

山岳トンネルにおける事前調査の手順について

山口県土木建築部 正〇古谷 健

山口大学工学部 正 中川浩二

1. はじめに

トンネル施工では、事前調査で想定した地山状況と実際の地山状況が異なることが多く、実施段階での設計変更がしばしば行われる。設計変更では、地山の安定性を重視するため十分な論理的裏付けなく迅速な対応が求められることが多く、結果として費用増につながる場合も多い。これらのトンネル施工にともなう問題は、発注者としての適切な予算管理、施工リスク管理、説明責任への対応上の重要な課題となっている。

したがって、事前調査の技術的限界を明確にした上での精度向上は山口県にとっても重要な課題ではあるが、同時に、トンネル専門技術者を擁し得ない県の実状も踏まえた実務的な対応策の検討が必要である。

よって、本報告では山口県における標準的な規模のトンネル調査において、一般的に用いられる調査手法（地表踏査、弾性波探査、ボーリング調査）の手順に着目した実施例を示すことにより、調査段階での課題を検討する。

2. モデルケース地山の地質概要

調査地は山口県の中央部美東町長登に位置し、周辺の基盤地質は北から古生代石炭紀～ペルム紀に形成された石灰岩を主体とする秋吉石灰岩層と同時異相である砕屑岩類からなる大田層群である。既存資料から両者の関係は断層関係で接している。秋吉石灰岩層はフズリナ、サンゴ化石を産する石灰岩を主体とし、本層の最下部付近にはかんらん岩玄武岩質火砕岩が分布し、調査地では緑色岩がその変質岩石に相当する。大田層群は、珪質凝灰岩とチャート、砂岩とチャート、砂岩等の地層に分けられている。なお、トンネル配置は両層群の境界面にほぼ直交するように計画されている。

3. 調査手順の検討方針

標準設計パターンを適用する山岳トンネルでは、地山分類に必要な指標として岩種ごとの弾性波速度、ボーリングコアの状況等の地質資料をいかに効果的に得るかが重要である。ここでは、比較的トンネル業務経験の浅い土木技術者が地質技術者と共同して、より効果的な調査を行うための手順を検討するため、調査の段階ごとに得られる地質情報を次の段階へどのように活用するのかに留意しながら、下記のとおり調査を進めた。

①既存地質資料に基づく発注調査内容の設定、②既存資料を拡充した上での発注内容に対するコンサルタントの調査提案1、③地表地質踏査結果を踏まえたコンサルタントの修正調査提案2、④弾性波探査の実施（解析手法：はぎ取り法、高密度法）、⑤弾性波探査結果を踏まえたコンサルタントの提案3、⑥ボーリング孔を利用した弾性波トモグラフィーの実施。

調査目的の設定に個々の技術者間の差異は少ないが、目的とする地質資料を得るための方法論では、担当する技術者の経験の度合い、立場の違い（発注者と受注者）、所与とされる地質情報のレベル等によって、大きな相違が発生することが予想されたため、調査段階ごとに成果資料を取りまとめ、中立的な技術レフェリーのもとに双方の技術者間で合議することとした。

4. 結果の考察

【手順1】既存資料に基づく地質構造の推定 既存資料に基づく地質技術者との協議により地質構造のイメージを設定するが、地質踏査ルートマップ作成の参考に留める。

【手順2】地表踏査 地表踏査は後続する調査方法の選定・順序・位置などの計画立案に利用されるが、断層位置、層序などは露岩が顕著でなければ地表踏査においても特定は困難である。この場合、地質技術者は地形要素（リニアメント等）を重視し、弱線確認のためのボーリング箇所が増える傾向が強い。よって、後続のボーリング調査を効果的に計画するためには、地山全体の定量的な判断指標が必要であり、弾性波速度

分布図の作成を通じて双方の技術者の合議が成立するものと思われる。

【手順3】弾性波探査 弾性波探査の解析手法の違いによる速度分布図成果の特徴を把握するため、同一の資料に対して①はぎ取り法、②トモグラフィー手法（高密度）の比較を行い、つぎのことが分かった。

a. はぎ取り法では層構造を前提に解析するため、低速度帯の位置はある程度把握できるものの no.35+80 付近尾根部のチャート破碎層（低速度部）は明瞭には捉えられていない。

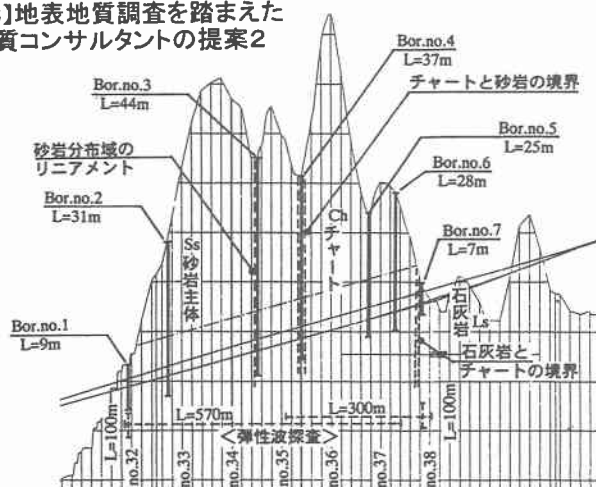
b. 標準パターンの適用トンネルでは、パターン区分の目安となる速度値の分布（今回の岩種では $V=3\text{km/s}$ ）特定がまず必要であり、この点からは層構造にとらわれないトモグラフィー手法の方が有効な情報を与えてくれると思われる。はぎ取り法では、任意の速度値の分布は表現できない。

【手順4】ボーリング調査 ボーリング調査の主目的は地山の地質構造を直接確認することであり、位置としては、コスト面から坑口付近、沢部または断層・破碎帯が予想される部分に限られることが多い。よって、これらの部分を中心に速度分布図をもとに最も効果的な調査位置、方向、長さを検討することになる。今回はトモグラフィー手法による速度分布図を用いることにより、no.35+80 付近のチャート破碎層を確認できた。坑口部水平ボーリングは行わず、鉛直方向各2本で強風化帯を確認した。

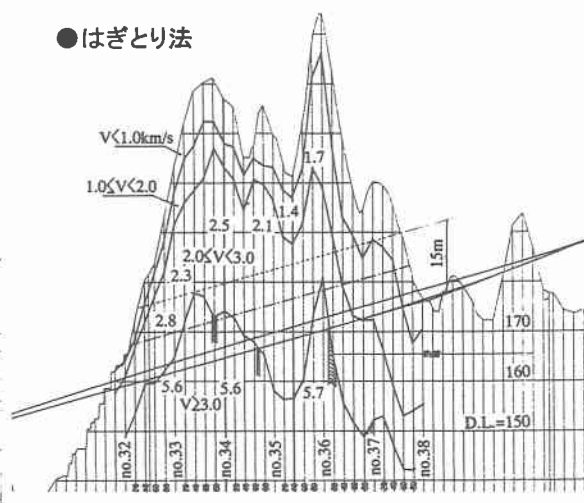
5. おわりに

今回は通常起こりうる手順を段階ごとに検討することにより、実務的課題がかなりの程度改善できることが分かった。今後は、比較的にコストの高いボーリング調査をより有効活用するため、①ボーリング資料を用いた弾性波探査結果の再評価フィードバックの方法、②ボーリング孔を利用したトモグラフィー手法による精度向上条件の明確化を検討することが必要であると思われる。

【手順2→3】地表地質調査を踏まえた地質コンサルタントの提案2

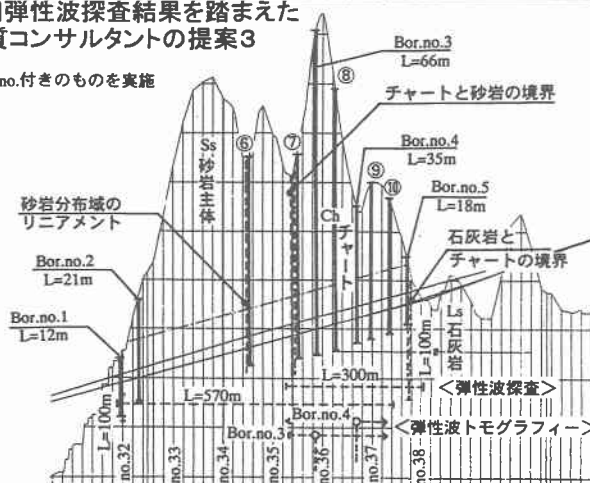


●はぎとり法



【手順3→4】弾性波探査結果を踏まえた地質コンサルタントの提案3

注：Bor.no.付きのものを実施



●高密度弾性波解析

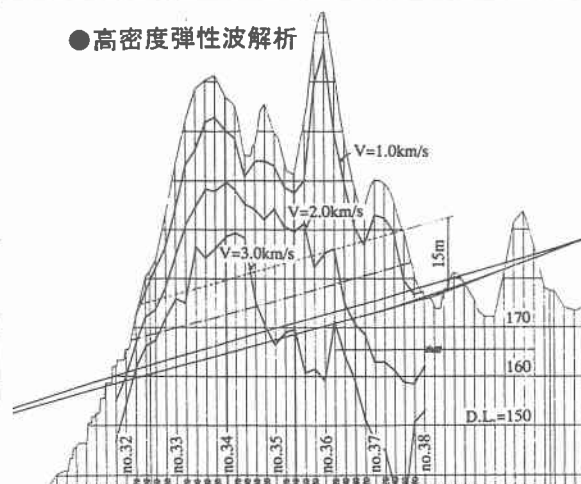


図-1 事前調査計画案の推移

図-2 弾性波探査結果の比較