

## BAŞMAKÇI KİREÇTAŞININ KARAYOLU İNŞAATINA UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

Recep Koray KIYILDI<sup>1</sup> (ORCID:0000-0003-4628-0186)\*

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 11.10.2018  
Kabul / Accepted: 19.11.2018

### ÖZ

Bir malzemenin karayolu inşaatına uygunluğunu belirlemek için, malzemenin mühendislik özellikleri araştırılarak, malzeme üzerinde çeşitli kalite kontrol deneyleri yapılmalıdır. Söz konusu analizlerin uygulanması karayolunun yüksek standartlarda uzun yıllar hizmet verebilmesinin sağlanması bakımından son derece önemlidir.

Bu çalışma Başmakçı kireçtaşının karayolu inşaatına uygunluğunu araştırmak amacıyla yapılmıştır. Araştırmada; Niğde Başmakçı yöresindeki taş ocaklarından elde edilen kireç taşı kayaçlarından alınan numunelerin mühendislik özellikleri incelenmiştir. Başlıca kayaçların mühendislik özellikleri; mineralojik yapı, basınç dayanımı, çekme dayanımı, elastisite modülü, yüzey sertliği, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme ve görünür gözenekliliktir. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre bir değerlendirme yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Başmakçı kireçtaşı; Fiziksel özellikler; Mekanik özellikler; İndeks özellikler

## INVESTIGATION ON THE USE OF BASMAKCI LIMESTONE FOR HIGHWAY CONSTRUCTION

### ABSTRACT

In order to determine the suitability of a material for road construction, various quality control experiments should be carried out on the material by investigating the engineering properties of the material. Application of these analyses is extremely important in terms of whether the highway is able to provide service over long years with high standards.

This study was conducted to investigate the suitability of Başmakçı limestone for road construction. In the study; the engineering properties of the samples taken from the limestone rocks obtained from the quarries of Niğde Başmakçı region were investigated. The engineering properties of main rocks are the mineralogical structure, compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity, surface hardness, unit weight, water absorption and apparent porosity. According to the results obtained from the tests, an evaluation was performed.

**Keywords:** Başmakçı limestone; Physical properties; Mechanical properties; Index properties

### 1. GİRİŞ

Türkiye'deki karayolu taşımacılığının gelişimini ve güvenliğini azaltan sebeplerden birisi karayolu kapasitesi yetersizliğidir. 'Karayolu kapasitesinde sağlanacak iyileştirmelerle, ülkenin gelişmesine kan pompalayacak ana damarlar daha rahat akacak, bunun sonucunda da daha sağlıklı gelişmeler mümkün olabilecektir. Artan trafik talebinin ve gelecekte daha da artması beklenen kapasite yetersizliğinin nedeni, talep artışının zamanında tahmin

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 255 20 70; e-mail/e-posta: rkoray@ohu.edu.tr

R. K. KIYILDI

edilememesi ve bunu engelleyecek önlemlerin alınmaması olarak gösterilebilir. Burada problemler önceden belirlenmesine rağmen, bu inşaatların ekonomik sebeplerle yapılamaması da önemlidir. Karayolu kapasite yetersizliği nedeniyle sıkışıklıklar ve gecikmeler artmaktadır. Bunun sonucu taşıma maliyetleri artmakta, karayolu kullanıcılarının memnuniyetsizliği artmakta, seyahat güvenliği tehlikeye maruz kalmakta ve karayolunu tercih eden yolcuya sunulan hizmetin kalitesi düşmektedir.

Halen işletmede olan mevcut karayollarında farklı problemlerle karşılaşmaktadır. İnşaatın sorumlu firma oluşan olumsuzluk ve hasarları karayolunu teslim edene kadar karşılamaktadır. İleriye yönelik olarak performans değerlendirmesi yapılmadığı için iş tamamen yolun işletme sırasında yapılacak sıkı denetimlere kalmaktadır. Burada da işletmeden doğan denetim yetersizlikleri ve oluşan olumsuzluklara erken önlemler alınmaması sonucunda karayolunda normal ömründen önce bakım ve onarım ihtiyaçları gerekebilmektedir. Bu durumlarda idare, yolu trafiğe kapatıp yeniden ihale ederek yapım masrafına giremediği için geçici çözümler üretmektedir. Burada esas çözüm inşaat öncesinde ve inşaat sırasında kullanılacak malzemelerin üzerinde yapılan kalite kontrol deneylerinin daha etkili bir şekilde yapılmaya devam etmesidir.

Karayolları ülkenin her türlü sosyo-ekonomik gelişiminde ve diğer ulaşım türleriyle bağlantılar kurma açısından son derece önemli bir yeri ve özelliği olan ulaşım çeşididir. Gelişen teknoloji ve devlet imkanları sayesinde tek şeritli yollar, duble yollara, ana arterlerdeki yollarda otoyollarla bağlanmaktadır. Özellikle otoyollar petrolde dışa bağımlı olan ülkemizde çok büyük paralara mal olmaktadır. Bu yatırımların gerek planlama gerek inşaatı sırasında çok iyi dizaynı gerekmektedir. Sağlam bir altyapı olmadan yapılan üstyapılar kısa sürede bozulmaktadır.

Konforlu karayolu kalitesinin arttığı merkezler arasında yolcu ve mal taşımacılığı da artacaktır, bu da bu hizmeti veren taşımacılık endüstrisini geliştirecek, karayolu yolcu ve yük taşımacılığı şirketlerinin sayısı ve çalışanı artacaktır. Dolayısıyla bu sektörde çalışan ve ona hizmet veren yan sektörleri de geliştirecektir. Ülkemiz karayolu ulaşımında gelişen teknolojiye ayak uydurması son derece önemlidir. Karayolu inşaatında kullanılacak malzemeler çok iyi seçilmeli, yapılacak kalite kontrol deneyleri gerekli sıklık ve denetimle yapılmalıdır [1].

## 2. MATERYAL VE METOD

Çalışma konusu malzeme; İç Anadolu Bölgesi Niğde İli Başmakçı köyü ocağından alınmıştır. Çalışma arazi çalışması, laboratuvar çalışması şeklinde yürütülmüştür.

Arazi çalışmaları; yüzey araştırmaları ve numune alma üzere iki farklı aşamada yürütülmüştür. Yapılan bölgesel araştırmalar sonucu taş ocağındaki kaya birimleri yerinde incelenmiştir. Yüzey araştırmaları işleminden sonra alternatif karayolu malzemesi olarak kullanıma uygun olabilecek kaya birimlerinin petrografik, fiziksel ve mekanik özelliklerini ortaya koyabilmek için Başmakçı köyünden numuneler toplanmıştır. Alınan kaya birimlerde yapılan ön inceleme sonucu, karayolu malzemesi olarak kullanılabilir kalitede olan kaya birimlerinin Mineralojik, Petrografik, Fiziksel, Mekanik, Elastik özelliklerini belirlemek amacıyla ilgili deneyler için Mühendislik Fakültesi laboratuvarları kullanılmıştır [2]. Büro çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmalarından önce başlatılmış ve çalışmanın sonuna kadar sürdürülmüştür. İnceleme alanı ile ilgili rapor, derleme, yayın, makale ve diğer bilimsel çalışmalar araştırılmıştır. Çalışma konusuyla ilgili olan yayın ve raporları derlemek için çeşitli kütüphaneler taranarak çalışma alanı ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Yapılan deneylerle ilgili TSE standartları incelenerek tespit edilen kaya birimlerinin alternatif karayolu malzemesi olarak kullanıma uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir.

## 3. MİNERALojİK PETROGRAfİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLER

### 3.1. Başmakçı Kireçtaşının Mineralojik Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

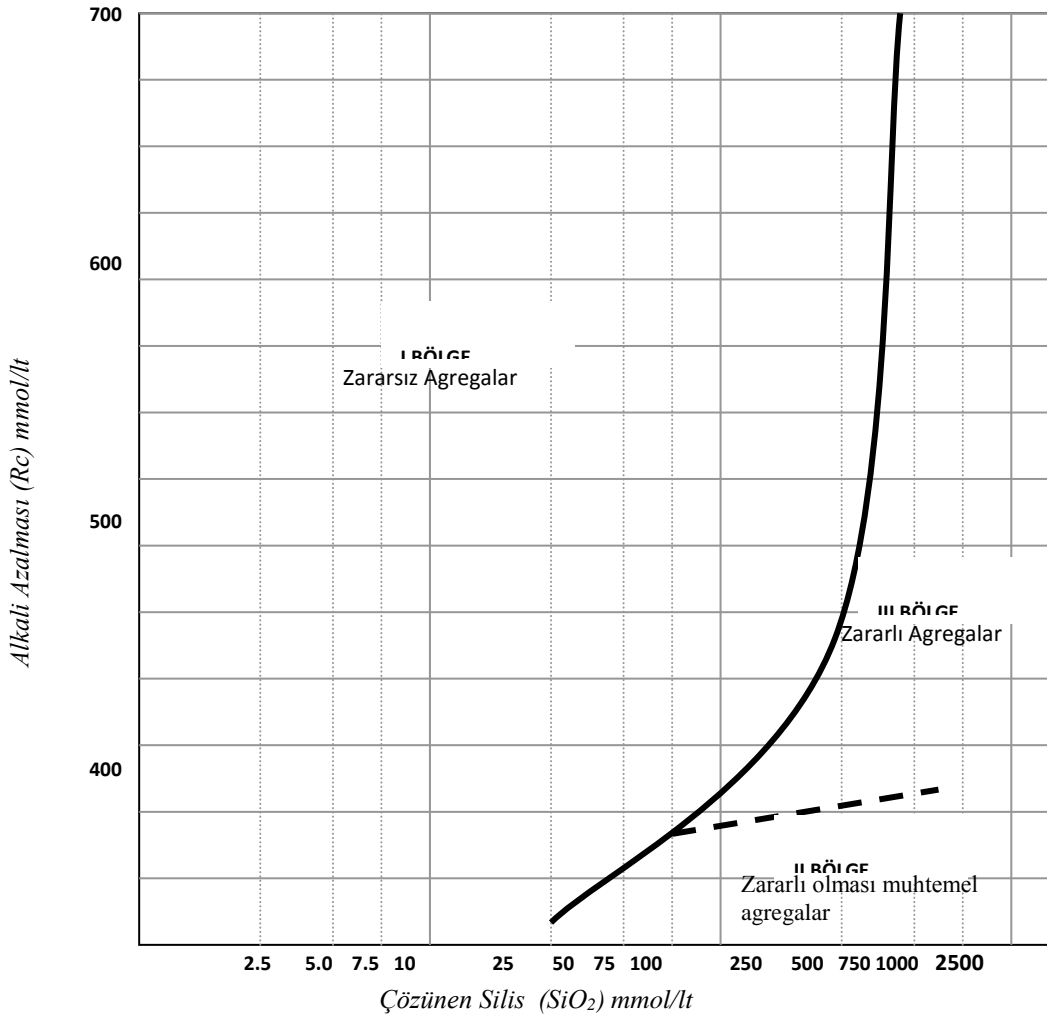
Mineralojik ve petrografik özellikler; Başmakçı Köyünde, Çamardı Karamavraş Tepede, Kavlak Tepenin doğusunda, Şarlık Dere civarında ve Hüsniye Eminlik Köyleri arasında mostra veren bu birim makroskobik olarak açık gri, gri, beyaz dış görünümüne sahip yer yer kompakt yer yer iyi tabakalanmalı bir yapıya sahiptir. Hüsniye Eminlik Köyleri arasında otoban inşaatında kullanılmak üzere yüklenici firma tarafından açılan kırmataş ocağında tahmini tabaka kalınlığı 6-10 m arasında değişmektedir, Başmakçı Formasyonunda Abdüsselamoğlu tarafından yapılan paleontoloji çalışmalarında birimin içerisinde bulunan fosillere göre Üst Kreteleden Alt-Eosen'e kadar bu kalkerlerin Paleosen yaşta olduğunu ileri sürmüştür [3].

## BAŞMAKÇI KİREÇTAŞININ KARAYOLU İNŞAATINA UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

Çalışma kapsamı içerisinde yapılan paleontoloji kesitlerinde tanımlayamayan birçok fosile rastlanmıştır. Başmakçı Formasyonu içerisindeki fosiller betonun sertleşmesine zarar verebileceği düşüncesiyle agregalarda sodyum hidroksit muayenesi yapılmıştır. Hazırlanan çözeltinin rengi agregayla temas ettiğinde açık sarıyı geçmediğinden tehlike sınırının altında olduğu görülmüştür. Başmakçı Formasyonunun makroskobik ve mikroskobik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir [2].

**Tablo 1.** Başmakçı Formasyonunun makroskobik ve mikroskobik özellikleri

MAKROSKOBİK ÖZELLİKLER		MİKROSKOBİK ÖZELLİKLER
Renk	Gri, açık gri, beyaz	Gözlenen Fosiller
Renk Dağılımı	Yeksenek	- <i>Discocyclina</i>
Taze Yüzeyi	Beyazımsı	- <i>Nummulites</i>
Yapısal Özellik.	Değişik yönlerde gelişmiş tansiyon çatlakları	- <i>Planorbulina sp.</i> ,
Ayrışma Özelliği	Konkoidal	- <i>Fabularia sp.</i> ,
Fosil İçeriği	Ayrt edilmiyor	- <i>Gelobigerin sp.</i> ,
		- <i>Globorotalia cf.</i> ,
		- <i>Pseudomenardii</i>



**Şekil 1.** Başmakçı Formasyonunun (kalker) alkali azalması (Rc) ve çözülmüş silis oranı (Rc) diyagramı

R. K. KIYILDI

Jeokimyasal özellikleri ve alkali silis reaktivitesi; Kalkerlere ait kimyasal analizlerin sonuçları Tablo 2 'de verilmiştir [2]. Bu sonuçlara göre % 30 SiO<sub>2</sub>, % 0.17 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 1.10 MgO, % 2.10 K<sub>2</sub>O, %0.97 Na<sub>2</sub>O, % 63.3 CaCO<sub>3</sub> bulunmuştur.

**Tablo 2.** Başmakçı Formasyonu (kalker) kimyasal analiz sonuçları

Oksit Elementler	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Top.
<b>Yüzde Dağılımı</b>	30	0.17	2.31	1.10	2.10	0.97	63.3	100

Alkali silis reaksiyonu yönünden çözünmüş silis konsantrasyonu (Sc) 17.3 mmol/lit, alkali azalması ise 116 mmol/lit bulunmuştur. Bu değerler grafikte yerine konulduğunda kalkerlerin zararsız agrega sınıfında yer aldığı gözlenmektedir (Şekil 1) [2].

### 3.2. Kaya Birimlerinin Fiziksel Özellikleri

Çalışma kapsamı içerisinde belirlenen başmakçı kireçtaşına ait fiziksel özellikler laboratuvar deneyleri ile saptanmıştır. Fiziksel özelliklerden; doğal birim hacim ağırlığı (dh), kuru birim hacim ağırlığı (dhk), özgül ağırlık (γ<sub>o</sub>), görünür porozite (Pg), porozite (gözeneklilik) (P), doluluk oranı (k), hacimce su emme oranı (Sh), kütlece su emme oranı (Sk) indeks özellikleri olarak tek başlık altında verilmiştir.

#### 3.2.1. Kaya Birimlerinin İndeks Özellikleri

Başmakçı kireçtaşına ait indeks özellikleri karot örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleriyle saptanmıştır. Deneylerde “Tabii Yapıtaşları Muayene ve Deney Metodları” ve “Uluslararası Kaya Mekaniği Standartlarına” uygun deneyler esas alınmıştır [4].

Başmakçı kireçtaşından alınan karot örnekleri etüvde 105°C’de (±5 °C) 4 saat kurutulup saf suda 48 saat bekletildikten sonra tartılmıştır. Böylece bulunan kuru ve doymuş ağırlıkları kullanılarak kaya birimlerinin kuru ve doğal birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı, porozite doluluk oranı, hacimce su emme oranı ve kütlece su emme oranları belirlenmiştir. Bulunan bu değerler Tablo 3’de verilmiştir [1-2].

**Tablo 3.** Başmakçı kireçtaşının indeks özellikleri

Formasyon ve Litoloji	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (dh) gr/cm <sup>3</sup>	Ekleri	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (dhk) gr/cm <sup>3</sup>	Ekleri	Özgül Ağırlığı γ <sub>o</sub>	Ekleri	Tane Birim Hacim Ağırlığı (do) gr/cm <sup>3</sup>	Ekleri	Görünür Porozite (Pg) %	Ekleri	Porozite (P) %	Ekleri	Hacimce Su emme Oranı (Sh) %	Kütlece Su Emme Oranı (Sk) %	Ekleri	Doluluk Oranı (k) %	Ekleri
	Başmakçı Formasyonu	2.69	2	2.69	8	2.69	14	2.57	20	0.71	26	1	32	0.7	0.24	38	99.8

Başmakçı kireçtaşının fiziksel özelliklerinden porozite (gözenekliliğe) göre sınıflandırılmasında Başmakçı Formasyonu (Dolomitize Kireçtaşı) % 1 ile çok kompakt ve az boşluklu kaya sınıfında yer almaktadır (Tablo 4) [5].

**Tablo 4.** Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması

KAYA SINIFI	POROZİTE (5)
Çok Kompakt	<1
Az Boşluklu	1 – 2.5
Orta Boşluklu	2.5 – 5
Oldukça Boşluklu	5 –10
Çok Boşluklu	10 – 15
Çok Fazla Boşluklu	>20

### 3.3 Kaya Birimlerinin Mekanik Özellikleri

#### 3.3.1 Kaya birimlerinin tek eksenli basınç dayanımları

Tek eksenli basınç direnci deneyi bloklardan boyu çapının iki katı olan (R=3.77) karot örnekleri üzerinde yapılmıştır. Küresel başlıklara sahip olan presin plakaları arasına yerleştirilen numuneler üzerine kırılıncaya kadar kuvvet uygulanmıştır. Deneylerde numunelerin hemen hepsinde kırılmalar ani ve gürültülü olmuş ancak bazı örneklerin kayma düzlemi ve süreksiz düzlemleri boyunca kırıldıkları gözlenmiştir. Bu şekilde standartlara uygun bir biçimde kırılmayan numuneler sonuçları etkilememesi açısından hesaplamalara katılmamıştır. Kaya birimlerinin tek eksenli basınç dirençlerinin hesaplanmış sonuçları Tablo 5’de gösterilmiştir [1-2].

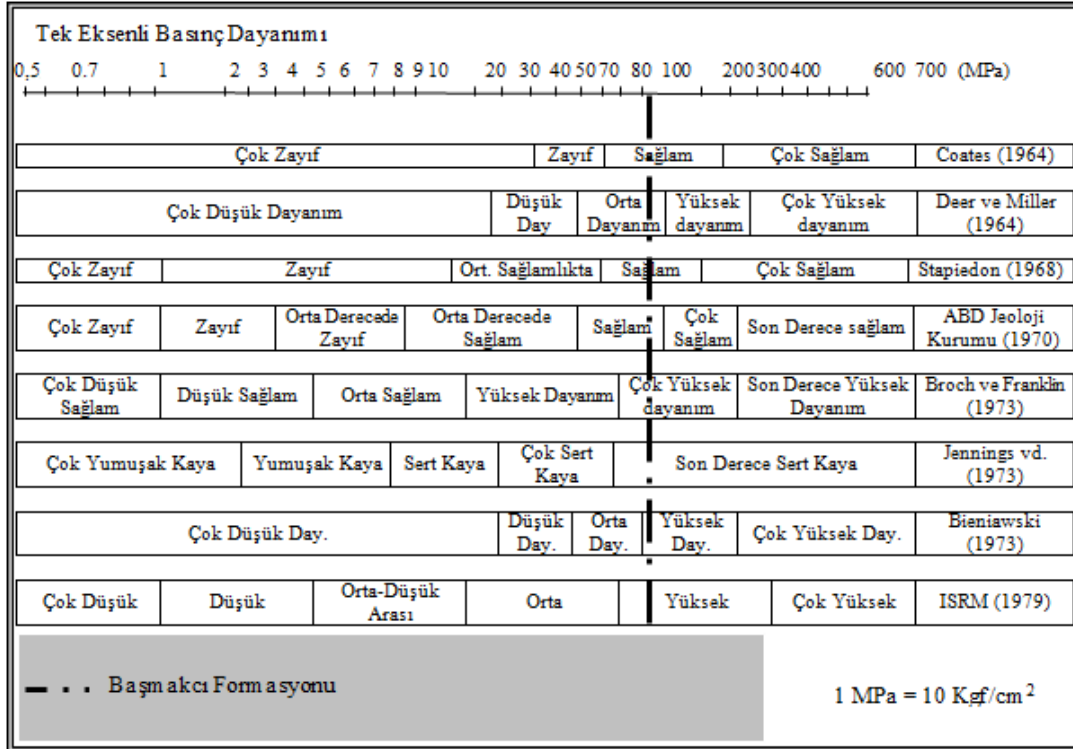
**Tablo 5.** Tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları

FORMASYON VEYA LİTOLOLİ	TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMLARI $\sigma_c$ (MPa)	KAYA SINIFI
Başmakçı Formasyonu (Dol. Kçt)	83.627	Orta Dirençli

Deer ve Miller (1966), tarafından gerçekleştirilen ve Tablo 6’da [5] görülen tek eksenli basınç direncine göre yapılan sınıflandırmada en düşük basınç dayanımına sahip olan Başmakçı Formasyonuna ait dolomitize kireçtaşlarının 83.627 MPa’la “orta dirençli kaya” sınıfında yer aldığı görülmektedir.

**Tablo 6.** Tek eksenli basınç direncine göre kayaların sınıflandırılması

KAYA SINIFI	TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENCİ (MPa)
Çok Düşük Dirençli	<25
Düşük Dirençli	25 – 50
Orta Dirençli	50 – 100
Yüksek Dirençli	100 – 200
Çok Yüksek Dirençli	>200



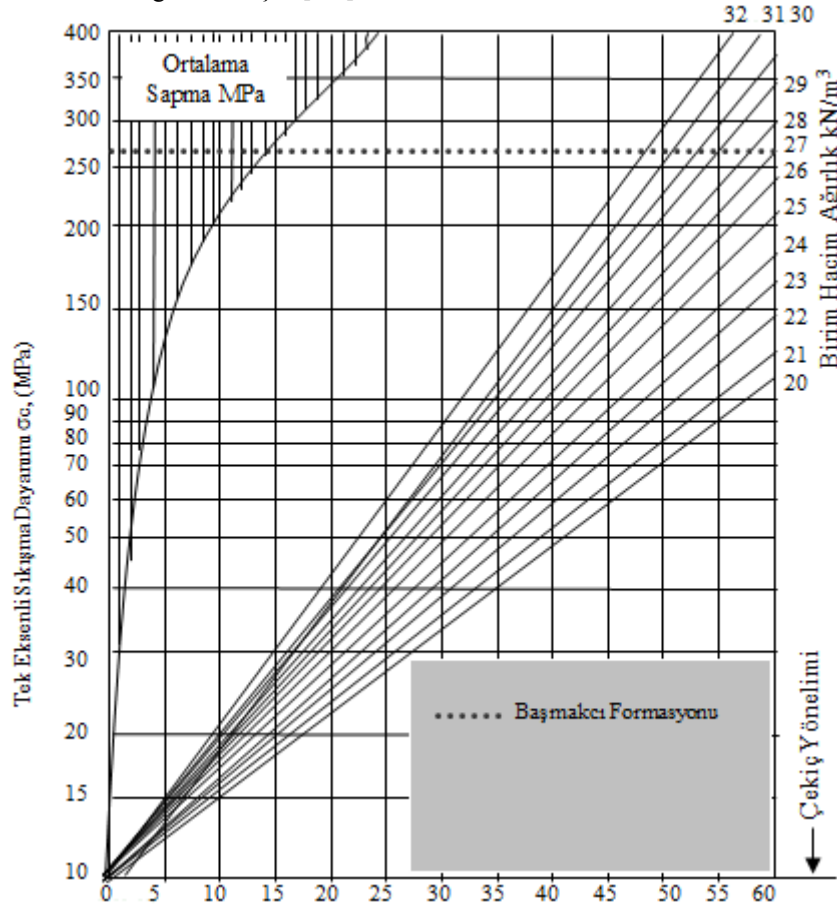
**Şekil 2.** Başmakçı kireçtaşının tek eksenli basınç dirençlerine göre yapılan sınıflandırmadaki yeri

R. K. KIYILDI

Bulunan tüm bu değerler Başmakçı kireçtaşının kırılıp karayolu agregası olarak kullanılabilmesi açısından TSE/706'ya göre değerlendirildiğinde alt sınır olarak belirlenen 1000 kgf/cm<sup>2</sup>'lik değer çok çok üzerinde oldukları tespit edilmiştir [6]. Bu yüzden kaya birimlerinin “tane dayanım” özellikleri göz önüne alındığında kullanılmalarında herhangi bir sakınca olmayacaktır. Çeşitli çalışmacılar süreksizlik içermeyen kaya malzemelerini tek eksenli sıkışma dayanım değerlerini göz önüne alınarak sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırmada 83.627 MPa'la Başmakçı kireçtaşı sağlam veya çok sağlam kaya sınıfında yer almaktadır. Çalışma alanı içerisindeki Başmakçı kireçtaşının yeri bu sınıflandırmada Şekil 2'de gösterilmiştir [7].

### 3.3.2 Kaya birimlerinin Schmith çekici sertlik değerleri

Schmith sertlik deneyi Başmakçı kireçtaşının sertliği ve dolaylı olarak tek eksenli sıkışma dayanımlarını ortaya koyabilmek amacıyla yapılmıştır. Deney sırasında çekicinin kaya yüzeyine daima dik olmasına dikkat edilmiş, schmith sertlik deneyinde önerilen iki farklı yöntemden 10'luk yöntem kullanılmıştır bu yönetime göre aynı noktada yapılan bu vuruşların maksimumunu almak suretiyle olmuştur. Belirlenen kaya birimlerinin birim hacim ağırlıkları ve schmidt sertlik değeri Şekil 3'de [7] yerine yerleştirilerek tahmini tek eksenli sıkışma dayanımları bulunmuş sonuçlar Tablo 7'de gösterilmiştir [1-2].



Şekil 3. Birim hacim ağırlıkları ve Schmidt sertlik değerlerini kullanarak tek eksenli sıkışma dayanımlarının tahmin edilmesi

Tablo 7. Başmakçı kireçtaşının schmidt çekici deneyi sonucu tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı

FORMASYON VEYA LİTOLOLİ	ÇEKİÇ YÖN.	BİR.HAC. AĞIRLILARI (gr/cm <sup>3</sup> )	SCHMİDT SERTLİĞİ	TAHMİNİ TEK EK.SIK. DAY. (MPa)	EKLER
Başmakçı Formasyonu (Dol. Kçt)	Dik	2.69	62.0	265	80

**BAŞMAKÇI KİREÇTAŞININ KARAYOLU İNŞAATINA UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI****4. SONUÇLAR**

Bu çalışmayla Niğde Bölgesinde Başmakçı Formasyonuna ait kuvarsitlerin mineralojik-petrografik ve mühendislik özellikleri saptanmış ve şu sonuçlara varılmıştır.

Mineralojik-Petrografik ve Alkali Silis Reaktivitesine Göre; Mineralojik ve petrografik açıdan kaya birimlerinde karayolu malzemesi olarak kullanmayı engelleyici herhangi bir minerale rastlanmamıştır.

Fiziksel Özelliklerine Göre; Kaya birimlerinin porozitesi göz önüne alındığında; Başmakçı Formasyonu % 1 ile “Çok Kompakt ve az Boşluklu” kaya sınıfında, olduğu gözlenmiştir.

Mekanik Özelliklerine Göre; Tek eksenli basınç dayanımına göre; 50-100 MPa arasında kalan Başmakçı kireçtaşının “Orta Dirençli” kaya sınıfında yer aldığı, değişik yıllarda ve farklı araştırmacılar tarafından tek eksenli basınç direncine göre yapılan sınıflandırmada çalışma alanı içerisindeki Başmakçı kireçtaşının “Yüksek Dayanımlı ” kaya sınıfında yer aldığı, Schmidt çekici geri tepme sayısına göre Başmakçı kireçtaşının “Aşırı Sert Kaya” sınıfında yer aldığı, Schmidt sertlik derecesi ile Başmakçı kireçtaşının birim hacim ağırlığı arasında bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

Bu özellikler “Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları” [4], “Beton Agregaları” [6] ve TCK Fenni Şartnamesinde [8] aranan özelliklere uygun olduğundan çalışma kapsamı içerisindeki Başmakçı kireçtaşından elde edilen agregaların, alt temel malzemesi, asfalt mıcır, beton agregası ve yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Ülkemizde karayolu inşaatı konusunda çeşitli akademik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların doğrudan doğruya uygulamada kullanılan malzeme ve metotlar üzerinde olması önemli bir gerekliliktir. Bu tip çalışmalar, karayolu inşaatı alanında çalışan resmi kuruluşların ve firmaların inşaat mühendisliği bakımından teknik denetimlerine yardımcı olacaktır.

**KAYNAKLAR**

- [1] ÖZFALCI, O., ÖZTÜRK, K.C., “Başmakçı Kireçtaşının Karayolu İnşaatına Uygunluğunun Denetlenmesi”, Niğde Üniversitesi M.F. İnşaat Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, Niğde, 2013.
- [2] FENER, M., “Niğde Bölgesindeki Formasyonların Deneysel Yöntemler Sonucu Beton Agregası Olarak Kullanıma Uygunluğu”, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 2001
- [3] ABDÜSSELAMOĞLU, S., “Kayseri Adana Arasındaki Doğu Toroslar Bölgesinin Jeolojisi Hakkında Rapor”, M.T.A. Yayınları Derleme Raporu, No: 3262 Ankara, 1962.
- [4] TSE 699/Ocak, “Tabii Yapı Taşların Muayene ve Deney Metotları”, Türk Standartları Enstitüsü Yayınları, UDK 691.2, Ankara, Türkiye, 1987.
- [5] DEERE, D.U., MILLER, R.P., “Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock”, Technical Report No. AFWL-TR-65- 116, Air Force Weapons Lab., Kirtland Air force Base, 308, 1966.
- [6] TSE 706/Aralık, “Beton Agregaları”, Türk Standartları Enstitüsü Yayınları, Ankara, Türkiye, 1980.
- [7] ULUSAY, R., GÖKÇEOĞLU, R., BINAL, A., “Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri 1”, Hacettepe Üniversitesi Ders Notları, 3, 53, 1997.
- [8] Karayolu Teknik Şartnamesi, “TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü (Yol altyapısı, sanat yapıları, köprü ve tüneller, üstü yapı ve çeşitleri)”, 2013.