

細粒土を含む砂の非排水繰返しせん断特性

山口大学大学院 正会員 兵動正幸
 山口大学工学部 正会員 吉本憲正
 山口大学大学院 学生会員 ○古賀千佳嗣

1.はじめに 地盤を設計する際に砂か粘土かに簡易的に分類するが、自然地盤の多くは単一な土質だけではなく、砂・シルト・粘土などが混合した複雑な土質で構成されていることが多い。これらの土は密度や細粒分含有率の影響を受け、力学特性が曖昧であり、強度や液状化の判定に苦慮している現状¹⁾にある。本研究は、活性を有する自然粘土を砂と混合し、砂が構造を有する状態から細粒分がマトリックスを構成する状態に至るまでの細粒分含有率の変化の中において、砂の骨格間隙比に着目して液状化強度の変化を調べたものである。

2.試料及び実験方法 本研究で用いた試料は、粒度調整した珪砂と山口県岩国港で採取した岩国粘土を種々の乾燥重量比で混合したものである。試料の物性値を表-1に示す。今回は、岩国粘土含有率 0～30%を対象

表-1 試料の物理的性質

岩国粘土含有率(%)	細粒分含有率(%)	粘土分含有率(%)	比重 G_s	W_L (%)	W_P (%)	I_P	D_{50} (mm)	U_c
100	98.0	38.8	2.610	77.34	29.89	47.54	0.006	—
50	49.0	19.4	2.631	58.24	26.83	31.41	0.155	178.78
30	29.4	11.6	2.644	47.31	18.67	28.65	0.254	132.40
20	19.6	7.8	2.644	35.33	20.71	14.62	0.440	136.20
15	14.7	5.8	2.646	—	—	NP	0.439	99.77
10	9.8	3.9	2.648	—	—	NP	0.438	8.99
0	0	0.0	2.652	—	—	NP	0.861	4.04

に実験を行った。岩国粘土含有率 20%以上の試料については、予圧密セルに投入して鉛直圧 50kPa を載荷して作製した。一方、岩国粘土含有率 15%以下の試料は、含水比 $w=11\%$ でよくかき混ぜた後、モールドに 5 層に分けて投入し、一層ずつ鉄製のランマーを用いて所定のエネルギーで突固めることによって作製した。これらの突固めエネルギー E_c は次式²⁾で求めた。

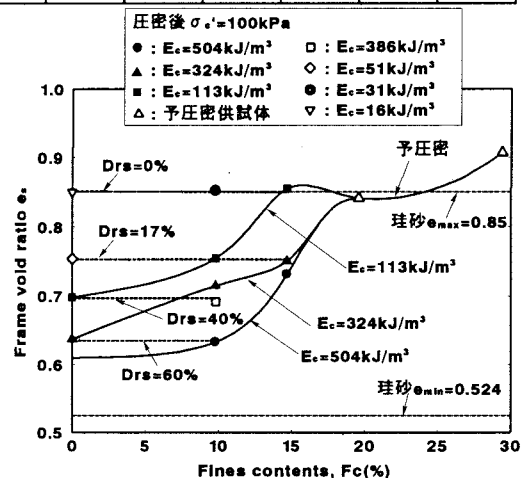
$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_L \cdot N_B}{V} \quad (1)$$

ここに、 W_R はランマー重量(=0.00116kN)、 H は落下高さ(m)、 N_L は層数(5)、 N_B は層ごとの突固め回数、 V はモールドの容積(m^3)である。本研究では、 H および N_B を変化させることにより種々の密度の供試体を作製した。

このように作製した細粒分含有率の異なる試料を対象に一連の非排水蹴返し三軸試験を行った。実験は、空圧制御式繰返し三軸試験機により、有効拘束圧 100kPa、周波数 0.02Hz もとで行った。ここで、細粒分を間隙と見なす砂骨格間隙比の概念を用いると、 $F_c=30\%$ 以下の供試体の砂骨格間隙比と F_c の関係は図-1に示すようになる。本研究では、砂においてまず相対密度 $Dr=0\%, 17\%, 40\%, 60\%$ のそれぞれの供試体を突き固め法により所定のエネルギーで作製し、それぞれのエネルギーで細粒分含有率 $F_c=10\%, 15\%$ の試料についても作製した。また、細粒分含有率が変化しても骨格間隙比が一定となるようエネルギーを変化させた試料作製も行った。

3.試験結果と考察

3.1.せん断強度特性 図-2 (a), (b)に軸ひずみ両振幅 5%に至るに必要な繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma'_c$ と繰返し回数 N の関係を示す。図-2 (a)より、突固めエネルギーを一定とした場合、細粒分含有率 F_c の増加に伴い強度が低下している様子が認められる。これは、細粒分の増加により砂の骨格間隙比が増加しせん断抵抗が減少したためと考えられる。一方、図-2 (b)より細粒分含有率 F_c の増加に伴い強度は増加している様子が観察される。これは、細粒分を増加させることによって、突固めエネルギー

図-1 砂骨格間隙比と F_c の関係

ギ- E_c も増加しており、また全体の空隙比そのものも低くなったことによると考えられる。図-3 (a), (b)に $F_c=0\sim 30\%$ 区間での繰返し回数 20 回における繰返しせん断強度 $R_{L(N=20)}$ と F_c の関係を示す。図-3 (a)より、 F_c の増加により繰返しせん断強度の低下が認められる。またその割合は、締め固めエネルギーが高いもの程顕著であることが明らかである。これは、細粒分含有率が高くなると突固めによる骨格空隙比の増加が鈍化していくことによると考えられる。一方、図-3 (b)において、 $F_c=9.8\%$ までは同一の骨格相対密度 D_{rs} では、細粒分含有率の増加に伴い強度は増加する傾向が認められる。しかし、細粒分含有率がさらに増加すると、高い骨格相対密度の存在が次第に難しくなり、細粒分の増加により骨格相対密度も低下していく。最終的にはすべての初期骨格空隙比で与えたものが最大空隙比と一致しするものと推察される。さらに予圧密法で求めた $F_c=19.6\%$ 以上の細粒分含有率においては、細粒土がマトリックスを構成することにより、砂の骨格構造が存在しなくなることを意味している。図中 $F_c=9.8\%$ を越えた点から強度が直線的に低下しているのは、この線が図-3(a)に示す最大のエネルギーで締め固めたものに相当するものであり、この数倍のエネルギーでの締め固めに対しても骨格相対密度が全く増加せず、細粒分含有率の増加に対して骨格相対密度が低下していったことに対応させている。

3.2. 骨格構造とせん断強度関係

図-4 に $F_c=19.6\%$ 以下について、繰返しせん断強度 $R_{L(N=20)}$ と砂骨格空隙比の関係を示す。図より、骨格空隙比の低下に伴う強度の増加傾向が認められる。また、骨格空隙比が同一の場合、細粒分含有率の増加に伴い強度が高くなることもわかる。これは供試体全体の密度に起因していると考えられ、骨格空隙比が高い領域においてより顕著に認められる。一方、骨格空隙比が 0.75 付近より低い領域では細粒分の増加による強度の増加はさほど認められない。つまりこのことは、砂の骨格が堅固になるほど、細粒分の影響を受けにくくなることを意味している。

4. まとめ

①突固めエネルギーを変えることにより、細粒分含有率の異なる所定の骨格空隙比から成る混合土の作製が可能となった。しかし、 $F_c=15\%$ を越えると $D_{rs}=60\%$ 以上の骨格相対密度の作製は不可能であった。さらに、 $F_c=20\%$ 付近で、一定の拘束圧下では混合土中の骨格空隙比は一定となることを示した。②粘土混じり砂の繰返し強度は、粗粒子の骨格空隙比に大きく依存する。骨格空隙比が低いほど混合土の繰返しせん断強度は増加する。

【参考文献】

- 1) 松本・兵動・吉本:初期せん断を受ける中間土の繰返しせん断特性:第 34 回地盤工学研究発表会,D-7,pp637-638,1999.
- 2) 足立ら:非塑性シルトの静的・繰返し非排水三軸圧縮試験挙動に及ぼす供試体作製方法の影響,土と基礎

Vol.48, No.11, pp24-27, 2000.

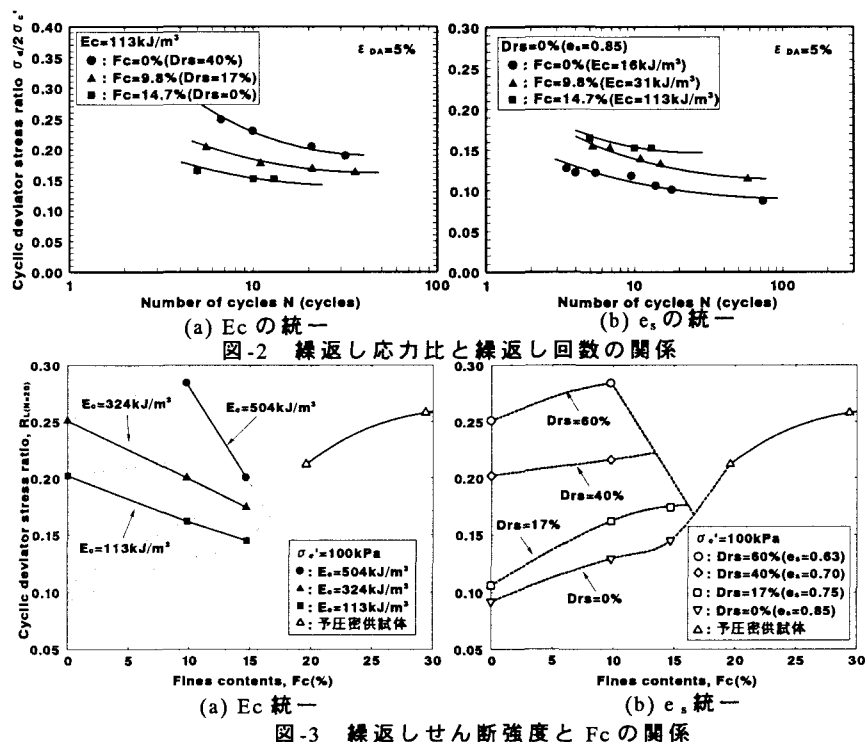


図-3 繰返しせん断強度と F_c の関係

