円輪或は螺旋で補強された管の強さ⁽¹⁾

(昭和16年1月23日 関西支部第112回講演會に於て講演)

正員 植松 時雄⁽²⁾

正員 酒井 莞爾郎⁽³⁾

摘 要

本文では、補強材として円輪或は螺旋を持つ管が、内圧を受けたとき生ずる應力を、(1) 補強材のみが力を受持つ場合、(2) 管壁と補強材とが共に力を受持ち、一樣に変形する場合、(3) 管壁と補強材とが共に力を受持つが、一樣に変形しない場合、に就て調べた。そして最大主應力説を用ひて、管壁のみが受け得る内圧と、補強材のある管の受け得る内圧との比を作り、これを補強材の効果と名付け、補強材の働きを明らかにした。

1. 緒 言

流体を送る管は、内圧の増加につれて管壁の厚さを増さなければならぬが、壁の厚さには製作上限度があるので、壁の厚さを或範囲内に収めるために、円輪或は螺旋で補強させることがある。このやうな管に生ずる應力を近似的に求め、併せて補強材の効果を調べてみる。

この計算を行ふに當つて次のやうな記号を用ひる。

- p : 補強材のない管に働く内圧、
- p_0, p' : 円輪及び螺旋で補強された管に働く内圧、
- σ, σ' : 管壁及び補強材に生ずる引張應力、
- $\epsilon, \epsilon_0, \epsilon'$: 管壁、円輪及び螺旋に生ずる引張歪、
- E, E' : 管壁及び補強材のヤング係数、
- b : 管壁の厚さ、
- a, h : 補強材の断面の幅及び厚さ、
- t : 補強材のピッチ、
- P, P' : 管の軸平面に働く力の内、管壁及び補強材の受持つ力。

2. 補強材の変形

a. 円輪

第1図に於て、円輪の平均半径を r 、中心線の半径方向の変位を ξ とすれば、円輪に生ずる引張歪 ϵ_0' は

$$\epsilon_0' = \xi / r \dots \dots \dots (1)$$

で與へられる。

b. 螺旋

第2図に於て、螺旋の平均半径を r 、半径方向の変位を ξ 、ピッチ角を α 、変形後のそれを α' とすれば、変形前の螺旋の一卷の長さは $2\pi r / \cos \alpha$ 、変形後のそれは $2\pi(r + \xi) / \cos \alpha'$ になる。そしてピッチ角 α 及び α' の間には、

$$r \tan \alpha = (r + \xi) \tan \alpha'$$

の關係がある。

ξ は r に比較して小さいから、

$$\tan \alpha' = (1 - \xi/r) \tan \alpha$$

となる。こゝで、

$$\alpha' = \alpha - \Delta \alpha$$

とおけば、 $\Delta \alpha$ は小さいので、

$$\begin{aligned} \tan(\alpha - \Delta \alpha) &= \frac{\tan \alpha - \Delta \alpha}{1 + \Delta \alpha \cdot \tan \alpha} \\ &= (\tan \alpha - \Delta \alpha)(1 - \Delta \alpha \cdot \tan \alpha) \\ &= \tan \alpha - \Delta \alpha - \Delta \alpha \cdot \tan^2 \alpha \end{aligned}$$

となるから、

$$\begin{aligned} \tan \alpha - \Delta \alpha - \Delta \alpha \cdot \tan^2 \alpha &= (1 - \xi/r) \tan \alpha \\ \Delta \alpha(1 + \tan^2 \alpha) &= \xi/r \tan \alpha \\ \Delta \alpha &= \xi/r \sin \alpha \cdot \cos \alpha \end{aligned}$$

第1図 円輪

第2図 螺旋

(1) Strength of a Pipe reinforced by Rings or Spirals.
 (2) Tokio UEMATU, Member. The Ōsaka Imperial University
 大阪帝国大学。
 (3) Kanjiro SAKAI, Member. The Sakai Iron Works, Ōsaka. 酒井鉄工所。

と表はすことが出来る。

そして螺線に生ずる引張歪 ϵ' は

$$\epsilon' = \left\{ \frac{2\pi(r+\xi)}{\cos \alpha'} - \frac{2\pi r}{\cos \alpha} \right\} / \frac{2\pi r}{\cos \alpha}$$

$$= \left(1 + \frac{\xi}{r} \right) \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} - 1$$

である。然るに

$$\cos \alpha' = \cos(\alpha - \Delta\alpha) = \cos \alpha + \Delta\alpha \cdot \sin \alpha,$$

$$\frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} = \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha + \Delta\alpha \cdot \sin \alpha}$$

$$= \frac{1}{1 + \Delta\alpha \cdot \tan \alpha}$$

$$= 1 - \Delta\alpha \cdot \tan \alpha$$

であるから、

$$\epsilon' = (1 + \xi/r)(1 - \Delta\alpha \cdot \tan \alpha) - 1$$

$$= \xi/r - \Delta\alpha \cdot \tan \alpha - (\xi/r) \cdot \Delta\alpha \cdot \tan \alpha$$

であつて、 $(\xi/r) \cdot \Delta\alpha \cdot \tan \alpha$ の項を省略すれば、

$$\epsilon' = \xi/r - \Delta\alpha \cdot \tan \alpha$$

と表はされる。これに $\Delta\alpha$ の関係を代入すれば、

$$\epsilon' = (\xi/r) \cos^2 \alpha \quad (2)$$

となる。

3. 管壁が力を受持たない場合

管の内圧に依て生ずる力を補強材のみが受持ち、管壁はそれに関与しない場合を考へてみる。

a. 円輪で補強された場合

第3図 円輪で補強された管

第3図に於て、管の内径を $2r$ 、内圧を p_0' とすればピッチ t の間の管の釣合の条件式は

$$2 \sigma' ah = 2rp_0't$$

或は

$$\sigma' ah = rp_0't \quad (3)$$

である。管壁の半径方向の変位を ξ とすれば、(1) に依り近似的に、

$$\sigma' = E'\epsilon_0'$$

$$= E'\xi/r$$

であるから、

$$E' \frac{\xi}{r} ah = rp_0't,$$

$$\xi = \frac{r^2 t}{ah E'} p_0' \quad (4)$$

或は内圧は

$$p_0' = E' \frac{\xi}{r} \frac{ah}{rt} \quad (5)$$

で與へられる。

b. 螺線で補強された場合

第4図において、管の内径 $2r$ 、を内圧を p' とすれば、ピッチ t の間の管の釣合の条件式は

$$2\sigma' ah \cos \alpha = 2rp't$$

或は

$$\sigma' ah \cos \alpha = rp't \quad (6)$$

である。管壁の半径方向の変位を ξ とすれば、(2) に依り近似的に、

$$\sigma' = E'\epsilon'$$

$$= (E'\xi/r) \cos^2 \alpha$$

であるから、(6) に σ' の値を代入して、

$$E' \frac{\xi}{r} ah \cos^3 \alpha = rp't,$$

$$\xi = \frac{r^2 t}{ah E' \cos^3 \alpha} p' \quad (7)$$

或は内圧は

$$p' = E' \frac{\xi}{r} \frac{ah}{rt} \cos^3 \alpha \quad (8)$$

で與へられる。

第4図 螺線で補強された管

第1表

$\cos^3 \alpha$ の値

α°	$\cos^3 \alpha$
0	1
1	0.999 50
2	0.998 17
3	0.995 90
4	0.992 70
5	0.988 61
6	0.983 65
7	0.977 82
8	0.971 09
9	0.963 53
10	0.955 12
11	0.945 90
12	0.935 87
13	0.925 06
14	0.913 52
15	0.901 23
16	0.888 22
17	0.874 54
18	0.860 25
19	0.845 30
20	0.829 76
21	0.813 68
22	0.797 06
23	0.779 96
24	0.762 42
25	0.744 41

こゝで補強材として、円輪及び螺線を用ひる場合に就て考へると、同じ変形 ξ/r を生ぜしむるに要する内圧の間には、

$$p'/p_0' = \cos^3 \alpha \quad (9)$$

なる関係がある(第1表参照)。即ち管に生ずる変形 ξ/r が同一とすれば、円輪で補強した管に比較して螺線で補強した方が、受け得る内圧は小さくなる。

4. 管壁と補強材とが共に力を受持ち、一樣に変形する場合

補強材の断面の幅 a に比較してピッチが小さい場合には、管壁と補強材とが一樣に変形すると看做して差支ないであらう。

その時の應力を求めてみる。

a. 管壁のみの強さ

補強材の働きを明瞭にするために、先づ補強材のない管の強さを調べる。

管の内径を $2r$ 、内圧を p 、管壁の半径方向の変位を ξ とすれば、釣合の条件から

$$2\sigma b = 2rp$$

$$\text{或は } \sigma b = rp \quad (10)$$

が得られる。然るに、

$$\sigma = E \xi / r$$

であるから、(10) は

$$E \frac{\xi}{r} b = r p,$$

$$\xi = \frac{r^2}{E b} p \dots\dots\dots(11)$$

となる。或は内圧は

$$p = E \frac{\xi}{r} \frac{b}{r} \dots\dots\dots(12)$$

で與へられる。

b. 円輪で補強された場合

第3図に於て、管壁及び円輪が一様に半径方向に ξ だけの変位をするとすれば、釣合の条件式は

$$2\sigma'ah + 2\sigma bt = 2rp_0't$$

$$\text{或は } \sigma'ah + \sigma bt = rp_0't \dots\dots\dots(13)$$

となる。こゝで近似的に、

$$\sigma' = E' \xi / r, \quad \sigma = E \xi / r$$

とおけば、(13) は

$$E' \frac{\xi}{r} ah + E \frac{\xi}{r} bt = rp_0't,$$

$$\xi = \frac{r^2}{E b 1 + (ah/bt)(E'/E)} \frac{p_0'}{r} \dots\dots\dots(14)$$

となる。或は内圧は

$$p_0' = E \frac{\xi}{r} \frac{b}{r} \left(1 + \frac{ah}{bt} \frac{E'}{E} \right) \dots\dots\dots(15)$$

で與へられる。

補強材のある場合とない場合とでは、両者の変形 ξ/r が同一であるとすれば、夫々の管が受け得る内圧が異なる筈である。それで (12) と (15) とから内圧比を作れば、

$$\frac{p_0'}{p} = 1 + \frac{ah}{bt} \frac{E'}{E} \dots\dots\dots(16)$$

となり、この値に依て補強材の効果が表はされることになる。

次に内圧に依て管軸を含む平面内に生ずる力 $2rp_0't$ の、管壁及び補強材に依て受持たれる力 P 及び P' を求めると、

$$P = 2(E \xi / r) bt \dots\dots\dots(17)$$

$$P' = 2(E' \xi / r) ah \dots\dots\dots(18)$$

であつて、その比は

$$\frac{P}{P'} = \frac{E}{E'} \frac{bt}{ah} \dots\dots\dots(19)$$

である。

c. 螺線で補強された場合

第4図に於て、管壁及び螺線が一様に半径方向に ξ だけの変位をするとすれば、釣合の条件式は

$$2\sigma'ah \cos \alpha + 2\sigma bt = 2rp't,$$

$$\text{或は } \sigma'ah \cos \alpha + \sigma bt = rp't \dots\dots\dots(20)$$

となる。こゝで近似的に、

$$\sigma' = (E' \xi / r) \cos^2 \alpha, \quad \sigma = E \xi / r$$

とおけば、

$$E' \frac{\xi}{r} ah \cos^3 \alpha + E \frac{\xi}{r} bt = rp't,$$

$$\xi = \frac{r^2}{E b 1 + (ah/bt)(E'/E) \cos^3 \alpha} \frac{p'}{r} \dots\dots\dots(21)$$

となる。或は内圧は

$$p' = \frac{\xi}{r} \frac{b}{r} E \left(1 + \frac{ah}{bt} \frac{E'}{E} \cos^3 \alpha \right) \dots\dots\dots(22)$$

で與へられる。

補強材の効果を表はすために、(12) と (22) とに於て、 ξ/r を同じとして内圧比を作れば、

$$\frac{p'}{p} = 1 + \frac{ah}{bt} \frac{E'}{E} \cos^3 \alpha \dots\dots\dots(23)$$

となる。

又補強材としての円輪及び螺線の作用を比較するために、(15) と (22) とに於て、 ξ/r を同一とすれば、

$$\frac{p'}{p_0'} = \left(1 + \frac{ah}{bt} \frac{E'}{E} \cos^3 \alpha \right) / \left(1 + \frac{ah}{bt} \frac{E'}{E} \right) \dots\dots\dots(24)$$

となる。(24) で判るやうに、補強材としては円輪の方が勝つてゐる。

次に内圧に依て管軸を含む平面内に生ずる力 $2rp't$ の、管壁及び補強材に依て受持たれる力 P 及び P' を求めると、

$$P = 2(E \xi / r) bt \dots\dots\dots(25)$$

$$P' = 2(E' \xi / r) ah \cos^3 \alpha \dots\dots\dots(26)$$

であつて、その比は

$$\frac{P}{P'} = \frac{E}{E'} \frac{bt}{ah \cos^3 \alpha} \dots\dots\dots(27)$$

である。

5. 管壁と補強材とが共に力を受持つが、 一様に変形しない場合

補強材の断面の幅 a に比較してピッチが大きい場合には、管軸の方向に就て考へると、補強材の間にある管壁は一様に変形しない。その時の應力を求めてみる。

a. 円輪で補強された場合

第3図のやうに座標軸をとり、管壁を幅 $r \cdot \Delta \theta$ 、厚さ b の断面を持つ梁間 t の梁と考へれば、管壁の変位を定める微分方程式は

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + 4m^4 y = n^4 p_0' \dots\dots\dots(28)$$

$$\text{但し、} 4m^4 = 12/r^2 b^2, \quad n^4 = 12/E b^3$$

である。

(28) の一般解は

$$y = C_1 \cos mx \cdot \cosh mx + C_2 \sin mx \cdot \cosh mx \\ + C_3 \cos mx \cdot \sinh mx + C_4 \sin mx \cdot \sinh mx \\ + (n^4/4m^4)p_0' \dots\dots\dots(29)$$

但し、 C_1, C_2, C_3, C_4 : 積分常数

である。

(29) に含まれる積分常数を、境界条件、

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \\ x=t \end{array} \right\}; \quad \left. \begin{array}{l} dy/dx=0 \\ dy/dx=0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(30)$$

と、内圧に依て生ずる力の釣合の条件、

(4) C. Runge, Z. f. Math. u. Phys., (1904), 254. W. Hort, Die Differentialgleichungen des Ingenieurs, (1925), 145. H. Lorenz, Lehrbuch der Technischen Physik, 3, (1913), 615.

$$2\sigma'ah + 2 \int_0^t \sigma b dx = 2rp_0't$$

或は近似的に、

$$\sigma' = E'(y)_{x=0}/r, \quad \sigma = E y/r$$

とおいた式

$$(E'(y)_{x=0}/r)ah + \int_0^t (Ey/r)b dx = rp_0't \dots\dots\dots (31)$$

とから定めれば、管壁の変位は次のやうになる。

$$y = p_0' \left\{ \frac{-\frac{ahrE'}{bE}}{\frac{ahE' \sinh mt + \sin mt}{r \cosh mt - \cos mt} + \frac{2bE}{rm}} \left\{ \frac{\sinh mt + \sin mt}{\cosh mt - \cos mt} \times \right. \right. \\ \left. \cos mx \cdot \cosh mx + \sin mx \cdot \cosh mx - \cos mx \cdot \sinh mx \right. \\ \left. - \frac{\sinh mt - \sin mt}{\cosh mt - \cos mt} \sin mx \cdot \sinh mx \right\} + \frac{r^2}{Eb} \dots\dots\dots (32)$$

$x=t/2$, 即ち補強材の間の中央に於ては、管壁の変位は最大になり、それを ξ で表はせば、

$$\xi = (y)_{x=t/2} = \frac{r^2}{Eb} p_0' \left\{ 1 - 2 \right. \\ \left. \times \frac{\cos(mt/2) \cdot \sinh(mt/2) + \sin(mt/2) \cdot \cosh(mt/2)}{\sinh mt + \sin mt + 2(bt/ah)(1/mt)(E/E')(\cosh mt - \cos mt)} \right\} \\ \dots\dots\dots (33)$$

となる。

補強材の効果を表はすために、補強材の間の中央における管壁の変形 ξ/r と、補強材のない場合の管壁の変形 ξ/r とが同じとして、(12) と (33) とから内圧比を作れば、

$$\frac{p_0'}{p} = \left\{ 1 - 2 \right. \\ \left. \times \frac{\cos(mt/2) \cdot \sinh(mt/2) + \sin(mt/2) \cdot \cosh(mt/2)}{\sinh mt + \sin mt + 2(bt/ah)(1/mt)(E/E')(\cosh mt - \cos mt)} \right\}^{-1} \\ \dots\dots\dots (34)$$

となる。

次に内圧に依て管軸を含む平面内に生ずる力 $2rp_0't$ の、管壁及び補強材に依て受持たれる力 P 及び P' を求めると、

$$P = 2 \int_0^t (Ey/r)b dx \\ = \frac{2bE}{r} p_0' \left\{ \frac{r^2 t}{Eb} - \frac{2ahrE'}{mbE} \frac{\sinh mt + \sin mt}{\cosh mt - \cos mt} + \frac{2bE}{rm} \right\} \dots\dots\dots (35)$$

$$P' = 2ahE'(y)_{x=0}/r$$

$$= \frac{2ahE'}{r} p_0' \left\{ \frac{r^2}{Eb} \right. \\ \left. - \frac{\frac{ahrE'}{bE}}{\frac{ahE' \sinh mt + \sin mt}{r \cosh mt - \cos mt} + \frac{2bE}{rm}} \frac{\sinh mt + \sin mt}{\cosh mt - \cos mt} \right\} \\ \dots\dots\dots (36)$$

となる。この力の比は

$$\frac{P}{P'} = \frac{btE}{ahE'} + \frac{mt \sinh mt + \sin mt}{2 \cosh mt - \cos mt} - 1 \dots\dots\dots (37)$$

で與へられる。

b. 螺線で補強された場合

この場合の管の変形は厳密には解けないので、次のやうに

近似的な方法をとつてみる。

先づ第4図に於て、幅 $r \cdot \Delta\theta$ 、厚さ b の断面を持ち、管軸に平行な棒を管壁から切取つて考へると、補強材と補強材との間に於ては、棒を切取る位置に拘らず一つの梁と考へることが出来る。この梁の補強材の処における半径方向の変位を ξ_1 、中央における変位を ξ_2 とする。

一方に於て管の横断面を考へると、最初円形であつたものが、補強材の処で ξ_1 の変位を生じ、それと丁度反対側の処は、前に考へた梁の中央に當るので ξ_2 の変位を生ずる。そしてその断面の形は、近似的には矢張り円形であると看做することが出来る。このことは何れの断面に就ても同じである。従て管壁に生ずる引張歪 ε は、管軸に沿ふて一定であつて、

$$\varepsilon = (\xi_1 + \xi_2)/2r$$

で與へられ、それに依る應力も亦管軸に沿ふて一定であつて

$$\sigma = E(\xi_1 + \xi_2)/2r$$

となる。

こゝで再び前に考へた梁に帰り、第4図のやうに座標軸を選べば、梁の変位を表はす微分方程式は

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = n^4 p' - 2m^4 (\xi_1 + \xi_2) \dots\dots\dots (38)$$

$$\text{但し、} 4m^4 = 12/r^2 b^2, \quad n^4 = 12/Eb^3$$

となる。

(38) の一般解は次のやうになる。

$$y = \{n^4 p' - 2m^4 (\xi_1 + \xi_2)\} \frac{x^4}{24} + \frac{c_1}{6} x^3 + \frac{c_2}{2} x^2 + c_3 x + c_4 \\ \dots\dots\dots (39)$$

但し、 c_1, c_2, c_3, c_4 : 積分常数

梁に対する条件は、先づ境界条件として、

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \\ x=t \end{array} \right\}; \quad \left. \begin{array}{l} \frac{dy}{dx} = 0 \\ (y)_{x=0} = (y)_{x=t} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (40)$$

変位に対して、最初の仮定に依り

$$(y)_{x=0} = \xi_1, \quad (y)_{x=t/2} = \xi_2 \dots\dots\dots (41)$$

更に釣合の条件として、

$$2\sigma'ah \cos \alpha + 2 \int_0^t \sigma b dx = 2rp't$$

であり、これに

$$\sigma' = (E'\xi_1/r) \cos^2 \alpha, \quad \sigma = E(\xi_1 + \xi_2)/2r$$

とおいた

$$(E'\xi_1/r)ah \cos^3 \alpha + \{E(\xi_1 + \xi_2)/2r\}bt = rp't \dots\dots\dots (42)$$

の6箇である。

これ等の条件から、変位 y を定めると、

$$y = (1/24) \{n^4 p' - 2m^4 (\xi_1 + \xi_2)\} x^2 (x-t)^2 + \xi_1 \dots\dots\dots (43)$$

但し、

$$\xi_1 = p' \frac{4(192 + m^4 t^4) r^2 t - Eb n^4 t^5}{4 \{ (192 + m^4 t^4) E' ah \cos^3 \alpha + 192 E b t \}} \\ \xi_2 = p' \left[\frac{n^4 t^4}{2(192 + m^4 t^4)} \right. \\ \left. + \frac{(192 - m^4 t^4) \{ 4(192 + m^4 t^4) r^2 t - Eb n^4 t^5 \}}{4(192 + m^4 t^4) \{ (192 + m^4 t^4) E' ah \cos^3 \alpha + 192 E b t \}} \right]$$

となる。

管壁は何れの部分も $(\xi_1 + \xi_2)/2r$ の変形を受けるので、こ

の値と補強材のない管の変形 ξ/r とを同じとおけば、補強材の効果を表はす内圧比が得られる。即ち

$$\frac{p'}{p} = \left[\frac{m^4 t^4}{192 + m^4 t^4} + \frac{36864}{(192 + m^4 t^4) \{ (192 + m^4 t^4) (E'/E) (ah/bt) \cos^3 \alpha + 192 \}} \right]^{-1} \quad (44)$$

である。

次に内圧に依て管軸を含む平面内に生ずる力 $2rp't$ の、管壁及び補強材に依て受持たれる力 P 及び P' を求めると、

$$P = 2 \{ E(\xi_1 + \xi_2)/2r \} bt = 2trp' \left[\frac{m^4 t^4}{192 + m^4 t^4} + \frac{36864}{(192 + m^4 t^4) \{ (192 + m^4 t^4) (E'/E) (ah/bt) \cos^3 \alpha + 192 \}} \right] \quad (45)$$

$$P' = 2(E' \xi_1/r) ah \cos^3 \alpha = \frac{2 \times 192(E'/E)(ah/bt)rt p' \cos^3 \alpha}{(192 + m^4 t^4)(E'/E)(ah/bt) \cos^3 \alpha + 192} \quad (46)$$

となる。この力の比は

$$\frac{P}{P'} = \frac{bt E}{ah E' \cos^3 \alpha} \left[\frac{192}{192 + m^4 t^4} + \frac{m^4 t^4 \{ (192 + m^4 t^4) (E'/E) (ah/bt) \cos^3 \alpha + 192 \}}{192(192 + m^4 t^4)} \right] \quad (47)$$

で與へられる。

6. 数 値 計 算 例

補強材の效果その他を判り易くするために、

$$\left. \begin{aligned} E &= E', & ah/bt &= 1/4 \\ \alpha &= 8^\circ, & mt &= 4 \end{aligned} \right\} \quad (44)$$

二三のマグネシウム合金の組成と耐疲労性の関係に就て⁽¹⁾

(昭和 15 年 11 月 23 日 應用力学講演會に於て講演)

正 員 深 井 誠 吉⁽²⁾

摘 要

第 2 添加元素 (アルミニウム、亜鉛、珪素) の量を変へ、亦熱処理を異にしたマグネシウム 2 元合金に就て新製小野式による疲強度を求め、併せて他の機械的諸性質を求めた、実験結果によると概ね、第 2 添加元素量の増加と共に疲強度は大きくなるが疲曲線の形状は添加元素の種類及び熱処理の相異によつて変化する。……と。

1. 緒 言

疲試験の結果に及す種々な因子の影響に就ては可成り廣く研究されてをるが、茲に掲げる様な合金の組織と耐疲労性の関係に就ては余り顕著な研究がない。

⁽¹⁾ On the Relation between Structure and Fatigue Property of Some Magnesium Alloys. ⁽²⁾ Seikiti HUKAI, Member, The Research Laboratory of Copper Works of Sumitomo Metal Industries, 住友金屬工業會社伸銅所研究部。

昭和 16 年 5 月]

として、数値計算を行つた。その結果が第 2 表に掲げてある。

第 2 表 補強材の效果と力の働き方

補強材の 種類	補強材の效果と力の働き方	管壁と補強材とが一樣に変形する場合	管壁と補強材とが一樣に変形しない場合
円 輪	p_0'/p	1.250 (16)	1.049 (34)
	P/P'	4.000 (19)	4.898 (37)
螺 線	p'/p	1.243 (23)	1.183 (44)
	P/P'	4.119 (27)	5.452 (47)

註 () 内の数字は本文中の式の番号を示す

これに依ると、管壁と補強材とが一樣に変形する場合、補強材は最も有効に働く。そして補強材として円輪を用ひる場合は、ピッチが大になると補強材としては余り有效でない。これに反して螺線は、ピッチが大になつても円輪の場合程効果が減じないやうである。

何れにしても補強材はピッチが小さい程效果的である。

7. 結 言

補強材として円輪及び螺線を持つた管に、内圧が作用したとき生ずる應力に就て調べ、円輪及び螺線の補強材としての性質を明らかにした。そしてこのやうな補強材はピッチを小にしなければ効果が少いことを示した。

(昭和 16 年 1 月 6 日受付)

R. Irmann⁽³⁾ は Cu-Ni 系に於て Ni の添加に依り、その疲強度を 8 kg/mm² から 22 kg/mm² まで増加せしめ、(第 1 図参照) 不均一な組織は疲強度に好い影響を與へぬ、均一組織即ち固溶体は耐疲労性を良好ならしめ、而も溶解度が増す程疲強度も高くなると報告してゐる。同様な関係は Al-Mg の場合にもあり、例へば L. W. Kempf⁽⁴⁾ (第 1 図

⁽³⁾ R. Irmann, Aluminium, Bd-17 (1935) S-638.

⁽⁴⁾ L. W. Kempf, Metal Industry, March 29, 1940.