

암질 지표를 이용한 변형계수의 추정

장 보 안

강원대학교 지구물리학과

김 효 열

중앙개발 주식회사

1. 서론

변형계수는 암석의 탄성 특성과 암반 내에 존재하는 절리의 특성에 의하여 지배를 받고 있으므로, 이 두 가지의 특성을 모두 잘 나타내는 RMR과 좋은 상관 관계를 보이고 RMR을 이용하여 변형계수를 추정하는 추정식이 연구되었다(Bieniawski, 1975; Serafim and Pereira, 1983; Hoek and Brown, 1979; Barton et al., 1980). 그러나 지질조사시 매우 쉽게 구할 수 있거나, 거의 모든 조사에서 공통적으로 구하는 다른 변수를 이용하여 변형계수를 추정할 수 있으면, RMR을 이용하여 추정한 변형계수를 검증할 수 있을 뿐만 아니라 RMR을 이용할 수 없는 경우에도 변형계수를 추정할 수 있는 장점이 있다.

암질 지표(Rock quality index)란 암석의 질을 직접 또는 간접적으로 지시하는 변수를 말하며, 지질 조사시 보편적으로 측정하는 정량적인 변수 중에서 RQD, 최대 코아 길이(Max), 루전 값, 흡수율, 일축압축강도 및 포아송 비를 선정하여 변형 계수와의 상관 관계 및 변형 계수를 추정하는 식을 유도하였다.

2. RQD와 변형계수의 관계

RQD는 무결암의 특성과 절리의 발달 특성을 비교적 잘 반영하고 있으므로 암질지표로 채택하였다. RQD와 변형계수가 동시에 측정된 1944개의 자료에 대하여 회귀분석을 실시한 결과 상관 관계는 식 (1)과 같고, 상관계수는 61.7%로 비교적 양호하게 나타났다(그림 1-a)

$$E_M = 10^{\frac{RQD-10}{80}} \quad (1)$$

3. 최대 코아 길이와 변형계수의 관계

절리의 간격이 10cm로 일정한 경우와 절리가 전혀 발달하지 않은 경우에는 RQD가 100으로 동일한 값을 가진다. 그러나 두 경우에 암반의 거동은 일치하지 않을 것이며 변형계수 또한 차이가 날 것으로 사료되어 최대 코아 길이를 암질 지표로 채택하였다. 변형계수와 최대 코아 길이의 동시에 기재된 자료는 828개이고 회귀분석결과 상관관계는 식 (2)와 같으며 상관계수 또한 54.2%로 비교적 양호한 편이다(그림 1-b).

$$E_M = 10^{-0.5768+0.773 \cdot \log Max} \quad (2)$$

4. 루전 값(Lugeon Value)과 변형계수의 관계

루전 값은 절리의 분포 및 절리 틈의 상태를 나타내는 지수이므로 변형계수와 상관 관계가 있을 것으로 판단되어 암질 지표로 선택되었다. 전체 자료의 수는 816개이며 상관 관계는 식 (3)과 같고 상관 계수는 44.4% 불량하다(그림 1-c).

$$E_M = 10^{0.5125 + 0.26 \cdot \log(1/Lu)} \quad (3)$$

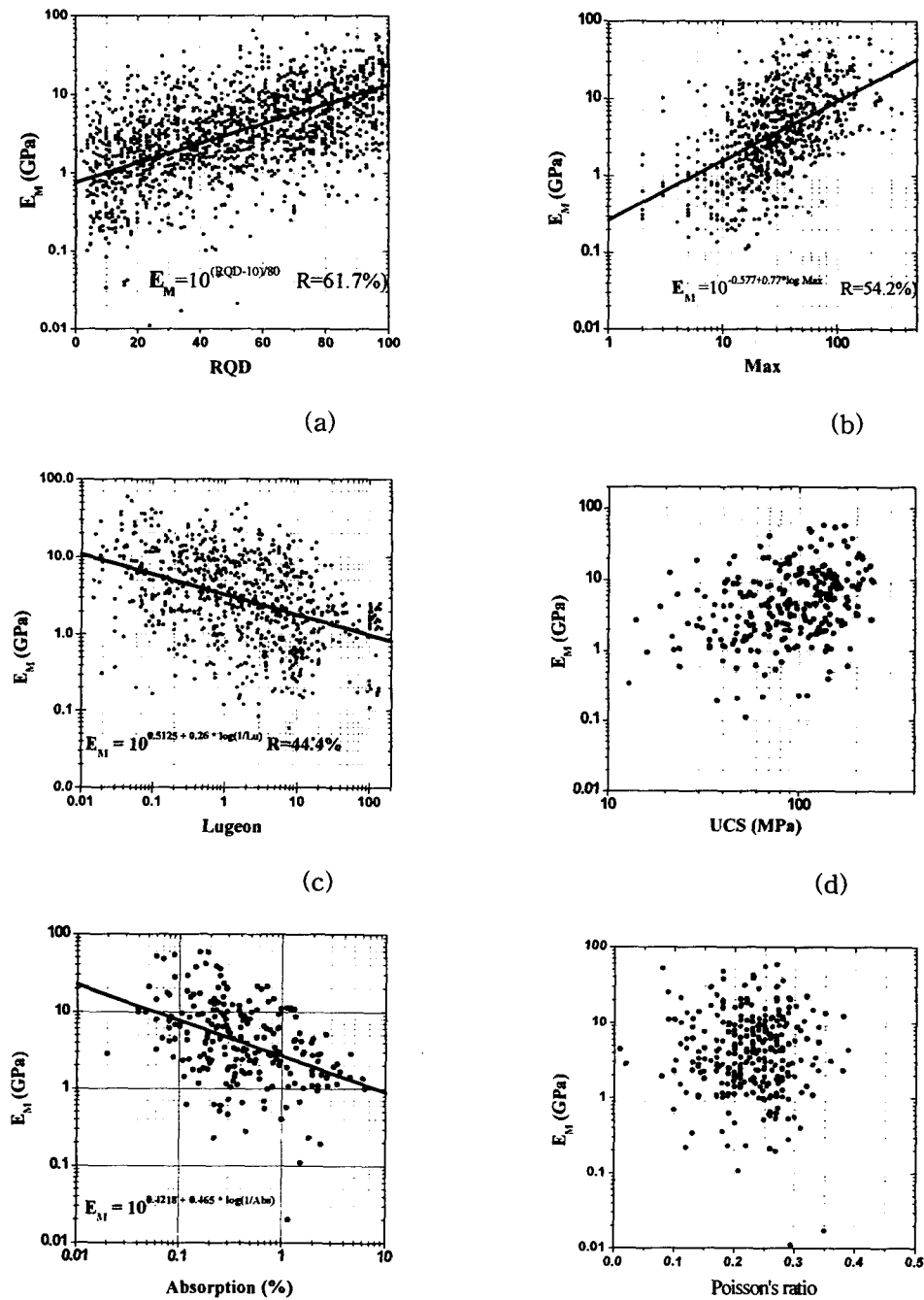


Fig. 1. The relations between modulus of deformation and each rock quality index

5. 일축압축강도와 변형계수의 관계

일축압축강도는 무결암의 강도를 나타내는 지수이므로 암질 지표로 선정되었으며, 274개의 일축압축강도와 변형계수의 상관 관계를 회귀분석 결과 상관 관계가 없는 것으로 판단되었다(그림 1-d).

6. 흡수율과 변형계수의 관계

흡수율은 암석의 풍화도를 직접적으로 나타내는 지수로 일축압축강도와 상관 관계가 있음이 잘 알려져있다. 전체 자료는 228개이며 회귀분석에 의한 상관 관계는 식 (4)와 같고 상관계수는 42.4%로 불량하다(그림 1-e).

$$E_M = 10^{0.4218 + 0.465 \cdot \log(1/Ab_s)} \quad (4)$$

7. 포와송 비와 변형계수

전체 자료는 304개이며 회귀분석 결과 상관 관계가 없는 것으로 판명되었다(그림 1-f).

8. 다중선형 회귀분석

6개의 암질 지수와 변형계수와의 상관 관계를 분석한 결과 비교적 불량한 상관관계가 나타났으므로, 6개의 지수 전체에 대한 변형 계수의 상관관계를 규명하는 다중 선형 회귀분석을 실시하였다. 전체 자료 중에서 6개의 암질 지수와 변형계수가 동시에 측정된 자료는 50개이다. 다중선형 회귀분석 시 변수 선택 방법은 단계적 선택 방법을 사용하였고 이 때 유의수준을 0.1로 선정한 결과 루전 값, 흡수율, RQD만 변수로 선택되었다. 다중선형 회귀 추정식은 식 (5)와 같으며, 상관계수는 75.1%로 나타나 상당히 양호한 상관 관계를 보인다.

$$E_M = 10^{\alpha \cdot (RQD/100) + \beta \cdot \log(\frac{1}{Lu}) + \gamma \cdot \log(\frac{1}{Ab}) + \delta} \quad (5)$$

$$\alpha = 0.379, \quad \beta = 0.281, \quad \gamma = 0.289, \quad \delta = 0.298$$

다중선형 회귀 추정식에서 예측된 변형계수를 검증하기 위하여 공내재하시험에서 측정된 암반의 변형계수와 다중회귀 추정식에서 구한 변형계수를 동시에 나타내었다(그림 2). 측정값과 예측값의 차이의 평균은 5.6GPa이며, 차이가 10GPa 이상은 5개의 경우로 10%에 해당하는 반면에 차이가 1GPa 미만인 경우는 9개로 18%에 해당하여 다중선형 회귀 추정식이 비교적 변형계수를 잘 예측하는 것으로 사료된다.

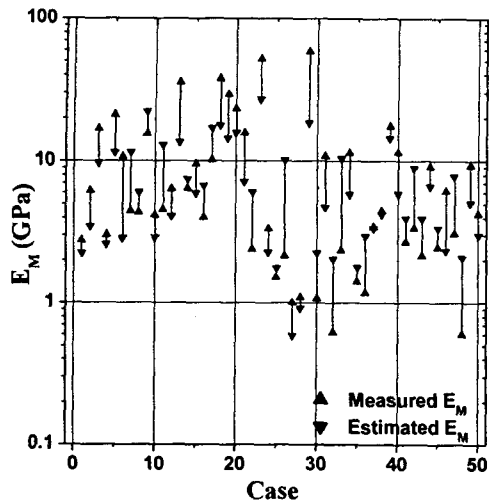


Fig. 2. The relation between modulus of deformation measured in boreholes and those estimated from multiple linear regression equation.

9. 결론

시추조사시 일반적으로 측정되는 6개의 암질 지표를 선정하여 각각의 지표와 변형계수의 상관관계를 연구하였다. RQD가 가장 좋은 상관 관계를 보인 반면에 최대 코아 길이, 루전 값, 흡수율은 불량한 상관 관계를 보이며, 일축압축강도와 포아송 비는 상관 관계가 없는 것으로 판명되었다. 6개의 지수 전체에 대한 변형 계수의 상관관계를 규명하는 다중 선형 회귀분석을 실시한 결과, RQD, 루전 값 및 흡수율이 변수로 채택되었고, 상관계수가 75.1%의 좋은 상관관계를 보여, 이 연구에서 제시된 회귀식을 사용하면 상당히 정확한 변형계수를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

10. 참고문헌

- Barton, N., Loset, F., Lien, R. and Lune, J., 1980, Application of Q-system in design decisions concerning dimensions and appropriate support for underground installations, *Subsurface Space*, Pergamon, 553-561.
- Bieniawski, Z. T., 1978, Determining rock mass deformability : Experience from case histories, *International Journal of Rock Mechanics and Mineral Science & Geomechanics Abstract*. 15:237-247.
- Hoek, E. and Brown, E.T., 1997, *Underground excavation in rocks*, Institution of Mining and Metallurgy, London, p.527.
- Serafim J. L. and Pereira J. P., 1983, Consideration on the geomechanics classification of Bieniawski, *International Symposium on Engineering Geology and Underground*

Construction, LNEC, Lisbon, 1: II.33- II.42.

