

弾性波探査による非破壊検査法の検証 Validation of Nondestructive Investigation by Elastic Wave

○岡田 謙吾*, 小林 晃*, 常松 英史*, 湊 聖史*

OKADA Kengo, KOBAYASHI Akira, TSUNEMATU Hideshi, MINATO Seiji

1. はじめに

著者らは、ため池等の土壌構造物に対する非破壊検査法¹⁾を提示している。弾性波を用いた手法ではコンクリートのインパクトエコー法²⁾を援用した手法を用いている。ここでは、共振周波数が固定端-固定端のモードで発生するとして、2倍の周波数でも卓越スペクトルを有する周波数を共振周波数としている。

本研究ではこの理論を検証するために、数値解析と室内実験を行った。数値解析は ABAQUS/CAE による3次元動的解析である。

2. インパクトエコー法を援用した解析手法

起振面と反射面が、固定端-固定端の場合と、自由端-固定端の場合によって共振状態が異なる。固定端-固定端では図-1(a)の様に2倍の周波数でも卓越する。一方、自由端-固定端の場合は(b)の様に3倍の周波数で卓越する。

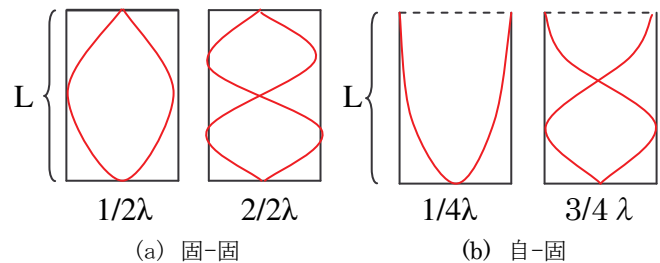


図-1 共振状態

インパクトエコー法では固定端-固定端と仮定して、2倍の周波数でも卓越周波数をもつ周波数 f_1 を探す。そして、起振点から反射面までの伝播距離を L 、弾性波速度を V としたとき、次式が成り立つとする。

$$L = V / 2f_1 \quad (1)$$

一方、自由端-固定端の場合、3倍でも卓越する周波数 f_2 を探し、次式で反射位置を求めることができる。

$$L = V / 4f_2 \quad (2)$$

インパクトエコー法では、式(1)を用いている。これは多くの研究者たちにその妥当性が検証されている。¹⁾ 本研究では、その妥当性をため池堤体の様な構造物に対しても適用可能かを検証する。結果の整理では全ての周波数のスペクトルに2倍の周波数($2 \times f$) (自由端-固定端の場合は $3 \times f$)のスペクトルを足し合わせて、その合計値を各 f における荷重スペクトル P とし、伝播距離 L を求めた。評価値として最大の P で正規化した値の分布を求める。

3-1. ABAQUS/CAE を用いた解析

打撃面のみを自由端にし、それ以外は面法線方向固定の境界条件とする。ABAQUS/CAE を用いて二次元、点入力、堤体モデルの解析を行った。材料特性は密度 1500kg/m^3 、ヤング率 14MPa 、ポアソン比 0.49 、伝播速度 400m/s で、荷重は二次元の場合は打撃面に 1600N で、点入力、堤体モデルでは Pulse Point に $F=1500\text{N}$ 、荷重時間は 0.0006 秒である。

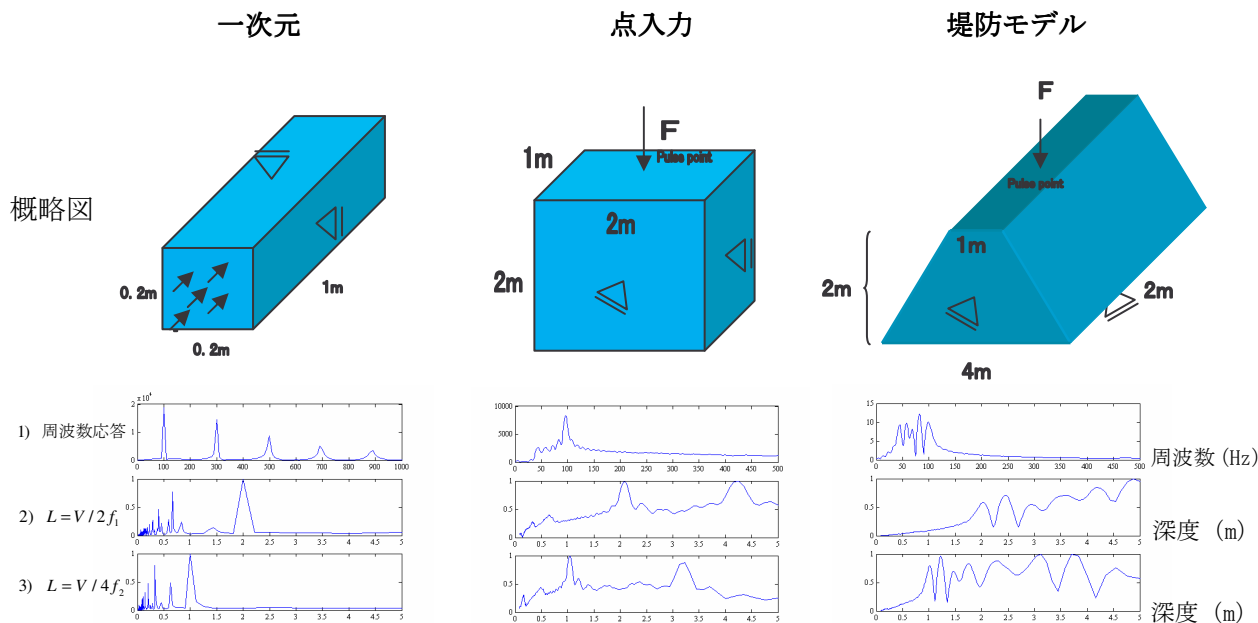


図-2 解析モデルと結果

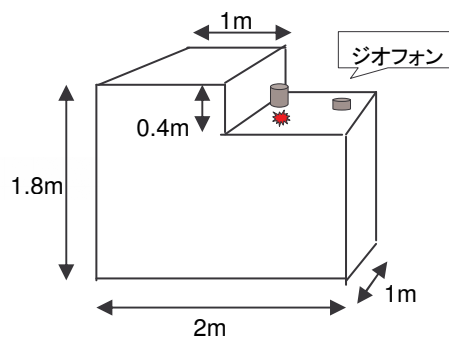
一次元では卓越周波数が3倍、5倍、7倍と出ており、3)のグラフから1mの深度で正規化スペクトルが卓越している。これより、自由端-固定端のモードで共振しているのが分かる。

点入力では1)のグラフで一次元のようなはっきりとした卓越周波数は見られないが、2)のグラフでは2m付近で正規化スペクトルが卓越し、固定端-固定端に近い振動が起こっていることが分かる。

堤体モデルでも2)のグラフで深度2mの正規化スペクトルが卓越していることから、固定端-固定端に近い振動をすることが分かった。以上より、堤体の様な構造物に対して点入力で弾性波探査を行った場合にはインパクトエコー法が有効であることが分かる。

4-1. 室内実験

右図のように1.8m、1.4mの二つの深度を持つ土層を用いた。土層は山砂を使用し、平均乾燥密度 1790 kg/m^3 、平均含水比10.7%、弾性波速度約280 m/sである。弾性波探査は土の表面にジオフォンを一つ設置し、60cm離れた位置をインパルスハンマーで直接表面を叩き弾性波を発生させ、反射波を検出した。



4-2. 室内実験の結果

右図の上部が深さ1.4m、下部が深さ1.8mの場所で実験を行い、その結果を固定端-固定端とみなして評価した。共に実際の底面の深さ位置でスペクトルが卓越しているのが分かり。今回の室内実験の土層による共振状態でも動的解析結果と同様に固定端-固定端での共振モードであることが分かる。

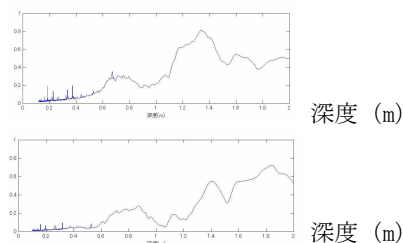


図-3 実験概要と結果

参考文献

- 1) 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
- 2) Sansalon, M.J. and Streett, W.B.; Impact-Echo, bullbrier Press, Ithaca, N.Y., 1997