

「斜交パイプ構造継手近傍における応力の解析」

豊田高専 正員 桜井孝昌

「まえがき」 近年、薄肉鋼管が構造用部材として利用されることが多くなりつつある。このような場合、パイプの継手部分の応力集中が問題となる。本論文では図-1に示すように、パイプIがパイプIIに斜交している場合を解析した。ただしパイプIIは、剛体と仮定しパイプIの継手部分について解析を行った。外荷重としては、パイプIの右端に偶力 M 、軸に直角方向の力 S および軸方向力 N を別々に作用させた。

「解析方法」 解析に当たっては、曲面板の曲げ理論を適用した⁽¹⁾。一般に解は(1)式に示すような級数に展開される。

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \left\{ C_{nj} e^{n\alpha_j z} (m C_{1j} \sin \beta_j \xi + n C_{2j} \cos \beta_j \xi) \cos n\theta \right\} \dots\dots (1)$$

図-1

境界条件は、接合部で固定という条件を選点法を適用して、接合線上の点で満足させた。また荷重条件は、接合線から十分離れたところで一定になるよう決めた。

精度に関しては接合線上における選点と選点の中間位置で、条件が満足されている程度および選点の数を増加させることによって、解の収束の程度を検討した。これらにより有効数字3桁までは信頼できると考えられる。⁽²⁾

「計算結果および考察」

数値計算に当り、 M 荷重および N 荷重に関しては、

$\xi = \infty$ で無次元化外力

$\bar{M} = M/kr^3 = 1$ および

$\bar{N} = N/kr^2 = 1$ を作用させた。

ただし、 $K = 2Eh/(1-\sigma^2)$

E ; ヤング係数、 σ ; ポアソン比、 h ; パイプ厚さの

$1/2$ 、 r ; パイプIの半径]

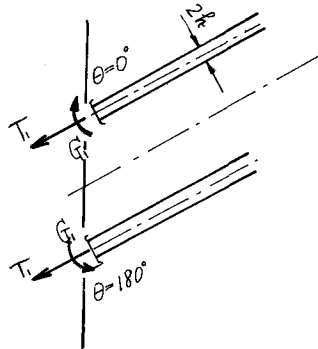


図-2

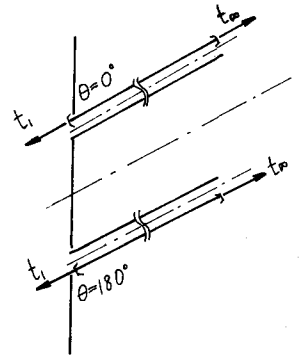


図-3

また S 荷重に関しては $\bar{S} = S/kr^2 = 1$ をパイプ上端部から $\xi = z/r = 10$ の点に作用させた場合を解いた。断面応力 T_1 、 G_1 は、図-2に示してあるように、それぞれ軸方向引っ張り応力の厚さ方向に関する合力および中正面に関する曲げモーメントである。尤、図-3に示すごとく T_1 、 G_1 から求めた縁応力である。以下に示すグラフはパイプIとIIの半径の比を $1/10$ とした場合、斜交角 α およびパイプIの厚さと直径の比 h/r をパラメーターにした結果である。

N荷重に対する結果を図4~7

に示した。図4,5はパイプEの下縁 $\theta=180^\circ$ の位置での接合部応力 t_i と、そこから十分離れた点での応力 t_o との比であり、応力集中率を表わす。(図3参照)、 α と r/r が増加するに従い、応力集中率も増加する。その変動幅は1.51~1.78である。図6~7は

T_i , G_i , t_i それぞれのパイプ下縁と上縁の比である。(図2参照)下縁における応力が、上縁より大きい。特にM, S荷重の場合1.にくらべて曲げ応力 G_i の差が大で、 t_i も上縁より下縁の方が値が大きい。

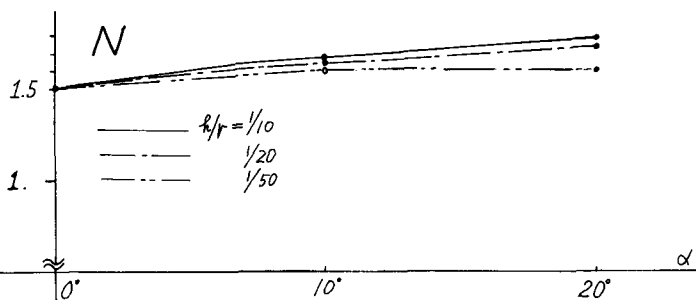


図-4. t_i/t_o の分布図 (N荷重) $\theta=180^\circ$

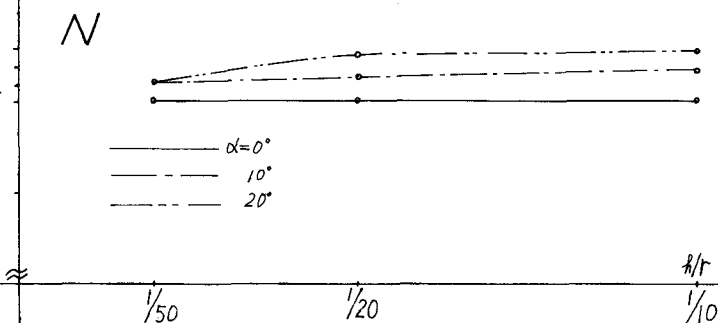


図-5. t_i/t_o の分布図 (N荷重) $\theta=180^\circ$

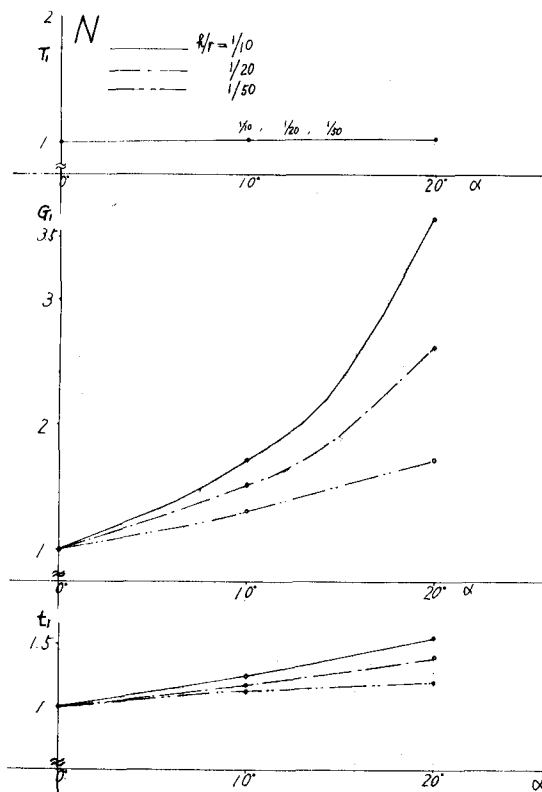


図-6. T_i , G_i , t_i の $\theta=180^\circ$ と $\theta=0^\circ$ における上

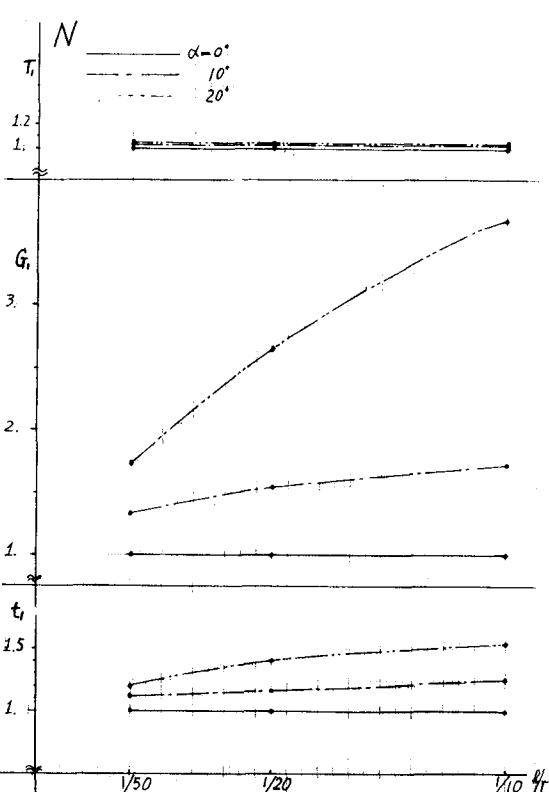


図-7

図8～11はM荷重の場合につき

図4～7と同様の結果を表わした。

図8, 9の応力集中率は、

上縁($\theta=0^\circ$)での t_1 に関するもの

であるが、 α の増加につれ、わ

ずかに増加している。また r/r

の増加につれ、N荷重とは逆に

減少している。その変動幅は、

1.32～1.51でN荷重の場合より

小さい。図10～11では、上縁と

下縁の応力比を表わしてあるが、

T_1 においては上縁の方が下縁よ

り大であり、 G_1 は逆である。

t_1 はこれらの影響で r/r により

その大小が異なる。

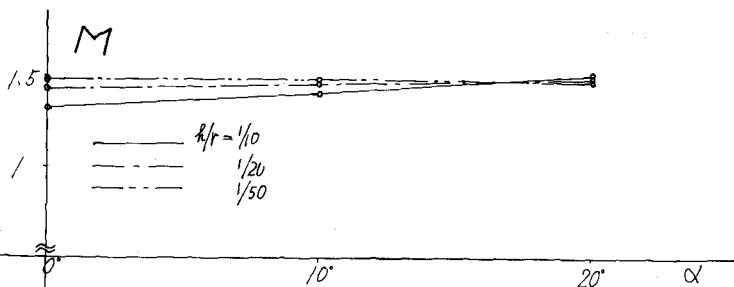


図-8 t_1/t_0 の分布図 (M荷重) $\theta=0^\circ$

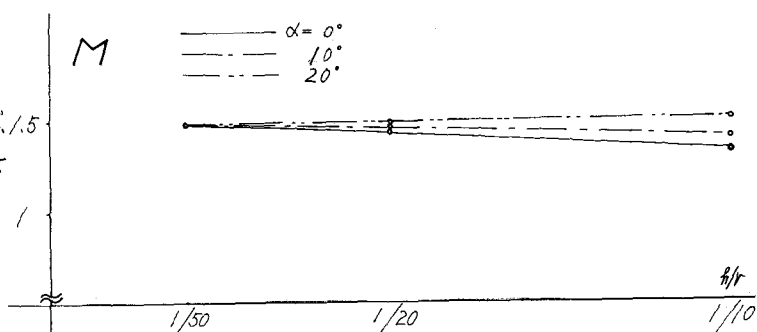


図-9 t_1/t_0 の分布図 (M荷重) $\theta=0^\circ$

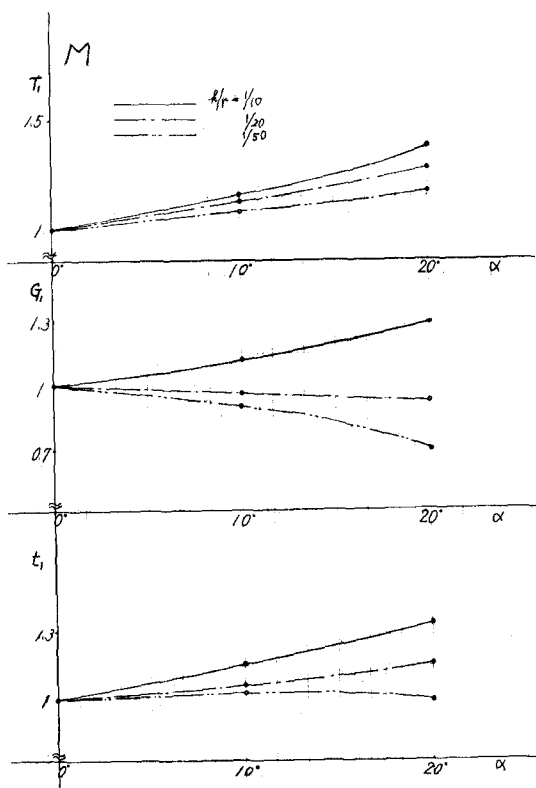


図-10 T_1, G_1, t_1 の $\theta=0^\circ$ と $\theta=180^\circ$ における上

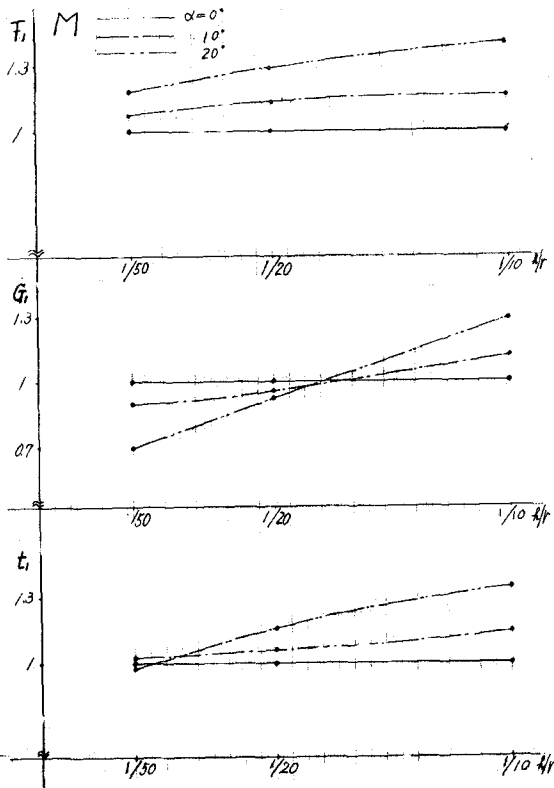


図-11

図12~15はS荷重の場合の結果である。図-12, 13は t_1/t_0 が梁の理論に従えば直線分布となる。そのときの接合部上縁の応力を t_0 とすると、 t_1/t_0 の分布図である。図12, 13の集中変動幅は、1.34~1.50で、その傾向もM荷重の場合と大体同じである。図15で示されているように、 G_1 の上, 下縁の大小が、 $k/r=1/20$ 近傍で逆転していることが注目される。これが t_1/t_0 にかなり影響している。

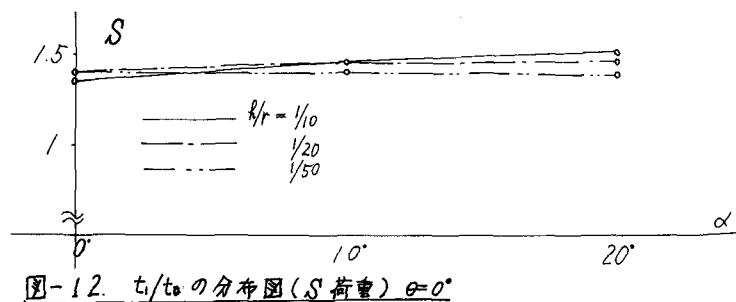


図-12. t_1/t_0 の分布図(S荷重) $\theta=0^\circ$

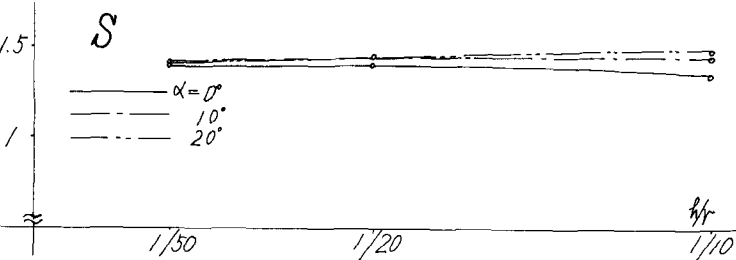


図-13. t_1/t_0 の分布図(S荷重) $\theta=0^\circ$

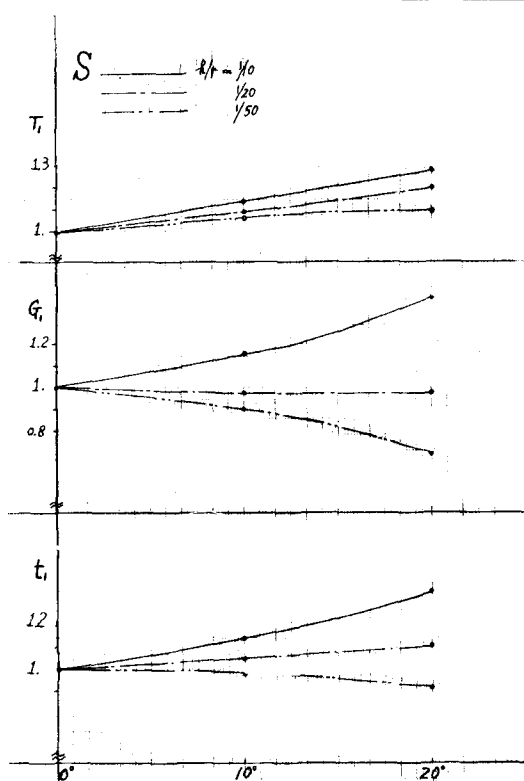


図-14. T_1, G_1, t_1 の $\theta=0^\circ$ と $\theta=180^\circ$ における比

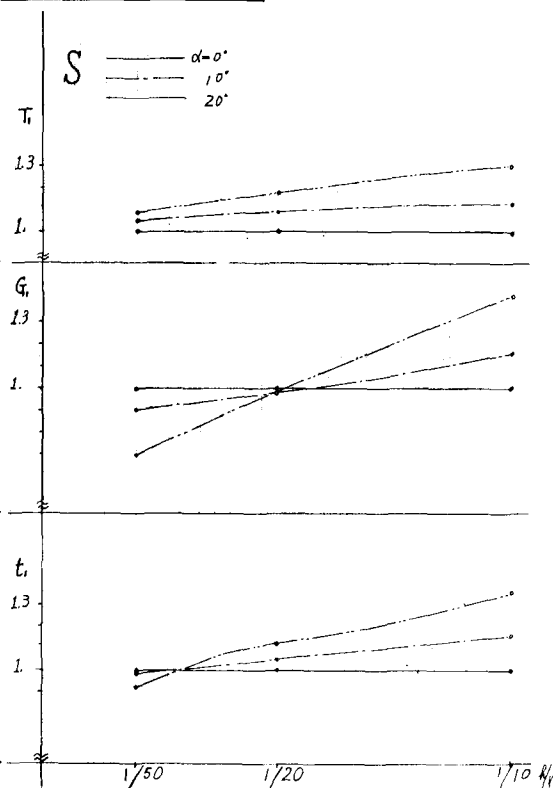


図-15

参考文献

- (1) GOLDEN VEIZER ; Theory of Elastic Thin Shells.
- (2) 桜井孝昌 ; 土木学会第26回 年次学術講演会講演集