

弾性波探査トモグラフィ的解析法の初期速度設定について

三木茂¹・進士正人²・吉田幸信³・中川浩二⁴

¹正会員 理修 山口大学大学院学生 理工学研究科 後期博士課程 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台)

²正会員 Ph.D. 山口大学助教授 工学部 社会建設工学科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台)

³正会員 工修 日本道路公団 四国支社高松技術事務所 (〒760-0065 香川県高松市朝日町4-1-3)

⁴フェロー会員 工博 山口大学教授 臨床トンネル工学研究所 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台)

近年、トンネル弾性波探査にトモグラフィ的解析法(トモグラフィ法)が用いられる事例が増加したが、解析に際しては初期速度設定方法が課題となる。初期速度設定方法として、①解析実績に基づく深度-速度関係を用いる方法、②一様速度を与える方法、に加えて、③簡易ミラージュ層解析結果を用いる方法、④簡易層構造解析結果を用いる方法を提案し、さらに⑤層構造解析(はぎとり法解析)結果を用いる方法、をとりあげ、切羽強度指数一致率による評価を行った。検討トンネルにおいては、いずれの設定法も顕著な差は見られなかったが、③および④が比較的実用的な方法であると考えられた。ここでは、トモグラフィ的解析法における初期速度設定方法とその評価について報告する。

Key Words : seismic velocity, seismic prospecting, tomography, tunnel, geological observation record

1. はじめに

山岳トンネルにおける事前調査では、弾性波探査屈折法が地山状況を把握するための調査法として一般的に用いられている。ところが、弾性波探査を含めた事前調査の技術的限界や調査数量の不足に起因して、調査時に想定した地山状況と実際の地山状況が異なることがある¹⁾。一方、このような状況を改善するための調査技術として、弾性波探査にトモグラフィ的解析法を適用する試みが行われている²⁾。

トモグラフィ的解析法は、複雑な地山の速度分布の解析法として有効と考えられるが、良好な結果を得るためには、適切に初期速度を設定することが重要である。これは、解析法が測定データ数やその精度、測定点配置などに影響されやすく、初期速度の設定により結果が異なることが多いためである。例えば、図-1は、同じ探査結果について、3通りの一様な初期速度を与えて解析を行った結果であり、トンネルに沿った速度分布は初期速度により異なっている。このため、実際の地山に近い速度分布を初期速度として用いるのが良いと報告されている³⁾。

トモグラフィ的解析における初期速度設定方法としては、①一様な速度値を設定し、値を変えて複数回解析を行い最小のRMS残差(平均二乗残差)となる解析

結果を採用する方法³⁾、②はぎとり法解析結果を用いる方法²⁾、③速度検層結果や経験に基づき深度とともに速度が増加する層構造で与える方法²⁾などがある。

一方、実務においては、地山状況に関する事前情報、解析者の経験、使用する解析プログラムの特性や予備解析結果などから判断して初期速度は設定されており、決定的方法が示されていないのが実状であると考えられる。また、このことに関する研究は少なく、実際の地山での検討は限られており⁴⁾、初期速度設定について地山評価の観点から十分評価されていない。そこで、本報告では、既に行われた弾性波探査結果についてトモグラフィ的解析法で再解析し、トンネルに沿った速度分布と施工時の切羽観察記録⁵⁾を比較することで初期速度設定法の地山評価への影響について検討するとともに適切度の評価を行った。初期速度設定方法としては、ここで提案する2方法を含めた5方法を採用した。

2. 検討方法

(1) 対象トンネルと解析方法

検討対象としたトンネルは、すでに施工が終了した表-1に示す21トンネルであり、主に中国地方、四国地方に位置する。ただし、A-4トンネルとA-5トンネルは、1

表-1 検討トンネルの概要

トンネル名	地質 (タイプ)	測線長 (m)	最大土被り厚(m)
G-1	花崗岩 (II)	880	112
G-2		250	57
G-3		300	30
S-1	粘板岩 (I)	660	88
S-2		350	49
S-3		330	60
S-4		600	80
S-5		520	67
S-6		720	112
S-7		240	48
S-8		310	86
S-9		300	67
S-10		360	78
A-1	砂岩・頁岩 互層 (I)	580	52
A-2		205	30
A-3		575	73
A-4		550	45
A-5			54
A-6		330	30
A-7		390	57
Sh-1	結晶片岩 (I)	430	49

本の測線で2本のトンネルの弾性波探査が実施された。主な地質は、花崗岩、中生層の粘板岩、中生代白亜紀の砂岩・頁岩互層(和泉層群)などである。なお、弾性波探査は、はざとり法解析を前提になされたものなので、必ずしもトモグラフィ的解析法に適した起振点の配置、測定走時数や精度とはなっていない。

解析に使用したプログラム⁹⁾は、アイコンナル方程式の差分近似で理論走時を解析し、同時反復法(SIRT法)を用いて速度を逆算する方法を用いたものである。解析に用いた格子間隔を5mとし、繰り返し計算回数は20回とした。また、全ての解析結果において、繰り返し計算回数20回目から21回目におけるRMS残差の低下は0.1%程度となり、ほぼ収束しているといえる。

(2) 初期速度設定方法

検討を行った初期速度設定方法は、次に示す5手法(設定法A~E)であり、設定法CおよびDは、ここで提案する設定法である。また、各設定法で採用した初期速度は、表-2に示すとおりである。なお、A4、A5トンネルは、1測線で2トンネルの探査が実施された。

a) 解析実績の平均的な深度-速度関係に基づく方法(設定法A)

この方法は、多数のトンネルでのトモグラフィ的解析結果(本検討と同一のプログラムを使用)を岩種別に深度と速度の関係について整理し、その結果を初期速度として使用するものである。図-2は、主に中国地方、四国地方のトンネルについて、岩種ごとに深度と速度の関係を平均したものであり、それぞれ花崗岩では16トンネル、粘板岩では15トンネル、結晶片岩では9ト

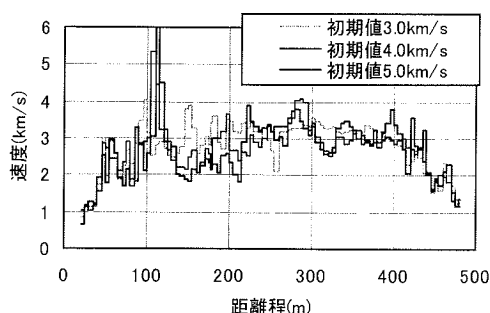


図-1 初期速度(一様)による解析結果の変化(S-5トンネル)

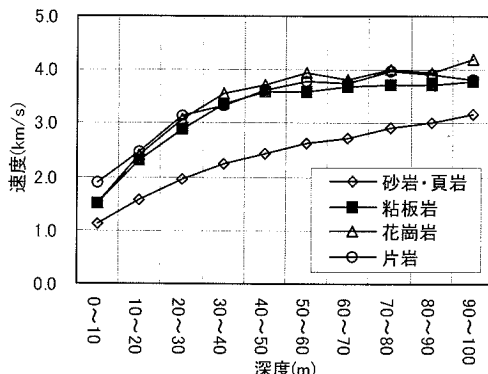


図-2 実績に基づく深度と速度の平均的關係

ンネル、砂岩・頁岩互層では13トンネルの解析結果の平均値である。なお、図-2に示した関係を求めるための解析に際しての初期速度は、次に示す一様速度を用いる方法を使用した。

b) 一様速度を用いる方法(設定法B)

設定する初期速度は一様であるとして、以下のように決定する。地山の岩種に対応する道路トンネルの地山分類⁹⁾において分類BからD Iに相当する代表速度値を初期速度として数ケースの解析を行い、そこにおいて最もRMS残差が低くなる速度を初期速度とし、その解析結果を採用するものである。

c) 簡易ミラージュ層解析結果を用いる方法(設定法C)

この方法は、比較的簡易な初期速度設定方法として提案するものである。図-3(a)は、S5トンネルの走時図について、全ての起振点を原点におき、受振距離と走時の関係をプロットしたものである。地盤の速度は地表面の速度を V_0 (km/s)、最大速度を V_m (km/s)として、深度 z (m)に対して速度増加率 k (km/s/m)で増加すると仮定し、図-3(a)から深度と速度の関係を求めることで初期速度を設定する。なお、トンネル弾性波探査では基礎速度が5.0km/s前後となることが多いので、最大速度 V_m は5.0km/s以下に制限した。図-3(a)中の実線は、最小二乗

表-2 設定初期速度一覧表

トンネル	設定法B (km/s)	設定法C			設定法D				
		初期速度 (km/s)	最大速度 (km/s)	増加率 (km/s/m)	第1層 V_1 (km/s), H_1 (m)	第2層 V_2 (km/s), H_2 (m)	第3層 V_3 (km/s), H_3 (m)	第4層 V_4 (km/s), H_4 (m)	第5層 V_5 (km/s)
G-1	3.5	0.57	4.0	0.059	$V_1=0.63, H_1=6.0$	$V_2=1.2, H_2=20.6$	$V_3=3.8$		
G-2	4.2	0.37	5.0	0.084	$V_1=0.42, H_1=4.9$	$V_2=1.4, H_2=21.8$	$V_3=5.0$		
G-3	4.5	0.40	2.9	0.179	$V_1=0.34, H_1=0.8$	$V_2=0.93, H_2=5.7$	$V_3=2.4, H_3=17.2$	$V_4=3.8$	
S-1	3.3	0.47	3.0	0.132	$V_1=0.50, H_1=2.2$	$V_2=1.1, H_2=8.8$	$V_3=2.7, H_3=20.1$	$V_4=3.4, H_4=17.5$	$V_5=3.8$
S-2	3.2	0.31	2.9	0.153	$V_1=0.35, H_1=2.3$	$V_2=1.2, H_2=9.9$	$V_3=2.3, H_3=6.7$	$V_4=3.2$	
S-3	2.8	0.40	5.0	0.108	$V_1=0.39, H_1=3.0$	$V_2=1.4, H_2=22.0$	$V_3=5.0$		
S-4	3.0	0.69	4.3	0.134	$V_1=0.71, H_1=3.0$	$V_2=1.5, H_2=5.5$	$V_3=2.7, H_3=31.8$	$V_4=5.0$	
S-5	2.7	0.40	2.7	0.142	$V_1=0.40, H_1=2.2$	$V_2=1.2, H_2=8.3$	$V_3=2.4, H_3=33.0$	$V_4=4.0$	
S-6	3.3	0.40	4.6	0.095	$V_1=0.44, H_1=3.0$	$V_2=1.0, H_2=10.3$	$V_3=2.4, H_3=18.1$	$V_4=4.6$	
S-7	3.5	0.77	5.0	0.078	$V_1=0.65, H_1=2.8$	$V_2=1.5, H_2=28.1$	$V_3=5.0$		
S-8	3.0	0.75	3.8	0.105	$V_1=0.36, H_1=1.8$	$V_2=2.0, H_2=45.0$	$V_3=5.0$		
S-9	3.0	0.32	4.8	0.094	$V_1=0.34, H_1=3.6$	$V_2=1.5, H_2=41.1$	$V_3=5.0$		
S-10	3.5	0.39	4.7	0.160	$V_1=0.39, H_1=2.5$	$V_2=1.7, H_2=15.9$	$V_3=5.0$		
A-1	2.0	0.51	2.9	0.071	$V_1=0.53, H_1=4.4$	$V_2=1.3, H_2=19.8$	$V_3=3.0$		
A-2	2.9	0.43	3.8	0.056	$V_1=0.44, H_1=4.8$	$V_2=1.1, H_2=23.7$	$V_3=3.4$		
A-3	3.5	0.41	1.8	0.088	$V_1=0.36, H_1=2.1$	$V_2=0.98, H_2=7.9$	$V_3=1.4, H_3=48.0$	$V_4=3.7$	
A-4	2.5	0.55	3.2	0.057	$V_1=0.53, H_1=4.7$	$V_2=1.3, H_2=26.8$	$V_3=3.3$		
A-5									
A-6	3.5	0.52	3.5	0.074	$V_1=0.35, H_1=1.7$	$V_2=1.1, H_2=24.4$	$V_3=3.8$		
A-7	3.0	0.65	3.3	0.078	$V_1=0.49, H_1=1.8$	$V_2=1.2, H_2=18.4$	$V_3=3.3$		
Sh-1	3.5	0.29	5.0	0.172	$V_1=0.37, H_1=2.9$	$V_2=1.7, H_2=15.1$	$V_3=5.0$		

*A4, A5トンネルでは、1測線で2トンネルの探査が実施された

法により決定した近似曲線(曲線と直線)であり、図-3(b)はこの近似曲線に対応した深度と速度の関係を示したものである。図-3(a)の破線で区切った右側の直線部の傾きの逆数が最大速度 V_m を示す。

d) 簡易層構造解析結果を用いる方法(設定法D)

この設定方法は設定法Cと類似する方法であり、比較的簡易な初期速度設定方法として提案するものである。受振距離と走時の関係から、深度方向に速度が段階的に増加する水平層構造として解析を行い層厚と速度を決定し、これを深度と速度の関係として初期速度を設定する。図-4(a)は、図-3と同様、受振距離と走時の関係を示したものであり、図中の実線は最小二乗法により決定した連続する数本の折れ線からなる近似曲線である。実際には、層数を予め2から5層に設定して近似曲線を求め、最もフィッティングの良い最小の層数の結果を採用した。その際、設定法Cと同じ理由により最下層の速度は5.0km/s以下に制限した。図-4(b)は、この近似曲線に対応した深度と速度の関係であり、図-4(a)の破線で区切った区間が図-4(b)の速度 $V_1 \sim V_4$ に対応している。

e) 層構造(はぎとり法)解析結果を用いる方法(設定法E)

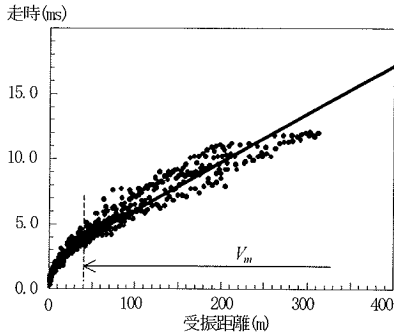
はぎとり法解析結果を初期速度として用いる方法である。本検討では、各トンネルの事前調査結果として得られた従来法による速度断面を用いた。

(3) 妥当性の評価方法

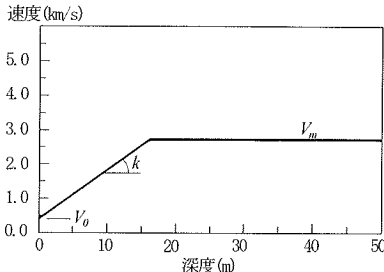
本検討においては、施工時に確認された地山状況か

らトモグラフィ的解析結果の妥当性を評価する方法を採用した。解析結果を評価する際に、速度から決定される支保区分と施工時の支保区分を比較することが考えられる。しかし、実際の支保パターンは地山状況に加えて施工性、安全性を加味して決定されるので必ずしも地山の速度に対応しておらず、妥当な方法とは言えない。そこで、比較的忠実に地山状態を記録していると考えられる施工時の切羽観察記録を利用する。中川ら¹⁰⁾は日本道路公団旧切羽観察記録⁷⁾における観察項目C(圧縮強度)とD(風化変質)に着目し、この評点の合計C+D値と速度の関係を示した。ここでは、C+D値を切羽強度指数(切羽の地山強度に関連する指数)と呼び、この関係から解析結果を評価する。以下、評価方法を示す。

トモグラフィ的解析で得られた波線通過部の速度分布から、トンネル中心での速度を抽出し、地山分類表⁹⁾を用いて切羽強度指数の推定を行う。次に、実際の日本道路公団旧切羽観察記録⁷⁾と比較し、解析から推定された切羽強度指数の範囲が、切羽観察記録の切羽強度指数を含む場合、両者は一致したと判断する。また、検討区間の総切羽観察記録枚数に対して、解析から推定した切羽強度指数と切羽観察記録における切羽強度指数が一致した枚数の比率を切羽強度指数一致率として検討指標とする方法⁹⁾を採用した。すなわち、切羽強度指数一致率が高いほど地山状況を反映した解析結果となり、適切な初期値の設定が行えたことになる。なお、検討区間は土盛り厚20m以上のトンネル一般部とした。トモグラフィ的解析では、波線が通過しない部分

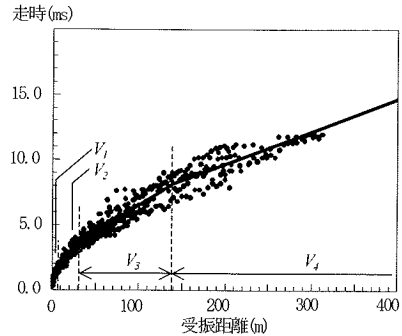


(a) 受振距離と走時の曲線関係

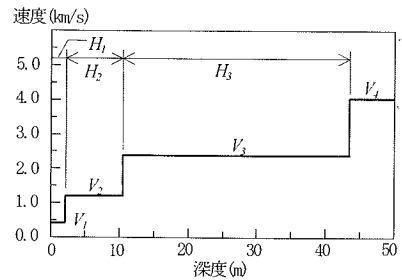


(b) 深度と速度の関係

図-3 設定法C初期値決定例(S-5トンネル)



(a) 受振距離と走時の折れ線関係



(b) 深度と速度の関係

図-4 設定法D初期値決定例(S-5トンネル)

については速度を決定することができない。トンネル位置で波線が通過しない部分が生じた場合、波線が通過した部分を対象に切羽強度指数一致率を求めた。

3. 初期速度設定法の妥当性の検討

(1) 解析結果

検討トンネルについて、各設定法に対する切羽強度指数一致率を求めたものを表-3 に示す。また、表-4 は解析終了時の RMS 残差である。表-3 および表-4 において、網掛け部は各トンネルにおいて最も切羽強度指数一致率が高かった設定法と最も RMS 残差が小さかった設定法である。また、表-3 の従来法は、はぎとり法解析結果から切羽強度指数一致率を求めたものである。なお、G-3 トンネル設定法 E では、収束しなかったので空欄とした。

a) 切羽強度指数一致率と RMS 残差

表-3 に示すように切羽強度指数一致率は、設定法により差が生じる結果となっている。設定法 E で若干高い値を示し、特に砂岩・頁岩互層で高い値を示す。設定法 A では低い値を示す傾向がある。一方、RMS 残差は、表-4 に示すようにトンネル間で大小はあるが、設定法間での大小は小さい。設定法 A で若干大きい値と

なる傾向があり、設定法 B, E で小さい値となる傾向がある。

一方、切羽強度指数一致率が最高となる設定法で、RMS 残差が必ずしも最小となっておらず、切羽強度指数一致率と RMS 残差に特定の関係は認められない。これは、解析結果が初期速度に依存することとともに切羽強度指数のばらつき、測定精度やトモグラフィ的解析におけるモデル化の限界など、複数の要因によるものと考えられる。

b) 切羽強度指数一致率と岩種

表-5 は、切羽強度指数一致率が岩種別に平均した結果である。また、図-5 は、トンネルごとに切羽強度指数一致率の範囲を示したものである。花崗岩では、設定法により値はばらつくが、設定法 C が高い値を示す傾向がある。粘板岩では設定法により切羽強度指数一致率がばらつくトンネル(例えば S-8 トンネル)とばらつきの少ないトンネル(例えば S-4, S-10 トンネル)が見られ、ばらつきの少ないトンネルでは、比較的高い切羽強度指数一致率を示す傾向がある。平均的には設定法 D が高い一致率を示す。砂岩・頁岩互層では、A-2 トンネルを除いて、比較的高い切羽強度指数一致率を示し、設定法間のばらつきも少ない。また、設定法 E が高い一致率を示す。なお、A-2 トンネルでは、切羽観察記録と速度による切羽強度指数の差を 1 ランク許容すれば、

表-3 初期速度設定法と切羽強度指数一致率(%)

岩種	トンネル	従来法	設定法 A	設定法 B	設定法 C	設定法 D	設定法 E
花崗岩	G-1	49.4	62.7	79.1	55.7	50.6	47.5
	G-2	41.5	59.9	34.0	63.2	53.7	45.5
	G-3	36.4	36.4	36.4	63.6	45.5	-
粘板岩	S-1	48.8	50.4	63.6	63.2	62.0	54.5
	S-2	97.6	33.3	42.9	33.3	40.5	52.4
	S-3	9.0	37.0	65.0	40.0	48.0	45.0
	S-4	96.8	83.9	80.6	87.1	79.0	90.3
	S-5	79.2	67.5	72.7	76.6	58.4	71.4
	S-6	72.5	60.9	79.9	71.7	85.1	81.5
	S-7	10.9	45.7	63.0	69.6	67.4	80.4
	S-8	65.6	24.6	34.4	60.7	57.4	13.1
	S-9	64.5	51.6	35.5	54.8	74.2	48.4
	S-10	91.5	80.9	91.5	93.6	87.2	83.0
砂岩・頁岩	A-1	78.8	62.8	55.1	64.7	66.0	66.0
	A-2	7.1	10.7	7.1	14.3	17.9	7.1
	A-3	60.2	48.9	61.4	50.8	54.5	63.6
	A-4	93.8	78.1	93.8	81.3	87.5	93.8
	A-5	97.0	97.0	97.0	95.5	83.6	97.0
	A-6	73.9	71.7	69.6	76.1	67.4	87.0
	A-7	87.0	72.7	79.2	70.1	63.6	77.9
片岩	Sh-1	44.0	55.0	53.2	54.1	47.7	55.0

*網掛け部は、最大切羽強度指数一致率を示す。

表-4 初期速度設定法と RMS 残差(%)

岩種	トンネル	設定法 A	設定法 B	設定法 C	設定法 D	設定法 E
花崗岩	G-1	13.4	11.1	10.4	10.3	10.9
	G-2	6.5	5.9	6.1	7.4	6.0
	G-3	7.5	6.5	7.3	8.3	-
粘板岩	S-1	8.5	6.6	7.3	7.2	6.9
	S-2	7.8	7.7	7.8	7.5	6.8
	S-3	6.1	6.5	5.8	6.1	6.1
	S-4	9.0	6.8	7.7	7.8	6.4
	S-5	8.5	7.3	6.4	6.9	5.9
	S-6	7.2	6.2	6.0	6.1	6.3
	S-7	9.0	7.2	6.4	7.8	6.9
	S-8	10.9	7.9	8.3	9.1	5.9
	S-9	4.1	6.0	4.3	4.9	6.5
	S-10	8.9	5.2	8.8	8.5	6.4
砂岩・頁岩	A-1	5.0	2.7	2.9	2.7	2.7
	A-2	8.9	6.7	7.2	7.5	6.4
	A-3	8.4	7.2	7.9	7.6	7.4
	A-4	11.5	7.3	7.7	8.5	7.5
	A-5	11.5	7.3	7.7	8.5	7.5
	A-6	6.6	6.5	6.4	7.2	6.4
	A-8	11.9	6.9	7.5	8.6	8.0
	片岩	Sh-1	9.1	8.2	11.3	9.0

*網掛け部は、最小 RMS 残差を示す。

表-5 岩種別切羽強度指数一致率(%)

岩種	従来法	設定法 A	設定法 B	設定法 C	設定法 D	設定法 E
花崗岩	42.4	53.0	49.8	60.8	49.3	46.5
粘板岩	63.6	53.6	62.9	65.1	65.9	62.0
砂岩・頁岩	71.1	63.1	66.2	64.7	62.9	70.3
全体	62.2	56.7	61.7	63.8	61.8	60.0

いずれの設定法も90%前後の高い一致率を示す。片岩では1トンネルであるが、設定法間の一致率のばらつきは少ない。

(2) 初期速度設定方法に関する考察

検討した設定法においては、地山評価の観点からみれば、大きな差がない評価結果が得られたといえる。

設定法Aは、顕著な有効性を示すものではないが、事前シミュレーションでの想定速度構造として利用することができる。設定法Bは複数回の解析を要するが、初期速度設定は容易である。評価結果も比較的良好であることから、測定現場での概略解析に適した設定法と言える。設定法CおよびDは、検討トンネルおよび設定法の中で比較的良好な評価結果を示す。設定法Cは、花崗岩で有効性が見られた。花崗岩では、深度とともに速度が増加するミラージュ層となる場合があり、岩種の特性に整合した設定方法といえる。設定法Dは、粘板

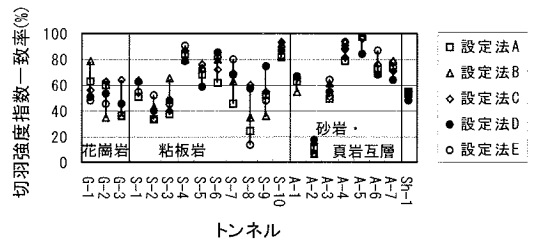


図-5 切羽強度指数一致率の分布範囲

岩および砂岩・頁岩互層で比較的良好な評価結果となった。設定法Eは、ばらつきのある評価結果となった。

この原因については明確ではないが、はざとり法解析における解析技術者の判断のばらつきも一因として考えられる。また、はざとり法解析では経験と時間を要するので簡易な設定方法とは言えない。

一方、設定法について切羽強度指数一致率に大きな差が生じなかった原因については、切羽強度指数が観察結果に基づく半定量的なばらつきのある値であること、使用した弾性波探査データがトモグラフィ的解析を前提として実施されたものでないことなどが考えられる。

4. まとめ

トモグラフィ的解析法の初期速度設定に関して、5通りの設定法をとりあげ、切羽強度指数に基づく検討を行った。その結果、いずれの設定法も、地山評価の観点からみれば、大きな差がない評価結果となった。しかし、トモグラフィ的解析法の適用に際しては、初期速度設定法により、解析結果に差が生じることは認識しておく必要がある。本検討で得られた知見をまとめると以下ようになる。

- ①検討トンネルおよび初期速度設定法では、収束状態でのRMS残差の大小は、必ずしも切羽強度指数一致率の高低と一致しなかった。
- ②検討トンネルおよび初期速度設定法において、特に優れた設定方法はなかったが、ここで提案した簡易ミラージュ層あるいは簡易層構造解析に基づく設定方法(設定法C, D)が比較的事務に適した設定法と言える。
- ③花崗岩では、簡易ミラージュ層解析による設定法(設定法C)が、粘板岩および砂岩・頁岩互層では、簡易層構造解析による設定法(設定法D)が比較的良好であった。

本報告で検討したトンネルの地質や地域は限られており、他の地質や地域についても検討する必要がある。トモグラフィ的解析法の初期値については、実務上、解析手法の研究のみでは解決できない面がある。ここで示した検討方法は多くの解析プログラムにも適用できるものである。一方、トモグラフィ的解析を前提として実施された探査結果について、ここで示した検討は必要であると考えられ、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 鈴木昌次, 古川浩平, 井上洋司, 中川浩二: NATM施工実績に基づく事前設計の評価に関する一考察, 土木学会論文集, No.427/VI-14, pp. 261-270, 1991.
- 2) 林宏一, 斎藤秀樹: 高精度屈折法地震探査の開発と適用例, 物理探査, Vol.51, pp. 471-492, 1998.
- 3) 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, No.707/VI-55, pp. 111-124, 2002.
- 4) 大友秀夫: ジオトモグラフィ技術の現況, 物理探査, Vol.39, pp. 58-70, 1986.
- 5) 羽竜忠男, 伝法谷彰人: 高密度屈折法地震探査における最適インバージョン, 物理探査, Vol.54, pp. 1-20, 2001.
- 6) 三木茂, 井上浩一, 徳舛幸隆, 中川浩二: 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, 第53回平成13年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.319-320, 2001.
- 7) 日本鉄道建設公団: NATM設計施工指針, 1996.
- 8) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社: 高密度弾性波探査解析プログラムパンフレット, 1999.
- 9) 日本道路公団: 設計要領第三集第9編トンネル, pp. 33-36, 1985.
- 10) 中川浩二, 保岡哲治, 北村晴夫, 三木茂, 藤本睦, 木村恒雄: 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.

(2003. 7. 11受付)

CONSIDERATION ON THE INITIAL VALUES IN TOMOGRAPHIC ANALYSIS METHOD FOR THE SEISMIC REFRACTION SURVEY

Shigeru MIKI, Masato SHINJI, Yukinobu YOSHIDA and Koji NAKAGAWA

Recently, tomographic analysis has been applied to the seismic refraction survey for tunnel geological investigations. In tomographic analysis, it is important to use appropriate initial velocities. Therefore, 5 methods to set initial velocities were examined by using geological observation records at the tunnel face. The results showed that slight difference in a coincidence with geological observation records was recognized among tomographic solutions led by the 5 setting methods. However, the tomographic solutions by initial velocities setting method from 2 simple travel time analyses showed well coincidences with the geological observation records. In this paper, we report the problems and setting methods of the initial velocities in tomographic analysis.