

液状化履歴した飽和火山灰土における杭の水平抵抗の実験検討

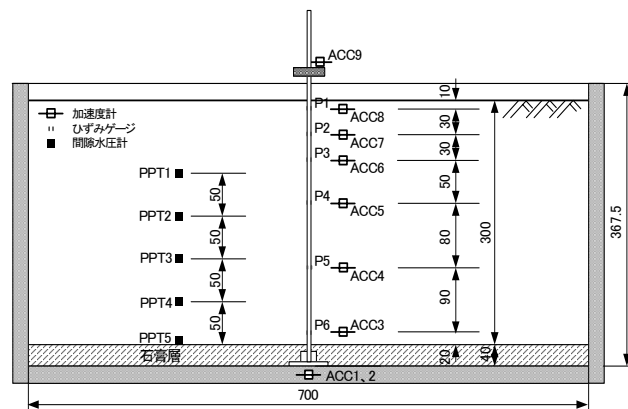
土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○富澤幸一
土木研究所寒地土木研究所 正会員 西本 聡
北海道大学大学院 正会員 三浦清一

1. はじめに

火山灰土の液状化は一般に砂質土に準じて判定し、動的せん断強度比より、杭の設計時に水平地盤反力を必要に応じて低減設定する¹⁾。ただし、火山灰土は固結や異方性の影響を受けやすく、拘束圧条件下では砂質土に比べて液状化強度が低下する場合があるとされている^{2), 3)}。そのため、液状化が発生した火山灰土における杭の力学挙動を検証するため、一連の遠心力模型実験を実施した。本報では、その結果より液状化履歴した飽和火山灰土の杭の静的水平地盤反力および動的水平地盤反力を検討した。

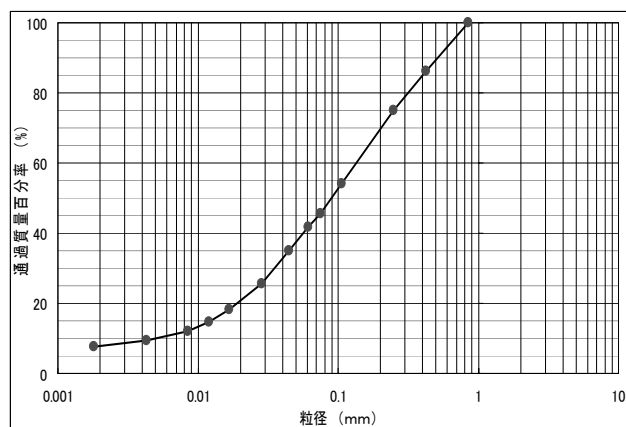
2. 遠心力実験モデル

遠心力模型実験は、内寸長さ 700mm×幅 200mm×高さ 350mm の模型容器を用い、50G の遠心加速度を作用させた杭の静的水平載荷試験および規則波（正弦波）加振による動的水平載荷試験とした（図－1）。この際の正弦波は 20gal 程度の微小加振である。模型杭は、外径 10mm、厚さ 0.2mm、杭長 400mm のスチール製パイプである。これは、実杭(1G 場)の外径 $D=500\text{mm}$ ・厚さ $t=10\text{mm}$ ・杭長 $L=20\text{m}$ の既成鋼管杭を想定している。杭先端は石こうで固定状態とした。杭頭には上部工を想定した 400g の重り（実物換算 490kN）を設置した。



図－1 遠心力実験モデル(単位:mm)

模型地盤には、支笏火砕流堆積物 (Spfl) の火山灰土を用いた。Spfl は一般に拘束圧下で破砕性の性質をもつとされる²⁾。火山灰土は現場採取したものを乾燥させ 0.85mm ふりを通過させ調整した。物性は、自然含水比 $W_o=0.81\%$ 、土粒子密度 $\rho_s=2.366\text{g/cm}^3$ である。粒度分布の詳細を図－2 に示す。模型地盤は風乾状態の火山灰土を落下法より所定の密度で作成し、底面から注水し飽和させた。遠心力場で加速度振幅 300gal の正弦波により加振し地盤を液状化させた。遠心力実験は液状化前後での杭の静的および動的水平載荷試験とし、液状化履歴に伴う火山灰土の水平地盤反力係数の変化に注目した。



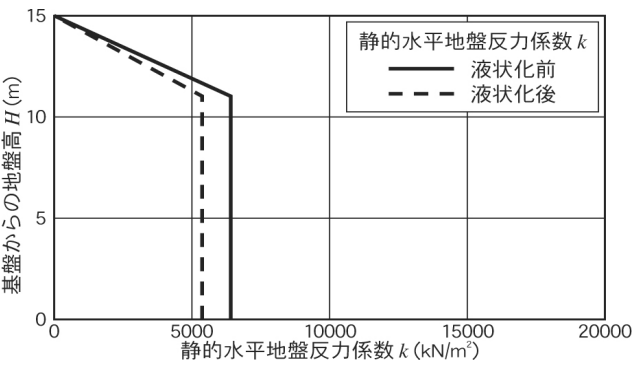
図－2 火山灰土の粒度分布

3. 静的水平抵抗

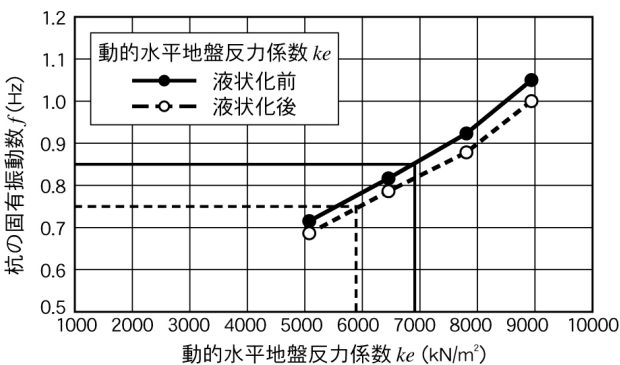
遠心力模型実験による静的水平載荷試験より、レーザー変位計・ひずみゲージの測定から、火山灰土の液状化履歴による杭の水平荷重 H ～地表面杭変位量 y の関係を得た。実測された H ～ y の関係から、弾性床上の梁理論の基づく Winkler 離散バネ⁴⁾として静的水平地盤反力係数 k を逆算した。上層部に塑性域を設計した場合の杭の静的水平地盤反力係数 k を火山灰土の液状化前後で対比して図－3 に示した。試算の結果、杭径の 1%つまり基準変位量 $y=0.1\text{mm}$ における静的水平地盤反力係数 k は、液状化前で $k_1=6400\text{kN/m}^2$ 、液状化後で $k_2=5440\text{kN/m}^2$ が得られた（表－1）。

杭、火山灰、液状化、遠心力模型実験、水平抵抗

062-8602 北海道札幌市平岸1条3丁目1番34号 TEL 011-841-1709(365) FAX 011-841-7333



図－３ 静的水平地盤反力分布



図－４ 動的水平地盤反力の判定

表－１ 静的水平地盤反力係数 k (液状化前後)

液状化前	液状化後	比率
$k_1=6400\text{kN/m}^2$	$k_2=5440\text{kN/m}^2$	0.850

表－２ 動的水平地盤反力係数 ke (液状化前後)

液状化前	液状化後	比率
$ke_1=6950\text{kN/m}^2$	$ke_2=5888\text{kN/m}^2$	0.847

その結果、火山灰土の液状化現象に伴い本実験では杭の静的水平地盤反力が 85%に減少した（表－１）。

4. 動的水平地盤反力

固有値解析法¹⁾より、火山灰土における液状化履歴に伴う杭の動的水平地盤反力係数 ke を算定した。固有値解析法は、静的水平地盤反力係数 k をパラメーターとして固有値を算定し、杭の卓越周波数との一致点を動的水平地盤反力係数 ke とする手法である。ただし、水平地盤反力は線形領域とする。本実験では、杭の固有振動数に顕著な違いはなく、液状化前で $f_1=0.85\text{Hz}$ 、液状化後で $f_2=0.75\text{Hz}$ が得られている。

固有値解析法で算定した杭の固有振動数 f と動的水平地盤反力係数 ke の関係を、火山灰土の液状化前後で対比して図－４に示した。液状化前後の杭固有振動数に相当する動的水平地盤反力係数 ke は、液状化前で $ke_1=6950\text{kN/m}^2$ 、液状化後で $ke_2=5888\text{kN/m}^2$ が得られた（表－２）。この液状化に伴う動的水平地盤反力の減少は静的のものと同程度である。この静的水平地盤反力係数 k および動的水平地盤反力係数 ke の減少は、火山灰土の液状化履歴による地盤剛性の低下に起因するものと推察される。

5. まとめ

一連の遠心力模型実験により、液状化履歴した飽和火山灰土の杭の水平地盤反力を検討した結果、概ね以下の知見が得られた。

- ①飽和火山灰土において、遠心力場での正弦波加振により液状化現象が認められた。
- ②火山灰土における杭の静的水平地盤反力係数は液状化履歴に伴い減少傾向を示した。本試験では水平地盤反力は 85%に減少した。
- ③火山灰土の動的水平地盤反力係数は、固有値解析法の試算では液状化履歴により、静的と同程度低下した。

静的および動的水平地盤反力の減少は、火山灰土の液状化履歴による地盤剛性の低下が要因と推察される。

本報では、液状化に伴う火山灰土の杭水平抵抗に関する基礎資料を得た。今後、詳細な支持機構や現行設計法における地盤性状との関係を検証し、火山灰土における基礎の耐震設計法の確立に資する考えである。

参考文献

1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、pp.119-228、2004。
2)八木一善・三浦清一：破碎性火山灰地盤の力学特性の評価、土木学会論文集 No.757/III-66, PP.221-234, 2004。
3)八木一善・三浦清一・志比川清史：2003 年十勝沖地震によって液状化した火山灰土の動的力学特性、土木学会第 59 回年次学術講演会、pp.485-486、2004。
4)成岡昌夫・中村恒義：骨組構造解析法要覧、日本構造協会 pp.379～398、1976。