

III-409

側方応力測定を伴う圧密試験による泥炭の強度定数の推定方法

北海道大学大学院 学生員 大沼 敏
 北海道大学工学部 正会員 三田地 利之
 北海道大学工学部 正会員 小田 美明

1. はじめに 泥炭に一般の粘性土と同様のせん断試験を適用し、強度定数を求めることはきわめて困難であり、その結果の信頼性にも疑問が投げかけられている。本研究の目的はそれらのせん断試験に比べ操作の簡単な次元の定ひずみ速度圧密試験から泥炭の力学定数 λ , κ , $M(\phi')$ を求める方法を探ることである。

2. 圧密試験による力学定数の決定 λ , κ については問題なく圧密試験から求めることができる。ただ泥炭では $\ln e - \ln p$ グラフ上での圧縮、膨張指数の λ^* , κ^* を用いる方がよいとされている。定ひずみ速度圧密試験ではひずみ速度の影響が問題になるが λ , κ (λ^* , κ^*)はほとんど影響を受けないことが知られている。一方 M については圧密試験結果に弾塑性理論を応用することを考えた。 K_0 圧密の制約条件である、 $\delta\gamma/\delta v = 2/3$ (γ , v はそれぞれせん断、体積ひずみ)にCam-Clay理論を組み合わせると、次のような式を得る。

(1)Original Cam-Clayモデルによれば、

$$M = \frac{6(1-K_0)+3(1+2K_0)(1-\kappa^*/\lambda^*)}{2(1+2K_0)} \quad (1)$$

(2)Modified Cam-Clayモデルによれば、

$$M = \left[\left\{ \frac{3(1-K_0)}{1+2K_0} \right\} + \frac{3}{2} \left(1 - \frac{\kappa^*}{\lambda^*} \right) \right]^2 - \left\{ \frac{3}{2} \left(1 - \frac{\kappa^*}{\lambda^*} \right) \right\}^2 \quad (1/2) \quad (2)$$

ϕ' と M の間には $\phi' = \sin^{-1} \{3M/(6+M)\}$ という関係があり K_0 値と κ^*/λ^* が分かれば ϕ' が求められることになる。

3. 実験 実験は側方応力を測定することのできる圧密試験機¹⁾を用い、ひずみ速度0.04%/minの定ひずみ速度で次元圧密試験を行った。試料は北海道各地から採取された不攪乱泥炭で、自然含水比250~1000%、強熱減量40~80%、土粒子の密度1.60~2.00 g/cm³である。

4. 実験結果 図1は鉛直有効応力と間隙比 e 、 K_0 値の関係の一例を示したものである。この例では、 K_0 値は正規圧密領域においてはほぼ一定の値をとっているが、実際は K_0 値が一定値に収束しない例もあった。そこで一定の応力の下での K_0 値の時間的変動があまりないことを確認したものが図2である。このことと、泥炭地盤に直接100kPa以上の応力が載荷されるようなことはほとんど考えられないことから、鉛直応力100kPa以上ではほぼ収束したと思われる値を正規圧密状態の K_0 値として採用することにした。

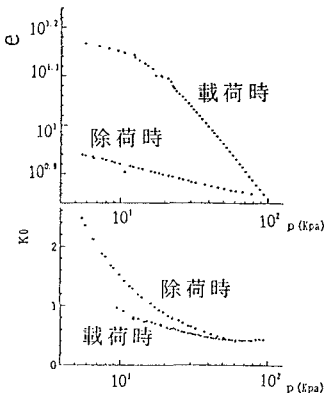


図1 $\log p \sim \log e$, K_0 関係

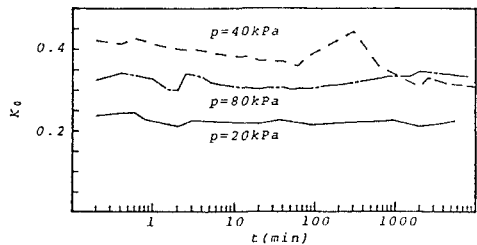


図2 一定応力下での K_0 値の時間的変化。

表1は試料の物性と圧密試験によって求められた力学定数を示したものである。図3は(1), (2)式による計算値、既存のデータ、既存の式による $K_0 - \phi'$ の関係を表したものである。

(1), (2)式による計算には κ^*/λ^* として実測値の平均値0.20を用いており、この値は最大でも ± 0.03 程度のばらつきしかなかったので表1の ϕ' 計算値はほぼ(1), (2)式による曲線上にあることになる。 K_0 値と ϕ' の両方が揃っている実測データが少ないこと、泥炭の場合従来から三軸試験による ϕ' は過大に評価されているのではないかとこの疑問が投げかけられていること、JakyやBrookerの経験式も捨て難いがこれらの式の周辺に落ちるデータが少ないこと、などを考慮すると現時点で

は $\kappa^*/\lambda^*=0.2$ としてModified Cam-Clayによる(2)式によって ϕ' を推定するのが妥当な方法と考えられる。

表1 試料の物性と求められた強度定数

No	W _n	Lig	κ^*/λ^*	K_0	ϕ'_o	ϕ'_m
1	236	47	0.23	0.49	47.9	38.4
2	256	51	0.18	0.44	50.9	41.8
3	847	75	0.18	0.43	51.5	42.6
4	841	84	0.23	0.41	52.9	44.1
5	368	44	0.19	0.40	53.6	44.8
6	573	69	0.21	0.37	55.9	47.3
7	986	81	0.20	0.35	57.5	49.0
8	690	63	0.19	0.32	60.3	51.8
9	749	86	0.19	0.27	65.8	57.1
10	945	81	0.18	0.13	-	71.0

W_n(%):自然含水比、Lig(%):強熱減量
 ϕ'_o , ϕ'_m :それぞれ(1), (2)式から求めた ϕ'

粘性土の過圧密状態の K_0 値については従来から $(K_0)_{oc}=(K_0)_{nc} \cdot OCR^\alpha$ という関係式が成り立つことが認められているが、今回用いた泥炭についてもこの関係が成立することが確かめられた。図4は $(K_0)_{nc}$ と α との関係を示したもので、ほぼ一義的な関係がみられる。一方、図5は α と(1), (2)式による $\sin \phi'$ の計算値との関係を示したもので、Adams, Edilらのデータもプロットしてある。一義的な関係はありそうだがSchmidtによる $\alpha \approx \sin \phi'$ の関係にはない。

5. 結論 側方応力の測定可能な圧密試験機によるひずみ速度圧密試験結果から λ^* , κ^* , K_0 値を求め、弾塑性理論を適用して $M(\phi')$ を計算し、既往のデータや泥炭以外の土について提唱されている経験式と比較、検討して以下のような結論を得た。

- (1)自然含水比250~1000%の泥炭について κ^*/λ^* は 0.20 ± 0.03 でほとんど一定値とみてよい。
- (2)正規圧密状態の泥炭の K_0 値、 $(K_0)_{nc}$ は約0.2~0.5の範囲に分布する。
- (3)過圧密状態の K_0 値については $(K_0)_{oc}=(K_0)_{nc}OCR^\alpha$ の関係が成り立ち、 α と $(K_0)_{nc}$ の間にはほぼ一義的な関係がみられるが、Schmidtによる $\alpha \approx \sin \phi'$ の関係は成立しない。
- (4)側方応力の測定を伴う一次元圧密試験結果から得られる K_0 値と $\kappa^*/\lambda^* \approx 0.2$ の関係をCam-Clayモデルに適用することによって、三軸試験によらずに泥炭の ϕ' を推定することが出来る。

参考文献 1)小田・三田地・大沼:高有機質土の K_0 値について,土質工学会北海道支部技術報告集第31号。(1991)
 2)Adams, J.I.:The Engineering Behavior of a Canadian Muskeg, Proc. 6th ICSMFE, Vol. 1. (1965) 3)対馬・岩崎・宮川:有機質土の強度試験結果に関する二、三の考察,土と基礎, No. 235. (1977) 4)Edil, T. B and Dhowian, A. W.:At-Rest Lateral Pressure of Peat Soils, Proc. ASCE, Vol. 107, No. GT2. (1981) 5)川野・山口・大平ら:泥炭の K_0 値について,土木学会第41回年次学術講演会講演概要集。(1986) 6)三田地・藤原:泥炭の三軸圧密非排水せん断特性,北海道大学工学部研究報告第129号。(1986) 7)Schmidt, B.:Discussion of "Earth Pressure at Rest Related to Stress History," Canadian Geotechnical Journal, Vol. 3, No. 4. (1966)

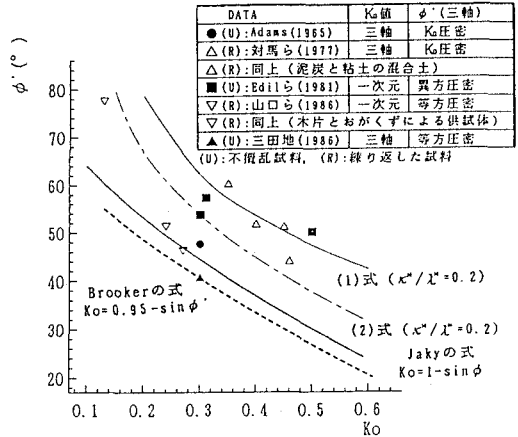


図3 $(K_0)_{nc} - \phi'$ 関係

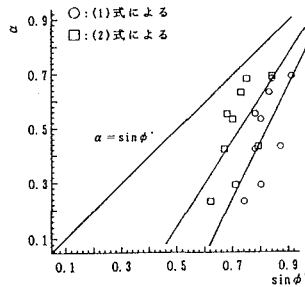


図5 $\alpha - \sin \phi'$ 関係

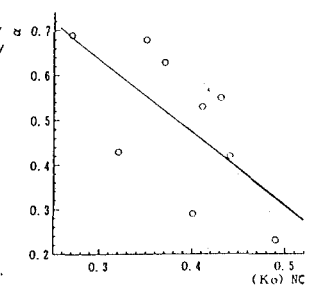


図4 $(K_0)_{nc} - \alpha$ 関係