

山岳トンネルの施工実績に基づくトンネル支保工の選択特性

山口大学工学部 正○寺戸 秀和 日本道路公団試験研究所 正 中田 雅博
宇部市（元山大学生）松本京之助 山口大学工学部 正 中川 浩二

1. はじめに

日本における山岳トンネルの標準工法である NATM は、吹付けコンクリート、ロックボルトおよび鋼アーチ支保工よりトンネル支保工が構成される。トンネルの施工においては、地山の状況などに応じて支保工の構成要素を加減することにより最適と考えられる支保パターンを決定する。支保パターンの決定要因には、地山の状況や技術者の経験など様々な要因が考えられるが、中でも坑内観察記録は地山の評価を表す定量的なデータとして重要視されているものとする。本報告では、日本道路公団により発注された道路トンネルを対象に、支保パターンの採用状況や支保パターンと坑内観察記録との相関性を考察した結果を述べる。考察にあたってはトンネルを岩種別に分類し、岩種の違いと支保パターンの採用状況について考察を行った。

2. 支保パターンと使用したデータ

日本道路公団では、支保工を A, B, C I, C II, D I, D II, D III, E に区分しパターン化している¹⁾。これを支保パターンと呼び、A から E に順次するのに応じて支保部材の数量および剛性が増加するように設定されている。本報告では、D III, E を除く 6 パターンについて分析を行った。また、分析結果の考察では、鋼アーチ支保工を採用しない A, B, C I を上位グループ、鋼アーチ支保工を採用する C II, D I, D II を下位グループとして考察を行った。

データの収集は、全国を対象に 97 本のトンネルの施工記録を収集した。本報告で分析の対象としたデータは、設計および施工支保パターンの施工延長記録、支保パターンの検討の際に行われる岩質判定記録および坑内観察記録である。また、対象とした岩種は、片岩、粘板岩、花崗岩、凝灰岩、砂岩頁岩互層、泥岩の 6 種類である。

3. 支保パターンの変更状況について

図 1 に各岩種における設計および施工支保パターンの採用延長を、構成率で表した結果を示す。図 1 によると、片岩では設計時には 6 割以上が B パターンであるのに対し、施工時には B パターンはほとんど採用されていない。粘板岩においては、施工時の支保パターンの 6 割以上が鋼アーチ支保工を用いない上位のパターンである。一方、花崗岩に関しては粘板岩とは正反対に、施工時の支保パターンの 6 割以上が下位グループの支保パターンである。凝灰岩、砂岩頁岩、泥岩においては、設計時、施工時とも大半が下位の支保パターンであり、特に泥岩では D I 以下の剛性の高い支保パターンの採用が顕著である。また全岩種に共通して、施工時の支保パターンは設計時の支保パターンに比べ剛性の高い支保パターンが採用されている。

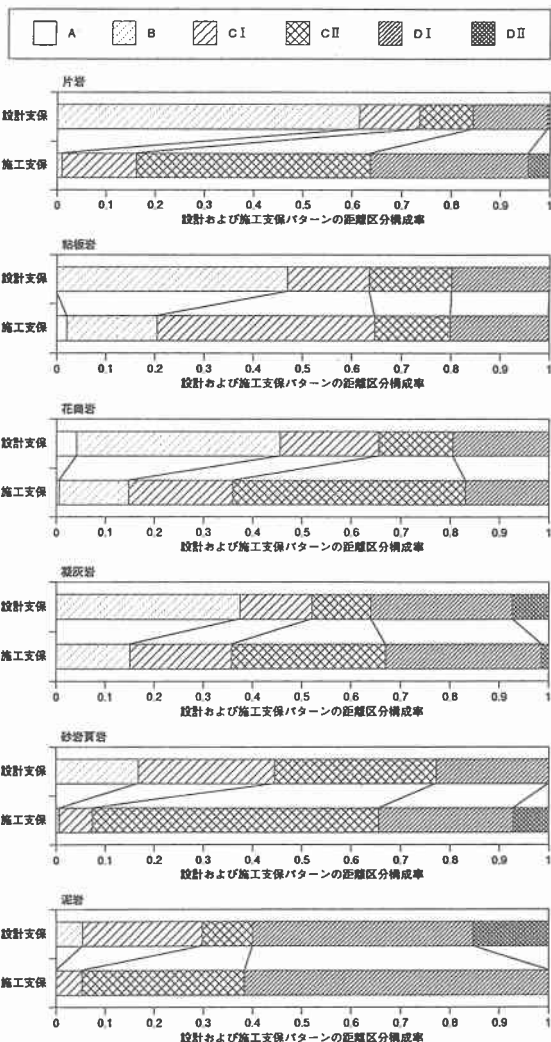


図 1：設計および施工支保パターンの採用延長の構成率

4. 坑内観察記録を用いた分析

ここでは、施工支保パターンと坑内観察記録の相関性について考察を行う。坑内観察記録は、トンネル坑内の状況を観察により定量的に評価するもので、AからIの9項目について評価を行う。表1に坑内観察記録の評価項目を示す。坑内観察の評価は、工学的に良好な状態から不良な状態へ1から4の4段階で評価する。また、施工支保パターンは、AからDⅡを1から6の数値に対応させて分析を行った。

4.1 施工支保パターンと坑内観察記録の相関

施工時の支保パターンの決定において、坑内観察記録の結果は重要視されていると思われる。ここでは、施工支保パターンと坑内観察記録の単相関係数を求め、それぞれの相関性について考察を行った。図2に単相関係数を求めた結果を示す。図2によると、全体的にH項目の相関が低く、特に花崗岩においては負の相関が現れている。また、泥岩を除く他の岩種では、CあるいはD項目の相関が高い。C、D項目はいずれも地山の強度に関する項目であり、施工支保パターンの決定の際には、地山の強度を重要視していると考えられる。一方、泥岩ではA、I項目が相対的に高い相関を示しているが、全体的に相関が低い。これは、泥岩においては図1に示されるように、設計時より下位の支保パターンが採用されている場合が多く、設計時の支保パターンが施工時の支保パターンに大きく影響しているためだと思われる。

4.2 鋼アーチ支保工の採用に関する数量化Ⅱ類による分析

ここでは、施工時の支保パターンを鋼アーチ支保工を使用しない上位グループと鋼アーチ支保工を使用する下位グループに分類し、これを外的基準とした数量化Ⅱ類による分析を行った。数量化Ⅱ類によって求められたカテゴリーのレンジを図3に示す。図3において、カテゴリーのレンジが大きいほど、外的基準（ここでは、支保パターンの採用、不採用の決定）への寄与率が高いことを示す。図3によると、花崗岩、泥岩を除く他の岩種では、いずれも岩石の強度を表す項目であるC、D項目の寄与率が高く現れている。また、花崗岩では亀裂の状況を表すE、F項目が高い寄与率を示しており、泥岩では坑内の安定度を表すA、B項目の寄与率が高い結果となっている。

以上のようにここで示された分析結果は、岩種によって異なった傾向を示しているが、それぞれの岩種ごとに見ると坑内観察記録の各項目において同様の意義を持つ項目が類似の寄与形態を示していることが分かる。

5. おわりに

本報告では、全国のトンネルを対象に支保工の採用状況について考察を行った。また、施工時の支保パターンと坑内観察記録の相関性について分析および考察を行った。その結果、(1)施工時の支保パターンは、設計時の支保パターンに比べ剛性の高いものが採用されることが多く、(2)分析の結果、支保パターンの決定要因は各岩種によって異なった傾向を示していることが分かった。今後はさらに詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領 第三集 第9編 トンネル、1986。

表1：坑内観察項目と各項目の評価内容

項目	評価内容
A	切羽の状態
B	素堀面の状態
C	圧縮強度
D	風化変質
E	割れ目の頻度
F	割れ目の状態
G	割れ目の形態
H	滴水
I	水による劣化

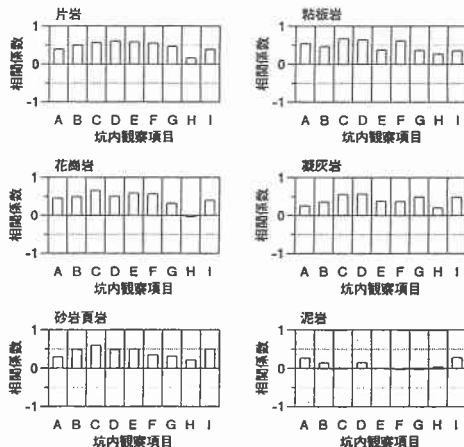


図2：施工支保パターンと坑内観察記録の単相関係数

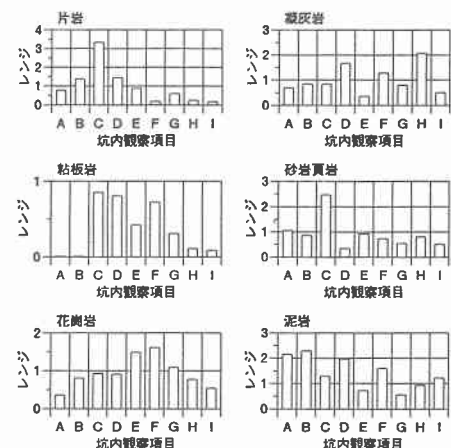


図3：支保パターンの採用に関する数量化Ⅱ類による分析結果