

京都大学防災研究所 ○新井場公徳

Z. Shoaef

李 宗學

佐々 恭二

1. はじめに

土にある程度の大きさの外力が加わった際、土は連続的な変形を経て破壊する。このような土の破壊に関するクリープ挙動については、斉藤・上沢（1960）以来、土質試験や模型実験、現場での計測などによって研究がなされてきており、地すべり発生時の破壊時間予知などに応用されている。今回我々は、佐々他（1989）によって開発されたリングせん断試験機を用いて、せん断クリープのメカニズムの研究を行った。

2. 実験の方法

試験機の概略を図1に示す。リング試験機はサンプルをリング状のサンプル・ボックスにセットし、その下部を回転させることによってせん断を起こすものであり、変位の進行に対してせん断面積を一定に保つことができる。垂直応力は空気圧をサーボ・バルブによって制御し、せん断力は死荷重によって与えた。垂直荷重、せん断トルク、せん断変位、体積変化を測定し、アンプを介してパーソナル・コンピューターに収録した。

実験はサンプルを圧密後、垂直荷重を一定に保ちつつせん断荷重を増す方法をとった。せん断荷重の増加によって変位もしくは体積変化が生じた場合は、それが止まるまで待ってから荷重を増やし、最終的に変形が止まらなくなるまでこの手順を繰り返した。

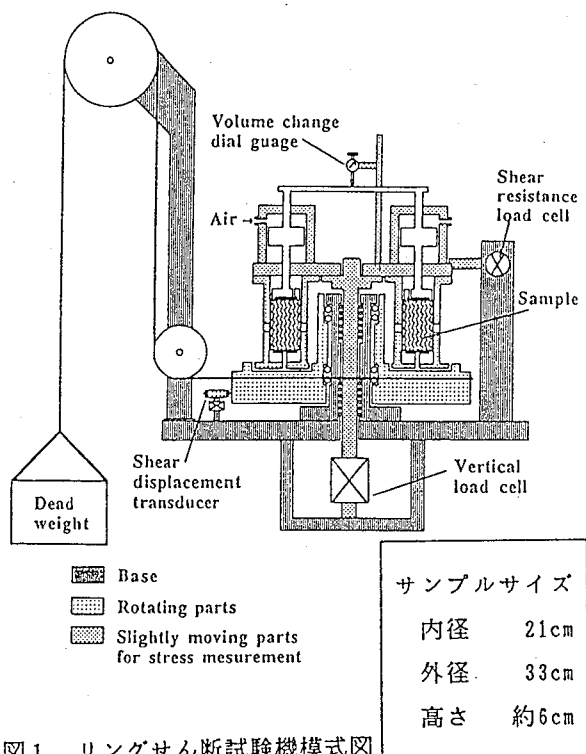


図1 リングせん断試験機模式図

表1 サンプルの物性

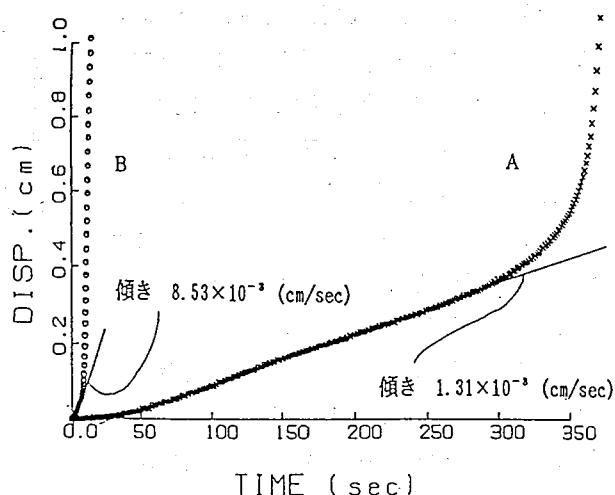
横手粘土		京大演習林苗畑土	
比重	2.60	比重	2.55
液性限界	147%	粒径分布	
塑性限界	43%	粘土	12%
塑性指数	104%	シルト	28%
		細砂	22%
		粗砂	38%

サンプルは、秋田県横手市南の三紀層地すべり地から採取された粘土（攪乱・湿潤）豊浦標準砂、京都大学演習林苗畑土（砂質土・乾燥）を用いた（表1）。粘土については同じ供試体に対して2回試験した。手順としては、1回目のクリープ試験をしたのち、同じ垂直応力下でモーターによって1.7m ゆっくりせん断し、その後垂直応力のみをかけた状態で一昼夜おき、2回目のクリープ試験を行った。これはクリープ挙動へのせん断面の形成の効果をみるために、粘土がはじめてせん断を受ける場合（1回目）と、すでにせん断面がある場合（2回目）について比較するためである。

3. 実験の結果

図2に得られた時間-変位関係の例を示す。横手粘土1回目（(a)-A）では、定速度の領域が見られ、いわゆる2次クリープに相当するものと考えられる。2次クリープ後、せん断速度は徐々に増加する。横手粘土2回目（(a)-B）では、1回目より速度が大きく、時間の短い2次クリープの後、急激に加速した。砂質土（b）では変位が速く、十分なデータ・サンプリングがなされていないが、一定速度で変形が進行する2次クリープは、横手粘土の場合のような明瞭なもの認められなかった。横手粘土、砂質土いずれの場合も3次クリープ領域では、急激な加速の後、加速度が時間とともに減少し、速度は一定値に落ちついた。

(a) 横手粘土 A: 1回目 B: 2回目



(b) 砂質土 C: 豊浦砂 D: 京大苗畑土

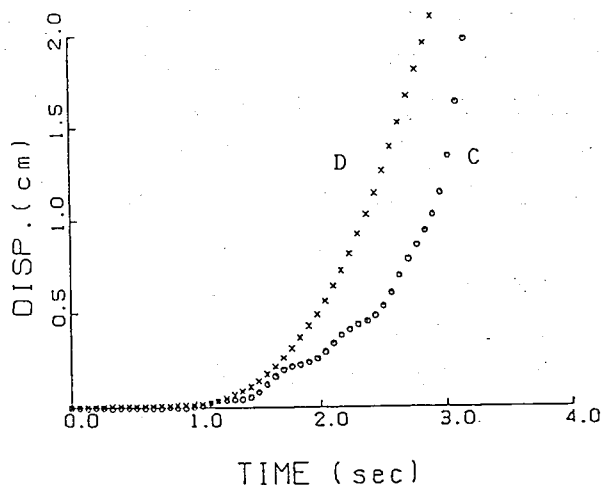


図2 時間-変位関係図

試験条件

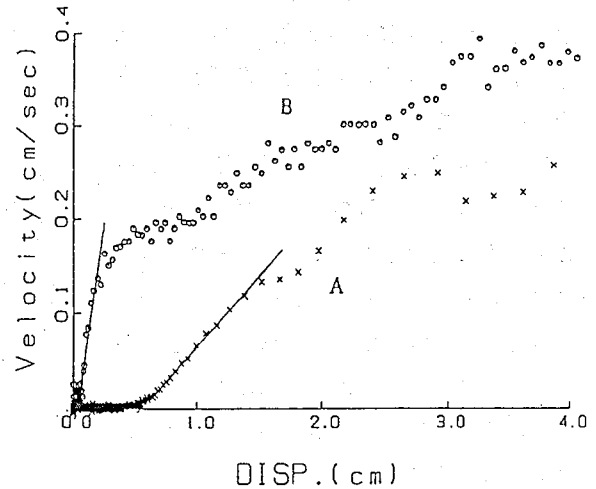
	横手粘土	豊浦砂	京大苗畑土
γ_s (gf/cm ³)	0.97	1.30	1.36
e	1.67	1.01	0.88
含水比 (%)	52	0	0
S_r (%)	30	0	0

4. 考察

横手粘土の1回目(図2(a)-A)の試験では、2次クリープの速度は 1.31×10^{-8} (cm/sec)、継続時間がおよそ300秒であり、駒村(1980)が三軸圧縮試験機を改良した直接せん断試験機で得た値と同程度であるが、現場で得られるデータよりかなり大きめである。また2次クリープの終了は、かなり大きい変位域(約0.38cm)にある。一方、2回目の実験(図2(a)-B)では、速度が 8.53×10^{-8} (cm/sec)、継続時間はおよそ8秒であり、2次クリープの終了時の変位は微小である。この違いは、はじめてせん断される場合では、せん断面が形成されるまでには、ある程度のせん断歪が必要であるが、2回目でははじめてから古いせん断面に歪が集中し、より小さい変位でせん断面が形成されることに起因すると推定される。砂質土(図2-(b))では1秒付近まで微小な変形があり、横手粘土と同程度の速度の2次クリープがあるかも知れないが、その継続時間と変位が横手粘土に比べて著しく小さく、測定精度の問題から断定はできない。

3次クリープ領域については、林(1988)が模型実験や現場のデータをふまえて、変位-速度関係による解析を行っている。時間-変位関係を変位-時間関係に直すことは、一度微分を行うというデメリットがあるが、加速度の大きい領域では、時間に対して変位データがかなり大きく変化するので、時間-変位関係では扱いにくい、変位-速度関係に直せば、両方のデータが同程度の変化の度合いを示すので扱いやすいというメリットがある。3次クリープ領域は林によって、速度が変位に比例する第1段階と、下に凸な曲線を描く第2段階に分けられている(図4)。今

(a) 横手粘土 A: 1回目 B: 2回目



(b) 砂質土 C: 豊浦砂 D: 京大苗畑土

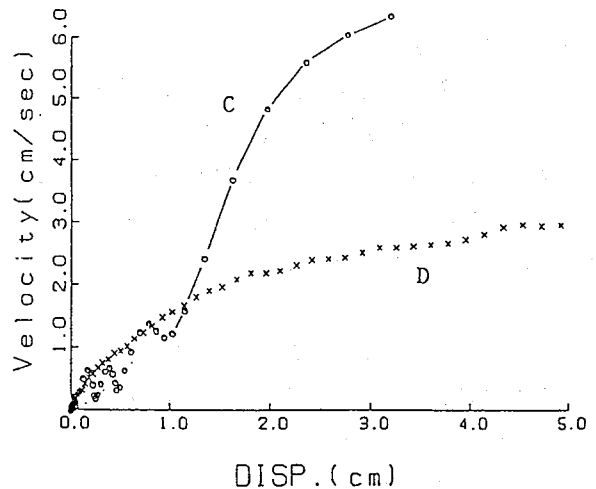
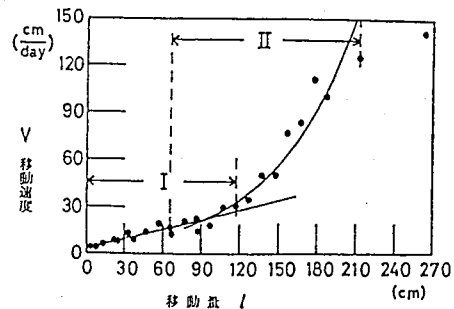


図3 変位-速度関係図



地附山の移動速度 v と移動量 l の関係 (普通目盛)

図4 地附山地すべりにおける変位-速度関係 (林(1988)より)

回のデータを見ると、横手粘土の場合（図3 (b) - A, B）ではその第1段階の比例関係が見えるが、砂質土ではまったくみられない。第1段階の存在は2次クリープと関わりがあるようである。一方、急激な加速過程である第2段階は、今回の結果にはどの試験にも現れず、逆にすべてのデータが上に凸の曲線を描き、大変位領域で一定速度に漸近する。この部分についての今回の結果と既存の研究成果との不一致は今後の検討課題である。

5. おわりに

リングせん断試験機を用いたクリープ試験では、従来の模型実験や三軸圧縮実験機による研究の結果と一致する部分と、リング試験特有の部分があることがわかった。両者を比較することにより、より詳しくクリープ破壊を研究することができると思われる。この点に着目して今後、さまざまな要因に対するクリープ特性の変化を研究したいと考えている。

<参考文献>

斉藤・上沢：土の破壊に関する実験研究， 鉄道技術研究報告，No.128，1960

佐々・福岡・島：

高速高圧リングせん断試験機の開発と地すべりにおける急速載荷時のせん断強度変化，

京都大学防災研究所年報，No.32，1989

駒村・林：地すべり性崩壊発生時期の予測に関する研究， 科研費報告，1980

林・駒村・朴：斜面崩壊発生時期の予測について， 地すべり，No.24，1988