

III-151 弾粘塑性モデルの時間依存特性

大阪大学工学部 正会員 松井 保
 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 林 健二
 大阪大学大学院 学生会員 ○中野 雅文

1. まえがき

本報告では、提案している弾粘塑性モデルによる正規圧密粘土の時間依存性挙動を示して、モデルの時間依存特性を定性的、かつ総括的に検討している。

2. 弾粘塑性モデル

ここで用いている弾粘塑性モデルの流動曲面は次式で与えられる。

$$f = \mu \ln \left[\frac{1}{\delta} \left\{ \left[1 - \exp \left(- \frac{\delta}{\mu} \frac{v}{v_r} t \right) \right] \exp \left(- \frac{v^p}{\mu} \right) + \delta \exp \left(- \frac{\delta}{\mu} \frac{v}{v_r} t \right) \right\} \right] - v^p = 0$$

基準状態における正規圧密粘土の挙動は、等方圧密粘土については original Cam-clay によって、Ko 圧密粘土については Matsui・Abe によるモデル〔1〕によって記述されるものとしている。流動曲面モデルについての詳細は文献〔2〕を参照されたい。

3. 弾粘塑性モデルの時間依存性挙動

弾粘塑性モデルの時間依存性挙動として、三軸非排水状態における定ひずみ速度せん断、クリープ、応力緩和および二次圧密についての数値計算結果が示されている。これらは表-1に示す正規圧密粘土に関するものである。

定ひずみ速度せん断

図-1(a), (b) は軸差応力～軸ひずみの関係および有効応力経路を示したものであるが、これらはこれまでに示されている実験結果の傾向と一致している。図-1(c) は、非排水強度のひずみ速度依存性を示したものであり、非排水強度は図示の範囲では軸ひずみ速度の対数に対してほぼ直線的に変化し、軸ひずみ速度が10倍になると5～7%増加する。この値も一般的傾向に一致している。軸ひずみ速度をさらに小さくしてゆくと、非排水強度が一定値に漸近してゆくことが判っている。非排水強度のひずみ速度依存性に関する計算結果と実験結果の比較については文献〔3〕を参照されたい。

クリープ

非排水平衡状態曲面の存在はこの弾粘塑性モデルを特徴のあるものになっている。非排水クリープにおいては、これによって上限降伏値を容易に決定することができる。このことは、このモデルでは加速クリープ過程と停止クリープ過程を共に表現することができることと同義である。この計算例では上限降伏値は1.0 kgf/cm²であり、図-2(a)に示されるクリープひずみ速度の経時挙動から明らかなように、モデルは加速クリープ過程と停止クリープ過程を明確に表現している。そして、これらはこれまでに実施された多くの非排水クリープ試験の傾向と一致している。例えば、図-2(a)の図中の矢印は最小クリープひずみ速度の点を示しているが、これらを連ねた最小クリープひずみ速度線が直線となること、停止クリープ過程ではひずみ速度がこの線に平行に減少していくこと、最小クリープひずみ速度状態が発生すれば必ずクリープ破壊が生じることなどは Finn・Snead〔4〕、Vaid・Campanella〔5〕によって実験的に確認されている。図-2(b)は有効応力経路を示したものである。上限降伏値以下のクリープ応力下では、応力点は original Cam-clay モデルの状態境界曲面(図中の破線)の内部に入り、非排水平衡状態曲面上に至る。非排水クリープにおいて、有効応力点が状態境界曲面の内部に入るとは実験的にも確認された事実である〔6〕。なお、図中の白丸は最小クリープひずみ速度の生じる応力点を示している。本モデルの非排水クリープ特性についての詳細は文献〔7〕、〔8〕を参照されたい。

応力緩和

図-3(a)は軸差応力の経時変化を示したものであるが、応力緩和過程においては軸差応力は経過時間の対数に対して直線的に減少し、最終的に一定値となる。この特性は多くの応力緩和試験において認められている。特に、軸差応力が最終的に一定値を示す

ことは, Murayama・Shibata〔9〕の実験結果に認められる。図-3(b)は有効応力経路を示したものであるが, 有効応力経路が状態境界曲面の内部に入り, 非排水平衡状態曲面上に到って, 応力緩和が終了することが判る。図-3(c)は応力緩和開始後の間隙水圧の経時変化を示したものである。初期軸ひずみが小さい場合, 間隙水圧が増加している。そして, 増加量は初期軸ひずみが小さい程大きくなっている。しかし, これまで応力緩和過程では間隙水圧はほとんど変化しないとされており, これを裏付ける実験結果が多いようである。図-3(c)の破線は初期軸ひずみが零の場合の間隙水圧の経時挙動であるが, 間隙水圧は増加している。これは, いわゆる“isotropic stress relaxation”であり, 実験的にも確認されている〔6〕。したがって, 低初期軸ひずみレベルの応力緩和時に間隙水圧が増加する可能性はあると思われる。

二次圧密

図-4は K_0 圧密における鉛直ひずみ～時間関係を示したものであるが, $\delta \neq 0$ の場合, 非排水クリープにおいて上限降伏値を有するような正規圧密粘土の二次圧密沈下は一定値に漸近し, やがて止まることになる。

参考文献

- 〔1〕 Matsui・Abe:S and F, Vol.21, No.1, 1981
- 〔2〕 Matsui・Abe:5th ICONMIG, Vol.1, 1985
- 〔3〕 松井・阿部・林・中野:第41回土木講演会
- 〔4〕 Finn・Snead:8th ICSMFE, Vol.1.1, 1973
- 〔5〕 Vaid・Campanella:J.GT Div., ASCE, No. GT7
- 〔6〕 Arulanandan・Shen・Young:Geotech., Vol.21
- 〔7〕 松井・阿部・林:第40回土木講演会, 1985
- 〔8〕 松井・阿部・林:第40回土木講演会, 1985
- 〔9〕 Murayama・Shibata:Proc. IUTAM Sympo.1964

表-1

λ	κ	M	e_0	μ	δ	$\dot{\gamma}_r$	p_0
0.3	0.03	1.485	1.725	0.003	0.001	3.0×10^{-6} (1/min)(kgf/cm ²)	2.0

