

川崎重工(株) 正員 ○奥井 義昭
 (株) 栗本鉄工所 赤尾 圭二
 埼玉大学大学院 学生員 広瀬 直人
 埼玉大学工学部 正員 秋山 成興

1. はじめに

鋼管構造物の多くには、鋼管どうしを直接接合したいわゆるSimple Jointが多く用いられ、しかも継手部には高い応力集中が生じるため、継手部の応力状態を把握することは設計上または破壊力学上の立場から重要な問題と言える。この種の問題に対する理論解析は、解析的な手法と FEMなどの数値解析の手法に大別できるものの、問題が幾何学的パラメータに依存し、パラメトリック解析が必用不可欠となるため、本研究ではデータ作成が容易であるなどの利点を持つ解析的な手法を検討した。解析対象として多くの継手形式のうち最も基本的な2個の鋼管が直交して接合される T型鋼管継手とし、構造は 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. 解析方法の概要

解析方法の詳細については [1]に譲るものとしてここでは概説にとどめる。基礎方程式としてShallow shell の方程式を用い、弦材パイプ(主管)に関しては円孔を有する円筒シェル of 極座標系に関する一般解を、腹材パイプ(枝管)に関しては円筒面の主曲率座標系に関する一般解を基本解として採用する。次に、これらの解の中に含まれる積分定数を適当な境界条件によって決定すれば応力集中の評価が可能となる。しかし、今回の問題に対しては継手接合部における主管と枝管の応力・変形量の連続条件から境界条件が与えられるため、接合線に沿った応力・変形量の表示式が必要となる。そこで、主管と枝管の曲率半径の比(管径比) $\varepsilon = R_I / R_{II}$ を摂動パラメータにとり境界摂動法を用いて接合線上の応力・変形量を誘導した。具体的には接合線は上で述べた座標系とは異なり、複雑な空間曲線となるため接合線と極座標及び主曲率座標のズレを考慮し、基本解を用いて管径比 ε のべき級数の形の摂動解を誘導した。なお、枝管の座標曲線と接合線のズレを考慮する際、摂動解の展開において2つの方法が考えられ、平行曲線座標系によるものをMethod I, Taylor 展開によるものをMethod IIとして、以下で両者を比較することにする。実際の計算では荷重条件として内圧と主管の一軸引張りについて行なったが他の荷重条件についても現在の解析法を若干修正することにより取り扱う事ができる。

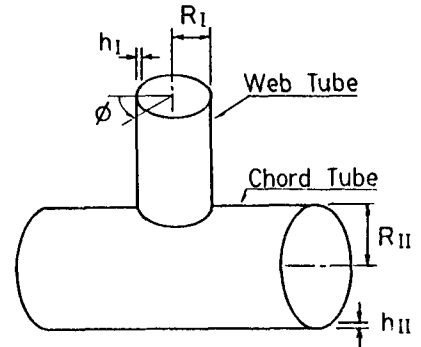


Fig.1 T-type Tubular Joint

3. 計算結果及び考察

前報[2]では ε^0 次近似解を計算し、本解析法で管径比を1/100にすることにより平板に円筒シェルが取り付けられた場合の解析解に漸近することが確認された。本報告では ε^4 次近似まで計算し、Tab.1に示す2つの試験体に関し実験値と計算値を比較することにより、本解析法の精度、適用範囲を検討する。摂動パラメータとして管径比を用いたため、本解析法の適用範囲は管径比と繰り返し計算のステップ数に依存するが ε^4 次近似まで計算した結果、管径比が比較的小さく $\varepsilon=0.2$ 程度で板厚-半径比がかなり大きい場合、接合部の板厚直下の部分では3次元的影响により計算値と実験値の対応は悪いも

Tab.1 試験体の諸元

	管径比 ε	R_{II} (cm)	h_I / R_I	h_{II} / R_{II}	荷重
SP I	0.20	26.1	0.45	0.08	内圧
SP II	0.66	29.8	0.03	0.03	一軸引張り

の、接合部からある程度離れた領域においては計算値と実験値の対応は良く、計算結果は現象を捉えていることが判明した。(Fig.2,3,4荷重は内圧) 管径比が比較的大きい $\varepsilon=0.6$ 程度の場合、膜応力に関しては実験値と比較的良好一致している。(Fig.5, 荷重は主管の一軸引張り) しかし、曲げ応力に関しては実験値との対応は良いとは言えない。(Fig.6) また、全体的な傾向として $\phi=0$ よりも $\phi= \pi/2$ において実験値との対応が悪いことが判明した。これらの原因としては高次の近似解における Fourier 級数の収束性の悪化及び、Shallow shell の方程式の誤差と考えられる。計算結果の詳細及び本解析法の精度等に関する考察は発表の当日に行う予定である。

4. まとめ

(1) 管径比が小さく板厚-半径比が大きい場合接合線の板厚直下の部分では、3次元的な影響により解析結果はあまり良い結果を与えないものの接合部からある程度離れた領域では2次元解析で十分現象を表し得る。(2) 管径比が2/3 程度の場合膜応力に関しては比較的良好結果を与えるものの、曲げ応力に関しては十分とは言えない。(3) 本解析法の精度は管径比と荷重のタイプに依存し、適用範囲に関する制限は摂動解の収束性とShallow shell の方程式誤差から生じる。

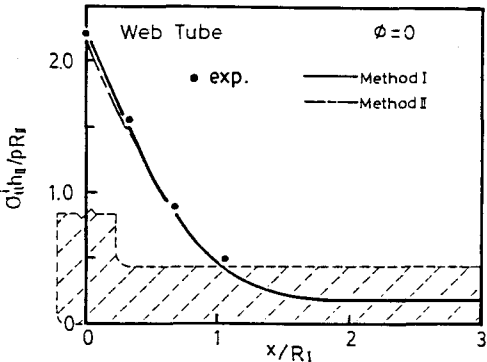


Fig.3 Tangential Inner Surface S.C.F. (SP I)

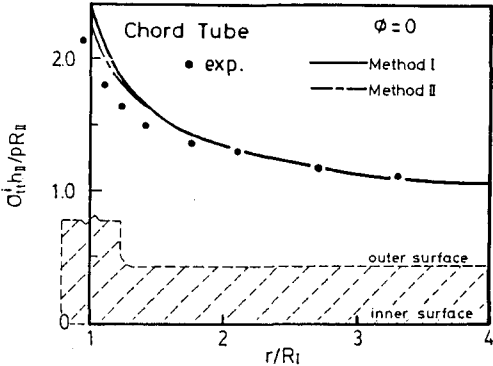


Fig.2 Tangential Inner Surface S.C.F. (SP I)

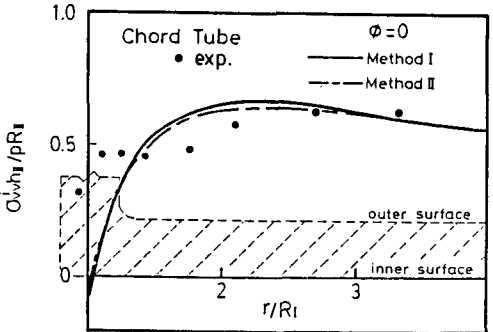


Fig.4 Normal Inner Surface S.C.F. (SP I)

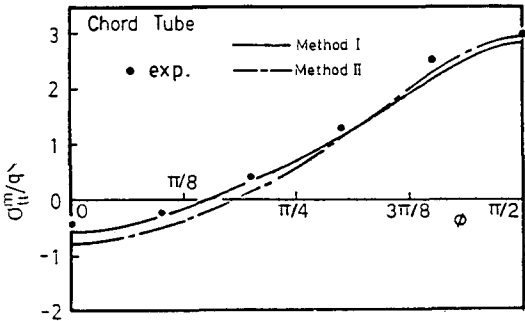


Fig.5 Tangential Membrane S.C.F. (SP II)

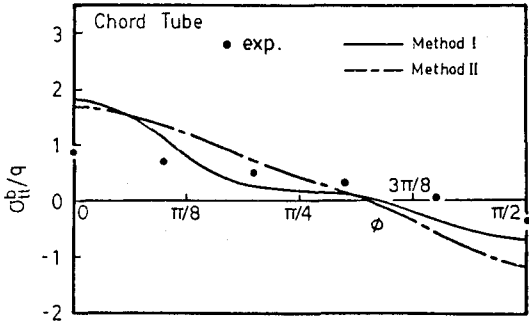


Fig.6 Tangential Bending S.C.F. (SP II)

<参考文献>

[1] 青柳, 秋山 : 鋼管交差部の応力集中に関する理論的研究, 第35回年次講演会 昭和55年
 [2] 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