

III-618 地すべりの安定解析に用いる各種せん断強度の測定 —— 再圧密及びインタクト試料による実験結果 ——

北海道大学大学院 学生員 佐野 彰
北海道大学工学部 正員 三田地 利之
北海道大学工学部 正員 澁谷 啓
北海道大学研究生 佐々木 純生
(株)熊谷組 山田 真大

1. まえがき；地すべりの安定解析に必要な強度定数についての考え方としては、すべり面が既に存在していると言う事が一般の斜面の安定を考える場合とは大きく異なる。

Skemptonは、地すべりにおけるすべり面強度はピーク強度（ τ_p ）から完全軟化強度（ τ_s ）、そして残留強度（ τ_r ）にまで低下しているものとして、大変位を与えた後の排水せん断強度を求める必要を提唱している。¹⁾地すべりが活動した時点でのすべり面の強度がピーク値と残留値との間のどの値に対応するのかを示す残留係数（R）によって設計強度定数を決定するためにも、これらのせん断強度の測定が極めて重要となる。その測定に当っては、残留強度に達するまでの大変位のせん断が可能となる特殊な試験機が必要となるが、最近においてはスラリー試料・プレカット試料を用いたリングせん断試験や繰返し一面せん断試験によってこれらのせん断強度を求める研究が行われている。

筆者らは、軟岩用自動繰返し一面せん断試験機を試作して堆積軟岩の残留強度に至るまでの大変位を与えることを可能とした。²⁾³⁾この装置によれば一個のインタクト試料もしくはスラリー試料を用いてピーク強度と残留強度とを比較的簡単に測定できる。本報告は、地すべり面付近で採取した泥岩の不攪乱インタクト試料並びに再圧密スラリー試料を用いて行ったせん断試験結果を報告するものである。

2. 試験装置；試作した軟岩用自動繰返し一面せん断試験機は、従来より一面せん断試験機の欠点とされていた上下せん断箱間の摩擦を無くすだけでなく、せん断箱と供試体せん断面との摩擦も無くし、さらには周面摩擦を考慮した試験結果が得られる様になっている。また、せん断方向の前後に連続した自動繰返しせん断によって供試体到大変位を与える事を可能にしたものである。

試験機の詳細については、文献2)を参照されたい。

3. 試料及び試験方法；試験に用いた試料は、北海道余市郡仁木町N地区に発生した地すべりのすべり面付近で採取した新第三紀泊群に相当する泥岩である。インタクト試料の基本的な性質を表1に示した。

表1 インタクト試料の基本的な性質

比 重	自然含水比	コンシステンシー				粒度組成 (%)			湿潤密度	間隙比	飽和度	一軸圧縮強度
		LL (%)	PL (%)	IP	>5 μ	5~75 μ	75 μ <	ρ_w (g/cm ³)				
2.625	35.8	123.6	25.0	98.7	78.3	20.7	1.0	1.844	0.934	100.7		323.4

インタクト試料については、各垂直荷重で24時間圧密後せん断を開始し、また、スラリー試料については各垂直荷重において圧密し、3t法⁴⁾によって圧密終了を判定した後、せん断を開始した。

せん断速度はピーク強度が確認されるまでは0.01mm/minで行ない、その後は0.5mm/minとし、せん断応力にせん断面の凹凸によるかみ合わせ抵抗の影響がなくなるまで1往復24mmで30往復の自動繰返しを行っている。また、せん断箱の間隔はインタクト試料で0.1mm、スラリー試料では0.01mmとし、せん断時の最大水平変位量は前後それぞれ6mmとした。

4. 試験結果；図1はスラリー試料のせん断応力（ τ ）—水平変位（Hd）関係であり、図2はインタクト試料及びスラリー試料における破壊包絡線を示すせん断応力（ τ ）—垂直応力（ σ ）関係である。

インタクト試料での τ_{pi} はピーク強度、またスラリー試料での τ_{ps} は完全軟化強度に相当する。残留応力状態での強度は、表2の試験結果に示した様にインタクト試料に比べてスラリー試料のせん断抵抗角が 2° 程度低く、やや小さい傾向を示したもののほぼ近い値を得ている。

残留強度は過去の応力履歴に無関係で粘土含有量の増加と共にこの強度は減少するもので、¹⁾同一の土なら繰り返した試料でも不攪乱試料でも同じ残留強度が求められるとする Bishop⁵⁾らの報告とも一致する。

表2 繰返し一面せん断試験結果表

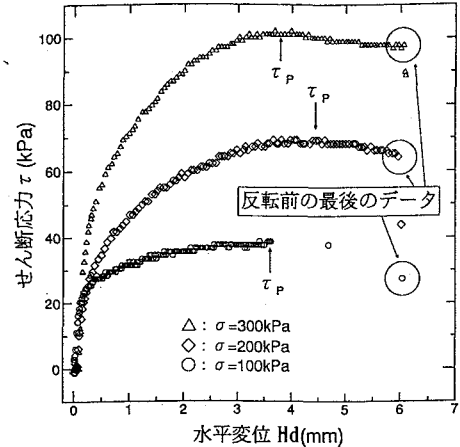
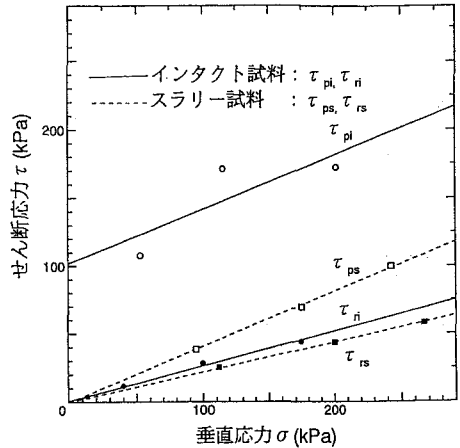
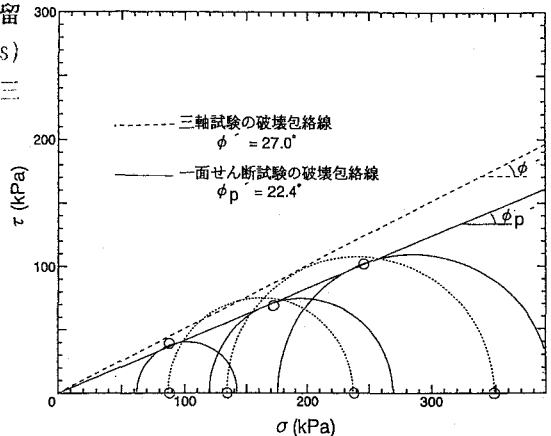
試料の状態	ピーク値			残留値		
	C_p (KPa)	$\tan \phi_p$	$\phi_p (^\circ)$	C_r (KPa)	$\tan \phi_r$	$\phi_r (^\circ)$
インタクト試料	101.9	0.404	22.0	0.7	0.259	14.5
スラリー試料	0.0	0.412	22.4	0.0	0.213	12.0

図3に再圧密スラリー試料を用いて行った三軸(CU)試験及び一面せん断試験の破壊包絡線を示した。完全軟化強度(τ_s)は正規圧密状態での粘土のせん断強度であり、スラリー試料のピーク強度(τ_{ps})として得られるものである。三軸試験により得られたせん断抵抗角は、一面せん断試験より幾分か大きい値となっている。これは、一面せん断試験におけるせん断抵抗角 ϕ の定義方法やせん断機構の違いによる異方性さらには中間主応力の影響(平面ひずみ・軸対称)およびせん断時の間げき水圧の影響等によるものと考えられる。

5. まとめ; (1) 試作した軟岩用自動繰返し一面せん断試験機は、不攪乱インタクト試料もしくは再圧密スラリー試料を用いて比較的簡単にせん断強度を求めることが可能である。(2) 残留強度(τ_r)については再圧密スラリー試料と不攪乱インタクト試料ともに一面せん断試験では同じ残留強度を示すがスラリー試料による完全軟化強度(τ_s)は今回の実験条件においては一面せん断試験よりも三軸試験で幾分か大きい強度を示した。

参考文献

- 1) A.W. Skempton: Long-Term Stability of Slopes, Geotechnique VOL. 14, No. 2, pp75-102, 1964
- 2) 佐野 彰、三田地 利之、湊谷 啓、中根 理: 改良型軟岩用繰返し一面せん断試験機と2、3の実験例 平成4年度地すべり学会北海道支部研究発表会論文集、pp9-14、1992
- 3) 佐野 彰、三田地 利之、湊谷 啓、佐々木 純生: 軟岩のせん断試験機と設計定数の決定法 土木学会第47回年次学術講演会 1992
- 4) 土質工学会編: 土質試験の方法と解説 p357, 1990
- 5) Bishop, A.W., Green, G.E., Garga, V.K., Andresen, A. and Brown, J.D.: A new ring shear apparatus and its application to the measurement of residual strength, Geotechnique, VOL21, pp 273-328, 1971


 図1. スラリー試料のHd- τ 図

 図2. スラリー試料及びインタクト試料の σ - τ 図

 図3. 一面せん断試験及び三軸試験の σ - τ 図