

弾塑性構成モデルに基づく粘土地盤の簡易変形予測法の提案

長崎大学工学部 学生員 ○野中 祐輔
長崎大学工学部 正 員 棚橋 由彦

1. まえがき

著者らは、異方弾塑性論に立脚した粘性土の時間依存性を考慮した弾塑性構成モデルを提案している¹⁾。本モデルを有限要素法に組み入れて、有明粘土地盤上の盛土築造に伴う沈下の三事例を対象として、種々の既往の事前・事後沈下予測法と比較し、その優位性を確認している²⁾。しかし、FEMは膨大な入力データの準備と計算時間を必要とし、余り実用的とはいえない。

本研究は、実用的観点から、本モデルに基づく二次元的な簡易変形予測法を提案し、新たに、有明粘土地盤(下大町地区)を事例に、簡易予測の結果と動態観測結果およびFEM解析結果を比較し、その適用性を吟味するものである。

2. 構成モデルの概要

本構成式の特徴は、ストレス・ダイレタンシー式(応力比と塑性ひずみ増分比の線形性)と柴田のダイレタンシー式(応力比とダイレタンシーの線形性)を仮定しており、粘性土の二次圧密をはじめ、多くの特性が表現可能な点にある。また、降伏基準は、圧密とせん断別個に設定し、簡単な2つの三軸圧縮試験により、所要全パラメーターが求まる。

3. 簡易変形予測法の概要

本解析では構成モデルに平面ひずみ条件を適用し、次式により鉛直ひずみを算定する。式中A, Bは弾塑性

$$d\varepsilon_z = A \cdot d\sigma_z + B \cdot d\sigma_x \quad (1)$$

性、時間効果、寸法効果各パラメーターと時間tを含む正八面体変形係数($S_{j'}$ または $S_{j''}$, $j=c, d, s$)により式示できる係数である。ここに、上サフィックスvp, eはそれぞれ塑性、弾性を、下サフィックスc, d, sはそれぞれ圧密、ダイレタンシー、せん断項を意味する。また、沈下・隆起量は次式により算定する。

$$S = \sum_{i=1}^n d\varepsilon_{zi} \cdot H_i \quad (2)$$

(H_i : i層の粘土層厚, n : 層数)

式(1)における $d\sigma_z, d\sigma_x$ はブーネスク基本式の台形荷重の積分解により求める。増加鉛直応力 $d\sigma_z$ のみならず、増加側方応力 $d\sigma_x$ も含めた形での二次元的な沈下(隆起)の簡易予測法である。また、応力履歴の考慮は、構成モデルにおける正八面体塑性変形係数 $S_{j'}$ の取捨条件を現在の応力比と過去の最大応力比との大小関係の判定によりなされる。(表-1参照)。ひずみ硬化体の応力空間における降伏条件式は圧密、せん断に対してそれぞれ $\xi \geq \xi_{mi}, \eta \geq \eta_{mi}$ で定義される。圧密、せん断に対する初期降伏曲面は式(3)で、新たな降伏曲面の拡大は式(4)で、それぞれ与えられる。解析対象地区における(B-4地点) σ_{zi}', p_{yz} 、

(σ_{zi}' : 地盤内応力, p_{yz} : 圧密降伏応力)の深度分布(1段目, 2段目施工)を図-1に示す。

$$\begin{cases} \xi_{m0} = (1 + 2K_0)p_{yz}/3p_0 \\ \eta_{m0} = \sqrt{2(1 - K_0)/(1 + 2K_0)} \\ \xi_{mi} = (1 + 2K_0)\sigma_{zi}'/3p_0 \\ \eta_{mi} = q/p' \end{cases} \quad (3)$$

なお、 K_0 は次式を使用した³⁾。

$$K_0 = K_0' (OCR_z)^{0.42} \quad (5)$$

ここに、 p_{yz} : 圧密降伏応力 K_0 : 過圧密粘土の静止土圧係数 OCR_z : 過圧密比(p_{yz}/σ_{zi}') p_0 : 大気圧 K_0' : 正規圧密粘土の静止土圧係数 p' : 平均有効主応力 q : 正八面体せん断応力

表-1 正八面体塑性変形係数の取捨条件

現在の応力比と過去の最大応力比との関係	せん断		S _{j'} の取捨	
	圧密	せん断	S _{c'} , S _{d'} , S _{s'}	S _{c''} , S _{d''} , S _{s''}
$\xi = \xi_m$ and $d\xi > 0$	$\eta < \eta_m$ and $d\eta > 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$
$\xi < \xi_m$ and $d\xi > 0$	$\eta < \eta_m$ or $d\eta < 0$	$\neq 0$	$= 0$	$= 0$
$\xi < \xi_m$ or $d\xi < 0$	$\eta < \eta_m$ and $d\eta > 0$	$\neq 0$	$\neq 0$	$\neq 0$
$\xi < \xi_m$ or $d\xi < 0$	$\eta < \eta_m$ or $d\eta < 0$	$= 0$	$= 0$	$= 0$

4. 解析対象地区の概要

下大町地区の盛土断面図及び主な土質データを図-2に示す。本解析では1段目盛土を5分割、2段目盛土を3分割し、対象地盤の沈下・隆起計算位置を動態観測のための地表変位杭の設置場所に対応させた(図-3中のB-1~B-18)。

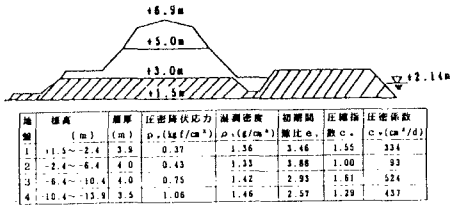


図-2 下大町地区土質データ

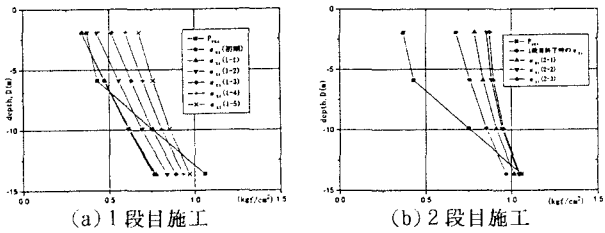


図-1 σ_{zi} , p_{zi} の深度分布図

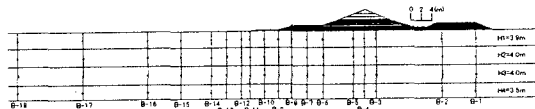


図-3 解析対象地区の分割図

5. 解析結果と考察

簡易変形予測法による盛土中央部の沈下の経時変化を図-4に示す。図-4には実測値、FEMの解も併せ示している。本予測法は、1段目および2段目盛土とも沈下量をやや過小に評価している。この原因として、鉛直、側方、せん断各ひずみ増分の総和がそれぞれ沈下の要因であるが、簡易変形予測法では鉛直ひずみしか考慮していないことが挙げられる。

簡易変形予測法による盛土横断方向の地表面変形予測図を図-5に示す。図-5には、2段目施工168日後(盛土開始から541日経過)の実測値(B-1~B-18地点)も併せ示している。本予測法は、旧堤(施工期間不明)の法尻部分の隆起量を、実測データに比べかなり大きく見積もっている。この原因として、本解析では旧堤を初期応力(旧堤による地盤内増加応力と土被り圧の和)とし、1段目、2段目施工を増加応力として解析しているため、旧堤による圧密現象は考慮していないことが挙げられる。すなわち、実測データは、旧堤による圧密沈下と新堤による隆起量の総和として観測されるが、本解析では、前者が考慮されないためである。簡易変形予測法はFEM解析に比べ盛土中央部の沈下量をやや過小に評価するが、盛土横断方向実測の地表面変形を沈下・隆起も含め、予測し得ているといえよう。

6. あとがき

今後、本予測法を他の事例に適用し、その妥当性を吟味する予定である。

【参考文献】

- (1) Tanabashi Y., Ochiai H., Yasuhara K. and Saitoh Y.: Case Studies on Long-term Settlement of Soft Clay Ground, Proc. 2nd International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, Vol. III, Paper No. 3. 23, St. Louis, USA, pp. 1655-1662 (1988).
- (2) 棚橋由彦・野中祐輔・安原一哉・斎藤芳徳: 有明粘土地盤における過圧密を考慮した沈下予測式の適用性の検討, 第30回土質工学研究発表会発表講演集, 地盤工学会, 金沢, Vol. 2, pp. 1283-1284 (1995).
- (3) 石原研而: '土質力学', 丸善株式会社, pp. 244, 1988.

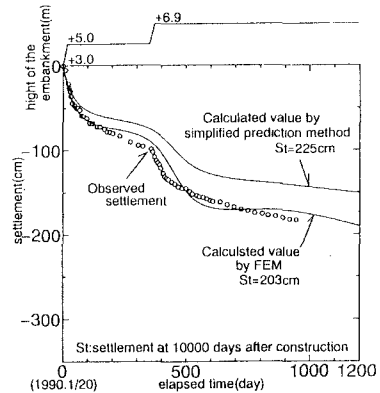


図-4 予測沈下曲線(盛土中央)

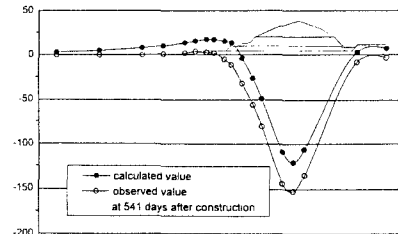


図-5 予測沈下量(断面図)(t=541日)