

I-197

溶接継手の幾何学的応力集中の特性

通 商 産 業 省	正 員	磯 部 剛
大阪大学工学部	正 員	大 倉 一 郎
大阪大学工学部	正 員	福 本 喟 士
石川島播磨重工業(株)	正 員	南 正 輔

1. まえがき T型断面を有するアクリル製片持ばり試験体の静的荷重試験¹⁾の結果、図-1に示すように、ウェブ直上のフランジ上面の片持継手部付近に、局部応力が発生していることが明らかにされた。また、I型断面片持ばりに対する、アイソパラメトリックシェル要素を用いた有限要素法解析¹⁾の結果、片持継手部において鉛直方向の変位が拘束されていることによって、この局部応力が発生することが示された。この局部応力を幾何学的応力と呼ぶ。本論文では、この幾何学的応力に影響を与える因子を調べ、幾何学的応力の推定方法に対して提言を行う。

2. 幾何学的応力に影響を与える因子 図-2に示す解析モデルに対して、アイソパラメトリックシェル要素を用いた有限要素法解析を行い、幾何学的応力に影響を与える因子を調べた。解析モデルの片持継手部におけるすべての変位は拘束されている。要素分割を図-3に示す。片持継手部におけるフランジの最も細かい要素は $3.125\text{mm} \times 3.125\text{mm}$ である。荷重載荷形式Aのモデルの、上フランジ上面に生じるフランジ長手方向の表面応力の分布を図-4に示す。この図には、ウェブ厚 $t_w=9\text{mm}$ 、フランジ厚 $t_f=9\text{mm}$ 、片持継手部から荷重載荷位置までの距離 $l=2\text{m}$ に対する結果が示してある。片持継手部の極近傍に、幾何学的応力が発生していることがわかる。

ウェブ厚、フランジ厚、荷重載荷形式をそれぞれ変えたモデルに対して、有限要素法解析を行った結果を表-1に示す。表中の記号 k は、幾何学的応力集中係数、すなわち、有限要素法解析から得られた片持継手部のフランジ上面に生じるフランジ長手方向の表面応力を、同じ位置の公称表面応力で除したものである。記号 r は、幾何学的応力集中が減衰し、片持継手部から応力が公称応力に等しくなるまでの距離である。この表から、次のことが言える。

- ・同一のフランジ厚に対して、ウェブ厚 $t_w=27\text{mm}$ の方が、ウェブ厚 $t_w=9\text{mm}$ より k は大きく、 r は短い。
- ・同一のウェブ厚に対して、フランジ厚が薄いほど k は大

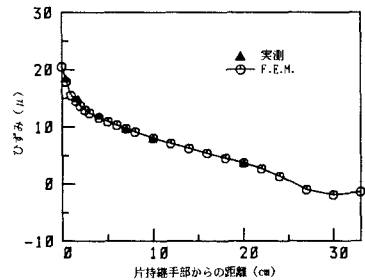


図-1 上フランジ上面のひずみ分布

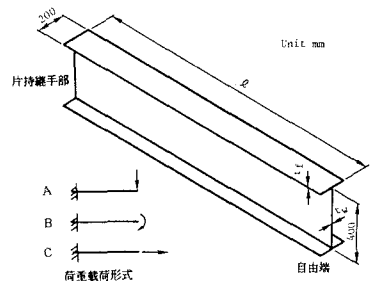


図-2 解析モデル

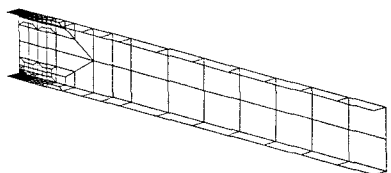


図-3 要素分割

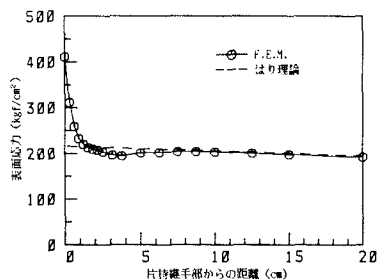


図-4 上フランジ上面の応力分布

きく、 r は短い。

- ・断面形状が同一であっても、荷重載荷形式によって k と r は変化する。
- ・荷重載荷形式Aでは、載荷位置が片持継手部に近いほど k は大きく、 r は長い。

3. 溶接の剛性の影響 図-2において、 $t_w=9\text{mm}$ 、 $t_f=9\text{mm}$ 、 $l=2\text{m}$ で、荷重載荷形式がAのモデルに対して、溶接の剛性を考慮するため、フランジにおいて片持継手部から12.5mmまでの範囲の板厚を、フランジ厚より厚く34mmにしたモデルについて有限要素法解析を行った。解析結果を図-5に示す。同図から、溶接の剛性を考慮しないモデルに対する溶接止端相当位置の応力が、溶接の剛性を考慮したモデルに対する溶接止端位置の応力より小さいことがわかる。したがって、有限要素法解析を用いて溶接止端位置の幾何学的応力を推定する場合は、溶接の剛性を考慮したモデルに対して有限要素法解析を行わなければならない。

4. 溶接止端の形状に起因する応力集中の影響範囲 溶接止端の極近傍には、止端形状に起因する応力集中が生じる。図-6からわかるように、溶接止端からフランジ厚の0.3倍の距離を越えると、この応力集中は公称応力に減衰していることがわかる。

5. 溶接継手の幾何学的応力の推定方法 EUROCODE 3 草案²⁾では、継手付近で局部応力が直線分布をなす部分を溶接止端に外挿して得られる応力をホットスポット応力と定義している。しかし、図-4に示した例では、継手付近に直線分布の領域が見られないので、ホットスポット応力の定義ができない。

図-4の曲線の接線勾配の分布を図-7に示す。片持継手部近傍では、接線勾配がほぼ直線分布と見なせるので、表面応力の分布は二次曲線で近似できる。一方、溶接止端からフランジ厚の0.3倍以内の領域には、溶接止端の形状に起因する応力集中が生じるので、この領域を避けて、幾何学的応力集中の発生する領域の、可能な限り溶接止端側の三点にひずみゲージを貼り、溶接止端に向かって二次外挿すれば、溶接止端の幾何学的応力を正確に推定することができる。

<参考文献>

- 1) 磯部剛、大倉一郎、福本湧士：ホットスポット応力の推定方法、平成元年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要、1989.5
- 2) EUROCODE 3 草案, Chapter 9 Fatigue, Mar.1988

表-1 解析結果

荷重載荷形式	l (m)	t_w (mm)	t_f (mm)	k	r (cm)
A	2	9	9	1.90	1.4
A	2	9	18	1.68	3.1
A	2	9	27	1.62	6.3
A	2	9	38	1.60	11.3
A	2	27	9	2.09	0.9
A	2	27	18	1.77	2.0
A	2	27	27	1.62	2.5
A	2	27	38	1.51	3.4
A	1	9	9	2.26	2.3
A	1	9	9	1.90	1.4
A	4	9	9	1.72	0.9
B	2	9	9	1.53	0.8
C	2	9	9	1.09	1.4

l : 片持継手部から荷重載荷位置までの距離

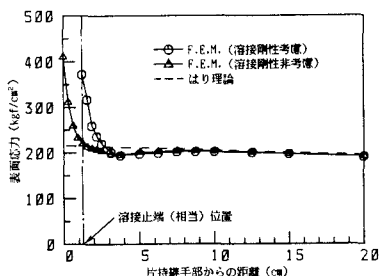


図-5 上フランジ上面の応力分布

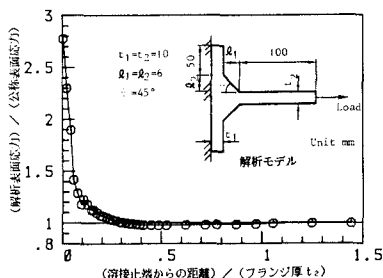


図-6 溶接止端極近傍の応力分布

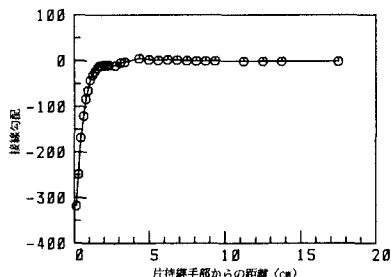


図-7 応力分布の接線勾配の分布