

鋼矢板とカゴ枠を用いた堤防補強に関する振動台模型実験

新日鐵住金(株) 正会員 ○藤原寛太 乙志和孝
大阪産業大学 正会員 飯田毅 太田充紀 学生会員 住田智章

1. はじめに

海岸・河川堤防等の地震や高水時に対する災害対策として、堤体内に矢板を配置した複合構造対策の研究が行われており、一定の効果があることが報告されている^{例え¹⁾}。著者らは、堤体法肩に鋼矢板、堤体法面にカゴ枠を配置する複合構造を考案し、地震時における堤体天端の沈下抑制、並びに堤体形状の保持、高水時における鋼矢板による天端高さの確保、更には越流時における堤体の洗掘抑制等の複合効果について検討することとした。模型実験により得られた堤体の動的挙動、対策効果並びに越流時の堤体挙動について、主な結果を以下に記す。

2. 実験概要

剛土槽(幅2800×高さ845×奥行695mm)の中に実験模型を作製する。実験ケース、対策工および地盤の諸元を表1に、模型概要と計測位置を図1に示す。模型寸法は実構造物規模を堤体高:5m~7m程度、液状化層厚:5m~7m程度と仮定し、実験上の幾何縮尺 $\lambda=1/20\sim 1/25$ 程度を考慮して設定した。地盤材料にはケイ砂7号($G_s=2.66, D_{50}=0.18\text{mm}$)を用い、締固め層および液状化層を水中落下法にて作製し、その上に盛土層を構築した。それぞれの層厚は250mmであり水位面は液状化層表面とした。

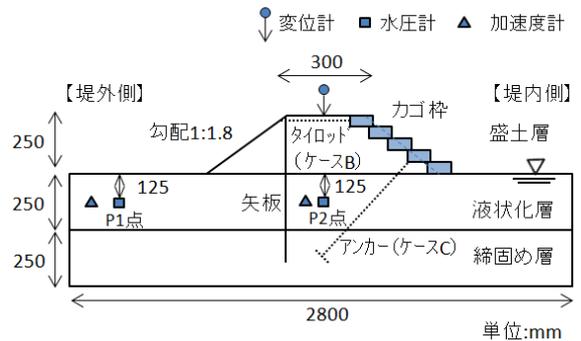


図1 模型断面と計測位置

た。それぞれの層厚は250mmであり水位面は液状化層表面とした。盛土層はケイ砂7号にカオリン粘土を乾燥重量比5:1となるように配合し、含水比約10%で管理した材料を用いて成形した。なお、盛土層下端には毛細管現象を抑制するため油粘土を薄く(20mm程度)敷設し遮水した。対策工は堤外側の盛土法肩部に締固め層まで根入れさせた矢板を設置し、堤内側法面にはカゴ枠を高さ方向に5個段積み配置した。矢板の板厚は、一般的に用いられるハット形鋼矢板25Hを想定し、模型実験に係る相似則²⁾を参考に設定した。カゴ枠の設置について、ケースBでは最上段カゴ枠と矢板天端付近をタイロッドにより結合させ、ケースCではカゴ枠にアンカーを結合させ先端を締固め層まで挿入した。アンカー先端には実施工時に改良体など設けられることを考慮し、60×60×5mmの鋼板を接着した。計測項目は図1に示すように盛土天端中央の鉛直変位、自由地盤と堤体直下地盤の加速度と過剰間隙水圧である。

加振条件は周波数3Hz, 正弦波20波とし、最大加速度100gal, 200gal, 300gal, 400galの4段階のステップ加振とした。加振実験終了後、堤外側の水位を堤体高さ以上に上昇させ越流時における堤体の挙動についても検証した。

3. 実験結果

3.1 加振実験

(1) 堤体天端中央の沈下量

各ケースにおける、加振加速度と堤体天端中央の沈下量の関係を図2に示す。図2より、①入力加速度が100gal, 200galでは堤体はほとんど変形しなかった。②300galから堤体に沈下が生じ、400galでのケースA,B,Cにおける堤体の天端沈下量はそれぞれ79mm, 53mm(ケースAの約1/1.5), 64mm(ケースAの約1/1.2)であり、対策工の沈

表1 実験ケースおよび対策工

No.	実験ケース 構造の詳細	地盤				対策工		
		盛土層 γ_t (kN/m ³)	液状化層 γ_t (kN/m ³)	液状化層 Dr (%)	締固め層 γ_t (kN/m ³)	締固め層 Dr (%)	矢板 (mm)	カゴ枠に接合した部材
A	無対策構造	18.3	19.1	55.9	19.8	95.1	—	—
B	対策構造(鋼矢板, カゴ枠, タイロッド)	18.0	19.1	54.6	19.7	95.9	t=3.2, L=650	タイロッド($\phi=4\text{mm}$)
C	対策構造(鋼矢板, カゴ枠, アンカー)	17.6	19.1	56.3	19.7	96.8	t=3.2, L=650	アンカー($\phi=5\text{mm}$)

Key Words ; 堤防, 液状化, 鋼矢板, 模型実験, カゴ枠, アンカー

連絡先 ; 〒314-0255 茨城県神栖市砂山 16-1 Tel: 0479-46-5128 Fax: 0479-46-5147

下抑制効果を確認できた。

(2) 過剰間隙水圧比

400gal加振でのケースBにおける自由地盤 (P1点) および堤体直下地盤 (P2点) での過剰間隙水圧比の時刻歴を図3に示す。図3より、上載圧の小さい自由地盤 (P1点) では過剰間隙水圧比がほぼ1.0を示し、液状化状態に至り、堤体直下地盤 (P2点) では過剰間隙水圧比が0.7程度であった。

(3) 堤体の変形状態

400gal 加振終了後の堤体の変形状態を写真1に示す。写真1より、①ケースAでは自由地盤が液状化することで側方変位の拘束がなくなり、堤体直下地盤が側方へ流動するのに伴い、底部が拡幅しながら沈下する堤体のストレッチング変形が生じた。②ケースB、Cでは締固め層まで矢板を設置することで、堤体直下地盤の堤外側への流動を抑制するとともに、法面に設置されたカゴ枠が堤体自体の変形を抑制し、天端の沈下が低減されている。なお、ケースBとCとの間に沈下抑制効果の差異がみられたが、これはケースBでは矢板天端付近をタイロッドで結合しているため、ケースCに比べ矢板の応答加速度が低減し、矢板周囲の振動が抑えられ沈下抑制に寄与したものと考えられる。

3. 2 越流実験

ケースA,Bに関し、越流時における堤体の状況を写真2に示す。写真2より、①ケースAでは越流水により堤体天端から堤内側法面にかけて洗掘され最終的に破堤に至っている。②ケースBでは矢板が天端高さを維持することで破堤を防止し、さらにカゴ枠を設置することで堤内側法面の形状が保持された。

4. まとめ

鋼矢板とカゴ枠を用いた堤防補強に関する模型実験により、以下の知見を得た。

- 1) 加振実験により、鋼矢板およびカゴ枠を設置することで堤体天端の沈下が抑制された。
- 2) 越流実験により、矢板を設置することで天端高さが維持され破堤が防止されるとともに、カゴ枠を設置することにより法面の形状が保持された。

参考文献:

- 1) 鋼管杭協会, 堤防補強研究委員会: 鋼矢板芯壁堤, 鋼矢板を用いた河川堤防補強技術, 平成14年3月
- 2) 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, 1988

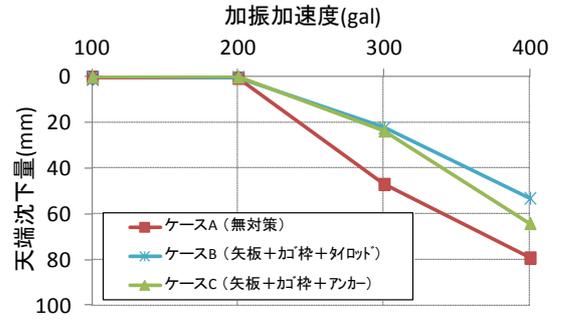


図2 加振加速度と堤体天端沈下量

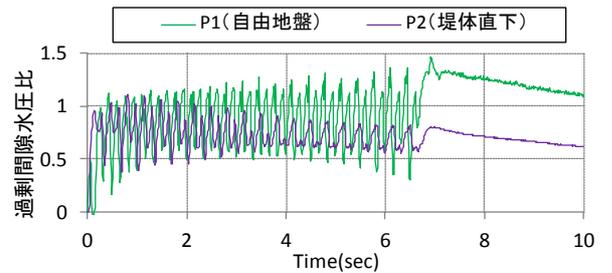


図3 過剰間隙水圧比時刻歴 (ケースB 400gal 加振)



ケースA: 無対策構造



ケースB: 対策構造 (鋼矢板, カゴ枠, タイロッド)



ケースC: 対策構造 (鋼矢板, カゴ枠, アンカー)

写真1 堤体の変形状態 (400gal 加振後)

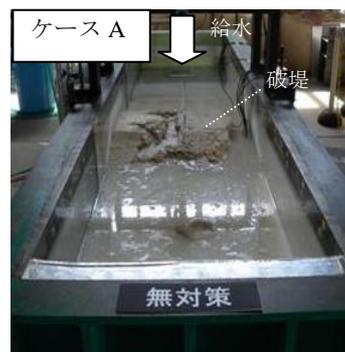


写真2 越流時の堤体の状況 (堤内側から撮影)