

砂質土の物性値と液状化強度特性

(協)関西土質研究センター 中山 義久
 関西大学工学部 西田 一彦
 関西大学工学部 西形 達明
 (協)関西土質研究センター 井上 啓司

1. はじめに

砂質土の液状化強度と物性値に関して数々の研究例が発表されてきた。それらの研究例のなかで、粒度とくに細粒分含有率だけで液状化強度を一義的に表せないことも明らかとなってきた^{1),2)}。この原因の一つに細粒分のコンシステンシー特性が考慮されていないことが考えらる。そこで、筆者らはまさ土のコンシステンシー特性を表す物性値として流動限界を取り上げ、細粒分含有率と流動限界の相関性および、同一間隙比状態であれば流動限界の増加に従って液状化強度も大きくなることを明らかにした³⁾。今回はこれらの結果をもとに、一般の沖積砂質土の物性値、とくにコンシステンシー特性と液状化強度の関係を調べた。

2. 実験に用いた試料の特徴

液状化検討の対象となる土層の粒度試験を実施するとその多くが砂質土に分類される。そこで、今回実験に用いた試料は関西地区以西の砂質土を選んだ。それらの採取地および物性値を表 - 1 に示す。それぞれの試料について少し詳しくみると、sand 1 試料はやや細

表 - 1 各試料の物性値

試料名	採取地	s_s (g/cm ³)	Fc(%)	D ₅₀ (mm)	W _{fl} (%)
Sand 1	神戸市	2.663	32.5	0.190	20.8
Sand 2	寝屋川市	2.645	25.6	0.350	25.9
Sand 3	米子市	2.650	23.0	0.275	41.3
Sand 4	福岡市	2.678	28.2	0.370	22.8
Sand 5	広島市	2.646	19.8	0.290	16.4

粒分含有率が大きく、平均粒径 D₅₀ も比較的小さいことから細粒の砂質土であることがわかる。Sand 2~4 試料の細粒分含有率と平均粒径 D₅₀ が比較的似通っている。とくに sand 3 試料は暗黒灰色を呈し、流動限界が他に比べ、大きいのが特徴的である。Sand 5 試料の細粒分含有率と平均粒径 D₅₀ はほかの試料にくらべてそれぞれ小さめである。これらの試料の粒度曲線は図 - 1 に示され、その統一土質分類名はすべて砂質土に分類される。また、道路橋示方書・同解説⁴⁾、港湾の施設の技術上の基準・同解説⁵⁾などの液状化判定の対象とすべき土層に当てはまるものとなっている。

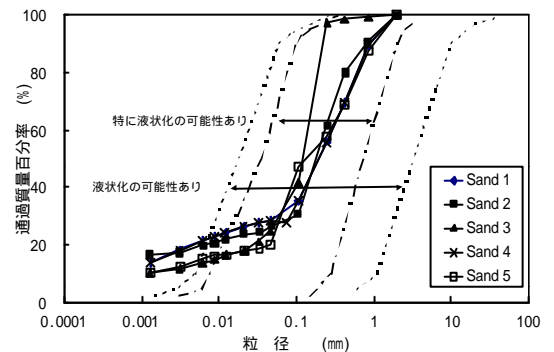


図 - 1 粒径加積曲線

つぎに、試料のコンシステンシー特性について述べる。一般に土のコンシステンシーは JIS で規定されている液性・塑性限界試験から求められる。しかし、今回用いた試料のほとんどは、液性限界試験を実施することができなかった。そこで、文献³⁾で示した小型のスランプコンを用いて、試料の流動曲線を求め、スランプ高さ 1.5cm 時の含水比をもって流動限界とした。その試験結果を図 - 2 に示す。流動曲線がグラフの右側に位置し、曲線の勾配がゆるやかなものほど試料中の細粒分の性質が

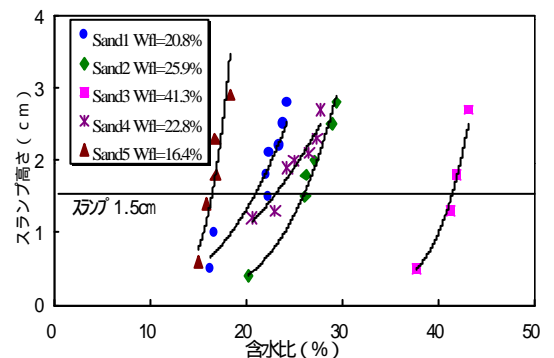


図 - 2 各試料の流動曲線

液状化強度，コンシステンシー，砂質土，間隙比

大阪府摂津市東別府 1 丁目 3 - 3，TEL 06-6827-8833，FAX 06-6829-2256

高塑性であることが明らかとなっている³⁾ことから、sand 3 試料の細粒分は高塑性であることが推定される。

これらの試料について、地盤工学会規準で最小・最大密度を求め、その値を参考にして、乾燥密度を 3~4 種類に変化させて供試体を作製した。圧密圧力 $\sigma'_v = 98\text{kPa}$ 、非排水条件、0.1Hz、サイン波形の荷重制御で液状化試験を行った。液状化強度は載荷回数と繰返し応力比の関係より、載荷回数 20 回時の繰返し応力比と定義した。

図 - 3 は実施した液状化試験において、各試料の中から比較的圧密後の間隙比の近いものの試験結果を選んだ。この図より、液状化強度曲線は流動限界の大きいものほど上方に位置することがわかる。これより、流動限界が砂質土の液状化強度に対しても強く影響を及ぼしていることが考えられる。

図 - 4 は液状化強度と平均粒径 D_{50} との関係をプロットしたものである。今回使用した試料に対しては液状化強度と平均粒径 D_{50} との相関関係を見いだすことは困難である。

図 - 5 は液状化強度と細粒分含有率 F_c との関係を調べたものである。試験数量が少ないこともあり、図 - 4 と同様にこの実験からは明確な相関を見いだせない。

図 - 6 は文献³⁾において求められたまさ土の流動限界と液状化強度の関数に今回、実施した結果を重ねてプロットしたものである。図 - 5、図 - 6 で求められた関係に比べ、明らかな相関関係を見いだすことが可能であり、流動限界と間隙比から液状化強度の推定が可能になることがわかる。これは流動限界が細粒分含有率、平均粒径などの粒度特性のみならず、粒子の形状、および細粒分の鉱物組成などの複合的な性質を表しているからであると考えられる。最後に、実験に用いた試料数に限りがあり、今後さらに試験数を増やし、この結果をより確実なものにしていく必要がある。

参考文献

- 1) 足立雅樹, 安原一哉, 島袋淳: 塑性のない細粒分を含む砂質土の液状化とそれに伴う体積変化, 土木学会論文集, No.596 / -43, pp.29 ~ 38, 1998.
- 2) 永瀬英生, 廣岡明彦, 柳畑亨, 井上孝則: 液状化したコンシステンシーの異なる緩い粘土混じり砂の流動特性試験, 第 32 回地盤工学研究発表会講演集, pp.761 ~ 762, 1997.
- 3) 中山義久, 西田一彦, 西形達明, 井上啓司: まさ土の物性と液状化特性, 土木学会論文集, No.638, pp.207 ~ 215, 1999.
- 4) 運輸省港湾局監修: 港湾の施設の設計上の基準・同解説, 日本港湾協会, 上巻, pp.204 ~ 209, 1997.
- 5) 道路橋示方書・同解説: (社)日本道路協会, 耐震設計編, pp.83 ~ 97, 1996.

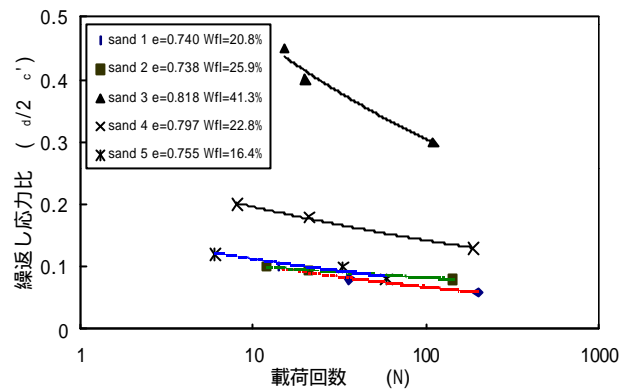


図 - 3 液状化強度曲線の比較

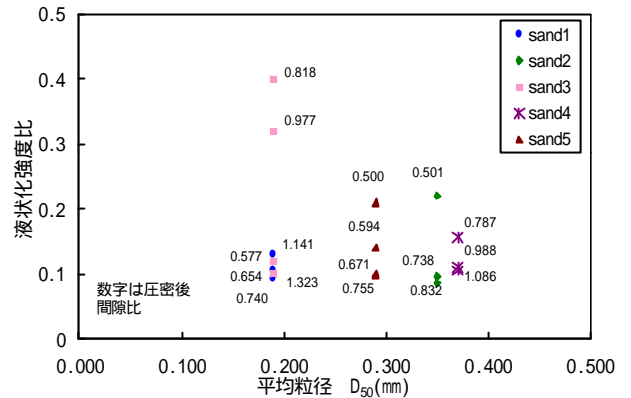


図 - 4 平均粒径と液状化強度の関係

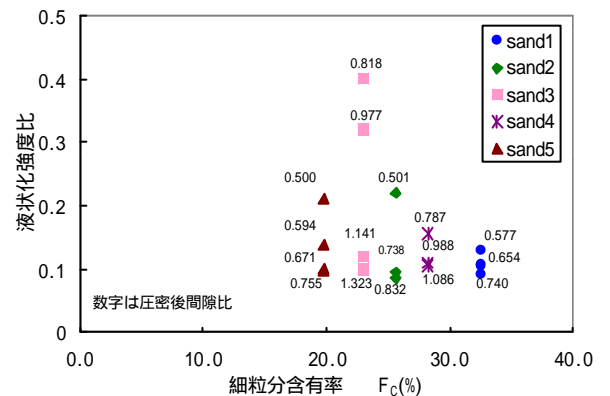


図 - 5 細粒分含有率と液状化強度の関係

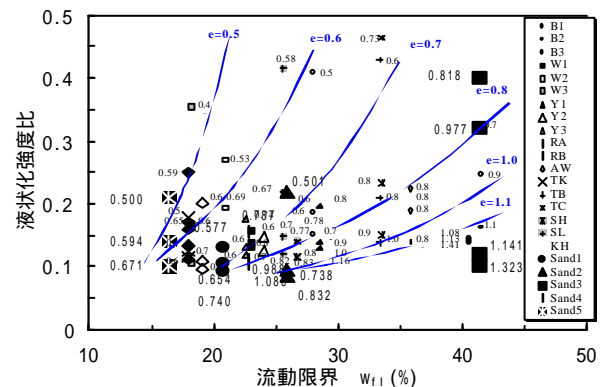


図 - 6 流動限界と液状化強度の関係