

大阪大学大学院 学生員 川畑 篤敬
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

1. まえがき アンダーカット、オーバーラップ、切欠きなどの溶接欠陥を有する隅肉溶接止端部の応力解析には、かなりの困難が伴うと考えられる。本研究では、このような止端部の応力性状を明らかにするオー段階として、これらの溶接欠陥を無視し、図-1に示すように、止端半径 p 、止端角 θ の止端形状を持つ十字型隅肉溶接継手が、一様な引張りを受けるときの応力集中率を明らかにした。解析においては、隅肉断面形状を容易に計算にとり入れることができる2次元弾性問題に関する境界要素法(B.E.M.)¹⁾を用いた。

2. B.E.M.プログラムの作成 境界を一定要素で離散化し、境界要素上での定積分を解析的に求めて、B.E.M.プログラムを作成した。境界上の応力は、境界上の応力とひずみの関係、および表面力と応力の関係に、境界上の変位の変化率を代入して算出した。

B.E.M.の解の精度を、円孔を有する平板の引張り問題により照査した。図-2に示すように、円孔部を中心角 7.5° で分割すれば、十分に精度のよい解が得られることがわかった。円孔表面のせん断応力について、B.E.M. 7.5° 値と理論値²⁾の比較を図-3に示す。両者はよく一致していることがわかる。

3. 引張りを受ける十字型隅肉溶接止端の応力集中率

図-1に示した p - θ モデルの止端形状を持つ十字型隅肉溶接継手の応力集中率は、従来、図-4に示す斜角フィレットの応力集中率で近似されることが多い。³⁾この斜角フィレットの応力集中率として、光弾性試験に基づいて次式が与えられている。⁴⁾

$$\alpha_\theta = \sigma_{\max}/\sigma_0 = 1 + f(\theta)(\alpha_{90^\circ} - 1) \quad (1)$$

ここに、 $\sigma_{\max}$ は、フィレット表面の最大主応力であり、 $f(\theta)$ 、 α_{90° は、それぞれ次式で与えられる。

$$f(\theta) = [1 - \exp\{-0.9(B/h)^{1/2}(\pi/80)\theta\}] / [1 - \exp\{-0.9(B/h)^{1/2}(\pi/2)\}] \quad (2)$$

$$\alpha_{90^\circ} = 1 + [1/2.8(B/b) - 2] \times (h/p)^{0.65} \quad (3)$$

α_{90° は、図-5に示す直角フィレットの応力集中率を与える。式(1)(2)(3)で、 p - θ モデルの隅肉溶接止端の応力集中率を評価する場合には、 $h = S$ 、 $B = (S/2) + S$ 、 $b = (S/2)$ (S :溶接サイズ、 t :母材厚)とすればよい。しかし、式(2)(3)は、光弾性試験による実験式であり、やや低めの値を与えるようである。そこで、B.E.M.を用いて、 $b=2\text{cm}$ を基準長さとし、 B/b 、 h/p をパラメータとして、応力集中率の計算を行った。

4. 直角フィレットの解析

図-5に示した直角フィレットについて、B.E.M.値と式(3)の比較を図-6に示す。B.E.M.値の方が、やや

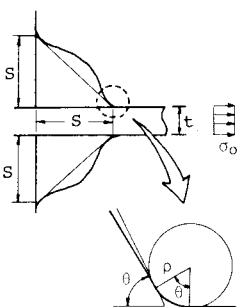


図-1 隅肉溶接止端の p - θ モデル

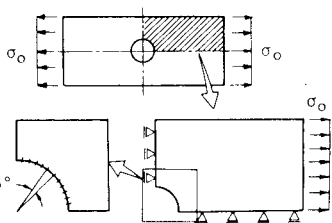


図-2 円孔を有する平板の引張り問題

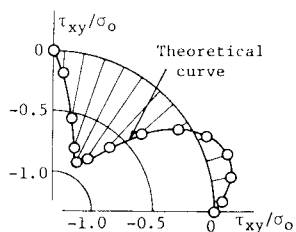


図-3 円孔表面のせん断応力の分布

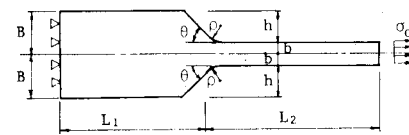


図-4 斜角フィレット

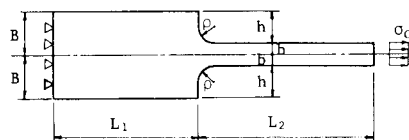


図-5 直角フィレット

大きい。そこで、B.E.M.値を、 B/b の値ごとに、 $\alpha_{90} = 1 + \{a(h/p)^n\}$ でべき乗回帰した結果を表-1に示す。式(3)では、指数を定数としているが、B.E.M.値に対して、 n の値は0.54~1.20の間で変動している。この n の変動性を表わすために、 n を次式で与えた。

$$n = \{h/b + 0.5(h/p)^{1/2}\} / \{h/b + (h/p)^{1/2}\}$$

この n を用いて、次式によりB.E.M.値を近似した。

$$\alpha_{90} = 1 + [1/C_1(B/b) + C_2\{(h/p)^n\}]^n \quad (4)$$

ここで、 C_1 、 C_2 は最小2乗法により、それぞれ、 $C_1 = 1.95$ 、 $C_2 = -1.25$ と決定された。B.E.M.値と式(4)の比較を図-7に示す。両者はよく一致していることがわかる。

5. 斜角フィレットの解析 図-4の斜角フィレットについて、B.E.M.値から算定される $f(\theta)$ と、式(2)の比較を図-8に示す。B.E.M.値は B/b よりも p/h の影響を強く受けており、 p/h をパラメータとして、 $f(\theta)$ に対して次式を仮定した。

$$f(\theta) = [1 - \exp\{C_3(p/h)^m(\pi/80)\theta\}] / [1 - \exp\{C_3(p/h)^m(\pi/2)\}] \quad (5)$$

ここで、 C_3 、 m は、試行錯誤的に決定され、 $C_3 = -5$ 、 $m = 1/3$ となった。B.E.M.値と、式(5)の比較を図-9に示す。式(5)が、B.E.M.値の傾向をよく表わしていることがわかる。

6. 応力集中の影響範囲 実際の溶接継手には、隅肉溶接の止端形状に起因する応力集中の他に、継手の全体形状に起因する応力集中が存在する。これらの応力集中を分離して扱うためには、止端形状に起因する応力集中の影響範囲を明らかにする必要がある。図-5の直角フィレットについて、板表面の引張方向の応力 σ_x の分布形状を、図-10に示す。ここで、 l は、止端からの距離である。止端から遠ざかるに従って、 σ_x は急激に公称応力 σ_0 に近づくことがわかる。応力集中の影響範囲として、 $\sigma_x/\sigma_0 = 1.05$ となる距離 l と p の関係を調べた。この結果を図-11に示す。 l/b は p/b によらず、0.5以下となっている。したがって、母材厚は $t = 2b$ であるから、応力集中の影響範囲は、板厚の1/4以下となり、止端の極近傍に限られることがわかる。謝辞：本研究において、データ作成などに御協力いただいた、猪上 建 氏(現・九州電力)に感謝の意を表わす。

- (1) C.A. プレミア著、中谷、田中(中)共訳：境界要素法入門、培風館、1980
- (2) Timoshenko, S. & J.N. Goodier : *Theory of Elasticity*, 2nd Edition, McGraw-Hill, pp.78-85, 1951
- (3) 二瓶ら、日本造船学会論文第146号, pp.393-406, 1979
- (4) 西田正孝：応力集中、森北出版, pp.632-636, 1973
- (5) 文献(4)のp.558

図-11 応力集中の影響範囲

表-1 a, n の値

B/b	a	n
1.1	1.017	0.540
1.2	0.891	0.567
1.3	0.761	0.603
1.5	0.597	0.674
2.0	0.408	0.857
3.0	0.290	1.200

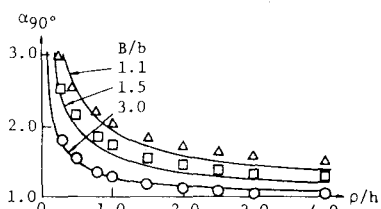


図-6 B.E.M.値と式(3)の比較

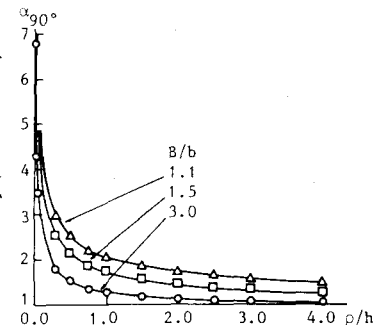


図-7 B.E.M.値と式(4)の比較

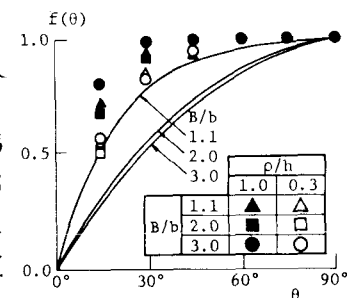


図-8 B.E.M.値と式(2)の比較

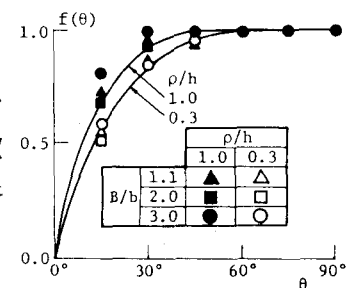


図-9 B.E.M.値と式(5)の比較

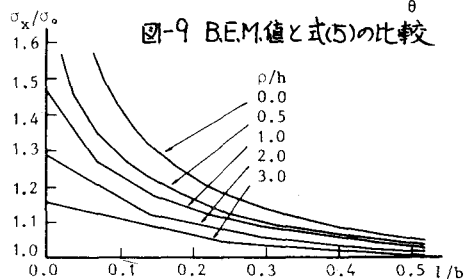


図-10 σ_x の分布形状 ($B/b = 1.5$)