

Ⅲ - A64

相対密度による砂の静的液化化特性

立命館大学大学院 学生会員 小伊豆俊博

立命館大学理工学部 正会員 竹下 貞雄

1. はしがき

砂は土構造物の建設に最も経済的で、作業性のよい材料である。しかし、砂の状態によってはせん断力によって液化化する欠点を持っている。したがって、建設材料として用いる場合には、まず液化化しにくい砂を用いる必要がある。砂の液化化特性の大小を示す指標としてはいろいろな方法が提案されているが、ここでは相対密度を用いた評価方法について報告する。

2. 評価方法

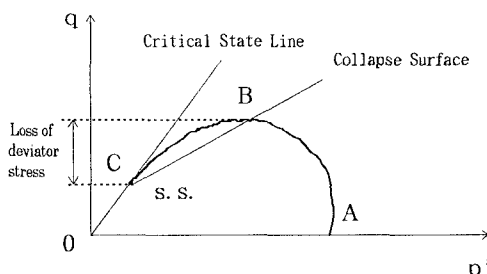


Fig. 1 Stress path of very loose sand

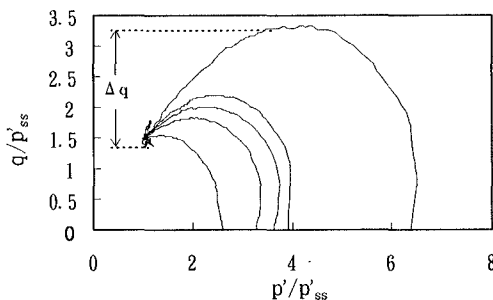


Fig. 2 Normalized stress paths

水で飽和したゆるい供試体を用いて行った三軸圧縮試験の結果を p' - q 平面 ($p' = (\sigma'_1 + 2\sigma'_3)/3$, $q = \sigma'_1 - \sigma'_3$) で示すと Fig. 1 のような応力経路が得られる。すなわち q の値は A 点から徐々に増加して B 点で最大値に達し、そのあと C 点に向かって減少し、C 点で定常状態に達する。原点 0 と C 点を結ぶ直線は限界状態曲線と言う。なおクイックサンドの応力経路はこの限界状態曲線に限りなく近づきながら、原点 0 に達する。Fig. 2 は他の砂と比較するために、 q/p'_{ss} - p'/p'_{ss} 平面 (p'_{ss} は定常状態に達した時の平均有効主応力) で示した正規化された応力経路である。この図から、圧密時の間隙比が大きい程、大きい弧を描き、かつ、すべての曲線が一点 M に集まることがわかる (Sladen, 1985)。したがって、この弧の最高点と M 点との縦軸の差 Δq はその砂の軸差応力減少を示し、ゆるい砂程大きいことを示すので、これによって砂の液化化特性の大小を評価しようとするものである。

3. 試験方法

Table 1 Index properties of sands

	Mikuni	Tottori	Wada
G _s	2.735	2.643	2.745
D ₁₀	0.12	0.18	0.11
D ₃₀	0.21	0.25	0.14
D ₆₀	0.34	0.30	0.24
U _c	2.83	1.67	2.18
U' _c	1.08	1.16	0.74
e _{max}	1.059	1.008	1.088
e _{min}	0.636	0.638	0.619

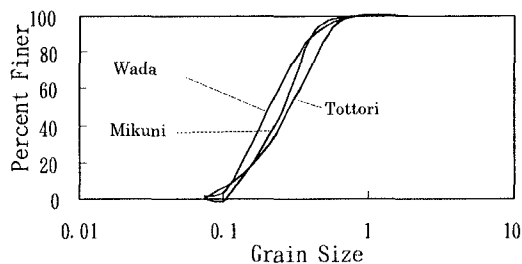


Fig. 3 Grain size distribution curves

砂の液化化、砂のせん断、応力経路、相対密度

〒525 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 TEL 0775-66-1111 FAX 0775-61-2667

試験に用いた砂は三国砂（福井県）、鳥取砂（鳥取県）、及び和田砂（福井県）の三つで、これらの砂の物理的性質、及び粒径加積曲線はそれぞれ Table 1 及び Fig. 3 に示した。鳥取砂は石英、長石が主体であるので薄茶色を呈するのに対し、三国砂と和田砂は石英と長石のほか、磁鉄鉱をかなり含んでいるので、黒味を帯びている。砂はすべて水洗いをし、乾燥させたあと 2mm ふるいの通過分を用いた。

供試体の作製はゆるい供試体については 10% の含水比で湿らせた砂をモールド内に詰める方法（WT 法）を用い、締まった供試体については乾いた砂を漏斗にうけて静かにモールド内に落下させる方法（DD 法）、必要に応じてさらに、モールドの外側から軽くたたくことで、必要な相対密度が得られるようにした。供試体の寸法は直径 50mm、高さ 100mm である。

試験機は液状化用に特別に設計した試験機を用い、試験方法は圧密については等方圧密による荷重制御方式、圧縮についてはひずみ制御方式（速度 1mm/分）による非排水条件で最大圧縮量は 30mm まで行なった。

4. 試験の結果

Fig. 4 には三国の砂の正規化された応力経路を示した。これらの曲線から第 2 節で述べた Δq の値を求め、 $\Delta q - D_r$ （相対密度）平面にプロットしたのが Fig. 5 である。この図には近似曲線も描かれている。この曲線は $D_r = 0$ で $\Delta q = \infty$ 、 D_r が限界状態のとき $\Delta q = 0$ を満たす関数として三角関数

$$\Delta q = \alpha \tan \left\{ \frac{\pi}{2} \left(\frac{D_0 - D_x}{D_0} \right) \right\}$$

で近似したものである。ここで、 α は常数、 D_0 は実験値による限界間隙比での相対密度、 D_x は任意の間隙比での相対密度である。また、 $\Delta q = \infty$ はクイックサンドの場合を示し、 D_r の値として Table 1 の最大間隙比での相対密度をとった。

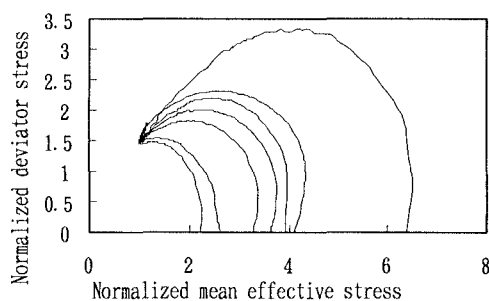


Fig. 4 Normalized stress paths (Mikuni)

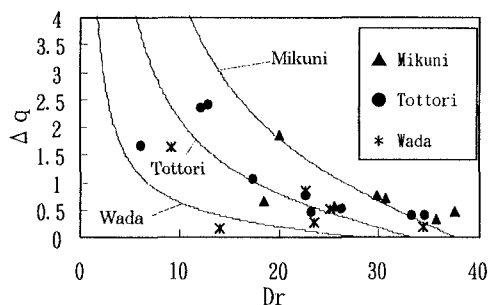


Fig. 5 Relationships between Δq and D_r

その理由は三つの砂についてクイックサンドが生じたときの間隙比と Table 1 の最大間隙比との比の平均が 0.947、他の文献でも 0.95 (Verdugo, 1991) とほとんど差がないところから、一般性のある最大間隙比を用いることにした。同様にして他の二つの砂についても実験結果と近似曲線が示されている。これらのことから次のことがわかった。

- (1) 相対密度が同じであれば、一番液状化しやすいのは三国の砂次いで鳥取の砂、和田の砂の順になる。
- (2) 静的液状化を起こす最大相対密度は 40% 以下と推定される。

参考文献

- Sladen, J. A. et al (1985): The liquefaction of sands, a collapse surface approach, Can. Geotech. J., Vol. 22, 564-578
- Verdugo, R. et al (1991): Characterization of the undrained behavior of sandy soils, 1st. Symp. On Natural Disaster Reduction and Civil Eng., JSCE, 287-296