

シルト及び粘土の液状化試験による損失エネルギーと塑性指数の関係

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○浅沼知希
木更津工業高等専門学校 正会員 鬼塚信弘

1. はじめに

現在の液状化に対する評価は飽和した砂質土地盤の検討に着目されており、塑性指数が15を超える土は液状化判定対象外となる¹⁾。しかし、塑性指数が15を超える地盤でも液状化被害が発生した事例があり^{2) 3)}、現在の区分では適切に評価しきれていないと考えられる。したがって、液状化発生の境界が曖昧であり、細粒分の性質が考慮された詳細な区分が必要であるといえる。

液状化判定方法はFL法が主に用いられるが、液状化強度比を算出する際、細粒分含有率を補正係数で考慮しており、細粒分の性質を考慮できず正しく評価できていないと考えられる。一方、近年研究が進められているエネルギー法は要素試験によって得られる液状化必要エネルギーと地震上昇エネルギーの比によって液状化の発生を判定する方法である⁴⁾。一般に、塑性指数が高い土ほど粘性が高く液状化しにくいとされていることから液状化試験時により大きなエネルギーを蓄えることができると考えられる。

本研究ではシルトや粘土の損失エネルギーと塑性指数の関係を解明することで、損失エネルギーを根拠にした細粒分の性質を考慮した新たな区分の作成が可能であると考えた。そこで、非塑性シルトと塑性指数の異なる2種類の低塑性粘土を対象に液状化試験を行い、塑性指数と損失エネルギーの関係を示した。

2. 試験試料

本研究で用いた試料は非塑性シルトの日光産珪砂8号(以下、珪砂8号とする)、塑性指数の異なる低塑性粘土として荒木田粘土と北関東ロームであり、これらの土と対比するために砂質土である豊浦砂を用いた。

3. 試験試料の物理的性質

試験試料に対して土粒子の密度試験、土の粒度試験、土の液性限界試験・塑性限界試験を行った。さらに、豊浦砂と日光珪砂8号に対しては砂の最小密度・最大密度試験を行った。これらの結果を表1に示す。また、粒径加積曲線は図1に示す。

表1 試験試料の物理的性質

	豊浦砂	珪砂8号	荒木田粘土	北関東ローム
土粒子の密度 (Mg/m ³)	2.67	2.71	2.74	2.64
砂分 (%)	99.4	49.6	35.8	48.4
シルト分 (%)	0.6	42.5	43.4	43.7
粘土分 (%)	0	7.9	20.8	7.9
最小密度 (Mg/m ³)	1.37	1.23		
最大密度 (Mg/m ³)	1.68	1.60		
液性限界 (%)	NP	NP	32.0	99.8
塑性限界 (%)	NP	NP	19.1	67.4
塑性指数	NP	NP	12.9	32.4

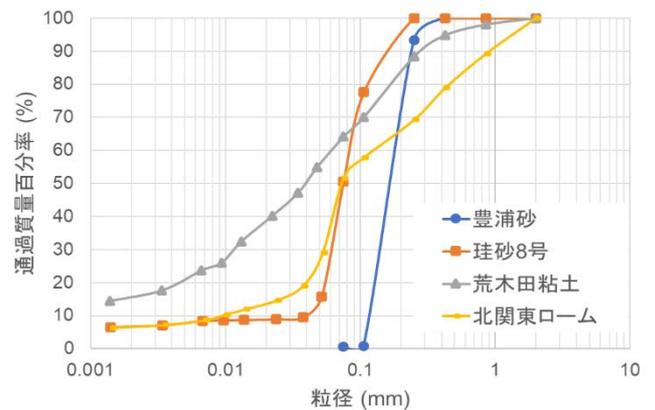


図1 粒径加積曲線

4. 供試体の作製

豊浦砂と珪砂8号は空中落下法により供試体を作製する。落下高さ30cm、5層とした。一方、荒木田粘土と北関東ロームは静的締固めにより供試体を作製した。一層ごとに3.5kgの重りを載荷し層数は3層とした。

5. 試験方法

三軸圧縮試験機を用いて液状化試験を行う。液状化試験の条件は拘束圧は $\sigma'_c = 100 \text{ kN/m}^2$ で一定、応力比1.00、試験の終了条件は両振幅ひずみが11%発生または繰り返し回数200回とした。

キーワード 液状化, 細粒分, 塑性指数, 損失エネルギー, 粘性土

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1 木更津工業高等専門学校 TEL : 0438-30-4161 E-mail : onizuka@kisarazu.ac.jp

6. 解析結果

液状化試験によって得られた結果を図 2～図 4 に示す。図 2 より塑性指数 I_p が大きくなるにしたがって液状化するまでに大きなエネルギーを蓄えることが読み取れる。図 3 から塑性指数 I_p が小さいほどグラフの傾きが大きくなっている。さらに、塑性指数 I_p が小さいほど小さなエネルギーで軸ひずみ ε が増加することがわかる。図 4 より塑性指数 I_p と基準化損失エネルギー $\Delta W/\sigma'_c$ には相関関係があることがわかる。

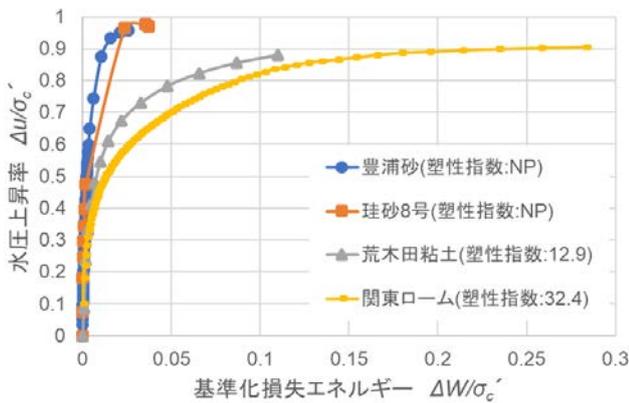


図 2 基準化損失エネルギーと水圧上昇率の関係

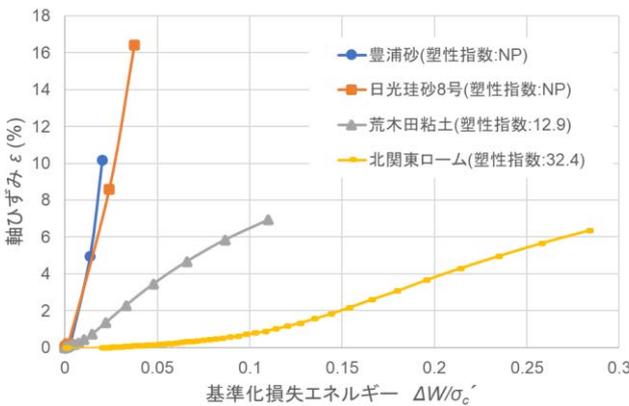


図 3 軸ひずみと基準化損失エネルギーの関係

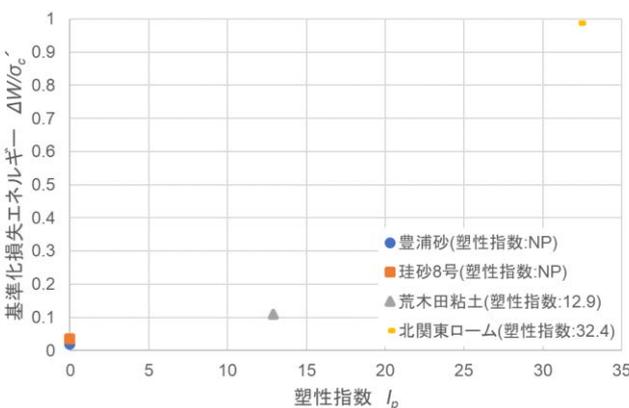


図 4 基準化損失エネルギーと塑性指数の関係

7. 考察

一連の液状化試験から以下の考察をした。図 3 より、塑性指数 I_p が小さいほど損失エネルギー $\Delta W/\sigma'_c$ と軸ひずみ ε のグラフの傾きが大きくなったことから塑性指数 I_p が小さいほど蓄えられるエネルギーの絶対量が小さく、絶対量を超えた分が軸ひずみ ε に変換されたのではないかと考えられる。図 4 の結果では塑性指数 I_p が大きくなるにつれて液状化試験終了時までに蓄えられるエネルギーが大きくなることから塑性指数 I_p が小さいほど粒子同士が離れやすくなって有効応力が消失しやすくなり、結果としてエネルギーを蓄えにくいのではないかと考えられる。しかし、本研究だけではサンプル数が少ないため、引き続きサンプル数を増やしていくことが必要だろう。

8. まとめ

本研究より塑性指数 I_p が大きくなるにつれて液状化に至るまでの基準化損失エネルギー $\Delta W/\sigma'_c$ は大きくなるという結果が得られた。塑性指数 I_p と基準化損失エネルギー $\Delta W/\sigma'_c$ の間には正の相関関係があることを示した。したがって、基準化損失エネルギー $\Delta W/\sigma'_c$ を根拠にした塑性指数 I_p による粘性土地盤を対象とした液状化判定の区分を新たに作成できることが示唆された。

参考文献

- 1) 日本道路協会:道路示方書・同解説V耐震設計編 2012
(https://committees.jsce.or.jp/sekou05/system/files/%e2%91%a0%e9%81%93%e8%b7%af%e6%a9%8b%e7%a4%ba%e6%96%b9%e6%9b%b8_1.pdf)
閲覧日 2021年12月4日
- 2) 中村晋他: 2011年東北地方太平洋沖地震による福島県中通りおよびいわき地域における地盤災害-造成盛土や自然斜面の崩壊と変状, および液状化-
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgs/7/1/7_1_91/_pdf/-char/ja) 閲覧日 2021年12月4日
- 3) 吉本憲他: 2000年鳥取県西部地震で液状化した細粒度の諸特性について
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1984/2002/722/2002_722_85/_pdf/-char/ja)
閲覧日 2021年12月4日
- 4) 國生剛治: エネルギーによる液状化判定法の適用検討とFL法との対比
(https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgs/8/3/8_463/_pdf/-char/ja) 閲覧日 2021年12月4日