

III-509 杭打設による間隙水圧の発生 —珪藻泥岩を用いた模型実験—

金沢大学工学部 正会員 松本 樹典
(株)片平エンジニアリング 吉岡 親示
金沢市 木谷 哲

1. はじめに

鉛直支持杭の荷重－沈下特性は、a)杭打設、b)杭打設後の放置、c)荷重載荷の3つの過程を経て決定され则认为られる。杭打設時に地盤内に発生した間隙水圧は放置期間に消散し、地盤の圧密が生じる。このため地盤内の有効応力状態が変化し、杭打設時と静的載荷時での荷重－沈下関係、支持力は異なってくる。現在、有限要素法に代表される数値解析法によって杭打設後の地盤の変形や応力状態の時間的变化を予測することは比較的容易である。このような計算結果の是非は、杭打設による間隙水圧を含めた地盤の初期応力状態をどのように設定するかに依存する。しかし、杭打設過程を正確にシミュレーションすることは困難である。そこで、本研究では珪藻泥岩を用いて杭打設（押込み）の模型実験を行い、間隙水圧の発生について調べた。

2. 杭の押込み試験

試験装置 図1は、試験装置の概要を示したものである。杭には表1の諸元を持つ鋼管を用いた。

模型地盤に用いた珪藻泥岩の物理的特性は、表2に示す通りである。珪藻泥岩は、非常に均質であり、自然状態において完全に飽和している。珪藻泥岩の詳しい力学的特性については、Sekigichi et al. (1988)を参照されたい。この珪藻泥岩を直径25cm、

表1 模型杭の諸元

外 径	(cm)	2.500
内 径	(cm)	2.080
断面積	(cm ²)	1.511
長 さ	(cm)	100.000
ヤング率	($\times 10^6$ kgf/cm ²)	2.278
ポアソン比	(m/s)	0.260

表2 珪藻泥岩の物理的特性

自然含水比	w_n	112 - 118 (%)
自然間隙比	e_n	2.42 - 2.72
比 重	G_s	2.16 - 2.21
湿潤密度	ρ_t	1.32 - 1.34 (g/cm ³)
飽和度	S_r	98 - 100 (%)
一軸圧縮強度	q_u	18 kgf/cm ²

高さ25cmの円柱に成形し模型地盤とした。模型地盤には、図2に示すように計6個の間隙水圧計を埋め込んだ。この模型地盤の表面中心から底面に向かって直径2.2cmのボーリング孔を先掘りした。この先掘り孔に沿って模型杭を1.0mm/minの速度で地盤に押し込んだ。

杭先端には、図3に示すような、水平応力測定装置（松本ら、1990）を取り付けた。カッターの直径は2.49cmとなっており、杭直径(2.5cm)よりわずかに小さくしている。測定リングの内面には鉛直ひずみ ϵ_z と円周ひずみ ϵ を測定するためにひずみゲージを貼り付けた。このことにより、次式を用いて測定リングに作用する水平応力 σ_r を測定した。

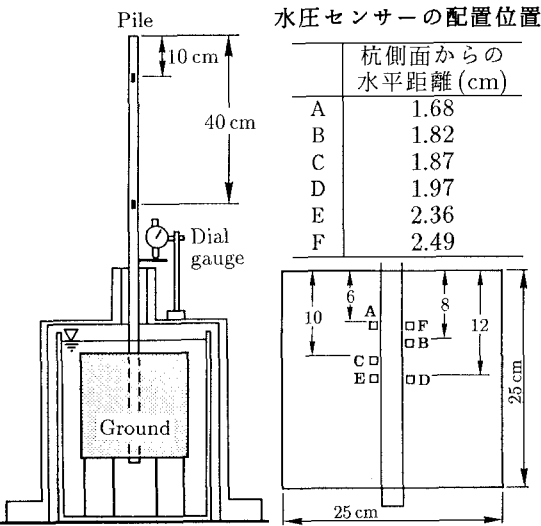


図1 試験装置の概要

図2 模型地盤

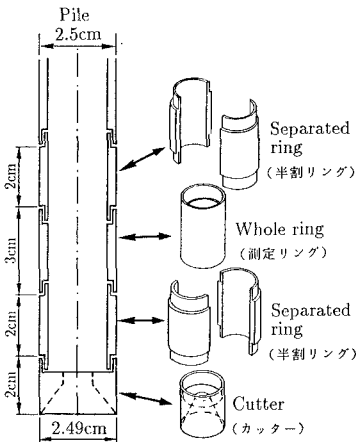


図3 水平応力測定装置

$$\sigma_r = \frac{E(\varepsilon_\theta + \nu\varepsilon_z)}{(1 - \nu^2)(r_0/t)}$$

ここで、 E と ν は、杭のヤング率とポアソン比である。 r_0 と t は鋼管杭の外半径と肉厚である。

試験結果 図4は、水平応力測定装置の測定リングに作用する水平応力 σ_r の測定結果である。杭貫入量7.3cmの時点でひずみゲージのリード線が切断したためこれ以降の計測は不可能であった。

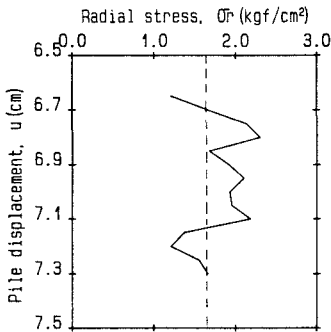


図4 水平応力の測定結果

図5は、水圧センサーBとCで測定した間隙水圧である。カッターがセンサー位置を通過する際に正の間隙水圧が発生している。その後、カッター先端が地盤底面を通過するまで負の間隙水圧が発生している。

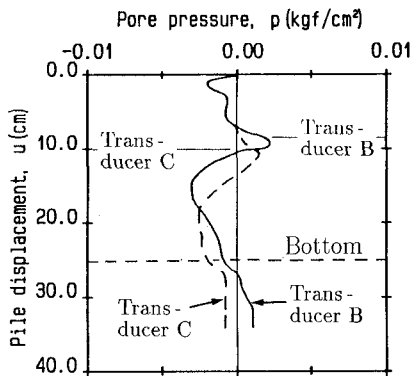


図5 押し込み試験における間隙水圧

3. 有限要素解析結果

図5に示した間隙水圧の発生機構を検討するためにSekiguchi et al. (1981)によって開発されたプログラムを用いて有限要素解析を行なった。杭が打設による地盤の変形は、円柱空洞の拡張でモデル化するため、図6に示す有限要素メッシュを用いた。すなわち、カッターの半径(1.245cm)に等しい空洞が

杭直径(2.5cm)まで拡張する場合の解析を行なった。地盤は弾性とし、ヤング率 $E_s=402\text{kgf/cm}^2$ 、有効ポアソン比 $\nu'=0.3$ を用いた。平面応力条件と平面ひずみ条件の2通りの解析を行なった。排水条件は、完全非排水条件とした。

図7は、過剰間隙水圧の分布を示している。平面応力条件では -0.032kgf/cm^2 、平面ひずみ条件では -0.041kgf/cm^2 の負の間隙水圧が発生する結果となる。これらの値は、図5に示した負の間隙水圧の測定結果より約10倍大きい値である。これは、実験においては地盤周囲からの排水が許される条件であり、また杭の貫入速度が 1mm/min と比較的小さかったことにより、間隙水圧の発生速度に比べて消散速度が十分に大きかったためと考えられる。

図8は、地盤内の半径方向応力分布の解析結果である。杭側面での値(水平応力)は、平面応力条件では 2.6kgf/cm^2 、平面ひずみ条件では 2.8kgf/cm^2 であり、ほぼ等しい。これらの値は、水平応力の実測結果(図4)のほぼ上限値によく対応している。

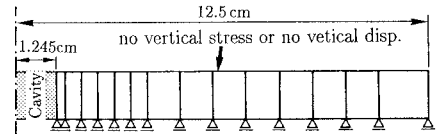


図6 有限要素メッシュ

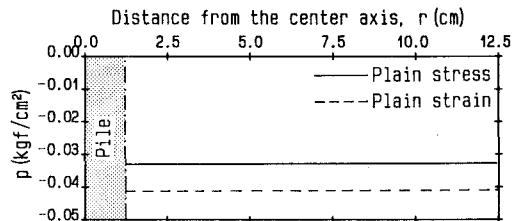


図7 間隙水圧の分布の解析結果

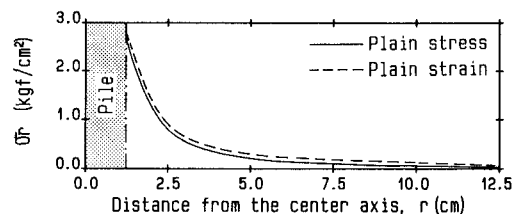


図8 半径方向応力の分布の解析結果

参考文献

- 1) 松本ら(1990), 第25回土質工学研究発表会
- 2) Sekiguchi et al. (1981), Soils & Found., Vol. 21, No. 3, pp53-66.
- 3) Sekiguchi et al (1985), Proc. 5th ICONMIG, Nagoya, Vol. 1, pp. 437-444.