

切羽観察結果に基づく鏡吹付けコンクリート工の採用特性に関する研究

山口大学大学院 学生会員 榎田 敦之
 日本道路公団試験研究所 正会員 関 茂和
 山口大学工学部 正会員 進士 正人
 山口大学工学部 フェロ-会員 中川 浩二

1. はじめに

現在，NATMが山岳トンネル標準工法となったことで，困難な地山でも安定した掘削が可能となり，切羽が不安定な地山においても補助工法を採用することで適用範囲が広がってきている．しかしながら，補助工法に関する採用判断基準が明確になっていないため，現状では，トンネルの施工条件をはじめ，補助工法の施工性および経済性などを，現場の技術者が経験に基づいて判断し，適宜選定している．このように，補助工法の採用過程は技術者の経験的主観に強く依存している現状から，補助工法をより合理的に施工できるような採用判断基準の確立が望まれている．

本研究では，支保パターンの選定に用いられている切羽観察記録と施工実績が多い鏡吹付けコンクリート工（以下，鏡吹付け工という）との関係に着目し，日本道路公団（以下，JHという）に蓄積された切羽観察施工実績データを整理・分析することによって，切羽観察結果と鏡吹付け工の採用特性について把握することを目的とする．

表-1 新切羽観察記録表の一部

2. 切羽観察施工実績データの整理

JHのトンネル現場において表-1の新切羽観察記録表¹⁾を用いて切羽観察が実施された施工実績データのうち，収集できた27,578断面を対象とした．整理の際に，赤木ら²⁾の論文を参考にして，対象トンネルデータを表-2のように4つの岩石グループに分類した．また特殊な切羽の条件による影響を取り除くため，データを選別した結果，4,326断面となった．以下に選別条件を示す．

土被り40m以上のデータ

各岩石グループ，鏡吹付け工採用と不採用別に評価区分値の総和を算出し，総和が平均値±標準偏差の範囲に収まるデータ

湧水劣化の評価区分が1と判断されたデータ

次に，各岩石グループについて，切羽観察項目「圧縮強度」，「風化変質」，「割れ目の間隔」，「割れ目の状態」それぞれの評価区分の断面数及び評価区分毎の鏡吹付け工採用の断面数を基に鏡吹付け工採用割合（以下，採用割合という）を算出した．ここで採用割合とは，鏡吹付け工採用の断面数に対する評価区分の断面数の割合を表したものである．

3. 切羽観察施工実績データの分析

(1) 切羽観察結果と鏡吹付け工との関係

切羽観察結果と鏡吹付け工との関係を把握するため，各岩石グループにおける切羽観察項目毎の評価区分値と採用割合を図-1に示した．この図から，岩石グループ4の「割れ目の間隔」のように，評価区分の断面数が少ないことから採用割合が極端に高くなっている箇所があるものの，それ以外においては，評価区分値が大きくなる，つまり切羽が悪く評価されるに従って，採用割合が高くなっていることが分かる．また，岩石グ

キーワード 切羽観察結果，鏡吹付け工，評価区分値，採用割合，採用特性

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 山口大学大学院 理工学研究科 TEL 0836-85-9332

観察項目		評価区分					
A. 圧縮強度 (kmf/cm ²)	一軸圧縮強度	1,000以上	1,000~500	500~250	250~100	100~30	30以下
	ポイントロード	40以上	40~20	20~10	10~4	4以下	
	ハンマーの打撃による強度の目安	岩片を地面に置きハンマーで強打しても割れない	岩片を地面に置きハンマーで強打すれば割れる	岩片を手を持ってハンマーでたたいて割ることができる	岩片をおしをたたき合わせで割ることができる	両手で岩片を部分的にでも割ることができる	力を込めれば，小さな岩片を指先で潰すことができる
	評価区分	1	2	3	4	5	6
B. 風化変質	風化の目安	概ね新鮮	割れ目沿いの風化変質	岩芯まで風化変質	土砂状風化，未固結土砂		
	熱水変質などの目安	変質は見られない	変質により割れ目に粘土を挟む	変質により岩芯まで強度低下	著しい変質により全体が土砂化，粘土化		
	評価区分	1	2	3	4		
C. 割れ目間隔	割れ目の間隔	d 1m	1m>d 50cm	50cm>d 20cm	20cm>d 5cm	5cm	d
	RQD	80以上	80~50	60~30	40~10	20以下	
	評価区分	1	2	3	4	5	
D. 割れ目状態	割れ目の開口度	割れ目は密着している	割れ目の一部が開口している (幅<1mm)	割れ目の多くが開口している (幅<1mm)	割れ目が開口している (幅1~5mm)	割れ目が開口し5mm以上の幅がある	
	割れ目の狭い物	なし	なし	なし	薄い粘土を挟む (5mm以下)	厚い粘土を挟む (5mm以上)	
	割れ目の粗度鏡肌	粗い	割れ目が平滑	一部に鏡肌	よく磨かれた鏡肌		
	評価区分	1	2	3	4	5	
F. 湧水量	状態	なし，滲水1l/分以下	滴水程度1~20l/分	集中湧水20~100l/分	全面湧水100l/分以上		
	評価区分	1	2	3	4		
G. 劣化	水による劣化	なし	緩みを生ず	軟弱化	流出		
	評価区分	1	2	3	4		

表-2 岩石グループの区分

岩石グループ ₁	硬質岩 (塊状)	ここで，硬質岩: qu 80N/mm ²
岩石グループ ₂	中硬質・軟質岩 (塊状)	中硬質岩: 20N/mm ² qu 80N/mm ²
岩石グループ ₃	中硬質岩 (層状)	軟質岩: qu 20N/mm ²
岩石グループ ₄	軟質岩 (層状)	qu: 一軸圧縮強度

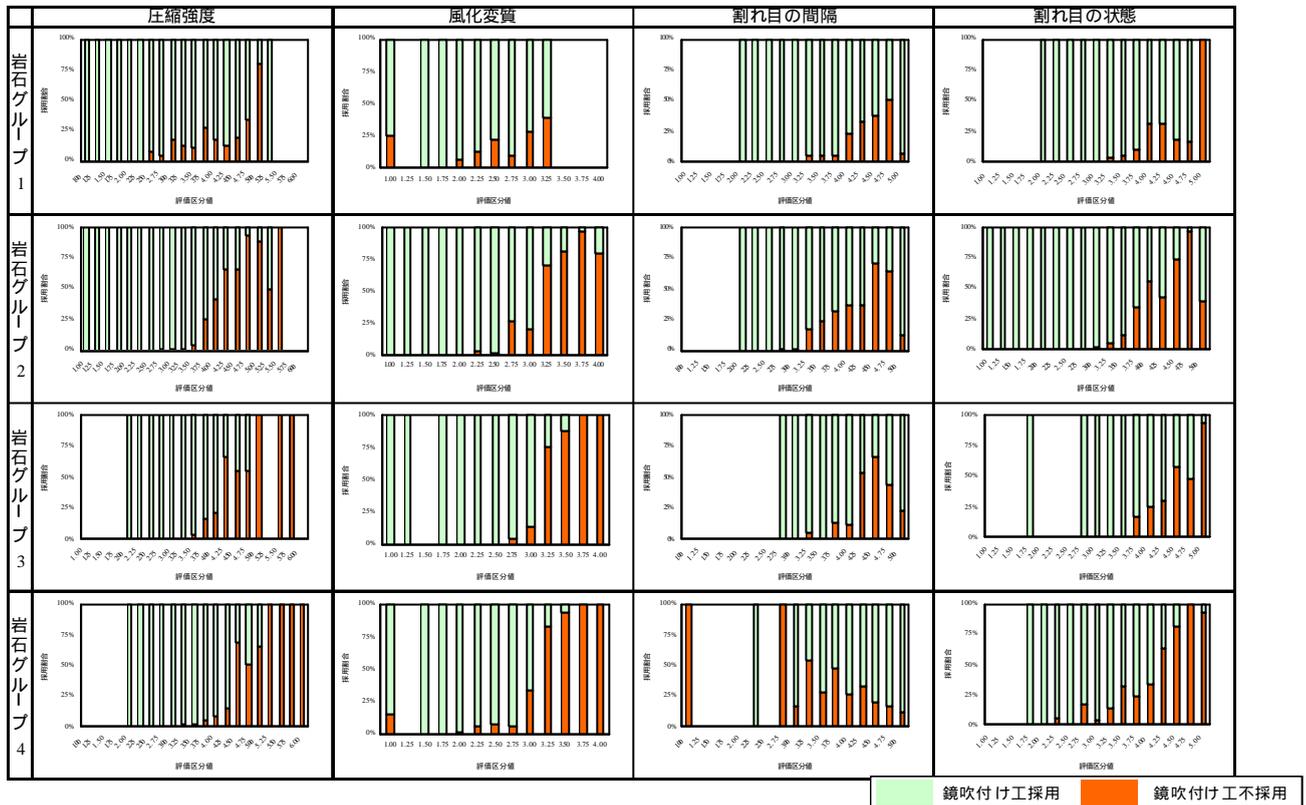


図-1 鏡吹付け工採用割合

グループ3の「風化変質」のように、ある評価区分値において鏡吹付け工が採用されると、それ以上の評価区分値では鏡吹付け工はほぼ採用され、その採用割合は上昇する傾向にあることが分かった。

(2) 採用割合に着目した各岩石グループの採用特性

上記のとおり、ある評価区分値を境として採用割合が増加することが示された。そこで、各岩石グループの採用特性を把握するために、採用割合が10%を超えた時点における検討した4項目それぞれの評価区分値について、岩石グループ毎にプロットしたものを図-2に示す。この図から、岩石グループ1は、「圧縮強度」の評価区分値が2.25と、比較的安全側に評価されても採用され始め、逆に「割れ目の間隔」や「割れ目の状態」がそれぞれ4.00、3.75と、比較的危険側に評価されないと採用され始めない傾向がみられた。

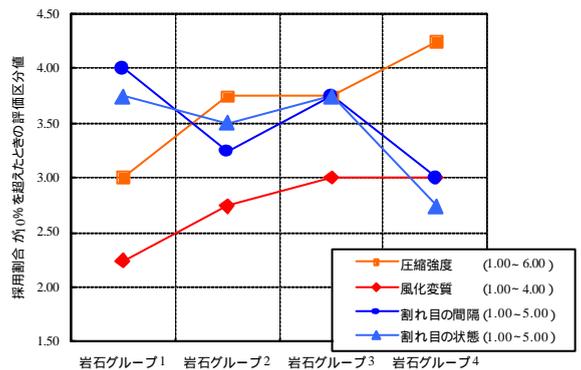


図-2 採用割合と評価区分値との関係

これは地山や岩片自身の強度が高く、塊状であるため、切羽の安定性はブロックの抜け落ちの判断が相対的に重要になるためと考えられる。従って必要な情報としては、割れ目に関する情報であり、それらの評価結果が、採用判断に相対的に大きな影響を及ぼすものと考えられる。次に日本でよく見られる岩石グループ2及び3は、地山や岩片の強度が地山の安定性評価に重要な要素であり、「圧縮強度」が相対的に大きな影響を及ぼすものと考えられる。最後に岩石グループ4は、層間の強度が重要な要素となるため、「圧縮強度」が相対的に大きな影響を及ぼすものと考えられる。以上の結果から、各岩石グループにおける採用割合に関する採用特性があることが示された。

4. おわりに

JHに蓄積された切羽観察結果を整理・分析することで、鏡吹付け工の採用特性を示すことができた。今後は鏡吹付け工の採用判断基準の確立を目指すと共に、その他の補助工法についても検討していきたい。

参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領第三集トンネル，p.69-70，1997.10.
- 2) 赤木渉，佐野理，進士正人，西塚郎，中川浩二：山岳トンネル施工支援のための切羽評価法の適用性に関する研究，土木学会論文集，No.686 / - 52，pp121 - 134，2001.9.