# 鋼矢板を用いたため池堤補強工法に関する解析的検討

新日鐵住金(株) 正会員 ○藤原覚太 乙志和孝 奥田洋一 高知大学 正会員 原 忠 学生会員 棚谷南海彦 (株) エイト日本技術開発 正会員 黒田修一 栗林健太郎 坂部晃子

#### 1. はじめに

近い将来、発生が予測されている南海トラフ地震などの大地震に対して、周辺集落への人的・物的被害を最小限に留めるため、ため池堤の補強が求められている。ため池堤では地震により、堤体のすべりや基礎地盤の液状化が発生し、堤防としての機能の低下が懸念される。そこで著者らは、ため池堤を補強する工法として、堤体内

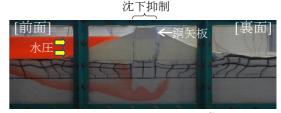


写真 1 模型実験結果 1)

に鋼矢板を二列設置する構造を提案した。模型実験により、写真1に示すように、池水による水圧が作用するというため池特有の条件下において、本構造はL2地震動に対しても鋼矢板が天端高さを維持し、締切り内地盤の沈下が抑制されることを確認した<sup>1)</sup>。本論文では、ため池堤での本工法の対策効果を精度良く評価する解析技術を確立する

### ため、模型実験の再現数値解析を実施したので、これを報告する。

## 2. 解析概要

検討対象とする断面図を図1に示す。これは液状化地盤上に造 築された模型堤体の内部に、補強のため二列に鋼矢板を配置した 構造である。地盤や鋼矢板の材料諸元については文献<sup>1),2)</sup>を参照 されたい。対象ケースは無対策と二重鋼矢板構造の2ケースとし た。解析ツールは液状化解析プログラムLIQCA2D<sup>3)</sup>を用いた。モ デルの境界条件として、下端を鉛直・水平変位固定、側方は鉛直 ローラーを与えた。入力地震動は模型実験と同様に600gal, 3Hz, 20波の正弦波とした。池水による堤体内の飽和領域を考慮するた め、事前に浸透流解析(矢板には透水係数2×10<sup>-8</sup> m/sを設定)を実施 した。得られた浸潤線を堤体内に設定し、地表面および堤体内の 浸潤面位置に排水境界を与えた。堤体・液状化層は砂の繰り返し 弾塑性モデル<sup>3)</sup>、非液状化層はROモデルを適用し、堤体について は浸潤線以深では飽和材料、以浅では乾燥材料を指定した。堤体・ 液状化層の地盤物性パラメータは、繰返し非排水三軸試験結果(図 2;代表して液状化強度曲線を示す)を基に、要素シミュレーション により表1の値に設定した。鋼矢板と地盤との境界にはすべりや剥 離を表現するジョイント要素を設けた。鋼矢板を繋ぐタイロッド には線形バネ要素を適用し鋼矢板とはピン結合とした。解析 は、初期応力解析、動的解析の順で実施し、初期応力解析で のみ、池水の静水圧に相当する荷重を堤体に対して水平方向 に与えた。



各ケースの加振終了時(t=4sec.)における、鉛直ひずみコンタ

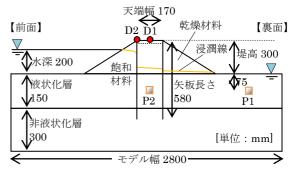
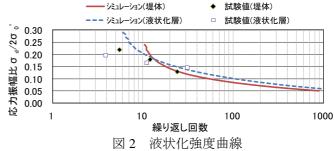


図 1 解析モデル断面 (二重鋼矢板構造)

表1 地盤物性パラメータ

パラメータ		堤体	液状化層
間隙比	e	0.625	0.788
圧縮指数	λ	0.025	0.018
膨潤指数	κ	0.002	0.0055
無次元化初期せん断係数	$G_0/\sigma_{m0}$	873	873
変相応力比	$M_{m}^{*}$	0.909	0.909
破壊応力比	$M_f^*$	1.122	1.122
基準ひずみ(塑性)	$\gamma_P$	0.013	0.01
基準ひずみ(弾性)	$\gamma_E$	0.03	0.02
硬化関数中のパラメータ	$B_0$	3000	1900
硬化関数中のパラメータ	$B_I$	30	30
硬化関数中のパラメータ	$C_f$	0	0
ダイレイタンシー係数	$D_0$	4.5	6.5
ダイレイタンシー係数	n	2.5	3.5
異方性消失のパラメータ	$C_d$	2000	2000



Key Words; ため池堤, 液状化, 鋼矢板, 数値解析

連絡先: 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 Tel: 080-4602-1359 Fax: 0439-80-2745

ーを図 3 に示す。無対策では堤体直下の液状化層に圧縮方向 のひずみが生じているが、二重鋼矢板構造では鋼矢板で締切 ることで圧縮ひずみの発生が抑制されている。

堤体天端(図 1; D1 点)の鉛直変位および水平変位の時刻歴を図 4、図 5 に示す。水平変位は堤体裏面側(紙面右側)に向かう方向を正とする。図 4 より鉛直変位において、無対策では加振直後の沈下勾配に差異は見られたものの、両ケースを通じて実験結果を良好に再現したといえる。また図は掲載しないが鋼矢板の天端(図 1; D2 点)では、実験と同様に解析でも鉛直変位が生じないことも確認した。以上の結果から、本解

析手法により本構造の主な補強効果である、締切り内の 地盤沈下抑制効果および矢板自体による堤体高さを維持 する効果を定量的に再現できることを確認した。一方で、 水平変位については、解析結果でも実験と同様に裏面側 に向かう挙動を示したものの、実験結果に比べ変位量は 小さい(図 5)。動的解析では池水による水圧を考慮しして いないため、地震時に堤体が裏面側に水平変位する挙動 を評価しなかったと考えられる。なお定性的ではあるが、 解析結果においても、二重鋼矢板構造では無対策に比べ 水平変位が抑えられることを再現している。

水平自由地盤(図 1; P1 点)および堤体直下地盤(図 1; P2 点)における、過剰間隙水圧の時刻歴を図 6 に示す。解析は実験結果と同様に、P1, P2 点ともに加振と共に水圧が上昇しP1点では液状化に至った。地盤の変形だけでなく過剰間隙水圧の挙動も、実験結果を良好に再現することを確認した。

### 4. まとめ

ため池堤を対象に、液状化解析プログラム(LIQCA2D) を用いた模型実験の再現解析を実施することで、以下の 知見を得た。

1) 地盤物性を適切に設定することで、L2 地震作用時の、 地盤内の過剰間隙水圧の挙動を再現し、無対策時の沈下 挙動や鋼矢板による沈下抑制効果を良好に再現した。

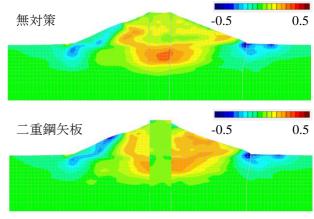
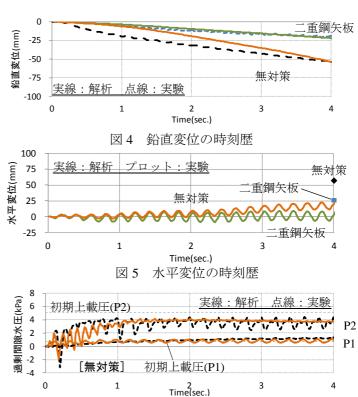


図3 鉛直ひずみコンター(変形倍率1倍)



:解析

初期上載圧(P1)

初期上載圧(P2)

[二重鋼矢板]

2) 堤体の水平方向の変形については、定性的には再現したものの、定量的には精度向上の余地がある。今後、動水圧の影響を加味した解析モデルを構築し精度向上を図る。

(kPa)

過剰間隙水圧(

6

2

0 -2

#### 参考文献

- 1) 棚谷南海彦ほか: 鋼材を用いたため池堤防補強技術に関する検証-その1: 振動台模型実験による地震・越水に対する補強効果の検証-, 平成28年度地盤工学会四国支部技術研究発表会,2016
- 2) 原忠ほか: 鋼矢板によるため池堤の耐震補強工法の検討(その1 模型実験), 第52回地盤工学研究発表会, 2017 (印刷中)
- 3) Oka, F. et.al. :A cyclic elasto-plastic constitutive model for sand considering a plastic-strain dependence of the shear modulus, Geotechnique, 1999