



**BAZI KAYAÇLARIN TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMLARI İLE DİĞER
MALZEME ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER**

***(THE RELATIONSHIPS BETWEEN UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTHS AND
OTHER MATERIAL PROPERTIES OF SOME ROCKS)***

Hayati YENİCE*

ÖZET/ABSTRACT

Bu çalışmada, E.L.İ. Soma-Işıklar, Eynez, G.L.İ. Tunçbilek ve S.L.İ. Seyitömer açık ocaklarından alınan tortul kayaçların (kireçtaşı, marn) tek eksenli basınç dayanımları ile bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Deney sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, kayaçların tek eksenli basınç dayanımı ile diğer fiziksel ve mekanik özellikleri arasında ilişkiler araştırılmıştır.

In this study, physical and mechanical properties of some sedimentary rocks (limestone and marl) taken from E.L.İ. Soma-Işıklar, Eynez, G.L.İ. Tunçbilek and S.L.İ. Seyitömer open-pit mines were determined. Relations between uniaxial compressive strength and other physical and mechanical properties of these rocks were searched by the statistical analysis of tests results.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Tek eksenli basınç dayanımı, Nokta yükü dayanımı, Çekme dayanımı
Uniaxial compressive strength, Point load strength, Tensile strength

* Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Müh. Böl., Bornova, İZMİR

1. GİRİŞ

Maden ve inşaat mühendisliği kazılarının tasarımında, kayaçların kütle ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi en önemli safhalardan biridir. Maden mühendisliğinde, kayaçların mühendislik özellikleri, üretim yöntemi ve kazı ekipmanı seçimi, patlatma geometrisinin tasarımı, şev stabilitesi ve yeraltı açıklıklarının boyutlandırılması çalışmalarında temel tasarım parametreleri olarak kullanılmaktadır. Yakın zamana kadar kayaçların basınç dayanımları, ölçülmesi daha basit, hızlı ve güvenilir olması nedeniyle mühendislik kazılarının dizaynında daha yaygın olarak kullanılmıştır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, kayaçların çekme dayanımlarının da değinilen konularda tasarım parametresi olarak etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir (Arioğlu ve Tokgöz, 1993). Bilgin, kayaçların nokta yükü dayanımlarının, kazı mekaniğinde delme ve kazı makinalarının performanslarının tahmininde güvenilir bir şekilde kullanılabilmesini ortaya koymuştur (Bilgin, 1982).

Bu çalışma kapsamında, bazı kömür açık ocaklarından alınan tortul kayaçların yoğunluk (ρ), porozite (n), nokta yükü dayanım indeksi ($I_{S(50)}$) ve dolaylı çekme dayanımı (σ_t) belirlenerek tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) ile olan ilişkileri araştırılmıştır.

2. ÇALIŞILAN KAYA BİRİMLERİ

Bu çalışmada, Soma Işıklar ve Eynez, Seyitömer ve Tunçbilek açık ocaklarından alınan ve X-ray difraksiyonu analiz sonuçları Çizelge 1'de verilen kayaçların mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi kayaçlar başlıca kalsit, aragonit, dolomit ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Söz konusu kayaçların tane irilikleri ince kesit analizlerinde yaklaşık 4 μ m olarak saptanmıştır.

Çizelge 1. X-ray difraksiyon ve ince kesit analizi sonuçları

Numune	Mineral içeriği	Tane iriliği, μ m
Işıklar mam-1	Aragonit, kalsit	4
Işıklar mam-2	Kalsit, dolomit, kuvars	4
Işıklar kireçtaşı-1,2,3	Kalsit, kuvars	4
Eynez mam- 1,4	Aragonit, kalsit, kuvars	4
Eynez mam-2	Kalsit, kuvars	4
Eynez mam-3	Kalsit, kuvars, dolomit, tridimit	4
Eynez kireçtaşı	Aragonit, kalsit	4
S. Ömer bitümlü mam	Kuvars, kalsit, dolomit	3-5
S. Ömer kireçtaşı	Dolomit, magnezit, kuvars, tridimit	2-3
Tunçbilek Mam-1, 2	Kuvars, kalsit, dolomit, hallosit	4

3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneyler sahadan alınan blok numunelerden elde edilen NX (54.4 mm) çaplı karotlar üzerinde, Uluslararası Kaya Mekaniği Derneğinin (ISRM) önerdiği standartlara uygun olarak her kayaç grubu için 5 adet numune üzerinde gerçekleştirilmiştir (Brown, 1981). Deney sonuçları Çizelge 2'de toplu olarak verilmektedir.

Deney sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve regresyon analizleri yapılarak tek eksenli basınç dayanımının, belirlenen diğer özellikler ile ilişkileri irdelenmiştir.

Çizelge 2. Deney sonuçları

Deneyle Kaya Birimi	T.E.B.D. (MPa)	D.Ç.D (MPa)	N.Y.D.I. (MPa)	Yoğunluk (g/cm ³)	Porozite (%)
	σ_c	σ_t	$I_{s(50)}$	ρ	n
Işıklar marn- 1	51 ± 7.52	4.57±0.91	1.24±0.4	2.22 ± 0.04	5.8 ± 1.2
Işıklar marn-2	34 ± 3.74	5.38±1.06	1.69±0.3	2.29±0.03	3.9 ± 0.9
Işıklar kireçtaşı- 1	83 ± 4.38	5.88±0.40	2.86±0.35	2.33 ± 0.01	3.7 ± 0.8
Işıklar kireçtaşı-2	57 ± 12	3.81±0.48	2 ± 0.32	2.25±0.02	4.8 ± 1.1
Işıklar kireçtaşı-3	82 ± 15	5.26±1.1	-	2.27±0.03	4.6 ± 0.7
Eynez marn-1	18 ± 3.38	4.12±0.92	0.94±0.12	2.35±0.01	3.9 ± 0.5
Eynez marn-2	146 ± 20	7.86±0.8	3.38±0.8	2.49±0.04	1.32± 0.3
Eynez marn-3	55 ± 6.35	5.85±0.55	-	2.27±0.03	3.1 ± 0.4
Eynez marn-4	111 ± 18	5.83±1.34	2.54±0.84	2.51±0.05	1.3 ± 0.25
Eynez kireçtaşı	73 ± 11	5.40 ± 0.77	2.37±0.55	2.46±0.02	3.8 ± 0.7
S.Ömer bitümlü marn	8.66± 2.26	1.39±0.25	0.48±0.14	1.17±0.03	30 ± 9
S. Ömer kireçtaşı	184 ± 20	20 ± 3.7	4.72±0.65	2.44±0.04	0.2 ± 0.02
Tunçbilek marn-1	23 ± 6.8	1.8 ± 0.5	0.69±0.25	1.83 ± 0.02	12 ± 3
Tunçbilek marn-2	55 ± 10	6.3 ± 3.1	2.54±0.47	2.32 ± 0.03	4.4 ± 0.5

Her deney ISRM standartlarına uygun olarak en az beş numune üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tek eksenli basınç dayanımı, aynı orijinli kayalarda yoğunluk düştükçe azalmaktadır. Yoğunluktaki küçük farklılıklara karşılık, tek eksenli basınç dayanımında büyük değişimler gözlenmektedir. Şekil 1 tek eksenli basınç dayanımı ile yoğunluk arasındaki ilişkiyi göstermektedir. İki özellik arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$\sigma_c = 0.0115e^{3.74\rho} \quad (1)$$

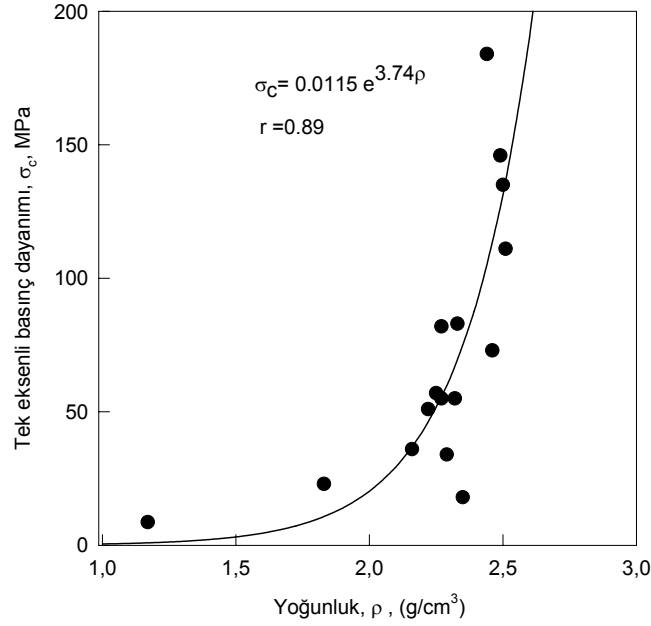
89 gibi yüksek bir korelasyon katsayısı tek eksenli basınç dayanımı ile yoğunluk arasında çok sıkı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Şekil 2'de görüldüğü gibi, kayaların basınç dayanımları artan porozitelerine bağlı olarak düşmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı ve porozite arasındaki ilişki eksponansiyel bir fonksiyon ile

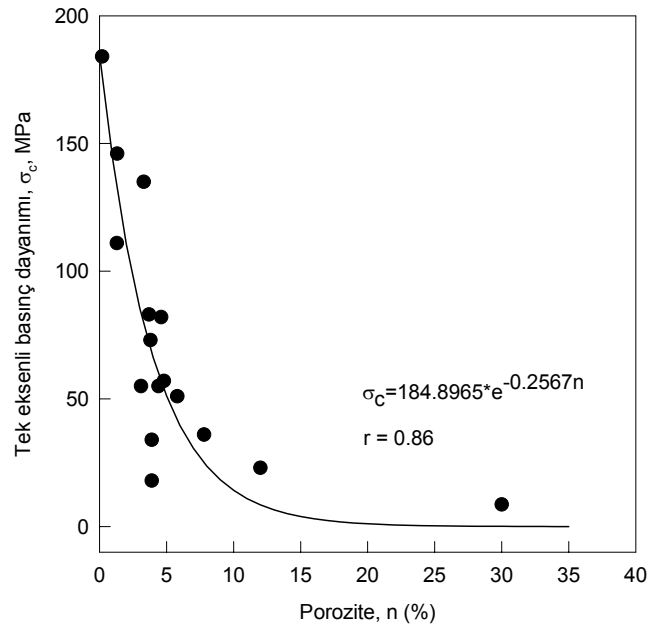
$$\sigma_c = 185e^{-0.2567n} \quad (2)$$

şeklinde elde edilmiştir.

Nokta yükü dayanımı, kayaların tek eksenli basınç dayanımlarının tahmininde yaygın olarak kullanılan bir indeks özelliğidir. Tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü dayanımı arasındaki oran (k), kayaların iç özelliklerine ve deney koşullarına bağlı olarak değiştiğinden tüm kayalar için ortak bir değer verilememektedir. Birçok araştırmacı tarafından farklı kayalar için 8 ile 54 arasında değişen çok sayıda k değeri önerilmektedir (Tsidzi, 1991). Hawkins ve Olwer ile Norbury, her sahaya özel bir k değerinin belirlenmesinin gerektiğini belirtmektedirler (Hawkins ve Olwer, 1984; Norbury, 1984).



Şekil 1. Tek eksenli basınç dayanımı ve yoğunluk arasındaki ilişki

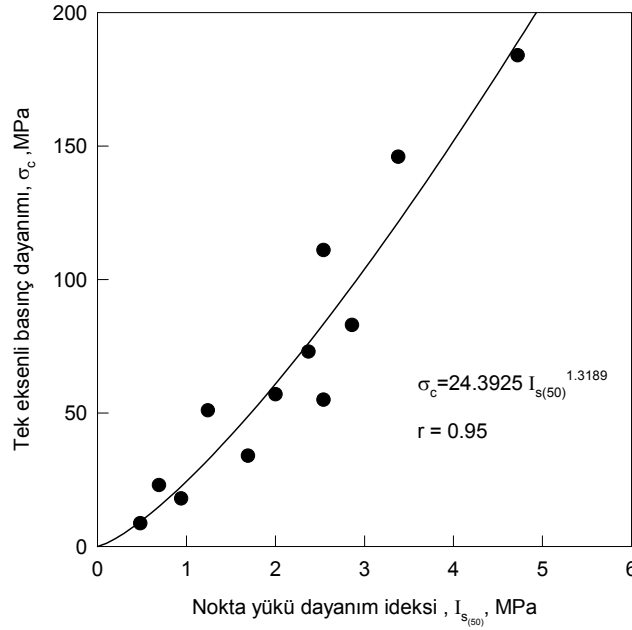


Şekil 2. Tek eksenli basınç dayanımı ve porozite arasındaki ilişki

Bu çalışmada, çapsal nokta yükü dayanımı indeksi ile kayaçların tek eksenli basınç dayanımları arasında, korelasyon katsayısı (0.95) oldukça yüksek bir ilişki elde edilmiş, *k* değeri 35 olarak belirlenmiştir (Eşitlik 3). Nokta yükü dayanım indeksi ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki Şekil 3'de verilmektedir ve

$$\sigma_c = 24.39 I_{s(50)}^{1.3189} \quad (3)$$

şeklinde elde edilmiştir.



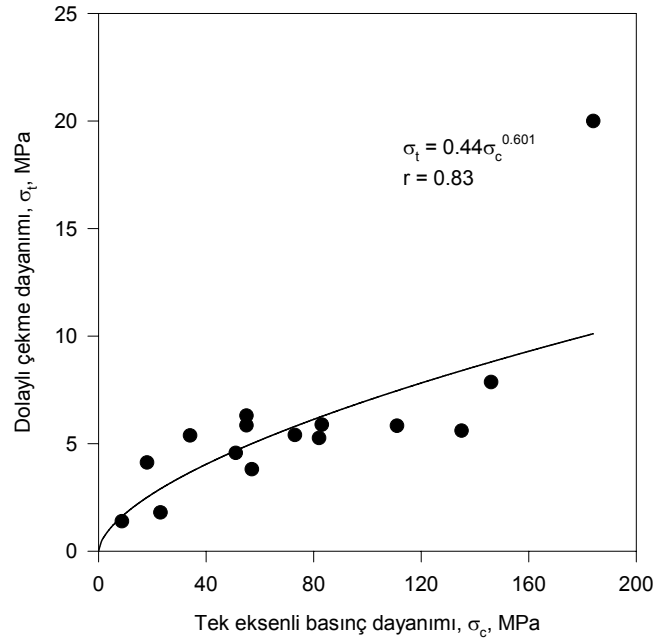
Şekil 3. Tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü dayanım indeksi arasındaki ilişki

Kayaçların çekme dayanımları, mühendislik yapılarının tasarımında önceden belirlenmesi gereken en önemli mekanik büyüklüklerden biri olmasına rağmen, yakın zamana kadar en az araştırılan kayaç özelliğidir. Son yıllarda, yeraltı madenciliğinde tavan stabilitesi, basamak patlatmalarında delik geometrisi tasarımı vb. konularda temel parametre olarak kullanılmaya başlanması çekme dayanımı üzerinde ayrıntılı araştırmaların yapılması gerektiğini göstermiştir. Arıoğlu ve Tokgöz, daha önce yayınlanmış olan 20 farklı kayaca ait verileri kullanarak çekme dayanımının tek eksenli basınç dayanımından kestirimi için aşağıdaki ilişkiyi elde etmiştir (Arıoğlu ve Tokgöz, 1993) (Eşitlik 4). Yazar ayrıca, kayaçların çekme dayanımlarının tek eksenli basınç dayanımlarının ortalama % 9'u kadar kabul edilerek kullanılabileceğini de önermiştir (Arıoğlu ve Tokgöz, 1993).

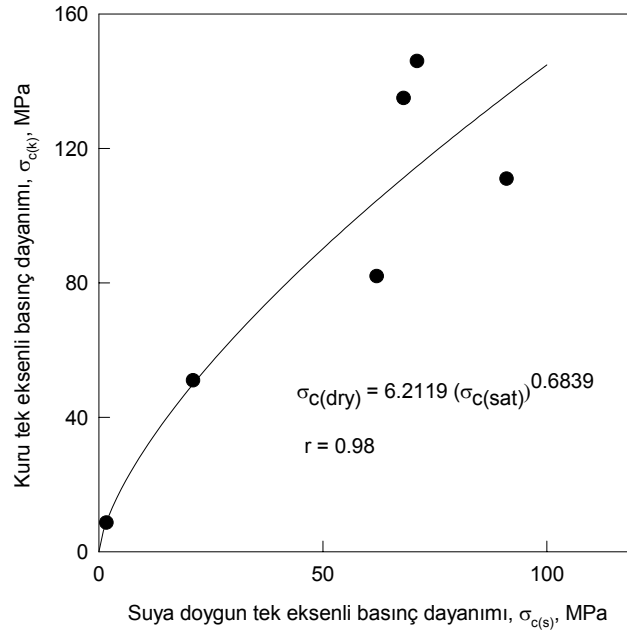
$$\sigma_t = 0.081\sigma_c^{0.983} \quad (4)$$

Bu çalışmada kayaçların dolaylı çekme dayanımları ile tek eksenli basınç dayanımları arasında Şekil 4'de görüldüğü gibi korelasyon katsayısı 0.83 olan üssel bir ilişki elde edilmiştir (Eşitlik 5). σ_c/σ_t oranı ortalama 11 olarak belirlenmiştir. Kayaçların tek eksenli basınç dayanımları ve çekme dayanımları arasındaki ilişki aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\sigma_t = 0.44\sigma_c^{0.60} \quad (5)$$



Şekil 4. Tek eksenli basınç dayanımı ve dolaylı çekme dayanımı arasındaki ilişki



Şekil 5. Su içeriğinin kayaçların tek eksenli basınç dayanımına etkisi

Su, kayaç dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Bir çok araştırmacı, su içeriğinin kayaç dayanımını düşürdüğünü ve hatta bazı durumlarda, suya doymun dayanımının kuru dayanımının yarısına kadar düştüğünü belirtmişlerdir (Vutukiri vd., 1974; Hawkess ve Mellor, 1984). Özellikle bünyesinde kil mineralleri içeren kayaçlar su ile temas ettiklerinde, bütün dayanım özelliklerini kaybedebilmektedir. Çizelge 3'te kayaçların kuru ve suya doymun halde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları verilmektedir. Şekil 5'de ise suyun kayaç dayanımına olan olumsuz etkisi açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 3. Kayaçların kuru ve suya doymun haldeki basınç dayanımları

Kayaç	Kuru haldeki σ_c (MPa)	Suya doymun haldeki σ_c (MPa)
Işıklar marn-1	51 ± 7.52	21 ±
Işıklar kireçtaşı -3	82 ± 15	62 ±
Eynez marn 2	146 ± 20	71 ±
Eynez marn 4	111 ± 18	91 ±
Eynez marn 5	135 ± 23	68 ±
S.Omer Bit. Marn	8.66 ± 2.26	1.66 ± 0.35

4. SONUÇLAR

Yapılan regresyon analizleri sonucunda üzerinde çalışılan tortul kayaçlar için tek eksenli basınç dayanımı ve diğer özellikleri arasında oldukça anlamlı, yüksek korelasyon katsayılarına sahip ilişkiler elde edilmiştir.

Bu ilişkiler kayacın tek eksenli basınç dayanımının kısa yoldan (deney yapmadan) tahmin edilebilmesi için büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikle, tek eksenli basınç dayanımının tahmininde en çok kullanılan nokta yükü dayanım indeksi ile tek eksenli basınç dayanımı arasında yüksek korelasyon katsayısına (0.95) sahip bir ilişki elde edilmiştir (Eşitlik 3). Bu ilişki kullanılarak kayaçların tek eksenli basınç dayanımları, nokta yükü dayanım indeksinden güvenilir bir şekilde belirlenebilir.

Tek eksenli basınç dayanımı ile dolaylı çekme dayanımı arasında elde edilen ilişki, bu çalışmada incelenen kayaç grubunun çekme dayanımının tek eksenli basınç dayanımına bağlı olarak belirlenmesinde yeterli güvenlikte kullanılabilir (Eşitlik 5).

KAYNAKLAR

- Arıoğlu E., Tokgöz N. (1993): "A Statistical Study on Relationships Between the Uniaxial Compressive and Tensile Strengths of Rocks", Geosound, No.23, p. 17-25, Adana.
- Bilgin N. (1982): "Zonguldak Kömür Havzasındaki Formasyonların Jeomekanik Özelliklerinin Burgu Davranışlarına Etkisi", Zonguldak, Maden Mühendisleri Odası, Türkiye 3. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 95-109, Zonguldak.
- Brown E.T. (1981): "Rock Characterization Testing and Monitoring", ISRM Suggested Methods, Oxford, Pergamon Press, p. 221.
- Hawkess L, Mellor M. (1970): "Uniaxial Testing in Rock Mechanics Laboratories", Engineering Geology, Special Issue 4.
- Hawkins A.B., Olwer J.A.G. (1984): "Point Load Tests: Correlation Factors and Contractural Use", Proc. 20, Reg. Conf. Eng. Group Geol. Soc. London, 260-264.
- Norbury D.R. (1984): "The Point Load Test", Proc. 20, Reg. Conf. Eng. Group Geol. Soc. London, 344-352.
- Tsidzi K.E.N. (1991): "Point Load-Uniaxial Compression Strength Correlation", International Congress on Rock Mechanics, Aachen, Vol. 1, 637-639.
- Vutukuri V.S., Lama R.D., Saluja S.S. (1974): "Handbook on Mechanical Properties of Rocks", Vol. 1-2-4, Germany, Trans Tech. Pub.