

一面せん断試験機による地すべり粘土のクリープ強度定数の推定

九州大学工学部○学生員 井澤 茂雄
九州大学工学部 正 員 橋木 武
鹿児島工業高専 正 員 平田登基男

1. はじめに 自重によって変形が進行する地すべり現象は、クリープ現象そのものと考えられる。従って、地すべりの安定解析は、クリープ試験によって求められた、破壊を意味する指標の1つの上限降伏値などにもとづく強度定数を用いて行なわなければならないと考えられる。しかし、実際には、これら土質試験により得られる強度定数があまり重要視されていない。その理由としては、試験法やサンプリング上の問題があり、従って強度定数の精度が低いことが指摘される。

そこで、地すべり粘土の強度定数の決定にあたって、従来から行なわれているひずみ制御方式によるせん断試験結果を活かしながら、地すべり本来のクリープ強度定数を見い出さんとするものである。すなわち、粘土の基本性質のうち、クリープに影響を与えられる因子について、それらの水準を変化させることによって定量的に把握し、それと、ひずみ制御によるせん断試験結果からクリープ強度定数を推定する方法を提案することを目的として試験を行なった。

2. 試験方法とクリープ強度定数の決定法 試料は地すべり現場から採取した3種類の地すべり粘土を、試験機には改良型一面せん断試験機を用いた。クリープ強度定数に影響

を及ぼすと考えられる因子として、塑性指数、密度、含水比を表-1のように調整し、合計27ケースについて試験を行なった。はじめに、定圧、ひずみ制御(ひずみ速度1.0mm/min)の一面せん断試験を行なった。次に、得られた一面せん断強度(τ_{max})に対して、100, 90, 80, ... (%)となる一定のせん断応力(τ_c)を作用させて、変形量-時間の関係を調べる、いわゆる一面せん断クリープ試験を行なった。土のクリープ現象では、上限降伏値なるものが重要であり、この値より大きな応力が作用すると、土は終局的に破壊に至る。よって、この値は設計上重要な指標となる。そこで、この値をいかに正確に求めるかが重要なポイントとなる。図-1に変位量-対数時間関係の一例を示す。この

図からは、先の上限降伏値を求めることは困難であると考えられる。図-2 変位- (τ_c/τ_{max}) 曲線

そこで、図-2に示すように、横軸にひずみ制御による一面せん断強度に対する一面せん断クリープ強度応力比、すなわち (τ_c/τ_{max}) をとり、縦軸には6, 9, 15(秒)における各変位量(mm)の平均値をとった。なお、図-1-2は、表-1において、A1・B3・C2の場合であり、垂直圧は $\sigma=2.0\text{kgf/cm}^2$ である

図より明らかなように、それぞれに

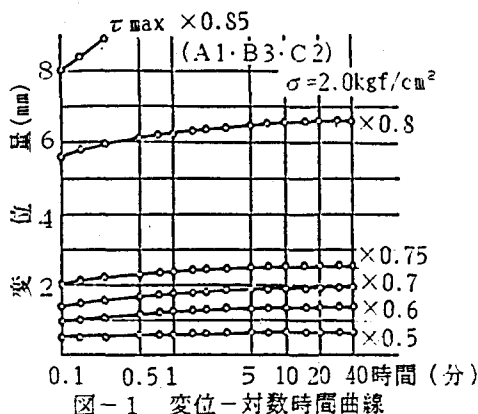


図-1 変位-対数時間曲線

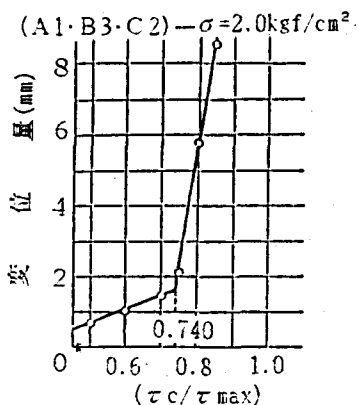


図-2 変位- (τ_c/τ_{max}) 曲線

表-1 試験因子と水準

因子 \ 水準	1	2	3
A: 塑性指数 I_p (%)	21.7	35.8	44.1
B: 密度 γ_d/γ_{max}	1.0	0.9	0.8
C: 含水比 w (%)	$W_{opt}-5$	W_{opt}	$W_{opt}+5$

おける各変位量のデータは、 (τ_c/τ_{max}) の値が0.7 付近を境にして2本の直線で回帰できる。この点より (τ_c/τ_{max}) が大きい領域では変位量が大きく不安定であることを明確に示している。よって、この点での (τ_c) を上限降伏値 (τ_{cy}) とすることができる。このようにして、各ケースにつき、3個の垂直圧に対する (τ_{cy}) が求められる。それらのデータより回帰直線を求め、これを一面せん断クリープ試験による降伏基準線 $(\sigma-\tau_{cy}$ 線)とした。その一例を図-3に示す。実線は通常の一面せん断試験によって得られた破壊基準線 $(\sigma-\tau_{max}$ 線)、破線は $(\sigma-\tau_{cy}$ 線)である。これらの図より、各ケースにおけるクリープ強度定数 C_{cy} 、 ϕ_{cy} を求めた。

3. 結果と考察 3因子3水準の合計27ケースのクリープ試験により、次の結果が得られた。

1)クリープ強度定数 C_{cy} は、27ケース中23ケースにおいて、一面せん断試験で得られた強度定数 C_{max} よりも小さい値を示した。このことは、粘着力が地すべり粘土の強度定数として効いてくることを考えると注目すべきことである。

2)27ケースのデータについて3元配置法により分散分析を適用した結果、 C_{cy} においては、塑性指数（因子A）、密度（B）、含水比（C）のすべてが、1％水準で有意となり、大きな影響が認められた。また、同時に塑性指数と密度の交互作用（A×B）も1％水準の有意差があることがわかった。（表-2）

3) $\tan(\phi_{cy})$ においては、主効果のうち、密度、塑性指数の順に大きな効果が認められたが、含水比については有意差は認められなかった。（表-3）

4. クリープ強度定数の推定式 上記考察を踏まえ、クリープ試験のデータにもとづいてクリープ強度定数 C_{cy} 、 $\tan(\phi_{cy})$ と、塑性指数、密度、含水比及び、一面せん断試験で得られた強度定数 $(C_{max}, \tan(\phi_{max}))$ との間で重回帰分析を行なった結果次のような式を得た。

$$C_{cy}=0.01705I_p+1.89416\left(\tau_d/\tau_{dmax}\right)-0.03568(w-w_{opt})+0.13894C_{max}-1.76087\quad (R=0.885)$$

$$\tan(\phi_{cy})=-0.00574I_p+1.15762\left(\tau_d/\tau_{dmax}\right)+0.71361\tan(\phi_{max})-0.74532\quad (R=0.784)$$

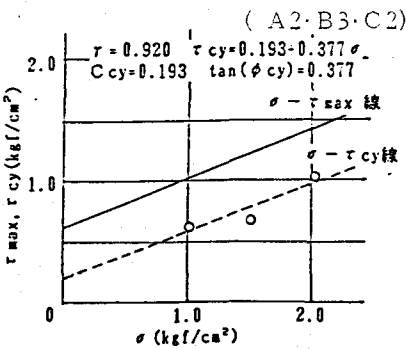


図-3 クリープ強度定数の求め方

表-2 分散分析表 (C_{cy})

要因	F'	F (0.10)	F (0.05)	F (0.01)
A	47.9**	2.67	3.63	6.23
B	59.9**	2.67	3.63	6.23
C	32.3**	2.67	3.63	6.23
A×B	4.90**	2.33	3.01	4.27

**, *, ▲はそれぞれ, 1%, 5%, 10% で有意

表-3 分散分析表 ($\tan(\phi_{cy})$)

要因	F'	F (0.10)	F (0.05)	F (0.01)
A	5.37*	3.11	4.46	8.65
B	14.3**	3.11	4.46	8.65
C	2.98	3.11	4.46	8.65
A×B	1.26	2.81	3.84	7.01
A×C	2.43	2.81	3.84	7.01
B×C	2.86▲	2.81	3.84	7.01

[参考文献]

1) 平田・樗木・相川：土のクリープ強度と塑性指数，九州大学工学集報，第58巻，第4号，1985。
2) 井澤・樗木・平田：地すべり粘土のクリープ強度定数の推定法，土木学会西部支部研究発表会，1987。