

III-A 35

液状化指数による砂の液状化特性の比較

立命館大学大学院 学生会員 ○林 正一
立命館大学理工学部 正会員 竹下 貞雄

1. まえがき

今回著者は、物理的性質の異なる腰越砂（神奈川県）と吉田砂（静岡県）について非排水条件で三軸圧縮試験を行い、Steady State Lineを求めるとともに、Sladen¹⁾のCollapse Surfaceの考え方を応用することによって得られたLiquefaction Index（液状化指数）を用いて砂の液状化特性を比較したので報告する。

2. 実験概要

試料は腰越砂と吉田砂を用いた。その物理的性質をTable 1に、粒度分布をFig.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をSteady State（定常状態）とし、圧密後の間隙比 e_0 と最小平均有効主応力 $p'_{..} = (\sigma'_1 + 2\sigma'_3) / 3$ との関係をプロットすることによりSteady State Lineを求めた。

Fig.2はこの2つの砂のSteady State Lineである。これによると吉田砂のほうが腰越砂より下方に位置することから、吉田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_0 は腰越砂では1.041で吉田砂では0.980となった。

3.2 Liquefaction Index (L.I.)

Fig.3は正規化応力経路と間隙比 e_0 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 $p'_{..}$ 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 ($p' / p'_{..}$, $q' / p'_{..}$)の成分は大きくなる。また、Steady StateはM点(1, M_0)で表した。

Table 1 Index Properties

	腰越砂	吉田砂
G_s	2.709	2.660
D_{10} (mm)	0.13	0.12
D_{20} (mm)	0.16	0.15
D_{30} (mm)	0.20	0.19
U_c	1.54	1.52
e_{min}	1.106	0.994
e_{max}	0.677	0.605

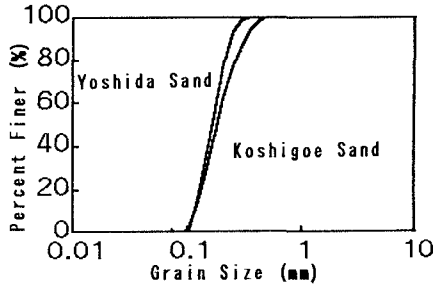


Fig. 1 Grain Size Accumulation Curve

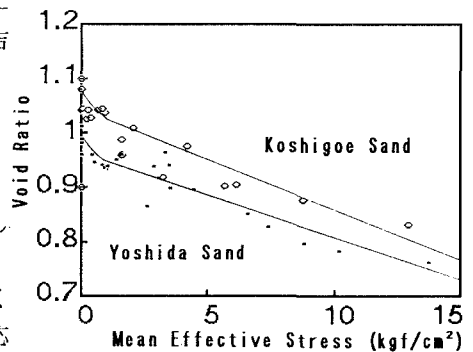


Fig. 2 Steady State Line on e-p' Space

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_0 で囲まれる面積 (Fig.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合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 $Rq (= q_{min} / q_{max})$ と定義した。Fig.4には腰越砂と吉田砂について、 Rq と圧密後の間隙比 e_0 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。 $Rq=1$ のときに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となり、吉田砂の e_1 は0.810であった。

Fig.5とFig.6はL.I.を求めるために、腰越砂と吉田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_0 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、

$$L.I. = \int_{e_1}^{e_0} Y dX = \int_{0.914}^{1.041} 3.1 X^{14.6} dX = 0.323$$

また吉田砂のL.I.は、

$$L.I. = \int_{e_1}^{e_0} Y dX = \int_{0.810}^{0.980} 6.34 X^{11.52} dX = 0.357$$

となる。

よってL.I.が大きい吉田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 において吉田砂の方が腰越砂より下方に位置することより、吉田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合的に表すことができ、腰越砂では0.323で吉田砂では0.357という値が得られた。
- (3) 吉田砂の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) J.A.Sladen et al: Liquefaction of Sands, a Collapse Surface Approach, Can. Geotech. j., Vol. 22, p. 564-578, (1985)

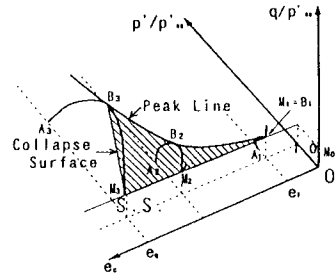


Fig. 3 Collapse Surface on $e-p'/p'..-q/p'..$ Space

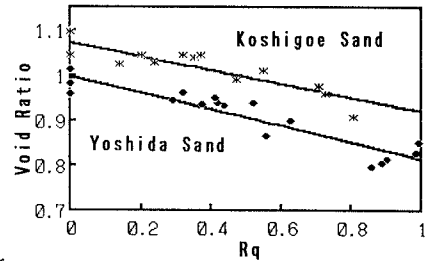


Fig. 4 Relationships between Rq and Void Ratio

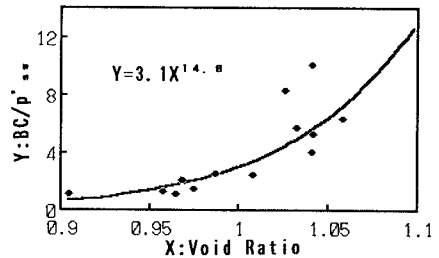


Fig. 5 Collapse Surface on $BC/p'..-e$ Space for Koshigoe Sand

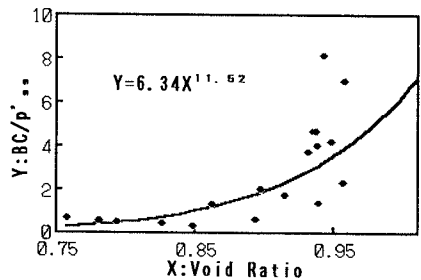


Fig. 6 Collapse Surface on $BC/p'..-e$ Space for Yoshida Sand