

Ⅲ－２ 杭の水平地盤反力の推定に関する基礎的検討

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強制的な変形という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際、広範囲の変位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とした模型実験を行い、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く水平地盤反力の推定を行った¹⁾。推定を3次、4次、5次の多項式で行い、推定精度を比較検討した。

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載荷する実験である。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600mm、幅300mm、高さ400mm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に実験で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。杭の曲げひずみは載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。

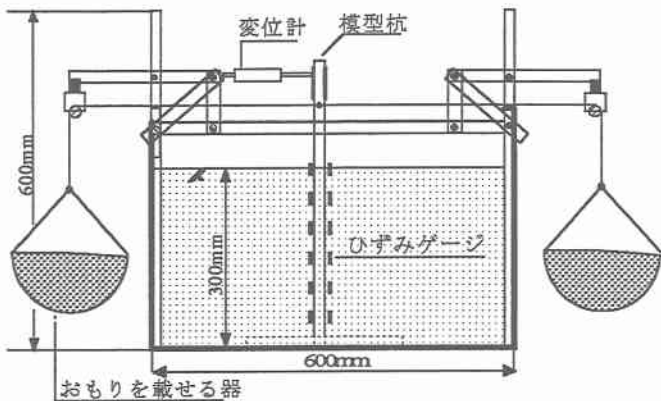


図-1 杭の載荷実験に用いる実験装置

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。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。交番の水平力載荷ができるが、ここでは単調載荷の場合を対象とする。載荷荷重は、0.05, 0.1, 0.2, 0.35, 0.55, 0.85, 1.25, 1.75, 2.2, 2.65, 3.56, 4.01, 4.47, kgf の13ステップである。載荷点は、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。

表-1 実験で用いた砂の物理特性

土粒子の比重		G _s	2.632
粒度分布	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
	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

杭の曲げひずみに杭材料の曲げ剛性(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推定をする。境界条件として、杭先端の変位とたわみ角を0とした。なお、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。

3. 実験結果

実験結果の内、載荷荷重0.55kgfに着目して示す。図-2に杭の曲げひずみの測定値と近似曲線を示す。この図から、深さ25cmまで5次と4次は大差ないが、3次は測定値との差が見られるのがわかる。図-3に推

定された杭変位を示す。この図から、次数があがると変位は大きくなるのがわかる。図4に推定された地盤反力を示す。この図から、深さ5~20cmの区間は次数による傾向と大きさの差は小さいことがわかる。逆に、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のがわかる。図5に深さ15cmの地盤反力-水平変位の関係を示す。この図に見られる非線形性は定性的に妥当なものである。この図からも、推定の適用できる範囲では、次数による差が小さいことがわかる。

しかし、図4の地盤反力分布において3次、4次、5次式を比較すると、高次の近似式ほど自由度の大きい分だけ地盤反力の変化により追従しているものと考えられる。

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、3次、4次、5次式の比較により、端部の両区間を除く深さ5cm~20cmにおいて妥当な推定ができること。また、高次の近似式ほど追従性が良いものと考えられる。

今後は、曲げひずみの測定点を増やして近似次数を大きくして推定精度を上げることや土圧測定による推定方法の検証が課題であり、解決していく予定である。

参考文献

- 1) 森 伸一郎, 込山 貴士: 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, 土木学会第54回年次学術講演会, 第Ⅲ部門, 1999.9(投稿中)

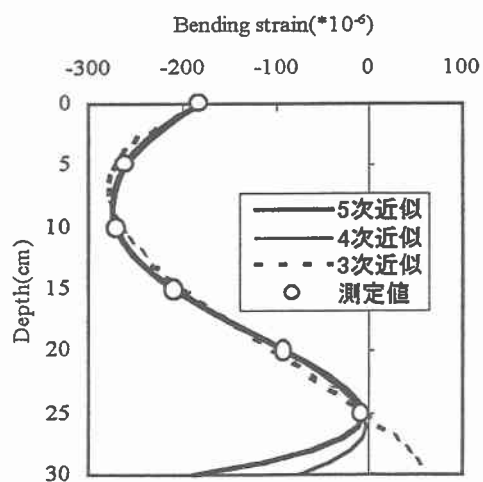


図-2 曲げひずみ分布と近似曲線

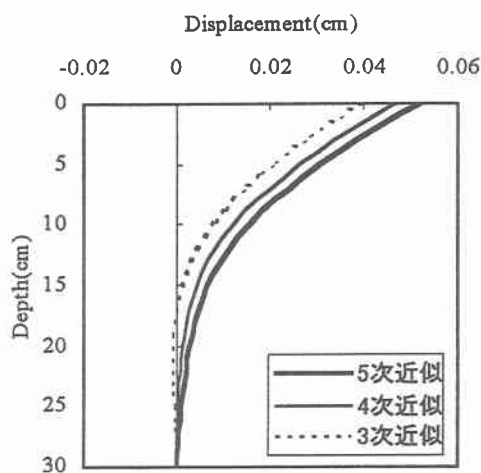


図-3 推定された杭の水平変位分布

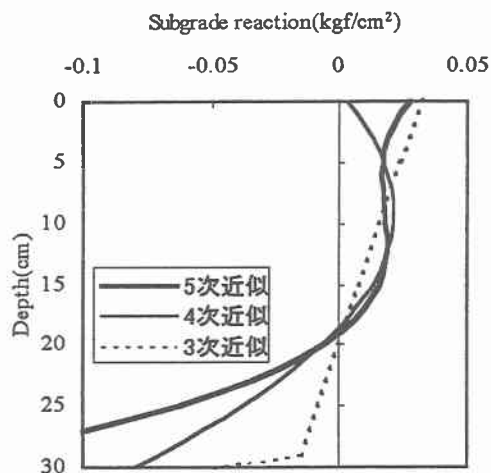


図-4 推定された杭の地盤反力分布

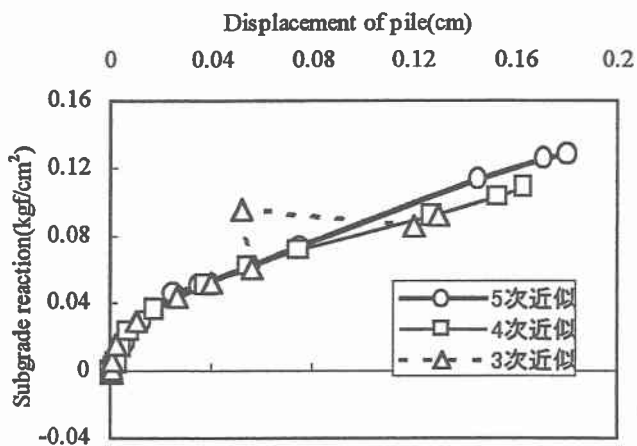


図-5 深さ15cmの推定された杭変位~地盤反力関係