

鋼管T継手の応力解析

大阪大学工学部 正 員 前田幸雄
 大阪大学工学部 正 員 大倉一郎
 大阪大学工学部 学生員 ○藤田 真

1. まえがき 海峯ジャケットの鋼管継手部には応力集中が生じ、これによつて継手部の疲労強度が低減する。したがつて鋼管継手部の応力集中を明らかにすることが非常に重要である。¹⁾ 本研究では、支管に軸力をうける鋼管T型継手を解析対象とし、支管の長さおよびその末端の境界条件、さらに主管の長さが継手部の応力集中に与える影響を有限要素法により明らかにしたので、以下に報告する。

2. 主管と支管の応力特性 図-1に示すような鋼管T型継手(T-1)について計算を行った。主管の両端は単純支持とし、支管の末端が自由の場合と単純支持の場合について計算を行った。支管の末端が自由の場合の、主管の中央断面の管軸方向の曲げモーメント M_x と管周方向の曲げモーメント M_{ϕ} の分布を図-2に示す。 M_x と M_{ϕ} はともに相貫線(主管と支管の板厚中央面の交線)の付近で急激に増大する。また支管の末端が自由の場合の、支管の管軸方向の曲げモーメント M_z と管周方向の曲げモーメント M_{ϕ} の分布を図-3に示す。これらの分布は図-3の挿入図の太線上のものである。 M_z と M_{ϕ} はともに相貫線の付近で急激に増大する。他方、膜力も主管と支管のいずれにおいても相貫線上で最大値をとることが解析結果より確認された。さらに支管の末端が単純支持の場合についても、膜力および曲げモーメントは、主管と支管のいずれにおいてもそれぞれ相貫線上で最大値をとることが確認された。

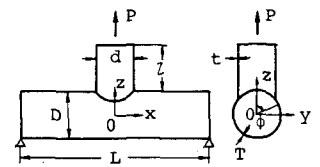


図-1 鋼管T型継手 (T-1)

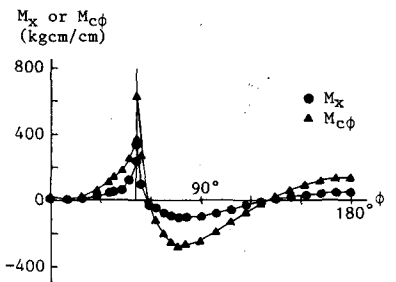


図-2 曲げモーメントの分布 (主管中央断面)

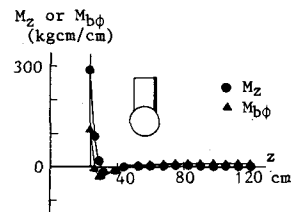
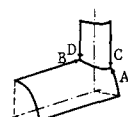


図-3 曲げモーメントの分布 (支管)

3. 応力集中係数 一般に疲労亀裂は主管と支管を連結するすみ肉溶接の止端で発生する。そこで本研究では支管の板厚と等しいサイズのすみ肉溶接を想定し、その溶接止端に相当する位置の、溶接線に直角方向の管表面の応力をホットスポット応力と定義した。ホットスポット応力 σ_s は膜力による膜応力 σ_m と曲げモーメントによる板曲げ応力 σ_b の和で与えられる。また σ_s を支管の平均応力 σ_0 で除した値を応力集中係数(SCF)とした。図-4に示す主管の点Aと点Bおよび支管の点Cと点Dのホットスポット応力 σ_s とSCFを、モデルT-1について表-1に示す。支管の末端の両境界条件において主管の点Aでは σ_b が卓越し、点Bでは σ_m が卓越している。また支管の点Cと点Dではともに σ_b

が卓越している。主管では点AのSCF



が点Bよりも図-4 SCFを求める位置大きく、支管では点CのSCFが点Dよりも大きい。このモデルでは支管が短く、支管の末端の境界条件が継手部の応力集中に影響を与えるために、各点のSCFは支管の末端の境界条件によって異なっている。

表-1 ホットスポット応力とSCF

		支管の末端の境界条件 自由				支管の末端の境界条件 単純支持			
		σ_m (kg/cm ²)	σ_b (kg/cm ²)	σ_s (kg/cm ²)	SCF	σ_m (kg/cm ²)	σ_b (kg/cm ²)	σ_s (kg/cm ²)	SCF
T-1	A	128.05	392.64	520.69	6.08	148.95	496.32	645.27	7.53
	B	222.35	127.44	349.79	4.08	204.63	59.88	264.51	3.09
	C	230.90	323.23	554.13	6.47	272.65	381.14	653.79	7.63
	D	27.45	171.17	198.62	2.32	17.31	35.38	52.69	0.62
T-2	A	141.68	470.15	611.83	7.14	142.10	472.82	614.92	7.18
	B	207.06	76.55	283.61	3.31	206.58	75.06	281.64	3.29
	C	260.14	354.59	614.73	7.17	260.96	355.88	616.84	7.20
	D	19.66	64.22	83.88	0.98	19.63	61.24	80.87	0.94
T-3	A	144.33	481.63	625.96	7.31	144.72	483.70	628.42	7.33
	B	248.42	71.76	320.18	3.74	248.04	70.67	318.71	3.72
	C	267.83	372.00	639.83	7.47	268.78	372.82	641.60	7.49
	D	17.44	67.95	85.39	1.00	17.17	65.22	82.39	0.96

SCF= σ_s/σ_0 $\sigma_0=85.68\text{kg/cm}^2$

4. 支管の長さの影響 モデルT-1において支管の長さLを200cmとしたモデル(T-2)について、支管の末端を自由にした場合と単純支持にした場合に対して計算を行った。モデルT-2のホットスポット応力 σ_s とSCFを表-1に示す。このモデルでは、主管と支管の連結部の膜力および曲げモーメントの分布が支管の末端の境界条件にかかわらずよく一致するため、表-1に示すようにSCFも支管の末端の境界条件によらず各点においてほぼ一致している。

5. 主管の長さの影響 モデルT-2において主管の長さLを432cmとしたモデル(T-3)について、支管の末端を自由にした場合と単純支持にした場合に対して計算を行った。モデルT-3のホットスポット応力 σ_s とSCFを表-1に示す。このモデルにおいてもSCFは支管の末端の境界条件にかかわらず各点においてほぼ一致している。したがって、支管をある程度長くすれば、支管の長さによらず、継手部の応力集中は支管の末端の境界条件に影響されなくなる。他方、主管の点Bのホットスポット応力はモデルT-3の方がモデルT-2よりも大きい。これは、モデルT-3の主管の長さがモデルT-2よりも長いために、主管に発生する主管全体の曲げモーメントが大きくなり、点Bの管軸方向の膜応力が大きくなるからである。しかし点Aのホットスポット応力は管周方向の応力であるために主管が長くなってあまり変化しない。さらに、支管の点Cと点Dのホットスポット応力も主管が長くなってあまり変化していかないことがわかる。以上より点Bのホットスポット応力は主管の長さの影響を受けるが、点A、C、Dのホットスポット応力は主管の長さの影響をあまり受けない。

6. KuangのSCF²⁾との比較 モデルT-2とT-3のSCFとKuangのSCFの比較を表-2に示す。T-2とT-3のSCFはいずれもKuangのSCFよりも小さい。これはKuangが相貫線上でSCFを求めているのに対して、本研究では仮想的なすみ肉溶接の止端に相当する位置でSCFを求めているからである。

表-2 SCFの比較

モデル		FEM値	Kuang
T-2	主管	7.14	7.42
	支管	7.17	8.21
T-3	主管	7.31	7.53
	支管	7.46	8.48

参考文献) 鋼管構造の進歩に関する調査研究報告書、鋼管構造の疲れ強さ、土木学会、1983

2) Kuang, J.G. et al, Stress concentration in tubular joints, OTC 2205, 1975.