

内海大橋架橋事務所々長 原 田 冽
 (株)大林組 技術研究所 平 間 邦 興
 同 上 丸 山 誠
 同 上 桑 原 徹

1. はじめに

一般に岩盤分類は、圧縮強度や弾性係数あるいは弾性波速度などにもとずいて行なわれることが多く、特に、圧縮強度は試験方法が簡便で、設計荷重に対する耐荷力の目安となるなどの理由から多用されている。ところが破碎性岩盤の場合、圧縮試験は必然的に良好な部分でしか行なうことができず、見かけ上大きな強度が出て、試験結果が実体と合わないことが多い。このような欠点を補なう一つの方法として、筆者らは、ボーリングコア試料が破碎物質の粒径分布を表わすゲーツ・ゴダン・シューマン分布（GGS分布）に従うことを示し、そのパラメータを用いて岩盤分類を行なうことを提案した¹⁾。今回は、この考えをさらに押し進め岩掘削のための岩盤分類について、掘削時の破碎エネルギーと岩盤物性値の相関について調べるとともに掘削施工性に対応させた岩盤分類の適用性について検討した。以下に、検討結果の概要について示す。

2. 破碎エネルギーの算定

岩盤を破碎するのに必要な破碎エネルギーは、例えば重錘掘削によって搬出可能な大きさまで破碎するのに必要なエネルギーと定義する。いま、ボーリングコア試料を適当な区間に分割し、それぞれが前述のGGS分布に従うとすると、試料の粒径分布は次式で表わすことができる。

$$y = (x/k)^{\alpha} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 x ：粒径、 y ：通過率、 k ：粒度指数、 α ：分布指数で、両辺の対数をとると

$$\log y = \alpha \log x - \alpha \log k \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。したがって、ある粒径分布をもった岩盤を、掘削し搬出可能な粒径まで破碎することは、(2)式の粒径分布曲線を平行移動させることを意味している。このような物質の破碎エネルギー E は次式で与えられる。

$$E = (\rho/f)^{n-1} (C/n-1) (S^{n-1} - S_0^{n-1}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 ρ ：密度、 $f \cdot C \cdot n$ ：定数、 $S \cdot S_0$ ：掘削前後の比表面積である。よって(3)式は、

$$E = K (k^{1-n} - k_0^{1-n}) / (n-1) \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる。ここで、 K ：定数、 $k \cdot k_0$ ：掘削前後の粒度指数で、 $n=1.5$ とする。 k は試料の試験結果から求まり、 k_0 は掘削径とボーリングコア径との比例関係より算定した。

つぎに、(4)式を規格化するとつぎのようになる。

$$E_n = (E - E_{\text{mean}}) / E_{\text{SD}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 E_n ：規格化破碎エネルギー、 E ：各分割区間の破碎エネルギー、 E_{mean} 、 E_{SD} ：破碎エネルギーの標本平均、標準準備偏差である。なお、 E_n を求めるまでの基本的な流れを図-1に示す。

3. 破碎エネルギーと岩盤物性値の関係

今回試験を行なった試料は、風化した砂質粘板岩で、亀裂の多いホルンフ

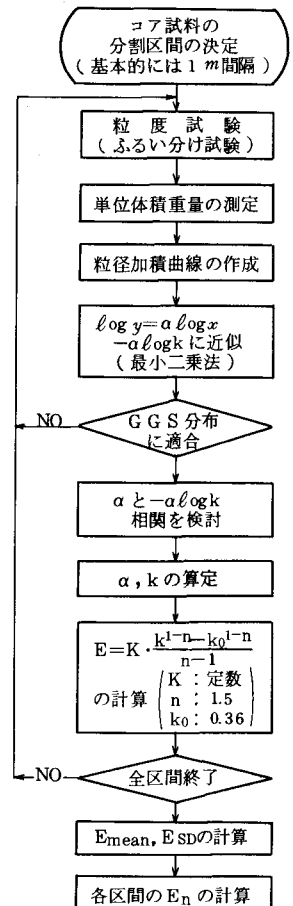


図-1 解析のフロー

ェルス化した岩である。従来の岩盤区分によると、D級～B級の範囲にあり、特にCL, CH, B級が多い。計算された規格化破砕エネルギーの妥当性を検討するために、代表的な物理・力学試験結果との相関性を求めた。試験結果のうち、間隙率 n 、圧縮強度 σ_c と破砕エネルギー E_n の関係を示したのが図-2, 3である。圧縮強度は、

$$\log \sigma_c = -0.12 n + 3.06 \text{ あるいは } \sigma_c = 10^{(-0.12n + 3.06)} \quad \cdots(6)$$

で表わすことができ、破砕エネルギーと間隙率は

$$n = -1.41 E_n + 3.82 \quad \cdots(7)$$

の関係が得られる。したがって、圧縮強度と破砕エネルギーの関係は

$$\log \sigma_c = 0.17 E_n + 2.60 \text{ あるいは } \sigma_c = 10^{(0.17 E_n + 2.60)} \quad \cdots(8)$$

となる。これらの計算結果を得られた試験結果と合わせて示したのが図-4である。圧縮試験では、 E_n は $0 < E_n < 1.5$ に分布し、 σ_c のバラツキが大きい。他の室内岩石試験結果より得られた(8)は、ほぼ中位にあることがわかり、妥当な傾向を示すものと考えられる。これらより、圧縮試験の困難な $E_n < 0$ の岩盤に対しても、(8)式を外挿することによって圧縮強度を推定することができる。例えば、図中に示すように平均値としての(8)式の他に分布範囲の上限値と下限値を定めることにより、岩盤分類のパラメータとして破砕エネルギーを考慮することが可能となる。

4. 掘削施工性データによる検討

破砕エネルギーと岩盤物性値との間には一応の相関関係の得られることが判明したが、実際の施工データとの対応について検討してみた。ここでは、実際の重錘掘削に要する掘削時間について、1 m毎に換算し、破砕エネルギーとの相関性について調べてみたのが図-5である。破砕エネルギーは、 $-3.0 < E_n < 1.0$ に分布しているが施工速度との間になんらかの関係のあることが読み取れる。他の試験結果のうち、例えば間隙率や単位体積重量との関係もある程度得られており、施工データの採り方によって若干異なることが推定される。

5. あとがき

掘削施工性に注目した岩盤分類の一手法として、比較的求めやすい室内試験結果と施工性データとを対応させてみた。今後は、破砕エネルギーをはじめとする各パラメータの検討と、施工性データとの相関性について詳細に検討する必要がある。この報文作成にあたり、榊大林組内海大橋工事々務所の関係各位の協力を得た。ここに、深甚なる謝意を表します。

参考文献

- (1)永井晋也、他：Gates-Gandin-Schuhmann 分布による破砕岩岩盤分類の提案、第19回土質工学会（1984）
- (2)下飯坂、他：GS分布に従う鉄鉱石の粉碎産物の粒度と比表面積あるいは粉碎エネルギーの関係について、日本鉱業会誌、Vol. 82、No. 943

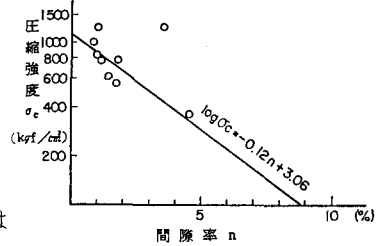


図-2 $\sigma_c - n$ 関係

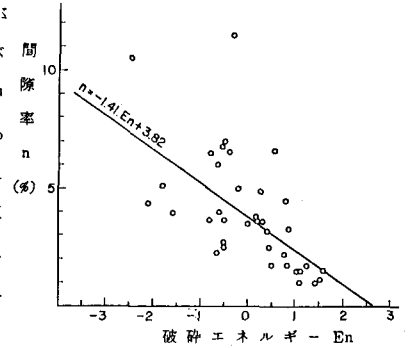


図-3 $n - E_n$ 関係

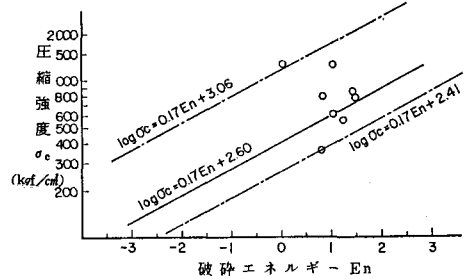


図-4 $\sigma_c - E_n$ 関係

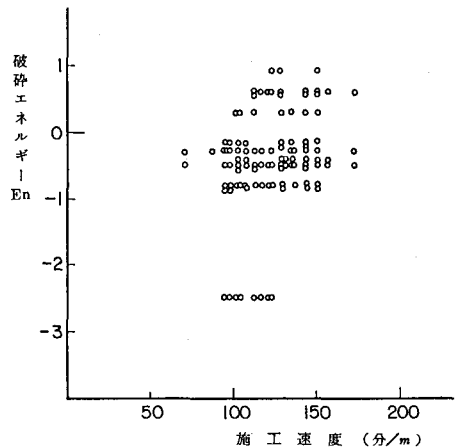


図-5 施工性との対応