

Ⅲ-A411 岩盤評価における亀裂係数の定量化に関する研究

（株）青木建設 研究所 正会員 ○永井哲夫
 " " " 池尻 健

1. はじめに

岩石コアの超音波速度と岩盤の弾性波速度を用いて定義される亀裂係数は、岩盤掘削の難易性を評価したり、速度検層結果から地盤構造を推定する場合によく用いられる指標である。岩石コアの超音波速度試験は比較的容易で、試験結果のバラツキが小さいのに比べると、岩盤の弾性波速度は周辺環境によっては測定困難な場合があり、一般に試験結果のバラツキは小さい。そのため、亀裂係数の評価を必ずしも十分な精度で行えるとは限らない。そこで本研究では、著者らが提案している岩盤の等価弾性波速度式に、岩石コアの超音波速度試験およびボーリングコアの観察結果を入力することにより、亀裂係数を間接的に評価できる方法の提案を行う。本方法によると、岩盤の弾性波速度を直接測定できない場合にも亀裂係数の評価が可能であり、また計測値から直接求めた亀裂係数を再評価して推定精度を向上させることができる。

2. 亀裂係数の評価法に関する現状と問題点

岩石コアの超音波速度と岩盤の弾性波速度を用いて次式のように定義される亀裂係数は、岩盤中の割れ目の発達程度を表す指標として非常に有効である。

$$C_r = 1 - (V_F/V_L)^2 \quad (1)$$

ここで、 C_r は亀裂係数、 V_L は岩石コアの超音波伝播速度、 V_F は岩盤の弾性波伝播速度であり、岩盤に割れ目が全くない場合には C_r は0となり、割れ目が多くなるにつれて C_r は1に近づく。

このような特性を活かして、岩盤掘削の難易性の評価¹⁾、切土のり面の安定性評価²⁾および速度検層結果に基づく地盤構造の推定³⁾などに際して C_r がよく用いられる。また、式(1)の V_F/V_L は割れ目指数、 $(V_F/V_L)^2$ は岩盤良好度と呼ばれ、 C_r と同様の目的で用いられることもある³⁾⁻⁴⁾。 V_F が周辺環境によって測定困難な場合には、RQDと V_F/V_L または $(V_F/V_L)^2$ の相関（図-1参照）を利用して間接的に C_r を評価することができる。ただし、これらの相関は、主として海外の岩盤を対象として得られたものである。いま、わが国の岩盤を対象として得られたRQDと現位置で測定されたP波速度の関係⁵⁾をもとに、RQDと $(V_F/V_L)^2$ の相関を求めると図-2のようになる。この図から、岩種によって両者の相関は異なること、RQDが0の場合でも $(V_F/V_L)^2$ は0以外の数値に収束することが分かる。そのため、図-1のような相関を用いて C_r を推定するには注意が必要である。

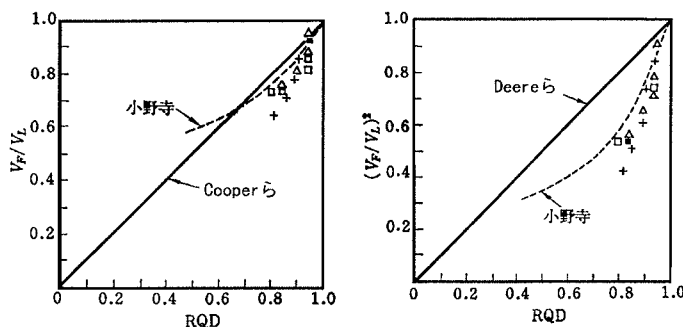


図-1 RQDと割れ目指数または岩盤良好度の相関

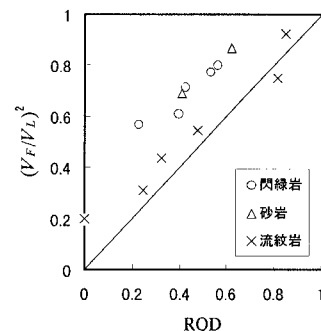


図-2 RQDと岩盤良好度の相関(わが国)

岩盤評価、亀裂係数、等価弾性波速度式、定量化、不連続面

〒300-2622 茨城県つくば市要 36-1, Tel. 0298-77-1115, Fax. 0298-77-1136

3. 等価弾性波速度式を用いた亀裂係数の定式化

これまで、著者の一人は不連続性岩盤を対象として、それと力学的に等価な連続体の構成式を誘導し、地下空洞掘削時の計測結果のシミュレーション解析などによりその有効性を確認している⁵⁾。そして、この構成式を用いて不連続性岩盤を伝播する弾性波の等価速度を求めている⁶⁾。いま、図-3に示すような岩盤モデルにおいて、y軸方向に伝播するP波の等価速度式は次のように表せる。

$$V_F = \sqrt{\frac{1-\nu_F}{\rho_F C_{22} (1+\nu_F)(1-2\nu_F)}} \quad (2)$$

ここで、 ρ_F は岩盤の密度、 ν_F は岩盤の動ポアソン比、 C_{22} は岩盤の動的コンプライアンスマトリックスの成分であり、次式で与えられる。

$$C_{22} = \frac{1}{E_L} + \sum \left(\frac{\cos^2 \theta_j}{K_{ndj}} + \frac{\sin^2 \theta_j}{K_{sdj}} \right) \frac{\cos^2 \theta_j}{dS_j} \quad (3)$$

ここで、 E_L 、 ν_L は岩石実質部の動弾性係数および動ポアソン比、 θ_j 、 dS_j は第j群の不連続面の角度および間隔、 K_{ndj} 、 K_{sdj} は第j群の不連続面の動的垂直およびせん断剛性をそれぞれ示す。また、 Σ は複数の不連続面群の重ね合わせを意味する。通常、解析では、2～3群程度で十分であると考えられる。

岩盤内に占める不連続面の体積の割合は非常に小さいことから、岩盤の密度は岩石コアの密度と等しいと見なせる。そこで、一般に岩盤の動ポアソン比は岩石コアの動ポアソン比と等しいと仮定すれば、最終的に亀裂係数は次のようになる。

$$C_r = 1 - \frac{1}{C_{22} E_L} \quad (4)$$

4. 本提案法の適用性に関する考察

図-2から、同じ RQD であっても岩盤良好度は岩種により異なることが分かる。このことから、亀裂係数を評価するためには、割れ目の頻度に加えて岩種に関するパラメータが必要であると考えられる。それに対して、式(4)を用いた本提案法では、主として前者を不連続面の間隔、後者を不連続面の動的特性により表している。いま、代表的な数値を用いて本提案法による亀裂係数の評価例を示すと図-4のようになる。この図からも本提案法の有効性が認められる。

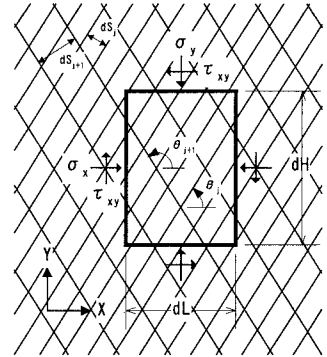


図-3 不連続性岩盤モデル

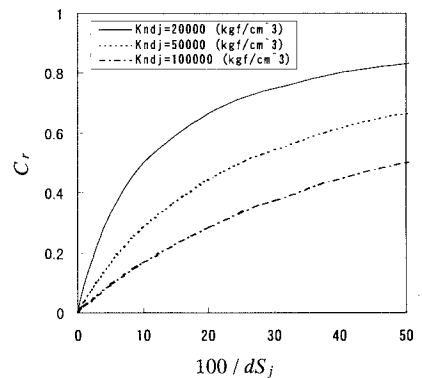


図-4 本提案法による亀裂係数の評価例

（参考文献）

- 1) 若月 稔, 奥園誠之, 中嶋将博: 現場および室内試験による岩質判定について, 第10回日本道路会議論文集, pp.60-62, 1971.
- 2) 奥園誠之: 切土ノリ面の崩壊とノリコウ配, 土と基礎, Vol.20, No.2, pp.33-39, 1972.
- 3) 土質工学会: 岩の調査と試験, pp.225-228, 1989.
- 4) 土質工学会: 岩の工学的性質と設計・施工への応用, pp.342-359, 1991.
- 5) 東京電力・青木建設: 岩盤不連続面の力学特性に関する調査研究, 平成8年度共同研究報告書, 1997.5.
- 6) 池尻 健・永井哲夫・小谷野康之: 不連続供試体を用いた岩盤の波動伝播特性に関する一考察, 第28回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.129-133, 1997.