

防衛庁 4 研 正 ○ 松尾 啓
防 大 正 大平 至徳
防 大 正 山口 晴幸

くまえがき

土構造物の計画・設計に際して、地盤の圧密沈下量を、室内圧密試験結果に基づいて推定する場合が多い。しかし、一般に、現場と室内試験での土が受ける境界条件は異なっている。故に、室内試験結果を用いて現地盤の圧密特性を把握する際には、この境界条件の問題を解明しておくことが重要である。

本報告では、泥炭の $e \sim \log P$ 曲線および二次圧密係数におよぼす圧密荷重の載荷期間の影響に注目し、標準圧密試験機を用いて実施した結果について記述する。

2. 実験

北海道岩見沢市郊外の石狩川流域と札幌市郊外の紅葉山周辺の泥炭地から、シンワールサンブラーを用い採取した不攪乱の岩見沢泥炭と紅葉山泥炭を用いた。

両試料いずれも、繊維質泥炭である。

表-1 に、両試料の物理的特性を、表-2 に

圧密荷重の載荷期間の相違によって区別した試験の種類を示す。

SO 試験は標準圧密試験、T 試験は、SO 試験と同種であるが、各荷重段階での載荷期間 (T_s) を表中に示す長期圧密試験である。

なお、供試体の初期厚さは、全て 20 mm とした。

3. 結果および考察

(1) 載荷期間と圧縮性

図-1 に、載荷期間 (T_s) をパラメータとして、各荷重段階での載荷後 24 時間経過した時点での間隙比の変化量 (Δe) を、圧密荷重と対比して示してある。各荷重段階とも、 Δe は、載荷期間が長い程、小さくなることだが、図から明白である。同様な傾向が見られることが、オタワ湖水粘土について、Graham²⁾ によって報告されている。

このことは、村上³⁾ によっても指摘されていることであるが、荷重増加率 ($n = \frac{dp}{p}$) 一定で、載荷期間が異なる試験では、前段階荷重の載荷期間が長い程、その間に包含される二次圧密が増大するため、擬似先行圧密荷重 (P_0) も大きくなるためと考えられる。すなわち、擬似先行圧密荷重に等しい荷重が載荷されているのと同等と考えれば、前段階荷重の載荷期間が長い程、次段階の圧密荷重に対する荷重増加率が実質的には減少したとみなせる。換言すれば、粘性土の圧密特性におよぼす載荷期間の効果について、Leonardo⁴⁾ が報告したことと同様に、泥炭の圧縮性は、載荷期間 (T_s) の影響を受けるものと言える。

(2) 同一供試体による $e \sim \log P$ 曲線群

表-1 試料の物理的特性

Samples		Iwamizawa peat	Momiziyama peat
Properties			
Depth (m)		9.5 - 10	0.5 - 1
Natural water content (%)		363	680
Natural void ratio		6.91	11.6
Specific gravity		1.97	1.49
Ignition loss (%)		52	93
Degree of saturation (%)		100	100
Wet unit weight (tf/m ³)		1.11	0.92
Dry unit weight (tf/m ³)		0.24	0.12
Preconsolidation pressure (kgf/cm ²)		1.0	0.54

表-2 試験の種類

Test	Sample	Ts(days)
SO-Test	Iwamizawa peat(U)	1
	Momiziyama peat(U)	1
T-Test	Iwamizawa peat(U)	7, 30
	Momiziyama peat(U)	5, 20

(U); Undisturbed sample Ts; Loading duration

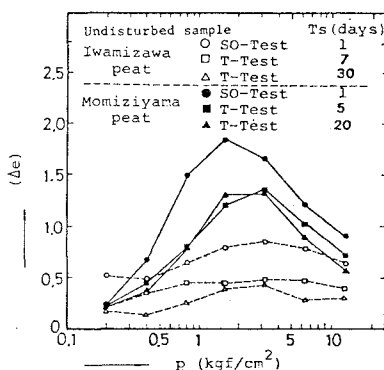


図-1 $\Delta e \sim P$ 関係

図-2に、 $T_s=20$ 日(紅葉山泥炭)と $T_s=30$ 日(信見沢泥炭)でのT試験での結果に基づき、各圧密荷重段階における荷重載荷後同一経過時間(t_s)での(e, p)点を結んで求めた等間隔 $e \sim \log p$ 曲線群を示す。両試料の結果とも、経過時間(t_s)が長い程、その間に、二次圧密が進行するため $e \sim \log p$ 曲線が下方に位置するか、 $e \sim \log p$ 曲線群は互いに平行とは見なせない。

このことは、二次圧密係数($C_\alpha = \Delta e / \Delta \log t$)と圧密荷重(p)との関係から推察される。すなわち、 $e \sim \log p$ 曲線群が互いに平行であることは、各圧密荷重(p)での二次圧密係数が等しいことを意味する。粘性土に関しては、正規圧密領域で $e \sim \log p$ 曲線が、ほぼ直線で近似できる場合が多く、 $C_\alpha = \text{Const}$ の関係が存在すれば、二次圧密係数は各圧密荷重(p)で等しくなり、 $e \sim \log p$ 曲線群が互いに平行になるとするBjerrumの概念が適用できる。しかし、泥炭については、図-3に示すように、 C_α 値が圧密降伏応力(P_c)の2~3倍付近の応力で最大値となり、 $C_\alpha \sim p$ 関係は、山形の形状をなすとする報告が多く、 C_α 値は一定とはならない。

それゆえ、泥炭に関しては、 C_α 値が最大となる圧密荷重付近で $e \sim \log p$ 曲線群の間隔は広く、それ以降の圧密荷重域では、次第に狭くなり、 $e \sim \log p$ 曲線群は互いに平行とはなりえないと言える。以上の考察から、Bjerrumの逡巡圧密の概念は、 $e \sim \log p$ 曲線が直線で近似しうる場合に適用できるが、泥炭については、上述したように、載荷期間をパラメータとして $e \sim \log p$ 曲線群は平行ではないと考える。

(3)異なる供試体による $e \sim \log p$ 曲線群
Bjerrumの逡巡圧密の概念は、載荷期間の影響についてのCrawfordの試験結果が、その着起の出发点とされている。Crawfordは、乱さない鋭敏な粘土を用い、載荷期間(T_s)が $e \sim \log p$ 曲線の形状に与える影響を調べ、短期より長期の載荷期間から得られる $e \sim \log p$ 曲線が、平行を保ち、下方に移動し、圧密降伏応力(P_c)も減少することを報告している。しかし、図-4に示す初期間隙比(e_0)がほぼ同じく、非敏感圧密域での(e, p)点もほぼ一致していることから、初期状態のほぼ等しいとみさせる紅葉山泥炭のSO試験とT試験から求まる3本の $e \sim \log p$ 曲線では、 $T_s=1$ 日の標準圧密試験より、 $T_s=5$ 日、20日から得られた結果の方が、上方に位置し、 P_c 値も大きく、Crawfordの結果と異なっている。ちなみに、圧密降伏応力(P_c)は、 $T_s=1$ 日、5日、20日の順に、

結果と異なっている。ちなみに、圧密降伏応力(P_c)は、 $T_s=1$ 日、5日、20日の順に、Casagrande法⁽¹²⁾では0.5, 0.57, 0.58 kN/m²、 $\log p$ 曲線定規法⁽¹³⁾では、0.7, 0.92, 0.74 kN/m²であった。以上の結果から、長期の載荷期間、短期の載荷期間の圧密試験結果から得られた圧密降伏応力と、それぞれ、 P_{cL} , P_{cS} とすれば、その大小関係は、 $P_{cL} > P_{cS}$, $P_{cL} = P_{cS}$, $P_{cL} < P_{cS}$ の3通りの可能性が考えられる。これは、非敏感圧密域で、(e, p)点が T_s によらずほぼ等しい(図-4参照)ことを前提とし、正規圧密領域に属する最小の荷重段階での間隙比の変化量(Δe)を考えることで、ある程度理解できる。添字L, t($t > 1$)は載荷期間を、 p は荷重載荷後24時間まで、 e はそれ以降載荷期間終了までを意味するものとすれば、 $T_s=1$ 日と7日での Δe の差は、 $\Delta e_L - \Delta e_t = (\Delta e_{pL} - \Delta e_{pL}) - C_\alpha \log t$ であり、この式の値の正、0、負が $P_{cL} > P_{cS}$, $P_{cL} = P_{cS}$, $P_{cL} < P_{cS}$ に対応する。それゆえ、 P_{cL} と P_{cS} の大小関係は、3(1)の考察と上式から、概ね圧密荷重(p)の値、二次圧密係数(C_α)の値、載荷期間(T_s)の長短のいかんにより決定されるものと言える。

4. あとがき 本研究より、次の3点が明らかにになった。(1)泥炭の圧縮性は、若しく載荷期間(T_s)の影響を受ける。(2)Bjerrumの逡巡圧密の概念は、 $e \sim \log p$ 曲線が直線で近似しうる場合にのみ適用できる。(3)載荷期間(T_s)が長期と短期の場合の圧密降伏応力の大小関係は、 $P_{cL} > P_{cS}$, $P_{cL} = P_{cS}$, $P_{cL} < P_{cS}$ の3通りの可能性がある。いずれになるかは、 P_c 値、 C_α 値、 T_s の長さによるものと言える。

5. 参考文献 (1)吉田洋: 土質工学研究発表会, 1962, 1968, 1979 (2) Graham: Geotechnique 33, No. 3, pp. 329-340, 1983 (3) Murakami: S.F., Vol. 17, No. 4, pp. 177-29, 1977 (4) Leonardo et al.: ASCE, 1989 (5) 土質工学会: 土質試験法, 1999 (6) Meiri: Proc. ASCE, Vol. 99, No. 5, pp. 1123, 1973 (7) Bjerrum: Geotechnique Vol. 17, No. 2, 1963-197, 1967 (8) 山口孝: 第18回自然史科学総会: 本学論文, No. 231, 1981 (9) 安川郁夫: 第19回土質工学研究発表会, pp. 239-240, 1982, (10) Crawford: Proc. A.S.C.E., 90-SM5-87, 1964 (11) 大平さ: 第3回土質工学研究発表会, pp. 115-120, 1968

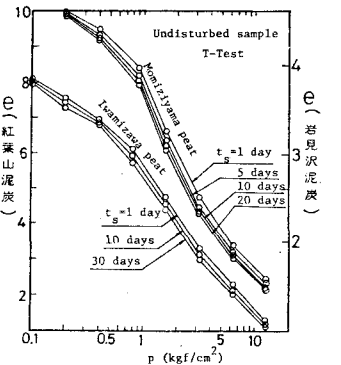


図-2 同一供試体の $e \sim \log p$ 曲線

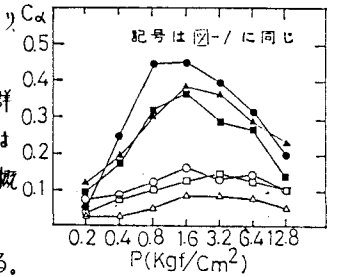


図-3 $C_\alpha \sim p$ 関係

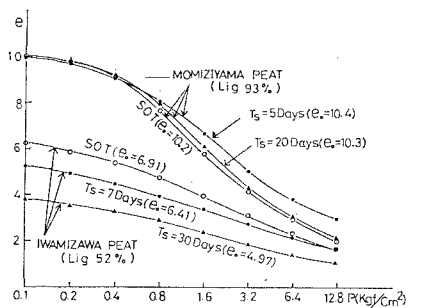


図-4 異なる供試体から求めた $e \sim \log p$ 曲線群