

# 損失エネルギーと物性値からみたまさ土の液状化強度特性

協同組合 関西土質研究センター 正 ○ 中山 義 久  
 関西大学 工学部 正 西 田 一 彦  
 関西大学 工学部 正 西 形 達 明  
 協同組合 関西土質研究センター 正 井 上 啓 司  
 滋 賀 県 竹 田 昌 史

## 1. はじめに

筆者らは既報において関西地区に産する複数のまさ土の物性値、(とくに細粒分含有率および流動限界)とその液状化強度の関係について明らかにした。それらによると圧密後の間隙比をパラメータとした場合、流動限界が分かれば液状化強度の推定が可能であること<sup>1)</sup>。また流動限界が異なると液状化に至るまでの変形係数比の劣化過程が異なることが分かった<sup>2)</sup>。本報告ではまさ土の物性、とくに流動限界と液状化に至る過程において供試体内で消費されるエネルギー(損失エネルギー)の関係を明らかにし、かつ液状化時の損失エネルギーから液状化強度曲線を推定方法についても検討した。

## 2. 用いた土試料と実験方法

試料は大阪府周辺の5地区(20種類)より細粒土から粗粒土に至る幅広い材料特性のものが得られるように採取した。本研究では流動限界(まさ土の粒度特性と含有する細粒分の性質を総合的に表しうる物性値)を物性値の基本とした。

供試体は直径5cm,高さ10cmで,2mmふるい通過試料を用い,所定の含水比に調整後,静的に3層に締固めた。CO<sub>2</sub>通気と脱気水通水後,196kPaの背圧を負荷した。B値が0.95以上になったことを確認し,98kPaで等方圧密を行った。繰返し載荷は荷重制御,サイン波,0.1Hzの非排水条件で実施した。

## 3. 実験結果

図-1は液状化試験より得られた液状化強度曲線を示す。流動限界による影響をみるために,圧密後の間隙比がほぼ等しく,流動限界の異なる試料の液状化強度曲線を示した。この図より,流動限界が大きくなると液状化強度比が大きくなる。このことより,まさ土の液状化強度比は流動限界に大きく影響されることがわかる。そこで,本研究では液状化過程における,まさ土の挙動を考える上で,流動限界を指標として考察を進める。

図-2は比較的粗粒のRA試料について,繰返し載荷による間隙水圧の発生挙動と繰返し載荷回数との関係を軸ひずみ振幅DA=5%時の載荷回数を1とした回数比で表したものである。この図からゆる詰め供試体では応力比が異なっても間隙水圧の発生挙動は変わらないこと,および密詰め供試体では応力比によって間隙水圧の発生過程が異なることが分かる。

図-3は同じくRA試料について過剰間隙水圧の発生の様子をDA=5%時の累積損失エネルギーを1とした損失エネルギー比で整理したものである。損失エネルギーを用いて間隙水圧の発生挙動を表すと,載荷条件の異なる場合においてもほぼ同じよう

キーワード : 液状化, 損失エネルギー, 流動限界, まさ土

大阪府摂津市東別府1丁目3-3 TEL 06-6827-8833 FAX 06-6829-2256

表-1 試料の物性値

| 試料名 | w<br>(%) | F <sub>c</sub><br>(%) | e <sub>0</sub> | e <sub>min</sub> | e <sub>max</sub> | w <sub>fl</sub><br>(%) |
|-----|----------|-----------------------|----------------|------------------|------------------|------------------------|
| B1  | 18.0     | 55.0                  | 1.12           | 1.21             | 1.90             | 40.5                   |
| B2  | 20.0     | 58.0                  | 0.94           | 0.84             | 1.59             | 41.5                   |
| B3  | 8.5      | 31.0                  | 0.52           | 0.74             | 1.25             | 28.0                   |
| W1  | 10.0     | 23.0                  | 0.52           | 0.65             | 1.26             | 23.0                   |
| W2  | 5.6      | 12.0                  | 0.56           | 0.58             | 1.05             | 21.0                   |
| W3  | 4.7      | 16.0                  | 0.37           | 0.49             | 0.93             | 18.2                   |
| Y1  | 8.5      | 16.0                  | 0.70           | 0.71             | 1.17             | 28.5                   |
| Y2  | 7.6      | 15.0                  | 0.43           | 0.73             | 1.12             | 24.0                   |
| Y3  | 6.3      | 12.0                  | 0.34           | 0.62             | 1.02             | 22.6                   |
| RA  | 6.7      | 16.9                  | 0.87           | 0.67             | 0.98             | 18.0                   |
| RB  | 9.8      | 16.0                  | 1.08           | 0.78             | 1.29             | 19.1                   |
| AW  | 4.1      | 14.0                  | 1.17           | 0.90             | 1.49             | 35.8                   |
| TK  | 18.2     | 15.0                  | 1.11           | 0.90             | 1.43             | 18.0                   |
| TA  | 4.4      | 13.2                  | 1.18           | 0.71             | 1.23             | 22.2                   |
| TB  | 15.4     | 16.6                  | 0.91           | 0.83             | 1.56             | 33.4                   |
| TC  | 13.2     | 15.5                  | 0.87           | 0.80             | 1.45             | 33.5                   |
| SH  | 15.4     | 13.9                  | 1.23           | 0.78             | 1.41             | 26.7                   |
| SL  | 6.4      | 24.7                  | 1.04           | 0.63             | 1.08             | 25.6                   |
| KH  | 12.3     | 13.6                  | 1.12           | 1.05             | 1.60             | 29.1                   |
| KL  | 6.9      | 16.7                  | 1.01           | 0.73             | 1.15             | 25.1                   |

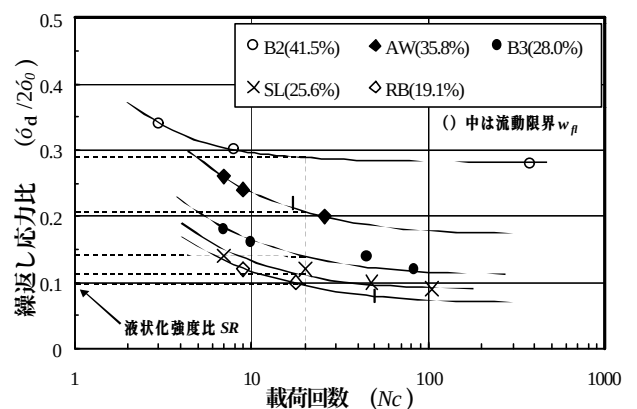


図-1 液状化強度曲線

な挙動を示すことが明らかである。

図-4 は物性値の異なるまさ土（間隙比  $e_c$  の範囲 0.749～0.797）について DA5%時の載荷回数と累積損失エネルギーの関係調べたものである。この図から流動限界が大きくなると液状化に至るまでの累積損失エネルギーが大きくなる。つまり、まさ土の液状化強度は流動限界に大きく影響を受けることが分かる。

図-5 は同一試料に対して圧密後の間隙比が異なる場合について、繰返し応力比と DA5%時の累積損失エネルギーの関係を求めたものである。これによると間隙比の小さいものは大きいものに比べ、DA5%時の累積損失エネルギーが大きいこと。および、圧密後の間隙比が等しい供試体では DA5%時の累積損失エネルギーが応力比の大小によらずほぼ等しいことが分かる。

そこで今回の実験に用いた試料について、DA5%時の累積損失エネルギーと流動限界の関係をプロットしたのが図-6（図中の数字は圧密後の間隙比）である。圧密後の間隙比が同じ場合、流動限界が大きいと累積損失エネルギーも大きくなる。図中に圧密後の間隙比をパラメータとして、実線をいれると図のようになる。これらの関係を用いると流動限界と圧密後の間隙比から DA5%時の累積損失エネルギーの推定が可能であることが分かる。

図-7 は各試料について、DA5%時の累積損失エネルギーをパラメータとして、繰返し応力比と載荷回数の関係を求めたものである。図中の実線は DA5%時の等エネルギー線であり、一般の液状化試験において、繰返し応力比と載荷回数で決定される DA5%ラインと等価なものである。つまり、流動限界、圧密後の間隙比および図-6、図-7 を用いることにより、まさ土の液状化強度曲線の推定が可能になる。

#### 参考文献

- 1) 中山義久, 西田一彦, 西形達明, 井上啓司: まさ土の物性と液状化特性, 土木学会論文集, No.638/III-49, pp.207-215, 1999.
- 2) 新開邦弘, 西田一彦, 西形達明, 中山義久, 井上啓司: まさ土の物性値と液状化過程における変形特性, 土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集 3-A, pp.216-217, 1999.

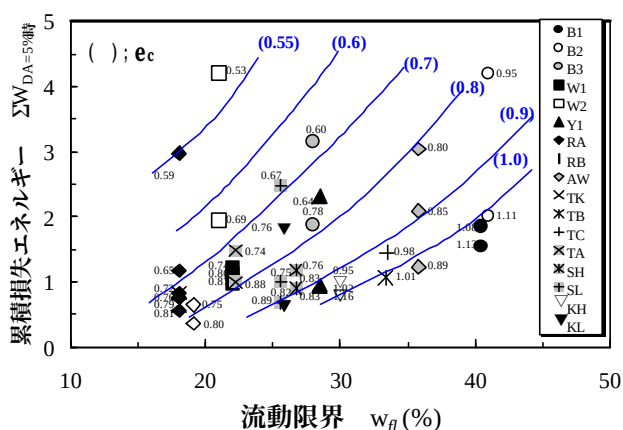


図-6 流動限界と累積損失エネルギー

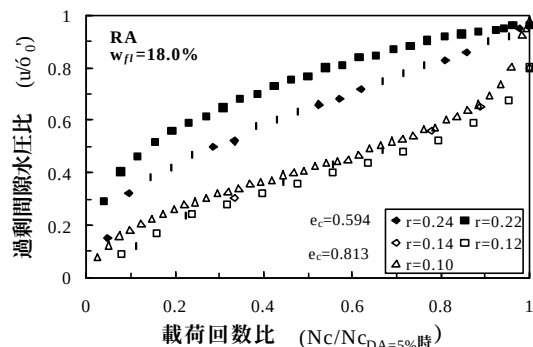


図-2 載荷回数比と間隙水圧

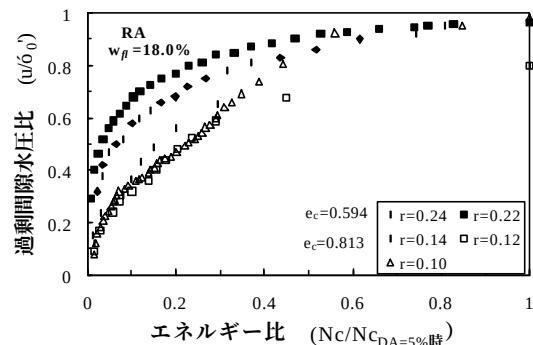


図-3 損失エネルギー比と間隙水圧

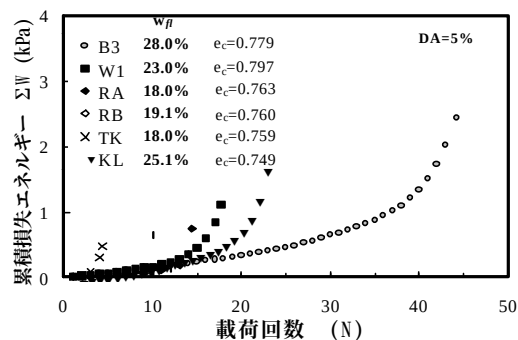


図-4 累積損失エネルギーと載荷回数

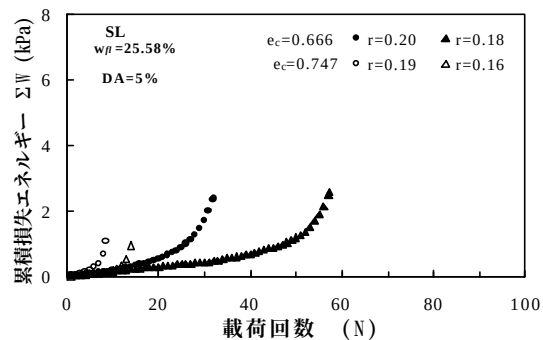


図-5 累積損失エネルギーと載荷回数

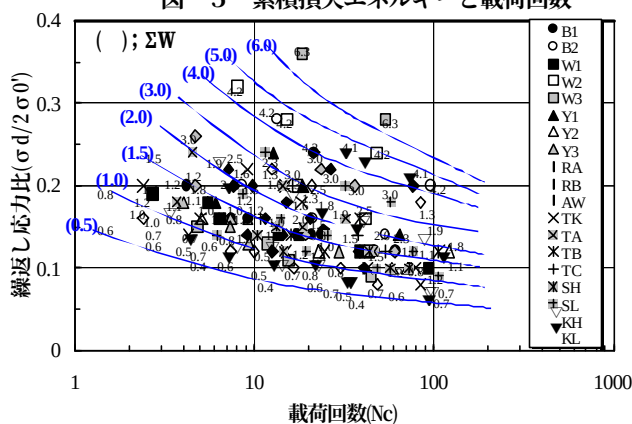


図-7 液状化強度曲線と累積損失エネルギー