

名古屋工業大学 正員 中井 照夫
 学生員 〇三原 泰司

現在までに、空間滑動面(SMP)とそれに基づくひずみ増分量の概念を導入した土の応力・ひずみ関係式を用いて、3次元応力下の単調な応力経路下の土のせん断挙動を¹²統一的に説明している。しかしこの関係式ではせん断中にせん断方向が大きく変化するような複雑な応力経路下の土の変形特性は説明できない。したがって、ここではこのSMPの概念についての再考察から、粒状体の新たな力学量を規定し、この力学量に基づく簡単な力学モデルを提案する。そして、このモデルを用いて正八面体面上のランダムな応力経路下の土のひずみ増分方向を同一観点から解析することを試みる。

1. 新たな力学量と解析モデル

土のような粒状体はたとえその初期値が等方的であっても、後述する図-4に示すように応力比が大きくなるに従い異方的な挙動を示す材料である。これは土が基本的には連続体ではなく摩擦則に従う粒状性材料であることによる。そして現在までに、このような土の力学挙動をSMPとそれに基づくひずみ増分量の概念によって¹²統一的に解釈してきている。ところで、このSMPの概念について意味するところを再考察した結果、粒状体では応力 σ_i の代りに、応力にSMPの方向余弦 $a_i = \sqrt{J_3 / (\sigma_1 \cdot J_2)}$ (J_2, J_3 : 応力の2次, 3次の不変量) を乗

じた新たな力学量 ($a_i = \sigma_i \cdot a_i$ ($i=1, 2, 3$)) を用いて解釈すれば、異方的な挙動を示す粒状体を等方的な連続体のように取扱えることがわかってきた。なお、この力学量は $a_i = \sigma_i \cdot a_i$ ($i=1, 2, 3$) を主値とするテンソル量であり、その主軸の方向は応力とひずみ増分の主軸の方向と一致するものとする。さて、土なる力学量の空間で土の挙動を考えれば等方的な材料として土を取扱うことができるので、ここでは図1-(a)に示すように土空間の正の領域に半径1の1/8球を想

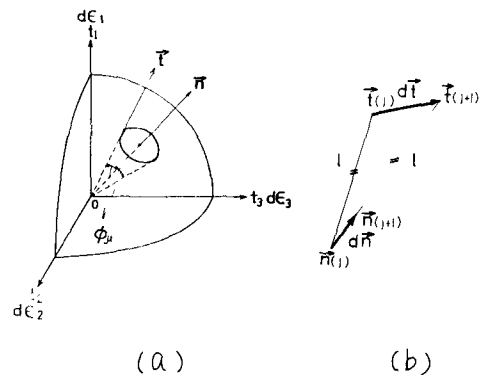


図-1 解析モデルの概念図

定し、3次元応力下の土粒子の平均的な滑動がこの球面上で起ると考え、そのひずみ増分方向を計算する。いま3主応力 ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) が作用している土要素の粒子接点の平均的な方向を表すベクトルを $\vec{\pi}$ とし、土粒子が十分モービライズされているものと仮定すると、土粒子の力学状態を表すベクトル $\vec{\sigma} = (\sigma_1 a_1, \sigma_2 a_2, \sigma_3 a_3)$ は図-1(a)に示すように $\vec{\pi}$ と交角 ϕ_μ をなし、球面上では $\vec{\pi}$ を中心とする円周上の点となる。(ここに ϕ_μ は粒子間摩擦角を表す)。そして、応力の変化に伴い、力学量 $\vec{\sigma}$ が図-1(b)に示すように球面上で $\vec{\pi}(j)$ から $\vec{\pi}(j+1)$ まで $d\vec{\pi}$ 変化した時、平均的な粒子接点を表す

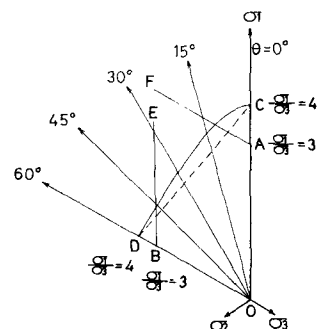


図-2 応力経路

ベクトル $\vec{n}$ は球面上で $\vec{n}(j)$ から $\vec{n}(j+1)$ まで $d\vec{n}$ 移動すると考える。ここに土粒子は常にモービライズされているものと考えているので、球面上での $\vec{n}(j)$ と $\vec{n}(j)$ および $\vec{n}(j+1)$ と $\vec{n}(j+1)$ の間の弧長とは $l = \phi_n$ で与えられる。

したがってこの空間での等方性の仮定より、主ひずみ増分方向は平均的な土粒子の滑動方向 $d\vec{n}$ の方向として与えることができる。なお、図-1(a) からわかるように天が円の内側に变化する時、粒子間のモービライゼーションが不十分となるので粒子接点でのすべりは生じないものとする。

2. 実験結果とモデルによる解析結果

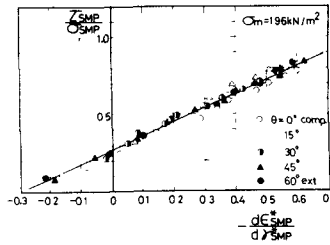
実験は飽和した豊浦砂の等方性試料 ($e_0 = 0.68 \sim 0.72$) を用い、セル型多軸試験機で行っている。また実験はすべて平均圧力一定 ($\sigma_m = 196 \text{ kN/m}^2$) 条件下で行なわれており、 σ_1 面上での応力経路を 図-2 に示す。

図-3 ~ 6 は $\theta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ 、ならびに SMP の降伏規準 ($\tau_{SMP}/\sigma_{SMP} = 0.707$) に沿う経路 (CD, DC) におけるひずみ増分方向の実測値 (a) 図と解析結果 (b) 図) を示す。なお、Mohr-Coulomb の規準に沿う経路 (図-2 の破線 CD, DC) ならびに経路 OAF, OBE における実測値と解析結果の比較は紙面の都合上当日発表する。

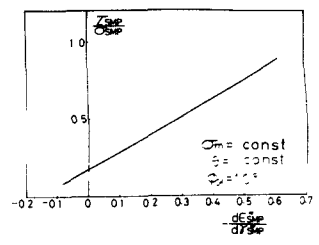
謝辞 日頃御指導いただいている本学松岡元助教様並びに実験等に協力いただいた元学助生 南良則、横井智君 現学助生 藤原幸一君に感謝致します。

参考文献 1) 中井・松岡：土木学会論文報告集 No. 303 pp. 65 ~ 77. 1980

2) 三原・中井・松岡：第36回土木学会年次講演会 III-9 pp. 17 ~ 18. 1981

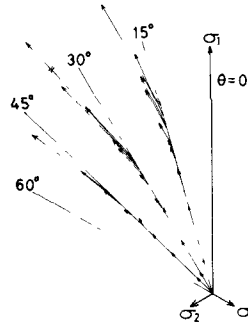


(a) 実測値

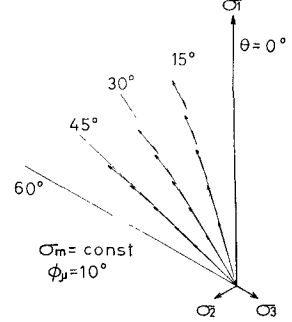


(b) 解析結果

図-3 $\tau_{SMP}/\sigma_{SMP} \sim d\epsilon_{SMP}/d\sigma_{SMP}$ 関係 (θ :一定)

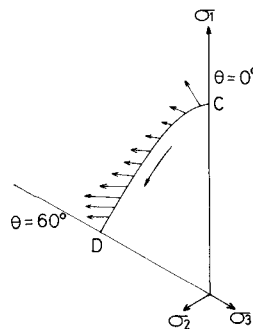


(a) 実測値

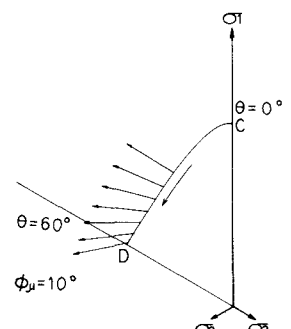


(b) 解析結果

図-4 σ_1 面上のひずみ増分方向 (θ :一定)

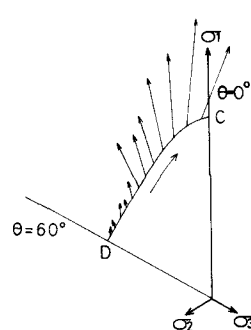


(a) 実測値

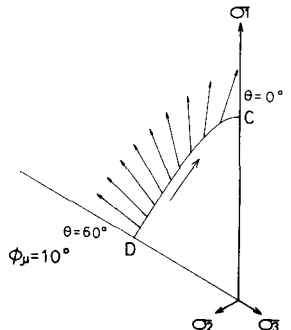


(b) 解析結果

図-5 σ_1 面上のひずみ増分方向 (経路 CD)



(a) 実測値



(b) 解析結果

図-6 σ_1 面上のひずみ増分方向 (経路 DC)