

繰返し応力履歴をうけた粘土の強度変化

西日本工業大学 正 宇原一哉・平尾和典・〇原義男
北九州市 香山久雄・川工博人・脇坂彰

1. はじめに

飽和粘土が繰返し応力をうけた場合、間隙水圧の累積に伴い一時的に過圧密状態になる。本文では、このような粘土を擬似過圧密土として捉え、繰返し応力履歴後の強度特性が正規圧密土と比較して、どのように異なるかを検討する。また、繰返し応力履歴をうけた粘土の強度変化予測式を提案し、この妥当性を確かめることも目的としている。

2. 動的応力履歴後の強度変化^{1),2)}

繰返し応力をうけた粘土供試体のせん断強度は、間隙水圧の累積あるいは繰返しにより、履歴前の強度に比べ低下することが予想される。本文では、過圧密土と正規圧密土の非排水せん断強度比

$$\frac{(C_u/p)_{oc}}{(C_u/p)_{nc}} = n^{\lambda_0} \quad \text{----- (1)}$$

を基にして以下の考察を進めることにする。

いま、図-1を参照して

$$\frac{C_{uo}}{C_{ui}} = n^{\lambda_0} \cdot \frac{1}{(p_c/p_0)} = n^{\lambda_0 - (1-\lambda)} \quad \text{---- (2)}$$

$$\lambda_0 = 1 - \lambda \text{ のとき}$$

$$C_{uo} = C_{ui} \quad \text{----- (3)}$$

式(2)における過圧密比 n は

$$n = \frac{p_c}{p_0} = (n_f)^{\frac{1}{1-\lambda}} = \left(\frac{p_c}{p_0}\right)^{\frac{1}{1-\lambda}} = \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{p_c}}\right)^{\frac{1}{1-\lambda}} \quad \text{---- (4)}$$

式(4)から式(2)は

$$\frac{C_{uo}}{C_{ui}} = \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{p_c}}\right)^{\frac{\lambda_0}{1-\lambda} - 1} \quad \text{----- (5)}$$

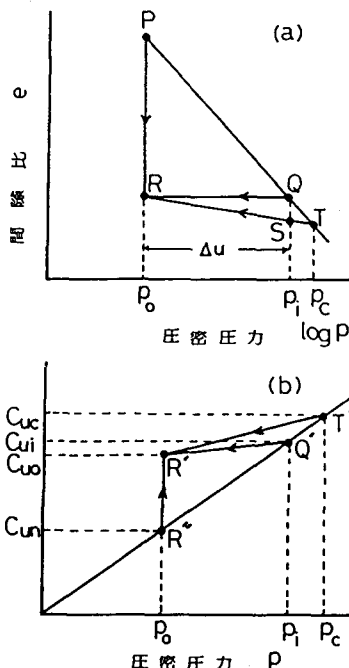
と表わされる。これが、提案する間隙水圧累積に伴う強度変化の予測式である。

表-1 実験条件

3. 実験概要

実験には、繰返しした有明粘土を再圧密したものを使用し、その指数的性質は実験条件とともに表-1に示している。繰返し三軸圧縮試験機は既報に詳しいので省略する。また、繰返し応力負荷後の静的せん断試験は、ひずみ速度 0.1%/min で行った。間隙水圧は供試体底部で計測している。

Index properties	Series	$\sigma_1 = \sigma_3$ (kPa)	BP (kPa)	σ_r (kPa)	f (Hz)	N (cycles)	Drained condition	Loading method			
$G_S=2.647$ $w_L=123\%$ $I_P=69$ $C_c=0.700$ $C_s=0.163$	A	200	200	40	1	3600	Undrained				
				80							
				100							
				120							
	B			100	3	$5.2 \cdot 10^5$	Undrained				
				100	0.1	$1.7 \cdot 10^4$					
				100	3	$5.2 \cdot 10^5$			Drained		
				100	0.1	$1.7 \cdot 10^4$					
	C			CIU	$\sigma_1 = \sigma_3$ (BP)	100,150,200,250 (kPa)					

図-1 いくつかの履歴に伴う e - $\log p$ - C_u 関係

式(5)を確かめるために、繰返し応力履歴と受ける静的せん断試験も実施している。

4. 実験結果と考察

シリーズAの非排水せん断時におけるスレスパスを図-2に示す。有効応力で整理した繰返し応力履歴後の静的せん断強度は正規圧密土の強度よりやや低下している。また、繰返し応力の大きさによるせん断強度の相違はそれほど見られない。

ここで、前に述べた強度変化の予測式を用いて計算した結果が図-3である。計算に必要な実験定数は、それぞれ

$$\lambda = C_s/C_e, \quad M = q/p' \quad \left. \begin{array}{l} \lambda_0 = \frac{1}{\ln 2} \cdot \ln \left(\frac{M}{\frac{C_u}{C_{u1}}} \right) \end{array} \right\} \text{---- (6)}$$

によって求めている。計算値と実測値との対応については、 $\sigma_r = 120 \text{ kPa}$ の繰返し応力履歴と受けた供試体の結果が大きくはずれている。しかし、他の供試体の $\frac{C_{u0}}{C_{u1}}$ 値はやや計算値に近い値を示すようである。とほ言え、今回の実験では $\frac{\Delta u}{p_c}$ が 0.3 以下に限られているため $\frac{\Delta u}{p_c}$ がさらに大きい範囲についても実験的補足を行い、予測式の妥当性を検証する必要がある。

次に、シリーズAでは繰返し応力載荷時間が1hr(3600回)と短いため、せん断強度の低下が顕著でないと思われるのでシリーズBでは繰返し載荷時間の影響を調べるため48hrとし、併せて周波数・繰返し中の排水条件を変えて行った。シリーズBのスレスパスを図-4に示している。これより、非排水条件で繰返し応力履歴と受けた供試体については、その後のせん断強度に繰返し載荷時の周波数の影響はほとんどみられないようである。一方、排水条件で繰返し履歴と受けた供試体では、せん断強度に周波数の影響を強くうけて、周波数の高い供試体の強度が大きくなっている。また、排水条件で繰返し履歴と受けた供試体のせん断強度が、周波数に関わらず非排水条件のそれより大きくなることは急速な繰返し荷重のもとでも圧密現象が進行したため、このような結果になったものと思われる。

5. あとがき

繰返し応力履歴と受けた飽和粘土のその後のせん断強度の変化について数シリーズの実験を行い、提案した予測式の妥当性を検討した。その結果、i) せん断強度の予測値は $\frac{\Delta u}{p_c}$ が小さい領域では実測値に近い値を示すが、 $\frac{\Delta u}{p_c}$ が大きい領域での実験的補足がさらに必要である。ii) 繰返し応力履歴後のせん断強度は正規圧密土に比べ若干低下する。iii) 繰返し応力載荷中の排水条件が履歴後のせん断強度に大きく影響する。

引用文献 1) 安原 他 (1982): 第37工研会, 2) 安原 他 (1982): 第17回土質学会, 3) K. Yasuhara et al.: S&F, Vol. 22, No. 3 4) 第17回土質学会

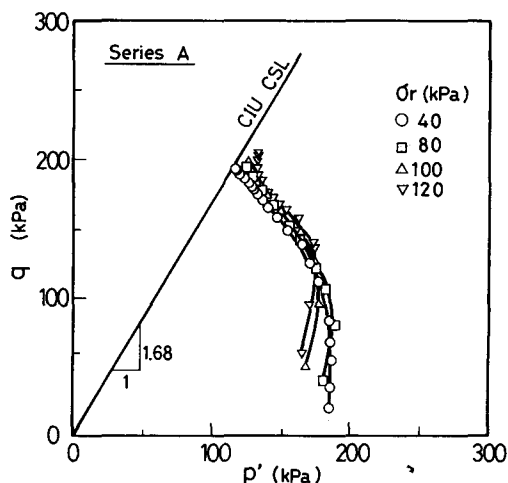


図-2 非排水せん断時のスレスパス

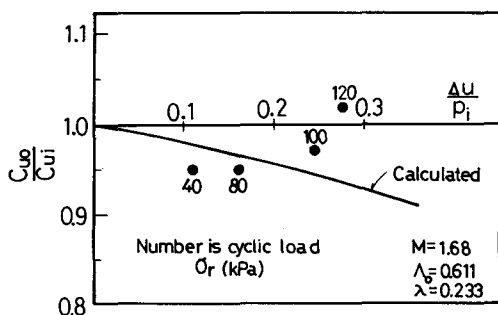


図-3 計算値と実測値の対応

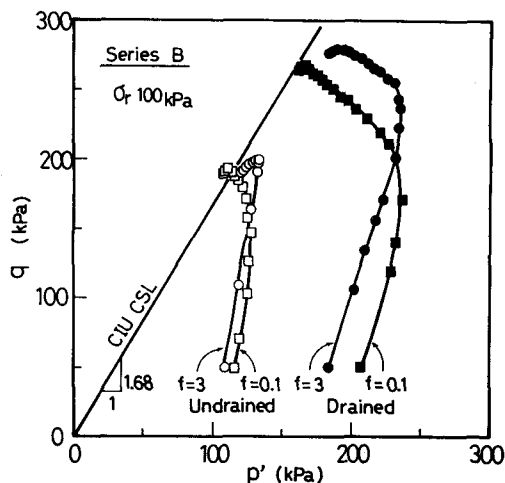


図-4 非排水せん断時のスレスパス