

III - A 67

定ひずみステップ載荷試験によるまさ土の液状化強度評価

○東北大学大学院工学研究科 学生員 加賀谷俊和  
 東北大学大学院工学研究科 正会員 風間 基樹  
 東北大学大学院工学研究科 正会員 柳澤 栄司

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、まさ土の液状化特性に工学的関心が寄せられ、数多くの研究が精力的に行われている。まさ土は花崗岩の風化残積土であるために細粒分から礫分までの粒子が混在することで知られる。これまで液状化の検討対象とされてきた粒径の均一な砂の液状化強度との違いを明らかにする必要があると考えられる。

本研究では材料としての靱性を考慮するという視点から累積損失エネルギーの考えを取り入れた液状化強度の考察<sup>1)</sup>に基づき液状化強度の評価を行った。また、砂質土に見られるダイレイタンス特性による剛性回復を把握するために段階的にひずみレベルを変えるステップ載荷法の定ひずみ繰返し三軸試験を採用した。ここでは礫分を取り除いた再構成まさ土試料と豊浦標準砂を用いて両者の液状化特性について比較を行った。

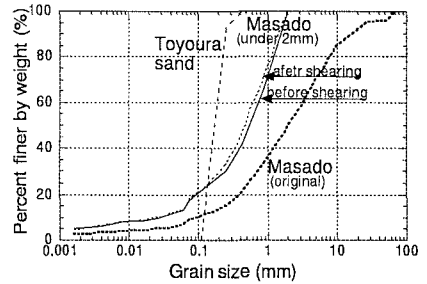


図1. 粒径加積曲線

2. 試料および試験方法

試料には、豊浦標準砂とポートアイランドの埋立まさ土(2mmふるい通過分)を使用した。それぞれの粒度分布を図1に、物理特性を表1に示す。供試体(5cmφ×10cm)の作成は、乾燥した試料を3層に分けて空中落下させた。そして締固めに必要とされるエネルギーが把握できるように、各層ごとに重さ22gの鉄球を10cmの高さから落下させて所定の相対密度になるように締固めた。豊浦砂の比較的高い相対密度の試料に関しては小型ハンマーで打撃することにより作成した。この様な供試体にCO<sub>2</sub>を十分に通気させ脱気水を通水してから背圧0.1もしくは0.2MPaを加え、B値0.95以上の飽和供試体を得た。試験は拘束圧0.1MPaで等方圧密を行った後、振動数0.1Hzの正弦波を用いて定ひずみステップ載荷による非排水繰返し三軸試験を行った。試験に用いた供試体の諸元は表2のとおりである。

ステップ載荷において与えたひずみレベルは、せん断ひずみ両振幅0.7%~20%の範囲で6段階に変化させた。各ひずみレベルで消費できるエネルギーの上限値に達するまで繰返し載荷を行った。上限値が現れない場合は載荷回数100回になったところで次のステップに進めた。

表1 試料の物理特性

	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	D <sub>50</sub> (mm)	e <sub>max</sub>	e <sub>min</sub>	細粒分
まさ土	2.644	0.57	1.045	0.535	18%
豊浦砂	2.64	0.1-0.25	0.967	0.596	0%

表2. 試験条件

まさ土				豊浦砂			
No.	Dr <sub>i</sub> (%)	Dr(%)	N	No.	Dr <sub>i</sub> (%)	Dr(%)	N
MS1	20	40	0	TY1	6	10	0
MS2	37	51	0	TY2	18	18	0
MS3	41	51	0	TY3	36	37	15
MS4	54	68	2	TY4	38	38	60
MS5	72	83	5	TY5	45	47	100
MS6	68	79	10	TY6	46	48	200
MS7	70	80	10	TY7	56	57	*
MS8	75	77	15	TY8	72	73	*
MS9	75	88	15	TY9	78	80	*
MS10	76	86	20	TY10	79	81	*

Dr<sub>i</sub>: 乾燥状態での初期相対密度  
 Dr: 圧密後の相対密度  
 N: 一層あたりの重り落下回数  
 \*小型ハンマーによる締固め

3. 試験結果

1) 締固めエネルギーと間隙比の関係

まさ土は良質な粒度分布であることから締固めやすい土であるとされている。図2にそれぞれの試料の乾燥

キーワード: まさ土, 液状化, 定ひずみステップ載荷試験

連絡先(〒980-8579仙台市青葉区荒巻字青葉, Tel 022-217-7438, Fax 022-217-7435)

状態における鉄球の落下回数と間隙比の関係を示す。同じ落下回数を与えた場合、例えば100回でまさ土はほぼ最小間隙比に近くなるのに対し、豊浦砂は相対密度で50%程度にしか締固まらない。まさ土は豊浦砂と比較して明らかに締固めやすい土である。

2) まさ土の液状化強度

図3は各ひずみレベルで貯えられる累積損失エネルギーを表している。各ひずみレベルにおける累積損失エネルギーを比較すると、ひずみレベルが大きくなるにしたがって貯えられるエネルギーが大きくなることからわかる。これは、ひずみが増大するとダイレイタンス特性によって剛性が回復していることを示している。また、まさ土は、ひずみレベルの変化に伴うエネルギー消費能力の増加傾向が豊浦砂に比べて小さいことがわかる。これは、まさ土が豊浦砂に比べて大きなひずみレベルでの剛性回復傾向が小さいことを示している。

図4は相対密度とせん断ひずみ両振幅1.5%のステップまでに貯えられる累積損失エネルギーの関係を示したものである。豊浦砂には相対密度の増加に従い貯えられるエネルギーが急激に増加する傾向が見られる。一方、まさ土は相対密度40%~88%の範囲内ではこの傾向が顕著に見られない。これは、まさ土を締固めるのに必要なエネルギーが小さいことに関連していると考えられる。また、まさ土の液状化強度は豊浦砂の相対密度60%~70%の範囲に相当しており、畑中ら<sup>2)</sup>の行った定応力の通常の三軸試験結果とほぼ同じ結果となった。

4. まとめ

ステップ載荷法による定ひずみ繰返し三軸試験から得られた累積損失エネルギーを用いてまさ土の液状化特性について以下のような結論を得た。

- 1) まさ土は小さなエネルギーで締固めることができ、同程度の小さな締固めエネルギーであれば、豊浦砂に比べて累積損失エネルギーの上限が高い。これは最初にまさ土が持っている液状化強度が豊浦砂より高いことを意味する。しかしながら、ひずみが大きくなったときのダイレイタンスによる剛性回復性能の少ない土であり、液状化に対する靱性が小さい土であると言える。
- 2) まさ土の累積損失エネルギーの上限値は豊浦砂と異なり相対密度の増加に依存しない特性を有している。

〈参考文献〉

- 1) 風間基樹・柳澤栄司・増田昌昭：定ひずみ繰返し三軸試験による液状化強度評価の可能性、土と基礎、Vol.46, No.4, pp.21~24, 1998.
- 2) Hatanaka, M., Uchida, A. & Ohara, J.: Liquefaction characteristics of a gravelly fill liquefied during the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, *Soils and Foundations*, Vol.37, No.3, pp.107-115, 1997.

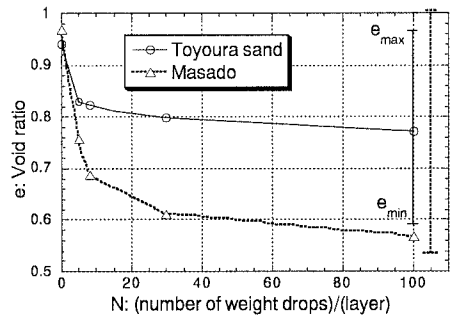


図2 締め固めエネルギーと間隙比の関係

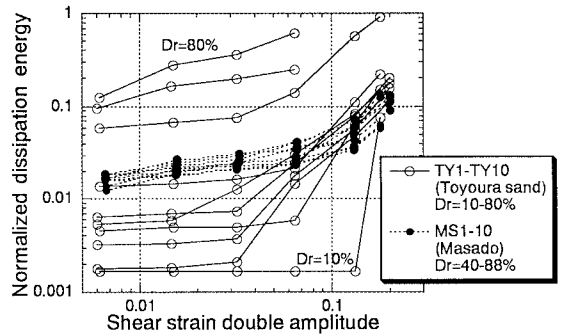


図3 せん断ひずみと累積損失エネルギーの関係

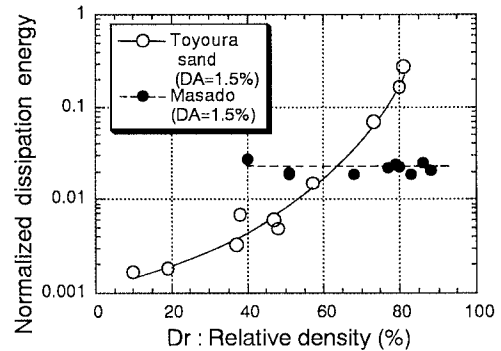


図4 相対密度と累積損失エネルギーの関係