

防衛庁第4研究所 ○(田) 松尾 啓
防衛大学校 (正) 大平 至徳
防衛大学校 (正) 山口 晴幸

1. はじめに 地盤の圧密量を算定する際、特に軟弱地盤においては、二次圧密による沈下量を推定することが重要となる場合が多い。本文は前報に引き続き、泥炭の二次圧密特性について、室内長期圧密試験結果に基づいて実験的に考察したもので、主に圧密荷重の増大に伴う二次圧密係数の変化および二次圧密係数におよぼす繰返し効果等について記述している。

2. 実験 北海道岩見沢市郊外の狩川流域と札幌市郊外の紅葉山周辺の泥炭地から、それぞれ採取した岩見沢泥炭と紅葉山泥炭の2種類の試料を用いた。両試料の物理的性質を表-1に示す。

表-2には、実施した試験の種類と試験条件を表示してある。SO試験は

標準圧密試験、T試験はSO試験と同種ではあるが、各荷重段階での載荷期間(T_s)が表中に示す長期圧密試験で、両試験には不攪乱試料を用いられている。またSO(S)およびSO(R)試験は繰返し試験についての標準圧密試験である。SO(S)試験では、スラリー状の試料を用いて圧密を開始した。

SO(R)試験では、スラリー状の試料を、表-2中に示す3種類の圧密圧(P_p)の下で8日間圧密した後、 0.2 kgf/cm^2 に除荷して過圧密領域から圧密を開始した。なお、スラリー状の試料は自然含水比の約2倍の含水比(≒1400%)に調整した試料を攪拌機によって十分に攪拌したものをを用いていることから、繊維性構造は完全に破壊され、破断した繊維性有機物を主体として構成されている。

3. 実験結果と考察 図-1は不攪乱試料について、各荷重段階での載荷期間(T_s)を30日とした場合の長期圧密試験(T試験)での間隙比(e)～対数時間($\log t$)曲線の代表例を示したものである。各荷重段階での圧密後半領域に見られるように、間隙比が対数時間に比例して減少する傾向が認められ、前報同様、泥炭においても定値と見なせる二次圧密係数 $C_\alpha = \Delta e / \log t$ が定義できそうである。そこで、この C_α 値の圧密圧(P)に伴う変化を T_s をパラメーターとして示したのが図-2の下半分であり、同図の上半分には、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)_p を対比させてある。Mesri²⁾ が粘性土について指摘したように、 $C_\alpha \sim P$ 関係は先行圧密圧力(表-1/参照)の2~3倍付近の応力の下で最大値を示す山形の形状と成り、この傾向が繊維性有機物量の増大に伴って顕著と成ることが、有機物量も90%以上含んでいる紅葉山泥炭の結果から明らかである。また載荷期間が長いと、当然、その間に、

Properties		Iwamizawa peat	Momiziyama peat
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

Table - 1

Test	Sample	T_s (days)	P_p (kgf/cm^2)
SO-Test	Iwamizawa peat(U)	1	-
	Momiziyama peat(U)	1	-
T-Test	Iwamizawa peat(U)	7, 30	-
	Momiziyama peat(U)	5, 20	-
SO(S)-Test	Momiziyama peat(S)	1	0
SO(R)-Test	Momiziyama peat(R)	1	0.4, 3.2, 12.8

(U): Undisturbed sample, (S): Slurry, (R): Remolded sample
 T_s : Loading duration, P_p : Preconsolidation pressure.

Table - 2

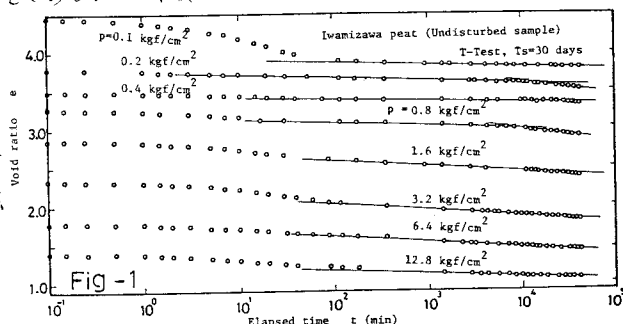


Fig-1

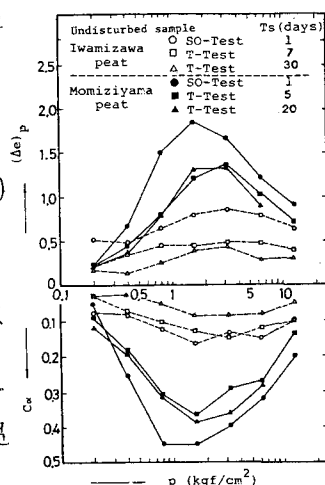


Fig - 2

二次圧密が進行し、次荷重段階での一次圧密量(Δe)_pの低下に伴って、二次圧密係数が減少し、各 T_s における $Q \sim P$ 関係は(Δe)_p~ P 関係に呼応していることがわかる。このことは、泥炭の Q 値が一次圧密量と密接に関連していることを示し、繊維性有機物の圧縮特性が、若い時間および応力依存性を呈していることを裏付けるものである。ところで、上述の SO および T 試験より得られた Q を圧縮指数 $C_c = 4e/\Delta \log P$ との関係で示したのが図-3である。 $C_a \sim C_c$ 関係には、³⁾ 載荷期間(T_s)の長短の影響は認められず、比例的関係が存在し、岩見沢および紅葉山泥炭において、それぞれ $C_a = 0.05 C_c$ と $C_a = 0.07 C_c$ として近似できる。一方、図-4はスラリー試料を用いて圧密を開始した $SO(S)$ 試験と、スラリーからの練返し再圧密試料を用いている $SO(R)$ 試験による $Q \sim P$ 関係を示す。なお同図には、前述した不攪乱試料の結果も併記してある。図-4から下記のことを明らかとなった。

i) 泥炭の繊維性構造の破壊および繊維の破断をもたらす練返し操作の Q に与える効果は、泥炭の圧縮に伴って低減する傾向にあるが、 Q 値にかなりの低下をもたらす要因となる。ii) 練返し試料においても、 Q 値は $P < (2 \sim 3) P_p$ の応力領域では、単調的に増大して、ほぼ定値があるいは多少減少する傾向へと推移し、練返し効果を受けても、 $Q \sim P$ 関係は不攪乱試料と同様に、凸形に近い形状を呈するものと考えられる。iii) 正規圧密領域においても、比較的低い応力領域では、応力履歴(P)の影響が $Q \sim P$ 関係に明瞭に見られるが、この応力履歴の効果も、練返し効果と同様に、泥炭の圧縮の進行と共に消失する傾向にある。iv) $P_p = 12.8 \text{ kgf/cm}^2$ の $SO(R)$ 試験結果等から判断できるように、過圧密領域での Q 値は小さく、 Q 値の P 依存性は正規圧密領域でのそれほどではない。このように、 $Q \sim P$ 関係に与える練返しおよび応力履歴の効果は、泥炭の繊維性構造と有機物の圧縮割合に大きく左右されるものと言え、両効果が泥炭の圧縮と共に低減して行くのは、配向性の高い

繊維性構造へと変化して行くことと、その間に生じる有機物自身の圧縮によって、初期構造の極端な相違にも拘らず、互いに比較的類似した繊維性構造へと移行するためと考えられる。図-5には、 $T_s = 20$ 日(紅葉山泥炭)と $T_s = 30$ 日(岩見沢泥炭)での T 試験の結果に基づき、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)プロットを結んで求めた $e \sim \log P$ 曲線群が描かれている。両試料で、各 t_s での $e \sim \log P$ 曲線は互いに平行な位置関係にあると見なせ、Bjerrum⁴⁾の遅延圧密の概念が適用できそうである。これを $e \sim \log P$ 面上に再度プロットすると、 $e \sim P$ 関係は勾配の異なる二本の直線と近似でき、両直線の勾配は各 t_s において等しいと見なせる。そこで、前半部の直線の勾配を $\bar{C}_s$ として過圧密領域での再圧密線の勾配とし、後半部の正規圧密領域での圧密線の勾配を $\bar{C}_c$ とすれば、二次圧密によってもたらされる擬似先行圧密 P_p^* は $\bar{C}_s, \bar{C}_c, C_a$ を用いて、 $P_p^* = P_0 \left\{ 1 - \frac{C_a}{\bar{C}_c} \log \left(\frac{t_s}{T_s} \right) \right\}^{\frac{\bar{C}_s}{\bar{C}_c - \bar{C}_s}}$ と表示できる。ここに、サフィックス O は一次圧密終了時を示す。この式は $e \sim \log P$ 面上で展開される係数を用いて、粘性土に関して導かれたMesri⁵⁾や村上⁶⁾の提案式に対応するものである。(参考文献) 1) 松尾ら(1983)お8月土木工学研究発表会投稿中 2) Mesri(1973); Proc. ASCE, Vol. 99 No. SM1, PP. 123~137 3) Mesri et al. (1977); Proc. ASCE, Vol. 103, No. 975, PP. 419~430 4) Bjerrum (1967); Geotech. 17 5) Mesri et al. (1977); Proc. 6th ARCSMFE, Vol. 1/1951~154 6) Murakami (1979); SRF, Vol. 19, No. 4, PP. 19~29.

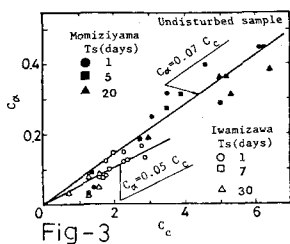


Fig-3

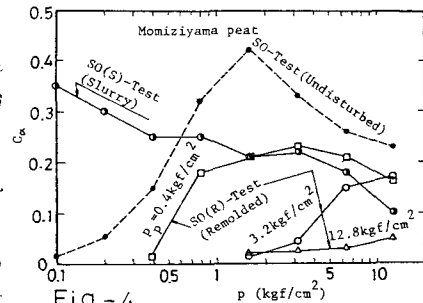


Fig-4

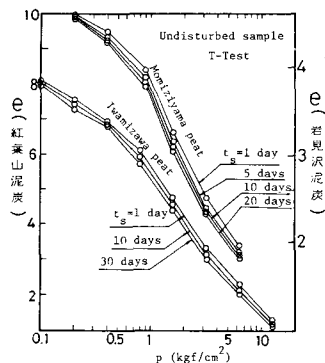


Fig-5

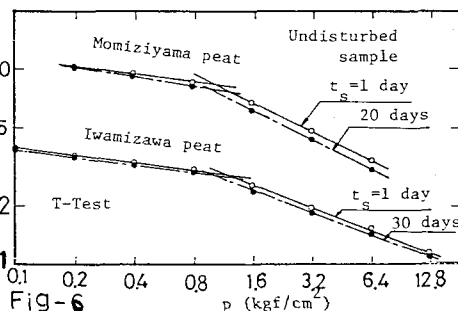


Fig-6

適用できそうである。これを $e \sim \log P$ 面上に再度プロットすると、 $e \sim P$ 関係は勾配の異なる二本の直線と近似でき、両直線の勾配は各 t_s において等しいと見なせる。そこで、前半部の直線の勾配を $\bar{C}_s$ として過圧密領域での再圧密線の勾配とし、後半部の正規圧密領域での圧密線の勾配を $\bar{C}_c$ とすれば、二次圧密によってもたらされる擬似先行圧密 P_p^* は $\bar{C}_s, \bar{C}_c, C_a$ を用いて、 $P_p^* = P_0 \left\{ 1 - \frac{C_a}{\bar{C}_c} \log \left(\frac{t_s}{T_s} \right) \right\}^{\frac{\bar{C}_s}{\bar{C}_c - \bar{C}_s}}$ と表示できる。ここに、サフィックス O は一次圧密終了時を示す。この式は $e \sim \log P$ 面上で展開される係数を用いて、粘性土に関して導かれたMesri⁵⁾や村上⁶⁾の提案式に対応するものである。(参考文献) 1) 松尾ら(1983)お8月土木工学研究発表会投稿中 2) Mesri(1973); Proc. ASCE, Vol. 99 No. SM1, PP. 123~137 3) Mesri et al. (1977); Proc. ASCE, Vol. 103, No. 975, PP. 419~430 4) Bjerrum (1967); Geotech. 17 5) Mesri et al. (1977); Proc. 6th ARCSMFE, Vol. 1/1951~154 6) Murakami (1979); SRF, Vol. 19, No. 4, PP. 19~29.