

簡易な弾性波速度分布による非破壊検査手法

Nondestructive inspection technique using distribution of elastic wave velocity

○宮永 泰光*, 岡田 謙吾**, 小林 晃***

MIYANAGA Yasumitsu, OKADA Kengo, KOBAYASHI Akira

1. はじめに

ため池は全国に 21 万個存在するといわれている。しかし、土構造物は劣化状況の把握が難しく、現状調査手法も定まったものがない。本研究では2つの受信機とインパクトエコー法を応用して求めた反波面位置を用いて簡便に弾性波速度分布を推定する方法を検討した。

2. 弾性波探査

インパクトエコー法を応用した反射点評価^{1),2)}により、同定した反射面位置を用いて、その箇所の弾性波速度を2つの受信器を用いて推定する手法を新たに提案する。受信点1, 2の相対パワースペクトルと周波数 (R-F) の関係を求め、それぞれの反射波が同じ深度の境界面で反射していると仮定する。図-1 に示すように、受信機1のピーク時の周波数 f_1 を同定し、受信点2の R-F の関係から f_1 より小さい周波数で相対パワースペクトル R のピーク値をもつ f_2 を同定する。そして、図-2 に示す受信点1, 2の片道伝搬距離 $L_1(=V/2f_1), L_2(=V/2f_2)$ の関係から、式(1)が成り立つ。これより、この層の弾性波速度 V を式(2)で推定できる。

$$\left(\frac{V}{2f_1}\right)^2 + 0.5^2 = \left(\frac{V}{2f_2}\right)^2 \quad (1)$$

$$V = \sqrt{\frac{f_1^2 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}} \quad (2)$$

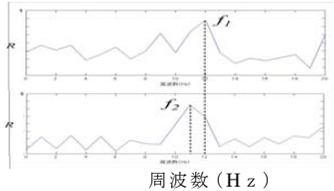


図-1 受信点1, 2の R-F の関係

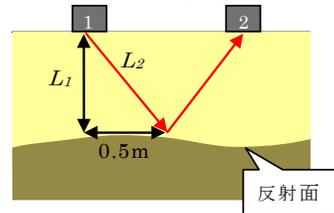


図-2 伝搬距離

Fig. 1. Relation of R-F at reception point 1, 2 Fig. 2. Propagation Distance

得られた V を反射面の深度における受信機1, 2の中央点での速度としてプロットする。

3. 適用例

3.1 検討手法

あるため池に本手法を適用し、有効性を検討した。提案する弾性波速度探査法を行い、2節で説明した弾性波の反射点評価手法と同様の手法を適用した電磁波探査³⁾および4極ウェンナー法による電気探査を行い、この3つの手法から得られた内部状況の推定結果と比較した。結果の整理には自己組織化マップ(Self-Organizing Maps: SOM)⁴⁾を用いて、3つの物理探査の結果を5つにクラスタリングした結果と本研究で開発した弾性波速度分布推定手法を比較する。

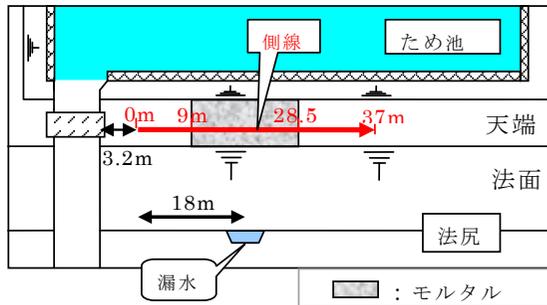


図-3 ため池の概要

Fig. 3. Schematic view of the tank

*京都大学大学院 Kyoto University **西松建設 Nishimatsu Co. ***関西大学大学院 Kansai University
非破壊検査 弾性波速度 SOM

3.2 ため池の概要

図-3にため池の概要図を示す.このため池では計測線の18m付近の法尻で漏水が見られる.この堤体では過去に計測線の9-28.5mの間でセメントミルクを注入して改良した.天端において,弾性波探査を右岸から計測線の37mまで1m間隔,電磁波探査を1m間隔,および電気探査を37mまで電極間隔0.8mで行った.

4.3 ため池の探査結果

SOMのクラスタリングの意味を表-1に,SOMを用いた解析結果を図-4に,図-5に弾性波速度分布を示す.堤体の右岸側から9-18mの深度3mより深い箇所で低速度域が見られる.この領域はクラスター1と良い一致を示す.表-1からクラスター1は電磁波の反射が大きく,低比抵抗で,弾性波の反射が少ない領域であり,劣化が予想される.以上の結果より,セメントミルク注入区間の深度3m以深では空隙が多くなり,構造が乱れている可能性がある.この部分が高透水性域となり,漏水経路となっていることが予想される.

表-1 物理探査データの SOM による,各クラスが有する相対的な物理量の大きさ.

Table 1. Relative size of physical quantity at each cluster in SOM

クラス	1	2	3	4	5
弾性波 R スペクトル	小	中	小	大	小
比抵抗値	小	中	大	小	小
電磁波 R スペクトル	大	中	小	大	小

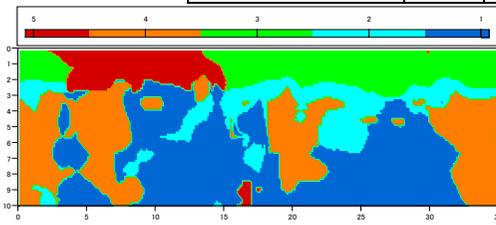


図-4 SOM 結果
Fig. 4. Result of SOM

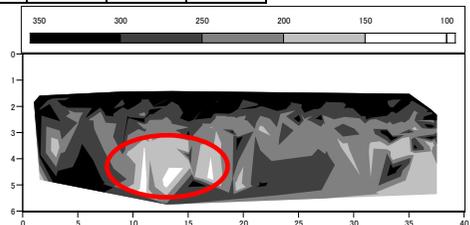


図-5 弾性波速度分布(m/s)
Fig. 5. Distribution of elastic wave velocity

5. まとめ

2つの受信機を用いた弾性波探査で深度方向の速度分布を求める手法を提案した.そして,その方法を漏水が見られるため池に応用した.その結果以下のことが分かった.

1)提案した弾性波速度分布推定手法は他の弾性波探査,電磁波探査,電気探査結果と調和的な結果を示し,内部構造の推定に効果的であることが分かった.

2)提案した手法は受信点を1つ増加させるだけであり,通常の弾性波探査の計測準備,時間に大きく影響を与えることはなく,簡便に異なる視点からの情報を得ることができる.

参考文献

- 1) 小林晃, 丹羽亮太, 柳本智也, 山本清仁, 青山成康(2007):弾性波を用いたため池堤体内の水分状況推定, 農業土木学会論文集, No. 249, pp. 1-8.
- 2) Kobayashi, A., Yamamoto K. and Tsunematsu H.(2008): Improvement of elastic wave exploration as nondestructive investigation method of irrigation tank embankment, Journal of Rainwater Catchment Systems, Vol. 14, No. 1, pp. 33-40.
- 3) Kobayashi, A., Yamamoto K, Yanagimoto T, Tsunematsu H, and Aoyama S.(2008): Nondestructive investigation of soil structure with radar, Doboku Gakkai Ronbunshuu C, Vol. 64, No.3, pp. 629-638.
- 4) Kohonen, T.:Simultaneous order in nervous nets from a functional standpoint, Biological Cybernetics,Vol. 50, pp.35-41,1982.