

プレストレスト矢板による堤防液状化対策効果の実験的検証

愛媛大学大学院 理工学研究科 学生会員 ○井上直大
正会員 岡村未対, 小野耕平

1.はじめに

河川堤防液状化対策の一つに堤防法尻に鋼矢板を打設する工法がある。この工法は地盤改良等他の対策工に比べ天端沈下抑制効果が小さいが¹⁾、用地の制約などから他工法が適用できない場合があり、対策効果の改良が望まれている。本研究では矢板の弾性を利用し、打設時に堤防直下地盤の水平土圧を増加させ、液状化強度、地盤変形の抑制、天端沈下量の低減を期待する工法(プレストレスト矢板工法)を考案し²⁾、その沈下抑制効果を実験的に調べた。

2.実験概要

本研究では、矢板の厚さ、矢板の初期頭部変位を変化させることにより、プレストレスを変化させ、その違いによる天端沈下抑制効果を調べた。まず水平地盤のコーン貫入試験を行い、プレストレスによる地盤の液状化強度の分布を調べた。続いて盛土を有する緩い砂地盤の加振実験を行い、盛土の沈下抑制効果を調べた。模型地盤の概要を図1に示す。

実験は幅51cm、奥行き12cm、高さ22.7cmの剛土槽を用いた。コーン貫入試験(図1(a))では土槽底面に設置した矢板の頭部にアクチュエータを用いて所定の水平変位(5mm または 10mm)を与え固定し、豊浦砂を相対密度50%になるように空中落下法を用いて地盤を作製した。これを遠心装置に搭載し30Gの遠心加速度場にて、まずP1~P3の位置に直径6mmのコーンを貫入して先端抵抗を測定した。つぎにアクチュエータによる固定を解除し地盤にプレストレスを作用させ、P4~P7の位置にて測定を行った。液状化実験(図1(b))では矢板、地盤を同様の条件で作製し、地盤上に豊浦砂とカオリンを3:1で混合した盛土を設置した。30G場において矢板頭部の固定を解除し水平応力を付与した後、加振を行った。加振は二回行い、入力加速度は原型スケールで約160gal、300galである。また、液状化実験では地盤に色砂で線を引くことにより、液状化時の変形の様子も観察した。実験条件を表1に示す。なお、実験の詳細については井上ら⁴⁾を参照されたい。

3.実験結果

本論文での実験結果はすべて模型スケールで示す。図2はコーン貫入試験で計測した先端抵抗からRobertson and Wride(1998)³⁾の方法により液状化強度に換算し、プレストレス付与前(P1~P3)の液状化強度で除した液状化強度増加率の分布である。

$$CRR=93 \{ (Pa/\sigma'_{v0})^n (q_c/Pa)/1000 \}^3 + 0.08$$

ここに、CRR : M=7.5に対する液状化強度、 q_c : コーン先端抵抗、 Pa : 大気圧、 σ'_{v0} : 有効上載圧、 n : 0.5~1.0(粒度特性により

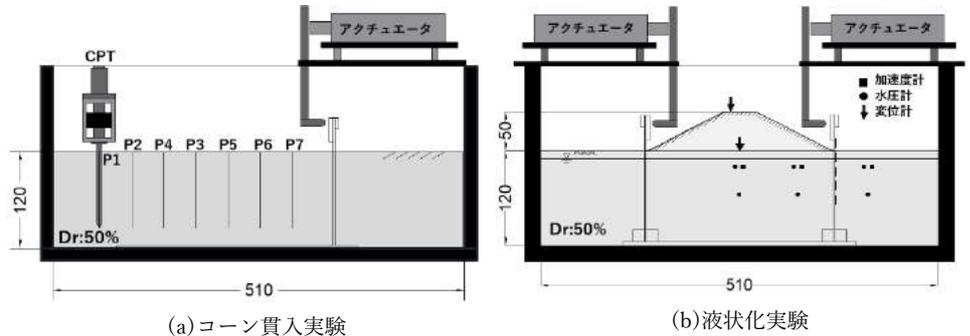


図1 実験模型図(mm)

表1 実験条件

Case	矢板厚さ(mm)	矢板頭部初期変位(mm)
0	2	0
1	2	5
2	2	10
3	3	10

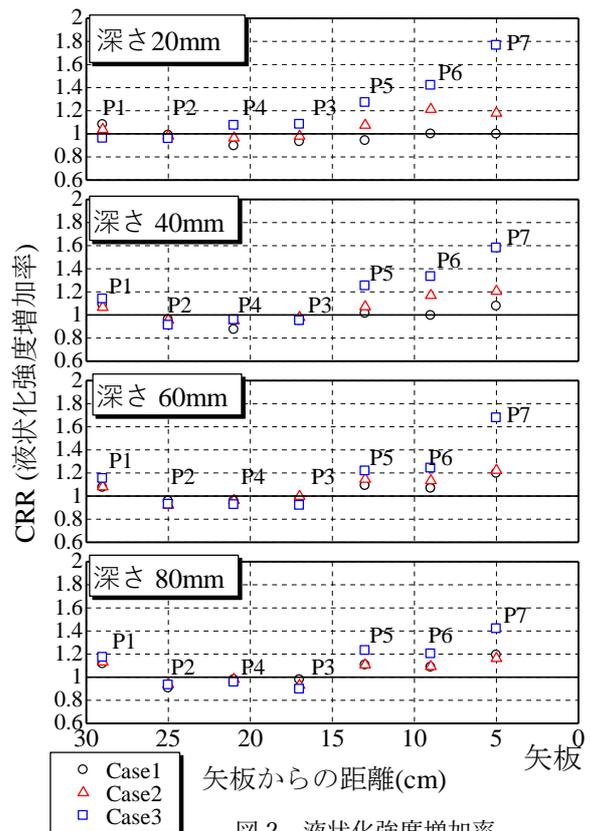


図2 液状化強度増加率

変化し、本研究では 1.0 を用いた)である。矢板に近く、浅いほど増加率は大きく、ケースごとの比較では、矢板が厚く、初期の頭部変位量が大きいほど液状化強度増加率は高く、最大で約 1.8 倍になっている。また、矢板から水平に 13cm 離れた P5 まで液状化強度が約 1.2 倍以上となっている。この位置は盛土実験での盛土天端の位置にあっており、今回の実験条件では矢板近傍のみならず盛土直下全体の液状化強度がある程度増加するものとなった。

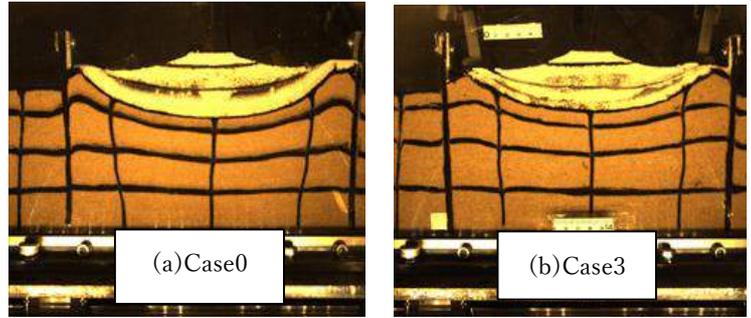


図 3 沈下の様子(1 回目加振後)

図 3 はプレストレス無しの Case0 とプレストレスの最も大きい Case3 の実験中に撮影した 1 回目加振後の写真である。Case0 に比べて Case3 では矢板付近の地盤において変形が抑制されているのがわかる。また、これらの写真の色砂の交点の座標を用いて求めた最大せん断ひずみの分布を図 4 に示す。

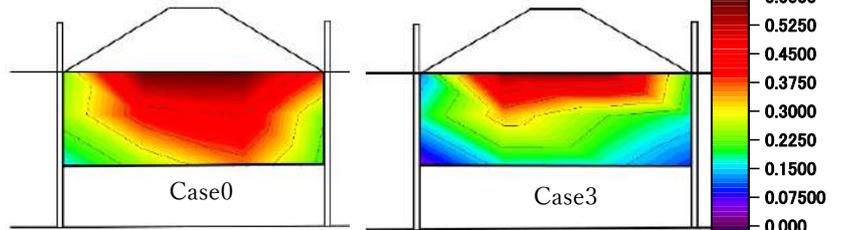


図 4 最大せん断ひずみ(1 回目加振後)

Case0 に比べ Case3 では最大せん断ひずみは大幅に減少していることがわかる。また、矢板付近だけでなく、矢板から遠い土槽中心でも効果がみられ、コーン貫入試験より求めた液状化強度が増加した範囲とも一致する。これらのことから矢板のプレストレスにより水平応力が増加、地盤の強度が上昇したといえる。

図 5 は 1 回目加振後の天端沈下率(=沈下量/堤体高さ)とプレストレスの関係である。横軸は本研究におけるプレストレスの指標として矢板の曲げ剛性 EI と初期頭部変位 S の積とした。グラフには変位計により計測した沈下量と実験中の写真から読み取った沈下量をプロットした。両沈下率ともに Case0~Case3 にかけて、プレストレスの増加とともに沈下率は減少している。Case1、Case2 の沈下率は Case0 と同程度であり、大きな沈下抑制効果はみられなかった。しかし、Case 3 においては従来の鋼矢板打設工法に対応する Case0 と比較し、約 20~30%沈下を抑制できており、プレストレス鋼矢板工法の効果が表れていることがわかる。本研究で行った Case3 の実験は、厚さ 3.6m の液状化層に I 型の鋼矢板を打設したものに相当する。矢板の曲げ剛性と頭部変位を増加させ、より大きなプレストレスを作用させれば更なる効果が期待できるものと考えられる。

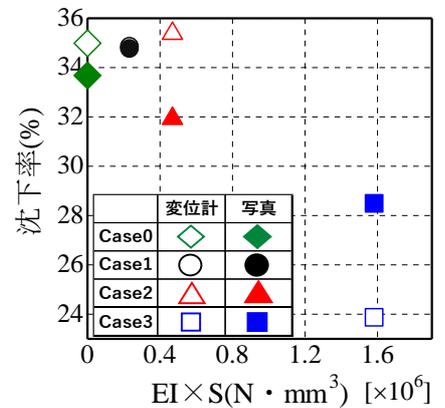


図 5 沈下率

4.まとめ

本研究ではプレストレス鋼矢板による天端沈下抑制効果を、遠心模型実験を行い検証した。プレストレスを増加させることにより、地盤に付与される水平応力が増加し、液状化強度の増加、せん断変形の抑制、天下量の抑制を確認できた。本実験の地盤条件では、1 回目加振時の液状化堤効効率 FL はプレストレスがない場合約 0.5 であり、Case3 のプレストレスで液状化強度が 1.8 倍になったとしても FL は 1 以下である。今後さらにプレストレスを増加させていけば、FL は 1 以上になると考えられ、さらに液状化対策効果の改善が期待できることがわかった。

5.参考文献

- 1)土木研究所土質振動チーム(2016)：河川堤防の液状化対策の手引〈設計計算例〉、土木研究所資料、No4346
- 2)高木・岡村・陣内(2017)：矢板により水平土圧を増加させる盛土液状化対策の遠心模型実験、第 52 回地盤工学研究発表会
- 3)Robertson・Wride(1998)：Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test
- 4)井上・岡村・小野(2018)：プレストレス鋼矢板が液状化時の堤防沈下抑制効果に及ぼす影響、第 53 回地盤工学研究発表会(投稿中)