

二重鋼矢板構造によるため池堤の耐震補強技術に関する実験的検討 Experimental study on pond embankment reinforcement using double sheet-piles

○ 艸山 嵩* 妙中 真治* 吉原 健郎* 原 忠** 棚谷 南海彦**

Takashi Momiyama, Shinji Taenaka, Kenrou Yoshihara, Tadashi Hara, Namihiko Tanaya

1. はじめに

今後発生しうる大地震に備え、ため池堤防の耐震性能を確保することは喫緊の課題である。著者らは、ため池の貯水を抜くことなく施工することが可能である「二重鋼矢板構造」による耐震補強技術に着目している。これまでに、堤体下の基盤に液状化層が存在する地盤条件を対象として振動台模型実験等を実施し、二重鋼矢板構造が堤体の沈下抑制に効果を発揮することを確認した¹⁾。一方で、山間部に造られたため池堤防は基盤が強固であり、堤体土が脆弱である場合が多い²⁾。そこで、基盤に液状化層が存在せず、堤体土が液状化しやすい地盤条件を対象として振動台模型実験を実施し、二重鋼矢板構造の耐震補強効果を検証した。また、堤体の沈下等に伴い越水が生じた際の被災挙動を検証するため、加振実験後の堤体を対象として越水実験を実施した。

2. 実験条件

剛土槽（幅 2800mm×高さ 850mm×奥行き 700mm）を用いて、図 1 に示す断面を対象に加振実験及び越水実験を実施した。本実験の断面諸元及び後述する加振波形は昨年度に著者らが実施した実験と同一とした¹⁾。模型寸法に関しては、高さ 10m 程度のため池堤体を想定し、実験上の幾何縮尺を $\lambda=1/35$ とした。実験ケースは無補強ケース、二重鋼矢板ケースの 2 ケースとした。地盤条件を表 1 に示す。堤体下の基盤はケイ砂 7 号を用い、相対密度 D_r が 90% の密地盤を目標として水中落下法により製作した。堤体は、カオリン粘土、ケイ砂 7 号、ケイ砂 5 号、ケイ砂 3 号を乾燥比重量 1 : 5 : 1 : 10 になるよう配合し、含水比約 5% で管理した地盤材料を用いた。堤体土は地震により液状化することを想定し、相対密度 D_r が 60% 程度の比較的緩い条件で作成した。加振実験前には色水を投入し、堤体内に浸透させるため一定時間放置した。鋼矢板はハット形鋼矢板 25H を想定し、相似則³⁾に基づき鋼矢板模型の曲げ剛性が合うように板厚 2.3mm の鉄板を用いた。加振波形は、加速度振幅 600Gal、周波数 5Hz、20 波（加振時間 4 秒）の正弦波を用いた。加振終了後に過剰間隙水圧の消散を確認し、池の水位を一定のペースで上昇させ、越水実験を実施した。越水実験では給水量及び排水量を計測した。

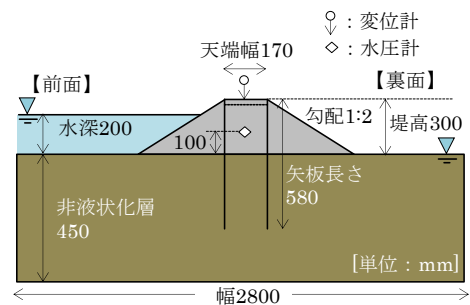


図 1 設定断面(二重鋼矢板ケース)
Cross section of the model

表 1 地盤条件
Ground Conditions

	堤体		非液状化層	
	湿潤単位体積重量 γ_t	相対密度 D_r	湿潤単位体積重量 γ_t	相対密度 D_r
	(kN/m^3)	(%)	(kN/m^3)	(%)
無補強ケース	17.4	76.7	19.8	88.3
二重鋼矢板ケース	16.7	60.6	19.8	88.6

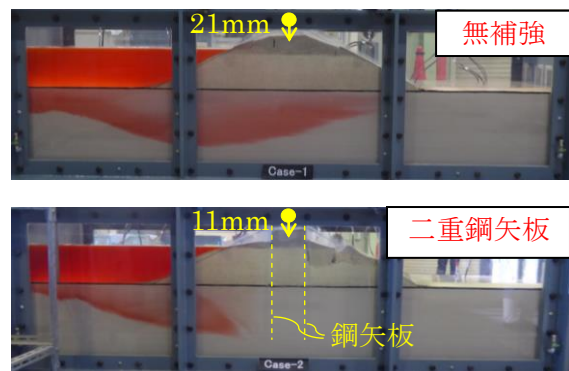


写真 1 加振後の変形状態
Conditions after shaking tests

*新日鐵住金株式会社 Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation

**高知大学 Kochi University

キーワード：鋼矢板、ため池堤防、液状化

3. 実験結果

写真1に加振後の堤体の変形状態、図2に堤体中央下部の過剰間隙水圧比履歴を示す。無補強ケースでは加振開始直後に負圧が生じたものの、加振開始後2秒程度で過剰間隙水圧比がほぼ1.0に達した。二重鋼矢板ケースでは、加振開始後3秒程度で過剰間隙水圧比が0.9に達した。両ケースで、堤体内で同程度の液状化が発生したと考えられる。しかし、図3に示すように堤体天端の沈下量は各ケースで異なり、残留沈下量は無補強ケースで21mm、二重鋼矢板ケースで11mmであった。この結果から、二重鋼矢板により堤体天端の沈下量が48%低減されたことが分かる。これは、二重鋼矢板ケースにおいて液状化した締切り内地盤(二重鋼矢板に囲まれた地盤)の側方流動を鋼矢板が拘束したことによると考えられる。また、鋼矢板は加振後もほぼ沈下せず、天端高さを維持した。

越水中の堤体の状況を写真2に示す。無補強ケースでは、加振時に堤体法面に生じたクラックに水が浸透することで堤体法面が徐々に崩壊し、破堤した。これに対し、二重鋼矢板ケースでは鋼矢板及び締切り内地盤が高さを維持したため破堤が生じず、給水量が32L/min、排水量が38L/minと概ね一致した。支持層に根入れすることで鋼矢板が天端高さを維持するため、本工法は越水被害抑制にも有効である。

4. まとめ

地盤に液状化層が存在せず、ため池堤体が液状化するような地盤条件を対象として振動台模型実験を実施し、二重鋼矢板構造による耐震補強効果を検証した。主な知見を以下に示す。

- 1) いずれのケースにおいても堤体中央下部で過剰間隙水圧比が0.9以上となり、同程度の液状化が発生した。
- 2) 二重鋼矢板ケースでは、無補強ケースに比べ堤体沈下量が48%低減された。これは、締切り内地盤の側方流動を鋼矢板が拘束したことによると考えられる。
- 3) 支持層に根入れすることで鋼矢板が加振後も天端高さを維持するため、本工法は越水被害の抑制に有効である。

【参考文献】

- 1) 藤原寛太ほか：鋼矢板によるため池堤の耐震補強工法の検討（その2 模型実験），平成29年度土木学会第72回年次学術講演会，2017。
- 2) 棚谷南海彦ほか：鋼矢板によるため池堤防の耐震補強工法に関する基礎検討（その1:実在ため池の材料特性），地盤工学会四国支部平成29年度技術研究発表会，2017。
- 3) Iai, S.: Similitude for shaking table tests on soil-structure-fluid model in 1g gravitational field, Report of the port and harbor research institute, 1988.

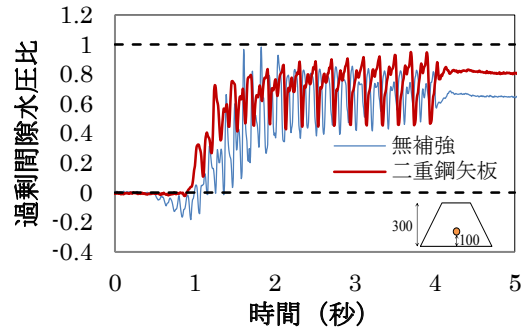


図2 堤体中央の過剰間隙水圧比履歴
Time histories of excess pore water pressure ratio

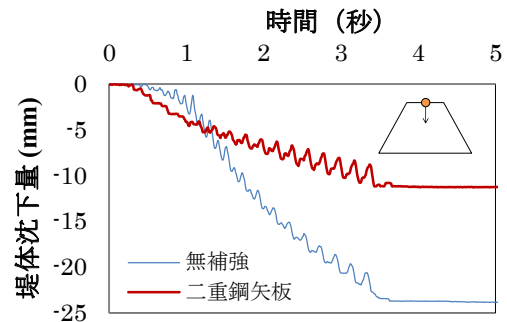


図3 堤体天端の沈下履歴
Time histories of settlements of top of the embankment

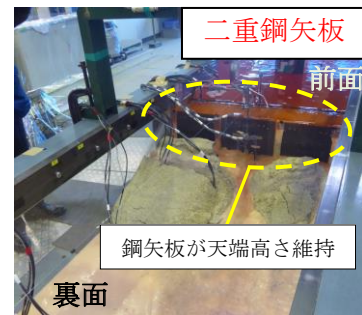


写真2 越水実験の様子
Conditions during overflow tests