

# KIRŞEHİR-KAMAN YÖRESİ GRANİTLERİN KIRMATAŞ AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİK ÖZELLİKLERİ

**İlhami DEMİR ve İbrahim UZUN**

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale  
[ildemir@kku.edu.tr](mailto:ildemir@kku.edu.tr), [uzun@kku.edu.tr](mailto:uzun@kku.edu.tr)

(Geliş/Received: 14.06.2006; Kabul/Accepted: 17.08.2007)

## ÖZET

Bu araştırmada; Kırşehir-Kaman yöresi dört farklı bölgedeki taş ocaklarından elde edilen granit kayaların mühendislik özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, yöredeki kayaların mineralojik yapısı, basınç dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü, yüzey sertliği, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme ve görünür gözeneklilikleri belirlenmiştir. Deneylemlerden alınan sonuçlara göre; bu kaya örneklerinin mineral yapıları ve sertlikleri benzerdir. Birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımları yüksek, su emmesi düşük olan kayaların elastisite modülü değeri de yüksektir. Sonuç olarak; Kaman yöresindeki kayaların kırmataş agregası olarak uygun olduğu ve en iyi özelliklerin de Ömerhacılı sahasına ait olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kırmataş agregası, kayaç.

## THE USAGE PROPERTIES OF KAMAN (KIRŞEHİR, TURKEY) GRANITES AS CRUSHED STONE AGGREGATES

### ABSTRACT

In this research; the engineering properties of granitic rocks taken from the stone quarries in Kaman were investigated. The rock samples were taken from four different stone quarries in the region and the mineralogical structures, compressive strength, tensile strength, elastic modulus, surface hardness, unit weight, water absorption and apparent porosity properties of these samples were determined. Experiment results showed that the mineral structures and hardness of these samples were similar. It was found that the rocks with higher unit weight and compressive strength but lower water absorption had higher elastic modulus value. It was seen that the rocks in Kaman region were appropriate to be used as crushed aggregate and that the rocks with best properties belonged to Ömerhacılı region.

**Keywords:** Crushed aggregate, rock.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gelişen inşaat teknolojisi ve yetersiz malzeme kaynakları gibi sebepler kayaların çeşitli şekillerde kullanılmasına neden olmakta kırmataş agregalarının kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Çeşitli kayalardan elde edilen kırmataş agregası yüzeylerinin pürüzlü olması nedeniyle çimento hamuru ile agregası arasındaki aderans artar. Pürüzlü yüzeyin büyük olması, kırmataş agregası ile çimento hamurunun temas yüzeyinin de o kadar geniş olmasını sağlar. Bu nedenle kırmataş agregası ile üretilen betonların mukavemetinde artış görülür. İşlenebilirlik açısından

agregasının olabildiğince küre veya küp biçimine yakın olması, beton için elverişli bir durum oluşturur. Agregaların kimyasal ve petrografik yapılarına göre beton iç yapısında veya dış etkilerle bozulmasında bazı sakıncalar vardır. Bu sakıncalar, betonlarda durabilite özelliğini etkiler. Bu nedenle kayaların üzerinde yapılacak petrografik ve mekanik incelemelerin, kaliteli kırmataş agregası üretiminde önemi büyüktür [1,2,3].

Kırşehir-Kaman yöresinde, beton üretiminde halen Kızılırmak nehrinin Nevşehir il sınırına yakın bölümlerinden elde edilen dere agregası

kullanılmaktadır. Kırşehir ilinin kuzeybatı tarafından Kırıkkale istikametine doğru olan bölgeden ve Kaman'da Hirfanlı baraj suyu birikintisi sebebiyle dere agregası temin edilememektedir. Bu durumda zorunlu olarak Nevşehir'e yakın havzadan, akıntıyla sürüklenmiş agregalar elde edilmektedir. Ancak bu agregalar Nevşehir bölgesine ait hafif ve yassı tanecikler içermektedir. Bu sebeple, bölgeden elde edilen agregası, beton için çok uygun görülmemektedir [4].

Terzibaşoğlu (1989) tarafından Sivrihisar ve Kırşehir-Kaman granitlerinin bazı mekaniksel ve fiziksel özelliklerinin tayini için yapılan çalışmada; Kırşehir granitini düşük mukavemetli orta elastisite modüllü kayalık olarak sınıflandırmıştır. Düşük basınç dayanım değerleri dışında kalan diğer özelliklerin ASTM ve Türk Standartları koşullarını sağladığını belirtmiştir [5].

Neville A. M. (1996) ye göre; agregası, betonun  $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturduğu için agregası kalitesinin betonun kalitesinde çok önemli bir yeri vardır. Agreganın sadece betonun dayanımını sınırlamakla yetinmeyip, istenmeyen özellikleri içermeleri halinde dayanım ve yapısal performansını olumsuz yönde etkilemesi beklenmelidir. Agregada bulunan ve betonda dayanımı düşüren mineraller; kil, mika, feldspat, sülfat veya demiroksit mineralleridir. Agregası olarak kullanılan kayaların magmatik, metamorfik ve sedimanter olması mineral bileşimleri ve bu minerallerin ayrışma dereceleri betonun dayanım ve dayanıklılığını etkiler [6].

Alexander ve Milne (1995) tarafından yapılan çalışmada; dört çeşit çimento karışımı ile yapılan betonlarda, agregası çeşitlerinin beton mukavemetine etkisi incelenmiştir. Agregası çeşidine bağlı olarak, beton basınç mukavemetlerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Dolomit ve andezit agregaları ile Portland çimentosu kullanılarak yapılan betonların mukavemet değerinin yüksek, granit ve kuvarsit agregaları ile yapılan betonlarda, özellikle erken yaşlarda elastisite modülünün de düşük çıktığı belirlenmiştir. Dört farklı agregası kullanılarak yapılan betonlarda, agregası ve çimento ara yüzeyinin, agreganın doğal yapısına göre değişik özellikler gösterdiği ifade edilmektedir [7].

Tasong vd (1998) tarafından yapılan çalışmada; agregası yüzey yapısı için bahsedilen ara yüz parametrelerinin ölçümleri, farklı mineral yapısına sahip agregalarda, agregası yüzeylerinin kırılmış veya çatlak olup olmadığına bağlı olarak, ara yüz önemli farklılık gösterdiği açıklanmış, kayalık yapısı ve kimyasal reaksiyonların beton dayanımında önemli olduğu belirtilmiştir [8].

Özkahraman ve Işıkın (2005) yaptıkları çalışmada; karışım oranları ve kullanılan malzemeleri aynı fakat

kimyasal ve mineralojik yapıları farklı olan 10 farklı agregası grubuyla oluşturulan numunelerde en iyi beton özelliklerini %80-95 SiO<sub>2</sub> ve en az %0,5-3,4 CaCO<sub>3</sub> içeren agregaların verdiğini belirtmişlerdir [9].

Yeğınobalı (1999) köşeli ve yüzeyi pürüzlü agregaların yuvarlak taneli olanlara göre çimento hamuru ile daha kuvvetli bağ oluşturduğunu, agregası yüzeyinin gözenekli olması durumunda çimento tanelerinin bu bağ daha da kuvvetlendirdiğini ifade etmiş ve agreganın mineralojik yapısının da bu bağda etkili olduğunu belirtmiştir [10].

Bu çalışmanın amacı; Kırşehir-Kaman yöresi granit ocaklarından elde edilen kırmataş agregalarının mühendislik özelliklerini belirlemektir. Araştırmaya konu olan ocakların seçilmesinin nedeni, halen bu ocaklarda moloz taş ve blok granit üretilmesi ve blok işletmecilikte değerlendirilmeyen atık granitlerin agregası olarak değerlendirilmesidir. Bu ocakların ilçe merkezine yakın olması maliyetin düşürülmesinde bir etken olarak görülmüştür.

### 1.1. Bölgesel Jeolojik Özellikler (Regional Geological Properties)

Seymen (1984), Kaman (Kırşehir) dolayında yaptığı çalışmada Kırşehir Masifi'ne ait metamorfik birimleri incelemiştir. Kaman grubu adı altında, Kırşehir Masifi'nin metamorfikleri üç ayrı birime ayrılmıştır. Bu birimler alttan üste doğru, Kalkanlıdağ Formasyonu (gnays, biyotitist, piroksenist, amfibolist, kalsilikatik şistler, kuvarsit ve kuvarşist), Tamdağ Formasyonu (mermer, şist ve gnays aralanımı) ve Bozçaldağ Formasyonu (mermer, metaçörtlü yarı mermer ve metaçört) olduğunu belirtmiştir [11].

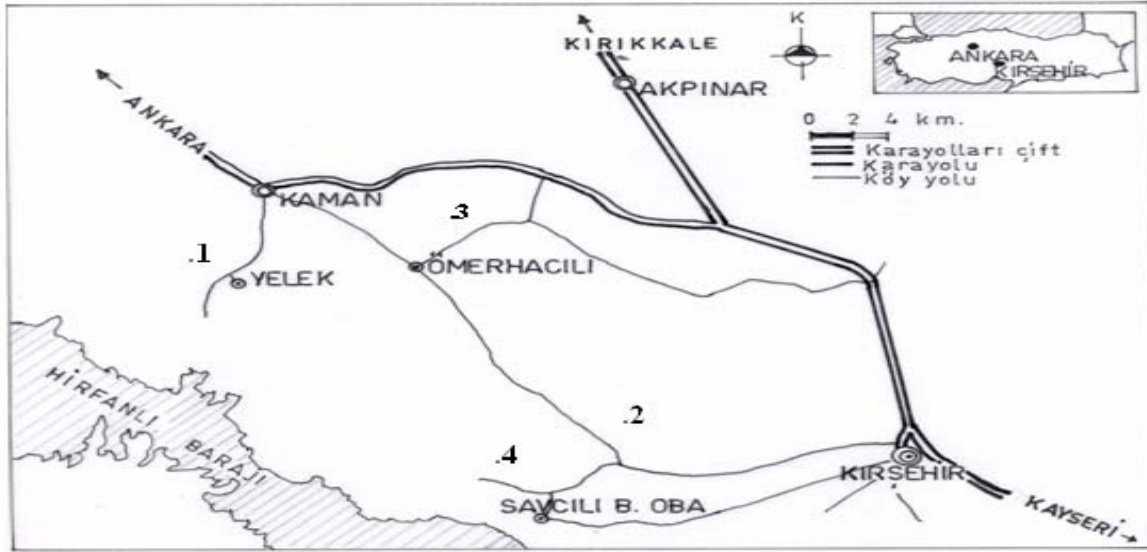
## 2. ÇALIŞMA SAHASI VE İNCELEME YÖNTEMLERİ (THE STUDY REGION AND INVESTIGATE PROCESSES)

### 2.1. Çalışma Sahası (The Study Region)

Bu çalışmada; şekil 1'de görüldüğü gibi Yelek (1.nolu saha), Savcılı I (2.nolu saha), Ömerhacılı (3.nolu saha) ve Savcılı II (4.nolu saha) ocaklarına ait granit kayalar kullanılmıştır. Deney numunelerinin elde edildiği araştırma sahaları Kaman'ın yaklaşık 7 ila 20 km güney doğusunda, Kırşehir'e ise 60 km uzaklıkta yer almaktadır (Şekil 1).

### 2.2.Yöntem (Method)

Deneyler Tablo1'de belirtilen deney planına göre yapılmıştır. Kaman yöresine ait Yelek, Savcılı I, Ömerhacılı ve Savcılı II taş ocaklarının granitten oluştuğu görülmüştür. Granit bileşimde Kuvars, Feldspat ve Mika mineralleri vardır. Bununla birlikte Hornblend, bazen de Ojit, tali mineral olarak yapısında yer alır. Granitde nadiren zirkon, pirit,



Şekil 1. Granit ocaklarının yerlerini gösteren harita (The map in which granite quarries are shown)

### 2.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması (Preparation of experiment samples)

Kayaların mühendislik özellikleri Tablo 1’de belirtilen deney planına göre incelenmiştir. Öncelikle sahada, daha önceki veriler ışığında bölgenin jeolojik incelemeleri ele alınmıştır. Granitlerin makroskopik ve mikroskopik yapısı, basınç ve çekme dayanımı, elastisite modülü, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme ve görünür gözeneklilik deneyleri TS 699: Tabi Yapı Taşları - Muayene ve Deney Metotları standardında belirtilen esaslara göre yapılmıştır [13].

Yüzey sertliği ise TS 6809: Mohs Sertlik Cetveline göre Sertlik tayini Metodu standardında belirtilen esaslara [14] ve shore sertlik deneyinde belirtilen deney örneği yüzeyine 3mm aralıklarla 20 düşme yapılmıştır. Altı örneğe ait değerlerin ortalaması, shore yüzey sertlik değeri olarak belirtilmiştir.

### 2.2.2. İstatistik metotlar (Statistic methods)

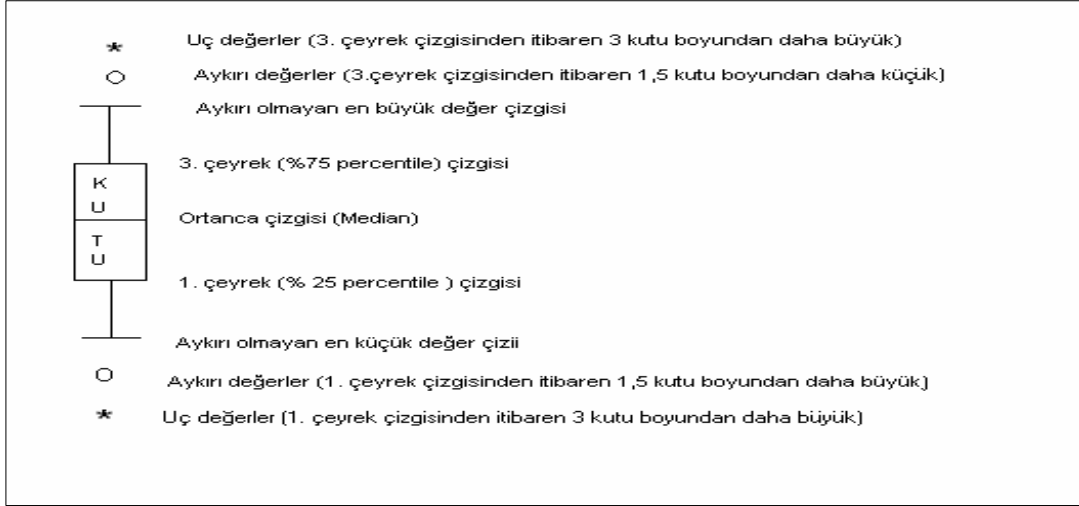
Kayaç örneklerinde altı ayrı deney türü için dört gruba ait; veriler elde edilmiştir. Grupların her deney türü için ayrı olmak üzere ortalamaları arasında fark olup

olmadığı, varyans analizi tekniği ile belirlenmiş, fark bulunan gruplarda, farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Duncan testi kullanılmıştır. Bu çalışmada yapılan varyans analizi ve Duncan testlerinde “gruplar arasında fark vardır” kararına varılırken, yanılmış olma olasılığı (anlamlılık düzeyi) en çok  $\alpha = 0,05$  olarak (1.tip hata) kabul edilmiştir [15].

DeneySEL çalışmalardan elde edilen veriler üzerinde veri dağılımları ve gruplar arasında dağılım farklılıklarını göstermek amacıyla grafik ve kutu grafikleri çizilmiştir. Şekil 2’de verilen kutu grafiğinde; Ortanca çizgisi ile merkezi eğilimler arasındaki ilişki; ortanca çizgisi, kutunun ekseninde ise, dağılımın normal ortanca çizgisi 1 çeyrek çizgisine daha yakın ise dağılımın pozitif yönde çarpık olduğu, ortanca çizgisi üç çeyrek çizgisine daha yakın ise, dağılımın negatif yönde çarpık olduğu, kutunun boyu ile verilerin yayılma veya değişkenliği; gözlemlerin %50’ sinin değerleri kutu içerisinde yer almakta, bu durum kutu boyunun uzun olması veya değişkenliğin fazla olduğunu göstermektedir [16].

Tablo 1. Granit ocağı numunelerine ait deney planı ( The test plan samples of granite stone )

Deney Metodu	Mikroskopik Yapı	Basınç Dayanımı	Çekme Dayanımı	Elastisite Modülü	Mohs yüzey sertliği	Birim hacim ağırlığı	Ağırlıkça su emme	Görünür gözeneklilik
Önek Şekli	İnce kesit örneği (adet)	(75x150) mm silindir önek (adet)	(75x150) mm silindir önek (adet)	(75x150)mm silindir önek (adet)	(71x71x71)mm küp önek (adet)	(71x71x71)mm küp önek (adet)	(71x71x71) mm küp önek (adet)	(71x71x71) mm küp önek (adet)
Ocak Adı								
Yelek	6	30	30	30	6	30	30	30
Savcılı I	6	30	30	30	6	30	30	30
Ömerhacılı	6	30	30	30	6	30	30	30
Savcılı II	6	30	30	30	6	30	30	30



Şekil 2. Kutu grafiğinin (boxplot) yapısı ve özellikleri (The structure of box graphic and properties)

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Granit ocaklarına ilişkin bulgular aşağıda verilmiş ve tartışılmıştır.

#### 3.1. Makroskopik Yapı (Macroscopic Structure)

Yelek yöresindeki gözlenen granitlerde üç yönde gelişmiş eklem (çatlak) sistemleri bulunmaktadır. Bu özelliğinden dolayı eklem sistemleri boyunca kolayca kırılmaktadır. Kayaç pembe, krem renkli, iri kristalli olup kristalleri çıplak gözle görülebilmektedir. Başlıca mineralleri kuvars, plajiyoklaz, biyotit ve ortoklastır. Çalışma alanında üzeri yer yer granitin bozuşmasıyla ortaya çıkan açık bej renkli kumlu bir toprak (arena) gözlenmektedir. Savcılı granitine göre daha açık renkli ve ince tanelidir.

Savcılı I İnceleme sahası; Savcılı köyünün kuzeyindeki çevrede yüzeylenen granitler açık bej renkli dokunun geliştiği granit alanında üç yönde gelişmiş eklem sistemleri bulunmaktadır. Bu özelliğinden dolayı çatlak sistemleri boyunca kolayca kırılmaktadır. Gözlenen granitler Kırşehir masifini keserek bölgeye yerleşmiş sokulum kayaçlardır. Birimin üzeri daha genç sedimanter kayaçlar tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. İnceleme alanında yer yer granitin bozuşmasıyla ortaya çıkan açık bej renkli kumlu bir toprak gözlenmektedir.

Ömerhacılı yöresindeki granitlerinde üç yönde gelişmiş eklem (çatlak) sistemleri bulunmaktadır. Bu özelliğinden dolayı eklem sistemleri boyunca kolayca kırılmaktadır. Makro olarak manzonit olarak tanımlanan birimde gözlenen granitler, Kırşehir masifini keserek bölgeye yerleşmiş intrüzif (sokulum) kayaçlardır.

Savcılı II İnceleme sahası; Savcılı köyünün kuzeydoğusunda yüzeylenmektedir. İnceleme

alanındaki gözlenen granitler makro yapı olarak Savcılı I' e benzemektedir.

#### 3.2. Mikroskopik Yapı (Microscopic Structure)

Yelek granit ocağından alınan örneklerin petrografik incelenmesinde; Holokristalin hipidiyomorfik taneli dokulu, ince taneli olan kayacın esas mineral bileşenlerini K- feldispat, plajiyoklaz ve kuvars mineralleri; tali bileşenlerini biyotit ve eser miktarlarda gözlenen muskovit mineralleri; aksesuar bileşenlerini ise genellikle biyotit mineralleri içinde kapanımlar şeklinde gözlenen zirkon mineralleri oluşturur. K-feldispat mineralleri ortoklaz ve mikroklin olmak üzere iki türde gözlenir. Mikroklin mineralleri ortoklaz minerallerine göre daha nadir gözlenmelerine karşın tipik kafes ikizlenmeleriyle onlardan rahatlıkla ayrılırlar. Her iki mineral türünde de yer yer karlzbad ikizlenmesi ve çok iyi gelişmemiş perlitik dokular görmek olağandır. Bununla birlikte, K-feldispat ve kuvars mineralleri arasında yer yer granofirik doku K- feldispat ve plajiyoklaz mineralleri sınırında ise yaygın mirmekitik doku gelişimleri gözlenir. Kristal boyutu kuvars minerallerinde 80-2160 µm K- feldispat minerallerinde 800-2800 µm, plajiyoklaz minerallerinde 100-2080 µm, biyotit minerallerinde ise 80- 1280 µm aralığında ölçülmüştür. Kayada alterasyon etkileri önemsiz kabul edilebilecek kadar zayıftır. K- feldispat minerallerinden gözlenen zayıf killeşmeler ile biyotit minerallerinde gözlenen zayıf kloritleşmeler haricinde alterasyon etkisi gözlenmemiştir [17].

SavcılıII granit ocağından alınan örneklerin petrografik incelenmesinde; Holokristalin hipidiyomorfik taneli dokunun, orta – iri taneli olan kayacın esas minerallerini K – feldispat, plajiyoklaz ve kuvars (en

fazla % 20 civarında) mineralleri; tali bileşenlerinin amfibol (hornblend) ve biyotit mineralleri; aksesuar bileşenlerinin ise sfen, apatit, zirkon ve nadir ortit mineralleri ile opak mineraller oluşturur. Bunlardan özellikle apatit ve zirkon, amfibol ve biyotit gibi mafik mineraller içinde kapanımlar şeklinde gözlenirler. Kayaç mineralojik ve dokusal özellikleri bakımından “Ömerhacılı” örneğine benzemekle beraber kuvars ve biyotit içeriğinin nispeten biraz daha yüksek olması, diğer örneğe göre en belirgin farklılığıdır. Kayaç genel olarak iri kristallidir. Kayaç oluşturan mineralleri çıplak gözle ayırt etmek mümkündür. Özellikle K- feldispat mineralleri oldukça iri kristalli olup el örneğinde boyutları 5 cm’ e ulaşabilen mega kristaller şeklinde gözlenirler. Bu mineraller çoğunlukla ortoklaz türünde olup, çok nadir mikroklin mineralleri de gözlenmiştir. Mikroskop altında genellikle tipik karlzbat ikizli ve zayıf pertitik dokulu olarak gözlenirler. İri kristalli olmaları nedeniyle diğer mineralleri poikilitik olarak kuşatıp, yer yer tipik monzolitik doku görünümü verirler. Plajiyoklaz mineralleri ile olan sınırlarında mirmekitik doku gelişimleri “Ömerhacılı” örneğine kıyasla çok zayıftır. Kuvars mineralleri ise daha yüksek oranda ve daha iri kristallidir. Bu mineraller dalgalı sönmeye sahip olup, zayıf tektonik deformasyon etkisini işaret eden kırıklı – çataklı yapı sunarlar. Kristal boyutu K- feldispat minerallerinde 500 µm – 5 cm, plajiyoklaz minerallerinde 480 – 6500 µm, kuvars minerallerinde 200 –5000 µm, amfibol minerallerinde 160 – 5000, biyotit minerallerinde ise 160 – 1600 µm aralığında ölçülmüştür. Kristal boyutu ölçülürken kayacın el örneği de dikkate alınmıştır. Kayada alterasyon etkileri önemsiz kabul edilecek kadar zayıftır. K- feldispat minerallerinde gözlenen zayıf killeşme ile biyotit minerallerinde gözlenen zayıf kloritleşmeler haricinde alterasyon etkisi gözlenmemiştir [17].

Ömerhacılı granit örneklerin petrografik incelenmesinde; Holokristalen hipidiyomorfik taneseli dokulu orta – iri taneli olan kayacın esas mineral bileşenlerini K- feldispat, plajiyoklaz ve kuvars (en fazla % 10 civarında) mineralleri; tali bileşenlerine amfibol (hornblend) mineralleri ile oldukça nadir gözlenen biyotit mineralleri; aksesuar bileşenlerine ise sfen mineralleri, seyrek gözlenen apatit ve zirkon mineralleri ile opak mineraller oluşturur. Zirkon ve apatit genellikle amfibol mineralleri içinde kapanımlar şeklinde gözlenmiştir [17].

SavcılıIII granit örneklerin petrografik incelenmesinde; Som yapı, az kırıklı, bozuşmalı ve bozuşma yüzeyleri koyu renklidir. Mineralojik bileşimi; feldispat, albit, hornblend, kuvars ve biyotitten oluşmaktadır. Fanaretik (iri taneli) dokulu olan granit, koyu yeşil-yeşil renklere gözlenir. Feldispatlar iri feno kristalli olup, 2-7 cm uzunluğundadır. Feldispatlar, pembe renklere ve kristalin uzun eksenine dik olarak gelişmiş mineral

kırıkları (dilimim) gözüktür. Albitler genellikle kırıllı beyaz renklere 2-5 mm uzunluğundadır. Mafik minerallerden amfibol grubu hornblend yeşil, koyu yeşil renklidir. Uzun dikdörtgen lataları şeklinde gözlenirler. 5-7 mm boyutlarındadır. Biyotit mineralleri beşgen şeklinde gözlenir ve parıldar. Kuvarlar gri renklidir. Mafik miktarı granit içinde yer yer artmaktadır. Anklavlar sıkça izlenir. Aplit damarları kayacı kat eder. Mineral birikmeleri (otolit) gözlenmiştir [17].

Kaya gruplarının mikroskobik yapılarına göre kayaçların içerisinde esas mineral olarak bulunan kuvars mineralleri beton için yararlı fakat içerisindeki feldispatlarda olumsuzluk yaratabilmektedir [6].

### 3.3. Basınç Dayanımı (Compressive Strength)

Gruplara ait deney örnekleri üzerinde gerçekleştirilen basınç dayanımına ilişkin istatistiksel dağılımı Tablo 2’de, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler ise Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Granit kayaçların basınç dayanım verilerinin istatistiksel dağılımı (Statistical distribution of granite rocks’ compressive strength datas)

Ocak	Max değer (MPa)	Min değer (MPa)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (MPa)
Yelek	139,5	105,2	9,92	122,6
Savcılı I	139,8	128,9	3,19	135,3
Ömerhacılı	171,3	120,3	14,66	140,7
Savcılı II	168,0	125,0	10,35	137,2

**Tablo 3.** Granit kayaçların basınç dayanım verilerinin Duncan testi (Duncan test of granite rocks’ compression strength datas)

Gruplar	$\alpha = 0,05$	
	1	2
Yelek	122,6	
Savcılı I		135,3
Savcılı II		137,2
Ömerhacılı		140,7
Anlamlılık düzeyi	1,00	1,00

(\*)  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde fark vardır.

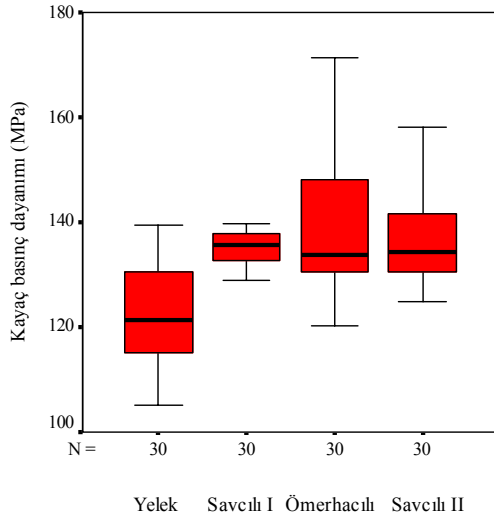
Elde edilen sonuçlara göre; Yelek granit ocağından elde edilen kayaçların basınç dayanım değerleri ile Savcılı I, Savcılı II ve Ömerhacılı basınç dayanım değerleri arasında  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Tablo 3), Savcılı I, Savcılı II ve Ömerhacılı granit basınç dayanım verileri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Tablo 3), En büyük basınç dayanımının Ömerhacılı (140,7 MPa), en küçük basınç dayanımının Yelek (122,6 MPa) örneklerine ait olduğu (Tablo 2), Yelek, Savcılı II ve Ömerhacılı Savcılı I, kayaç basınç verileri dağılımının pozitif

**Tablo 5.** Granit kayaçların çekme dayanım verilerinin Duncan testi (Duncan test results of granite rocks' tensile strength datas)

Gruplar	$\alpha = 0,05$	
	1	2
Yelek	7,64	
Savcılı I		8,74
Ömerhacılı		8,81
Savcılı 2		8,83
Anlamlılık düzeyi	1,00	1,00

(\*)  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde fark vardır.

yönde çarpık olduğu, Yelek verilerinin ise negatif yönde çarpık olduğu görülmüştür (Şekil 3).

**Şekil 3.** Granit örneklerinin basınç dayanım verileri kutu grafiği (The box graph of granite samples' compressive strength datas)

TS 706 EN 12620 kayaç basınç dayanımının en az 100 MPa olması halinde başka bir incelemeye gerek olmaksızın agrega olarak yeterli olduğu kabul edilmektedir (18). Gruplardan hepsinin bu standart değer üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo 2).

**Tablo 4.** Granit kayaçların çekme dayanım verilerinin istatistiksel dağılımı (Statistical distribution of granites' tensile strength datas)

Ocak	Max değer (MPa)	Min değer (MPa)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (MPa)
Yelek	8,40	7,00	0,47	7,64
Savcılı I	9,40	8,10	0,45	8,74
Ömerhacılı	9,53	8,07	0,47	8,81
Savcılı II	9,68	7,91	0,56	8,83

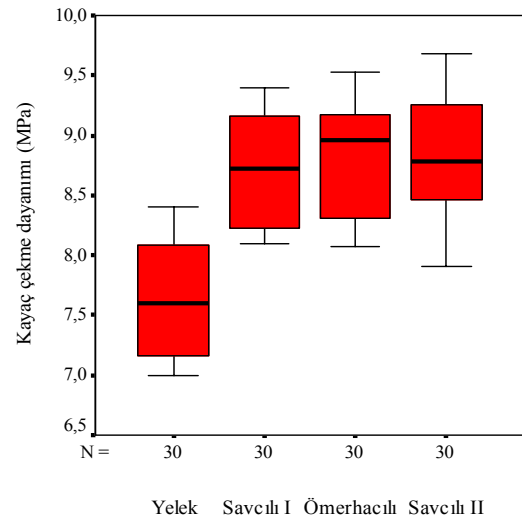
Granit kayaçlarının basınç dayanımı 122,6 MPa ile 140,7 MPa arasında değişmektedir. Bu durum kayaçların Yüksek dirençli kayaç sınıfına girdiğini göstermektedir [19].

### 3.4. Çekme Dayanımı (Tensile Strength)

Gruplara ait deney örnekleri üzerinde gerçekleştirilen çekme dayanımına ilişkin istatistiksel dağılımı Tablo

4'de, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler ise Tablo 5'de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; En yüksek çekme değerinin Savcılı (8,82 Mpa), en düşük değer ise Yelek (7,64 Mpa) ait olduğu (Tablo 4), Yelek verileri ile Savcılı I, Ömerhacılı ve Savcılı II çekme dayanım değerleri arasında  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Tablo 5), Savcılı I, Ömerhacılı ve Savcılı II verileri arasında anlamlı bir fark olmadığı, Yelek örneklerinin ise diğer örneklere göre fark olduğu (Tablo 5), Savcılı II granit çekme dayanım verilerinin pozitif yönde çarpık olduğu, Ömerhacılı'nın negatif yönde çarpık olduğu, Savcılı I ve Ömerhacılı örneklerinin veri dağılımının normal olduğu görülmektedir. (Şekil 4).

**Şekil 4.** Granit örneklerinin çekme dayanım verileri kutu grafiği (The box graph of granite samples' tensile strength datas)

TS 2513 Doğal Yapı Taşları Türk Standardına göre granitlerin çekme değerinin minimum 7,5 MPa olması gerektiği belirtilmektedir (20). Gruplardan tamamının ortalaması bu standart değer üzerinde olduğu görülmektedir. (Tablo 4).

### 3.5. Elastisite Modülü (Elasticity Module)

Gruplara ait deney örnekleri üzerinde gerçekleştirilen elastisite modülüne ilişkin istatistiksel dağılımı Tablo 6'da, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler ise Tablo 7'de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; Yelek ve Savcılı I elastisite modül değerleri ile Savcılı II ve Ömerhacılı elastisite modülü değerleri arasında  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Tablo 7), Yelek ve Savcılı I örneklerinin elastisite modül değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Tablo 7), Savcılı I ve Ömerhacılı elastisite modül değerleri ile Yelek ve Savcılı II elastisite modül değerleri arasında  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Tablo 7),

**Tablo 6.** Granit kayaçların elastisite modül verilerinin istatistiksel dağılımı (Statistical distribution of granites' elasticity module datas)

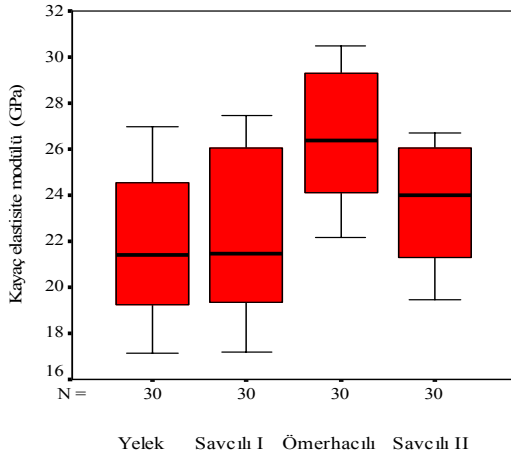
Ocak	Max değer (GPa)	Min değer (GPa)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (GPa)
Yelek	27,0	17,1	2,99	21,8
Savcılı I	27,5	17,2	2,32	22,3
Ömerhacılı	30,5	22,2	2,83	26,7
Savcılı II	26,7	19,5	2,44	23,6

**Tablo 7.** Granit kayaçların elastisite modül verilerinin Duncan testi (Duncan test of granite rocks' elasticity module datas)

Gruplar	$\alpha = 0,05$		
	1	2	3
Yelek	21,8		
Savcılı I	22,3	22,3	
Savcılı II		23,6	
Ömerhacılı			26,7
Anlamlılık düzeyi	0,46	0,089	1,00

(\*)  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Savcılı I ve Ömerhacılı örneklerinin elastisite modül değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Tablo 7), Savcılı II elastisite modül değerleri ile diğer örneklerin arasında elastisite modül değerleri arasında  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Tablo 7), en yüksek elastisite modül değeri Ömerhacılı (26,7 GPa), en küçük elastisite modül değerinin ise Yelek (21,8 GPa) örneklerine ait olduğu (Tablo 6), Yelek, Savcılı ve Ömerhacılı elastisite modül verileri dağılımının pozitif yönde çarpık olduğu, Savcılı II elastisite modül verilerinin ise negatif yönde çarpık olduğu görülmüştür (Şekil 5).

**Şekil 5.** Granit örneklerinin elastite modül verileri kutu grafiği (The box graph of granite samples' elasticity module datas)

Sonuç olarak elastisite modülü bakımından en iyi elastisite modül değeri 26,7 GPa ile Ömerhacılı örneklerine ait olup diğer örneklerden de buna yakın değerler elde edilmiştir.

### 3.6. Yüzey Sertliği (Surface Hardness)

Ana kayaç sahalarından elde edilen kayaç örnekleri üzerinde gerçekleştirilen, Shore ve Mohs yüzey sertlik verilerine ilişkin değerler Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8.** Granit kayaçların sertlik dereceleri (Temper of granite rocks)

Deney Örnekleri	Shore scleroscape sertliği	Mohs sertliği
Ömerhacılı	80	6-7
Yelek	84	6-7
Savcılı I	81	6-7
Savcılı II	82	6-7

Mohs sertlik derecesi Tablo 8'de görüldüğü gibi göreceli sertlik değeri olduğu için belli aralıklarda verilmiştir. Tablo 8'de verilen Mohs sertlik derecesine ve Shore scleroscape sertliğine göre; kayaç örneklerinin yüzey sertlik değerleri 6-7 arasında olduğu, Kayaç örneklerinin yüzey Shore aleti ile yüzey sertliklerinde en düşük değer 80 değeri ile Savcılı I'e ait olduğu en yüksek değer ise 84 değeri ile Ömerhacılı örneklerine ait olduğu görülmüştür. Örneklerden elde edilen yüzey sertlikleri Mohs sertlik cetveline göre 6-7 arasında, shore sertliğine göre ise 80-84 arasında olduğu ve buna göre çok sert kayaç sınıfına girdiği anlaşılmaktadır [19].

### 3.7. Birim Hacim Ağırlık (Unit Weight)

Gruplara ait deney örnekleri üzerinde gerçekleştirilen birim hacim ağırlık verilerine ilişkin istatistiksel dağılım Tablo 9'da, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler ise Tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 9.** Granit kayaçların birim hacim ağırlık verilerinin istatistiksel dağılımı (Statistical distribution of granite rocks' unit weight datas)

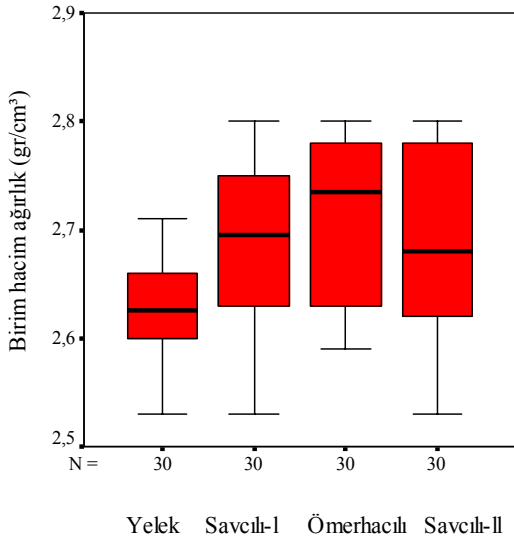
Ocak	Max değer (g/cm <sup>3</sup> )	Min değer (g/cm <sup>3</sup> )	Standart sapma	Aritmetik ortalama (g/cm <sup>3</sup> )
Yelek	2,71	2,53	0,05	2,63
Savcılı I	2,80	2,53	0,07	2,69
Ömerhacılı	2,80	2,59	0,08	2,71
Savcılı II	2,80	2,53	0,09	2,69

**Tablo 10.** Granit kayaçların birim hacim ağırlık verilerinin Duncan testi (Duncan test of granite rocks' unit weight datas)

Gruplar	$\alpha = 0,05$	
	1	2
Yelek	2,63	
Savcılı I		2,69
Savcılı II		2,69
Ömerhacılı		2,71
Anlamlılık düzeyi	1,0	1,0

(\*)  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Elde edilen sonuçlara göre; en yüksek birim hacim ağırlık değeri  $2,71 \text{ g/cm}^3$  ile Ömerhacılı grubuna ait en düşük birim hacim ağırlık değeri ise  $2,63 \text{ g/cm}^3$  ile Yelek grubuna ait olduğu görülmüştür (Tablo 9), Yelek değerleri ile Savcılı I, Ömerhacılı ve Savcılı II birim hacim ağırlık değerleri arasında  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Tablo 10), Savcılı I, Ömerhacılı ve Savcılı II değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı (Tablo 10), Yelek ve Savcılı II verilerinin pozitif yönde çarpık olduğu, Ömerhacılı ve Savcılı I verilerinin negatif yönde çarpık olduğu görülmüştür (Şekil 6).



**Şekil 6.** Granit örneklerinin birim hacim ağırlık verileri kutu grafiği (The box graph of granite samples' unit weight datas)

Örneklerden elde edilen birim ağırlık sonuçlarına göre birim ağırlıkları ortalaması  $2,63 \text{ g/cm}^3$  ile  $2,71 \text{ g/cm}^3$  arasında değişmektedir. Sonuçlar granitlerin birim ağırlıklar açısından uygun olduğunu göstermektedir [12].

### 3.8. Ağırlıkça Su Emme (Water Absorbtion)

Gruplara ait deney örnekleri üzerinde gerçekleştirilen ağırlıkça su emme deney verilerine ilişkin istatistiksel dağılım Tablo 11'de, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler ise Tablo 12'de verilmiştir.

**Tablo 11.** Granit kayaçların ağırlıkça su emme verilerinin istatistiksel dağılımı (Statistical distribution of granite rocks' water absorbtion datas)

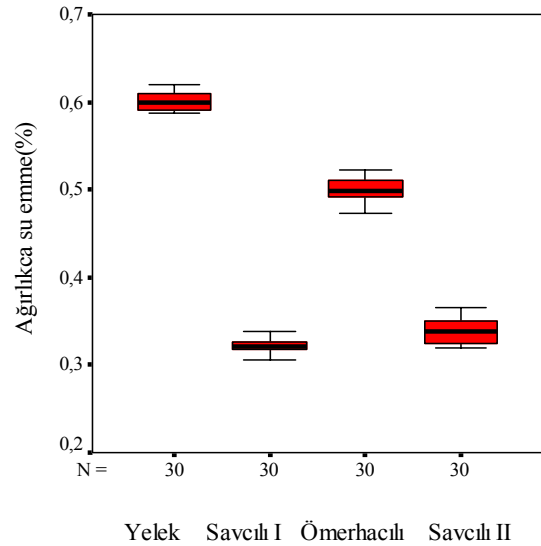
Ocak	Max değer (%)	Min değer (%)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (%)
Yelek	0,62	0,51	0,03	0,59
Savcılı I	0,34	0,30	0,01	0,32
Ömerhacılı	0,52	0,47	0,02	0,50
Savcılı II	0,63	0,32	0,06	0,35

**Tablo 12.** Granit kayaçların ağırlıkça su emme verilerinin Duncan testi (Duncan test of granite rocks' water absorbtion datas)

Gruplar	$\alpha=0,05$			
	1	2	3	4
Savcılı I	0,32			
Savcılı II		0,35		
Ömerhacılı			0,50	
Yelek				0,59
Anlamlılık düzeyi	1,00	1,00	1,00	1,00

(\*)  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Elde edilen sonuçlara göre; en yüksek su emme oranı %0,59 ile Yelek granitlerine ait olduğu, en düşük su emme oranı ise %0,32 ile Savcılı I granitlerine ait olduğu (Tablo 11), Yelek, Savcılı I, Ömerhacılı ve Savcılı verileri arasında  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Tablo 12), Savcılı I granitlerinin su emme verilerinin negatif yönde çarpık olduğu, Yelek ve Savcılı II normal olduğu görülmüştür (Şekil 7).



**Şekil 7.** Granit örneklerinin su emme verileri kutu grafiği (The box graph of granite samples' water absorbtion datas)

T.S. 2513 Doğal Yapı Taşları Türk Standardı Madde 1.2.5.'e göre su emme değerinin %1,8'den büyük olmaması gerektiği belirtilmektedir (20). Örneklerinden elde edilen kayaç su emme değerlerine göre: granit kayaç örnekleri ortalama %0,59 ile %0,32 arasında su emme değerlerine sahiptirler. Buna göre de belirtilen standarda uygun kayaçlardır.

### 3.9. Görünür Gözeneklilik (Apperent Porosity)

Gruplara ait deney örnekleri üzerinde gerçekleştirilen görünür gözeneklilik verilerine ilişkin istatistiksel dağılımı Tablo 13'de, Duncan çoklu karşılaştırmasına ilişkin veriler ise Tablo 14'de verilmiştir.



**Tablo 13.** Granit kayaçların görünür gözeneklilik verilerinin istatistiksel dağılımı (Statistical distribution of granite rocks' apperent porosity datas)

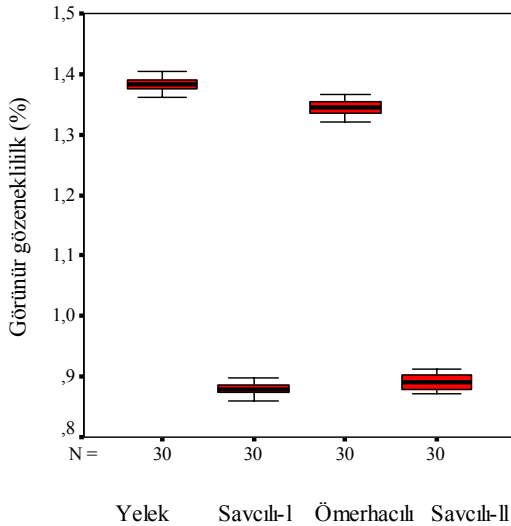
Ocak	Max değer (%)	Min değer (%)	Standart sapma	Aritmetik ortalama (%)
Yelek	1,40	1,40	0,01	1,38
Savcılı I	0,90	0,86	0,01	0,88
Ömerhacılı	1,37	1,32	0,01	1,34
Savcılı II	0,91	0,87	0,01	0,89

**Tablo 14.** Granit kayaçların görünür gözeneklilik verilerinin Duncan testi (Duncan test of granite rocks' apperent porosity datas)

Gruplar	$\alpha=0,05$			
	1	2	3	4
Savcılı I	0,88			
Savcılı II		0,89		
Ömerhacılı			1,34	
Yelek				1,38
Anlamlılık düzeyi	1,00	1,00	1,00	1,00

(\*) $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde fark vardır.

Elde edilen sonuçlara göre; en yüksek görünür gözeneklilik değeri % 1,38 ile Yelek örneklerine ait olduğu, en düşük görünür gözeneklilik değerinin ise % 0,88 ile Savcılı I örneklerine ait olduğu belirlenmiştir (Tablo 13). Yelek, Savcılı I, Ömerhacılı ve Savcılı II verileri arasında  $\alpha= 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklılık olduğu (Tablo 14), Ömerhacılı örneklerinin verilerinin pozitif yönde çarpık olduğu, Savcılı I örneklerinin verilerinin negatif yönde çarpık olduğu Yelek ve Savcılı II örneklerinin veri dağılımının normal olduğu görülmüştür (Şekil 8).

**Şekil 8.** Granit örneklerinin görünür gözeneklilik verileri kutu grafiği (The box graph of granite samples' apperent porosity datas)

Deney örneklerinden elde edilen sonuca göre granit kaya numunelerinin görünür gözeneklilik değerlerinin Tahran'a göre az boşluklu kaya sınıfında yer almaktadır [21].

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULT AND SUGESTIONS)

Kırşehir ili Kaman yöresinde Granit işletmesi olarak kullanılan Yelek, Savcılı I, Ömerhacılı ve Savcılı II ana kayaç sahalarının mineralojik incelemesi basınç dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü, yüzey serliği, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme, görünür gözeneklilik deney sonuçlarına göre;

- mikroskobik yapı olarak: granit, esas mineral bileşenleri K-feldispat, plajiyoklaz ve kuvars mineralleri; tali bileşenleri biyotit ve amfibol, eser miktarlarda ise muskovit minerallerinden oluşmaktadır. Bunlardan özellikle apatit ve zirkon, anfibor ve biyotit gibi mafik mineraller içinde kapanımlar şeklinde gözlenmiştir.
- Kayaçların basınç dayanım değerinin, Yelek 122,6 MPa, Savcılı I 135,3 MPa, Ömerhacılı 140,7 MPa ve Savcılı II 137,2 MPa ile standartta verilen sınır değer üstünde olduğu,
- kayaç çekme dayanım değerlerinin; Yelek 7,64 MPa, Savcılı I 8,74 MPa, Ömerhacılı 8,81 MPa, Savcılı II 8,83 MPa olduğu,
- kayaç elastisite modülü değerlerinin; Yelek 21,8 GPa, Savcılı I 22,3 GPa, Ömerhacılı 26,7 GPa, Savcılı II 23,6 GPa olduğu,
- kayaç mohs yüzey sertlik değerlerinin; Yelek 6-7, Savcılı I 6-7, Ömerhacılı 6-7, Savcılı II 6-7 arası olduğu,
- kayaç birim hacim ağırlığı değerlerinin; Yelek 2,63 g/cm<sup>3</sup>, Savcılı I 2,69 g/cm<sup>3</sup>, Ömerhacılı 2,71 g/cm<sup>3</sup>, Savcılı II 2,63 g/cm<sup>3</sup> olduğu,
- kayaç ağırlıkça su emme değerlerinin; Yelek %0,59, Savcılı I %0,32, Ömerhacılı %0,50, Savcılı II %0,35 olduğu,
- kayaç görünür gözeneklilik değerlerinin; Yelek %1,38, Savcılı I %0,88, Ömerhacılı %1,34, Savcılı II %0,89 olduğu, tespit edilmiştir.

Bu deney sonuçlarına göre; mineral yapıları birbirine benzer olan kayaç örneklerinin sertliklerinin aynı, su emmesinin düşük, birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı yüksek olan kayaların elastisite modül değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlere göre bu kayaların agrega olarak kullanılması, ana minerallerinin kuvars olması nedeni ile bu kayaçlardan hazırlanacak agregalar ile yüksek performanslı beton üretilmesi mümkündür. Ancak feldispat ve plajiyoklaz minerallerinin beton içinde zamanla oluşturabileceği tahribatların dikkate alınması, bu amaçla agregalarda ve farklı çimentolar ile hazırlanacak betonlarda dayanıklılık deneylerinin yapılması uygun olacaktır.

Sonuç olarak: Kaman yöresindeki kayaçların beton agregası olarak uygun olduğu görüşüne varılmış, bu kayaçlardan en iyi mekanik, fiziksel ve petrografik özelliklerin Ömerhacılı sahasındaki örneklerle ait olduğu belirlenmiştir.

**TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)**

Yazarlar mali destek ve laboratuvar imkânlarından yararlanmasından dolayı 37/2004–01 kod nolu Gazi Üniversitesi Araştırma Projesi'ne teşekkür eder.

**KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Erdoğan, Y. T., **Betonu Oluşturan Malzemeler Agregalar**, THBB, Ankara, 1995.
2. Postacıoğlu, B., **Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton**, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, Cilt II, İstanbul, 1987.
3. Akman, M.S., “Beton Agregaları, Fiziksel, Petrografik ve Kimyasal nitelikleri”, **Beton Semineri**, 6 – 10 Şubat 1984, Devlet Su İşleri Yayını, Ankara, 16, 1984.
4. Arslan, M. ve Demir, İ., “Kırşehir Yöresi Kırmataş Agregalarının Mühendislik Özellikleri”, **Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der.**, no:3, Ankara, 2005.
5. Terzibaşoğlu, N., **Comparison Of Granites Of Sivrihsar And Kırşehir From Mechanical Behavior Point Of View**, Master's Thesis, Mining Engineering Middle East Technical University, 1989.
6. Neville A.M., **Properties of Concrete**, Forth and Final Edit ., John Wiley, G. Sons, 56-80, 1996.
7. Alexander, M.G., Milne,T.I., “Influence of cement blent and aggregate type on stress strain behaviar and elastic Moduls of concrete”, **ACI Materials Journal**, no 92, May – June, 227-235, 1995.
8. Tasong, W. A., Lynsdale,C.J., Crpp, C., “Aggregate-cement paste interface II:Influence of aggregate physical properties”, **Cement and Concrete Research.**, 28, 1453-1465, 1998.
9. Özkahraman, H. T., and Işık , E. C., “The Effect of Chemical and Mineralogical Composition of Aggregates on Tensile adhesion strenght of Tiles’’, **Constraction and Building Meterials**, Vol:9, No:4, p 251-255, 2005.
10. Yeğinobalı, A., “Betonun İç Yapısı”, **Türkiye Çimento Muhtasilleri Birliği Notları**, No: 3, Ankara, 1999.
11. Seymen, İ., Kırşehir masifi metamofitlerinin jeolojik evrimi: T.J.K.yayını, **Ketin Sempozyumu**, 133-148,1984.
12. Sür, A., sür, Ö., Yiğitbaşoğlu, H., **Mineraller ve kayalar, Bilim Yayıncılık**, Ankara, 120, 2001 .
13. TS. 699/T1, “Tabii Yapı Taşları Muayene ve Dene Metotları”, **Türk Standartları Enstitüsü, Ankara**, 2000.
14. TS 6809, “Mohs Sertlik Cetveline Göre Sertlik Tayini” **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1989 .
15. Neter, J., et al., **Applied Statistics**, 3th edition, Allyn and Baconinc., London, 1988.
16. Norusis, M., J., **SPSS for Windows Base System Users Gudie Relase 6.**, SPSS Inc., Chicago, 1993.
17. **MTA Genel Müdürlüğü**, Maden Analizleri ve Teknolojisi dairesi Başkanlığı , 01.07.2005
18. TS. 706 EN 12620 /AC, “Beton Agregaları” **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 2006.
19. Deere, D.U., and Miller, R.P., **Engineering Classification and İndex Properties of İntact Rock., Tech.,** Rept., No. AFNL-TR-116, Air Force Weapons Laboratory, N.M., 1966.
20. TS 2513, “Doğal Yapı Taşları”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1977.
21. Tahran F., **Mühendislik Jeolojisi Prensipleri**, K.T.Ü. Yayınları, Trabzon, 1989.