

中間土の非排水繰返しせん断特性

山口大学工学部
山口大学工学部
基礎地盤コンサルタンツ(株)
山口大学工学部

正 員 ○松山知美
正 員 兵動正幸 中田幸男
正 員 伊東周作
学生員 徳本直子

1. まえがき

実地盤の耐震評価を行う中で、砂か粘土か明確に分類できない中間土に遭遇することがしばしばある。砂と粘土では、地震時の取り扱いが全く異なる中で、このような中間土を砂か粘土のいずれかに枠組みをしているのが現状である。標準貫入試験において中間土ではN値が低く現れることが多いが、一般に細粒分含有率が30%程度以下であれば砂質土として取り扱われている。この場合、多少の粘性土を含む中間土でありながら、N値が低いためゆるい砂と見なされ、液状化強度が過小に見積もられる危険性がある。中間土の液状化特性について、これまでいくつかの研究がなされてきたが、これらは砂と人工粘土の混合土¹⁾に対するものであった。本研究では、粒度調整した珪砂に海成粘土を混合して、連続的な粒度分布で種々の細粒分含有率からなる試料を作成し²⁾、一連の繰返し三軸圧縮試験を行った。本研究では、砂の破壊モードである液状化に対する以外に、粘性土の地震時破壊を初期せん断応力下の繰返しせん断破壊³⁾と位置づけ、砂から粘土に至る土の両者に対する強度特性について調べた。

2. 試料および試験方法

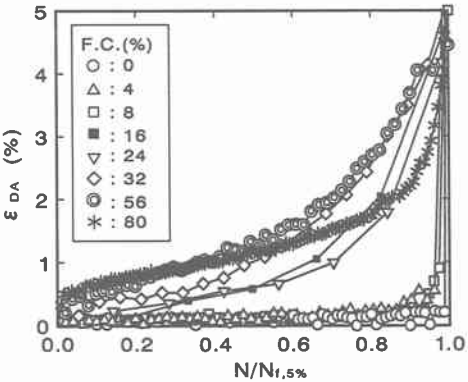
本研究で用いた試料は、粒度調整した珪砂に小野田港より採取した海成粘土（以下、小野田粘土）を乾燥重量比で混合したものである。各試料の物性値を表-1に示す。実験は、空圧制御式繰返し三軸試験機を用い、各混合比の試料に対して平均有効主応力 $\sigma_c=100, 200\text{kPa}$ 下で初期せん断応力比 $\sigma_3/2\sigma_c=0, 0.4$ で行った。

表-1 試料の物性値

粘土含有率	F.C.	Gs	ρ_s	ρ_d	w_L	w_p	I_p	c. c.
100*	80	2.593	1.63	1.01	72.5	28.3	44.2	27.5
70	56	2.610	1.73	1.18	54.0	23.4	30.6	19.0
40	32	2.628	1.91	1.50	27.0	14.7	12.3	10.9
30	24	2.634	-	1.58	24.8	15.7	9.1	8.3
20	16	2.640	-	1.58	-	-	NP	5.5
10	8	2.646	-	1.74	-	-	NP	2.8
5	4	2.649	-	1.66	-	-	NP	1.4
0**	0	2.652	-	1.58	-	-	NP	0.0

3. 実験結果および考察

図-1は、非排水繰返し三軸試験より得られる軸ひずみと繰返し回数との関係から求めた、繰返し回数Nを所定の破壊ひずみ ϵ_f に至るに必要な繰返し回数 N_f で除した正規化繰返し回数 N/N_f と ϵ_{DA} および ϵ_p の関係を表したものである。図(a)は $\sigma_3/2\sigma_c=0$ 、(b)は $\sigma_3/2\sigma_c=0.4$ の結果である。ここでは破壊ひずみを $\epsilon_f=5\%$ と設定しそのひずみ発生に至るに必要な繰返し回数を N_f とした。図(a)から、F.C.=0,4,8%の軸ひずみ発生形態とF.C.=16,24,32,56,80%の形態では明らかに異なっていることが分かる。F.C.=0,4,8%ではいずれの細粒分含有率においても N/N_f が0.9までは、ほとんどひずみが生じていないが、それ以降から急激な発達が認められる。これはゆるい砂に特有の液状化による破壊形態を示すものである。これに対して、F.C.=16,24,32,56,80%では、繰返しせん断の後半にひずみが急増する変曲点があるものの、比較的大きなひずみが繰返しせん断の初期から発生している。その変曲点は細粒分含有率が増加するほど、 ϵ_{DA} の値が大きな点で現れる傾向にあることが分かる。図(b)から、F.C.=8%の試料は繰返しせん断の初期にひずみが大きく発生し、その増分は繰返しせん断が進行するに従い減小していくことが分かる。また、細粒分含有率が増加すると1サイクルあたりのひずみの増加



(a) $\sigma_3/2\sigma_c=0$

量は均等になる傾向へと移行していくことが分かる。

図-2 は、非排水繰返し三軸試験より得られた等方圧密下および異方圧密下の強度曲線である。図(a)は $\sigma_v/2\sigma_c'=0$ 、(b)は $\sigma_v/2\sigma_c'=0.4$ の結果である。図より $\sigma_v/2\sigma_c'=0$ においてはF.C.=0,4,8%の強度線にはほとんど差がなく、F.C.=16,24,32,56,80%では細粒分含有率の増加に伴い強度が増加することが分かる。それに対し $\sigma_v/2\sigma_c'=0.4$ においては、細粒分含有率が最も少ないF.C.=8%の強度が最も低い強度を示すが、F.C.=16,24,32,56,80%の強度は等方圧密の場合とは逆に、細粒分の増加に伴い減少する傾向が認められる。

図-3 は、細粒分含有率の違いが異方圧密下の土の繰返しせん断強度にどのような影響を与えるかを検討するために、繰返し回数20回で

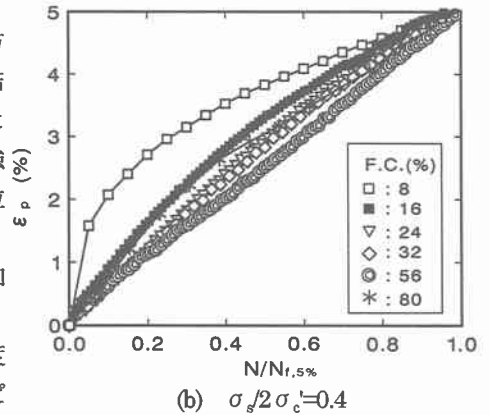
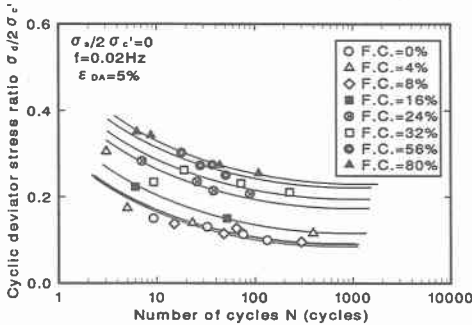
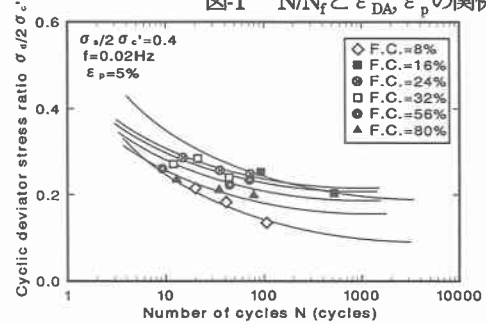


図-1 N/N_f と ε_{DA} 、 ε_p の関係



(a) $\sigma_v/2\sigma_c'=0$



(b) $\sigma_v/2\sigma_c'=0.4$

図-2 $\varepsilon=5\%$ に至るに必要な繰返し回数と繰返し応力比の関係

ーク軸ひずみ $\varepsilon_p=5\%$ に至るに必要な繰返し応力比 $R_{(ANC)}$ を、等方圧密下($\sigma_v/2\sigma_c'=0$)の繰返しせん断強度 $R_{(INC)}$ で正規化した繰返し強度比 $R_{(ANC)}/R_{(INC)}$ と初期せん断応力比 $\sigma_v/2\sigma_c'$ の関係を細粒分含有率をパラメータとして示したものである。図よりF.C.=8,16,24,32%に関しては、初期せん断応力比 $\sigma_v/2\sigma_c'$ の増加に伴い、繰返し強度比 $R_{(ANC)}/R_{(INC)}$ は増加する傾向がみられる。それに対してF.C.=56,80%に関しては、初期せん断応力比 $\sigma_v/2\sigma_c'$ の増加に伴い繰返し強度比 $R_{(ANC)}/R_{(INC)}$ は減少する傾向がみられる。また、細粒分含有率が増加すると、繰返し強度比 $R_{(ANC)}/R_{(INC)}$ は初期せん断応力比 $\sigma_v/2\sigma_c'$ の増加に伴い増加する砂の強度特性から、減少する粘土の強度特性へと移行していく傾向が認められる。その境界は細粒分含有率F.C.=30~50%であると予想される。

4. まとめ

非排水繰返し三軸試験より得られた N/N_f と ε_{DA} 、 ε_p 関係において、等方圧密下と異方圧密下のひずみの発生形態はF.C.=0~8%では砂のひずみの発生形態と等しくなった。また、F.C.=16~80%では細粒分含有率の変化によってその形態が変化した。繰返しせん断強度は細粒分含有率の変化により初期せん断応力比 $\sigma_v/2\sigma_c'$ の増加に伴い増加する砂の強度特性から、減少する粘土の強度特性へと移行した。その境界は細粒分含有率F.C.=30~50%であった。

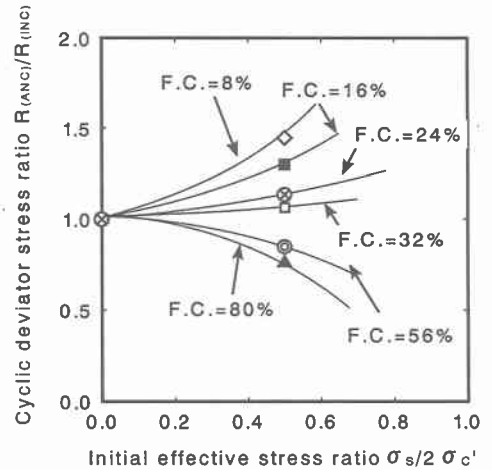


図-3 繰返し強度比と初期せん断応力比の関係

【参考文献】1)桑野二郎・高原健吾(1993): 細粒分を含む砂の液化特性, 地盤工学会誌, vol41, No7, pp23~28

2)谷口聡一・兵動正幸(1998): 中間土の非排水せん断特性に及ぼす細粒分含有率の関係, 第33回地盤工学研究発表会, vol2, pp685~687

3)兵動正幸(1998): 粘性土の動的性質 2. 粘性土の動的問題の分類, 地盤工学会誌, vol46, No6, pp53~58