

## Ⅲ - A176

## 流動曲面履歴変数モデルによるプレロード改良地盤の長期沈下解析

大阪大学工学部 正会員 阿部 信 晴

大阪府土木部 正会員 隅 水 友 顕

大阪大学工学部 学生会員 富 江 洋

## 1. まえがき

軟弱地盤改良工法の一つとしてプレローディング工法が広く用いられているが、プレロード撤去後の長期沈下（クリープ沈下）を考慮した設計法は未だ確立されておらず、実際にプレロード改良地盤において長期にわたって地盤沈下が生じ、上部構造物に機能損傷等が発生した事例は少なくない。地盤の除荷時挙動は、変形を一次元に限定しても、粘土の除荷時のクリープ特性（二次圧密）、応力履歴、間隙水の応答などが複雑に関係する現象である。本報告では粘土の除荷時の時間依存性挙動を表現しうる流動曲面履歴変数モデルを用いてプレロード改良地盤の長期沈下解析を行い、その膨潤圧密挙動について検討している。

## 2. プレロード改良地盤の一次元弾粘塑性圧密解析

## 2.1 プレロード改良地盤のモデル化と解析概要

モデル地盤は層厚 10 m、表面排水、底面非排水であり、地盤内の初期鉛直有効応力、間隙比および透水係数は自重を考慮して深さ方向に直線的に分布するものとしている。事前圧密では載荷重 6.0 tf/m<sup>2</sup> を 10 段階に分けて 1 日で載荷した。そして、平均圧密度 20～90% を確保した後、3.0 tf/m<sup>2</sup> のプレロード荷重を 5 段階に分けて半日で撤去し、その後の膨潤圧密挙動を長期にわたって解析した。

## 2.2 構成モデルと一次元圧密解析法

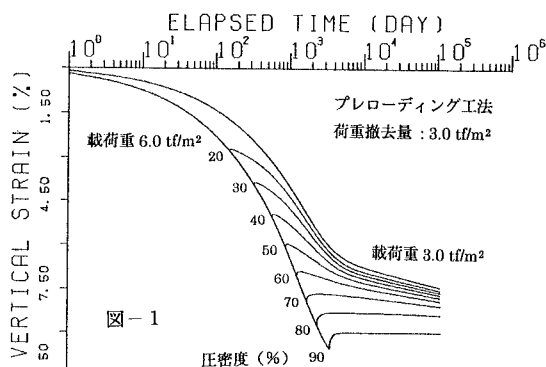
解析に用いた弾粘塑性構成式は流動曲面モデルに履歴変数を導入した流動曲面履歴変数モデル(FSHV モデル)である。このモデルは粘土の過圧密状態（弾性状態）と正規圧密状態（弾粘塑性状態）を区別せずに一貫して弾粘塑性状態にあるとして定式化されており、除荷時の時間依存性挙動を表現することができる。このモデルの一次元圧密膨潤試験への適用性については文献等を参照されたい<sup>1), 2)</sup>。表-1 には粘土の材料定数を示している。解析法として有限要素法を用いており、層厚 10 m のモデル地盤を 50 要素に分割している。

表-1

| Material parameters                  |                                                              |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Compression index                    | $\lambda$ 0.37                                               |
| Swelling index                       | $\kappa$ 0.069                                               |
| Coefficient of secondary compression | $\mu$ $3.0 \times 10^{-3}$                                   |
| Reference strain rate                | $\dot{\epsilon}_v$ (day <sup>-1</sup> ) $3.0 \times 10^{-4}$ |
| History parameter                    | h 0.01                                                       |
| Internal restraint strain rate       | $\delta$ $1.0 \times 10^{-6}$                                |
| Coefficient of permeability          | $k_{vs}$ (m/day) $1.0 \times 10^{-3}$                        |
| Permeability change index            | $C_k$ 0.8                                                    |
| Initial consolidation stress         | $\sigma_{vc}$ (tf/m <sup>2</sup> ) 3.0                       |
| Initial void ratio                   | $e_0$ 2.0                                                    |

## 3. 解析結果

図-1 は各ケースの膨潤沈下曲線を示したものである。圧密度 20～50% のケースでは、除荷時にわずかに膨潤した後、早期に再沈下が発生しており沈下量も大きい。特に、除荷を伴わないケース（載荷重：3.0 tf/m<sup>2</sup>）と同様な二次圧密特性を示している。しかし、圧密度が 60～70% のケースでは正規圧密状態とは異なる二次圧密挙動を示し、圧密度が 80～90% になると除荷時に大きく膨潤するが、以後の沈下はほとんど生じない。この解析例では、プレローディング工法によって二次圧密による残留沈下を無視できる程度に減らすためには除荷時



キーワード：プレローディング工法，流動曲面履歴変数モデル，一次元弾粘塑性圧密解析

連絡先：吹田市山田丘2-1，TEL 06-879-7624, FAX 06-879-7629

の圧密度を90%以上にする必要がある。図-2, 3は圧密度60%と90%のケースについて過剰間隙水圧の経時変化、地盤内分布を示したものである。圧密度60%のケースでは除荷時、地盤下部に過剰間隙水圧の正圧部分が残る、その後いったん地盤全域で正圧になって過剰間隙水圧が消散する。したがって、このようなケースでは膨潤後、一次圧密による沈下が生じ過剰間隙水圧がほぼゼロとなった後に二次圧密による沈下が顕在化する。これに対して、圧密度90%のケースでは除荷によって地盤内部の過剰間隙水圧は全域で負圧となり、負圧のまま消散する。この場合、二次圧密による沈下も発生しない。二次圧密も含めた膨潤後の再沈下挙動は除荷後の過剰間隙水圧分布の推移と密接に関連していることが分かる。図-4, 5は粘性ひずみ（履歴変数）の経時変化、地盤内分布を示したものである。このモデルでは粘性ひずみは粘土の硬化の程度を表しており、粘性ひずみが大きいほど強度のある地盤と考えることができる。圧密度60%のケースでは圧密度90%のケースに比べて除荷後の強度増加が小さく、特に地盤深部での強度増加が小さいことがわかる。除荷時の圧密度はプレロード改良地盤の強度分布に影響する。

#### 4. まとめ

FSHV モデルを用いてプレロード改良地盤の長期沈下解析を行い、その膨潤圧密挙動を検討した。解析結果はこれまでの実験結果や実測挙動の傾向を概ね表現している。今後は膨潤粘土のクリープ特性を把握してプレロード改良地盤の沈下予測に結びつけていきたい。

#### 参考文献

- 1) 第30回土質工学, pp435-436
- 2) 第50回土木年次, III-132

