

I-A 379 疲労強度評価を目的としたスカーラップ溶接部の応力算定式の提案

法政大学 学生会員 内田 大介

法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに これまでの研究により、スカーラップ溶接部にはその形状に起因する応力集中に加えて、せん断力による板曲げ応力も生じることが知られている。そのため、その疲労強度評価を従来のように単純梁理論により算出した公称曲げ応力範囲を用いて行うことは危険であり、ホットスポット応力を用いて評価することが適切とされている。しかし、計算の簡便さや他の継手の強度評価との整合性を考えるとスカーラップ溶接部についても公称応力ベースで疲労強度を評価することが望ましい。本研究では公称応力を用いてスカーラップ溶接部の疲労強度を評価する方法を提案する。そのため、スカーラップ溶接部を面外ガセット溶接継手と見なし、その面外ガセットに作用する公称応力範囲を求めるための算定式について、20節点固体要素を用いた3次元有限要素応力解析を行うことにより検討する。また、この評価方法の妥当性を確かめるために疲労試験を実施する。

2. スカーラップ溶接部公称応力の定義 解析モデルは図1に示す4点曲げを受けるI型断面梁である。解析モデルの要素分割図の例を図2に示す。図3と図4は、それぞれ、等モーメント区間とせん断区間に設けたスカーラップ内の応力分布について、有限要素応力解析により求めた値 σ と単純梁理論により求めた公称応力 σ_m を比較したものである。解析により求めた応力は等モーメント区間のスカーラップ中央においても σ_m よりも高くなっている。これは断面欠損による影響と考えられる。この影響を考慮するためスカーラップ内中心でフランジ板厚中心位置での応力を曲げモーメントによる公称応力と定義する。せん断区間には、断面欠損による影響に加え板曲げ応力も生じている。せん断力による公称板曲げ応力は以下のように求めた。①応力解析により得られた等モーメント区間でのスカーラップ内の応力の値を梁理論で計算した応力の値で除し、その係数を α とする。②梁理論から求められるせん断区間のスカーラップ内の応力値に α を乗じる。③せん断区間のスカーラップ内の応力解析値より②の応力を差し引く。④③の値を α で除す。このようにして求めたスカーラップ内の応力分布の例を図5に示す。スカーラップ端近傍の乱れを除けばスカーラップ内の応力はほぼ直線分布と見なすことができる。ここではこの直線と見なせる部分の傾きを求め、その傾きにスカーラップ半径(r_s)を乗じたものをせん断力による公称板曲げ応力と定義する。

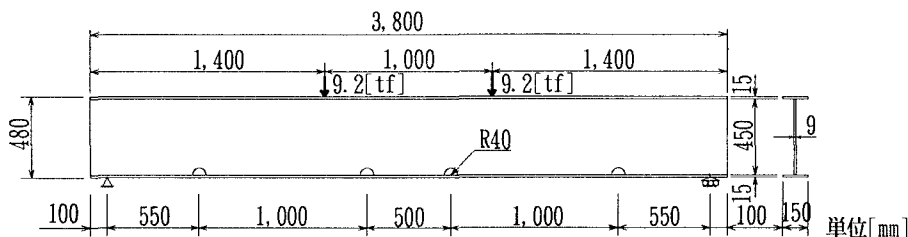


図1. 解析モデル

図2. 要素分割図(1/4モデル)

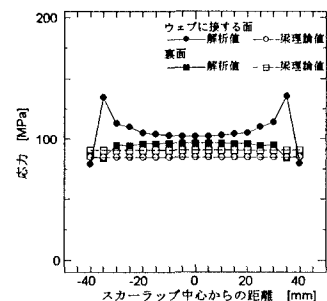
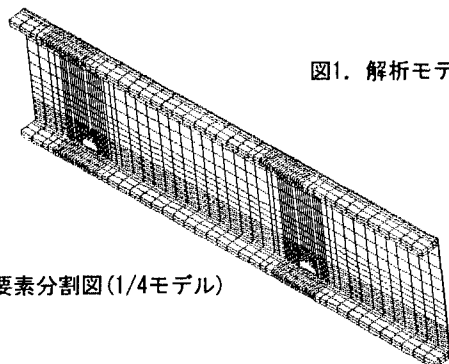


図3. 応力分布図(等モーメント区間)

3. スカーラップ溶接部応力算定

式の提案

2. で定義したスカーラップ溶接部の公称応力については、スカーラップ半径 (r_s)、フランジ厚 (t_f)、フランジ幅 (b_f)、ウェブ厚 (t_w)、ウェブ高さ (h_w) などの構造パラメータの影響が大きいと考えた。これらのパラメータを変化させた30個のモデルの解析結果を整理することによりスカーラップ溶接部の曲げモーメントによる公称応力範囲 $\Delta \sigma_m$ とせん断力による公称応力範囲 $\Delta \sigma_{bs}$ を表す次式を導いた。

$$\Delta \sigma_m = 1.132 \delta_{rs} \delta_{tf} \delta_{tw} \Delta \sigma_m, \quad \Delta \sigma_{bs} = 0.0458 \delta_{rs} \delta_{tf} \delta_{tw} k_{rs} k_{bf} k_{hw} r_s \Delta \tau_a$$

$$\delta_{rs} = 0.970 e^{2.924 \times 10^{-2} \left(\frac{rs}{40} \right)}, \quad \delta_{tf} = 1.004 \left(\frac{tf}{15} \right)^{-7.976 \times 10^{-2}}, \quad \delta_{tw} = 0.9163 + 8.318 \times 10^{-2} \left(\frac{tw}{9} \right)$$

$$k_{rs} = 0.9906 \left(\frac{rs}{40} \right)^{-1.049}, \quad k_{bf} = 0.3759 + 0.6260 \left(\frac{bf}{150} \right), \quad k_{hw} = 0.9960 \left(\frac{hw}{450} \right)^{-0.907}$$

$\Delta \sigma_m$: 公称曲げ応力範囲, $\Delta \tau_a$: 平均せん断応力範囲

4. 疲労強度評価方法 面外ガセット溶接継手の溶接止端部には高い応力集中が生じるが、疲労強度評価は公称応力範囲を用いて行われており、その評価の妥当性は多くの疲労試験結果より確かめられている。ここでは、スカーラップ溶接部の溶接止端を面外ガセット溶接継手の溶接止端と同じと見なし、そこに作用する公称の直応力範囲 $\Delta \sigma$ を $\Delta \sigma = \Delta \sigma_m + (4/5) \Delta \sigma_{bs}$ として疲労強度評価を行うことを提案する。

5. 疲労試験 $\Delta \sigma_m$ で整理した疲労試験結果を図6に、提案する疲労強度評価方法で整理した結果を図7に示す。図6ではせん断区間のスカーラップ溶接部の疲労強度のばらつきが大きく、JSSC指針で規定している許容応力範囲を満たしていない結果もある。せん断力による板曲げ応力も加味した図7では全体的に結果のばらつきが小さく、提案式を用いた評価が妥当であることを示している。

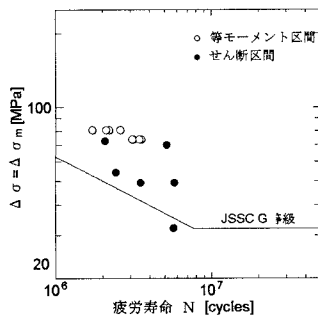


図6. 疲労試験結果

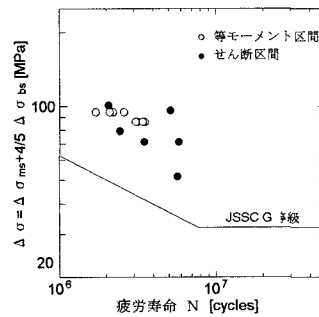


図7. 疲労試験結果

6. まとめ

- (1) スカーラップ溶接部の断面欠損とせん断力の影響を考慮した公称応力を定義し、その算定式を示した。
- (2) スカーラップ溶接部を面外ガセット溶接継手にモデル化し、(1)の式で疲労強度を評価する方法を提案した。提案する方法の妥当性を桁試験体の疲労試験結果に適用することにより確かめた。