

マルコフ・モデルの適用、その5 (K。圧縮過程への適用)

鹿児島大学工学部 学生員 新地 正志

鹿児島大学工学部 正 員 北村 良介

1. まえがき

北村らは、マルコフ・モデルと称する力学モデルを提案し、モデルが砂質土のような粒状体の圧縮・せん断挙動を良好に表現できることを明らかにしてきている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。本報告では、豊浦砂を用い、二重セル型三軸室を用いてK。圧縮試験をおこない、この結果をもとに、マルコフ・モデルがK。圧縮過程の変形挙動を良好に表現できることを明らかにしている。

2. K。圧縮試験

図-1は、K。圧縮試験に用いた三軸室を示している。ピストンの径と供仕体の径は等しく、各応力状態で内セルの水位を一定に保つことによって、側方ひずみ増分 $\Delta \epsilon_s = 0$ のK。状態を実現している。試験は直径5cm、高さ11cmの豊浦砂の円柱供試体を用いて行った。

3. K。圧縮過程へのモデルの適用

これまでに、応力比一定過程に対してマルコフ・モデルは適用されており⁵⁾、そのプログラムをK。圧縮過程に対しても適用できるように修正し数値実験を行った。応力比一定モデルでは、応力段階による軸圧の増分 $\Delta \sigma_1$ を定め、これに対する側圧の増分 $\Delta \sigma_3$ を一定にして、この際の変形挙動を求めていた。これに対し、K。圧縮モデルでは応力段階による軸圧の増分 $\Delta \sigma_1$ を定め、側圧増分 $\Delta \sigma_3$ は体積ひずみ増分 $\Delta \epsilon_v$ が0となるように、ニュートン法を用いて何回か決めなおすことによって定めている。これが主な修正点である。図-2は、K。圧縮過程へのマルコフ・モデルの適用手順を示している。

図中の番号②のループでは $\Delta \sigma_1$ を一定にして $\Delta \sigma_3$ を変えるので、 $\Delta \epsilon_s$ は $\Delta \sigma_3$ の関数であるとみなし、 $\Delta \epsilon_s(\Delta \sigma_3)$ と表わす。微小量 h とすると、この関数の微係数は、

$$\Delta \epsilon_s'(\Delta \sigma_3) = \frac{\Delta \epsilon_s(\Delta \sigma_3 + h) - \Delta \epsilon_s(\Delta \sigma_3)}{h} \quad (1)$$

判定定数 ϵ_H として、

$$|\Delta \sigma_{3,n+1} - \Delta \sigma_{3,n}| < \epsilon_H \cdot \max\{1, |\Delta \sigma_{3,n}|\}$$

または、

$$|\Delta \epsilon_s(\Delta \sigma_{3,n})| < \epsilon_H$$

を満たすとき $\Delta \epsilon_s = 0$ がいえるものとし、 $\Delta \epsilon_s = 0$ がいえないときは、あらたに

$$\Delta \sigma_{3,n+1} = \Delta \sigma_{3,n} - \frac{\Delta \epsilon_s(\Delta \sigma_{3,n})}{\Delta \epsilon_s'(\Delta \sigma_{3,n})} \quad (2)$$

を用いて決めなおすものとする。

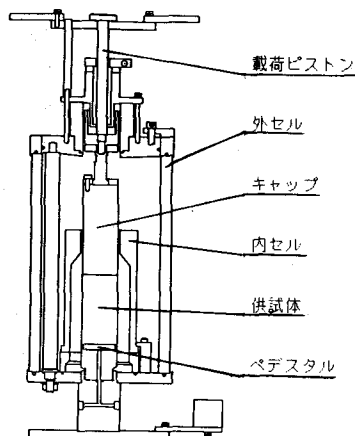


図-1 K。圧縮試験装置

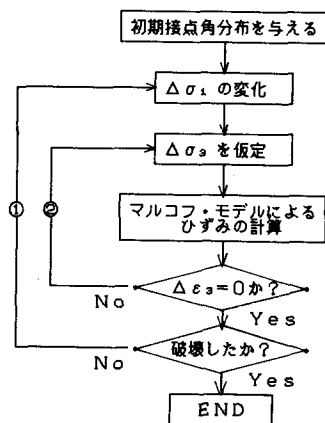


図-2 K。圧縮モデルのフローチャート

4. 数値実験および結果の検討

結果の検討には二次元マルコフ・モデル用の電算プログラム³⁾を用い、豊浦標準砂を用いて行ったK。圧縮試験の結果に適用した。K。圧縮試験の詳しい手順は参考文献5)を参照されたい。数値実験はまず応力比一定過程に対する電算プログラムを用いて、粒子の不連続な運動を評価するパラメータ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ を求め、つぎに、応力比一定過程に対する電算プログラムに前節で述べた修正をほどこしおこなった。各応力段階で、 $\Delta \sigma_1 = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ とし、判定定数 $\epsilon_H = 0.005$ 、微少量 $h = 0.01$ とした。

表-1は、数値実験に用いた具体的なパラメータの値をまとめて示したものである。 e_0 は初期間隙比、 a, d は外作用により豊浦砂になされた仕事量を評価するパラメータ、 C_0 は仕事量のうち可逆な成分を評価するために用いる豊浦砂の膨潤指数、 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ は粒子の不連続な運動を評価するパラメータである。

図-3は、得られた応力 $\sim$ ひずみ関係を示している。図中の●印はK。圧縮試験より得られたもの、○印は数値実験より得られたものである。この図から、マルコフ・モデルが豊浦砂のK。圧縮過程を良好に表現できることがわかる。

図-4は、得られた応力経路を示している。図中の●印はK。圧縮試験より得られたもの、○印は数値実験より得られたものである。この図から、マルコフ・モデルを用いて実測値とほぼ一致するK。値を求めることができることがわかる。

5. あとがき

本報告では、マルコフ・モデルがK。圧縮過程での粒状体の変形挙動を表現できることを明らかにした。また、今後は、応力比一定過程のプログラムをK。過程へ修正した手順と同様の手順を用いて排水プログラムを非排水へと拡張し、考察を加えていきたい。

最後に、日頃からお世話になっている本学の故香山教授、および、三軸実験、図面作製等のお手伝いをいただいた城本技官に謝意を表します。なお、本研究の一部は昭和60年度文部省科研費の補助を受けたことを付記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 北村、川井田、第19回土質工学研究発表会、PP291-294, 1984
- 2) 北村、川井田、第19回土質工学研究発表会、PP295-296, 1984
- 3) 北村、佐藤、川井田、第19回土質工学研究発表会、PP297-300, 1984
- 4) 北村、新地、第20回土質工学研究発表会、PP267-270, 1985
- 5) 北村、香山、新地、昭和60年度土木学会西部支部研究発表会, 1986

表-1 入力パラメータ

初期間隙比	e_0	0.683
仕事量パラメータ	a	0.250
仕事量パラメータ	d	1.540
膨潤指数	C_0	0.041
不連続パラメータ	λ_1	300
不連続パラメータ	λ_2	0
不連続パラメータ	λ_3	500
不連続パラメータ	λ_4	0

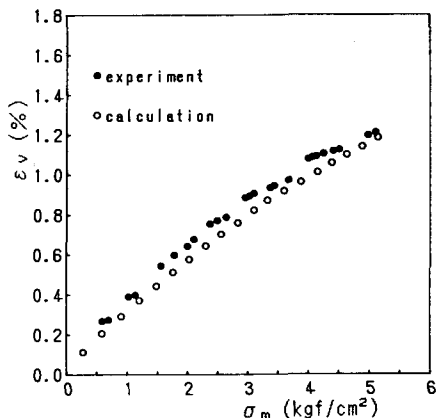


図-3 応力 $\sim$ ひずみ関係

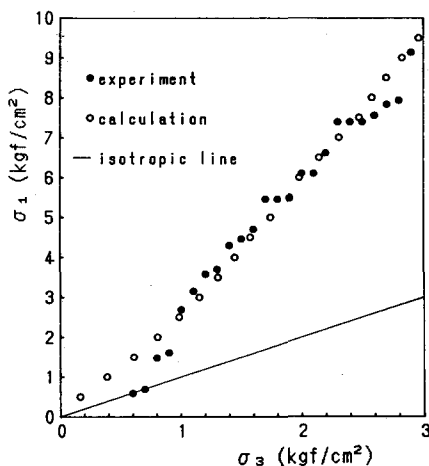


図-4 応力経路