

アイソタック則に基づく定ひずみ圧密試験の補正法と泥炭への適用

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○ 近江 康太郎 非会員 田中 慎也 正会員 山添 誠隆
正会員 花田 智秋 学生会員 永井 雄斗 非会員 奈良 葵

1. はじめに

東北、北海道には超軟弱土の泥炭地盤が広範囲に分布する。泥炭地盤上の構造物建設では非常に大きな圧密沈下が生じるため、設計においては圧密に関するパラメータが必要となる。圧密パラメータを得る試験には、一般的に段階载荷圧密試験(以下 IL)が用いられるが、試験には一週間以上要する。一方、定ひずみ圧密試験(以下 CRS)は短時間で試験を行うことができるが、試験結果はひずみ速度の影響を強く受ける。そこで本研究では、アイソタック則をベースに、CRS 試験の結果を IL 試験にすり合わせるための補正法を提案した。また、これを2種類の不攪乱泥炭に適用し、妥当性を検証した。

2. 提案する時間効果補正法

図1はアイソタック則¹⁾の模式図である。アイソタック則は、圧縮曲線 ($e-\log p$ 関係) がひずみ速度により一義的に決まるとするもので、ひずみ速度を小さくすると左側に平行移動する。ここで、ひずみ速度依存性を式(1)に示すようにひずみ速度が10倍変化したときの応力変化で表す。

$$R = \frac{p_1 - p_0}{p_0} = \frac{\Delta p}{p_0} \tag{1}$$

式(2)は Mesri²⁾が二次圧密係数 C_α と圧密指数 C_c の関係を経験的に表したものである。 p の大きさに依らず C_α / C_c は一定で、泥炭では0.07程度としている。

$$\frac{C_\alpha}{C_c} \doteq 0.07 \tag{2}$$

図1に示すように応力変化を受けたときの間隙比の変化 Δe は C_α に等しいので、上式から p_0 と p_1 の間には $p_0=0.85p_1$ の関係が得られる。 p_1 と p_2 の間にも同様の関係($p_1=0.85p_2$)が成り立つので、最終的に $p_0(=0.85p_1)=0.72p_2$ となる。

本論文で提案する時間効果補正法は、IL 試験の基準ひずみ速度を $1.0 \times 10^{-7} s^{-1}$ に設定し、この100倍のひずみ速度(0.06%/min)で急速に CRS 試験を実施し、そこで得られた p を0.72倍することで IL 試験の圧密曲線にすり合わせるものである。

3. 用いた試料と試験方法

試験に用いた試料は北海道空知郡南幌町および秋田県横手市大雄から採取した不攪乱試料である(以下南幌泥炭、大雄泥炭)。試験値のバラツキを小さくするために、試料は同一箇所および深度から円柱形アクリルサンプラーを用いて採取した。試料の物理化学特性は表1に示す通りで、大雄・南幌泥炭ともに高含水であるが、南幌泥炭のほうが分解が進んでおらず、繊維質である。

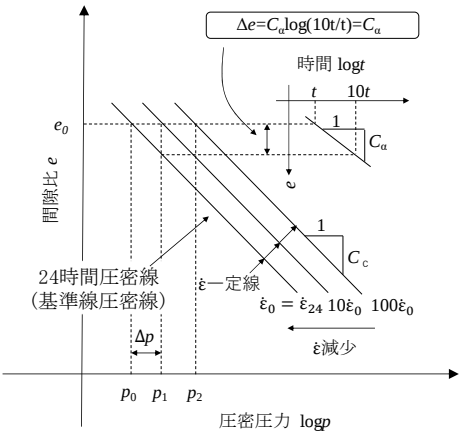


図1 アイソタック則の模式図

表1 試験に用いた試料の物理特性

試料	大雄泥炭	南幌泥炭
固体部分の密度 ρ_s (g/cm ³)	1.81	1.79
自然含水比 w_n (%)	591	598
強熱減量 L_i (%)	68	76
分解度 H (%)	92	74

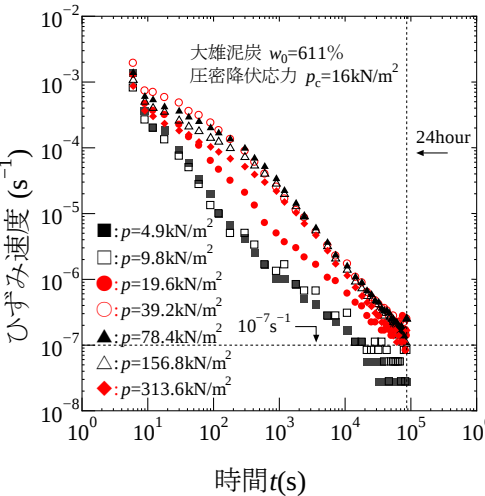


図2 大雄泥炭のIL試験結果

キーワード: 泥炭、圧密、アイソタック、Peat, Constant rate of strain loading, Isotach

連絡先: 〒011-8511 秋田県秋田市飯島文京町1番1号

実施した圧密試験は、IL 試験と CRS 試験である。両試験ともに供試体寸法は直径 60mm、高さ 20mm である。IL 試験は段階载荷試験機を用いて、両面排水の条件のもとで行った。CRS 試験は、背圧(100kN/m²)を载荷し供試体を完全飽和状態にした後に、片面排水条件のもとで軸圧縮応力を载荷した。ひずみ速度は 0.06%/min を基準とし、载荷中にひずみ速度を 0.006%/min と交互に変化させた変速 CRS 試験も行った。

4. 試験結果と考察

図 2 は大雄泥炭の IL 試験の結果から求めた各载荷段階でのひずみ速度と時間の関係である。この図からわかるように、各段階载荷の 24 時間载荷後のひずみ速度は $1.0 \times 10^{-7} \text{s}^{-1}$ 程度であり、提案する補正法で設定した値とほぼ同じである。図 3 は大雄泥炭の変速 CRS 試験から得られた e -log p 曲線である。この図に示すようにひずみ速度を大きくすると右側に、小さくすると左側に平行移動しており、アイソタック則挙動が確認できる。また図 3 から C_d/C_c を求めると大雄泥炭は 0.067 となった。CRS 試験は、载荷時の供試体内の間隙水圧が放物線分布であるという仮定のもとで有効応力および透水係数を算出するが、この仮定を満たすためには式(3)に示す F_n が 0.4 以上である必要がある。

$$F_n = \frac{\sigma - u}{\sigma} > 0.4 \quad (3)$$

ここで、 σ :軸圧縮応力、 u :間隙水圧である。図 4 は、基準ひずみ速度の 100 倍のひずみ速度で行った CRS 試験の結果で、 F_n と圧密圧力 p の関係を表したものである。いずれの試験試料も、 $F_n > 0.4$ となっており、したがって上記の仮定を満たしていると判断できる。

図 5 及び図 6 では急速の CRS 試験の結果に対して、2 章で述べた補正法により補正した e -log p 曲線で、IL 試験結果を比較させている。これらの図から分かる通り、大雄・南幌泥炭のいずれにおいても、補正された e -log p 曲線は IL 試験の結果とほぼ一致していることがわかる。本論文で提案する補正法は試験手順に特別な操作が必要なく半日程度で行えるものであるが、妥当な補正が可能である。

5. 結論

本論文ではアイソタック則に基づく CRS 試験の時間効果補正法を提案した。この補正法は IL 試験の 24 時間圧密線のひずみ速度の基準を $1.0 \times 10^{-7} \text{s}^{-1}$ に設定し、その 100 倍のひずみ速度(0.06%/min)で急速に CRS 試験を行うもので、得られた圧密圧力を 0.72 倍することで IL 試験にすり合わせる。この補正法を特性の異なる二種類の泥炭に適用した結果、両試料とも補正された e -log p 曲線は IL 試験の結果と一致し本提案法の妥当性が検証された。

<参考文献>

1) Šuklje, L.: The analysis of the consolidation process by the isotache method, Proc. 4th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engng, London, Vol.1, pp.200–206,1957. 2) Mesri, G. and Godlewski, P. M.: Time- and stress-compressibility interrelationship, J Geotech Eng Div, ASCE, Vol.103, GT5, pp.417–430, 1977.

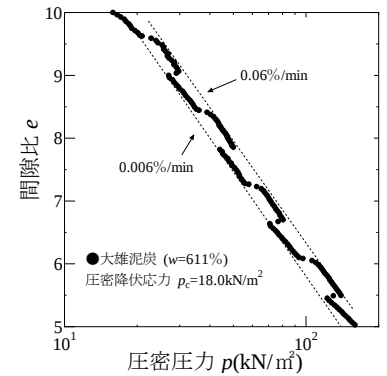


図 3 大雄泥炭の変速 CRS 試験結果

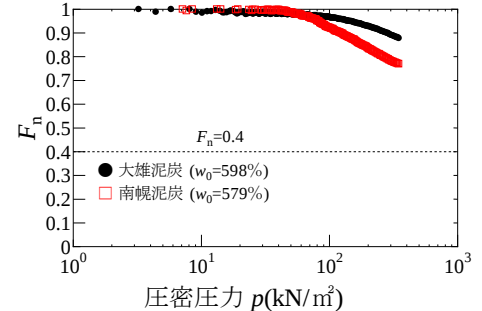


図 4 F_n と圧縮応力の関係

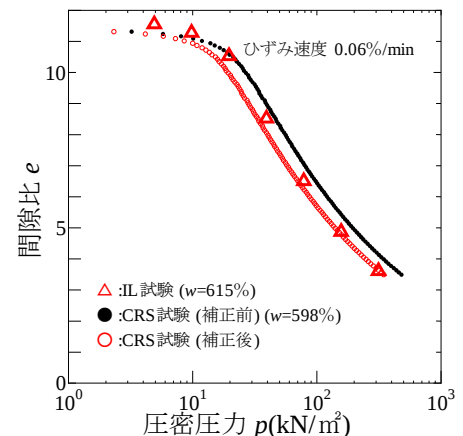


図 5 大雄泥炭の定速 CRS 試験結果

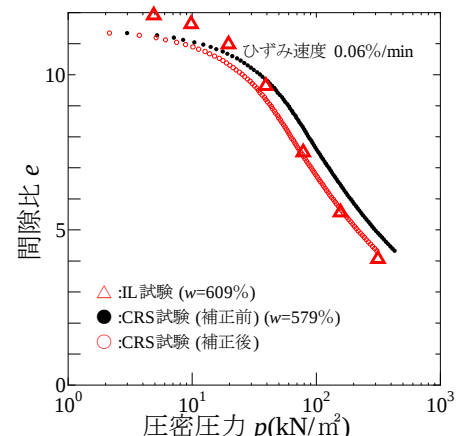


図 6 南幌泥炭の定速 CRS 試験結果