

Schmidt sertlik çekici kullanılarak tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı verilerinin güvenilirliği üzerine bir değerlendirme

Candan Gökçeoğlu

H.Ü. Jeoloji Müh. Böl. Beytepe, Ankara

Bu çalışmada, T.K.İ. - G.E.L.İ. Müessesesi-ne bağlı Yatağan - Eskihisar Açık İşletmesinde kömürün tavan kayacı olan marnlar üzerinde Schmidt sertlik çekici ve tek eksenli sıkışma dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Çok zayıf kayaç sınıfında yer alan çalışma konusu marnların Schmidt sertlik çekici test sonuçları kullanılarak, önceki araştırmacıların önerdikleri ilişkilerle dolaylı yoldan tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin laboratuvarında tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerini yansıtamadığı anlaşılmıştır. Ancak, dolaylı yoldan ve doğrudan tayin edilen tek eksenli sıkışmada dayanımı değerleri arasında çok yakın istatistiksel ilişkiler elde edilmiştir. Bu nedenle, Schmidt çekici ile dolaylı yoldan tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin, ancak çalışılan kayaçlar için geliştirilmiş ilişkilerle belirlenmesinin daha gerçekçi olabileceği sonucuna varılmıştır.

Giriş

Kayaçların dayanım ve deformabilite özellikleri hakkında dolaylı yoldan bilgi sahibi olmak amacıyla yerinde ve laboratuvarında uygulanmak üzere değişik indeks testler önerilmiştir. Bunlardan birisi de aslında beton sertliğinin ölçülmesi amacıyla üretilen Schmidt sertlik çekicidir.

Schmidt sertlik çekici, 1960'ların başından bu yana giderek artan bir yaygınlıkla kayaçların dayanım ve de-

formabilite özelliklerinin hızlı bir şekilde tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ancak, her indeks testte olduğu gibi Schmidt sertlik çekici testinde de bazı sınırlamalar mevcuttur. İndeks testler için sınırlamalara neden olan genel faktörler Grasso ve diğ. (1992) tarafından aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- i. İndeks testlerden elde edilen verilerin normal dağılım gösterdikleri kabul edilir,
- ii. Kayaçların içsel özellikleri (örneğin doku) ihmal edilir,
- iii. Genellikle istatistiksel değerlendirmeler için gerekli veri sayısına ulaşamaz,
- iv. Örnek boyut etkisi ihmal edilir,
- v. Farklı litolojik birimlerin verileri bir arada değerlendirilir.

Dolayısıyla, indeks test sonuçları esas alınarak ve ampirik ilişkiler yardımıyla tahmin edilen mekanik parametreler her zaman sağlıklı olmayabilir ve doğrudan tasarım amacıyla kullanılması koşulunda, duraylılığın göstergesi olan güvenlik katsayısında gereksiz artışlara neden olabilmektedir (Grasso ve diğ., 1992). Ancak, yukarıda sözü edilen sınırlamalara rağmen, indeks testlerin sonuçları mühendislik deneyimine dayalı yorumlamalarla birleştirildiği zaman, tasarım ve fizibilite çalışmaları için ucuz ve pratik bir şekilde ön veriler sağlayabilir (Poole ve Farmer, 1980; Shorey ve diğ., 1984; Sachpazis, 1990; Xu ve diğ., 1990; Grasso ve diğ., 1992).

Bugüne değin yapılan çalışmalarda Schmidt sertlik değeri ile kayaçların elastik ve mekanik parametreleri (tek eksenli sıkışma dayanımı, çekilme dayanımı ve elastisite modülü gibi) arasında değişik araştırmacılar tarafından önerilen ilişkilerin çok farklı olduğu görülmüştür (Çizelge-1). Bu nedenle, önerilen ilişkilerin han-

Çizelge 1. Schmidt sertlik değeri (R) ile tek eksenli sıkışma (σ_c) dayanımı, çekilme dayanımı (σ_t) ve elastisite modülü arasındaki korelasyonlar (Grasso ve diğ., 1992'den alınmıştır).

Kaynak	İlişki	r	Çalışılan kayaç tipi	Açıklama
Deere ve Müller, 1966	$\sigma_c = 10(0.000147R + 3.16)$ $E = 6.95\gamma^2 R - 1.14 \cdot 10^6$	0.94 0.88	28 litolojik birim, 3 ana kayaç tipi	Tüm testler 54 mm çaplı karotlar üzerinde yapılmıştır.
Aufmuth, 1973	$\sigma_c = 6.9 \cdot 10(1.348 \log(\gamma R) + 3.16)$ $E = 6.9 \cdot 10(1.061 \log(\gamma R) + 1.86)$		25 litolojik birim	Tüm testler karotlar üzerinde yapılmıştır.
Beverly ve diğ., 1979	$\sigma_c = 12.74 \exp(0.185\gamma R)$ $E = 192(R\gamma^2) - 12710$		20 litolojik birim	Haramy ve DeMarco, 1985'ten
Kidybinski, 1980	$\sigma_c = 0.447 \exp(0.045(R + 3.5) + \gamma)$		Çeşitli kayaçlar ve kömür	Haramy ve DeMarco, 1985'ten
Singh ve diğ., 1983	$\sigma_c = 2R$ $\sigma_t = 0.23R - 0.81$	0.72 0.72	30 sedimanter birim ve çamurtaşları	Çeşitli kaynaklardan toplanan veriler
Shorey ve diğ., 1984	$\sigma_c = 0.4R - 3.6$	0.94	20 litolojik birim	R ve σ_c testleri yerinde yapılmıştır.
Haramy ve DeMarco, 1985	$\sigma_c = 0.994R - 0.383$ $\sigma_t = 0.287R - 1.3252$	0.70 0.85	10 litolojik birim	R bloklardan, σ_c karotlardan elde edilmiştir.
Ghose ve Chakraborti, 1986	$\sigma_c = 0.88R - 12.11$ $\sigma_t = 0.06R - 0.92$	0.87 0.81	kömürler	R testler yerinde, diğerleri ise 50 mm çaplı karotlardan elde edilmiştir.
O'Rourke, 1989	$\sigma_c = 702R - 11040$ (psi)	0.77	kumtaşı, silttaşı, kireçtaşı ve anhidrit	Ayrıntıları bilinmiyor.
Sachpazis, 1990	$R = 0.239\sigma_c + 15.7244$ $R = 0.5155E + 17.488$	0.96 0.88	33 farklı karbonat kayacı	R'ler bloklardan σ_c 'ler ise NX karotlardan elde edilmiştir.
Xu ve diğ., 1990	$\sigma_c = \exp(aR + b)$ $E = \exp(cR + d)$ a, b, c, d kayaç tipine bağlı sabitler.	0.88'den 0.96'ya kadar	mika-ist, prasinit, serpantin, gablo, çamurtaşı	Tüm testler 80 mm çaplı karotlardan elde edilmiş, ancak düzeltmeler sadece σ_c ler için uygulanmıştır.

gilerinin zayıf kayaç koşulunda hangi ilişkinin daha gerçekçi sonuçlar verdiğinin incelenmesi ve Schmidt çekicinin bu tür kayaçlarda uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

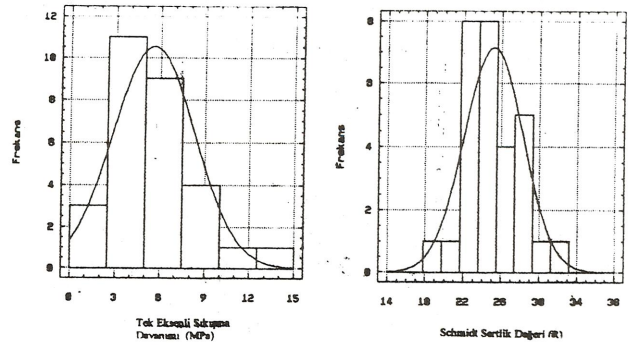
Bu amaçla T.K.İ. - G.E.L.İ. Müessesesine bağlı Yatağan - Eskişehir Açık İşletmesinde, kömürün tavan kayacı olan marnlarda Schmidt sertlik çekici testi uygulanmış ve testlerin yapıldığı noktalardan alınan örnekler üzerinde de tek eksenli sıkışma dayanımı testleri gerçekleştirilerek, sonuçlar diğer araştırmacıların elde ettiği sonuçlarla karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

Schmidt sertlik çekici ve tek eksenli sıkışma dayanımı testleri

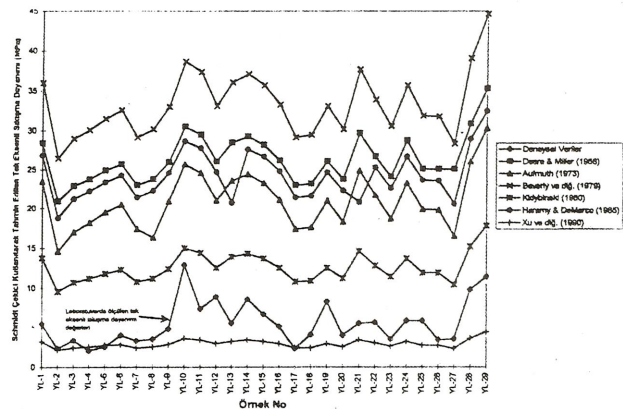
Çalışma konusu olan marnlar, önemli miktarlarda aragonit, kalsit, dolomit ve kil, az miktarda da kuvars ve feldispat içermektedir (Ulusay ve Yöleri, 1990). Marnların birim ağırlığı 12 - 19 kN/m³, tek eksenli sıkışma dayanımı 2.4 - 12.9 MPa ve Schmidt sertlik değeri ise 19.3 - 33.1 arasında değişmektedir.

Hencher ve Martin (1982) Schmidt sertlik çekici testlerinin karotlar üzerinde uygulanmamasını önermiş-

lerdir (Geological Society Engineering Group Working Party Report, 1995'den). Bu nedenle, Schmidt sertlik çekici testleri, yaklaşık 25 x 25 x 25 cm boyutlarındaki bloklar üzerinde 0.74 Nm çarpma enerjisine sahip L - tipi çekiç kullanılarak, ISRM (1981) tarafından önerilen test yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra test yapılan 29 blok karot almak için laboratuvara getirilerek karot örnekleri hazırlanmıştır. Çalışılan kayaçların önemli ölçüde anizotropi göstermesi nedeniyle, çekiç ve karot yöneliminin yaklaşık olarak paralel olmasına özen gösterilmiştir. Bloklardan alınan karot örnekleri elektronik kontrollü, 10 ton yüklem kapasiteli MTS 810 model pres kullanılarak, ISRM (1981) test standartlarına uygun olarak kırılmıştır. Sahada yapılan Schmidt sertlik çekici ve laboratuvarında yapılan tek eksenli sıkışma dayanımı testlerine ait sonuçların frekans dağılımları Şekil-1a ve b'de verilmiştir.



Şekil 1. a. Tek eksenli sıkışma dayanımı verilerinin frekans dağılımı, b. Schmidt sertlik çekici verilerinin frekans dağılımı.



Şekil 2. Schmidt sertlik çekici verileri kullanılarak çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen ilişkilerle tahmin edilen ve laboratuvarında belirlenen tek eksenli sıkışma dayanımı verilerinin karşılaştırmalı olarak gösterimi.

Blok örneklerde yapılan Schmidt sertlik çekici test sonuçları kullanılarak Deere ve Miller (1966), Beverly ve diğ. (1979) (Grasso ve diğ., 1992'den alınmıştır), Aufmuth (1973), Kidybinski (1981), Haramy ve De-Marco (1985) ile Xu ve diğ. (1990) tarafından önerilen ilişkilerle, tek eksenli sıkışma dayanımı dolaylı yoldan tayin edilmeye çalışılmıştır. Schmidt sertlik çekici testi sonuçlarından dolaylı yöntemle belirlenen tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri ile karot örneklerinin yükleme presinde yenilmesi sonucunda tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil-2'de verilmiştir. Şekil-2'de görüldüğü gibi, örneklerin laboratuvarında tek eksenli sıkışma testi yapılarak tayin edilen ve yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından önerilen ilişkiler kullanılarak (bkz. Çizelge-1) tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri arasında önemli ölçüde sapmaların olduğu ortaya çıkmıştır.

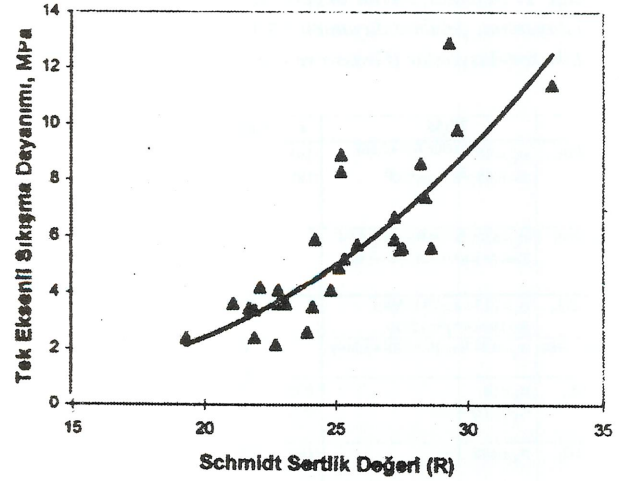
Marnlar için tek eksenli sıkışma dayanımı ve Schmidt sertlik değeri arasındaki korelasyonlar

Tek eksenli sıkışma dayanımının Schmidt çekici kullanılarak dolaylı yoldan belirlenmesi için önerilen eşitlikler, laboratuvarında tayin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinden oldukça yüksek değerler vermiştir. Ancak, Xu ve diğ. (1990) tarafından zayıf kayalar için önerilen ilişki özellikle 5 MPa'dan daha düşük tek eksenli sıkışma dayanımına sahip örneklerde gerçeğe yakın sonuçlar vermiştir (bkz. Şekil-2).

Sadece çalışılan marnlar için tek eksenli sıkışma dayanımı - Schmidt sertlik değeri arasındaki ilişkinin istatistiksel anlamda belirlenmesi amacıyla yapılan korelasyon analizlerinde doğrusal, logaritmik, güç ve üssel fonksiyonlar kullanılmıştır. Bunlar arasında 0.84'lük bir korelasyon katsayısıyla güç fonksiyonu araştırılan ilişkiyi en iyi ifade eden fonksiyon olarak belirlenmiştir (Şekil-3 ve Çizelge-2).

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada örnek olarak seçilen marnların tek eksenli sıkışma dayanımı ile Schmidt sertlik değerinden dolaylı olarak tahmin edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri arasında yüksek bir korelasyon katsayısına sahip ilişki elde edilmiş, ancak bu ilişki önceki araştırmacılar tarafından önerilen ilişkilere benzemektedir. Dolayısıyla, tek eksenli sıkışma dayanımı ile Schmidt sertlik değeri arasındaki ilişkinin, özellikle çok zayıf kayalarda ($\sigma_c < 5$ MPa), sadece üzerinde çalışılan kayacı yansıtabileceği sonucunu doğurmaktadır.



Şekil 3. Eksilisar Açık İşletmesindeki marnların tek eksenli sıkışma dayanımı - Schmidt sertlik değeri arasındaki ilişki.

Çizelge 2. Schmidt sertlik değeri ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki fonksiyonlar ve korelasyon katsayıları (r).

Fonksiyon	Korelasyon Katsayısı (r)
$\sigma_c = 0.7291R - 12.774$	0.82
$\sigma_c = 18.294 \ln R - 53.301$	0.81
$\sigma_c = 0.000 1R^{3.2658}$	0.84
$\sigma_c = 0.1969e^{0.1285R}$	0.83

Schmidt sertlik çekicinden elde edilen verilerle orta - yüksek dayanımlı kayalarda belli bir hata payıyla da olsa gerçekçi tek eksenli sıkışma dayanımı tahminlerinde bulunulabilmektedir. Ancak, tek eksenli sıkışma dayanımı ile Schmidt sertlik değeri arasındaki ilişkileri genellemek oldukça kaba veya yanıltıcı sonuçların doğmasına neden olmaktadır.

Yukarıda belirtilen tüm bu nedenlerden dolayı Schmidt sertlik değeri kullanılarak tek eksenli sıkışma dayanımını dolaylı yöntemle elde etmek yerine, çekiç kullanılarak kolaylıkla belirlenebilen sertlik indeksinin kayacın bir parametresi olarak doğrudan değerlendirilmesi daha gerçekçi bir yaklaşımı ifade edebilecektir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aufmuth, R.E., 1973, A systematic determination of engineering criteria criteria for rock. Bull. Assoc. Engineering Geologists, 11, 235 - 245.
- Geological Society Engineering Group Working Party Report, 1995, The description and classification of weathered rocks for engineering purposes, Q. J. Engng. Geol., No. 28, pp. 207 - 242.
- Grasso, P., Xu, S and Mahtab, A., 1992, Problems and

- promises of index testing of rocks. Rock Mechanics, Tillerson and Wawersik (Eds.), Balkema, Rotterdam, pp. 879 - 888.
- Haramy, K.Y. and DeMarco, M.J., 1985, Use of Schmidt hammer for rock and coal testing. Proc. 26th U.S. Symp. on Rock Mech. Rotterdam, Balkema, 549 - 555.
- I.S.R.M., 1981, Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods, E.T. Brown (Ed.), Pergamon Press, Oxford, 211 p.
- Kidybinski, A., 1981, Bursting liability indices of coal. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 18, 295 - 304.
- Poole, R.W. and Farmer, I.W., 1980, Consistency and repeatability of Schmidt hammer rebound data during field testing (Technical Note). Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 17, 167 - 171.
- Sachpazis, C.I., 1990, Correlating Schmidt hardness with compressive strength and Young's modulus of carbonate rocks. Bull. of Int. Assoc. Engng. Geol., 42, 75 - 83.
- Sheorey, P.R., Barat, D., Das, M.N., Mukherjee, K.P., and Singh, B., 1984, Schmidt hammer rebound data for estimation of large scale in situ coal strength (Technical Note). Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 21, 39 - 42.
- Ulusay, R. ve Yoleri, M.F., 1990, T.K.I. - G.E.L.I. Ya- tağan (Muğla) - Eskişehir Açık İşletmesi Şev Stabilitesi Etü- dü Raporu. M.T.A., Ankara, 318s (yayımlanmamış).
- Xu, S., Grasso, P. and Mahtab, A., 1990, Use of Schmidt hammer for estimating mechanical properties of weak rock. 6th Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, 511 - 519.