

セメント混合砂の構成則

名古屋工業大学 松岡 元、○孫 徳安、日沖 美樹也

粒状体のような粒子間にボンドのない摩擦性材料と金属のようなボンドの強固な粘性材料の中間の特性を持つ材料、すなわち粘着成分を有する摩擦性材料(c, ϕ 材料)の相異なる3主応力下の応力～ひずみ関係を統一的に評価するため、「拡張された空間滑動面(Extended SMP)」^{1)・2)}の概念に基づいて各種材料の実験データの整理を試みている。ここでは、(c, ϕ)材料としてセメント混合砂を選んで拡張SMP上で表現すれば、三軸圧縮条件($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$)・三軸伸張条件($\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$)にかかわらず、過圧密粘土の場合³⁾と同様、1本の応力～ひずみ曲線上に整理されることを示す。また、一軸圧縮試験、割裂試験も実施した。

1. 実験方法

実験の用いた砂は豊浦砂で、セメントは普通ポルトランドセメントである。試料の混合重量比は、水:セメント:砂:混和剤(粘土粉末)=4.8:1.0:11.7:1.5、とした。これらの試料をソイルミキサーで十分練り混ぜた後、内径5cm、高さ15cmのアクリル製モールドに1/3ずつ棒で突いて充填した。その後、1～2日間放置した後、供試体を脱型し、ポリエチレン袋に入れ、恒温室(20 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C)内で水分一定下で3ヶ月間養生した。等方圧密後、平均有効主応力 σ_m 一定の排水三軸圧縮試験と三軸伸張試験を実施した。載荷はひずみ制御で行ない、軸ひずみ速度は0.005%/min.である。また、引張強度を求めるために割裂試験を行った。引張強度は $f_t=120$ kPaであった。

2. 拡張SMP上の応力とひずみ

従来のSMPの概念を(c, ϕ)材料にも拡張するために、図-1に示すように τ 軸を σ 。(= $c \cdot \cot \phi$)だけ平行移動した $\hat{\tau} \sim \hat{\sigma}$ 軸で考えれば、従来のSMPと同じ定式化が可能となる。式を列記すれば、

$$\hat{\sigma}_i = \sigma_i + \sigma_0 \quad (i=1, 2, 3) \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \hat{J}_1 &= \hat{\sigma}_1 + \hat{\sigma}_2 + \hat{\sigma}_3 \\ \hat{J}_2 &= \hat{\sigma}_1 \hat{\sigma}_2 + \hat{\sigma}_2 \hat{\sigma}_3 + \hat{\sigma}_3 \hat{\sigma}_1 \\ \hat{J}_3 &= \hat{\sigma}_1 \hat{\sigma}_2 \hat{\sigma}_3 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\hat{a}_i = \sqrt{\frac{\hat{J}_3}{\hat{\sigma}_i \hat{J}_2}} \quad (\text{拡張SMPの方向余弦}) \quad (3)$$

$$\hat{\sigma}_{SMP} = \hat{\sigma}_1 \hat{a}_1^2 + \hat{\sigma}_2 \hat{a}_2^2 + \hat{\sigma}_3 \hat{a}_3^2 \quad (4)$$

$$\hat{\tau}_{SMP} = \sqrt{(\hat{\sigma}_1 - \hat{\sigma}_2)^2 \hat{a}_1^2 \hat{a}_2^2 + (\hat{\sigma}_2 - \hat{\sigma}_3)^2 \hat{a}_2^2 \hat{a}_3^2 + (\hat{\sigma}_3 - \hat{\sigma}_1)^2 \hat{a}_3^2 \hat{a}_1^2} \quad (5)$$

$$d\hat{\epsilon}_{SMP} = d\epsilon_1 \hat{a}_1^2 + d\epsilon_2 \hat{a}_2^2 + d\epsilon_3 \hat{a}_3^2 \quad (6)$$

$$\frac{d\hat{\gamma}_{SMP}}{2} = \sqrt{(d\epsilon_1 - d\epsilon_2)^2 \hat{a}_1^2 \hat{a}_2^2 + (d\epsilon_2 - d\epsilon_3)^2 \hat{a}_2^2 \hat{a}_3^2 + (d\epsilon_3 - d\epsilon_1)^2 \hat{a}_3^2 \hat{a}_1^2} \quad (7)$$

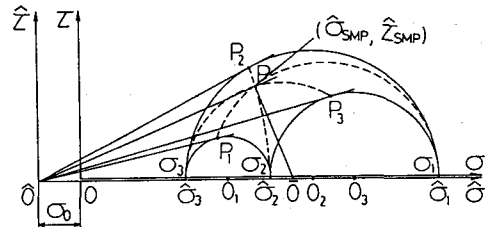


図-1 拡張SMP上の垂直応力
 $\hat{\sigma}_{SMP}$ とせん断応力 $\hat{\tau}_{SMP}$

3. 実験結果の整理

図-2、3は、セメント混合砂の平均有効主応力 $\sigma_m=1000$ kPaと4000kPaの三軸圧縮および三軸伸張試験結果⁴⁾の各種の整理を示したものである。パラメーター σ_0 は破壊時のモールの応力円の包絡線より $\sigma_0=170$ kPaと決定した(図-4参照)。興味深いのは、拡張SMP上の整理((c), (d)図)によれば、三軸圧縮・伸張条件にかかわらず、ほぼ一本の線上に乗ってくることである。これは、砂や正規圧密粘土に対して従来のSMP上で整理した場合に得られた結果と同じである。これより、拡張SMPの概念に基づいてセメント混合砂の構成式をたてることが可能となる。

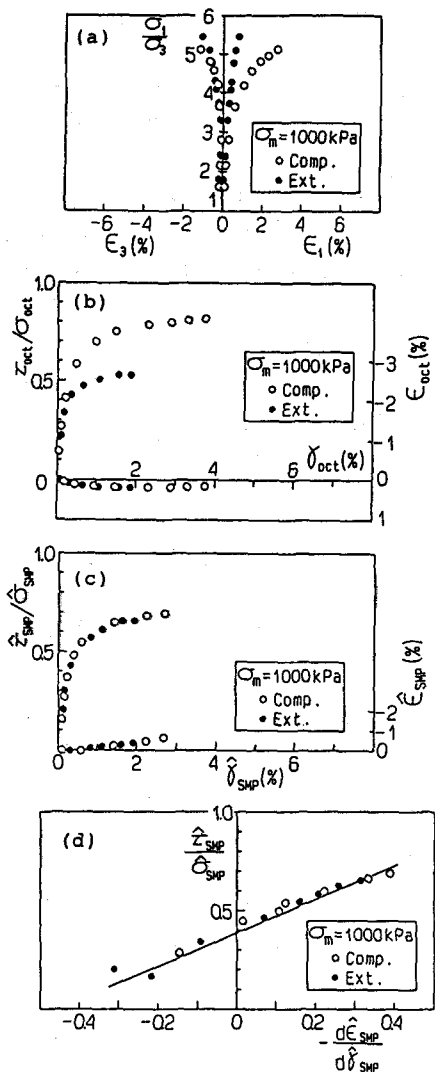


図-2 $\sigma_m=1000\text{kPa}$ の三軸圧縮・伸張条件下のセメント混合砂の各種の整理

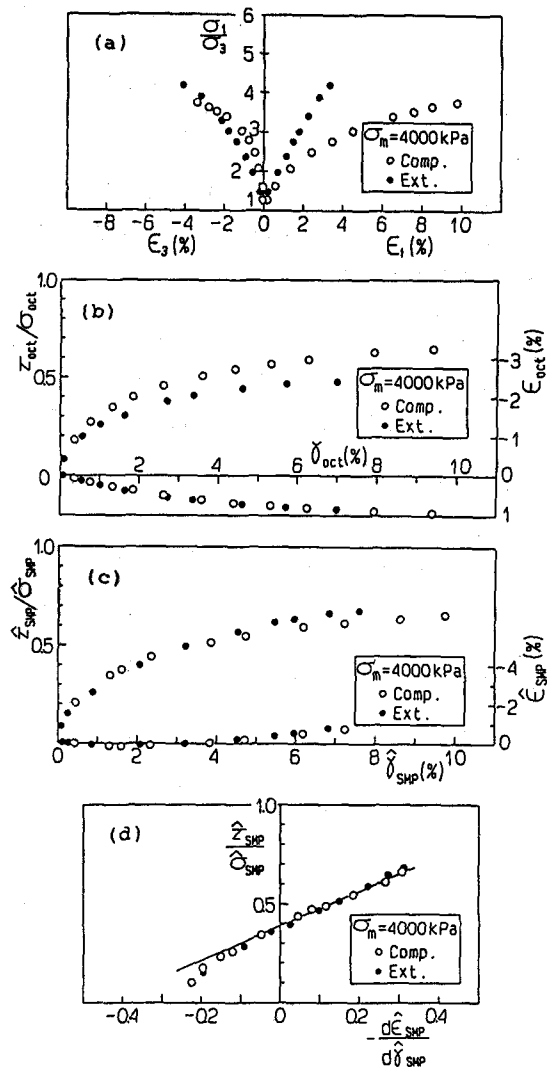


図-3 $\sigma_m=4000\text{kPa}$ の三軸圧縮・伸張条件下のセメント混合砂の各種の整理

文献 1) 橋口(1975):東工大学位論文, pp.181-184.

2) 松岡他(1989):土木学会第44回年次講演会, III-183, pp.440-441.

3) 松岡他(1990):第25回土質工学研究発表会 243, pp.657-658.

4) 松岡他(1990):土木学会第45回年次講演会, III-350, pp.736-737.

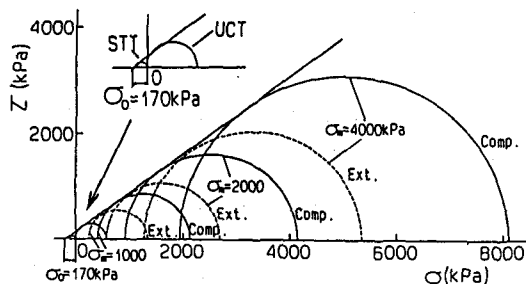


図-4 三軸圧縮、三軸伸張、一軸圧縮、割裂試験の破壊時のモールの応力円による σ_0 の決定