

東京大学工学部 町田 進, 吉成仁志  
九州大学工学部 豊貞雅宏

1. はじめに

水海域用海洋構造物をはじめ、低温環境下で使用される構造物においては脆性破壊に対する安全性を考慮することが不可欠である。材質選定の段階では使用中に構造物に生じる可能性のある欠陥の大きさまり溶接欠陥などの初期欠陥から疲労などによりどの程度き裂が拡大するかを把握し、そのき裂から破壊が発生することのないよう十分な靱性を有する材料を選ぶことが課題となる。したがって、欠陥に関する情報を得ることが合理的な材質評価にとり極めて重要となってくる。本報告では、日本造船研究協会SR195研究部会において実施された海洋構造物についての初期欠陥寸法のアンケート調査に基づき、材質選定の段階で考慮すべき欠陥の大きさに関して統計的検討を行った結果について述べる。

2. 初期欠陥寸法のばらつき特性

造船各社において海洋構造物ないし構造モデル試験体製作時に非破壊検査により発見された欠陥（ほとんどが表面欠陥）の長さ $2a$ と深さ $b$ の分布をFig.1に示す（板厚 $t$ で無次元化してある）。両者は独立と考えてよく、次式のWeibull分布で近似できる。 $x=2a/t, y=b/t$ と

$$F_x(x) = 1 - \exp\{- (x/1.73)^{0.38}\} \quad (1)$$

$$F_y(y) = 1 - \exp\{- (y/0.33)^{1.0}\} \quad (2)$$

3. 材質選定時に考慮すべき欠陥寸法

SR195部会が検討の対象としている亜北極圏用半潜水式構造物のHTB端部を考える。この部位には、製造時 $n_0$ 個の初期欠陥があるとし、その寸法は(1), (2)式より確率的に与えられる。製造時検査の欠陥発見率を $2a, b$ ともに

$$P_b(x) = \left(\frac{x-2}{20-2}\right)^{0.125}, \quad x=2a \text{ または } b \text{ (mm)} \quad (3)$$

と仮定し、発見されずに残った欠陥から疲労き裂が進展するものとする。この部位に加わる応力振幅 $\Delta\sigma$ の長期分布を、超過確率を $Q$ として

$$\log Q = -8.0(\Delta\sigma/7.2)^{1.0} \quad \Delta\sigma: \text{kgf/mm}^2 \quad (4)$$

とし、日本溶接協会規格WES2805の手法で $N=10^8$ 回後のき裂進展長を算定した。構造物中の最大欠陥寸法（等価な貫通欠陥寸法 $\bar{a}$ で考える）はFig.2のようになる。危険率 $P_c$ でこの大きさの欠陥が存在するというを示しており、また縦軸の $\delta_{c \text{ req.}}$ は、この部位には最大 $0.8\sigma_y$ の応力が作用しうるとし、応力集中係数は3としてWES2805のCOD評価式： $\delta = 3.5 e \bar{a}$ （ $e$ ：作用ひずみ）より脆性破壊に対して安全であるために必要な破壊靱性値 $\delta_c$ の大きさを算定した結果である。このほか、各種パラメータの影響の検討および破壊靱性値のばらつきを考えて破壊確率の形で整理した結果もあるが省略する。

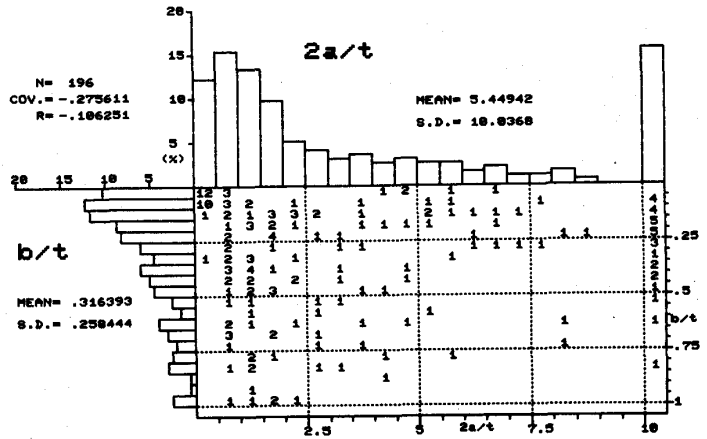


Fig.1 Histogram of crack sizes existing in offshore structure when fabricated

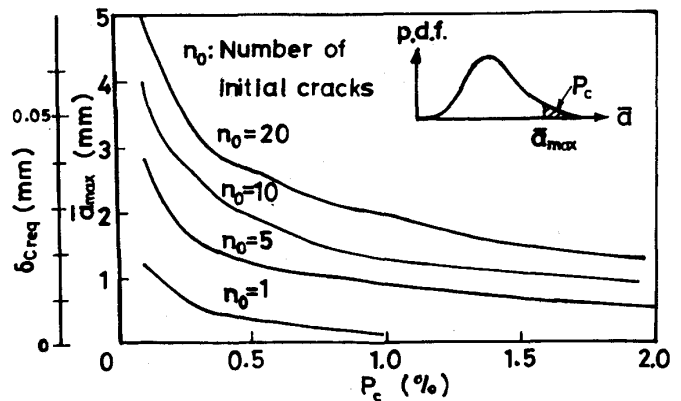


Fig.2 Maximum crack size to be considered at design