

III-215 粒状体の任意応力 ($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$) 経路依存性について

名古屋工業大学 学生会員 ○水谷 雅裕
 名古屋工業大学 正会員 松岡 元
 大成建設 正会員 安達 哲也

従来から言われている土の応力経路依存性は、応力経路を図-2に示すような主応力空間で表現した経路についての「主応力経路依存性」をうたったものである。ここでは、主応力経路が同一であっても、任意応力 ($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$) 経路が図-1のように異なっている場合、発生するひずみ量が異なる「任意応力経路依存性」について実験により実証し、提案構成式¹⁾による解析値との比較を行った。

1. 任意応力経路

図-1はモールの応力円表示による同じ点A₁から同じ点B₂に至る3種の任意応力経路を示している。TEST①(A₁→B₁→B₂)は、主応力方向一定のまません断(主応力比の増大)し、その後主応力値一定として主応力方向を $\Delta 2\alpha (=180^\circ)$ だけ回転させる経路である。TEST②(A₁→B₂)は、せん断と主応力方向回転を同時に行う経路である。TEST③(A₁→A₂→B₂)は、主応力値一定のまま主応力方向を $\Delta 2\alpha (=180^\circ)$ だけ回転させ、その後主応力方向一定のまません断させる経路である。

ここで注目すべきは、上記3種の応力経路はすべて始点A₁と終点B₂が同じであること、また点A₁, A₂の主応力値 ($\sigma_1=0.6\text{kgf/cm}^2, \sigma_3=0.4\text{kgf/cm}^2$) と、点B₁, B₂の主応力値 ($\sigma_1=0.65\text{kgf/cm}^2, \sigma_3=0.35\text{kgf/cm}^2$) がそれぞれ同じであることである。したがって、図-2に示す主応力空間では上記3種の応力経路の差を表現することはできない。このことは、応力の不変量(主応力値で規定される応力パラメーター)で定式化されている土の構成式では3種の経路によるひずみの差を表現できないことを意味している。

2. 3種の任意応力経路下の実測値と解析値

上述の3種の任意応力経路試験はすでに報告している2次元任意応力試験機²⁾を用いて行った。この試験機は任意応力 ($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$) を独立に載荷することができるものである。なお、供試体として用いたのは、2次元粒状体モデルとしてのアルミ丸棒積層体($\phi 1.6, 3\text{mm}$, 長さ50mm, 混合重量比3:2, 比重 $G_s=2.69$)である。

図-3(a)~(c)は、TEST①, ②, ③の3種の異なった任意応力経路下の実測値と解析値の比較を主応力比 (σ_1/σ_3) と各種ひずみ ($\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}, \epsilon_1, \epsilon_3, \epsilon_1-\epsilon_3, \epsilon_v=\epsilon_1+\epsilon_3$) の関係で示したものである。(a)図と(c)図において主応力比 (σ_1/σ_3) が変化していない部分は主応力値一定の主応力方向回転を意味している。

表-1は、TEST①, ②, ③の各経路についての実測値と解析値の最終値を示したものである。これらの図や表より、3種の任意応力経路によるひずみの値に差がみられる。すなわち、「ひずみの任意応力経路依存性」が存在することがわかる。なお、このひずみの発生量の差異は主応力方向回転時の主応力比の差により生ずるものであり、せん断により生ずるひずみは3種とも同じ値である。すなわち、「ひずみの任意応力経路依存性」は、主応力経路では表現できない主応力方向回転によるものであると言える。

このことを理解するためには、極端な場合として、図-1の初期の小さい方のモール円の半径を限りなく0に近づけた場合を考えてみるとよくわかる。この場合は、TEST③は45°面上のせん断となり、TEST①はTEST③に主応力方向回転経路を付加した経路となる。すなわち、TEST①とTEST③の差は主応力方向回転経路の有無である。このことは発生ひずみ量の差は主応力方向回転によるものだけであることを意味している。

ここで解析値を求めるのには、松岡らにより提案されている構成式¹⁾を用いた。この構成式は、等方圧密、異方圧密、せん断、主応力方向回転の4つの項を考慮しており、解析値は上述の任意応力経路の違いによる実測値の傾向をよく表現している。

3. まとめ

実測値から、「ひずみの任意応力経路依存性」があることがわかった。また、任意応力経路依存性が生じる原因は、主応力方向回転によって発生するひずみ成分によると考えられる。

実測値と解析値の比較から、提案構成式がこれをほぼ妥当に評価できることを検証した。

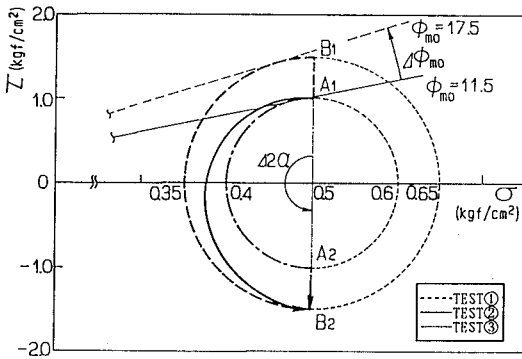


図-1 モールの応力円表示による3種の任意応力経路試験

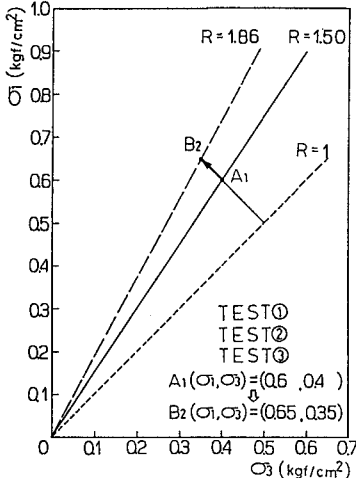
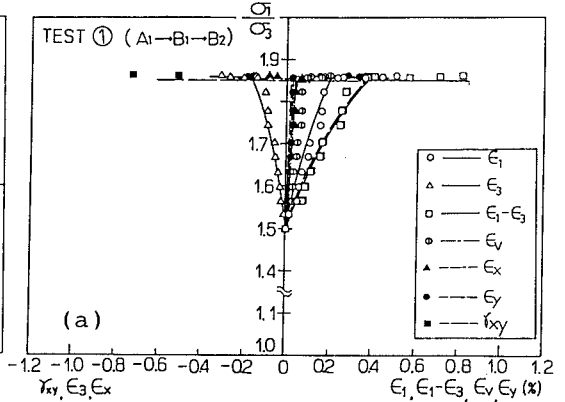


図-2 主応力空間表示の3種の応力経路

表-1 3種の任意応力経路のひずみの最終値

経路 ひずみ	TEST① (A1→B1→B2)	TEST② (A1→B2)	TEST③ (A1→A2→B2)
ϵ_x (%)	-0.09 (-0.24)	-0.04 (-0.11)	0.01 (-0.03)
ϵ_y (%)	0.28 (0.34)	0.24 (0.24)	0.08 (0.17)
γ_{xy} (%)	-0.73 (-0.61)	-0.93 (-0.79)	-0.74 (-0.72)
ϵ_1 (%)	0.51 (0.47)	0.58 (0.50)	0.42 (0.44)
ϵ_3 (%)	-0.31 (-0.37)	-0.38 (-0.37)	-0.33 (-0.30)

上段 実測値 下段 (解析値)

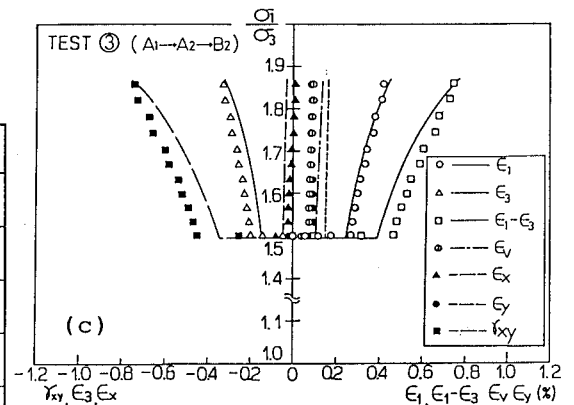
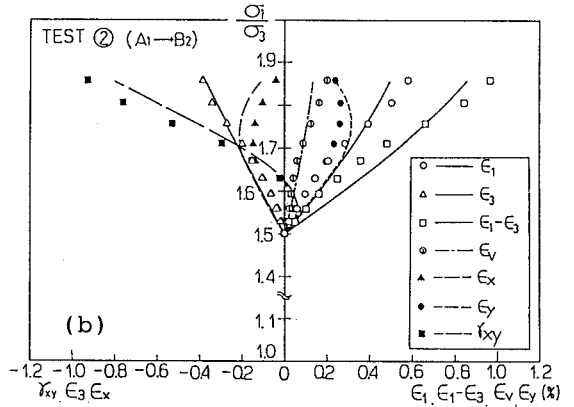


図-3 3種の任意応力経路の実測値と解析値の比較

参考文献

- 1) H. Matsuoka and K. Sakakibara (1987) : S & F, Vol. 27, No. 4. pp. 73-88.
- 2) 松岡・安達・水谷 (1991) : 第26回土質工学研究発表会講演集(投稿中).