

土被り厚を考慮したトンネル事前設計に関する研究

山口大学大学院 学 ○山田 章裕 (株)大林組 正 保岡 哲治
 日本道路公団 正 原 節男 日本技術開発(株) 正 河原 幸弘
 山口大学工学部 正 中川 浩二

1. はじめに

トンネル事前調査において、弾性波探査は地表踏査とともに重要な調査方法であり、現在、広く用いられている。特に、露頭条件が悪い場合や地形上ボーリング実施の難しい場合には、地山内部を大まかに予測する方法として有効な手段である。しかし、この探査手法は、地山が層状の速度構造であり、深部ほど弾性波速度値が大きくなるとして解析するなど適用上の問題点も指摘されている。また調査精度の限界や経済的な理由などから十分に地山の状態を推定することが困難であり、設計時と施工時の支保選定が一致しない場合が多くみられ、施工時の支保変更が頻繁に行われている。そこで、本研究では、事前調査としてトンネル全線で実施された弾性波探査に着目し、多数の設計・施工実績を整理・分析し、実績に基づく探査限界を明らかにするとともに、土被り厚を考慮した簡易な地山分類の提案を行うことを目的とする。

2. 対象トンネルの概要

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35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、片岩、粘板岩、花崗岩、凝灰角礫岩、砂岩頁岩互層および泥岩の6岩種を対象に行った。表-1に今回対象としたトンネルデータを示す。

表-1 岩種別トンネルデータ

岩種別データ	トンネル本数	延長距離(m)	切羽観察記録(枚)
(1) 片岩	6	6,675	1,709
(2) 粘板岩	5	6,448	1,685
(3) 花崗岩	5	4,874	1,168
(4) 凝灰角礫岩	7	6,231	1,584
(5) 砂岩頁岩互層	7	4,955	1,346
(6) 泥岩	5	6,248	1,932
合計	35	35,431	9,424

3. 設計・施工実績の現状

(1) 設計・施工支保パターンの現状

設計から施工にいたる支保パターンの変更状況を確認するため岩種別に旧標準支保パターン((B~DⅡ(重い支保))の5段階にわけて整理した(DⅢは、坑口パターンのため除く)。図-1に岩種別の設計・施工支保パターンの構成比率を示す。この図より、Bパターンの減少が顕著である。逆に片岩、花崗岩のCⅡパターン、片岩、粘板岩のDⅠパターンは増加している。全体的に設計時から施工時にかけて、支保ランクを下げていく傾向が伺える。

(2) 弾性波速度値の土被り厚増加方向への分布

ここでは、事前設計のうち、設計支保パターン設定の際に主体となる弾性波速度値について調べる。一般に地山の風化は、土被り厚が小さくなるほど進行するため、結果的に、地山強度は低下する。そこで、速度値分布の影響項目として、岩種に加えて、土被り厚(深度)に着目した。また、施工時のデータとして、切羽観察記録のうち、弾性波速度と対応する圧縮強度(項目:C)、風化変質(項目:D)を取り上げ、土被り厚との関係を調べた。

表-2より、4岩種の弾性波速度値は、概ね土被り厚60m前後で一定の値に収束することがわかる。一方、実際の地山状況を示すC+D値は、3岩種が土被り厚80m前後で収束している。この結果より、基盤深度以深である土被り厚60m以上では、弾性波探査による適正な評価が困難であると考えられる。

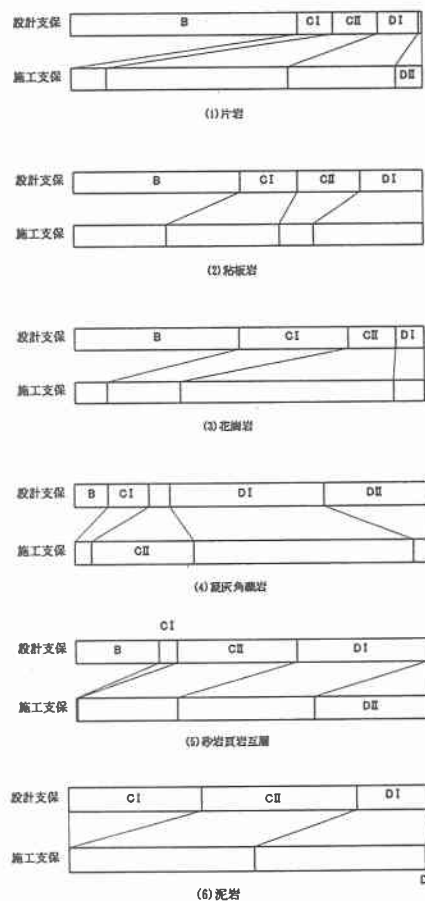


図-1 岩種別支保構成区分

(3) 土被り厚からみた設計・施工支保パターン

土被りが増加するに伴い地山の状態が安定する粘板岩、花崗岩および泥岩を対象に土被り厚別の設計・施工支保パターンの採用状況を図-2に示す。図-2より、粘板岩の土被り厚60～100m、花崗岩の20～60mでの支保の変更が目立つ。泥岩では、土被り厚に関係なく支保の変更が行われている。

一方、施工支保パターンは、土被りが厚くなるほど軽い支保を採用する傾向にあるといえる。

また、粘板岩および花崗岩は、比較的土被りが薄い段階でCⅡまで支保ランクを上げるのに対し、泥岩では、DⅠ、CⅡと段階的に支保ランクを上げている。このように岩種毎の土被り厚と施工支保パターンの間には一定の傾向が認められる。

4. 簡易な地山分類

(1) 地山分類表の提案

これまで、弾性波探査とそれをもとにした設計・施工実績の特徴把握を試みた。その結果、施工支保パターンは、土被り厚に強く影響されていることが分かった。そこで、施工実績をもとに土被りを指標とした地山分類表を作成した(図-3参照)。

(2) 提案地山分類表の検討

本研究において提案した地山分類を用いて、同じトンネルデータの再設計を行った(図-4参照)。図-4より、支保パターンの構成区分は、3岩種ともに概ね一致している。図-5に従来の方法と今回提案した方法による支保パターンの一致率の結果を示す。一致率からみても提案した地山分類の有効性が確認できる。

本検証結果は、同じデータを用いて行ったため、一致率が20%近く上昇する岩種も現れた。しかし、土被り厚を考慮した地山分類法は、同様の地山状態であれば、他のトンネルにも、有効であると考えられる。また、施工実績データを増やすことにより、精度の高い地山分類ができるものと思われる。

5. おわりに

本研究では、トンネル設計・施工実績をもとに土被り厚を考慮した簡易な地山分類方法を提案した。本研究において提案した方法と従来からの弾性波探査を主体とした設計を組み合わせることによって、より合理的な設計が行えるものと考えられる。

表-2 弾性波速度値およびC+D値と土被り厚の関係

	弾性波速度値と土被り厚の関係		C+D値と土被り厚の関係	
	特徴	基盤深度	特徴	C+D値の一定となる深度
片岩	土被り厚40m以上では、速度値4.0～5.0km/sのデータが大半	40～60m	土被り厚に関係なく3～8点に分布。	明確に決まらない
粘板岩	土被り厚60m以上では、速度値4.0～5.0km/sのデータが大半	40～60m	土被り厚60～80mで5～4点、100m以上で2～3点。	80～100m
花崗岩	土被り厚20m以上では、速度値4.0～5.0km/sのデータが大半	40～60m	土被り厚40～80mで5～6点、100m以上で3～4点。	80～100m
凝灰角礫岩	速度値2.0～4.0km/sのデータが大半	明確に決まらない	3～8点に幅を持って分布。	明確に決まらない
砂岩質岩互層	速度値1.0～5.0km/sに分散	明確に決まらない	4～8点に幅を持って分布。	明確に決まらない
泥岩	土被り厚60m以上では、速度値2.0～3.0km/sのデータが大半	60m	土被り厚100mを目安に、4～5点に収束。	80～100m

※基盤深度：弾性波速度値の収束する深度



図-2 土被り厚毎の支保パターンの採用傾向

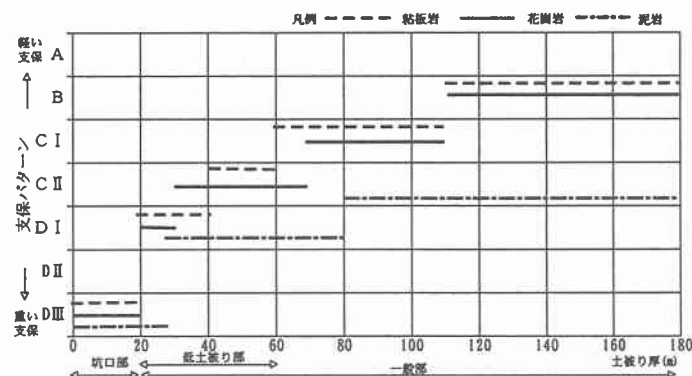


図-3 土被り厚を考慮した地山分類

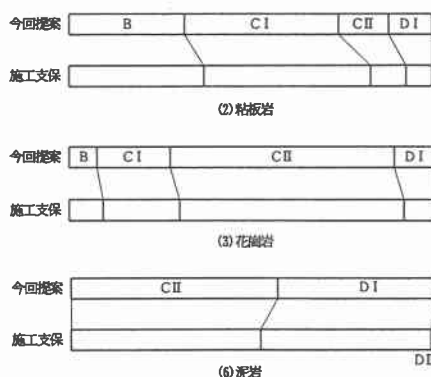


図-4 検討後の支保構成区分

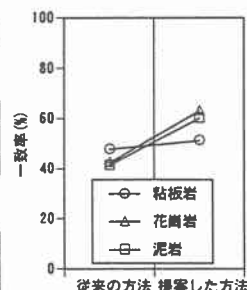


図-5 支保の一致率