

III-192 孔あき杭による既設岸壁の液状化対策に関する一検討

住友金属工業 正会員 ○飯田 毅 住友金属工業 正会員 喜田 浩
住友金属工業 才村 幸生

1. まえがき

既設の重力式岸壁などにおいてはケーソン直下地盤の液状化対策は困難な場合が多い。そこで、排水機能を有し強度・剛性を持つ孔あき鋼管杭を用いた液状化抑止工法^{1, 2)}の適用性を検討中である。ここでは、孔あき杭による過剰間隙水圧抑制効果や既設岸壁の変状抑止効果などについて、締固めによる地盤改良法と比較するため小型模型の加振実験及び実岸壁の地震時安定性の検討を行ったので結果の一部を報告する。

2. 実験概要

模型の種類は表1に示すように4種類であり、その概要を図1に示す。地盤模型は乾燥砂 ($G_s = 2.68$, $D_{50} = 0.38 \text{ mm}$, $U_c = 3.21$) を砂箱 ($b_1 \times h_1 \times \ell_2 \text{ m}$) 内に自由落下させる水中落下法にて作成した。相対密度は緩詰め地盤で約50%, 締固め地盤で約85%であった。模型杭はポリカーボネイト製パイプ ($d_{22} \times \ell_{700} \times t_2 \text{ mm}$, $EI = 1.12 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$) で直径1 mの実物杭に対応させており、下端はヒンジ結合とした。孔あき杭の開孔率 (面積率) は5.6%¹⁾であり、開孔部にはメッシュ0.18 mmの網を取付けている。なお、模型作成法の詳細は文献1)を参照されたい。

加振方法は振動数3 Hzの正弦波10波で、入力加速度は50~200 Galの7段階とした。主な測定項目は、過剰間隙水圧、加速度、ケーソンの残留変位、裏埋土、地盤の沈下量であり、各測定位置を図1に示す。なお、ケーソン直下の間隙水圧計、加速度計は法線方向に5 Dピッチで設けられた斜杭、貫通杭の中間に設置されている。

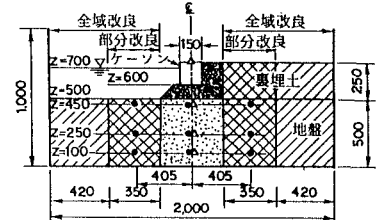
3. 実験結果及び考察

3.1 過剰間隙水圧比

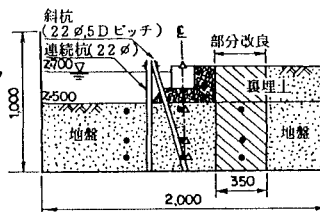
各実験ケースについて振動台加速度150 Galの場合を例として、ケーソン直下での過剰間隙水圧比 (以下水圧比と呼ぶ) の経時変化を図2に示す。図より、①孔あき貫通杭式、孔あき組杭式ともケーソン直下の過剰間隙水圧の抑制に極めて有効であり、とくに、貫通杭式は全域改良法よりも優れた効果を示す。これは孔あき杭の排水機能に加え杭の剛性による地盤拘束効果も寄与していると考えられる。②ただし、孔なし貫通杭式、孔なし組杭式での最大水圧比は0.7, 0.8を示し、孔なし杭のみでは水圧低減効果は余り認められない。

表1 模型の種類と地盤条件

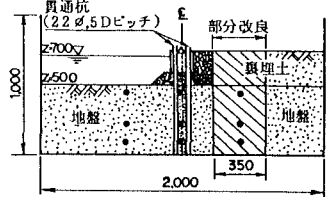
実験 No.	模型の種類	杭	地盤条件 (B :地盤改良幅 H :液状化層厚 (50cm))	
			前面改良	背面改良
1	無対策	孔無	無	無
-1	地盤改良法	部分改良	無	$B = 0.7 H$
2-2				$B = 0.7 H$
-3				$B = 1.54 H$ (マウンド直下以外全域) (締固め)
3	組杭式	○	無	$B = 0.7 H$
-2		○	無	$B = 0.7 H$
4	貫通杭式	○	無	
-1		○	無	
-3		○	無	$B = 0.7 H$



(a) 地盤改良法 (実験No 2-2, 2-3)



(b) 組杭式



(c) 貫通杭式

●: 間隙水圧計 △: 加速度計 単位(mm)

図1 模型の概要

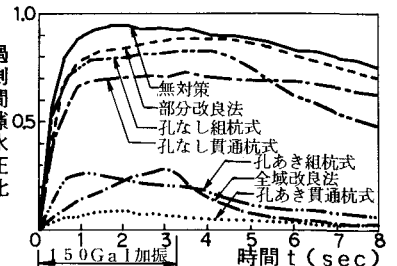


図2 過剰間隙水圧比の経時変化 (ケーソン直下, $Z = 250 \text{ mm}$)

③全域改良法ではケーソン直下の水圧比は孔あき組杭式と同程度と効果的であるが、部分改良法での効果は低い。

3.2 ケーソン、裏埋土などの変状

各実験ケースについて、振動台加速度に対するケーソンの沈下量比を図3に、沈下量比較を表2に、振動台加速度150Galでの地盤及び裏埋土の沈下状況を図4に示す。これらより、①ケーソンの沈下量は100Gal加振以後、振動台加速度の増加とともに大きくなるが孔あき組杭式、孔あき貫通杭式の沈下量が全般に小さく対策効果は顕著である。②加振とともに裏埋土は沈下しケーソン前面海底地盤は盛上る傾向にあり、側方流動の変状を示す。これらの値は孔あき組杭式、孔あき貫通杭式において小さいことから、孔あき杭による対策は変状抑制に効果的といえる。

4. 実岸壁での地震時安定性の検討例

3.2より、岸壁において側方流動の変状がみられたことから、加振中の盛土の滑動抵抗把握のため模型実験を予備的に行ったところ、過剰間隙水圧上昇下では滑動抵抗が大幅に減少することと孔あき杭を用いると効果的であることが判明した。そこで、本格的実験を進めるに当たり、図5の実岸壁について便宜上、円形すべりによる地震時の安定性検討を試みた。安全率の算定においては過剰間隙水圧を考慮することとし、液状化抵抗率 F_L と $\frac{\Delta u}{\sigma'_{v0}}$ の関係については道路土工 軟弱地盤対策工指針³⁾の関係図を用いた。また、孔あき鋼管杭近傍での水圧比は実験結果より0.15(150Gal)とし鋼管杭の水平抵抗はチャンの方法によっている。

無対策、地盤締固め法、孔あき杭工法、併用工法などでの円形すべりに対する地震時の安全率(S.F.)の算定結果を表3に示す。表より、①無対策でのS.F.は0.63と極めて低く、ケーソン前面地盤をS.C.P.により改良してもS.F.は0.8である。②孔あき杭工法によるとS.F.を1.0以上に改善できる。

5. あとがき

孔あき杭による液状化対策は既設岸壁の変状抑制に有効であることが認められた。なお、本研究遂行に当たり、運輸省港湾技術研究所 野田節男室長から多大の御指導を賜った。謝意を表します。

参考文献

- 1) 野田, 他: 孔あき杭による既設岸壁の液状化対策に関する模型実験, 土質工学研究発表会, 1988
- 2) 喜田, 他: 孔あき杭の排水効果に関する模型実験, 土木学会 第43回年講概要集, 1988
- 3) (社)日本道路協会: 道路土工 軟弱地盤対策工指針, S 6 1.

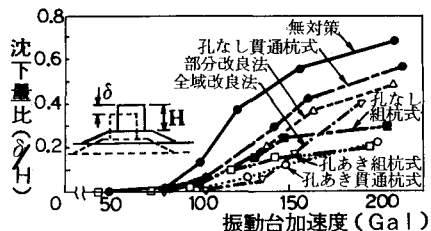


図3 ケーソンの沈下量比

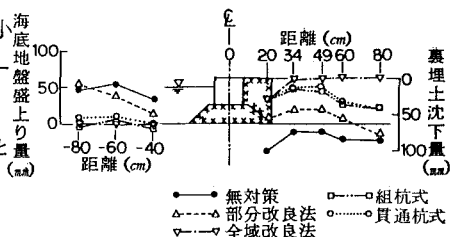


図4 地盤、裏埋土の変状(150Gal加振)

表2 ケーソンの沈下量比較(150Gal加振)

種類	δ_i / δ_o	種類	δ_i / δ_o
部分改良法	1 / 1.9	全域改良法	1 / 3.5
組杭式	孔無 1 / 1.5	貫通	孔無 1 / 2.2
	孔有 1 / 3.3	杭式	孔有 1 / 4.1

* δ_o : 無対策の沈下量, δ_i : 対策後の沈下量

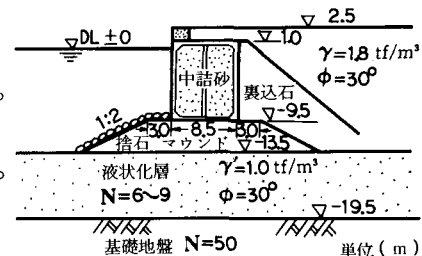


図5 実岸壁(検討モデル)

表3 円形すべりによる地震時の安定性検討例(Kh=0.15)

ケース	1	2	3
工法名	無対策	S.C.P. 改良法	孔あき杭工法
構造			
安全率	0.63	0.80	1.02
ケース	4	5	6
工法名	孔あき杭工法		併用工法
構造			
安全率	1.00	1.02	1.01