

アイソタックモデルを用いた泥炭地盤の長期圧密沈下挙動の整理

秋田工業高等専門学校 非会員 ○小笠 海香 正会員 山添 誠隆

1. はじめに

東北・北海道には、未分解の植物繊維を混入し堆積した泥炭地盤が広い地域にわたって分布している。この土は水分を多く含みきわめて軟らかいため、泥炭地盤上に建設物を建設した場合、非常に大きな一次圧密による沈下が生じる。また、一次圧密後、有効応力が一定になったあとも二次圧密による沈下が進行する。本研究では、泥炭地盤の長期圧密沈下における予測精度の向上のために、Watabe ら(2008)がアイソタック則に基づき提案した、圧密曲線のひずみ速度依存性についての定式化を泥炭地盤に適用する。そして所有データを含む室内試験結果および原位置計測値から、必要な2つのアイソタックパラメータの同定を行う。

2. アイソタック則と圧密曲線のひずみ速度依存性の定式化

圧密曲線(e - $\log p$ 曲線)がひずみ速度の変化によって平行に移動するアイソタック則は、Sukilje(1957)によって提案された概念であり、多くの粘性土で成り立つことがわかっている。図1は、筆者らが北海道岩見沢市北村で採取した泥炭試料（初期含水比 $w_i=438\%$ 、強熱減量 $L_i=53\%$ ）について、圧密中にひずみ速度を変化させた変速 CRS 試験の結果である。粘性土と同様、ひずみ速度を大きくすると右側に、小さくすると左側にシフトしており、泥炭に対しても同則が適用できることがわかる。アイソタック則における、圧密降伏応力 p_c と粘塑性ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_{vp}$ のモデル化に際して、Watabe らは、 $\log \dot{\epsilon}_{vp}$ の低下とともに $\log p_c$ が直線的に減少する（換言すれば、時間の対数とともに圧密が永遠に止まらない）ことは非現実的であると考え、次式のようなモデル式を提案した。

$$\ln \frac{p_c - p_{cl}}{p_{cl}} = c_1 + c_2 \ln \dot{\epsilon}_{vp} \quad (1)$$

ここで、 c_1 、 c_2 は定数、 p_{cl} は p_c の下限である。式(1)は次のように書き表すこともできる。

$$p_c = p_{cl} [1 + \exp(c_1) (\dot{\epsilon}_{vp})^{c_2}] \quad (2)$$

式(2)に $\dot{\epsilon}_{vp} = 0$ を代入すると、 $p_c = p_{cl}$ となることが確認できる。式(2)をもとに描いた e - $\log p$ 曲線の模式図を図2に示す。

このように、Watabe らのモデル化では、時間の経過とともに最終的には二次圧密がゼロとなり、きわめて自然である。このモデルに必要なパラメータは c_1 と c_2 で、それぞれ独立である。本論文では、泥炭地盤の長期沈下の予測精度向上を目的に、この2つのパラメータを同定する。

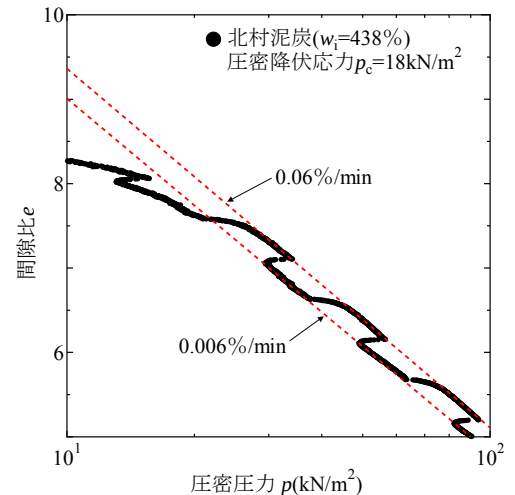


図1 変速 CRS 試験結果：北村泥炭

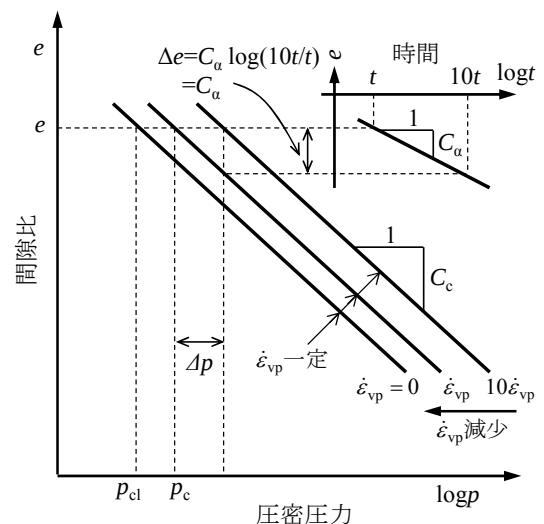


図2 Watabe らによるアイソタック則の模式図

キーワード：二次圧密，泥炭，アイソタック

連絡先：〒011-8511 秋田県秋田市飯島文京町1番1号

3. パラメータの同定に用いたデータ

2章で述べたパラメータ(c_1 , c_2)を同定するためには、幅広いひずみ速度域における二次圧密挙動のデータが必要となる。用いたデータは、原位置データを含む次の3種類である。

- 1) 標準圧密試験結果：載荷期間：1日，所有データ
- 2) 長期圧密試験結果：載荷期間：1週間，既往データ²⁾
- 3) 原位置計測データ：既往データ³⁾

1)については、北海道内および秋田県内で採取された5種類のデータを用いている。図3はそのうちの1つで、2章で述べた北村泥炭の標準圧密試験結果である。二次圧密係数は $C_a/C_c=0.07$ (C_c ：圧縮指数, C_a ：二次圧密係数)であり、24時間後のひずみ速度は $10^{-7}1/s$ 程度である。2)および3)については文献内に示された C_a と圧密期間、初期含水比からひずみ速度および C_a/C_c を求めた。

4. 二次圧密係数のひずみ速度依存性とパラメータの同定

所有データを含む室内試験および原位置計測値の3種類のデータから求めた二次圧密係数 C_a のひずみ速度依存性の整理結果を図4に示す。ここで、各データの初期含水比にはかなり幅があるため、 C_a は圧縮指数 C_c で除した値 C_a/C_c で示している。Mesriによると、多くの泥炭の C_a/C_c は 0.07 ± 0.02 ⁴⁾である。

この図から、データにはかなりのバラつきがあるが、泥炭の C_a/C_c はひずみ速度が低下するにつれ減少する傾向が認められる。ひずみ速度

が $10^{-8}1/s$ から $10^{-7}1/s$ の範囲ではMesriが示した C_a/C_c の範囲(0.07 ± 0.02)に入っているが、 $10^{-10}1/s$ 以下では下限を下回るデータも見られる。図4には、式(1)を用いてフィッティングさせた曲線を示してある。このフィッティングに用いたアイソタックパラメータは $c_1=2.9$, $c_2=0.075$ であった。

5. 結論

本研究では、泥炭地盤の長期圧密沈下挙動の予測精度向上のために、Watabeらが提案するアイソタックモデル(式(1))に着目し、それに必要な2つのパラメータ(c_1 , c_2)を、ひずみ速度が大きく異なる、所有データおよび既往データをもとに同定した。その結果、泥炭では $c_1=2.9$, $c_2=0.075$ が得られた。

<参考文献>

- 1) Watabe, Y., Udaka, K., Morikawa, Y.: Strain rate effect on long-term consolidation of Osaka bay clay, Soils and Foundations, 48 (4), pp.495-509. 2008.
- 2) 萩野治雄・能登繁幸・島谷登・後藤彰：泥炭の長期圧密試験について，土木試験所月報，No.364，pp.2-8.1983.
- 3) 宮下隆雄・沢彰男：道央自動車道(札幌～岩見沢)盛土施工における現場計測結果について，泥炭に関する研究討論会論文集，土質工学北海道支部，pp.115-120.1986.
- 4) Mesri, G. and Godlewski, P. M.: Time- and stress-compressibility interrelationship, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.103, GT5, pp.417-430, 1977.

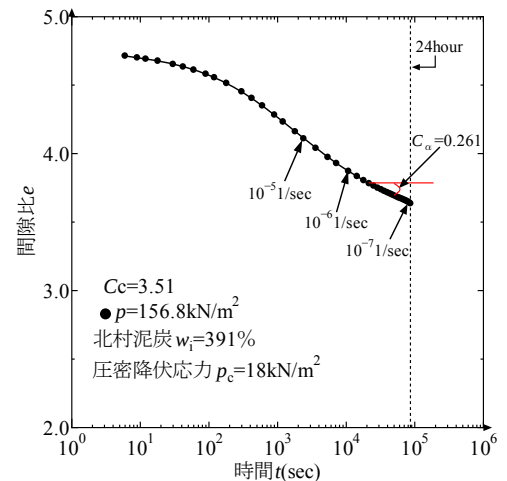


図3 標準圧密試験結果：北村泥炭

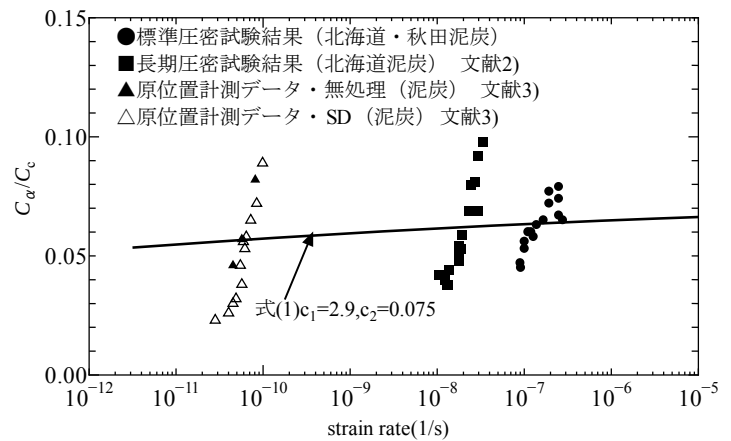


図4 泥炭のひずみ速度と C_a/C_c の関係