

神戸大学工学部 正員 〇軽部大蔵

建設技術研究所K.K. 正員 安井政孝

土質構造物の設計に用いる土のせん断強さは、通常一軸圧縮試験や現場せん断（あるいは貫入）試験から求められている。これらの試験は、供試体や地盤に時間的に一定の速さで増加する変位を加え、それに対応する荷重を測定するかまたは増加荷重に対する変位の大さを測定するものである。ところが、土質構造物の破壊は、地震やその他の異常な条件のもとで起るだけでなく、むしろ定常的な荷重条件のもとで起ることも多いことを考えると、クリープ破壊を重視する必要があるといわれている。

しかし、クリープ試験は多数の供試体を長時間試験しなければ結論が得られないので、研究の方向は従来から、クリープ強さと一軸圧縮強さの対応関係を調らへておき、一軸強さがわかればクリープ強さが推定できるという経験式を導くものが多かった。

この報告は、乱さない粘土の一軸クリープ試験をおこなって、一軸圧縮強さとの比較など、2, 3の検討をおこない、さらに土質構造物の安全率をその破壊確率と一義的に結びつけるための簡単な考察をおこなったものである。

I クリープ試験

I-1 試験方法、使用した試料は、大阪港付近の地表面下9~19mから薄肉サンプラーで採取された乱さない粘土で、 $w = 59.1 \sim 63.0\%$

$w_L = 70.0 \sim 89.9\%$ $PI = 50 \sim 60$ である。サンプラーから押し抜いた後、高さ10cmあまりのアブロックに分けてパラフィンでコートしてある。この試料を上下2つに分けて、それぞれ高さ4cm直径3.57cmの円柱に成形し、1つは一軸圧縮試験、他の1つはクリープ試験に供する。

試験装置は、図-1のようで、クランプねじをはずせばクリープ試験ができ、クランプすれば一軸圧縮試験ができる。いずれの場合も供試体の上下端面にはシリコングリースを塗ったゴム膜がはさまれている。（その結果、高さ8cmの供試体と同じ q_u を求めることができる。）

一軸圧縮試験は圧縮速さを $1.25\%/min$ とした。またクリープ試験は、クリープ荷重 σ を q_u の $0.7 \sim 0.9$ 倍の同一一定値として24時間作用させ、破壊しなかった供試体については、ひきつついて一軸圧縮試験をおこなった。したがってクリープ破壊の定義はひずみの速さが $1.25\%/min$ に達した時間とされている。

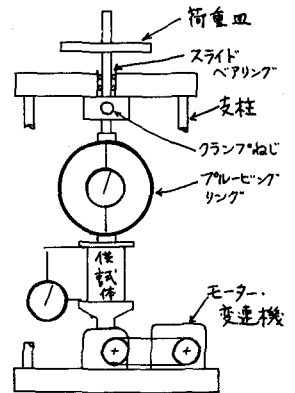


図-1

表-1

試料 No.	σ/q_u	q_u (kg/cm ²)	t_f (hr)	q_{uc}/q_u
1	0.9	0.566	1.1	
2	"	0.744	0.1	
3	0.8	0.577	1.25	
4	"	0.662	55~6	
5	"	0.726	3~35	
6	"	0.824	1~1.5	
7	0.78	0.561	45~5	
8	"	0.788	65~7	
9	"	0.846	65~7	
10	0.765	1.159	75~8	
11	"	1.204		0.950
12	"	0.721		0.920
13	0.75	0.697		0.865
14	0.74	1.064		0.878
15	0.7	0.920		0.893
16	"	1.010		0.899
17	"	1.064		1.000
18	"	1.285		0.988

I-2 試験結果、結果の一覧は表-1 のようである。フリーフ破壊をおこなった供試体のクリーフ後一軸強さ σ_{uc} は全般的に σ_u より小さくなっている。図-2 は 24 時間フリーフひずみ ϵ_c と σ_{uc}/σ_u の関係をあらわしており、図-3 は同様にクリーフ荷重 σ と σ_{uc}/σ_u の比と σ_{uc}/σ_u の関係をあらわしている（図-3 中の I 印は実測値の範囲、○印はその平均値、●印は実測値）。

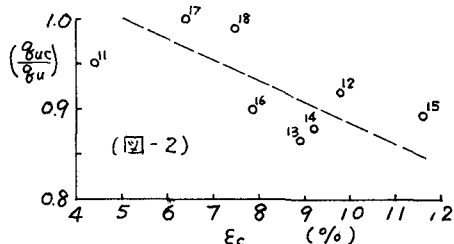
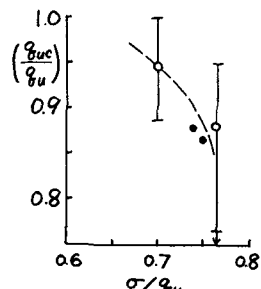
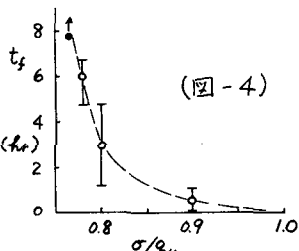


図-4 はフリーフ応力比 σ/σ_u と破壊時間の関係をあらわしている。同一のフリーフ応力比の供試体でも、破壊時間は大巾にばらついているが、これは実験技術だけの問題ではないであろう。いま、 σ/σ_u ごとに、クリーフ時間と、その時間までに破壊した供試体の割合 ΣF_i の関係を図示すると図-5 が得られる。この図から、クリーフ時間 ∞ で破壊割合が $0 < \Sigma F_i < 1$ となる σ/σ_u (これが実際上問題となる) は、たとえ存在しても $0.78 < \sigma/\sigma_u < 0.75$ のごく狭い範囲に限られることがわかる。



II 安全率と破壊確率

同一の安全率 F_s を持つ構造物でも、その破壊確率の推定値には大きな差があることはすでに明らかにされている。ここでは両者を 1 対 1 の関係に対応させることを試みる。簡単のために、図-6 のような斜面の円弧すべりに対する安全率を考えると、



$$F_s = \text{抵抗モーメント} / \text{起動モーメント} = (R \times \int_0^l \sigma_u^* / 2 \, dl / M_0) \times f_c \times f_e \dots (1)$$

ここに M_0 は起動モーメント、 σ_u^* は実測 σ_u 値の深度および平面的分布から最小 2 乗法で求めた σ_u の推定値、 f_c はクリーフ強さ σ_u と σ_u の比（図-5 より $f_c = \sigma_u / \sigma_u \approx 0.75$ ）、 f_e は弧 AB 上で σ_u を与えるひずみにばらつきがあるための補正係数である。

さて、 σ_u^* が原地盤の真の値 σ_{u0} より δ 以上大きい確率 $P(\sigma_u^* \geq \sigma_{u0} - \delta)$ の推定値は

$$P = \int_0^\infty \phi(t) \, dt \quad \left. \begin{aligned} t &= \sqrt{n} \cdot \delta / \sigma = \sqrt{n(n-1)} \delta / \sqrt{\Sigma(\sigma_u - \sigma_u^*)^2} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

ここに、 n は測定値の数、 σ_u はそれぞれの深度における一軸圧縮強さの実測値である。

一方、(1) 式の σ_u^* が $(\sigma_u^* - \delta)$ まで低下したときに $F_s = 1$ となったとすると、 $\delta = 2(F_s - 1)M_0 / (R \cdot l \cdot f_c \cdot f_e) \dots (3)$

式(3)を式(2)に代入すれば、起動モーメント $\geq$ 抵抗モーメントとなる確率の推定値を与えることになる。この P は、土試料のサンプリングによる乱れを無視すれば、斜面の安定の評価に直接用いることができるが、なお安全率 F_s という言葉を用いたい場合は、たとえば $P = 1 / (F_s' + 1)$ となるような新しい安全率 F_s' を定義すれば合理的であると思われる。

