

神戸大学大学院 学生員 ○川嶋 篤司 立命館大学理工学部 正会員 竹下 貞雄
立命館大学大学院 学生員 林 正一 銭 高 組 (株) 細野 順平

1. まえがき

今回著者らは銭函砂 (北海道) について非排水三軸圧縮試験を行い、Steady State Line を求めるとともに、Sladen の Collapse Surface の考え方を応用することによって得られる Liquefaction Index (液状化指数) を求めた。また、以前に本会で報告した三国砂 (福井県) との液状化特性を比較したので報告する。

2. 試験概要

試料は銭函砂を用いた。比較のために銭函砂と三国砂の粒土分布及び物理的性質を Fig.1, Table 1 に示す。

供試体寸法は直径5 cm、高さ10cmとし、相対密度(Dr)-10~90 %の供試体を作製した。CO₂と脱気水を通し、バックプレッシャー3kgf/cm²をかけることにより飽和させ、ほぼ100%近くのB値を得ることができた。

所定の等方側圧で圧密を行ったあと、非排水条件の下、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になるまで載荷試験を行った。

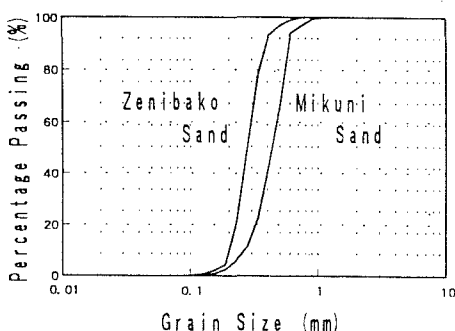


Fig.1 Grain Size Accumulation Curve

Table 1 Property Index of Sands

	Gs	e _{max}	e _{min}	D ₁₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	U _c	U _c '
銭函砂	2.678	1.159	0.715	0.199	0.241	0.296	1.485	0.987
三国砂	2.735	1.059	0.636	0.262	0.362	0.473	1.799	1.052

3. 試験結果及び考察

3.1 Steady State Line

Liquefaction とは、間隙水圧が増加して有効応力が Steady State Line 上まで減少する状態のことをいう。Stress Path において平均有効主応力が最小になる点を Steady State (定常状態) とし、圧密後の間隙比 e_cと最小平均主応力 $p'_{ss}=(\sigma_1'+2\sigma_3')/3$ との関係をプロットすることにより Steady State Line を求めた。

Fig.2 は二つの砂の Steady State Line である。これによると銭函砂は三国砂より上方に位置するため、銭函砂より三国砂の方が液状化しやすいといえる。また、Quick Sand が発生する最小間隙比は銭函砂 1.084、三国砂 1.007 であった。

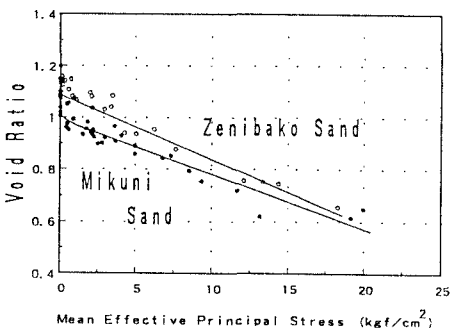


Fig.2 Steady State Line

3.2 Liquefaction Index (液状化指数)

Fig.3 は p'_{ss} で正規化された応力経路と圧密後の間隙比 e_c の関係を表したグラフである。正規化応力経路は平均有効主応力 p' と軸差応力 q を p'_{ss} で除しているの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の大きな供試体ほど破壊点 B (p'_{peak}/p'_{ss} , q_{peak}/p'_{ss}) の成分は大きくなる。また Steady State 点 M は $(1, M_0)$ で表され、 M_0 の平均値は銭函砂 1.511、三国砂 1.506 であった。

この三次元空間において、破壊点 B と Steady State 点 M の距離を限界間隙比 e_1 から Quick Sand が発生する最小の間隙比 e_2 まで積分して得られる面積を Liquefaction Index (L.I.) といい、距離 BM は平均有効主応力と軸差応力の損失を合成したものであるため、この値が大きい程液状化しやすい。

Fig.4 は圧密後の間隙比 e_c と $R_q (=q_{ss}/q_{peak})$ の関係を示したグラフであり、 $R_q = 1$ のときの e_c が限界間隙比 e_1 となる。これによると e_1 の値は銭函砂 0.996、三国砂 0.884 であった。

Fig.5 は圧密後の間隙比 e_c と正規化応力経路の BM の距離をプロットしたグラフである。それぞれの砂についてべき乗近似し、前述の e_1 から e_2 の範囲で積分したものを次式に示した。

$$\text{銭函砂 } L.I. = \int_{0.996}^{1.084} 0.76x^{2.30} = 0.073$$

$$\text{三国砂 } L.I. = \int_{0.884}^{1.007} 6.18x^{17.24} = 0.348$$

よって銭函砂より三国砂の方が液状化しやすいといえる。

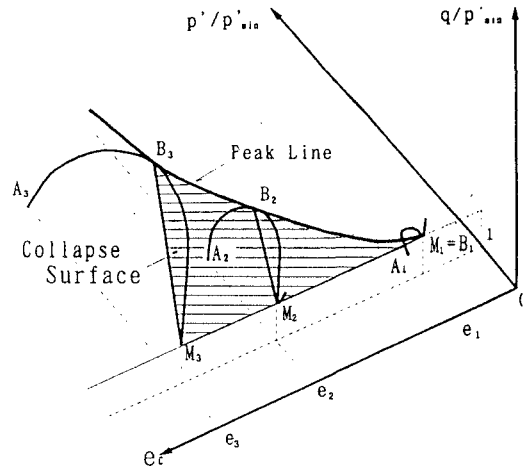


Fig.3 Collapse Surface

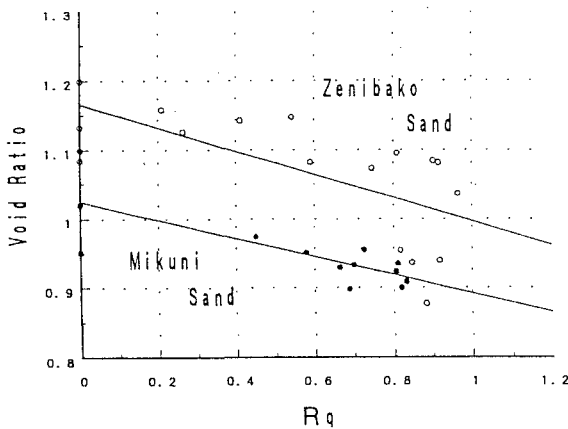


Fig.4 $e_c - R_q$

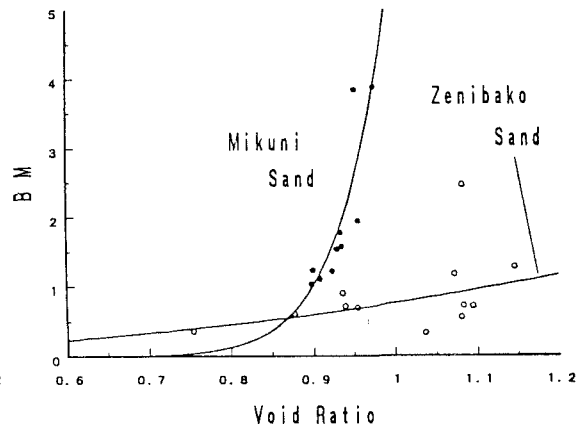


Fig.5 $BM - e_c$

4. 結論

上述の方法により、以下のことが分かった。

- (1) Steady State Line により、上方に位置する銭函砂より下方に位置する三国砂の方が液状化しやすい。
- (2) 正規化応力経路における M_0 の平均値は、銭函砂 1.511、三国砂 1.506 であった。
- (3) Quick Sand が発生する最小の間隙比 e_2 の値は、銭函砂 1.084、三国砂 1.007 であった。
- (4) L.I. による方法により、銭函砂 $L.I.=0.073$ 、三国砂 $L.I.=0.348$ であるため、値の大きい三国砂の方が液状化しやすい。