

排水機能付き矢板の堤防液状化対策効果についての遠心模型実験

愛媛大学 学生会員 ○須山瑞紀

フェロー 岡村未対, 正会員 小野耕平

1. はじめに

河川堤防の液状化対策のうち、間隙水圧消散工法は、地盤内に透水性の高い排水部材を設置し、地震時に上昇する過剰間隙水圧を消散させることにより、地盤の変形と構造物の被害を抑制するものである。河川堤防の液状化対策として用いられてきた排水機能付き矢板は、矢板による側方流動抑制効果に、排水部材による矢板周辺地盤の間隙水圧の低減効果を付与し、より高い沈下抑制効果を期待するものである。しかし、現行の液状化対策工法¹⁾では排水部材による間隙水圧の低減効果は考慮されていない。そこで、本研究では、排水機能付き矢板の過剰間隙水圧消散効果を調べ、設計方法の確立に資することを目的に遠心模型実験を行った。

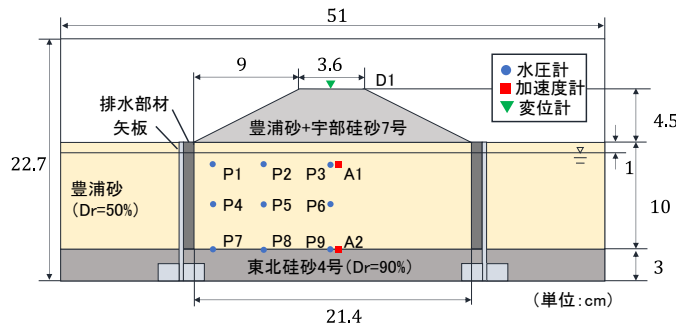


図1 実験模型概要

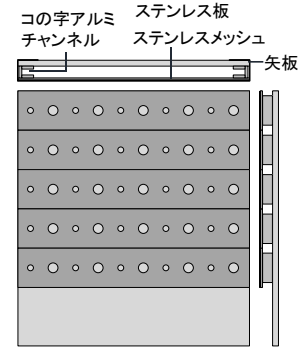


図2 排水機能付き矢板

2. 実験概要

模型地盤の概要を図1に示す。実験は、幅51cm、奥行12cm、高さ22.7cmの剛土槽を用いて遠心加速度50g場で行った。土槽底面に矢板を固定した後、東北硅砂4号を用いて3cmの支持層を作成し、その上にDr=50%の豊浦砂で層厚10cmの液状化層を作製した。地盤上には高さ4.5cm、法面勾配1:2の堤防盛土を設置した。盛土は、豊浦砂と宇部硅砂号を乾燥重量比2:1で混合し、含水比13%に調整した材料を別途型枠内で締固めた後に設置した。排水機能付き矢板を図2に示す。矢板は厚さ3mmのアルミニウム板で、原型スケールで鋼矢板II型相当の曲げ剛性を有する。排水部材のドレインはコの字型のアルミチャンネルと厚さ0.5mmのステンレスメッシュを用いて中空箱型のものを作製した。排水部材は幅6mm、地盤に接する面の面積開口率は約7.3%である。模型地盤は約-98kPaの負圧下においてメトローズ水溶液で飽和した後、遠心模型実験装置に設置し、50gの遠心加速度場にて地下水位を地表面下1cmまで低下した後に50g原型スケールで最大加速度約200galの加振を行い(図3)、図1に示す地盤内9か所に設置した水圧計と盛土天端の変位計で地盤挙動を計測した。実験条件を表1に示す。実験は地盤の透水係数と排水部材の有無を変えて行った。Case3~Case7は同条件で実験を行った井上²⁾の結果を用い、新たに3ケースの実験結果を加えて排水機能付き矢板の液状化対策効果を検討した。豊浦砂層の透水係数は間隙流体の粘性を調整することによって変化させた。以後、本報での実験結果は全て模型スケールで示す。

表1 実験ケース

| | 排水部材 | 間隙流体粘性 | 透水係数 |
|-------|------|---------|---------------------------------|
| Case1 | 無 | 12.5cSt | $6.4 \times 10^{-3} \text{m/s}$ |
| Case2 | 有 | | |
| Case3 | 無 | 25cSt | $3.2 \times 10^{-3} \text{m/s}$ |
| Case4 | 有 | | |
| Case5 | 無 | 50cSt | $1.6 \times 10^{-3} \text{m/s}$ |
| Case6 | 有 | | |
| Case7 | 無 | 200cSt | $0.4 \times 10^{-3} \text{m/s}$ |
| Case8 | 有 | | |

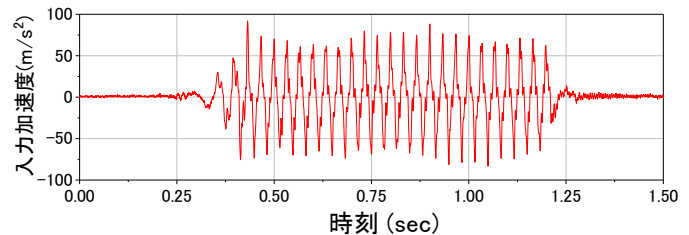


図3 入力加速度

模型地盤は約-98kPaの負圧下においてメトローズ水溶液で飽和した後、遠心模型実験装置に設置し、50gの遠心加速度場にて地下水位を地表面下1cmまで低下した後に50g原型スケールで最大加速度約200galの加振を行い(図3)、図1に示す地盤内9か所に設置した水圧計と盛土天端の変位計で地盤挙動を計測した。実験条件を表1に示す。実験は地盤の透水係数と排水部材の有無を変えて行った。Case3~Case7は同条件で実験を行った井上²⁾の結果を用い、新たに3ケースの実験結果を加えて排水機能付き矢板の液状化対策効果を検討した。豊浦砂層の透水係数は間隙流体の粘性を調整することによって変化させた。以後、本報での実験結果は全て模型スケールで示す。

3. 実験結果と考察

図4は天端直下最深部(P9)の過剰間隙水圧比の最大値(R_{u_max})である。 R_{u_max} は過剰間隙水圧を直上の土層圧から求めた初期鉛直有効応力で除したものである。排水部材の無い場合では、透水係数が $3.2 \times 10^{-3}(\text{m/s})$ 以下のケースで R_{u_max} が1程度でほぼ一定だが、透水係数が最大のCase1では R_{u_max} が低下しており加振中の地盤内から排水の影響がみられる。一方、排水部材の有る場合、透水係数が最小のCase8では排水の影響がみられないものの、それ以外のケースでは透水係数の増加とともに R_{u_max} が低下しており、排水の影響が排水部材の無いケースよりも顕著になっている。次に、排水部材の有無による対策効果の違いが最も顕著であったCase3とCase4の加振後の写真を図5(a)(b)に示す。Case3(部材無)では、天端が大きく沈下し、基礎地盤は天端直下で沈下、法尻側で盛り上がったのに対し、Case4(部材有)では、堤体の沈下及び変形が非常に小さい。透水係数が最も小さいCase7(部材無)とCase8(部材有)の写真を図5(c)(d)に示す。天端の沈下量には大差無いものの、特に法尻付近ではCase8で地盤の変形が大幅に抑制されており、排水部材の効果が現れている。

図6に天端の最終沈下量と透水係数の関係を示す。透水係数が最も小さく非排水状態に近いケースでは排水部材の有無による違いは見られない。透水係数が増加し地盤が部分排水状態となると、透水係数および排水部材の有無によって沈下量が変化し、さらに透水係数が大きくなると地盤は液状化せずに沈下量は極めて小さいものとなっており、このことは上述の R_{u_max} と整合している。部分排水状態となる透水係数の範囲に着目すると、排水部材が有る場合では、 $3.2 \times 10^{-3}(\text{m/s})$ 、排水部材が無い場合では $6.4 \times 10^{-3}(\text{m/s})$ から急激に沈下量が抑制されている。このことから、堤体の沈下抑制効果は地盤の透水係数に大きく依存しており、排水部材を設置することで、沈下抑制効果が大幅に高まる透水係数の範囲を透水性の低い方へ数倍程度移動させることが可能だと分かる。

4. 結論

本研究では、排水機能付き矢板の液状化対策効果を確認するために遠心模型実験を行った。実験結果から、排水部材による堤防の沈下抑制効果は、透水係数に大きく依存し、対策効果が急激に高まる比較的狭い透水係数の範囲の存在が確認できた。

5. 参考文献

- 1) 土木研究所：河川堤防の液状化対策の手引き，土木研究所資料第4332号，p17-21，2016。
- 2) 井上直大：排水機能付き矢板による堤防直下地盤の地震時水圧低減効果に関する研究，令和元年度修士論文。

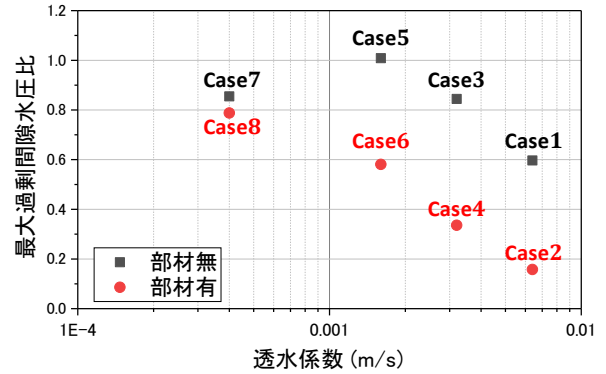


図4 P9での最大過剰間隙比

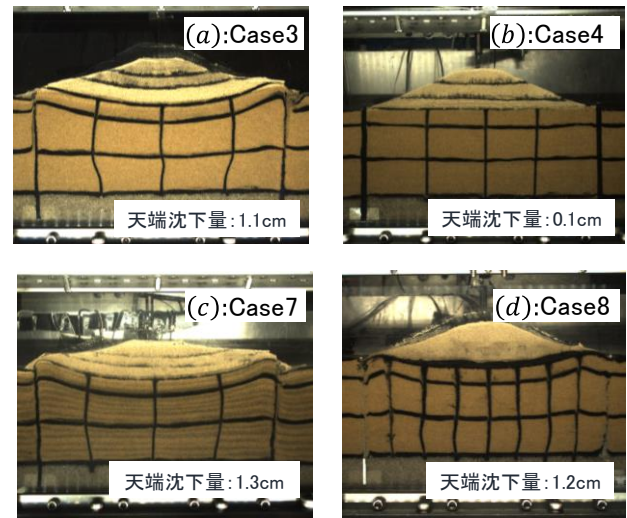


図5 加振後写真

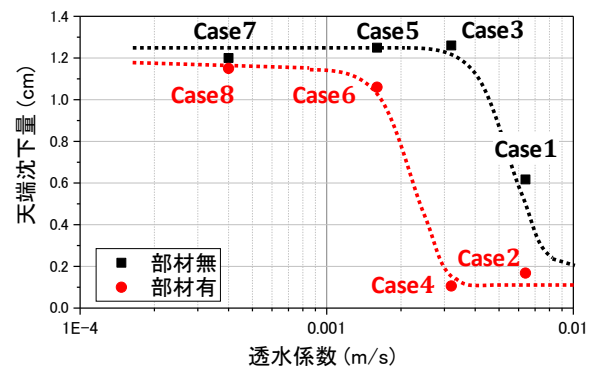


図6 天端沈下量