

III-273 トンネル切羽評価の意義とその方法

(株)大林組技術研究所	○吉岡 尚也
京都大学工学部	谷本 親伯
(株)大林組技術研究所	藤原 紀夫
ニチメンデータシステム	大藤 倫昭
摂南大学工学部	道廣 一利

1. はじめに

掘削断面積が約80m²程度の山岳トンネルにおける支保工パターンの選定は、経験的あるいは観測的な方法で決められている。しかし、トンネル技術者がいわゆるNATMを経験したことによって、Rule of thumb methodに頼りかけているように思えてならない。これは、施工時に目というセンサーを通して入ってくる切羽情報から岩盤評価(むしろ切羽評価の方がよいのかも知れない)を行なうための適切な評価アルゴリズムがないからであろう。以下では、トンネル施工時における切羽評価の意義とアルゴリズムについて著者らの見解を述べる。

2. 岩盤評価(切羽評価)の意義

トンネル標準示方書によると、“トンネルは調査結果に基づいて使用目的に適合し、安全と経済性が得られるよう、支保工、覆工等を設計しなければならない”となっている。一方、施工段階においては、“当初の設計が現地の条件に適合しないときには遅滞なく設計の変更を行うこと”となっている。それならば、当初の岩盤評価と施工中の岩盤評価がどの様に違っているのかということに対し、岩判定がされていなければならないし、また、岩盤評価の方法についても明確にしておく必要がある。井上ら(1990, 第22回岩盤シンポ)は、初期設計と実施設計を比較し、報告している。それによれば、実施設計が下方に変更されるときには、“割れ目に粘土をかむ”とか“岩石は硬いがキレツが多い”というような判定がなされているようである。また、田中(1988, 第4回岩盤工学セミナー)は、目の肥えた岩盤鑑定士なる方の登場を期待しているようである。

著者らは、岩盤評価を行う上での各種要素間の関係を図-1のように表わした。図-1の意図はつぎのようである。事前調査から得られた地質図等に基づいて工法選択やトンネル設計がなされるが、この段階での岩盤評価が施工段階の岩盤評価の知識ベースにならなければならない。そして、施工中は切羽情報を処理するための思考モデルを作成して、頭でシミュレーションする必要がある。このシミュレーション結果に基づいて最適な岩盤評価ができれば自ずと支保パターンが選定されることになる。言い換えれば、現場で行われている支保パターン選定の問題は、岩盤評価の問題に帰着することになり、岩盤評価の意義は大きいことがわかる。

しかし、図-1において、知識ベースとしての岩盤評価および切羽情報という入力から出力としての岩盤評価をするためには、思考モデルに相当する岩盤評価資料と評価アルゴリズムを総合しなければならない。

3. 岩盤評価資料と評価アルゴリズム

図-1における岩盤評価資料と評価アルゴリズムは表裏一体の関係にある。すなわち、岩盤評価資料として何をサンプリングするかは評価アルゴリズムに依存しているし、逆に評価アルゴリズムは岩盤評価資料として何をサンプリングするかを要請している。

日常の切羽観察が、坑内観察調査の記録様式に基づいて行われていることを考えれば、現時点ではこれを有効に利用していくアルゴリズムを選定するのが妥当であると思われる。そこで差し当たって、岩盤評価のアルゴリズムを固定するために、ピニアウスキー(1979, 第4回ISRM)のRMRを採用することとし、このアルゴリズムの要請としての岩盤評価資料を表-1のように考えた。表-1では6つの項目に対し、それぞれの項目を5つのカテゴリーに分けた。併せて、各項目のカテゴリーがもつ具体的な意味をコメントしてい

表－1 観察による地山の状態と評価点（掘削幅約10m）

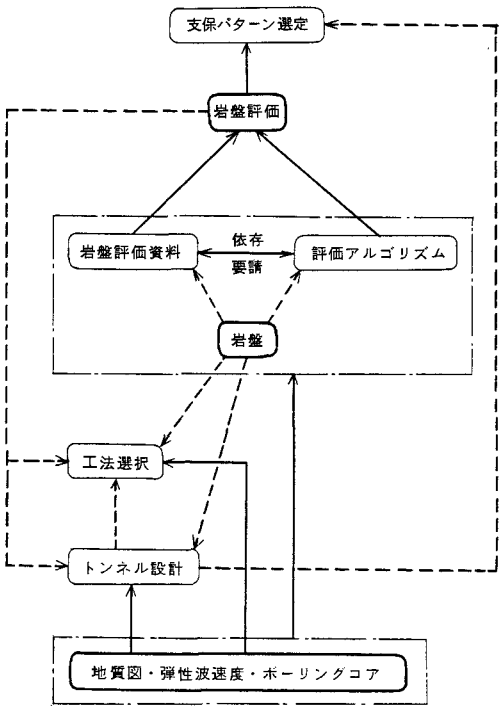
1	掘削面の状態	0. 非常に安定	1. 安定	2. 時間がたつと肌落ちする	3. 早期に支保を必要とする	4. 自立困難
	自立時間	(1年以上)	(7日-1年)	(2時間-7日)	(10分-2時間)	(10分以下)
	RQD (%)	90 ~ 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	25 以下
	評価点	20	17	13	8	3
2	圧縮強度	0. $\sigma_c \geq 2500 \text{ kg/cm}^2$ ハンマー打撃で火花が出る	1. $2500 > \sigma_c \geq 1000$ ハンマー打撃ではね返る	2. $1000 > \sigma_c \geq 200$ ハンマー打撃でくだける (1000-500, 500-250)	3. $200 > \sigma_c \geq 50$ 軽い打撃でくだける (250-50)	4. $50 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_c$ ハンマー刃先くい込む (50-10) (<10)
	意味	非常に高い強度	高い強度	中程度の強度	低い強度	非常に低い強度
	評価点	15	12	7 4	2	1 0
3	割れ目の状態 (粗さ・変質)	0. 非常に粗く、未風化	1. 少し粗く、わずかに風化	2. 少し粗く、強風化	3. 鏡肌、厚さ5mm以下のGougeを挟在	4. 厚さ5mm以上のSoft Gougeを挟在
	Gougeの潜在的な挙動	岩盤の安定性がえられる	岩盤の不安定性を生じる可能性がある	拘束圧が不十分ときゆるみ荷重を生じる	湧水があると強度低下をまねき、支保工荷重が大きくなる可能性がある	十分な拘束圧が与えられないと押し出し性を伴う
	評価点	30	25	20	10	0
4	割れ目の間隔	0. > 2m	1. 2m - 60cm	2. 60cm - 20cm	3. 20cm - 6cm	4. 6cm >
	定義	連続性を有す	塊状	ブロック状でシームを有す	割れ目が発達	破碎されている
	評価点	20	15	10	8	5
5	湧水 トンネル10m当りの湧水量 (ℓ/min)	0. なし	1. 滲水程度	2. 滴水程度	3. 集中湧水	4. 全面湧水
		0	< 10	10 - 25	25 - 125	125 >
	評価点	15	10	7	4	0
6	割れ目の形態	0. ほとんど節理がない	1. ランダム	2. 柱状	3. 層状	4. 破碎された岩、未固結
	掘削作業への影響度	非常に好ましい	好ましい	普通	好ましくない	非常に好ましくない
	評価点	0	-2	-5	-10	-12

る。また、評価点はビニアウスキーの提案をそのまま利用している。例えば、項目1については、坑内観察調査の記録様式におけるAの切羽の状態とBの素堀面の状態をまとめて“掘削面の状態”とし、RMR法のRQDと関連づけている。ビニアウスキーは、項目3の割れ目の状態に重みを置いているが、井上らの報告を考慮すると妥当であろう。

5. おわりに

岩盤評価資料と評価アルゴリズムの依存と要請との関係を総合することは難しい問題である。表－1の提案については、多数の分析結果を積み上げていかなければならないため、現段階での思考モデル案と考えている。いずれにしてもこの種の問題では、岩盤評価資料が曖昧であるため、岩盤評価アルゴリズムも曖昧なものになり易い。それゆえ、評価アルゴリズムが要請する岩盤評価資料を確立すべきであろう。

要するに、頭の中でシミュレーションを行い、期待通りの結果が得られるかどうかについてモニタリングすれば良いと思われる。



図－1 各種要素相関図