

擬似過圧密粘土を対象とした弾粘塑性1次元圧密モデルにおけるパラメータの決定方法

大阪大学大学院 学生会員○吉田拓郎

大阪大学大学院 国際会員 小田和広

福井工業大学 国際会員 松井 保

1. はじめに

大阪湾の洪積粘土は代表的な擬似過圧密粘土であり、応力履歴によって過圧密化した粘土とは異なる圧密特性を有している¹⁾。筆者らは、このような粘土の土被り圧付近から圧密降伏応力を大きく越えない範囲の応力レベルにおける長期圧密挙動を表現する簡便かつ実用的な弾粘塑性1次元圧密モデルを既に提案している²⁾。本発表では、この弾粘塑性1次元圧密モデルにおける力学パラメータの決定方法について考察する。

2. 擬似過圧密粘土の弾粘塑性1次元圧密モデル

擬似過圧密粘土は現在の土被り圧以上の圧力を受けていないにも関わらず、現在の土被り圧以上の降伏応力を有している。このような粘土の土被り圧から圧密降伏応力を若干越える応力レベルにおける圧縮挙動は正規圧密粘土のような直線的な $e\text{-log } p$ 関係によって表せないことが知られている。筆者らは下負荷面理論³⁾を利用することにより、1次元状態において、圧密降伏応力以下の応力レベルにおける粘土の塑性体積ひずみ (v^p) の表現式を式(1)のように導いた²⁾。

$$dv^p = \frac{\lambda - \kappa}{1+e} \left(\frac{d\sigma'}{\sigma'} - \frac{dR}{R} \right) \quad (1)$$

ここに、 dv^p は塑性体積ひずみ増分、 λ および κ はそれぞれ圧縮指数と膨潤指数、 e および σ' はそれぞれ現時点における間隙比と応力を示している。また、 R は現時点の応力とそれに対応する正規圧密応力の共役関係を表すパラメータである³⁾。ここで、本論文では、 R の発展則として式(2)を適用した。

$$dR = U_R v^p \quad (2)-1$$

$$U_R = -v \ln R \quad (2)-2$$

ここに、 v は材料定数である。

一方、擬似過圧密粘土は圧密降伏応力以下の応力レベルにおいても顕著なクリープひずみが生じる。そこで、このような時間依存的挙動を表現するために Sekiguchi⁴⁾による流動曲面モデル(式(3))を適用する。

$$F = \mu \ln \left\{ \frac{\dot{v}_0 t}{\mu} \exp \left(\frac{v^p}{\mu} \right) + 1 \right\} - v^p = 0 \quad (3)$$

ここに、 $\dot{v}_0$ および μ は粘性パラメータであり、それぞれ基準粘性体積ひずみ速度および2次圧密係数である。また、 v^p は粘塑性体積ひずみ、 t は時間である。さらに v^p は塑性体積ひずみであり式(1)を数値積分することによって与えられる。筆者らは、このモデルを用いることより、大阪湾の洪積粘土 (Ma12 と Ma10) の長期圧密挙動を定量的に再現できることを既に確かめている²⁾。

3. パラメータの決定方法

本モデルを適用する際に必要となる力学パラメータは、前節において赤字で示した6つのパラメータである。また青字の e と σ' は地盤の初期状態によって決定される。

図-1 は λ および κ の決定方法を模式的に示している。 λ および κ はそれぞれ圧密降伏応力よりもかなり大きな圧力レベルおよび、圧密降伏応力よりもかなり小さい応力レベルにおける圧縮曲線の傾きとして決定される。

図-2 は R の初期値 R_0 の決定方法を示している。先に述べたように R は、現時点の応力とそれに対応する正規圧密応力の共役関係を表すパラメータであることから、 R_0 は解析上の初期応力 (σ'_0) と圧密降伏応力 (P_Y) から両者の比として概略値を決定できる。

図-3 は圧縮曲線に及ぼす ν の影響を示している。図から分かるように、 ν は圧密降伏応力付近における圧縮曲線を制御するパラメータである。したがって、圧密降伏応力付近における圧縮曲線に対するカーブフィットにより ν を決定することができる。

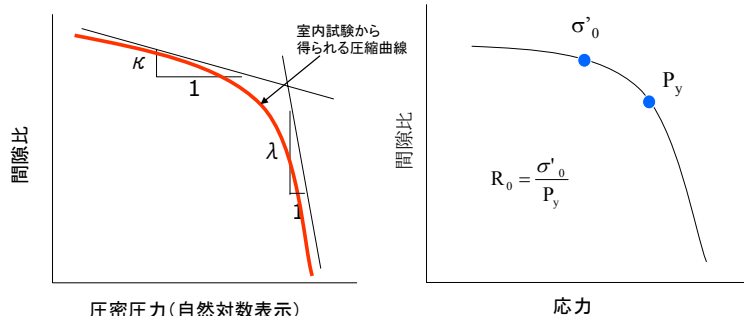


図-1 λ および κ の決定方法

図-2 R_0 の決定方法

図-4 は μ の決定方法とひずみの経時変化に対する $\dot{\nu}_0$ の影響を示している。

擬似過圧密粘土では長期圧密した場合、圧密降伏応力以下の応力レベルであっても十分な時間が経過した後に急激にひずみが拡大することが知られている¹⁾。本モデルでは、この

ひずみが急増する部分におけるひずみの経時変化の曲線の傾きとして μ を決定する。次に図からわかるように $\dot{\nu}_0$ はひずみが急増する時間を制御するパラメータである。 $\dot{\nu}_0$ は長期圧密試験におけるひずみの経時変化に対するカーブフィットによって決定できる。

以上のパラメータ以外にも圧密挙動を解析するためには粘土の透水性を評価するパラメータの決定が必要である。筆者らは透水係数(k)の表現式として、式(4)を用いている。

$$k = k_0 \exp\left(\frac{e - e_0}{C_k}\right) \quad (4)$$

式(4)中の k_0 および C_k は基準状態における透水係数と透水係数変化指数である。これらの値は段階載荷圧密試験から概略値を決定できる。

図-5 は大阪湾洪積粘土の長期圧密試験とその数値シミュレーション結果を示している。なお、力学パラメータは前記の方法に従って決定し、最終的に試験結果に一致するように微調整されている。本モデルによって、大阪湾洪積粘土の長期圧密挙動が良好に表現されていることが分かる。

4. 結論

本論文では、筆者らが提案する弾粘塑性1次元圧密モデルの力学パラメータの決定方法について考察した。筆者らの提案モデルを適用するためには、粘性パラメータを決定するための長期圧密試験が必要となるが、それ以外のパラメータについては通常行われている室内試験から決定することができる。そして、このようにして決定されたパラメータを用いることにより、提案モデルによって洪積粘土の長期圧密挙動を適切に表現することができることが分かった。

※参考文献

- 1) 例えば、大阪湾地盤情報の研究協議会大阪湾地盤研究委員会編 (2002) : ベイエリアの地盤と建設 -大阪湾を例として-。
- 2) 小田和広, 松井保, 趙勇相, 上武治紀, 山本浩司, 藤原照幸 (2003) : 流動曲面理論と下負荷面理論に基づく1次元圧密モデルと大阪湾洪積粘土の圧密挙動への適用性, 第48回地盤工学シンポジウム論文集, pp.417-424。
- 3) Hashiguchi, K. (1989) : Subloading surface model in unconventional plasticity, *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 25, pp. 917-945。
- 4) Sekiguchi, H. (1977) : Rheological characteristics of clays, *Proceedings of 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Tokyo, Vol.1, pp. 289-292。

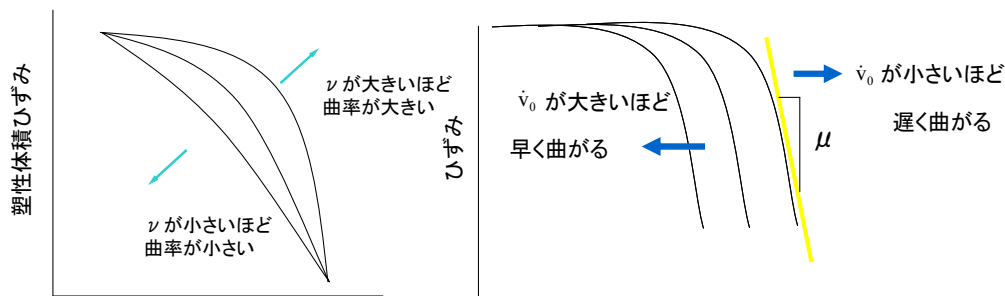


図-3 圧縮曲線に及ぼす ν の影響

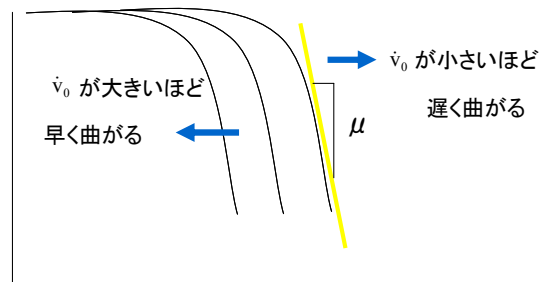


図-4 μ の決定方法とひずみの経時変化に対する $\dot{\nu}_0$ の影響

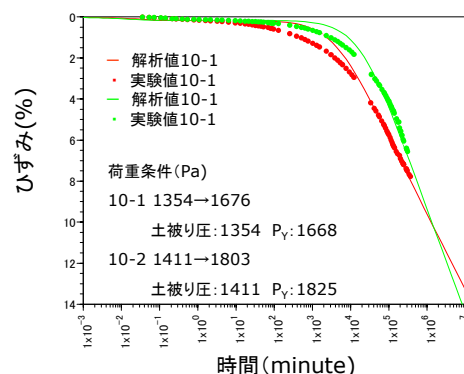


図-5 大阪湾洪積粘土の長期圧密試験とその数値シミュレーション