

PSIII-5 一般座標表示の土の構成式とその広範な適用性

名古屋工業大学
名古屋港管理組合
名古屋工業大学

正員 ○ 松岡 元
正員 鈴木 康之
学生員 村田 卓則

提案している一般座標で直接表示された土の構成式^{1), 2)}によれば、砂・粘土を問わず、正八面体面上の回転応力経路、三主応力制御、平面ひずみ、単純せん断、主応力方向回転、ひずみの“一般”応力経路依存性など、多種多様の応力状態の下で発生するひずみを統一的に説明できることを述べる。特に、通常の塑性論に基づく構成式は主応力などの応力の不変量で規定されているので、主応力値を固定して主応力方向のみを回転させる「主応力方向回転試験」によるひずみを評価できないので注意を要する。

1. 主応力回転を評価できる一般座標表示の土の構成式^{1), 2)}

提案モデルは、まず一般面上のせん断・垂直応力比(τ_{xy}/σ_x or τ_{xy}/σ_y)とせん断ひずみ(γ_{xy})の間に双曲線関係を仮定し、この γ_{xy} を応力パラメーター ϕ_{m0} (動員されている内部摩擦角)、 α (主応力方向の回転角)、 σ_m (平均主応力)に関して全微分をとり、主応力方向回転時の σ_1 と $d\epsilon_1$ の方向のズレなどの土の特性を考慮して、①せん断($d\phi_{m0}$)によるせん断ひずみ増分： $d\gamma_{xy}^s$ 、②主応力方向の回転($d\alpha$)によるせん断ひずみ増分： $d\gamma_{xy}^r$ 、③異方圧密($d\sigma_m$)によるせん断ひずみ増分： $d\gamma_{xy}^{ac}$ を求めている。なお、②の $d\gamma_{xy}^r$ においては、 σ_1 と $d\epsilon_1$ の方向に角度 δ のズレが生じることを考慮している。上記の $d\gamma_{xy}^s$ 、 $d\gamma_{xy}^r$ 、 $d\gamma_{xy}^{ac}$ と応力比～ひずみ増分関係(Flow Ruleに対応)を組み合わせたことにより、それぞれの垂直ひずみ増分 $d\epsilon_x$ 、 $d\epsilon_y$ を求める。最後に、④等方圧密($d\sigma_m$)による垂直ひずみ増分： $d\epsilon_x^{ic} = d\epsilon_y^{ic}$ を加える。以上より、 $d\phi_{m0}$ 、 $d\alpha$ 、 $d\sigma_m$ はいずれも一般応力増分($d\sigma_x$ 、 $d\sigma_y$ 、 $d\tau_{xy}$)で式示されるので、次式のような一般応力増分と一般ひずみ増分を直接結び付けた土の構成式の定式化が可能となる。

$$\{d\epsilon_x, d\epsilon_y, d\gamma_{xy}\}^T = [D]^{-1} \cdot \{d\sigma_x, d\sigma_y, d\tau_{xy}\}^T$$

なお、上記の構成式の3次元化には、2次元的な主ひずみ増分の重ね合わせを仮定する「複合滑動面(3個の2次元滑動面の総称)」の考え方をを用いている。

2. 広範な各種試験結果の解析

図-1(a), (b), (c)は、それぞれ豊浦砂を試料として正八面体面上でミーゼス、モール・クーロン、松岡・中井規準に沿って応力状態を回転させた場合の正八面体せん断ひずみ増分 $d\gamma_{oct}$ の実測値と解析値の比較を示したものである。図-2, 3は、それぞれ藤の森粘土($w_L=41\%$, $w_P=23\%$, $G_s=2.67$)を試料とする三主応力制御試験とある応力経路に沿う平面ひずみ試

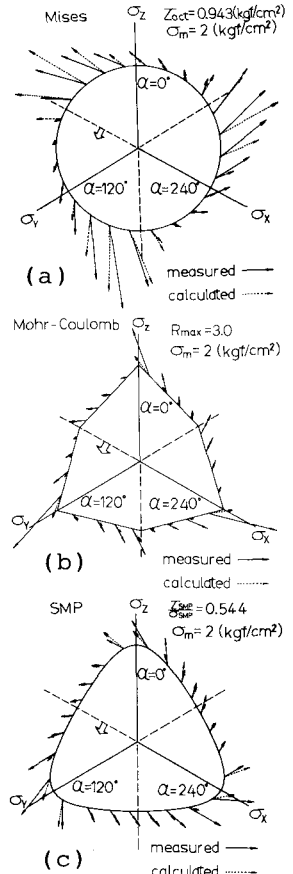


図-1 豊浦砂の正八面体面上の回転経路での $d\gamma_{oct}$

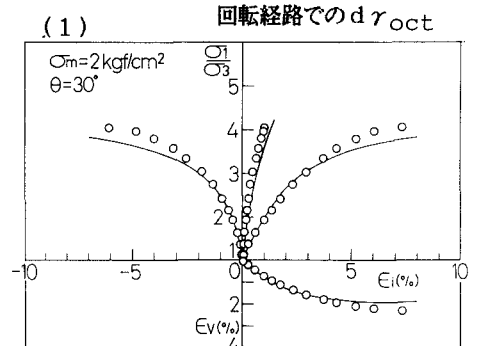


図-2 藤の森粘土の三主応力制御試験結果と解析値

3) 験の結果と解析値を示している。また、図-4は、アルミ棒積層体($\phi 1.6$, 3mm, 混合重量比 3:2)を試料とする単純せん断試験(初期の水平・鉛直応力比 $K_0=0.6$ と 0.9 の2ケース)による主応力方向の回転角 α と応力比 τ_{xy}/σ_x の関係の実測値と解析値を示している。さらに、図-5は、主応力方向回転試験の実測値と解析値の比較を示したものである。最後に、図-7(a), (b), (c)は 図-6に示すモールの応力円表示による点 A_1 から点 B_2 に至る3種の“一般”応力経路試験結果とその解析値を示している。以上の3種の試料による各種試験結果と提案モデルによる解析結果の比較より、本提案モデルは広範な適用性を有することが検証された。

なお、解析に用いたパラメーターは、豊浦砂： $\phi=42^\circ$, $C_c/(1+e_0)=0.9\%$, $C_s/(1+e_0)=0.5\%$, $\lambda=1.1$, $\mu=0.2$, $k_s=0.33\%$, 藤の森粘土： $\phi=35^\circ$, $C_c/(1+e_0)=11.7\%$, $C_s/(1+e_0)=1.6\%$, $\lambda=1.1$, $\mu=0.31$, $k_s=1.7\%$, アルミ棒積層体： $\phi=24^\circ$, $C_c/(1+e_0)=1.2\%$, $C_s/(1+e_0)=0.7\%$, $\lambda=0.8$, $\mu=0.19$, $k_s=0.31\%$, $\delta=30^\circ$ 。

文献

- 1) 松岡・岩田・榊原(1986): Proc. 2nd Int. Symp. on Numerical Models in Geomechanics, Ghent, pp. 67-78.
- 2) 松岡・榊原(1987): S & F, Vol. 27, No. 4 pp. 73-88.
- 3) 都築(1987): 名工大修士論文

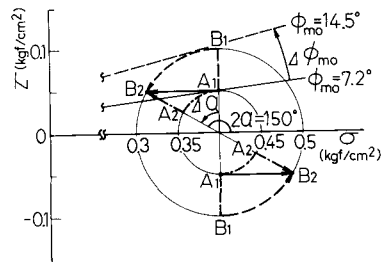


図-6 3種の“一般”応力経路図

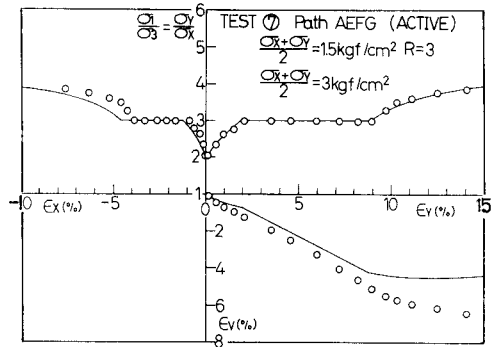


図-3 藤の森粘土の平面ひずみ試験結果と解析値

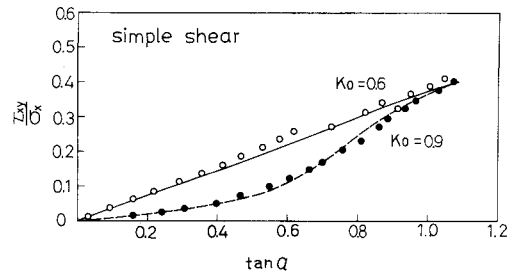


図-4 アルミ棒積層体の単純せん断試験結果と解析値

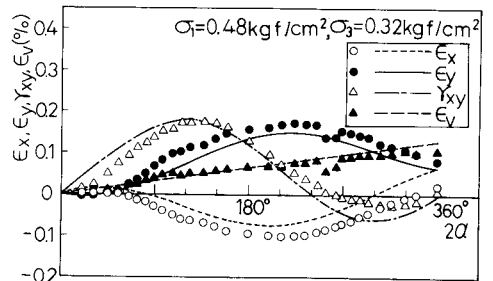


図-5 アルミ棒積層体の主応力方向回転試験結果と解析値

