

リングせん断試験機による粘性土の残留強度

愛媛大学工学部 矢田部龍一、八木則男、榎明潔
 髙住化土建設計 ○松田久和

1. まえがき

地すべりのすべり面の強度定数は一般的には逆算法により求められる。しかし、地すべりの機構を解明するためには、すべり面の土の強度定数はせん断試験により求めることが望ましい。地すべりの安定を考える上でいわゆるピーク強度とともに残留強度の重要性が指摘されているが、破碎帯地すべり粘性土の残留強度に関してはほとんど調べられていないのが実状である。

本報告では、まず、試作したリングせん断試験機の特性を述べ、次いで四国の破碎帯地すべり地より採取したすべり面の粘性土の残留強度に与えるせん断速度の影響を調べた結果について述べる。

2. リングせん断試験機の概要

リングせん断試験機の概要を図-1に示す。リングはアクリル製で、内径10cm、外径16cm、試料の高さは2cmであり、高さ1cmのところでせん断される。上載荷重は空圧シリンダーにより与えられ、せん断は下部のリングを回転させることにより行われる。せん断抵抗はロードセルにより、また、鉛直変位はダイヤルゲージにより測定される。下部リングにはすべり面より僅か下に位置するようにステンパイプ（注射針）がセットされるようになっており、水圧計を介してせん断時の発生水圧を測定できる。排水は上下両面からなされる。ところで、現在一般に多く用いられているBishopらにより考案されたリングせん断試験機では非常に小さなせん断抵抗を精度よく測定できるように上下のリングに僅かのギャップを設けることによりリング間の摩擦を除去している。本試験機ではギャップを設けていないのでリング間に摩擦がある。そこで、接触面にワセリンを塗布することにより摩擦を軽減するとともに摩擦力を測定して補正している。なお、リング径と試料高さは、従来の試験機を参考にして決めたものであるが、試料の高さに関しては検討の余地がある。試料の高さを低くすれば排水距離が短くなり、それだけせん断速度を大きくできる。

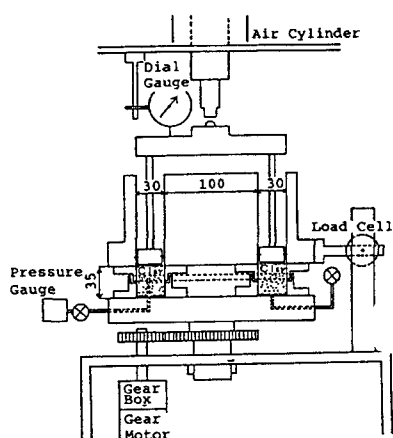


図-1 試験機の概要

試作したリングせん断試験機の妥当性を検討するため豊浦標準砂と陶土として使われている砥部粘土に対してリングせん断試験ならびに三軸圧縮試験を行い、強度定数の比較を行った。せん断速度は豊浦標準砂で0.3552(°/min)、砥部粘土で0.03552(°/min)である。その結果、リングせん断では豊浦標準砂の場合、間隙比が0.79で内部摩擦角が37.2°であり、また、砥部粘土の場合、正規圧密状態で32.3°であった。いずれも三軸試験による内部摩擦角とほぼ等しく（それぞれ38.0°、33.2°）、本試験機はせん断試験機として使用できると思われる。

3. 残留強度に与えるせん断速度の影響

地すべりの安定解析を行う際に残留強度が用いられることは稀である。その理由の一つとして、リングせん断試験は非常に長時間かかるということが挙げられる。ピーク強度は別にして残留強度だけであれば、もう少し速い試験が可能であるように思われる。実際、極端に速い速度でなければ残留強度に与える影響は比

較的小さいという報告もなされている。そこで、本研究では、まず、破碎帯地すべり粘性土の残留強度に与えるせん断速度の影響を調べ、一連の試験のせん断速度を定めた。

試料は徳島県の西祖谷山村の善徳地すべり地の粘性土（三波川帯、黒色片岩）と高知県大豊町の佐賀山地すべり地の粘性土（御荷鋤帯、緑色岩）を使用した。試料の物性ならびに粒度を表-1に示す。供試体はいずれも 420μ の篩を通して練り返し正規圧密したものである。せん断速度は、3.552、0.3552、0.03552 ($^{\circ}/\text{min}$) の3種類を用いた。一般的に用いられているせん断速度は0.03552 ($^{\circ}/\text{min}$) より若干小さい程度である。

図-2に各種せん断速度による試験時に発生した間隙水圧を示す。間隙水圧はすべり面付近で測定している。これからせん断速度が速ければより大きな間隙水圧が発生すること、発生した間隙水圧は時間の経過とともに徐々に消散してほぼゼロになることなどがわかる。これは、大変位を与えることによりせん断に伴う体積変化が小さくなり、発生する間隙水圧よりも消散の速度の方が大きくなるからである。なお、図示はしていないが、鉛直変位もせん断初期には大きい、大変位を与えることによりほぼ変化しなくなっている。

残留強度に与えるせん断速度の影響を図-3、4に示す。試料はそれぞれ善徳地すべり粘性土、佐賀山地すべり粘性土である。これからせん断速度の大きいものの方が若干強度が大きいような傾向がみられる。しかし、実用的には今回試験したせん断速度の違いは、 $10^{-4} \sim 10^{-6} (\text{cm/s})$ という比較的大きい透水係数を持つ破碎帯地すべり粘性土の残留強度にほとんど影響を与えないと考えてよい。

前述したように、リングせん断試験は排水条件で行われることと大変形を与えるということのために一般的には非常に長時間かけて行われている。今回の結果から考えれば、ピーク強度は別にして残留強度だけ求めるのであれば今までよりかなり速い速度で行ってもよいと思われる。ただし、第三紀の泥岩のように多量のスメクタイトを含み、透水係数が小さい土に対しては別に検討する必要がある。

4. あとがき

リングせん断試験により破碎帯地すべり粘土の残留強度に与えるせん断速度の影響を調べた。その結果、今回試験した範囲内ではせん断速度の影響は小さいこと、また、破碎帯地すべり粘土のでもピーク強度から残留強度へのかなりの低下がみられることが明らかになった。

表-1 試料の物性

試料	LL(%)	PL(%)	G _s	Gradation(%)		
				<2 μ	2~20 μ	20 μ <
善徳	39.2	20.5	2.72	2.7	18.1	79.2
佐賀山	42.5	26.8	2.95	25.0	44.6	30.4

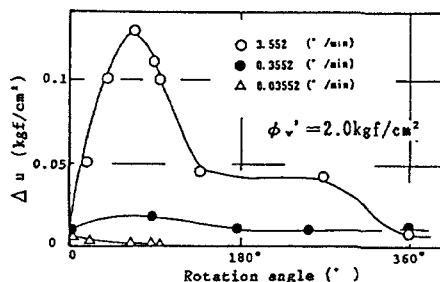


図-2 せん断時の発生間隙水圧

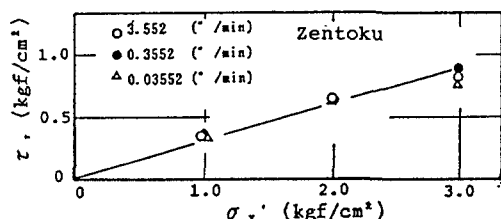


図-3 せん断速度の影響（善徳粘土）

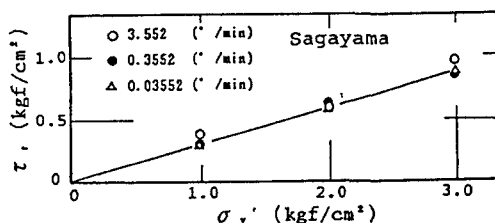


図-4 せん断速度の影響（佐賀山粘土）