

Ⅲ-A 428

低拘束圧における乾燥砂地盤中の杭の水平地盤反力の推定

愛媛大学工学部 正会員 森 伸一郎
愛媛大学大学院 学生会員 ○込山 貴士

1. はじめに

杭の耐震設計においては、上部構造物の慣性力による杭頭水平力と振動による杭周辺地盤の変形という 2 種の異なる地震荷重を考える必要がある。この 2 種の地震荷重に対して、杭周辺地盤をばねでモデル化する場合、広い変位範囲にわたるばねの非線形性を適切にモデル化することが重要と考えられる。特に地盤変形を荷重として考える場合、様々な深さでの地盤反力特性を解明する必要がある。

そこで本研究では、乾燥砂地盤中の単杭を対象に杭頭に水平力を作用させる模型実験を行い、測定された曲げひずみを用いて分布荷重の作用する弾性梁の基本方程式に基づき水平地盤反力の推定を行った。

2. 実験方法

実施した模型実験は、乾燥砂地盤中に設置した先端固定、杭頭自由の単杭に対して、杭頭部に水平力を静的に载荷する実験である。図-1 に実験装置を示す。実験に用いた模型土槽のサイズは、長さ 60cm、幅 30cm、高さ 40cm である。表面乾燥状態の豊浦標準砂を用い、空中落下法により模型地盤を作成した。表-1 に実験に用いた砂の物理特性を示す。模型杭は外径 2.1cm(内径 1.81cm)、長さ 50cm(埋設長さ 30cm)の中空アクリルパイプを用いた。杭の曲げひずみは载荷方向の前後面にひずみゲージを地表面から 5cm 間隔で 6 点に貼付し、2 ゲージ法により測定した。

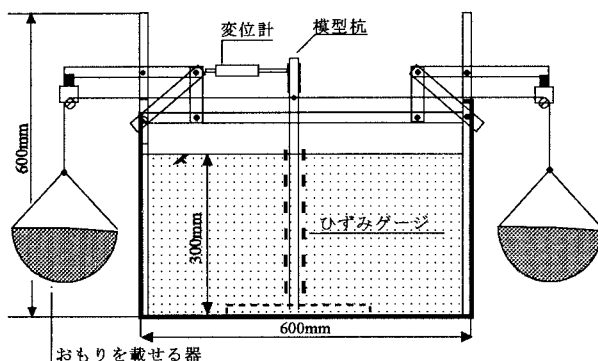


図-1 乾燥砂地盤中の杭の载荷実験に用いる実験装置

杭頭への水平力は、容器に入れた重りに作用する重力を滑車とたこ糸により水平力に変換して作用させた。滑らかな载荷とするため、質量を予め測定してある海砂をビニール袋に詰めたものを重りとした。交番の水平力载荷ができるが、ここでは単調载荷の場合を対象とする。载荷荷重は、0.05、0.1、0.2、0.35、0.55、0.85、1.25、1.75、2.2、2.65、3.56、4.01、4.47kgf の 13 ステップである。载荷点は、地表面から 7cm 高さである。また、参考のため地表面から 13cm 高さの変位を変位計により測定した。

杭の曲げひずみに杭の曲げ剛性(EI)を乗じて曲げモーメントに変換する。それを多項式で最小二乗法により近似し、杭を分布荷重の作用している弾性梁とみなして、基本方程式に基づき曲げモーメント分布を 2 回微分して地盤反力を、2 回積分して杭の水平変位を求める。境界条件として、杭先端の変位とたわみ角を 0 とした。6 点計測の場合、3 次または 4 次式では最小二乗近似であるが、5 次式では確定される。ここでは、事前の検討を踏まえて 5 次多項式による結果を議論する。

3. 実験結果

実験結果の内、载荷荷重 0.2、0.55、1.25kgf に着目して示す。注目した。図-3 に杭の曲げひずみ分布と近似した曲線を示す。この図からは深さ 25cm までよく近似されているのがわかる。図-4 に推定された杭変位を、図-5 に推定された地盤反力を示す。5cm より浅い部分と 20cm より深い部分については、変位と地盤反力の関係が不合理な形状となっている。これらの区間はひずみ計測の端部区間であり 2 回微分した結果は計

表-1 実験に用いた砂の物理特性

土粒子の比重	G_s	2.632
	最大粒径 D_{max} (mm)	0.43
	60%粒径 D_{60} (mm)	0.22
	30%粒径 D_{30} (mm)	0.17
	10%粒径 D_{10} (mm)	0.14
粒度分布	50%粒径 D_{50} (mm)	0.20
	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.611
	最小乾燥密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	1.362
	最大間隙比 e_{max}	0.932
	最小間隙比 e_{min}	0.633

測値による拘束が極めて弱いと信頼性が乏しいものと考えられる。しかしながら、5～20cmの区間については荷重が大きくなると杭の変位が大きくなると共に深部に及び、それにしたがって地盤反力も大きくなり反力の重心は深部に移動する様子が捉えられていると考えられる。

図-6に地盤深さ5～20cm間の深さ方向5cm間隔の地盤反力ー水平変位の関係を示す。この図から、深くなるほど地盤反力が大きくなる傾向にあること、また、地盤反力は小さい水平変位から非線形性が現れるが上限値は実験の範囲では現れないことなどがわかる。

4. 結 論

単杭の水平載荷実験を行い、測定曲げひずみの多項式近似と分布荷重の作用する弾性梁の基本方程式に基づき水平地盤反力の推定を行った。その結果、この推定法の特徴を踏まえ適用範囲内であれば、地盤反力を推定できること、その非線形性が小さな杭変位から現れること上限は現れないことがわかった。

今後は、不飽和、飽和、液状化状態での実験を行い、地盤反力特性の非線形性を調べる予定である。

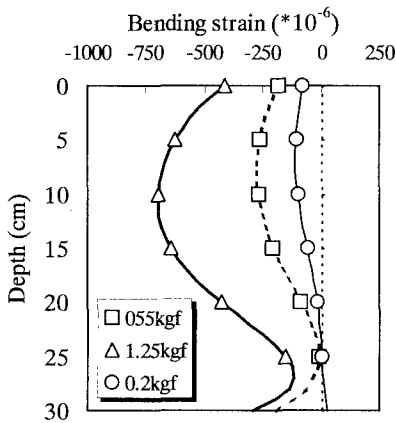


図-2 曲げひずみ分布と5次近似曲線

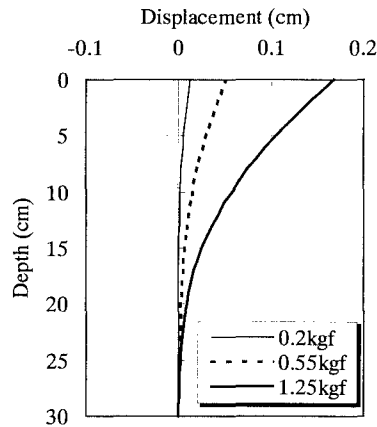


図-3 推定された杭変位分布

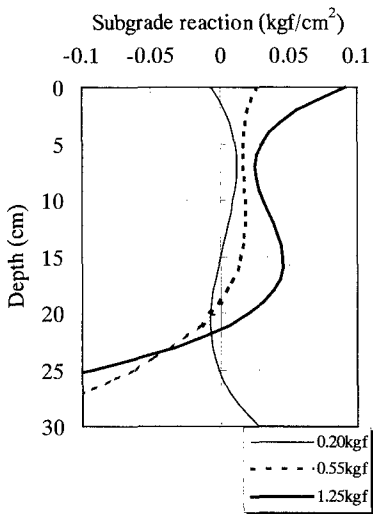


図-4 推定された杭の地盤反力分布

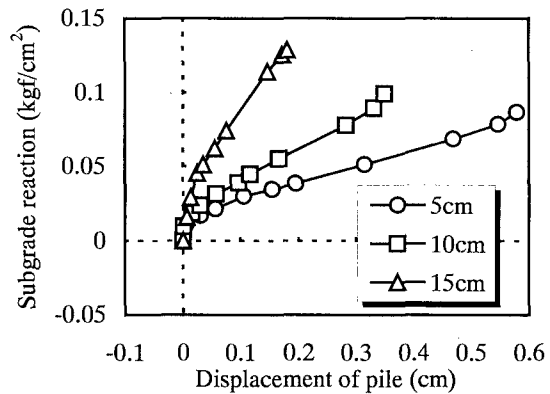


図-5 推定された杭変位～地盤反力関係