

III-510 杭の打込みに伴う粘土地盤の密度変化

東京理科大学	学生会員	○ 小南 達章
東京理科大学	正会員	今村 芳徳
東京理科大学	学生会員	前嶋 匡
㈱ 鴻池組		奥田 友宏

1. ま え が き

打込み杭を飽和粘土地盤に打込んだ場合、杭の周辺地盤にどのような影響を与えるか、密度変化に着目して調べることにした。飽和粘土地盤の場合、粘土の透水性が非常に小さいので、杭打ちによって間隙水圧の上昇をとめない粘土の有効応力が減少する。含まれている水の非圧縮性を考慮すると、土の移動が容易に行われ密度の変化は余り大きくないのではないかと予想された。

2. 人工粘土の作成と性質

均一な密度をもつ飽和粘土を入手することは非常に困難であるため、人工的に作成することにした。人工粘土の材料には、自然粘土の構成成分であるカオリンと水を選んだ。はじめに人工粘土の均一性・再現性を高めるために実験計画法に基づいて材料の特性と要因の関係を求めようとした。その結果、人工粘土の性質に影響を及ぼす最大要因は含水比であり、設定含水比55%のとき、含水比・一軸圧縮強さ・湿潤密度にばらつきがほとんどなく、均一性・再現性が優れていることがわかった。次に、人工粘土が飽和されるのにおよそ何日の圧密を要するか、実験を行うことにした。圧密日数が1, 3, 5, 7, 9, 13日の一軸圧縮強さ、含水比、湿潤密度を測定し、飽和度の算出を行なった結果、13日で飽和度100%となり、カオリンと水で飽和粘土が作成できるとわかった。また同様の圧密方法で含水比と密度の均一性を確認したところ、模型地盤全体を通して誤差が含水比 $\pm 0.1\%$ 以内、湿潤密度 $\pm 0.009\text{g/cm}^3$ 以内となった。以上から均一地盤ができたと考える。この粘土の土質実験の結果は、一軸圧縮強さ 0.15kg/cm^2 、液性限界74.2%、塑性指数36.7、湿潤密度 1.662g/cm^3 、乾燥密度 1.076g/cm^3 、間隙比1.417である。

3. 実験方法

内径23.5cm、高さ43.8cmの円筒型モールドに含水比55%の粘土をつめ、その上下に無数の小穴をあけた板・不織布を配置し、水中で2週間圧密した。また杭は直径4.2cmの鋼棒とし、打込みには手動式リフトを使用した。モールド上側表面の中心で杭を地盤と垂直に保ち、静的に35cm貫入させた。ここで、杭打ちに伴う地盤密度の時間的な変化も同時に調べるために、密度測定の時期を、打込み後・打込み1週間後・打込み2週間後の三段階に分けた。密度測定のため、杭が打込まれた状態でモールドから押し抜かれた地盤を上から約6cmの間隔で1層～6層に切り分け、次に杭半径を r とし、杭心から同心円状に $2r \sim 6r$ まで区切り、試料を切り出し含水比の測定を行ったのち、地盤の密度を算出した。

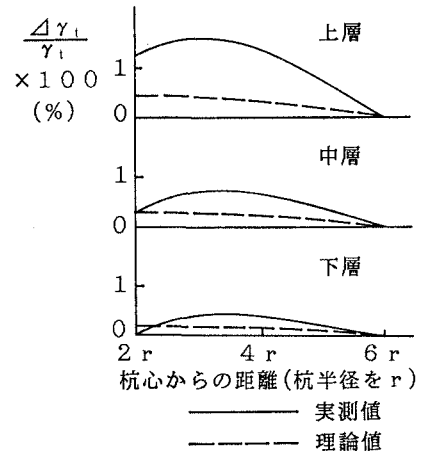


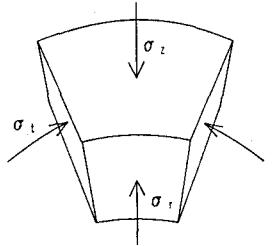
図-1 密度変化

4. 実験結果

杭打ち後から2週間後までの段階においても共通して、杭近傍において地盤の密度は原地盤の密度にほとんど等しい。杭半径を r とすると、 $3r \sim 4r$ の領域で密度は最大値(原地盤より1.6%程度増加)を示し、杭の打込みによる地盤の密度変化の影響範囲は、 $6r$ 程度であることがわかった。打込みに伴う排土量の約80%が地盤の盛り上がりにより、約20%が密度の増加に配分された。すなわち、杭の打込みによる排水量は杭の体積の約20%、つまり 96.9 cm^3 である。

5. 考察

西田の方法により密度変化の理論値を算出し、図-1に示した。



・原地盤において

$$\sigma_r = K_0 \gamma z + C$$

$$\sigma_t = K_0 \gamma z + C$$

$$\sigma_z = \gamma z$$

$$P_1 = 2 K_0 \gamma z + \gamma z$$

・杭打ち後の地盤において

$$\sigma_r = K_0 \gamma z + C (2 \log (R/r) + 1)$$

$$\sigma_t = K_0 \gamma z + C (2 \log (R/r) - 1)$$

$$\sigma_z = \gamma z$$

$$P_2 = 2 K_0 \gamma z + \gamma z + 4 C \log (R/r)$$

$$e = e_0 - C_c \log (P_2/P_1)$$

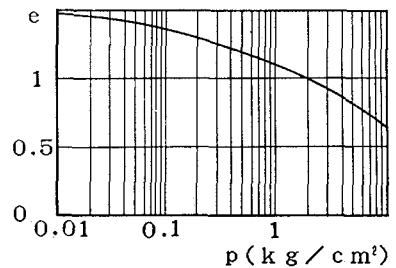


図-2 e-p 曲線

さらに本実験で用いた人工粘土について圧密試験を行い、平均荷重強度 p と間隙比 e の関係を図-2に、 p と透水係数 k の関係を図-3に示した。上記の方法における σ_r を p とみなし、杭打ち後の地盤の各地点における k を求めた。杭の打込みによる排水量はダルシーの法則にしたがって、杭の周辺地盤中の p の圧力によって地盤を透水する流量に等しいと仮定する。透水係数は、地盤全体を通しての p の平均値に対応する値 $3.4 \times 10^{-3} (\text{cm}/\text{sec})$ で代表させ、透水経路の断面積 A としては、模型地盤の水平断面積から杭の断面積をひいた値の $1/2$ 、すなわち 146 cm^2 と仮定する。また動水勾配 i は、模型地盤の深さの $1/2$ で圧力 p 、地表面で圧力 0 となるものと仮定して求める。以上より単位時間当りの透水量 $Q = 0.915 (\text{cm}^3/\text{sec})$ を得た。したがって、 96.9 cm^3 の排水に要する時間は約2分であるという結果が得られた。このことから、杭打ち後の地盤においてサンプリングを行い、含水比を測定したときには、すでに杭打ちによって排除される粘土中の水が排水されてしまった後であることがわかった。

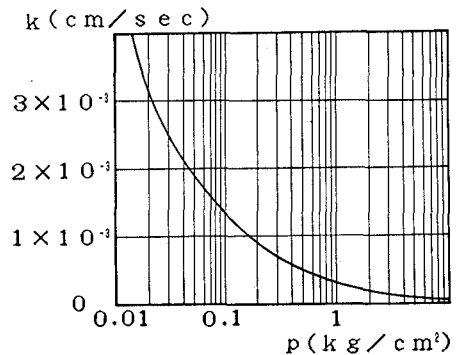


図-3 k-p 曲線

【参考文献】

西田、保田：締固め杭に関する基本的研究 (土木学会論文集 No.69) 1963.10 p10-p14

電力中央研究所：沖積粘性土の広いひずみ範囲での動的物性 (電力中央研究所研究報告 381027)

1982.2