

粘土分を含む砂の非排水単調および繰返しせん断特性

山口大学工学部 正会員 兵動正幸 中田幸男
基礎地盤コンサルタンツ(株) 伊東周作
山口大学大学院 学生員 福田賢二郎 ○難波宏文

1. はじめに 粘性土と砂を混合した土は中間土と呼ばれ、力学特性が十分に体系化されていない状況にある。現状では、中間土は粘性土の混合割合によって砂または粘土のいずれかに分類されるが、区分の方法にはあいまいな面がある。このような中間土は日本全土に幅広く存在していて、その力学特性は中間土地盤の堆積環境にも大いに影響を受けるものと考えられる。本研究では、砂と粘土を一定の割合で混合した供試体を作成し、その力学特性を調べた。具体的には、三河珪砂の相対密度を統一し、海成粘土の小野田粘土を混合した試料の水中落下供試体と締固め供試体による構造の違いが強度に及ぼす影響を、非排水単調せん断試験および非排水繰返し三軸試験を行うことにより評価した。

2. 試料および試験方法 本研究で用いた試料は、

表-1 試料の物性値

粒度調整した珪砂に海成粘土の小野田粘土を 90:10 の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。このような混合土の間隙比は、細粒子を間隙とみなし水と細粒子に対する珪砂の体積比として定めた。

小野田粘土 含有率	F. C. (%)	c. c	供試体 作成方法	ρ_s (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)
10	8	2.8	締固め	2.646	1.71
10	8	2.8	水中落下	2.646	1.74
0	0	0.0	水中落下	2.652	1.58

小野田粘土には約 20%の砂分が含まれていたため、混合土の細粒分は 8%となった。供試体作成方法としては、水中落下法と締固め法の 2 パターンを採用した。水中落下法の供試体は、混合した試料を攪拌し脱気槽で十分に脱気した後、モールドにつめ負圧で自立させ寸法を測定した。締固め法の供試体は、混合した試料を攪拌し混合試料の含水比を 10%程度まで下げた後モールドにつめ負圧で自立させ寸法を測定した。相対密度はどちらも $D_{rs}=50\%$ に統一した。両供試体を顕微鏡で観察を行ったところ、水中落下供試体では間隙が粘土スラリーで満たされていたのに対し、締固め供試体では砂粒子同志のかみ合い部に粘土分がはさまれる形となっていた。このように粘土分含有率は同じでも、粒子の配列構造の異なる状況が存在すると考えた。実験には、非排水単調せん断試験に単調三軸せん断試験機を用い、平均有効主応力 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ 、ひずみ速度 $0.1\%/min$ とした。非排水繰返しせん断試験には空圧制御式繰返し三軸試験機を用い、平均有効主応力 $\sigma'_c=100\text{kPa}$ 、初期せん断応力比 $\sigma'_s/2\sigma'_c=0, 0.4\text{kPa}$ 、周波数 $f=0.02\text{Hz}$ とした。

3. 実験結果および考察 図-1 は、非排水単調せん断試験より得られた有効応力経路を表したものである。この図より、水中落下法の供試体は間隙水圧の発生に伴って平均有効主応力が初期より減少し続け、変相点に達すると負の間隙水圧により増加に転じていることがわかる。また、締固め法の供試体においても間隙水圧が発生しているが水中落下法の供試体ほど発生していないため、平均有効主応力は初期からほとんど減少することなく増加し続けており、変相点が明確に存在していない。

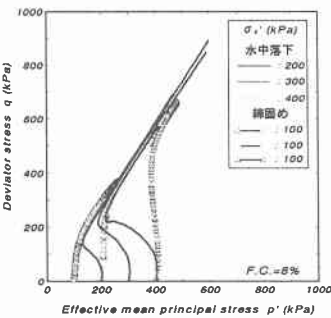


図-1 有効応力経路

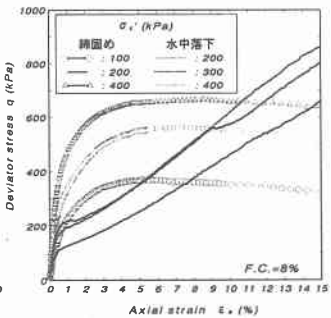


図-2 応力-ひずみ関係

非排水単調せん断試験

図-2 は、非排水単調せん断試験より得られた応力-ひずみ関係を表したものである。水中落下法の供試体の軸ひずみは $\epsilon_s=1\%$ 付近までは急激に上昇しているが、変相点を迎え一旦安定したのち緩やかに上昇する傾

向を示す。この挙動は比較的ゆるい砂の挙動に対応している。締固め供試体の軸ひずみは $\varepsilon_s = 3\%$ 付近までは軸差応力が急激に上昇しているが、その後はほぼ一定となり定常状態になっていることがわかる。以上のことより水中落下供試体は砂の挙動に近く、締固め供試体は砂の挙動よりもむしろ粘土の挙動に近いことがわかる。これは、粒子間に接合した粘土によるものと考えられる。

図-3 は、非排水繰返しせん断試験により得られた等方圧密下における軸ひずみ両振幅 ε_{DA} と繰返し回数 N の関係を表したものである。(a)と(b)どちらも軸ひずみ両振幅がある繰返し回数まではほとんど発生せず、ある地点から急激に増大していることがわかる。

図-4 は、非排水繰返しせん断試験により得られた異方圧密下におけるピーク軸ひずみ振幅 ε_p と繰返し回数 N の関係を表したものである。(a)においてはピーク軸ひずみは繰返し載荷と共に漸増傾向にあるが、(b)ではピーク軸ひずみがある地点から急激に増大していることがわかる。また、(a)は初期にピーク軸ひずみが大きく発生し、繰返しせん断が進行するにつれて小さくなる傾向が認められるが、(b)は繰返しせん断が進行するにつれてピーク軸ひずみの発生が大きくなる傾向が認められる。

図-5 は、軸ひずみ $\varepsilon = 5\%$ で規定した非排水繰返しせん断強度を表したものである。ここでは比較のために $F.C. = 0\%$ ・水中落下法の実験結果を載せた。(a)等方圧密下の強度線から $F.C. = 8\%$ ・締固め法の強度は、 $F.C. = 8\%$ ・水中落下法のそれより高いことがわかる。また、 $F.C. = 8\%$ ・水中落下法と $F.C. = 0\%$ ・水中落下法の強度はほぼ同程度であることがわかる。(b)異方圧密下の強度線から $F.C. = 8\%$ ・水中落下法、 $F.C. = 8\%$ ・締固め法ともに等方圧密下の場合より強度が増加していることがわかる。異方圧密状態にすることによる強度増加の割合は、 $F.C. = 8\%$ ・締固め法が $F.C. = 8\%$ ・水中落下法より大きく、強度は締固め法が水中落下法より高くなっている。この原因としては、先にも述べたように水中落下法は小野田粘土が砂粒子の隙間に水と溶け合い泥水のような状態で存在しているため、応力を受け持つことはほとんどできず、締固め法は小野田粘土が砂粒子の周りにこびりつくような状態で存在し、この状態が通水を行なった後も保たれているため小野田粘土が応力を受け持つことが可能となったことが推察される。また、締固めることによって過圧密状態になったことも予想される。

4. まとめ 本研究の結果より、等方圧密下では水中落下法と締固め法のひずみの発生のしかたに大差はないが、異方圧密下では、ひずみの発生のしかたに大きな相違が認められた。

参考文献 足立雅樹・安原一哉・福島正明：非塑性シルトの液状化とそれに伴う体積変化特性, 土木学会論文集 No. 535/Ⅲ-34, pp. 145-154

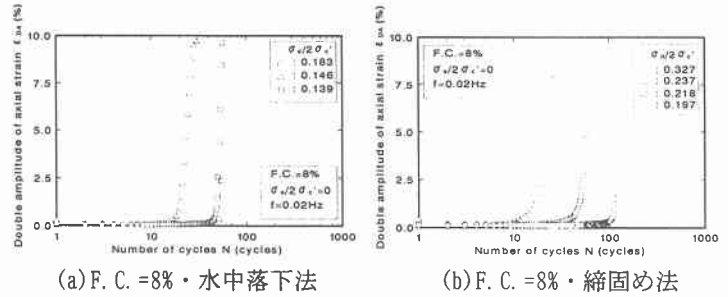


図-3 軸ひずみ両振幅と繰返し回数の関係(等方圧密下)

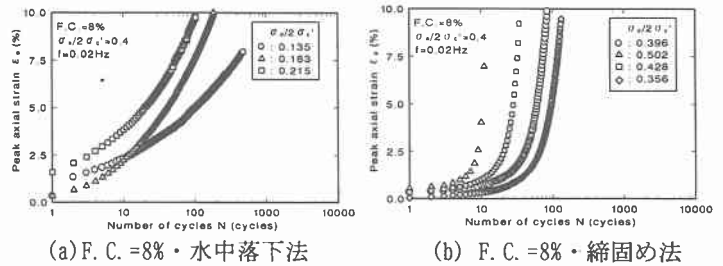


図-4 ピーク軸ひずみと繰返し回数の関係(異方圧密下)

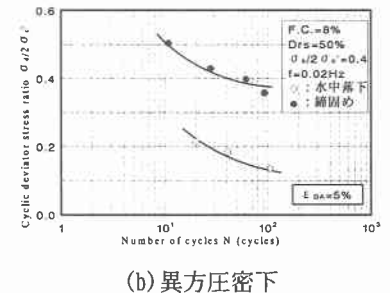
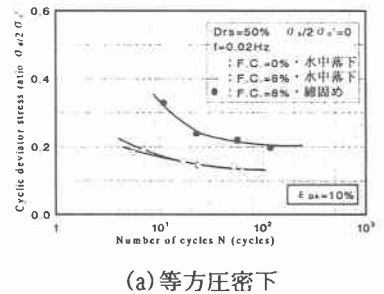


図-5 繰返し応力比と繰返し回数の関係