

泥炭および有機質粘土の静止土圧係数に関する検討

(独) 北海道開発土木研究所 正会員 ○林 宏親
 北大大学院工学研究科 フェロー 三田地利之
 北大大学院工学研究科 正会員 田中 洋行
 (独) 北海道開発土木研究所 正会員 西本 聡

1. まえがき

泥炭性軟弱地盤に対して弾塑性解析が実施されることが多くなってきており、静止土圧係数（以下、 K_0 値）を正しく評価する必要性が増してきた。しかし、泥炭および有機質粘土の正規圧密状態での K_0 値が、粘土など無機質土と比べ小さいことなどが明らかになっているものの^{例え1)}、原位置応力が過圧密状態にある場合の評価法などについて不明確なままである。そこで、北海道の泥炭性軟弱地盤において、その K_0 値に関する検討を実施した。

2. 試験の概要

石狩低湿地に位置する江別市の美原地区と篠津地区ならびに釧路湿原の釧路市鶴野地区の3地点において、調査を実施した。江別市篠津の地盤は、表層に自然含水比 400%~600%の泥炭があり、その下位に有機質粘土、砂質シルト、粘土などが堆積している典型的な泥炭性軟弱地盤である（図-1）。江別市美原は篠津地区の近傍にあり、地盤構成は篠津地区と大きく変わらない。釧路市鶴野の軟弱層は他の2地点より薄く、泥炭、有機質粘土、粘土が互層状に存在している（図-2）。いずれも、泥炭および有機質粘土が軽い過圧密状態にある。

これらの地点において採取した不攪乱試料に対して、地盤工学会基準に従い三軸 K_0 圧密試験、等方圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。 K_0 圧密の制御は、軸変位と体積変化の測定により間接的に側方ひずみを検出し、それに応じて側圧を増減する方法を採った。また、供試体内に過剰間隙水圧が生じないように、 $0.2\text{kN/m}^2/\text{min}$ の軸方向載荷速度とした。試験方法の詳細は、文献2)に詳しい。

3. 試験結果と考察

3.1 三軸 K_0 圧密試験結果の評価

試験結果のうち、泥炭試料の軸方向圧密圧力 σ_a' と K_0 値の代表的な関係（鶴野：深度 1.39m~1.56m）を図-3(a)に示す。軸方向圧密応力が圧密降伏応力を超えて正規圧密領域になると、 K_0 値がほぼ一定値となっている。この値を正規圧密領域での K_0 値（以下、 K_{0NC} とする）とした。また、圧密降伏応力に対して、十分に大きな軸方向圧密圧力を与えた後に K_0 除荷を行った。この除荷において、過圧密比（以下、OCR とする）と過圧密状態での K_0 値（以下、 K_{0OC} とする）を求めた。泥炭および有機質粘土の OCR と K_{0OC} について、両対数上でほぼ直線近似の関係が認められた（図-3(b)）。つまり、泥炭の K_0 値は、粘土などの無機質土と同様に応力履歴に依存し、OCR の関数として表現できることが確認された。

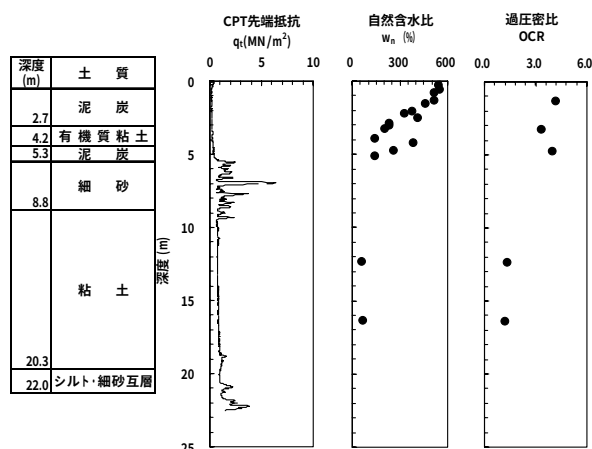


図-1 江別市篠津の地盤物性

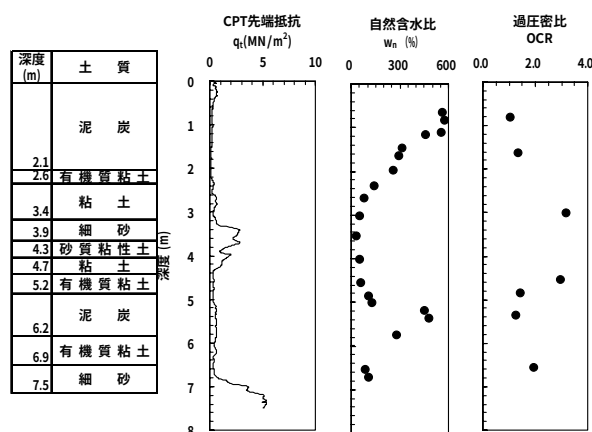


図-2 釧路市鶴野の地盤物性

3.2 正規圧密状態における K_0 値

図－4に強熱減量と K_{0NC} の関係を示す。図中に○囲みした比較的浅い深度の試料を除いて、強熱減量の増加に従い K_{0NC} がほぼ直線的に減少している。強熱減量の高い試料（85%）では、 K_{0NC} が0.21と、極めて小さい値であった。図中で○囲みした試料は、強熱減量に関係なく0.4程度の K_{0NC} を示した。土田³⁾は、 K_0 圧密開始前の初期等方圧力として圧密降伏応力の1/6程度が適当で、これよりも大きくなると K_{0NC} を過大評価すると指摘している。図中で○囲みした試料は、極めて小さな圧密降伏応力（概ね 10kN/m^2 以下）であった。このため、可能な限り小さい初期等方圧力を与えてはいるが、過大な K_{0NC} が得られたと考えられる。泥炭の場合、初期等方圧力の設定に十分注意する必要がある。なお、以降の検討において、○囲みした試料は除外している。

K_{0NC} の推定式として Jaky の式 $K_{0NC} = 1 - \sin \phi'$ が知られており、粘土に対して広く有効なことが確認されている⁴⁾。

K_{0NC} と三軸圧縮試験から得られた $\sin \phi'$ を図－5に整理した。三軸圧縮試験において、圧密圧力は20, 40, 80kPa または 25, 50, 100kPa を与えた。軸ひずみにピークが見られない試料が大部分であったが、軸ひずみ15%を破壊と見なした。泥炭の K_{0NC} は小さな値であるが、同時に ϕ' が大きいことから、結果的に Jaky 式に近い関係となった。ただし、高有機質土については、Jaky の式の適用性が低いとの指摘⁵⁾もある。 ϕ' の定義とも密接に関わる問題であり、今後とも慎重に議論していきたい。

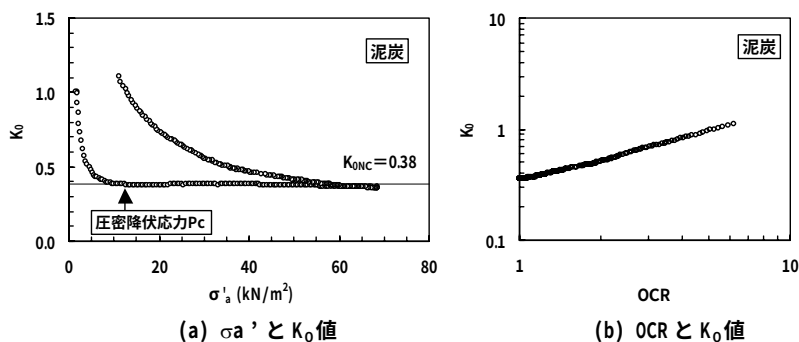
3.3 原位置応力状態における K_0 値

今回調査した地点では、泥炭や有機質粘土が軽い過圧密状態で堆積していた（図－1、2）。泥炭の場合、地下水位が比較的浅く、湿潤密度が極めて小さいため、地下水位低下などによって、容易に過圧密状態になる。よって、原位置での K_0 値を評価するにあたっては、 K_{0OC} について十分検討する必要がある。 K_{0OC} は一般に、 $K_{0OC} = K_{0NC} \cdot OCR^m$ （ m は定数）で表現される。今回の試験結果から、泥炭の OCR と K_{0OC} は、両対数上でほぼ直線近似でき（図－3）、上式が成り立つことがわかっている。図－6に強熱減量と m の関係を示す。強熱減量の増加に伴い m が増加し、その関係は $m = 0.005Li + 0.45$ （ Li ：強熱減量(%)）で近似できる。

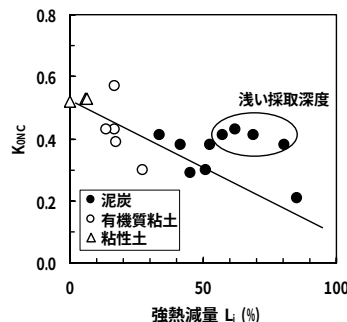
4. まとめ

泥炭性軟弱地盤の K_0 値を精度良く評価する方法を確立することを目的にして、三軸 K_0 圧密試験などを実施した。その結果、強熱減量を尺度として、 K_{0NC} および原地盤の K_{0OC} が推定可能であることが明らかとなった。泥炭は極めて不均質に堆積しており、少ないサンプルから地盤全体の力学定数を決定するより、数多くの簡易な試験から推定の方が合理的である。今後、その精度向上に向けた検討を行う予定である。

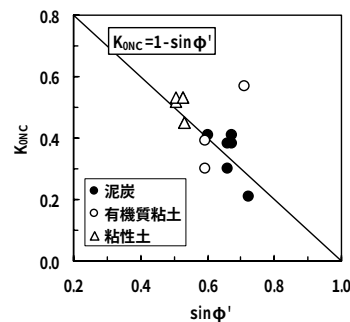
【参考文献】1)土質工学会・高有機質土の力学的性質および試験方法に関する研究委員会：高有機質土の工学、pp158-162、1990。2)林宏親・三田地利之・田中洋行・西本聡：泥炭性軟弱地盤の静止土圧係数とその推定法、土木学会北海道支部年次技術報告集第61号(CD-R)、2005。3)土田孝：三軸試験による自然粘性土地盤の強度決定法に関する研究、港湾技術研究所資料、No.688、pp.63-84、1990。4)Watabe, Y., Tanaka, M., Tanaka, H. and Tsuchida, T.: K_0 -consolidation in a Triaxial Cell and Evaluation of In-situ K_0 for Marine Clays with Various Characteristics, Soils and Foundations, Vol.43, No.1, pp.1-20, 2003。5)宮川勇・柴田恒夫・高野隆： K_0 圧密による有機質土の強度特性に関する2, 3の考察、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集、pp.44-46、1974。



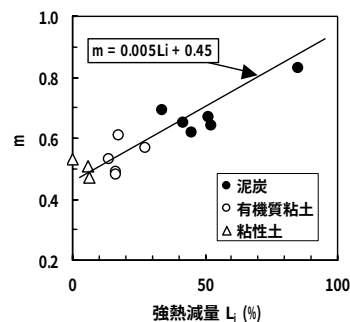
図－3 代表的な三軸 K_0 圧密試験結果（鶴野：深度1.39m～1.56m）



図－4 強熱減量と K_{0NC} の関係



図－5 $\sin \phi'$ と K_{0NC} の関係



図－6 強熱減量と m の関係