

III-240 堆積軟岩のせん断強度特性

北海道大学大学院 佐野 彰
 北海道大学工学部 三田地 利之
 北海道大学大学院 大森 壮一郎

1. まえがき 地すべりや斜面の安定問題を考える上では岩の強度が基本的に重要な意味を持つこととなる。とくに固結度の低い軟岩は、従来の土質力学や岩盤力学だけでは理解しがたいものがあり、その力学的特性を定量的に明らかにしていくことは、経験的解析方法に依存している現状において、今後、より客観的な地すべり解析を行っていく上で重要な課題となっているものと思われる。本報告は、今回あらたに試作開発した軟岩用の繰返し一面せん断試験機を用いて実験した中で、主に堆積軟岩のせん断特性に関してその結果を報告するものである。

表-1 各試料の基本的物性値

試料名	密度 ρ (g/cm ³)	コンシステンシー			一軸圧縮強度 σ_c (kgf/cm ²)	超音波伝播速度 P波 (Km/sec)	超音波伝播速度 S波 (Km/sec)	有効間隙率 n_v (%)	吸水率 ab (%)
		LL (%)	PL (%)	Ip					
TO	2.18	42.88	22.14	20.74	19	2.00	0.45	28.0	14.4
RU	1.98	40.59	30.28	10.31	37	1.21	0.57	38.3	21.7
SH	1.73	N.p			171	2.01	1.09	33.5	24.9
SS	1.61	N.p			108	1.66	0.89	39.1	32.0

2. 試料および実験

2.1 試料; 実験に用いた試料は、堆積軟岩として新第三紀中新世の望来層に相当するシルト岩(TO試料)と、同じく新第三紀の鮮新世深川層群の幌加尾白利加層に相当するシルト質の細粒砂岩(RU試料)の2試料である。さらに、これらとの比較試料として火山軟岩である第四紀更新世の支笏火山噴出物になる熔結凝灰岩(SH試料・SS試料)を用いた。これらの試料は、コアカッターを用いて直径5cm高さ10cmの円柱供試体として作成し暗室内の水槽において水温17°Cの一定温度で水浸保管した。それぞれの試料の基本的な性質は表-1のようになる。

2.2 実験装置; 今回試作開発した軟岩用の繰返し一面せん断試験機は下部固定・上部可動型であり、垂直荷重は下方よりペロフラムシリンダーによる空気圧で載荷する構造になっている。横方向から加えられるせん断力は、可変モーターよりロッドを介してせん断箱へ伝達され、さらに前後へ連続した往復移動を可能にしている。せん断箱は二重構造になっており、外側のせん断箱の上下間に厚さ0.3mmのプラスチックプレートを挟むことにより同時に内側のせん断箱の上下間にも同じギャップを生じさせ、せん断箱間に生じる金属摩擦を無くすようにしてある。なお、実験に際しては内側せん断箱の内壁面に摩擦低減のためシリコンスプレーを塗布した。

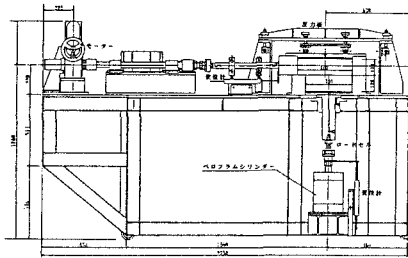


図-1 大型一面せん断試験装置

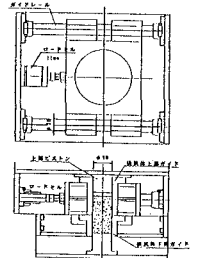


図-2 二重せん断箱概念図

2.3 実験方法; 繰返し一面せん断試験は、垂直応力を $\sigma = 1, 5, 10, 20, 30 \text{Kgf/cm}^2$ の5段階とし、せん断力はひずみ制御によって加えることとし、変位速度を急速せん断の1mm/minと緩速せん断の0.05mm/minの2種類とする実験条件のもとで行った。また、せん断時の最大水平変位量を前後それぞれ6mmとして、そこに至った時点でせん断方向を反転させることにより、せん断試験を繰り返した。

3. 実験結果および考察 図-3は繰返し一面せん断試験によって得られた同一条件下でのせん断応力(τ)-水平変位(HD)図の一例である。

堆積軟岩であるTO試料およびRU試料では、ぜい性的な変形挙動を示す火山軟岩のSH試料やSS試料に対して塑性破壊に近い変形を示しており、その傾向は垂直応力の大きい高圧領域ほど顕著に表

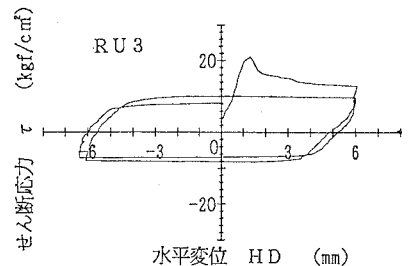


図-3 τ -HD図

れている。したがって、最大強度(τ_p)に至るまでの変位量も堆積軟岩では比較的大きい値が示されている。

図-4に堆積軟岩の垂直変位(VD)-水平変位(HD)図を示したが、せん断過程における堆積軟岩の体積変化は一様に収縮傾向にある。これに対して、火山軟岩では図-5のVD-HD図に示されているように低圧領域において繰返しせん断のせん断方向の違いにより初期の段階で膨張・収縮を繰返ししながら全体的には収縮傾向を示している。

このように、軟岩のせん断に伴う体積変化が収縮傾向にあることは、せん断面を含むせん断領域におけるダイレイタンスーよりもせん断面での細粒化した粒子のはみ出しによる影響を大きく受けることを示している。

図-6~7は堆積軟岩(TO, RU試料)ならびに火山軟岩(SH, SS試料)の破壊包絡線を示す τ - σ 図である。

最大強度の破壊包絡線は堆積軟岩においてほぼ一直線に近似されるのに対し、火山軟岩では最大強度のバラツキが著しいが、 C_p' 、 $\tan \phi_p'$ とも一軸圧縮強度(σ_a :表-1参照)に依存していることがわかる。

一方、残留強度の破壊包絡線は、せん断面の粘土粒子の性質に依存するものと考えられており¹⁾、粘土含有量の少ない非塑性を示す火山軟岩では、ともに $C_r' = 0$ の直線となっている。これに対して粘土含有量も多くしかも塑性指数(I_p)を有する堆積軟岩では破壊包絡線は高圧領域では直線となるが、とくに低圧領域においては屈曲し曲線となっている。しかしながら、大きな地すべりにおいては $C_r' = 0$ とするよりも C_r' を有する包絡線を考える方が実用的であり、高圧領域にあわせて C_r' を求めることになろう。

4. あとがき 軟岩用の繰返し一面せん断機は連続した繰返しを行うことができ、1個の供試体により最大強度と残留強度を比較的同時に得られるもので、実務上の利点は大きいと思われる。

今回試作した繰返し一面せん断試験機はこのような利点を有する反面、側面摩擦の影響や供試体とせん断箱との摩擦等の問題点もいくつかあり、今後さらにこれらの問題を解決しつつ、堆積軟岩における実験内容の充実につとめ、実際の地すべりとの照合も行いながら堆積軟岩の強度特性を明らかにしていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 古谷 保(1983): 残留強度の性質とその測定法について 地すべり 第20巻 第1号 pp.21~27
- 2) 古谷 保(1983): 一面せん断試験機を中心とした地すべり粘土の強度測定 農試技報 第23号 pp.31~ 51
- 3) 中村浩之・白石吉徳・清水清文(1980): 地すべり粘土のせん断強度試験結果を用いた斜面安定の研析 土木技術資料 vol.22 No.6 pp.417~421
- 4) 仲野良紀(1986): 軟岩をめぐる諸問題-泥岩の力学特性 土と基礎 vol.28 No.7 pp.1~10
- 5) Skempton, A.W(1964): Long-term Stability of clay slopes Geotechnique 14, No.2 pp.77~101
- 6) Chandler, R.J(1977): Rock analysis techniques for slope stabilization works Geotechnique 27, No.4 pp.479~495

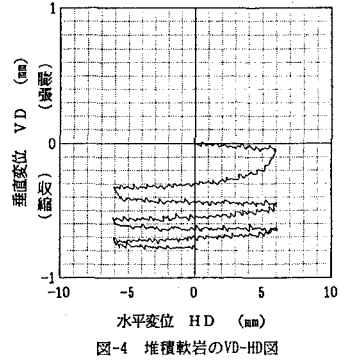


図-4 堆積軟岩のVD-HD図

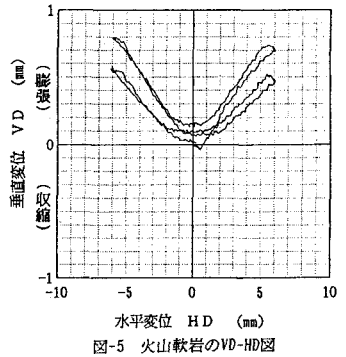


図-5 火山軟岩のVD-HD図

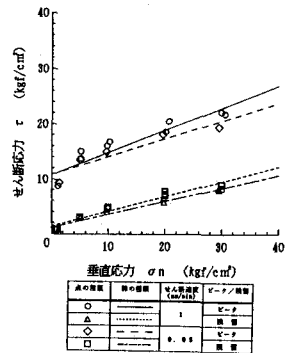


図-6 TO試料の τ - σ 図

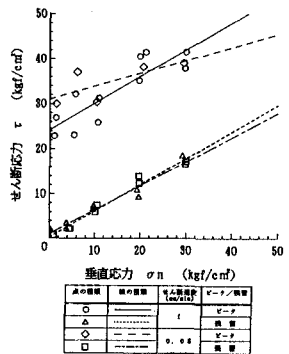


図-7 SS試料の τ - σ 図