

1. はじめに

一般に自然粘土や岩質材料は変形過程においてひずみ硬化及びひずみ軟化を示すことが知られている。本研究においては、岩質材料を記憶をもつ弾塑性体とみなし、軟岩の構成式を求め、大谷石を用いた排水三軸試験結果を用いてその有効性を調べた。その結果、提案された構成式によって軟岩の軸ひずみおよび体積ひずみを広い範囲の拘束圧のもとで予測することが可能となった。

2. 構成式の誘導

既に記憶を持つ弾塑性体の構成式については報告しているが¹⁾、本研究においては、既に提案されている過圧密粘土の構成式^{2,3)}を記憶を持つ弾塑性体として拡張し、軟岩の示すひずみ軟化現象を説明している。

まず、次式で表される過圧密境界面の内部において材料は過圧密であると仮定する。

$$f_b = \eta^* + M_m^* \ln \{ (\sigma_m' + b) / (\sigma_{mb}' + b) \} = 0 \quad (1)$$

ただし、 η^* は 次のような応力比パラメータである。 $\eta^* = (\eta_{ij}^* \eta_{ij}^*)^{1/2}$ 、 $\eta_{ij}^* = s_{ij} / \sigma_m'$ 、 σ_m' ；平均有効応力、 s_{ij} ；偏差応力テンソル、 σ_{mb}' ；圧密降伏応力。

次に、応力履歴テンソル σ_{ij}^* を単一の核関数を用いて次のように仮定する。

$$\sigma_{ij}^* = \frac{1}{\tau} \int_0^z e^{-(z-z')/\tau} \sigma_{ij}(z') dz' \quad (2)$$

ここで、 σ_{ij} は 応力テンソルである。また、(2) 式中の z は次式で与えられる、ひずみ測度である。

$$dz = (de_{ij} de_{ij})^{1/2} \quad (3)$$

ここで、 de_{ij} は偏差ひずみ増分テンソルである。

(2) 式中の τ はひずみ履歴に対する応力の遅れを示す材料パラメータである。

降伏関数は次式で与えられる。

$$f_y = \hat{\eta}^* - x_s = 0 \quad (4), \quad \hat{\eta}^* = (\hat{\eta}_{ij}^* \hat{\eta}_{ij}^*)^{1/2} \quad (5)$$

$\hat{\eta}_{ij}^*$ は応力比履歴テンソルで $\hat{\eta}_{ij}^* = s_{ij}^* / \sigma_m^*$ である。

さらに、ひずみ硬化、軟化関数として、 x_s と 塑性偏差ひずみテンソルの第二不変量 γ^{P*} とのあいだに単純な双曲型の関係式を用いた。

$$x_s = \frac{M_s^* G' \gamma^{P*}}{M_s^* + G' \gamma^{P*}} \quad (6)$$

塑性ポテンシャル f_p としては、Oka & Washizu²⁾ 及び Adachi & Oka³⁾ に よって用いられたものと同様のものを用いた。

$$f_p = \eta^* + M^* \ln \{ (\sigma_m' + b) / (\sigma_{mb}' + b) \} = 0 \quad (7)$$

$$M^* = - \frac{\eta^*}{\ln \{ (\sigma_m' + b) / (\sigma_{mb}' + b) \}} \quad (8)$$

(1) 式 から (8) 式に弾性ひずみ増分を加えることにより、全ひずみ増分テンソルを得る。

3. 解析結果と実験結果の比較

表一に材料定数を示す。 図一は、応力履歴テンソルの役割を明確にするために、用意された図である。図一で、 q^* は、軸差応力履歴を示すが、ひずみの小さい領域で、下にとつであり、残留強度に近づくにつれ、上にとつの曲線となっているが、これは、内部欠陥の発生機構に対応していると考えられ、興味おかい。また、 $\tau = 0$ の場合は、クラックが、無数に存在する場合に相当している。つまり、この場合は強度が内部摩擦によって、決まっている。従って、 $q - q^*$ は、セメンテーションに、対応している。足立らによ大谷石を用いた排水三軸圧縮試験の結果⁴⁾をシミュレートしたのが、図二から 図三である図より、計算結果は実験値によく対応している。

参考文献 1)岡 二三生,第18回土質工学研究発表会講演集 I, p p. 387-390, 1983. 2)Oka,F. & Washizu,H.,Proc. Int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical earthquake Engng. and Soil Dynamics, St. Louis, Vol.1,pp.71-74, 1981. 3) Adachi, T.& Oka,F.,Results of the Int. workshop on Constitutive Relations for Soils,Grenoble,pp.141-157.,1982.4)Adachi,T., Ogawa,T. and Hayashi,M.,Proc. 10th ICSMFE.,Vol.1,pp.527-530.

Table 1

Test No.	b (kgf/cm ²)	E (kgf/cm ²)	G'	K (kgf/cm ²)	M'	σ'_{vo} (kgf/cm ²)	τ
CD-1	12	13500	1000	3700	1.97	1.0	0.09
CD-20	40	16500	10000	5800	1.26	20.0	0.0025

σ'_{vo} (kgf/cm²) = 150. 0, $e_o = 0.72$

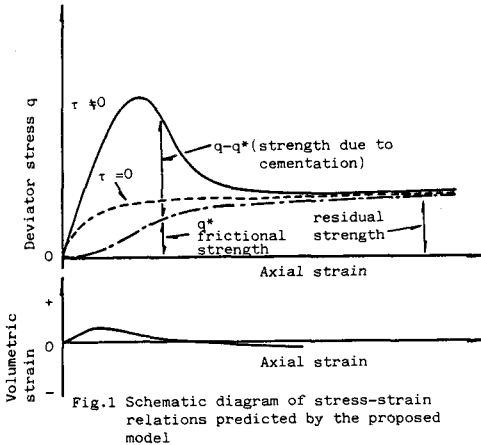


Fig.1 Schematic diagram of stress-strain relations predicted by the proposed model

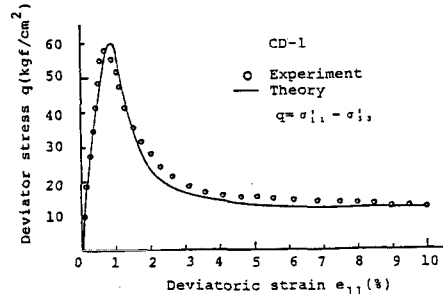


Fig.2(a) Relationship between deviator stress and deviatoric strain

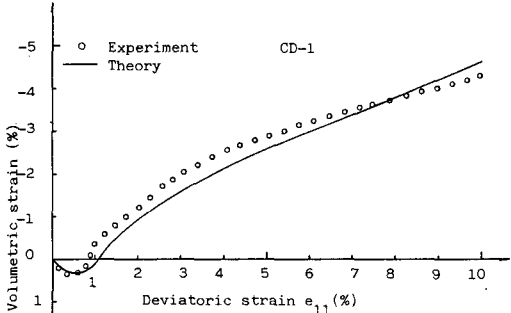


Fig.2(b) Relationship between volumetric strain and deviatoric strain

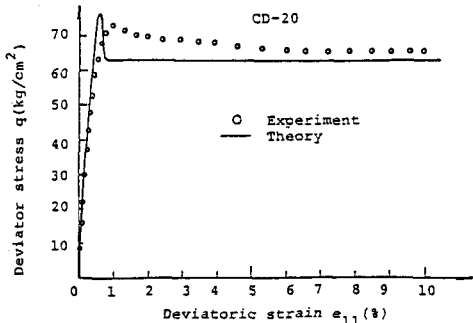


Fig.3(a) Relationship between deviator stress and deviatoric strain

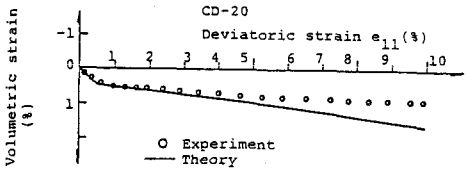


Fig.3(b) Relationship between volumetric strain and deviatoric strain