

基礎地盤の液状化に伴うアースダム被害軽減対策に関する数値実験

農研機構 農村工学研究部門 正会員 ○林田 洋一
 農研機構 農村工学研究部門 増川 晋
 農研機構 農村工学研究部門 正会員 田頭 秀和

1. 目的

過去の地震によるフィルダムの甚大な被害事例として、1971年に発生した San Fernand 地震による Lower San Fernando ダム（堤高：40 m）での堤体および基礎地盤の液状化による甚大な被害が報告されている。本邦においても、地震による農業用ダム（堤高 15m 未満のもの含む）での被害調査から、破堤に至る壊滅的な被災要因として、堤体および基礎地盤の液状化が挙げられている。このような知見を踏まえ、現在では液状化に対する検討を実施した上でフィルダムは建設されている。しかしながら、築造年代の古いフィルダムについては、建設時に液状化に対する検討が実施されていないことが想定される。このため、地震時の安全性を検証するにあたり、液状化の発生に対する検討が必要になると考える。また、液状化の発生が懸念される場合、その影響を緩和する対策が求められる。本報では、液状化地盤上に築造されたアースダムの地震時の被害、特に天端部の沈下量を抑制するための法先改良効果に関する数値実験結果について報告する。

2. 数値解析条件

解析に用いた有限要素メッシュを図-1 に示す。これらの図では堤体周辺部のみを拡大表示しているが、有限要素メッシュ全体は基礎の深さを堤高の 3 倍程度、幅を堤体底部の 5 倍程度と広く設定している。液状化地盤の層高は 8 m、堤高 23 m（コアトレンチ部を含む）、堤頂幅 4 m、上・下流法面勾配 1：2 の傾斜コア型ゾーニングとし堤体自体は液状化しないものとした。設定したモデルは、未対策の Model A、法先の改良範囲を下流側法先から 4 m、8 m、16 m と変化させた Model B、Model C、Model D、下流側法先直下を含め 24 m を改良した Model E の 5 つである。解析に当たっては、貯水位を 13 m に設定した。液状化地盤の材料特性は、応力状態が変相線に到達後急激に軸ひずみが増大するものとした。

入力地震動の加速度時刻歴およびフーリエスペクトルを図-2 に示す。継続時間 20 s、最大加速度 8.18 m/s^2 、卓越周波数 1.5 Hz である。解析には、液状化解析プログラム LIQCA2D14 を用いた。

実施した解析ケースの一覧を表 1 に示す。対策を実施した各ケースでは、改良層でのダイレイタンスを抑制し、液状化が生じないように材料パラメータを設定した。また、対策_004 および 005 では改良層の初期剛性を液状化地盤の約 2.4 倍と高く設定し、その他の対策ケースでは初期剛性を液状化地盤と同一に設定した。

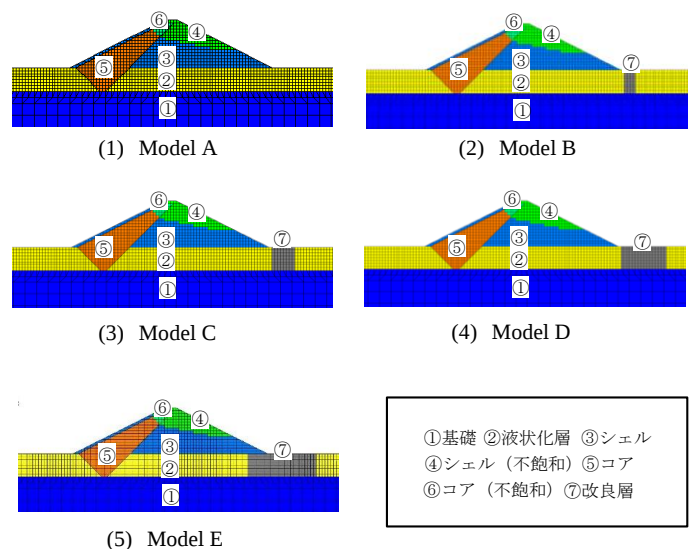


図-1 設定モデルの有限要素メッシュ

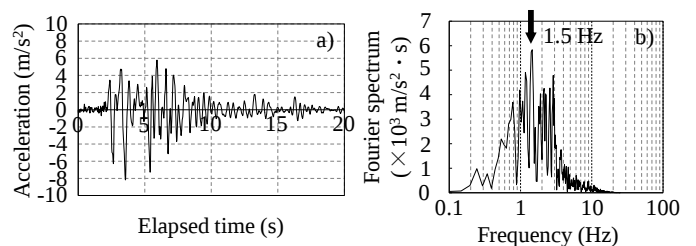


図-2 入力波形

a) 加速度時刻歴、b) フーリエスペクトル

キーワード アースダム、液状化、有効応力解析、対策工

連絡先 〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6

農研機構 農村工学研究部門 Tel : 029(838)7571

表 1 解析ケースの一覧

	解析モデル	改良層の初期剛性
未対策	Model A	—
対策_001	Model B	液状化地盤と同一
対策_002	Model C	液状化地盤と同一
対策_003	Model D	液状化地盤と同一
対策_004	Model D	液状化地盤の2.4倍
対策_005	Model E	液状化地盤の2.4倍
対策_006	Model E	液状化地盤と同一

3. 実験結果と考察

加振終了時の変形形状と有効応力減少比分布を図-3に示す。ここでは、未対策、改良層の初期剛性を液状化地盤の2.4倍とした対策_004、対策_005の3ケースを示す。図より、対策を実施したケースでは、改良層での有効応力減少比の値が小さく、液状化の発生が抑制されることが分かる。また、下流側の法先部に着目すると各ケースで変形の傾向が異なる。未対策では法先が下流側へと水平方向に大きく移動している。一方、対策_004では法先が隆起し不連続な変形となった。また、対策_005では法先部の変形は少ないものの、改良層端部直上の法面が隆起する形状を示している。なお、改良層の初期剛性を液状化地盤と同一とした各ケースでは、未対策のケースに近い変形形状を示した。

各ケースでの天端中央および下流側法先の節点変位軌跡を図-4に示す。また、天端中央および下流側法先の最終変位量を表2に示す。天端中央での変位軌跡の傾向は全てのケースで同様であり、対策_005のみ鉛直変位量が他のケースに比べ低く対策の効果が認められた。このことから、天端部の沈下量を抑制するためには、改良層の初期剛性を液状化地盤より高く、かつ法先直下部も改良層の範囲に含める必要があることが分かる。一方、下流側法先の変位軌跡は、改良層の初期剛性を液状化地盤より高く設定した対策_004および対策_005で他のケースと傾向が異なり、対策_004では鉛直方向への隆起が顕著に表れること、対策_005では水平、鉛直方向への変位が他のケースに比べ顕著に小さいことが分かる。対策_004での天端中央部の鉛直変位量は未対策のケースと比べても違いが認められず、図-3(2)に示す堤体の変形形状から、堤体の法先部が隆起しながら水平方向へと変位し、天端部も引きずられる

形で変位が進行したと考えられる。これらのことから、堤体天端での沈下量と下流側法先部の変位には密接な関係があり、天端の沈下量を軽減するためには、法先の変位を軽減する対策が必要ことが示された。

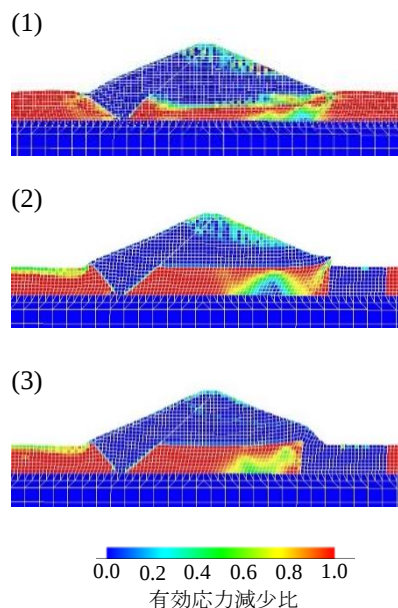


図-3 加振終了時の変形形状と有効応力減少比分布
(1) 未対策、(2) 対策_004、(3) 対策_005

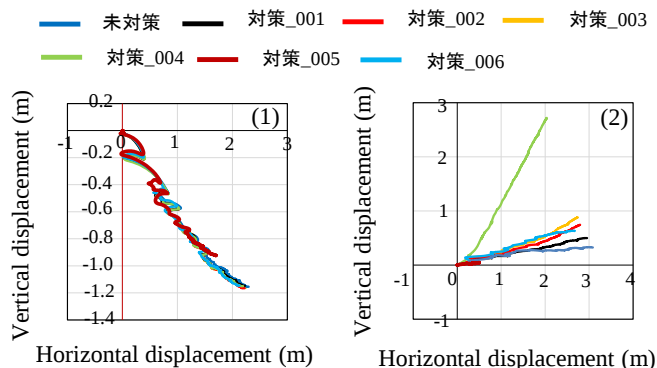


図-4 天端中央および下流側法先の変位軌跡
(1) 天端中央、(2) 下流側法先

表 2 天端中央および下流側法先の最終変位量

	天端中央		下流側法先	
	水平 (m)	鉛直 (m)	水平 (m)	鉛直 (m)
未対策	2.30	-1.16	3.08	0.33
対策_001	2.23	-1.15	2.95	0.50
対策_002	2.22	-1.17	2.79	0.74
対策_003	2.24	-1.16	2.74	0.88
対策_004	2.20	-1.15	2.04	2.72
対策_005	1.70	-0.92	0.50	0.05
対策_006	2.13	-1.15	2.67	0.63