

液状化地盤の側方流動に対する護岸の耐震補強に関する研究

早稲田大学大学院 学生会員 ○谷 賢俊
早稲田大学 フェロー会員 濱田政則

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震は、埋立地を中心に広い範囲で液状化による側方流動を発生させ、ライフラインの埋設管路および橋梁・建物の基礎構造に甚大な被害を与えた。筆者らの研究グループは、川崎市の埋立地において側方流動による地表面変位が最大で6mに達すると予測している¹⁾。東京湾など臨海埋立地には石油貯槽等の危険物施設が数多く建設されており、流動変位によって被災する可能性もある。

本研究では、護岸移動による背後地盤の側方流動を防止する対策工の効果をも、遠心載荷場における模型実験により検証する。

2. 遠心載荷場における模型実験の方法

図1に実験模型を示す。図中のスケールは重力場で表示している。模型地盤は上部より不飽和層、液状化層、非液状化層で構成されている。既設護岸はSP-型鋼矢板を用いた控え工付の構造で、既設護岸の背後に対策工の矢板壁を設置した。模型地盤を50Gの遠心載荷場で加振し、側方流動を発生させた。表1に示すように、対策工矢板の剛性および設置位置を変化させることにより対策効果を検証した。測定項目は加速度、水圧、土圧、護岸変位、地表面変位および対策工矢板のひずみである。加振波形は図2に示すように最大振幅300gal、周波数1.2Hzの正弦波であり、流動を継続させるため20s以降は振幅を減少させて加振した。

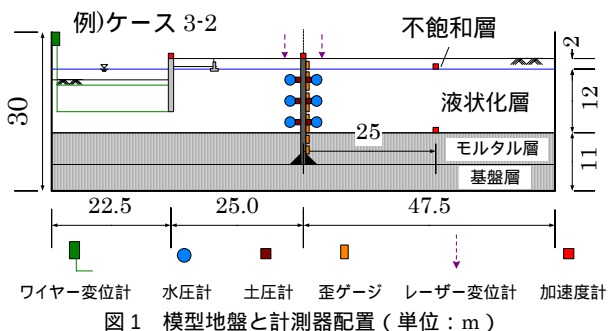


図1 模型地盤と計測器配置 (単位: m)

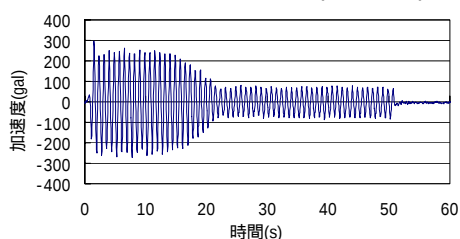


図2 入力加振波形

表1 実験ケース

実験ケース	対策工位置 (護岸背後)	曲げ剛性(kN・mm ²)			
		SP-型鋼矢板	SP-型+斜杭 SP-型鋼矢板	SP-型鋼矢板	SP-型凹凸
		1.72×10^{11}	$7.39 \times 10^{11} / 6.92 \times 10^{11}$	3.54×10^{12}	1.82×10^{13}
	10m	ケース 1-1	ケース 1-2	ケース 1-3	ケース 1-4
	17.5m	-	ケース 2-2	-	-
	25m	-	ケース 3-2	-	-

(太枠は既往の実験ケース²⁾)

表2 模型地盤

層	材料	層厚H(m)	相対密度Dr(%)
埋土(不飽和)	4号ケイ砂	2	44~61
液状化層	7号ケイ砂	12	45~65
非液状化層	モルタル	11	-

3. 流動抑制効果に関する考察

対策工位置を一定とし曲げ剛性を变化させた場合の地表面水平変位を図3に示す。また、曲げ剛性を一定とし対策工位置を変化させたケースの地表面水平変位を図4に示す。縦軸は水平変位、横軸は既設護岸からの離間距離である。

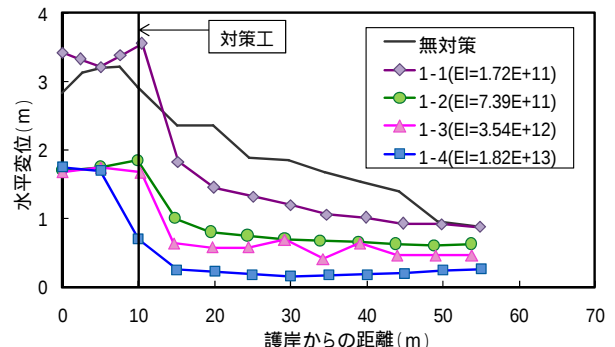


図3 水平変位比較 (剛性変化)

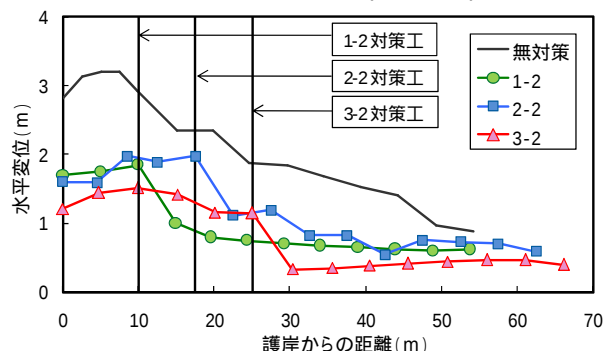


図4 水平変位比較 (対策工位置変化)

図3より、剛性が大きいほど背後地盤の水平変位が抑制されている。また図4より、護岸から十分離れた位置に対策工矢板を設置した場合、護岸背後地盤の水平変位が最も抑制されることが分かる。

キーワード 液状化、側方流動、矢板護岸、遠心実験

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 濱田研究室 TEL03-3208-0349 E-mail valley-k@suou.waseda.jp

図5に水平変位と剛性の関係を示す。対策工位置および対策工背後5m, 20m, 45mの位置における水平変位を縦軸に、対策工矢板の剛性を横軸に示す。図示した結果によると、一定の剛性以上では背後地盤の流動抑制効果に大きな差が見られない。

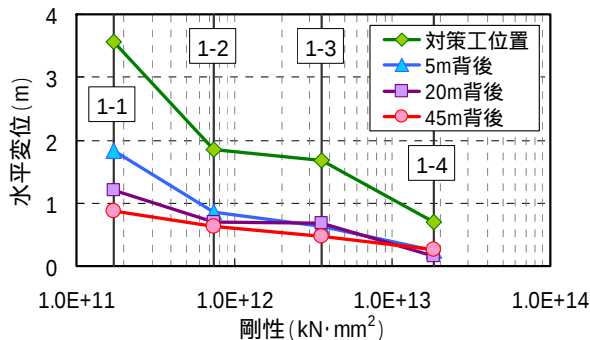


図5 水平変位と剛性

4. 対策工矢板に作用する外力に関する考察

対策工矢板のひずみから曲げモーメントを算定し、それを二階微分することで対策工矢板に作用する外力を求めた。図6にケース2-2の対策工矢板の曲げモーメント、図7にケース2-2の対策工矢板への作用外力を示す。外力は対策工矢板を陸側から押す力を正、海側から抵抗する力を負とする。下部の非液化化層は矢板の変形に対して抵抗するため、深度14m以上では外力の値がマイナスとなっている。

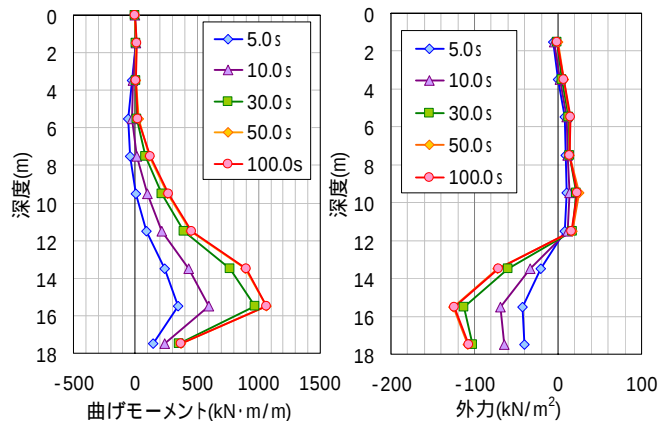


図6 矢板の曲げモーメント

図7 矢板への作用外力

対策工矢板に作用する外力の要因として、)対策工前後で生じる地表面の沈下差、)対策工前後の液状化度合いの差、が考えられる。液状化度合いは図8から判別した。対策工の陸側は過剰間隙水圧比が1に達しているため完全液状化状態、対策工海側は0.7~0.8の上昇に留まっているため不完全な液状化状態にある。これら2つの要因による外力を図9に示す。

陸側は完全液状化状態のため、鉛直全応力 σ_v が水平方向にも作用する。一方、海側は不完全液状化状態にあるため、過剰間隙水圧比 0.8 に見合う鉛直有効応力の 80% が液圧として作用し、さらに残り 20% が静止土圧として作用すると考える。ここでは静止土圧係数を 0.5 とした。以上のようにして考えた作用外力を実験値と比較した。

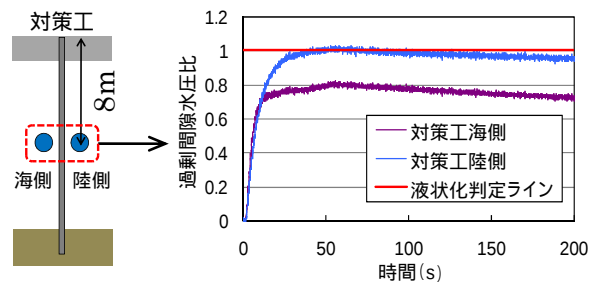


図8 水圧計設置位置・過剰間隙水圧比

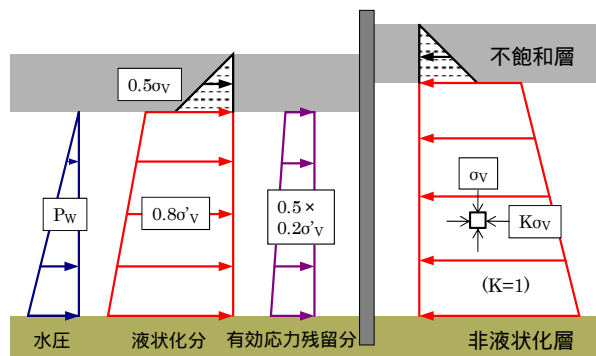


図9 対策工矢板への作用外力

図10にケース2-2の加振20s後、100s後における実験値および“沈下差による土圧・液状化度合いの差による土圧の合力”の比較を示す。両者がほぼ一致していることが確認される。

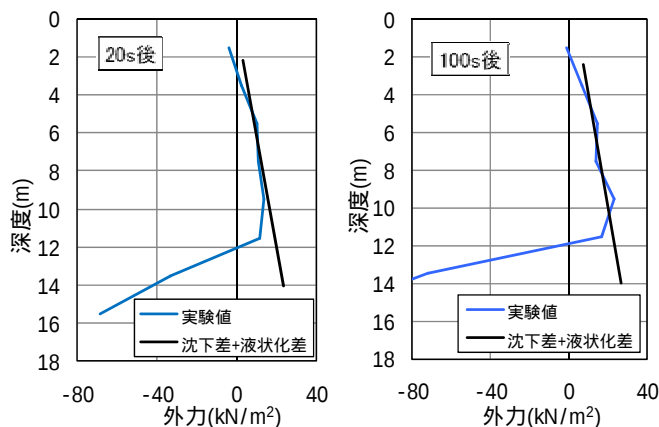


図10 対策工矢板に作用する外力

(左:ケース2-2 加振20s後、右:ケース2-2 加振100s後)

5. まとめ

- ・背後地盤の水平変位は、対策工位置を護岸から十分に離し、剛性を大きくするほど抑制される。ただし、ある一定以上の剛性にしても抑制効果に大差は無くなる。
- ・対策工矢板に作用する外力は、対策工前後の沈下差による土圧と対策工前後の液状化度合いの差で生じる土圧により評価できる。

6. 参考文献

- 1) 未来基盤情報サービス, 側方流動予測システム
<http://waseda.mirai-kiban.co.jp/kawasaki/index.html>
- 2) 濱田政則・坪内崇: 側方流動に対する護岸の耐震補強に関する研究, 第62回年次学術講演会, 2007.9