

### (Ⅲ - 10)

## 載荷速度の違いによる粘土の動的強度特性

東海大学工学部 正会員 ○杉山 太宏  
山口大学工学部 正会員 兵動 正幸  
三井建設(株)技術研究所 正会員 山本 陽一

### 1. まえがき

これまでに著者らは、粘性土の繰返しせん断特性を調べることを目的に、様々な初期応力状態にある粘性土の繰返し三軸試験を行ってきた<sup>1), 2), 3)</sup>。これらの実験では一般に行われる荷重振幅と周波数を一定に保つ方法を採用し、さらに基礎的研究という立場から、粘性土の速度依存性を考慮して 0.02Hz の周波数を採用している。しかし荷重制御では、たとえ一定の、しかも低周期の周波数により繰返し載荷を行っても、試験中ひずみ速度は一定ではなく、変形の増大とともにひずみ速度もまた大きくなる。さらに、繰返し振幅が変われば当然ひずみ速度も大きくなる。これまでに粘土の速度依存性を調べる多くの研究が静的・動的試験で行われ<sup>4)</sup>、いずれの研究においてもひずみ速度が大きいあるいは周波数の高いものほど、粘土の強度が大きく現れることが示されている。

本研究では、ひずみ速度ならびに荷重振幅を一定に制御した繰返し三軸試験を行って、粘土の繰返しせん断特性に及ぼすひずみ速度の影響について荷重制御の結果と比較することによって検討した。

### 2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、広島市五日市港で採取した五日市粘土 ( $G_s=2.532$ ,  $w_L=124.2\%$ ,  $I_p=72.8$ ) で、室内において 50kPa で予圧密された再構成試料である。これを平均有効主応力  $p_c=200\text{kPa}$  で 24 時間等方圧密した後、非排水状態で定ひずみ速度の繰返しせん断試験<sup>5)</sup>を行った。ひずみ速度は、静的試験を行った 0.1%/min に近づけるための 0.2%/min と 7.0%/min の 2 種類である。図-1 は、荷重制御で行った正規圧密と過圧密粘土の繰返し回数とひずみ速度の関係を示しており、いずれも繰返し回数の増加とともにひずみ速度が大きくなっていることがわかる。これらの平均的なひずみ速度として 7.0%/min を採用した。

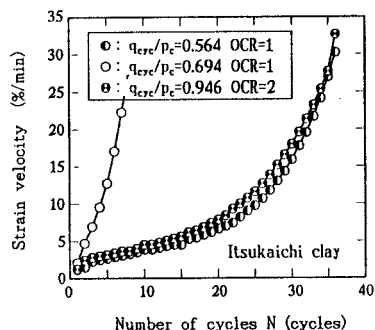


図-1 荷重制御によるひずみ速度

### 3. 実験結果と考察

荷重制御 ( $f=0.02\text{Hz}$ ) とひずみ速度制御試験から得られた繰返し回数  $N$  と軸ひずみ両振幅  $DA$ 、ならびに残留間隙水圧比  $u_r/p_c$  の関係を図-2、図-3 に示す。図中の白印は  $f=0.02\text{Hz}$ 、黒印は 7.0%/min、◎印は 0.2%/min の結果をそれぞれ表しており、また、繰返し応力比  $q_{eyc}/p_c$  がそれぞれほぼ等しくなるよ

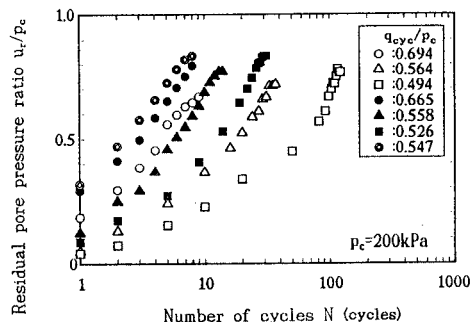
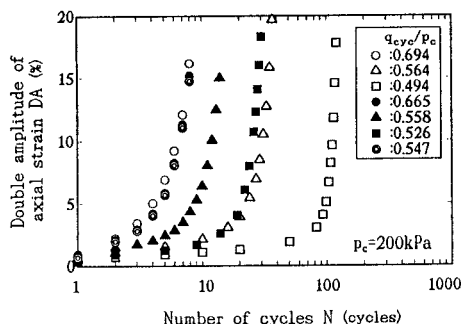


図-2 繰返し回数と軸ひずみ両振幅  $DA$  の関係

図-3 繰返し回数と残留間隙水圧比  $u_r/p_c$  の関係

うに荷重を与えている。図からひずみ速度制御による結果は、荷重制御よりも早い回数で軸ひずみ、間隙水圧が上昇し、0.2%/minではより多くの間隙水圧が発生している。荷重制御やひずみ速度 7.0%/min

では、試験中に間隙水圧の応答が遅れることを示している。図-4は、DA=10%で定義した各試験の動的強度線を示したものである。図からひずみ速度が低いものほど強度線は下方に位置しており、ひずみ速度の影響が現れている。この傾向はひずみレベルの小さい場合 (DA=2%、5%) にも確認されている<sup>5)</sup>。

$f=0.02\text{Hz}$ 、0.2、7.0%/minの載荷1サイクル目と有効応力が約 50kPa まで減

少した時の有効応力経路を示したのが図-5である。また、1サイクル目の応力～ひずみ関係を図-6に示した。1サイクル目の立ち上がりには 0.02Hz と 7.0%/min の違いがほとんど認められず水圧の発生量が少ないのに対し、0.2%/min では、静的試験の結果 (○印、0.1%/min) に近い経路を辿り水圧が多く発生していることがわかる。また、ひずみの発生についても同様の傾向が観察される。OCR=1,4,8 で行った静的試験の有効応力経路から求めた限界状態線 CSL は過圧密比によらず 1 本の直線で表されるが、有効応力が約 50kPa まで減少した 0.02Hz、7.0%/min の有効応力経路は CSL を飛び出している。同様な結果は数多く報告されており、大根田ら<sup>6)</sup>はこの現象を水圧応答の遅れと繰返し載荷による攪乱 (乱れ) によるものとしているが、未だ明確な説明はなされていない。図-7は、ひずみ速度 0.2%/min で行った OCR=2 の有効応力経路を示したものであるが、静的試験の結果と異なり圧縮側で CSL を大きく飛び出しており、これは水圧応答の遅れだけでは説明できず、例えば大根田らが言うように繰返しによる乱れの影響ではないかと考えられる。

#### 一参考文献一

- 1) 兵動正幸・杉山太宏・山本陽一・河田頼治 (1993) : 繰返しせん断を受ける正規圧密および過圧密粘土の間隙水圧とひずみの評価、土木学会論文集、No.487/Ⅲ-26, pp79-88.
- 2) Hyodo, M., Yamamoto, Y. and Sugiyama, M. (1994): Undrained cyclic shear behaviour of normally consolidated clay subjected to initial static shear stress, Soils and foundations, Vol.34, No.4.
- 3) 兵動正幸・河田頼治・杉山太宏・山本陽一 (1994) : 初期せん断を受ける過圧密粘土の繰返しせん断強度、第29回土質工学研究発表会、pp.865-866.
- 4) 例えば、松井保・小原秀夫・伊藤富雄 (1977) : 飽和粘土の力学特性に及ぼす動的応力履歴の影響、土木学会論文集、第257号、pp.41-51.
- 5) 兵動正幸・四宮圭三・安福規之・村田秀一 (1995) : 定ひずみ速度繰返し三軸試験による粘性土と砂質土の動的強度について、土木学会論文集、No.523/Ⅲ-32, pp9-18.
- 6) 大根田秀明・梅原靖文・樋口嘉章 (1984) : 振動単純せん断試験による粘性土の繰返し強度特性について、港湾 23 巻、第4号、pp.71-94.

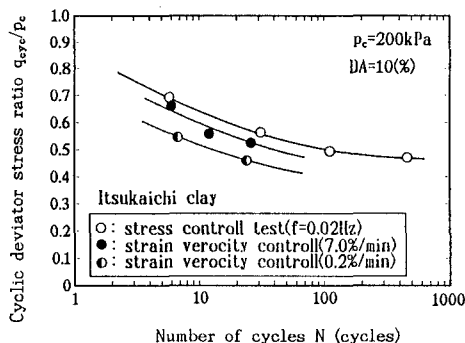


図-4 DA=10%で定義した動的強度線

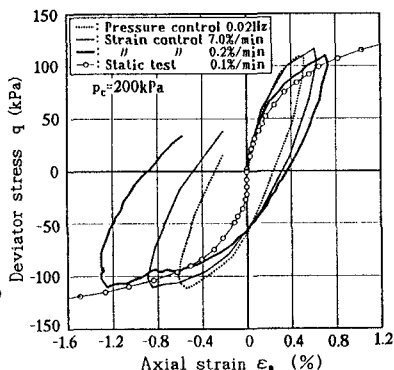


図-6 1サイクル目の応力～ひずみ関係

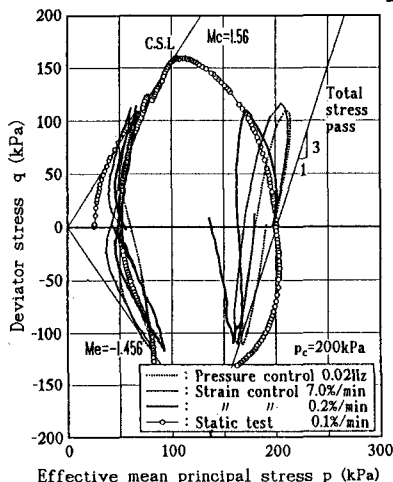


図-5 各試験の有効応力経路

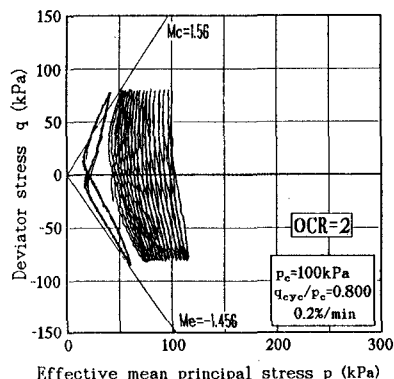


図-7 0.2%/min の有効応力経路 (OCR=2)