

Ⅲ－8

応力経路による砂の排水せん断挙動の違いについて

東北大学 工学部（学）○西牧 孝洋
東北大学 工学部 樋口 俊一
東北大学 工学部（正）菅野 高弘

1. はじめに

実地盤においては、様々な変形モードが合成された応力状態が存在している。このような地盤の変形挙動を実験により予測するには、種々の応力経路によりその応力状態を再現する必要がある。砂の変形挙動は、応力経路に大きく依存していると言われているが、本実験では、2つのタイプの応力経路を比較することによりこの点について調べた。

2. 実験方法

実験には、大型中空ねじりせん断装置を用いた。供試体の相対密度は、 $70 \pm 2.5\%$ とし、多重ふるい落下法により作成したため、強い構造異方性を有する。供試体は、 $(\text{CO})_2$ 循環、脱気水循環をして飽和させた後、 $p = 1.00 \text{ kg } \Gamma / \text{cm}^2$ で等方圧密した。実験は、圧密後応力制御、排水状態で静的に行なった。また、中間主応力の相対的な大きさを表すパラメータ b の値は、すべての実験において0.5とした。

本実験では、図1-(a)、(b)に示す応力経路で載荷を行ない、それぞれ、Mシリーズ、Cシリーズと呼ぶことにする。供試体には、4つのひずみ成分（ ϵ_v 、 ϵ_r 、 ϵ_θ 、 $\gamma_{v\theta}$ ）が生じているが、これらすべてのひずみを考慮して、変形状態を評価するために、

$$\text{仕事 } W = \int dW \quad (\text{kPa} \cdot \%)$$

$$dW = \sigma_v d\epsilon_v + \sigma_r d\epsilon_r + \sigma_\theta d\epsilon_\theta + \tau_{v\theta} d\gamma_{v\theta}$$

を定義し、実験結果の整理を行なった。

3. 実験結果、及び考察

まず簡単に、2つのタイプの偏差応力平面上での応力経路の比較を行なう。Mシリーズは、主応力軸を固定して7方向（ $\beta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ ）の単調載荷経路である。Cシリーズは、載荷の途中で応力増分方向が一度変化する経路で、主応力軸の回転をともなう単調載荷経路であり、2つの変形モード（圧縮あるいは伸張、とねじり）を合成した経路とも言える。図2は、Mシリーズの結果をもとに仕事 W が等しい等仕事線を求め、それにCシリーズの応力経路で計算された結果をプロットしたものであるが、どの場合もほぼ等仕事線上に乗っていることがわかる。これを見るかぎり、Cシリーズの応力経路では仕事に関して応力経路依存性は認められない。応力比と仕事の関係を観察すると、仕事は主応力軸の方向や応力経路によって異なっている。にもかかわらず、先に述べたような考察がえられる。CシリーズがMシリーズと異なる点はこの経路が主応力軸の回転を伴うことであるが、この実験結果によればその影響は見られない。したが

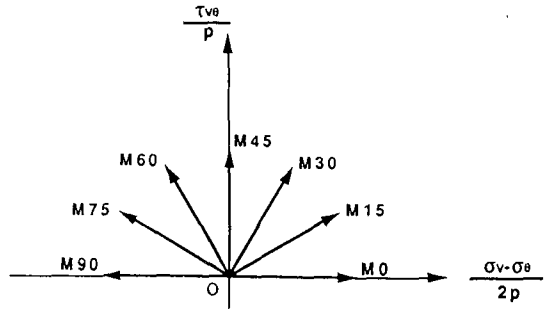


図1-(a) Mシリーズ応力経路

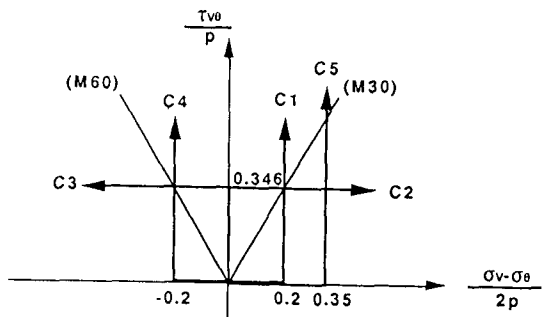


図1-(b) Cシリーズ応力経路

って、Cシリーズのような応力増加を伴う径路は、主応力軸の回転の影響は応力増分による影響に比べかなり小さいと考えられる。またこの結果より、本実験のようなM、C両シリーズのような単純に2つの変形モードを合成したと考えられる単調載荷径路では、仕事に関して応力径路ではなく、偏差応力平面上のどこに応力点が位置するかにより決まると言える。つまり、図3において $W_{OA} = W_{OCA} = W_{OBA}$ と考えることができる。

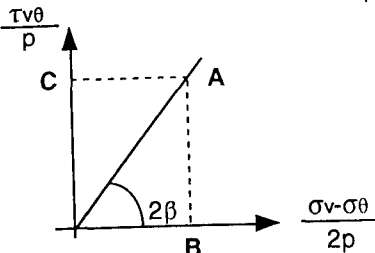
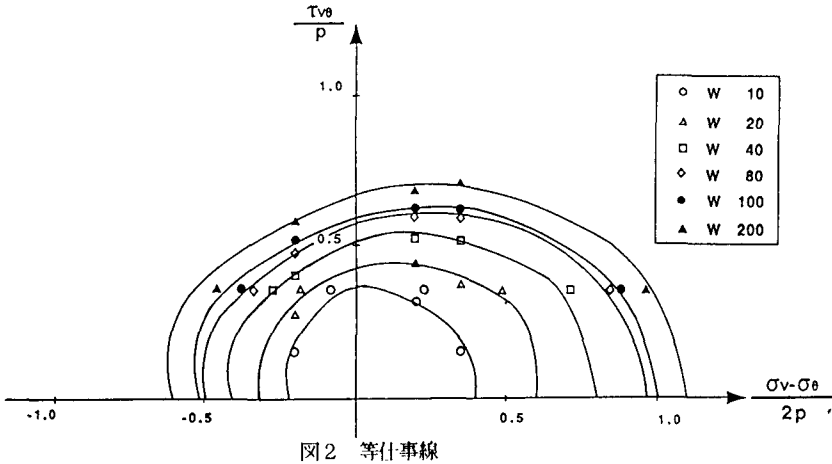


図3 重ね合わせの手順

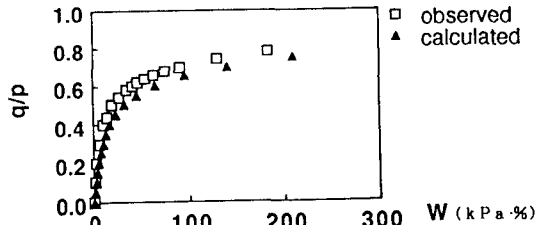


図4-(a) M30 仕事の観測値と計算値の比較

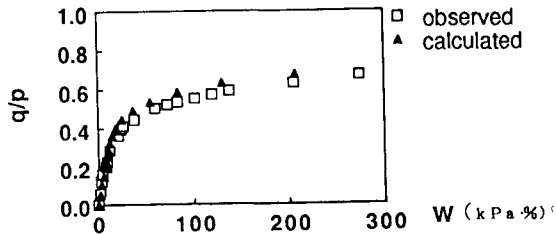


図4-(b) C4 仕事の観測値と計算値の比較

仕事について重ね合わせが成り立つと仮定すると、図3の応力点A、B、Cに於けるそれぞれの仕事 W_A 、 W_B 、 W_C について、 $W_A = W_B + W_C$ となる。この仮定に基づきM、C両シリーズについて実験値 (observed) と計算値 (calculated) を整理したものの例から、M30とC4の結果を図4-(a)、(b)に示す。これらの図から、実験値と計算値はほぼ一致していることがうかがえ、ここでの仮定が成り立っていると言える。

以上の結果から本実験のような単調載荷径路について、次のような結論が得られる。

- 1) 仕事は、主応力軸の回転や応力径路の影響を受けず、応力点のみに依存する。
- 2) 仕事は、重ね合わせが成り立つ。

4. 参考文献

1. M. J. SYMES, D. W. HIGHT and A. GENS (1982); "Investigation Anisotropy And The Effects Of Principal Stress Rotation And Of The Intermediate Principal Stress Using Hollow Cylinder Apparatus", Proc. IUTAM Conference on Deformation and Failure of Granular Materials, pp441-449
2. 諸戸靖史 (1976); "粒状体の変形と強度に関する基礎的研究" 東北大学博士学位論文