

溶接継手の等価構造応力に関するシェル要素を用いた解析的検討

長崎大学工学部 正 会 員 中村聖三

長崎大学大学院 学生会員 ○孫書楠

長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

1. はじめに

様々な溶接構造物において、一般的な FEM 解析に基づく構造応力は、要素サイズに依存しやすいという問題がある。これに対して、近年、要素サイズに依存しにくい等価構造応力を用いる方法¹⁾が提案されている。本研究では、荷重非伝達型十字隅肉溶接継手、面内ガセット継手を対象に、シェル要素を用いた FEM 解析結果に基づき算出された溶接止端部における等価構造応力の板厚効果の影響、等価構造応力に基づく疲労試験結果のばらつき、およびマスター-S-N 線図への適合性を検証する。

2. 解析概要

対象継手の一例として、文献²⁾に示されている荷重非伝達型十字隅肉溶接継手と面内ガセット継手の形状および寸法を図1図2に示す。解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MARC を用い、その要素ライブラリから使用要素タイプとして双1次厚肉シェル要素(要素 No.75)を選択し、モデルを作成した。また、等価構造応力のメッシュ分割への依存性を検証した結果に基づいて、疲労試験により破壊が生じた溶接止端部の近傍における要素サイズを 5mm 前後に設定し、解析を行った。モデルのヤング係数(E)およびポアソン比(ν)は、それぞれ $E=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, $\nu=0.3$ とした。境界条件は、主板を y 軸変位拘束、付加板を x 軸変位拘束とし、主板端部 x 軸方向に载荷した。

等価構造応力を算出するため、まず、溶接止端部の断面に作用する節点力 F と節点モーメント M を FEM 解析により求め、溶接止端部の断面における膜応力(σ_m)および板曲げ応力(σ_b)をそれぞれ式(1)および(2)により算出する。

$$\sigma_m \cdot w \cdot t = \sum_{i=1}^n F_{xi} \quad (1) \quad \sigma_b = \frac{\sum_{i=1}^n M_{zi}}{I} \cdot \frac{t}{2} \quad (2) \quad \text{ここ}$$

に、 t : 主板の板厚、 w : 着目断面の板幅である。

次に、算出された膜応力(σ_m)および板曲げ応力(σ_b)を用い、等価構造応力(S_s)を次式より算出する。

$$S_s = \frac{\sigma_s}{t^{\frac{2-m}{2m}} \cdot I(r)^{\frac{1}{m}}} \quad (3) \quad \text{ここに、} \sigma_s: \text{構造応力}(= \sigma_m +$$

$$\sigma_b), r = \frac{\sigma_b}{\sigma_m + \sigma_b}, I(r) = 0.294r^2 + 0.846r + 24.815, m = 3.6 \text{ である。}$$

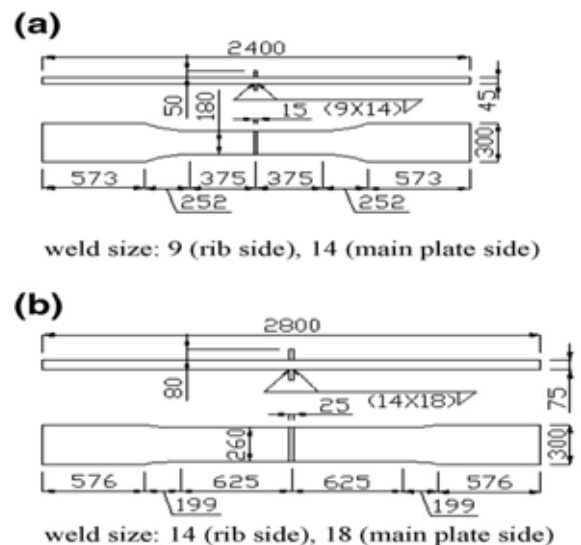
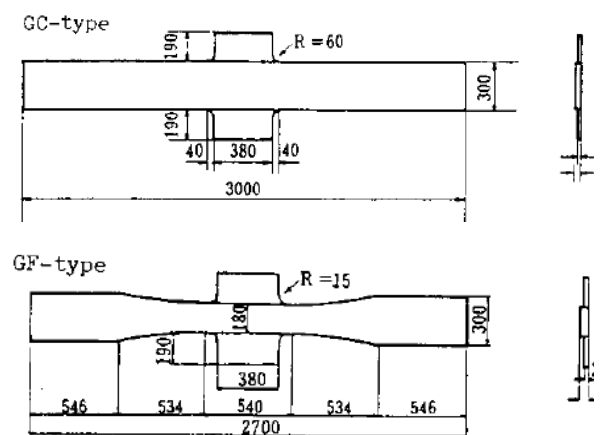


図1 荷重非伝達型十字隅肉溶接継手



IN-PLANE GUSSET JOINTS

図2 面内ガセット継手

キーワード：溶接継手、等価構造応力、疲労、有限要素解析

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部 Tel: 095-819-2613 Fax: 095-819-2627

3. 解析結果と考察

3.1 板厚効果の影響

文献²⁾に記されている板厚が異なる十字溶接継手を解析対象として算出された等価構造応力に基づく疲労試験結果を図3に示す。図3からAとBの等価構造応力に基づく疲労試験結果は同じくマスターS-N線図の95%信頼区間に位置することが分かる。この結果から十字溶接継手においては板厚効果が疲労強度に与える影響は極めて少ない。図4から面内ガセット継手においても同じ結果を確認できた。しかし今回入手した疲労データの数で面内ガセット継手の板厚効果の影響を評価するのはまだ不十分だと思う。

3.2 疲労試験結果のばらつき

文献²⁾⁻⁵⁾より入手した公称応力に基づく疲労試験結果および解析により算出された等価構造応力に基づく疲労試験結果を図5、図6に示す。図中赤線で示したのはこれらのデータから得られた近似曲線である。両者を比較すると、等価構造応力を用いた場合は、公称応力を用いた場合に比べ、ややデータのばらつきが小さいことがわかる。

3.3 マスターS-N線図への適合性

図6に赤線で示した本研究で用いた文献のデータに対する近似直線は、文献¹⁾に示された平均マスターS-N線図とほぼ一致していることがわかる。これらのデータを試験体の試験条件別に比較したところ、研削加工やピーニングといった疲労強度向上策が施された試験体に対しては、平均マスターS-N線図は疲労強度を過小評価する可能性が高いことがわかった。

4. 結論

本研究では、シェル要素を用いたFEM解析に基づく等価構造応力は公称応力に基づく疲労試験結果に比べ、ばらつきが小さいということが確認できた。また、疲労強度を向上させるための処理が施された場合には、等価構造応力に基づく疲労試験結果がマスターS-N曲線の上に位置し、平均値曲線の適合性が低下することもあり得ることを明らかにした。今回文献³⁾に記されている疲労データの数で溶接継手の疲労強度に対する板厚効果の影響を評価するのはまだ不十分だと思っている。図3図4からみると十字溶接継手と面内ガセット継手において板厚効果は等価構造応力に基づく疲労強度に影響を与えたとはいえない。今後は、今回対象とした継手形式以外の溶接継手も含める新たな疲労試験データを用いて同様の検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) P.Dong, J.K.Hong, D.A.Osage, M.Prager: Master S-N curve method for fatigue evaluation
- 2) Wooryong Park, Chitoshi Miki: Fatigue assessment of large-size welded joints based on the effective notch stress approach
- 3) 国広哲男, 藤原稔, 武田亘弘: 鋼床版隅肉溶接部の疲労試験結果, 土木技術資料 16-2(1974)
- 4) 日本鋼構造協会, 疲労小委員会: 溶接継手の止端研削による疲れ強さ向上法, JSSC VOL.12, '76 6
- 5) 太田省三郎, 工藤松一, 江口保平, 三浦数男: リブ十字形前面隅肉溶接継手の疲れ強さ(その2)
- 6) Shimokawa H, Takena K, Itoh F, Miki C. Fatigue strengths of large-size gusset joints of 800 MPa class steels. Proc of JSCE1985.

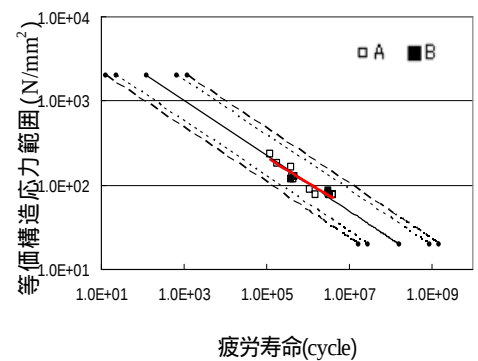


図3 十字隅肉溶接継手の板厚効果の影響

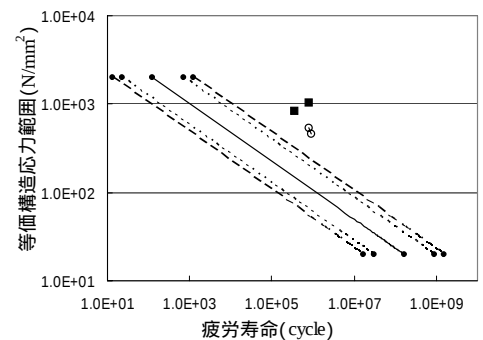


図4 面内ガセット継手の板厚効果の影響

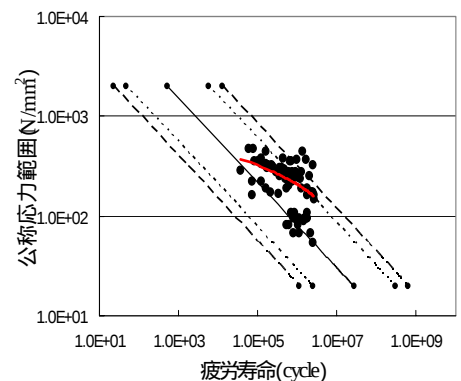


図5 公称応力

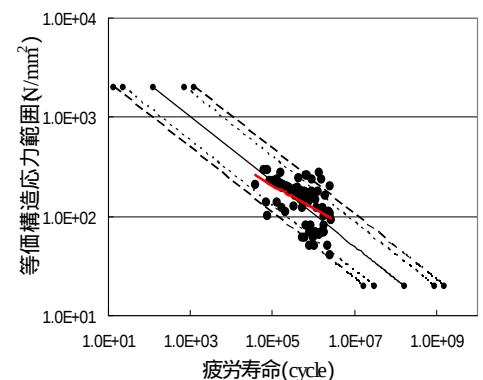


図6 等価構造応力