低塑性粘土の非排水繰返しせん断特性

山口大学工学部　正　員　　兵動正幸
山口大学大学院　学生員　○松山知美
山口大学大学院　学生員　　原本利徳　吉本憲正

1.はじめに

地盤の耐震評価は砂地盤の液状化に主眼を置かれてきた。しかし、過去の地震被害においても粘土地盤上の道路盛土や河川堤防の被害が報告されており[1),2)]、粘性土地盤に対する的確な耐震評価法の確立が望まれる。粘性土地盤は、場所により物理的性質、応力状態が異なるため粘性土地盤の統一した耐震評価法を確立する上で、様々な粘土のメカニズムを解明することは、重要である。

本研究は、低塑性粘土の非排水単調および繰返しせん断試験を行うと共に、これまで行われた種々の塑性指数から成る粘性土の試験結果と統合することにより、低塑性粘土のせん断特性について明らかにするものである。

2.試料および実験方法

実験に用いた試料は、荒川粘土再構成試料であり、試料の物性値は比重G_s=2.659,液性限界w_L=49.8,塑性限界w_p=32.8,塑性指数Ip=17.8 である。非排水単調せん断試験は、ひずみ制御式三軸試験機を用いて、種々の拘束圧、初期せん断応力比で圧密を行った後、非排水状態でひずみ速度 0.05%/min の単調載荷を行う。非排水繰返しせん断試験は、空圧制御式繰返し三軸試験機を用い、拘束圧σ_c'=100kPa の下で種々の初期せん断で圧密を行った後、非排水状態で周波数 f =0.02 Ｈｚの繰返し荷重を加えた。

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異方応力状態の有効応力径路を示したものである。図から、圧縮側において等方応力状態のものは若干ダイレイトし、伸張側では初期せん断応力 0.4 のものが若干ダイレイトしている。図－2 は異方圧密後非排水単調せん断試験において、最大せん断応力に達するまでに要したせん断応力比$|C_u-\sigma_s/2|/\sigma_c$'と初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c$'の関係をまとめたものである。ここで、$C_u$は非排水せん断強度であり$C_u=(\sigma_1-\sigma_3)_{max}/2$と定義する。図中には、参考のために高塑性粘土である五日市粘土(Ip=72.8)の結果も併せて示した。図から、荒川粘土では初期せん断応力比の増加に伴い伸張せん断では増加傾向を示し、圧縮せん断では減少傾向を示す。また、等方応力状

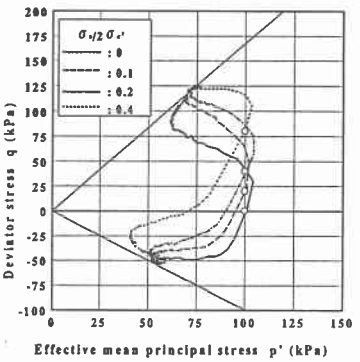


図-1 非排水単調試験より得られる有効応力径路

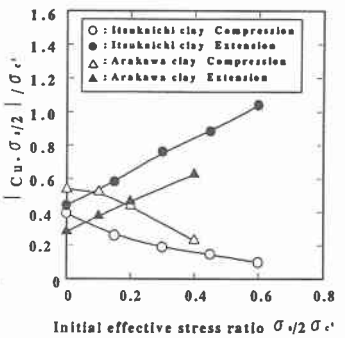
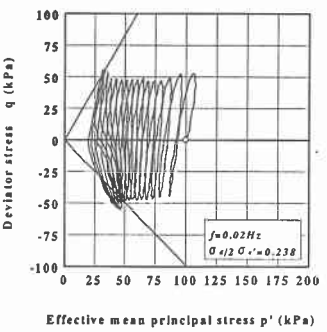
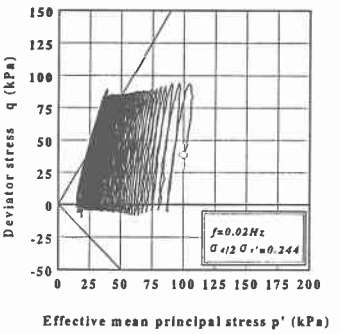


図-2 せん断応力比$|C_u-\sigma_s/2|/\sigma_c$'と初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c$'の関係



(a)　初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c$'=0



(b)　初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c$'=0.2

図-3 有効応力径路

態では圧縮方向のせん断に強く、異方応力状態では伸張方向のせん断に強いことが分かる。これに対し、五日市粘土ではどの初期せん断応力比においても伸張方向のせん断に強くなっている。図－３は非排水繰返しせん断試験より得られた有効応力径路を示したものである。図中(a)，(b)は、それぞれ初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c'$=0，0.2 の結果についてほぼ同程度の繰返し応力を与えた場合について示したものである。図より初期せん断応力比の増加に伴い間隙水圧の発生量は少なくなり、初期せん断応力が大きい程少ない間隙水圧の減少で破壊線に至ることが分かる。図－４は、異方正規圧密粘土の各サイクルにおけるピーク軸ひずみε_pと繰返し応力ピーク時の有効応力比η_pの関係を初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c'$と繰返し応力比$\sigma_d/2\sigma_c'$をパラメーターとして示したものである。いずれの図においても軸ひずみε_a=3%付近で変曲点を示し、ε_a=5%付近で定常状態に至っていると考えられる。また、等方正規圧密粘土においても軸ひずみ両振幅に対し同様の結果が得られた。さらにε_a=10%付近では、すべての結果でη_p－ε_p関係が平衡状態に達しており本研究では繰返しせん断強度を規定する軸ひずみの大きさをε_a=5%およびε_a=10%とした場合についてそれぞれ検討をおこなった。図－5(a)，(b)は、それぞれ軸ひずみε_a=5%とε_a=10%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の関係を初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c'$をパラメーターとして表したものである。どちらの図からも異方圧密状態より等方圧密状態の強度の方が低い値を取ることが確認される。図－６はこのような強度の傾向をより分かりやすくするために、繰返し回数N=20 回で軸ひずみε_a=5%，10%に至るに必要な繰返し応力比$\sigma_d/2\sigma_c'$と初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c'$の関係を示したものである。また図中には、参考のために高塑性粘土である五日市粘土の結果も合わせて示した。図よりε_a=5%、10%のいずれの場合においても低塑性粘土では初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c'$の増加による強度低下は見られないが、高塑性粘土では強度低下は顕著になることが分かる。また、荒川粘土ではε_a=5,10%における結果の差がほとんどないことから、低塑性粘土では繰返しせん断強度を規定する軸ひずみの大きさを砂質土と同じε_a=5%と定義することが可能であることが推察される。

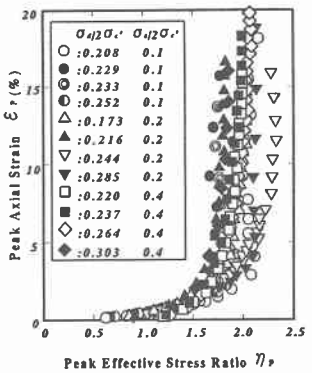


図-4 ピーク軸ひずみε_pとピーク有効応力比η_pの関係

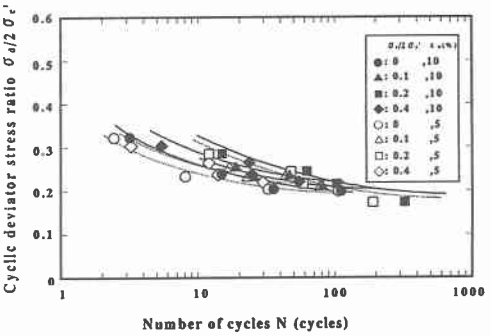


図-5 軸ひずみε_a=5%とε_a=10%に至るに必要な繰返し応力比$\sigma_d/2\sigma_c'$と繰返し回数Nの関係

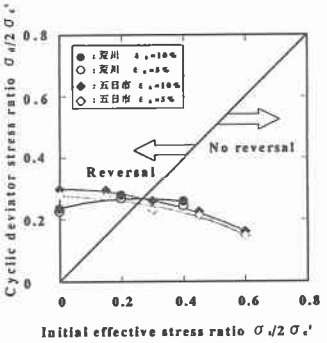


図-6 繰返し回数N=20 回で軸ひずみε_a=5%，10%に至るに必要な繰返し応力比$\sigma_d/2\sigma_c'$と初期せん断応力比$\sigma_s/2\sigma_c'$の関係

4.まとめ

低塑性粘土の非排水繰返しせん断特性として(1)～(4)のことが明らかになった。

(1)非排水単調せん断試験より得られた有効応力径路において若干ダイレイトする。(2)非排水繰返しせん断試験より得られた有効径路において初期せん断応力比の増加に伴い間隙水圧の発生量は少なくなり、少ない間隙水圧の減少で破壊線に至ることが分かる。(3)非排水単調せん断強度においては初期せん断応力比の増加に伴う減少傾向が圧縮側で見られるが、非排水繰返しせん断強度においてはほとんど見られない。(4)繰返しせん断強度を規定する軸ひずみの大きさをε_a=5%と定義することが可能である。

〈参考文献〉1)佐々木康・谷口栄一・松尾修・館山悟：土木構造物の被害例、土木研究所資料、第 1576 号、1980
2)佐々木康：土木構造物の耐震設計・その１、土木技術資料、vol.26,No1,pp.45-55、1984