

砂柱を打設した粘土地盤の支持力に関する研究

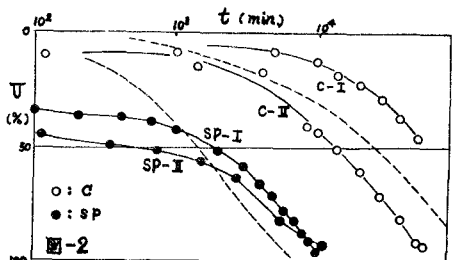
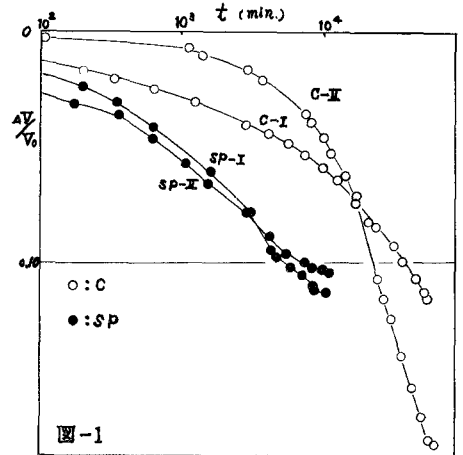
京都大学工学部 正員 松尾 総
 京都大学大学院 学生員 ○ 寺村昌忠
 国土総合開発 正員 楠田直治

概要：ここ数年来砂ぐいを打設した粘土地盤の砂ぐいの支持力の問題に関して、土槽を用いた模型実験による実験的研究を継続してきた。三軸試験による基礎的研究の結果についてはすでに報告したが¹⁾、ここでは複合地盤表面の圧力集中、安定解析、安全率等の問題を解明するために行っている土槽実験について、その一部を報告し、二、三の考察を加える。

土試料と試験方法：試験に用いた粘性土は粘土分12.5%、シルト分71.0%、砂分16.5% ($w_L=51.5\%$, $PI=31.8\%$) のシルト質のもので、砂ぐいには豊浦標準砂を使用した。粉状粘土をミキサ内で所定の含水比約55%で十分練返し、160×70×80 (cm) の水密性土槽に充てんする。そして約一週間後に圧密を開始した。圧密圧力は地盤表面に敷いたビニールシートを通して水圧で与え、圧密期間中恒圧装置により一定に保った。圧密後一定期間除荷状態を保った後、載荷試験を実施した。載荷試験に先立ち必要な資料採取と斜面成形を行った。斜面の傾斜角は45°とされ、載荷の方法は荷重制御とした。砂ぐいの直径は5 cmであり、中心間隔は20 cmの正三角形配置とした。以下には粘土だけによる試験 (記号C; C-I, C-IIの2個) と砂ぐいを含む複合地盤についての試験 (記号SP; SP-I, SP-IIの2個) について示す。

単位		C-I	C-II	SP-I	SP-II
%	w	43.3	40.0	42.0	43.1
$\frac{kg}{cm^2}$	Cum	0.032	0.037	0.057	0.057
$\frac{kg}{cm^2}$	Cu	0.033	0.046	0.040	0.038
	$\frac{Cum}{Cu}$	0.97	0.81	1.43	1.50

圧密について：圧密後の粘土の含水比 w その他が表-1に示してある。図-1, 2に圧密中に測定された排水量と向けき水圧が実線でプロットされている。図-1は排水量についてのものである。図-2は向けき水圧に関して圧密度で整理したものである。なおSPの場合の計算には、 $c_h=c_v$ としたが、練返し粘土を使った今回の実験では、図-2からもわかるように、適当な仮定であると思われる。図-2中の点線は標準圧密試験による粘土の $c_v (=2.46 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec})$ を用いた理論曲線である ($2.46 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$ という値、土槽での圧密圧力が 0.3 kg/cm^2 であるので、標準圧密において圧密圧力 $0.05 \sim 0.4 \text{ kg/cm}^2$ に対する c_v の平均値である)。圧密前の含水比はいずれも55±2%に保たれたが、図-1, 2を比較すれば明らかなように、同一圧密度に対する圧密量はCとSPにおいて明白な差がみられる。この現象は、SPにおいては砂ぐい周辺の負の摩擦力に起因する粘土分ハ



の実質圧密圧力の低減に加えて、砂ぐい分だけ粘土体積が減少していることに主として原因すると考えられる。図-2において、CとSPについてそれぞれ理論曲線と実験曲線とを比較すると、一般に両者とも圧密初期では実験値が理論値に、また圧密後期では理論値が実験値に先行している。そして圧密初期における理論値からのずれはSPの方が著しい(初期過剰水圧はSPとCでほとんど同じであった)。側方変位のない圧密においては、圧密初期の平均主応力の減少と圧密後期の主応力差の増大によって上記のような現象の生ずることが知られているが、特にSPではさきに述べた負の摩擦力の効果により圧密初期の平均主応力の減少がCの場合に比べて顕著であると考えられる。なお完全にたわみ性の載荷重(表面での荷重分担比 $\pi = R_p/p_0 = 1$)の場合にも、上述したように砂ぐい周辺の負の摩擦力により、地表面下同一深さでの鉛直応力は砂ぐい部と粘土部で異なる。この定量的な取扱いは他の機会に譲る。

載荷試験について：図-3には圧密後の載荷試験結果が示してある。測定された試験時の向けき水圧は、地中内応力が小さいことや装置の感度により、精度的に問題があったので、解析は全応力によっている。表-1に示してあるように、C-I、SP-I、SP-IIの載荷時(圧密終了時)の粘土含水比はほぼ同じであり、C-IIではこれより少し小さい。SP-IIでは載荷試験時の砂ぐい密度がSP-Iよりも大きくしてある。この差は図に示す荷重沈下関係で鉛直沈下量の差として現われており、砂ぐいの密度が沈下低減にかなりの影響を持っていることがわかる。しかし砂の密度による相違が限界支持力そのものに与える効果はこの結果からは明らかではないが、SP-IIの方が少し大きかった。この差が余り大きく出ていないのは今回の実験では、すべり抵抗に参与する砂ぐいの本数が少ないのとすべり面上での垂直応力が小さいという模型実験の性質によるものと考えられる。C-IとSP-I、SP-IIを比較すれば後者は前者の約1.9倍になっており、砂ぐいで改良した効果が現われている。しかしこの1.9倍という数値はすべりのスケールや粘土の粘着力、砂ぐい密度、すべり面上の垂直応力との関係その他により異なってくる。またたとえば砂ぐいの効果は次のような比較によっても確かめられる。破壊後のすべり面の観察により、その形は円形で近似できることが明らかであったので、粘土の $\phi_u = 0$ として円弧すべりの解析を実施した。この場合実測すべり面上で発揮された粘土の粘着力を逆算した値 C_{um} と、同時に行った一軸圧縮試験結果より求めた強度 $C_u = \sigma_{u/2}$ の比が表-1に示されている。この表でC-I、C-IIの試験で、その比が1でないのは、一軸圧縮試験と載荷試験の破壊機構の差(載荷速度、すべり面上の応力状態その他)と考えられるので、この効果はSPの場合にも共通するものであろう。表の数値より、砂ぐいの効果とさらに砂の密度による効果があることがわかった。

今後、強度係数や密度の変化によるいっそう広範囲の実験的研究を継続する予定である。

(参考文献) 松尾・久銭・前川, 土木学会論文集才141号)

