

液状化指数を用いた砂の静的液状化特性の比較

立命館大学大学院 学生会員 ○武石 雅行
立命館大学工学部 正会員 竹下 貞雄
立命館大学大学院 学生会員 林 正一

1. まえがき

今回著者らは、物理的性質の異なる2種類の砂について非排水条件で三軸圧縮試験を行い、Steady State LineとLiquefaction Index（液状化指数）を用いて砂の液状化特性を評価した。このうち、九十九里浜砂についてはすでに発表済みである¹⁾ので、ここでは腰越砂について述べ、さらにこの2つの砂について比較したので報告する。

2. 実験概要

試料は腰越砂と九十九里浜砂を用いた。その物理的性質を表-1に、粒度分布を図-1に示す。供試体寸法は直径5cm、高さ10cmとし、約0~90%のいろいろな相対密度(Dr)を用いて実験を行った。CO₂と脱気水を通し、供試体を飽和させた後、バックプレッシャーを3kgf/cm²かけることにより、ほぼ100%に近いB値を得ることができた。

載荷試験は所定の等方側圧で圧密を行った後、非排水条件下で、ひずみ速度1%/minで連続的に供試体を圧縮し、軸変位量が30mmになるまで行った。

3. 実験結果および考察

3.1 Steady State Line

Liquefaction とは、間隙水圧が増加し、有効応力がSteady State Line 上まで減少する状態のことをいう。応力経路上の平均有効主応力が最小となるときの Steady State（定常状態）とし、圧密後の間隙比 e_c と最小平均有効主応力 $p'_{ss} = (\sigma'_1 + 2\sigma'_3) / 3$ との関係をプロットすることにより Steady State Line を求めた。

図-2はこの2つの砂の Steady State Line である。これによると九十九里浜砂のほうが腰越砂より左下に位置することから、九十九里浜砂のほうが液状化しやすい砂であることがわかる。また、Quick Sand が発生する最小間隙比 e_c は九十九里浜砂では0.801で腰越砂では1.041となった。

3.2 Liquefaction Index (L.I.)

図-3は正規化応力経路と間隙比 e_c の関係を三次元的に表している。この正規化応力経路は軸差応力 q' と平均有効主応力 p' を p'_{ss} で除しているため、側圧や供試体の状態に関係なく比較できる。これによると流動性が大きな供試体ほど正規化応力経路における破壊点B (p' / p'_{ss} , q' / p'_{ss})の成分

	九十九里浜砂	腰越砂
Gs	3.031	2.709
D ₅₀ (mm)	0.26	0.20
U _c	2.07	1.54
U' _c	0.98	0.98
e _{max}	0.808	1.081
e _{min}	0.512	0.677

表-1 試料の物理的特性

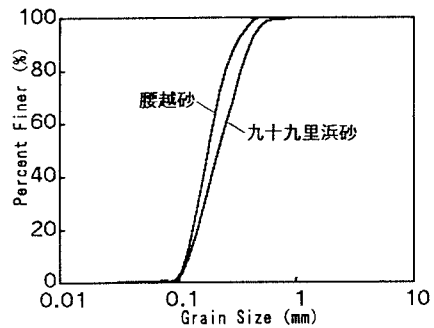


図-1 粒径加積曲線

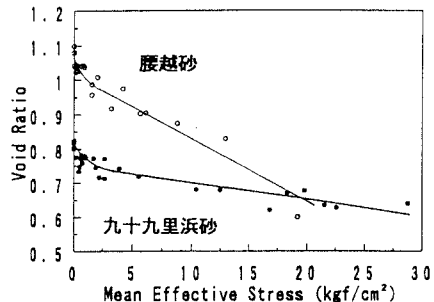


図-2 Steady State Line

は大きくなる。また、Steady State はM点（1, M_0 ）で表した。この2点を結んだ直線BMは、Collapse Surface といわれ、軸差応力と平均有効主応力の損失を合成したものである。

そこで、著者らはこの空間で表される Collapse Surface 上で、後で述べる限界間隙比 e_1 から Quick Sand が発生した最小間隙比 e_q で囲まれる面積（図-3の斜線部分）をLiquefaction Index（L.I.）と定義することにより液状化傾向をより総括的に表わせると考えた。L.I.の値が大きい砂ほど流動性が高くなっており、すなわち液状化しやすいことを示している。

Collapse Surface が存在する間隙比の範囲を求めるために、B点での最大軸差応力 q_{max} とM点での最小軸差応力 q_{min} の比を $R_q (= q_{min}/q_{max})$ と定義した。図-4には腰越砂について、 R_q と圧密後の間隙比 e_e の関係をプロットし、最小自乗法で一次近似したものを示す。 $R_q = 1$ のときが流動挙動と非流動挙動の境界であると考え、腰越砂の限界間隙比 e_1 は0.914となった。なお九十九里浜砂の e_1 は0.726であった¹⁾。

図-5はL.I.を求めるために、腰越砂の正規化応力経路におけるBMの距離とそれに対応する間隙比 e_e をプロットし、最小自乗法でべき乗近似したものである。

以上のことより腰越砂のL.I.を求めると、

$$L.I. = \int_{e_1}^{e_q} Y dX = \int_{0.914}^{1.041} 3.1X^{14.6} dX = 0.323$$

となった。また九十九里浜砂のL.I.は、

$$L.I. = \int_{e_1}^{e_q} Y dX = \int_{0.726}^{0.801} 6.2 \times 10^5 X^{43.5} dX = 0.708$$

であった¹⁾。

よってL.I.が大きい九十九里浜砂の方が腰越砂より液状化しやすい砂であると考えられる。

4. 結論

- (1) Steady State Line において九十九里浜砂の方が腰越砂より左下に位置することより、九十九里浜砂の方が液状化しやすい。
- (2) L.I.によって砂の液状化傾向を総括的に表すことができ、腰越砂ではL.I.=0.323という値が得られた。
- (3) 九十九里浜砂のL.I.の値が腰越砂のそれを上回っており、液状化しやすい。このことはSteady State Line による比較と一致した。

参考文献

- 1) 武石、竹下：”九十九里浜砂の液状化指数について”，平成7年度土木学会関西支部年次学術講演概要（投稿中），1995.5.

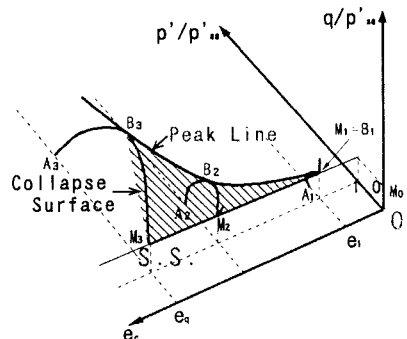


図-3 Collapse Surface

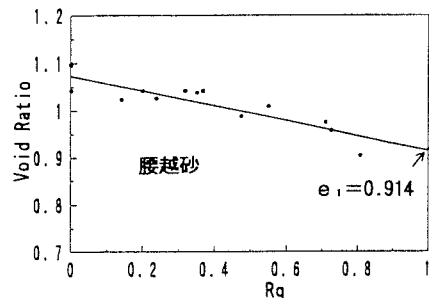


図-4 R_q と間隙比の関係

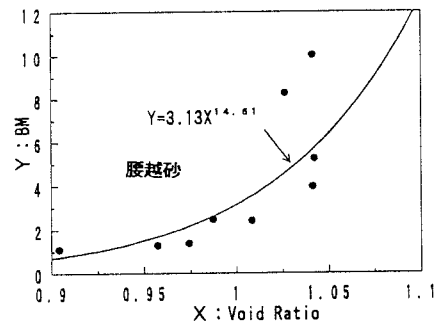


図-5 BM-e面におけるCollapse Surface