

## 土被り厚に基づく簡易トンネル事前設計手法の提案

山口大学大学院 学生会員○中山智裕 山口大学大学院 学生会員 坂本寿夫  
山口大学工学部 正会員 進士正人（株）熊谷組 青木宏一  
臨床トンネル工学研究所 フォロ-会員 中川浩二

## 1. はじめに

山岳トンネルの設計は、地質、岩石強度、風化、変質、亀裂、湧水などの様々な地質情報を基に行われている。しかし、トンネルは地中深部に建設される線状構造物であるため、これらの地質情報を事前に精密に調査することは技術的にも経済的にも困難である<sup>2)</sup>。そのため、山岳トンネルの建設において、設計段階と施工段階で地山評価に食い違いがしばしば生じ、施工段階において支保変更が行われ、工費や工期の面でトラブルが生じることも多く、事前設計段階での地山推定精度の向上が今後の重要な研究課題になっている。

そこで本研究では、全国の切羽観察データを岩種毎に整理した結果を基に、岩種と土被り厚から簡易にトンネルの事前設計を行う手法について検討する。

## 2. 対象データ

対象データは、日本道路公団によって施工されたトンネルにおいて、土被り厚160m以下、20,910断面の切羽観察データ（1998～2003）である。施工地域は日本全国であり、対象とした岩種は表-1に示す4グループ、12岩種である。

表-1 対象データの内訳

| 岩石グループ           | 岩種名       | 断面数    |
|------------------|-----------|--------|
| (1) 硬質岩<br>〈塊状〉  | 砂岩（中・古生層） | 1,912  |
|                  | 花崗閃緑岩     | 407    |
|                  | 花崗岩       | 1,551  |
| (2) 中硬質岩<br>〈塊状〉 | 砂岩（第三紀層）  | 886    |
|                  | 凝灰岩       | 787    |
|                  | 凝灰岩礫岩     | 1,367  |
| (3) 中硬質岩<br>〈層状〉 | 安山岩       | 1,427  |
|                  | 粘板岩       | 2,970  |
|                  | 頁岩（中・古生層） | 2,042  |
| (4) 軟質岩<br>〈層状〉  | 黒色片岩      | 3,304  |
|                  | 緑色片岩      | 563    |
|                  | 泥岩        | 1,612  |
| その他              |           | 2,082  |
| 合計               |           | 20,910 |

## 3. 事前設計と施工実績の比較

## (1) 設計支保パターンと施工支保パターンの比較

設計時と施工時の支保パターンの変更状況を確認するため、支保パターンをA～DⅢの7段階に分け、事前設計支保パターンと施工時の切羽状況から決定される施工支保パターンについて、特定の岩種毎に採用された切羽断面数で整理した。図-1に花崗岩における設計・施工支保パターンの構成比率を示す。

花崗岩の場合、設計支保パターンではBパターンが多く、全体の28%を占めている。しかし、施工支保パターンではBパターンは19%減少し9%となり、逆にCⅡパターンは21%増加して40%となる。このことから、施工時の支保パターンは設計時における支保パターンよりも、重い支保を採用する傾向があるといえる。この傾向は、他の全岩種においても同様の傾向を有している。

## (2) 土被り厚から見た支保パターン

次に、土被り厚と支保パターンとの関係について整理した。図-2に花崗岩と頁岩（中・古生層）の支保パターンの採用傾向を示す。それぞれを比較すると、花崗岩の場合は土被り厚が増加するに従って軽い支保パターンが採用されているのに対して、頁岩（中・古生層）の場合は土被り厚が増加してもほぼ一定の支保パターンが採用されていることが分かる。このように、土被り厚と支保パターンとの関係には岩種毎にそれぞれ特徴があるといえる。

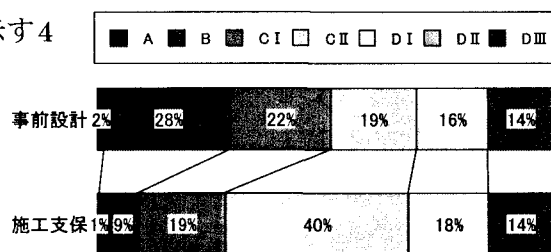
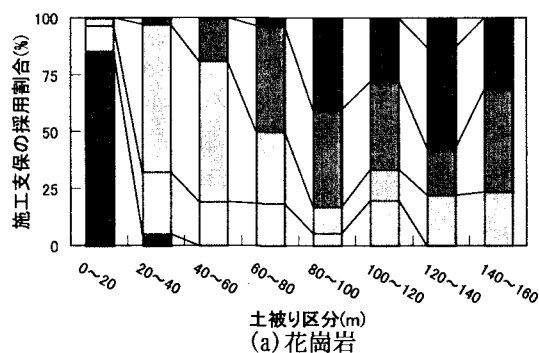
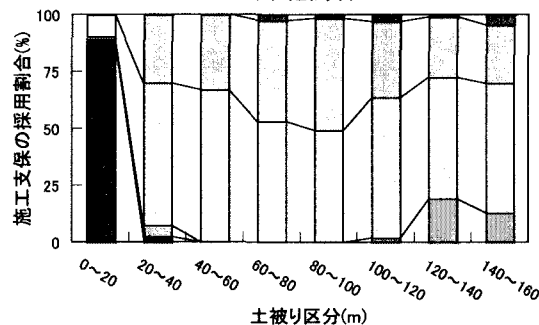


図-1 支保変更状況



(a) 花崗岩



(b) 頁岩（中・古生層）

図-2 施工支保の採用割合

### (3) 支保ランク値を用いた支保採用傾向

土被り厚と支保パターンを数量的に比較するために、各土被り区分毎の平均的な支保パターンを表す「支保ランク値」という指標を以下のように定義した<sup>3)</sup>。

$$\text{支保ランク値} = \frac{1 \times \text{Aの切羽数} + \dots + 7 \times \text{DⅢの切羽数}}{\text{各土被り区分の切羽数}}$$

すなわち、この値は、A～DⅢパターンの支保を1～7点と配点し、各土被り区分における平均を求めた値である。

図-3にグループ1の岩種の土被り厚と施工時の支保ランク値の関係を示す。図において、中央の点と線分が、それぞれ支保ランク値とその標準偏差を表している。この図から、グループ1の岩種は、土被り厚が増加するに従って、より軽い支保パターンが採用される傾向を有することが分かる。このように、同グループに属する岩種が似たような傾向を有することは、グループ1, 3, 4の岩種において確認された。なお、グループ2は、他のグループに比べ多様な岩種(中硬質岩・軟質岩)が属しているため、明確な傾向はつかめなかった。

### 4. 土被り厚に基づく簡易事前設計手法の提案

事前設計の段階で、土被り厚とその概略地質は、比較的簡易に調査することができる。そこで、図-2に示したように、岩種毎に施工支保の採用割合を整理し、それを支保パターンの発生確率と考えることによって、トンネル全体の支保パターン発生割合、ひいては概算工費を簡易に設計することができる。この手法を実際のトンネルに適用し、その有用性を検証した。適用したトンネルは広島県に施工されたTトンネル(延長:983m, 最大土被り:112m, 地質:花崗閃緑岩)とKトンネル(延長:225m, 最大土被り:36m, 地質:花崗岩)である。図-4に、それぞれのトンネル延長における支保パターンの発生割合を示す。

まず、Tトンネルでは、原設計と施工支保との食い違いは大きく、提案手法は、両者の中間的な支保パターン割合を示した。一方、Kトンネルでは、土被り厚も36mと小さく、坑口部で採用されるDⅢパターンが主な採用支保パターンであった。加えて、このトンネルでは、重要既設構造物(貯水池)へのトンネル掘削の影響を極力低減した掘削工法の変更は行われたが、支保パターンそのものの変更は行われなかった。しかし、提案手法によれば、CⅡパターン以外にも、DⅠパターン、CⅠパターンを適用する可能性もあることが分かり、より自由度を持った施工が可能であったと言える。

### 5. まとめ

本研究では、全国の施工実績データを岩種毎に整理・分析した。そして、土被り厚に基づいた簡易事前設計手法を適用することで、施工支保パターンをどの程度予測できるかについて検討を行った。その結果、提案手法を用いることで、土被り厚と概略地質情報からでも簡易に実施工に近い設計が可能であることが分かった。

#### 参考文献

- 1) 日本道路公団: 設計要領第三集トンネル, pp.69-74, 1997.10
- 2) 土木学会: トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説, p.18, 1996.
- 3) 中川浩二, 青木宏一, 進士正人, 廣井和也, 嵯峨正信, 岩井勝彦: I期線施工結果を活用したII期線トンネルの合理的な支保設計, No.721/VI-57, pp.81-94, 2002.12.

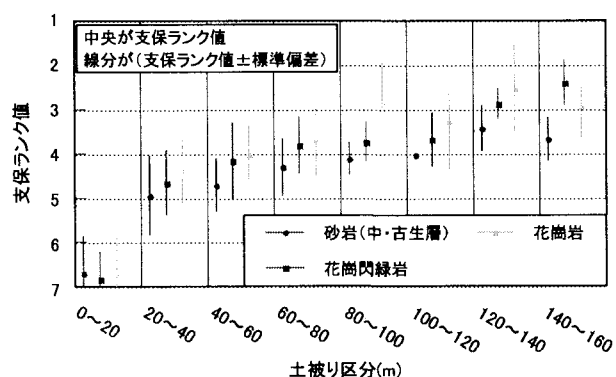


図-3 支保ランク値による支保採用傾向(グループ1)

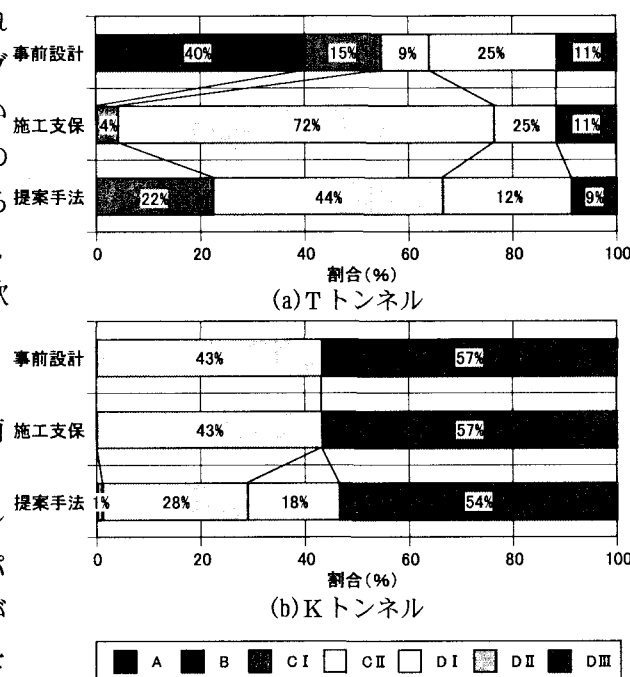


図-4 支保パターン発生割合の比較