

[1] 緒言

軟弱地盤上の構造物が応えられない二次圧密による残留沈下を生じることがある。最近の観測的手法の進歩によって施工後の情報から将来沈下を予測する方法が有力視されているが、例えば、宅地のような場合のように、構造物によっては事前の正確な予測が要求され、残留沈下が厳しく規制されることもある。

一方、二次圧密も遅延圧密を併せた地盤は正規圧密状態よりも強度や支持力を増し、より安定になっていると想像される。とはいえ、このような地盤の安定と変形の解析にどのようなパラメータを選択すべきかについては余り明らかではない。地震時のような動的外力に対する構造物の安定性を議論するうえからも、この事は重要な側面を有しているとも言えよう。

以下では、二次圧密によってもたらされた地盤の沈下と強度を評価する際の問題点について議論してみた。

[2] 二次圧密による沈下

先に著者¹⁾は二次圧密を含めた軟弱地盤の圧密沈下を算定する実用モデルを提案した。それによると、瞬時圧縮と遅延圧縮による沈下 ε_i と ε_d は夫々

$$\varepsilon_i = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot \log \left(1 + \frac{\Delta p}{p'_0} \cdot U_\sigma \right) \quad \text{--- (1)}$$

$$\varepsilon_d = \frac{C_\alpha}{1+e_0} \cdot \log \left(\frac{H}{H^*} \right)^n \cdot \log \left(1 + \frac{\Delta p}{p'_0} \cdot U_\sigma \right) + C_\alpha \log \frac{t_d}{t_0} \quad \text{--- (2)}$$

と表わせる。ここで、 C_c , C_α : 圧縮指数、二次圧密係数、 H , H^* : 粘土層厚、基準粘土層厚 (通常、2cm)、 n : 正の実数、 U_σ : 応力に関する圧密度である。

とすると、一般に C_c を用いた圧密沈下計算においては他の方法に比べて過大な沈下量となる傾向がある。

それは、以下のような理由に依っている。

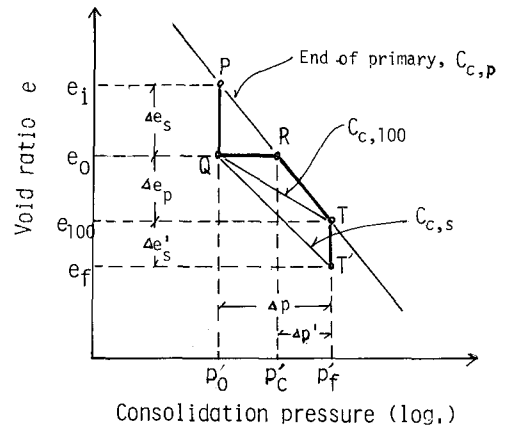


図-1 $e - \log p'$ 関係の模式図

は、図-1において、圧密試験のある段階において、 p'_0 なる圧密荷重で一定時間 (通常は24 hrs.) 圧密されたのち、 $\Delta p (= p'_f - p'_0)$ なる増加荷重をかけたとすると、このとき供試体の仮想状態経路は QRT である。それゆえ、一次圧密沈下計算に用いられる圧縮指数は $C_{c,p}$ である。したがって、式(1)における p'_0 は p'_c であり、 Δp は $p'_f - p'_0$ ではなく、 $p'_f - p'_c$ になければならない。すなわち、式(1)に代わる

$$\varepsilon_i = \frac{C_{c,p}}{1+e_0} \log \left[1 + \frac{(p'_f - p'_c)}{p'_c} \cdot U_\sigma \right] \quad \text{(1-a)}$$

が正しい瞬時圧縮の算定式となる。式(1-a)の p'_c は村上(1980)²⁾による

$$p'_c = \beta \cdot p'_0 \cdot \left(\frac{t_d}{t_0} \right)^{\frac{R}{1-\lambda}} \quad \text{--- (3)}$$

によって求められる。

このように、もし、式(1-a)の如く一次圧密量を求めるとしても圧密試験によって得られる圧縮指数 $C_{c,s}$ ではなく、

$C_{c,100}$ を用いなければならぬ。すなわち、式(1)の C_c は $C_{c,s}$ ($\div C_{c,p}$) ではなく、 $C_{c,100}$ ($= r C_{c,s}$, r : 一次圧密比) であることから、式(1)は次式となる。

$$\varepsilon_c = \frac{r C_{c,s}}{1+e_0} \log \left(1 + \frac{\Delta p}{p'_0} \frac{U_\sigma}{\sigma} \right) \quad (4)$$

式(4)と式(3)とは等しくなければならぬ。このようにすれば、一次圧密による定義された体積圧縮係数 $m_{v,100}$ を用いた次式

$$\varepsilon_c = m_{v,100} \cdot (p'_s - p'_0) \frac{U_\sigma}{\sigma} \quad (5)$$

による値と大きく異なることはなからう。

次に、厚延圧縮に関する式(2)では、 C_α の選定が重要である。Mesri³⁾ は C_α は初期含水比 w_0 によって一義的に決まるとした。この関係は、大抵の C_α を決めるには有用であるが、より正確な値を要求する時には無力である。そこで、粘土の選定を相対的に表現するインデックスとして液性指数 I_L を選定し、これまで著者の研究室で用いていた粘土試料の $C_\alpha \sim I_L$ 関係に整理してみると図-2 が得られた。これによれば C_α は良く I_L の

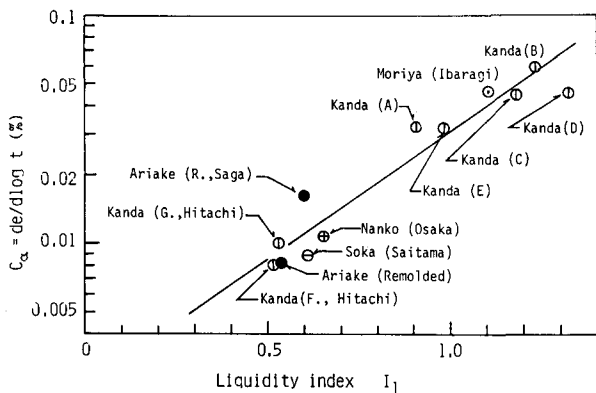


図-2 液性指数に(横)置かれた二次圧密係数

関数として表現されているようである。なお、ちなみに、式(1)は C_α/C_c は I_L と一義的な関係にあることを示している。

[3] 二次圧密による非排水せん断強度の増加

一般に長時周圧密を受けた土ほど非排水せん断強度は増加すると考えられる。一次圧密が終了した、いわゆる Normally young clay の強度 S_{uy} から Normally aged clay の強度 S_{ua} を推定する方法として

$$\frac{S_{ua}}{S_{uy}} = \left(\frac{t_1}{t_0} \right)^R \quad (6)$$

なる関係を導いた。その後の考察によって三田地⁶⁾ が提案し、支持されている過圧密土の強度評価式

$$\frac{(S_u/p')_{oc}}{(S_u/p')_{nc}} = n^{\lambda_0}, \quad (n: \text{定数}) \quad (7)$$

に式(3)から得られる

$$n = \frac{p'_c}{p'_0} = \beta \left(\frac{t_1}{t_0} \right)^{\frac{R}{1-\lambda}} \quad (8)$$

を代入して、

$$\frac{S_{ua}}{S_{uy}} = \beta \left(\frac{t_1}{t_0} \right)^{R \frac{\lambda_0}{1-\lambda}} \quad (9)$$

を得た。したがって長時周圧密を受けた土の強度増加比 $(m)_{oc}$ は、次式となる。

$$\begin{aligned} (m)_{oc} &= \frac{S_{ua}}{p'_0} = \left(\frac{S_{uy}}{p'_0} \right) \cdot \beta \cdot \left(\frac{t_1}{t_0} \right)^{R \frac{\lambda_0}{1-\lambda}} \\ &= (m)_{nc} \cdot \beta \cdot \left(\frac{t_1}{t_0} \right)^{R \frac{\lambda_0}{1-\lambda}} \quad (10) \end{aligned}$$

上式に含まれるパラメーター、 R , λ , λ_0 はいずれも比較的容易に室内試験から決められるので、二次圧密を受けた土の強度を予測する上で役に立ちうると思われる。

ただし、地盤の地盤では堆積年代が不明なことが多く、さらにいくつかの仮定を設けて、式(10)を簡略化すると

$$\frac{S_{ua}}{p'_0} = (m)_{nc} \cdot \left\{ \beta \exp \left[\frac{G_s (w_L - w_0)}{43.4 C_c (1-\lambda)} \right] \right\}^{\lambda_0} \quad (11)$$

なる式が導かれる。上式において、 G_s : 土粒子比重量、 w_L : 液性限界である。

[4] 結言

二次圧密は土の圧密とせん断をつなぐ上で重要な役割を果たしているけれども、地盤と地盤の変形や安定解析に際してその効果は見逃がされ勝ちである。その意味で、ここで示した基礎的な考察をさらに現地盤に適用して新たな議論に展開させたい。また、動的特性に対する長時周効果についても検討を計画していることを付記する。

引用文献

- 1) K. Yasuhara (1982): S & F, Vol. 22, No. 4, 2)
- Murakami, Y. (1980): S & F, Vol. 20, No. 3)
- Mesri, G. (1973): Proc. ASCE, SM 1, 4)
- 安川 (1983): 第18回土質工学会, 5)
- 安井 (1983): 土木学会西部支部, 6)
- Mitachi et al. (1976): S & F, Vol. 16.