

大型リングせん断試験装置を用いた地すべり粘土の 残留せん断抵抗力の評価に関する検討

日本大学 正会員 ○梅村 順・正会員 森 芳信
竹花 和浩・ 村岡 利啓

1. 目的 平成 13 年の土砂災害防止法の施行以来、地すべりや斜面崩壊での土砂到達範囲の予測に関して、移動体底面すべり面の残留せん断抵抗力の評価に係わる研究が多くなされている。これらの評価法の多くは、有効応力の原理に基づくクーロン則を適用し、移動体滑動過程でのそのせん断抵抗力変化の原因を間隙水圧の上昇に求めている。しかし、移動体滑動過程でのすべり面付近の間隙水圧の変化を精度良く見積もることは難しく、解析ではこの点が大きな課題になる。そこで著者らは、移動体滑動過程でのそのせん断抵抗力評価の一つとして、速度依存性を表現できる Bingham 塑性流動モデルの適用を、福島県内で採取した地すべり粘土を例に実験的に検討したので、その結果について報告する。

2. 試料・試験装置・試験および評価方法 試料には、福島県大沼郡金山町西谷地内にある白沢地すべり地から採取した地すべり粘土を、 $425\mu\text{m}$ 以下に粒度調整したものを用いた。本地すべり地は移動体が塑性流動的な滑動をする点で特徴的であり、移動体全体が地すべり粘土で構成されている。この地すべり粘土には、緑泥石-スメクタイト系の膨潤性粘土が含まれていることを確認している。その物理的性質を図-1 に示す。

試験には、外径 350mm、内径 200mm、供試体高さ 60~85mm の大型リングせん断試験装置を用いた。この装置は大型故、せん断箱内で予圧密をして供試体を作成できる機能を有している。また CD 試験では、ダイレイトンシーに伴い供試体が膨張・収縮してせん断過程にせん断面が移動することから、上下載荷盤を可動とし、せん断面の位置をずらさずにせん断することができる。さらにリング回転モータに比例制御盤とファンクションシナサイザを取り付け、PC でせん断過程にせん断速度を制御できるようにした。

試験はまず、試料を液性限界の 2~3 倍の含水比に調整してスラリー状にしたものを試験装置のせん断リングに投入し、装置内で予圧密して供試体を作成した。その後、そのまま所定の垂直圧まで段階的に载荷し、所定の垂直圧で 9t を取って一次圧密が十分に終了したことを確認した。次いで、せん断リング間隔を 1.5mm とし、供試体円周方向中心線上で 0.05mm/min のせん断速度で Pre-shear を与えた後、せん断速度 0mm/min から 1.00mm/min まで $0.0005\text{mm}/\text{min}^2$ の加速度で速度を増し、1.00mm/min に達したら $-0.0005\text{mm}/\text{min}^2$ の加速度で 0mm/min まで減じて、その間のせん断抵抗力の変化を計測した。なお、排水条件は、従来の残留せん断抵抗力を求めるためのリングせん断試験と同様、排水条件で行った。

得られたデータからせん断抵抗力等の評価は供試体円周方向中心線上で考慮し、以下に因った。

$$\text{せん断抵抗力} : \tau = \frac{3M}{2\pi(r_o^3 - r_i^3)} \quad \text{せん断変位} : D = \frac{\omega\pi(r_o + r_i)}{720}$$

ここに、 M : 計測トルク、 ω : 回転角(deg.)、 r_o : 供試体外径、 r_i : 供試体内径である。また、Bingham 塑性流動モデル式は、

$$\tau - \tau_0 = \eta \dot{D}/dh$$

で、ここに、 τ_0 : Bingham 降伏値、 η : 粘性係数、 \dot{D}/dh : せん断速度勾配で、本実験では dh をせん断箱間隔 1.5mm とした。

3. 試験結果とモデルの適用 リングせん断試験結果を図-2 に示した。上図はせん断変位とせん断抵抗力の関係、中図はせん断変位と垂直変位の関係、そして下図はせん断変位とせん断変位速度の関係である。 $\sigma_N = 200\text{kN}/\text{m}^2$ 時、および

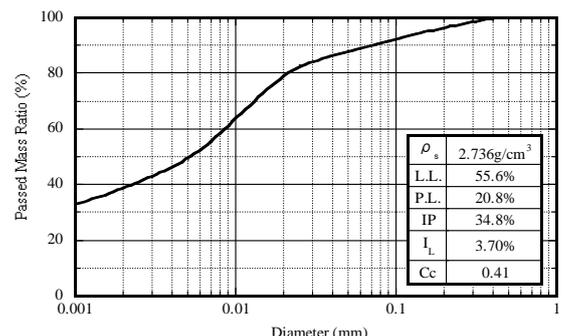


図-1 試料の物理的性質

300kN/m² 時にはせん断抵抗力の急変点が現れているが、これはせん断変位が大きく、かつせん断過程が長時間にわたったために生じたエラーと考えられ、現在補正を試みている。
 $\sigma_N = 100\text{kN/m}^2$ 時は、せん断変位に伴い緩やかにせん断抵抗力が変化し、概ね速度が増加するに連れせん断抵抗力が増加、速度が減少するに連れ減少する傾向が認められ、従来の有効応力の原理に基づくクーロン則を用いた評価とは逆の傾向を示した。本文では変位速度の設定が1つなので、このような傾向の確認が今後必要であると考えている。

この結果に、図-3のように Bingham 塑性流動モデルを適用し、横軸切片から Bingham 降伏値、その降伏値以降の曲線の平均勾配から粘性係数をそれぞれ求めた。図-4には Bingham 降伏値と垂直荷重 σ_N の関係を示した。降伏値と垂直荷重の間には、ほぼ直線の

関係が認められた。この降伏値は模型ではスライダに相当するの

で、この降伏値は内部摩擦角に係わる値と考えられた。また、図-3から降伏値以降の曲線の平均的勾配 η を、計測時のエラーを考慮して

求めると、ほぼ一定となり、 $7.43\text{kN}\cdot\text{min}/\text{m}^2 = 123.8\text{N}\cdot\text{sec}/\text{m}^2$ となった。湿った土 ($pF=1\sim 3$) の粘性係数 $10^3\sim 10^{11}\text{N}\cdot\text{sec}/\text{m}^2$ 、40°Cのアスファルト $10^4\text{N}\cdot\text{sec}/\text{m}^2$ といった一般的な値²⁾と比較するとほぼ妥当な値と判断できる。以上のように、地すべりのすべり面でのせん断抵抗力の評価に、Bingham 塑性流動モデルが使えることが判った。

参考文献

1)村上謙吉：レオロジー基礎論，産業図書，260p.(1991) 2)東山勇：レオロジーと塑性，土の物理学第7章，土壤物理研究会編，森北出版，pp.147-199(1979) 3)小野木重治：レオロジー要論，槇書店，210p.(1957)

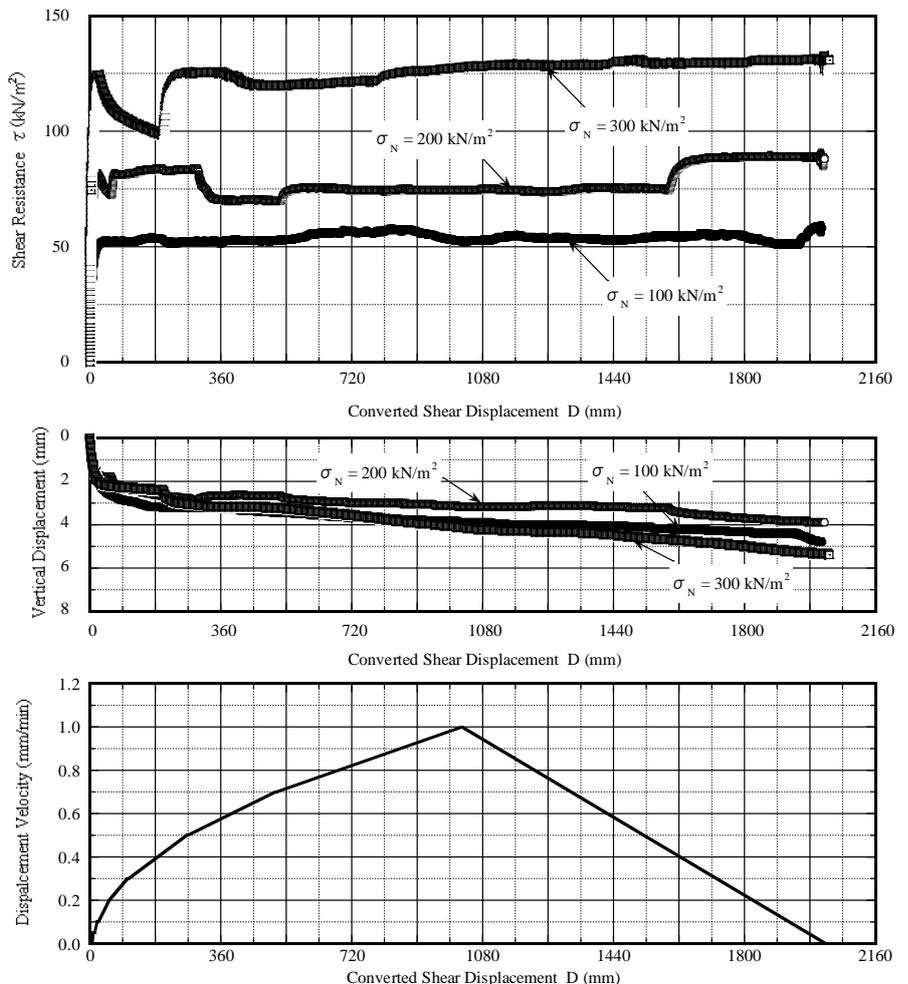


図-2 せん断速度を変化させたリングせん断試験結果

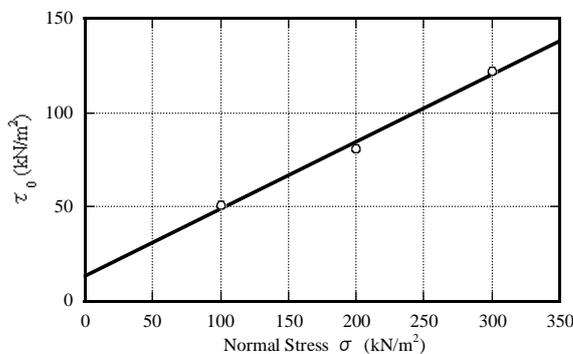


図-4 Bingham 降伏値と垂直荷重 σ_N の関係

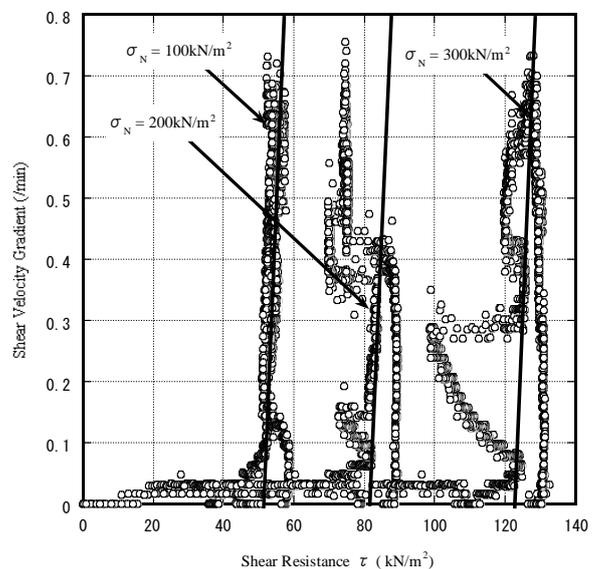


図-3 Bingham 降伏値と垂直荷重 σ_N の関係