

現場計測結果に基づくトンネル支保の妥当性の評価

山口大学大学院 学生会員 ○村田真一 山口大学大学院 学生会員 山田章裕
山口大学工学部 正会員 進士正人 山口大学工学部 フェロ-会員 中川浩二

1. はじめに

山岳トンネルでは、施工中の切羽観察、内空変位・天端沈下計測を絶えず実施し、地山状態をリアルタイムに評価することによって、より合理的な支保の決定が行われている。その際、事前の支保工が不適切であると判断された場合には、即座に支保工の変更を行う。合理性、経済性の観点から切羽に最も適した支保の選択が必要とされるが、支保工の決定は定性的に行われている。そのため、施工時のデータから最適な支保を定量的に評価するシステムの確立が望まれている。

そこで本研究では、切羽観察記録の「圧縮強度」と「風化変質」の評価点と、現場計測データを用い、支保の評価を定量的に行う「新地山評価システム」を提案する。

2. 地山変位の発生状況の現状

支保パターン毎の変位量の頻度分布を図-1に示す。なお、データは花崗岩・凝灰角礫岩・砂岩頁岩互層・泥岩・粘板岩・片岩の6種類で、変状のないトンネルである。

対象トンネルの施工支保パターンは、データ個数からCIIが多く占めていることがわかる。また、支保パターンが重くなるに伴い、変位量の平均値は大きくなり、幅広く分布することが分かる。このことから、支保の妥当性を評価する必要があると考えられる。

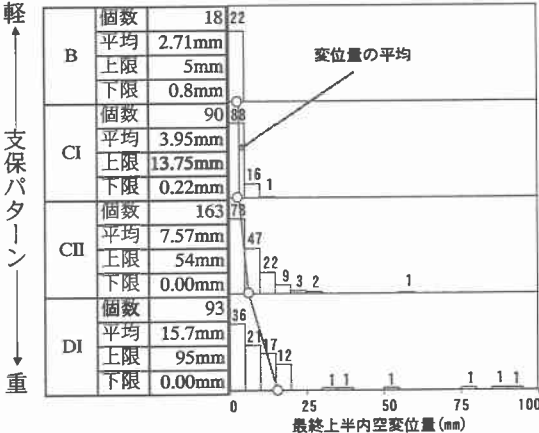


図-1 支保ごとの内空変位量

3. 検討手法

(1) 支保評価値の定義

本研究では、支保評価値sを提案し用いることで、妥当性を評価する。支保評価値の定義は、限界ひずみε₀ (%)とトンネル壁面ひずみε (%)の比とし、一軸圧縮強度σ_c (kgf/cm²)と最終内空変位C_v (mm)、トンネル直径D (mm)で以下のように表すことができる。

$$s = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{100C_v/D}{0.8\sigma_c \frac{1}{3}} \quad (1)$$

支保評価値は1を基準として、1以下が安全側に、1以上が危険側に施工されたことを意味する。限界ひずみとは、岩石の一軸圧縮強度に達したときのひずみ量であり、岩石材料の一軸圧縮強度と限界ひずみの関係は図-2に示す。支保評価を目的としていることから、一軸圧縮強度と限界ひずみの関係は、「最も厳しい条件」である、下限値を採用する。

(2) 一軸圧縮強度の推定

岩石の一軸圧縮強度は土質試験を行って求めるのが一般的である。しかし、切羽ごとに試験を行うのは難しく、また時間を要する。したがって、本研究では切羽観察結果を用いて一軸圧縮強度を推定する方法を提案し、支保評価値を求める。また、参考に弾性波速度から一軸圧縮強度を推定し、支保評価値を求める。

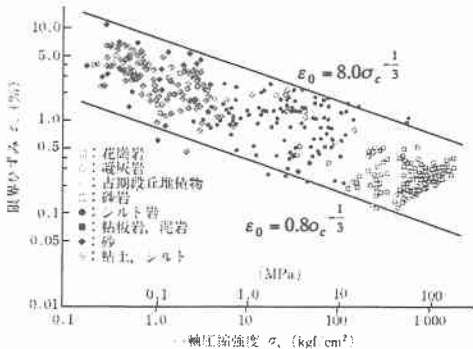


図-2 一軸圧縮強度と限界ひずみ

表-1 一軸圧縮強度の代表値

項目	評価項目			
	1	2	3	4
C 圧縮強度	σ _c ≥ 1000 kgf/cm ² ハンマー打撃で はね返る	1000 > σ _c ≥ 200 ハンマー打撃で くだける	200 > σ _c ≥ 50 軽い打撃で くだける	50 > σ _c 刃先くぐり込む
一軸圧縮強度の代表値 (kgf/cm ²)	2,000	600	125	25

表-2 補正值

項目	評価項目			
	1	2	3	4
D 風化変質	なし、健全	岩面に沿って 変色、強度 やや低下	全体に変色強 度相当に低下	土砂状粘土状 破砕、当初より 未固結
補正係数	1.00	0.75	0.50	0.25

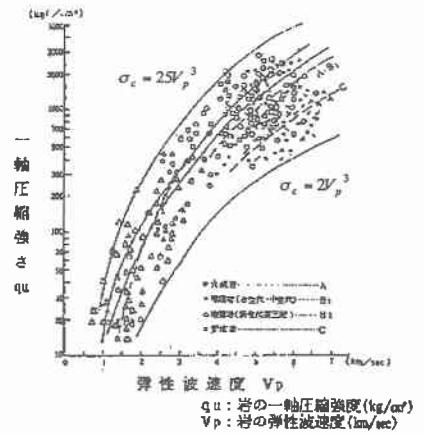
①切羽観察からの推定

- ・「圧縮強度」の評価項目から、岩石コアの一軸圧縮強度の代表値を決める（表-1 参照）。
- ・「風化変質」の評価項目から補正値を決定する（表-2 参照）。
- ・代表値の補正を行った結果を切羽断面での一軸圧縮強度とする。

② 弾性波速度値から推定

- ・弾性波速度と一軸圧縮強度には図-3 のような関係があり、次式を用いて一軸圧縮強度を推定する²⁾。

$$\sigma_c = 2V_p^3 \quad (2)$$

図-3 弾性波速度と一軸圧縮強度²⁾

4. 支保パターンの妥当性の評価

支保の評価を切羽強度指数と、切羽観察から推定した支保評価値と、弾性波速度から推定した支保評価値を用いて比較する。各岩種の切羽強度指数と支保評価値を図-4に示す。なお、切羽強度指数とは切羽観察記録の「圧縮強度」と「風化変質」の評価点の和であり、その値が小さいほど地山が良好であることを意味する。支保評価値は定義から1付近を妥当であると考えられる。また、支保評価値が0に近づくほど支保の剛性が重く、支保を軽減できる可能性があったと考え、大きくなれば支保の剛性が軽く、変状等が起これと考えられる。

花崗岩、凝灰角礫岩、泥岩は妥当と考えられる1付近と過剰側の0付近の間に広がっている。一方、砂岩頁岩互層、粘板岩、片岩は1以上で施工されているものもあるが、変状は無いことから、限界ひずみ、一軸圧縮強度の推定方法など検討する必要がある。

しかし、支保評価値の大部分が1以下であること、支保評価値が小さいものは両者とも同じであり、支保の妥当性という観点からは大差はないことから、切羽観察を用いて求めた支保評価値の有効性が示せ、概ね支保評価はできたと考えられる。

5. おわりに

限界ひずみ、一軸圧縮強度の推定方法などの検討が必要であるが、切羽観察結果から推定した一軸圧縮強度を用い、支保評価値を指標とすることで、概ね支保の評価ができると考えられる。また、最終内空変位と初期変位速度の相関性から、内空変位を計測することで最終内空変位を予測できる。このことから、変位が収束する前に現場で計測結果から簡易に支保の評価ができ、迅速な対応が行える。新地山評価システムは図-5に示す。

参考文献

- 1) 地盤技術者のための情報化設計・施工入門、地盤工学会、2000。
- 2) 社団法人日本トンネル技術協会：トンネル計測工の活用に関する調査研究報告書、1992.3

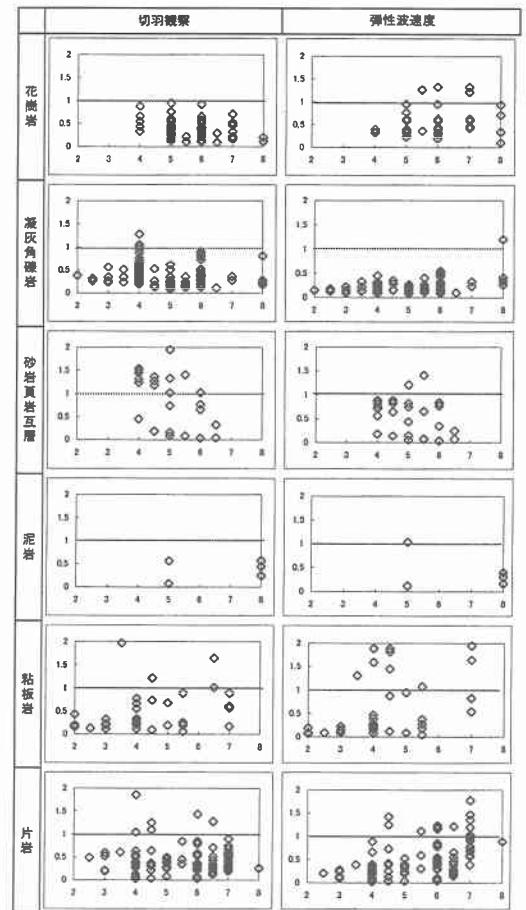
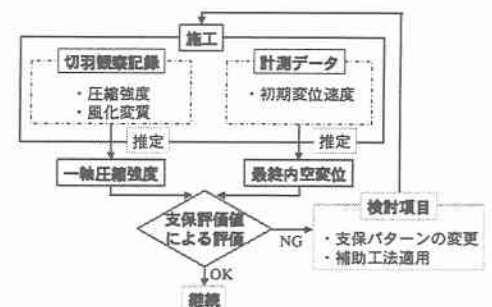
図-4 切羽強度指数と支保評価値
(縦軸：支保評価値、横軸：切羽強度指数)

図-5 新地山評価システム