

## 地すべり面粘土の強度回復特性（その2）

残留強度 地すべり すべり面

○株式会社 村尾地研 国際会員 村尾英彦

### 1. はじめに

日本国内の地すべりは、停止と再滑動を繰り返す「再滑動型地すべり」に分類されるものが非常に多い。再滑動型地すべりにおいては、滑動停止後、残留状態となった地すべり面粘土の再圧密効果により、せん断強度がわずかに回復すると考えられる<sup>1)</sup>。しかし、地すべり再滑動時の強度回復メカニズムは解明されておらず、強度の回復を予測し、安定解析に適用することは、現状では困難である。

筆者は既報<sup>2)</sup>において、集水井より採取した地すべり面粘土を用いたリングせん断試験を行い、強度回復が発生することを確認している。本報では、試験の再現性を考え、試料にベントナイトを用い、地すべり面粘土の強度回復特性について検討を行なったので報告する。

### 2. 試験機および試料

試験機はBishop型試験機に改良を加え、新たに製作したリングせん断試験機を用いた<sup>3)</sup>。試験方法としてリングせん断試験を採用したのは、供試体形状により、せん断方向に無限の長さを持つこととなり、ひずみの一様性が期待でき、大変形試験が可能であることが主な理由である。

試料には、新第三紀層地すべりにおける、地すべり面粘土の主要粘土鉱物（モンモリロナイト）を主成分とする、ベントナイトを用いた。

### 3. 試験条件

過剰間隙水圧の発生しない排水試験条件とするため、せん断速度は、0.01mm/minと超緩速とした<sup>3)</sup>。よって所定の垂直応力は有効垂直応力 $\sigma'$ となる。また、供試体作成時の予圧密応力は、200kPaとした。試験は、一つの供試体を用いて繰返し行った。

今回行った試験手順を以下に示す。

Step1 :  $\sigma' = 200\text{kPa}$ でせん断し、ピーク強度 $\tau$ 、残留強度 $\tau_r$ を確認

Step2 : 圧密圧力200kPa(OCR=1.0)で再圧密

Step3 :  $\sigma' = 200\text{kPa}$ でせん断し、回復強度 $\tau_{rs}$ 、残留強度 $\tau_r$ を確認

Step4 : 圧密圧力200kPa(OCR=1.0)で再圧密

Step5 :  $\sigma' = 200\text{kPa}$ でせん断し、回復強度 $\tau_{rs}$ 、残留強度 $\tau_r$ を確認

予圧密、再圧密時の応力を200kPaとしたのは、すべり面上位土塊の平均単位体積重量を $\gamma = 17(\text{kN/m}^3)$ とし、すべり面深度が約12m程度の地すべりを想定したことによる。

### 4. 試験結果・考察

試験結果を、せん断応力・有効垂直応力・垂直変位～せん断変位関係にまとめたものを図-1に、得られた強度の一覧を表-1に示す。

Step1においては、ピーク強度 $\tau = 17.25\text{kPa}$ 、残留強度 $\tau_r = 11.66\text{kPa}$ という値が得られた。

Step2においては、再圧密開始時の垂直変位をゼロとし、垂直変位を計測したところ、変位幅0～-0.026mmの微細な上下動が発生した。

Step3においては、回復強度 $\tau_{rc} = 13.25\text{kPa}$ 、残留強度 $\tau_r = 11.66\text{kPa}$ という値が得られた。

Step4においては、Step2同様に、変位幅0～+0.026mmの微細な上下動が発生した。

Step5においては、回復強度 $\tau_{rc} = 13.09\text{kPa}$ 、残留強度 $\tau_r = 11.34\text{kPa}$ という値が得られた。

この結果より、Step3, 5の両者において強度回復が発生し、せん断変位 $D = 0.005\text{mm}$ 程度で回復強度 $\tau_{rc}$ となり、 $D = 0.01\text{mm}$ 程度で残留強度 $\tau_r$ に収束した。

残留強度 $\tau_r$ に対する、回復強度 $\tau_{rc}$ の強度回復率R(%)を

$$R = \frac{\tau_{rc} / \sigma_{rc}'}{\tau_r / \sigma_r'} \times 100$$

$\tau_{rc}$ : 回復強度
$\sigma_{rc}'$ : 回復強度発生時の有効垂直応力
$\tau_r$ : 残留強度
$\sigma_r'$ : 残留強度時の有効垂直応力

とした際の、Step3, 5のStep1に対する強度回復率を表-2に示す。強度回復率R(%)は、Step3で116(%), Step5で112 (%) となる。

また、Step2, 4における再圧密時の垂直変位幅は共に0.026mmであり、上下動を繰り返している。この上下動の原因としては、計測時の電気的なノイズが考えられ、上下動幅は非常に小さいことから、再圧密時には、供試体の沈下は発生せず、今回得られた回復強度  $\tau_{rc}$  は、再圧密時の沈下による、すべり面の切り直しにより発生したものではないと考えられる。

既往の報告<sup>2)</sup>において、同様の試験を行った際には、せん断開始と同時に残留強度に収束し、強度回復は発生しなかった。同条件にも関わらず、今回のみ強度回復が発生した原因は現段階では不明だが、材料の特性によるものではないかと考えられる。

回復強度となり、残留強度に収束するまでのせん断変位は微小であるが、地すべり滑動は、滑動力が最大せん断抵抗力を上回った際に発生する。回復強度  $\tau_{rc}$  を用いて、地すべり再滑動時の安定解析を行うには、今後より詳細な検討が必要だが、再滑動時の安定解析を行う際に、すべり面の強度回復を考慮することは可能であると考えられる。

表-1 強度一覧

Step	1	3	5
$\sigma'$ (kPa)	200	200	200
$\tau$ (kPa)	17.25	-	-
$\tau_r$ (kPa)	11.66	11.02	11.34
$\tau_{rs}$ (kPa)	-	13.25	13.25
OCR	-	1.0	1.0

表-2 強度回復率

	Step 3	Step5
$\sigma_{rc}'$ (kPa)	200.00	
$\tau_{rc}$ (kPa)	13.25	13.09
$\sigma_r'$ (kPa)	200	
$\tau_r$ (kPa)	11.66	
R (%)	116.63	112.26

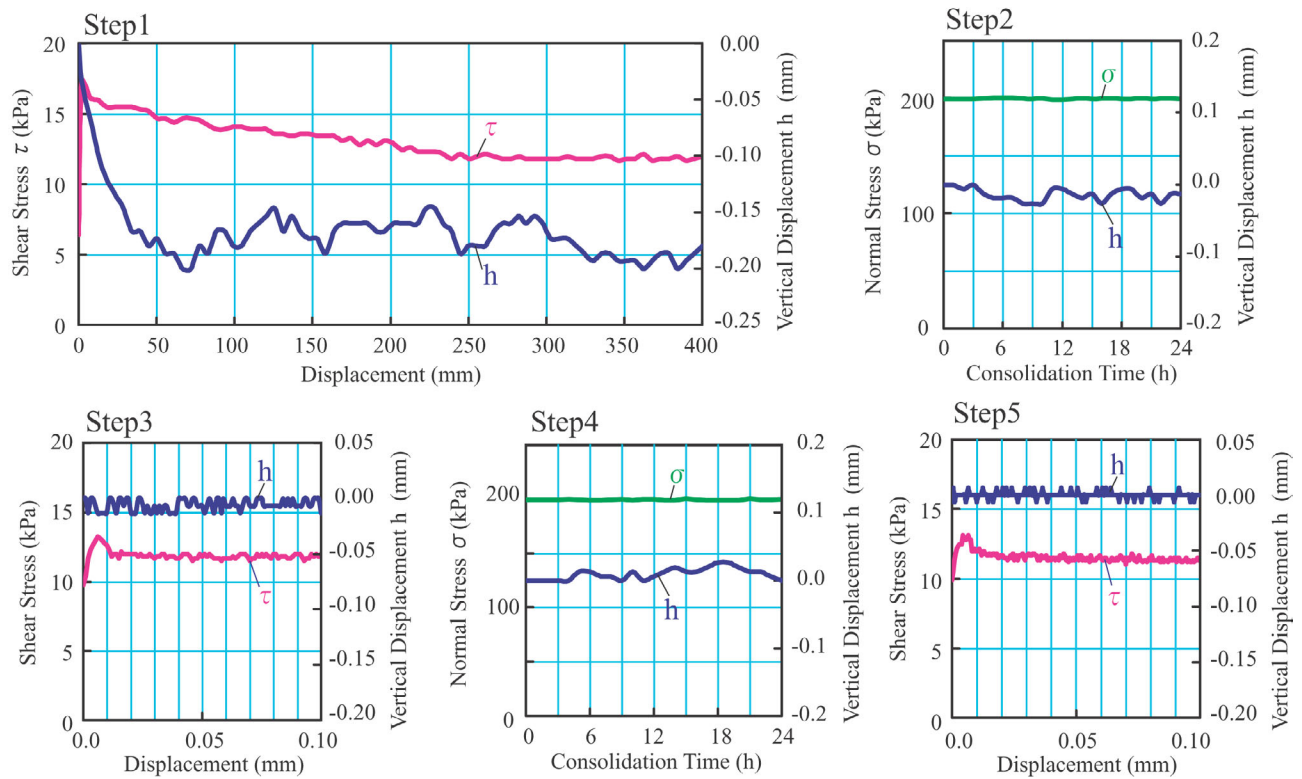


図-1 せん断応力・有効垂直応力・垂直変位～せん断変位関係

## 5. まとめ

以上のことより、残留強度に収束したベントナイト試料を用い、再圧密後にせん断を行なった場合は、強度回復が発生することを確認した。今後は、地すべり滑動時における、間隙水圧の増減による、垂直有効応力変化を再現した際の強度回復メカニズム、試料の物理的性質と強度回復の関係性および、強度回復特性を安定解析に適用する際の、破壊規準作成に関する検討を行なう。

## 参考文献

- 1) 中村真也, 宜保清一 : 地すべり土の回復強度と垂直応力の影響, 地すべり, Vol.37, No.3, pp.18-24, 2000
- 2) 村尾英彦, 飯久保巍, 笹井隆 : 地すべり面粘土の強度回復特性(その1),  
第39回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.337-338, 2004
- 3) 村尾英彦, 澁谷達也 : リングせん断試験による地すべり面強度定数決定のための試験条件に関する検討,  
第38回地盤工学研究発表会発表講演集, pp.227-228, 2003