

隅肉溶接止端の応力解析

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

大阪大学大学院 学生員 川畑 篤敬
大阪大学工学部 学生員 〇 義上 建

1. まえがき アンダーカット, オーバラップ, 亀裂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, 止端部の応力性状を明らかにする第一段階として, これらの溶接欠陥を無視し, 図1に示すように, 止端半径 ρ , 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。

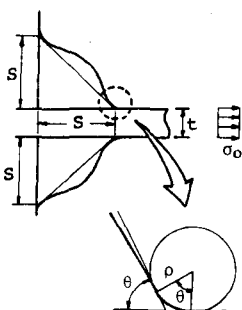


図-1 隅肉溶接止端の ρ - θ モデル

2. BEM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行って, B.E.M.プログラムを作成した。

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, 境界上の変位を2次式で近似して求めた境界上の変位の変化率を代入して, 境界上の応力を算出した。

B.E.M.の解の精度照査を円孔を有する平板の引張問題を用いて行った。図2に示すように, 周辺部を極端に粗な分割にせず, 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。この要素分割に対する円孔表面のせん断応力 τ_{xy} について, B.E.M.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。

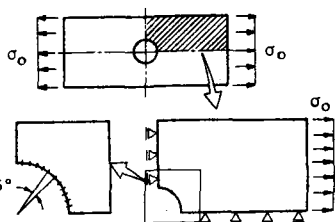


図-2 円孔を有する平板の引張問題

3. 引張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 ρ - θ モデルの応力集中率は, 従来, 図4に示す斜角フィレットの応力集中率として求められており³⁾ 光弾性試験に基づいて次式が与えられている⁴⁾。

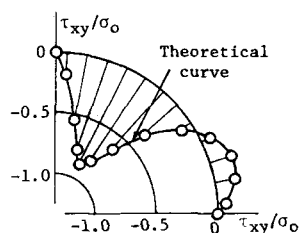


図-3 円孔表面のせん断応力の分布

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

ここに, σ_{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ている。

$$f(\theta) = [1 - \exp\{-0.9(B/h)^{1/2}(\pi/180)\theta\}] / [1 - \exp\{-0.9(B/h)^{1/2}(\pi/2)\}] \quad (2)$$

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

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, ρ - θ モデルの応力集中率を評価する際には, $h = S$, $B = (b/2) + S$, $b = c/2$ (S : 溶接サイズ, t : 母材厚) と変換すればよい。しかし, 式(2),(3)は, 光弾性

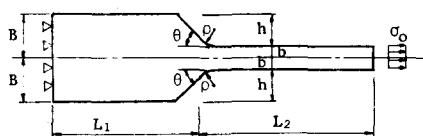
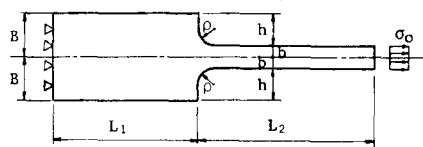


図4 斜角フィレット

試験による実験式であり、やや低めの値を与える傾向がある。そこで、B.E.M.を用い、 $b = 2\text{cm}$ を基準長さとして、 B/b , $\rho/h (= P/(B-b))$ をパラメータとして、応力集中率の計算を行なった。



4. 直角フィレットの解析 図5の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、やや大きくなっていることがわかる。そこで、B.E.M.値を、 $\alpha_{90} = 1 + \{a(\rho/h)^n\}$ でべき乗回帰した結果を表1に示す。式(3)では、指数部を定数としているが、B.E.M.値では、 n が0.54~1.20の範囲で変動している。この n の変動性を考慮して、次式によりB.E.M.値を近似した。

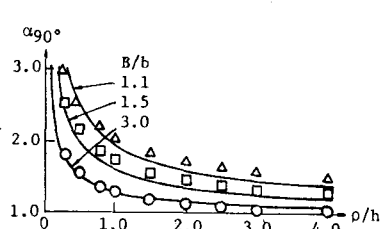


図-6 B.E.M.値と式(3)の比較

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

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

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

ここで、 C_1, C_2 は最小2乗法により、それぞれ、1.95, -1.25と決定された。 $B/b = 3.0$ について、 ρ/h が1よりも、かなり小さい場合のB.E.M.値と式(4)の比較を図7に示す。

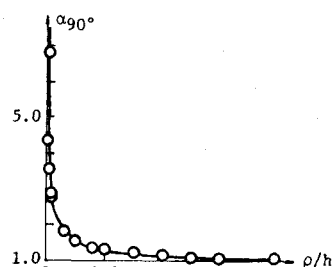


図-7 B.E.M.値と式(4)の比較

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、 ρ/h の影響を強く受けていることがわかる。そこで、 ρ/h をパラメータとして $f(\theta)$ に対して、次式を仮定した。

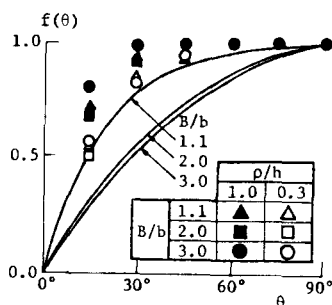


図-8 B.E.M.値と式(2)の比較

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

ここで、 C_3, m は、試行錯誤的に決定され、それぞれ、-5, 1/2となった。B.E.M.値と、式(5)の比較を図9に示す。両者がよく一致していることがわかる。

6. 結論 図1に示したP-θモデルの止端を持つ、十字型隅肉溶接継手は、一様な引張力を受けるときの応力集中率は、式(1), (4), (5)で与えられる。

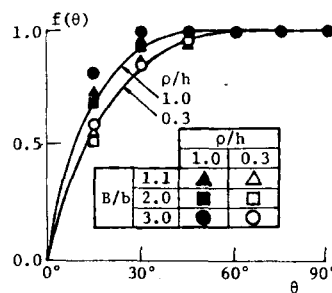


図-9 B.E.M.値と式(5)の比較

参考文献 (1) C.A. プリア著、神谷紀生、田中正隆、田中喜久昭共訳：境界要素法入門(初版)、培風館、1980。

(2) Timoshenko, S. and J.N. Goodier: Theory of Elasticity, 2nd Edition, McGraw-Hill, pp.78-85, 1951。

(3) たとえば、溶接継手の止端研削による疲れ強度向上法、JSSC, Vol.12, No.126, pp.1~22, 1976。

(4) 西田正孝：応力集中、増補版、森北出版、pp.632~636、1973。