

軸力とトルクの組合せ荷重下における薄肉円管のひずみと応力の測定について

谷 本 昇*

On the measurements for strains and stresses of the thin-walled tube subjected to the combined axial force and torque.

Noboru TANIMOTO

Abstract

In this paper, new equations for true strain and true stress of the thin-walled tube subjected to combined axial force and torque. This is taken account of strains of the surface of specimen measured by new method of measurements proposed before and current area of cross sections of the specimen.

1 緒 言

薄肉円管に軸力とトルクの組合せ荷重を負荷した場合、その変形挙動の解明は、固体の一般的変形挙動の解明のために欠かすことができない。

普通、この実験に際して用いる測定手段は、ストレインゲージ、あるいはそれを組込んだロードセル、差動変圧式変位計であり、それらを用いて直接測定される量は、表面のひずみ（あるいは変位）であり、その表面のひずみから、薄肉円管試験片のひずみ、ひずみ速度、荷重、応力などを求める。そして、それらの値を用いて、その固体材料の特性を判断し、定式化を行う。あるいは、その実験の指針となっている理論の検証を行う。

ストレインゲージを用いる場合、従来、丸棒あるいは円管の表面のひずみを求めるために、軸方向と、軸方向に対して 45° 方向にストレインゲージを接着している。しかし、この2方向のストレインゲージ出力からでは、正しい表面のひずみは得られず、これら2方向の他に、軸方向に対して 90° 方向、すなわち周方向にもストレインゲージを接着し、その出力も考慮しなければならない。^{(1)~(3)}

軸力とトルクの組合せ荷重下において、ストレインゲージを用いて、試験棒表面のひずみを測定するとき、軸

力負荷に伴う試験棒半径方向の変化を考慮しなければならない。

さらに、軸力とトルクの負荷の順序を考慮に入れなければならない。軸力を負荷し、さらにトルクを負荷する場合、トルクを負荷し、さらに軸力を負荷する場合、そして軸力とトルクを同時に負荷する場合に分けて考察しなければならない。それぞれの場合、試験棒表面の軸ひずみとねじりせん断ひずみを求めるスケインゲージ出力からの計算式は異なる。^{(1)~(3)}

薄肉円管試験片の真の軸ひずみ、真のねじりせん断ひずみは、その表面のひずみから求めることになるが、そのためには、薄肉円管の変形状態を考慮しなければ正しい薄肉円管の真の軸ひずみとねじりせん断ひずみを算出することはできない。薄肉円管の変形中の寸法を用いなければならない。従来からの薄肉円管のひずみの計算式では、この点も考慮されていない^{(4)~(6)}。

そこで、本論文は試験棒表面上の3方向、軸方向、軸方向に対して 45° 方向、そして軸方向に対して 90° 方向（周方向）に接着したストレインゲージ出力から求められる表面の軸ひずみとねじりせん断ひずみから^{(1)~(6)}、薄肉円管試験片の軸ひずみ、ねじりせん断ひずみ、軸力、トルク、軸応力そしてねじりせん断応力を求める新しい計算式を導出する。さらに従来から用いられている表面の2方向に接着したストレインゲージ出力から求められる表

* 宇部工業高等専門学校機械工学科

面の軸ひずみとねじりせん断ひずみから、薄肉円管試験片の軸ひずみ、ねじりせん断ひずみ、軸力、トルク、軸応力そしてねじりせん断応力を求める計算式と⁽⁴⁾⁽⁵⁾新しい計算式とを比較検討する。そしてその結果、従来からの計算式では大きな誤差を伴うことを示す。

本論文の考察は静的な変形挙動の場合にも動的な変形挙動の場合にも成り立つ。ただし、動的な場合は、基本的には、薄肉円管試験の両側の弾性棒のひずみを用いる。

以下、軸力とトルクの組合せ負荷の場合の考察を容易にするため、軸力負荷だけの場合、トルク負荷だけの場合、組合せ負荷の場合の順に考察を進める。

2 軸力負荷だけの場合

各記号の添字1は、荷重棒（あるいは入力棒、弾性棒、ロードセル）についての値を示し、添字2は、薄肉円管試験片についての値を示す。また、添字Sは、外表面の値を示す。以後の各節も同様である。

荷重棒（あるいは入力棒、弾性棒、ロードセル）には中実丸棒を用い、試験片には薄肉円管を使用する。以後の各節も同様である。

図1のような試験棒の集合を考える。

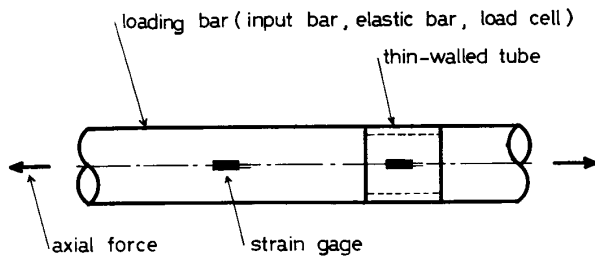


図1 軸力負荷の場合

2.1 試験片のひずみ

薄肉円管試験片の真の軸ひずみ ε_2 は、その表面の真の軸ひずみ $\bar{\varepsilon}_{2s}$ と同じになる。

$$\bar{\varepsilon}_2 = \bar{\varepsilon}_{2s} \quad (1)$$

2.2 試験片の荷重、応力

薄肉円管の試験片に負荷されている軸応力、軸荷重を知るときは、試験片に直列に接続された荷重棒（あるいは入力棒、弾性棒、ロードセル）の軸ひずみから求められる。荷重棒は弾性範囲にあり、その公称軸ひずみ ε_1 は、その表面の公称軸ひずみ ε_{1s} で表わされる。

$$\varepsilon = \varepsilon_{1s} \quad (2)$$

荷重棒の縦弾性係数 E_1 は既知とすると、その応力 σ_1 は、

$$\sigma_1 = E_1 \varepsilon_1 \quad (3)$$

であり、式(2)を用いると、

$$\sigma_1 = E_1 \varepsilon_{1s} \quad (4)$$

となる。

荷重棒の荷重 F_1 は、その変形中の横断面積を A_1 とすると

$$F_1 = A_1 \sigma_1 \quad (5)$$

から求められる。荷重棒の変形は弾性範囲で微小なので直径変化は無視できて荷重棒の変形前の直径を d_1 とすると(5)式は、

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2 \sigma_1}{4} \quad (6)$$

となり、(3) or (4)式を代入すると

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2 E_1 \varepsilon_1}{4} = \frac{\pi d_1^2 E_1 \varepsilon_{1s}}{4} \quad (7)$$

となる。

薄肉円管に負荷されている荷重 F_2 は F_1 と等しく、薄肉円管の変形中の横断面積を A_2 とすると、その応力 σ_2 は

$$\sigma_2 = F_1 / A \quad (8)$$

から求められる。

3 トルク負荷だけの場合

図2のような試験棒の集合を考察する。

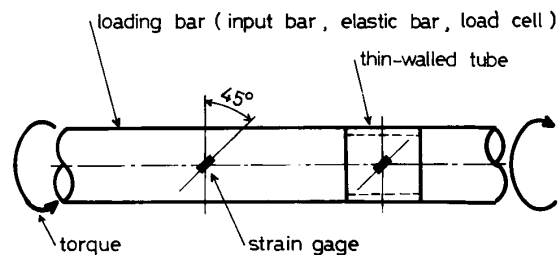


図2 トルク負荷の場合

3.1 試験片のねじりせん断ひずみ

薄肉円管試験片のねじりせん断ひずみ $\bar{\gamma}_2$ は、その平均半径 r_m でのねじりせん断ひずみをもってそれとされる。表面のねじりせん断ひずみ $\bar{\gamma}_{2s}$ 、外半径を r とすると、薄肉円管試験片のねじりせん断ひずみは、

$$\bar{\gamma} = \frac{r_m}{r} \bar{\gamma}_{2s} \quad (9)$$

から得られる⁽⁶⁾。肉厚を t とすると、(9)式は

$$\bar{r}_2 = \left(1 - \frac{t}{2r}\right) \bar{r}_{2s} \quad (10)$$

となる。

3. 2 試験片のトルク

薄肉円管試験片に負荷されるトルクは、それに直列結合した荷重棒（あるいは入力棒、弾性棒、ロードセル）の表面のねじりせん断ひずみから求められる。

荷重棒は弾性範囲に有り、その表面の公称ねじりせん断ひずみ r_1 、直径 d_1 、横弾性係数 G_1 とすると、荷重棒にはトルク T_1 、

$$T_1 = \frac{\pi d_1^3 G_1 r_1}{16} \quad (11)$$

が作用していることになる。

薄肉円管試験片に作用しているトルク T_2 は T_1 と等しく、薄肉円管の平均半径、肉厚をそれぞれ r_m 、 t とすると、薄肉円管試験片のねじりせん断応力 τ_2 は

$$\tau_2 = \frac{T_1}{2\pi r_m^2 t}$$

から求められる。

4 軸力とトルクの組合せ負荷の場合

本節では、軸力とトルクの組合せ荷重を受けた薄肉円管の軸ひずみ、ねじりせん断ひずみ、軸応力そしてねじりせん断応力を求める新しい計算式を導出する。荷重棒（あるいは入力棒、弾性棒、ロードセル）には中実丸棒を使用し、試験片には薄肉円管を用いる（図3）。

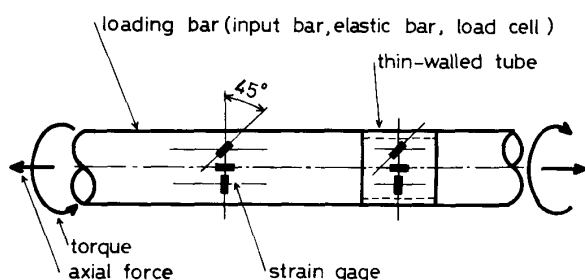


図3 軸力とトルクの組合せ負荷の場合

4. 1 試験片のひずみ

薄肉円管のひずみについて考察する。薄肉円管試験片の軸ひずみ $\bar{\epsilon}_2$ は、薄肉円管試験片表面の軸ひずみ $\bar{\epsilon}_{2s}$ から、

$$\bar{\epsilon}_2 = \bar{\epsilon}_{2s} \quad (12)$$

として求められる。

薄肉円管試験片のねじりせん断ひずみ \bar{r}_2 は変形中の平均半径位置 R_m での値をそれとする。変形中の肉厚を

t_2 とすると、薄肉円管のねじりせん断ひずみは、

$$\bar{r}_2 = \frac{R_m}{r_2} \bar{r}_{2s} \quad (13)$$

から求められる。変形中の肉厚を t_2 とすると、(13)式は、

$$\bar{r}_2 = \left(1 - \frac{t_2}{2r_2}\right) \bar{r}_{2s} \quad (14)$$

となる。

後で示すように変形中の肉厚 t_2 と外半径 r_2 の比は、非圧縮性が仮定できるような場合、変形前の肉厚 t と変形前の外半径 r の比と、次式のように関連づけることができる。

$$t_2/r_2 \approx t/r \quad (15)$$

したがって、(14)式は、(15)式を用いると、

$$\bar{r}_2 \approx \left(1 - \frac{t}{2r}\right) \bar{r}_{2s} \quad (16)$$

となる。

ここで、(16)式を導出する。

薄肉円管の変形前、変形中の外半径、肉厚、長さをそれぞれ r 、 r_2 、 t 、 t_2 そして l 、 l_2 とする。この場合、薄肉円管の試験片の変形前の体積 V と変形中の体積 V_2 は等しい。

$$tl(2r-t) - t_2l_2(2r_2-t_2) = 0 \quad (17)$$

薄肉円管の外表面の真の周方向ひずみ $\bar{\epsilon}_{90}$ と外半径の関係式、

$$r_2 = r \text{EXP}(\bar{\epsilon}_{90}) \quad (18)$$

と、薄肉円管の真の軸ひずみ $\bar{\epsilon}$ と長さの関係式、

$$l_2 = l \text{EXP}(\bar{\epsilon}) \quad (19)$$

を用いると、(17)式は、

$$r^2 t_2^2 \text{EXP}(2\bar{\epsilon}_{90}) - 2r_2 t_2 r^2 \text{EXP}(2\bar{\epsilon}_{90}) + r_2^2 (2rt - t^2) \text{EXP}(-\bar{\epsilon}) = 0 \quad (20)$$

となる。

(20)式を t_2/r_2 について解くと、(15)式を得る。新ためて記すと、

$$t_2/r_2 \approx t/r \quad (21)$$

となる。ただしここでは $\bar{\epsilon}_{90}$ 、 $\bar{\epsilon}$ の2次以上の項を省略しており、次式を満足する薄肉円管の寸法を仮定している。

$$t/r \lesssim 0.1 \quad (22)$$

普通、薄肉円管試験片の寸法は(22)式を満足するように選ばれている。

次に、後で使用する薄肉円管試験片の変形中の平均半径 R_m 、肉厚 t_2 を既知の値で表現する式を導出することにしよう。変形は非圧縮性が仮定できる程度の変形の

場合を考察する。

この場合、薄肉円管の変形前の外半径 r 、平均半径 r_m 、肉厚 t_2 、を既知の値で表現する式を導出することにしよう。変形は非圧縮性が仮定できる程度の変形の場合を考察する。

この場合、薄肉円管の変形前の外径 r 、平均半径 r_m 、肉厚 t 、長さ l 及びそれらの増分 Δr 、 Δr_m 、 Δt 、 Δl の間の関係式は次式で与えられる⁽⁶⁾。

$$\frac{\Delta r_m}{r_m} \approx \left(1 + \frac{t}{r_m}\right) \frac{\Delta r}{r} + \frac{1}{2} \frac{t}{r_m} \frac{\Delta l}{l} \quad (23)$$

また、次の関係式も成り立つ。

$$\left. \begin{aligned} r_m &= r - \frac{t}{2} \\ \Delta r_m &= \Delta r - \frac{1}{2} \Delta t \\ \Delta r &= r \varepsilon_{90} = r_2 - r \\ \Delta l &= l \varepsilon_2 \\ R_m &= r_2 - \frac{t_2}{2} = r_m + \Delta r_m \\ t_2 &= t + \Delta t \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

ここで、 ε_2 は薄肉円管の公称軸ひずみ、 ε_{90} は外表面の公称円周方向ひずみであり、 r_2 、 R_m 、 t_2 はそれぞれ変形中の外半径、平均半径、肉厚である。

薄肉円管の変形中の肉厚 t_2 、平均半径 R_m は、(23)、(24)式から、次式のようになる。

$$\begin{aligned} t_2 &\approx t (1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_{90}) \\ &\approx t \{ 3 - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_{90}) \} \quad (25) \\ R_m &\approx r_m (1 + \varepsilon_{90}) + t (0.5 \varepsilon_2 + \varepsilon_{90}) \\ &\approx r_m \text{EXP}(\varepsilon_{90}) + t \{ 0.5 \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) + \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_{90}) - 1.5 \} \quad (26) \end{aligned}$$

(25)、(26)式は、薄肉円管の変形中の肉厚 t_2 、平均半径 R_m を、変形前の外半径 r 、平均半径 r_m 、肉厚 t 、公称軸ひずみ ε_2 、あるいは真ひずみ $\bar{\varepsilon}_2$ 、外表面の公称周ひずみ ε_{90} 、あるいは真の周ひずみ $\bar{\varepsilon}_{90}$ で表わしたものである。

次に、(21)、(24)₁、(24)₅、そして(25)式を用いると、

$$\varepsilon_{90} \approx -0.5 \varepsilon_2 \quad (27)$$

を得る。

(27)式は、薄肉円管の公称軸ひずみ ε_2 と薄肉円管表面公称周ひずみ ε_{90} との関係式である。

(27)式は、さらに、それぞれの真ひずみを用いると、

$$\text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) + 2 \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_{90}) \approx 3 \quad (28)$$

となる。

4. 2 軸力と軸応力

薄肉円管試験片に負荷されている軸力とトルクは、薄肉管に直列接続されている荷重棒（あるいは入力棒、弾性棒、ロードセル）に負荷されている軸力とトルクから求めることができる。

軸力負荷だけの場合と同様であって、荷重棒（あるいは入力棒、弾性棒、ロードセル）は弾性変形の範囲にあり、ひずみは微小なので、荷重棒のひずみは、その公称ひずみ ε_1 を用いることができるので、その表面の公称軸ひずみ ε_{1s} から、

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{1s} \quad (29)$$

となる。

荷重棒に負荷されている軸力 F_1 は、その直径変化は無視できて、変形前の直径 d_1 、縦弾性係数 E_1 を既知として、

$$F_1 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 E_1 \varepsilon_1 \quad (30)$$

となる。

(30)式は、(29)式を用いると

$$F_1 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 E_1 \varepsilon_{1s} \quad (31)$$

とも書ける。

薄肉円管試験片に負荷されている軸力 F_2 は F_1 と等しく、薄肉円管試験片の変形中の横断面積を A_2 とすると、その軸応力 σ_2 は、

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= F_2 / A_2 \\ &= F_1 / A_2 \quad (32) \end{aligned}$$

からめられる。

(32)式は、薄肉円管の変形中の肉厚 t_2 と平均半径 R_m を用いると、

$$\sigma_2 = \frac{F_1}{2 \pi R_m t_2} \quad (33)$$

となる。

(33)式は、(31)式を用いると、

$$\sigma_2 = \frac{d_1^2 E_1 \varepsilon_{1s}}{8 R_m t_2} \quad (34)$$

となる。

(34)式は、(25)、(26)式を用いると、

$$\sigma_2 = \frac{d_1^2 E_1 \varepsilon_{1s}}{8 (r_m - r \varepsilon_2) t} \quad (35)$$

となる。

薄肉円管の真の軸ひずみ ε_2 を用いると、(35)式は、

$$\sigma_2 = \frac{d_1^2 E_1 \varepsilon_{1s}}{8 t \{ 2r - 0.5 t - r \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) \}} \quad (36)$$

となる。

あるいは、(36)式は、

$$\sigma_2 = \frac{d_1^2 E_1 \varepsilon_{1s}}{8 r t \left\{ 2 - \frac{t}{2r} - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) \right\}} \quad (37)$$

となる。

③7式が、薄肉円管試験片の軸応力の新しい計算式である。この式の中のひずみ ε_{1s} 、 $\bar{\varepsilon}_2$ は、新しい測定法^{(1)~(3)}による値である。

次に、従来から用いられている軸応力の計算式は、

$$\begin{aligned} \sigma'_2 &= \frac{F'_1}{2 \pi r_m t} \\ &= \frac{d_1^2 E_1 \varepsilon'_{1s}}{8 r_m t} \end{aligned} \quad (38)$$

である。⁽⁴⁾⁽⁵⁾ここで、 F'_1 、 ε'_{1s} は、それぞれ従来からの測定法によって得た荷重棒の軸力と荷重棒表面の公称軸ひずみである。

ここで、従来から用いられてきている計算式③8式と、新しい計算式③7式とを比較すると、その誤差 E_σ は、

$$\begin{aligned} E_\sigma &= \sigma'_2 / \sigma_2 - 1 \\ r_m &= \frac{\left\{ 2r - 0.5t - r \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) \right\} \bar{\varepsilon}'_{1s}}{r_m \varepsilon_{1s}} \\ &= \left[1 + \left(1 + \frac{t}{2r} \right) \left\{ 1 - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) \right\} \right] \\ &\quad \frac{\varepsilon'_{1s}}{\varepsilon_{1s}} - 1 \end{aligned} \quad (39)$$

となる。

荷重棒は弾性変形の範囲にあり、そのような微小変形の場合、従来からの測定法による軸ひずみ ε'_{1s} と新しい測定法による軸ひずみ ε_{1s} は殆んど変わらなくて、

$$\varepsilon_{1s} \approx \varepsilon'_{1s} \quad (41)$$

となるので^{(1)~(3)}、③9式は、

$$E_\sigma = \left(1 + \frac{t}{2r} \right) \left\{ 1 - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) \right\} \quad (42)$$

となる。

例えば、薄肉円管試験片の変形前の外半径 r を 10mm、肉厚 t を 1mm とすると、④0式は、

$$E_\sigma = 1.05 \left\{ 1 - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) \right\} \quad (43)$$

となる。

④2式から、試験片の真の軸ひずみ $\bar{\varepsilon}_2$ が 0.05 のとき、誤差 E_σ は約 -5.4% となり、 $\bar{\varepsilon}_2$ が 0.1 のとき、誤差 E_σ は約 -11% となる。このように、従来からの計算式は、大きな誤差を含んでおり、表面のひずみの測定は新しい測定法を用いて行い、薄肉円管試験片の横断面積は変形中のものを使う必要がある。

④2式において、 ε_2 が零のとき、 E_σ は零となるが、このことは、試験片の軸ひずみが零のとき、従来の式によ

る軸応力と新しい計算式による軸応力の誤差が無いということで、材料の変化が無いのだから当然のことである。

4.3 トルクとねじりせん断応力

中実丸棒の荷重棒（あるいは入力棒、弾性棒、ロードセル）は弾性範囲にあり、ねじりせん断ひずみは微小であるので、荷重棒のひずみとしてその公称ねじりせん断ひずみ γ_{1s} を用いることができ、その表面の公称ねじりせん断ひずみ γ_{1s} から、トルク T_1 は、変形前の直径 d_1 、横弾性係数 G_1 を既知とすると、

$$T_1 = \frac{\pi d_1^3 G_1 \gamma_{1s}}{16} \quad (43)$$

である。

この荷重棒には軸力も作用しており、その直径は変形前の状態から変化はするが、変形が弾性範囲であり、ひずみは微小であるので、直径変化は微小となり、変形前の直径 d_1 を用いることができる。

薄肉円管試験片に作用しているトルク T_2 は T_1 に等しく、薄肉円管の変形中の平均半径 R_m 、変形中の肉厚 t_2 を用いると、薄肉円管試験片のねじりせん断応力 τ_2 は、

$$\tau_2 = \frac{T_1}{2 \pi R_m^2 t_2} \quad (44)$$

となる。

④4式は、④3式を用いると、

$$\tau = \frac{d_1^3 G_1 \gamma_{1s}}{32 R_m^2 t_2} \quad (45)$$

となる。

薄肉円管の試験片は弾塑性変形状態にあるので、算出に用いる平均半径、肉厚の寸法は変形中のそれではなければならない。

④5式は、②5、②6式を用いると、

$$\tau = \frac{d_1^3 G_1 \gamma_{1s}}{32 r t \left\{ 1 - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) + \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_{90}) - \frac{t}{r} \right\}} \quad (46)$$

となる。

さらに、②8式を用いると、④6式は、

$$\tau_2 = \frac{d_1^3 G_1 \gamma_{1s}}{32 r_2 t \left\{ 2.5 - 1.5 \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) - \frac{t}{r} \right\}} \quad (47)$$

となる。

④7式が、軸力とトルクの組合せ荷重下において、薄肉

円管試験片のねじりせん断応力を求める新しい計算式である。(47)式の中のひずみ γ_{1s} , $\bar{\varepsilon}_2$ は、新しい測定法による値である。

次に、従来から用いられている薄肉円管試験片のねじりせん断応力の計算式は、

$$\begin{aligned} \tau'_2 &= \frac{T'}{2\pi r_m^2 t} \\ &= \frac{d_1^3 G_1 \gamma'_{1s}}{32 r_m t} \end{aligned} \quad (48)$$

である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。ここで、 T'_1 , γ'_{1s} は、それぞれ従来からの測定法によって得た荷重棒のトルク、荷重棒の表面の公称ねじりせん断ひずみである。

従来からの計算式(48)式と新しい計算式(47)式と比較すると、その誤差 E_τ は、

$$\begin{aligned} E_\tau &= \tau'_2 / \tau_2 - 1 \\ &= \frac{r^2 \{2.5 - 1.5 \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) - \frac{t}{r}\} \gamma'_{1s}}{r_m^2 \gamma_{1s}} - 1 \\ &= [1 + 1.5 (1 + \frac{t}{r}) \{1 - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2)\}] \\ &\quad \frac{\gamma'_{1s}}{\gamma_{1s}} - 1 \end{aligned} \quad (49)$$

となる。

γ'_{1s} と γ_{1s} の関係は、例えば

$$\gamma'_{1s} \approx .9 \gamma_{1s}$$

となる場合がある^{(1)~(3)}。この場合、(49)式は、

$$E_\tau = -0.1 + 1.35 (1 + \frac{t}{r}) \{1 - \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2)\} \quad (50)$$

となる。

例えば、薄肉円管試験片の変形前の外半径 r を 10mm 、変形前の肉厚 t を 1mm とすると、(50)式は、

$$E_\tau = -1.385 + 1.485 \text{EXP}(\bar{\varepsilon}_2) \quad (51)$$

となる。

(51)式において、薄肉円管試験片の真の軸ひずみ $\bar{\varepsilon}_2$ が 0.05 のとき、誤差 E_τ は約 -17.6% になり、 $\bar{\varepsilon}_2$ が 0.1 のとき、 E_τ は約 -25.6% となる。このように、軸力とトルクの組合せ荷重下において、ねじりせん断応力を求め

るとき、従来から使用されている計算式(48)式は、非常に大きな誤差を含むことになる。ここで、(51)式において、薄肉円管試験片の軸ひずみ $\bar{\varepsilon}_2$ を零とすると、その誤差 E_τ は -10% となる。これは、軸力が負荷されていなくても、荷重棒の表面の(公称)ねじりせん断ひずみの測定段階で、従来からの測定法と新しい測定法の違いが現われているのである。

5 結 言

固体材料の一般的変形挙動の解明に欠くことができない軸力とトルクの組合せ荷重下における実験的研究を遂行する場合、その基本的事項になる

1 薄肉円管試験片の軸ひずみ、ねじりせん断ひずみ、軸応力、そしてねじりせん断応力を求める新しい計算式を導出した。

さらに、

2 従来から用いられている計算式には、非常に大きな誤差を含むことを明らかにした。

3 本論文で、導出した新しい計算式は、静的な変形挙動の場合にも、動的な変形挙動の場合にも、適用可能である。

参 考 文 献

- (1) 谷本, 日本機械学会関西支部第242回講演会発表予定, (昭56-11)。
- (2) 谷本, 日本機械学会中国四国支部松山地方講演会発表予定, (昭56-11)。
- (3) 谷本, 宇部高専研究発表予定, (昭56-9)。
- (4) 白鳥・池上・金子, 機論, 39-318 (昭48), 458。
- (5) 進藤・瀬口・新村・小嶋, 機論, 43-369 (昭52), 1651。
- (6) 山田, 塑性力学, (昭46), 日刊工業新聞社。

(昭和56年9月21日受理)