

○山口大学(正)寺戸 秀和 日本道路公団(正)中田 雅博 山口大学(正)中川 浩二

1. はじめに

トンネル施工中に行われる切羽観察は、地山等級の決定において重要な参考資料となる。本報告では、切羽観察記録において技術者が重視する項目を明らかにするために、トンネル技術者に対してアンケートを実施し、その結果に基づき切羽観察項目の考慮の程度や類縁性について検討した。

2. 切羽観察に関するアンケート調査

本報告では、表－1に示す6種類の岩石を対象とした。表には、日本道路公団（以下、JHという）による岩種分類¹⁾をあわせて示している。アンケートは、図－1に示す項目を対象に、これらの項目の考慮の程度を問う形式で行った。さらに回答用紙には、回答者が項目を追加できるように空欄を作成した（図－1参照）。アンケートの回答方法は、まず、回答者に施工経験のある岩石を問い、次にその岩石における切羽観察において、最も考慮する項目を考慮の程度が最大、最も考慮しない項目を考慮の程度が最小として当該項目に印を付けた後、それら以外の項目は、それらに比べて相対的にどの程度考慮したかを回答してもらった。また、その時の地山等級¹⁾を、B、CI、CII、D、Eの内のどの状態であったかを質問し、地山分類に対するコメントをつけ加えてもらった。アンケートは、トンネルの施工現場に携わる建設会社の技術者を対象に行った。その結果、153名からの回答が得られた。また、回答者1名につき複数の岩石について回答している場合もあり、それを考慮するとのべ回答者数は296となった。岩石ごとの回答数は、片岩27、粘板岩34、花崗岩57、凝灰岩77、砂岩頁岩59、泥岩42である。なお、本報告では問題の複雑化を避けるため回答結果の分析は、図－1に示すAからIまでの項目を対象とする。

対象岩石	JH分類 ¹⁾
片岩	a岩種
粘板岩	b岩種
花崗岩	c岩種
凝灰岩	d岩種
砂岩頁岩	d岩種
泥岩	d岩種

表一 1 对象岩石

対象岩石	JH分類 ¹⁾
片岩	a岩種
粘板岩	b岩種
花崗岩	c岩種
凝灰岩	d岩種
砂岩頁岩	d岩種
泥岩	d岩種

3. アンケート結果の基礎分析

アンケートから得られた考慮の程度を定量的に評価するために、考慮の程度が最大を5、最大から中程度までを4、中程度を3、中程度から最小までを2、最小を1とする変換を行った。図-2は、トンネル支保工において鋼製支保工を採用しない上位等級(B, CI)と、鋼製支保工を採用する下位等級(CII, D, E)ごとに求めた考慮の程度の平均である。図によると、いくつかの項目において上位等級と下位等級の間に差が見られるが、各岩石における項目間の相対的な位置関係はほぼ同様である。このことから、地山の良否が切羽観察項目の考慮の程度に与える影響は小さいと考える。

図一3は、回答結果の平均と標準偏差を求めた結果である。図によると、全岩石とも坑内の総合的な状況を表すAおよびB項目の考慮の程度が高いことが分かる。これは、AおよびB項目は、切羽の観察記録の総合的な評価項目として位置づけられているためと考える。次にC～Iの項目に対して岩石ごとに考察すると、片岩では、地下水の影響を表す項目(H, I)の項目の考慮の程度が高い。また、圧縮強度を表すC項目の考慮の程度が小さい。この結果は、片岩では片理面に水を含む可能性がある

岩石 (1. 片岩 2. 粘板岩 ③ 花崗岩
4. 凝灰岩 5. 砂岩頁岩 6. 泥岩)

考慮の程度

	最小	中程度	最大
A 切羽の状態			①
B 素掘り面の状態			①
C 圧縮強度	①		
D 風化変質			①
E 割れ目の頻度	①		
F 割れ目の状態			①
G 割れ目の形態			①
H 湧水		①	
I 水による劣化	①		
割れ目の方向		①	
土被り			①
既掘削部分の変位状況	①		
その他 (ずり)	①		
その他 ()			
その他 ()			
その他 ()			

地山等級 (B CI ㊦ D E)

コメント

.....

.....

図-1 アンケートの回答例

キーワード：トンネル，切羽観察記録，アンケート

連絡先：(住所) 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2557山口大学工学部 (電話) 0836-22-9722 (FAX) 0836-35-9429

ことと、強度が高くとも片理に沿った岩石の抜け落ちの可能性があることに起因すると思われる。粘板岩では、D、E、Fの考慮の程度が大きい。この内E、F項目は割れ目の評価に関する項目である。この結果は粘板岩が亀裂性の岩盤であることに起因するものと思われる。花崗岩では、Dの風化変質に関する項目の考慮の程度が大きい。これは、花崗岩は風化することによってマサ土化し、物性が大きく変化するためと思われる。凝灰岩、砂岩頁岩、泥岩の固結度の低い岩石では、HおよびIの地下水の影響を表す項目の考慮の程度が大きい。これは、これらの岩石では含水比の増加による強度低下や、劣化による地山挙動等への影響が懸念されるためと思われる。また、いずれの岩石においてもC項目（圧縮強度）の考慮の程度が小さい。

4. 観測項目の類縁性の検討

アンケートの回答結果を利用し、各評価項目間の位置関係について検討する。位置関係の分析にあたっては、考慮の程度に基づいた主成分分析²⁾を行った。図-4は、主成分分析の結果から得られた各岩石における切羽評価項目の固有のベクトルの分布図であり、座標の位置が近いほど類縁性が高いことを表す。図から固有ベクトルの分布は、岩石によって異なった分布を示していることが分かる。しかしながら、いずれの岩石においても、切羽の総合的な評価を示すAとB、割れ目の影響を表すE、FおよびG、地下水の影響を表すHとIのそれぞれに対して類縁性が認められる。このことから、AとB項目は切羽の総合的な評価、E、FおよびG項目は割れ目の影響、HとI項目は地下水の影響にそれぞれ集約できる可能性があることが示唆された。

5. おわりに

本報告では、切羽観察項目の考慮の程度と類縁性についてアンケートを基に検討した。その結果、いずれの岩石においても切羽全体の状況を表す項目が重視されており、その他の項目は岩石によって異なった分布を示していることが分かった。また、各岩石とも岩の性質をほぼ反映した結果が得られたものと考えられる。さらに各項目の類縁性を検討した結果、同様の意義を持つ項目は類縁性が高いことが示された。末尾ながら、アンケートに協力いただいた技術者の方々に記して謝意を表す。

参考文献 1) 日本道路公団：設計要領 トンネル，1986。 2) 菅民郎：多変量解析の実践 上巻，現代数学社，1993。

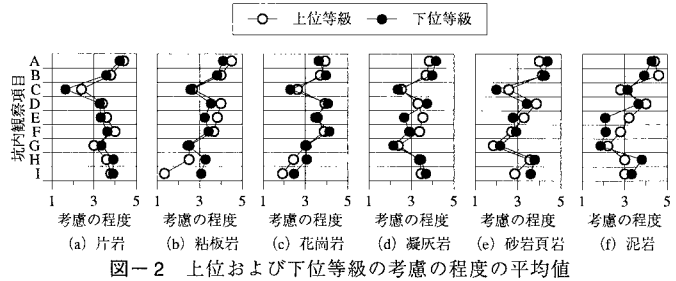


図-2 上位および下位等級の考慮の程度の平均値

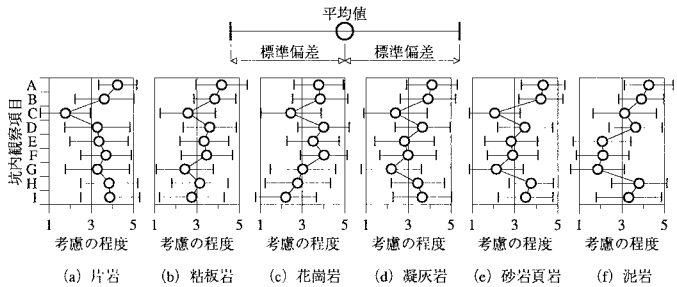


図-3 回答結果の平均値と標準偏差

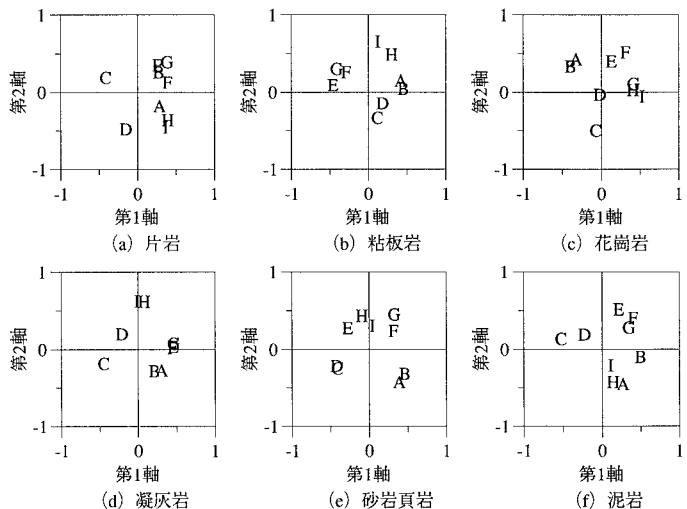


図-4 各評価項目の類縁性