

Ⅲ-A150

マイクロパイルを用いたケーソン式護岸の液状化時変形抑止について

東洋建設 正会員 佐藤 毅 東洋建設 永田 保
東洋建設 正会員 鶴ヶ崎 和博 東洋建設 正会員 三宅 達夫
東洋建設 森岡 由美

1. まえがき

マイクロパイル工法とはφ100～250mmの小口径鋼管を小型の打設機でケーシング削孔し、鋼管内部をグラウト注入した杭を打設する工法である。この工法の特徴として施工機械が小型であるため上部空間や施工ヤードに制約がある場合に適し、騒音、振動が少ないことがあげられる。近年、米国では既設の杭基礎の耐震補強工法としてマイクロパイルを用いた事例が見受けられ、有効な手法として期待されている。¹⁾そこで、筆者らは周辺構造物の存在により施工ヤードや施工時の振動に対して制約を受ける既設のケーソン式護岸の液状化対策としてマイクロパイルを用いた液状化時変形抑止工法の開発を始めている。²⁾本報告はマイクロパイルの変形抑止効果の確認として遠心振動実験を行い、現在までに得られた結果について報告する。

2. 実験方法

振動実験は遠心力载荷装置を使って遠心加速度50gのもとで行い、模型地盤の縮尺は実物規模の1/50である。実験に用いた模型地盤の概略を図-1に示す。置換砂、背面地盤はまさ土を用い、間隙水には透水性の相似則を考慮して水の粘性の50倍に調整したセルロース系水溶液を用いて模型地盤を飽和させた。なお、実験に用いた地盤材料については参考文献2)を参照されたい。また、非液状化層として含水比80%で練り返した神戸粘土を予圧密した粘土層を図のように配置した。なお、粘土地盤の強度はベーンせん断試験結果より $\tau_f = 0.36 \text{ kgf/cm}^2$ であった。マイクロパイル（以下杭と呼ぶ）はφ25cmの鋼管にセメントミルクを注入したものを想定しており、曲げ剛性の相似則を考慮してφ5mmの銅製パイプとその中空部にセメントペーストを充填したものを用了。

実験における加振波は実物規模で周波数1Hz、繰り返し回数20波、最大加速度200galとなる正弦波を模型地盤の断面方向と平行に与えた。本実験の計測項目は置換砂と背面地盤の過剰間隙水圧、ケーソン天端の加速度、ケーソン天端と背面地盤地表面の変位である。表-1に実験ケースの一覧を示す。実験では杭の有無または杭の配置位置の違いによるケーソンや背面地盤の変形挙動に関して検討した。

3. 実験結果

図-2に代表的な置換砂と背面地盤の過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。図より過剰間隙水圧比は杭による対策の有無に関係なく振動開始とともに上昇し、10秒後には置換砂(P2)は0.5程度、背面地盤(P3)は0.8以上まで達しており、地盤が液状化していることがわかる。次に図-3に実験No.1、No.4、No.5の振動中のケーソン天端における水平変位の時刻

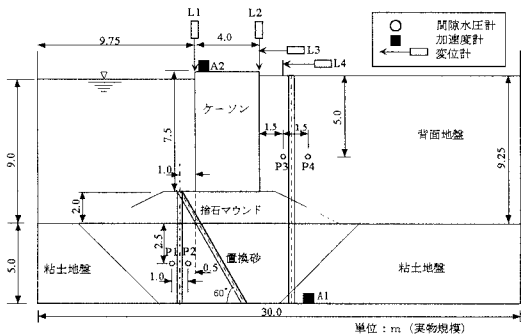


図-1 模型地盤の概略図

表-1 実験ケース一覧

実験No.	杭による変形抑止対策の有無	
	置換砂	背面地盤
1	無対策	無対策
2	直杭	無対策
3	直杭 斜杭	無対策
4	直杭 斜杭	直杭1列 (ケーソン背面直前に配置)
5	直杭 斜杭	直杭1列 (ケーソン背面2mに配置)

注) 置換砂に配置した杭は各ケースともケーソン前面1mに配置

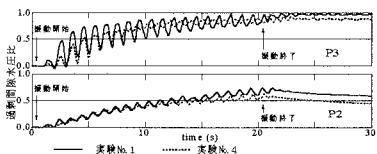


図-2 過剰間隙水圧比の時刻歴

歴を示す。また、図-4に振動前後のベクトル図、表-2に今回の実験における各ケースのケーソン変位と背面地盤変位の一覧を示す。図-3より各実験とも振動開始とともにケーソンが海側へ移動を開始し、加振が終了した時点で最終変位量に達していることがわかる。また表-3に示した最終変位量については杭を配置しないケース（実験No.1）と直杭と斜杭を置換砂内に配置したケース（実験No.2,3）はばらつきはあるが海側へ110cm以上の変形量を示しており、ケーソン前面の置換砂内のみに対策を施したケースによる変形抑止効果はあまりないと思われる。一方、置換砂内と背面地盤の双方に杭を配置したケース（実験No.4,5）は変形量75cm以下と小さく、杭が海側に変形しようとする地盤に対して抵抗し、ケーソンの変形および背面地盤の変形を抑止する効果が現れていることがわかる。さらに背面地盤に配した杭位置を変化させた結果はケーソン背面の直近に杭を配置したケース（実験No.4）がケーソン背面から2m離れた所に杭を配置したケース（実験No.5）よりもケーソンの変形抑止効果が強く現れることが確認できた。

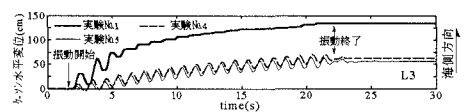


図-3 ケーソン水平変位の時刻歴

表-2 各実験ケースにおける変位一覧

実験No.	ケーソン変位量 (cm)		背面地盤変位量 (cm)	
	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向
1	135	40	125	110
2	150	70	135	110
3	110	45	120	110
4	60	40	60	90
5	75	35	80	85

注）背面地盤変位量はケーソン背面2mの位置

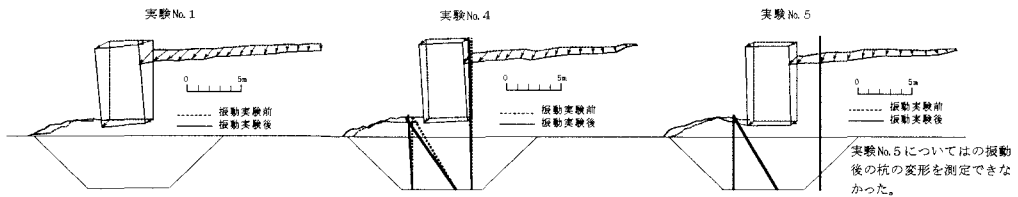


図-4 振動前後のベクトル図

また、本研究ではケーソン背面の杭配置を変化させて杭配置と変形の関係を弾塑性有限要素法で解析し、実験結果と比較した。解析ではケーソン背面に杭列を配置し、水平震度 $k_h=0.2$ を与えた場合の静的解析を行った。図-5にその結果を示す。図は数値解析で得られたケーソンの水平変位を杭を配置しない無対策の場合に対しての変形率で表したものである。すなわち縦軸の100%が無対策のケーソンの水平変位に相当する。図より杭の配置位置がケーソンより遠ざかるにつれてケーソンの変形率が大きくなり、杭をケーソンから4m離れた場合はその変形抑止効果は失われていることがわかる。これは杭がケーソン背面地盤の主働崩壊面であるくさび領域から外れるためにケーソンの変形抑止効果が現れなかったからと考えられる。すなわち、ケーソンの変形を抑止するためにはケーソン背面にできるだけ近い位置に杭を配置する必要があると思われる。このことは実験No.4のケーソンの水平変位が最も小さい結果が得られたことから確認できた。

4. あとがき

本研究ではケーソン式護岸の前後に杭を配置し、杭による変形抑止効果について検討を行った。その結果、ケーソン背面に杭を配置した場合、ケーソン及び背面地盤の変形抑止効果があることがわかった。また、杭による変形抑止効果については数値解析と実験結果の整合性を確認しながら今後、詳細に調査する予定である。

【参考文献】

- 1) 岸下崇裕、中村正博ら、”米国における基礎の耐震補強事例について”、第24回地震工学研究発表会講演論文集、1997
- 2) 永田保、佐藤毅ら、”小口径杭を用いた護岸構造物の液状化時変形抑止に関する研究”、第33回地盤工学研究発表会、地盤工学会（投稿中）

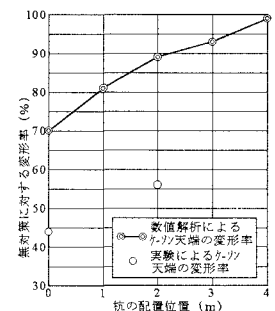


図-5 ケーソン背面に配置する杭配置と変形の関係