

榎大林組技術研究所 正員 平間 邦興

〃 正員 鳥井原 誠

〃 正員 〇山本 彰

1. はじめに

盛土・切土斜面等の安定解析を行なう場合、その解析に用いられる強度定数は通常軸対称の三軸圧縮試験により決定される。しかし、実際の対象となる地盤構造物は三次元の応力・ひずみ状態にあり、むしろ多軸試験によってその強度特性を調べることが適切であると言われている。そこで、本報告では、多軸試験機の一つである中空ネジリせん断試験機を用いて、飽和粘性土の非排水せん断特性を明らかにするとともに、三軸圧縮試験によって得られた強度特性との比較検討を行なっている。

表-1) 物理諸量

2. 試料

使用した試料は東京湾で採集された粘性土であり、その物理諸量は表-1に示してある。試料は所定の等方圧力で24時間圧密した後、表-2に示す条件のもとで非排水せん断試験を行なった。中空ネジリせん断試験における軸圧一定の条件は通常非排水単純せん断試験に対応するものであり、軸変位拘束の条件は試験中に体積一定(すなわち、断面積一定)であることを考慮すれば、非排水平面ひずみ単純せん断試験に対応するものである。以下、

前者を単純せん断試験、後者を平面ひずみ試験と呼ぶこととする。表-2) 試験条件および最大強度

3. 試験結果および考察

図-1は、せん断ひずみ γ -せん断応力 τ 、有効垂直応力 σ'_n 、過剰間げき水圧 u の関係を示しており、平面ひずみ試験により得られたせん断応力はすべての側圧下において、単純せん断試験におけるせん断応力よりも高くなっている。これは、平面ひずみ試験の場合には軸方向の変位が拘束されているためである。また、過剰間げき水圧についても、平面ひずみ試験の方が単純せん断試験の場合よりも大きな値を示している。さらに、有効垂直応力は側圧 1.0 kgf/cm^2 の場合には終始平面ひずみ試験の方が大きな値を示しているが、側圧 $2.0, 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ の場合にはせん断ひずみ 4.5% の付近で逆になる傾向を示している。これはせん断ひずみの進行に伴ってダイレイタンス特性が若干変化してきたためと考えられる。また、得られたデータから主応力を求め、 b 値($=(\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$)を計算すると、単純せん断試験の場合には試験中 b 値 $=0.5$ と一定であるのに対して、平面ひずみ試験の場合にはせん断ひずみ 4.5% の前後で b 値 >0.5 から b 値 <0.5 に移項していることがわかる(図-2)。また、側圧 1.0 kgf/cm^2 の b 値の軌跡は側圧 $2.0, 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ の軌跡とは異なるが最終的にはほぼ同じ値に収束する

土粒子の比重 G_s	2.708
液性限界 w_L %	39.0
塑性限界 w_p %	18.6
塑性指数 I_p	20.4
砂 分 %	12.0
シルト 分 %	45.0
粘土 分 %	43.0
自然含水比 w_n %	62.4

試験方法	軸(せん断)ひずみ速度 (%/min)	圧密圧力 (kgf/cm^2)	側圧 (kgf/cm^2)	$\sigma'_1 - \sigma'_3$ 2 (kgf/cm^2)	強度 増加率
三軸圧縮試験	0.088	1.0	1.0	0.484	0.483
	0.088	4.0	4.0	1.934	
中空ネジリせん断試験	軸変位拘束	1.0	1.0	0.545	0.499
	平面ひずみ試験	2.0	2.0	1.048	
	平面ひずみ試験	4.0	4.0	2.043	
	軸圧一定(単純せん断試験)	1.0	1.0	0.475	0.441
	軸圧一定(単純せん断試験)	2.0	2.0	0.935	
	軸圧一定(単純せん断試験)	4.0	4.0	1.797	

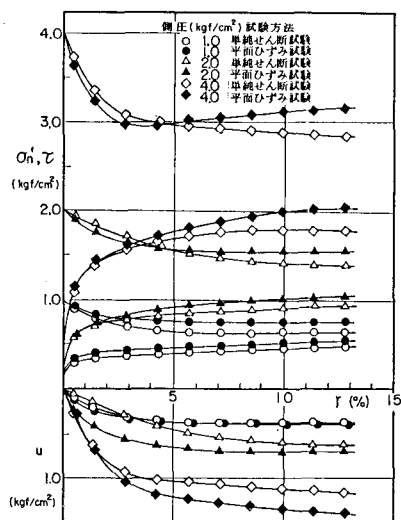


図-1) $\tau, \sigma'_n, u - \gamma$ 関係

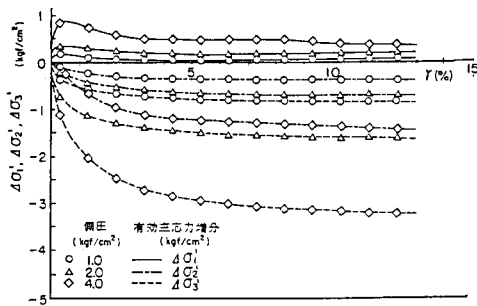


図- 2) $\Delta\sigma_1', \Delta\sigma_2', \Delta\sigma_3' - \gamma$ 関係

図- 3 は、単純せん断試験中に生じる3つの有効主応力増分 ($\Delta\sigma_1', \Delta\sigma_2', \Delta\sigma_3'$) を示しており、この図よりせん断中に最小主応力が大きく低下することがわかる。また、すべての側圧下において、最大有効主応力増分がピークをもっていることは特徴的である。

図- 4 は単純せん断試験により得られた $\tau - \sigma_n$ 関係を示したものであるが、この図よりベクトルカーブの包絡線から求まる摩擦角は、 $\phi = 33^\circ 41'$ 、 $\phi_{cu} = 23^\circ 44'$ となる。

図- 5、図- 6 は単純せん断試験、平面ひずみ試験によって得られた結果から得られた3つの有効主応力を用いて最大軸差応力を生じる時のモールの応力円を描いたものであり、図- 7 は三軸圧縮試験により得られたモールの応力円を示している。これらのモールの応力円に対する包絡線より、有効応力に対する摩擦角 ϕ' を求めると、

- 三軸圧縮試験 $\phi' = 33^\circ 25'$
- 単純せん断試験 $\phi' = 39^\circ 48'$
- 平面ひずみ試験 $\phi' = 39^\circ 50'$

となり、三軸圧縮試験によって得られた摩擦角 ϕ' は他の試験結果に比べやや小さな値となっている。

また、それぞれの試験により得られた結果に対して、強度増加率 (C_u/p) を求めると、その大小関係は

平面ひずみ試験 > 三軸圧縮試験 > 単純せん断試験

となっている (表- 2)。以上のことから、同じ圧力下において等方圧密された試料にもかかわらず、その強度定数は試験の方法、強度定数の種類により異なる傾向を示しており、したがって、要素試験により得られた結果を設計・安定解析に用いる場合には試験方法および強度定数の種類に充分注意する必要がある。

4. おわりに

今回の報告では、等方圧密粘性土を対象とした中空ネジリせん断強度特性を調べるとともに三軸試験結果との比較検討を行なったが、今後は原地盤を対象としたK。圧密粘性土に対する強度特性を調べる必要があろう。

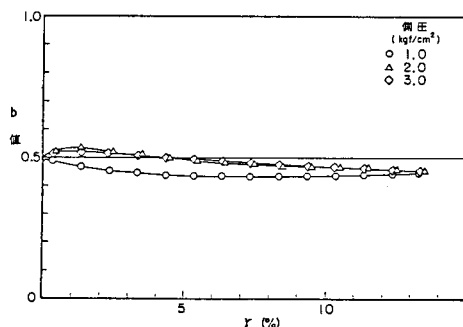


図- 3) b 値 - γ 関係

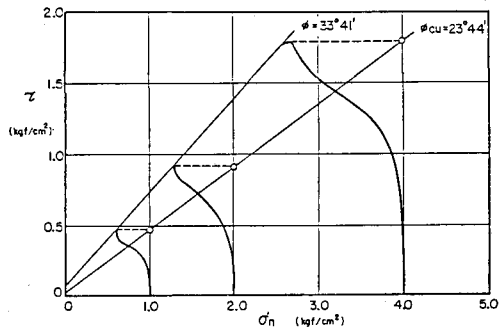


図- 4) $\tau - \sigma_n$ 関係

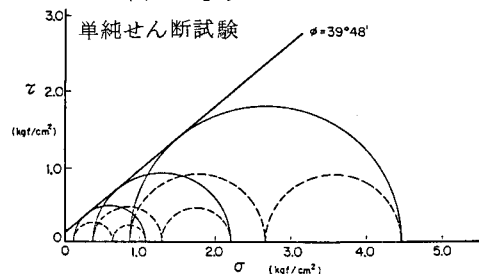


図- 5) モールの応力円

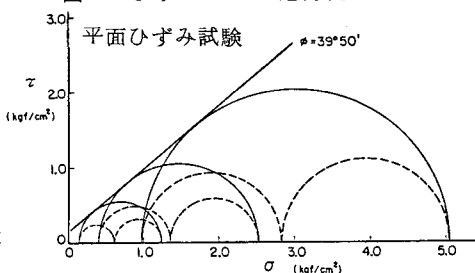


図- 6) モールの応力円

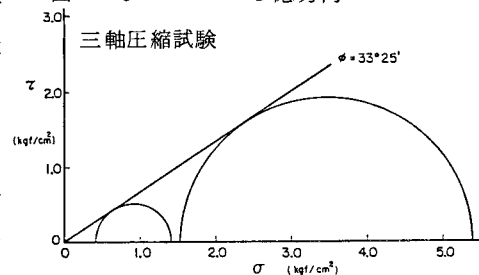


図- 7) モールの応力円