

隅肉溶接止端から発生する疲労亀裂の応力拡大係数

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 〇川 畑 篤敬

1. まえがき 著者らは、既報¹⁾で、一様な引張応力を受ける隅肉溶接継手の止端部の応力集中率を明らかにした。本研究では、最初に、図-1に示す突出部を有する帯板のフィレット部に存在する亀裂の応力拡大係数を算出し、次に、隅肉溶接継手の止端部に発生する亀裂への適用の可能性を調べる。

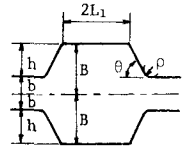


図-1 突出部を有する帯板

2. 応力拡大係数の算出手法 応力拡大係数の算出には、重ね合わせの手法を用いた²⁾。すなわち、図-2 a)の突出部を持つ帯板に存在する亀裂の応力拡大係数は、b)の亀裂が存在しない帯板の亀裂相当位置に沿う応力分布を、亀裂に内圧として作用させたときの、c)の応力拡大係数により与えられる。b)の亀裂相当位置の応力分布は、境界要素法によって求め、c)の亀裂に内圧が作用するときの応力拡大係数は、次式より求める³⁾。

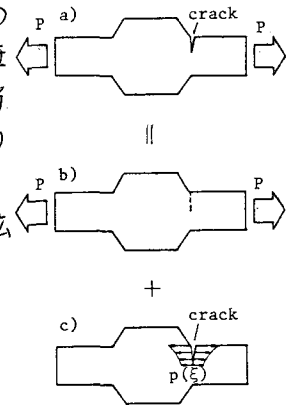


図-2 重ね合わせの手法

$$K_I = \sqrt{\frac{2a}{\pi}} \int_0^1 \left(\xi^{-\frac{1}{2}} + m_1 \xi^{\frac{1}{2}} + m_2 \xi^{\frac{3}{2}} \right) P(\xi) d\xi \quad (1)$$

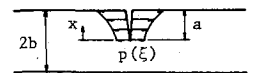
$$m_1 = 0.6147 + 17.1844\lambda^2 + 8.7822\lambda^6$$

$$m_2 = 0.2502 + 3.2889\lambda^2 + 70.0444\lambda^6$$

$$\xi = x/a, \quad \lambda = a/2b$$

ここに、記号は、図-3に示す。

式(1)は、図-3に示す帯板の片側エッジ亀裂に内圧が作用するときの、平面ひずみ状態下の応力拡大係数を与えるものであるが、フィレット表面近傍の亀裂に対しては、良い近似値を与えると考えられる。



内圧を受ける

図-3 片側エッジ亀裂

3. 境界要素法プログラム 境界を線型要素で離散化する境界要素法プログラムを作成した。線型要素を用いる際に問題となる左右で表面力が不連続な節点に関して、要素変位を内そうする節点と表面力を内そうする節点を分離し、表面力に対する節点をダブル節点とすることにより処理した。また、隅肉部に関する特異積分は、解析的に行なった。さらに、境界上の応力は、境界上の変位を3次式で近似して変位の変化率を求め、境界上の応力とひずみの関係、表面力と応力の関係から求めた。図-4に示す、長方形板の引張問題について

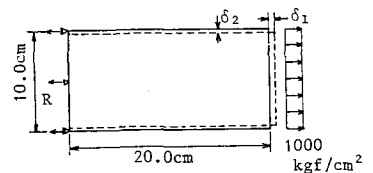


図-4 長方形板の引張

変位 δ_1 , δ_2 , 反力 R に関して、境界要素法による計算値と理論値の比較を表-1に示す。表より、不連続表面力の処理、および、特異積分が正確に行なわれ、 δ_1 , δ_2 , R が精度良く求まっているのがわかる。

表-1 計算値と理論値		
力学量	計算値	理論値
δ_1 (cm)	9.5239×10^{-3}	9.5238×10^{-3}
δ_2 (cm)	7.1429×10^{-3}	7.1429×10^{-3}
R (kgf/cm ²)	1.0000×10^3	1.0000×10^3

4. 突出部を有する帯板の応力拡大係数

最初に、直角フィレットの応力拡大係数を求め、次に斜角 θ , 突出幅 L_1 が応力拡大係数に与える影響を明らかにする。図-5に示す直角フィレット ($\theta = 90^\circ$) に一様な引張応力 σ_0 が作用する場合について、フィレット部の応力集中が最大の点 (SC点) の最大主応力方向と直角方向に存在する亀裂に関して応力拡大係数 K_I を計算した。ここでは、応力拡大係数を次に示す無次元量 F_I , Y_I で表わす。

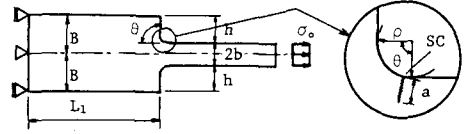


図-5 直角フィレット

$$F_I = \frac{K_I}{\sigma_0 \sqrt{\pi a}}, \quad Y_I = \frac{K_I}{1.129 \sigma_0 \sqrt{\pi a}}$$

ここに、 a : 亀裂長, σ_0 : SC点の応力集中率, 1.129は、式(1)における亀裂開口面の影響係数である。各種直角フィレット形状に関する Y_I の値を、板厚で無次元化した亀裂長 a/b に対して図-6に示す。この図より、 Y_I は板厚の1割程度の亀裂長で P/h の等しい形状ごとにほぼ同じ値になるが、フィレット表面近傍では、かなり異なった値になる。次に、板厚の1割未満の亀裂に対して、亀裂長を a/p で表わしたときの Y_I の値を図-7に示す。この図から、フィレット表面近傍の亀裂に対して、 Y_I が直角フィレットの形状によらず、ほぼ同じ曲線になることがわかる。さらに、 $B/b = 3.0$, $P/h = 0.3$ の形状を持つ帯板の斜角 θ , 突出幅 L_1 を変化させたときの Y_I の値を、それぞれ図-8, 図-9に示す。これらの図から、 θ が 45° 以上, L_1/b が 1.5 以上のフィレット形状で、 Y_I の値が、ほぼ直角フィレットの場合と一致することがわかる。なお、端部亀裂については、当日発表する。

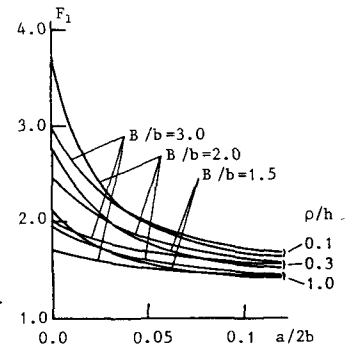


図-6 直角フィレット, F_I

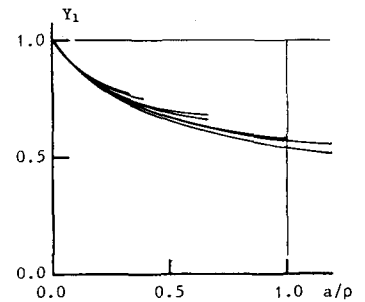


図-7 直角フィレット, Y_I

- (参考文献)
- 1) 年譜概要集: I-163, 1983
 - 2) F.V. Lawrence: Estimation of Fatigue-Crack Propagation Life in Butt Welds, Welding Journal Research Supplement, 1973
 - 3) Hans F. Bueckner: Methods of analysis and solutions of crack problems, ed. G.C. Sih, Netherland, 1973

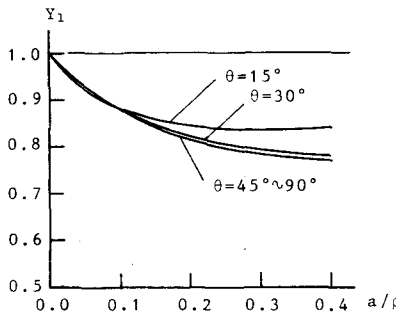


図-8 斜角の影響

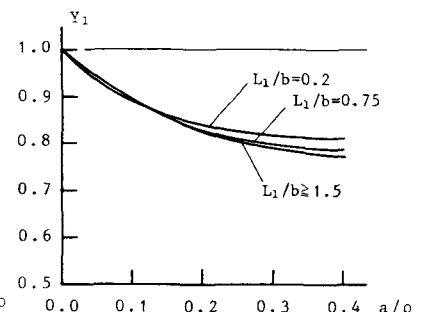


図-9 突出幅の影響