

III-132

2成分混合体モデルによる自然粘土地盤の一次元圧密解析（その2）

大阪大学工学部 正会員 阿部 信晴
鹿島建設 正会員 橋本 和晃
大阪大学大学院 学生会員 安井 利彰

1. まえがき

自然堆積鋭敏粘土について興味ある一次元圧密試験結果が Mesri¹⁾ によって報告されている。本報告ではこの一次元圧密試験について2成分混合体モデルによる弾粘塑性圧密解析を行い、自然堆積鋭敏粘土の降伏特性・圧密特性およびモデルの適用性を検討している。

2. Olga clay の一次元圧密試験の概要

一次元圧密試験に用いられている鋭敏粘土 (Olga clay) はカナダ・ケベックの北西部で不攪乱採取された lacustrine clay (湖成粘土) である。原位置における有効土被り圧は84kPa、間隙比は約2.6であり、段階載荷圧密試験から求められた圧密降伏応力は 95kPa であった。圧密試験の供試体厚さは1.88cm、初期圧密圧力は原位置土被り圧と同じ 84kPaである。排水条件は供試体上面が排水、底面が非排水であり、供試体底面で間隙水圧が測定されている。圧密応力は圧密降伏応力を越えるように 84kPaから120kPaまで載荷されており、圧密応力増分は 36kPaである。図-1 (a), (b) は Olga clay の定応力載荷一次元圧密試験¹⁾ における圧縮量と間隙水圧の経時変化を2つのケースについて示したものである。両ケースにおいて再圧縮領域では発生間隙水圧の80-90%が短時間に消散している。すなわち、この領域で有効応力が急速に増加するが、圧縮量は小さい（一次圧密量の10%以下）。しかし、応力が圧密降伏応力を越えると間隙水圧がほぼ一定の状態が続き、この間に大きな圧縮が生じている（図-1 (a)）。このような圧密挙動は、図中の間隙比～圧密圧力関係に示されているような急峻な降伏特性を有する鋭敏粘土に特有のものと考えられる。図-1(b)では、圧密降伏後、間隙水圧が増加している。粘土のクリープ圧縮量が排水による体積圧縮量を越えて発生すると圧密中に間隙水圧が増加することになる。図-1(a)中の破線は Mesriによる計算結果であるが、圧密中に間隙水圧が増加する図-1(b)の実験については計算結果は示されていない。したがって、本報告では2成分混合体モデルによって図-1(b)の実験の解析を行う。

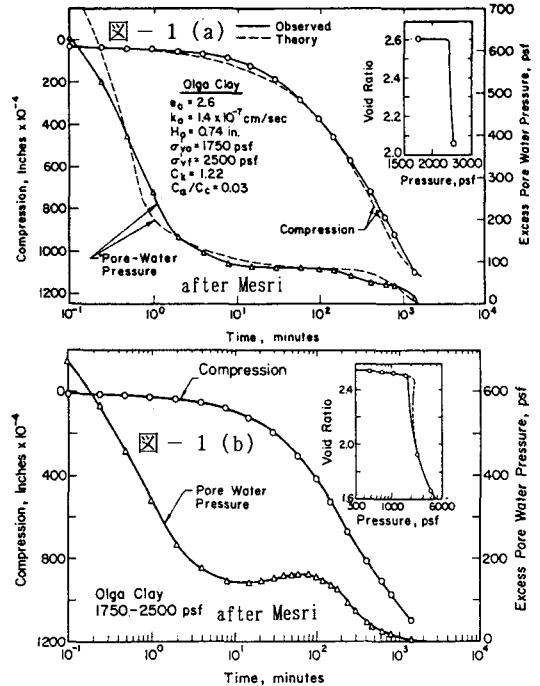


表-1

parameter		intact fraction	damaged fraction
Compression index	λ	0.46	1.3
Swelling index	κ	0.024	0.08
Coefficient of secondary compression	μ	0.006	0.03
Reference strain rate	(min^{-1}) $\dot{\epsilon}_{2r}$	1.0×10^{-6}	4.5×10^{-5}
Internal restraint strain rate	δ	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-4}
Damage variable parameter	m	1.05	
"	k	0.0	
"	h	90.0	
"	r_u	1.0	
Coefficient of permeability	(cm/min) k_v	1.8×10^{-5}	
Permeability change index	C_v	0.7	
Initial consolidation stress	(kPa) σ_{s0}	83.63	
Initial void ratio	e_0	2.55	
Initial height of specimen	(cm) H_0	1.88	
Increment of consolidation stress	(kPa) $\Delta \sigma_s$	35.85	

3. 2成分混合体モデル

上述の一次元圧密挙動は自然堆積粘土の降伏特性に

依存しており、急峻な降伏特性は発達した粘土構造の劣化に起因するものである。この構造劣化による降伏特性をモデル化するために2成分混合体モデル（two-fractions mixture model, interacting continua model）を用いる。2成分混合体モデルでは粘土の構造劣化の影響を平均的に記述するために粘土要素の挙動は2つの成分、非損傷成分（intact fraction）と損傷成分（damaged fraction）による寄与に分解される。非損傷成分、損傷成分とも弾粘塑性体として流動曲面モデルを適用すると2成分混合体モデルの応力速度～ひずみ速度関係は次式で与えられる^{2)～4)}。

$$\dot{\sigma}_z = \bar{D} \dot{\varepsilon}_z - L \quad (1)$$

$$\bar{D} = (1-r) D_n + r D_d \quad (2)$$

$$L = (1-r) D_n \frac{\partial F_n}{\partial t} + r D_d \frac{\partial F_d}{\partial t} + r (\sigma_{zn} - \sigma_{zd}) \quad (3)$$

$$D_n = \left[\frac{\kappa_n}{1+e_0} \frac{1}{\sigma_{zn}} + \frac{\partial F_n}{\partial \sigma_{zn}} \right]^{-1} \quad (4)$$

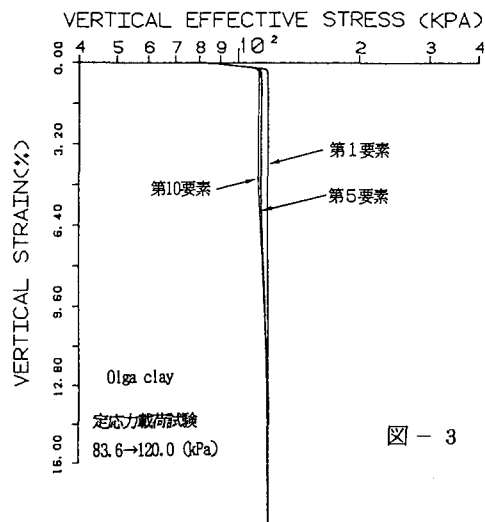
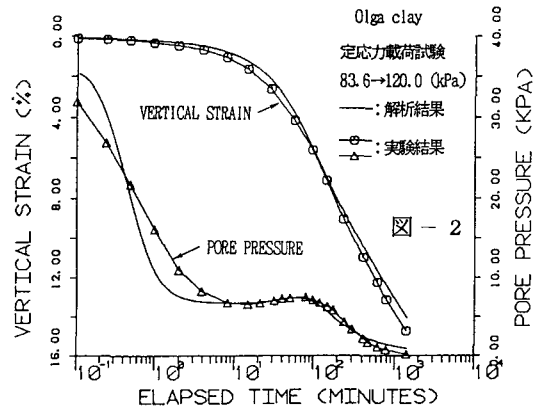
$$D_d = \left[\frac{\kappa_d}{1+e_0} \frac{1}{\sigma_{zd}} + \frac{\partial F_d}{\partial \sigma_{zd}} \right]^{-1} \quad (5)$$

ここに、 D_n 、 D_d および F_n 、 F_d はそれぞれ非損傷成分、損傷成分の弾粘塑性剛性と流動関数であり、 r は損傷率である。

4. 2成分混合体モデルによる弾粘塑性圧密解析

解析には弾粘塑性有限要素法が用いられており、図-1(b)のケースの供試体（厚さ1.88cm）を10個の一次要素に分割している。粘土供試体の初期条件（間隙比、有効応力、透水係数）および力学パラメーターを表-1に示している。力学パラメーターについては、図中（図-1(b)）の間隙比～圧密圧力関係を参考にして曲線のあてはめにより求めている。

図-2はOlga clayの鉛直ひずみと間隙水圧の経時変化について計算結果と実験結果を示したものである。再圧縮領域における間隙水圧の減少挙動は若干異なったものになっているが、降伏後の間隙水圧の増加はほぼ適切に表現されている。図-3は第1要素（排水面）、第5要素、第10要素（非排水面）のひずみ～有効応力関係（計算結果）を示したものである。図-1(b)の圧密挙動が鋭敏粘土の急峻な降伏によって発生していることが明確に示されている。また、非排水面で間隙水圧の増加が最も大きくなり、ひずみ軟化傾向も顕著に



なることが分かる。

5. あとがき

一次元圧密時の間隙水圧挙動は応力～ひずみ関係に強く依存しており、粘土が急峻な降伏特性を持つ場合、間隙水圧の消散と体積圧縮（間隙比の減少）は対応する応答とはならない。

参考文献

- 1) Mesri, G., Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 4, p. 659, 1981.
- 2) 平尾他, 土木学会第46回年次学術講演会概要集第3部, pp. 390-391, 1991.
- 3) 阿部他, 平成4年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, pp. III 6/1-2, 1992.
- 4) 阿部他, 第27回土質工学研究発表会発表講演集, pp. 375-378, 1992.
- 5) 阿部他, 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第3部, pp. 982-983, 1993.