

異方過圧密粘土の応力履歴と排水変形特性

広島大学 大学院 学生員 ○池田 英治  
 広島県 正 員 木口 基  
 広島大学 工学部 正 員 森脇 武夫

1. まえがき

現在多くの構成式が提案されているが、それらのほとんどは等方圧密された正規圧密粘土に対するもので、過圧密領域を弾性と仮定してモデルを構築している。従って、これらのモデルを異方過圧密粘土に適用するのは様々な問題がある。そこで本報告では、異方過圧密粘土の変形挙動を主として応力履歴の影響の面から明らかにするため、Stress Probe試験（以下、SP試験と省略する）を実施したので、その結果を報告する。

表-1 広島粘土の物理的性質

2. 試料及び実験方法

実験に用いた粘土は練り返した広島粘土で、0.5 kgf/cm<sup>2</sup> (49 kPa) の鉛直加重を約2週間与え、一次元的に予圧密を行ったものである。表-1に広島粘土の物理的性質を示す。この試料を直径3.5 cm、高さ8.0 cmの円

| 液性限界<br>L.L.(%) | 塑性限界<br>P.L.(%) | 塑性指数<br>P.I.(%) | 比重<br>Gs | 三角座標による分類 |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------|
| 66.3            | 35.0            | 31.3            | 2.65     | シルト質粘土    |

柱形に成形し、特殊三軸試験機を用いてSP試験を行った。荷重は速度を任意に変えることのできる漸増(減)荷重装置を用いて、排水状態で間隙水圧が十分消散できるようなゆっくりとした荷重速度(0.5 kgf/cm<sup>2</sup>/day)で行なった。SP試験は図-1に示すように3通りの過圧密比について行われた。各ケースとも点A(p=2.0 kgf/cm<sup>2</sup>, q=1.5 kgf/cm<sup>2</sup>)まで異方圧縮した後、過圧密比がそれぞれ1.25, 2.0, 5.0となるように、点B(Case-1: p=1.6 kgf/cm<sup>2</sup>, q=1.2 kgf/cm<sup>2</sup>)、点C(Case-2: p=1.0 kgf/cm<sup>2</sup>, q=0.75 kgf/cm<sup>2</sup>)、点D(Case-3: p=0.4 kgf/cm<sup>2</sup>, q=0.3 kgf/cm<sup>2</sup>)まで除荷し、24時間静止させた後、以下の6種類の応力経路を与えた。

経路①: p一定, q増加 経路②: p減少, q一定

経路③: p減少, q減少 経路④: p一定, q減少

経路⑤: p増加, q一定 経路⑥: p増加, q増加

ここで、経路①、②は破壊するまで、経路③はp=0 kgf/cm<sup>2</sup>まで、経路④はq=0 kgf/cm<sup>2</sup>まで、経路⑤、⑥はp=4.0 kgf/cm<sup>2</sup>まで試験を行なった。

3. 実験結果と考察

まず、各ケースにおけるe~log p関係を図2~図4に示す。図では比較のために各経路のSP開始時の間隙比が等しくなるようにして示している。これらの図をみると、正規圧密領域は各ケースとも同じ傾きの直線でほぼ近似できるものの、過圧密領域は下に凸な曲線となっており、Cam-Clayモデルなどで仮定しているように傾きκの直線で近似するのは無理がある。そして、これらのモデルでは過圧密領域での平均有効応力と間隙比は一对一に対応しているため経路②、③は

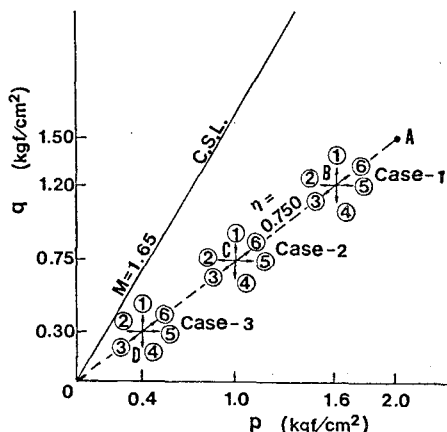


図-1 応力経路

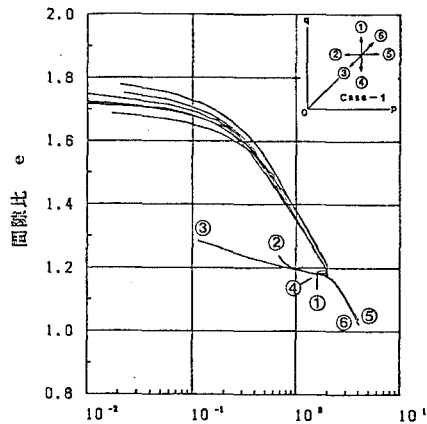


図-2 平均有効応力 p (kgf/cm²)

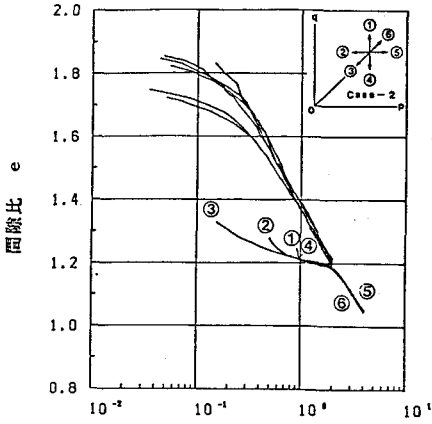


図-3 平均有効応力  $p$  (kgf/cm²)

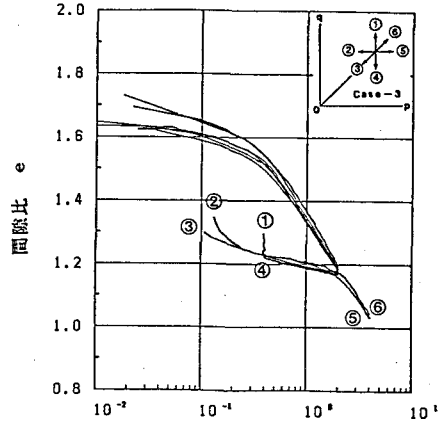


図-4 平均有効応力  $p$  (kgf/cm²)

同一の径路をたどるはずである。しかし、実際には両者は最初から違った径路をたどっている。また、径路⑤、⑥においてヒステリシスループを描いているのが分かる。次に、各ケースにおけるSP試験開始時からの体積ひずみ  $\nu = e_1 + 2e_3$  とせん断ひずみ  $\gamma = 2/3 * (e_1 - e_3)$  の関係を図-5～図-7に示す。Cam-Clayモデルでは、降伏曲面内を弾性と仮定しているため、Hook則を用いると体積ひずみ増分  $\delta \nu$  及びせん断ひずみ増分  $\delta \gamma$  は次式で表せる。

$$\delta \nu = \frac{3(1-2\nu)}{E} \delta p$$

$$\delta \gamma = \frac{2(1+\nu)}{3E} \delta q$$

従って、Cam-Clay理論に従えば、平均有効応力  $p$  一定なら体積ひずみは生じず、主応力差  $q$  一定ならせん断ひずみは生じないことになる。ここで、 $p$  一定の径路①、④を見ると、明らかに体積ひずみが発生している。特に径路①においては、過圧密比がごく小さいCase-1は正の体積ひずみ、すなわち負のダイレイタンスを生じており、これは正規圧密土と同じであるが、過圧密比の大きいCase-2, 3はCase-1とは逆に負の体積ひずみ（正のダイレイタンス）を生じている。また、その量は過圧密比が大きいものほど大きくなっている。次に  $q$  一定の径路②、⑤においてもせん断ひずみが発生しているのが分かる。そして、径路⑤においては平均有効応力  $p$  を増加させているにもかかわらず、せん断ひずみは減少しており、その減少量は過圧密比が大きくなるに従って大きくなっているのが分かる。以上のように過圧密領域における挙動は弾性的ではなく、Cam-Clayモデルのような等方弾性モデルは適用できないといえる。

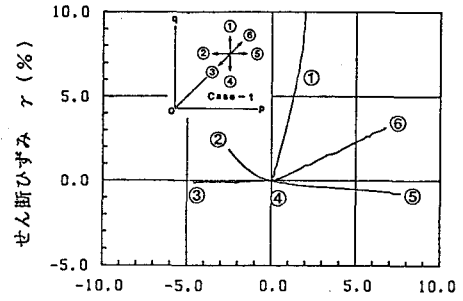


図-5 体積ひずみ  $\nu$  (%)

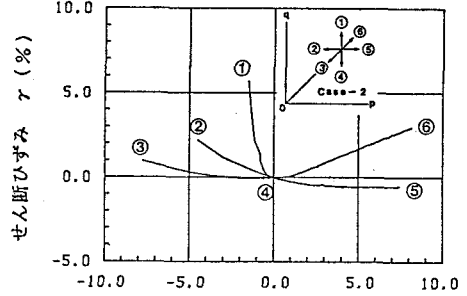


図-6 体積ひずみ  $\nu$  (%)

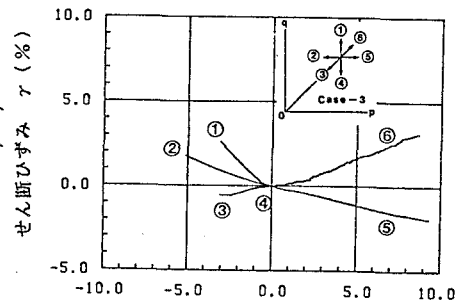


図-7 体積ひずみ  $\nu$  (%)