

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

○坪内 崇

早稲田大学

フェロー会員

濱田 政則

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震は、埋立地を中心に広い範囲で著しい地盤の液状化を生じさせ、護岸の背後地盤が海側に変位する側方流動現象が発生した。側方流動による地盤の大変位はライフラインの埋設管路や橋梁、建物基礎構造に甚大な被害を与える。

本研究の目的は、護岸の移動に起因した背後地盤の流動を防止するための耐震補強の有効性を遠心載荷場による模型実験により検証することにある。

2. 遠心載荷場における模型実験

2.1 実験方法・条件

対策工法は表2-1に示す3ケースを行った。対策工は既設護岸の背後地盤に設置した。ケースBは鋼矢板のSP-1型のみを、ケースCはケースBの矢板に斜杭を加えたもの、ケースDはケースBの矢板を凹凸状に配置したものである。表2-1に示す曲げ剛性は重力場に換算したもので、B、C、Dの順に曲げ剛性が大きい。

表2-2に示す遠心場での相似則に従い実験模型を作製した。対策工は実物と模型とで曲げ剛性が合うように形状、材質を決定している。地盤は現地でのボーリングデータのN値からマイヤホフの式を使い相対密度 D_r を求め、相対密度が合うように地盤を作製した。地盤材料は表2-3に示すように珪砂とモルタルを用いた。

実験の遠心加速度を50gとし、地震波の最大加速度は300galである。

図2-1に示すように計測器を配置した。地盤の液状化状態を把握するため間隙水圧計を深さ方向に3箇所設置し、土槽や地盤の加速度を把握するため加速度計を設置した。地表面に設置したターゲットを高速度ビデオカメラで撮影し、画像解析を行い加振前後の地表面の水平変位量を測定した。

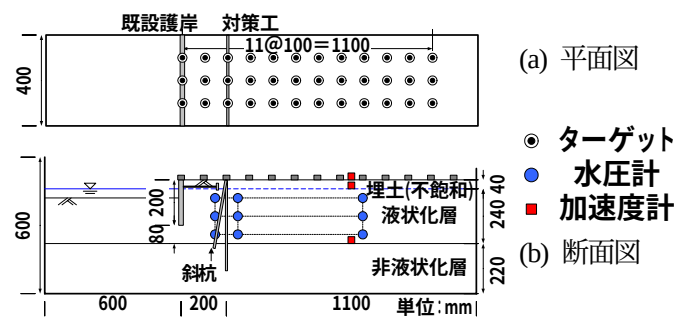


図2-1 遠心場実験における計測機器配置図

表2-1 実験ケース

ケース	対策	材料	曲げ剛性EI(kN・mm ²)
A	無対策		
B	鋼矢板	鋼矢板SP-1型	1.72×10^{11}
C	斜杭	矢板:鋼矢板SP-1型 斜杭:鋼管矢板φ800	7.39×10^{11}
D	凹凸配置	鋼矢板SP-1型を凹凸状に配置	1.82×10^{13}

表2-2 遠心場での相似則

	記号	単位	相似率
長さ	L	m	1/N
密度	ρ	t/m ³	1
力	F	N	1/N ²
応力	σ	kPa	1
ひずみ	ϵ	-	1
変位	d	m	1/N
ヤング率	E	MN/m ²	1
曲げ剛性	EI	MN・m ²	1/N ⁴
振動数	f	Hz	N
加速度	α	gal	N
時間	t	s	1/N
質量	m	kg	1/N ³
粘度	η	Pas	1/N

表2-3 地盤材料

層	材料	層厚(mm)	相対密度(%)
埋土(不飽和)	4号珪砂	40	49
液状化層	7号珪砂	240	53~59
非液状化層	モルタル	220	



ケースC 斜杭



ケースD 凹凸配置

2.2 実験結果

(1) 地表面水平変位

図2-2に地表面ターゲットの水平変位量と護岸からの距離の関係を示す。図2-2より対策工の背後地盤(護岸から10m~55m)における水平変位は、対策工の剛性が大きいケースほど地表面における水平変位が抑制されている。

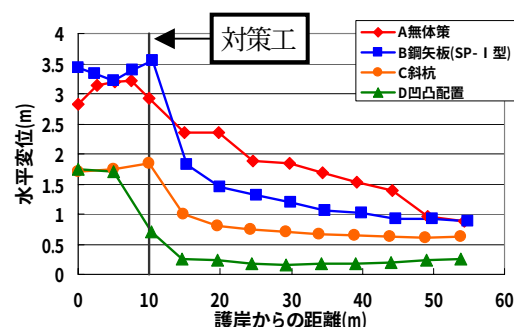


図2-2 地表面水平変位

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 tsubo-t@suou.waseda.jp

(2) 剛性と水平変位の関係

図 2-3 に各ケースの対策工の曲げ剛性の大きさと地表面水平変位の関係を示す。図 2-3 より対策工から内陸(対策矢板から 0.5m, 2m, 45m)に向かうにつれて水平変位が抑制されるのが確認できる。特に対策工から 0.5m 離れた地点で大きな抑制効果が得られているのが確認できる。

また図 2-3 よりケースCの曲げ剛性(7.39×10^{11} (kN・mm²))から剛性を大きくしても対策工背後地盤(対策矢板から 0.5m, 2m, 45m)の水平変位は大きく抑制されていない。よってケースCの曲げ剛性で十分対策効果があると考えられる。

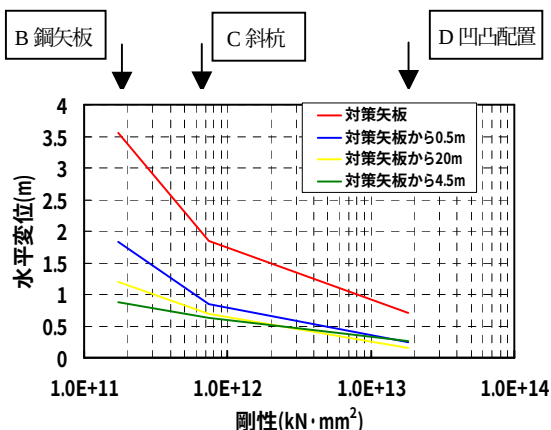


図 2-3 曲げ剛性と水平変位の関係

(3) 対策工に発生する曲げモーメント

図 2-4 のように対策矢板中央部にひずみゲージを設置した。ひずみゲージの計測により得られたひずみの値から求めた曲げモーメントを図 2-5 に示す。図 2-5 より対策工の曲げ剛性が大きいほど対策工に作用する曲げモーメントが大きくなるのがわかる。

これは対策工の剛性が大きいほど流動を抑制しているため曲げモーメントが大きく発生していると考えられる。

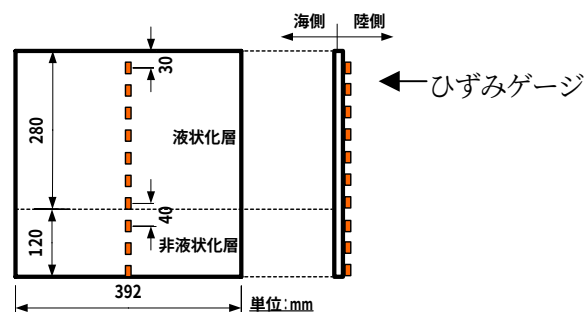


図 2-4 ひずみゲージの設置位置 (ケース B: 鋼矢板)

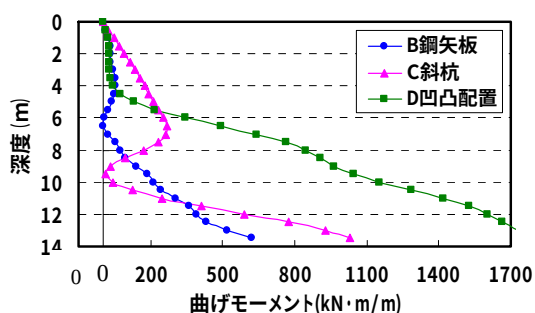


図 2-5 対策工に作用する曲げモーメント

3. 矢板に作用する地盤反力に関する考察

図 3-1 に対策矢板に作用する地盤反力の分布を示す。地盤反力は曲げモーメントを 2 回微分して得た。地震発生時には液状化した地盤の慣性力による動水圧が作用すると考え、各対策矢板に作用する反力と比較した。動水圧は Westergaard の式(動水圧分布)を用いて算出した。

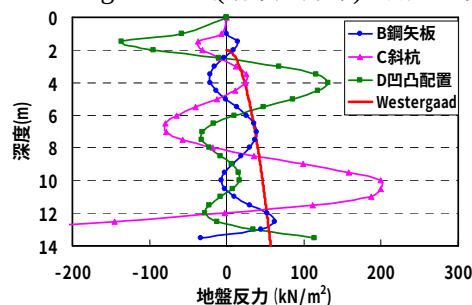


図 3-1 対策工に作用する地盤反力

図 3-1 よりケース B では Westergaard の動水圧の値とほぼ一致する。しかし、ケース C・D では動水圧の値とは異なる結果となった。

この理由は対策工の曲げ剛性が大きくなるほど対策工近傍でのせん断変形が抑制される。よって図 3-2 のように過剰間隙水圧が初期有効応力まで上がらず完全液状化地盤ではないため動水圧の式で評価できないと考えた。

また、ケース C ではケース B で用いた鋼矢板の天端に斜杭を溶接したものであり、ケース D ではケース B の鋼矢板を凹凸に折り曲げたものである。対策工の形状が複雑なので矢板の変形も複雑になり、曲げモーメントの発生が一様でないためである。

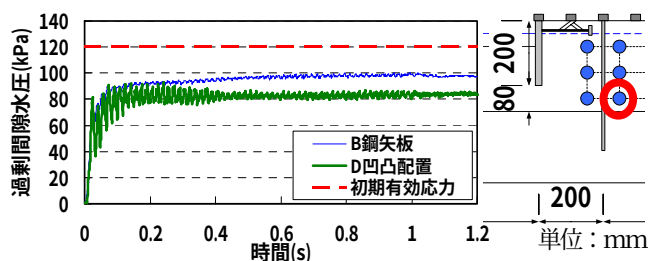


図 3-2 ケース B・D の過剰間隙水圧

4. まとめ

- (1) 各ケースとも対策工背後地盤(護岸から 10m~55m)における地表面の水平変位を抑制できる。
- (2) 剛性と水平変位の関係から、曲げ剛性の大きさはケース C(斜杭)で十分な流動抑制効果がある。
- (3) 対策工に作用する地盤反力は矢板の形状が単純でかつ地盤が液状化しやすいケース B では動水圧が作用していると考えられる。

参考文献

- 1) 塩崎禎郎・菅野高弘・小濱英司：矢板式係船岸の耐震性に関する実験および解析, 第 29 回海洋開発シンポジウム, 2004.7
- 2) 濱田政則・神谷隆光：護岸移動に伴う地盤の側方流動に対する耐震性補強に関する研究, 第 61 回年次学術講演会, 2006.9