

III-A 87

初期せん断応力を受ける不攪乱有明粘土の繰返し非排水せん断強度

佐賀大学理工学部 正 坂井晃
 " " 学 L. Samang
 " " 正 三浦哲彦

1. まえがき

一般に、粘土の動的強度は、砂質土の動的強度に比べて大きいことが知られている。しかし、盛土構造物等によって地盤内に初期せん断応力を受ける場合には、その粘土の動的強度は低下することが指摘されている。すなわち、初期せん断応力の作用によって動的強度が増加していく砂質土とは異なり、粘土の場合には逆に強度低下を示すことが知られている。本研究は、佐賀平野に広く堆積する有明粘土を対象に、数ヶ所から採取した不攪乱有明粘土を用いた繰返し三軸試験を実施し、繰返し非排水せん断強度に及ぼす初期せん断応力の影響について明らかにした。

2. 実験概要

(1)不攪乱有明粘土試料： 試験に用いた試料は、佐賀平野の4ヶ所から採取した不攪乱試料であり、それぞれの土質諸特性を表-1に示す。

(2)試験条件： 振動三軸試験装置を用いて、不攪乱有明粘土(直径5cm,高さ10cm)の繰返し非排水せん断試験を行った。異方圧密は、所定の異方圧密比 $K(=\sigma_3/\sigma_1)$ を一定に保ったまま、試料Ariake-A, Bでは軸荷重速度 $\dot{\sigma}_1=2.45\text{kPa/hour}$ で、それぞれ $\sigma_{10}=100, 88\text{kPa}$ まで、Ariake-Cでは $\dot{\sigma}_1=10\text{kPa/hour}$ で平均有効主応力 $p_{co}'=196\text{kPa}$ まで圧密した。試料Ariake-Dは、

表-1 不攪乱有明粘土の土質諸特性

Soil properties	Ariake clay				
	A	B	C1	C2	D
Sampling Depth, m	2.5-3.5	3.5-4.5	7-10	16-20	3-4
Physical Properties:					
Natural water content, w_n (%)	70.8	116.9	99.5-105.4	64.1-78.8	131.6
Density of soil particles, ρ_s	2.616	2.695	2.635-2.640	2.650-2.652	2.617
Wet density, γ_t (g/cm^3)	1.561	1.421	1.408-1.446	1.526-1.587	-
Initial void ratio, e_0	1.809	3.095	2.640-2.840	1.749-2.107	3.441
Liquid limit, w_L (%)	62.9	86.1	105.6-121.6	58.2-75.8	89.2
Plastic limit, w_p (%)	31.1	38.2	38.0-40.7	26.4-30.5	38.9
Plasticity index, I_p (%)	31.8	47.9	67.7-80.9	31.8-45.3	50.3
Grain size distributions:					
Clay ($d<5\mu\text{m}$), (%)	34	61	64-76	41-64	-
Silt ($5\mu\text{m}\leq d\leq 74\mu\text{m}$), (%)	48	33	35-24	54-35	-
Sand ($d>74\mu\text{m}$), (%)	18	6	1-0	5-1	-
Mechanical Properties:					
Angle friction, ϕ (deg.)	16.5	25.5	17.2	16.9	-
Yield stress, σ_y (kgf/cm^2)	0.32	0.29	0.70	1.23	0.43
Compression index, C_c	0.89	1.86	1.42	0.76	1.85
Swelling index, C_s	0.06	0.14	0.15	0.08	-

等方圧密(98kPa)からの試験のみを行った。繰返し荷重は、両振りの正弦波を周波数 0.1Hz(Ariake-A, B, D), 0.02Hz(Ariake-C)の条件で、それぞれ数種類の繰返し応力比 q_{cy}/p_{co}' を載荷した。

3. 繰返し非排水せん断強度

繰返し強度は、等方圧密状態($K=1$)の試験では軸ひずみの両振幅 $\epsilon_{DA}=10\%$ 、初期せん断応力を受ける状態($K<1$)の試験に対しては軸

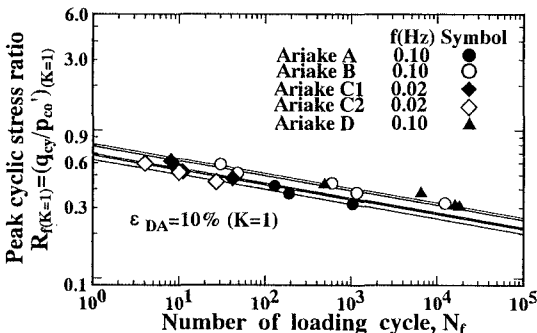


図-1 繰返し強度(等方圧密 $K=1$)

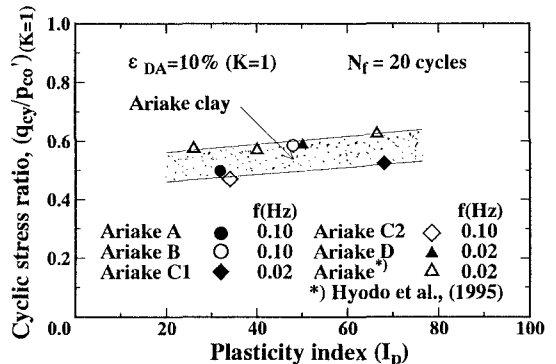


図-2 繰返し強度と塑性指数の関係

ひずみのピーク $\varepsilon_p = 10\%$ に達したときの繰返し回数を
用いることにする。

(1) 等方圧密状態

等方圧密状態からの繰返し強度を、図-1 に示す。
各試料の繰返し強度の直線の傾きはほぼ同じである。
また、繰返し回数 $N_f = 20$ の繰返し強度(図-2)は、塑性
指数 I_p の増加とともに大きくなり、繰返し応力比
 q_{cy}/p_{co}' で約0.13の幅の領域に位置している。

(2) 異方圧密状態 (K<1)

初期せん断応力を考慮したピーク繰返し応力比 R_r 、
 $R_r = (q_{cy} + q_s) / p_{co}'$ 、の一例(Ariake C1)を、図-3 に示
す。このときの R_r は、異方圧密比 K が小さくなるほど、
すなわち初期せん断応力比が大きくなるほど高くなって
いることがわかる。これらは、次式で表される。

$$R_r = a N_r^b \quad (1)$$

ここに、 a と b は実験定数である。図-4 は、これら定
数に及ぼす初期せん断応力比 q_s/p_{co}' の影響を示して
いる。 a_0 、 b_0 は等方圧密状態 ($K=1$) の値である。直線
の傾きを表す定数 b は、初期せん断応力の作用によっ
て減少するがその値は q_s/p_{co}' の値に依存しない。

繰返し強度に及ぼす初期せん断応力の影響を明ら
かにするために、図-5 に、 $N_r = 20$ 回の等方圧密状
態の強度で正規化した強度比を比較した。Ariake A
以外は、初期せん断の増加に伴って強度が減少して
いるのがわかる。これらの相違を繰返し応力・ひず
み曲線の形状から比較すると、初期せん断応力によ
って強度が増加している場合(Ariake A)には、応力
・ひずみ曲線が収束していく傾向にあるが、強度が
減少していく場合(Ariake B, C1, C2, D)には逆の減少
が認められた。また、図-5 の関係を表す関係式

$$\frac{(q_{cy}/p_{co}')}{(q_{cy}/p_{co}')_{K=1}} = 1 + d * \left\{ \frac{(q_s/p_{co}')}{(q_{cy}/p_{co}')_{K=1}} \right\}^{1.5} \quad (2)$$

の定数 d は、塑性指数 I_p との間に図-6 に示す関係
があり、 $I_p > 38\%$ のときには、初期せん断応力による
強度低下が認められる。

4. あとがき

初期せん断応力を受ける不攪乱有明粘土の繰返し非
排水せん断強度の増減は、応力・ひずみ曲線の形状お
よび塑性指数の値から判断できることがわかった。

参考文献：1) 兵動ら：設計パラメータとしての海成粘土の
原位置非排水繰返しせん断強度の評価、粘性土の動的
性質に関するソポゾウム, pp. 149-156., 1995.

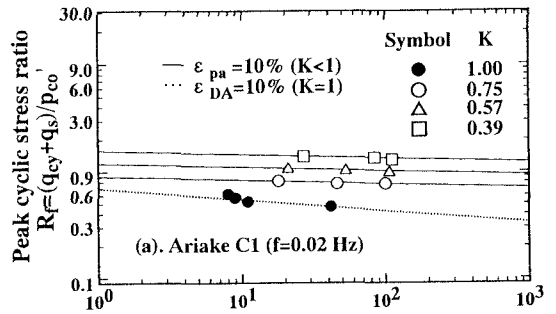


図-3 繰返し強度(異方圧密 $K \leq 1$)

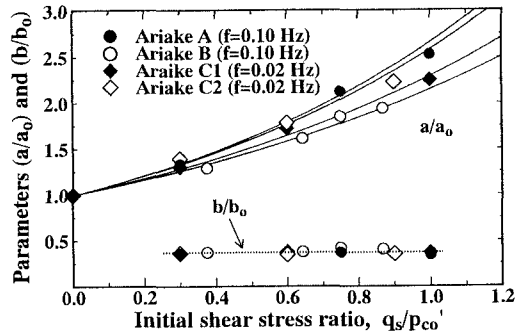


図-4 定数 a , b に及ぼす初期せん断応力の影響

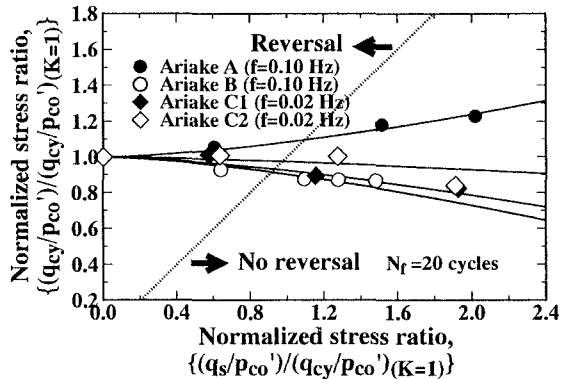


図-5 繰返し強度に及ぼす初期せん断応力の影響

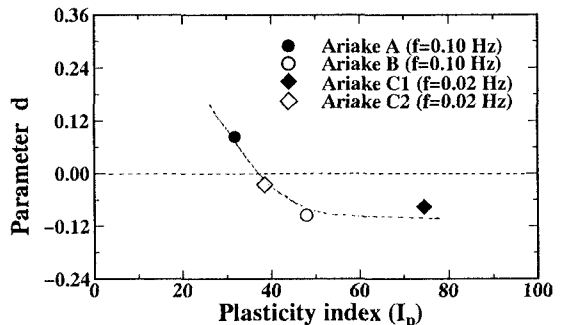


図-6 繰返し強度の増減と塑性指数 I_p の関係