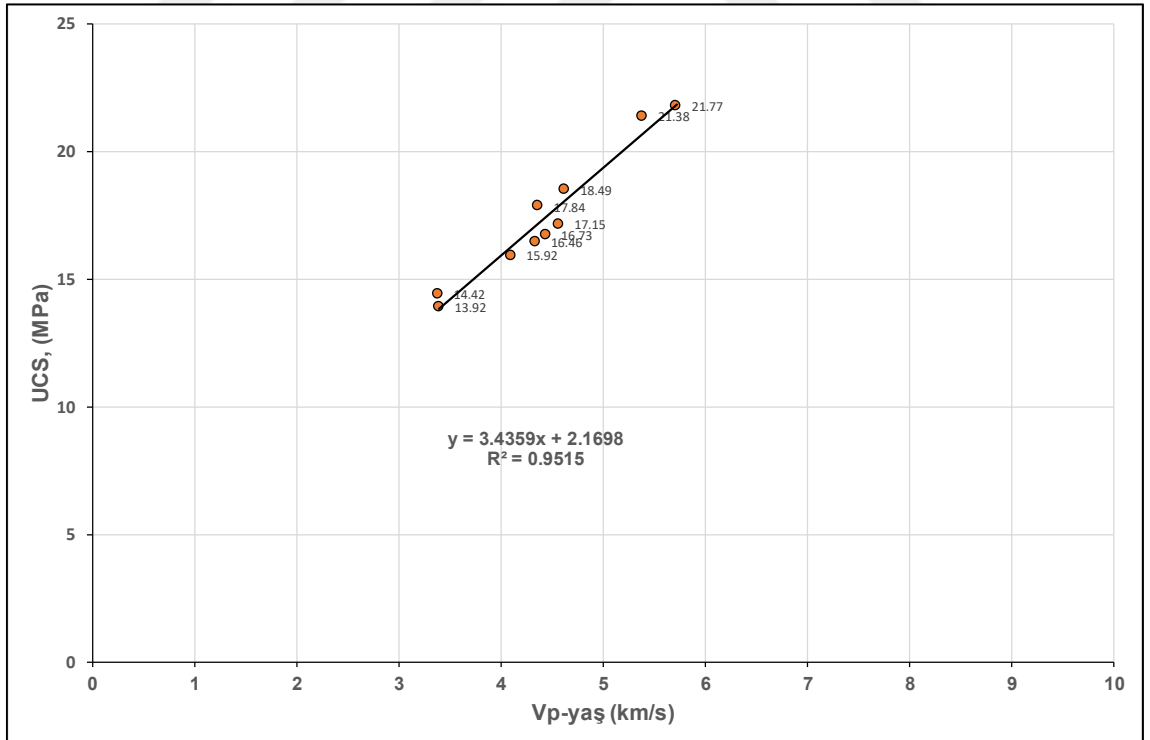
Şekil 4.4 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin Equotip Sertlik İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.



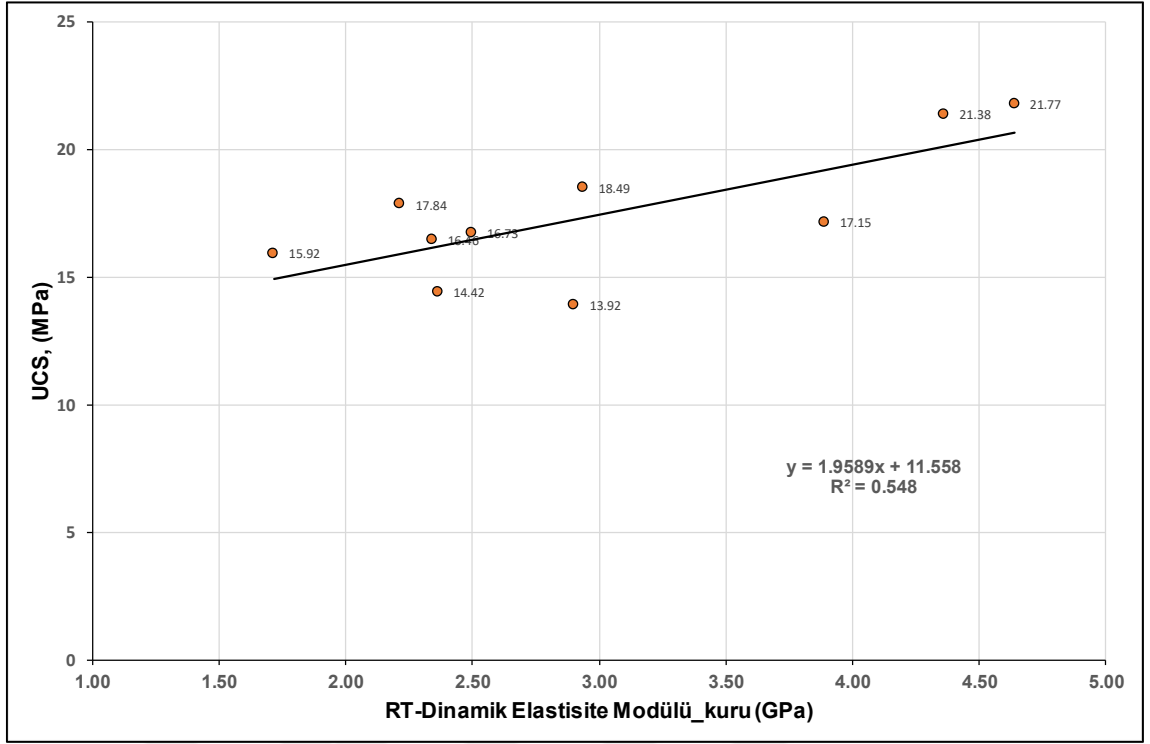
Şekil 4.5 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin Equotip Sertlik İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.



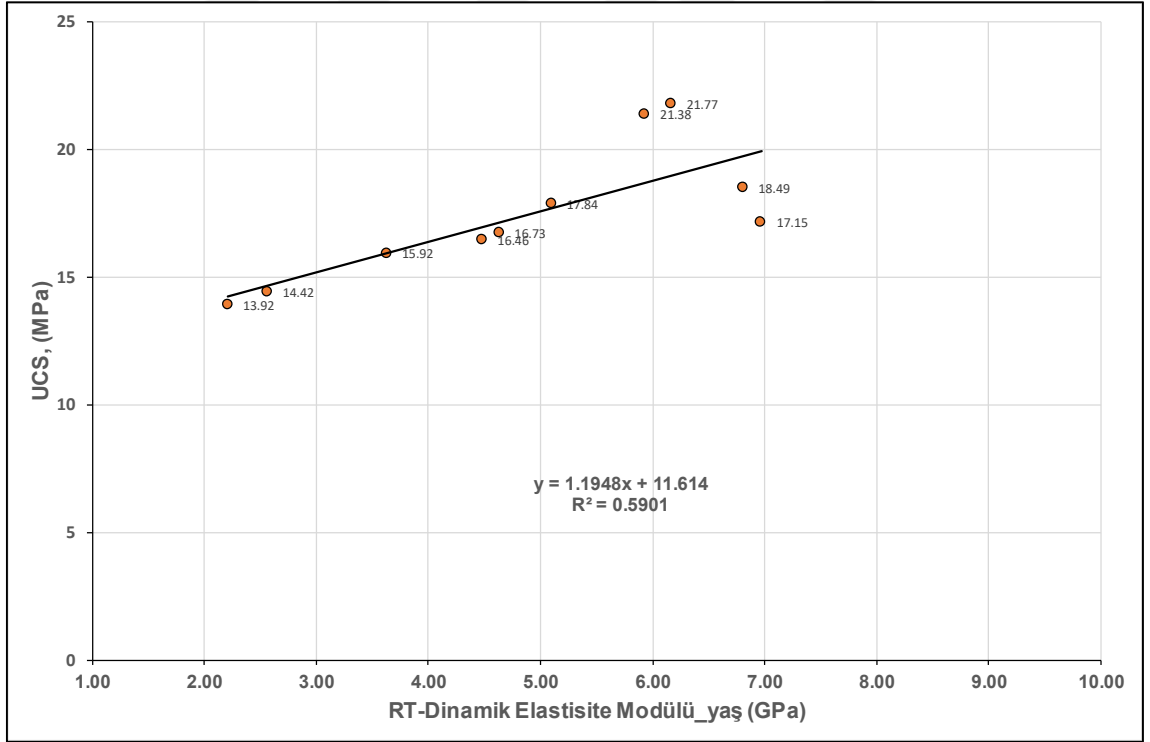
Şekil 4.6 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin Vp Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.



Şekil 4.7 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin Vp Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.

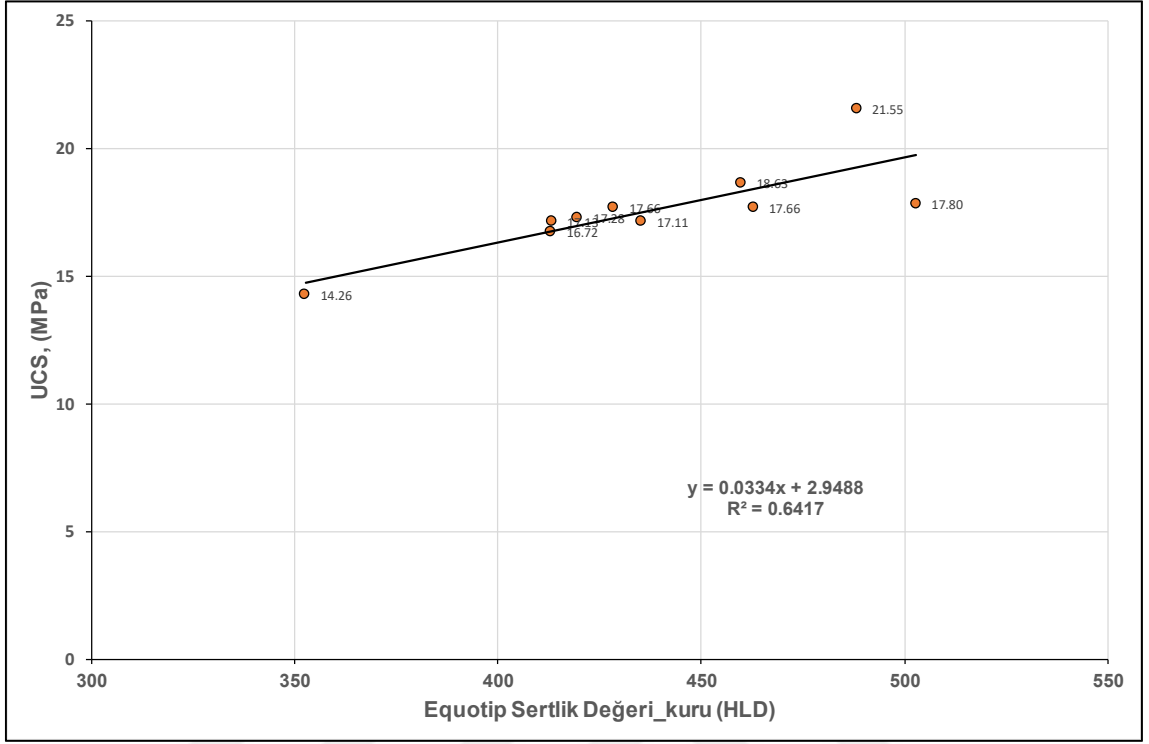


Şekil 4.8 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin RT-Dinamik Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.

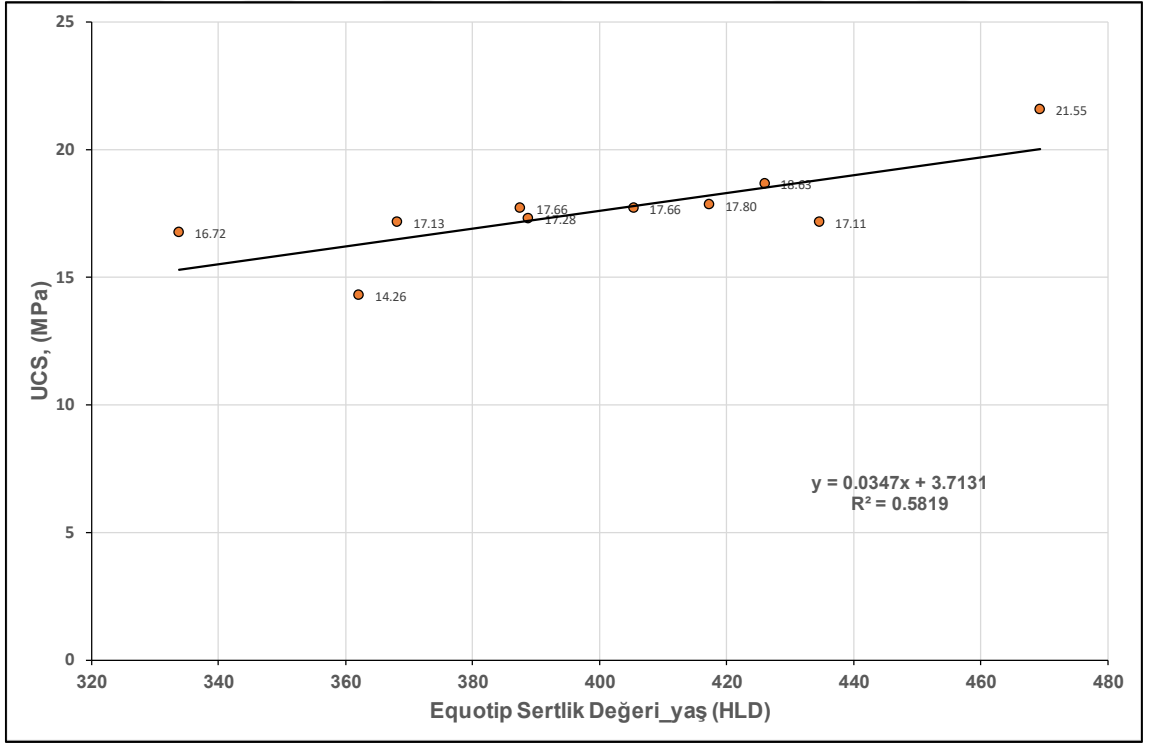


Şekil 4.9 Beyaz Traverten Vein-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin RT-Dinamik Elastisite Modülü İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.

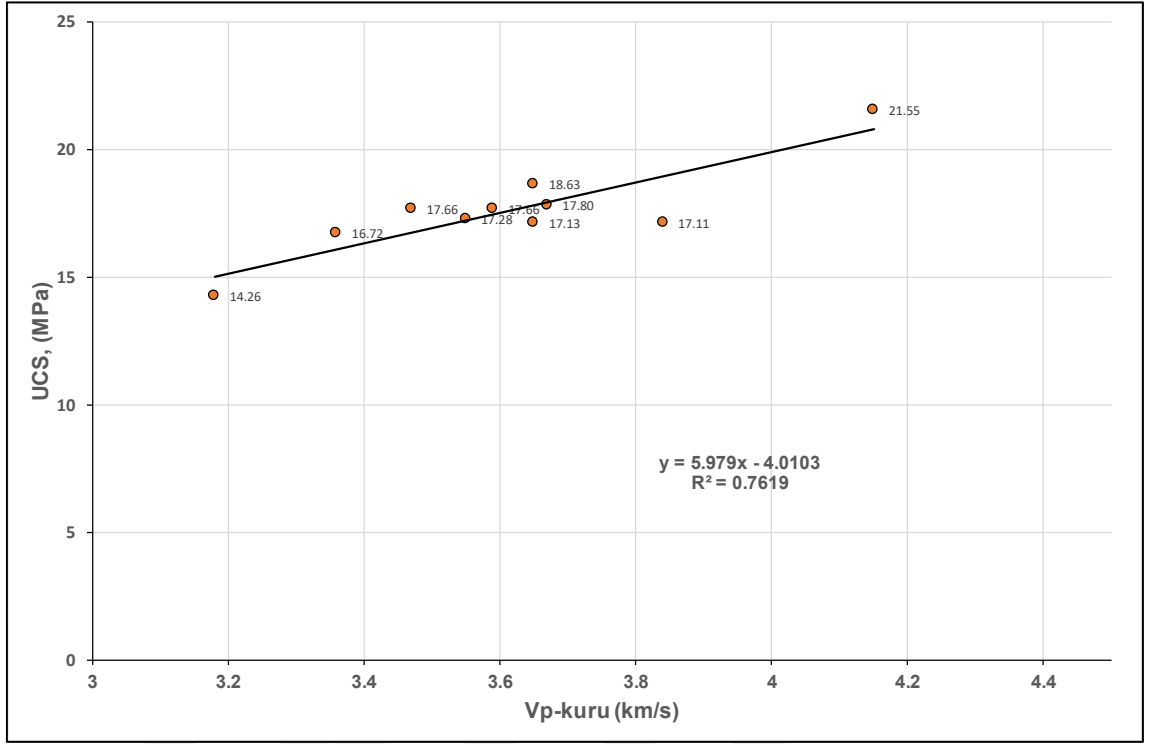
Yukarıda yapılan analizler beyaz traverten cross-cut kesim içinde yapılmıştır. İlgili bağıntılar ve ilişki grafikleri Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



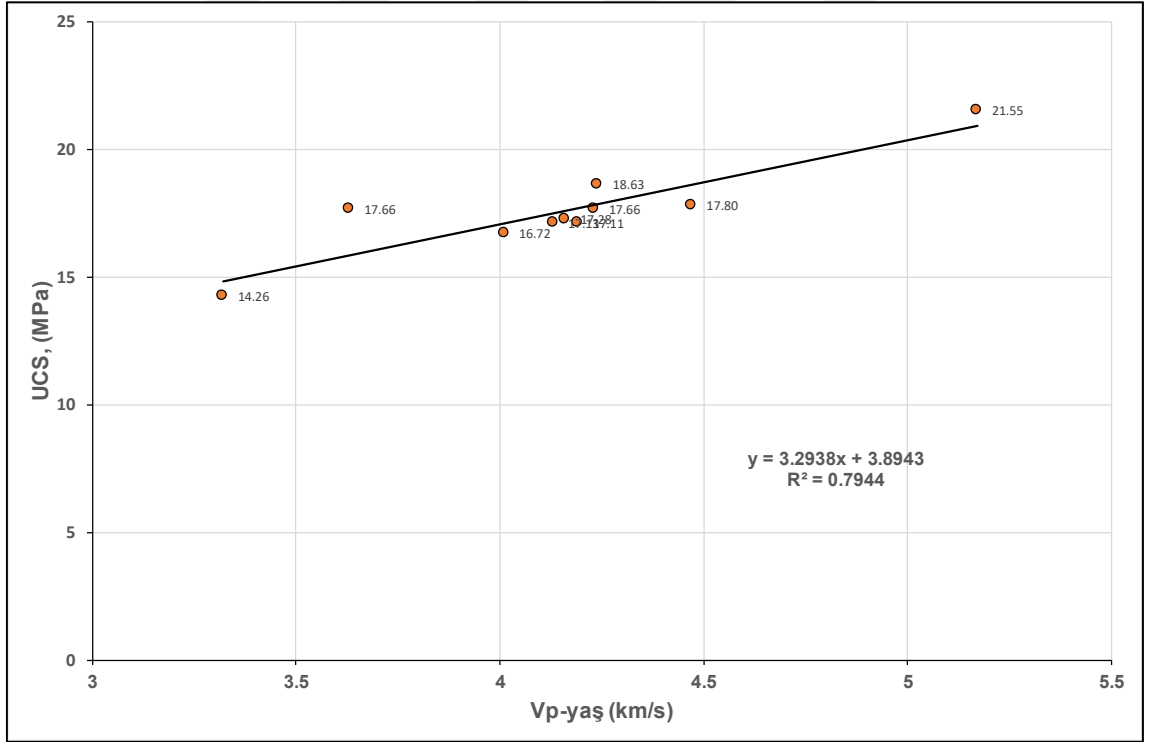
Şekil 4.10 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin Equotip Sertlik İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.



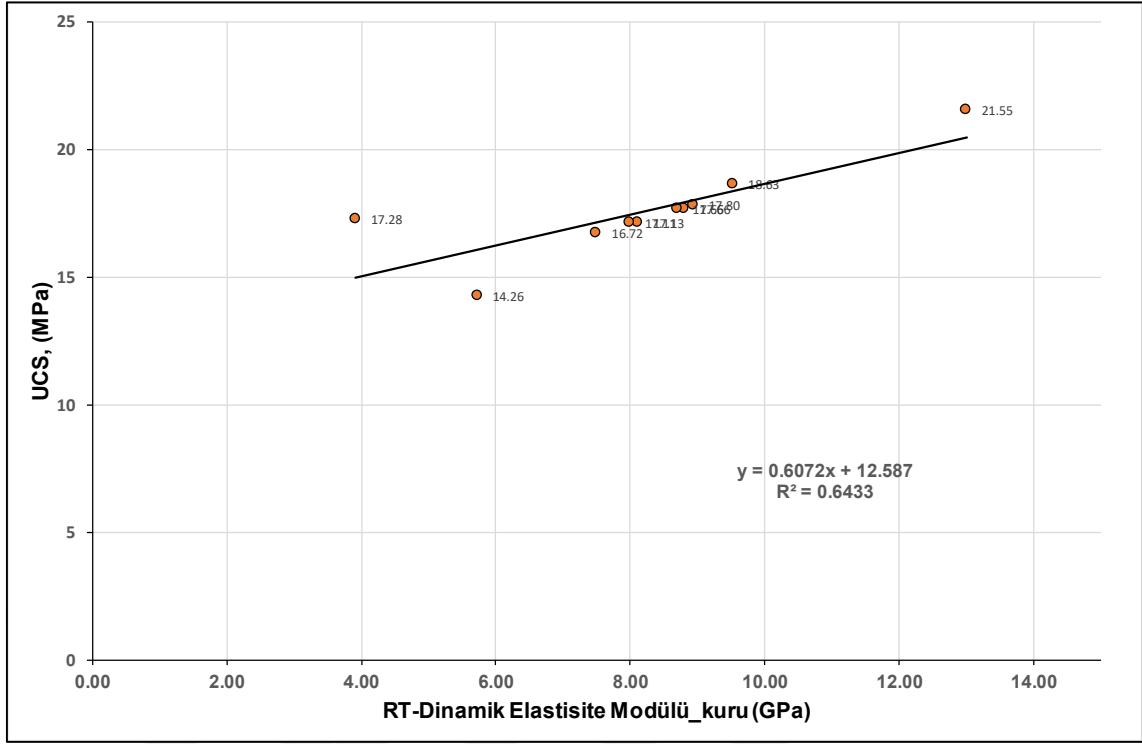
Şekil 4.11 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin Equotip Sertlik İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.



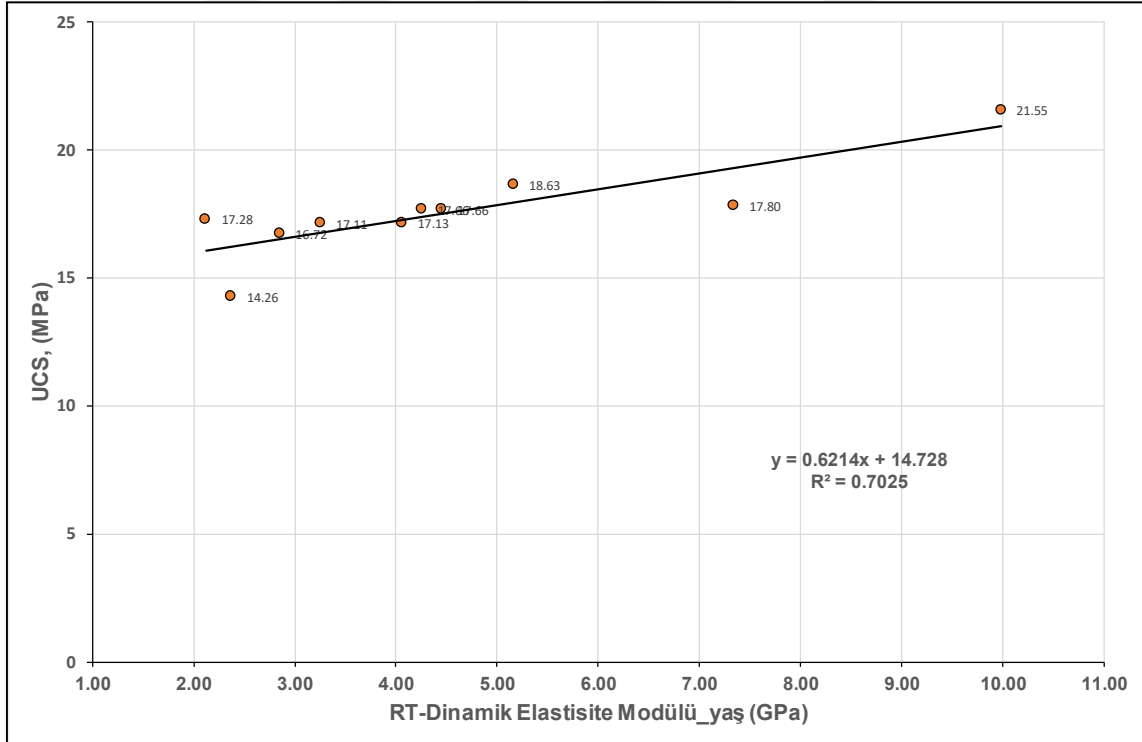
Şekil 4.12 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin Vp Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.



Şekil 4.13 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin Vp Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.



Şekil 4.14 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Kuru Numuneler İçin RT-Dinamik Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.



Şekil 4.15 Beyaz Traverten Cross-Cut Kesim-Yaş Numuneler İçin RT-Dinamik Hızı İle Tek Eksenli Basınç Direnci (UCS) Arasındaki İlişki.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu tez çalışmasında Sivas ili Başbüyük mevkiinde bulunan beyaz travertenlerin dayanımları arazi ve laboratuar deneyleri ile araştırılmıştır. Arazide ve Laboratuarda yapılan deneylerin verileri değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkarılmıştır.

- Arazide yapılan ölçümlerle ocak içinde beyaz tarvertenlerin dayanımları tomografik haritası çıkarılarak dayanım dağılımının kolayca belirlenebileceği görülmüştür. Buna göre ölçüm yapılan aynadaki travertenlerin orta dayanımda olduğu, başka lokasyonda kesilmiş bloğun dayanımının iyi olduğu belirlenmiştir.
- Yapılan kuru ve suda aşınma deneyleri sonucu beyaz travertenlerin kaplama ve duvar inşasında kullanımının uygun olduğu döşemede ise yüksek dayanımlı plakaların kullanılması gerektiği görülmüştür.
- Laboratuarda yapılan basit yöntemlerle mekanik deneyler arasında anlamlı ilişkiler geliştirilmiş, bu ilişkilerden tek eksenli basınç direnci ile Equotip sertlik, P-dalga hızı ve Dinamik elastisite modülü arasındaki ilişkiler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Numune kesim yönü	UCS ile basit yöntemler arasındaki ilişkiler	İlişki Denklemi	Korelasyon katsayısı R
VEIN-CUT	UCS ile HLD_kuru	$UCS=0.00506*HLD - 2.7681$	0.72
	UCS ile HLD_yaş	$UCS=0.00553*HLD - 4.9878$	0.70
	UCS ile Vp_kuru	$UCS=1.9801*Vp + 8.3332$	0.92
	UCS ile Vp_yaş	$UCS=3.4359*Vp + 2.1698$	0.98
	UCS ile E _{din} - kuru	$UCS=1.9589*E + 11.558$	0.74
	UCS ile E _{din} - yaş	$UCS=1.1948*E + 11.614$	0.77
CROSS-CUT	UCS ile HLD_kuru	$UCS=0.0334*HLD + 2.9488$	0.80
	UCS ile HLD_yaş	$UCS=0.0347*HLD - 3.7131$	0.76
	UCS ile Vp_kuru	$UCS=5.979*Vp + 4.0103$	0.87
	UCS ile Vp_yaş	$UCS=3.2938*Vp + 3.8943$	0.89
	UCS ile E _{din} - kuru	$UCS=0.6072*E + 12.587$	0.80
	UCS ile E _{din} - yaş	$UCS=0.6214*E + 14.728$	0.84

5.2 Öneriler

Üretim yapan mermer firmalarının ocakta veya kesilmiş büyük bloklar üzerinde tahribatsız ölçüm cihazları ile mermerlerin kalitesi kolay bir şekilde belirlenebilir. Bu çalışmada Basınç direnci ile bazı basit yöntemler arasındaki ilişkiler verilmiş ancak diğer meknik parametrelerle denklemler geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Altındağ, R.** (2011). Correlation between P-wave velocity and some mechanical properties for sedimentary rocks. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy* Vol. 112, 229-237.
- Aoki H, Matsukura Y.** (2007). Estimating the unconfined compressive strength of intact rocks from Equotip hardness. *Bulletin of Engineering Geology Environment*.
- Ayaz, M.E.** (1998). Sıcak Çermik (Yıldızeli - Sivas) yöresindeki traverten sahalarının jeolojisi ve travertenlerin endüstriyel özellikleri. *C.Ü. Fen Bil., Enst, Doktora Tezi*, 157s.
- Aydin, A., Basu, A.** (2005). The Schmidt hammer in rock material characterization. *Eng Geol* 81(1):1–14
- Bieniawski ZT.** (1975). Point load test in geotechnical practice. *Eng Geol.*; 9(1):1–11.
- Bilgin, N. ve Shahriar, K.** (1986). Kayaçların ve Kömür Damarlarının Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Dolaylı Yöntemlerin Değerlendirilmesi, *1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu*, TUKMD; Ankara, 86-97.
- Büyüksağış, S., Atıcı, Ü., Ersoy, A.,** (2003). Travertenlerde Tabaka Yönünün Kesme Verimi Üzerine Etkileri. *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem 2003) Bildiriler Kitabı*, 189-199.
- Cargill, J.S. and Shakor, A.** (1990). Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength of rock. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geo. Abstr.* 27(6), 495-503.
- Chau KT, Wong RHC.** (1996). Uniaxial compressive strength and point load strength. *Int J Rock Mech Min Sci* 1996; 33:183–8 [Technical note].
- D'Andrea DV, Fisher RL, Fogelson DE** (1964). Prediction of compression strength from other rock properties. *Colo Sch Mines Q* 59(4B):623–640
- Diamantis K, Gartzos E, Migiros G** (2009). Study on uniaxial compressive strength, point load strength index, *dynamic and physical properties of serpentinites from Central Greece: test results and empirical relations.* *Eng Geol* 108:199–207
- Dinçer, İ., Acar, A., Çobanoğlu, İ., Uras, Y.** (2004). Correlation between Schmidt hardness, uniaxial compressive strength and Young's modulus for andesites, *basalts and tuffs.* *Bull. Eng. Geol. Env.* 63:141–148. DOI 10.1007/s10064-004-0230-0
- F. Meulenkamp, M.A. Grima.** (1999). Application Of Neural Networks For The Prediction Of The Unconfined Compressive Strength (UCS) From Equotip Hardness. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 36: 29–39.
- Fener M, Kahraman, S., Bilgil A, Gunaydin, O.** (2005). A comparative evaluation of indirect methods to estimate the compressive strength of rocks. *Rock Mech Rock Eng* 38(4):329–343.
- Forster IR.** (1983). The influence of core sample geometry on the axial point-load test. *Int J Rock Mech Min Sci* 1983;20:291–5.

- Freyburg, E.** (1972). Der Untere und mittlere Buntsandstein SWThuringen in seinen gesteintechnischen Eigenschaften. *Ber. Dtsch. Ges. Geol. Wiss., A; Berlin* 176, 911–919.
- Goudie, A.S.** (2006). The Schmidt Hammer in Geomorphological Research, *Progress in Physical Geography* 30. 6. pp. 703-718.
- Gökçeoğlu, C.** (1996). Schmidt sertlik çekici kullanılarak tahmin edilen tek eksenli basınç dayanımı verilerinin güvenilirliği üzerine bir değerlendirme. *Jeol. Müh.* 48:78–81
- Grasso P, Xu S, Mahtab A.** (1992). Problems and promises of index testing of rocks. In: Tillerson, Wawersik, editors. *Rock Mechanics. Balkema, Rotterdam, ISBN 9054100451*, p. 879–88.
- Gunsallus KL, Kulhawy FH.** (1984). A comparative evaluation of rock strength measures. *Int J Rock Mech Min Sci* 1984;21:233–48.
- Hassani FP, Scoble MJ, Whittaker BN.** (1980). Application of point load index test to strength determination of rock and proposals for new size-correction chart. In: *Proceedings of the 21st US Symposium on Rock Mechanics*, Rolla, 1980. p. 543–64.
- Hoek E, Brown ET** (1997) Practical estimates of rock mass strength. *Int J Rock Mech Min Sci* 34(8):1165–1186.
- Inoue M, Ohomi M.** (1981). Relation between uniaxial compressive strength and elastic wave velocity of soft rock. In: Akai K, Mayashi M, Nishimatsu Y, editors. *Proceedings of the International Symposium on Weak Rock*, Tokyo, p. 9–13.
- ISRM** (1981). Basic technical description of rock masses. *Int. J. Rock Mech. And Mining Sci and Geomech.* Abst. 18, 85-110.
- ISRM** (1985). Suggested Methods. Suggested method for determining point-load strength. *Int J Rock Mech Min Sci ;22:53–60.*
- Kaçaroğlu, F., Nacitarhan, V., Değirmenci, M., Hizmetli, S., Elden, H. ve Göker, İ.** (1994). Sivas-Sıcak çermik termal suyunun hidrojeolojisi ve Gonartrozlu olgularda Terapotik olarak fizik tedavi yöntemleri ile karşılaştırılması. *Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu*, Pamukkale Üniv., Denizli, 281-295.
- Kahraman, S.,** (2001). Evaluation of Simple Methods For Assessing The Uniaxial Compressive Strength of Rock, *Int. J. of Rock Mechanics & Mining Sciences*, **38**, 981-994
- Kahraman, S., and Yeken, T.** (2010). Electrical resistivity measurement to predict uniaxial compressive and tensile strength of igneous rocks. *Bull. Mater. Sci.* 33(6), 731-735.
- Katz, O., Reches, Z. Roegiers, J. C.** (2000). Evaluation of mechanical rock properties using a Schmidt Hammer. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 37, 723–728.
- Khandelwal M, Singh TN** (2009). Correlating static properties of coal measures rocks with p-wave velocity. *Int J Coal Geol* 79:55–60
- Kılıç, A. And Teymen, A.** (2008). Determination of mechanical properties of rocks using simple methods. *Bull. Eng. Geo. Environ.* 67, 237-244.
- Mesci, B. L.** (2004). Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi. Doktora Tezi, *Cumhuriyet Üniv. Fen Bil. Enst.*, 245s.

- Mitchell R.S.** (1985). *Dictionary of Rocks*, New York Van Nostrand Reinhold Company, 228p.
- Olçayto, M.**, (2003). Ortaköy(Sivas-Şarkışla) Jeotermal Enerji Sondajında Kullanılan Dolaşım Sıvısının Bazı Özelliklerinin Sondaj Performansına Etkilerinin İncelenmesi, *C.Ü. Fen Bilimleri Enst. Maden Müh. Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, 105s.
- P. K. Sharma, Manoj Khandelwal T. N. Singh.** (2010). A correlation between Schmidt hammer rebound numbers with impact strength index, slake durability index and P-wave velocity. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* DOI 10.1007/s00531-009-0506-5
- Pentacost, A.** (2005). Travertine, ISBN-10 1-4020-3523-3, *Springer*, 343p.
- Polat, S.** (2011). Türkiye'de Traverten Oluşumu, Yayılış Alanı ve Korunması, *Marmara Coğrafya Dergisi sayı: 23*, ocak - 2011, s. 389-428 İstanbul – ISSN:1303-2429
- Potro, R. D. & Hurlimann, M.** (2009). A Comparison of Different Indirect Techniques to Evaluate Volcanic Intact Rock Strength, *Rock Mech Rock Eng.* 42:931–938 DOI 10.1007/s00603-008-0001-5
- Read JRL, Thornten PN, Regan WM.** (1980). A rational approach to the point load test. In: *Proceedings Aust-N.Z. Geomechanics*, vol. 2, 1980. p. 35–9.
- Romana, M.** (1999). Correlation between uniaxial compressive and point-load (Franklin test) strengths for different rock classes. *9th ISRM Congress, vol 1. Belkama, Paris*, 673-676.
- Sachpazis CI** (1990). Correlating Schmidt hammer rebound number with compressive strength and Young's modulus of carbonate rocks. *Bull Int Assoc Eng Geol* 42:75–83
- Schmidt E** (1951). A non-destructive concrete tester. *Concrete* 59(8):34–35
- Sharma P.K. and Singh, T.N.** (2008). A correlation between P-Wave velocity, impact strength index, slake durability and Uniaxial Compressive Strength. *Bull Eng. Environ*, 67: 17-22 (2008).
- Singh, T.N., Kainthola, A. And Venkatesh, A.** (2012). Correlation between point load index and uniaxial compressive strength for different rock types. *Rock Mech. Rock Eng.* 45(2), 259-264.
- Swain, C.** (2010). Determination of Rock strength From Slake Durability Test, *Protodyakonov Impact Tests and Los Angeles Abrasion Resistance Tests. Bachelor of Technology In Mining Engineering*, 45p.
- Şimşek, Ş.** (1991). Termal suların oluşturduğu doğal anıtlar ve çevre korunmasının hidrojeolojik ve balneolojik açıdan önemi. *II. Ulusal Balneoloji ve Tıbbi Biyometeoroloji Kongresi. Bildiri Özetleri*, 11.
- Tekin, E., Kayabah, K., Ayyıldız, T. ve İleri, Ö.** (2000). Evidence of microbiologic activity in modern travertines: Sıcak çermik geothermal field, central Turkey. *Carbonates& Evaporites*,15/1, 19-27.
- Tekin, E., ve Ayyıldız, T.** (2001). Sıcak çermik Jeotermal Alanındaki (Sivas KB, Türkiye) Güncel Traverten Çökellerinin Petrografik Özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 44, Sayı 1, 1-13s.
- Tuğrul, A. and Zarif, I.H.** (1999). Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey. *Engineering Geology*, vol. 51, 1999. pp. 303–317.

- Xu S, Grasso P, Mahtab A.** (1990). Use of Schmidt hammer for estimating mechanical properties of weak rock. *6th Int IAEG Congress Balkema, Rotterdam*, pp 511–519
- Yağız, S.** (2011). P-wave velocity test for assesment of geotechnical properties of some rock materials. *Bull. Material Sci.* 34, 947-953.
- Yaşar, E. ve Erdoğan, Y.,** (2004). Estimation of Rock Physicomechanical Properties Using Hardness Methods", *Engineering Geology*, 71, 281-288.
- Yılmaz, I., Sendir, H.** (2002). Correlation of Schmidt hammer rebound number with unconfined compressive strength and Young's modulus in gypsum from Sivas (Turkey). *Eng Geol* 66:211–219
- Yüksek, S., Gül, Y., Şengün, B., Doğan, T.** (2012). Donma-Çözülme Süreçlerinin Sivas Travertenlerinin Dayanımına Etkisi, MERSEM'2012 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi, 13-15 Aralık 2012 / Afyonkarahisar, 471-478.
- Url-1: [https://issuu.com/imib.analytics/docs/turkiye_mermer_yataklari_kitabi_dee\(08/05/2019\)](https://issuu.com/imib.analytics/docs/turkiye_mermer_yataklari_kitabi_dee(08/05/2019))
- Url-2: [http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-ultenleri/2013_16/65.pdf\(08/05/2019\)](http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-ultenleri/2013_16/65.pdf(08/05/2019))



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Celal Kaan KARADELİ
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 1976
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Akdeğirmen mah.21.sok.As Evler A.giriş.d.7. SİVAS
E-posta Adresi	kaankaradeli@hotmail.com
Telefon	0(532) 471 16 00

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Atatürk Lisesi
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2001
Yüksek Lisans	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2019

İş Tecrübesi

Kurt İnş.	Şantiye Şefi, 1994-2002
TMG	Şantiye Şefi, 2002-2003
M.K.M. Mad. Ltd. Şti	Şirket Sahibi, 2003
Celal Kaan KARADELİ	Şirket Sahibi, 2007
Kaptan İnş. Ltd.Şti.	Genel Müdür, 2008 - 2013
Beta Mer.	Ocak İşletmesi, 2013 - 2014

Kongreler ve Bildiriler

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
SİVAS TİCARET SANAYİ ODASI, Meclis Üyesi
SİVAS DOĞALTAŞ VE MERMER DERNEĞİ.