

トンネル地山での先進ボーリング調査とその評価指標に関する検討 ー岩種別の RQD と孔内弾性波速度を例としてー

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○岡崎 健治

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 伊東 佳彦

国土交通省北海道開発局 佐々木 博一

1. はじめに

トンネルの地山分類では、RQD と弾性波速度を主な指標^{1~2)}として、設計や施工時の地山評価に活用している。これまでの調査³⁾では、北海道の国道トンネル事業で蓄積した地質調査成果や計測データをもとに、施工時の支保工パターン別に、掘削変位量の傾向や支保部材に生じた変状との関係を整理し、より慎重に評価が求められる岩種を明らかにした。本文では、トンネル施工時の先進ボーリング調査による RQD と弾性波速度を岩種別に整理し、その特徴や地山の評価指標としての適用性について検討した内容を述べる。

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 27 の道路トンネルで実施した先進ボーリング調査 246 孔（延長 19,423m）について、地山分類の指標である RQD（計測寸法 5cm）と速度検層（切羽前方の地山）による孔内弾性波速度の関係を岩種別に整理した。岩種は、ボーリング柱状図の記載をもとに、同局のトンネル地山分類表²⁾における以下の 4 つの区分に対応させた。なお、RQD と孔内弾性波速度は、1m 毎の値として整理するとともに、特定の範囲を設定して、その平均値として検討した。

岩種 1：面構造が発達した泥質または砂岩・泥岩互層の中～古生層および潜在亀裂が発達した付加体のような剥離性に富む岩種（全体の 28%）

岩種 2：面構造が乏しい砂岩・礫岩などの中～古生層、第三紀の火山岩類および硬質な溶結凝灰岩のような剥離性に富まない岩種（全体の 34%）

岩種 3：第三紀の堆積岩類、火砕岩類および一部軟質な泥質の中生層を含む堆積岩類（全体の 33%）

岩種 4：蛇紋岩などの特殊な岩石類（全体の 5%）

3. 調査結果

図-1 に RQD と孔内弾性波速度の頻度分布を示す。

RQD は、岩種 1 で割れ目の頻度にバラツキが大きい（その範囲に偏りが少ない）。そのため、岩盤には、不規則に亀裂が発生するなど、その影響を受けやすいと考えられる。一方、岩種 2 と 3 は、ほぼ 100 に近いことから、割れ目が少なく、岩盤は岩石自体の強度の影響を受けやすいと考えられたため、これらの岩種では、RQD による区分は有効でない場合があるといえる。また、岩種 4 は、0 または 20 未満となることが多く、極めて亀裂質であり、潜在的な亀裂も多いと考えられることから、これらの岩種についても RQD による評価は容易でないといえる。

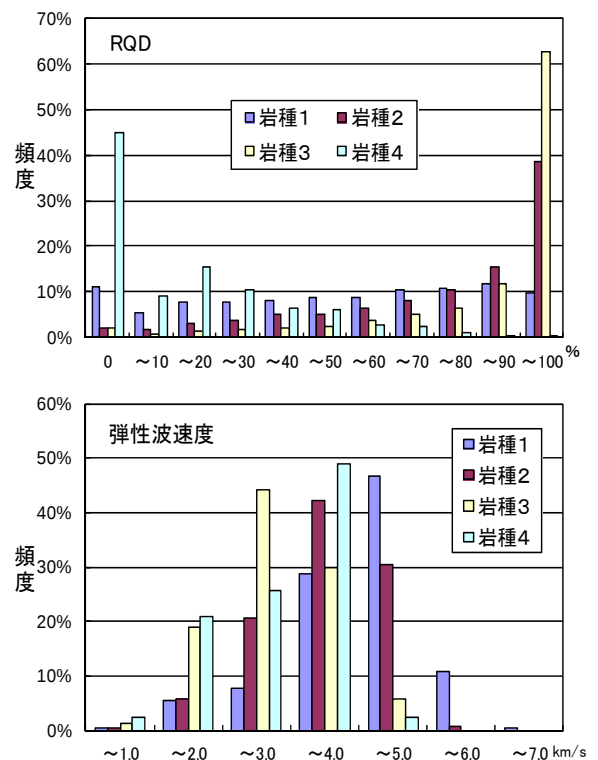


図-1 RQD と孔内弾性波速度の頻度分布

キーワード 地質調査, 先進ボーリング調査, RQD, 孔内弾性波速度, トンネル

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 TEL 011-841-1175

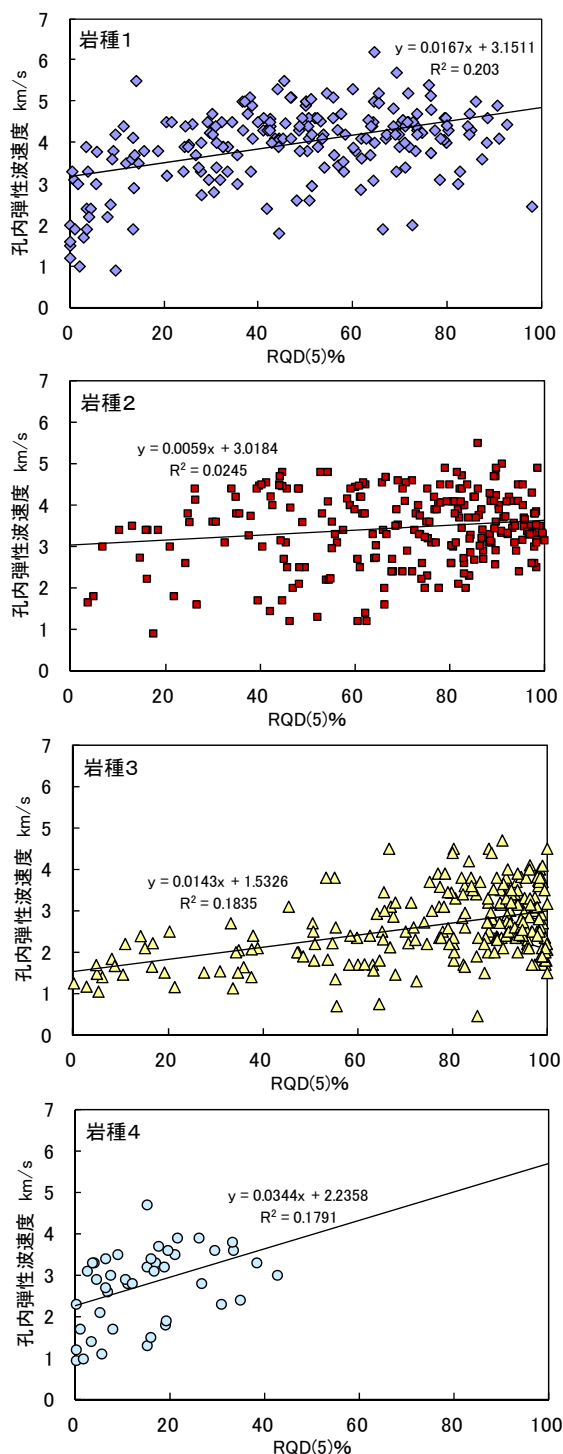


図-2 RQD と孔内弾性波速度

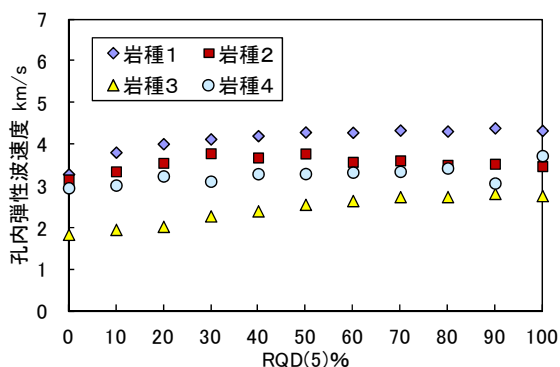


図-3 RQD の割合別の孔内弾性波速度

孔内弾性波速度は、岩種 1 で 4～5km/s (最大 6.2 km/s), 岩種 2 と 4 は 3～4km/s が多いが、岩種 4 では 1～3km/s でも多く、これらは亀裂の発達区間に対応すると考えられる。

岩種 3 は 2～3km/s が多く、亀裂は少ないが、本来の地山や岩石自体の弾性波速度が低い特徴が現れているといえる。

次に、図-2 に RQD と孔内弾性波速度の関係を岩種別に示す。RQD は、孔内弾性波速度が同一な区間の平均値である。

岩種 1, 3 および 4 (岩種 4 はデータが少ない) では、比較的よい正の相関が読み取れる。一方、岩種 2 は、孔内弾性波速度が 3km/s 程度と一定であり、RQD が変化しても、孔内弾性波速度には、明瞭な差は生じない。このことは、岩種 2 では、亀裂の発達することが少なく、孔内弾性波速度は RQD よりも他の要因 (例えば、岩石自体の弾性波速度) の影響をより強く受けやすいことを示していると考えられる。

図-3 に RQD の割合別の孔内弾性波速度の平均値を示す。岩種 1 は 3～4.5km/s, 岩種 2 と 4 は 3～3.5km/s, 岩種 3 は 2～2.5km/s と岩種に応じて孔内弾性波速度の違うことが確認できる。ここで、岩種 2 と 4 は、岩種 1 と 3 の中間的な値を示すとともに、RQD の変化に応じた孔内弾性波速度の変化は少ない。また、全岩種においても、概ね RQD が 60%以上となる範囲では、孔内弾性波速度の変化は少ない。このことは、比較的 RQD と孔内弾性波速度が低い場合、評価のための情報の取得は可能であるが、高い場合では難しく、他の指標を含めて評価することが効果的といえる。今後は、地山分類の結果とトンネルの掘削変位量の対応を検証することで、実態に即した評価に向けた情報の整理が必要である。

4. おわりに

本調査では、トンネル施工時の先進ボーリング調査における RQD と地山弾性波速度を整理し、現在の地山分類表²⁾の適用範囲が、地山評価の精度向上に向けて検討の余地があることを確認した。今後は、施工時の先進ボーリング調査自体の結果に対する判定の考え方 (独自の地山分類の構築など) について、他の指標も含めて、さらに検討を進めたい。

なお、本調査では、平成 24 年度に北海道土木技術会トンネル研究委員会 NATM 分科会が収集したデータや資料を使用させていただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書・山岳工法，2006.7.
- 2) 北海道開発局：道路設計要領・トンネル，2012.4.
- 3) 岡崎健治・伊東佳彦・佐々木博一：トンネルの地質調査・施工計測データの情報資源化に向けた検討例，土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集 CD，2011.9.