

3次元計測に基づくため池堤体の有限要素モデル化と地震応答解析 Finite element modeling for earth-fill dams based on 3D survey and dynamic response analysis

○谷田麻緒*, 西村伸一**, 柴田俊文**, 珠玖隆行**, 金重稔***

○Mao TANIDA, Shin-ichi NISHIMURA, Toshifumi SHIBATA, Takayuki SHUKU
and Minoru KANESHIGE

1.はじめに 全国でため池の耐震診断が進められている。とくに防災重点ため池に対してはレベル II 地震の解析も必要とされている。通常のため池の耐震性能照査における地震応答解析では、2次元モデルが用いられる。しかし、2次元モデルでは、堤体軸方向の堤体の形状が解析に反映されないため、耐震性評価に影響を与えている可能性がある。そこで、本研究では、レベル II 地震解析の高精度化を図る目的で、ため池の3次元と2次元のモデルを作成し、地震応答解析を行った。そして、それらの結果を比較したうえで、堤体の脆弱箇所を検討することを、本研究の最終目的とした。

2.有限要素モデル構築 第一に、実ため池を対象に、UAVによる空撮を行い、撮影した静止画像をもとに、3次元点群データを作成した (Fig.1)。第二に、Fig.1をもとに3次元有限要素を作成した (Fig.2)。さらに、3次元モデルの中央部分における、堤体直交方向の断面図をもとに2次元有限要素モデルを作成した (Fig.3)。

3.解析条件 構成モデルは線形弾性を仮定し、LIQCA¹⁾による有効応力地震応答解析を行った。第一に、地盤定数において、弾性係数は、弾性波探査から決定したもの（高剛性）、N値から推定したもの（低剛性）の2通りを検討した。境界条件は、底面が粘性境界、x軸方向に沿う側面はy固定、y軸方向に沿う側面はx固定とし、四隅の節点は鉛直ローラーとした。入力地震波は、南海トラフ地震の想定地震波とした。

4.解析結果 堤体中央部の天端における節点の変位を Fig.4 および Fig.5 に示す。図によると、高剛性の場合には2次元モデルと3次元モデルの変位は、概ね一致する結果となった。しかし、低剛性の場合には、2次元解析は変位を過小評価している。加速度分布を Fig.6 および Fig.7 に示す。堤体の天端部分に大きな加速度が集中することから、堤体の天端部分に近く、深度が浅い部分ほど、地震の際に大きい応力が作用するといえる。



Fig.1 3次元点群データ
3D point cloud data

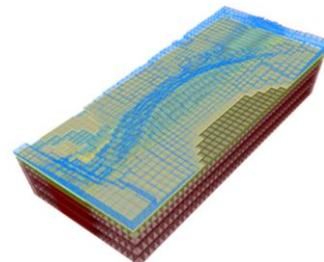


Fig.2 3次元有限要素モデル
3D finite element model



Fig.3 2次元有限要素モデル
2D finite element model

*中国四国農政局, Chugoku-Shikoku Regional Agricultural Administration Office, **岡山大学, Okayama University, ***(株)ラグロフ設計工房, Ragurofu design office
キーワード: 地震応答解析, ため池, UAV

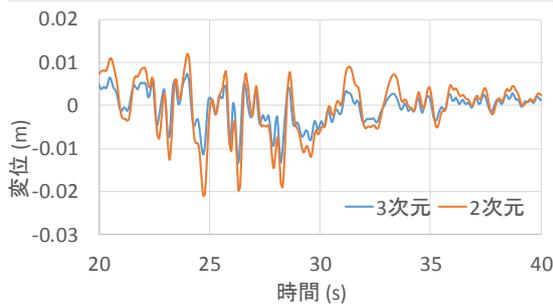


Fig.4 堤体直行方向の変位 (天端) (高剛性)
Displacements of transversal direction at top of embankment (high rigidity)

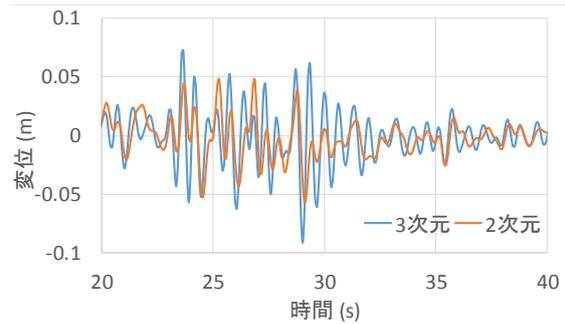


Fig.5 堤体直行方向の変位 (天端) (低剛性)
Displacements of transversal direction at top of embankment (low rigidity)

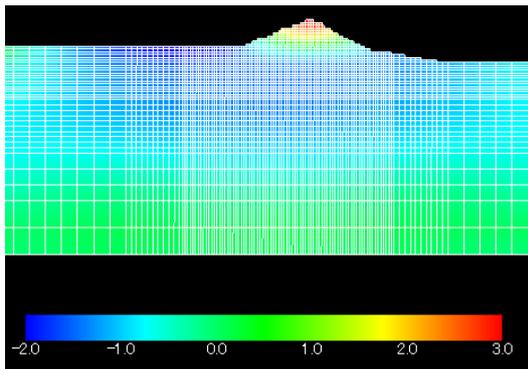


Fig.6 2次元モデル加速度分布 (低剛性)
2D acceleration distribution (low rigidity)

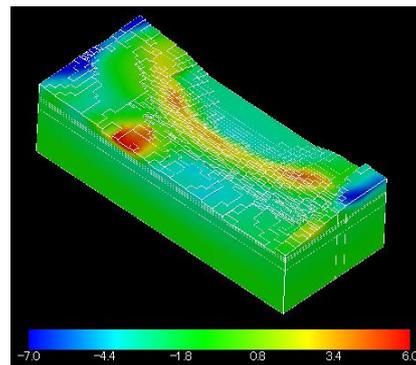


Fig.7 3次元モデル加速度分布 (低剛性)
3D acceleration distribution (low rigidity)

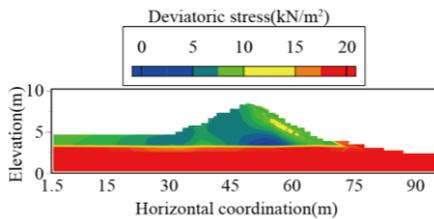


Fig.8 2次元モデル最大せん断応力分布 (低剛性)
2D maximum shear stress (low rigidity)

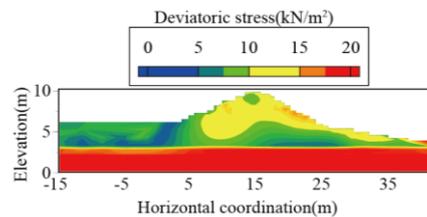


Fig.9 3次元最大せん断応力分布 (低剛性)
3D maximum shear stress (low rigidity)

また、低剛性の場合、2次元モデルが、3次元モデルよりも全体的に小さい値を示す結果となった。このことから、2次元モデルでは、加速度が過小評価となる可能性が考えられる。次に、最大せん断応力分布を Fig.8 および Fig.9 に示す。この図から、堤体の下流側斜面において、最大せん断応力が大きくなる傾向があるため、地震時は、堤体下流斜面で、すべり破壊が起こる可能性がある。また、2次元モデルは、3次元モデルよりも、堤体部分の最大せん断応力が小さくなっている。したがって、2次元モデルでの耐震性能照査は、3次元モデルを用いた場合と比べて、過小評価となる可能性がある。

5. まとめ 本研究では、ため池堤体の3次元モデルと2次元モデルを作成し、それぞれのモデルを用いた地震応答解析結果を比較した。さらに、堤体の脆弱箇所を検討した。結果から得られた最大せん断応力分布により、堤体の下流側斜面が脆弱部分であることが把握できた。また、加速度や最大せん断応力について、2次元モデルが、3次元モデルよりも、全体的に小さい値を示す結果となった。このことから、本ケースでは2次元モデルでの耐震性能照査は、3次元モデルと比べて、過小評価となる可能性があることが分かった。

参考文献 1) Uzuoka, et al. 2007., *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 27: 395-413.