

Ⅲ-11 土石流を考慮した土の高速せん断特性に関する研究

愛媛大学 正 八木 則男

同上 正 矢田部 龍一

同上 正 二神 治

(株) 荒谷建設コンサルタント 正 山下 祐一

(株) シアテック 正 ○井上 博喜

1. はじめに

近年、土石流については流体として捉え、流体力学分野において研究がなされ成果を重ねてきた。しかしながら土石流の流動メカニズム現象について十分に明らかにされてはいない。そこで、土石流を土塊として捉え、土質工学的考察によりその現象を把握することを目的とした。土石流災害地の土砂を試料とし、この試料を中心に高速リングせん断試験を行い、結果から得られる高速せん断特性を把握することとした。また、高速せん断中に土塊内に発生する過剰間隙水圧や粒子破碎について着目し各種パラメーターを設定し比較および検討した。設定したパラメーターとして、強度定数においては従来の ϕ に対し高速リングせん断試験から得られるものを区別するため ϕ_m とし、残留状態におけるものを ϕ_{mr} とする。また、有効応力に対しては同様に ϕ'_m および ϕ'_{mr} と設定した。さらに、粒子破碎性のパラメーターとして粒子破碎率 (Δf) を次のように定義した。

$$\Delta f = \left\{ \left(\int_{\log 0.075}^{\log 2} f(D_*) dD - \int_{\log 0.075}^{\log 2} f(D) dD \right) / \left(\int_{\log 0.075}^{\log 2} f(D_*) dD \right) \right\} \times 100 (\%) \quad (\text{式 1.1})$$

ただし、 $f(D)$: 試験前の粒径加積曲線、 $f(D_*)$: 試験後の粒径加積曲線である。

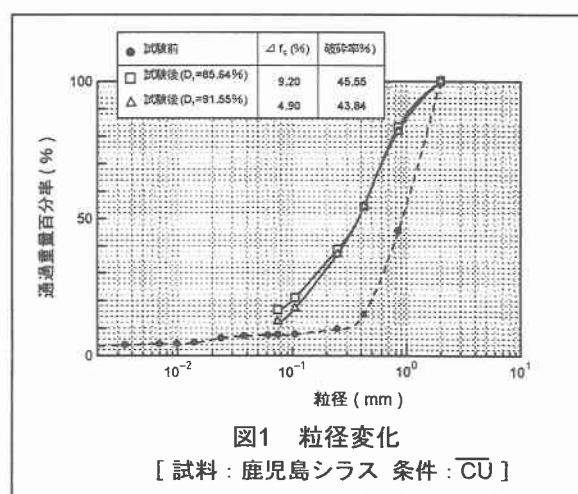
2. 試験方法

試験方法としては、愛媛大学土質研究室において制作した高速リングせん断試験機を用いせん断試験を行った。試験機の概要として、サンプルボックスがリング状であり外径 21.5cm、内径 10.0cm であり断面積は 281.4cm² と比較的大型である。装置は下部可動型であり、せん断面は底面より 5mm の位置となり、底面より経路を設け間隙水圧計に接続しせん断中における間隙水圧の測定を可能とした。試料は全て 2mm ふり通過分を用い、試料平均高さは 2.0cm とした。せん断は一次圧密終了後速やかに所定の垂直応力のもと行った。また、せん断速度は試料の中央部において 3.34cm/sec である。高速せん断による粒子破碎性を確認するため、せん断終了後、試料の半分を採取しふるい分析を行った。

3. 試験結果および考察

試料として、土石流災害地の土砂を中心に用いたが、ここでは、高速せん断による粒子破碎の強度に及ぼす影響を考察するため、破碎性の高い土とされる鹿児島地方のシラス及びこれに対し粒子破碎が発生しないガラスビーズを試料として用いたものを示す。試験条件は圧密非排水 ($\overline{CU}$) である。

まず、図 1 にシラスの試験前後の粒径加積曲線を示す。粒子破碎率は 45% 前後の値を示し、シラスは非常に粒子破碎性が高いことが確認された。つぎに図 2、図 3 に両試料のせん断変位に対するせん断応力および間隙水圧の変化を示す。シラスにおいて、せん断応力はせん断開始直後にピーク値を示し、その後急激な変化のもと強度が低下しある一定の値 (残留強度) に収束する傾向にある。これに対し、ガラスビーズ



はせん断開始直後より強度が増加し、ある一定の値に収束する傾向を示し、強度の低下は見られない。また、間隙水圧において、シラスはせん断の進行に伴い徐々に値が増加する傾向にあるのに対し、ガラスビーズは間隙水圧の値はある一定の値に収束し、その値は比較的小さいものである。以上の要因として、シラスは粒子破碎性が高いことより、せん断の進行に伴い粒子破碎も進行し負のダイレイタンシーを示す傾向にあるためと考えられる。

表 1 に各強度定数の値を示す。シラスは ϕ'_m と ϕ'_{mr} に 3.28° の差が見られるのに対し、ガラスビーズは 0.11° とほとんど差が見られない。ここで、粒子破碎性を考慮すると、シラスは粒子破碎によるせん断面付近のダイレイタンシー効果の低下により ϕ'_m から ϕ'_{mr} へと変化したと考えられる。しかしながら、粒子の形状を考慮すると、ガラスビーズは球形を呈しているのに対し通常の土粒子は扁平な形状を呈している。故に、高速せん断に伴う粒子の配向性が大きく影響すると考えられる。この点については更なる検討が必要である。次に、図 4 にシラスの応力径路図を示す。図より、強度の低下が間隙水圧の発生によるものであることがまず確認される。また、有効応力径路について、 ϕ'_m に相当する破壊規準線に達したのち ϕ'_{mr} の破壊規準線へと向かう傾向にある。このことより、土石流など土の高速せん断時における強度定数として ϕ'_{mr} を用い評価することが妥当だと考えられる。

4. まとめ

高速せん断時の土塊における強度低下の要因が過剰間隙水圧の発生によるものと考えられる故、図 5 に全試料における間隙水圧発生率と強度低下率 (ΔF_s) の関係を示す。これによると、間隙水圧が大きく発生すると強度が大きく低下する傾向を示している。したがって、高速せん断時の土塊において強度の低下は間隙水圧の上昇に依存されと考えられる。さらに、疎な状態のとき間隙水圧発生率および強度低下率ともに密な状態と比較して大きな値を示す傾向にある。これはダイレイタンシーの影響が考えられる。強度低下の要因として間隙水圧の上昇が要因とされたが、せん断に伴って発生する粒子破碎の影響を考察するため図 6 に粒子破碎率と間隙水圧の発生率の関係を示す。これによると、粒子破碎性の高い試料において粒子破碎が発生することにより間隙水圧が上昇する相関性が見られる。

5. 今後の課題

本研究において土の高速せん断特性を示す各種パラメーターを確立させたが、前述した通り ϕ'_m から ϕ'_{mr} への移行要因として粒子の配向性などの要素も考えられる。こうした点を含め、高速リングせん断試験から得られるせん断特性の更なる相関性の確立が望まれる。

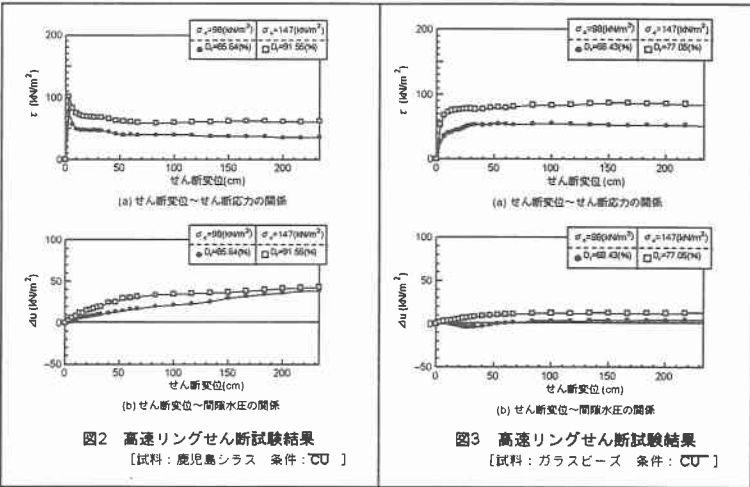


表1 各強度定数

試料名	強度定数(°)				三軸試験 φ' (°)
	φ _{mr}	φ _m	φ _{mr}	φ' (°)	
鹿児島シラス	22.71	36.06	32.78	39.30	
ガラスビーズ	28.37	29.70	29.59		

