

粒度評価法に依拠した過圧密部分の圧密係数の算定

(財) 地域 地盤 環境 研究所 正 諏訪靖二, 福田光治, 下野段朋恵, 菅茜様

1. まえがき

Pleistocene の粘性土,あるいは沖積粘土でも軽量盛土条件で圧密解析を行う場合過圧密部の圧密係数が必要になる。しかし,圧密試験結果から得られる過圧密部の圧密係数は正規圧密部の圧密係数に比べ,大きく,かつばらついている。また圧密係数から誘導する透水係数もかなり大きな値になり,合理的な圧密係数であるか否か疑問が生じる。このため,本論文では透水係数の間隙比依存性を用いて過圧密部の圧密係数を算定する方法を提案したものである。

2. 圧密係数の形態的分類

圧密試験結果から得られる圧密係数には一般に図-1のような特徴が見られる。Aは過圧密部, Cは正規圧密部, Bはその転移部である。正規圧密部では圧密圧力が増加するに従い圧密係数も増加するが, 過圧密部の圧密係数は逆に圧密圧力が増加すると減少する傾向を示す¹⁾。また, 正規圧密領域のばらつきに比べて過圧密部のばらつきがかなり大きいため, 過圧密部の圧密計算を行う場合, パラメーターの選定に惑う。一般的には対数座標上で単純に過圧密部の平均的な値が採用される²⁾。しかし, 後で示すようにこの過圧密部の圧密係数の整理方法は再検討の余地が残されている。つまり一般的な手法では, 圧密沈下量～時間関係を $\sqrt{t}$ 法,あるいは $\log t$ 法を適用して t_{50} , t_{90} の沈下量を求め圧密係数 c_v が計算される。ところが, 過圧密部の圧密沈下は速やかに終了するので, 初期の沈下曲線の評価が問題になる。過圧密部の圧密係数のばらつきが大きいため, このばらつきが土質特性に由来するのか,あるいは整理方法からくる人為的なばらつきに由来することが求められるが, 現状ではこれを解決する指針はみられない。

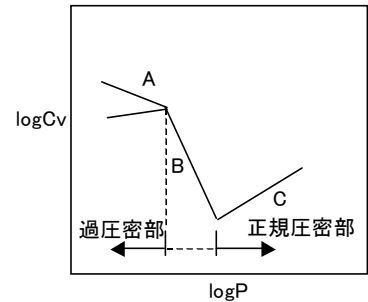


図-1 圧密係数と圧密圧力

3. 圧密係数の分析方法

本研究では圧密係数を沈下量～時間から求めるのではなく, 圧密係数の定義に基づいて透水性と変形性に分離し, 個々の特徴を検討して再度定義に従い統一して評価する。その方法を以下に示す。式(1)が圧密係数の一般的な定義式であるが, 体積圧縮係数と圧縮指数の関係式(2)を用いて式(3)で考えることにする。

$$C_v = \frac{k}{\gamma_w \cdot m_v} \quad (1) \quad C_v = \frac{P(1+e) \cdot k}{\gamma_w \cdot C_c} \quad (2) \quad m_v = \frac{C_c}{(1+e)P} \quad (3)$$

ここに c_v : 圧密係数, m_v : 体積圧縮係数, γ_w : 水の単位体積重量, k : 透水係数, C_c : 圧縮指数, P : 圧密圧力, e : 間隙比である。この中で透水係数 k は式(4)で推定する。

$$\log k = 2.87(\log h + 1) \quad (4) \quad h = d_c \frac{e}{G_s} \quad (5) \quad d_c = \frac{0.3d_{50}}{\exp\{0.5(0.484 + 0.42 \ln U_c)\}^2} \quad (6) \quad k = D_s^2 \frac{\gamma_w}{\eta_w} \frac{e^3}{1+e} c \quad (7)$$

ここに h は式(5), (6)から求められ, これらを粒度評価法として称している³⁾。式(4)が透水係数の対数は, 平均的な間隙径の対数に対して比例関係にあることを意味している。式(5)は粒度分布と間隙比を用いて平均的な間隙径 h を求める式である。間隙比と透水係数の関係を求める式として式(7)で示されるTaylorの式⁴⁾が使われる。ここに D_s : 10%粒径あるいは粒度分布より $1/D_w = \Sigma(P_i/D_i)$ によって求められる粒径である。 P_i はある粒径範囲を代表とする平均粒径 D_i の試料が全試料に対して占める含有率である。 γ_w : 水の単位体積質量(g/cm^3), η_w : 水の粘性係数($g/(cm \cdot s)$), c : 形状係数, k : 透水係数(cm/s), e : 間隙比である。式(7)の両辺を対数表示すると式(8)になる。

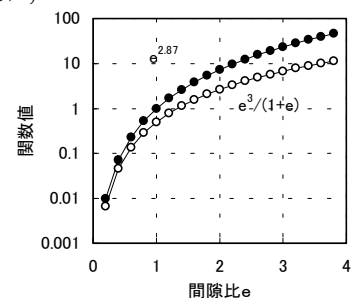


図-2 Taylor式と粒度評価法の比較

$$\log k = 2 \log D_s + \log \left(\frac{e^3}{1+e} \right) + \log \left(c \frac{\gamma_w}{\eta_w} \right) \quad (8) \quad \log k = 2.87 \log d_c + \log e^{2.87} + \log \left(\frac{10}{G_s} \right)^{2.87} \quad (9)$$

一方, 式(4), 式(5)より式(9)が得られる。両式の右辺第1項はいずれも粒径に関する項で式の上では右辺第1項は類似している。右辺第2項は間隙比に関する項で, 形はやや異なっているが, 間隙比約4までは図-2に示すようにな

キーワード : 圧密係数 粒度評価法 透水係数 過圧密 間隙比 圧縮係数

連絡先: 大阪市西区立売堀4丁目3番2号 TEL: 06-6539-2971 FAX: 06-6578-6560

り、 $e^{2.87}/(e^3/(1+e))$ は1～4の範囲にある。従って、右辺第2項も一般的な土質状態では同一レベルの値になることを示している。いずれの式でも透水係数は間隙比に依存していることを示している。このため粘土の透水係数は式(4)と正規圧密部の実験結果を比較し、その関係を過圧密に延長することによって過圧密部の透水係数を推定する。図-3にその基本的考えを示す。式(4)、(5)により粘土の粒度分布と間隙比を用いて透水係数を推定する。この推定結果と正規圧密部における透水係数の分布特性の類似性を調べて、実験結果を過圧密部まで外捜する。

4. 過圧密部の圧密係数の補正

図-4のa、bは圧密試験結果で得られた圧密係数と圧密圧力の関係を示したものである。bはaより一次圧密比で補正した値である。この図でも先に示した3相の特徴を示している。図-5は透水係数と間隙比の関係を示している。図中○とは圧密係数から逆算された圧密透水係数である。この中で正規圧密部では間隙比に対しほぼ線形関係がみられるが、過圧密部では急激に変化している。正規圧密部ではギャップはあるが、間隙比を用いた推定線の試験結果に類似した変化特性を示している。これに対し、過圧密部では推定線との乖離が大きいくことがわかる。一般に透水係数は間隙比依存が大きいので、このような過圧密部での乖離はデータ整理に起因すると判断される。そして、一般的には正規圧密部の延長にあるという考え方が合理的である。このため粒度評価径から求めた透水係数を試験結果に近似化するように単純に平行移動するこの関係が図-5のa→bである。そして、曲線bの過圧密部の透水係数と圧縮指数を用いて圧密係数を計算する。図-4のd、eが粒度評価径から求めた透水係数を用いて補正した結果である。

5. 補正前後の圧密係数の比較

図-6は過圧密部の圧密係数の分布範囲と補正後の圧密係数の分布範囲を示したものである。これらの図より補正前の圧密係数はばらつきが大きい、補正によってかなり狭くなることを示している。さらに全体に補正前に比べると補正後の圧密係数は小さくなっている。

6. あとがき

圧密係数は過圧密部ではばらつきが大きく、このためパラメータの選定が困難であった。本研究ではこの条件を克服するために、透水係数と間隙比の関係を用いて圧密係数を求めることを提案した。この結果、ばらつきが小さくなり、パラメータの選定も合理的に実施されることができしことを示した。

(参考文献)

- 1) 土質工学会関西支部大阪湾海底の地盤研究委員会：大阪湾海底地盤，p152，1990
- 2) 信川恒夫：ポートアイランド（第2期）の地質，土質特性，土質工学会関西支部大阪湾海底地盤情報の活用に関する研究委員会，pp63-68，1994
- 3) Mitsuharu Fukuda, Seiji Suwa, Takao Uno : Major Effect of Grain Size Distribution to coefficient of permeability of Marine Clay. Proc. Of the 7 International Offshore and Polar Engineering Conference, pp63-638, 1997
- 4) 宇野尚雄，杉井俊夫，神谷浩二：比表面積測定に基づく土粒子物性と透気性・透水性の考慮，土木学会論文集，No.469, III-23，pp25-34, 1993

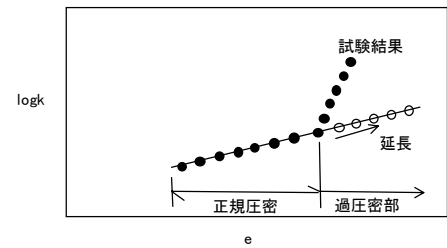


図-3 正規圧密部の透水係数に基づく過圧密部の透水係数の推定

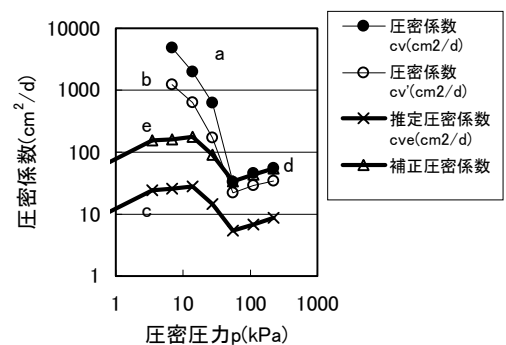


図-4 圧密圧力と圧密係数

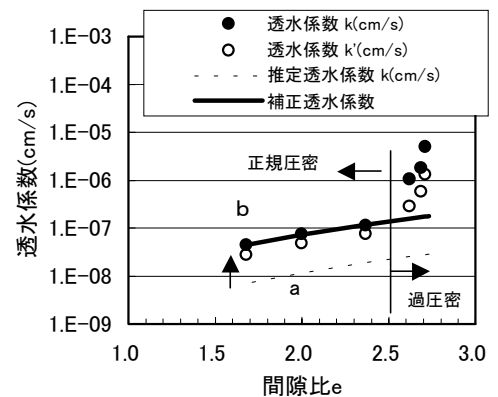


図-5 間隙比と圧密透水係数

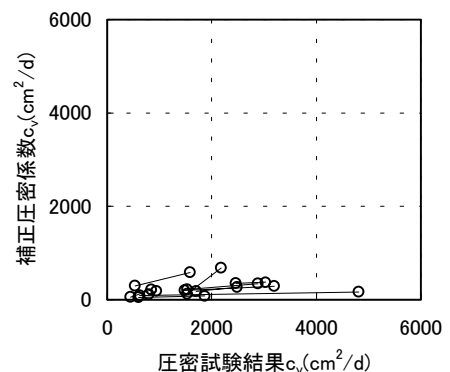


図-6 過圧密部の圧密係数分布範囲