

名古屋工業大学

正員 ○松岡 元

愛知県庁(元・名工大)

正員 竹田 一夫

名古屋工業大学大学院

学生員 岩田 靖・榎原 和成

前報¹⁾に引き続き、任意の一般応力($\sigma_y, \sigma_x, \tau_{yx}$)を独立に载荷可能な2次元一般応力試験機を用い、アルミ丸棒(長さ50mm, $\phi 1.6, 3\text{mm}$ 、混合重量比3:2)と光弾性材料の丸棒(長さ20mm, $\phi 6, 10\text{mm}$ 、混合本数比4:1)の積層体を試料として、モールの応力円に沿って応力状態を変化させる主応力方向回転試験を行なった。解析は、滑動面上の応力~ひずみ関係の唯一性、および主応力と主ひずみ増分方向のズレ角に着目して行なった。また、弾性論に基づく解析も行ない、比較検討した。

写真-1は、光弾性丸棒の積層体を用いた主応力方向回転試験の光弾性縞写真であり、主応力方向が約45°回転しているのがみられる。図-1(a)は、アルミ丸棒の積層体を用いた主応力方向回転試験(滑動面上のせん断・垂直応力比 $\tau/\sigma_N=0.32, 0.26, 0.20$)における $\gamma_{yx}/2 \sim (\epsilon_y - \epsilon_x)/2$ 関係の補正された実測値を示している。補正は、アルミ棒が明らかにすべったと考えられる箇所($\gamma_{yx}/2, (\epsilon_y - \epsilon_x)/2$ の変化量がそれぞれ0.0375%以上の部分)について、その部分の各ひずみ成分の変化量をその前後の各ひずみ成分の変化量の平均値とみなして行なった。図-2(1a), (2a), (3a)は $\tau/\sigma_N=0.32, 0.26, 0.20$ における $\tau_{yx}/\sigma_y \sim \gamma_{yx}$, $\tau_{xy}/\sigma_x \sim \gamma_{xy}$, $\epsilon_y \sim \gamma_{yx}$, $\epsilon_x \sim \gamma_{xy}$ 関係の上記の方法で補正された実測値を示している。また図-3(a)は、モールの応力円において一般面と主面のなす角度 $2\alpha=90^\circ$ 、すなわちモールの応力円の頂点から一周回した場合の同じ関係の実測値($\tau/\sigma_N=0.32$)を示している。図-2の途中からスタートした形の結果が得られている。

さて、解析方法の要点は次のようである¹⁾。まず、滑動面上の応力比~ひずみ関係に基づけば、主応力方向が回転する場合でも唯一的な関係が成り立つことに着目する。滑動面上のせん断ひずみ増分 $d\gamma$ 、垂直ひずみ増分 $d\epsilon_N$ 、滑動面に直交する面上の垂直ひずみ増分 $d\epsilon_L$ は、次式で表わされる³⁾。

$$\left. \begin{aligned} d\gamma &= \{\gamma_0/(\mu'-\mu)\} \cdot \exp\{(X-\mu)/(\mu'-\mu)\} \cdot dX \equiv G_1 \cdot dX \\ d\epsilon_N &= \{(\mu-X)/\lambda\} \cdot d\gamma = \{(\mu-X)/\lambda\} \cdot G_1 \cdot dX \\ d\epsilon_L &= d\epsilon_N + \tan\phi_{mo} \cdot d\gamma = \{(\mu-X)/\lambda + X\} \cdot G_1 \cdot dX \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここに、 $X \equiv \tau/\sigma_N = \tan\phi_{mo}$, $\lambda, \mu, \mu', \gamma_0$ は土質パラメータである(アルミ丸棒の積層体の場合、 $\lambda=0.8, \mu=0.19, \mu'=0.28, \gamma_0=0.16\%$)。次に、アルミ丸棒の積層体を用いた主応力方向回転試験の場合には、常に主応力と主ひずみ増分方向のズレ角 $\delta \approx 30^\circ$ であることを考慮すれば、滑動面のひずみ増分($d\epsilon_N, d\epsilon_L, d\gamma$)は一般面のひずみ増分($d\epsilon_y, d\epsilon_x, d\gamma_{yx}$)に変換することができる¹⁾。ここでは、巨視的に応力比 X (あるいは σ_1/σ_3)が変化しなくても、主応力方向が回転すると粒子構造が変化

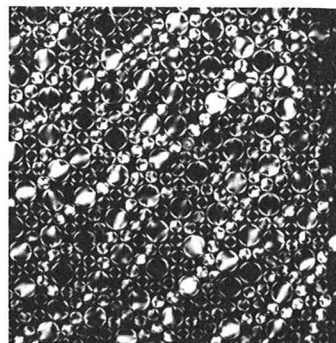


写真-1 主応力方向回転試験における光弾性縞写真

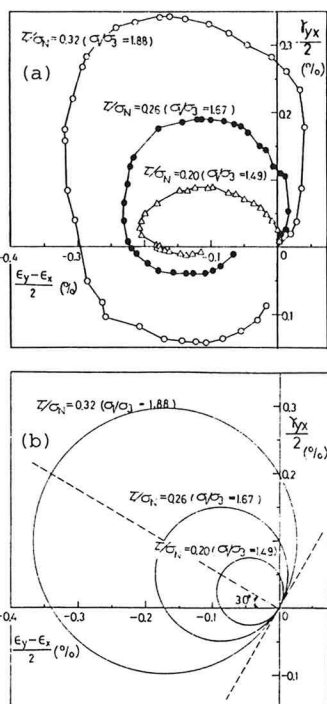


図-1 主応力方向回転試験における $\gamma_{yx}/2 \sim (\epsilon_y - \epsilon_x)/2$ 関係の(a)実測値(補正後)と(b)解析値

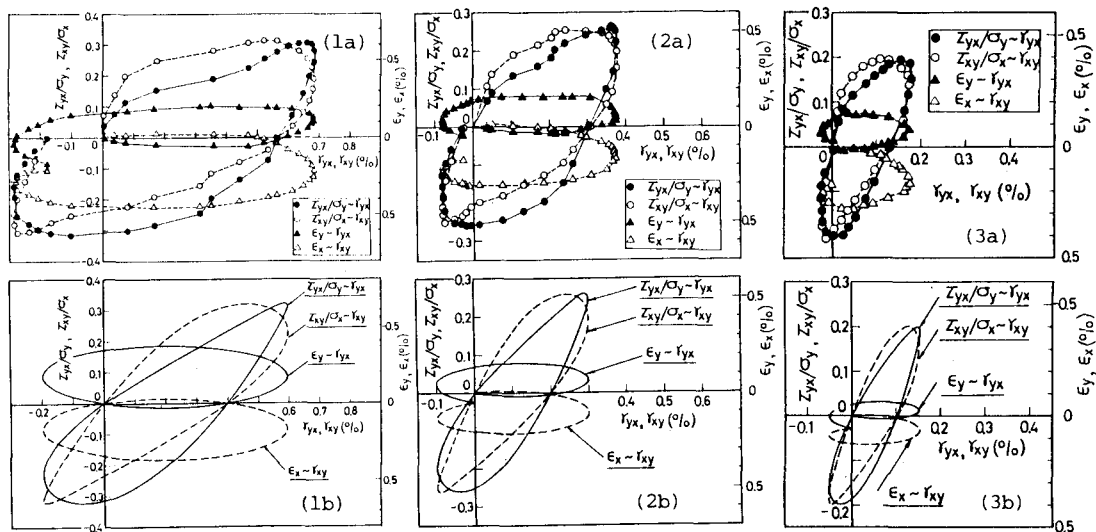


図-2 (1) $\tau/\sigma_N=0.32$, (2) $\tau/\sigma_N=0.26$, (3) $\tau/\sigma_N=0.20$ の主応力方向回転試験における応力比～ひずみ関係の(a)実測値(補正後)と(b)解析値の比較

するので、各粒子接点における微視的な応力比は変化すると考え、それに相当する応力比変化 dX が存在するものとして、式(1)のひずみ増分を一般面へ変換した(すべての実験に対して $dX=0.05$ と仮定した)。その解析結果を図-1(b), 図-2(b), 図-3(b)に示す。解析値は全ての実測値の傾向をよく説明している。図-4, 5(a)は、弾性論の応力～ひずみ関係($E=80 \text{ kgf/cm}^2$, $\nu=0.3$)に基づいて算定された関係である。図-5(b)は、図-5(a)の關係に主応力と主ひずみ増分方向のズレ角 $\delta=30^\circ$ を考慮した場合の解析値である。ひずみの絶対値やダイレイタンス(ϵ_y, ϵ_x の最終値)は表現できないものの、応力比～ひずみ関係の傾向は説明しており興味深い。

謝辞 光弾性実験について装置をお貸し頂いた本学松浦聖教授、適切な助言を頂いた本学中井照夫助教授に謝意を表します。

文献 1) 松岡他(1985):第20回土質工学研究発表会(投稿中)。

2) 金谷他(1984):第19回土質工学研究発表会, 116, pp.273-274。

3) 松岡他(1977):土木学会論文報告集, 第266号, pp.95-105。

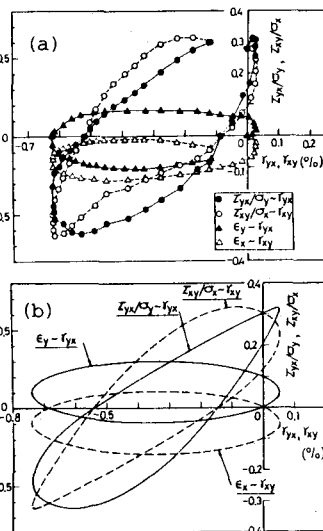


図-3 モールの応力円の頂点からの主応力方向回転試験($\tau/\sigma_N=0.32$)の(a)実測値(補正後)と(b)解析値

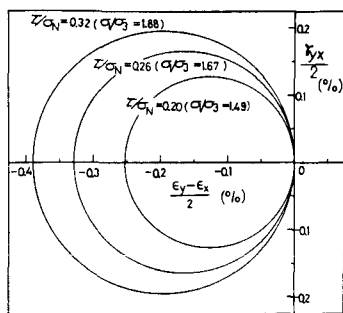


図-4 弾性論による $\gamma_{yx}/2 \sim (\epsilon_y - \epsilon_x)/2$ 関係の解析値

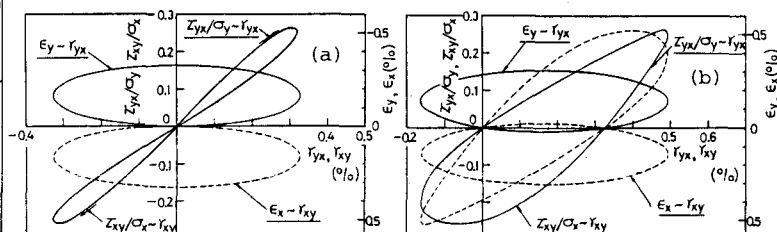


図-5 (a)弾性論による応力比～ひずみ関係の解析値と(b)それに主応力と主ひずみ増分方向のズレ角を考慮した解析値($\tau/\sigma_N=0.26$)