

京都大学工学部 正員 ○ 谷本 親伯
関西電力株式会社 山本 純也
関西電業株式会社 森 茂昭

1. ま え が き

延長1.8kmの放水路計画に関連して、各国で注目されているBartonのQ値による分類について、電力中央研究所による分類や弾性波速度とどのように対応するかを、原位置でのジョイント調査・弾性波探査・平板載荷試験と室内での高圧岩石三軸試験の結果を基に検討した。主な地質は、電研式分類ではC_H～D級に属する閃緑岩・花崗閃緑岩・石灰岩である。

2. NATMにおけるBartonのQ値分類

Bartonらは、200ヶ所の地下における工事経歴の分析より、次のように6個の因子を用いた不連続岩盤内のトンネルの安定度も示すQ値を提案した。^{1),2)}

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF} \quad (1)$$

ここに、 J_n ：不連続面系の数、 J_r ：不連続面の粗さ、 J_a ：充填物・充填面壁の状態、 J_w ：不連続面の水の状態およびSRF：不連続面の応力減少状態、を表わす因子である。また、各因子の組合せは、力学的安全性と関連があり、 (RQD/J_n) はトンネル空洞

との相対的なブロッツの寸法、 (J_r/J_a) は不連続面でのせん断強度に関連し摩擦係数 $(\tan\phi)$ に相当する。また、 (J_w/SRF) は掘削による応力変化と対応する。このQ値と支保工の規模との関係も考察されている。³⁾

NATMを適用する場合のQ値分類の役割は、図-1に示すように、設計時の岩盤分類と施工時の岩盤評価に利用し、不連続岩盤の挙動を把握する因子とみなしている。

3. Q値と電研式分類

調査対象地質は、調査用横坑と近接する既設トンネル内で、1m区間毎にQ値を算定し、その区間の岩盤等級との関連性も考察した。図-2は、4地質の1m区間毎のQ値と電研式岩盤等級の関係を示したものである。Q値と岩盤等級との間には、比較的良好な相関性が認められる。岩盤等級C_Hに対し $Q=0.1 \sim 2.0$ 、C_Lは $Q=0.008 \sim 0.9$ 、そしてD級は $Q=0.008 \sim 0.035$ の範囲が対応する。10m区間を全体的に評価した場合、C_MとC_H級の境界のQ値は0.1であり、1m区間での評価では概ね1.0

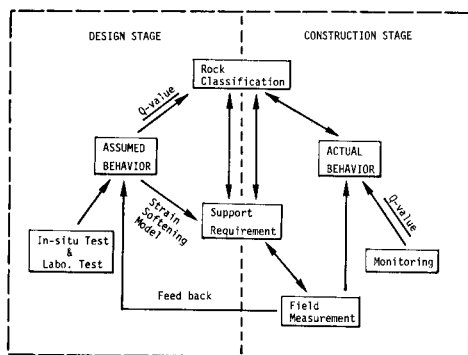


Fig. 1 Significance of Q-System

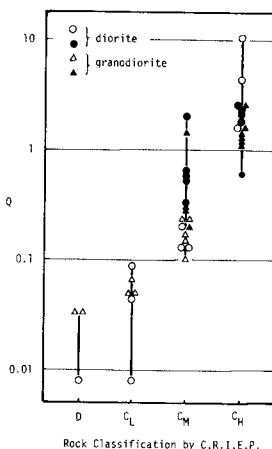


Fig. 2 Q - CRIEP Classification

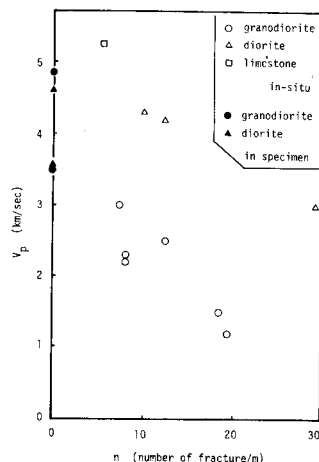


Fig. 3 V_p - n Relation

である。これは、岩盤を評価する場合、その評価区間が長いと、その間に存在する断層や節理帯などの低いQ値がその評価区間のQ値として取扱われることと起因し、区間を短かくした方が適切な支保を設定できる。しかし、施工管理を目的として1m区間毎にQ値を算定することは実際には困難であろう。そこで、断層・湧水等の岩盤の悪い部分については、評価頻度も多くし、地質がほぼ一定の場合は、比較的長い区間で評価してよいと考えられる。

4. Q値と弾性波速度

図-3は、岩盤のP波速度(V_p)とき裂頻度(n)との関係を示したもので、 n は1mあたりのき裂本数で定義される。全体としては、ばらつきがあるが、岩種別にはかなり明瞭な相関性がある。閃緑岩と花崗閃緑岩を比較した場合、 n の増加に伴う V_p の減少率は後者の方が大きい。

図-4は、 V_p とQ値の関係を示したもので、Q値は10m区間で算定した。岩種にかかわらず全体として良好な相関性が認められ、その関係は次式で示される。

$$Q = 10^{(0.55V_p - 2.0)} \quad (2)$$

ただし、 V_p の単位は[km/sec]で、
 $1.2 \leq V_p \leq 5.3$ km/sec.

5. 各評価の比較

V_p 、Q値、Q値による岩盤分類、ジョイントの状態、風化の程度、今回行った1m毎の岩盤区分(修正電研区分)、電研式分類を比較してみたと表-1を得る。Q値は全くBartonの岩盤区分と電研式とはかなり相異なるが、修正電研区分は両者の中間的な区分となる。全般に、Q値による支保工の規模の評価は、従来の評価に比べ、かなり厳しい条件に相当することになり、我国の地質状況を対象とするQ値の算定方法を検討する必要があると考えられる。

6. 支保の検討

筆者らは、支保効果もトンネル壁面に作用する等価的な内圧 p_i と換算して、合理的な支保の設計を目的とする提案をしている⁴⁾。そこで、原位置試験と室内試験の結果に基づき、諸定数を求め、ひずみ軟化モデルによる

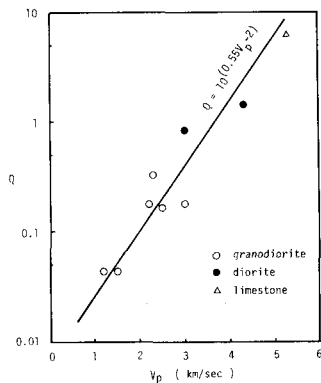


Fig. 4 Q - V_p Relation

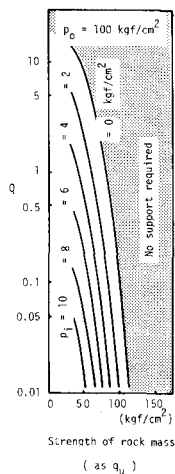


Fig. 5 Support requirement equivalent to p_i

Table 1 Relations among various evaluations

V_p (km/sec)	1 2 3 4 5 6						
Q	0.01 0.1 1 10						
Evaluation by Q	extremely poor		very poor		poor	fair	good
Rock wall contact	fault, heavily fractured		separate	fairly separate, loose		contacted, altered joint	
Weathering	crushed, sandy		fissured	heavy - fair		slight	
Modified CRIP Classification	D		C_L	C_M		C_H	
CRIP Classification	D	C_L	C_M	C_H	B	A	

Note) CRIP: Central Research Institute for Electric Power

所要内圧(p_i)とQ値および原位置岩盤の一軸圧縮強度(n に相当する量)との関係を算定した。図-5に概り300~400m(初期応力 $p_0 = 100$ kgf/cm²)と想定した場合の結果を示す。

参考文献

- 1) Barton, N. et al.: Rock Mech., Vol. 6, No. 4, 1974, pp. 189-236.
- 2) Barton, N.: Proc. Symp. Exploration for Rock Eng., Johannesburg, 1976, pp. 107-117.
- 3) Barton, N.: Proc. 16th Symp. Rock Mech., Minnesota, 1975, pp. 163-177.
- 4) 谷本親伯: 土木学会論文報告集, NO. 325, 1982.