

III-B 32

場所打ち杭の周面摩擦力とその地盤力学的評価

九州大学 工学部 正会員○安福規之
九州大学 工学部 正会員 落合英俊
九州共立大学 工学部 正会員 前田良刀

1. まえがき

杭の鉛直支持力は、杭先端地盤の鉛直方向抵抗と、杭と地盤の周面摩擦抵抗の和として求められる。ところが、先端支持力が発揮されるまでには大きな相対変位を必要とするために、実務設計における許容変位の範囲内では周面摩擦力が鉛直支持力の主要な部分となり、その精度の良い評価が重要となっている。

著者らは、このような状況に鑑み低振動、低騒音工法として市街地等で近年多用されている場所打ち杭を対象として、地盤力学的な考察に基づき、杭の周面摩擦力の合理的な評価法を検討している¹⁾。本文では、その評価手法の概略を示した上で、その有用性を実杭による載荷試験により検証する。

2. 評価式の概要¹⁾

杭の周面摩擦力は、一般に杭と地盤の付着力と摩擦力の和として、次式で表される。

$$f_s = c'_s + \sigma'_h \tan \phi'_s \quad (1)$$

ここに、 f_s : 周面摩擦力、 c'_s , ϕ'_s : 杭と地盤との付着力と摩擦角、 σ'_h : 杭に作用する有効水平応力である。上式の使用に際しては、地盤特性に係わるパラメーター c'_s , ϕ'_s と地盤内応力に係わるパラメーター σ'_h を合理的で精度良く決めることが重要となる。まず、周面摩擦力を評価するための地盤物性値 c'_s , ϕ'_s としては、十分大きな変位状態に対応する限界状態における強度定数を用いるのが合理的であるとし、次式を導入している。

$$c'_s = 0 \quad (2); \quad \phi'_s = \phi'_{cv} \quad (3)$$

ここで、 ϕ'_{cv} は限界状態における土の摩擦角である。

また、水平応力 σ'_h の評価は水平土圧係数 K 値の評価に帰着し、地盤物性値、杭と地盤の相対変位特性、地盤の堆積環境を考慮することが必要であるとの立場から、以下に示す関係式を提案している。

$$\sigma'_h = K \sigma'_v \quad (4)$$

$$K = \left\{ 1 - \left(\frac{Z}{L} \right)^\alpha \right\} K_p + \left(\frac{Z}{L} \right)^\alpha K_0 \quad (5)$$

ここに、 α は、地盤の堆積環境を反映するためのパラメーター、 Z は深さ、 L は杭の長さである。また、 K_p と K_0 は、受動土圧及び静止土圧係数であり、 ϕ'_{cv} を用いて次式で評価する。

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi'_{cv}}{1 - \sin \phi'_{cv}} \quad (6); \quad K_0 = (1 - \sin \phi'_{cv}) \sqrt{OCR} \quad (7)$$

(5)式は、地盤力学的な考察に基づいて導かれた経験式であり、 $Z=0$ の時 $K=K_p$ 、 $Z=L$ の時 $K=K_0$ を与えること、また、特殊な場合として $\alpha=0$ の時、 (Z/L) によらず常に $K=K_0$ となることを表現できる。

3. 原位置試験による検証

3. 1 設計パラメーター

(1) 地盤条件:

図1は、原位置試験を実施したしらす地盤のプロフィールをまとめたものである。図1(a)と(b)には地質概要と載荷試験杭の杭長を、図1(c)と(d)には標準貫入試験の結果及び有効土かぶり応力 σ'_v とプレシオメーターにより求めた水平応力 σ'_h の測定結果を示している。また、図1(e)は初期間隙比 e_0 と細粒分含有率 F_c 。

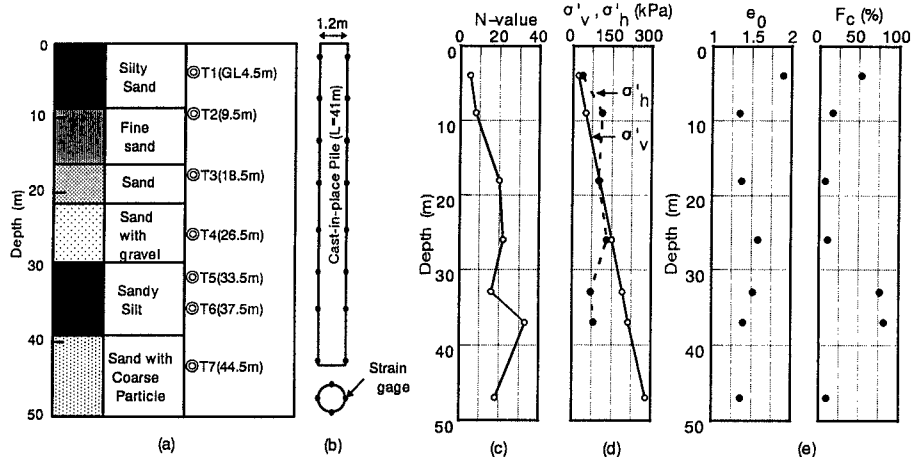


図1 しらす地盤のプロフィール

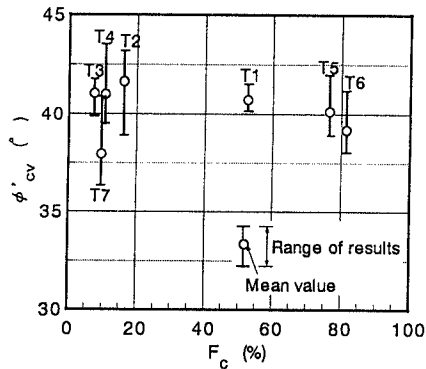
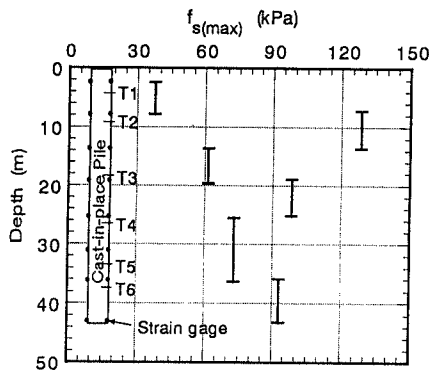
図2 強度定数 ϕ'_{cv} の評価

図4 実杭の載荷試験における周面摩擦力の最大値と深さの関係

(75 μ m以下)を示している。これらの結果より、1) 当該地盤のN値は4～28の範囲にあり、深さ50mにおいても明確な支持層が表われないこと、2) 有効土かぶり応力 σ'_v は深さと共にほぼ直線的に増加するが、水平応力 σ'_h は深さに対して一義的な関係はなく、応力履歴の影響をかなり受けていることなどがわかる。

(2) 強度定数とパラメーター α :

限界状態における強度定数を求めるためにトリプルチューブサンプラーを用いてT1～T7の位置（図1(a)参照）で採取した不攪乱供試体について、排水三軸圧縮試験を行った。実験は、拘束圧50・400kPaの範囲で、ひずみ速度0.05%で行なった。

図2は、実験から得られたT1～T7試料の地盤物性値としての ϕ'_{cv} と細粒分含有率 F_c の関係をまとめたものである。この結果から、 ϕ'_{cv} の平均値は39°～42°の範囲にあることがわかる。なお、予測値の計算は、この平均値を用いて行なった。また、式(5)中の堆積環境を反映するパラメーター α は、図1(d)の結果がうまく評価できるものとし、 $\alpha=0.2$ と決定された¹⁾。

3. 2 載荷試験結果との比較

図1の地盤において、オールケーシング工法により施工された杭径1.2m、杭長41mの場所打ち杭の鉛直載荷試験を多サイクル方式で行なった。

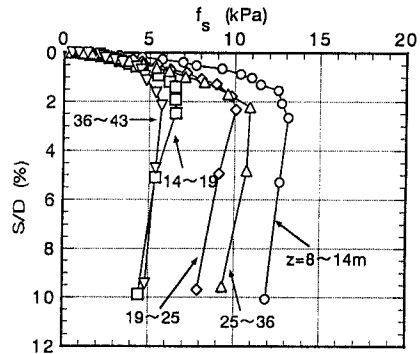


図3 実杭の載荷試験における周面摩擦力の発現特性

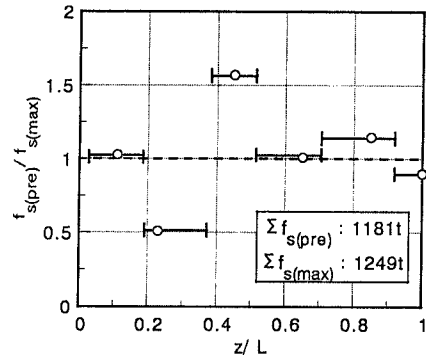


図5 最大周面摩擦力の実測値に対する予測値の割合と正規化した深さの関係

図3は、各深さでの周面摩擦力と杭径Dで正規化した沈下量(S/D)の関係を示したものである。いずれの深さにおいても、周面摩擦力の最大値はS/D=2%程度で発揮されている。

図4は、周面摩擦力の最大値 $f_{s(max)}$ と深さとの関係を示したものであり、図5は、提案法によって求めたT1～T6における周面摩擦力の予測値 $f_{s(pre)}$ と実測値 $f_{s(max)}$ の比 $(f_{s(pre)}/f_{s(max)})$ を深さ(z/L)に対して整理した結果である。予測値と実測値の比は杭全長にわたってほぼ1.0の付近にあり、提案法の妥当性が認められる。また、周面摩擦力の杭全長にわたる合計値について、提案法による予測値と実測値の比を求めると、

$$\frac{\sum f_{s(pre)}}{\sum f_{s(max)}} = \frac{1181(t)}{1249(t)} = 0.94 \quad (8)$$

となり、予測精度は極めて良いことがわかる。

4. まとめ

場所打ち杭の周面摩擦力の地盤力学的評価方法を提示し、その有用性を実杭の載荷試験により実証した。

参考文献

- 1) 安福・落合・前田：杭の周面摩擦力の評価式に関する地盤力学的考察、第31回地盤工学会、北見、1996（投稿中）