

東海大学 工学部 梅田 悟徳, ○赤石 勝, 国学院大学 似内 政康

1. まえがき

一次元圧縮では圧縮とともに主応力比 $K(=\sigma_3/\sigma_1)$ が減少し、主応力差の増加することが知られている。またこの主応力差の増加によって生ずる負のダイレイタンスー二次圧縮発生の主要因の一つであると言われている。¹⁾

著者らは、正規圧縮粘土の二次圧縮を一次元圧縮における主応力差増加による負のダイレイタンスーとその時間依存性によるものとして、二次圧縮を考慮した一次元圧縮解析法を提案している。²⁾ この解析法では、圧縮に伴う主応力比の減少とダイレイタンスー特性の処理が重要なポイントとなる。

今回は、三軸の圧縮理論を用いて二次圧縮を考慮した一次元圧縮解析を試みたが、この場合には、圧縮中の主応力比の変化を知る必要がないため解析が非常に簡単になる。著者らが従来より利用している一次元圧縮中の主応力比の変化に関する実験式と今回の解析結果について比較検討した結果を報告する。

2. 二次圧縮を考慮した一次元圧縮解析法

図1は、一次元圧縮における応力経路とヒズミの変化を示したものである。試料に作用する圧縮前後の有効応力状態は、A, C点、載荷直後の全応力は、B点で示される。また一次元圧縮中静止土圧係数 $K_0(=\sigma_3/\sigma_1)$ を一変とすれば、有効応力経路は $\overline{AC}$ 、全応力経路は $\overline{BC}$ である。

一般に正規圧縮粘土の体積変化は、平均有効応力 (σ_m) と主応力差 $(\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3)$ の増加によって生ずるので、一次元圧縮における体積ヒズミ ϵ_v と有効応力増分によるヒズミ ϵ_m , ϵ_d の相対して式(1)で表わすことができる。

$$\epsilon_v = \epsilon_m + \epsilon_d = \frac{C_c}{1+e_0} \log(1 + \sigma'_v/\sigma'_0) \quad \cdots (1)$$

ここに、 C_c :圧縮指数、 e_0 :初期間隙比、 σ'_0 :一次元圧縮中固相水の脱水によって消失した過剰間隙水圧と等価な有効応力増分 $(= \sigma'_m + D_c \cdot \sigma'_d)$ 、 D_c :ダイレイタンスー(率数)で σ'_d を有効等価圧縮圧力と呼ぶことにする。 σ'_0 は、載荷前の有効等価圧縮圧力である。三軸は、体積ヒズミ ϵ_v を用いて一次元圧縮中圧縮係数 C_p が一変の場合に成立する一次元圧縮方程式として式(2)を誘導した。式(2)は、圧縮中圧縮圧力が一変という仮定を必要としないため、一次元圧縮中時間依存性の負のダイレイタンスーが発生する場合も、体積ヒズミの境界値が時間とともに増大するような境界値問題として容易に取扱うことができる。

$$\frac{\partial \epsilon_v}{\partial t} = C_p \frac{\partial \sigma'_v}{\partial t^2} \quad \cdots (2)$$

$$\frac{\partial \epsilon_v}{\partial t} = C_p \frac{\partial^2 \epsilon_v}{\partial t^2} + \frac{\partial \sigma'_v}{\partial t} \quad \cdots (3)$$

$$K = (1 - K_0) \epsilon_v / \epsilon_h + 1 \quad \cdots (4)$$

これに對しダイレイタンスーの時間依存性を考慮した著者らの従来解析法では、固相水圧に関する一次元圧縮方程式として式(3)を用いてきた。式(3)の $\frac{\partial \epsilon_v}{\partial t}$ は、一次元圧縮中内部的に発生する固相水圧の時間的変化率である。この $\frac{\partial \epsilon_v}{\partial t}$ を予測するため一次元圧縮中の主応力比の変化を式(4)によって求めた。式(4)の ϵ_h は、 $K=K_0$ となったときの体積ヒズミ、 K_0 は静止土圧係数である。

3. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、 $G_s=2.55$, $w_L=73.6\%$, $w_p=60\%$, 粘土分64%, シルト分28%, 砂分8%のわり返し銀細粘土である。大型圧縮試験機(内径20cm, 高さ7cm)を使い、わり直し試料を $P=0.4 \text{ kg/cm}^2$ で圧縮し、標準圧縮試験用の供試体を作成した。標準圧縮試験機に移された試料を再び $P=7$ 日間圧縮後、圧縮圧力増分 $\Delta P=1.2 \text{ kg/cm}^2$ を加え7日間圧縮し、圧縮況下量の経時変化を測定した。

4. 実験結果と考察

一次元圧縮試験から得られた体積ヒズミの経時変化ならびに式(2)(3)を用いたダイレイタンスーを考慮した一次

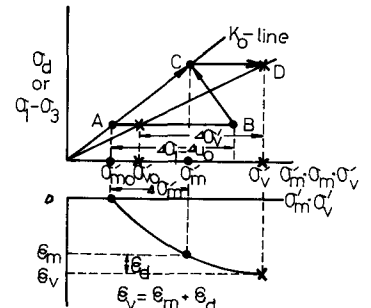


図-1

元圧解析法による計算結果を示したの p - t 図である。計算曲線 No.1 は、式(3)、No.2 は、式(2)から得られたものである。両曲線とも比較的よく実測値に適合している。

式(2)による計算で排水面に接する粘土部分では載荷瞬時に一次圧縮が終了し、体積ヒズミ E_m が生ずる。その後主応力差増加に伴う負

のダイレイタンシーによって体積ヒズミ E_d が生じ、図-3に示すように時間とともに増加することになる。計算曲線 No.2 によれば、時間 10^4 min におけるダイレイタンシーによるヒズミ E_d は、 ϵ_v % であり、全体の体積ヒズミ ϵ_v 中で約 14.7% である。

また式(2)による解析結果(計算曲線 No.2) から圧縮度 $U=40, 80, 100$ % 以上 における供試体内の体積ヒズミ ϵ_v と主応力比 K の分布を示したの p - t 図-4 である。これは、一次元

圧縮中静止土圧係数 $K_0 (=0.48)$ を一定として解いたものであるが、圧縮時間 p 60 分程度になると主応力比は静止土圧係数 K_0 にほぼ等しくなることがわかる。式(3)による解析では、 $\epsilon_{vf}=14.6\%$ (1440 min) で $\bar{K}=K_0$ となるとして式(4)を用いて計算しているが、 $\epsilon_{vf}=13.1\%$ (60 min) で $\bar{K}=K_0$ となるとしても体積ヒズミ-時間関係は計算曲線 No.1 と同じになりその影響は認められない。しかし式(2)と式(3)による解析結果では一次元圧縮

中の主応力比 K の経時変化は異なることになる。そこで $Z/H = 0.2, 0.5, 1$ (Z : 排水面からの距離, H : 試体排水距離である。) における主応力比 K ならびに供試体全高にわたる主応力比 K の平均値 $\bar{K}$ と体積ヒズミ比 ϵ_v/ϵ_{vf} の関係を示したの p - t 図-5 である。図-5 から体積ヒズミ比 ϵ_v/ϵ_{vf} と主応力比 K あるいはその平均値 $\bar{K}$ がほぼ一致することがわかる。計算結果と式(4)による $\bar{K}$ の推定値の間には若干のズレが認められるが、近似的には式(4)によって供試体内任意点の体積ヒズミからその点の主応力比 K を求めてよいと思われる。

5. あとがき

二次圧縮を考慮した一次元圧縮解析に三軸の圧縮理論を用いる場合には圧縮中の主応力比の変化を事前に知る必要はない。しかし、固相キ水圧に関する圧縮方程式を用いる場合、主応力比の予測次第で圧縮中の有効応力経路がわずかに変化を生ずるので今後さらに検討する必要がある。

6. 参考文献 1) 赤井定雄「解凍圧縮」『工院論叢』No.13, 1965, 2) 細野嘉「94497」『東大紀要』1976-2 3) 三笠「軟弱粘土の圧縮」鹿島出版会

