

Ⅲ - A112 動的遠心模型実験による既設下水処理施設の耐震補強に関する一考察

横浜市 正会員 富永裕之 石川智康 片桐 晃
鹿島 正会員 大保直人 加藤健治 吉迫和生

1. はじめに

兵庫県南部地震による下水処理施設も大きな被害を受け、とりわけ復旧に要する時間などは他のライフラインに比べて多大で、かつ社会生活に与える影響は深刻なものであった。筆者らは下水処理施設の機能確保という観点から、構造物の挙動解析を行い、その結果を受けて継手部の耐震補強対策を行ったところである。

下水処理施設はその立地条件および必要とされる施設規模から、杭基礎構造物が多く、平面的にも大きいのが特徴である。これらの杭基礎構造物の中には旧基準により設計されたものもあり、また地盤条件によっては液状化の問題もある。これらの解決を含めた耐震補強としては、経済的な対策が切に求められる。今回は施設周辺地盤を鋼矢板で締め切ることにより杭基礎全体の剛性をあげる工法に着目し、この工法の効果を検討するため動的遠心模型実験を実施した。本報告は得られた実験結果の第一報である。

2. 実験概要

実験は実物の1/50の縮尺模型を作製し、これを50g(重力加速度)の遠心加速度場において実施した。実物との関係を表-1、実験模型の概要を図-1に示す。想定した実物の上部構造物は実際には約30m×40mの広がりを持つ平面の中から約5m×11mの部分を切り出し、杭一本あたりに作用する鉛直荷重が実物と等価になるようにモデル化した。また杭は曲げ剛性EIの相似則が満たされる様にモデル化した。杭と上部構造物は固定とした。鋼矢板と上部構造物の間は固定条件では無いが、上部構造物による水平力が鋼矢板に作用するようにした。杭、鋼矢板はそれぞれ土槽底部に固定とした。

実験は非液状化地盤における耐震補強(鋼矢板)なしの場合(ケース1)と耐震補強ありの場合(ケース2)の2ケースを実施した。またそれぞれの実験において、加振は3回ずつ実施した。主な実験条件を表-2に、図-2にケース1の土槽底面(A1)で計測された加速度応答波形を示す。計測は地盤内・上部構造物の水平加速度、杭・鋼矢板の曲げひずみ、水平地盤部での鉛直変位について行った。それぞれの計測位置は図-1に示すとおりである。

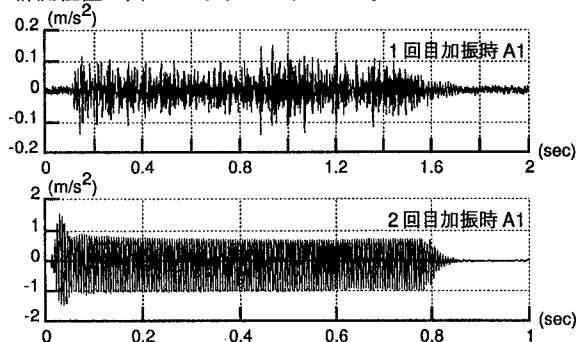


図-2 土槽底面(A1)での応答加速度

表-1 実験模型と想定した実物の関係

	実験模型	想定実物
上部構造物	100mm×219mm	5m×10.95m
杭基礎	φ10mm, t=0.2mm, L=180mm ステンレス製	φ500mm, L=9m PC杭A種
鋼矢板	t=0.5mmステンレス製	U型鋼矢板FSP-VII
地盤	上層 豊浦標準砂, 相対密度40% t=150mm	t=7.5m
	下層 豊浦標準砂, 相対密度90%以上 t=40mm	t=2m

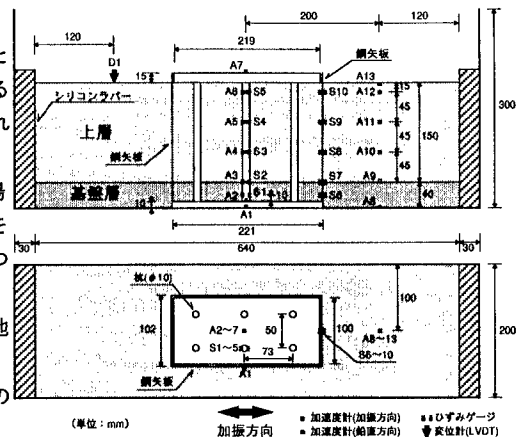


図-1 実験模型概要

表-2 実験条件

		ケース1	ケース2
1回目加振時	基礎相対密度	100%	100%
	上層相対密度	41.3%	38.7%
	加振波	ホワイトノイズ, 加振時間1.6sec	
2回目加振時	最大入力加速度	0.15m/s²	0.14m/s²
	上層相対密度	43.8%	40.9%
	加振波	サイン波200Hz, 加振時間0.8sec	
3回目加振時	最大入力加速度	1.53m/s²	1.44m/s²
	上層相対密度	48.9%	46.9%
	加振波	サイン波200Hz, 加振時間0.8sec	
	最大入力加速度	2.31m/s²	2.16m/s²

下水 杭基礎 耐震補強 遠心模型実験

横浜市下水道局 〒231 神奈川県横浜市中区港町1-1 TEL 045-671-2847 FAX 045-641-3490

鹿島技術研究所 〒182 東京都調布市飛田給2-19-1 TEL 0424-89-7077 FAX 0424-89-7087

3. 実験結果

図-3にケース1での1回目と2回目加振時の加速度応答倍率(各計測位置での加速度応答の最大値/A1での加速度応答の最大値)の深さ方向の分布を示す。1回目の微小加振時には、上部構造物の応答は地盤の応答の延長上にあり、杭間地盤と上部構造物がほぼ線形性を保って振動していると考えられる。一方2回目加振時には、上部構造物の応答倍率がA6(実物換算地表面-0.75m)での応答倍率とほぼ同等となっており、線形性が損なわれた挙動を示している。これは上部構造物と杭が、加振により何らかの影響を受けたものと考えられる。

図-4に両実験ケースでの2回目加振時の加速度応答倍率の深さ方向の分布を示す。無対策のケース1では杭間地盤部(A2～A6)での応答倍率が水平地盤部(A9～A13)での応答倍率に比べて小さくなっており、杭に囲まれた地盤が周辺の地盤に比べてみかけの剛性が変化していると考えられる。一方鋼矢板を設置したケース2では両者の大きさはほぼ同程度となっている。これは鋼矢板があることによって周辺地盤の動きが杭間地盤および上部構造物に作用し、鋼矢板内部の地盤と周辺地盤が同じ様な挙動を示したものと考えられる。

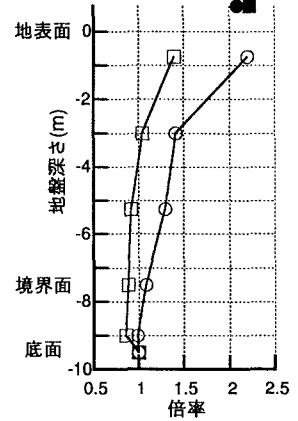


図-3 加速度応答倍率

図-5に両実験ケースでの2回目加振時の杭で計測された曲げひずみの最大値分布を示す。なおケース1でのS4(実物換算地表面-3m)は、ゲージ不良の為計測点から除外してある。この図からケース1では、杭の曲げひずみ最大となる位置が杭と土槽の取り付け部に近い(S1付近)ことが判る。一方鋼矢板を設置したケース2では、その位置が基礎地盤層と上層の境界付近(S2付近)になり、杭に発生する最大曲げひずみの値を減じることができた。また杭頭に近いS5で計測される曲げひずみも6割程度に減じることができた。

4. まとめと今後の課題

杭基礎構造物に対する耐震補強(鋼矢板による締め切り)を想定した動的遠心模型実験により、地震時に杭に発生する曲げひずみを減少できることが確認された。しかしながら実験のみでは杭頭部と上部構造物の挙動を明確につかむことができなかった。今後、解析によりこれらの実験のシミュレートを行い杭の地震時挙動の詳細および耐震補強の効果についての検討を実施、さらに液状化地盤について同様の実験、解析を実施する予定である。

<参考文献>1)片桐、富永:深い基礎を有する水処理施設の地震時挙動に関する一考察、第51回土木学会年次学術講演会、1996

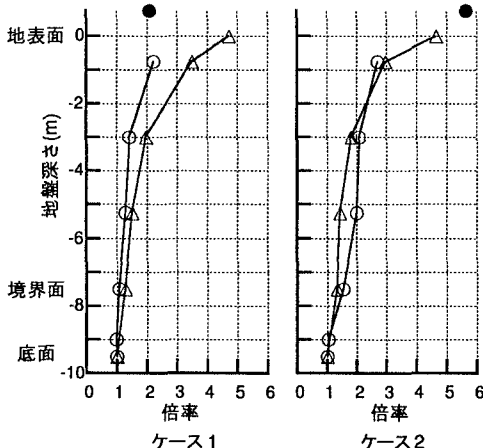
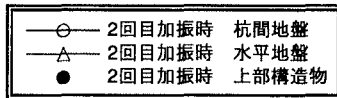


図-4 加速度応答倍率

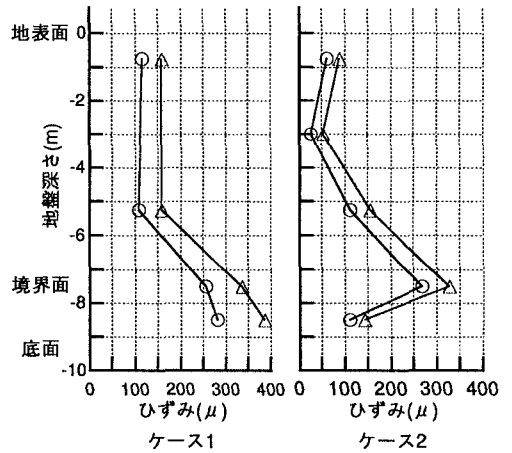
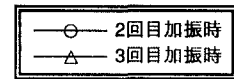


図-5 曲げひずみの最大値分布