

側方流動抑止工に作用する外力評価

早稲田大学大学院 学生会員 ○加藤 一紀 今中 涼平 津久井 貴大
早稲田大学 フェロー会員 濱田 政則

1. はじめに

護岸移動による地盤の側方流動を抑制する工法として、著者らは護岸背後に鋼矢板による地中連続壁を構築する方法（以下、鋼矢板）と、抑止杭を千鳥状に打設する方法（以下、抑止杭）を提案し、遠心载荷場における模型実験にて共に地盤の水平変位、鉛直変位の抑制効果が高いことを示した。本文はこれらを実地盤での対策に活用するため、抑止工に作用する外力の評価法に関して得られた結果を報告する。

2. 遠心载荷場における模型実験の概要

控え工付矢板式護岸と、模型地盤（上から埋立土の不飽和層、液状化層、基盤層）を作製し、護岸背後 10 m 位置に対策工（鋼矢板、抑止杭の一系列目）を設置し、遠心加速度 50G で護岸の流動実験を行った。実地盤と模型地盤の諸元を表 1 に、抑止工の実物と模型の諸元を表 2 に示す。以下、図中・表中の寸法は重力場換算とする。

表 1 地盤の諸元

地盤種類	実地盤			模型地盤		
	構成		N 値	構成		相対密度 D_r (%)
不飽和層	埋土 (不飽和)	2.2	5	ケイ砂 4号	40	70
液状化層	埋土 (飽和) 砂質土	2 10	5 15	ケイ砂 7号	240	50

表 2 対策工の諸元

対策工法	実物		模型	
	仕様	曲げ剛性 EI_p ($\text{kN} \cdot \text{mm}^2$)	仕様	曲げ剛性 EI_m ($\text{kN} \cdot \text{mm}^2$)
鋼矢板	SP-VIL型	1.72×10^{14}	材質	鋼鉄
			板厚 (mm)	4.5
抑止杭	材質 ステンレス	1.91×10^{12}	材質	ステンレス
			直径 (mm)	20
	肉厚 (mm)	25	肉厚 (mm)	0.5

また抑止杭については表 3 の配置図に示すように杭間隔と配置を変えた計 6 ケースの実験を行った。表中杭間隔は隣接する杭の中心間隔を示し、D は杭の直径を示している。

表 3 抑止杭実験ケース一覧

杭間隔	正三角形	列間1/2	一列配置
			
4D (一列は2D)	case1A	case2A	case3A
6D (一列は3D)	case1B	case2B	case3B

3. 鋼矢板に作用する外力の評価

図 1 に鋼矢板上下流の沈下量と過剰間隙水圧比を示す。図 1 (a) より鋼矢板によって上流と下流が仕切られているため、護岸の流動に伴い下流側が大きく沈下していることが分かる。また図 1 (b) より上流は過剰間隙水圧比が 1 付近まで達しているが、下流の地盤の流動により過剰間隙水圧の上昇が抑えられていることが分かる。

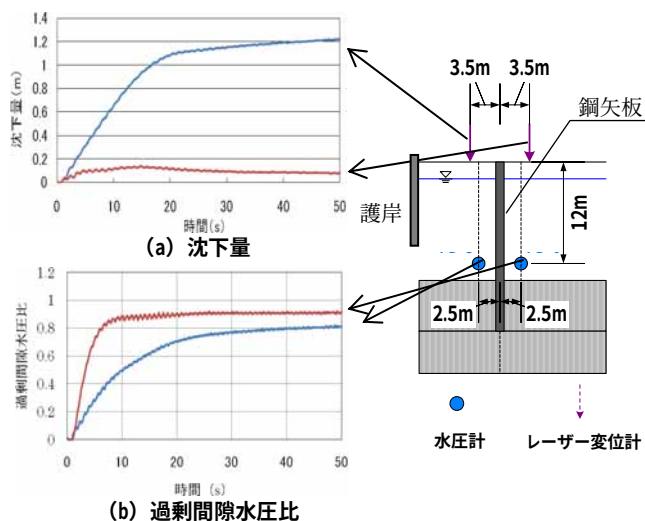


図 1 鋼矢板計測器データ

連続壁で仕切られている影響で上下流の液状化度合いが異なるため図 2 に示すような外力の評価モデルを考えた。

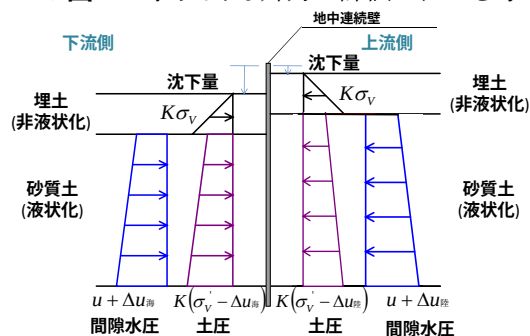


図 2 鋼矢板の外力の評価モデル

地中壁の外力は、埋土（不飽和層）の上下流側から、沈下量の差を考慮した静止土圧と、地下水位以下の液状化層からは間隙水圧 $u + \Delta u$ と有効応力残留分 $\sigma'_v - \Delta u$ の静止土圧が作用すると仮定している。

静止土圧係数 $K=0.5$ で計算したモーメントと、鋼矢板基部（地表面から 13.25m の位置）のひずみより得られたモーメントの実験値との時刻歴比較を図 3 に示す。

キーワード 液状化、側方流動、矢板護岸、遠心実験、抑止杭

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 ikki-kato-4869@ruri.waseda.jp

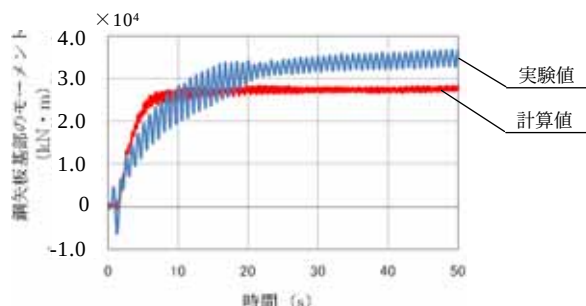


図3 鋼矢板基部モーメント・実験値と計算値時刻歴比較

鋼矢板に作用するモーメントを比較すると実験値がやや計算値を上回っているが、実験値と計算値は概ね良好な一致を示しており、図2に示した外力の評価モデルは適切であると考えられる。

4. 抑止杭に作用する外力の評価

図4に表3に示した各ケースで設置した杭の基部モーメントの合計値を示した。杭の配置や間隔によらず、地盤幅20mあたりに設置した本数が同じ場合、モーメント合計値が同程度になることがわかる。

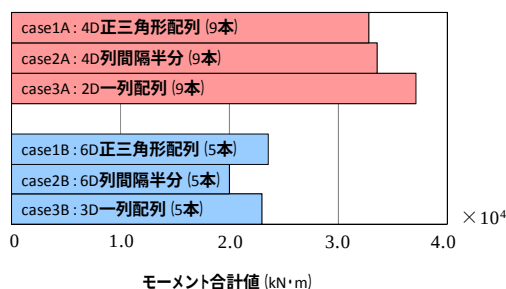


図4 杭基部モーメントの合計値

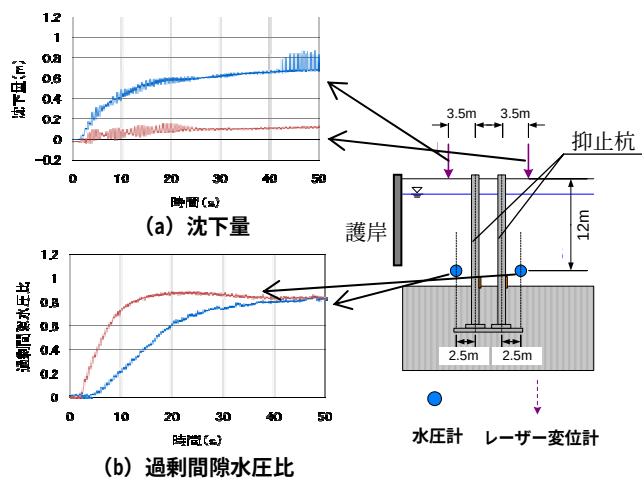


図5 抑止杭計測器データ

図5に case1A における抑止杭上下流の沈下量と過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。

連続壁の場合と同様、抑止杭上下流で沈下量ならびに過剰間隙水圧比に差が生じていることが分かる。図4、図5の結果に着目し、杭群および杭間の地盤を一体と捉え、鋼矢板での外力の評価モデルと同様の外力の評価モデル(図6)を考えた。

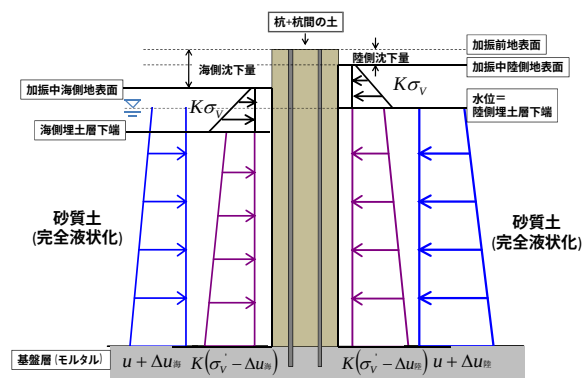


図6 抑止杭の外力の評価モデル

埋土(不飽和層)の上下流側から、沈下量の差を考慮した静止土圧と、地下水位以下からは間隙水圧 $u + \Delta u$ 、液状化層からは有効応力残留分 $\sigma'_v - \Delta u$ の静止土圧が作用すると仮定している。

図7に case1A の実験値と、静止土圧係数 $K=0.5$ で計算した外力値の時刻歴を比較したものを示す。

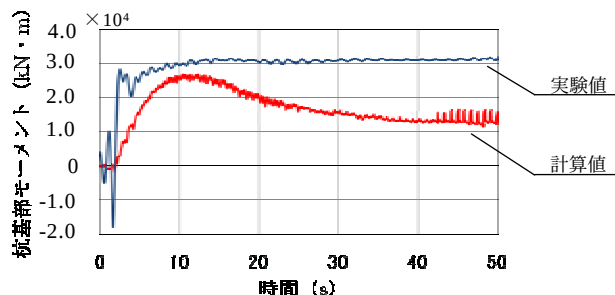


図7 杭基部モーメント-実験値と計算値の時刻歴比較 (case1A)

実験値と計算値の最大値が概ね一致することがわかる。時間が経過しても実験値が減少しない理由として、杭の復元力に対し、剛性が回復した杭周辺の液状化層が抵抗したことが考えられる。

図8に全ケースにおける杭基部モーメントの実験値と計算値の最大値を比較したものを示す。実験値と計算値の最大値は概ね一致しており図6に示した外力の評価モデルは適切であると考えられる。

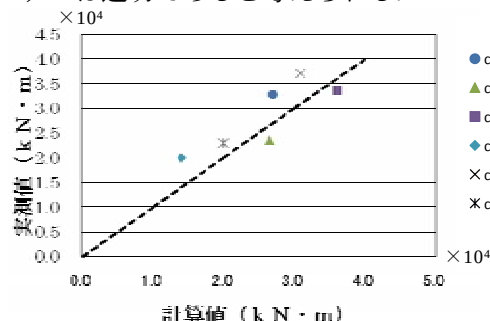


図8 杭基部モーメント-理論値と実験値の最大値比較 (全ケース)

5. まとめ

- 抑止工に作用する外力は、鋼矢板や杭を設置した上下流における間隙水圧と、有効応力残留分の静止土圧の和で評価出来る。