

鋼矢板を活用したため池堤の耐震補強に関する実験的検討

Study on sheet-piles reinforcement method for pond embankment against earthquake

○藤原 覚太* 梶山 嵩* 奥田 洋一* 原 忠** 棚谷 南海彦**

Kakuta Fujiwara, Takashi Momiyama, Youichi Okuda, Tadashi Hara, Namihiko Tanaya

1. はじめに

2016年の熊本地震では震源域近傍の熊本県内のため池堤が被災し、堤体の損傷およびこれに伴う貯水機能の喪失が確認された¹⁾。ため池堤の被害を抑えるため、押え盛土による補強がなされることが多いが、これは主に円弧すべりを想定した対策工法であるため、基礎地盤の液状化を伴うような大規模な地震に対しては、堤体の沈下抑制に寄与しない可能性がある。そこで著者らは、海岸堤防の耐震補強にも実績のある鋼矢板を堤体内に配置する工法に着目した²⁾。本研究では、押え盛土工法および鋼矢板を用いた補強工法を対象に、振動台模型実験により地震時の挙動を検証した。

2. 実験条件

剛土槽(幅 2800×高さ 845×奥行き 695mm)を用いて、図1に示す計4ケースの振動台模型実験(1G)を実施した。模型寸法に関しては、ため池堤の実構造規模を仮定し(堤体高:10m、液状化層厚:5m)、実験上の幾何縮尺 $\lambda=1/35$ を考慮して断面を設定した。非液状化層および液状化層はケイ砂7号($\rho_s=2.66\text{g/cm}^3$ 、 $D_{50}=0.14\text{mm}$)を用い、それぞれ $Dr=45\%$ 、 90% となるよう管理しながら水中落下法により作製した。堤体は、ケイ砂7号にカオリン粘土を乾燥比重量5:1となるよう配合し含水比約15%で管理した地盤材料を用いた。十分に締固め管理された堤体を想定し、締固め度91%となるよう作製した。池の水位は堤高の2/3に相当する200mmとし、池裏側では地表面と水位面が一致するよう調節した。対策工は、押え盛土(Case-2)、二重矢板構造(Case-3)、法肩矢板+法尻補強(Case-4)とした。押え盛土のサイズは、円弧すべりに対する安全率が1.2以上となるよう高さ100mm、幅200mmとした。鋼矢板はハット形鋼矢板25Hを想定し、相似則³⁾から実験で用いる矢板模型の曲げ剛性が合うように鋼板の板厚を2.3mmに設定した。かご枠は鋼製の枠材の内部に砂利(粒径5~10mm)を詰めたものである。かご枠1個当たりのサイズは高さ50mm、幅120mmであり、高さ方向に3段重ねそれぞれをワイヤーで巻き付けて固定した。加振波形について、本研究では南海トラフ地震等で想定されるレベル2地震動を対象とし、かつ構造の基礎特性の把握を目的としたことから、加速度振幅 6m/s^2 、周波数5Hz、20波(継続時間4秒)の正弦波を用いた。

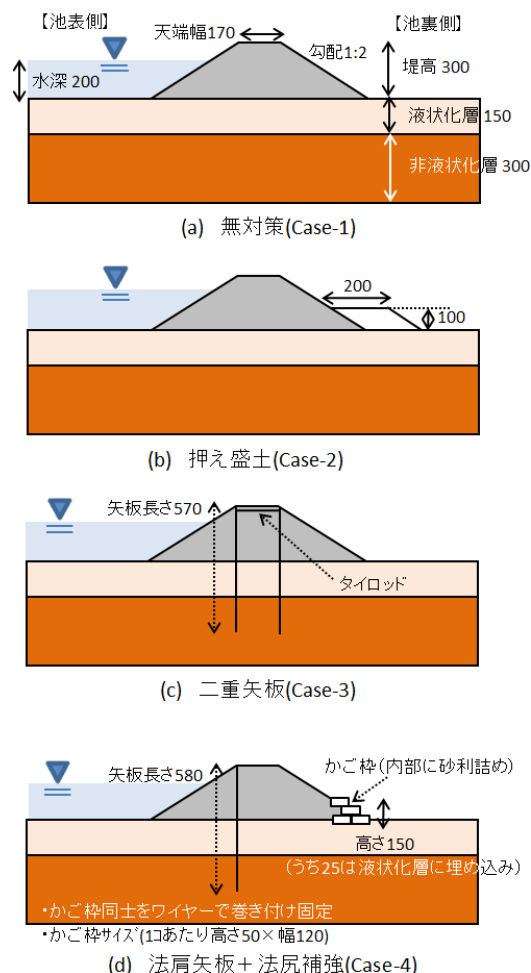


図1 実験ケース (単位: mm)

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

**高知大学農学部 Faculty of Agriculture, Kochi University

キーワード: 鋼矢板, ため池堤, 模型実験

3. 実験結果

加振後の堤体の状況を写真1に示す。写真1には堤体天端の水平・鉛直方向の残留変位も併記した。また事前に浸透挙動を確認する実験を実施しており、地盤内に赤水が浸透している旨を付記する。いずれのケースも液状化層(黒メッシュが施された層)は液状化に伴い変形し、池水による偏水圧が作用するため池裏側に向かう水平変位が生じた。無対策(Case-1)では、堤体は水平方向に63mm変位するとともに58mmの鉛直変位(沈下)が生じた。押え盛土(Case-2)では、水平変位が4割程度抑制されたが、堤防機能に直結する沈下量は減少していない。押え盛土工法は円弧すべりに対して効果的とされているが、基礎地盤の液状化に伴う堤体の沈下については十分な効果を発揮するに至らなかった。二重矢板(Case-3)および法肩矢板+法尻補強(Case-4)では、矢板(Case-3では池表側の矢板)には地震に伴う偏水圧が作用するものの、矢板は倒壊・沈下することなく天端高さを維持する結果となった。地震時に矢板が堤防機能を確保することで、溢水に伴う破堤のリスク低減が期待できる。堤体天端地盤に着目すると、無対策に比べ、二重矢板では水平・鉛直方向の変位は6割程度、法肩矢板+法尻補強では1~2割程度抑制された。堤体自体の沈下・変形が抑制されるため、堤体天端を道路として活用する場合や、ため池堤の周辺に民家がある場合であっても、適用性を有する工法であることが期待できる。

4. まとめ

常時水位高を保つため池堤を対象に振動台模型実験(1G)を実施することで、押え盛土工法、および鋼矢板を用いた補強工法について地震時の挙動を検証した。主な知見を以下に示す。

- 1) 無対策のため池堤では、基礎地盤の液状化に伴い大きく沈下するとともに、池水の偏水圧が作用することで池裏側に向かう水平方向の変位が生じた。
- 2) 標準的なため池堤の耐震工法である、押え盛土を設置することで、堤体の水平方向の変位は抑制されたものの、基礎地盤の液状化に伴う堤体の沈下抑制には寄与しなかった。
- 3) 堤体内に矢板を設置することで、地震が発生しても矢板自体が天端高さを確保することを確認した。基礎地盤の液状化を伴う地盤条件であっても、ため池堤の沈下抑制効果が期待できる工法であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 原忠ほか：平成28年(2016年)熊本地震による農業用ダムの被害調査報告，平成28年度農業農村工学会大会講演会，2016
- 2) 藤原覚太ほか：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(投稿中)
- 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, Vol.27, No.3, pp.3-24, 1988

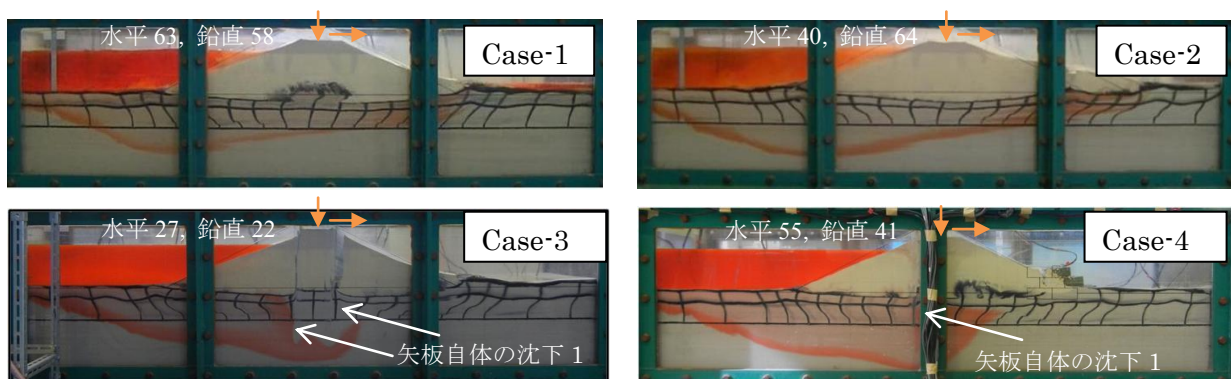


写真1 加振後の堤防の状況(単位：mm)