

III-151 相異なる3主応力下のセメント混合砂の変形・強度特性

名古屋工業大学 学生会員 ○譽田 孝宏
 " 正 会 員 松岡 元
 " 学生会員 孫 徳安

粘着成分を有する摩擦性材料としてセメント混合砂を選び、平均主応力一定条件下での三主応力制御試験を行い、その試験結果を拡張SMP*の概念に基づいて整理を試みた。

1. 供試体の作製方法

実験に用いた供試体の混合重量比は表-1の通りである。このような混合比の材料をソイルミキサーで充分混ぜた後、一辺の長さが約10cmの立方体剛製型枠に1/3ずつできるだけ均一に充填した。その後、水分を蒸発させないようにして2日間放置し、供試体を脱型した。脱型した供試体をポリエチレン袋に入れ、恒温室（20±1℃）内で水分一定にして約3ヶ月間養生した。養生後、供試体の各面を成形して、一辺の長さが10cmの立方体を作製した。等方圧密後、平均有効主応力 $\sigma_m=800\text{kPa}$ 一定の三主応力制御試験を実施した。

表-1 セメント混合砂の混合重量比

	砂	セメント	水	粘土粉末
C-I種	15	1	3	0
C-II種	15	1	3	1.5

注：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。

2. 拡張SMP上の応力とひずみ¹⁾

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 $\sigma_o (=c \cdot \cot \phi)$ 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。式を列記すれば次のようになる。

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

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

$$\hat{a}_i = \sqrt{\frac{\hat{\tau}_i}{\hat{\sigma}_i \hat{\tau}_2}} \quad (3)$$

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

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

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

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

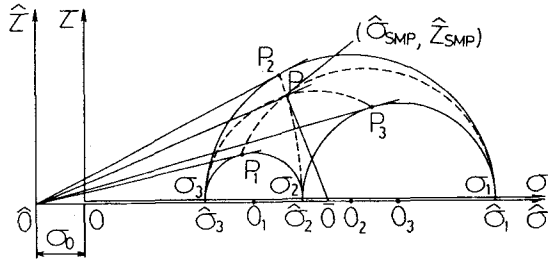


図-1 拡張SMP上の垂直応力 $\hat{\sigma}_{SMP}$ とせん断応力 $\hat{\tau}_{SMP}$

3. 実験結果の整理

図-2、3はC-I、C-II種それぞれのセメント混合砂の三主応力制御試験結果を拡張SMP上で整理したものである。平均有効主応力はすべて $\sigma_m=800\text{kPa}$ 一定で、パラメータ σ_o は破壊時のモールの応力円の破壊包絡線よりC-I、C-II種の両方とも $\sigma_o=350\text{kPa}$ と決定した。ここで興味深いのは、拡張SMP上の整理によれば応力経路の違いにかかわらず、ほぼ一本の線上に乗ってくることである（ $\theta=30^\circ, 45^\circ$ では2対の载荷板が内方へ変位するため、载荷板間に相互干渉が生じて強度が少し強く出たと思われる）。これら唯一的な応力～ひずみ関係より、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。

また、図-4は $\hat{\tau}_{SMP} / \hat{\sigma}_{SMP}$ =一定なる提案破壊規準と実測値の比較を表しているが、 $\theta=45^\circ$ 以外は提案破壊規準とほぼ合致しているのがわかる。さらに図-5は正八面体せん断ひずみ増分 ($d\gamma_{oct}$) 方向を表しているが、

破壊付近に近づくにつれて応力増分方向とずれているのが見られる。

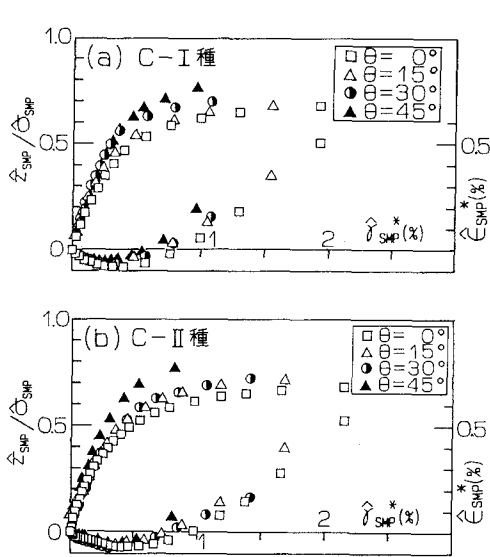


図-2 C-I, II種セメント混合砂の拡張SMP上での
 $\hat{\tau}_{SMP} / \hat{\sigma}_{SMP} \sim \hat{\gamma}_{SMP} \sim \hat{\epsilon}_{SMP}$ 関係

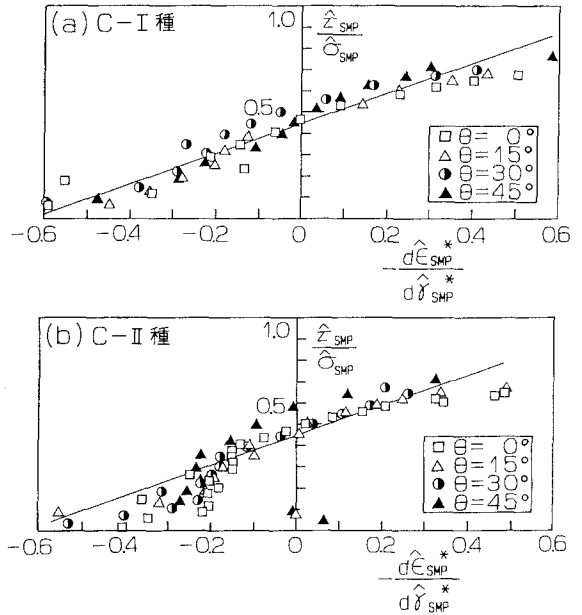


図-3 C-I, II種セメント混合砂の拡張SMP上での
 $\hat{\tau}_{SMP} / \hat{\sigma}_{SMP} \sim -\frac{d\hat{\epsilon}_{SMP}}{d\hat{\gamma}_{SMP}}$ 関係

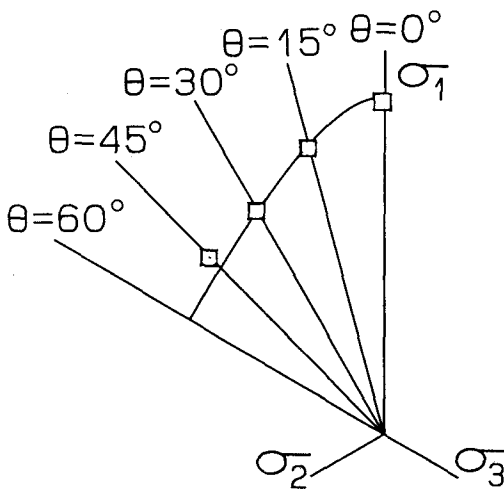


図-4 正八面体面上で表したC-I種セメント混合砂
 の破壊時の応力状態と提案破壊規準
 ($\hat{\tau}_{SMP} / \hat{\sigma}_{SMP} = \text{一定}$)

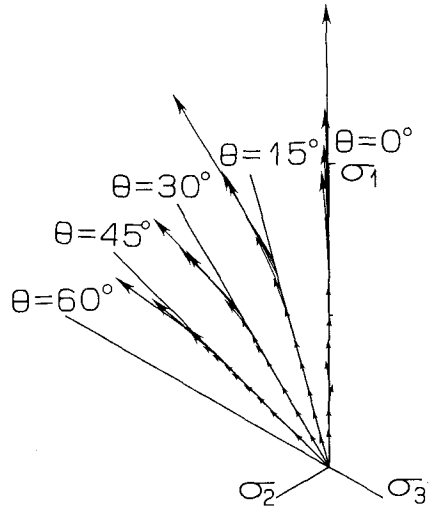


図-5 C-I種セメント混合砂の正八面体面上の
 せん断ひずみ増分($d\gamma_{oct}$)方向の実測値

参考文献 1) Matsuoka, H. Hoshikawa, T. and Ueno, K. (1990) : Soils and Foundations, Vol.30, No.2, pp.119-127.