

(III-104) 大型せん断土槽実験による地盤流動が杭に及ぼす影響

東京理科大学大学院
東京理科大学
川崎地質(株)

学生会員 兵頭 順一
正会員 石原 研而
山邊 晋

1.はじめに

1996年から科学技術庁防災科学技術研究所においてE.D.U.S.(Earthquake Damage to the Underground Structure) Projectとして、12m×12mの振動台を用いた大型振動実験により、液状化地盤中における地下埋設構造物の動的応答および破壊性状についての研究が行われている。そこで本研究では、そのプロジェクトの一環として行われた傾斜地盤の液状化実験を対象とし、液状化に伴う地盤流動が杭に及ぼす影響として、杭体の破壊要因について・地盤と杭との相互作用、さらにはケーススタディとの比較について検討を行った。

2.実験概要

本実験には、幅1.2m(加振方向)×奥行き3.5m×高さ6mの2.9段のせん断フレームからなる大型せん断土槽を用いた。土槽内には、杭径200mm・長さ5mのPHC(Prestressed High strength Concrete)杭を3本と、杭径216.3mm・長さ5mの鋼管杭1本を土槽底部に剛結で、杭頭は自由の条件で設置を行った。

図-1の実験概要図に示すように、これらの杭には1断面に2方向で深度方向に1.2ヶ所に内部鉄筋にひずみゲージを取り付けてあり、さらに加速度計を杭体表面に取り付けた。地盤内計測としては、加速度計と間隙水圧計を所定の位置に一定の間隔で設置を行った。

その後、地盤材料として霞ヶ浦より採取した川砂

を用いて、地盤作製方法を水中落下法にて地盤高さ約5.4mで相対密度約68%の飽和砂地盤を作製した。その後、地表面に1.4%の傾斜をつけた。入力波は、周波数1Hzの正弦波で加速度を250galとした。

3.結果及び考察

(a)杭の破壊要因について

杭に発生したひずみ分布より、PHC杭を弾塑性体として扱い杭体に発生する曲げモーメントを求めた。その結果、杭体に発生する曲げモーメントおよび軸力は深度によって大きく異なる結果となった。そこで、図-2に示すような軸力の影響を考慮した曲げモーメントと曲率の弾塑性関係から求めた杭の最大曲げモーメントの分布を杭の降伏点と比較すると、図-3に示すように最大曲げモーメントがコンクリート又は鉄筋の降伏点を越えて破壊に至っていることを示す結果となった。これを実験後に行った杭のスケッチと比較すると、降伏を越えている位置とクラックの位置が一致している。このことから、杭の破壊要因は曲げモーメントだけでなく軸力も大きく関与していることが判明した。

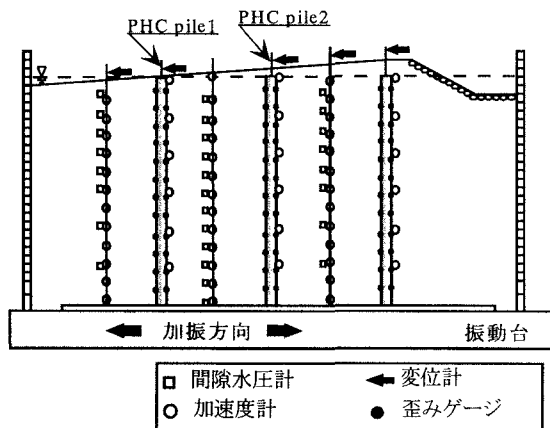


図-1 実験概要図

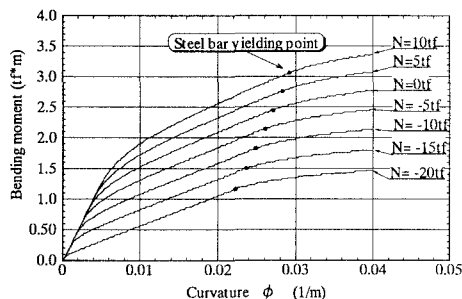


図-2 Elasto-plastic relation between the bending moment and curvature of PHC pile

大型振動実験 液状化 地盤流動 杭 地盤反力係数

〒278-8510 野田市山崎2641 東京理科大学 TEL 0471-24-1501 (内線4056) FAX 0471-23-9766

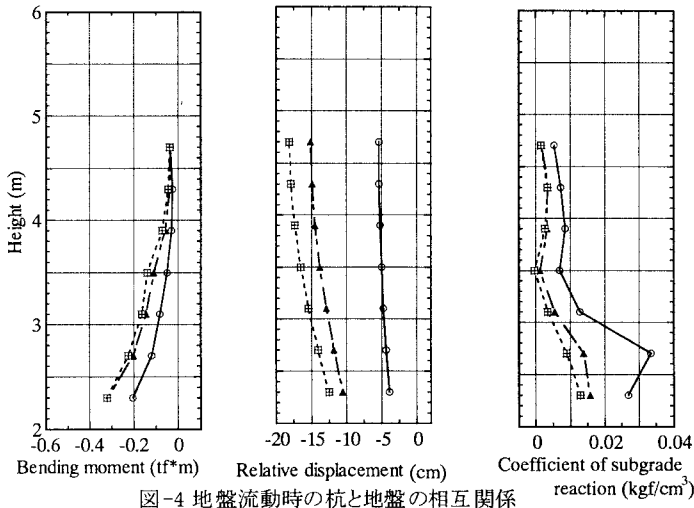


図-4 地盤流動時の杭と地盤の相互関係

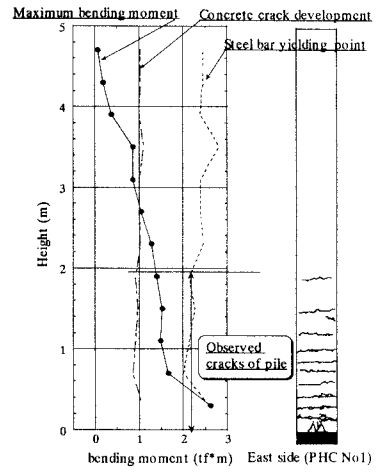


図-3 杭の曲げモーメント分布とクラックの対応

(b)地盤流動による地盤反力係数低減率について

地盤と杭との相互関係を示す地盤反力係数 k の算定においては、杭と地盤の間にバネを仮定した。そしてそのバネ定数 k は、地盤流動によって杭に加わる力 p 、杭と地盤の相対変位 (U_G-U_p) より(式-1)で定義した。

$$k=p/(U_G-U_p) \quad \text{・(式-1)}$$

その結果、流動時のGL-0.5~3.0m付近における地盤反力係数 k は $3\sim 5(\times 10^3 \text{ kgf/cm}^3)$ となった。図-4には、地盤流動によって発生した杭の曲げモーメント・杭と地盤の相対変位および地盤反力係数 k の時間変化($t_1\sim t_3$)を示す。なお、この地盤の変位分布は地表面で計測された変位を基準として正弦波で仮定したものである。また、同地盤において液状化実験前に行った静的載荷試験による静的地盤反力係数 k によると、地盤反力係数の低減率 β は $4.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^3$ となり、流動を伴わない液状化地盤での低減率よりもかなり小さな値を示した。

(c)ケーススタディとの比較

まず、図-5に示す低減率 β ~杭に発生する圧力を流動圧で正規化した関係については、低減率 β が小さいほど流動圧が杭に及ぼす影響が少なくなる傾向を示しており、実験値とケーススタディの両者にはある程度の相関性が得られた。さらに、図-6に示す低減率 β ~地表面の杭と地盤の相対変位を液状化層で正規化した関係については、低減率 β が減少するに従い正規化した値が増加しており、実験値とケーススタディの両者で良い相関性を示すことができた。またこの関係では、低減率 β が地盤の非線形性の影響を大きく受けていると考えられる。

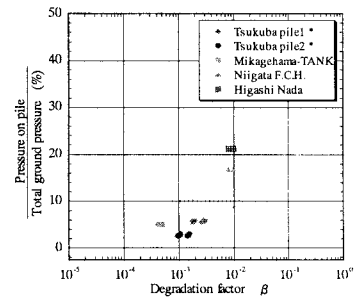


図-5 地盤反力係数の低減率と流動圧比の関係

4.まとめ

- ・本実験において液状化に伴う杭の破壊性状について、軸力を考慮することにより解釈が得られ、さらに地盤流動による地盤反力係数の低減率 β は $4 \times 10^3 \sim 10^3$ の範囲として把握できた。
- ・実験より得られた低減率 β が、ケーススタディとのある程度相関性を示した。

[参考文献]

Kenji Ishihara(1997):「GEOTECHNICAL ASPECTS OF THE 1995 KOBE EARTHQUAKE」 Terzaghi Oration 14th ICSMFE, Hamburg

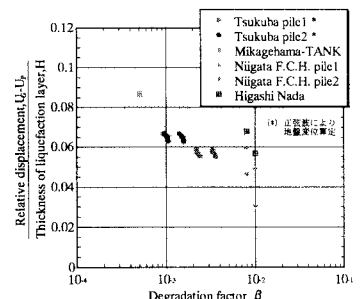


図-6 地盤反力係数の低減率と相対変位(杭と地盤)の液状化層厚による正規化値との関係