

Ⅲ-11 試作高速リングせん断試験機による土のせん断特性

(株)荒谷建設コンサルタント 正 山下 祐一
愛媛大学工学部 正 八木 則男
愛媛大学工学部 正 二神 治
愛媛大学大学院 学 ○井上 博喜

1. はじめに

近年、集中豪雨や台風、融雪時期に土石流が発生し、大災害を引き起こしている。土石流の発生段階、特に初期段階における土の土質工学特性、中でもせん断特性については、明らかにされていないのが現状である。さらに、土石流の発生時における土塊のせん断は、数 m ～数百 m にも及ぶと考えられている。そのため、現行のせん断試験（一面せん断試験、三軸圧縮試験）では、試料幅が高さの30%くらいまでしか信頼できるデータが取れない。そこで、せん断距離が無限に取ることができ、さらに速い速度でせん断を行うことができる高速リングせん断試験機を試作した。そして、高速リングせん断試験を行うことにより結果から得られる土の内部摩擦角 ϕ と、他のせん断試験における ϕ との比較を行い試作した試験機の精度を確認し、次に実際に土石流の発生した粘性土を対象に試験を行い、土のせん断特性の考察を行った。

2. 試作された高速リングせん断試験機の特 性

(1) 試作された高速リングせん断試験機の概要

試作した高速リングせん断試験機の概要を図-1に示す。せん断枠は内輪と外輪とからなり、それぞれ上下からなり、外径は21.5cm、内径は10.0cm、試料高さは平均2.0cm、せん断面の面積は284.5 cm^2 である。試料の载荷はエアーコンプレッサーからの圧搾空気をレギュレーターを介して制御し、上下に可動可能载荷板を投して载荷する。試料は内輪、外輪により側方の変位は拘束されており、垂直方向の载荷板より一次元圧密され、上部载荷板より排水され圧縮を行う。载荷板と上部本体との接触部分には内側、外側ともにOリングを装着し、試料の漏れを防ぐとともに摩擦を軽減している。

従来のリングせん断試験機との最大の相違点は、間隙水圧の測定を行うことができることである。しかし、せん断面付近で間隙水圧を測定する必要があるため、本体上部のせん断面から3～4mmの箇所にポーラスストーンを埋め込み外部に通ずる経路を設け間隙水圧計に接続した。

試料のせん断はギアモーターで試験機の下部を回転して行う。上部はせん断力を測定するため、ロードセルに連結している。従って、試料に垂直荷重をかけて下部だけを回転することにより、試料は上輪一下輪の間でせん断が起こり、せん断面が形成され、せん断力が測定できるような構造である。せん断速度は6.67 cm/sec である。

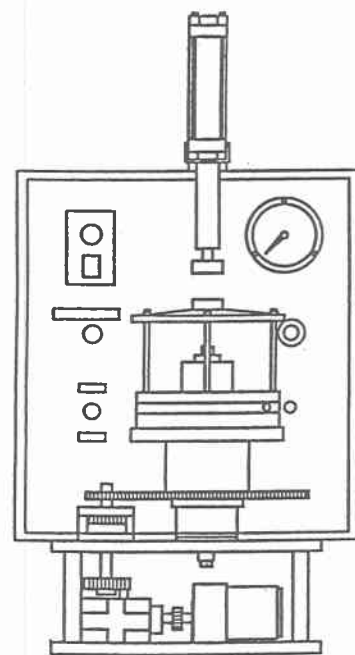


図-1 高速リングせん断試験機の構造図

(2) 試作された高速リングせん断試験機の特 性の確認

試料として豊浦標準砂と伊台まさ土(松山市)を用い高速リングせん断試験に対し、同条件のもとで一面せん断試験、三軸圧縮試験を行い、それぞれの試験結果から分かる土の内部摩擦角 ϕ を比較することで精度の確認を行った。豊浦標準砂に関しては乾燥、飽和状態で高速リングせん断試験を行い、対象試験としては、それぞれ一面せん断試験、三軸圧縮試験(圧密非排水条件)を行った。また、伊台まさ土に関しては圧密排水、

圧密非排水の条件で高速リングせん断試験を行い、対象試験は同条件での三軸圧縮試験を行った。

豊浦標準砂と伊台まさ土での試験結果より得られたそれぞれの ϕ の値を表-1に示す。高速リングせん断試験による ϕ と対象試験による ϕ との間には、さほど差異はみられなかった。ただし、豊浦標準砂の飽和状態における ϕ の値には 5° 程の差異が生じた。

これは初期間隙比に差異が生じたためと考えられる。

ϕ の値に差異がほとんど見られなかったことより、高速リングせん断試験による強度定数は、

他のせん断試験による強度定数と比較可能である。従って、今回試作された高速リングせん断試験機の精度の高さが証明された。

表-1 各種試験における ϕ の比較

試験名 (条件)	豊浦標準砂		伊台まさ土	
	高速リングせん断 (乾燥状態)	高速リングせん断 (飽和状態)	高速リングせん断 (C D)	高速リングせん断 (C U)
ϕ	42.9°	40.2°	30.7°	28.8°
試験名 (条件)	豊浦標準砂		伊台まさ土	
	一面せん断	三軸圧縮 (C D)	三軸圧縮 (C D)	三軸圧縮 (C U)
ϕ	41.1°	35.5°	29.1°	30.6°

3. 土石流発生土による土の高速せん断特性

実際土石流の発生した土を試料として高速リングせん断試験を行い、土の高速せん断時におけるせん断及び強度特性の把握を行った。試料として蒲原沢(長野県：平成8年12月6日発生)、出水市(鹿児島県：平成9年7月10日発生)のものをを用い、出水市に関しては崩壊地右岸側(以下出水No. 1)、流下区域(以下出水No. 3)、氾濫区域(出水No. 4)の3種類を用いた。

高速リングせん断試験において圧密非排水の条件で行った。試料は $2000\mu\text{m}$ ふるい通過分を飽和させたものをを用いた。垂直応力は 0.5 、 1.0kgf/cm^2 で行った。

試験結果の一例として、出水No. 4のせん断力、間隙水圧、垂直変位の経時変化を図-2に示す。せん断力に関しては、せん断開始直後に最大値が現れ、以後急速に低下し、ある一定値に収束する傾向を示した。間隙水圧に関しては、その測定が正確にできなかった。垂直変位に関しては、圧縮の傾向を示した。

出水No. 4における有効応力径路を図-3に示す。ここで、 ϕ'_s は試験後ある一定値に収束した際のせん断抵抗角である。高速リングせん断試験における ϕ' は、同条件での三軸圧縮試験における ϕ' より低い値を示し、 ϕ'_m はさらに低い値を示した。

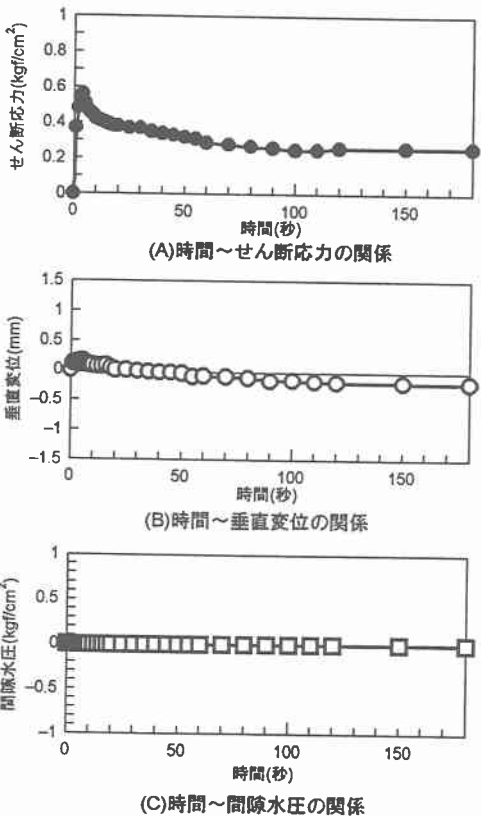


図-2 高速リングせん断試験
[条件：CU 試料：出水No.4 垂直応力： $0.5(\text{kgf/cm}^2)$]

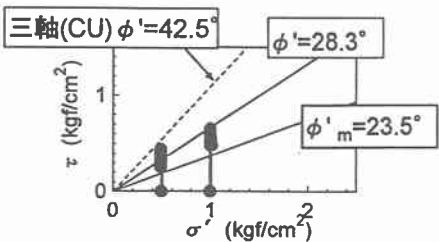


図-3 有効応力径路(出水No.4)

4. まとめ

豊浦標準砂と伊台まさ土を用いた高速リングせん断試験とその対象試験において、今回試作された高速リングせん断試験機の精度の高さが証明された。

出水市と蒲原沢の試料を用いた実験より①せん断特性は、せん断開始直後に強度が最大値を示した後、急速に強度が低下し、ある一定値に収束した。②三軸圧縮試験による ϕ' と比較して低い ϕ' を示した。③間隙水圧は、測定に問題が生じた。

今後の課題として、間隙水圧を正確に測定可能となるよう改良する必要がある。