

東北大学 学生会員 ○安達夏紀, フェロー会員 風間基樹
正会員 河井正, 正会員 金鍾官

1. 研究の背景・目的

一般的に、相対密度の大きい地盤の液状化強度は大きい。この事実は、 N 値という砂質土地盤の締めり具合を示す指標と液状化強度の関係によって表されており、道路橋示方書などの指針に示され、実際の設計業務に用いられている。しかし、 N 値が 30 以上となる密な地盤において、液状化強度比が 0.8 以上となる場合と、液状化強度比が 0.4 程度にとどまる場合があり、ばらつきが大きい(図-1 参照)。このことから、仮に N 値が本当に砂質土の相対的な締めり具合を適切に表す指標であるとみなした場合には、締めりが有効である材料、無効である材料が存在すると考えられる。

N 値を用いた液状化強度判定方法では、地盤の締めり具合しか考慮されていないが、実際の土はそれぞれ異なる性質をもち、締まった状態であっても液状化強度の大きい材料・小さい材料が存在する可能性がある。そのため、砂の種類ごとに最も締った状態における液状化強度を把握するものとした。

検討にあたり、土の最も密な状態を、室内実験の供試体作成可能な範囲を踏まえ、仮に相対密度 95% 以上と定義する。その条件を満たす供試体に対し、非排水繰返し三軸試験を行う。但し、相対密度については、JGS の基準においては、細粒分含有率 5% 以上の砂には適用できないこと、最小間隙比に関する問題について金ら²⁾により指摘されていることを踏まえ、試料ごとに適宜試験方法を変えて求めた最小間隙比を用いた。

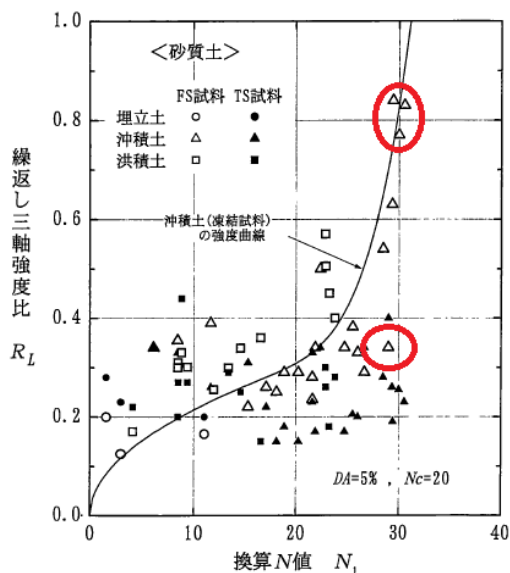


図-1 換算 N 値と繰返し三軸強度比(松尾ら²⁾に加筆)

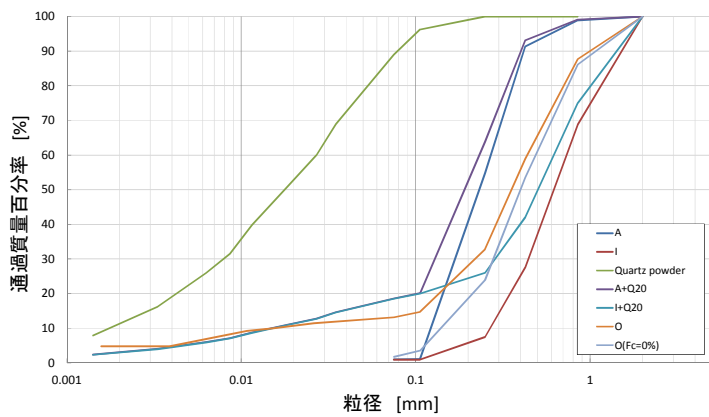
2. 試料の概要

今回使用した試料の諸元を、表-1、図-2 にまとめた。 $O(F_c=0\%)$ は、試料 O の細粒分を除去したものである。また、試料 A と試料 I それぞれに石英粉(Quarltz powder)を 20%混合させた試料を $A+Q20$, $I+Q20$ と表した。

現行の最小間隙比試験より求めた最小間隙比を $e_{\min}(\text{JGS})$ 、金らが提案した水浸状態における最小間隙比試験より求めた最小間隙比を $e_{\min}(\text{水浸})$ と表す。2 つの最小間隙比を比較し、より小さい値となった最小間隙比を用いて、相対密度を算定した。

表-1 試料物性

試料	ρ_d [g/cm ³]	$e_{\max}$	$e_{\min}$ (JGS)	$e_{\min}$ (水浸)	均等 係数
O	2.63	1.600	0.830	0.708	26.25
$O(F_c=0\%)$	2.63	1.174	0.685	0.718	3.10
A	2.74	1.350	0.856	0.935	2.08
$A+Q20$	2.74	1.205	0.592	0.582	16.00
I	2.63	0.810	0.477	0.484	2.61
$I+Q20$	2.70	0.786	0.304	0.214	40.00
Quartz	2.74	2.350	1.170	0.434	15.00



図－2 粒径加積曲線

3. 試験方法

突固め・モールドタンピング法もしくは締固め法を用いて、相対密度 Dr が 95%以上となるように供試体を作製した。供試体の寸法は直径 7cm、高さ 10cm、メンブレン厚さは 0.3mm である。供試体をいずれかの方法で作製・設置した後、飽和させる。その後、JGS の方法に準じて非排水繰返し三軸試験を行う。試験終了条件は、両振幅軸ひずみが 5%に達した時とする。ただし、両振幅軸ひずみが 5%に達していない状態で、繰返し回数が 200 回を超えた場合、試験を終了する。

4. 試験結果

本研究では、限られた時間の中で、より多くの試料の液状化強度の大小を把握するため、繰返しせん断応力比を 0.5 に固定し、液状化に至る繰返し回数 N を比較するものとした。試験結果は表－2 にしたとおりである。

表－2 試験結果

試料	O	O (Fc=0%)	A	A+Q20	I	I+Q20
Dr [%]	100.2	99.2	95.0	96.9	97.0	92.3
N [回]	0	36	200 over	200 over	200 over	41

5. 考察

試料 O に含まれている細粒分を除去した場合、除去する前と比較し、最も密な状態で液状化が発生するまでに必要とした繰返し回数が多くなった。また、採取したままの細粒分を含んでいない試料 I に細粒

分を混ぜた結果、細粒分混合前と比較し、密な状態にも関わらず、液状化に至るまでの繰返し回数が少なくなった。一方、試料 A においては、細粒分の有無に関係なく繰返し回数が 200 回を超えた。

既往の研究から、細粒分含有率が砂質土の液状化強度に影響を与えることは知られているが、細粒分のどのような特性が影響を与えているのかについては解明されていない。

図－2 をもとに試料 A と試料 I を比較すると、試料 A の方が細砂・中砂を多く含んでいる。したがって、試料 A に細粒分を混合した際、試料 I に細粒分を混合したときと比べ、粒径の相対的な差は小さいと考えられる。以上のことから、細粒分の有無だけではなく、粒子同士の相対的な粒径の差も、液状化強度に影響を与えている可能性がある。

6. まとめ

- 相対密度 95%以上の密な状態の砂質土において、液状化強度が大きい材料・液状化強度が小さい材料が存在する。
- 既往の研究から、細粒分を含む砂質土の液状化強度は小さいとされている。しかし、細粒分を含んでいたとしても、砂質土に含まれる土粒子と細粒分の相対的な粒径の差が小さい場合、その砂質土の液状化強度は大きい可能性がある。したがって、砂質土の液状化強度において、細粒分の影響を考慮する際には、細粒分含有率だけではなく、砂分の特性についても同時に考慮しなければならない。

7. 謝辞

本研究では、(株)不動テトラ、中部電力(株)から試料を提供して頂きました。ここに感謝の意を表します。

8. 参考文献

- 1) 金鍾官・風間基樹・河井正・森友宏：非塑性細粒分を含む材料の液状化強度・被害の評価に係わる密度指標の再考，地盤工学会特別シンポジウム－東日本大震災を乗り越えて－発表論文集，平成 26 年 5 月
- 2) 松尾 修：道路橋示方書における地盤の液状化判定法における現状と今後の課題，土木学会論文集 No.757/III-66, 1-20, 2004.3