

盛土基礎軟弱地盤の安定・変形解析

長崎大学工学部

学生員 ○渡辺 弘喜

同 上

本郷 光文

同 上

正 員 棚橋 由彦

1. はじめに

近年、道路工事の大規模化や河川堤防の盛土嵩上げに伴い、軟弱地盤に4m以上の高盛土を築造するケースが増えてきている。このような盛土は盛土築造中にすべり破壊が生じたり、破壊しないまでも長時間にわたり沈下が継続する。従って、安定と変形を統一的に評価できる地盤解析法の確立が望まれている。

著者らも既に、時間依存性を考慮した弾塑性構成モデル¹⁾と、そのモデルを用いたFEMによる沈下予測手法²⁾を提示しているが、既往のモデルは降伏規準として拡張 von Mises 型のそれを採用したため、伸張側での強度を過大に評価する傾向があった。本報告では、その欠点を克服したモデル³⁾により、道路盛土築造に伴う盛土基礎軟弱地盤の経時変形解析を行い、実測値との比較から沈下予測に有用であることを確認したので報告する。また盛土施工過程・盛土高を種々想定したシミュレーション計算により、安定解析としての有用性を検討している。

2. 構成モデル

(1) 旧モデル 本質的には異方弾性理論に立脚する粘土の時間依存性を考慮した弾塑性構成モデルであり、その定式化、パラメーターの決定方法等については既報¹⁾に詳しいので省略し、構成式のみ再掲する。主応力増分軸方向に直交座標1、2、3をとるとモデルは式(1)~(4)で与えられる。

$$\begin{bmatrix} d\epsilon_1 \\ d\epsilon_2 \\ d\epsilon_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{23} \\ C_{31} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{12} & C_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\sigma'_1 \\ d\sigma'_2 \\ d\sigma'_3 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} d\tau_{23} \\ d\tau_{31} \\ d\tau_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2(C_{22}-C_{23}) & 0 & 0 \\ 0 & 2(C_{33}-C_{31}) & 0 \\ 0 & 0 & 2(C_{11}-C_{12}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\tau_{23} \\ d\tau_{31} \\ d\tau_{12} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$C_{11} = \{(Sc+3Ss)+\sqrt{2}Sd\}/9 \quad C_{23} = \{(2Sc-3Ss)-2\sqrt{2}Sd\}/18$$

$$C_{22} = (Sc+3Ss)/9 \quad C_{31} = \{(2Sc-3Ss)+2\sqrt{2}Sd\}/18 \quad (2)$$

$$C_{33} = \{(Sc+3Ss)-\sqrt{2}Sd\}/9 \quad C_{12} = (2Sc-3Ss)/18$$

$$S_e = S_e^e + S_e^{vp} = \frac{1}{1+e} \cdot \frac{1}{p} \left[\kappa + (\lambda - \kappa) \frac{k+a \cdot b}{k+a \cdot b} \frac{(\log t_{fc}/\log 2)}{(\log 1/\log 2)} \right]$$

$$S_d = S_d^e + S_d^{vp} = \frac{1}{1+e} \cdot \frac{1}{p} \left[0 + \mu (t/t_{fd})^{1-m_d} \right] \quad (3)$$

$$S_e = S_e^e + S_e^{vp} = \frac{1}{p} \left[\nu + \frac{1}{1+e} \frac{N_0}{M_0 - \eta} (t/t_{fc})^{1-m_e} \right]$$

$$t_{fc} = (H_e/H^*)^{nc} \cdot t^* \quad p': \text{平均有効主応力}$$

$$t_{fd} = (H_e/H^*)^{nd} \cdot t^* \quad \eta: \text{正八面体応力比}$$

$$t_{fe} = (H_e/H^*)^{ne} \cdot t^* \quad H^*: \text{供試体の有効排水距離}$$

$$(4) \quad H_e: \text{各要素の } "$$

$$t^*: \text{室内試験における一荷重}$$

$$\text{増分あたりの測定時間}$$

表-1 入力物性値

NO.	Z(m)	H(m)	W _a (%)	γ (t/m ³)	e ₀	C _c	C _s	H _e (m)
I	0.0~3.5	3.5	150	0.30	3.9	1.50	0.17	1.75
II	3.5~7.0	3.5	120	0.40	3.1	1.50	0.17	5.25
III	7.0~10.0	3.0	110	0.43	2.8	1.25	0.14	8.50
IV	10.0~13.0	3.0	80	0.50	2.2	1.10	0.12	6.50
V	13.0~18.0	5.0	100	0.45	2.5	1.10	0.12	2.50

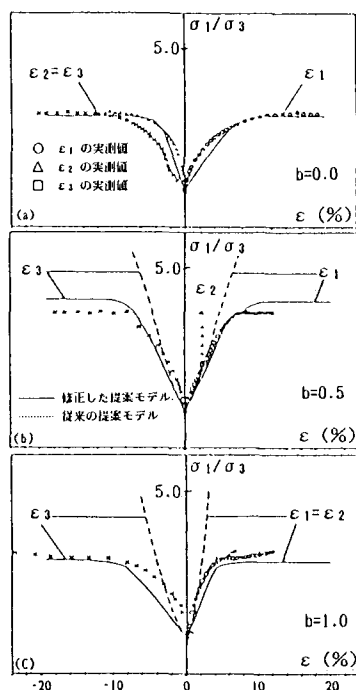


図-1 有効応力比と主ひずみの関係

(2) 修正モデル M_0 を一定とすると、図-1に示すように伸張側 ($b=(\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_2)=0.5\sim 1.0$)で強度を過大に評価するため、 M_0 を**b**値の関数とし、別途行った一連の純粋三軸**b**値一定圧密非排水試験(CIU)結果から、修正モデルでは、式(3)の M_0 の代りに式(5)を用いた。

$$M_0(b)=M_0-\alpha \cdot b \quad (\alpha=0.173) \quad (5)$$

修正モデルによる CIU試験の有効応力比 $\sim$ 主ひずみ関係の計算値は、 $b=0\sim 1.0$ の全域で、強度・変形特性を妥当に評価しているのが認められる。(図-1参照)。

3. 解析事例

(1) 現場の概況 解析対象としたのは、佐賀県鹿島地区の河川堤防であり、盛土基礎は有明粘土地盤である。1960年に第一次盛土(前面に石積工、背面に山土まき出し)、盛土高2mを1年間の緩速施工により築造し、以後11年間放置、1971年に第二次盛土(+2.0mの嵩上げ)を行い、以後、現在に至るまで沈下の計測がなされている。

(2) 解析条件 解析モデル(図-4参照)は有明粘土地盤を5層に分割し、資料に基づき各層毎の物性値を入力している(表-1参照)。また、盛土荷重については、盛土形状・施工過程に基づき、9個の荷重増分でシミュレートした(図-2、図-3参照)。入力パラメーターを一括して表-2に示す。

(3) 解析結果 図-2に1960~1985の盛土中央の時間沈下曲線の計算値を示す。図中には1971年以降の実測値もプロットしている。本解析事例の計算結果は、旧モデル・修正モデルとも、大差なく、安全に盛れた場合は、両モデルとも妥当に実測沈下を評価しており、沈下予測に有用であることが確認された。なお、図-3は、1985年の主応力分布図、図-4は、1985年の変形図である。

4. 安定・変形解析のシミュレーションモデル

修正モデルが、安定解析にも有効であるかを吟味するため、地盤の層別物性値、パラメーターは変えずに、盛土形状を図-5に示すように単純化し(盛土高は6m)、安定に関与する盛土施工過程を次の3ケースとし、シミュレーション計算を行う。

- ケース①. 1m/dのまき出し速度：6日で盛土完了
- ケース②. 10cm/dの " : 60日で "
- ケース③. 3.解析事例の盛土施工過程

ただし、現時点では、安定解析としての有用性を確認するには至っておらず、当日会場で、その可否を報告したい。

謝辞 貴重な資料を提供して戴いた基礎地盤コンサルタント(株) 仙台支社・斎藤芳徳氏と、本研究についてご討議頂いた九大・落合英俊助教授、西工大・安原一哉教授に感謝の意を表します。

参考文献 (1) 棚橋・伊勢田(1982): 第17回土質工学研究発表会概要, pp.421-422. (2) 棚橋・伊勢田(1981): 第36回土木学会年講, pp.154-155. (3) 棚橋・川口他(1987) 昭和61年度土木学会西部支部講演概要, pp.420-421.

表-2 入力パラメーター

弾塑性パラメータ		時間パラメータ		寸法効果パラメータ	
μ	0.298	a	111.3	n_c	2.0
ν	0.011	b	0.614	n_d	2.0
M_0	0.730	k	8.985	n_e	2.0
N_0	0.295	m_d	0.769		
λ	0.477~0.651	m_e	0.792		
κ	0.052~0.074				

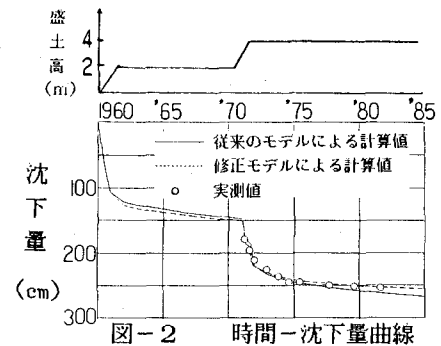


図-2 時間-沈下量曲線

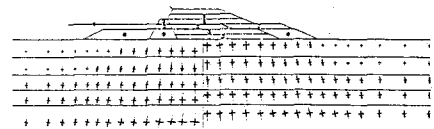


図-3 主応力分布図 (1985.4月)

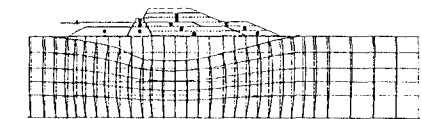


図-4 変形図 (1985.4月) 変形前 (dotted line) 変形後 (solid line)

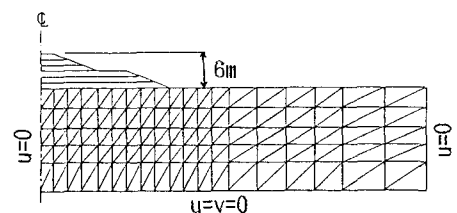


図-5 解析モデル