

INVESTIGATION OF SOME MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE AHLAT STONE (IGNIMBRITE)

Osman ŞİMŞEK, Mürsel ERDAL*

Gazi University, Technical Education Faculty, Construction Department, 06500,
Teknikokullar, Ankara, TURKEY, e-mail: merdal@gazi.edu.tr

ABSTRACT

Natural stones are extensively being used as construction materials. They are generally used in pavements, as cladding and masonry material in walls. The aim of this study is to determine some of the mechanical and physical properties of the ignimbrite rocks of Bitlis-Ahlat region. The parameters used for investigating these properties include compressive strength, water absorption, flexural strength and abrasion loss. The results indicate that the ignimbrite rock should not be used in the construction where flexural and compressive strengths are important and in regions where freeze-thaw effects are substantial. The ignimbrite stone can only be used for decorative cladding purposes.

Key Words: Ahlat stone, Ignimbrite, Cladding

AHLAT TAŞININ (İGNİMBRİT) BAZI MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Doğal taşlar, inşaat sektöründe yaygın olarak kaldırımlarda, duvar kaplamalarında ve taşıyıcı duvarlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Bitlis-Ahlat yöresinde bulunan ve Ahlat taşı olarak bilinen ignimbritin bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu özelliklerin belirlenmesi için basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme ve aşınma kaybı parametreler olarak kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Ahlat taşı, aşınma, eğilme ve basınç dayanımının önemli olduğu yerler ile donma-çözülmenin etkili olduğu bölgelerde kullanılmamalıdır. Ancak bu taş, dekoratif amaçlı kaplama malzemesi olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Ahlat taşı, İgnimbrit, Kaplama taşı.

1. GİRİŞ

Ülkemizde, doğal yapı malzemeleri, ekonomik olması ve kolay elde edilmelerinden dolayı inşaat sektöründe değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Bu doğal yapı malzemeleri içinde taşlar önemli bir yer tutmaktadır. Doğal taşlar; kaplamalarda, duvarlarda, kaldırımlarda ve döşemelerde kullanılmaktadır. Bu taşlar, genellikle mermer, andezit, bazalt, granit, traverten gibi genel isimler yanında bölgesel isimlerle de anılan, Mamak, Gölbaşı, Papazderesi, Ahlat, Bayburt, Manavgat, Çorlu ve Afyon taşı gibi taşlardır (1).

Yapı taşları, elde edilişlerine, mineralojik yapılarına, oluşumlarına, işleniş şekillerine, mekanik ve fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Kullanım amaçlarına bağlı olarak genellikle, taşların mekanik ve fiziksel özellikleri ön plana çıkmaktadır. Güleç (2) ve

1. INTRODUCTION

Natural construction materials are widely used in our country because they are easy to obtain and economical. Stones have important place within these natural construction materials. Natural stones are used in covers, walls, ceiling and pavements. These stones are marble, andesite, basalt, granite, porous limestone etc. Sometimes these stones are given regional names like Mamak, Gölbaşı, Papazderesi, Ahlat, Bayburt, Manavgat, Çorlu, Afyon etc (1).

Construction stones are classified according to their mineralogy, occurrence, mechanical and physical properties and processing types. Generally mechanical and physical properties are more important depending on the stones usage aim. Classification of rocks according to their porosity and uniaxial compressive strength is given on

Tarhan (3)'a göre, kayaların basınç dayanımı ve boşluk oranlarına (porozitesine) göre sınıflandırmaları çizelge 1'de verilmiştir.

table 1 (Güleç (2), Tarhan (3)).

Table 1. Classification of rocks according to their porosity and uniaxial compressive strength (2, 3)
Çizelge 1. Kayaların basınç dayanımı ve boşluk oranlarına göre sınıflandırılması (2, 3)

Classification according to uniaxial compressive strength/ Basınç dayanımına göre sınıflandırma (2, 3)		Classification according to porosity/ Boşluk oranına göre sınıflandırma	
14-28 MPa	Very low strength/ Çok düşük dirençli	1-2.5 %	Very low porosity porosity/ Az boşluklu
28-56 MPa	Low strength/ Düşük dirençli	2.5-5 %	Low porosity / Orta boşluklu
56-112.5 MPa	Medium strength/ Orta dirençli	5-10 %	Medium porosity/ Oldukça boşluklu
112.5-225 MPa	High strength/ Yüksek dirençli	10-20 %	High porosity/ Çok boşluklu

Yüksek gaz basıncına sahip volkanik patlamalar ile taneli volkanik kayalar oluşur. Bu ürünlerden biri de piroklastik kayalardır (4, 5). Piroklastikler, volkan bacasından yüze çıkan volkanik malzemenin, volkanik mekanizma ve rüzgar vasıtası ile bir sedimentasyon ortamına getirilerek birbirlerine 500-600°C'nin üstünde sıcaklık ile kaynarak kenetlenmesi veya camı malzeme parçalarının dönüşük ürünü mineraller (zeolit gibi) ile bağlanması sonucu oluşan kayalardır (6).

İgnimbrit bolca pümis, volkanik cam ve az miktarda litik parça içeren, yüksek sıcaklıkta, laminar akış sisteminde ve gravite kontrolünde akan piroklastik akma birimidir. Akma hızı yüksek olan ignimbritler, geniş alanlara yayıldığından kalınlıkları azdır. Kaynak alandan uzaklaştıkça, ignimbritin kalınlığı 10-100 cm'ye kadar düşer. Bazı pümislerce zengin piroklastik tortullar, hızlı akışlı ignimbrit yaygıları olarak tanımlanmıştır (7). Nemrut yanardağından püsküren lavlardan, çevreye yaklaşık olarak 100 km³ hacminde piroklastik malzeme yayıldığı ve bunların yer yer farklı kalınlıklarda ignimbritler şekillenip olduğu, bunun yanında tuf, trakit, siyah ve gri obsiyenlerden meydana geldiği Ercan ve ark. (8) ile Aydar ve ark. (9) tarafından belirtilmektedir.

Yöresel ismiyle Ahlat taşı (ignimbrit), konut yapımından cami minaresine kadar çeşitli alanlarda duvar ve kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Selçuklular döneminde Ahlat taşından yapılmış mezar taşları ve kümbetler günümüzde hala özelliklerini korumaktadır (Şekil 1). Bu taşlar, açık kahverengi, koyu kahverengi (kestane) ve kül gibi çeşitli renklerde bulunmaktadır. Yöredeki binalarda yaygın olarak koyu kahverengi taşlar kullanılmıştır (10).

Ahlat taşları, toprak altından çıkarıldıklarında kısmen yumuşak olup, açık hava etkisiyle sertleşmektedir. Yumuşak haldeki Ahlat taşına el veya makine ile istenilen şekiller kolayca verilebilmektedir. Ahlat ilçesinde, Ahlat taşından yapılmış 3-4 katlı yığma yapılar mevcuttur. Ayrıca, boşluklu yapısından dolayı Ahlat taşının, su emmesinin önlenmesi halinde bir ölçüde izolasyon özelliği gösterebileceği tahmin edilmektedir (10).

Bu araştırmada, Bitlis-Ahlat yöresi açık ve koyu kahverengi Ahlat taşının mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Volcanic rocks are produced with volcanic eruptions having high gas pressure. Pyroclastic rocks are one of these rocks (4, 5). Pyroclastics are the rocks which are occurred, with the sedimentation of erupted particles under 500 - 600 °C or with secondary minerals like Zeolite (6).

Ignimbrites are pyroclastic flow rocks, composed of volcanic glass, high amount of pumice and a small amount of lithic particles. Flow is under gravity and high temperature. Their thickness is generally limited because of high flow velocity. As the distance to source increases, thickness of ignimbrite decrease down to 10-100 cm. Some pyroclastic sediments which are rich in pumice are described as high flow ignimbrites (7). It was stated that, by Ercan and Ark (8), Aydar and Ark (9), about 100 km³ volume of pyroclastic material were spreaded from Nemrut volcano; these pyroclastics are ignimbrites having various thicknesses, tuff, trachite, gray-black obsidians.

Regional name of ignimbrite, Ahlat Stone, used as well and cover material in various areas like buildings, Mosques. Graveyard Stones and vaults constructed with Ahlat stone and in Selçuklu Era, are still preserving their properties (Figure 1). These stones have various colors like brown, dark brown (chestnut), ash. However dark brown colored stones are widely used at the buildings in the region (10).

Ahlat stones are some what soft they are extracted from soil, but they harden by the effect of atmosphere. Soft Ahlat stone can be given into desired shape by hand or by machine. 3-4 storey masonry structure constructed with Ahlat stone are present in Ahlat district. It has been thought that, Ahlat stone when prevented from absorbing water can show some degree of heat isolation (10).

In this study, the main purpose is to investigate mechanical and physical properties of Bitlis-Ahlat region's light and dark colored Ahlat stones.



Figure 1. Graveyard stones and vaults of Selçuklu era (10)
Şekil 1. Selçuklu mezar taşları ve kümbeti (10)

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Araştırma malzemesi, Bitlis'in Ahlat ilçesi Ovakişla yolu üzerindeki, Kuruçayır ve Değirmençay mevkiinde bulunan ocaklardan çıkarılan yöresel adıyla Ahlat taşı olarak bilinen ignimbrittir. Blok halinde çıkarılan kayaların koyu ve açık kahverengi olanlarından yaklaşık 25x30x50 cm boyutlarında 5'er adet blok alınmıştır. Ocaktan alınan bloklardan, atölyede sulu kesim ile, TS 699 (11)'de belirtilen boyutlarda numuneler üretilmiştir. Her bir özellik için 5 adet olmak üzere toplam 25 adet numune kullanılmıştır. Taş ocağının jeolojik haritası, mevki haritası ve dikme kesiti Şekil 2'de, taş ocağının genel görünümü ise Şekil 3'de verilmiştir.

2. MATERIAL VE METHOD

2.1. Material

Investigation material is ignimbrite known as Ahlat stone, which is mined from rock quarries present in Kuruçayır and Değirmençay districts of Bitlis-Ahlat, Ovakişla road. Five blocks having dimensions of 25x30x50 cm. extracted from light and dark colored Ahlat stones. Samples were taken from blocks with the dimensions specified in TS 699 (11). A total of 25 samples were utilized, for each properly 5 sample were used. Figure 2 presents the geological map and the stratigraphical section of the rock quarry. Figure 3 shows the general view of the rock quarry.

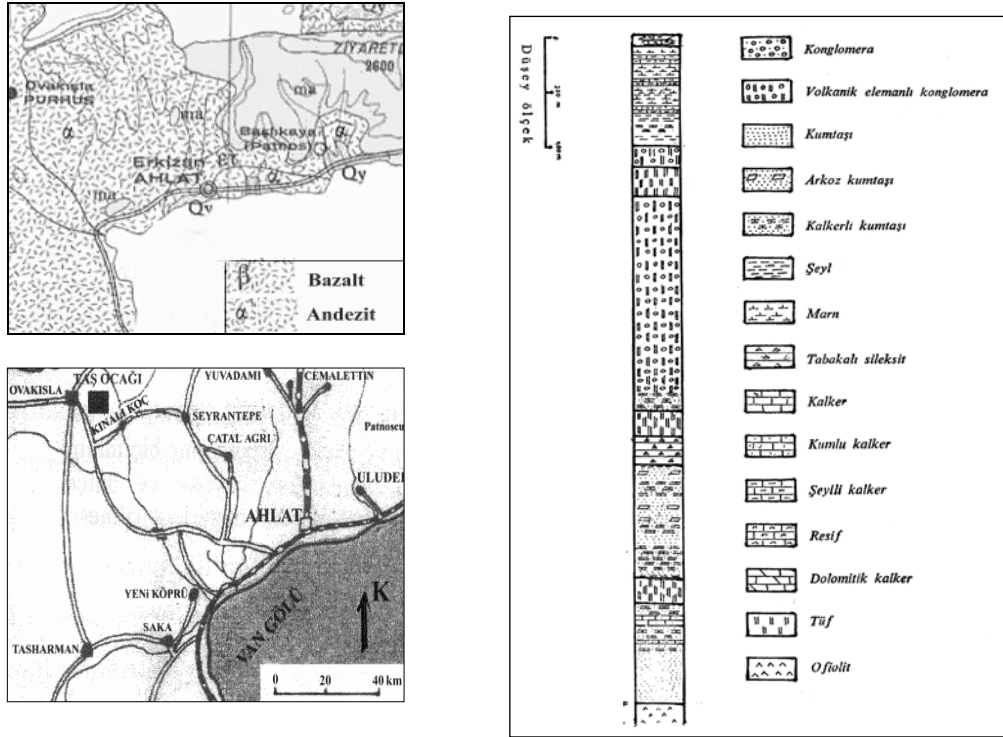


Figure 2. The geological map and the stratigraphical section of the rock quarry
Şekil 2. Taş ocağının jeolojik haritası, mevki haritası ve dikme kesiti

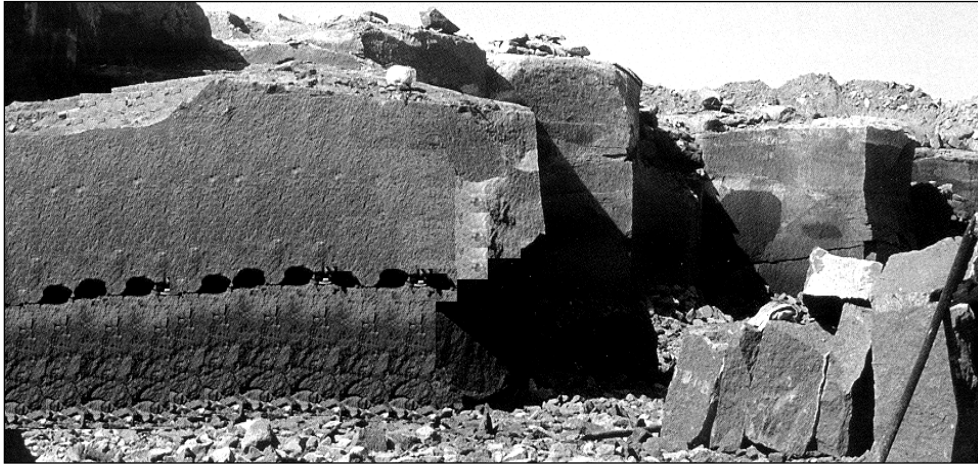


Figure 3. General view of rock quarry.
Şekil 3. Taş ocağının genel görünümü

2.2. Metot

Örnekler üzerinde, TS 699 (11) "Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deneysel Metotları" standardında önerilen deneylerden, birim hacim kütlesi, özgül kütle, su emme özelliği (kaynar su ve atmosfer basıncı etkisinde taşın kütlece ve hacimce su emme yeteneği), açık hava tesirlerine dayanıklılık, asitlere karşı dayanıklılık, basınç dayanımı, eğilme dayanımı (etüv kurusu, hava kurusu ve suya doymun durumda) ve yüzey aşınma kaybı (Böhme) deneyleri yapılmıştır. Deneysel sonuçlarının

2.2. Method

On the samples, unit weight determination specific gravity determination, water absorption (ability of rocks absorbing boiled water under the effect atmospheric pressure), resistance to atmospheric effects, resistance to acid attack, compressive and bending strength (oven dried, air dried, fully saturated) and surface abrasion loss (Bohme) tests were performed using TS 699 (11) standards. For the appraisal of test results equations given in TS 699 were utilized. Petrographical analyses of the

değerlendirilmesinde TS 699'da önerilen ilgili bağıntılar kullanılmıştır. Numunelerin petrografik analizi, M.T.A. Kurumunda, diğer deneyler ise Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

3. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Mineralojik Bileşim

Bitlis'in Ahlat ilçesi Ovakişla yolu üzerindeki, Kuruçayır ve Değirmençay mevkiinde bulunan ocaklardan çıkarılan halk arasında Ahlat taşı olarak bilinen ignimbritlere MTA'da petrografik analiz yapılmış ve sonucunda kayacın çeşitli mineraller ile başka kayaç parçalarından oluştuğu anlaşılmıştır. Hem koyu kahverengi hem de açık kahverengi kayalarda yönlenme izlenmektedir. Kayaçlar, bağlayıcı; "iğ" ve "y" şeklinde cam yongaları içeren tümüyle demir oksit ve hidroksitleriyle boyanmış volkanik cam ve disemine halde granüle opak mineral içermektedirler. Kayaçlarda, feldspat (plajyoklas) ve piroksen kristal parçaları bulunmaktadır. Ayrıca, sadece koyu kahverengi kayalarda pomza mevcuttur. Yüzey kayaç parçaları (plajyoklas mikrolitlerinden oluşan bir hamur içinde feldspat fenokristallerinin yer aldığı), demir oksit ve hidroksitleriyle boyanmış, altere yüzey kayaç parçalarıdır.

Ahlat ignimbriti ile Meksika'nın Morelia ignimbritinin (12) kimyasal yapısı, SiO₂ hariç bir birine oldukça yakın değerler taşımaktadır. Bu iki yerin ignimbritinin kimyasal analizi çizelge 2'de verilmiştir.

Table 2. Chemical analyses of Ahlat and Morelia ignimbrite.

Çizelge 2. Ahlat ve Morelia İgnimbriti Kimyasal Analizi

Sample/ Numune	Na ₂ O (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Total/ Toplam
Dark Colored Ahlat Stone/ Koyu Kahverengi Ahlat Taşı	5.46	0.53	15.33	64.05	4.81	2.00	0.42	4.90	97.50
Light Colored Ahlat Stone/ Açık Kahverengi Ahlat Taşı	5.51	0.24	16.01	64.11	4.78	1.64	0.44	4.91	97.64
Morelia (12)	3.89	0.22	14.12	72.07	4.37	1.44	0.41	3.10	99.62

3.2. Özgül Kütle

Koyu ve açık kahverengi taş numunelerinin özgül kütle deneyleri ayrı ayrı yapılmıştır. Deney sonuçlarının en yüksek, en düşük, aritmetik ortalama ve standart sapması çizelge 3'te verilmiştir. Koyu ve açık kahverengi numuneler arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık yoktur. Bulunan özgül kütle sonuçlarının aritmetik ortalaması; Koyu kahverengi taşlarda 2.64, açık kahverengi taşlarda ise 2.60'dır. TS 1910 (1)'de özgül kütle için herhangi bir sınır verilmemiştir. Ancak, TS 2513 (13)'de doğal yapı taşlarında özgül kütle 2.55'ten az olmayacağı belirtilmiştir.

rock were performed in M.T.A. and the remaining tests were performed in the Gazi University Technical Education Faculty, Construction Department Laboratories.

3. EXPERIMENTAL RESULTS AND EVALUATION

3.1. Mineralogical Composition

Petrographical analyses of the ignimbrites known as Ahlat stone were performed in M.T.A. Results of these analyses revealed that the ignimbrite basically consists of several minerals and other rock particles. Flow directionality is seen in both dark and light colored Ahlat stones. Rocks include volcanic glass, colored by iron oxides and hydroxides and granular opaque minerals. In addition to these, plagioclase and pyroxene crystal particles are present. Pumice is present only in dark colored rocks. Rock particles (feldspar phenocrystals are present within, plagioclase microlite matrix) are weathered rock particles painted with iron oxides and hydroxides.

Rock pieces include pumice, sepolitic rock fragments, volcanic glass matrix, plagioclase minerals.

Chemical properties of Ahlat ignimbrite and Mexico Morelia ignimbrites are very similar to each other expect for SiO₂ (12). The results of these chemical analyses are presented in table 2.

3.2. Specific Gravity

Specific gravity tests of dark and light colored rock samples were performed separately. Maximum, minimum, average and standard deviation values are given in table 3. There is no difference between dark and light colored samples under $\alpha=0.05$ confidence level. Average specific gravity 2.64 in dark colored samples, 2.60 in light colored samples. TS 1910 (1) does not specify a limit for specific gravity. However, TS 2513 (13) states that, specific gravity could not be lower than 2.55 in natural building stones.

Table 3. Some mechanical and physical properties of Ahlat stone
Çizelge 3. Ahlat taşının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Properties	Maximum		Minimum		Average		Standard deviation		TS 1910 TS 2513		$\alpha=0.05$ confidence level	
	Dark	Light	Dark	Light	Dark	Light	Dark	Light	Travertene	General		
Compressive strength (MPa)	Air dried	13.4	12.3	9.5	9.4	11.2	10.6	1.29	0.98	35	50	No difference
	Oven dried	13.6	13.2	11.6	11.2	12.4	12.0	0.68	0.68	-	-	No difference
	Saturated	12.7	12.2	9.0	7.1	11.0	9.8	1.26	1.68	-	-	No difference
Bending strength (MPa)	Air dried	1.66	1.62	1.59	1.58	1.61	1.59	0.59	0.61	3	5	No difference
	Oven dried	1.69	1.67	1.65	1.64	1.67	1.65	0.68	0.63	-	-	No difference
	Saturated	1.59	1.57	1.54	1.53	1.56	1.55	0.38	0.71	-	-	No difference
Water absorption under atmospheric pressure	By volume	31.2	31.7	30.2	30.0	30.8	31.3	0.34	0.60	-	-	No difference
	By mass	20.2	20.3	18.3	19.5	19.7	20.0	0.72	0.27	7.5	1.8	No difference
Kaynar Suda Su Emme	By volume	36.9	38.1	30.2	33.2	35.3	37.3	1.07	0.56	-	-	No difference
	By mass	26.2	25.9	19.2	20.6	25.1	23.5	1.80	1.12	-	-	No difference
Unit weight (g/cm^3)	1.93	1.90	1.90	1.88	1.92	1.89	0.01	0.01	-	-	No difference	
Specific gravity	2.67	2.62	2.60	2.57	2.64	2.60	0.03	0.02	2.30	2.55	No difference	
Porosity (%)	28.09	28.25	26.62	26.36	27.27	27.31	0.54	0.65	-	-	No difference	
Fullness Ratio (%)	73.38	73.64	71.91	71.75	72.72	72.69	0.54	0.65	-	-	No difference	
Abrasion ($cm^3/50cm^2$)	27.0	30.5	26.5	28.5	26.3	29.0	0.21	0.36	-	15	No difference	

3.3. Birim Hacim Kütlesi

Koyu ve açık kahverengi örneklerin birim hacim kütleleri arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık yoktur. Koyu kahverengi taşın birim hacim kütlelerinin aritmetik ortalaması $1.92 g/cm^3$ iken, açık kahverengi taşın birim hacim kütlesi $1.89 g/cm^3$ olarak belirlenmiştir. TS 1910'da kaplama taşları için herhangi bir değer verilmemiştir. Bu özelliğinden dolayı taşın gözenekli bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.

3.4. Su Emme

Taşlar üzerinde kaynar su ve atmosfer basıncı altında su emme deneyleri yapılmıştır. Koyu ve açık kahverengi numuneler arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık yoktur. Koyu kahverengi taşların kaynar suda ve atmosfer basıncı altında su emme oranları, açık kahverengi taşlara göre daha azdır. Her iki taşın da kaynar su içindeki su emmesi daha yüksektir (Çizelge 3). Doğal yapı taşlarında, TS 2513'de belirtildiği üzere ağırlıkça su emme oranı % 7.5'den az olmalıdır. Ahlat taşındaki su emme oranlarının çok yüksek olması, taşın gözenekli bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Bu gözenekli yapı Ahlat taşı için olumsuz bir özellik olarak kabul edilebilir.

3.5. Gözeneklilik ve Doluluk Oranı

Gözeneklilik ve doluluk oranlarının bulunmasında birim hacim ve özgül kütle verileri kullanılmıştır. Koyu ve açık kahverengi numuneler arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık yoktur. Elde edilen verilere göre, gözeneklilik oranının aritmetik ortalaması koyu kahverengi Ahlat taşlarında % 27.27 iken açık kahverengilerde bu değer % 27.31'dir. Bu değerler TS 1910 (1)'a göre oldukça yüksektir. Güleç (2) ve Tarhan (3)'ün gözeneklilik sınıflamasına göre % 10-20 çok boşluklulardan daha çok boşluğa sahiptir.

3.6. Basınç Dayanımı

İgnimbritin basınç dayanımı, hava kurusu, etüv kurusu ve suya doymun hale getirilmiş numuneler üzerinde

3.3. Unit Weight

There is no difference between unit weight of dark and light colored samples under $\alpha=0.05$ confidence level. Average values of the unit weights are $1.92 g/cm^3$ and $1.89 g/cm^3$ for dark brown and light brown colored ignimbrites respectively. TS 1910 does not specify a limit for unit weight. It can be stated that ignimbrite has a porous structure.

3.4. Water Absorptions

Water absorption tests were performed with atmospheric pressure and boiling water. There is no difference between dark and light colored specimens under $\alpha=0.05$ confidence level. Dark brown colored water absorption ration are lower than that of light brown colored samples (Table 3). Water absorption by mass should be lower than 7.5 % according to TS 2513. The high water absorption value of Ahlat stone indicates the high porosity of the rock. This porous structure of the rock is disadvantage.

3.5. Porosity and Fullness Ratio

For the determination of porosity and fullness ratio unit weight and specific gravity values were used. There is no difference between dark and light brown colored samples under $\alpha=0.05$ confidence level. Average value of the porosity ratio is 27.27 % for dark brown colored Ahlat stone, and 27.31 % for light brown colored Ahlat stone. These values are very high according to TS 1910 (1). Porosity ratio is even higher than the high porosity class 10-20 % given by Güleç (2) and Tarhan (3).

3.6. Compressive Strength

Uniaxial compressive strength values were obtained from oven dried, air dried and saturated samples and the

yapılmış ve sonuçlar çizelge 3'te verilmiştir. Koyu ve açık kahverengi numuneler arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık yoktur. Koyu kahverengi olanların basınç dayanım değerleri, açık kahverengi olanlara göre biraz daha yüksektir. En yüksek basınç dayanımı etüv kurusu numunelerden elde edilmiştir. Ahlat taşı basınç dayanımları, Güleç (2) ve Tarhan (3)'ün basınç dayanımına göre sınıflamasında yer alan en düşük sınıf olan 14 MPa'dan daha düşük bir değerdir. TS 2513'deki diğer metamorfik taşlar için verilmiş olan 50 MPa'dan düşüktür. Bu malzemenin gözenekliliğinin fazla olması, basınç dayanımlarının da düşük olmasına sebep olmuştur denebilir.

3.7. Eğilme Dayanımı

İgnimbrit'in eğilme dayanımı, hava kurusu, etüv kurusu ve suya doymun hale getirilmiş numuneler üzerinde belirlenmiş ve sonuçlar çizelge 3'te verilmiştir. Koyu ve açık kahverengi numuneler arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık yoktur. Koyu kahverengi olanların eğilme dayanımı değerleri, açık kahverengi olanlara göre biraz daha yüksektir. Etüv kurusu taşlar en yüksek dayanımı verirken, suya doymun olanlar en düşük dayanımı vermiştir. Bu değerler, TS 2513'de belirtilen diğer metamorfik taşlar için 5 MPa, TS 1910'da belirtilen traverten taşlar için ise 3 MPa verilmiştir. Ahlat taşlarının, TS'nin verdiği sınır değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür.

3.8. Açık Hava Etkilerine Dayanıklılık

Deney, 50x100x10 mm boyutlarında ve bir yüzeyi perdahlanıp cilalanmış 5'er adet açık ve koyu kahverengi örnek üzerinde yapılmıştır. Deney numunelerinin perdahlanmış yüzeyleri, 15 gün süreyle reaktif olarak 1/100 oranında seyreltilmiş tuz asidi etkisine maruz bırakılmıştır. Deney sonucunda aside maruz bırakılan numuneler, şahit numuneler ile kıyaslanmıştır. Aside maruz bırakılan koyu ve açık kahverengi numuneler arasında $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyinde farklılık yoktur. Şekil 1'de görüldüğü gibi yaklaşık 700 yıllık mezar taşı ve kümbetler hala gerçek atmosfer şartları altında özelliklerini korumaktadır.

4. SONUÇLAR

İgnimbrit'in deneylerle belirlenen teknik özellikleri, TS 1910'da sınırları verilen traverten kaplama taşı ve TS 2513'de sınırları verilen genel doğal taşların değerleri ile karşılaştırılmıştır. İlgili standartlarda basınç ve eğilme dayanımları, atmosfer basıncı ve kaynar su altında su emme değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Ahlat taşı, basınç, eğilme, su emme, birim hacim kütle, doluluk, gözeneklilik ve aşınma bakımından TS 1910 ve TS 2513'de önerilen sınırları sağlamaktadır.
2. Özgül kütle özelliği TS 1910 ve TS 2513' de verilen sınırları sağlamaktadır.
3. Taşların su içeriği azaldıkça dayanımlarında artış görülmektedir.
4. Koyu kahverengi taşların, açık kahverengi taşlara göre mühendislik özelliklerinin daha iyi olduğu söylenebilir.

results are given on table 3. There is no difference between dark and light brown colored samples $\alpha=0.05$ confidence level. Compressive strength of dark brown colored samples are slightly greater than that of light brown colored samples. The highest compressive strength value was obtained from oven dried samples. Compressive strength values of Ahlat stone is lower than, the lowest value 14 MPa, given by Güleç (2) and Tarhan (3), also it is lower than 50 MPa value for metamorphic rocks given in TS 2513. It can be concluded that high porosity of the rock decreases the uniaxial compressive strength.

3.7. Bending Strength

Bending strength values of ignimbrite were determined on oven dried, air dried and saturated samples, and the results given on table 3. There is no difference between dark and light brown colored samples under $\alpha=0.05$ confidence level. Bending strength values of dark brown colored samples are slightly larger than that of light brown colored samples. Bending strength of metamorphic rocks is given as 5 MPa in TS 2513 and 3 MPa for travertene in TS 1910. It has been determined that bending strength values of Ahlat stone is lower than that is given in TS.

3.8. Resistance to Open Air Effects

5 dark brown and 5 dark brown colored samples having dimensions of 50x100x10 mm with one side of the sample polished, have prepared for tests. Polished surfaces of samples had been exposed to the effects of salt acids which is diluted with 1/100 ratio for 15 days. Acid effected samples were compared with unthreatened samples. There is no difference between dark and light brown colored acid threatened samples with $\alpha=0.05$ confidence level. As it can be seen from figure 1, graveyard stones and vaults which are above 700 year age, preserve their original properties.

4. RESULTS

Mechanical properties of ignimbrites, were compared with the travetene's given in TS 1910, and natural cladding stones given in TS 2513. Results of this comparison are listed below:

1. Ahlat stone doesn't provide the necessary requirements given in TS 1910, TS 2513 about compressive strength, bending strength, unit weight, fullness, porosity and abrasion.
2. Specific gravity of Ahlat stone is within the limits given by TS 1910 and TS 2513.
3. As the water content of the Ahlat stone decrease, its strength increases.
4. It can be stated that, dark brown colored Ahlat stone's engineering properties are better than that of light brown colored Ahlat stones.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. TS 1910, *Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar*, **Türk Standardları Enstitüsü**, Ankara (1977).
2. Güleç, K., *Mühendislikte Jeoloji (2. Baskı)*, Sakarya D.M.M. Akademisi Yayınları No:4, **Matbaa Teknisyenleri Basımevi**, İstanbul (1980).
3. Tarhan, F., *Mühendislik Jeolojisi Prensipleri*, **K.T.Ü. Mimarlık-Mühendislik Fakültesi**, Trabzon (1996).
4. Erguvanlı, K., *Mühendislik Jeolojisi (4. Baskı)*, **Seç Yayın Dağıtım**, İstanbul (1994).
5. Gevrek, A. İ., ve Kazancı, N., “İgnimbrit: Oluşumu ve Özellikleri”, **Jeoloji Mühendisliği Dergisi**, 38, 39-42, Ankara (1991).
6. TS 5694, *Yapı ve Kaplama Taşları-Tabii-Terimler*, **Türk Standardları Enstitüsü**, Ankara (1988).
7. Gevrek, A. İ., *Volkaniklastiklerin Oluşumu Fasiyes Özellikleri ve Jeotermal Aramalarındaki Yeri*, **M.T.A. Genel Müdürlüğü**, Enerji Dairesi, Ankara (2003).
8. Ercan, T., ve diğerleri, “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen- Kuvaterner Volkanitlerine İlişkin Yeni Jeokimyasal, Radyometrik ve İzotopik Verilerin Yorumu”, **M.T.A. Dergisi**, 110, 143-164 (1990).
9. Aydar, E., ve diğerleri, “Morphological Analysis of Active Mount Nemrut Stratovolcano, Eastern Turkey: Evidences and Possible Impact Areas of Future Eruption”, **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, 123: 301-312, (2003).
10. Çelebi, C., *Yaşayan Kültür Ahlat*, Kültür Bakanlığı Yayınları: 2711, **Kültür Bakanlığı HAGEM**, Ankara, (2001).
11. TS 699, *Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları*, **Türk Standardları Enstitüsü**, Ankara, (1987).
12. TS 2513, *Doğal Yapı Taşları*, **Türk Standardları Enstitüsü**, Ankara, (1977).
13. Alonso, E., Martinez, L. “The Role of Environmental Sulfur on Degradation of Ignimbrites of The Cathedral in Morelia, Mexico”, **Building and Environment** (2003).

Received/ Geliş Tarihi: 16.06.2003 Accepted/Kabul Tarihi: 30.06.2004