

トモグラフィ的弾性波探査解析法における初期値設定について

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 ○三木 茂
 (株)ロード・エンジニアリング 正会員 井上 浩一
 日本道路公団中国支社 徳舂 幸隆
 山口大学工学部 正会員 中川 浩二

1. はじめに

近年、トンネル事前調査における弾性波探査において、トモグラフィ的解析が行われるようになってきた。しかし、トモグラフィ的解析では、解析初期値とする弾性波速度の設定方法により解析結果が異なることがある。したがって、トモグラフィ的解析において適切な解析結果を得るためには、初期値の設定方法について検討しておく必要がある。そこで、山口県下で花崗岩地山を対象として施工されたトンネルについて、初期値が解析結果におよぼす影響について検討を行った結果を報告する。

2. 検討方法

検討を行ったトンネルは表-1に示す3トンネルであり、トモグラフィ的解析は、事前調査段階に実施された弾性波探査結果(走時曲線)を用いて行った。解析に際しては、各トンネルとも地山全体を一様な初期値として5.0km/s、4.0km/s、3.5km/sおよび2.0km/sに設定し、繰り返し計算回数は30回とした。なお、ここで用いた値は、トンネル地山分類¹⁾において、花崗岩に対するB～CⅡ分類における平均的な値に相当する。各初期値に対する解析結果の評価は、次に示す方法で行った。中川ら²⁾は施工時における切羽観察記録³⁾においてC項目(圧縮強度)とD項目(風化変質)に着目し、

記録におけるC+D値と地山の弾性波速度の関係を示した。ここでは、解析結果(速度分布断面図)からトンネル計画面に沿った弾性波速度を求め、弾性波速度から中川らの方法に従い、C+D値を推定した。結果の評価は、解析から推定したC+D値と切羽観察記録におけるC+D値を比較することで行った。すなわち、解析弾性波速度から推定したC+D値と切羽観察記録におけるC+D値の一致率が高い結果ほど、地山の状態を適切に推定した解析結果となる。表-2に、花崗岩におけるC+D値と弾性波速度の関係を示す。

3. 解析結果

表-3は解析初期値と解析におけるRMS残差(測定走時と解析走時の2乗平均残差)の関係を、表-4は解析初期値とC+D一致率の関係を示したものである。なお、表中の採用結果は、試行解析により最小のRMS残差となった初期値に対する解析結果である。また、図-1はAトンネルにおいて各初期値における波線の通過状況を示したものである。解析結果をまとめると、以下のようになる。

- ・初期値を高い値に設定するほど、波線は深部まで通過する。しかし、表層部では初期値により波線の通過状況は大きく変化しない(速度分布も大きく変化しない)。
- ・RMS残差が小さいほど、C+D一致率が高くなる傾向があるが、RMS残差の差は非常に小さな値である。

表-1 検討トンネルの概要

トンネル名	トンネル長	最大土被り
A	1120(680)m	111.5m
B	294m	30.0m
C	347m	56.6m

()は解析を行った区間長

表-2 弾性波速度と切羽観察記録(C,D)の関係

弾性波速度 (km/s)	切羽観察項目		
	C(圧縮強度)	D(風化変質)	C+D
4.9～	1～2	1～2	2～4
3.6～4.9	2～3	2	4～5
3.1～3.6	2～3	2～3	4～6
2.6～3.1	3	3～4	6～7
～2.6	3～4	4	7～8

- ・ C+D 一致率とトンネル計画面における波線通過状況の関係をみると、定性的であるが、波線がいろいろな方向から数多くトンネル計画面を横切る結果において C+D 一致率が高くなる傾向がある。
- ・ 初期値の採用結果としては、A トンネルでは層構造解析(はぎとり解析) 結果における基盤速度より低い値となったが、B および C トンネルにおいては、概ね、層構造解析結果における基盤速度と等しい値となっている。
- ・ 検討した3トンネルにおいては、初期値を C I ～ C II 相当の弾性波速度に設定すると、概ね良い結果(C+D 一致率の高い結果)が得られると推定される。

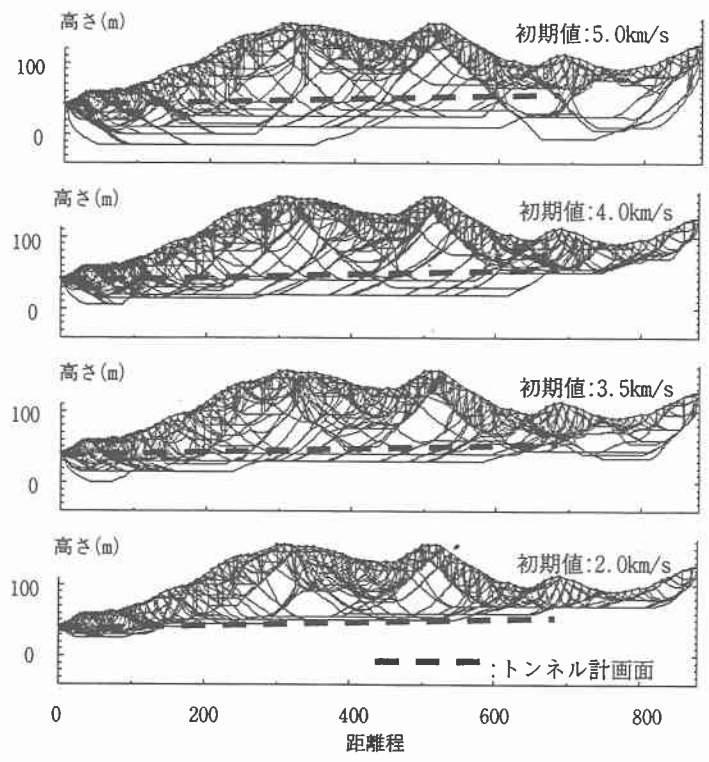


図-1 初期値による波線の変化(A トンネル)

4. 初期値設定に関する考察

本解析結果より、初期値の設定に際しては、初期値を変化させた解析を行い、RMS 残差が最小となる値を採用するのが良いと考えられる。しかし、RMS 残差の変化は小さいので、トンネル計画面における波線通過状況も参考とすることが必要である。この場合、波線がいろいろな方向から数多くトンネル計画面を通過することが、初期値設定のめやすとなると考えられる。また、層構造解析結果が利用できる場合、トンネル計画面付近の速度(基盤速度)を初期値として用いることが考えられるが、この場合においても前後の値を初期値とした解析を行い、RMS 残差および波線通過状況を参考として決定することが望ましい。

表-3 初期値と RMS 残差の関係

トンネル	初期値(km/s)					層構造解析結果基盤速度(km/s)
	5.0 (B)	4.0 (C I)	3.5 (C II)	2.0 (D I)	採用結果 (初期値)	
A	10.8%	10.7%	10.1%	10.8%	10.1%(3.5)	4.4～4.5
B	8.3%	8.7%	9.0%	8.6%	8.0%(4.5)	4～4.7
C	4.8%	4.8%	4.9%	4.9%	4.5%(4.2)	4.1

表-4 初期値と C + D 一致率の関係

トンネル	初期値(km/s)					層構造解析結果基盤速度(km/s)
	5.0 (B)	4.0 (C I)	3.5 (C II)	2.0* (D I)	採用結果 (初期値)	
A	68%	71%	81%	---	81%(3.5)	48%(4.4～4.5)
B	18%	55%	46%	---	68%(4.5)	36%(4～4.7)
C	31%	28%	29%	---	39%(4.2)	42%(4.1)

*2.0km/s した場合、いずれのトンネルも波線が完全に通過しなかった。

参考文献

- 1) 日本道路公団:設計要領第三集第9編トンネル, pp. 32-36, 1985.
- 2) 中川ほか:トンネル事前設計における地質調査の問題点とその評価に関する研究, 土木学会論文集, No. 658/VI-48, pp. 34-43, 2000.
- 3) 日本鉄道建設公団:NATM 設計施工指針, 1996.