

国鉄 鉄道技術研究所 正 吉川恵也・正 朝倉俊弘
正〇木谷日出男・正 小野田 滋

1. はじめに

山岳トンネルの建設に先がけて行われる地質調査は、現場の地理的・地質的条件の把握や掘さく後の地山挙動、土圧特性を想定するための重要な作業である。しかし、事前調査の段階では現場の立地条件、地質の複雑さ等に起因して充分な精度の情報が得られないことがあり、施工段階で設計変更を要することが少なくない。本報告はNATMを用いた鉄道トンネルのうちから、主として地質条件を選別条件として20トンネルを抽出し、事前設計と実施設計の対比を行い、事前調査の精度の傾向を地質条件別に考察したものである。¹⁾

2. 研究の方法

地質条件は下記のように区分した。

硬岩：火成岩、古生代・中生代の堆積岩、変成岩

軟岩1＝軟岩地山（変形小）：第三紀第四紀の堆積岩で変位量の小さいもの

軟岩2＝軟岩地山（変形大）：上記の岩種で変位量の大きいもの（表-1に示すI₀、I₀₀の区間のある地山）

土砂：未固結堆積物および硬岩、軟岩で著しく風化の進んだもの

この各地質区分により、硬岩：H-1～6、軟岩1：S₁-1～5、軟岩2：S₂-1～3、土砂：E-1～6、合計20トンネルを選び、各事例について事前と実施設計パターンを区間ごとに表-1に示す共通地山等級の区分に基づき整理して考察した。

3. 考察

図-1は各トンネルでの事前設計と実施設計パターンを共通地山等級に直し、NATM施工区間の事前設計の等級の実施段階での変更の程度を頻度分布で示したものである。なお、ここでは質的な指標である共通地山等級のランクを便宜上、数値化して用いた（I₀₀=-1、I₀=0、I～Vは1～5とする）。また、変更幅（事前設計パターンの等級から実施設計パターンの等級を引いたもの）0を原点として、正は支保パターンの変更が増強側に、負は軽減側に行われたことを示す。

さらに変更ランク幅をR（ランク）、各ランクごとの変更頻度をA_iとして各変更ランクごとに $X_i = R \cdot A_i$ と定義し、得たX_iについて平均 $\bar{X}$ 、変更ランク0からの偏差 σ_0 を求め、図-2に地質条件別の変更特性を示す。

$\bar{X}$ 、 σ_0 はそれぞれ次式で求めた。 $\bar{X} = \sum X_i / \sum A_i$ 、 $\sigma_0 = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / \sum A_i}$

ここで $\bar{X}$ は変更程度とその正負両方向への偏りを示し、 σ_0 は変更の行われた幅の程度を示す指標として考えた。

これらの図から各地質条件について次のような傾向が認められる。

硬岩：全体として正負両方向に広い幅で変更が行われ、図-2に見られるように平均 $\bar{X}$ は正負相殺されて小さい値をとるものが多い。

軟岩1：5トンネルのうち3例は事前設計どおり施工されているが、他の2例は大きく支保の増強を行っている。

軟岩2：全体として変更程度が大きく、支保の増強が行われている。

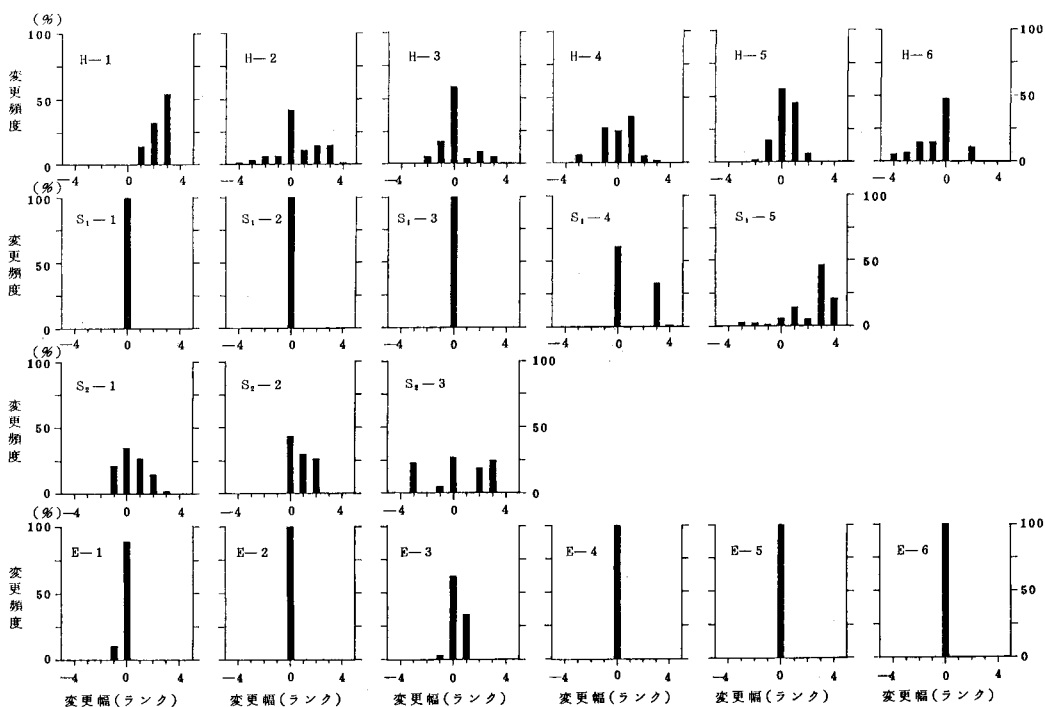
表-1 施工要素と内空変位量に基づく共通地山等級 ²⁾

地山等級		100	10	I	II	III	IV	V
指標								
ロックボルト パターン	上半アーチ、 下半側壁、 路盤部	上半アーチ、 下半側壁、 場合によっては 路盤部も		上 半 アーチ、 下 半 側 壁		上半アーチ のみ	ランダム ボルティング	な し
吹付け コンクリート厚	20 cm 以上	15～20 cm	15 cm		10 cm		5 cm	
一掘進長	0.8 m 以下	0.8～1.0 m	1.0 m	1.2 m	1.5 m		随 意	
内 空 変位量	復旧	300 mm 以上	150～300 mm	50～150 mm		50 mm 以下		
	単線	150 mm 以上	75～150 mm	25～75 mm		25 mm 以下		

(注) 1. I₀₀、I₀ は特殊な地山等級であり、I～V は一般的な地山等級である。

2. II～V は変位量からは区分し難い。

3. 押出し性の地山は変位量による区分ができるが、切羽の自立性が問題になる地山は変位量は指標とはならない。



図一 事前設計と実績との共通地山等級の変更程度

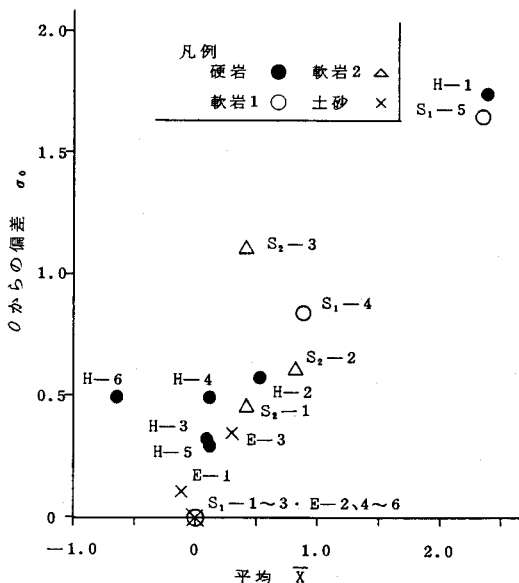
土砂：6トンネルのうち4例が事前設計どおり施工され、他の2例も変更程度は小さい。

各地質条件に見られる変更程度の差は、事前地質調査とその評価の難易度に依存するところが大きい。例えば、H-1、S1-5は土被りが薄かったこと、あるいは断層がトンネル延長方向と平行であったことなどの条件から弾性波探査の結果の解析精度が充分でなかったために大きな変更を行っている。また、軟岩2では褶曲や断層の発達、岩石中に膨張性を示すモンモリロナイトの含有、あるいは温泉余土などの火山性変質部の存在というような特殊な条件によって地質の把握を難しくしている。一方、土砂や軟岩1とした地山は本来、地質構造が単純なことが多く、地質調査の精度も高い。なお、S1-4とした事例は事前設計の段階で地質調査の結果を有効に活用してあらず、むしろ設計上の問題が大きいと考えられる。

4. おわりに

以上、限られた20トンネルについて検討したが、今後さらに多くのトンネルについて研究を行い、より効果的な事前地質調査の方法やその評価法の検討を進めたい。最後にデータの収集に御協力頂いた国鉄の工事局、管理局の担当者各位、および鉄道建設公団の担当者各位に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献 1) 吉川恵也・朝倉俊弘・木谷日出男・小野田滋：“トンネルの事前設計と実績の対比” 鉄道技術研究所速報 No. A-84-51 (1984) 2) 日本トンネル技術協会：“NATMにおける事前調査のあり方に関する研究報告書” (1983)



図二 地質条件別の変更特性