

楯型鋼矢板工法の模型振動実験に対する再現解析

(株)ニュージェック 正会員 ○村上巧一, 平井俊之, 坪井英夫
国土交通省四国地方整備局 正会員 小泉勝彦, 二宮 裕介
京都大学防災研究所 国際会員 井合 進
(独)港湾空港技術研究所 国際会員 菅野高弘, 森川 嘉之
広島大学大学院 国際会員 一井康二

1. 目的

津波の襲来による背後地への浸水被害を防護するため、低コストで迅速な対策として矢板の一部を液状化層の下にある非液状化層に着底させた楯型鋼矢板工法が提案されている.本研究では、楯型鋼矢板工法の適用性を確認するため、遠心場(50G)における楯型鋼矢板の模型振動実験¹⁾に対する再現解析を、透水性を考慮した動的有効応力解析プログラム FLIP(透水 FLIP)を用いて行い、液状化地盤における楯型鋼矢板の挙動特性について検討を行った。

2. 楯型鋼矢板工法の概要

図-1 に遠心模型実験に用いた楯型鋼矢板のモデル図を示す.楯型鋼矢板工法は、矢板上部は通常連続した構造とし、下部は一部の矢板のみを液状化層の下にある非液状化層に着底させる工法である.液状化層内において矢板の面積を減らすことにより液状化によって生じた矢板背後からの泥土圧を逃がすことができ、矢板前面にある地盤の水平変位量の増加を抑制し、矢板上部(以下、通常部と呼ぶ)の鉛直性や天端高さを確保することができると考えられている.すなわち、液状化後において楯型鋼矢板の上部部分が連続していれば、津波の浸入を防ぐことができると考えられる。

3. 解析条件

実物スケールの楯の中心間隔は、相似則により 2.2m であり 2 次元解析における地盤の奥行方向幅は 2.2m となる.楯型鋼矢板の通常部と矢板部の解析物性値は、奥行き 2.2m 当たりにある矢板(鋼材)の幅(通常部:2.2m, 矢板部:0.95m)から設定した.表-1 に楯型鋼矢板の解析物性値を示す.楯型鋼矢板と地盤の拘束条件は、通常部は検討を行った全てのケースにおいて矢板前面、背面ともジョイント要素とした.楯部については通常部と同じジョイント要素とする場合と、液状化した土の杭(矢板)に対するすり抜け効果を表現することができる杭-地盤相互作用バネ要素を用いた場合について検討を行った.また、上記のケースについて矢板下端と地盤との拘束条件を、完全固定条件とした場合、ピン結合とした場合について検討を行った.表-2 に検討ケースを示す.また、図-2 に解析メッシュ、力学的境界条件及び水理境界条件を示す.液状化特性を規定するカクテルグラスモデル要素のパラメータ、入力波形は参考文献 2 と同条件とした。

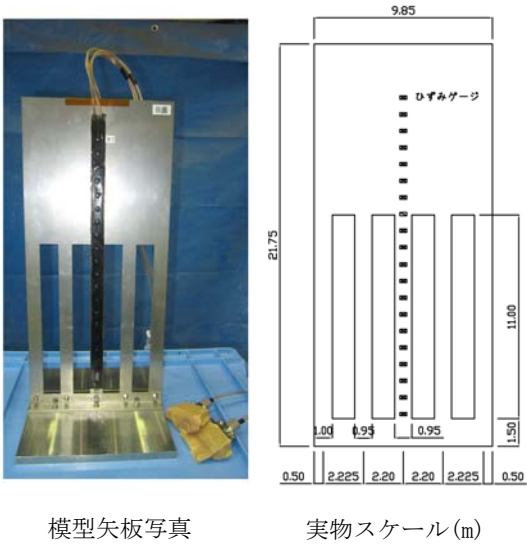


図-1 楯型鋼矢板

表-1 楯型鋼矢板の物性値

		通常部	楯部
板厚	H (m)	0.20	0.20
幅	B (m)	2.20	0.95
断面積	A (m ²)	0.44	0.19
断面二次モーメント	I ₀ (m ⁴)	1.467E-03	6.333E-04
曲げ剛性第1勾配	EI ₀ (kN・m ²)	2.889E+05	1.248E+05
降伏軸方向力	A・σ _y (kN)	90200	38950

表-2 検討ケース

		case1	case2	case3	case4
通常部	ジョイント要素	レーレー減衰β	0	0	0
		単位幅 (m)	2.2	2.2	2.2
		φ j (°)	15	15	15
		水平方向バネ定数 (kN/m ²)	1.00E+06	1.00E+06	1.00E+06
		鉛直方向バネ定数 (kN/m ²)	0	0	0
楯部	ジョイント要素	-	通常部と同じ	-	通常部と同じ
	杭-地盤相互作用バネ	杭直径(楯部幅) (m)	1	1	-
		杭(楯)間隔 (m)	2.2	2.2	-
		杭(楯)間隔比	2.2	2.2	-
矢板下端と地盤との拘束条件		完全固定	完全固定	ピン結合	ピン結合

キーワード 有効応力解析, 矢板, 護岸, 遠心模型実験, 地震, 津波

連絡先 〒450-0002 名古屋市中村区名駅 5-27-13 名駅錦橋ビル 4F (株)ニュージェック 中部支店 Tel.052-541-8561

4. 解析結果および考察

表-3 に背後地盤の鉛直変位, 護岸水平・鉛直変位, 矢板天端水平変位の残留値を示す.護岸水平変位以外は, 解析結果は概ね実験結果を再現できている.しかし, 護岸水平変位は, 実験結果に対して解析結果が 5 倍以上大きくなっている.この原因は, 実験では護岸の水平変位を計測するため, 海側から接触型の変位計によって護岸を支えていたため, 実験中に護岸の変形を抑制してしまったからと考えられる.次に, 図-2 に示す間隙水圧計(P1~P7)によって計測した過剰間隙水圧比時刻歴の実験結果と該当する箇所における解析結果の比較を図-3 に示す.再現解析に用いる透水係数は実験の過剰間隙水圧を再現できる透水係数とするため, パラメータスタディによって, クレーガーの方法によって求めた透水係数を 10 倍した値とした.図-3 より過剰間隙水圧比時刻歴の上昇と下降のタイミングおよびピーク値は解析結果が実験結果をほぼ再現できていることが分かる.

図-4 に櫛型鋼矢板の最大・最小・残留モーメント分布図を示す.実験では矢板下端においてモーメントがほとんど発生していないが, 矢板下端を完全固定条件とした解析結果である case1, 2 の場合, 矢板下部においてモーメントが大きくなっており, 実験結果とは異なっていることが分かる.一方, case3, 4 は実験と比較的良く一致しているため, 今回の実験において下端部の固定条件はピン結合条件が良かったと考えられる.また, case3, 4 の解析結果と実験結果のモーメントを比較すると, 最大・最小・残留モーメントの値は実験より解析(case3, 4 とともに)の方が小さくなっているが, ジョイントを用いた case4 の方が case3 よりも実験結果に一致する結果となった.

表-3 残留変位量結果

	背後地盤 変位量 (m)	護岸 変位量 (m)		矢板天端 変位量 (m)
	鉛直	鉛直	水平	水平
実験	-0.48	-1.30	0.33	0.33
case1	-0.42	-0.93	1.41	0.40
case2	-0.40	-0.99	1.50	0.34
case3	-0.42	-0.93	1.41	0.40
case4	-0.40	-0.99	1.50	0.34

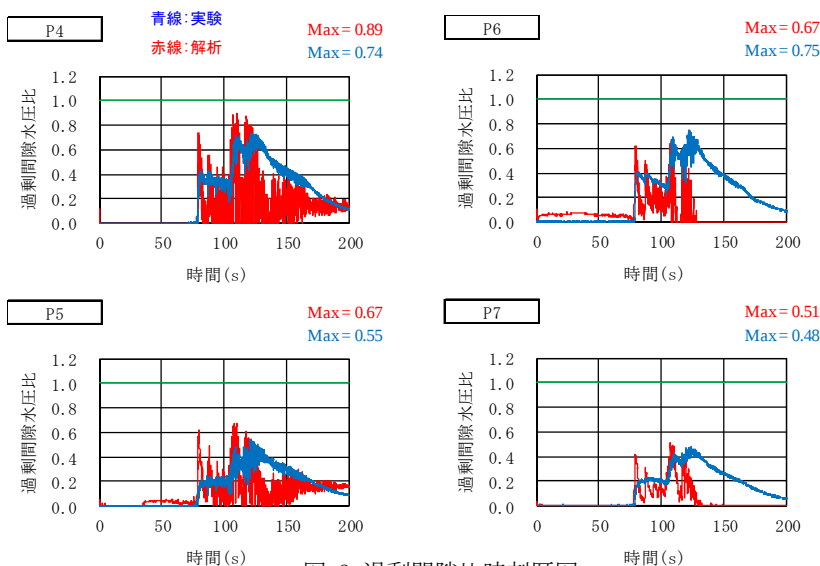


図-3 過剰間隙水圧比時刻歴図

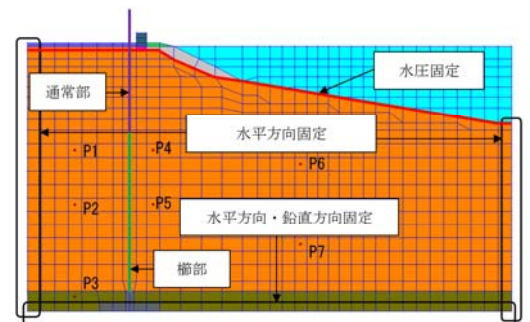


図-2 解析メッシュ P: 間隙水圧計

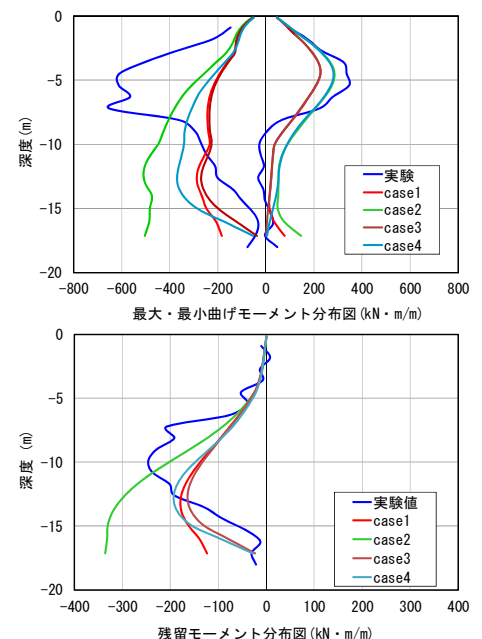


図-4 櫛型矢板のモーメント分布図

5. まとめと今後の課題

遠心模型実験に対する再現解析により, 櫛型鋼矢板と地盤の拘束条件として通常部・櫛部の矢板前面, 背面ともジョイント要素(k_n (せん断直角方向のバネ定数)= 10^6 (kN), k_s (せん断方向のバネ定数)=0)を設定すると櫛型鋼矢板の応力状態を比較的良く再現できることが分かった.今後は実験に比べ再現解析のモーメントが小さくなった原因究明を行い, さらなる解析精度の向上を図る必要がある.参考文献 1)二宮裕介他:東南海・南海地震対策を想定した護岸の遠心模型実験, 第 46 回地盤工学研究発表会平成 23 年度発表講演集, pp1377-1378, 2011. 2)坪井英夫他:透水性を考慮した FLIP による模型振動実験の再現解析,平成 23 年度土木学会全国大会,投稿中.