

京都大学工学部 正会員 足立紀尚
京都大学大学院 学生会員 張 鋒
大林組 正会員 上月健司
京都大学大学院 学生会員 ○古池章紀

1. はじめに

本研究では、足立・岡のひずみ軟化型弾塑性構成式¹⁾の軟岩および砂への適用性を検討し、さらに材料定数のうち応力状態に依存すると考えられるものに対して応力状態との関係を定式化することによって同構成式の適用をより確実なものとする。

2. 適用性の検討

軟岩については上月²⁾による珪藻泥岩の実験結果および足立・小川³⁾による大谷石の実験結果を、砂については岡本⁴⁾による実験結果をそれぞれ用いて同構成式の適用性を検討する。砂については2種類の結果を用いるが、ここでは便宜上これらの砂をそれぞれA砂、C砂とする。また、試験はすべて側圧一定の排水三軸試験である。

同構成式に含まれる材料定数は以下に示す8個である。

G : せん断弾性係数

K : 体積弾性係数

M_f^* , G' : ひずみ硬化-軟化パラメータ

σ_{mb} , b : 塑性ポテンシャルパラメータ

M_m : 過圧密境界面パラメータ

τ : 応力履歴パラメータ

実験結果より若山⁵⁾の用いた方法によって各材料定数を決定する。ただしひずみ硬化-軟化パラメータ G' については、はっきりとした決定方法が確立されていないが本研究においては $G'=G$ として解析を行った。

3. 材料定数の定式化

同構成式に含まれる材料定数のうち、応力状態に依存すると考えられるものとして、ここでは、せん断弾性係数 G 、ポアソン比 ν 、応力履歴パラメータ τ 、ひずみ硬化-軟化パラメータ M_f^* について定式化を行う。

軟岩および砂の G と初期平均主応力 σ_{mi} の関係をFig.1に、 ν と σ_{mi} の関係をFig.2に、 τ と σ_{mi} の関係をFig.3にそれぞれ示す。また、 M_f^* については残留状態における平均主応力 σ_m と $\sqrt{J_2}$ (J_2 は偏差応力の第二不変量: $J_2 = s_{ij}s_{ij}/2$) の関係をFig.4に示す。

せん断弾性係数 G 、ポアソン比 ν 、応力履歴パラメータ τ についてはそれぞれの材料定数と初期平均主応力 σ_{mi} の関係を、ひずみ硬化-軟化パラメータ M_f^* については平均主応力 σ_m との関係をそれぞれ式(1)~式(4)で近似する。

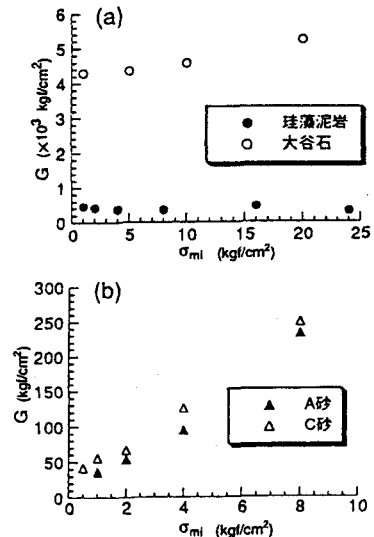


Fig.1 G - σ_{mi} 関係 (a)軟岩 (b)砂

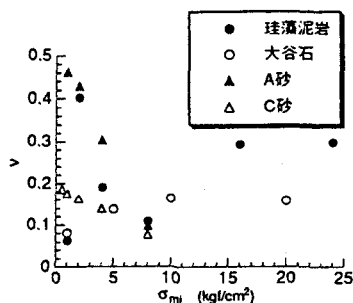


Fig.2 $v-\sigma_m$ 関係

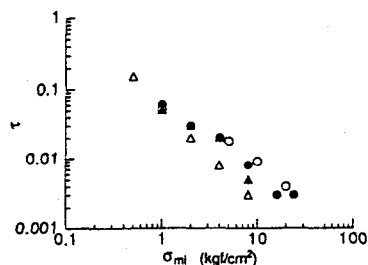


Fig.3 $\tau-\sigma_m$ 関係

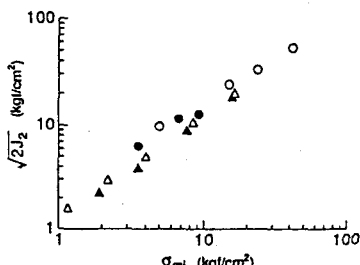


Fig.4 $\sqrt{2J_2}-\sigma_m$ 関係

以下に示す式において σ_{m0} は規準平均主応力であり、 $\sigma_{m0}=1\text{kgf/cm}^2$ とする。また、 α_G や β_G などの材料定数の値をまとめてTable 1に示す。

○せん断弾性係数 G

$$\frac{G}{\sigma_{m0}} = \alpha_G \frac{\sigma_{mi}}{\sigma_{m0}} + \beta_G \quad \dots(1)$$

○ポアソン比 ν

$$\nu = \alpha_\nu \frac{\sigma_{mi}}{\sigma_{m0}} + \beta_\nu \quad \dots(2)$$

○応力履歴パラメータ τ

$$\tau = \alpha_\tau \left(\frac{\sigma_{mi}}{\sigma_{m0}} \right)^{\beta_\tau} \quad \dots(3)$$

○ひずみ硬化-軟化パラメータ M_f^*

$$M_f^* = \alpha_R \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_{m0}} \right)^{\beta_R - 1} \quad \dots(4)$$

Table 1 定式化に用いた材料定数

		軟岩		砂	
		珪藻泥岩	大谷石	A砂	C砂
G	α_G	0	52.3	27.5	27.9
	β_G	388.0	4147	3.1	21.2
ν	α_ν	0	0	-0.050	-0.014
	β_ν	0.226	0.135	0.506	0.192
τ	α_τ	0.068	0.057	0.049	0.047
	β_τ	-1.10	-0.84	-0.66	-1.39
M_f^*	α_R	2.97	2.74	1.24	1.40
	β_R	0.656	0.798	1.000	0.972

4. おわりに

本研究では足立・岡のひずみ軟化型弾塑性構成式に含まれる材料定数のうち応力状態に依存すると考えられるものについて定式化を行った。これらの式を用いることによって、初期平均主応力 σ_{m0} が与えられると G 、 ν 、 τ および M_f^* が自動的に求まり、構成式が一般化される。また、同構成式の各種地盤材料への適用をさらに確実なものにするために、より多くの材料に対する実験結果を用いた検討が必要である。

参考文献

- 1) 足立紀尚・岡二三生：軟岩のひずみ軟化型弾塑性構成式，土木学会論文報告集，第445号，pp. 9-16，1992.
- 2) 上月健司：損傷を考慮したひずみ軟化型弾塑性構成式に関する研究，京都大学工学部修士論文，1994.
- 3) 足立紀尚・小川豊和：堆積軟岩の力学特性と破壊規準，土木学会論文報告集，第295号，pp. 51-63，1980.
- 4) 岡本敏郎：堆積軟岩の変形・強度特性とその時間依存性，東北大学工学部博士論文，1990.
- 5) 若山祐介：ひずみ軟化型弾塑性構成式の材料定数について，平成3年度関西支部年次学術講演概要，III-25，1991.