

トンネル施工実績に基づく切羽観察記録と支保工の相関性

○山口大学大学院（学）廣井和也 日本道路公団試験研究所（正）中田雅博  
 山口大学工学部（正）寺戸秀和 山口大学工学部（正）中川浩二

1. はじめに

NATMは支保部材の併用により、地山そのものでトンネルを支える工法であるため、施工中の岩質状態の観察を行うことでトンネルの安定性を評価することが重要である。また今後 NATMはあらゆる岩質や地質条件のもとで適用されることが予想され、これまでの NATMトンネルの施工実績をとりまとめることは今後の施工において重要である。そこで本研究では、全国の NATMトンネルを対象に、各トンネル施工において行われた岩質判定の結果を蓄積し、それらのデータを統計的にとりまとめる。データのとりまとめは、坑内観察記録と支保工の相関性に着目して行う。トンネルにおける支保工は、吹付けコンクリートとロックボルトで構成されており、地山の強度が低いときは鋼製支保工を加える。また支保工はパターン化されており、支保パターンと呼ばれる。支保パターンは、A、B、CI、CII、DI、DII、DIII、Eで構成されており、AからEに順次して支保の剛性が高くなる。なお、本研究においてはEパターンはデータ数も少なく、特殊な箇所で使用されるため除外し、AからDIIIの7パターンを対象とする。

2. 対象データの概要

本研究では、日本道路公団によって発注された高速道路トンネルを対象に、全国から97トンネルの施工記録を収集した。データの分析および考察は岩盤地山を対象に、変成岩、堆積岩、火成岩の代表として片岩、粘板岩、花崗岩の3岩種について行った。

3. 支保パターンの変更状況

支保パターンは、設計時と施工時で異なることがしばしばある<sup>2)</sup>。そこで、岩種ごとに支保パターンの変更状況について考察を行う。図-1に岩種ごとの設計・施工支保パターンの距離構成区分を、図-2に各設計支保パターンの変更状況を岩種ごとに示す。図-2においてハッチングのあるものは、支保パターンの変更がないものである。これらの図から、3岩種に共通して、設計時から施工時にかけてBパターンの減少が顕著であり、また逆にCIIパターンが片岩、粘板岩において施工

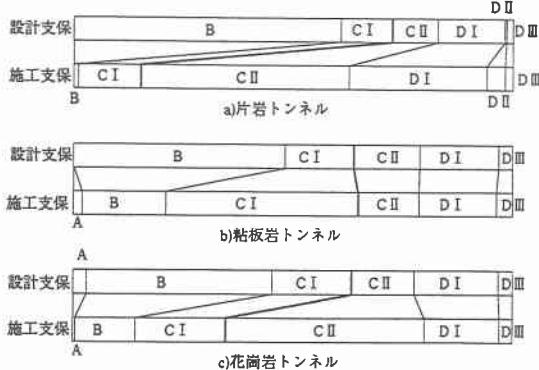


図-1 岩種別支保パターン構成率

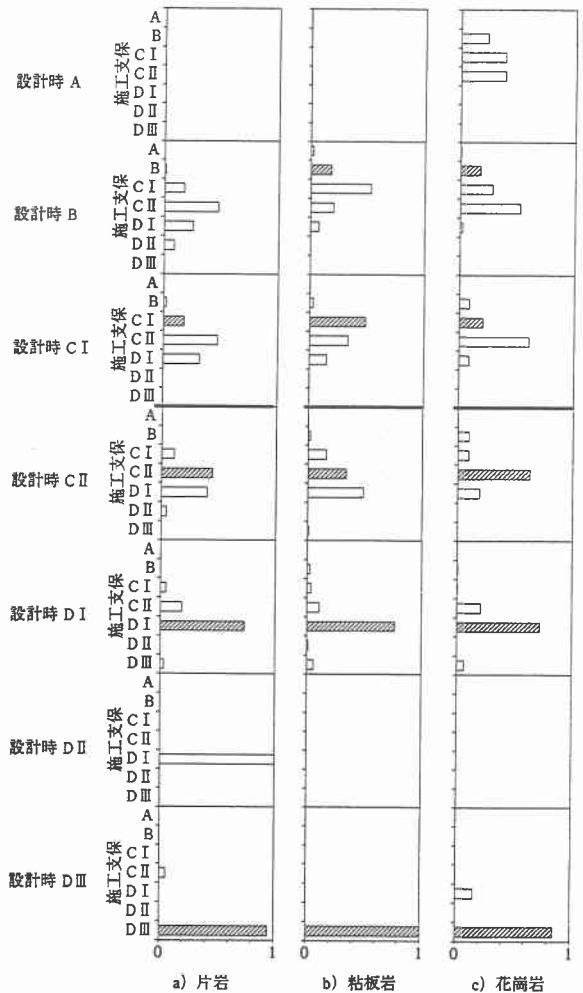


図-2 支保パターンの変更状況

時にかなり増加していることが分かる。また粘板岩においては図-2によるとBからCI, CIIパターンへ、CIからCIIパターンへの変更が多く、3岩種とも施工時には剛性の高い支保パターンが採用されているようである。そこで支保パターンのうち鋼製支保工を用いないA~CIを上位支保パターン、鋼製支保工を用いるCII~DIIIを下位支保パターンとして考察を行う。鋼製支保工の採用はトンネル安定に効果的である反面、経済的に不利になる程度が高いため、工学的な判断が重視される。図-1の太線は、上位パターンと下位パターンの境界線である。図によると、片岩、花崗岩において施工時の下位パターンの増加が見られ、特に片岩において顕著である。またこれらの岩種では、いずれも、下位パターンの中では最も剛性の低いCIIへの変更が顕著であることから、支保パターンの決定において鋼製支保工の採否は、重要な判断基準の一つであると思われる。

表-1 切羽観察記録項目

項目	評価内容
A	切羽の状態
B	素掘面の状態
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	湧水
I	水による劣化

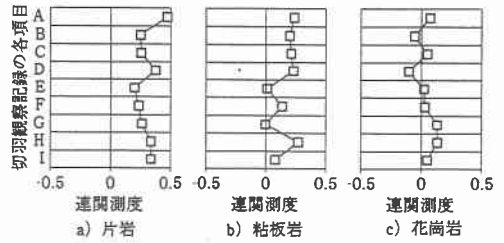
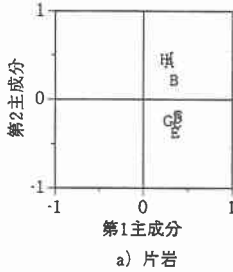


図-3 岩種別の連関測度

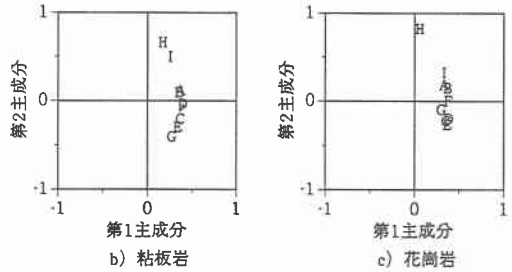


図-4 主成分分析の結果（固有ベクトルの分布）

4. 支保パターンの変更と切羽観察記録の相関性

切羽観察記録（表-1）と支保工の相関性に関する研究は以前にも行われている<sup>2)</sup>が、これは限られた地域のみを対象としている。そこで本研究では、全国を対象とした分析を行った。分析には、支保パターンの変更に対する切羽観察記録の寄与率を検討するために、支保パターンのAからDIIIを1から7の値に置き換え“(施工支保パターン) - (設計支保パターン)”で与えられる数値を相関度とし、切羽観察記録との相関性を検討する。検討には両者とも質的な変数であることからグッドマン・クラスカルの連関測度を用いる。これは量的変量における相関係数に相当するものである。図-3は岩種ごとの連関測度の値である。図から片岩ではA, D, H項目、粘板岩ではA, D, H項目、花崗岩ではA, G, H項目の連関係数の値が大きく、全体的にH項目（湧水）、A項目（切羽の状態）の2項目の値が相対的に高い値を示している。すなわち、これらの項目は支保パターンの変更において他の項目に比べ相関性が大きいものと考えられる。その他の項目については岩種によって異なる傾向を示している。

5. 切羽観察記録各項目の類似性

切羽観察記録の各項目の総合的な指標を求めるために、主成分分析を行った。主成分分析とは、多くの変量（ここでは切羽観察記録の各項目）の値を1つ、または少数個の総合的指標（主成分）で代表させる方法である。主成分分析によって得られる変量の固有ベクトルの分布状況から、各変量のポジショニングを求めることができる。図-4は各岩種における固有ベクトルの分布図である。固有ベクトルは、総合的指標（主成分）に対する重みと考えることができる。図によると第1主成分に関しては、固有ベクトルはいずれも正で、ほぼ同程度の値を示している。第2主成分に関しては、+1に近づく地下水に関する項目（H, I）、-1に近づく割れ目に関する項目（E, F, G）が見られ、分布の状況は岩種に関わらず同様の形態である。これらのことから、切羽観察項目の類似性は、岩種に関わらずほぼ同一であると思われる。

6. まとめ

本研究では、切羽観察記録と支保パターン相関性に着目した分析を行った。またそれらの相関性が岩種が異なることによってどのような違いが現れるかについて考察した。さらに切羽観察記録の類似性についても検討した。

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。 2) 鈴木ら：土木学会論文集，第427号，1991.3。