

# I-12 「斜交パイプ構造継手近傍における応力の解析」

豊田工孝 正員 桜井孝昌

「まえがき」 本論文は図-1 に示すように、パイプⅡを剛体と仮定しパイプⅠがそれに斜交している場合につき、その継手付近のパイプⅠにおける応力を解析したものである。外荷重としてはパイプⅠの右端に偶力および軸方向引張り力を列々に作用させた。「解析方法」 解析に当っては、曲面板の弾性力学で行われている微小変形理論の仮定を適用した。<sup>(1)</sup> 図-1 のごとく  $(\theta, \xi)$  の直角座標系をとり、その点の変位および断面力はこの場合次の(1)式のポテンシャル関数を  $\theta$  および  $\xi$  で微分した形で表わされる。

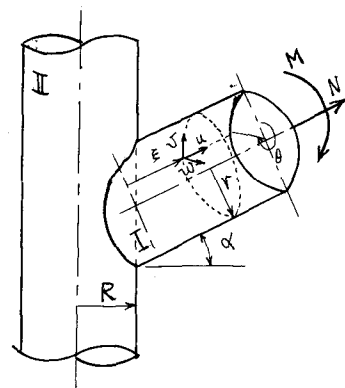


図-1

ただし  $mC_{1j}$ ,  $mC_{2j}$  ( $j=1, 2$ ) は境界条件により決められる積分定数であり、 $p_j$ ,  $q_j$  は  $\xi_m$  がつりあひ条件式を満足せねばならないという条件式から決められる定数である。また(1)式で  $m=0, 1$  のときは(1)式にさらに(2)式を加えたものを用いねばならない。

$$\sum_{m=0}^{\infty} \xi_m = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{j=1}^2 \{ e^{-p_j \xi} (mC_{1j} \sin q_j \xi + mC_{2j} \cos q_j \xi) \cos m\theta \} \dots (1)$$

(境界条件) 図-1 のごとく  $\xi \rightarrow \infty$  で自由端に無次元化した偶力  $\bar{M} = M/LR^2 = 1$ 、および軸方向力  $\bar{N} = N/LR^2 = 1$  [ $K = 2E\sigma/(1-\sigma^2)$ ,  $E$ : ヤング係数,  $\sigma$ : ポアソン比,  $L$ : パイプ長さの  $1/2$ ,  $R$ : パイプⅠの半径] を作用させ、この荷重条件を満足させるように(2)式の積分定数を定めた。

接合線上で固定の条件は次の(3)式で与えられる。

$$\xi = \xi_m; \quad u = v = w = \partial w / \partial \xi = 0 \quad \text{ただし} \quad M_3 = \{ \sin \alpha \cos \theta + (\sqrt{1 - \sigma^2} \sin^2 \theta - 1) / a_0 \} / \cos \alpha \dots (3)$$

実際には  $\xi = \xi_m$  上の  $n$  点で(3)式が満足されるように(1)式の積分定数を定める選点法を用いた。<sup>(2)</sup>

## 「計算結果および考察」

(精度について) 接合線上の  $n$  点で境界条件が満足されるように積分定数を決定したのであるが、この点を多くとれば一般的にはそれに伴って精度が良くなる。実際に何点まで取ればよいかが問題となるが、表-1 は、 $\bar{M} = 1.0$  の荷重状態において、 $r/R = 0.1$ ,  $r/R = 1/20$ ,  $\alpha = 30^\circ$  の場合につき  $n = 11 \sim 39$  点まで取ったときの変位  $w$  (接合線より  $r/2$  の位置) および 接合線上の円周方向曲げ  $G_1$ , 軸方向引張り応力  $\sigma_1$  を示したものである。(ただし  $\sigma = 0.3$  とした)

表より  $n=27$  点程度で有効数字3桁までは信頼できる値

と見なしてよい。なお選点の位置については図-1 の  $\theta = 0^\circ$  近傍より  $\theta = 180^\circ$  近傍の方が、計算上の精度が悪くなるため  $n$  点の配分を  $0 \leq \theta \leq 90^\circ$  の範囲で 40%,  $90 \leq \theta \leq 180^\circ$  で 60% 程度の割合にした。

| n  | $\theta = 0.5^\circ$ $w \times 10^{-1}$ |                      | $\theta = 0^\circ$ $G_1 / kR^2 \times 10^{-3}$ |                      | $\theta = 0^\circ$ $\sigma_1 / k$ |                      |
|----|-----------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|    | $\theta = 0^\circ$                      | $\theta = 180^\circ$ | $\theta = 0^\circ$                             | $\theta = 180^\circ$ | $\theta = 0^\circ$                | $\theta = 180^\circ$ |
| 11 | 1.088                                   | -1.421               | 2.582                                          | 3.999                | 5.455                             | 5.042                |
| 19 | 1.115                                   | -1.428               | 2.710                                          | 4.043                | 5.480                             | 5.009                |
| 27 | 1.115                                   | -1.428               | 2.711                                          | 4.046                | 5.476                             | 4.998                |
| 39 | 1.115                                   | -1.428               | 2.711                                          | 4.048                | 5.477                             | 4.985                |

表-1  $\alpha = 30^\circ$  における変位および応力

(計算結果について) 変計算に当っては、 $r/R=0.1$ ,  $h/r=1/20$   $\sigma=0.3$  の場合につき、 $\alpha=0^\circ, 10^\circ, 30^\circ$  を計算し選点はそれぞれ 6, 15, 39 点を取った。 $M=1.0$  の荷重に対して図-2 はパイプ工の、円周方向曲げモーメント  $G_1$  を表わしたもので、横軸の  $\beta$  は接合線を原点として実長を  $r$  で割って無次元化してある。また  $G_1$  の分布もそれぞれ  $Kr^2$  および  $K$  で割って無次元化した値を用いている。

図-2 より接合線近傍においては、交角  $\alpha$  が增大に従って、上端より下端の  $G_1$  の方が大きくなり、 $\alpha=30^\circ$ ,  $\beta=0^\circ$  で  $[G_1]_{\theta=180^\circ} / [G_1]_{\theta=0^\circ} = 1.44$  である。また  $\theta=180^\circ$  において  $[G_1]_{\alpha=30^\circ} / [G_1]_{\alpha=0^\circ} = 1.29$  となった。図-3 は、パイプ上縁および下縁における軸方向応力  $t_1$  の分布であるが、交角  $\alpha$  の影響は接合線上ではあまり大きくない。また  $\alpha=30^\circ$  での応力集中率  $[t_1]_{\beta=0^\circ} / [t_1]_{\beta=\infty} = 1.54$   $\alpha=0^\circ$  では、

1.43 である。

図-4 は  $M=1.0$

の荷重のもとで

$G_1$  の分布を表わ

したものである

が、 $\alpha=30^\circ$  で

$$[G_1]_{\theta=180^\circ} / [G_1]_{\theta=0^\circ} = 5.73 \text{ と}$$

接合線上にかけ

る  $G_1$  の値は、

上端 ( $\theta=0^\circ$ ) に

比べて下端 ( $\theta=180^\circ$ )

の値が11.3倍

しく大きくなっ

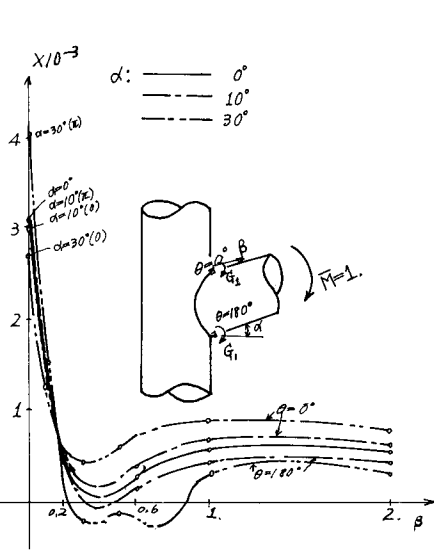


図-2  $G_1/Kr^2$

ている。また  $\theta=180^\circ$  での  $[G_1]_{\alpha=30^\circ} / [G_1]_{\alpha=0^\circ} = 1.27$  である。

図-5 の  $t_1$  分布については、 $\alpha=30^\circ$  で

$[t_1]_{\theta=180^\circ} / [t_1]_{\theta=0^\circ} = 1.56$  と下縁の  $t_1$  の方が上縁のそれより大きくなっている。

また  $\theta=180^\circ$  での応力集中率は  $\alpha=30^\circ$  で  $[t_1]_{\beta=0^\circ} / [t_1]_{\beta=\infty} = 1.66$ ,  $\alpha=0^\circ$  では 1.52 であり  $\alpha$  の影響はさほど著しくない。

参考文献

(1) GOL'DENVEIZER ; Theory of Elastic Thin Shells.

(2) 桜井孝昌 昭和46年土木学会中部支部研究発表会講演概要集

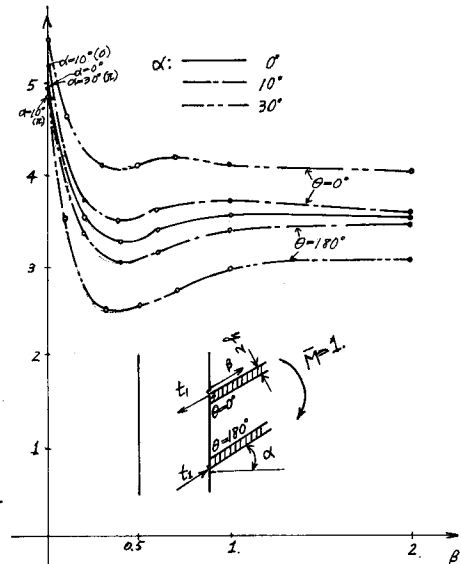


図-3  $t_1/K$

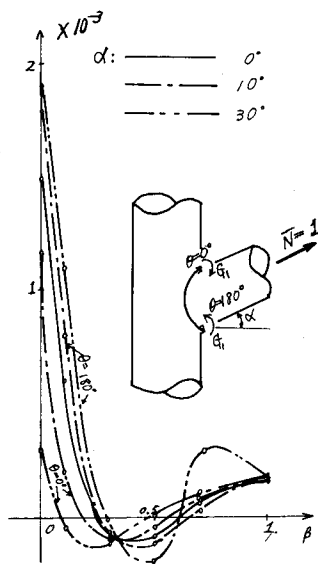


図-4  $G_1/Kr^2$

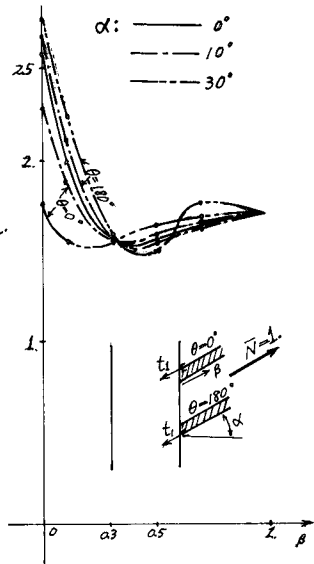


図-5  $t_1/K$