

III-322 施工段階におけるトンネル支保選定基準の設定例

佐藤工業(株) 正会員 西野治彦 山本松生
中部電力(株) 正会員 河村精一 吉沢真人 神山博

1. はじめに わが国のように地質状況の複雑な地山を対象にトンネル工事を行う場合、計画段階で十分な調査や試験を行っても、予測した地山状況が実際の地山状況とかなり異なっていることがしばしば認められる。そのため、NATMにおいては、施工中の切羽観察に基づいて計画支保パターンを確認または修正しながら安全かつ経済的に施工を進めていくことが基本とされている。しかし、計画段階の支保選定基準が比較的明確に設定されているのに対して、施工段階の支保選定基準は十分に体系化されおらず、最終的な支保選定の際に主観的判断が入りやすい状況となっている。本報告では、実際の硬岩トンネルでの切羽観察結果と支保パターンの施工実績とを整理分析することにより、施工段階における客観的な支保選定基準について検討を行う。

2. 地質概要 対象トンネル（L=940m）付近の地質は、始点から780mの区間が流紋岩の分布区域、残り終点までの160m区間が砂岩および砂岩・頁岩互層の分布区域であった。流紋岩は堅硬かつ新鮮な岩盤であるが割れ目が比較的発達していた。砂岩および砂岩・頁岩互層は流紋岩に比べてやや脆弱な岩盤であった。湧水はトンネル全長にわたりあまり認められなかった。

3. 支保パターンの概要 計画段階には、電研式岩盤等級に応じた5種類の計画支保パターン（柔～剛の順に支保パターンⅠ～Ⅴ）を設定した。施工段階には、発注者と施工者が協議のうえ、地山状況の変化に的確に対応しながら計画支保パターンの修正を行い、最終的に10種類の施工支保パターン（柔～剛の順に支保パターン①～⑩）を用いて安全に施工を完了した。

4. 切羽観察方法 切羽観察は、電研式岩盤等級を基本として以下の方法により行った。

- (1) 地質に関する専門的な知識と経験を有する観察者が、各切羽において、電研式岩盤等級の判定を行う。
- (2) 上記の観察者とは別に、あまり専門的な知識と経験を有さない観察者が、各切羽において、「ハンマーによる打診音」「ハンマーによる剥離性」「風化変質」「割れ目の密着度」「割れ目の挟在物」「割れ目の間隔」の6項目について一定の評点基準（表-1参照）に基づく評点を行い、6項目の評点の合計値を地山総合評価点とする。着目した6項目は電研式岩盤等級の判定基準となる項目に「割れ目の間隔」を加えたものである。
- (3) 同一切羽内に顕著に地山状況の異なる領域が存在する場合には、各領域毎に電研式岩盤等級および地山総合評価点を求め、各領域の面積比を考慮した平均化を行う。

表-1 地山総合評価点を構成する各地質要素の評点基準

地質要素	各地質要素の評点基準					
ハンマーによる打診音	5. 澄んだ音がする	4. 概ね澄んだ音がする	3. 多少濁った音がする	2. 濁った音がする	1. 著しく濁った音がする	
ハンマーによる剥離性	5. ハンマーで強打しても、割れ目に沿って岩塊が剥脱することはない	4. ハンマーの強打によって、割れ目に沿って岩塊が部分的に剥脱することがある	3. ハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目に沿って岩塊が剥脱する	2. ハンマーの軽打によって、割れ目に沿って岩塊が剥脱する	1. ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけで、くずれ落ちる	
風化変質	5. 新鮮・部分的に多少風化変質している	4. やや風化・変質しており、一般に割れ目沿いに変色している	3. 風化・変質しており、部分的に変色している	2. 風化・変質しており、全体的に変色している	1. 著しく風化・変質しており、砂状あるいは粘土状を呈することが多い	
割れ目の密着度	5. 密着	4. 概ね密着 (間隙幅＝0.5mm以下)	3. 開口 (0.5～2mm)	2. 著しく開口 (2～5mm)	1. 極度に開口 (5mm以上)	
割れ目の挟在物	5. 風化生成物、粘土をはさまない	4. 一般には粘土をはさまない	3. 粘土をはさむことあり	2. 粘土をはさむこと多し	1. 割れ目の発達過度に著しく、砂状～粘土状	
割れ目の間隔	5. 100cm以上	4. 50～100cm	3. 20～50cm	2. 10～20cm	1. 10cm以下	

地山総合評価点＝上記の6項目の地質要素における評点の合計値（満点＝30点）

5. 切羽観察データの整理分析

トンネル全長（180切羽）にわたる切羽観察データの整理分析から得ら

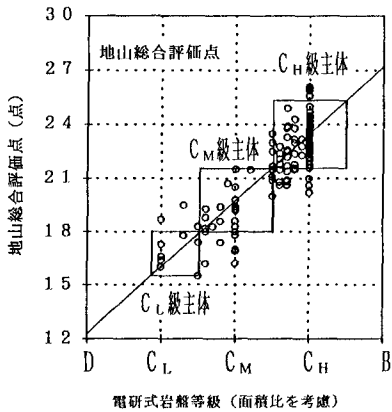


図-1 地山総合評価点と電研式岩盤等級との関係（実績）

れた、地山総合評価点と電研式岩盤等級の関係を図-1に、地山総合評価点と施工時の支保パターンとの関係を図-2に示す。これらの実績によれば、地山総合評価点により、電研式岩盤等級および施工時の支保パターンが概ね判定できることがわかる。

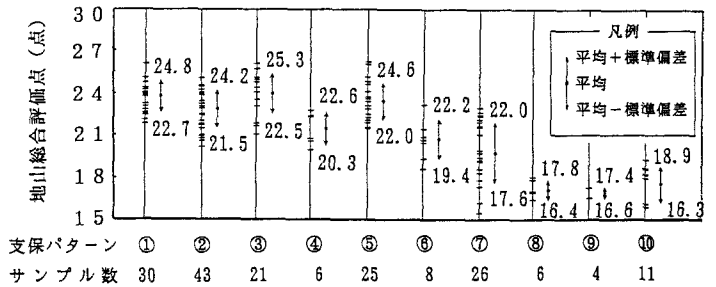


図-2 地山総合評価点と施工時の支保パターンとの関係（実績）

6. 施工段階における支保選定基準の設定例と今後の展開

これまでの検討結果から、専門的な知識をあまり必要とせず、しかも、客観的かつ定量的な指標である地山総合評価点により、施工段階における地山評価や支保選定がかなりの確に行えることが確認できた。今回得られた実績を踏まえ、支保選定基準の設定例を表-2にまとめる。計画時の支保パターンと施工時の支保パターンとの関係は、構成支保メンバーや支保内圧の対応性から求めている。今回の実績は、対象としたサイト特有の結果ではあるが、今後の類似の硬岩トンネルにおいて電研式岩盤等級を基本とした支保選定を行う際には有効な資料になると考えられる。実際の適用に際しては、湧水状況など各サイトにおける特性を加味して支保選定基準の補正を行なっていくことが重要であると考えられる。

表-2 施工段階における地山評価基準および支保選定基準の設定例

地山総合評価点（点）		2.5 ～ 2.3		2.3 ～ 2.2		2.2～1.9		1.9～1.8		1.8 ～ 1.6	
電研式岩盤等級		C _H 級 岩 盤				C _M 級 岩 盤		C _L 級 岩 盤			
施工時の支保パターン		①	②	③	④	⑥	⑧	⑨	⑩		
構成支保 メンバー	吹付コンクリート SC	SC+RB	SC+RB	SC+RB	SC+RB	SC+RB	SC+RB	SC+RB	SC+RB	SC+RB	
	ロックボルト RB										
	鋼製支保工 SR										
支保内圧の合計（t/m ² ）		18.9	19.3	37.4	37.8	38.3	38.3	66.6	67.4		
その他の 支保メンバー	金網	—	—	—	—	クレーン90°	上 半	全 周	全 周		
	縫地ボルト	—	—	—	—	—	3m×8本	3m×8本	3m×8本		
計画時の支保パターン		I		II		III	IV	V			
構成支保メンバー		SC		SC+RB		SC+RB	SC+RB	SC+RB+SR			
支保内圧の合計（t/m ² ）		18.1		37.8		39.6	40.5	71.2			
その他の 支保メンバー	金網	—		—		クレーン90°	全 周	全 周			
	縫地ボルト	—		—		—	—	—			

- ・支保内圧の計算において考慮する支保メンバーは、（SC；吹付けコンクリート、RB；ロックボルト、SR；鋼製支保工）とする。
- ・施工時と計画時の支保パターンの対応性は構成支保メンバーおよび支保内圧から判定している。
- ・支保パターン⑤、⑦については特殊な用途に用いられた支保パターンであるため表-2から除いている。