

III-77 一面せん断試験による地すべり粘土のクリープ強度定数の一推定法

鹿児島高専○正員 平田 登基男
 東京電力㈱ 正員 井沢 茂雄
 九州大学 正員 橋木 武
 鹿児島高専 正員 岡林 巧・前野 祐二

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、破壊を意味する指標の1つであるクリープ試験によって求められた上限降伏値などにもとずき強度定数を用いて行なわなければならない。しかし、現実には、クリープ試験によって強度定数を求めることは殆どなく、また通常のひずみ制御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、地すべり現象のメカニズムの複雑さに加えて、試験法やサンプリング上も問題があり、従って強度定数の精度が低いことが指摘される。

そこで、本研究の目的は、地すべり粘土の強度定数の推定にあたって、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生かしながら、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、粘土の基本的性質のうち、クリープに影響を与えられると思われる因子について、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、変位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しようとするものである。

2. 試験方法とクリープ強度定数の推定法 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用い、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主な因子として、塑性指数、密度、含水比を選び表-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、変位制御（変位速度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、土は終局的には破壊に至る。よって、この値は設計上重要な指標となるといえる。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。そこで、図-2に示すように、横軸に変位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

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_{dmax}	1.0	0.9	0.8
C: 含水比 w (%)	$W_{opt}+5$	W_{opt}	$W_{opt}-5$

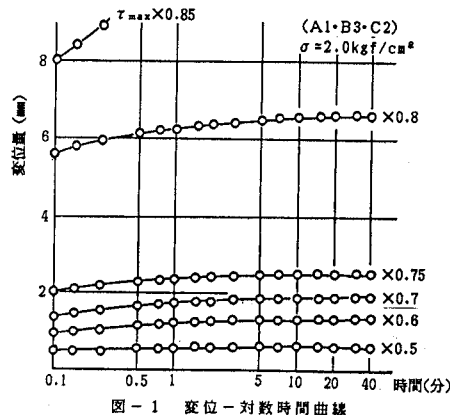


図-1 変位-対数時間曲線

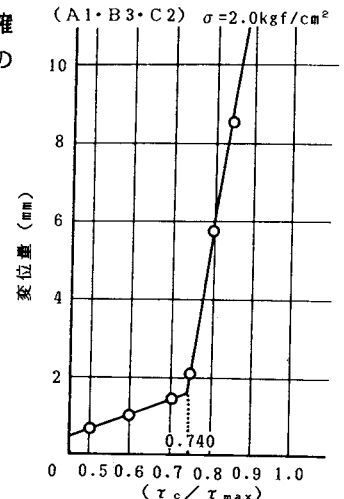


図-2 変位量 - (τ_c / τ_{max}) 曲線

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、それぞれにおける各変位量のデータは、 $(\tau_c / \tau_{\max})$ 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 $(\tau_c / \tau_{\max})$ 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 $(\sigma - \tau_{cy} \text{線})$ 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 $(\sigma - \tau_{\max} \text{線})$ 破線はここで提案した $(\sigma - \tau_{cy} \text{線})$ 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} 、 $\tan(\phi_{cy})$ 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、次のような結果が得られた。

- 1) 主として粘着力が強度定数として効いてくる地すべり粘土で、クリープ強度定数は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 $c_{\max}$ よりも小さい値が示した。
- 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%水準で優位となり、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-2参照)。
- 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-3参照)。

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。

$$c_{cy} = 0.017051(I_p) + 1.89416(\gamma_d / \gamma_{d\max}) - 0.03568(W - W_{opt}) + 0.13894 c_{\max} - 1.76087 \quad (R=0.885)$$

$$\tan(\phi_{cy}) = -0.005741(I_p) + 1.15762(\gamma_d / \gamma_{d\max}) + 0.71361 \tan(\phi_{\max}) - 0.74532 \quad (R=0.784)$$

5. おわりに さらに、他のいくつかの地すべり粘土についても同様な実験を行ない本主法の妥当性を調べる予定である。

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	2.93	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

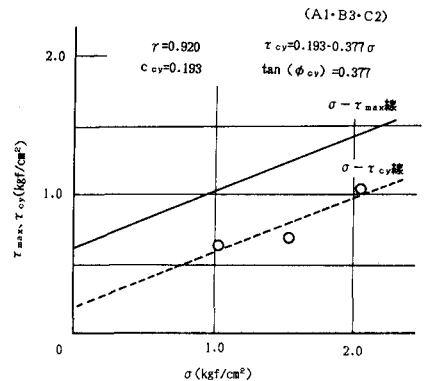


図-3 クリープ強度定数の求め方

【参考文献】

- 1) 平田・樗木・相川：土のクリープ強度と組成指数、九州大学工学集報、第58巻、第4号、1985
- 2) 井沢・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