

1. まえがき

室内試験法の祖型による砂の内部摩擦角の相対関係を知ることは、室内試験結果の解釈、現場の問題へのその適用において重要である。主応力制御型の三軸圧縮試験と平面とズミ試験との内部摩擦角 ϕ と ϕ_p の関係としては、Conforth⁽¹⁾、市原・松沢⁽²⁾の研究があり、 $\phi_p > \phi$ なる実験結果が示されている。一方、とん断面(ゾーン)指定型の直接と間試験と主応力制御型の平面とズミ試験では、試料ほとんどに平面とズミ状態を満足しているが、これから両試験における内部摩擦角 ϕ と ϕ_p の値は異なる。この ϕ と ϕ_p の関係としては、Rowe⁽³⁾、Frydman⁽⁴⁾の理論式があるが、さういふと、(1)主応力軸と主ズミ増分軸の一致性の仮定、(2)独自の応力・ダイレイタンス・式とその基本には、ていど。しかし、とくに(1)の仮定の妥当性については実験的に検証されているとはいえない。本文ではこの仮定を用いて、砂の実験結果との検証は行なっている直接と間試験における主応力軸の回転に関する小田・小田の式^{(5),(6)}を利用してミール応力円を作図し、その結果を ϕ と ϕ_p の関係式を求め、上記のRowe, Frydmanの式、および実験結果との比較を行なった。

2. 主応力軸の回転に関する小田・小田の式： $\tau/\sigma_n = k \cdot \tan \psi \cdots (1)$

小田・小田は先弾性材料の二次元構造物に用いる準直と間試験結果と側圧一定の三軸圧縮試験における砂の強度特性とその微視的構造との関係に関する小田の式⁽⁷⁾をもとに、直接と間試験における最大主応力軸の方向に関していえるように、Roscoe et al⁽⁸⁾の砂の準直と間試験結果によりその妥当性を検証している。ここで τ = 水平面上の垂直およびとん断応力、 ψ = 最大主応力軸と鉛直軸のなす角、 k = 粒子間摩擦角 ϕ_m に相当した材料定数である。落合^{(9),(10)}は(1)式を用いて、砂の直接と間試験における応力の関係について検討し、(1)式の定数にはcritical stateにおける摩擦角 ϕ_{cr} により(2)式で表わされることを示した。 $k = \sin \phi_{cr} \cdots (2)$ 。さらに(2)式を用いれば直接と間試験との応力変化に伴う応力の最大傾角、最大とん断応力面などの値を水平面上の σ と τ により定量的に表わすことができることになり、Roscoe et al⁽⁸⁾の砂の実験結果とよく一致すること、また定数 k は ϕ_m と(3)式の関係にあることを示した。 $k = \sin \phi_{cr} = 2 \sin \phi_m / (1 + \sin \phi_m) \cdots (3)$ 。なお、(3)式は ϕ_{cr} と ϕ_m に関するCaguetの理論式 $\tan \phi_{cr} = (\pi/2) \cdot \tan \phi_m$ と応力面の ϕ_m に対してほとんど一致する式である。

3. 直接と間試験におけるミール応力円

とん断面(ゾーン)指定型の直接と間試験では、通常水平面上の σ と τ のみが測定されるのでミール応力円を作図することはないが、次のような仮定を一般に用いられている。(a)応力の最大傾角(τ/σ_n)_{max}角)と水平面は一致する(図.1(a))。(b)最大とん断応力面(τ/σ_n)_{max}角)と水平面は一致する(図.1(b))。Cole⁽¹¹⁾は上記の仮定による σ - τ 応力状態測定値との差として、(a)の仮定で-6.9~-12.1%、(b)の仮定で+19.1~+3.8%という実験結果を示しており、このことは(a)、(b)の仮定を妥当と見なせることを示している。主応力軸の回転に関する(1)式を用いた場合の各応力状態のミール応力円は次のように求められる^{(9),(10)}。すなわち、(1)式でミール円におけるPoleの座標を用いることにより、最大および最小主応力 σ_1 , σ_3 は次式で与えられる。

$$\sigma_1 = (\tau^2 + k^2 \sigma_n^2) / k \sigma_n \cdots (4) \quad \sigma_3 = (1 - k^2) \sigma_n \cdots (5)$$

すなわち σ と τ の最大傾角(摩擦角) ϕ は次式で与えられる(図.1(c))。

$$\sin \phi = (\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + \sigma_3) = [(1/\sigma_n)^2 + k^2] / [(1/\sigma_n)^2 + k^2(2 - k)] \cdots (6)$$

4. 直接と間試験と平面とズミ試験との砂の内部摩擦角の関係

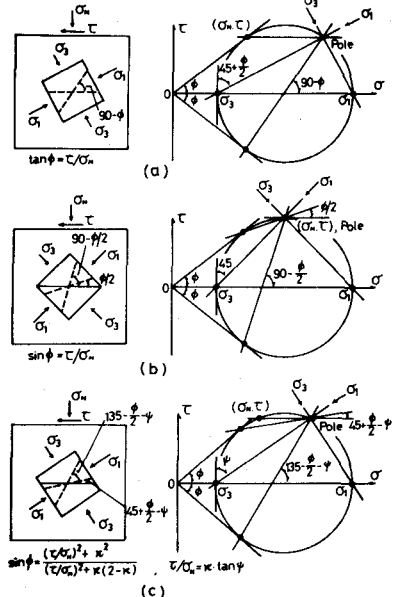


図.1 直接と間試験におけるミール応力円

