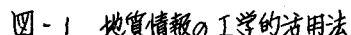


2. 岩盤評価の現状とそのあり方

NATMが国内に深く浸透してきに現在、岩盤の評価、計測結果の分析、そして数値解析らを有機的に結びつけ、設計と施工を総合的に評価するフィードバックシステムを検討することが望まれる。そのためには、施工中における岩盤評価を以下の点に留意し行なうべきであろう。

- ①岩盤の評価には、岩体自身の工学的特徴と不連続面など地質構造の分布形態に分けて別々の面から評価する。
- ②評価対象とする地山要因には切羽で確認できる指標のみを用い、ボーリングや岩石試験結果などの指標は用いない。
- ③岩盤評価の内容はトンネルの状況にふり修正されていくべきであり、各要因の重みづけも段階において修正する。
- ④地質学的知識の有無を問わず、個人差なく



早期に定量的評価できる。⑤不連続面の評価ののために、その方向性ばかりではなく介在物(種類)の有無や連続性(規模)の観察も不可欠である。これらを網羅して施工中の岩盤評価手法は支保や施工の適否や対策の検討を容易にし、情報化施工であるNATMの施工管理に重要な役割を果たすものと期待される。以下に、上記の5点を考慮して検討された岩盤評価手法の一案とその実績例を紹介する。

3. 岩盤評価手法の概要

施工中の切羽観察から地質情報を抽出し、工学的に活用していく方法の概略フローを図-1に示す。まず、地質情報を定量的評価し、計測データとの相関性を検討することにより地山特性の把握を試みる。さらに、施工状況や変状状態を踏まえて、現象と地山特性との相関性をみいだし、理想モデルでの数値解析結果と共に比較検討を行なう。これによりトンネル内での現象が地山の巨視的特性に由来するものか、あるいは局所的な要因に起因しているのかを明確にすることができよう。後者は大規模地下空洞の場合に多く見られ、不連続面によるキーブロックの形成に関与することが多い。前者では支保の種類や規模を岩盤評価や計測結果、そして変状状況などと総合的に関係づけられ、支保規模のパターン化に關係する。その結果、地山状況別に支保規模を決定する有益な情報や管理基準(値)の目安を得ることができ、地山の状況変化に柔軟に対応できる施工管理が可能になる。

4. 岩盤評価の方法

切羽の地質観察は、客観性があり計測結果などと関連づけて迅速に設計・施工に反映できることが必要である。そこで一般に行なわれる切羽スケッチとは別に「地山観察表(チェックリスト)」を作成し、各切羽ごとの地山状況を独自の評価基準で定量的な岩盤評価を行なう。対象とする地山は常に未知なるものという観点に立ち、表-1で示すような地山の要因から対象地山の特徵として考えられるものをできる限りあげて地山観察表は構成される。一般には地山の評価要因として、①地質構造、②岩質(硬さ)、③岩相、④割れ目状況、⑤風化変質度、⑥湧水状況、⑦切羽の安定性などの内容が網羅されておればよい。各地山要因はそれらの状況を良好な順にランク付けし、要因ごとの判定(評価)点として定量化する。すなわち、判定点が相対的に低い場合は地山状況は良好と評価される。さらに、この評価点は以下に示すような簡易式で100点満点式に換算化して行く。

表-1 地質要因

項目	内 容
土 か ぶり	地表までの被り厚、ある岩種、層の厚さなど
岩 石	トンネル内である岩種名
岩 相	岩石の紋度、鉱物組成、岩色、色度など
割れ目密度、方向性	単位幅内の割れ目数、割れ目面の方向性など
割れ目種類	割れ目の開口性、介在物有無、割れ目の新旧など
地 質 構 造	層理面、褶曲状況、断層状況と種類、整合、不整合、褶皺、互層状況、堆積状況など
風化、変質度	風化度、変質状況、硬さ、粘土化、色など
粘 着 性	指でさわった感じ、ハンマーによる感じなど
固 結 度	ハンマー削岩機での打撃状態、鉱物・粒子の組合わせなど
湧 水 状 況	切羽の水の状態、湧水量、湧水状況、乾燥の程度など
切 羽 状 況	自立時間、1掘進の長さ、核の有無、切羽割れ目など
崩 壊 性	崩壊、剥落の有無、位置、規模、山はねの有無など
掘 削 状 況	削岩時の状況、ビットの摩耗、のみ跡、作業時間など
そ の 他	爆破時は火薬量(m ³ 当たり)、せん孔速度など 作業がないときの状況悪化の有無、クリップ量など 作業員(数)の脈、ボルトさつ孔時間など

表-2 地山評価点算式例(掘削トンネル)

評価要素	判 定	100点式に換算	平均化	地山総合評価点
切羽の自立時間	2	$\frac{2}{5} \times 100 = 40$		
切羽の崩壊性	4	$\frac{4}{5} \times 100 = 80$		
切羽の割れ目状況	3	$\frac{3}{5} \times 100 = 60$		
切羽の風化	4	$\frac{4}{5} \times 100 = 80$		
地質構造の評価	3	$\frac{3}{5} \times 100 = 60$		
色 質	3	$\frac{3}{5} \times 100 = 60$		
湧 水	1	$\frac{1}{5} \times 100 = 20$		
風 化	2	$\frac{2}{5} \times 100 = 40$		
				(40+80+60+80+60+20+40) ÷ 9 (乗数)
				49

$$\text{岩盤評価} = \frac{\text{判定された評価ランク} \times 100 \text{点}}{\text{換算点、その地山要因の評価段数(総ランク数)}}$$

次に各要因の評価換算点を用いて、対象切羽の地山状況を総合的にあらわしに地山総合評価点を算出する。これは、各地山要因の換算点を累計後、地山要因数で割って算出され地山評価の平均値である(表-2)。これにより、地山の状況は定量的に扱い易くなり、計測結果(変形関係)や変状状態、さらに施工データ等との比較検討が容易になる。たとえば、図-6で示すトンネル軸方向に分布図として

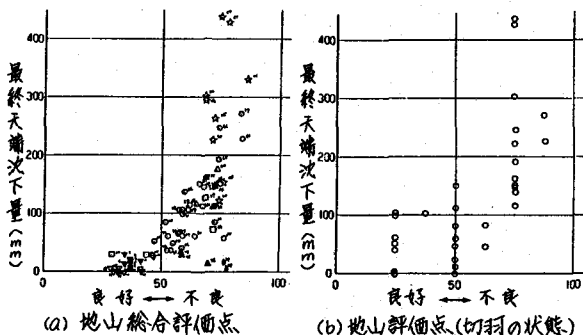


図-2 地山評価点と変形との相関図(春日山トンネル)

整理したり、計測や変状データとの相関図(図-2, 図-4)やヒストグラム(図-3)を作成することによりトンネルの状態の分析が可能となる。なお、評価点における重みづけは、トンネルの変形挙動と各地山要因の評価点との相関性を検討することにより、変形への依存度の高い地山要因を抽出し、相関性の悪い要因は削除してゆき、かつ良い要因の評価点には重みをつけていく。したがって、工事の初期からは重みづけはできず、データ数がある程度に蓄積した後に重みづけが行なわれる。

5. 岩盤評価の利用と実績例

切羽でみる地山状況を評価することにより、安全の確保を行うと同時に、①支保規模の目安、②補助工の必要性と規模の検討、③施工管理上のひとつの基準等を決定する。もちろん、これらは岩盤評価以外の多くのデータを総合的に評価した結果得られるものである。また、このように利用するためには、対象とする地山の岩盤工学的な問題点を明確にしておく必要がある。特に地山の巨視的な岩盤工学的な問題に依存する現象なのか、それとも不連続面などの地山内での局所的な問題に由来するものなのかを明確にしておけることが岩盤の工学的評価上で重要となる。このような場合には、条件が明確なモデル地盤の(数値)解析結果との比較検討は有用である。すなわち、岩盤の評価とともに、数値解析結果、実際のトンネル変形挙動との関係を総合的に評価することが重要である。定量的に表現された地山の状況と地山の变形挙動との関連性を検討し、掘削後の断面の变形挙動傾向の早期予測など地山の特性把握の基礎資料として本報告で紹介していく代表的な実績例は次のとおりである。新第三紀泥岩地山である国鉄塩竈トンネルと北陸自動車道春日山トンネル、蛇紋岩地山を主体とした長峰第二トンネルなどである。また、大規模地下空洞のキーブロック形成の例を図-5に示す。

6. おわりに

岩盤評価における地山要因ごとの重みづけの方法や設計変更における具体的な数量を得るための方法については、今後も研究をさらに進めていく必要があるが、切羽で実施された支保規模の適否や後方での支保規模の検討などの総合的な評価には早期に、迅速でさらに誰にでもできる簡単な方法として、この手法は安全管理や施工管理に有用であろう。また、今後、他機関の地山分類等との相関性や上記の問題点などを検討していくためには、この種の方法による事例を数多く積重ねていくことが必要である。

(参考文献) (1)本間・竹田・平野・藤村;膨張性泥岩中に掘削されたトンネルの地山挙動について、第18回土質工学研究発表会, 58.6. (2)本間・領家・稲見・奥平;蛇紋岩体中に掘削されたトンネルの地山変形挙動について、第19回土質工学研究発表会, 59.6. (3)稲見・奥平・平野;脆弱蛇紋岩における計測管理, トンネルと地下, 1985.3. (4)編集委員会「マングラフ」;国内における岩盤分類の現状, 応用地質特刊号, S. 59.8

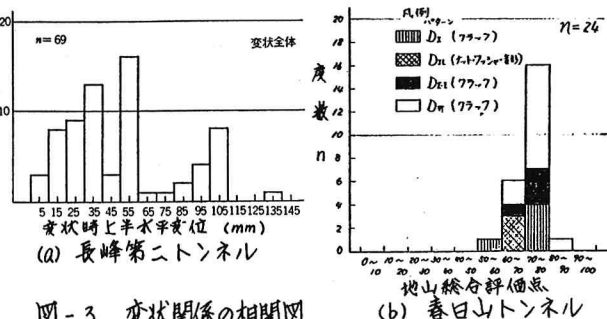


図-3 変状関係の相関図

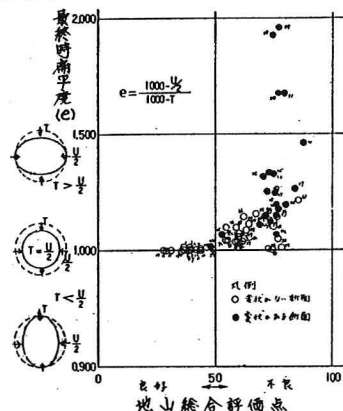


図-4 変形速度と地山評価点との相関図 (春日山トンネル)

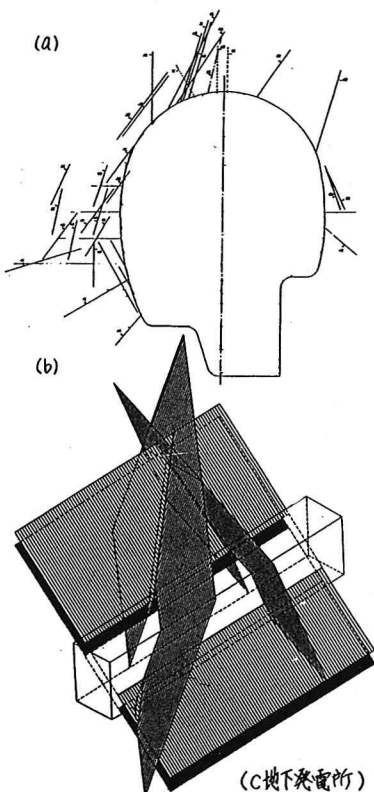
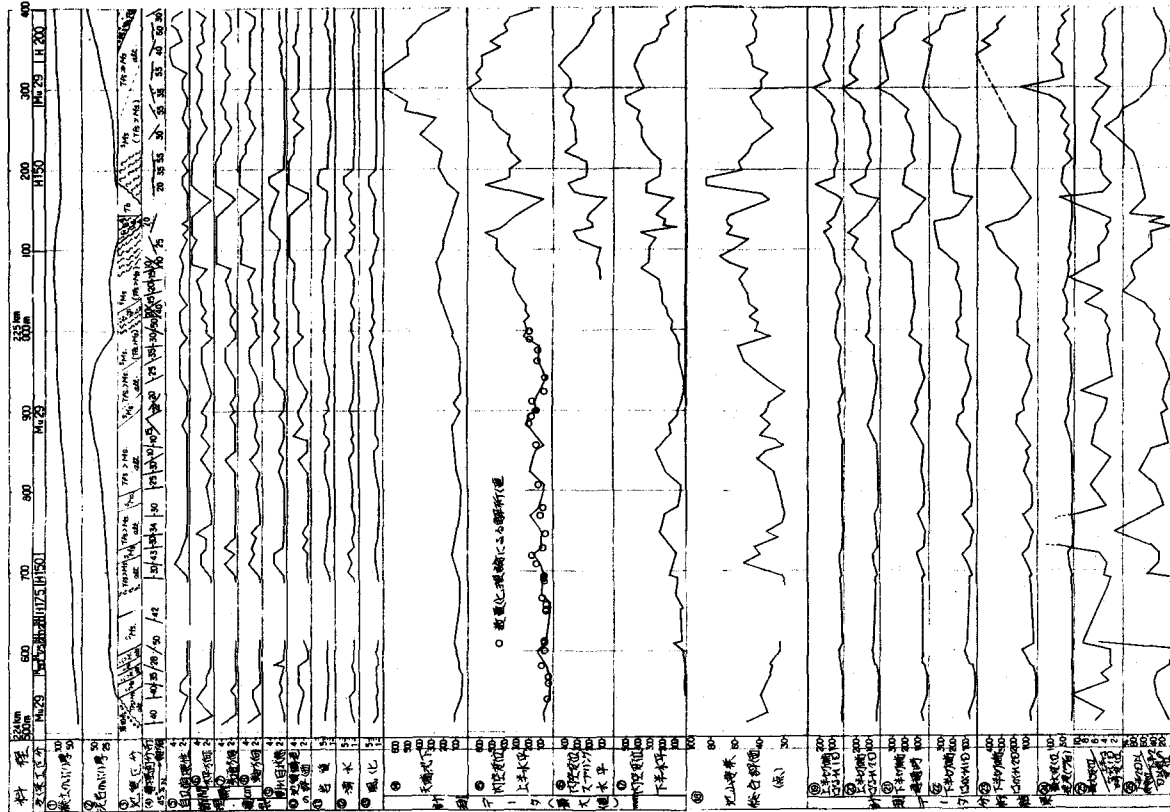
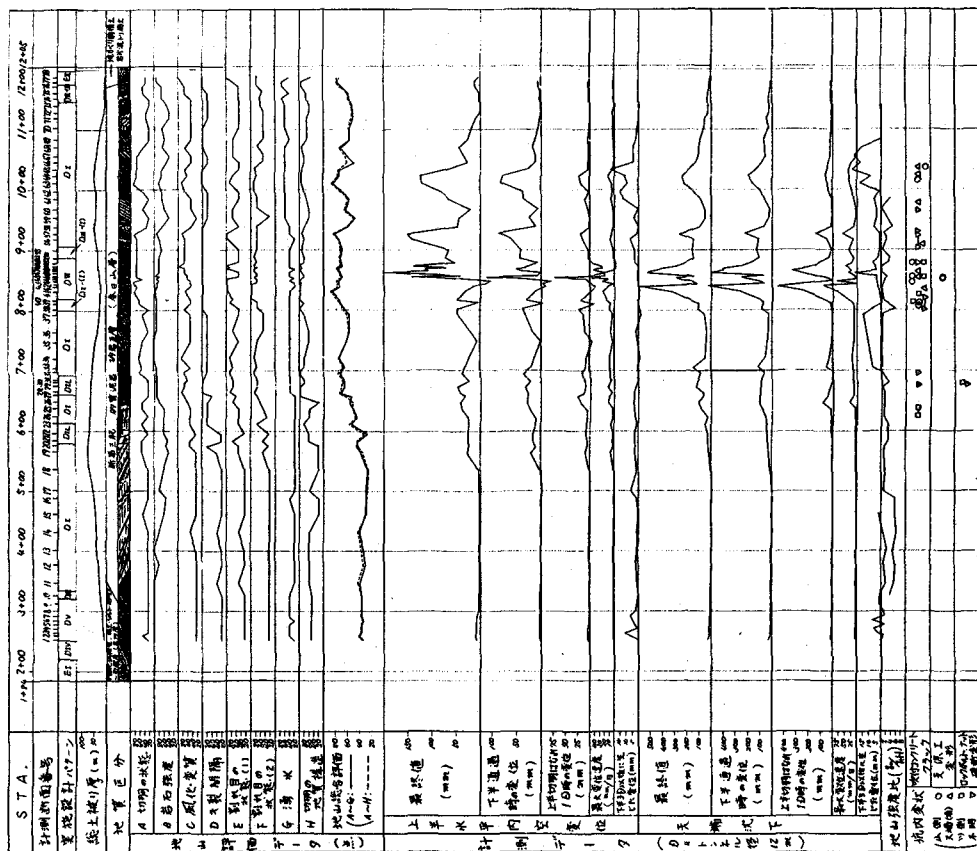


図-5 キーブロック形成の例



(b) 掘削トンネルでの例



(a) 春日山トンネルでの例

図-6 トンネル掘削方向例

なお、本報告書で用いた春日山トンネルおよび長峰第二トンネルの例は、高速道路技術センターより委託され、研究成果からの抜粋である。ここに引用させて頂いたデータはこれに對し感謝する。

(86) Observational Methods on Underground Structures

N.Homma and K.Kamemura
Taisei Corporation

ABSTRACT

Characterization of discontinuity in rock mass as a fundamental engineering property is one of the key points for design and site management of underground structures. A lot of efforts in experimental and theoretical study have been made to clarify how this discontinuity affects the rock mechanical and geohydrological behaviors of rock mass.

However, it is not appropriate to use neither the laboratory test results using small size rock sample nor the results of analysis based on the idealized or averaged model to predict the ground behavior around underground structures.

New methodology is, therefore, required to provide the additional data for the use of interpreting the result from model analysis to increase the accuracy of prediction of real ground behavior.

For this purpose, in this paper, authors propose the method to evaluate the state of integrity of rock mass using the field observation data, and investigate the applicability of this method to a real site. As a result, it is shown that this method gives important information for site management of underground structures.

Enrei Tunnel, Kasugayama Tunnel and Nagamine No.2 Tunnel are shown in Fig.1 as the examples using proposed method.

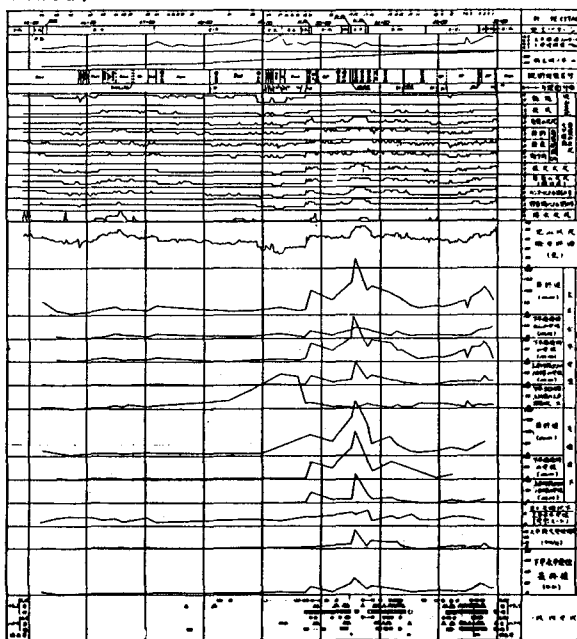


Fig.1 Nagamine No.2 Tunnel

(注) 地山詳細図は、断面図の1/10に千尺縮小表示。S: 断面図、D: 断面図、G: 断面図