

Ⅲ - A208

弾・粘塑性変形予測解析における基準時間の影響

矢作建設工業 正会員 加藤 元基
ハザマ 正会員 佐藤 雪
金沢大学工学部 正会員 飯塚 敦
金沢大学工学部 正会員 太田 秀樹

1. はじめに

関口・太田による弾・粘塑性構成モデルを取り上げる。このモデルでは粘塑性の時間依存性挙動を表現するために、基準となる時間（基準時間 t_0 、または初期体積ひずみ速度 v_0 ）を定めなければならない（例えば、飯塚、1997）。この基準時間は、基準応力 p_0' 、基準間隙比 e_0 、そして静止土圧係数 K_0 と対応していなければならない。本報では、過去に行われた弾・粘塑性有限要素解析事例を取り上げ、基準時間、基準応力、基準間隙比に注意を払って入力パラメータの再検討を行っている。

2. 基準時間

関口・太田による弾・粘塑性構成モデルでは、粘塑性部分、すなわち二次圧縮過程の体積ひずみは次のように定義されている。

二次圧縮過程において；

$$dv = d(\alpha \ln t) = \alpha \frac{dt}{t}$$

$$v(visco) = \int_{t_0}^t \alpha \frac{dt}{t} = \alpha \ln \left(\frac{t}{t_0} \right)$$

ここで、 $v(visco)$ は粘性部分の体積ひずみ、 α は二次圧縮係数、 t は時間、 t_0 は基準時間である。上式より基準時間が、積分区間における初期値を与えていることがわかる。一般応力変形過程においては関口・太田により、以下の式が誘導されている。

$$\text{流動曲面： } F = \alpha \ln \left\{ 1 + \frac{t}{t_0} \exp \left(\frac{f}{\alpha} \right) \right\} - v^* = 0$$

$$\text{スカラー関数： } f = MD \ln \frac{p'}{p_0'} + D\eta^*$$

$$\text{流れ則： } \dot{\epsilon}_{ij}^p = h \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}'}$$

$$\text{弾・粘塑性仮定： } \dot{\epsilon}_{ij} = \dot{\epsilon}_{ij}^e + \dot{\epsilon}_{ij}^p$$

基準時間は流動曲面の式中に時間依存性の発現、つまり粘塑性挙動を規定するパラメータである。従来、この基準時間 t_0 は一次圧密終了時間として求められてきた。しかしながら、この構成モデルが要求している基準時間が一次圧密終了時間でなければならない根拠はない。図-1 に標準圧密試験を想定した圧密曲線を示す。図中において I の状態にある粘土に $\Delta p'$ の載荷を行い、ある時間 t_0 だけその挙動を見守ったとする。構成モデルが示す挙動は I B P の経路となる。しかし、実際は間隙水圧の消散を伴うので I A C P の経路と

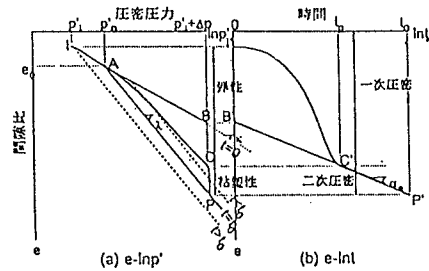


図-1 圧密曲線

なる。構成モデルが示す経路のうち I B の経路は時間に依存しない弾性挙動を示す経路であり、勾配 κ の直線となる。B P の経路は時間とともに進行する変形を示しており、P 点は時間 t によって無数に描かれる勾配 λ の時間線のうち載荷時間 t_0 に対応する線上の点となる。この載荷時間に対応する時間線と圧密曲線のもう 1 つの交点である A 点は先行時の状態を示しており、 p_0' は先行圧密圧力、 e_0 は先行時の間隙比を示している。先に述べたように、数学的には基準時間の取り方は任意であるので、図-1 は基準時間と圧密時間を一致させて描いている。しかし、この基準時間に対応して先行圧密圧力、先行時の間隙比、及び先行時の静止土圧係数が決定されなければならない。通常、解析に用いる先行圧密圧力は載荷ステップが 1 日の標準圧密試験から求められていることが多い。上述の対応関係を満足するように基準時間を定めるならば、基準時間として、圧密試験における載荷時間を採用すべきである。ここで、先行時の静止土圧係数の決定が問題として残る。佐藤ら（1997）によると、関口・太田による構成モデルの場合、二次圧密中の K_0 値の増加はそれほど顕著ではないので、基準時間の違いがもたらす K_0 値の差異にそれほど神経質になる必要はなさそうである。

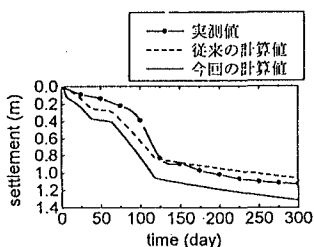
3. 解析結果

過去に解析が行われている事例について基準時間の決定を中心に、入力パラメータの見直しを行い、改めて変形解析をやり直してみた。用いたプログラムは関口・太田の弾・粘塑性構成モデルを組み込んだ土/水連成有限要素プログラムの DACSAR（飯塚・太田、1987）である。まず神田試験盛土を取り上げる（飯塚・

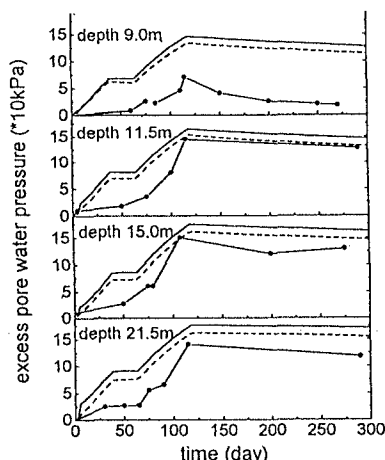
太田，1987）。表—1に見直された入力パラメータの一覧を示す。過去の解析との違いは基準時間の決定のみである。先行圧密圧力が得られている標準圧密試験の載荷時間を基準時間として選んだ。従って，初期体積ひずみ速度の値が過去のものとは異なっている。図—2に盛土中央地点地表面の沈下を示す。初期体積ひずみ速度の推定値が大きくなってしまう分だけ，変形が促進される結果となっている。図—3は間隙水圧の経時変化である。表—2には，江別試験盛土事例での見直された入力パラメータの一覧が示されている（飯塚，1988）。先の例と同様に，基準時間が入力値として用いられている先行圧密圧力に対応するように改められている。その結果，初期体積ひずみ速度の推定値が過去と異なった値となっている。図—4に沈下の時間変化が示されている。以上いずれの事例でも，基準時間を見直すことによって沈下がより大きく表れた。しかし，実測変形に対して高々20%程度の差で収まっている。

表—1 見直されたパラメータ（神田試験盛土）

	初期体積ひずみ速度 v_0
	従来 $t_0=t_{90}$ 今回 $t_0=1$
1	1.35E-04 6.72E-03
2	1.35E-04 7.20E-03
3	7.93E-05 7.44E-03
4	8.78E-04 7.32E-03
5	1.12E-04 7.00E-03
6	3.86E-04 2.88E-03



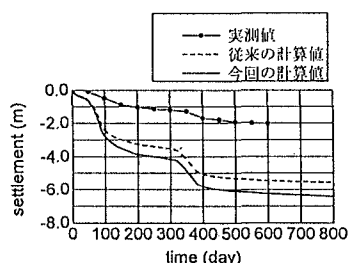
図—2 盛土中央地表面の沈下（神田試験盛土）



図—3 盛土中央下の間隙水圧変化（神田試験盛土）

表—2 見直されたパラメータ（江別試験盛土）

	初期体積ひずみ速度 v_0
	従来 $t_0=t_{90}$ 今回 $t_0=1$
1	1.53E-12 2.60E-02
2	3.36E-04 4.45E-03
3	3.36E-04 4.45E-03
4	6.82E-05 7.61E-03
5	3.36E-04 4.45E-03
6	1.00E-02 1.00E-02
7	3.36E-04 4.45E-03
8	1.00E-02 1.00E-02
9	3.75E-04 3.73E-03
10	1.00E-02 1.00E-02
11	3.75E-04 3.73E-03
12	3.26E-04 4.58E-03
13	2.38E-04 5.61E-03
14	1.00E-02 1.00E-02
15	2.88E-04 5.07E-03
16	3.26E-03 4.58E-03
17	3.75E-04 3.73E-03



図—4 盛土中央地表面の沈下（江別試験盛土）

4. 結論

本研究は，関口・太田による弾・粘塑性構成モデルにおける粘塑性挙動を規定するパラメータの1つである基準時間の決定が過去の解析結果にどのような影響を与えるか調べた。以下に今回の研究で得られた結果を示す。

- ・基準時間として圧密試験時の載荷時間を採用することで理論的な整合性を得られる。
- ・基準時間を1日として実地盤の解析を行った結果を，従来の決定法による結果と比較すると，沈下量が大きく予測される結果となった。

理論的な整合性を求めたところ，解析値はかえって実測値と離れる結果となった。基準時間の決定以外に何か課題が隠されているようである。オーバーオールに地盤の挙動を説明できる入力パラメータの組を見出すことを目的に今後とも検討を行っていく予定である。

参考文献

- 飯塚 敦（1997）：沈下予測解析における基準と初期条件の重要性，土と基礎，Vol.45 No.2 Ser.No.469，地盤工学会誌
- 飯塚 敦（1988）：軟弱地盤上の盛土の変形・安定解析に関する基礎的研究，京都大学博士論文