

名古屋工業大学大学院 学生員 〇石 崎 仁

名古屋工業大学 正 員 松 岡 元

名古屋工業大学 正 員 中 井 照 夫

堆積過程などに生じた異方的な構造を有する土の応力・ヒズミ関係を、複合滑動面¹⁾(Compounded Mobilized Planes, 略称CMP)の概念に基づいて表現することを試みる。

1. CMPに基づいた応力・ヒズミ関係式

2次元のダイレイタンシー機構の微視的な解析より、滑動面(せん断・有効垂直応力比最大の面)上の応力比とせん断ヒズミ、垂直ヒズミに着目すれば、ユニークな応力・ヒズミ関係式が得られる。相異なる3主応力下では、3主応力軸内に2次元の土粒子の滑動面(スベリ面)を3個想定し(複合滑動面 Fig.1 参照),この各滑動面上で生じるヒズミの重ね合せが成立して、かつ主応力と主ヒズミ増分の方向が一致すると仮定すれば、次のような主応力と主ヒズミ増分関係式を得る。²⁾さらに、これらの各式を積分すれば主応力・主ヒズミ関係式が求まる。(i, j=1, 2, 3, i≠j)

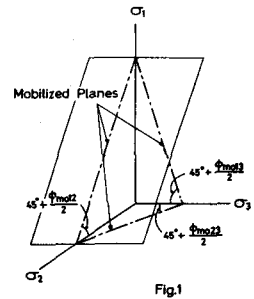


Fig.1

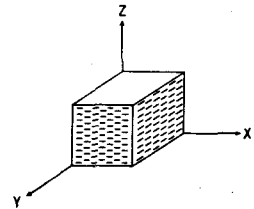


Fig.2

$$d\epsilon_1 = f'(\sigma_1/\sigma_2) + f'(\sigma_1/\sigma_3) \dots (1) \quad d\epsilon_2 = g'(\sigma_1/\sigma_2) + f'(\sigma_2/\sigma_3) \dots (2)$$

$$d\epsilon_3 = g'(\sigma_1/\sigma_3) + g'(\sigma_2/\sigma_3) \dots (3) \quad X_{ij} = \frac{1}{2}(\sqrt{\sigma_i/\sigma_j} - \sqrt{\sigma_j/\sigma_i}) \dots (4)$$

$$f'(\sigma_i/\sigma_j) = \frac{\gamma_{oij}}{\mu' - \mu} \left(\frac{\mu - X_{ij}}{\lambda} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma_i}{\sigma_j}} \right) \exp\left(\frac{X_{ij} - \mu}{\mu' - \mu}\right) dX_{ij} \dots (5)$$

$$g'(\sigma_i/\sigma_j) = \frac{\gamma_{oij}}{\mu' - \mu} \left(\frac{\mu - X_{ij}}{\lambda} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma_i}{\sigma_j}} \right) \exp\left(\frac{X_{ij} - \mu}{\mu' - \mu}\right) dX_{ij} \dots (6)$$

ここで、λ, μ, μ'は通常の粒子構造のもとでは、試料が決まればほぼ一定とみなせるパラメータである。また、γ_{oij}は初期構造や拘束応力等によって変化する係数であり、土の粒子構造を表現するパラメータと考えられる。

2. 構造の異方性を考慮した土の応力・ヒズミ関係

ここでは、土質パラメータλ, μ, μ', γ_{oij}のうち、γ_{oij}だけを堆積面と滑動面のなす角度[(45° + φ_m/2) or (45° - φ_m/2)]によってそれぞれ[γ_{ov} or γ_{oh}]と変化させることにより、構造の異方性を表現することを試みる。

一般に、γ_{oh} > γ_{ov}であることが実験的に検証されている。なお、Fig.2に示すように土がZ方向に堆積した場合には、XY平面では等方的な構造を持っていると考えられるので、γ_{oxy}は常にγ_{oi}(γ_{oh} > γ_{oi} > γ_{ov})とする。また、γ_{oxz}, γ_{oyz}については、上の定義によりγ_{oxz} = γ_{ov}(σ_z > σ_x), γ_{oxz} = γ_{oh}(σ_z < σ_x), γ_{oyz} = γ_{ov}(σ_z > σ_y), γ_{oyz} = γ_{oh}(σ_z < σ_y)とする。以上の応力状態とγ_{oij}の関係、および計算に用いた土質パラメータの値を、それぞれTable 1, 2にまとめて示す。なお、これらの土質パラメータを決定するには、異方性試料の三軸圧縮および伸張試験と等方性試料の三軸圧縮試験(三軸伸張試験でもよい)を行なう必要がある。ただし、(γ_{oh} + γ_{ov})/2 ÷ γ_{oi}などの便法を

Table 1

	σ _{oxy}	σ _{oxz}	σ _{oyz}
σ _z > σ _y > σ _x	σ _{oi}	σ _{ov}	σ _{ov}
σ _y > σ _z > σ _x	σ _{oi}	σ _{ov}	σ _{oh}
σ _y > σ _x > σ _z	σ _{oi}	σ _{oh}	σ _{oh}

Table 2

λ	1.5	σ _{oh}	0.25 %
μ	0.25	σ _{oi}	0.20 %
μ'	0.45	σ _{ov}	0.15 %

用いられ、等方性試料の三軸試験は行なわなくてよい。

Figs. 3, 5, 7, 9, 11 は、山田³⁾による構造異方性を有する砂の実験結果を、Figs. 4, 6, 8, 10, 12 は、それらに対応する本提案法による計算結果 (Table 2 のパラメータを用いた) を示している。Figs. 3~6 より、三軸圧縮 ($\sigma_y > \sigma_z = \sigma_x$) や三軸伸張 ($\sigma_z = \sigma_y > \sigma_x$) 条件において、等しい 2 主応力方向の実験主ビズミが等しくならないのがみられるが、計算値はこれらの傾向をよく説明しているようである。また、Figs. 7~12 より体積ビズミの実験値は、中間主応力係数 $b = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ が同じであっても、 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ の大小関係によって異なっているが、計算値はこれらの傾向もよく表現しているのがみられる。

参考文献

- 1) Matsuoka, H. (1974): Soils and Foundations, Vol. 14, No. 2
- 2) Matsuoka, H. (1976): Soils and Foundations, Vol. 16, No. 4
- 3) Yamada, Y. (1978): Proc. of U.S.-JAPAN Seminar on Mechanics of Granular Materials / SENDAI JAPAN

