

異方圧密粘性土の応力・変形特性に及ぼす応力経路の影響

九州大学 工学部 正 山内 豊聡 正 落合 英俊
 シ シ 正 林 重徳 正 坂井 晃
 シ シ 学○井口 公一 学 平井 晴也

1 まえがき

筆者らはこれまで、異方圧密粘性土を用いて行った種々の b 値一定(三主応力制御)試験により、異方性土の三次元摩擦則を明らかにするとともにそれに基づく異方降伏条件式を提案している。本研究では、ひずみに伴って b 値を種々変化させる三主応力制御試験を行い、異方圧密粘性土の応力・ひずみ特性に及ぼす応力経路の影響を調べるとともに、 b 値一定の試験結果とも比較対照し提案している異方降伏条件式の適合性を検証した。

2 試料および供試体

試料には白色粘土(カオリン)を用い、液性限界の約2倍の含水比(100%)で練り返し、円筒モールドに流入した後6.0 kgf/cm²まで段階的に K_0 圧密を行った。圧密時間に15日、除荷に1日要した後、所定の寸法(6.0 cm×5.9 cm×4.4 cm)に切り出して供試体とした。なお、供試体作成の過程は前回の試験と同じである。

供試体の表示に用いる座標は、図-1に示すように試料の圧密方向を X 方向とし、対応するひずみ及び主応力の方向を同図に示すとおりとする。また、図-2のように、 π 平面上のせん断応力の方向は X 軸から反時計回りにとった θ で、 θ と各主応力との関係は(1)式で表わされる。さらに中間主応力の相対的な大きさは、Bishopの中間主 Y 応力係数 b を用いて(2)式で表わされる。

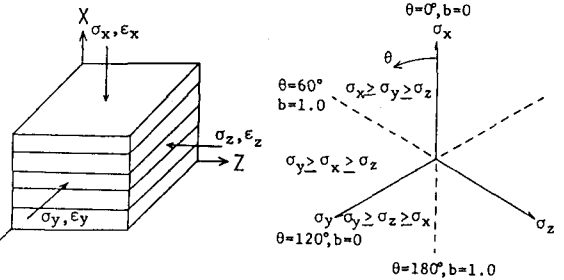


図1 応力とひずみの方向表示 図2 せん断応力の方向表示

$$\tan \theta = \sqrt{3} \frac{(\sigma_y - \sigma_z)}{(\sigma_x - \sigma_z) + (\sigma_y - \sigma_z)} \quad \dots (1)$$

$$b = \frac{\sigma_z - \sigma_y}{\sigma_x - \sigma_y} \quad \dots (2)$$

3 試験方法

試験は最小主応力 σ_3 一定の圧密非排水試験である。ひずみ速度($\dot{\epsilon}_1 = 0.17\%/min$)一定で最大主応力 σ_1 を載荷し、検出された σ_1 と σ_3 をもとに所定の b 値が得られるよう中間主応力 σ_2 を制御した。応力経路は、最大せん断ひずみ ϵ_{12} の発現に伴って所定の b 値を得るように変化させるものとし、表-1に示す2種類の経路を設定した。表-1に示す b 値は、対応する ϵ_{12} の1%前からコントロールし、

表-1 各経路

γ_{12} (%)	b 値	
	経路 No.1	経路 No.2
1	0.268	0.732
3	0.500	0.500
5	0.732	0.268
8	1.000	0.000
10	0.732	0.268
12	0.500	0.500
14	0.268	0.732
16	0.000	1.000

、所定の ϵ_{12} に達した後は次の ϵ_{12} の1%前まで、 π 平面上で b 値が直線的に変化するように σ_2 を制御する。3種類の主応力方向($0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$, $60^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$, $120^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$)に一致する個々の供試体に対し、以上の操作を各 60° 内で行う試験を実施した。図-3は、 $0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ の主応力方向をとる供試体に対する応力経路を、 π 平面上に描いたものである。図より、 $\epsilon_{12} = 3\%$ 及び 12% は両経路の会合点になっており、またこれらの点は、 $\theta = 30^\circ$ ($b = 0.500$)の線上にあることがわかる。

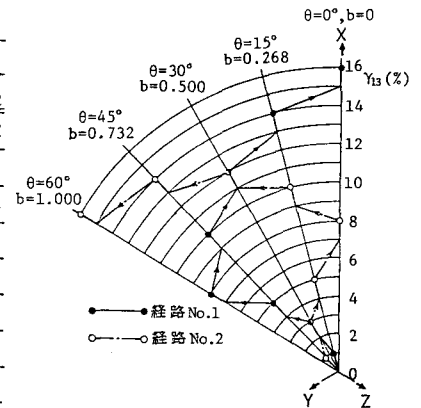


図3 π 平面上に表示された経路No.1

4 実験結果と考察

図-4及び図-5は、縦軸に元平面上の偏差応力 σ_r を、横軸に平均主応力 σ_0 をとったものである。図-4及び5の実線及び一点鎖線は、提案している異方降伏条件式より求めた、各ひずみ段階の θ （各主応力方向を規定する）に対応した降伏線である。異方降伏条件式は(3)式で表わされる。

$$\sigma_r = 2\beta \frac{\sin \phi_{r13}}{3 + (2\beta - 1) \cdot \sin \phi_{r13}} \cdot \left\{ (1 - \beta)^2 + \beta + 1 \right\}^{1/2} \cdot (\sigma_0 + \sigma_r) \cdots (3)$$

図-4(a)~(c)は、60°毎の各供試体別に、経路No.1の $\gamma_{13} = 3\%$ 及び12%に対する今回の実験結果をプロットしたものである。比較的小さなひずみ段階の $\gamma_{13} = 3\%$ の場合、各供試体とも同じひずみ段階での異方降伏線にほぼ一致しており、また、ひずみが進行した $\gamma_{13} = 12\%$ でも同様、それぞれのひずみ段階の降伏線にほぼ分布しているのがわかる。以上については、経路No.2の場合も同様である。

図-5(a)~(c)は、経路No.1及び2が会合する(θ が一致する) $\gamma_{13} = 12\%$ で両経路を各供試体別にプロットしたものである。各供試体ともに両経路間に顕著な差は見られず、また、両経路ともにこのひずみ段階での降伏線にほぼ分布している。これは、もう一つの会合点である $\gamma_{13} = 3\%$ についても同様である。

図-6は $\sigma_0 = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の元平面上に、提案されている異方降伏曲線と今回の実験結果とを描いたものである。 $\gamma_{13} = 3\%$ 及び12%は両経路の会合点、また、 $\gamma_{13} = 8\%$ は各60°の領域の接点になっている。図より、各ひずみ段階におけるプロット点はいずれも、そのひずみにおける異方降伏曲線とよく一致しているのがわかる。

5 あとがき

今回、 $\theta = 0^\circ \sim 60^\circ$, $60^\circ \sim 120^\circ$, $120^\circ \sim 180^\circ$ の各60°の範囲内でそれぞれ θ 値を変化させる2種類の応力経路を設定し実験した結果、それぞれ、応力経路の影響は認められず、最大せん断ひずみ γ_{13} で規定している提案降伏条件式の適合性が検証された。今後、それぞれの60°を越える範囲まで応力経路を拡大し、異方降伏条件式の適合性を調べていきたい。

(参考文献) 1) 林「土の三次元弾塑性則とその応用に関する研究」学位請求論文 2) 山内, 林, 本木, 井口「異方圧密粘土の三次元応力変形特性」第19回土質工学研究発表会講演集, P431~P432

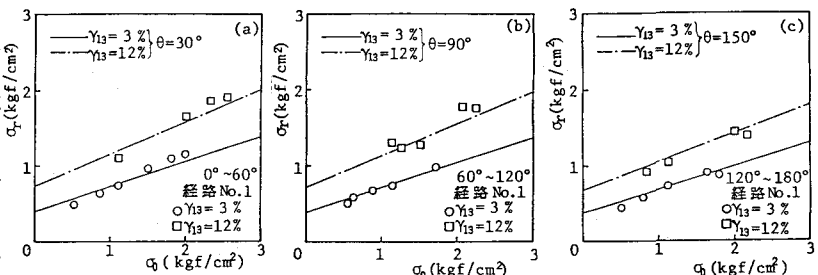


図-4 各ひずみ段階における経路No.1の試験結果及び異方降伏線

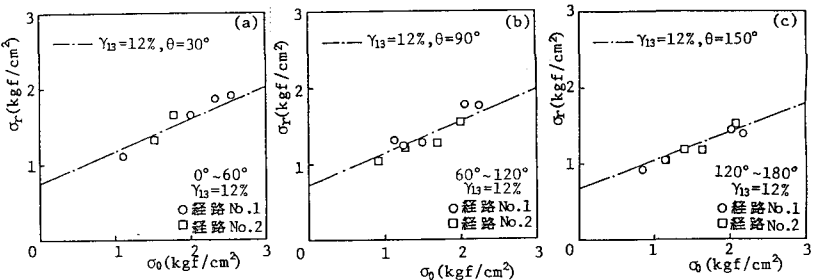


図-5 両経路会合点での試験結果及び異方降伏線

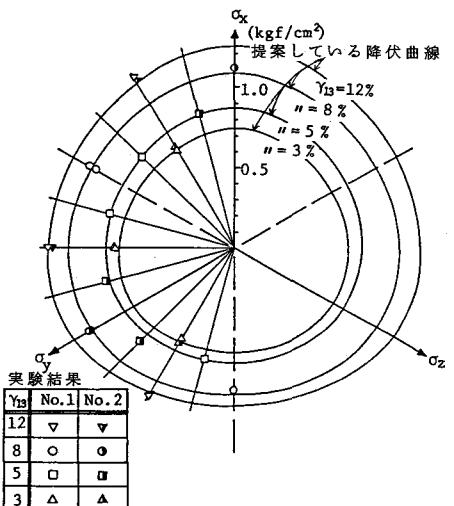


図-6 元平面における異方降伏曲線と試験結果