

III-133

履歴変数モデルによる自然堆積粘土の一次元圧密解析（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 ○隅 水 友 顕

1. まえがき

自然堆積粘土の沈下挙動を的確に予測することが地盤工学における重要な課題の一つとなっており、一次元圧密の構成モデルに関する研究においても自然堆積粘土の構成特性の評価と現実の圧密降伏特性を反映したモデル化が重要なテーマになっている。著者らは自然堆積粘土の圧密降伏挙動を適切に表現するために弾粘塑性モデル化を行うとともに、優れた精度で実施されかつ公表されている圧密試験結果に基づいてその適用性を検討している¹⁾。本報告は、Batiscan clay の圧密試験結果^{2), 3)}に基づいて流動曲面履歴モデルの適用性を検討したものである。

2. Batiscan clay の一次元圧密試験の概要

Batiscan clay の一次元圧密試験では、自然堆積粘土を用いて、広範囲なひずみ速度による定ひずみ速度圧密試験と圧密降伏応力を跨ぐように設定された圧密応力による単一応力载荷圧密試験（定応力载荷圧密試験のことであるが、クリープ試験と呼ばれている）が共に行われており、現時点では極めて貴重な圧密試験と思われる。一連の圧密試験に用いられている自然堆積鋭敏粘土（Batiscan clay）は、カナダ・ケベック市の西約110km、セントローレンス川の北岸に位置するBatiscanで不攪乱採取されたものである。採取深度は7.25～7.46mであり、自然含水比は約80%、液性限界43%、塑性指数は21、液性指数は2.7、鋭敏比125であった。通常の圧密試験から求められた圧密降伏応力は88kPaである。

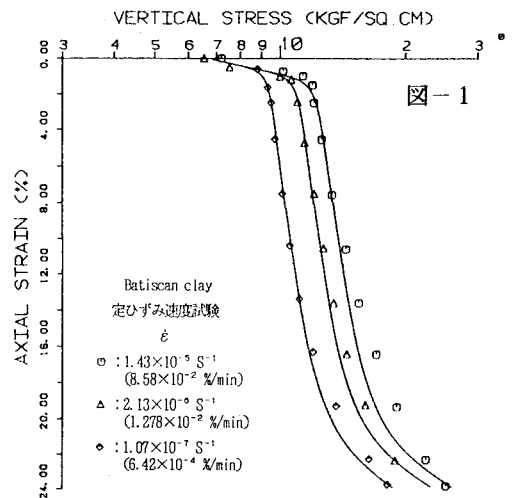
定ひずみ速度圧密試験では、原位置での有効土被り圧（65kPa）に等しい圧密圧力で圧密した後、所定のひずみ速度で試験が行われている。クリープ試験においても、試験結果を定ひずみ速度圧密試験と比較するために初期圧密圧力は同じ値が用いられている。クリープ応力は67kPa～151kPaである。クリープ試験では供試体上下面排水の条件で実施されている。また、いずれの試験も供試体厚さは19mmであり、バックプレッシャーは用いられていない。

3. 流動曲面履歴モデルによる弾粘塑性圧密解析

解析に用いている弾粘塑性モデルは圧密降伏挙動

表-1

parameter		Batiscan clay
Compression index	λ_0	1.86
Swelling index	κ	0.0687
Coefficient of secondary compression	μ_0	3.16×10^{-2}
Reference strain rate	$\dot{\epsilon}_{ref}$ (min ⁻¹)	7.38×10^{-5}
History parameter	h	0.28
Internal restraint strain rate	δ	1.0×10^{-3}
parameter	s	8.0
"	k	0.15
"	m	1.0
Coefficient of permeability	k_z (cm/min)	5.4×10^{-8}
Permeability change index	C_k	1.15
Initial consolidation stress	σ_{z0} (kPa)	65.0
Initial void ratio	e_0	2.185
Initial height of specimen	H_0 (cm)	1.9



を表現するために流動曲面モデルに履歴変数を導入した流動曲面履歴モデルである。モデルの詳細については文献等を参照されたい。解析は弾粘塑性有限要素法（finite element codes: ELVIS）によって行っており、供試体（厚さ19mm）を10個の一次元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）および材料パラメーターを表

－1に示している。材料パラメータについては文献を参考にするとともに、定ひずみ速度試験結果に基づいて決定あるいは推定している。

図－1は定ひずみ速度圧密試験について解析結果と実験結果を比較したものである。ただし、材料パラメータと履歴変数 h は $1.07 \times 10^{-7} S^{-1}$ の実験結果に解析結果をあてはめることによって求めている。この場合 $h=0.28$ でよい一致が得られ、定ひずみ速度圧密試験の降伏挙動もほぼ妥当に表現されている。実験結果では圧密降伏後、ひずみの増加とともに応力～ひずみ曲線が曲がってくるが、モデルではひずみ～ $\ln$ （応力）の直線性が仮定されているので実験挙動を説明できない。このため、今回の解析では圧縮指数 λ と二次圧縮係数 μ をひずみの関数として次式により評価している。

$$\lambda = \lambda_0 \exp(-s \langle \varepsilon_z - k \rangle^m)$$

$$\mu = \mu_0 \exp(-s \langle \varepsilon_z - k \rangle^m)$$

また、有効応力は次式により算定している。

$$\sigma'_z = \sigma_z - \alpha u_0$$

u_0 は供試体底面での間隙水圧である。この解析では係数 α は0.67としている。

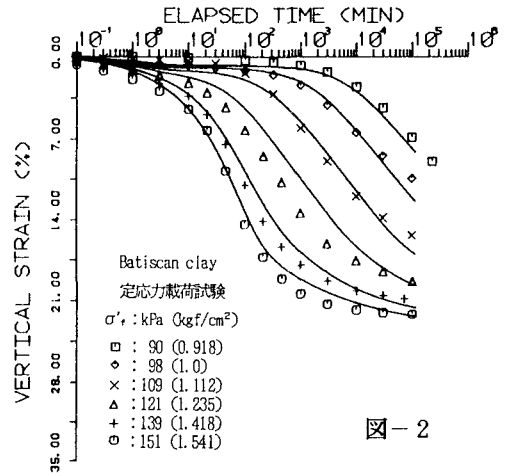
図－2～4はクリープ試験について解析結果と実験結果を比較したものである。図－2のひずみ～時間関係では両者は良好な一致を示している。図－3と4はひずみ速度応答の比較である。解析結果は実験挙動の傾向とほぼ一致しているが、109kPaのケースにおけるひずみ速度応答を説明できていない。すなわち、このケースでは圧密降伏後、一旦ひずみ速度が増加した後再び減少していくが、解析結果では降伏時のひずみ速度の停留状態は表現されているが、増加挙動は表現されていない。また、90kPaのケースでの降伏後のひずみ速度の停留状態が過大となっている。

4. あとがき

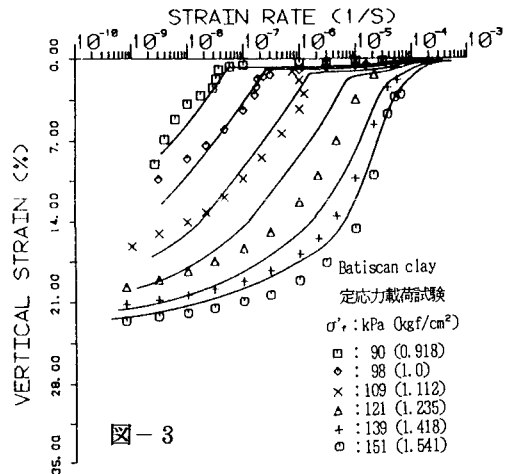
履歴変数モデルの自然堆積鋭敏粘土に対する適用性を検討した。履歴変数モデルは、定ひずみ速度圧密試験結果に基づいて求めたパラメータを用いて定応力載荷圧密試験の挙動を説明できることが明らかになった。

参考文献

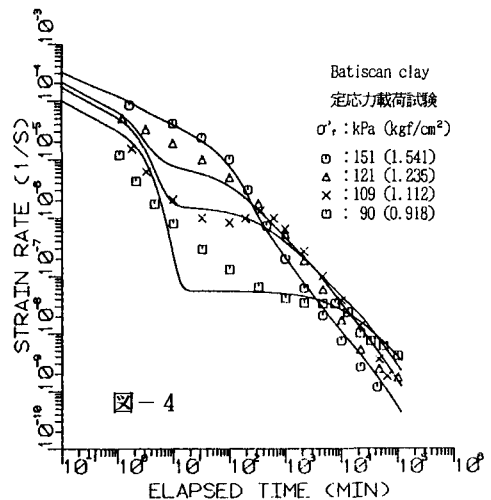
1)阿部他, 土木学会第48回年次学術講演会概要第Ⅲ部, pp. 984-985, 1993. 2) Leroueil, S. et al., Geotechnique 35, No. 2, pp. 159-180, 1985. 3) Kabbaj, M., ASTM, STP892, pp. 378-404, 1985.



図－2



図－3



図－4