

名古屋工業大学

正員 中井 照夫

奥村 組(元・名古屋工業大学部生) 正員 岩崎 光

住友セメント(元・名古屋工業大学部生) 正員 吉原 正博

Cambridge 学派が土の状態量として間隙比 e (あるいは体積ひずみ ϵ_v)を導入しているように、応力経路に依存しない土の状態量が規定されたならば一般応力条件下の土のひずみの大きさは決めやすくなる。ここではSMP*の概念の考察から生れた土の力学量 ϵ_{ij} を用いた仕事相当量 W^* を土の新たな状態量として提案し、その妥当性を種々の応力経路下の三軸圧縮および伸張試験により検討する。

1. 土の仕事相当量 W^* の定義

すでに、空間滑動面(SMP)とそれに基づくひずみ増分量の概念の考察から、3次元応力下の土の力学挙動を統一的に説明する力学量として新たなテンソル量 ϵ_{ij} を規定し、その弾塑性理論等への適用を試みている²⁾。ここに、力学量 ϵ_{ij} は式(1)に示すように $\epsilon_i = \sigma_i \cdot \alpha_i$ (σ_i : 主応力, α_i : SMPの方向余弦)を主値とするテンソル量として表わされ、その主値の方向は主応力の方向と一致する。

$$\epsilon_i = \sigma_i \cdot \alpha_i \quad (i=1, 2, 3) \quad (1)$$

なお、 α_i は応力の2次、3次の不変量を J_2 , J_3 とした時、次式で表わされる。

$$\alpha_i = \sqrt{J_3 / (\sigma_i \cdot J_2)} \quad (i=1, 2, 3) \quad (2)$$

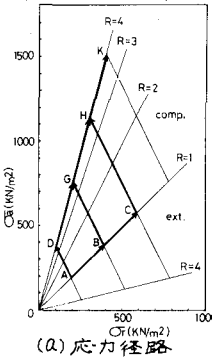
さて、連続体の応力 σ_{ij} の代りにこの力学量 ϵ_{ij} を用いて土の力学挙動を解析すれば、土のような摩擦則に従う粒状性材料を等方的な連続体のようにみなせるので、ここでは連続体の仕事量にあたる土の仕事相当量 W^* を次式で与える。

$$\begin{aligned} W^* &= \int (\epsilon_1 d\epsilon_1 + \epsilon_2 d\epsilon_2 + \epsilon_3 d\epsilon_3) \\ &= \int (\sigma_1 \alpha_1 d\epsilon_1 + \sigma_2 \alpha_2 d\epsilon_2 + \sigma_3 \alpha_3 d\epsilon_3) \\ &= \int (\sigma_{SMP} \cdot d\epsilon_{SMP}^* + \tau_{SMP} \cdot d\delta_{SMP}^*) \quad (3) \end{aligned}$$

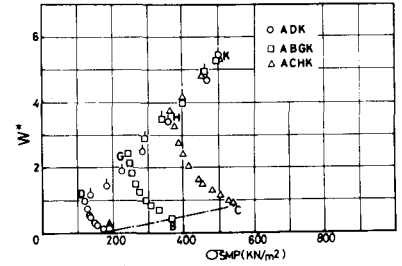
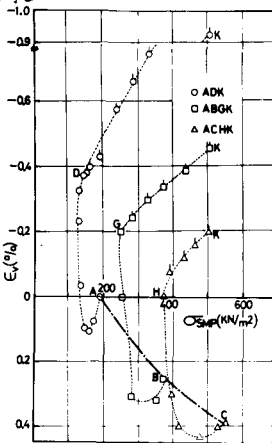
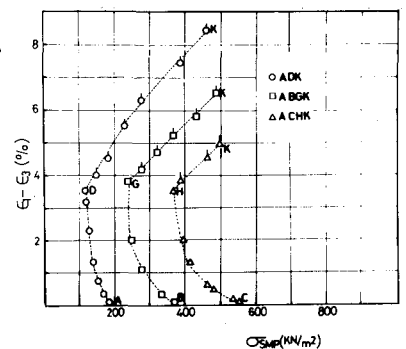
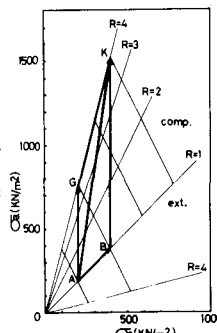
式(3)において、 σ_{SMP} , τ_{SMP} はSMP上の垂直およびせん断応力を表わし、 $d\epsilon_{SMP}^*$, $d\delta_{SMP}^*$ は主ひずみ増分ベクトルのSMPに垂直な成分および平行な成分を表わす¹⁾。

2. 土の状態量の実験データによる検証

ここでは、豊浦砂(初期間隙比 $e_0 \approx 0.68$)の三軸圧縮および伸張試験結果に基づいて上述の W^*



(a) 応力経路

(b) $W^* \sim \sigma_{SMP}$ 関係(c) $\epsilon_v \sim \sigma_{SMP}$ 関係(d) $(\epsilon_1 - \epsilon_3) \sim \sigma_{SMP}$ 関係

(a) 応力経路

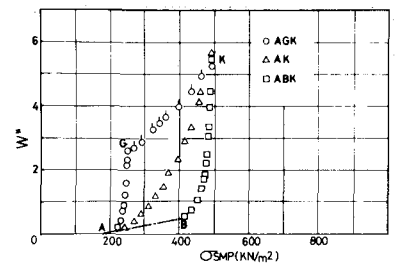
(b) $W^* \sim \sigma_{SMP}$ 関係

図-2

の状態量としての妥当性を検討する。以下の検証の図において、応力状態を表す指標として横軸に σ_{smp} をとっているが、 σ_{smp} は平均主応力 σ_m および応力比 $X \equiv \tau_{smp} / \sigma_{smp} = \frac{\sqrt{2}}{3} (\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3})$ が決まれば次式で与えられる。

$$\sigma_{smp} = \sigma_m / (X^2 + 1) \quad (4)$$

また、三軸圧縮条件下の実測値は白いプロットで、三軸伸張条件下の実測値は黒いプロットで、等方圧密状態は一点鎖線で表わしている。なお、実験はすべて $\sigma_a = \sigma_r = 196 \text{ KN/m}^2$ の等方応力状態(A点)から始めている。

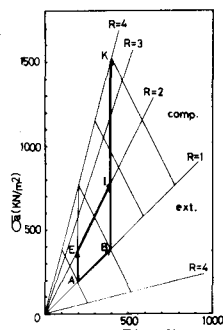
図-1 (b)~(d)は、(a)図の応力経路図に示すように三軸圧縮条件下の平均主応力一定径路と等方圧密($R \equiv \sigma_1 / \sigma_3 = 1$)もしくは異方圧密($R=4$)径路を組み合わせた応力経路下における w^* , ϵ_v , $\epsilon_1 - \epsilon_3$ の実測値を示している。(b)図から、応力状態が決まれば w^* は応力経路にかかわらずほぼ一義的に決まる³⁾ことがわかるが、(c),(d)図の ϵ_v , $\epsilon_1 - \epsilon_3$ は従来の報告同様最終点でその値が大きく異なり砂のような場合状態量となりえないようである。

図-2, 3は三軸圧縮条件下の他の径路について w^* の変化を示したものであるが、ここでも応力経路に依存せず w^* がユニークに決まる³⁾ことが理解される。特に、図-3のIK間で2つの試験の実験値が同一線上にプロットされることから、 w^* がそれまでの応力経路の違い(AE1とABI)の影響を受けないことがわかる。また、図-1, 2, 3のすべての径路下のK点での w^* がほぼ同じ値を示していることは、 w^* が非常にタフな状態量となりうることを示唆しているようである。

図-4, 5は三軸圧縮および三軸伸張条件下の w^* の変化を示している。なお、DとD', GとG', HとH'は、三軸圧縮条件下および三軸伸張条件下で同じ平均主応力 σ_m と主応力比 $R \equiv \sigma_1 / \sigma_3$ をとる応力状態を表わしている(この時、 σ_{smp} と $X \equiv \tau_{smp} / \sigma_{smp}$ も三軸圧縮側と伸張側で同じ値となる)。面図から、ここで提案している w^* は、圧縮、伸張という応力条件の違いにかかわらず、応力比 X と平均主応力 σ_m (あるいは σ_{smp})だけによって規定される状態量と考えてよいようである。今後はこの w^* の意味を明確にするとともに、実際の構成式への適用を試みたい。

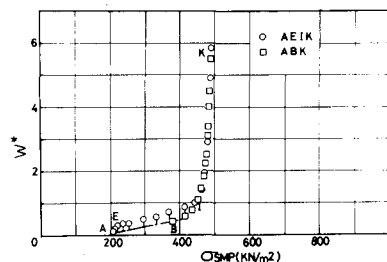
謝辞 日頃有益な御助言をいただいている本学松岡元助教授に感謝致します。

文献 1)中井・松岡：土木学会論文報告集第303号，PP. 65~77，1980。 2)中井・松岡・三原：第17回土質工学研究発表会「土質材料の新たな力学量と弾塑性理論への適用」，1982。 3)香川・中井・鎌田：第11回土質工学研究発表会，PP. 211~214，1976。

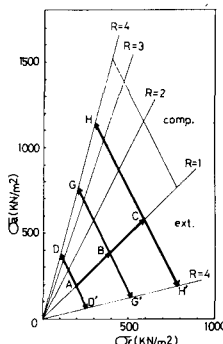


(a) 応力経路

図-3

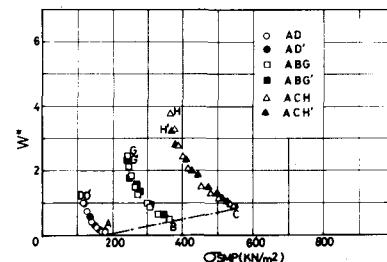


(b) $w^* \sim \sigma_{smp}$ 関係

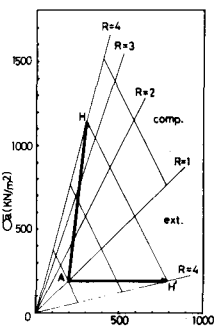


(a) 応力経路

図-4

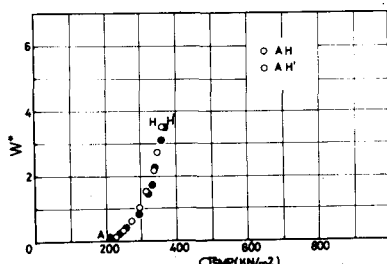


(b) $w^* \sim \sigma_{smp}$ 関係



(a) 応力経路

図-5



(b) $w^* \sim \sigma_{smp}$ 関係