

III-102 液状化地盤中の排水機能付杭の鉛直引抜き抵抗力に関する模型振動台実験

住友金属工業（株） 正員 西谷道暢 正員 喜田 浩 正員 飯田 毅

1. まえがき

液状化地盤における地中構造物では、杭をアウターとして用いる場合がある。経済設計を考慮すると過剰間隙水圧存在下での杭の引抜き抵抗力を検討しておくことが望ましい。筆者らは圧力増加による過剰間隙水圧上昇下での模型普通杭の静的引抜き実験を行い、引抜き抵抗力比と過剰間隙水圧比との関係を得ている¹⁾が、抵抗増加対策の一つとして排水機能付杭²⁾を用いることが考えられる。ここでは模型振動台実験により加振中における普通杭および排水機能付杭の引抜き抵抗を検討した結果の一部を報告する。

2. 実験概要

杭の種類と条件、実験概要を図1に示す。試験杭は鋼製のφ22×t2×L650mmの普通杭と排水機能付き杭（以下、抑止杭という）の2種類で、根入れを50cmとした。模型地盤は千葉県産山砂（Gs=2.678, D₅₀=0.38mm, Uc=3.21）を用いサンドレイ法により作成した。実験は砂箱を板およびビニールシートによって4分割し、右半分を静的予備実験、左半分を加振実験用とした。静的予備実験では加振実験時に与える載荷荷重を求めた。加振実験では最大引抜き抵抗力（普通杭:3.38kgf、抑止杭:2.61kgf）を上回る重錘を滑車を介して吊下げた状態とし、加振により過剰間隙水圧（以下、間隙水圧という）を上昇させて行った。杭の引抜き抵抗力は載荷荷重と杭下端でロードセルにより計測される荷重との差によって得られる。加振は、振動数3Hz、正弦波30波で、目標台加速度を100Galとした。主な計測項目は間隙水圧、加速度、杭の変位、引抜き抵抗力である。

3. 実験結果および考察

(1) 地盤の加速度、過剰間隙水圧、

杭の引抜き抵抗力比の経時変化

加振中の地盤の加速度、間隙水圧および杭の引抜き抵抗力比の経時変化例を図2に示す。普通杭では間隙水圧が上昇してほぼ一定となった時から、加速度の増幅が開始され、その後、加速度伝達が損なわれて地盤が完全に液状化する。これに対応して引抜き抵抗力は0.1程度まで低下する。一方、抑止杭では加速度振幅はほぼ一定で推移し、間隙水圧の上昇が抑制され、引抜き抵抗力も間隙水圧に対応して保持される。これらの結果から、抑止杭は杭周辺の間隙水圧の上昇を抑えるため地盤の強度低下を抑制することがわかる。

(2) 杭の引抜き抵抗力比と過剰間隙水圧比

杭表面近くの間隙水圧比分布が一様な場合、文献1)を参照すると杭の引抜き抵抗力Pは(1)式により求められる。

$$P = \pi D \mu_0 K_0 \int_0^H \sigma_{v0z}' (1 - \Delta u / \sigma_{v0z}') dz \cdots (1)$$

D : 杭径、 μ_0 : 常時の杭-地盤間の摩擦係数、 K_0 : 常時の土圧係数、

σ_{v0z}' : 深さzでの初期有効応力、H : 地盤厚、 $\Delta u / \sigma_{v0z}'$: 間隙水圧比

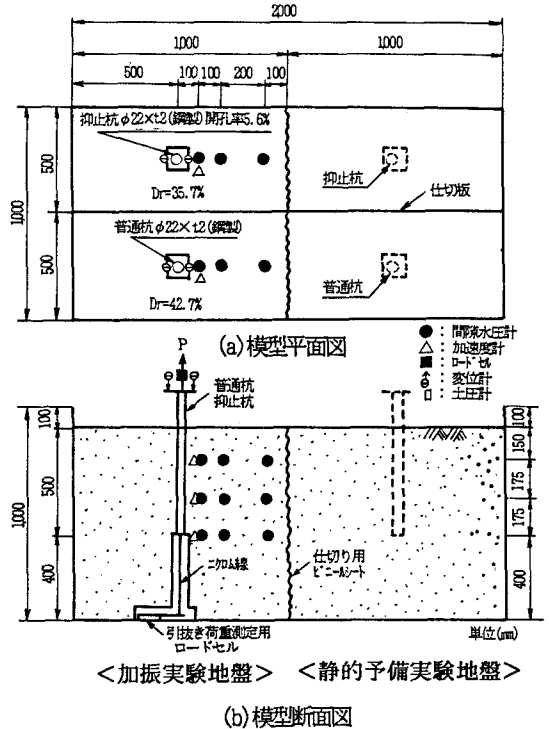


図1 実験概要(100Gal, 30波, 3Hz)

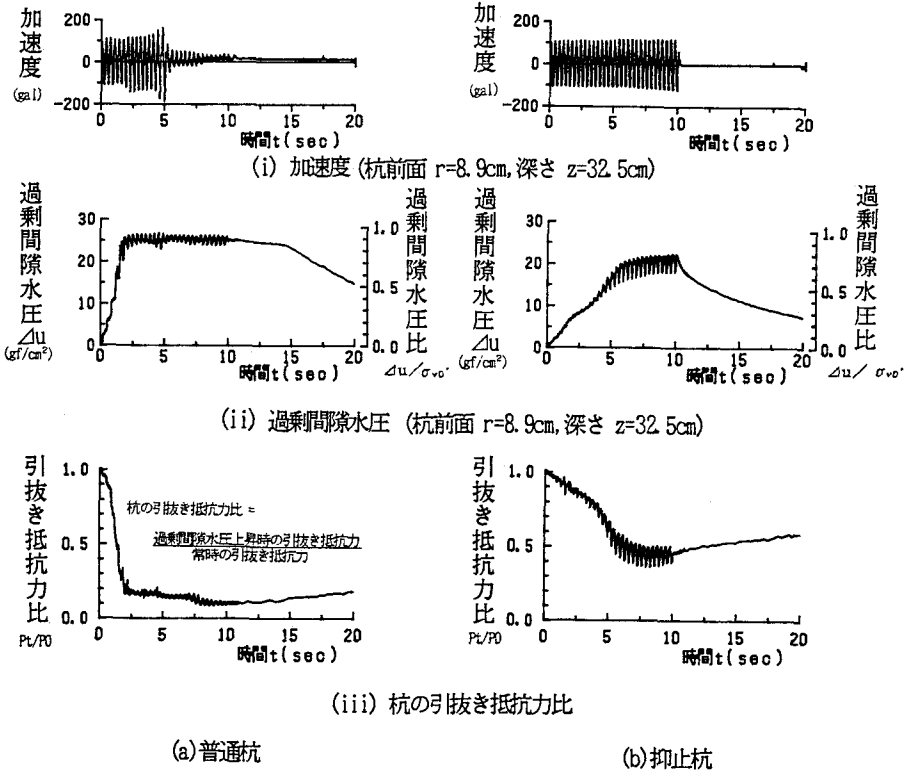


図2 地盤の加速度、過剰間隙水圧、杭の引抜き抵抗力比の経時変化例（107gal-30波）

一方、杭表面近くの間隙水圧比の鉛直分布が異なる場合は(2)式によって求めることができる。

$$P = \pi D \mu_0 K_0 \sum_{k=1}^n \sigma_{v0k}' (1 - \Delta u_k / \sigma_{v0k}') \cdots (2)$$

σ_{v0k}' : 第 k 層の初期有効応力、 $\Delta u_k / \sigma_{v0k}'$: 第 k 層の間隙水圧比

(1)、(2)式により、間隙水圧分布比が異なる場合の平均間隙水圧比 ($\Delta \bar{u} / \sigma_{v0}'$) は次のようになる。

$$\Delta \bar{u} / \sigma_{v0}' = 1 - \{1 / (\int_0^H \sigma_{v0z}' dz)\} \sum_{k=1}^n \sigma_{v0k}' (1 - \Delta u_k / \sigma_{v0k}') \cdots (3)$$

図3はこのようにして得られる杭の引抜き抵抗力比と平均間隙水圧比の関係である。図より、普通杭、抑止杭とも静的な杭の鉛直引抜き実験結果¹⁾と同様、杭の引抜き抵抗力比は間隙水圧比の増加につれ直線的に低減すること、抑止杭の引抜き抵抗力は杭表面の間隙水圧比分布を用いて(2)式により算定できることなどがわかる。

4. あとがき

模型振動台実験により過剰間隙水圧存在下での杭の鉛直引抜き抵抗力を検討した結果、加振および圧力増加による過剰間隙水圧上昇法のいずれにおいても引抜き抵抗力比と過剰間隙水圧比の関係は同じであり、抑止杭におけるすぐれた引抜き抵抗力は杭直近の過剰間隙水圧比を用いて計算されることが判明した。

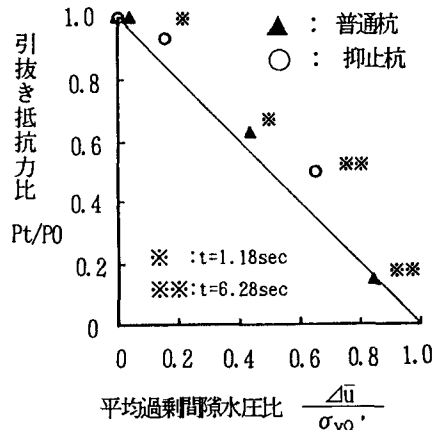


図3 引抜き抵抗力比と平均過剰間隙水圧比

《参考文献》

- 1) 西谷、喜田ら：過剰間隙水圧存在下での杭の鉛直引抜き抵抗力、土木学会第46回年次学術講演会、平成3年9月
- 2) 野田、喜田ら：排水機能付鋼杭による液状化対策に関する実験的検討、地盤の液状化対策に関するシンポジウム発表論文集、平成3年1月