

締固め度と細粒分含有率が液状化強度に与える影響

Effects of compaction degree and fine fraction content on liquefaction strength

○上野和広*, 毛利栄征*, 堀俊和*, 松島健一*, 有吉充*

UENO Kazuhiro*, MOHRI Yoshiyuki*, HORI Toshikazu*, MATSUSHIMA Kenichi*,
ARIYOSHI Mitsuru*

1. はじめに

地震時に液状化が発生すると地盤の支持力が消失し、構造物に多大な被害が生じる。液状化に対する地盤の抵抗性に対し、既往の研究では主に砂地盤を対象に相対密度と液状化強度の関係について検討されてきた(例えば 1)。

しかしながら、実際の施工ではある程度の細粒分を含む土を使用することが多い。細粒分を含む土について、施工時の管理基準として用いられる締固め度と液状化強度の関係は未だ明確でない。本研究では、粒度分布の異なる試料を用いた液状化試験を複数の締固め条件下で行い、締固め度と細粒分含有率が液状化強度に与える影響について検討した。

2. 試料および実験条件

液状化試験には図-1 に示す 5 種類の試料を用いた。各試料の物性値を表-1 に示す。供試体は、直径 5cm×高さ 10cm のモールド内で表-1 に示す乾燥密度 (ρ_d) となるよう突固めて作製した。供試体を CO₂ 置換および脱気水の通水によって飽和を行い、背圧 200kN/m² を作用させて飽和度を高めた後 (B 値 0.95 以上を確認)、等方圧密を行った。圧密後に非排水条件にし、繰返し軸差応力 (周波数 0.1Hz の sin 波) を与えて液状化試験を行った。

3. 結果と考察

表-1 の条件で液状化試験を実施し、液状化強度 RL_{20} を求めた。液状化強度と締固め度の関係を図-2 に示す。液状化強度は締固め度の上昇に伴って増加しており、締固め度約 90% から急増している。液状化強度に与える細粒

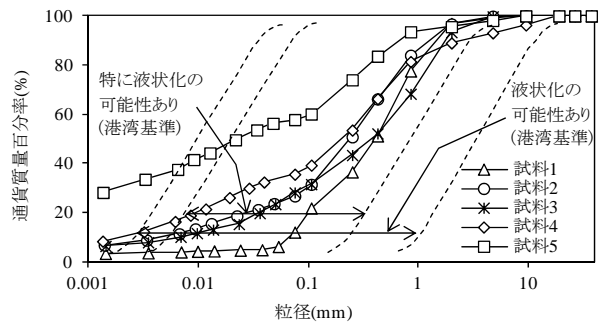


図-1 試料の粒径加積曲線

Grain size distribution curve of soil

表-1 試料の物性値

Physical property of soil

試料名, 工学的分類	F_c (%)	C_c (%)	I_p (%)	ρ_d (g/cm ³) (D_c 値(%))
[試料 1] 細粒分 まじり砂(S-F)	12.0	3.9	NP	1.345 (75.8) 1.394 (78.6) 1.514 (85.4) 1.615 (91.1) 1.706 (96.1)
[試料 2] 礫まじり 細粒分質砂(SF-G)	26.7	11.3	11.2	1.208 (85.0) 1.279 (90.0) 1.350 (95.0)
[試料 3] 礫まじり 細粒分質砂(SF-G)	28.1	10.1	4.3	1.455 (79.5) 1.529 (83.5) 1.624 (88.7)
[試料 4] 礫まじり 細粒分質砂(SF-G)	35.6	16.3	NP	1.209 (79.0) 1.248 (81.4) 1.323 (86.5) 1.391 (90.9) 1.463 (95.6)
[試料 5] シルト (高液性限界)(MH)	57.8	37.5	31.6	0.871 (74.3) 0.940 (80.1) 0.960 (81.8) 0.983 (83.8) 1.068 (91.1) 1.121 (95.6)

※ F_c : 細粒分含有率, C_c : 粘土含有率, I_p : 塑性指数, D_c 値: 「JIS A 1210 突固めによる土の締固め試験 (A-b 法: 標準プロクター)」による最大乾燥密度 (ρ_{dmax}) に対する締固め度

分含有率の影響を明確にするため、締固め度区分毎に液状化強度と細粒分含有率の関係をプロットした (図-3)。締固め度が同程度の場合、細粒分含有率の増加に伴って液状化強度

*農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所, National Institute for Rural Engineering

キーワード: 液状化, 細粒分含有率, 締固め度

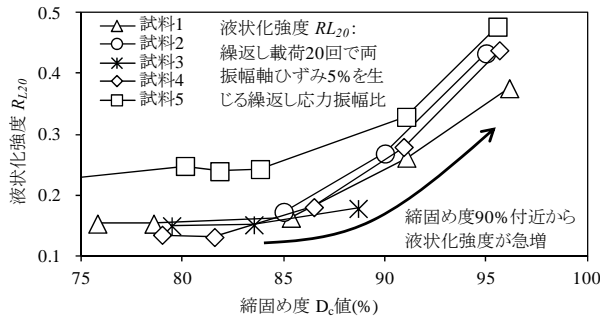


図-2 液状化強度と締固め度の関係
Liquefaction strength versus compaction degree

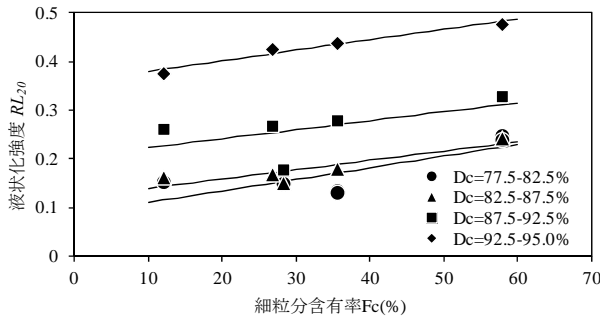


図-3 液状化強度と細粒分含有率の関係

Liquefaction strength versus fine fraction content

は大きくなる傾向にある。図-3 の関係を(1)式によって近似し、傾き $a_{(Dc)}$ と切片 $b_{(Dc)}$ を締固め度に対してプロットすると図-4 になる。

$$RL_{20(Dc)} = a_{(Dc)} \cdot F_c + b_{(Dc)} \quad (1)$$

ここに、 $a_{(Dc)}$, $b_{(Dc)}$: それぞれ細粒分含有率, 締固め度の影響を表すパラメータである。

切片 $b_{(Dc)}$ は締固め度の上昇に伴って増加している。これは、締固め度の高い土は正のダイラタンシーを生じることによって繰返し载荷時における過剰間隙水圧の発生を抑制し、液状化に対する高い抵抗性を発揮するためである。また、傾き $a_{(Dc)}$ の値は締固め度の上昇に対して一定あるいはやや減少する傾向を示している。傾き $a_{(Dc)}$ が減少する理由は、細粒分が少ないと締固めに伴って砂粒子間の接触が強くなり、液状化強度が大きく増加するのに対し、細粒分が多いと締固め度が上昇しても細粒分が砂粒子間の接触を妨げるため、液状化強度がさほど増加しないことが考えられる。しかしながら、傾き $a_{(Dc)}$ の変化は顕著でないため、締固め度との関係は明確でない。

図-3 および図-4 の関係から、各試料の細粒分含有率に対応した液状化強度と締固め度の

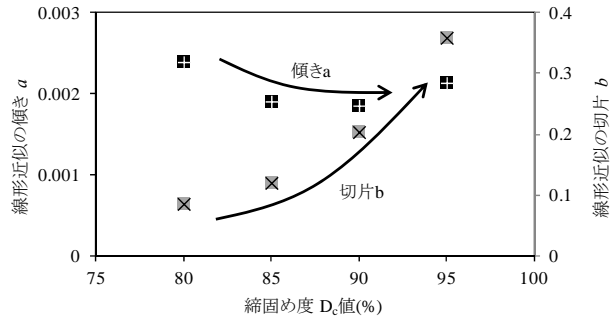


図-4 パラメータ $a_{(Dc)}$ および $b_{(Dc)}$ と締固め度の関係
Parameter ($a_{(Dc)}$ and $b_{(Dc)}$) versus compaction degree

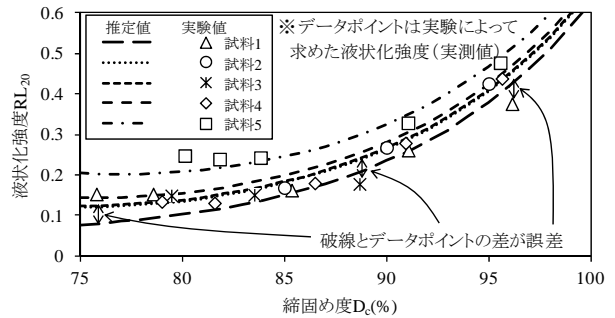


図-5 液状化強度と締固め度および細粒分含有率の関係
Relationship between liquefaction strength and compaction degree for several fine fraction content

関係を求めて図示すると図-5 の破線になる。図-5 は試料の細粒分含有率毎に液状化強度と締固め度の関係を示しており、簡易な液状化危険度判定や施工時における締固め管理基準の設定に使用できる。しかしながら、データによっては推定値と実測値の差が大きい場合があるため、精度の向上には液状化強度に与える砂粒子と細粒分の相互作用や細粒分の物性などについてさらに検討を行う必要がある。

4. まとめ

粒度分布の異なる試料に対して複数の締固め条件下で液状化試験を実施し、液状化強度と締固め度および細粒分含有率の関係を求めた。上記3者の関係が(1)式によって近似できる場合、図-5 のように試料の細粒分含有率毎に液状化強度と締固め度の関係を推定でき、簡易な液状化危険度判定や施工時における締固め管理基準の設定に使用することができる。

参考文献

- 1) Tatsuoka Fumio, Muramatsu Masashige and Sasaki Tsutomu (1982) : CYCLIC UNDRAINED STRESS-STRAIN BEHAVIOR OF DENSE SANDS BY TORSIONAL SIMPLE SHARE TEST, SOILS AND FOUNDATION, Vol.22, No.2, 55-70.