

大阪大学工学部 正 会 員 阿 部 信 晴
大阪大学大学院 学生会員 隅 水 友 顕
大阪大学工学部 学生会員 ○大 原 和 章

1. まえがき

粘土の一次元圧密膨潤挙動は、変形が一次元に限定されているものの、応力履歴、クリープ変形(二次圧密)、間隙水の応答などが複雑に関連する現象であり、未だ十分に解明されていない。この挙動は軟弱地盤改良工法の一つであるプレローディング工法とも密接に関係しており、その解明は実務においても重要である。

本報告では、粘土の時間-負荷履歴を評価しうる流動曲面履歴変数モデル(FSHVモデル)を用いて一次元圧密膨潤解析を行い、その適用性を検討するとともに膨潤挙動時の間隙水圧挙動について考察している。

2. 流動曲面履歴変数モデル

解析に用いている弾粘塑性モデルは流動曲面理論に履歴変数 h を導入したものであり、粘土の応力状態は、弾性状態と弾粘塑性状態の区別をせずに一貫して弾粘塑性状態にあると仮定しているので、圧密挙動と膨潤挙動を統一的に扱うことができる。その流動曲面 F は次式で与えられる。

$$F = \mu \ln \left[\frac{1}{\delta} \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{\delta}{\mu} \dot{\epsilon}_v^p t \right) \right\} \exp \left(\frac{\bar{F}}{\mu} \right) + \delta \exp \left(-\frac{\delta}{\mu} \dot{\epsilon}_v^p t \right) \right] - e \dot{\epsilon}_v^p = 0 \quad (1) \quad \bar{F} = \left(\frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0} \right) \ln \left(\frac{\sigma_z}{\sigma_{z0}} \right) - h \quad (2)$$

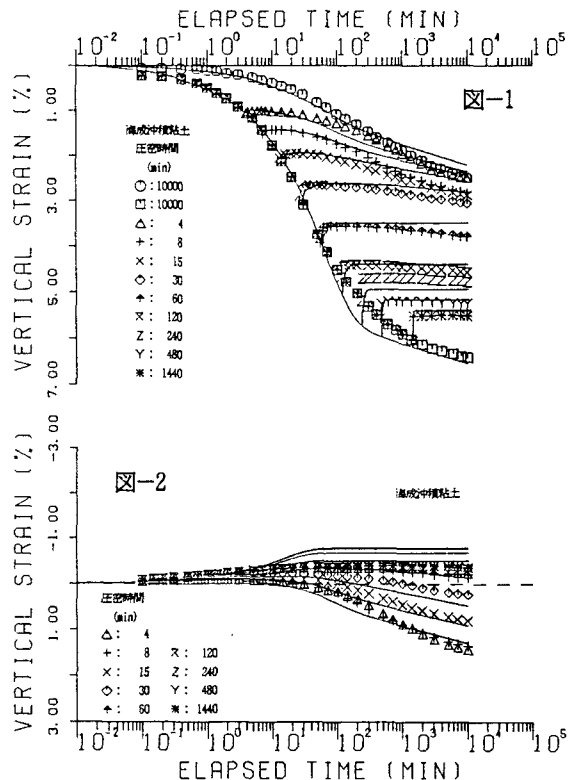
ここに、 σ_z 、 σ_{z0} は鉛直有効応力とその初期値、 e_0 は初期間隙比である。 λ 、 κ は圧縮指数、再圧縮指数、 $\dot{\epsilon}_v^p$ 、 μ 、 δ は粘性パラメータ、 h は履歴変数である。

3. 一次元圧密膨潤試験の概要

解析の対象とした一次元圧密膨潤試験は、海成沖積粘土について圧密膨潤試験と、比較のための定応力載荷圧密試験が共に行われたものである。圧密膨潤試験では、厚さ2cm、上下面排水条件の供試体に、まず0.5kgf/cm²の荷重を載荷し、4~1440分間圧密した後、0.33kgf/cm²の荷重を除荷し、約一週間膨潤させている。定応力載荷圧密試験では0.17kgf/cm²と0.5kgf/cm²の荷重を載荷し、約一週間圧密させている。

4. 一次元弾粘塑性圧密膨潤解析

解析は弾粘塑性圧密有限要素法によって行っており、供試体モデルは対称性から、厚さ1cm、上面排水、下面非排水として10個の一次元要素に分割している。供試体の初期条件および材料パラメータを表-1に示している。これらは圧縮指数と膨潤指数を



Nobuharu ABE, Tomoaki SUMIZU, Kazuaki OHARA

除いて、載荷重 0.17kgf/cm^2 および 0.5kgf/cm^2 の定応力載荷圧密試験結果に解析結果をあてはめることによって求めており、この場合履歴変数 $h=0.02$ とするとよい一致が得られた。図-1は定応力載荷圧密試験および圧密膨潤試験についての解析結果と実験結果を、図-2は圧密膨潤試験について除荷後のひずみの経時変化を除荷開始時点を経験の原点として解析結果と実験結果を比較したものである。図-1では、解析結果と実験結果は、事前圧密時間が短いと膨潤量は小さく再沈下が早期に発生し、事前圧密時間が長いと膨潤量は大きく再沈下の発生が遅れる傾向をとともに示している。しかし、図-2を見ると解析結果の膨潤量は実験結果より若干大きくなっている。また、事前圧密時間が30分を越える実験結果では、膨潤後に再沈下の傾向を示すのに対し、解析結果では、再沈下は生じていない。図-3、4および5は事前圧密時間4分のケースについて除荷後のひずみ挙動、間隙水圧の経時変化、供試体内間隙水圧分布の推移を示したものである。除荷すると間隙水圧は除荷重分だけ減少するが、このケースでは事前圧密による残留間隙水圧が大きいので、供試体内に正と負の間隙水圧部分が混在することになる。時間の経過とともに間隙水圧は消散していくが、供試体内全体が一旦正圧のみを示し、これが消散するのにもとない、一次圧密的な沈下が生じている。その後、間隙水圧がほぼ0となると二次圧密による沈下が生じている。

5. まとめ

粘土の一次元圧密膨潤挙動に対するF-S-H-Vモデルの適用性を検討した。本モデルを用いた有限要素解析結果は試験結果の傾向と概ね一致している。この解析結果の供試体内の間隙水の応答を調べることで、二次圧密も含めた膨潤後の再沈下挙動は間隙水圧分布の推移と密接に関係しており、非常に複雑であることが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 安原他：除荷に伴う飽和粘土の膨潤・再圧密と強度変化, 第16回土質工学会研究発表会講演集, pp257-260, 1983.
- 2) 阿部他：一次元圧密の弾粘塑性構成モデル, 第27回土質工学会研究発表会講演集, pp379-380, 1992.

表-1

parameter		clay
Compression index	λ	0.367
Swelling index	κ	0.0686
Coefficient of secondary compression	μ	2.0×10^{-3}
Reference strain rate	$\dot{\epsilon}_{v,r}$	3.0×10^{-5}
(min^{-1})		
History parameter	h	0.02
Internal restraint strain rate	δ	1.0×10^{-4}
Coefficient of permeability	$k_{s,0}$	1.5×10^{-6}
(cm/min)		
Permeability change index	C_k	0.5
Initial consolidation stress	$\sigma_{s,0}$	0.56
(kgf/cm^2)		
Initial void ratio	e_0	2.0
Initial height of specimen	H_0	2.0
(cm)		

