

新しい弾性波探査によるため池の内部推定

New inference method of inner part of irrigation tank by elastic wave expolation

○岡田 謙吾、小林 晃

○Kemgo Okada and Akira Kobayashi

1. はじめに

ため池などの土構造物も経年劣化し、そこに地震などの災害を被ると、損壊する可能性もある。したがって、コンクリート構造物と同様に土構造物も点検による現状調査を中心とした維持、管理をすべきである。土構造物の点検法として有効な手法が物理探査である。

標準貫入試験やボーリング調査などは詳細な情報を得ることができる一方で、点的な調査であるため面的な地下情報を得るには大変なコストを要する。そこで、まず2次元、3次元的な調査を行える非破壊検査で簡単な地下情報を得て、詳細な調査を必要とする地点を特定することでコストが下がる。つまり、簡便な非破壊検査解析手法の開発が重要である。

筆者らは周波数解析を用いたコンクリートのインパクトエコー法¹⁾を弾性波探査に適用し、実際のため池に実用してきた²⁾。本研究では2つの受信機を用いた簡便な弾性波速度分布の推定法を提案する。

2. 弾性波探査

図1のように地表から送信した弾性波が、音響インピーダンスの異なる地層の境界面で反射して地表に戻ってくる反射波を利用し、地下境界面の位置と形状とを探査する手法である。今回は受信機(スマートフォン)を起振点(受信点1)と1m離れた地点(受信点2)に置いた。

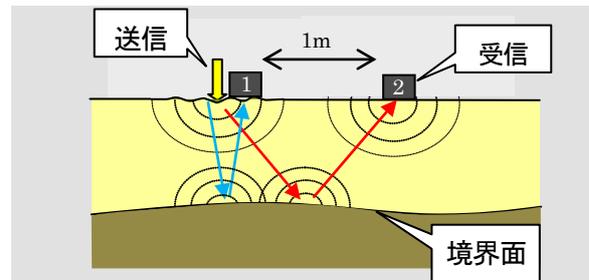


図1 弾性波反射法の概要図

2.1. インパクトエコー法を応用した反射点評価

インパクトエコー法では波は起振面と反射面が固定端 - 固定端で共振すると仮定して、起振点から反射面までの伝播距離を L とすると、半波長($=\lambda/2$)が L に等しい周波数 F で卓越するので、 V を弾性波速度としたとき次式を得る $L=V/2f$ (1)

また、同じ反射面における最小卓越周波数を F_1 とおくと、 F_1 と $2 \times F_1$ の周波数で共振し強いスペクトルを示すことを利用し、全ての周波数のスペクトルに2倍の周波数($2 \times F_1$)のスペクトルを足し合わせて、その合計値を各 F_1 における加重スペクトル P とする。そして、 $P-F$ の関係をコンター図とする。

2.2. 2つの受信機間の速度分布の推定

反射波にインパクトエコー法を用い、受信点1、2の $P-F$ 関係を示す。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。受信機1のピーク時の周波数 f_1 を同定し、受信点2の $P-F$ 関係から f_1 より小さい周波数で P のピーク値をもつ f_2 を同定する。そして、受信点1、2の片道伝搬距離を L_1 、 L_2 、速度を V とする時、次式が成り立つ。

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

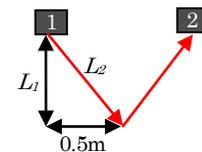


図2 伝搬距離

ここで得られた V を境界面上の受信機1、2の中央点の速度としてプロットする。この操作を堤体側線全体に行う。本提案手法では、受信

機間で1つの速度が同定されるのではなく、深度方向にも異なる速度が同定される。従って、この調査を1つの側線で行うことにより速度の2次元分布を得ることができる。

3. ため池概要

京都府のあるため池において、ため池健全度調査を行った。図3に現地の状況の概要図を示す。右岸端から10mほどの下流法尻で漏水が見られる。天端において、弾性波探査を右岸端から27mまで1m間隔で、電気探査を右岸端から23mまで0.5mの電極間隔で行った。図4に断面図を示す。堤高は3.9mで堤長は47mである。

4. 探査結果

図5に前述のインパクトエコー法を応用した弾性波探査結果を示す。右岸端から8m、13m、16m、24m付近で反射波が乱れている箇所が見られる。

次に図6に弾性波探査結果から本提案解析手法を用いた速度分布を示す。深さ3m~6mの間で速度の低下が見られる。図5と比較した時、インパクトエコー法による弾性波探査結果で見られた付近の速度が遅くなっていることが分かる。

図7に電気探査結果を示す。深度4m以下から低い比抵抗を示しており、水位がこの付近まで下がっていることが予想される。右岸端から横に10mの深度4m付近で比抵抗が下がっており、この辺りの水位がそれより中央側より高いことが予想できる。15~20mでは高い値となっている。

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、その手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) 弾性波探査より得られた反射面が乱れている箇所では低い弾性波速度が得られた。このような箇所では何らかの内部の異常が存在する可能性がある。
- 2) 漏水箇所付近の水位は他より高くなっている可能性が電気探査より得られた。その付近の弾性波速度も低い値となっている。

本提案手法は1回の調査で反射面の従来の推定と弾性波速度分布の推定が可能であり、簡便に内部の状況を診断することが期待できる

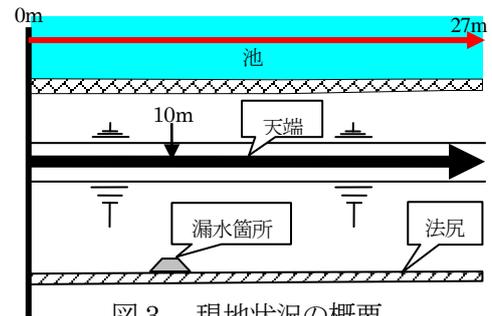


図3 現地状況の概要

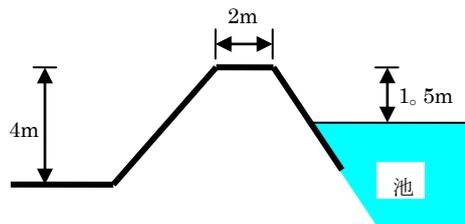


図4 ため池 断面図

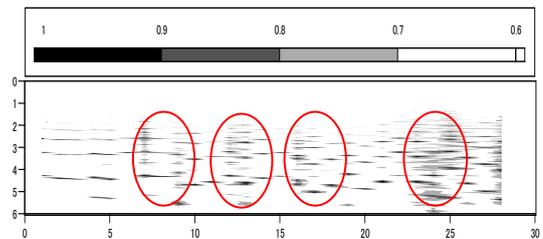


図5 弾性波探査結果

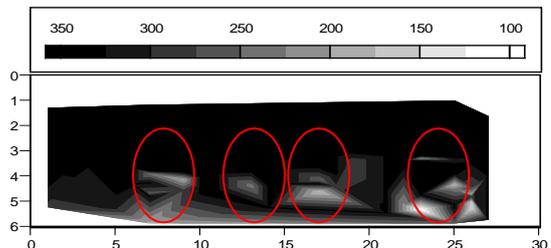


図6 本提案手法の速度分布

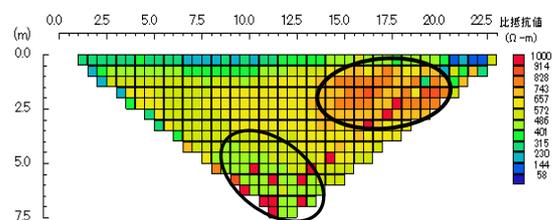


図7 電気探査結果

参考文献

- 1) sansalon, M.J.and Streett, W.B.; *Inpact-Echo*, Bullbrier Press, Ithaca, N.Y., 1997
- 2) 渡辺健、渡海雅信、小坂浩二、大津政康;インパクトエコー法の画像処理に関する研究