

大 阪 市 正員 藤田 真
 大阪大学工学部 正員 大倉一郎
 近畿大学理工学部 正員 前田幸雄

1. まえがき 海洋ジャケットの鋼管継手では管壁の局部変形によって応力集中が生じる。この応力集中は鋼管継手部の疲労強度を低下させる原因となる。現在、鋼管継手部に対して、いくつかの応力集中係数の算定式が提案されている¹⁾²⁾³⁾。しかし、応力集中係数が算定式によって非常に異なる。本研究では、支管に軸力を受けるT型鋼管継手のF.E.M.解析を行い、継手部の応力性状を明らかにした。そして、T型鋼管継手の応力集中係数の算定式を与えた。

2. 解析モデル 8節点アイソパラメトリックシェル要素⁴⁾を用いて、図-1に示すようなT型鋼管継手のF.E.M.解析を行った。継手の形状を表すパラメータとして $\beta = r/R$, $\gamma = R/T$, $\tau = t/T$ の3つの無次元量を用いた。R=100cmを基準として、 $0.2 \leq \beta \leq 0.9$, $8.333 \leq \gamma \leq 50$, $0.2 \leq \tau \leq 1.0$ の範囲にあるT型鋼管継手のパラメータ解析を行った。主管の長さは $L=10R$ とした。継手の相貫線に生じる応力に変動を与えない支管の長さとして、 $l=7r$ とした。主管の両端は単純支持とし、支管軸方向の荷重Pを100000kgfとした。主管と支管の相貫線の近傍での要素の一辺の大きさの基準を、主管では $\pi\sqrt{RT}/(4\sqrt{3(1-\nu^2)})$ とし、支管では $\pi\sqrt{rt}/(4\sqrt{3(1-\nu^2)})$ とした⁵⁾。ここで、 ν はポアソン比である。

3. 主管と支管の応力性状 解析の一例として、 $\beta=0.9$, $\gamma=50$ の場合における、主管中央断面での円周方向の膜力 N_ϕ と板曲げモーメント M_ϕ の分布をそれぞれ図-2, 3, 主管頂上での主管軸方向の膜力 N_x と板曲げモーメント M_x をそれぞれ図-4, 5に示す。

T型継手のパラメータ解析の結果より、主管の応力性状について次のことが明らかになった。①主管中央断面での円周方向の断面力について、 N_ϕ は相貫線近傍で局部的に発生するのに対し、 M_ϕ はブラグの部分を除いた主管の円周全体で発生する。②主管の軸方向の断面力について、 N_x は主管全体で発生するのに対し、 M_x は相貫線の近傍で局部的に発生する。③相貫線のサドル点では M_ϕ による板曲げ応力が最も卓越し、クラウン点では N_x による膜応力が最も卓越する。④相貫線の主応力の大きさとその方向に対して、 N_x と M_ϕ が他の断面力に比べて大きな影響を与える。次に、支管の応力性状に対して、次のような特徴があることがわかった。①板曲げ応力は相貫線の近傍で局部的に発生する応力である。②相貫線では板曲げ応力が膜応力よりも卓越している。③クラウン点よりもサドル点の方が応力が大きい。

4. 応力集中係数 相貫線上の節点で計算される管壁の外側表面の応力の最大値を支管の公称応力で割った値を鋼管継手の応力集中係数(SCF)と定義した。ここで、支管の公称応力は、支管軸方向の荷重を支管の断面積で割った値である。 β に対する主管の応力集中係数SCFcの変化を図-6に示す。SCFcは β が0.5の付近で最大となり、 γ および τ が大きくなるに従って増大する傾向がある。そこで、これらの傾向を考慮して、最小2乗法を用いて、SCFcを次式にまとめた。

$$SCFc = 1.628\gamma^{0.726}\tau^{1.104} + 1.059\gamma^{1.268}\tau^{1.348}\beta - 1.341\gamma^{1.196}\tau^{1.229}\beta^2 \quad (1)$$

支管の応力集中係数SCFbについても同様の傾向があるため、次式にまとめた。

$$SCFb = 0.672\gamma^{0.909}\tau^{0.500} + 4.991\gamma^{0.713}\tau^{0.887}\beta - 4.527\gamma^{0.728}\tau^{0.801}\beta^2 \quad (2)$$

このようにして求めた応力集中係数と、Kuang¹⁾, Gibstein²⁾, Wordsworth³⁾が求めた応力集中係数の比較を図-7に示す。本研究で得られた応力集中係数は、他の研究者の応力集中係数よりも高い値を与える。これは、本研究では、薄肉シェル要素によるF.E.M.解析で応力が最大となる継手の相貫線で応力集中係数を求めているのに対して、Gibsteinは相貫線に最も近いガウス点で応力集中係数を求めており、Wordsworthはアクリル製模型を用いた実験でひずみゲージによって得られた応力から応力集中係数を求めているからである。

Kuangは、F.E.M.解析によって相貫線で応力集中係数を求めているが、Kuangの解析ではかなり粗い要素が用いられており、KuangのF.E.M.解には大きな誤差が含まれていると考える。

参考文献 1)Kuang, J.G.et.al.:OTC2205,1975. 2)Gibstein, M.B.:Int.Cof.European Offshore Steel Research Seminar, No.IX-P26,1978. 3)Wordsworth, A.C. and G.P.Smedley: Int, Conf. European Offshore Steel Research Seminar, No.IX-P31,1978. 4)Zienkiewicz, O.C.:The Finite Element Method, McGRAW-HILL, pp398-408,1977 5)大倉, 藤田, 前田:昭和61年度関西支部概要集 I -10.

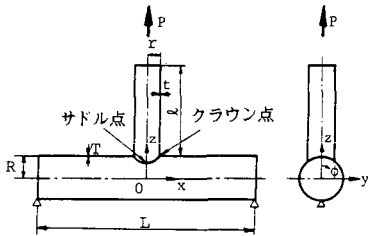


図-1 解析モデル

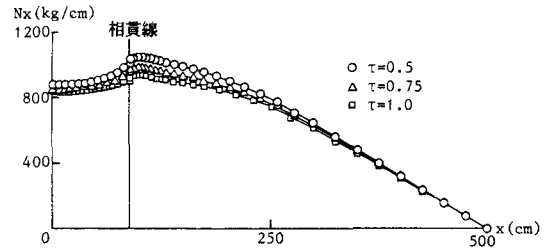


図-4 膜力 N_x の分布 (主管頂上)

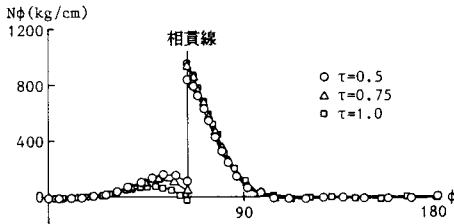


図-2 膜力 N_ϕ の分布 (主管中央断面)

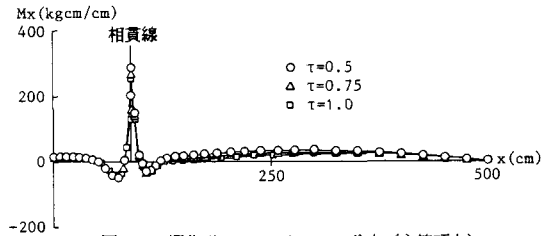


図-5 板曲げモーメント M_x の分布 (主管頂上)

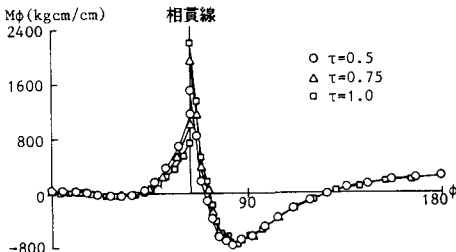


図-3 板曲げモーメント M_ϕ の分布 (主管中央断面)

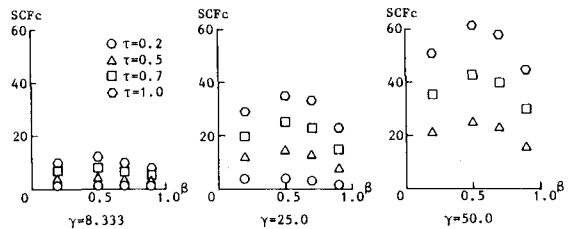


図-6 SCFcの変化

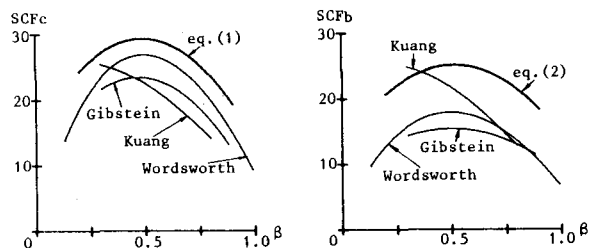


図-7 応力集中係数の比較 ($\gamma=30, \tau=0.8$)