

液状化強度における砂粒子の微視的性質の影響

大分高専 正 ○ 工藤宗治
大分高専 正 長友八郎
大分高専 佐藤 栄

1. まえがき

砂粒子の成因などが、その液状化強度に大きな影響を及ぼすことが知られている¹⁾。そこで数種類の天然砂及び人工砂について、その成因又は製法によって異なる微視的特性を、電子顕微鏡で調べ、又三軸液状化試験を行なって、それぞれの微視的特性が液状化強度に及ぼす影響について調べた。

2. 試料とその微視的性質

実験材料は標準砂、海砂、川砂、山砂、珪砂の五種類である。標準砂以外の試料は0.075～0.42mmの標準砂とほぼ等しい粒径範囲にふるい分けた。各試料の物理的性質等を表-1に示す。それぞれの試料の数十倍～数千倍の電子顕微鏡写真を撮影して、骨組構造の抵抗に関係あると思われる幾つかの微視的性質を調べた。写真1、2に粒子の形状等を示す例を、

表-1 試料の物理的性質

試料	G _s	D ₅₀	U _c	e _{min}	e _{max}	D _r
標準砂	2.635	0.178	1.96	0.630	0.958	0.346
海砂	2.713	0.205	2.22	0.718	1.069	0.449
川砂	2.746	0.233	2.55	0.694	1.183	0.297
山砂	2.731	0.242	3.37	0.981	1.552	0.440
珪砂	2.659	0.191	2.56	0.717	1.187	0.337

写真3、4に粒子表面の肌のミクロな状態を表わす写真の例を示す。表-2は項目別の微視的性質の一覧表である。この表中の細長比とは、写真において測定した粒子の二次元的短径と長径の比の平均である。これらの微視的性質は各々の試料の成因・製法から定性的に推定できるものと矛盾していない。

3. 実験及び結果

液状化実験は油圧サーボ式三軸試験装置で行なった。供試体は直径約50mm、高さ約125mmであり15×25mmの



写真1 標準砂(200倍)



写真2 山砂(86倍)



写真3 標準砂(4000倍)



写真4 山砂(4000倍)

スリットから落下高17cmで空中落下させて堆積条件一定で作成した。標準砂の相対密度がほぼ0.35になる落下高とした。各砂の相対密度 D_r も表-1に示してある。海砂が最もよく詰まりやすく D_r が最大になり、川砂が最小になった。 CO_2 置換および脱気水の通水によって飽和させ、有効拘束圧 1.0kgf/cm^2 、背圧 2.0kgf/cm^2 を加えて、 0.1Hz 繰り返し荷重を加えた。各試料の液状化回数 N_L （軸ひずみ両振幅5%）とせん断応力比 R_s の関係を図-1に示す。

実験結果にばらつきがあるが、標準砂は他の四種類の試料よりも明らかに液状化し易いことが解る。又それら四種類の試料の中でも、砕砂である珪砂は他の三種類の砂よりやや液状化し易い。自然砂である海砂、川砂、山砂の三種類の試料は殆ど等しい液状化強度を有し、標準砂、珪砂よりも液状化し難い。液状化回数20回のせん断応力比 R_{s20} を表-2に併記した。

4. 考察

先ず標準砂と珪砂の液状化強度の差について考えると、両者の粒子の微視的性質において、砕砂である珪砂の方が標準砂よりも、より細長く、より角張っていて、表面はより凹凸があり、細粒分を含んでいるなどの差が認められる。これらの要素が必ずしも全てではないかも知れないが、液状化に対する砂の骨組構造の抵抗力を増大させていることが解る。

次に三種類の自然砂である海砂、山砂、川砂グループと、標準砂、珪砂グループとの液状化強度の差について考える。両グループの微視的性質において、共通する性質の差はその肌のキメの荒さのみである。標準砂と海砂についてその静的及び動的な強度の差がやはり電子顕微鏡によって認められる粒子表面のミクロな粗さの差に起因しているとの報告があるが²⁾、本研究においてもこの要素が液状化強度に大きな影響を及ぼしている事が解る。

即ち砂の液状化強度には、粒子表面のミクロな肌の粗さが最も寄与している。そしてそれ以外の微視的な性質も、寄与の程度は不明であるが、液状化にかなり大きな影響を及ぼしていることが解る。しかし例えば海砂と山砂について考えれば、これらの粒子の微視的性質が液状化強度に対して累加的に寄与している訳ではない事も解り、多少の疑問は残る。

5. あとがき

本研究における五種類の成因・製法の異なる材料に関する実験の範囲では、粒子の表面のミクロな肌の粗さが最も液状化強度に寄与して、それ以外の要因も無関係ではないことが解った。今後更に多くのデータを蓄積して、単に定性的な判断ではなく定量的な考察も行なっていきたい。

表-2 試料の微視的性質及び液状化強度

試料	細長比	隅角	輪郭線	肌	細粒分	R_{s20}
標準砂	0.75	丸い	滑らか	滑らか	無	0.100
海砂	0.70	丸い	滑らか	中位	無	0.126
川砂	0.68	丸い	中位	粗い	有	0.126
山砂	0.69	尖った	鋸歯状	粗い	有	0.126
珪砂	0.66	尖った	中位	滑らか	有	0.116

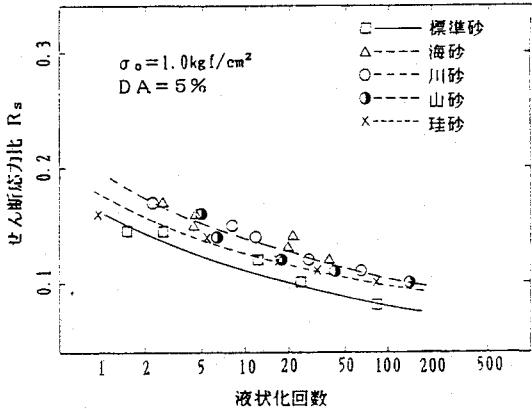


図-1 液状化強度曲線

(参考文献) 1) 長友八郎、工藤宗治、佐藤 栄: Pore Pressure Buildup in Liquefaction of Sands with Silt Fines, 大分工業高等専門学校研究報告, NO. 28 (1992. 1), 2) 中村博久、脇坂良男: 砂粒子表面の微視的特性と強度特性、第25回土質工学会研究発表会 (1990. 6)