

川崎重工業（株）

正員

奥井 義昭

コンピュータアプリケーションズ

石崎 泰彦

埼玉大学工学部

正員

秋山 成興

1. まえがき

前報[2]では、主管の一軸引張り及び内圧が作用する場合についてT型鋼管継手の応力解析を行い、本解析法の精度及び適用範囲について検討を行った。本報告では、主管にねじり荷重が載荷される場合について2, 3の計算結果を報告するものである。なお、解析の主な仮定として2次元弾性解析とし、解析対象としてPlugのない場合すなわち貫通孔を有するものとした。（Fig.1 参照）

2. 解析方法

基礎方程式としてShallow Shell の方程式を用い主管に対してはFig.2 に示すような、主管の表面上に設けられた極座標系に関する解を誘導する。ねじり荷重が作用する場合、応力状態はX, Y軸に対し逆対称となるため次のように表される。

$$\Psi_{II} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} [A_n + i B_n] (-1)^m H_n [J_{2m-n} - J_{-2m-n}] \sin 2m\phi \quad (1)$$

ここで、 Ψ_{II} は複素応力関数、 A_n, B_n は積分定数 H_n は第1種ハンケル関数、 J_m はベッセル関数である。また、ハンケル関数及びベッセル関数のargumentは $\mu r/R_I$ であり、

$$\mu = \frac{a}{2\sqrt{R_{II} C}} \quad C = \frac{h}{\sqrt{12(1-\nu^2)}}$$

ν はポアソン比である。

(1) 式に含まれる積分定数を境界条件によって決定すれば、全ての断面力・変形量が得られるわけであるが、今回の問題に対しては継手接合部に沿った主管と枝管の応力・変形量の連続式が境界条件となるため、境界摂動法を用いて接合線上の断面力・変形量を誘導した。具体的には、主管と枝管の曲面半径の比 $\varepsilon = R_I / R_{II}$ を摂動パラメータにとり、Fig.3 に示すように接合線（T-Joint Hole）と極座標系とのズレを考慮し、(1) 式を次のように展開する。

$$\Psi_{II} = \Psi_0^{(0)} + \varepsilon \Psi_0^{(1)} + \varepsilon^2 \Psi_0^{(2)} + \frac{1}{12} \varepsilon^2 (2 \sin^4 \phi - 1) \Psi_1^{(0)} \dots$$

ここで、 $\Psi_0^{(i)} = \Psi_{II}^{(i)} \quad \Psi_1^{(i)} = r \frac{\partial}{\partial r} \Psi_{II}^{(i)}$

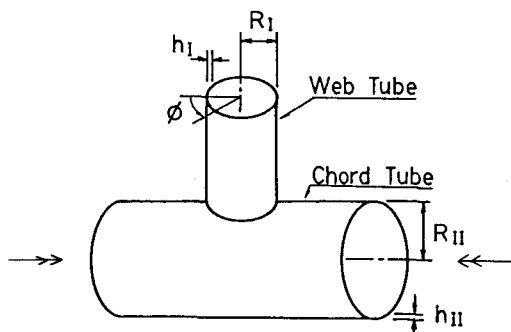


Fig.1 T-type tubular joint

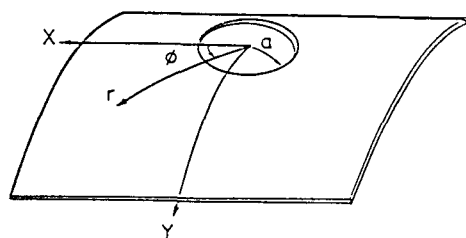


Fig.2 Coordinate systems in a cylindrical shell

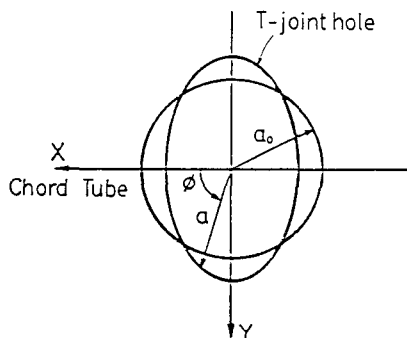


Fig.3 Developed shape of intersection

であり、上添字(j)は第j次の近似解に対する解を表すものである。さらに、Fig.4に示すように極座標系と局所座標系の角度のズレを考慮すれば、接合線に沿った断面力・変形量は次の形に表される。

$$Q_{tt}^{\text{II}} = \sum_{j=0}^{\infty} \varepsilon^j Q_{tt}^{\text{II}(j)} \quad Q_{vv}^{\text{II}} = \sum_{j=0}^{\infty} \varepsilon^j Q_{vv}^{\text{II}(j)}$$

ここで、 $j=0,1$:

$$Q_{tt}^{\text{II}(j)} = Q_{\phi\phi}^{(j)} \quad Q_{vv}^{\text{II}(j)} = Q_{rr}^{(j)}$$

$j=2,3$

$$Q_{vv}^{\text{II}(j)} = Q_{rr}^{(j)} - \frac{4}{3} \sin^3 \phi \cos \phi Q_{r\phi}^{(j-2)}$$

$$Q_{tt}^{\text{II}(j)} = Q_{\phi\phi}^{(j)} + \frac{4}{3} \sin^3 \phi \cos \phi Q_{r\phi}^{(j-2)} \quad \dots\dots$$

ここで、上添字IIは主管に関する量を表すものであるが、枝管についても同様な手順により、接合線上の断面力・変形量がえられる。以上で全ての断面力・変形量の局所座標系における表示式が得られたわけでありこれらの断面力等を ε のオーダーごとに整理し、順次境界条件を満足させて積分定数を決定する。

3. 計算結果及び考察

計算結果の一例をFig.5,6に示す。各々主管接合線上における接線方向の膜応力及び曲げ応力の最大値を無限遠点におけるせん断応力を基準応力とした応力集中率で表したものである。図中破線でプロットしたのは、枝管がない場合の円筒シェルに円孔が設けられた場合の解であり[3]，本解析法において枝管と主管の板厚比を小さくすることにより、枝管のない場合の解に漸近することが確認された。なお計算結果の詳細については当日発表する予定である。

4. あとがき

T型鋼管継手の主管にねじり荷重が載荷される場合について検討を加えた。本解析法は2次元解析であるため、実際の接合部にみられるような溶接余盛の影響等は含まれておらず、さらに計算結果の検証についても特殊な場合について比較を行ったにすぎないが、ここに報告するものである。なお今回の2次元解析の結果を利用し、接合部のみをズームングして余盛等の微視的影響をも含めた解析については、今後の課題としたい。

<参考文献>

- [1] 広瀬, 秋山 : 鋼管交差部の応力集中に関する理論的研究(その2) 第39回年次講演会 昭和59年
- [2] 奥井, 秋山 : 鋼管交差部の応力集中に関する理論的研究(その3) 第40回年次講演会 昭和60年
- [3] J.G. Lekkerkerker : On The Stress Distribution in Cylindrical Shells Weakened by a Circular hole, Doctor's Thesis. Delft 1965

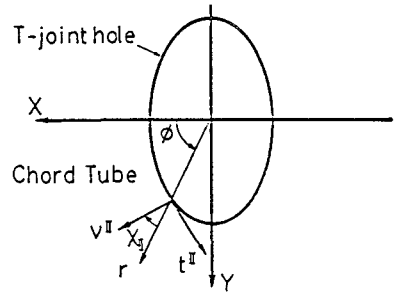


Fig.4 Chord tube deviation angle

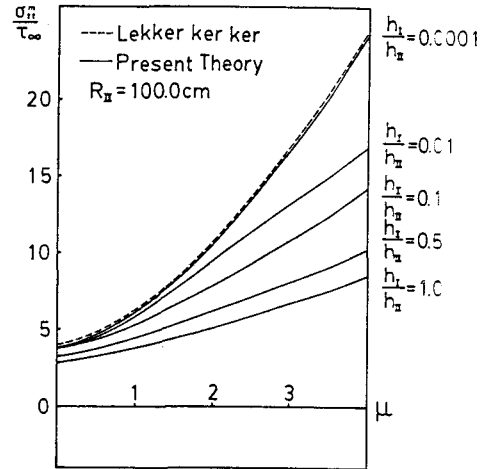


Fig.5 Tangential membrane stress

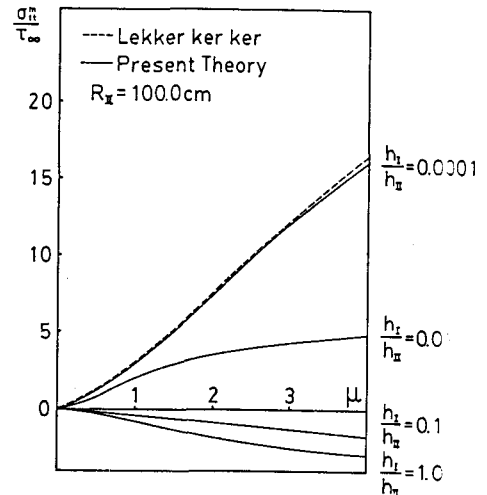


Fig.6 Tangential bending stress