

濃尾地盤の液状化特性における細粒分含有率の影響に関する考察

中部土質試験協同組合 ○久保 裕一
中部土質試験協同組合 坪田 邦治

1. はじめに

細粒分を含む砂質土の液状化強度についての研究は、近年数多く報告されるようになってきた。黄¹⁾らは、豊浦標準砂の製造の際に出来る細粒分の中からシルト分だけを取りだし、豊浦標準砂を混ぜて液状化強度と細粒分含有率の関係を求め、シルト分含有率が30%を境に液状化強度が変化することを示した。また、矢島²⁾らは、豊浦標準砂と成田砂を用い細粒分含有率を変化させた液状化強度の関係を求め、黄らと同様の結果を得ている。

しかし、これら既往の研究は、いずれも再構成された試料であり、実際の地盤から採取された乱れの少ない試料ではない。そのため、構造が破壊されていない乱れの少ない試料では、液状化強度が再構成された試料と比較して大きくなることが予想される。

本論文では、濃尾地域で採取され、当組合で実施した繰返し非排水三軸試験から液状化強度($N_c=20$)、物理試験から細粒分含有率(F_c)を求め、得られた F_c により、① $F_c < 10\%$ 、② $10\% \leq F_c < 15\%$ 、③ $F_c \geq 15\%$ 、の3種類に区分し、液状化強度～平均粒径(D_{50})、 F_c 等の関係について比較検討した結果について報告する。

2. 試験条件

調査の対象とした試料は、濃尾地域で採取された乱れの少ない試料（主に三重管サンプラーで採取、現地で凍結され、当組合まで運搬された沖積砂質土層）である。この試料を礫の少ないものは凍結成形機で $\phi=5\text{cm}$ に成形し、礫が多く成形が不可能な試料は、端面成形のみ($\phi=7.0\sim 8.3\text{cm}$)で試験を行った。飽和度を高める方法として、圧密前に CO_2 を供試体下部から通気し、背圧 200kN/m^2 を作用させた。圧密圧力は試料深度に応じて、土被り程度とした。その他の試験条件は以下の通りである。

- ・試験方法：土の繰返し非排水三軸試験
- ・機械制御：空圧サーボ式 ・制御方式：応力制御
- ・メンブレン補正：無し
- ・载荷周波数：0.2Hz

その他詳細はJGS基準に準拠した。

(1) 物理特性

今回適用した3種類の物理特性(平均値)を表-1に示す。通常、一般的な土粒子密度の値は、 $2.5\sim 2.8\text{ (g/cm}^3\text{)}$ を示すことが多いが、濃尾地盤の土粒子密度もこの範囲に入っており、一般的な土質特性を有していると考えられる。

その他の数値は、細粒分含有率の数値に伴った傾向を示している。特に、 $F_c \geq 15\%$ の均等係数(U_c)は、81.1を示し、「粒径幅の広い」材料といえる。

表-1 比較した物理特性(平均値)

種別	$F_c < 10\%$	$10\% \leq F_c < 15\%$	$F_c \geq 15\%$
土粒子密度 (g/cm^3)	2.698	2.681	2.688
自然含水比 (%)	23.6	27.6	30.2
間隙比	0.809	0.854	0.892
乾燥密度 (g/cm^3)	1.497	1.455	1.434
均等係数	3.11	10.8	81.1
D_{50} 粒径 (mm)	0.447	0.300	0.225

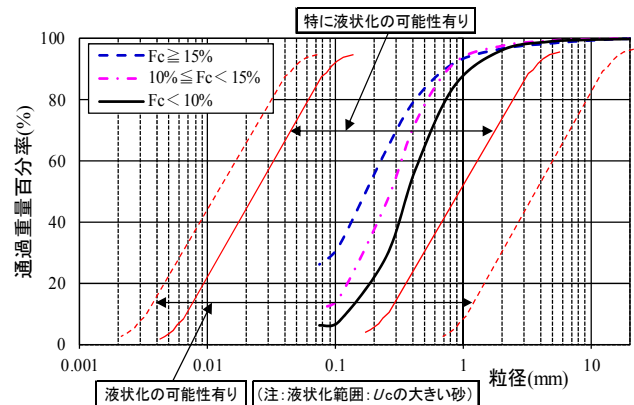


図-1 3種類の粒径加積曲線(平均値)と液状化範囲

(2) 粒径加積曲線

図-1に粒径加積曲線を示す。この曲線はそれぞれの粒径加積曲線を平均して1つの曲線にしたものである。 F_c が多くなるにつれ、曲線が上方に位置し、細粒分を多く含む様子が判る。なお、図には、均等係数の大きい砂($U_c \geq 3.5$)で「液状化の可能性あり」の範囲を示している。

この図より、平均値ではあるが、全ての試料が「特に液状化の可能性がある」ことが判る。

3. 試験結果

(1) 平均粒径 D_{50} と F_c の関係

図-2に D_{50} と液状化強度の関係を示す。また、既往の相関関係³⁾($N_c=30$)を同図に記入した。濃尾地域の砂質土は概ね $D_{50}=0.1\sim 1.0\text{mm}$ の範囲で、液状化強度は、 $F_c < 10\%$ では D_{50} が大きくなるに伴い、液状化強度が小さくなる傾向を示す。ただし、 $F_c \geq 10\%$ になるとばらつきはあるが、 D_{50} が大きくなるに伴い、液状化強度が大きくなる傾向を示す。Seed等のデータと比較すると、当地域の液状化強度は少し大きめである。この理由として、以下の3点が想定される。

- ① 文献は、相対密度(Dr)が50%と非常に緩い。
- ② 再構成された試料である。
- ③ 細粒分を含まないきれいな単一粒径の砂であると考えられる。

特に、文献の D_{50} の大きな試料は、全体が大きな粒径で揃っているのに対し、濃尾地域の試料では、大きい礫が混入している為、 D_{50} が大きくなっていると考えられる。

(2) F_c と液状化強度の関係

図-3に F_c と液状化強度の関係を示し、文献²⁾の相関関係 ($N_c=20$)を同図に記入した。 F_c の区分に関わらず、全ての範囲で F_c と共に液状化強度が大きくなる傾向を示している。特に $F_c \approx 20\%$ 付近では、他と比較して液状化強度が大きくなる割合が高い。

文献¹⁾²⁾と比較すると、 F_c が20%~30%で液状化強度が小さいのに対し、濃尾地域では $F_c < 10\%$ 付近で液状化強度が小さい値を示している。

また、文献の相関と同じ F_c で比較すると、ここで示した自然地盤では、実験データと比較して、かなり大きな液状化強度が得られていることが判る。

これらの異なった傾向を示す理由として、文献は、①再構成試料であること ②再構成試料は、ほとんどが空中落下法により作成されており、試料中に含まれる細粒分はほとんどがシルト分と考えられる。これに対し、濃尾地域の試料は自然地盤であるため、 F_c には粘土分も含んでいる。

なお、文献³⁾によれば、液状化強度に粘土分が大きく影響していることが指摘されている。図-4に、濃尾地域の液状化強度と粘土分混入量の関係を示すが、現段階では、明瞭な相関は認められない。今後、データ数を増加させ、土被り圧等で区分する等の詳細な検討を行う等が課題と考えられる。

4. まとめ

濃尾地域の液状化強度を、 D_{50} と3区分の F_c を用いて、文献と比較・検討し、以下のことが判った。

- ① 濃尾地域の液状化強度と D_{50} との関係は、 $F_c < 10\%$ で D_{50} が大きくなると液状化強度が減少し、 $F_c \geq 10\%$ では、 D_{50} とともに大きくなる傾向がある。
- ② 液状化強度と F_c の関係は、 F_c の増加と共に、液状化強度も大きくなる。この割合は、 $F_c < 10\%$ で比較的顕著であることが判った。
- ③ 液状化強度のピークは、0.35付近であることが判ったが、試料が分布している有効土被り圧との関係などを因子として整理すると有効かもしれないが、今後の課題としたい。現段階では、濃尾地域の液状化強度 $\max \approx 0.35$ 程度と考えられる。
- ④ 液状化強度 $\sim D_{50}$, F_c , 粘土分含有率を比較したが、文献とは異なる挙動を示すことが判った。これは、再構成試料と自然地盤の違いを表していると考えられる。

本検討により、設計や施工の際には、文献データのインプットではなく、調査地の地盤調査を実施し、採取した試料で地盤材料試験が重要なことを示唆している。

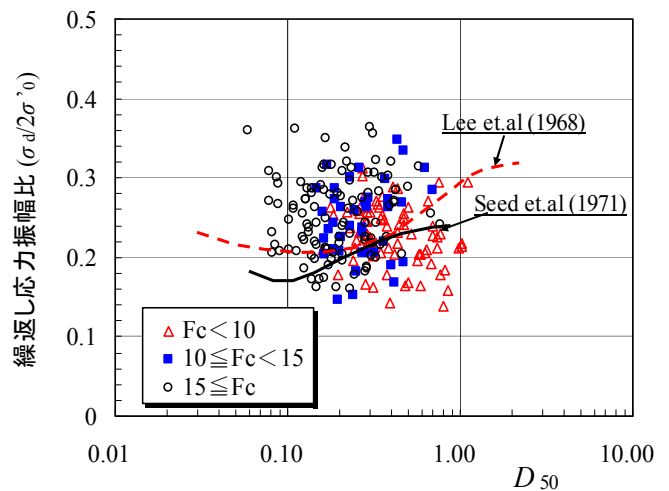


図-2 平均粒径 D_{50} と液状化強度の関係

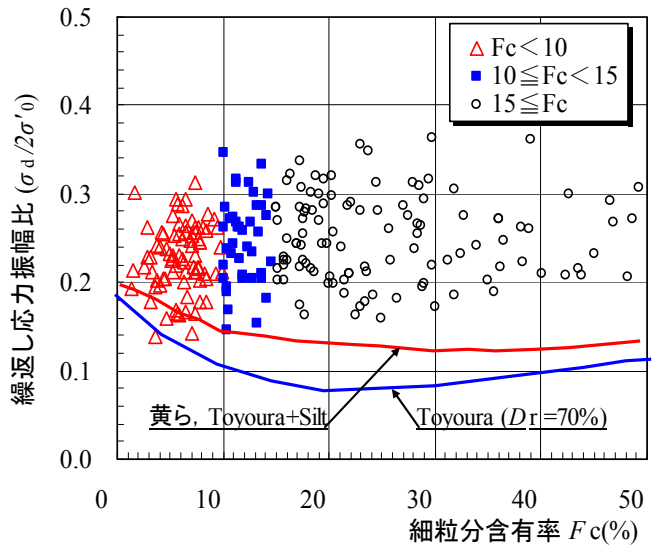


図-3 細粒分含有率と液状化強度の関係

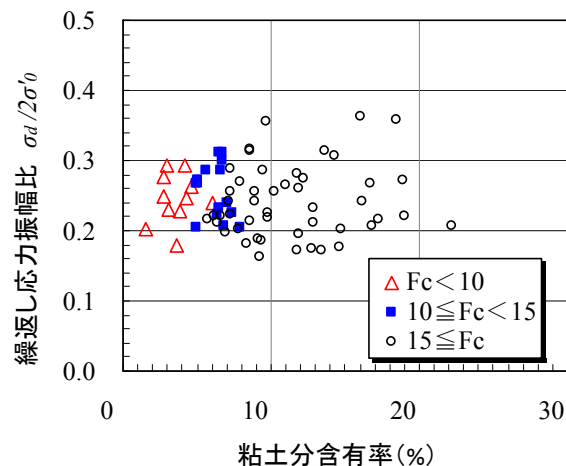


図-4 粘土分含有率と液状化強度の関係

《引用・参考文献》

- 1) 黄大振・柳沢栄司・菅野高弘：シルト分を含む砂のせん断特性について、土木学会論文集, No.463/III-22, pp.25~33, 1993.
- 2) 矢島寿一・沼田佳久・中根淳：細粒分を含む砂質土の液状化特性と液状化強度評価に関する一考察、土木学会論文集, No.624/III-47, pp.113-122, 1999.
- 3) 埋立て地の液状化対策ハンドブック：沿岸開発技術研究センター, p74, 1998.