

加振実験による岸壁控え組杭の杭間固化改良効果確認

東亜建設工業 正会員 ○夏坂 亮太
 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 小濱 英司 正会員 伊藤 広高
 正会員 松村 聡 水谷 崇亮
 東北地方整備局 仙台港湾空港技術調査事務所 藤田 純逸 正会員 森川 嘉之
 下谷 勝規

1. はじめに

近年、既設港湾構造物の機能強化の要望が高まっており、矢板式岸壁の控え組杭（以下、組杭という）の横抵抗増加が新たな課題となっている。そこで、組杭周辺地盤のセメント固化改良（以下、杭間固化改良という）による組杭の横抵抗増加を見込み、既往研究¹⁾によって杭間固化改良の初期設計断面が考案された。本研究では、既往研究により考案された初期設計断面に加え、実規模の岸壁を想定した地盤および構造条件を考慮して3次元水中振動台を用いた実験を行い、より実構造に近い条件下での杭間固化改良効果を確認することを目的としている。

2. 検討条件

本研究では、3次元水中振動台を用いて実規模の岸壁をモデルとした模型振動実験を行った。模型は対象とした岸壁の1/30スケールとし、1G場での振動台模型実験での相似則²⁾を考慮して矢板や杭等の部材模型の諸元を設定した。杭間固化改良工法を適用した場合を再現した「対策あり」と、適用しない「対策なし」の2種類の模型を用意し、同時加振による比較検討を行った。それぞれの断面を図-1に示す。地盤材料には珪砂6号を用い、図中の $D_r=50\%$ は液状化層を意味している。杭間固化改良部はセメント混合砂を用い、一軸圧縮強度 $q_u=33\text{kN/m}^2$ （実スケールでの改良強度 $q_u=1000\text{kN/m}^2$ に相当）を満足するセメント配合とした。また、既往地震による押し込み杭上部の損傷を想定し、実験ではジョイントを用いて杭の曲げ抵抗が期待できない状態を再現した。「対策あり」において杭間固化改良下部の液状化層が組杭に影響することを想定し、その個所においては低強度の薬液注入固化改良の実施を考慮した。実験においてはその範囲を非液状化層として $D_r=80\%$ の密地盤で作製した。入力地震波は想定される工学的基盤における応答波形（E+F波）を用いた（図-2）。

3. 検討結果

図-3は矢板および組杭天端での変位時刻歴の結果である。いずれも対策なしに比べて対策ありの方が変位は減少していることがわかる。

表-1 相似則

パラメータ	実物/モデル	
長さ・応力・間隙水圧	λ	30
密度・加速度	1	1
時間	$\lambda^{0.75}$	12.82
変位	$\lambda^{1.5}$	164.32
ひずみ	$\lambda^{0.5}$	5.477
曲げ剛性	$\lambda^{4.5}$	4436552
曲げ剛性（単位奥行当り）	$\lambda^{3.5}$	147885

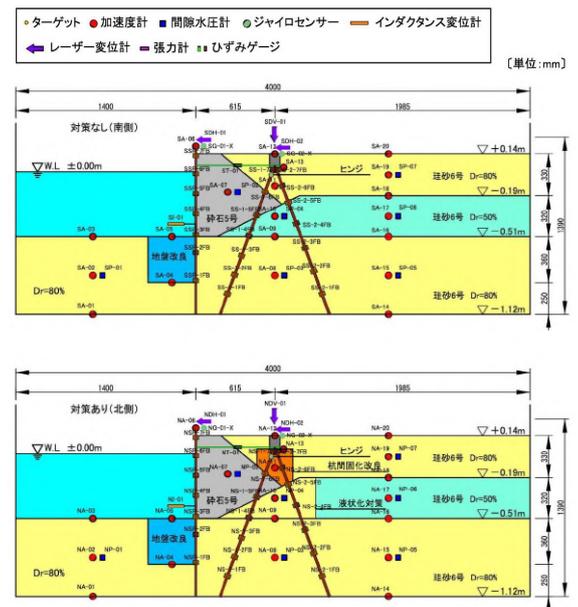


図-1 実験模型図

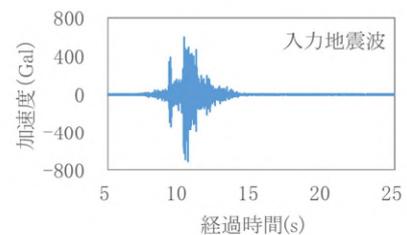


図-2 入力地震波

キーワード 組杭, 矢板式岸壁, セメント固化改良, 加振実験, 横抵抗

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1-3 東亜建設工業(株) 技術研究開発センター TEL 045-503-3741

残留変位は矢板天端では40%程度減少，組杭上部工天端では60%程度の減少が生じ，固化改良による対策の効果が見られた．上部工天端では対策の有無に関わらず鉛直上向きに変位が生じており，杭の引き抜き挙動が生じたことが考えられる．**図-4**は矢板および組杭上部工天端について、角速度計（ジャイロ

センサー）の記録を積分して角度にしたものを示している．いずれも数値は小さく，ほとんど傾きは生じなかったと言えるが，矢板天端は海側，組杭上部工は陸側に傾く傾向が見える．**図-5**は各部材の曲げモーメントおよび軸力について，それぞれ加振中に最大値を記録した時刻でのスナップショットを示している．矢板の曲げモーメントでは対策ありの方が若干数値は小さい．組杭においては，いずれも液状化層から地表面にかけての範囲で海側に凸の曲げモーメントが生じている．これは，控え工の位置が矢板に近いので，加振により矢板および背後地盤が移動して海向きに押されたためと考えられる．したがって，どちらの断面においても若干組杭が

仰け反り，**図-4**のように上部工天端が陸側に傾く形となったことが考えられる．また，押込み杭では対策なしの方がピーク値は大きく，引抜き杭では反対に対策ありの方が大きい結果となった．これは，対策ありにおいて固化改良体下は砂地盤となっており，液状化には至っていないものの過剰間隙水圧比の0.5程度までの上昇により地盤の剛性低下は生じていたと考えられ，固化体との剛性の差によって引抜き杭により大きい変形が生じたことが推測される．これらの挙動から，対策ありでは組杭上部工の傾きがより大きく生じたことが考えられる．組杭の軸力については，対策の有無で顕著な違いは生じておらず，加振時の増分として押込み杭と引抜き杭のそれぞれに圧縮，引張の荷重が作用していることが分かる．

参考文献

- 1) 松村聡ほか：杭間地盤をセメント固化改良した組杭の横抵抗特性，港湾空港技術研究所報告，vol.56, No.3, pp. 3-24, 2017.
- 2) S. Iai : Similitude for Shaking Table Tests on Soil-Structure Model in 1G Gravitational Field, Report of the Port and Harbor Res.Inst.Vol.27, No.3, pp.3-24, 1998.

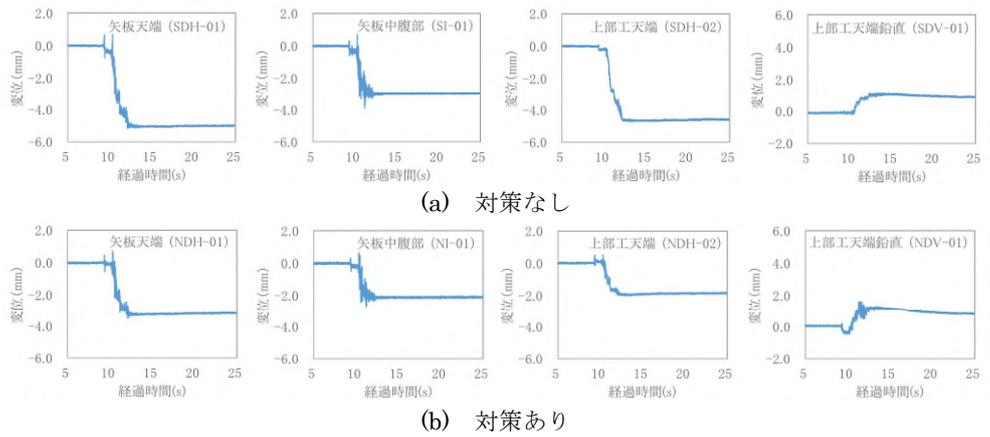


図-3 残留変位結果

(水平変位は陸側を正，鉛直変位は上方向を正)

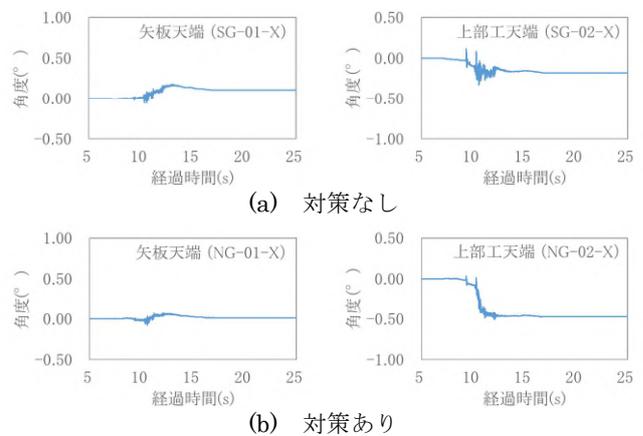


図-4 角度時刻歴（海側傾斜を正）

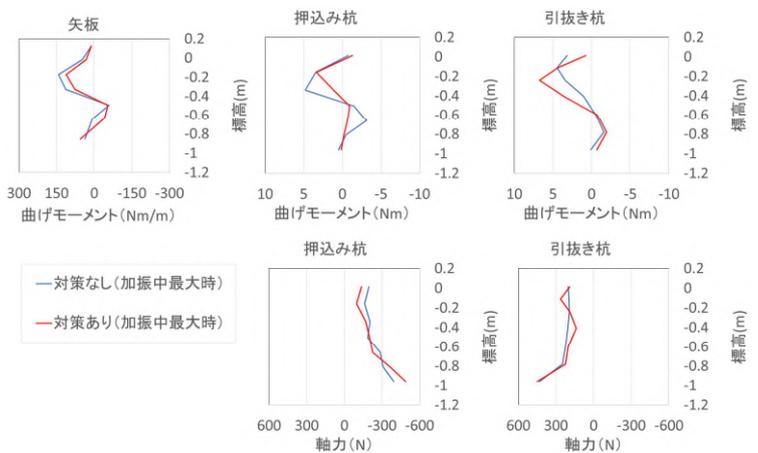


図-5 各部材の曲げモーメントおよび軸力分布

(曲げモーメントは海側側面引張を正，軸力は引張を正)