

III-191

孔あき杭の排水効果に関する模型実験

住友金属工業 正会員 ○喜田 浩 住友金属工業 正会員 飯田 毅
住友金属工業 正会員 飯村 修

1. まえがき

地盤の液状化対策工法として碎石杭や有孔樹脂パイプを用いたドレーン工法がみられる^{1),2)}が、傾斜地、盛土、護岸などでは、地震時に側方流動的挙動やすべりの発生が予測されるので、より大きな抵抗を持つ工法が望まれている。そこで、排水機能に加え強度・剛性の大きい孔あき鋼管杭を用いた液状化抑止工法に関し基礎的研究を進めている^{3),4)}。ここでは、小型模型の振動台実験により、孔あき杭の排水効果につき検討したので、その一部を報告する。

2. 実験概要

実験の種類は表1に示す通り①自由減衰波加振実験、②正弦波加振実験の2種類であり、実験状況例を図1,2に示す。地盤模型は乾燥砂($G_s = 2.68$, $D_{50} = 0.38$, $U_c = 3.21$)を用い水中落下法で作成した。相対密度は約50%である。用いた杭はポリカーボネイト製の孔あき杭と川砂利($G_s = 2.65$, $D_{50} = 8.4$, $U_c = 1.83$)による碎石杭で、外径はいずれも89mmとした。孔あき杭の孔部には0.18mmメッシュのフィルター、碎石杭には形状保持用の2.0mmメッシュ金網⁵⁾を設けている。なお、杭の下端条件はすべて自由とした。

表1 実験の種類と条件

| 実験の種類 | 供試体 | 開孔率(%) | 杭配置 | 土槽寸法 |
|------------|------|--------|------|---------------------------------------|
| ①自由減衰波加振実験 | 地盤のみ | — | 土槽中央 | $\phi 0.508 \times h 1.0m$ |
| | 孔あき杭 | 5.6 | 単独杭 | |
| | 碎石杭 | — | | |
| ②正弦波加振実験 | 孔あき杭 | 5.6 | 孔あき杭 | $b 1.0 \times h 1.0 \times \ell 2.0m$ |
| | | 10.0 | 孔なし杭 | |
| | | 20.0 | 対称配置 | |

(1) 自由減衰波加振実験³⁾: 孔あき杭の基礎性状を把握するため、地盤のみ、孔あき杭(開孔率5.6%), 碎石杭の3種類の供試体を、図1に示すようにレールを設けた架台上的車輪付き土槽($\phi 508 \times$ 高 $1000mm$)内に作成し、最大加速度(第1波)800Gal, 周波数3Hzで加振した。主な計測項目は④過剰間隙水圧, ⑤加速度である。

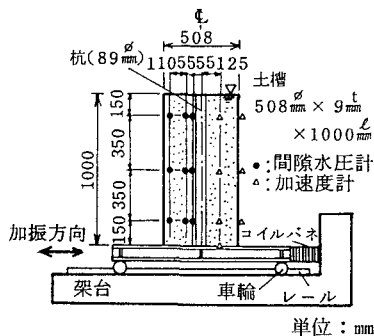


図1 自由減衰波加振実験

(2) 正弦波加振実験: 孔あき杭の所要開孔率³⁾を確認するため、開孔率5.6, 10, 20%の3種類の杭を、図2に示す土槽($b_1 \times h_1 \times 2m$)内に孔あき杭と孔なし杭が間隔980mmで対称となるように配置した。加振方法は振動数3Hzの正弦波10波であり、入力加速度は100, 125, 150Galの3段階とした。

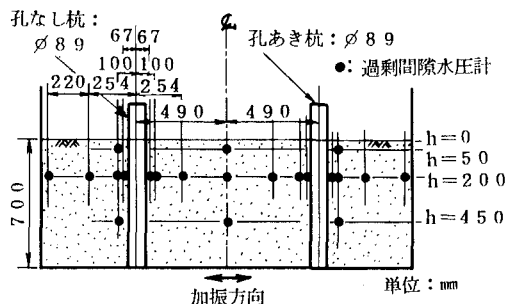


図2 正弦波加振実験

3. 実験結果および考察

(1) 自由減衰波加振実験: 杭芯からの距離 $r = 55mm$ ($r/r_o = 1.24$, r_o : 杭半径)での過剰間隙水圧の経時変化を図3に、 $r = 110mm$ ($r/r_o = 2.47$)での深さ方向の水圧分布を図4に示す。両図より、①孔あき杭は開孔率5.6%でも、地盤のみ、碎石杭に比べて水圧上昇抑制効果を示す。

②孔あき杭の場合、水圧比の最大値の発現と消散は極めて早い。③孔あき杭は、地盤深度が深いほど、

杭周辺の水圧逸散効果に優れる。これらの結果は、文献5)にみられる空井戸と碎石杭の排水量の差からもわかるように、孔あき杭内が中空であるため開孔率が5.6%でもかなりの排水能力がある³⁾ことによると考えられる。

(2) 正弦波加振実験：加速度153Galで加振中および加振直後について、一例として開孔率20%の孔あき杭近傍の水圧比の水平方向分布を孔なし杭近傍の結果と併せ図5に示す。なお、開孔率5.6、10%については、開孔率の相違による影響はみられず、図5と同様の結果を示した。図より、加振中の $t = 1.18$ sでの孔あき杭近傍の水圧比は孔なし杭のそれより小さい。一方、加振後の $t = 3.52$ sでの水圧比は孔なし杭のそれに近く、水圧比の小さい領域は $r/r_0 = 2$ 以下に限られている。これは、加振中において水圧比が小さい場合の余剰間隙水の発生量が地盤の排水能力以内であり、加振直後では、地盤の排水能力を越えるためと考えられる。

孔あき杭の設計に必要な地盤の透水係数と体積圧縮係数の関係を把握するため、図5の結果から孔なし杭近傍の水圧比をドレーンの無い地盤のみの水圧比(場の水圧比)と見なし、地盤の透水係数を一定と仮定した上で、時刻 t の水圧比の分布結果にTheisの方法⁶⁾を適用し、地盤の体積圧縮係数の同定を試みた。結果を場の水圧比との関係でまとめると図6のようになる。図より、①水圧比が0.6付近で地盤

の体積圧縮係数は急激に増大する。②これは、地盤の特性が変化するためと考えられ、文献1)も考慮するとこの種ドレーン工法の設計に用いられる圧密方程式の適用限界は、みかけ上、水圧比が0.6以下と判断される。③上記①②に示すように、被圧帯水層中の井戸周りの地下水に対する非定常解(Theisの方法による解)を用いても地盤の体積圧縮係数の同定が可能と言える。

4. あとがき

自由減衰波および正弦波の加振実験により、以下の点が明らかとなった。①孔あき杭は開孔率5.6%でも、過剰間隙水圧上昇に対し十分な排水効果(水圧抑制効果)を示す。②被圧帯水層中の井戸周りの地下水に対する非定常解を用い地盤の体積圧縮係数を同定することにより、孔あき杭の設計に必要な地盤特性を推定し得る。なお、本研究を進めるにあたり、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。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 齊藤, 他: 液状化防止対策「碎石ドレーン工法」の開発, 日本鋼管技報, No.119, 1987
- 2) 中村, 他: 細径有孔パイプによる砂地盤の液状化対策(その1~その4), 第21回土質工学研究発表会, 1986
- 3) 野田, 他: 孔あき杭の液状化抑制に関する模型実験, 第23回土質工学研究発表会, 1988
- 4) 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, 第23回土質工学研究発表会, 1988
- 5) 齊藤, 他: 碎石ドレーン工法の液状化対策効果に関する実験的研究, 日本鋼管技報, No.92, 1982
- 6) 本間: 水理学, 丸善(株), 昭和43年11月

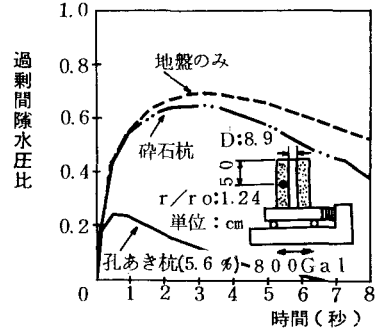


図3 過剰間隙水圧比の経時変化(自由減衰波加振実験)

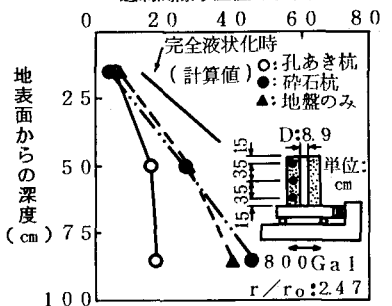


図4 過剰間隙水圧の深さ方向分布(自由減衰波加振実験)

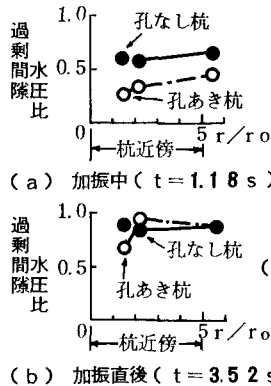


図5 過剰間隙水圧比の水平方向分布(正弦波加振実験)

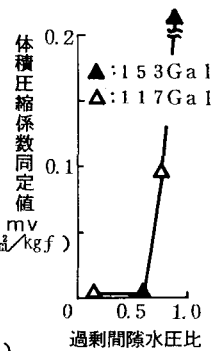


図6 体積圧縮係数と過剰間隙水圧比(開孔率20%)