

模型振動実験からみたため池堤体の動特性

Earthquake Behavior of Earth Fill Dams Estimated from Model Shaking Tests

○ 荒居旅人*・小林 晃*・湯谷啓明*

T. Arai, A. Kobayashi, H. Yutani

1. はじめに

全国に 20 万個以上存在する農業用ため池においては、整備にかかる費用を最小限に抑えつつ、安全性を高める必要がある。本研究では地震時におけるため池堤体の動特性把握、安全性向上に資するデータの収集を目的とし、低コストかつ簡便な小型模型振動実験を提案した。第一に模型堤体の基本的な振動挙動を調べ、次に物性・形状を変化させその影響を調べた。その後、実験データを用いて数値解析を行い実堤体挙動の再現性を検討した。

2. 模型振動実験

使用した模型材料は最適含水比 12%、最大乾燥密度 $1.88(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、均等係数 $U_c=5.00$ であり、自作した木枠を用いランマで突き固めて図 1 に示すような形状の模型堤体を作成した。振動台は正弦波を入力することができ、振幅 $\pm 0\sim 12\text{mm}$ 、振動数 $0.100\sim 2.450\text{Hz}$ の範囲で約 190gal まで加振できる。

本実験では使用した模型が小さく、計測機器を取り付けることができない。そこで、堤体表面に設置した標点を連続撮影し、各時間ステップの標点の時間変化を求めるための画像計測システムを開発した。ただし、本システムによる変位の計測精度は $\pm 0.82\sim 1.27\%$ であった。上記の模型について振動数、振幅を変化させ、振動挙動を調べた。その後物性・形状を変化させ、計 30 個の模型を作成し同様の実験を行った。

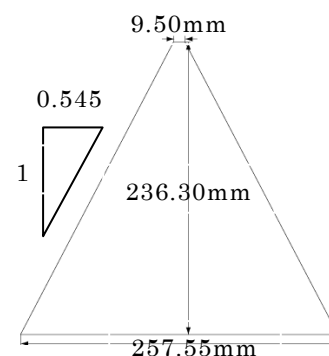


図 1 模型堤体形状

Figure1: Sectional view of model

3. 実験結果

振幅 12mm、振動数 2.450Hz における各標点の時間変化を調べると、図 2 のように振動台から堤頂に向かって位相遅れが生じている。また、図 3 に示すように水平方向の加振に対して鉛直方向の振動が誘発されている。その周期は水平方向と等しいが、位相がほぼ 90° ずれており、堤体内部で圧縮・引張現象が水平・鉛直方向で交互に繰り返されている。

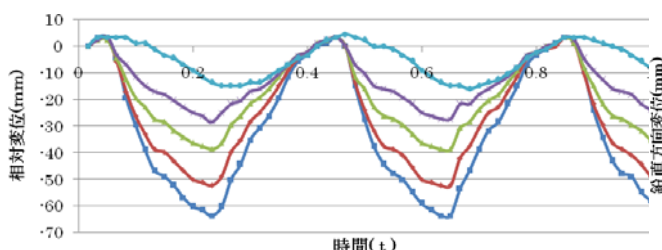


図 2 中心軸上における水平変位の時間変化

Figure2: Horizontal displacement along center line

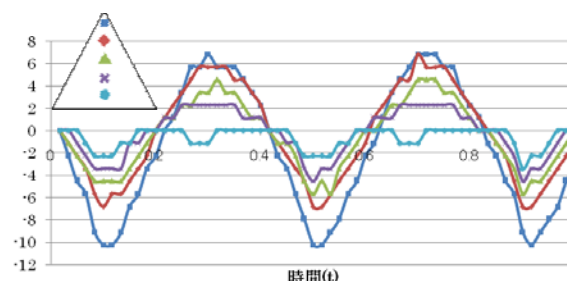


図 3 中心軸上における鉛直変位の時間変化

Figure3: Vertical displacement along center line

*京都大学農学研究科施設機能工学分野 Graduate School of Environmental Agricultural Facilities Engineering, Kyoto University

加速度応答の変化は図4のようになった。各模型において、個体差はあるものの概ね二つのピークを有していた。これらは固有振動数を示し、振動モードが1次から2次へ遷移しているものと考えられる。また、1次のピークより2次のピークの方が、そして標高が上がるにつれて応答が大きくなるという傾向を示した。

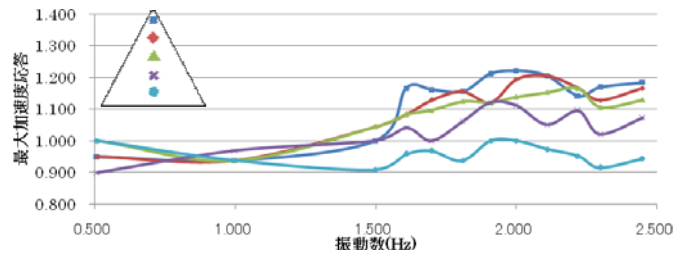


図4 中心軸上における最大加速度応答

Figure4 Resonant curves of measured points along center lines

また、せん断ひずみ分布は図5に示すように変化した。すなわち振動台が減速しながら端点にさしかかるときに模型底部に大きな力がかかり、大きく変形する。そしてその変形が徐々に上部へと伝播していくという振動様式が読み取れる。

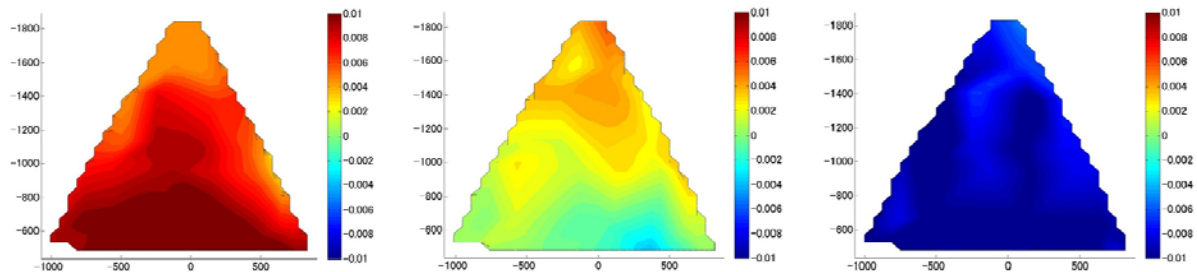


図5 せん断ひずみ分布の時間変化(左端→中心→右端)

Figure5 Change of Shearing Strain(Left End→Center→right End)

また、模型において含水比、粒径分布、天頂幅を変化させたところ含水比の影響が最も顕著であり、最適含水比付近で加速度応答は最小値を示した。

4. 数値解析

本実験において相似則を適用することは材料の非線形性などから困難である。そこで有限要素法を用いた数値解析を介して実堤体の挙動の再現を試みた。結果から述べれば、模型実験を正確に再現するには至らなかった。しかし、堤頂部と底部の時間遅れ、せん断ひずみ分布の変化、加速度応答曲線におけるピークといった、模型実験において観測されたいくつかの現象を再現することに成功した。

5. まとめ

本研究では、模型を小型にしたことで実験が簡便になり、試行回数を増やすことができた。これにより様々な条件で実験を行うことができるとともに、同条件の実験を繰り返して行うことで実験精度を向上することができる。数値解析については今後、各種の材料試験を行い模型実験、数値解析それぞれのパラメータ同士の関連付けを行うことで実堤体の挙動予測に耐えうるシミュレーションが実現できるものと考えられる。本研究を基に今後さらにデータを蓄積していくことが必要である。

■ 参考文献 1) 沢田健吉：堤防の大型模型振動実験，土と基礎，1972,vol.20,no.7,p.17-23. 2)渡辺啓行：模型振動実験からみたフィルダムの動特性，土と基礎，1980,vol.28,no.5,p.25-32. 3)渡辺啓行：フィルダムの動的解析，土と基礎，1974,vol.22,no.3,p.33-42. 4) 渡辺啓行・堤一・緒方信英・国生剛治：フィルダムの模型の共振実験からみた振動挙動，電力中央研究所技術第2研究所報告,1974,no.74003. 5)農林水産省構造改善局建設部：「ため池整備」，農業土木学会,2000.