

III-214

弾粘性液体の立場から見た定ひずみ速度における圧縮曲線の解釈

広島大学 工学部 正 員 吉國 洋
 広島大学 大学院 学生員 ○平尾 隆行
 五洋建設(株) 嘉屋 伸晃

1. まえがき

定ひずみ速度圧密試験に限らず多くの圧密試験における圧縮曲線は、屈曲を含んだ曲線となることは周知の事実である。しかしひずみ速度を試験中に変化させると、そこに現れる屈曲点は、弾塑性の立場からでは説明し難い。そこで本研究では弾粘性液体の立場からこのような現象の説明を試みる。

2. 試験方法

具体的にひずみ速度を変化させた圧縮曲線を見るために、図-1に示したような条件の下で定ひずみ速度圧密試験を行った。変化させるひずみ速度の幅はできるだけ大きい方が望ましいが、試験機的能力上図示した値で精一杯である。試料には広島粘土を高含水比(240±5%)で練り返し、再圧密した試料を用いた。表-1に試料の物理的特性を示す。

3. 解析方法

弾粘性液体のレオロジーモデルを図-2に示し、これから得られる方程式を間隙比 e で表わすと、

$$\frac{de}{dt} = m_v \cdot (e, \sigma') \cdot \frac{\partial \sigma'}{\partial t} + \frac{1}{\eta(e, \sigma')} \cdot \sigma'$$

ここに、

$$m_v(e, \sigma') = - \frac{de}{d\sigma'}$$

$$\sigma' = -\eta(e, \sigma') \cdot \frac{de}{dt}$$

である。間隙比 $e \sim$ 有効応力 $\log \sigma' \sim$ 体積粘性係数 $\log \eta$ は、図-3に示したような傾斜平面をなし、それぞれ図示した値の傾きを持つ。これらの傾きを得るには、二次圧密係数 $C\alpha$ を決定せねばならず、本解析では標準的な値の $C\alpha=0.02$ を用いた。これから $C\eta_e=50$ 、 $C\eta\sigma'=49$ が得られる。また、等クリーブ速度線の勾配は $Cs=1.0$ 、除荷膨潤曲線の勾配は $Cc'=0.1$ とした。

以上から、体積粘性係数 $\eta(e, \sigma')$ は、

$$\log \eta(e, \sigma'_0) = \log \eta(e_0, \sigma'_0) + C\eta_e \cdot (e_0 - e)$$

$$\log \eta(e, \sigma') = \log \eta(e, \sigma'_0) + C\eta\sigma' \cdot \log(\sigma'_0 / \sigma')$$

の2ステップで計算し、 $m_v(e, \sigma')$ は Cc' が間隙比 e によらず一定であることから、

$$m_v(\sigma') = \frac{de}{d\sigma'} = \frac{Cc'}{2.3026} \cdot \frac{1}{\sigma'}$$

で計算できることとなる（詳細は文献1)を参照）。

以上の解析を、試験で行ったひずみ速度の変化と同じ条件(図-1)

で計算を行った。

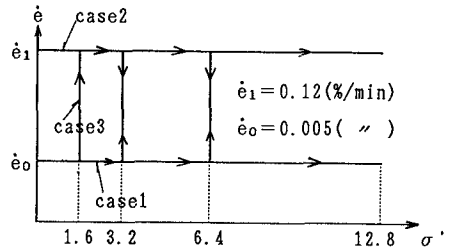


図-1 試験ケース

表-1 試料の物理的性質

液性限界	塑性限界	塑性指数	比重
WL	WS	Ip	Gs
116.5	45.4	71.1	2.623

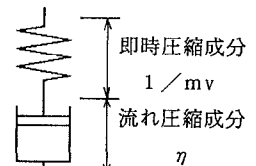


図-2 レオロジーモデル

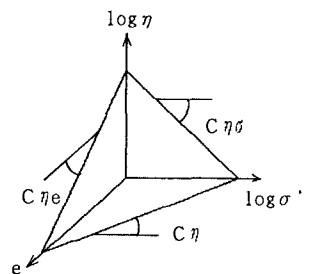


図-3 粘性係数平面

4. 結果と考察

case1～3の結果を図-4～6に示した。いずれの場合も、試験開始直後はCc'の傾きを持つ圧縮曲線となり、この間高粘性のため、即時圧縮が卓越した過渡領域である。やがて定常状態となる傾きCcの圧縮曲線上に屈曲を伴って達し、その後ひずみ速度の変化が与えられるまではこの線上を進行する。case1はこの線上から $\sigma' = 3.2 (\text{kgf/cm}^2)$ において、約24倍のひずみ速度を与えたものである。すると圧縮曲線は屈曲を伴って右方向に移動し、定常状態に入る。この速いひずみ速度を与えることは、 $e \sim \log \sigma'$ 状態点を強制的に非定常状態、つまり η の大きい状態にさせることであり、その後早く定常状態になろうとして、右方向に移動するのである。圧縮曲線上に屈曲点が見れるのはその結果である。逆に速いひずみ速度から遅いものに変化させると、 η の小さい非定常状態となり、 η の増加を伴って圧縮曲線が左方向に屈曲し、定常状態に入る。case3(図-6)は、このようなひずみ速度の変化を試験中に幾度となく与えたものであり、ひずみ速度の変化に伴う屈曲と圧縮曲線の移動を明確に示している。解析でもほぼ同じ屈曲と圧縮曲線が得られており、今日降伏と解釈されているこの屈曲部分は、弾粘性液体の立場からも説明することができる。

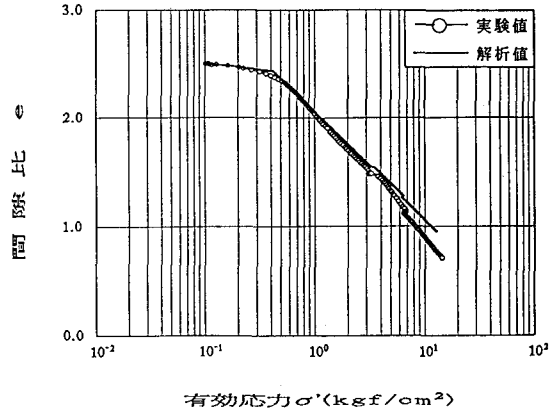


図-4 case1の結果

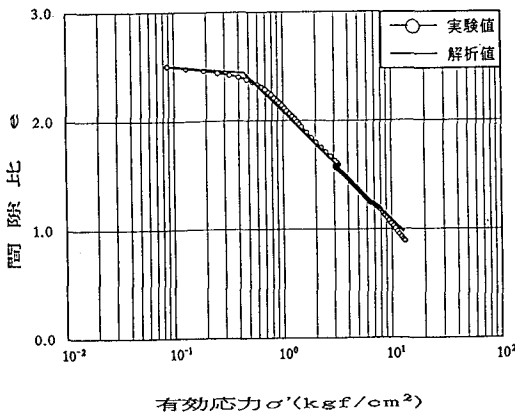


図-5 case2の結果

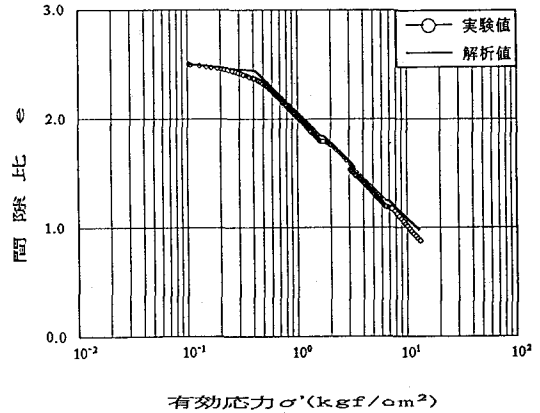


図-6 case3の結果

この過渡領域は本来上に凸な曲線となるべきであるが、解析の結果を見てのとおり、Cc'の直線である。これは図-2に示したダッシュボットがほとんど効かない状態にあるため、ヒステリシスを説明する上でも、図中のスプリングをVoigtモデルに置き換えて検討することが今後の課題である。

5. あとがき

ひずみ速度を変化させた場合に生じる屈曲点と圧縮曲線の移動を、弾粘性液体の立場から、あるひずみ速度からあるひずみ速度への過渡現象として説明することができた。

【参考文献】

- 1) 吉國 洋: 「軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に対する一つの解釈(V)」

第26回土質工学会研究発表会講演集