

## Ⅲ－２ 高速せん断時の非排水強度に及ぼす粒子破碎の影響

愛媛大学大学院 学 ○台本尊之  
愛媛大学工学部 正 矢田部龍一  
愛媛大学工学部 正 二神 治  
愛媛大学工学部 芳ノ内信也

### 1. はじめに

一般にまさ土やシラスは粒子破碎しやすいことが知られており、斜面災害の発生頻度も高い。特にまさ土の分布地帯では崩壊後に土石流化する傾向が顕著に見られる。そこで、本研究では土石流化する要因の一つとして粒子破碎に着目し、粒子破碎が土の強度特性に与える影響を検討した。ここで、高速せん断に伴う粒子破碎性を定量化するために粒子破碎率 $\Delta f$ なるものを次のように定義した。

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

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. 高速せん断時における非排水せん断特性

#### 2-1 試料

本研究ではまず粒子破碎性の有無による強度特性の把握を検討するため、破碎性を有する試料として愛媛県松山市伊台地区にて採取されたまさ土、一方破碎しない試料としてガラスビーズを用いて研究を行った。(以下前者を伊台まさ土、後者をガラスビーズと表記する)

試験はこれらの試料の2mmふるい通過分を用いて行った。

#### 2-2 試験方法

本研究では土の高速せん断時における強度特性を把握するために、高速リングせん断試験機を用いて圧密圧力 $\sigma_c=98, 147(\text{kN/m}^2)$ のもとに圧密非排水(CU)試験を行った。高速リングせん断試験機は従来のリングせん断試験機とは異なり、せん断速度が試料中央部において3.34cm/secと高速であり、間隙水圧の測定も可能である。なお、本研究で得られた強度定数の全応力によるピーク強度、残留強度をそれぞれ $\phi_{cu}$ 、 $\phi_{cur}$ と表記し、有効応力的にみたそれらを $\phi'$ 、 $\phi'_r$ と表記する。また、圧密後における各試料の間隙を相対密度 $D_r$ を用いて評価した。

#### 2-3 試験結果及び考察

図1に各試料の高速リングせん断試験結果を示す。これより、伊台まさ土はせん断直後にせん断応力はピークを示し、その後急激な強度低下のもと残留状態に至っている。しかし、ガラスビーズではピークを示した後に強度低下することなく一定値を保つ傾向にある。また間隙水圧についてみると、伊台まさ土ではせん断に伴い増加し、ある一定値に収束する傾向がに収束する傾向があるが、ガラスビーズでは増加はほとんど見られない。これらの要因として、

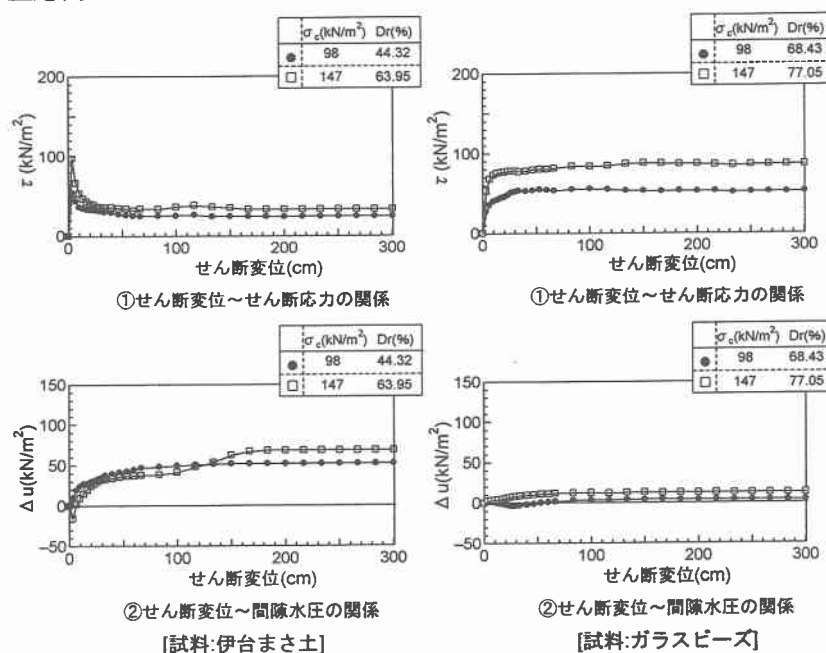


図1 各試料の高速リング試験結果

伊台まさ土はせん断に伴いせん断面付近の粒子が破碎され、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 CU 試験結果の一覧表を示す。これより、確かに伊台まさ土では粒子の破碎が確認される。また、ここで各試料の  $\phi'$  と  $\phi'_r$  の差に着目すると、伊台まさ土は  $3.21^\circ$  であるのに対して、ガラスビーズは  $0.11^\circ$  とほとんど差が確認されない。この要因として、粒子破碎性を考慮すると、伊台まさ土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って、 $\phi'$  から  $\phi'_r$  へ変化するものと考えられる。しかし、ここで粒子の形状を考慮すると、ガラスビーズは球形であるのに対して通常の土粒子は扁平な形状をなしている。よって、高速せん断に伴う粒子の配向性も大きく影響していると考えられ、この点に関しては今後検討が必要である。

次に、各試料の  $\phi_{cu}$  と  $\phi_{cur}$  の差に着目してみる。伊台まさ土では  $21.43^\circ$  であるのに対して、ガラスビーズでは  $0.88^\circ$  である。この強度低下の一要因が過剰間隙水圧の発生によるものと考えられる。そこで、垂直応力に対する間隙水圧の発生割合として間隙水圧発生率を以下のように定義した。

$$\Delta u_{max} / \sigma_c \times 100 (\%)$$

ただし、 $\Delta u_{max}$  : 間隙水圧の最大値、 $\sigma_c$  : 垂直応力  
 図 2 に粒子破碎率と間隙水圧発生率の関係を示す。これより、粒子破碎率が高いほど間隙水圧発生率も大きくなる傾向があるといえる。また、密なほどその傾向が顕著にみられる。粒子破碎により発生したと考えられる間隙水圧が強度低下に及ぼす影響を検討するため、その関係を図 3 に示す。これより、強度低下率と間隙水圧発生率とに右上がりの相関性が確認された。なお、本研究では相対密度による明確な違いはみられなかった。以上の結果より、高速流動時における強度低下の要因は、粒子破碎に伴う過剰間隙水圧の発生によるものと思われる。

### 3. 非排水強度に及ぼす粒子破碎の影響

粒子破碎率 5% を粒子破碎性の高低の目安として、砂質土における粒子破碎が強度定数に及ぼす影響を考えた。図 4 に粒子破碎を考慮した相対密度と各強度定数の関係を示す。 $\phi'$  は破碎性の低いものは密になるに連れてその値は増加していくが、破碎性の高いものはその値はほとんど変化しない。この要因として、破碎がせん断初期に起き易く、密になるほど破碎率が高いことが挙げられる。また、 $\phi_{cur}$ 、 $\phi'_r$  はともに破碎性の高いものが低いものより小さい値を示す傾向にある。よって、これらの残留強度定数は粒子の破碎性に大きく依存される。以上より、土石流などの土の高速せん断時における強度定数としては、 $\phi'_r$  を用いることが妥当であると考えられる。

表 1 CU 試験結果

| 試料     | $\sigma_c$          | $Dr$  | $\Delta f$ | 強度定数 ( $^\circ$ ) |         |              |           |
|--------|---------------------|-------|------------|-------------------|---------|--------------|-----------|
|        | ( $\text{kn/m}^2$ ) | (%)   | (%)        | $\phi_{cu}$       | $\phi'$ | $\phi_{cur}$ | $\phi'_r$ |
| 伊台まさ土  | 98                  | 44.32 | 1.05       | 36.90             | 35.93   | 15.47        | 32.72     |
|        | 147                 | 63.95 | 5.50       |                   |         |              |           |
| ガラスビーズ | 98                  | 68.43 | 0.00       | 29.25             | 29.70   | 28.37        | 29.59     |
|        | 147                 | 77.05 | 0.00       |                   |         |              |           |

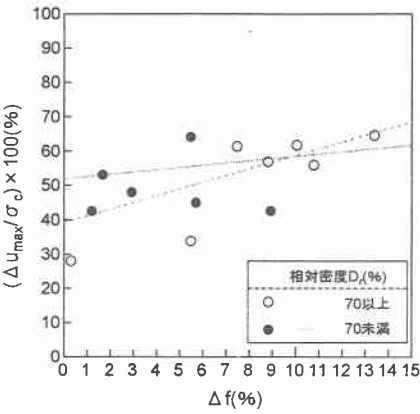


図 2 粒子破碎と間隙水圧発生率の関係

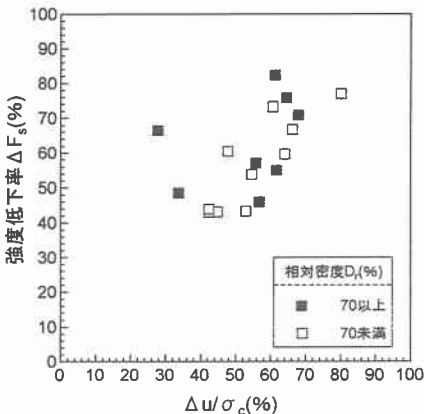


図 3 間隙水圧発生率と強度低下率の関係

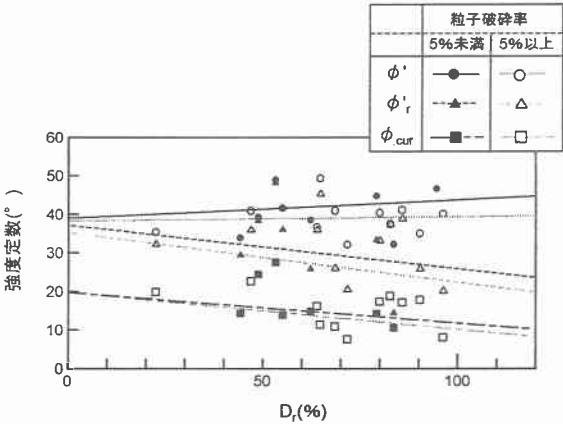


図 4 相対密度と各強度定数の関係