

耐震性を考慮したため池洪水吐の DEM 解析 DEM analyses for spillway on small earth dam

渡邊康治*・河端俊典*・○能祖玲子**・泉明良*・柏木歩*・内田一徳*・毛利栄征***

Koji WATANABE, Toshinori KAWABATA, Reiko NOUSO, Akira IZUMI, Ayumu KASHIWAGI,

Kazunori UCHIDA and Yoshiyuki MOHRI

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震によって多くの農業用ため池が被災した。被災状況から、ため池堤体と重量や剛性の異なる洪水吐が堤体破壊の誘因となることが確認された。そこで当研究室は耐震性を有するため池洪水吐を提案した。既往の振動台実験から提案工法が耐震性を保持していることを確認したが、そのメカニズムについては十分検討できていない。そこで本研究では DEM (Distinct Element Method)解析から洪水吐の重量、剛性および断面形状がため池の振動特性に与える影響を検討した。

2. 解析概要

Fig.1 に DEM 解析のモデルを示す。Table1 に地盤モデルの物性値を示す。入力波は振動台実験と同じ正弦波 5Hz, 20 波, 800gal とした (Fig.2)。DEM 解析における加振は入力加速度に比例する慣性力を要素に作用させることにより表現した。Table2 に解析ケースを示す。矩形および半円形モデルに対してそれぞれたわみ性と剛性のモデルを作製した。解析条件として単位体積重量比 γ_{ratio} (地盤の単位体積重量に対する比) と洪水吐モデルの表面摩擦角 ϕ を設定した。

3. 解析結果及び考察

Fig.3 に洪水吐モデルの浮上量と単位体積重量比の関係を示す。浮上量は加振ラスト 0.5 秒間の鉛直変位の平均値とした。いずれのケースも γ_{ratio} の増加とともに浮上量が減少した。これは Fig.4 に示す加振後の変位量分布 (a), (b) から、洪水吐モデルの重量が増加すると洪水吐下部の地盤が拘束され、周辺地盤のまわり込みを防ぐためである。半円形モデルに関しては Fig.4(c) よりその形状ゆえに洪水吐下部へ周辺地盤が滑り込んだため浮上量が増加したと考えられる。

Fig.5 に洪水吐モデルの滑動量と単位体積重量比の関係を示す。滑動量は水平変位波形

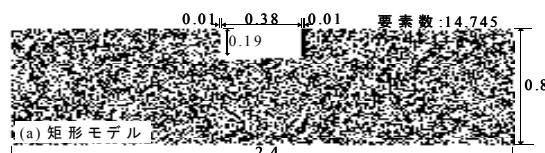


Fig.1 DEM 解析モデル
DEM analysis model

Table1 地盤モデル物性値
Parameter of ground model

平均粒径 (m)	6.00×10^{-3}
均等係数	1.52
土粒子密度 (kg/m^3)	2.40×10^3
法線方向ばね係数 (N/m)	8.00×10^7
接線方向ばね係数 (N/m)	2.00×10^6
法線方向粘性係数 (N·sec./m)	7.34×10^2
接線方向粘性係数 (N·sec./m)	1.97×10^2
粒子間摩擦角 (deg.)	24.0
転がり摩擦角 (deg.)	24.0
時間間隔 (sec.)	1.00×10^{-6}

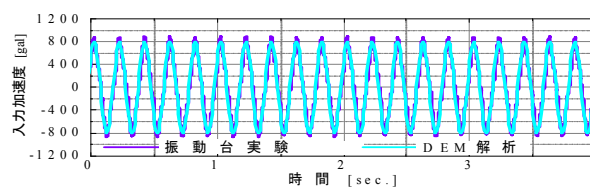


Fig.2 入力波 (800gal)
Input wave (800gal)

Table2 解析ケース
Analysis cases

	たわみ性	剛性
単位体積重量比 $\gamma_{ratio} = \frac{\gamma_{spillway}}{\gamma_{ground}}$	0.25	0.25
	0.5	0.5
	1.0	1.0
	2.5	2.5
表面摩擦角 ϕ (deg.) ($\gamma_{ratio}=0.5$)	10	10
	0	0
	24	24

*神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University **神戸大学農学部 Faculty of Agricultural Science, Kobe University ***農村工学研究所 National institute for Rural Engineering キーワード：数値解析・ため池・洪水吐

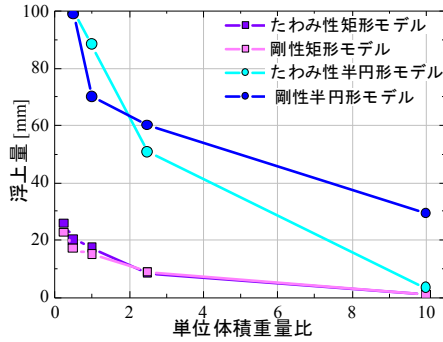


Fig.3 浮上量と単位体積重量比の関係
Relationship between lateral movements to ratio of unit weight

3~4秒の平均値とした。矩形モデルに関してたわみ性および剛性モデルともに γ ratio=0.5~1.0 付近で滑動量が最も小さくなった。Fig.6 に示す矩形洪水吐と左右の周辺地盤の水平変位波形から、 γ ratio=10 と比べて γ ratio=0.5 では洪水吐モデルと周辺地盤との間に位相差がみられない。よって矩形モデルは周辺地盤の挙動に追従した結果、周辺地盤を破壊することなく減衰したと言える。

一方 Fig.5 より、半円形モデルは γ ratio=1.0 で滑動量が最大となり、矩形モデルとは逆の傾向を示した。Fig.7 に示す半円形モデルの時間経過に伴う水平変位と鉛直変位の関係より、加振初期においてモデルは急激に浮上しながら左右に大きく振られた結果、滑動量が最も大きくなったと考えられる。

4. 結論

洪水吐の重量，剛性，断面形状がため池の耐震性に与える影響を検討するために DEM 解析を行なった。その結果，以下の知見が得られた。

- ・洪水吐の重量が増加すると浮上量は減少する一方で，滑動量は増加する。
- ・剛性に比べてたわみ性は滑動量を減少させた。
- ・半円形に比べて矩形は浮上量・滑動量ともに減少した。

よって，洪水吐と周辺地盤の比重が同等のたわみ性矩形モデルに浮上対策を講じることにより，高い耐震性を有する洪水吐になると推察される。実際，浮上対策としてジオグリッドで補強した洪水吐の有効性は振動台実験で検証済みである。

参考文献； 1) Kawabata,T, Uchida,K., Kitano,T., Watanabe,K. and Mohri,Y. (2007.11) : Shaking table test for lightweight spillway with geogrid, New Horizon in Earth Reinforcement, Proceedings of the 5th International Symposium on Earth Reinforcement, Taylor & Francis /Balkema, pp.837-841

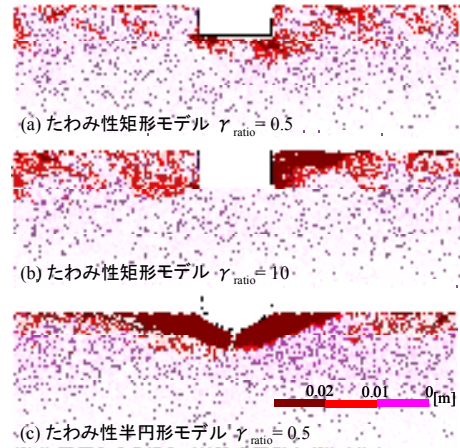


Fig.4 変位量分布(4sec.後)
Distribution of movements (4sec.)

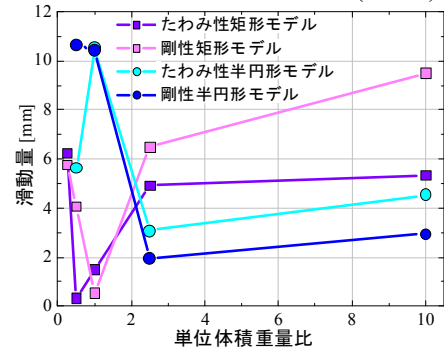


Fig.5 滑動量と単位体積重量比の関係
Relationship between vertical movements to ratio of unit weight

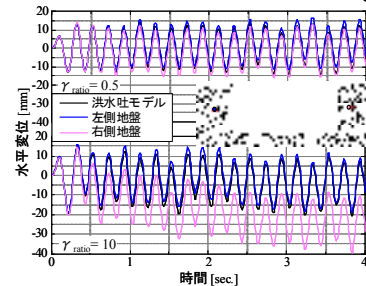


Fig.6 洪水吐と左右地盤の水平変位
Lateral movement of Spillway and right and left ground

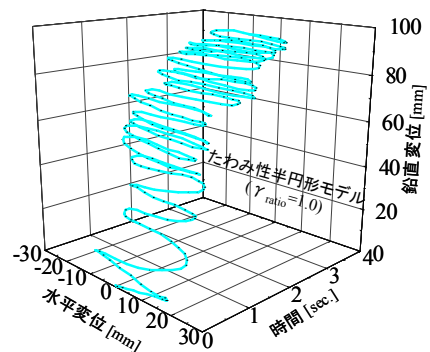


Fig.7 水平変位と鉛直変位の関係
Relationship between lateral movements to vertical movements