

東海大工学部 稲田 信徳・赤石 勝 同大学院 ○似内 政康

1. まえがき

二次圧密現象は、標準圧密試験特有のものであり、実際の地盤では長期にわたる一次圧密中に含まれ分離して表わせないと言われている。¹⁾ところが、数年前に軟弱地盤上に施工された宅地造成現場における長期観測結果によれば、原地盤においても二次圧密と思われる泥下が継続している場合がかなり多い。このような二次圧密的泥下による影響はきわめて大きいので、二次圧密現象をより適確に把握することが必要であると思われる。そこでこの報告では、著者が従来より提案している二次圧密を考慮した一次元圧密解析に必要な土質定数を簡便で、かつ広く普及している標準圧密試験から求める方法を明らかにした。²⁾また、東京近郊の泥炭質地盤にこの手法を適用したところ、提案法による計算値と実測値がよく一致し、提案法の妥当性が認められた。

2. 二次圧密を考慮した一次元圧密の基礎方程式

軸対称応力状態において、粘土の体積変化を支配する有効等価圧

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_v &= \bar{\sigma}_m + D \cdot \alpha_d \\ \bar{\sigma}_v &= \sigma_v - u \end{aligned} \quad \text{----- (1)}$$

密圧力 $\bar{\sigma}_v$ を式(1)のように定義する。ここに、 $\bar{\sigma}_m = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$ 、 $\alpha_d = \sigma_1 - \sigma_3$ 、 D : ガイレイタンシー係数、 u : 間ゲキ水圧である。体積ヒズミを式(2)のように表わせば、一次元圧密中 dt 時間に生ずる体積ヒズミは、式(3)となり、式(4)の一次元圧密基礎方程式が得られる。

$$d\epsilon_v = m_v \cdot d\bar{\sigma}_v \quad \text{----- (2)}$$

$$\frac{d\epsilon_v}{dt} = -\frac{e}{\bar{\sigma}_v} \cdot \frac{\partial u}{\partial z} \quad \text{----- (3)}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial \sigma_v}{\partial t} \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 m_v : 体積圧縮係数、 C_v : 圧密係数、 e : 透水係数、 $\bar{\sigma}_v$: 水の単位体積重量である。同様の考えからサンドドレーンの一次元圧密基礎方程式として式(5)が得られる。式(4)、(5)における $\partial \sigma_v / \partial t$ は、一次元圧密中内部に発生する間ゲキ水圧の時間的変化率であ

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right) + C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial \sigma_v}{\partial t} \quad \text{----- (5)}$$

$$K = (K_0 - 1) \epsilon_v / \epsilon_{vf} + 1 \quad \text{----- (6)}$$

$$\frac{\alpha}{m_v \cdot \Delta \sigma_1} = \frac{\alpha_0}{m_{v0} \cdot \Delta \sigma_{p0}} \quad \text{----- (7)}$$

る。また、一次元圧密中の主応力比 $K (= \sigma_3 / \sigma_1)$ の変化は式(6)で表わすことができる。ここに、 K_0 : 静止土圧係数、 ϵ_{vf} : $K = K_0$ となるときの体積ヒズミである。

3. 試料および実験方法

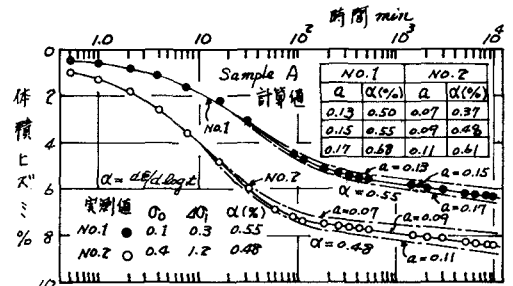
沖積粘土や市販のカオリン粘土など7種類の繰り返し試料を実験に用いた。それらの試料の物理的性質を表~Iに示した。まず、十分繰返した試料を大型圧密試験機を用い、予圧密荷重 $0.1 \text{ } \text{kg/cm}^2$ で約10日間圧密した。予圧密を終了した試料に対して K_0 圧密試験と標準圧密試験を実施した。両試験の圧密荷重段階は、 $0.4, 1.6, 6.4 \text{ } \text{kg/cm}^2$ の3段階である。載荷期間中は、標準圧密試験7日、 K_0 圧密試験1日である。標準圧密試験は、圧密係数や体積圧縮係数などの定数を決定し、 K_0 圧密試験では、静止土圧係数を求めることが目的である。

4. 試験結果と考察

試料Aの標準圧密試験における体積ヒズミの経時変化を示したのが図~1である。図中に示すように二次圧密速度 α と曲線定規法によって体積圧縮係数 m_v 、圧密係数 C_v を求める。静止土圧係数 K_0 が K_0 圧密試験から求められると、提案法による解析に必要な土質定数は、ガイレイタンシー係数 D が残されるだけになる。そこで、図~1の試験結果にできる限りよく適合する体積ヒズミ~時間関係を得るには、 D 係数をいかに設定するのがよいが、

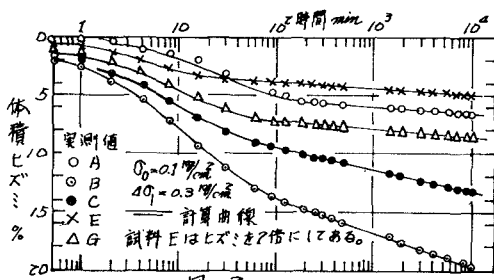
表~I

試料	A	B	C	D	E	F	G
Gs	2.67	2.05	2.41	2.69	2.65	2.68	2.68
WL (%)	82.6	463.2	176.4	135.6	49.7	48.0	80.0
WP (%)	20.8	193.6	94.4	84.0	22.9	28.7	39.5
粘土分 (%)	54.0			64.0	72.0	68.0	
シルト分 (%)	41.0			28.0	28.0	32.0	
Liq (%)		45.0	18.0	8.0			



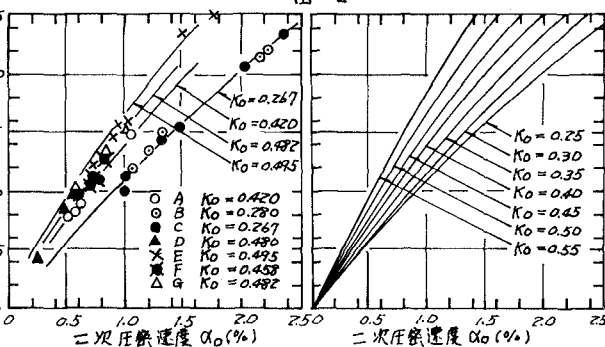
図~1

試行的にフィッティングを行なったのが図~1の鎖線である。試料Aは、グレイタンシー係数 $D(=a \log(t/t_0))$; $t \geq t_0 = 1 \text{ min}$, $D=0$; $t < t_0$ の定数 a を各荷重段階に對し、 $a=0.15$, $a=0.9$ とした場合に計算曲線と試験結果が最もよく一致しているように思われる。また泥炭のように二次圧密量の大きな試料Bから、ほとんど二次圧密現象を示さない試料Eまで一次元圧密中の体積ヒズミ~時間関係を同様の手法で表わし得ることを示したのが図~2である。さて、二次圧



図~2

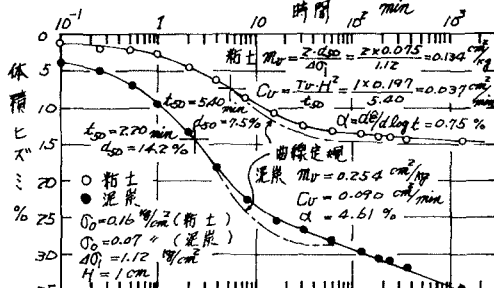
密領域における体積ヒズミのほとんどは、主応力差増加に伴うグレイタンシーによって生ずるので二次圧密速度 α とグレイタンシー係数 D との間には一定の関係が存在すると思われる。そこで、一次元圧密においては、最大主応力増分 $\Delta\sigma_0$ の大きさにかわらずグレイタンシー係数が一定とすれば、二次圧密速度 α は、体積圧縮係数 m_v と最大主応力増分 $\Delta\sigma_0$ の積に比例し、式



図~3(a)

図~3(b)

(7)が成立する。そこで、式(7)を用いて二次圧密速度の実測値 α を基準とする体積圧縮係数 $m_{v0}(=0.1 \text{ cm}^2/\text{kg})$ 最大主応力増分 $\Delta\sigma_0(=1 \text{ kg/cm}^2)$ に對應する二次圧密速度 α_0 に換算した。この換算二次圧密速度 α_0 とグレイタンシー係数 D に含まれる定数 a の関係を示したのが図~3(a)である。二次圧密のような排水フリー中のグレイタンシー特性を定量的に把握する方法が確立されていない現在、標準圧密試験の二次圧密速度からグレイタンシー係数 D が推定できれば便利と思われる。そこで、静止土圧係数 K_0 をパラメーターとして、数多くの計算によって換算二次圧密速度 α_0 とグレイタンシー係数 D に含まれる定数 a との関係を求め図示したのが図~3(b)である。これで静止土圧係数 K_0 以外の土質定数が標準圧密試験の体積ヒズミ~時間関係から求められたことになる。

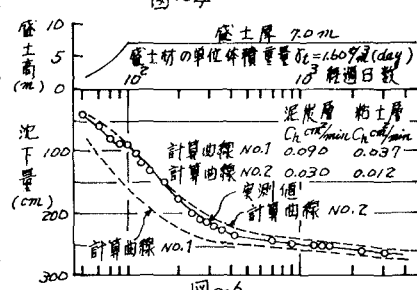


図~4

5. 提案法による解析結果と現場実測沈下量の比較

宅地造成工事のため泥炭質地盤上に施工された盛土の実測沈下量と提案法による解析結果を比較することによって提案法の妥当性を検討する。現場には、軟弱地盤の圧密を促進するため軟弱層下部まで発着サンドレーンが打設されている。その地盤構成が図~5の土質柱状図に示されている。いままでに述べた解析法に必要な土質定数を求めたのが図~4である。この定数と式(6)を用いて式(5)を解けば二次圧密を含んだサンドレーンの圧密沈下量の経時変化が得られる。このようにして得られた計算値と実測値を比較したのが図~6である。沈下量と二次圧密速度の実測値は比較的良好に一致していることがうかがわれる。したがって、提案法によれば標準圧密試験の二次圧密領域の体積ヒズミの経時変化から現場の二次圧密をかなり正確に予測できると思われる。

図~5



図~6

6. 参考文献

- 1) 土質工学ハンドブック; 第6章土の圧縮と圧密, 土質工学会編
- 2) 稲田・赤石; グレイタンシー効果を考慮した一次元圧密解析法に関する研究, 東海大学 工学部報 1976-2