

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

1. はじめに

これまで著者らは、Steady State Line や液状化ポテンシャルを用いて静的液状化の起こり易さを判定してきた。しかし、液状化ポテンシャルではよく似た二つの砂について液状化の起こり易さを明確に比較することができなかった。そこで昨年度、Sladen¹⁾のCollapse Surface の考えを応用することによってLiquefaction Index (液状化指数)を提案し、これを用いて砂の液状化特性の評価を行った。今回その続報として、千葉県九十九里浜で採取した海砂についてCU試験を行い、Steady State Line、Liquefaction Index を求めたので報告する。

2. 実験概要

試料は千葉県九十九里浜で採取した海砂で、よく水洗いした後、2mmふるい通過分を用いた ($G_s=3.031$, $D_{50}=0.23\text{mm}$, $U_c=2.07$, $U_c=0.98$, $e_{\max}=0.808$, $e_{\min}=0.512$)。土質工学会基準による粒度分布をFig. 1に示す。粒度は均等であるが、砂鉄が含まれているために比重が大きくなっている。

供試体は、主にWet Tamping法²⁾によって作製した非常にゆるい供試体 ($Dr \approx 0\%$)を用いた。供試体を飽和させるために、 CO_2 、脱気水を通し、バックプレッシャーを 3kgf/cm^2 加えることによりB値は97%以上得られた。圧縮試験は、ひずみ速度 $1\%/mm$ で、軸変位量が 26mm になるまで行った。

3. 実験結果および考察

3.1 Steady State Line

液状化とは砂地盤中の間隙水圧が増加し、有効応力がSteady State Line 上まで減少する状態を言う。Fig. 2は圧密後の間隙比 e_c とSteady State 時の平均有効主応力 p'_{ss} の関係をプロットし、Steady State Lineを求めたものである。ここで p'_{ss} は最小平均有効主応力である。九十九里浜砂のSteady State Line は最大間隙比付近を切片とし、平均有効主応力が 4kgf/cm^2 付近まで曲線となり、それ以降は直線で表される。なお、九十九里浜砂ではQuick Sand が発生する最小間隙比 e_c は 0.801 であり、土質工学会基準による最大間隙比 $e_{\max}$ ($=0.808$)に近い値となった。

3.2 Liquefaction Index (L.I.)

Fig. 3は軸差応力 q と平均有効主応力 p' で表される応力経路を p'_{ss} で除して正規化したものである。これにより側圧や供試体の状態に関係なく応力経路が比較できる。この図によると流動性が高い供試体ほど正規化応力経路における破壊点B

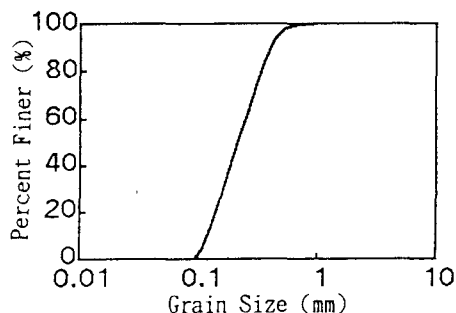


Fig. 1 Grain Size Accumulation Curve

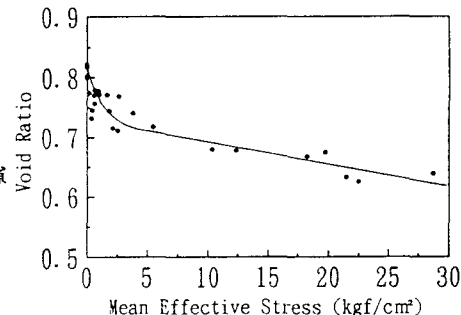


Fig. 2 Steady State Line

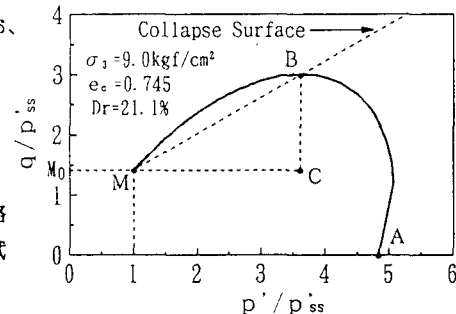


Fig. 3 Normalized Stress Path

Masayuki TAKEISHI, Sadao TAKESHITA

(p'/p'_{ss} , q/p'_{ss}) の値は大きくなる。また、Steady State はM点 (1, M_0) で表される。九十九里浜砂について M_0 の平均値を求めると $M_0=1.39$ であった。

Fig. 3において、BCは軸差応力の損失を表わし、CMは平均有効主応力の損失を表わすことから、BMはこれら2つの応力を合成した損失である。Sladen¹⁾はBMをCollapse Surfaceとし、BMの距離をもって非排水破壊が評価できるとしている。また、Collapse Surface は破壊点とSteady State を直線で結んでいることから液状化特性を評価するのに有効であると考えられる。

ここで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 Rq と圧密後の間隙比 e_c との関係のプロットし、最小自乗法で一次近似したものを示す。 $Rq = 1$ の時が流動挙動と非流動挙動の境界であると考え、このときの限界間隙比 e_l は0.726となった。

Fig. 5は正規化応力経路と間隙比 e_c の関係を3次的に表わしたものである。この空間上で表されるCollapse Surface上で、先ほど求めた限界間隙比 e_l からQuick Sand が発生した最小間隙比 e_0 で囲まれる面積 (Fig. 5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総括的に表わせると考えられる。この値が大きいくほど流動性が高いことを示す。したがってL. I. の値が大きいくほど液状化しやすいことを示している。

L. I. を求めるために、正規化応力経路におけるBMの距離とそれぞれの間隙比 e_c をプロットし最小自乗法でベキ乗近似したものがFig. 6である。これよりL. I. を求めると、

$$L. I. = \int_{e_l}^{e_0} Y dX = \int_{0.726}^{0.801} 6.2 \times 10^5 X^{43.5} dX = 0.708$$

となった。

4. 結論

今回、九十九里浜砂についてCU試験を行った結果、以下のような結論が得られた。

- (1) 九十九里浜砂ではQuick Sand が発生する最小間隙比 e_0 は0.801 であった。これは土質工学会基準で定義されている最大間隙比 $e_{max} (=0.808)$ に近い値である。
- (2) 液状化傾向を総括的に表すことができるL. I. の値は九十九里浜砂では0.708 であった。

参考文献

- 1) J.A.Sladen, R.D.D'Hollander, J.Krahn : "The Liquefaction of Sand, a Collapse Surface Approach", Canadian Geotechnical Journal, Vol.22, pp564-578, 1985.
- 2) 竹下, 武石, 玉田 : "非常にゆるい砂の供試体の作製", 立命館大学理工学研究所TECHNICAL REPORT, No.94001, 1994.

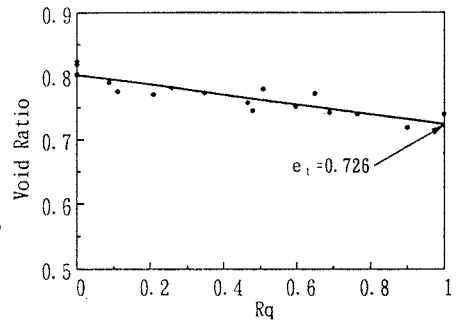


Fig. 4 Relationships between Rq and Void Ratio

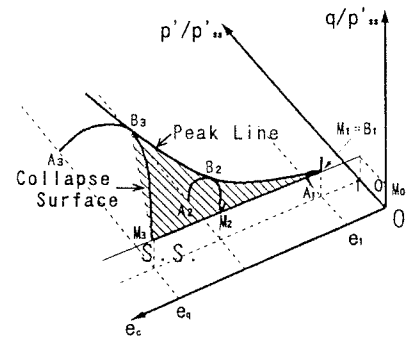


Fig. 5 Collapse Surface on $e-p'/p'_{ss}-q/p'_{ss}$ Space

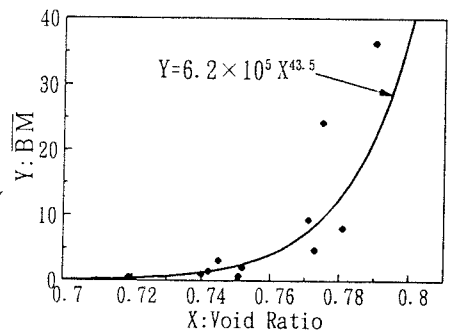


Fig. 6 Collapse Surface on $BM-e$ Plane