

(Ⅲ - 32) 弾性波ジオトモグラフィーによるトンネル周辺地盤の物性値分布の推定

長岡技術科学大学

長岡技術科学大学

長岡技術科学大学

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員

学生会員 ○山上 利昭

正会員 本城 勇介

正会員 小川 正二

正会員 阪上 最一

1. はじめに

ジオトモグラフィーでは、未知パラメータの数が非常に多いにもかかわらず、使えるデータが質・量ともに乏しい為に、解が不安定となることが多い。本城らは、この問題点を克服するために何らかのフィルターを用いることを提案している¹⁾。今回、この手法を用い亀裂性溶結凝灰岩のジオトモグラフィー解析を行ったところ、良好な結果を得たので報告する。

2. 解析方法

解析モデルとして図-1を考える。

$$\underline{y} = R \cdot \underline{\theta} + \underline{\varepsilon} \quad (1)$$

ここに、 $\underline{y}$: 観測時間ベクトル (sec)

R : 弾性波の通る距離マトリックス (m)

$\underline{\theta}$: 材料定数=弾性波速度の逆数ベクトル (sec/m)

$\underline{\varepsilon}$: ノイズ・ベクトルで正規分布に従い、 $N(0, \sigma \varepsilon^2)$

ここで、図-2に示すような次式で表されるフィルターを用いる。

$$\underline{\theta} = S \cdot \underline{\delta} + \underline{\delta} \quad (2)$$

ここに、 S : β_r , β_c を成分とする局所平均マトリックスで亀裂帯の異方性を表す。この問題では、 $\beta_r + \beta_c = 0.5$ と仮定し $\beta_r = \beta_c = 0.25$ で等方となる。

$\underline{\delta}$: スムージングの重みを与えるランダムベクトルで、正規分布に従い、 $N(0, \sigma \varepsilon^2)$

式(1)と(2)を考慮し、最終的に次の目的関数を最小化する。

$$J(\underline{\theta}) = (R\underline{\theta} - \underline{y})^T (R\underline{\theta} - \underline{y}) + \lambda \underline{\theta}^T T^T T \underline{\theta}$$

ここに、 $T = I - S$

λ : 観測情報と主観情報をマッチングさせるスカラー値で、ABIC(赤池ベイズ情報量基準)により決定する。

次式で表されるABICが小さいほど、最適解である。

$$ABIC = -2(\text{ベイズ・モデル対数尤度}) + 2(\text{超パラメーター数})$$

3. 解析データ

今回の解析には、あるトンネル施工現場において行われた孔間弾性波探査のデータを用いた。弾性波速度の測定は、図-3のように鉛直孔内に3箇所の起振点を、傾斜孔内に1m間隔で12箇所の受振点をそれぞれ設けて、2孔間の岩盤を対象として実施した。図-4に、各起振点から受振点までの測線を、表-1に各起振点の試験結果を示す。

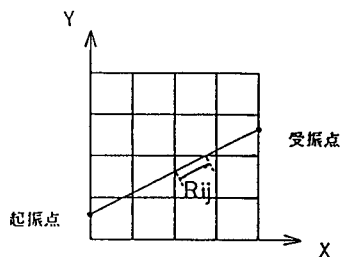
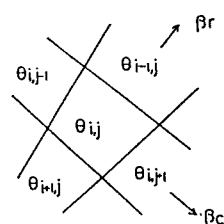


図-1 モデル



$$\theta_{i,j} = \beta_r (\theta_{i-1,j} + \theta_{i+1,j}) + \beta_c (\theta_{i,j-1} + \theta_{i,j+1}) + \delta_{ij}$$

図-2 異方性フィルター

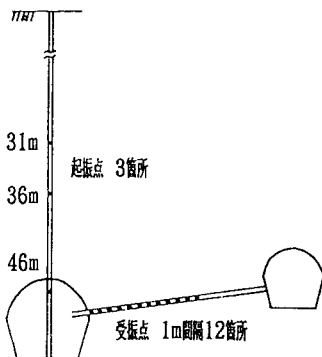


図-3 起振点受振点

表－1 各測線におけるP波速度測定結果

受振位置	深度 31m		深度 36m		深度 46m	
	距離 (m)	走時 (sec)	距離 (m)	走時 (sec)	距離 (m)	走時 (sec)
1	19.8	0.0053	12.9	0.0044	4.7	0.0017
2	19.7	0.0056	13.2	0.0045	5.6	0.0019
3	19.8	0.0058	13.5	0.0046	6.5	0.0020
4	19.8	0.0066	13.8	0.0049	7.3	0.0023
5	20.0	0.0066	14.3	0.0051	8.3	0.0025
6	20.2	0.0075	14.8	0.0065	9.3	0.0027
7	20.4	0.0064	15.3	0.0054	10.2	0.0029
8	20.7	0.0070	15.8	0.0064	11.2	0.0031
9	21.0	0.0073	16.5	0.0063	12.1	0.0032
10	21.3	0.0069	17.1	0.0065	13.1	0.0035
11	21.7	0.0074	17.8	0.0069	14.1	0.0037
12	22.2	0.0075	18.5	0.0067	15.1	0.0040

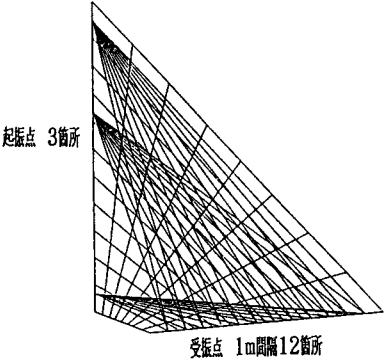


図-4 測線

4. 解析結果

本解析法によって得られた、ABIC～λとの関係を図－5に示す。この図より、ABIC値が最も小さいのは、 $\beta_r=0.4$ ($\beta_c=0.1$)、 $\lambda=2.7$ の場合である。この場合のP波速度分布は、図－6のようになった。

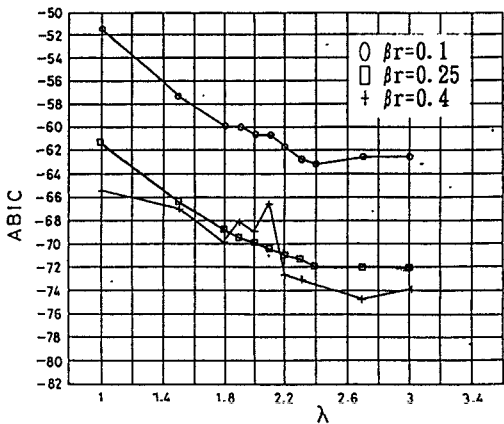


図-5 ABIC～λ関係

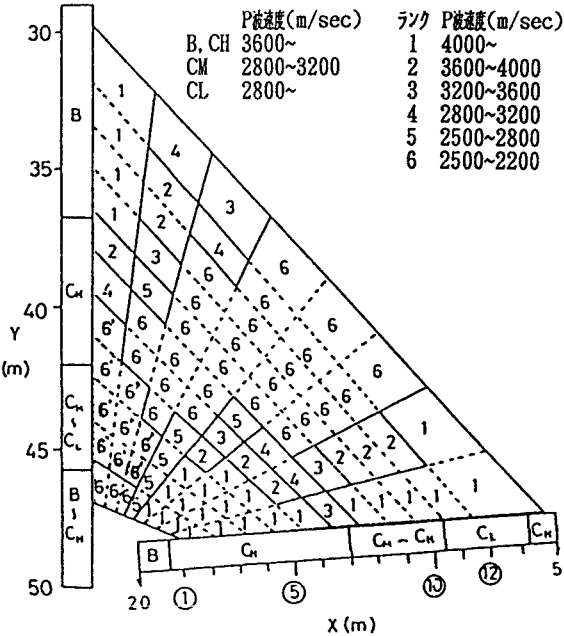


図-6 P波速度分布

5. まとめ

本城らの提案する手法を用いて、観測情報と主観情報（平滑化フィルター）を適切に合成することにより、通常の解析では得られない解析結果を得ることができ、本解析法の有効性を確認することができた。

<参考文献>

1)Honjo,Y and Kashiwagi,N.(1991),”On the optimum design of a smoothing filter for geophysical to mo-graphy.”, Soils and Foundations, Vol.31, No1.
2)阪上ほか.(1992), 亀裂性溶結凝灰岩の弾性波ジオトモグラフィー解析, 第27回土質工学研究発表会, pp143~146