

## 高含水比における粘土のせん断特性(その2)

科学技術振興事業団 正会員 藤井 敏美  
 福山大学工学部 正会員 西原 晃  
 福山大学工学部 正会員 柴田 徹

## はじめに

自然堆積粘土が受けている年代効果を定量的に評価する基準として粘土が本来有している固有特性を明らかにする研究を続けてきている<sup>1)2)</sup>。本報告は、粘土の固有特性の一つとして粘性係数に着目して実験を行ったものである。

## 1. 実験の方法

粘土の粘性抵抗の測定にはスピンドルタイプの回転粘度計(トキメック社製, TVB-30HT)を用いた。この試験装置は直径3mmのロッドに取り付けた円盤(厚さ2.7mm)を回転させた時のトルクから粘性抵抗を求めるものである。本研究では、3種類のローターを用いて、5~100rpmの範囲で回転数を変えて実験を行った。実験に用いた試料は、ニュージーランド産の陶器用粘土であるニュージーランド粘土(LL=0.775, PL=0.379)とイ草染色用の尾道シルト(LL=0.36, PL=0.177)の2種類の粉末粘性土である。さらに液性限界の値を変えるために、これらの粘土を配合した試料を3種類、合計5種類の試料を実験に供した。

## 2. 実験結果と考察

## (1) 粘性係数とずり速度の関係

ずり速度とは円盤の回転によって生じる流体の相対速度から求められるもので、せん断速度に対応する。

ずり速度は円盤の直径と回転数によって、それぞれ値が決まっており、今回の実験におけるずり速度の範囲は1.05~26.1(sec<sup>-1</sup>)である。

粘土の粘性抵抗はずり速度の増加とともに大きく減少し、しだいに一定値になる傾向が見られた。

図-1は回転数50rpm(ずり速度10.5~13.05 sec<sup>-1</sup>)の場合の粘性係数と含水比の関係を示したもので、粘性係数の対数と含水比はほぼ直線関係にあることがわかる。ただし、それらの直線関係は液性限界に関係し、液性限界の低い粘土ほど、含水比の変化に対する粘性係数の変化が大きい。

粘土の力学特性は粘土粒子の粒子間力の影響を受

け、その中でも粘性係数は粒子間力をより直接的に反映した特性であると考えられる。ちなみに今回使用した粘土の液性限界における粘性係数は表-1に示すように、ほぼ一定値となる。この結果からも粘土の液性限界が粒子間力を反映した指標であることがわかる。

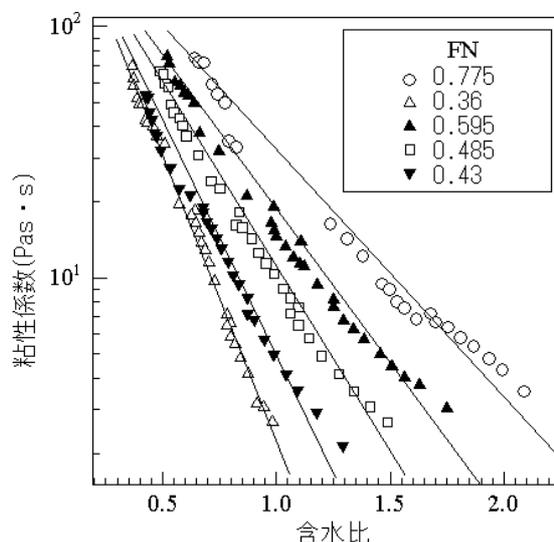


図-1 粘性係数と含水比の関係(回転数50rpm)

表-1 液性限界における粘性係数

液性限界	粘性係数 (Pas·sec)				
	0.775	0.596	0.485	0.43	0.36
50 rpm	53	59	63	57	62
100 rpm	32	34	38	36	44

図-2は図-1の結果を基準化含水比<sup>3)</sup>を用いて整理したもので、液性限界に関係なく一本の直線関係となる。このことは、基準化含水比が粘土の粒子間力の影響を的確に評価した物性値であることを意味しているといえる。

キーワード 粘土, せん断抵抗, 液性限界, 有効粘着力。

連絡先 〒729-0251 広島県福山市学園町1番地三蔵 福山大学 TEL 084-936-2112 FAX 084-936-2023

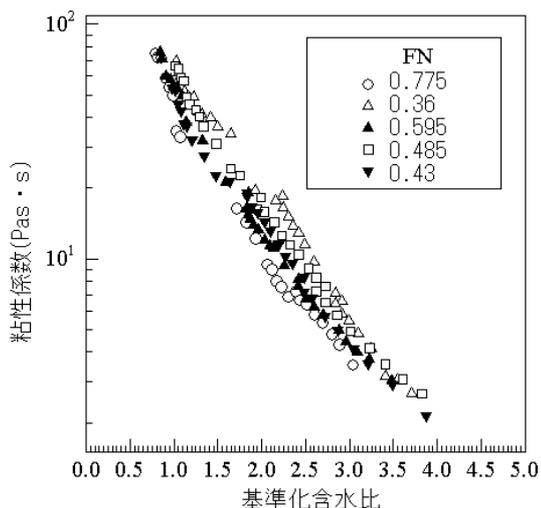


図-2 粘性係数と基準化含水比の関係(回転数50rpm)

(2) せん断抵抗とずり速度の関係

粘性の定義に基づくと、せん断抵抗を次式によって求めることができる。

$$\tau = D \dot{\gamma} \quad (1)$$

ここに、 $\tau$  は粘性係数(Pa·sec),  $D$  はずり速度である。

実験の結果、ずり速度が小さいうち ( $1 \sim 2 \text{ sec}^{-1}$  以下) はせん断抵抗がほぼ一定であり、粘土は粘性を持たないことがわかった。また、ある程度ずり速度が大きくなれば、ずり速度とともにせん断抵抗は増加し粘性を示すようになる。これらの結果より粘土には非粘性から粘性へ移行するずり速度の境界値が存在することがうかがわれる。通常のせん断試験におけるせん断速度は  $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-6} \text{ (sec}^{-1}\text{)}$  のオーダーであり、今回の粘性試験におけるずり速度よりもはるかに小さい。

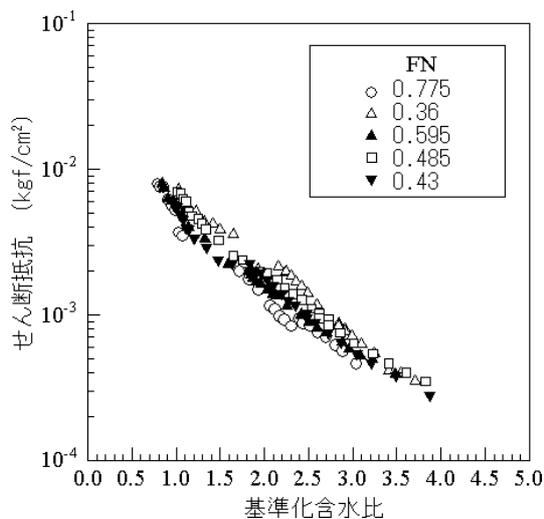


図-3 せん断抵抗と基準化含水比の関係 (回転数50rpm)

したがって、通常のせん断試験におけるせん断速度の範囲では土は粘性を示さないと考えられる。

図-3は、粘性試験から求めたせん断抵抗と含水比の関係を基準化含水比を用いて示したものである。せん断抵抗の対数と基準化含水比の関係は一意的に表される。

また、図-4は粘性試験から求めたせん断抵抗をペーン試験から求めたせん断抵抗ならびにHvorslevの有効粘着力の値と比較したものである。なお、基準化含水比と有効粘着力の関係は次式で与えられる<sup>3)</sup>。

$$w^* = K - 0.33 \log c e \quad (2)$$

ここで  $K = 0.59 + 0.33 \log c$  であり、 $c = 0.11 \sim 0.13$  の値を用いると、 $K = 0.27 \sim 0.3$  程度の値となる。

図-4より、液性限界以下の含水比では、粘性試験およびペーン試験から求めたせん断強度は式(2)で示される有効粘着力と含水比の関数に漸近していく。したがって液性限界以下の範囲において、摩擦成分以外の土のせん断強度と含水比の関係は式(2)で表されると考えてよい。ただし、液性限界以上の含水比では粘性試験とペーン強度から求めたせん断強度は異なっており、この相違はせん断機構の違いによる粒子間力の複雑な作用によるものと推察される。

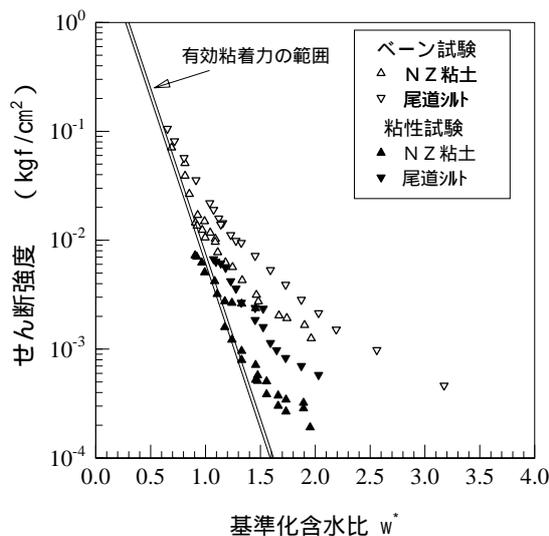


図 4 せん断抵抗と基準化含水比の関係

参考文献

- 1) 柴田徹・西原晃・藤井敏美・大西正城(1998)：“粘土の液性限界の測定法に関する研究” 福山大学工学部紀要，第22巻，pp.31-38.
- 2) 柴田徹・西原晃(2000)：“繰り返し再構成粘土の圧縮特性に関する研究” 福山大学工学部紀要，第24巻，pp.41-48.
- 3) 藤井敏美・西原晃・柴田徹(2002): “高含水比における粘土のせん断特性(その1)”，第58回土木学会年次学術講演会公園概要集（投稿中）