

名古屋大学 学生員○永津 省吾

名古屋大学 正 員 山田健太郎

1. まえがき

溶接継手には、溶接止端やブローホール、アンダーカットなどの応力集中を生じる部分が存在し、そのため疲れき裂発生寿命 N_c は疲れき裂進展寿命 N_p に比べて十分小さいことが多い。従ってこの疲れき裂進展寿命を破壊力学の手法を用いて解析すれば、疲れ寿命を評価できることになる。溶接継手の疲れ試験結果にみられるばらつきは、溶接継手に含まれるこれらの欠陥や応力集中部のばらつきに起因すると考えると、ばらつきを含んだ疲れき裂進展寿命が解析できる。本報告では、疲れ寿命に影響を及ぼす要因を分析して確率分布を与え、モンテカルロ・シミュレーションを用いて疲れき裂進展寿命解析を行ない、疲れ寿命を評価することを試みた。特に、通常実験値が得にくい 10^7 回を超えるような高サイクル疲労の領域におけるばらつきについて検討した。

2. 解析方法と解析モデル

疲れき裂進展寿命 N_p は、応力拡大係数範囲 ΔK のしきい値 ΔK_{th} を考慮した疲れき裂進展速度式を数値積分することにより、次式のように求まる。

$$N_p = \int_{a_0}^{a_f} \frac{1}{C (\Delta K^m - \Delta K_{th}^m)} da \quad (1)$$

ここで、 a_0 は初期き裂長さであり、最終き裂長さ a_f は板厚の85%、材料定数 C 、 m 、 ΔK_{th} は、金属材料技術研究所で求めた SM50B 材に対する値を用いた。ここで、 ΔK は、

$$\Delta K = \sigma_r \sqrt{\pi a} \cdot F_s \cdot F_E \cdot F_T \cdot F_G \quad (2)$$

a はき裂長さ、 σ_r は公称応力範囲であり、 F_s 、 F_E 、 F_T 、 F_G はそれぞれ、自由表面、き裂形状、板厚（板幅）、幾何学的な形状による影響を考慮した補正係数である。解析モデルは Fig.1 に

示すような非仕上げのリブ十

字形すみ肉溶接継手で、き裂は

止端部に発生し、応力に垂直に

半楕円形に進展するものとする。

過去の実験結果より、き裂は

ほとんど $\rho \neq 0$ の箇所が発生

していることがわかっているの

で、 $\rho = 0$ として、止端角 θ 、

初期き裂長さ a_0 に確率分布を

与えて疲れき裂進展寿命 N_p を

計算した。 θ 、 a_0 とともに対数

正規分布

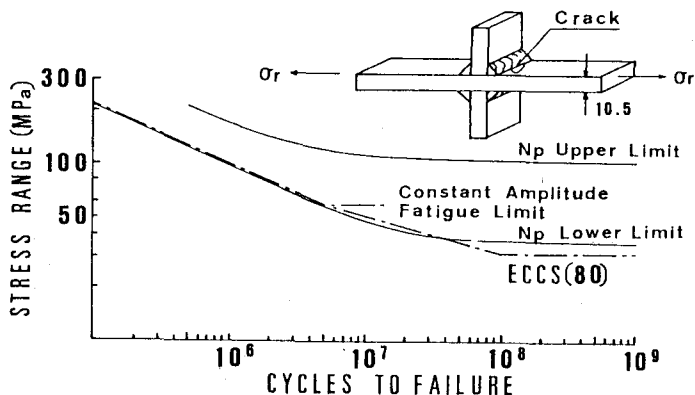


Fig.1 Upper and Lower Limit for N_p

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\xi x} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \lambda}{\xi}\right)^2\right\} \quad (3)$$

に従うと仮定した。 a_0 、 θ の λ 、 ξ 及び平均値、最小値、最大値をTable 1に示す。

3. 解析結果

まず、 ΔK_{th} が N_p に及ぼす影響を調べるため、 a_0 。

と θ の上、下限値を用いて N_p の下限値と上限値を求め

た。この結果とECCSの疲労設計指針に示されるこの

継手の設計S-N線図をFig.1に示す。 $\sigma_r \geq 180$ MPa

では上限値にもほとんど ΔK_{th} の影響はみられない。上限値は $\sigma_r = 160$ MPa 付近から、下限値は $\sigma_r = 55$ MPa 付近から ΔK_{th} の影響を受けてS-N線図の傾きがだんだん緩やかになり、それぞれ $\sigma_r = 100, 36$ MPa で疲労限を示した。ECCS設計指針のS-N線図は定振幅疲労限の59 MPa 以上の応力範囲では、ほぼ N_p の下限値に一致している。また、定振幅疲労限以下の応力範囲に対しても、 $\sigma_r \geq 45$ MPa では、シミュレーションの結果が有効であることがわかる。

次に、 $\sigma_r = 32 \sim 210$ MPa の範囲で11段階の σ_r についてそれぞれ20回ずつシミュレーションを行った。 $\sigma_r = 210, 80, 55$ MPa のときの N_p のヒストグラム、各応力範囲に対する N_p の平均値と最小値、及びECCSの設計S-N線図をFig.2に示す。ここで 10^9 回以上の繰り返し数になるもの($\Delta K < \Delta K_{th}$ を含む)は 10^9 回として計算した。 N_p の分布は ΔK_{th} の影響を受けると、 σ_r が小さくなるにつれて、徐々に対数正規分布しなくなり、平均値-2×標準偏差の値で疲れ寿命を評価することが難しくなる。20個のシミュレーション値の最小値を便宜的に95%非破壊確率値として、図中にばらつきとして示す。この結果は、ほ

ぼECCSの設計S-N線図と似た傾向になった。またこの値は、Fig.1で示したように a_0 と θ の両方の上限値をとって計算した N_p の下限値をとる確率が低いことを考えると、強度の下限値としてより合理的であると思われる。

今回の報告の他に、溶接桁、ガセット継手、ガセット継手の溶接補修部についてもシミュレーションを行ない、疲れ寿命を評価した。

参考文献

- 1) Engesvik, K.M.: Analysis of Uncertainties in the Fatigue Capacity of Welded Joints, Report UR-82-17, The Norwegian Institute of Technology, 1981
- 2) ECCS: Recommendations for the Fatigue Design of Steel Structures, 1985

	λ	ξ	MEAN	MAX.	MIN.
a_0	-2.143	0.356	0.125	0.4	0.075
θ	3.694	0.289	41.9	80.0	20.0

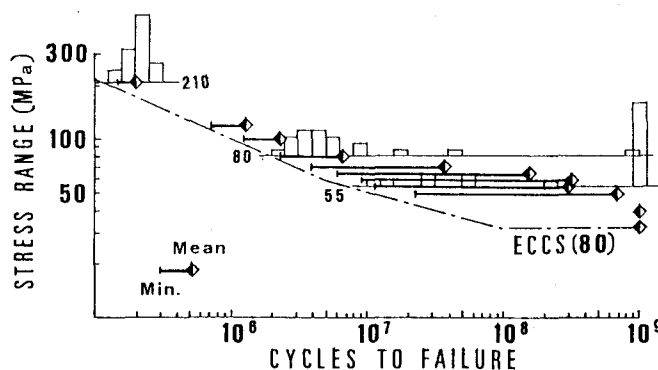


Fig.2 Results of Simulations