【III－25】

ため池堤体の液状化流動解析に及ぼす貯水位の影響

香川大学大学院　賛助会員○実井琢哉，香川大学工学部　正会員　山中　　稔
香川大学大学院　正会員　　小泉勝彦，香川大学工学部　正会員　長谷川修一

１．はじめに

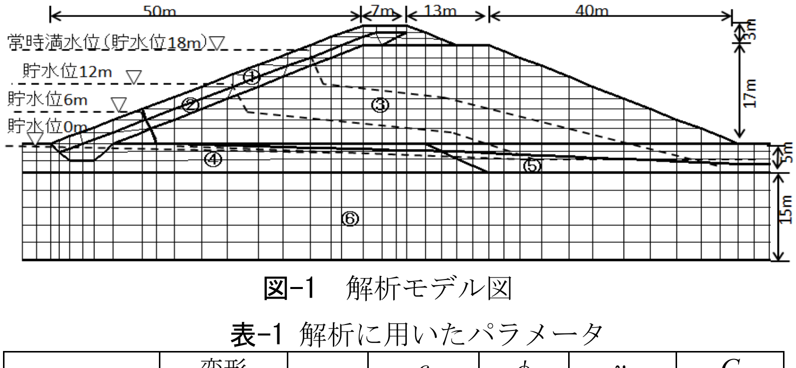
土構造物であるため池は，地震動によって堤体のすべり破壊を引き起こしたり，基礎地盤の液状化によるため池堤体の沈下やすべり破壊が生じることがある。近い将来の発生が確実視されている南海トラフ巨大地震によってため池への被害発生が懸念されており，現状のため池堤体の耐震性の評価が求められている。ため池堤体の耐震性を評価するためには，地震動の影響を考慮した変形解析を行う必要がある。さらに，ため池は，春から夏季の灌漑期には貯水位が高く，秋から冬季の非灌漑期には貯水位を低下させているのが一般的である。ため池堤体内の地下水位は貯水位に連動するために，貯水位の違いによって堤体の耐震性が異なることが予想される。著者らはこれまでに，ため池堤体の 2 次元 FEM 液状化流動解析プログラム ALID による地震時変形挙動を解析し，主に地震加速度の大きさが変形量に与える影響の検証を行ってきた[1),2)]。

本研究は 2 次元 FEM 液状化流動解析プログラム ALID を用いて，堤体の貯水位を段階的に変化させて数値解析を行い，ため池堤体の貯水位による変形量の違いについて検討を行った。

２．モデルおよび解析条件

図−1 に，ため池堤体の解析モデルおよび水位を示す。解析モデルはため池改修工法の代表的な前刃金工法で築造された断面であり，旧堤体③の表法側（貯水側）に遮水材である抱土①と刃金土②を設けている。堤体寸法は，ため池整備技術指針[3)]より標準寸法内の値を適用した。基礎地盤表層は沖積粘性土層④と沖積砂質土層⑤の互層からなり，その下位には洪積礫質土層⑥が分布する。解析モデルにおいて，沖積砂質土層⑤を液状化の可能性のある層と設定した。また，貯水位は常時満水位時を水位 18m とし，貯水位を 12m，6m，0m と 6m ずつ低下させ解析した。また解析では，150gal，200gal～600gal まで 5 段階の地震加速度を基礎地盤表層（④と⑤の上面）に載荷して，地震加速度と沈下量の関係を検討した。

表−1 に，解析に用いた物性値を示す。各土層の変形特性は，水位線より上位の土層を剛性低下要素とし，水位線より下位の土層においては，砂質土層を液状化要素，粘性土層を非排水要素，洪積礫質土層⑥を連成要素と設定した。また，抱土①および刃金土②を砂質土層，旧堤体③を粘性土層とした。堤体材料および基礎地盤の設定数値は，室内試験および地質調査結果等を基にため池整備技術指針[3)]を参考に決定した。せん断剛性 G は平均 N 値との相関式から設定した。ポアソン比 μ は一般値を用い，砂質土層を μ =0.33, 粘性土層を μ =0.45 として解析を行った。



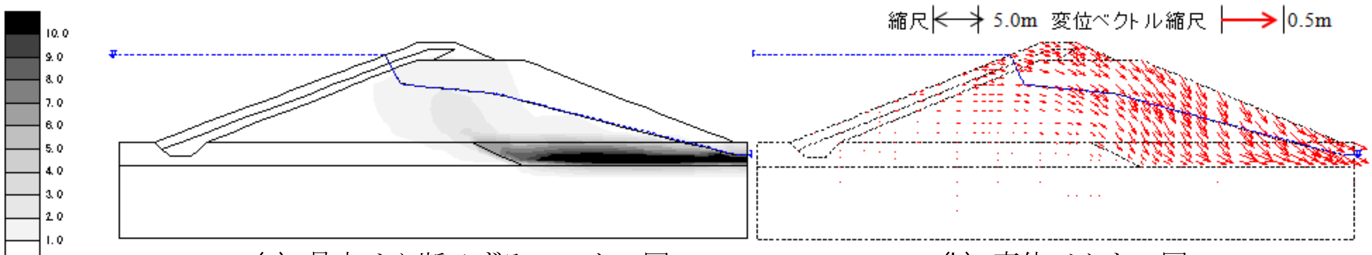
図−1　解析モデル図

表−1 解析に用いたパラメータ

	土層名	変形特性	N	c (kN/m²)	ϕ (°)	γ_t (kN/m³)	G (kN/m²)
①	抱土	剛性低下 液状化	16.7	33.6	38.2	18.2	18,000
②	刃金土	剛性低下 液状化	16.7	18.2	29.8	18.2	18,000
③	旧堤体	剛性低下 非排水	6.0	20.3	26.9	20.3	6,316
④	沖積 粘性土	剛性低下 非排水	10.0	19.0	26.8	16.8	10,526
⑤	沖積 砂質土	剛性低下 液状化	4.0	13.0	28.1	18.9	4,210
⑥	洪積 砂質土	連成 要素	50.0	38.8	41.0	19.2	52,632

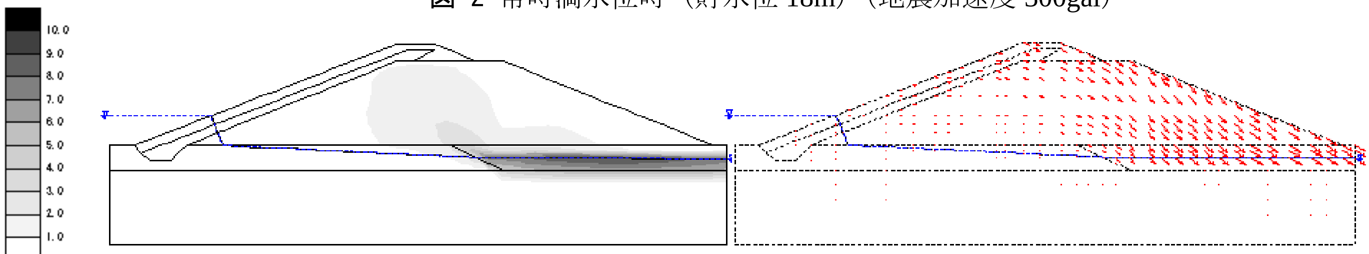
３．解析結果

図−2 に，常時満水位時（貯水位 18m）における地震加速度 300gal での解析結果を示す。(a)図の最大せん断ひずみコンター図からは，沖積砂質土層⑤で 10%以上のひずみが生じている。一方，(b)図の変位ベクトル図からは，沖積砂質



(a) 最大せん断ひずみコンター図　　(b) 変位ベクトル図

図-2 常時満水位時（貯水位 18m）（地震加速度 300gal）



(a) 最大せん断ひずみコンター図　　(b) 変位ベクトル図

図-3 貯水位 6m（地震加速度 300gal）

土層⑤の液状化発生で堤体が引きずられるように下流側に変位していることが読み取れる。

図-3 に，貯水位 6m における地震加速度 300gal での解析結果を示す。最大せん断ひずみコンター図（(a)図）からは沖積砂質土層⑤内でのひずみが小さく，変位ベクトル（(b)図）の大きさは常時満水位時（**図-2**(a)）と比べ小さくなっている。これは，堤体内の水位が低くなると，沖積砂質土層⑤に生じる有効応力が大きくなり，液状化抵抗力が増加したためと考えられる。

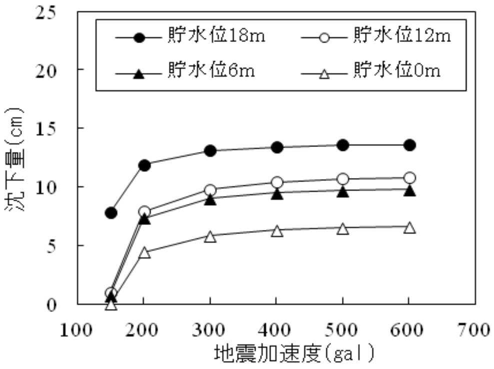


図-4 地震加速度と沈下量の関係

図-4 に，貯水位ごとの地震加速度と天端沈下量の関係を示す。常時満水位時の天端沈下量は，地震加速度 600gal で 13.6cm となった。貯水位が下がるごとに変形量が小さくなり，貯水位 0m で沈下量は 6.6cm と常時満水位の約半分まで沈下量は低減している。一方，天端沈下量は地震加速度 150gal では 0～8cm 程度と小さく，300gal まで沈下量は増加するが，300gal 以降沈下量の増加が見られなくなる。このことから，常時満水位では地震加速度が 150gal でも天端の沈下が生じるが，水位を低下させることで 150gal では沈下が生じないと言える。また，いずれの貯水位でも，沖積砂質土層⑤の液状化は 200gal でも生じ，堤体の変形や沈下を引き起こすことが分かる。

４．まとめ

本研究の結果，堤体基礎部の下流側に液状化層が分布する場合において，地震時のため池堤体の沈下量は貯水位の影響を大きく受け，貯水位が低いほど沈下量は減少することが明らかとなった。今後は，液状化層が堤体基礎部の上流側に分布する場合での同様の解析を行うことで，非灌漑期における貯水位低下の地震時の堤体の変形量低減の効果について検討する所存である。

参考文献

1) 実井琢哉，山中　稔，小泉勝彦，長谷川修一：ため池堤体の ALID による地震時変形挙動の特徴について，日本材料学会第 28 回信頼性シンポジウム講演論文集, pp.101-105, 2014.

2) 実井琢哉，山中　稔，小泉勝彦，長谷川修一：液状化流動解析によるため池堤体の変形挙動の特徴について，地盤工学会四国支部平成 26 年度技術研究発表会講演概要集, pp.29-30, 2014.

3) 香川県農政水産部：香川県ため池整備技術指針（改定），2007.