

Ⅲ-132

流動曲面履歴変数モデルによる粘土の一次元圧密解析

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

1. まえがき

粘土の一次元圧密挙動における時間-負荷履歴の影響の大きさがしだいに明らかにされつつある。本報告では、時間-負荷履歴の影響を考慮しうる流動曲面履歴変数モデルによる一次元圧密解析結果から、粘土の圧密挙動における履歴の影響について考察している。

2. 流動曲面履歴変数モデル

流動曲面履歴変数モデル(FSHVモデル)は、図-1のクリープ則③にもとづいて誘導されている。すなわち、クリープ則①、②にもとづく弾/粘塑性モデルに、履歴変数 $h$ を導入したものである。そして、時間-負荷履歴に応じて変化する $h$ によって、基本クリープ式を $\varepsilon_z/\mu$ 軸にそって動かして履歴依存挙動を表現するものである。このことによって粘塑性ひずみの発生量がコントロールされるため、負荷・除荷による構成式の使い分けが必要なく、弾性ひずみと粘塑性ひずみが常に存在することになる。履歴変数 $h$ は定ひずみ速度圧密試験にもとづいて評価され、負荷が変化する時、その時点での粘性ひずみにより更新される。

3. 一次元圧密解析例

①層厚の異なる粘土の定応力載荷圧密試験

図-2(a)は層厚がそれぞれ2cm, 10cm, 50cmの粘土(初期圧密圧力: 0.1kgf/cm<sup>2</sup>, 上面排水・下面非排水, 履歴変数 $h_0 = 0$ )に0.1kgf/cm<sup>2</sup>の圧密荷重を載荷したときの沈下曲線である。曲線は一次圧密終了(最大残留間隙水圧=2%)までしか示されていないが、明らかにアイソタッチが成立している。一次圧密終了時点での履歴変数 $h$ はそれぞれ-0.083%, 0.807%, 1.69%である。一次圧密終了時点で、これらの粘土にさらに0.2kgf/cm<sup>2</sup>の圧密荷重を載荷したときの沈下曲線が図-2(b)である。図中に示す一次圧密終了時におけるひずみは、5.31%, 5.25%, 5.21%とはほぼ等しくなっている。この場合でも、履歴変数を等しくするとアイソタッチが成立する結果となる。図-3は有名な綱干の実験結果をFSHVモデルで解析した結果である。沈下挙動から逆算された履歴変数の初期値はわずかつ異なっており、実験に用いられた層厚の異なる供試体に圧密履歴の差があり、この履歴の差が沈下挙動の違いとなって現れたものと考えられる。層厚の異なる粘土の圧密挙動についてはそれまでの圧密履歴の影響を抜きにして議論すること

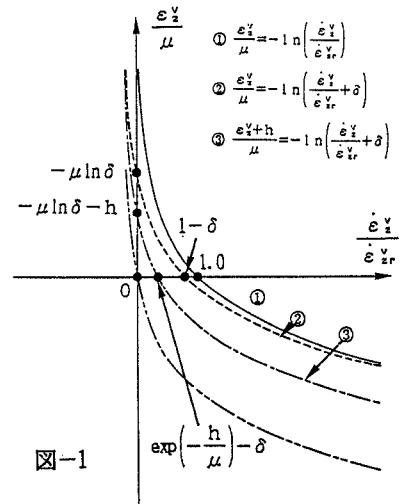


図-1

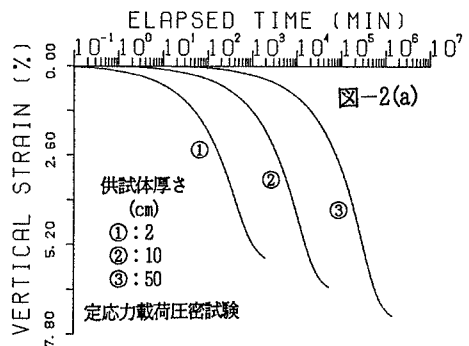


図-2(a)

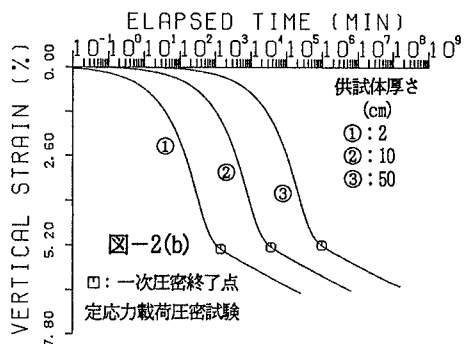


図-2(b)

はできない。

### ②除荷履歴を有する粘土の定ひずみ速度圧密試験

図-4は、層厚が2cmの粘土（初期圧密圧力： $0.1\text{kgf/cm}^2$ ，上下面排水，履歴変数 $h_0=0$ ）に $0.4\text{kgf/cm}^2$ の圧密荷重を載荷して24時間圧密した後，それぞれ $0.1, 0.2, 0.3, 0.4\text{kgf/cm}^2$ の荷重を除荷したときの膨潤曲線である。図-5は，さらに24時間膨潤後の定ひずみ速度圧密試験（ひずみ速度： $0.01\%/min$ ）の結果である。24時間膨潤時点での履歴変数 $h$ は，それぞれ $1.68\sim 1.69\%$ ， $4.08\sim 4.09\%$ ， $7.46\%$ ， $13.2\%$ である。定ひずみ速度圧密試験での圧密降伏挙動はこれら履歴変数の値を反映したのとなっており，現実の過圧密粘土の圧密降伏挙動とよく対応している。粘土の圧密降伏挙動は圧密履歴に依存するものであり，単純にひずみ速度の影響だけでは説明できない。

### ③粘土の圧密膨潤試験

図-6(a)は安原らによる一次元圧密膨潤試験結果をFSHVモデルで解析した結果である。実験は，層厚が2cmの粘土（上下面排水，履歴変数 $h_0=0.02$ ）に $0.5\text{kgf/cm}^2$ の圧密荷重を載荷し，4～1440分間圧密した後， $0.33\text{kgf/cm}^2$ の荷重を除荷して約1週間膨潤させたものである。図-6(b)は除荷後のひずみの経時変化を除荷開始時点を経時の原点として示したものである。図から明らかなように，解析結果はおおむね実験結果の傾向を表現している。FSHVモデルでは弾性ひずみと粘塑性ひずみがつねに存在するとしているので，除荷によって応力が減少した後に発生するクリープ沈下も現実的に解析することができる。

### 4. まとめ

流動曲面履歴変数モデル(FSHVモデル)による一次元圧密解析を行い，モデルの適用性ととも粘土の圧密挙動における履歴の影響について検討した。一次元圧密における時間-負荷履歴の影響はかなり大きく，今後の実験的・解析的研究において十分考慮することが必要である。

