

トンネル地山の弾性波速度・亀裂係数・RQD に関する検討例

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○岡崎 健治

〃

正会員 伊東 佳彦

1. はじめに

トンネルの地質調査では、地山の弾性波速度が求められ、トンネルの設計や施工時の地山分類に供される。これまで調査¹⁾では、ボーリングコアによる岩石試験結果を地山分類における岩種区分に応じて分析し、岩種区分の細分化が弾性波速度による地山分類の精度向上に寄与していること、また岩種区分は、岩種に応じた力学的性質の違いを少なからず反映していることを確認した。本文では、北海道の国道トンネル事業で蓄積された地質調査成果、施工計測データをもとに、岩種別、測定方法別に弾性波速度を整理するとともに、トンネルの地山性状に応じた亀裂係数と RQD の関係を検討し、地山評価における課題を抽出したので報告する。

2. 調査概要

本調査では、これまで国土交通省北海道開発局が建設した 16 の道路トンネル（総延長 31km）について、その事前調査における屈折法弾性波探査、施工時の先進ボーリング調査（以下、孔内）での速度検層およびそのコアを用いた室内試験による弾性波速度の関係を地質別に整理した。あわせて、トンネル施工時の支保工パターン（最終的な地山からの応答としての扱い）に応じた亀裂係数（速度検層による地山弾性波速度から算出）と RQD（計測寸法は 5cm）の関係について検討した。表-1 にトンネルの岩種とその区分を示す。ここで、岩石グループは道路トンネル技術基準²⁾における 8 区分、地質区分は北海道開発局³⁾の地山分類における 3 区分に対応させた。トンネル箇所の主な地質は、前者の区分では、M塊状の火山岩類が 49%、M層状の粘板岩類が 22%、L塊状の凝灰角礫岩などが 19%を占める。また後者では、「剥離性に富まない古生層～深成岩・火山岩（以下、富まない）」が 55%、「剥離性に富む古生層～深成岩（以下、富む）」が 22%、「第三紀堆積岩類（堆積岩類）」が 23%である。本調査のデータ数は、室内試験における弾性波速度の測定数であり、地山、孔内の弾性波速度および RQD は、コアの採取箇所を含めた 1m 区間の値として整理した。

3. 調査結果

図-1 に地質区分に応じた孔内の弾性波探査に対する地山とコアの弾性波速度の関係を示す。ここで、孔内の弾性波探査は、掘削直前の地山状態を直接、評価できることから、トンネルの施工にとって最適といえる。

岩石別の弾性波速度は、概ね、富む>富まない>堆積岩類の傾向を確認できる。ここで剥離性に富む岩石は、異方性を有すると考えられるが、弾性波速度は高い値を示している。

測定方法別の弾性波速度は、バラツキを有するが、概ね、孔内≧地山の傾向を確認できる。一方、孔内<コアの傾向が確認できる。

これは、測定対象が地山全体、地盤直近、コアという順に、亀裂が少なく測定の精度も高くなるためといえる。また、「富まない」

表-1 トンネルの岩種と区分

岩種	データ数	岩石グループ ²⁾	地質区分 ³⁾
ホルンフェルス	20	H塊状	剥離性に富まない 古生層～深成岩 ・火山岩
ハイアロクラスタイト	25		
小計	45		6%
安山岩	164	M塊状	55%
石英安山岩	15		
火山角礫岩	104		
第三紀砂岩	73		
第三紀礫岩	15		
小計	371	49%	
粘板岩	97	M層状	剥離性に富む 古生層～深成岩
砂岩・粘板岩互層	68		
小計	165	22%	22%
凝灰角礫岩	101	L塊状	新第三紀堆積岩類
火山礫凝灰岩	23		
凝灰岩	3		
凝灰質砂岩・礫岩	17		
小計	144	19%	
第三紀泥岩	27	L層状	23%
小計	27	4%	
合計	752		

キーワード 地質調査, トンネル, 弾性波速度, 亀裂係数, RQD

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 TEL(011)841-1775 FAX(011)842-9173

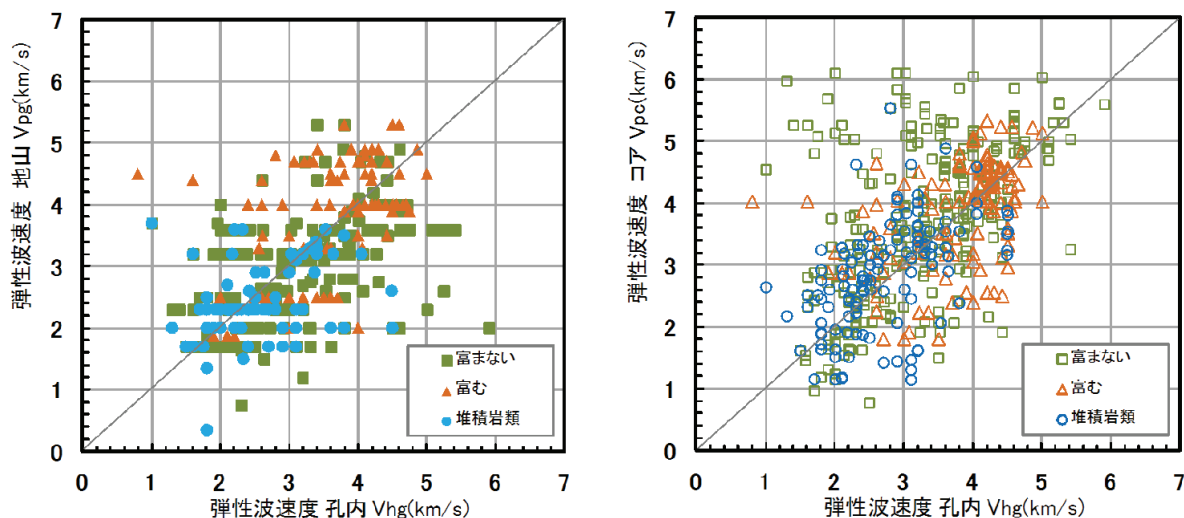


図-1 ボーリング孔内と地山(左)・コア(右)の弾性波速度の関係

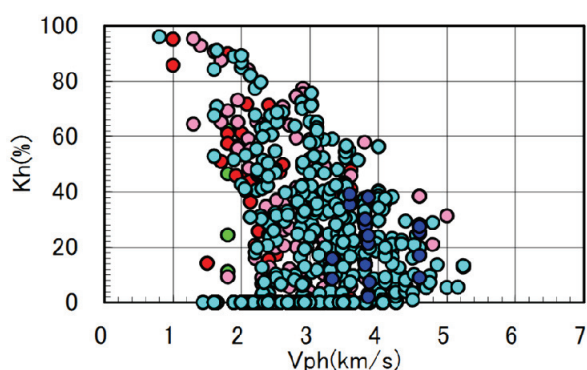


図-2 亀裂係数 Kh とボーリング孔内弾性波速度 Vph

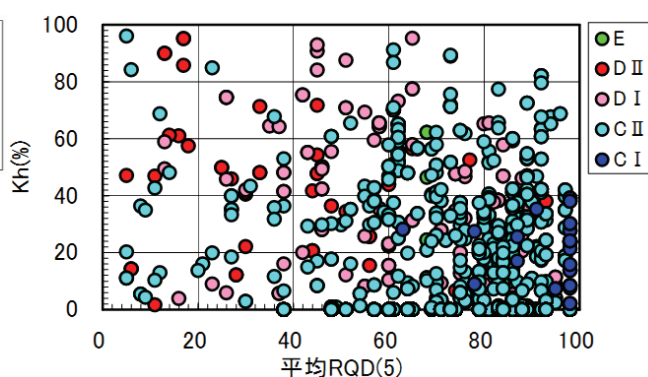


図-3 亀裂係数 Kh と RQD

の岩種では、とくにコア>孔内の傾向がみられ、岩種別、測定対象別に弾性波速度に特徴を有することから、測定自体とその再評価は有効といえる。

図-2 に施工時の支保工パターン別の亀裂係数と孔内の弾性波速度の関係を示す。亀裂係数は、概ね、構造的上位 (CI から E) となるに従い大きくなり、弾性波速度は低下する傾向が確認できる。これは亀裂の存在する割合が多くなるにつれて地山は不良となるが、その状況に対応した施工の結果が反映されているといえる。

図-3 に施工時の支保工パターン別の亀裂係数と RQD の関係を示す。亀裂係数は、概ね、構造的上位となるに従い大きくなり、RQD は低下する傾向を確認できる。亀裂係数が小さくても DII となる場合も存在しているが、施工時の判定において RQD が重視される場合のあることが伺える。また、亀裂係数 (大)・RQD (小) で地山は不良、亀裂係数 (小)・RQD (大) で地山は良好といえるが、亀裂係数 (大)・RQD (大) の場合、つまり地山が不良であるが割れ目が少ない場合については、とくに地山の評価に留意が必要と考えられる。

4. おわりに

今回調査では、トンネルの地質調査時の弾性波速度、亀裂係数および RQD の分析により地山評価における課題を抽出した。今後は、他の施工事例や計測データを追加して分析を進めていきたい。最後に、調査資料などを提供していただいた国土交通省北海道開発局の関係者に記して、厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 中川伸一・伊東佳彦・岡崎健治：地山評価に関するトンネル設計・施工時計測データの分析，日本応用地質学会研究発表会講演論文集，pp.109-110，平成 17 年 10 月。
- 2) 日本道路協会：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説，平成 15 年 11 月。
- 3) 国土交通省北海道開発局：道路設計要領・第 4 集トンネル，平成 23 年 4 月。