

III-236

標準圧密試験の数値実験

応用地質(株) 正員 ○与那嶺 満
 広島大学工学部 正員 中ノ堂裕文
 広島大学大学院 学生員 福原 和顕

1. まえがき

構成式に基づく粘土地盤の圧密解析を行うような場合等、粘土の透水係数を必要とすることがしばしばあるが、その際に標準圧密試験における C_v と m_v の組み合わせによるものとするか、あるいはこれに一次圧密比を乗じたものとするかによって得られる値は倍近く異なったものとなる。後者のよるものが合理的とも思われるが、これにより求めた透水係数は過小であるとして前者を用いる人も多い。本文は二次圧密がこれらに及ぼす影響を調べるために有限要素法による標準圧密試験の数値実験を行った結果を報告する。

2. 計算方法、計算条件

数値実験は Bjerrum の概念をモデル化した、応力-ひずみ-時間関係を用い、これを有限要素法(一次元要素、間隙水圧一次、変位二次内挿関数)により計算した。

計算に用いた材料定数は、広島粘土のリモールド再圧密試料の圧密試験結果を参考に次のように設定した。

$$e = 1.378 - 0.46 \log P ; P \text{ kgf/cm}^2 \text{ (24hr line)}$$

$$C_s = 0.046, \quad k = 10^{-7} \exp(3 \cdot e) \text{ cm/min}, \quad \alpha_c = \Delta e / \Delta \log t = 0.025$$

計算(シリーズ I)は圧密降伏応力 0.4 kgf/cm^2 の試料について、 0.1 kgf/cm^2 から荷重増加率 1 で 12.8 kgf/cm^2 まで段階荷重を想定して行った。載荷間隔は標準圧密試験における 24 時間間隔の他に 30 分間隔の急速試験についても計算を行った。

結果の整理は各荷重段階において得られた時間-沈下関係を圧密試験結果とみなし、通常の方法($\sqrt{t}$ 法)により整理した。また透水係数の計算は、 C_v と m_v の組み合わせによる①式とこれに一次圧密比 r を乗じた②式の二通りで計算した。

$$k = C_v \cdot m_v \cdot \gamma_w \quad \text{---①}$$

$$k = C_v \cdot r \cdot m_v \cdot \gamma_w \quad \text{---②}$$

3. 結果と考察

図-1 は各荷重段階における $e - \log P$ 関係を示したもので、実線は 24 時間載荷、点線は 30 分載荷である。各々のケースの段階載荷の終点を各々○印と□印で示したが、圧密試験結果の整理ではこれらを連ねたものが $e - \log P$ 曲線として求められる。急速試験は従来の報告例同様 24 時間載荷のものより上位に位置している。圧密中のパスはこれらを結ぶ線からはずれて右側に飛び出す過圧密的なパスをたどっており、その程度は載荷時間の長い 24 時間載荷で著しい。

図-2, 3 は各々 $C_v - P$, $m_v - P$ 関係を示したもので、両者とも載荷時間の相違による差は小さい、図-2 には C_v' も鎖線で示し

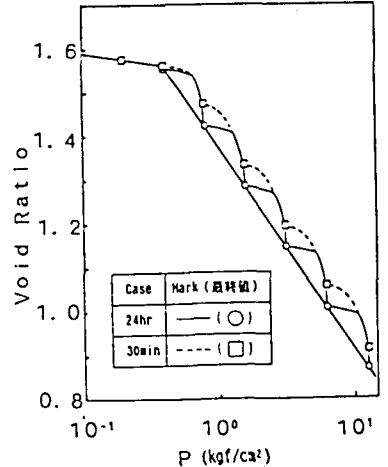


図-1 数値実験による $e - \log P$ 関係

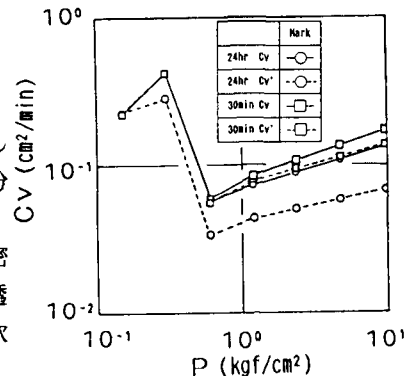


図-2 数値実験による $C_v - P$ 関係

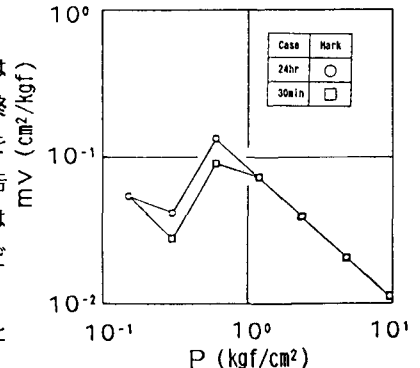


図-3 数値実験による $m_v - P$ 関係

であるが、24時間载荷の C_v' は C_v の約 $1/2$ である。

図-4 は $e-k$ 関係を示したもので、太実線は数値実験に用いた値、点線及び実線は各々①式及び②式により計算した値である。②式は、一次圧密成分が大部分を占める圧密曲線の前半部を用いて C_v を求めているのであるから、透水係数の算定においては、一次圧密沈下に対応する $r \cdot mv$ を用いるのが妥当であると考えられるものである。しかし、図に示した結果を見る限りではむしろ①式によるものが、入力値に近く、②式は約 $1/2$ 程度に過小評価している。急速試験は入力値とほぼ等しい。

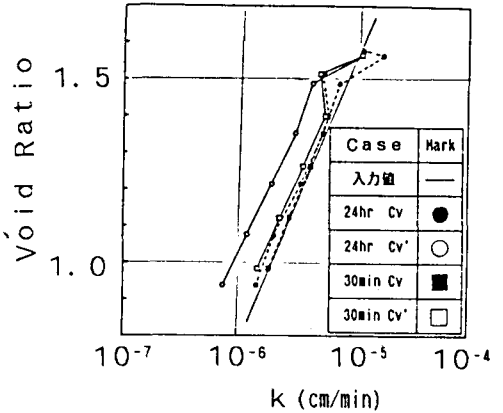


図-4 数値実験による $e-\log k$ 関係

図-1 に示すような圧密中の $e-\log P$ 関係が圧密曲線に及ぼす影響を調べるためにシリーズ計算Ⅱを行った。ここでは問題をできるだけ単純化するために粘性項を省略した。

荷重は $1.6-3.2 \text{ kgf/cm}^2$ とし、また圧密降伏応力が $1.6, 2.0, 2.4$ 及び 3.2 kgf/cm^2 の5つのケース（図-5）について計算した。なお無次元表示を行うために層厚は 1 cm 、透水係数は最終沈下量からもとまる mv との比 $k/(mv \cdot \omega_0)$ が1となるように設定している。

図-6 はシリーズⅡの圧密沈下度-時間関係で過圧密の程度が大ききものほど圧密が遅れ、形状は後半部でフラットになっている。なお完全に過圧密なⅡ-5はⅡ-1とほぼ等しい。表-1 に各ケースの T_{50} 、 T_{90} 、また $\sqrt{t}$ 法で求めた90%圧密の時間係数 T_{90} 及び $T_{90}^{(T)}/T_{90}$ の値を示した。なお、層厚を1としているので $T_{90}^{(T)}/T_{90}$ は Terzaghi 曲線をフィッティングして得られる C_v である。この値はⅡ-3で20%過小、Ⅱ-4では約 $1/3$ に過小評価している。図-1 と図-5 よりシリーズⅠの急速試験はⅡ-2に、また24時間载荷はⅡ-3とⅡ-4の間のパスに相当しており、後者の C_v をかなり過小に評価したものであると思われる。またシリーズⅠでは24時間载荷のものは一次圧密終了後更に同程度の二次圧密沈下が生じている。従って、圧密沈下度-時間関係の相違による C_v の過小評価と、二次圧密を含めた mv を用いることによる過大評価が相殺して、①式による k が入力値に近い値を示したものと考えられる。

No	$(P_c - P_i)/\Delta P$	T_{50}	T_{90}	$T_{90}^{(T)}$	$C_v (=T_{90}^{(T)}/T_{90})$	C_v'
Ⅱ-1	0.	0.171	0.675	0.774	1.10	1.13
Ⅱ-2	0.25	0.224	0.929	0.934	1.01	1.01
Ⅱ-3	0.5	0.300	1.366	1.071	0.78	0.74
Ⅱ-4	0.75	0.318	2.282	0.672	0.29	0.20
Ⅱ-5	1.0	0.182	0.724	0.828	1.02	1.04

表-1 計算結果一覧

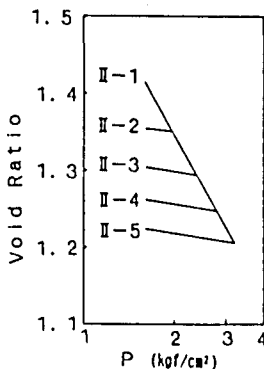


図-5 $e-\log P$ 関係

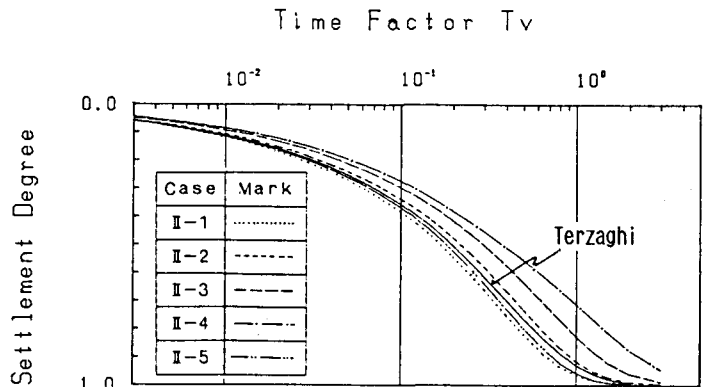


図-6 圧密度と時間係数の関係