

トモグラフィ的弾性波探査解析を用いた山口県下のトンネル事前調査の評価

山口大学大学院 学生会員 ○寅岡千丈
山口大学工学部 正会員 進士正人

元山口大学学生
山口大学工学部 フェロ-会員 中川浩二

坂本祐二

1. はじめに

トンネルの事前調査では、地山状況の把握を目的として、弾性波探査が一般に行われている。また、この結果よりトンネル支保設計などが行われている。ところが、設計時に想定された地山状況と施工時に確認された地山状況が一致しない場合が多いと言われている¹⁾。従来、山岳トンネルにおける弾性波探査の解析手法として、コンピュータを使用せず簡単な計算と図式的解析による「はぎとり法（以下、従来法と呼ぶ）」が用いられている。しかし、近年コンピュータの発達に伴い「トモグラフィ的弾性波探査解析法（以下、トモグラフィ法と呼ぶ）」が、従来法の欠点を補う解析手法として注目されている。この解析手法は、従来法に比べ、解析の高速化が可能であるということと、図-1に示すような弾性波の波線通過状況が容易に確認できる特徴がある。

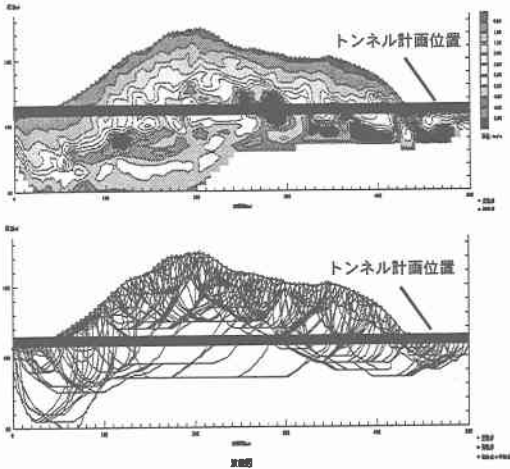


図-1 トモグラフィ解析より得られた速度分布図と波線図

本研究では、従来法により弾性波探査解析が行われた山口県下の18トンネルを対象に、トモグラフィ法を用いて、弾性波の波線通過状況を確認し、事前調査の評価を行った。また、トモグラフィ法の結果から想定された地山状況と、実際の施工時に確認された地山状況を定量的に比較した。

2. 波線通過状況による事前調査の評価

対象トンネルについてトモグラフィ解析を行い、トンネル計画位置における波線の通過状況を判定することで事前調査が適切に行われたかの検証を行う。なお検証には、トンネル計画位置に波線が通過したものを探査できているとみなし、トンネル全線にわたり波線が通過した割合を波線通過率として求めた。各トンネルの波線通過状況を表-1に示す。A、Cトンネルを除いて、波線通過率は80%以上であった。このことより、山口県下のトンネルにおいては、トンネル計画位置まで十分波線が通っており、比較的適切な探査が行われていたといえる。次に、波線通過率と最大土被りの関係を既往の研究における他県のトンネルデータも含めて検討した。結果を図-2に示す。全体として最大土被りが大きくなると波線通過率が悪くなる傾向がみられる。山口県下のトンネルにおいても同様の傾向が認められた。なお、A、Cトンネルでは、最大土被りが大きく波線通過率が極端に悪くなっている。次に、最大土被りと

表-1 波線通過率

トンネル名	最大土被り(m)	波線通過率(%)
A	244.0	15
B	199.5	100
C	158.0	10
D	123.0	90
E	111.5	100
F	91.0	90
G	87.5	100
H	75.0	89
I	67.0	100
J	62.0	100
K	58.3	100
L	56.6	100
M	54.0	100
N	49.0	100
O	44.0	100
P	34.0	100
Q	30.0	100
R	24.0	100

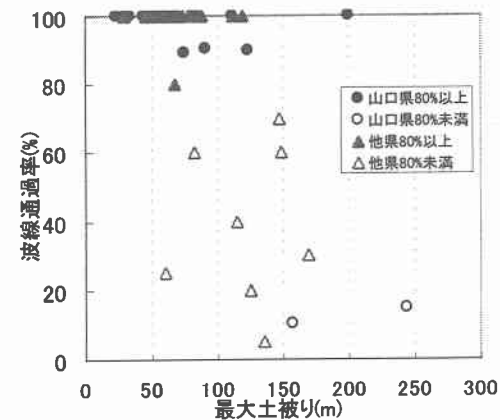


図-2 最大土被りと波線通過率

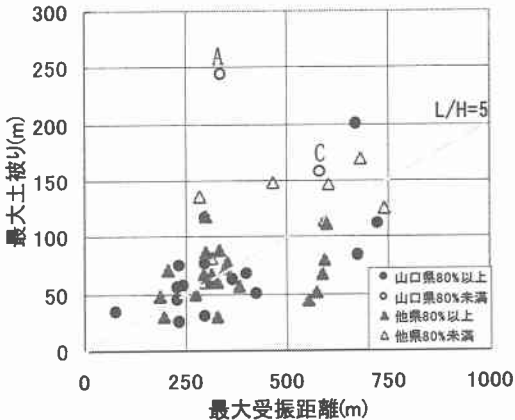


図-3 最大受振距離(L)と最大土被り(H)の関係

最大受振距離の関係について、山口県下および既往の研究における他県のトンネルデータを用いて検討した。最大土被りと最大受振距離の関係を図-3に示す。同図より、波線通過率が80%以上のトンネルでは、最大受振距離を最大土被りに対して長くとしているものが多いとみられる。山口県下のトンネルにおいても、波線通過率が80%以上のトンネルでは、最大土被りに対して最大受振距離が長く、5倍以上としていることがわかる。また、A、Cトンネルでは波線通過率が極端に悪く、最大受振距離の最大土被りに対する割合が小さいことがわかる。このことから、最大受振距離はできるだけ長くすることが望ましく、山口県下のトンネルにおいては、最大受振距離を最大土被りの5倍以上はとる必要があると考えられる。

3. 切羽観察記録による速度値の信頼性の評価

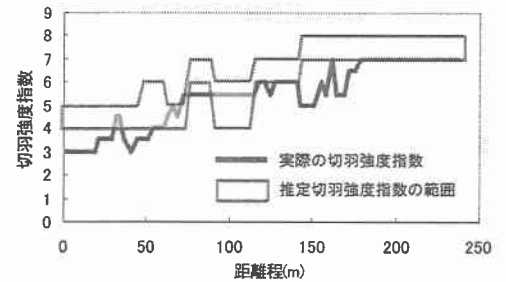
波線通過率が80%以上で、施工が完了し、切羽観察記録が存在する10トンネルを対象として、事前調査により得られた弾性波速度から推定した地山状況が、実際の地山状況をどの程度把握できていたかの検証を行う。なお検証には、切羽観察記録の一軸圧縮強度(C項目)と風化変質(D項目)の評価点を単純加算した切羽強度指数を用いた。実際の切羽強度指数の推移、および弾性波速度から推定した切羽強度指数の範囲の推移を図-4に示す。推定した切羽強度指数の範囲に、実際の切羽強度指数が含まれた場合、両者は一致したとし、それがトンネル全体に占める割合を一致率と定義する²⁾。同図より、従来法に比べ、トモグラフィ法は、切羽強度指数が細かく変化していることがわかった。次に、山口県下および他県のトンネルにおいて、トモグラフィ法および従来法の一致率を求めた。結果を図-5に示す。全体的に見ると、多少のばらつきがみられ、どちらの手法が有利であるとは言い難い。しかし、山口県下のトンネルについては、多くのトンネルにおいて、トモグラフィ法は従来法に比べ、若干高い一致率となる傾向がみられる。従来法は、地質構造が連続的に変化するような複雑な地山での解析は困難である。山口県は、他県に比べ多種多様な岩種が存在することや、地質構造が複雑である³⁾といわれている。このため、従来法に比べ、トモグラフィ法が、山口県の地山調査には向いていたものと考えられる。

4. まとめ

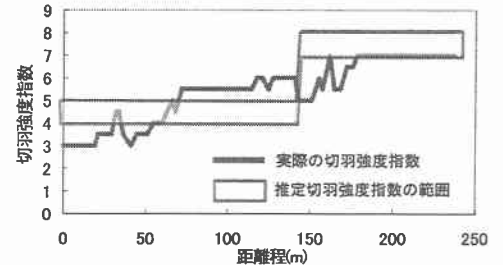
本研究では、従来法により弾性波探査解析が行われた山口県下の18トンネルについて、トモグラフィ法を用い、弾性波の波線通過状況を確認し、事前調査の評価を行った。その結果、トンネル深度まで十分波線が通っている事例が多く、比較的適切な探査が行われていたといえる。また、従来法に比べ、トモグラフィ法は若干一致率が高く、山口県下の事前調査におけるトモグラフィ法の適用は有利であると考えられる。

参考文献

- 1) 鈴木守, 富田宏夫: トンネル地質調査の性格と問題点(2) トンネルと地下 第24巻 10号, pp.49-59, 1993.10
- 2) 三木茂, 吉田幸信, 井上浩一, 中川浩二: トモグラフィ的弾性波探査手法によるトンネル地山調査の評価, 土木学会論文集(投稿中)
- 3) 西村祐二郎, 松尾秀男: 山口県の岩石図鑑, 第一学習社, p.13, 1991.5



(a) トモグラフィ法



(b) 従来法

図-4 切羽強度指数の推移

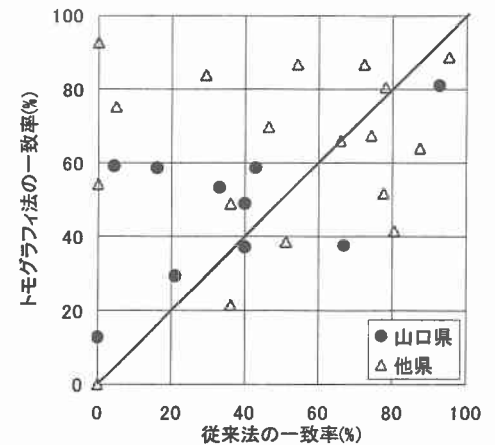


図-5 切羽強度指数一致率の比較