

アイソパラメトリックシェル要素による鋼管継手の応力解析

大阪大学工学部 正 員 大倉一郎
 大阪大学大学院 学生員 ○藤田 真
 近畿大学理工学部 正 員 前田幸雄

1. まえがき 海洋プラットフォームの鋼管継手部には管壁の局部的な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ために、この応力集中を明らかにすることは非常に重要である。過去、平板要素を用いたシェル解析プログラムによるT型鋼管継手の応力解析を行ったが、主管と支管の相貫線近傍の応力勾配の大きな領域では非常に密な要素分割が必要であった¹⁾。そこで、新たに曲面要素のアイソパラメトリックシェル要素を用いてF.E.M.プログラムを作成した。そして、このプログラムを用いて、円筒シェルについて要素分割と精度の関係を明らかにし、さらに、支管に軸力を受けるT型鋼管継手の応力解析を行ったので、以下に報告する。

2. アイソパラメトリックシェル要素 解析にはZienkiewiczによる8節点アイソパラメトリックシェル要素²⁾を用いた。数値積分にはガウスの 2×2 の4点積分を用いた。応力はこのガウス積分点で求めた。主管と支管の相貫線上の節点では、各要素の局所座標系が一致しないため、剛性マトリクスの回転角に関する成分を全体座標系に変換した。

3. 要素分割と精度の関係 図-1に示す円周方向に一樣な線荷重を受ける円筒シェルの理論解³⁾を用いて、要素分割とF.E.M.解の精度の関係を調べた。この円筒シェルの軸方向の板曲げモーメント M_x の理論解は図-2に示すように $x = \pi/(2\beta)$ で極小値をとる。そこで、この間を1要素の分割とする要素分割(a)と2要素の分割とする要素分割(b)に対してそれぞれ計算を行った。ガウス積分点で求めた応力は両者とも理論解とよく一致した。次に、荷重載荷点から2, 3, 4個のガウス積分点の応力を用いて、荷重載荷点近傍の応力分布を、それぞれ1次, 2次, 3次曲線で補間した。これらの補間曲線から得られる荷重載荷点の応力を表-1に示す。この表より、分割(b)のガウス積分点の応力から3次補間によって求めた荷重載荷点の応力は理論値を2%以内の誤差で推定していることがわかる。したがって、鋼管継手の要素分割を行う場合の相貫線近傍の要素の大きさとして $\pi/(4\beta)$ を基準とした。

4. T型鋼管継手の解析 図-3に示すような支管に軸力を受けるT型鋼管継手について計算を行った。主管の両端は単純支持されている。対称性より全体の1/4の部分に対して計算を行った。比較のために平板要素による計算も行った。相貫線での平板要素の節点間隔はアイソパラメトリックシェル要素の節点間隔とほぼ等しい。主管中央断面の変位と板曲げモーメントの分布をそれぞれ図-4, 5に示す。変位についてはアイソパラメトリックシェル要素の結果と平板要素の結果がよく一致する。しかし板曲げモーメントについては、アイソパラメトリックシェル要素の結果が滑らかな分布を示すのに対して、平板要素

の結果は相貫線近傍でかなり乱れる。主管中央断面の相貫線の位置の応力を表-2に示す。膜力についてはアイソパラメトリックシェル要素と平板要素から得られる値がほぼ等しいが、板曲げモーメントについては計算値の間に大きな差があることがわかる。

T型鋼管継手の応力性状については、講演当日に発表する予定である。

参考文献 1)藤田,前田,大倉:鋼管T型継手の応力集中に関する2・3の考察,第39回年次講演会I-156. 2)Zienkiewicz,O.C.;The Finite Element Method,McGRAW-HILL,pp398-408,1977. 3)Timoshenko,S.P. and S.Woinowsky-Krieger;Theory of Plates and Shells,McGRAW-HILL,pp485-488,1959.

表-1 荷重載荷点の応力

		$N_{\theta}/\frac{P(3\alpha-\alpha^2)}{2\pi t}$	誤差	$M_x/\frac{P}{4\beta}$	誤差
分割(a)	1次補間	1.0702	7.0%	0.7248	-27.5%
	2次補間	1.0848	8.5%	0.9409	-5.9%
	3次補間	1.0277	2.8%	1.0972	9.7%
分割(b)	1次補間	1.0666	6.7%	0.9007	-9.9%
	2次補間	1.0418	4.2%	0.9864	-1.4%
	3次補間	1.0095	1.0%	1.0158	1.6%
理論値		1.0000		1.0000	

表-2 応力の比較

	アイソパラメトリックシェル要素	平板要素
N x	291.68	300.42
N φ	304.48	300.16
M x	222.31	388.56
M φ	586.59	718.62

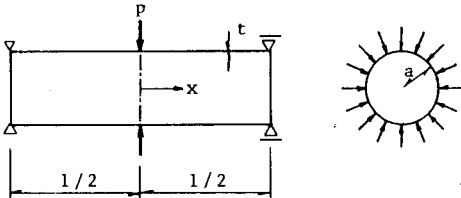


図-1 線荷重を受ける円筒シェル

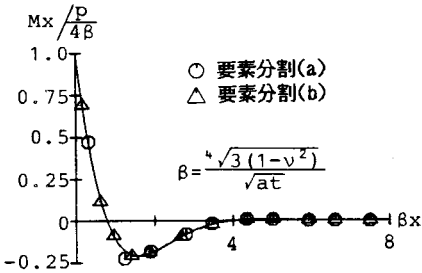
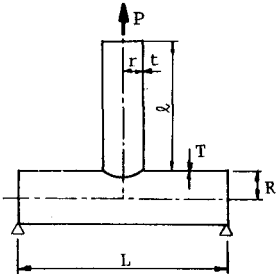


図-2 板曲げモーメント M_x の分布



$R=38.12\text{cm}$ $T=2.04\text{cm}$
 $r=29.485\text{cm}$ $t=1.26\text{cm}$
 $L=320\text{cm}$ $\ell=202\text{cm}$ $P=20t$

図-3 T型鋼管継手

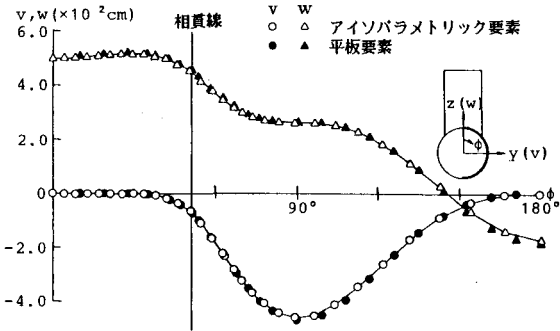


図-4 変位の分布(主管中央断面)

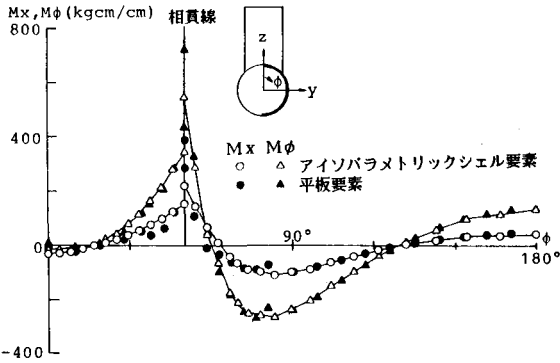


図-5 板曲げモーメントの分布(主管中央断面)