

名古屋大学 正会員 松尾 稔
 京都大学 学生会員 浅岡 顕
 京都大学 正会員 〇井上 純一

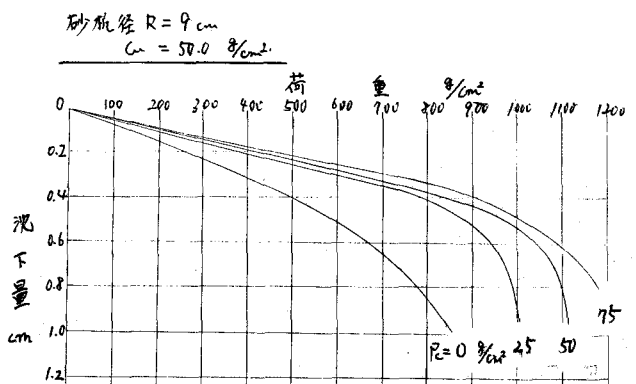
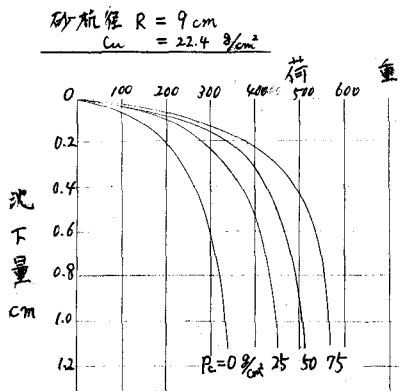
1 はじめに

軟弱な粘性土地盤に大径の締め固め砂杭を打設して、砂杭への荷重集中を期待するいわゆる複合地盤は、軟弱地盤の改良工法として近年広く用いられるようになり、てきた。粘性土の圧密による強度増加を主たる目的としないこの工法では砂杭の支持力の正確な把握が大切である。この問題についてはこれまでに多くの研究がなされてきているが、本報告は粘性土による抱束された砂の単杭について模型支持力実験を行い、支持杭としての効果を検討したものである。

2 実験の目的と概要

従来より、地盤の支持力におよぼす粘土の非排水強度（粘着力 C_u ）、押え荷重、および載荷幅 $\times$ 自重の3つの要因効果には、互いに交互作用の少ないことが経験的に知られている。とくに自重項に関する「重合せ」は剛塑性理論によれば多くの場合安全側の近似として認められている。そこで3つの要因のうちプロトタイプと模型の間で要因水準値の大きく異なるものは載荷幅 $\times$ 自重である。したがって模型実験ではこの3つの要因効果のうち、とくに前者2つを計測することと目的とした。実験は18の水準組合せについて30回以上行われたが実験による支持力値を3つの要因効果に分解する方法は統計解析による。そして分散分析によって前述の交互作用効果の有無も確めた。交互作用効果のないことが認められれば、模型実験による支持力式に載荷幅 $\times$ 自重項を独立につけ加えれば、プロトタイプについての支持力式に両者の見通しをもてることが期待できるからである。

粘土地盤には粉末乾燥状態の深草粘土を同量の水でミキサーにより練り混ぜたものを用い、砂杭には相馬標準砂を用いた。砂杭および周辺粘土地盤への載荷は100kg Maxのアレービングリングを介してジャッキで行なった。砂杭直径は9cm, 14cmの2種であり、厚さ1cmの鉄製円板を7mmのゴム板とともに載荷板として用いた。粘土側への押え荷重は砂杭直径の3倍の同様のドーナツ板を用いた。（実験方法、データ解析）最初粘土側への押え荷重を0にして砂杭のみに載荷する。荷重—沈下曲線が急激な折れ曲りを示すまで載荷をつづける。これより区切りで、つぎに、粘土側へ押え荷重をかけ同様の支持力実験を行なう。このような連続した実験は有用なデータが得られると考えたのは、粘土がよく練り返されていくと鋭敏性が平均1.12であったことによる。一連の載荷試験が終れば土槽を密封し水圧によって圧密させ、 C_u を増加させる。荷重—沈下曲線の例を下図に示す。支持力を規定するのに沈下量を用い、沈下量/直径の比を0.06に定めた。この比では、支持力が全ての実験を通じてほぼ定



激な折れまがり、直後にある。

実験の水準組合せと分散分析の結果を右の表に示す。表1 表2はそれぞれ砂杭直径が9cm, 14cmについての支持力(単位面積当り)に対する, C_u , および押え荷重 p_c の要因効果の不等間隔分散分析である。これより $C_u \times p_c$ の相互作用効果の全くないことがわかる。表3, 表4は砂杭直径 R と押え荷重 p_c および, 砂杭直径 R と C_u を要因とした分散分析表でありいづれも R が他のふたつの要因と交互作用効果をも全くもたないことを示している。これより砂杭支持力係はつぎの形式をもつことがわかる。

$$P_s = N_c f_1(C_u) + N_p f_2(p_c) + f_3(R) \quad (1)$$

表1, 表2の結果を直交展開し, f_1, f_2 を多項式表すれば

$$\left. \begin{aligned} (R=9\text{cm}) \quad p_s &= 10.1 \times C_u + 3.68 p_c + m \\ (R=14\text{cm}) \quad p_s &= 12.7 \times C_u + 2.45 p_c + m \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

つまり, f_1 は C_u については, 直交多項式の係数が0.029 ($R=9\text{cm}$), -0.043 ($R=14\text{cm}$) の2次項をつけ加えることが出来る。 C_u の2次の効果が僅かに負の要因効果であることは繰返し載荷における C_u の減少が起因していると考えられるが詳細には検討していない。(2次の係数の単位は cm^2/g)

3 剛塑性仮定に基づく数値計算

軸対称塑性場の基礎方程式と差分法で数値計算した。塑性応力成分は, σ_θ が受働域で σ_r に, 主動域で σ_r に等しいとした。また砂杭周囲における砂と粘土の応力成分については, 前年度の実験¹⁾ における掘削面の観察から, 周囲土で粘土が最大せん断抵抗力 C_u を發揮するとした。そして粘土側は全応力解析で $\phi=0$, 砂側は有効応力解析で $c=0, \phi=35^\circ$ とし, 砂杭周囲土で

$$\bar{\sigma}_r = \bar{\sigma}_r, \quad \bar{\tau}_{rz} = \bar{\tau}_{rz}$$

$$\bar{\sigma}_z = \bar{\sigma}_z \quad c, s \text{ は粘土の粘土, 砂と粘土。}$$

とする。地表面に摩擦力が働かないとして得られた可なり線場の概要は右図のようであり, 砂の内部摩擦角 $\phi=35^\circ$ に対して得られた数値解に式(4)をあてはめて整理すれば

$$p_s = (12.8 \sim 13.8) C_u + (3.6 \sim 3.8) p_c + (1.0 \sim 1.4) \bar{\sigma}_r$$

となる。実験式と支持力係数の傾向がよく一致する。

4 おわりに

砂杭の支持力についての実験結果をみれば, 砂地盤のそれとはくらべてもかなり, 粘土地盤のそれにくらべて倍以上であり, 押え荷重による支持力上昇の効果も3倍程度になる。このことは, 群杭効果等の研究とあわせて, 最適な荷重分配率の計算のための基礎的事項となろう。2) 松尾漢因・税所(1973)同題名。環境全誌

(要因水準の組合せ)

$R=9\text{cm}$	$C_u = 22.4, 28.0, 50.0, 53.9 \text{ g/cm}^2$
	$p_c = 0, 25, 50 \text{ g/cm}^2$
$R=14\text{cm}$	$C_u = 17.0, 23.0, 30.0 \text{ g/cm}^2$
	$p_c = 0, 25, 50 \text{ g/cm}^2$

(表-1) $R=9\text{cm}$, C_u, p_c 分散分析表

要因	自由度	分散	寄与率(%)
p_c	1次	1	30.44**
	2次	(1)	(0.00)
C_u	1次	1	183.19**
	2次	1	28.17*
$p_c \times C_u$	(4)	(7.91)	3.2
Total	8	247.17	100.0

**1%危険率, *5%危険率でそれぞれ有意

(表-2) $R=14\text{cm}$, C_u, p_c 分散分析表

要因	自由度	分散	寄与率(%)
p_c	1次	1	22.45**
	2次	(1)	(0.03)
C_u	1次	1	55.26**
			[61.6]**
	2次	1	15.50*
			[9.2]*
$p_c \times C_u$	(4)	(1.07)	
(誤差要因)	5	1.10	1.87
Total	8		100.0

[]は等水準2因子(2計算)の結果

(表-3) R, p_c 分散分析表

要因	自由度	分散	寄与率(%)
R	1	132.4**	38.9
p_c	2	101.7**	59.6
$R \times p_c$	2		1.5
Total	5		100.0

(表-4) R, C_u 分散分析表

要因	自由度	分散	寄与率(%)
R	1	5.04	4.3
C_u	1次	1	82.94
	2次	1	3.86
$R \times C_u$	2		5.3
Total	5		100.0

