

細粒土を含む砂の液状化における間隙圧上昇過程

大分高専 正 ○ 長友八郎
大分高専 正 工藤宗治
大分高専 佐藤 栄

1. まえがき

筆者達は液状化における間隙圧上昇の基礎的な方程式及び解析のモデルを提案し、砂質土についてそのモデルの特性を調べた¹⁾²⁾。ここでは細粒土を含む砂について液状化実験を行ない、細粒分を含むことが間隙圧上昇過程に及ぼす影響などについて考察する。

2. 実験試料及び実験方法

原砂の山砂を粒径0.074mm以下の細粒分とそれ以上の砂分に分けて、両者の混合比を変えて混合し実験の試料とした。原砂の山砂の粒土分布を図1に示す。実験は繰り返し三軸試験によって行い、供試体の寸法は直径約5cm、高さ約12.5cmである。砂試料の試験で通常行なわれているように空中落下法によって試料を詰め、炭酸ガス置換・脱気水の通水によって飽和化した。細粒分含有率Pを変化させて5種類の試料と、比較のために標準砂についても実験を行なった。

Pが70%以上になると脱気水の通水が困難になった。各試料の物理的性質などを表1に示す。

Pが40%以上になると落下高よりはむしろ拘束圧によって密度が決まる傾向が認められたので、15×2.5mmのスリットから落下高39cmで試料を落下させて、有効拘束圧が0.5kgf/cm²という一定の条件で試験を行なった。その場合の各試料の相対密度D_rも表1に示してある。標準砂SSについては、P=0%のa試料と密度が等しくなるように落下高を定めた。

2.0kgf/cm²のバックプレッシャーを加え、振動数0.1Hzで繰り返し載荷を行なった。

3. 実験結果及び間隙圧上昇過程の特性

各試料の液状化強度について液状化回数N_Lとせん断応力比R_sの関係を図2に示す。山砂を人工的に調整した試料a～eは全て標準砂SSよりも液状化し難い。試料a～e同士では密度は異なるが液状化強度に大差はない。ただe試料のみは他の試料に比べてやや液状化し難いことが注目される。文献¹⁾³⁾において間隙圧上昇過程は、遷移・定常

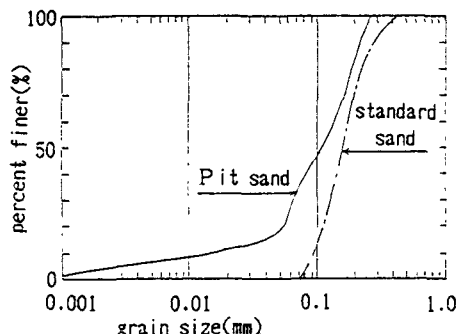


Fig. 1 Grain size distribution of samples

samples	P(%)	P _c (%)	D ₅₀ (mm)	I P	e _{max}	e _{min}	D _r
s s	0	0	0.16	NP	0.941	0.597	0.312
a	0	0	0.16	NP	1.281	0.803	0.306
b	20.0	3.5	0.14	NP	1.205	0.655	0.449
c	40.0	7.0	0.10	7.3	1.436	0.783	0.607
d	50.0	8.7	0.08	9.1	1.504	0.873	0.471
e	60.0	10.4	0.07	10.6	1.508	0.826	0.458

Table. 1 Physical properties of samples

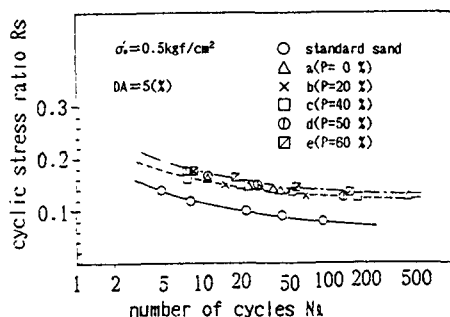


Fig. 2 Stress ratio versus number of cycles to liquefaction

・加速の三つのプロセスに分かれ、遷移・定常の過程における間隙圧 U は次式によって表される。

$$U = \alpha (1 - e^{-\beta N}) + \varepsilon N \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに N は載荷サイクル、 ε は定常過程の上昇率、 α, β は係数で、 α は定常部分の直線部の延長と縦軸との切片であり、間隙圧上昇曲線群の図中における相対的な高さを表す。

実験の結果から間隙圧上昇曲線群の例を図3, 図4に示す。図3は $P=0$ 即ち砂分のみの場合であり、図4は細粒分含有量が最も多い $P=60\%$ の場合である。同一試料については間隙圧上昇曲線は互いには交わらない曲線群になっている。両図中の U_b は緩み間隙圧即ち土の骨組が有効応力の低下によって緩んで、間隙圧が急上昇し始める限界の圧力である。これらの α, ε, U_b が間隙圧上昇曲線の形状を代表する要素になる。

ここで係数 α と緩み間隙圧 U_b が細粒分含有率 P の値によってどの様に変化するかを調べる。図5に P の値による U_b 及び α の値の幅の変化を表す。明かに P の値が大きくなる程、即ち細粒分含有量が大きくなる程、 α も U_b も大きくなっている。これを要約すると以下ようになる、(1)細粒分含有率 P が大きくなる程初期における間隙圧の上昇は大きい、(2) P が大きくなる程定常過程における間隙圧の上昇率 ε は小さい、(3) P が大きくなる程土の骨組の緩みに対する抵抗も大きくなり容易に液状化が生じない。(3)の現象は明かに細粒土の粘性が液状化に抵抗している事を示している。

試料aと標準砂は粒径分布においても密度においても大差はない。しかし液状化強度においても間隙圧上昇過程においても両者は著しい相違を示している。このことは砂質土についても粒径や粒度以下の要素が液状化強度に大きな影響を与えていることを示すものである。

又実験において細粒分含有量 P が50%以上になると、非排水状態で側圧を変化させた場合にそれに伴う間隙圧の変化にやや遅れが生ずる現象が認められた。即ち細粒分が多くなると振動数の影響も表れる可能性を示している。

4. あとがき

一連の実験から細粒土の含有率が間隙圧上昇過程の特性に及ぼす影響の幾つかが明らかになった。実験における問題点、改良すべき点などを考察して繰り返し中空ねじり試験等によってさらに詳しく調べる必要があると思われる。

(参考文献) 1)長友八郎、佐藤 栄：第24回土質工学会研究発表会(1989.6), 2)長友八郎、佐藤 栄：大分工業高等専門学校研究報告, No27(1991.1)

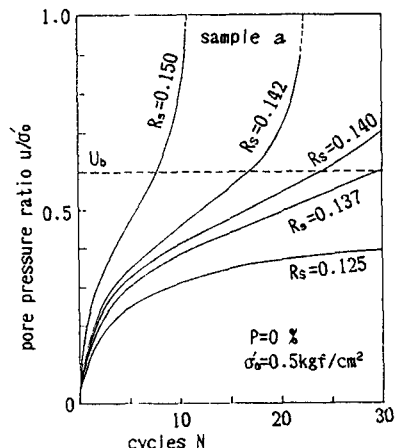


Fig.3 Pore pressure buildup of sample a

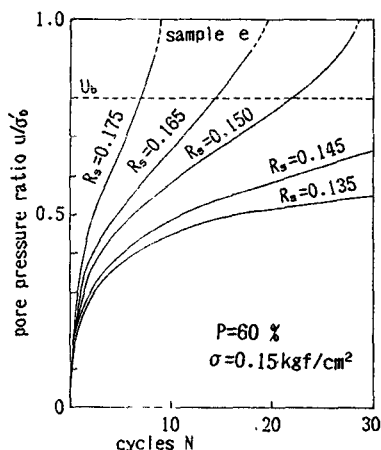


Fig.4 Pore pressure buildup of sample e

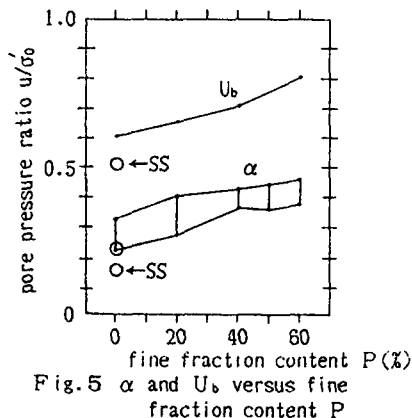


Fig.5 α and U_b versus fine fraction content P