

I-238

溶接スカーラップ部の応力・疲労強度解析

法政大学 正員 森 猛

松村組 下平 憲史

1. はじめに

部材が交差する部分においては、溶接線の交差を回避するためにスカーラップが設けられることが多い。このスカーラップを大別すると、I形桁ウェブのように力を伝達する機能を要求される部位に設けられるものと、面外ガセットのように力を伝達する機能を要求されない部位に設けられるものとに大別される。これらのスカーラップ溶接部の疲労強度については不明な点が多く、各種設計基準類で定められている設計許容応力範囲の値も様々である。ウェブのスカーラップ溶接部の疲労強度については、三木らにより検討されており、スカーラップ溶接部の疲労強度は上記基準類での規格値よりさらに低い可能性が高い、直応力だけではなくせん断力の影響も大きいなどの結果が示されている。一方、面外ガセットのスカーラップ溶接部の疲労強度については不明である。この溶接部に対しては、I型ウェブに設けられたスカーラップ溶接部、あるいは面外ガセット溶接部にモデル化すればよいとも考えられている。

本研究では、ウェブに設けられたスカーラップ溶接部、スカーラップを有する面外ガセット溶接部の端部とスカーラップ溶接部、通常的面外ガセット溶接部が直応力を受ける場合の疲労強度およびそれらの相違を明らかとすることを目的とし、4つのディテールを図1に示すようにモデル化した上で、有限要素応力解析および疲労亀裂進展解析を行なった。

2. 応力解析

解析対象は図1に示す通りである。すみ肉溶接は脚長6mmで等脚としている。また、止端の開き角は135度、曲率半径は0.5mmである。応力解析は、まず8接点固体要素を用いた3次元有限要素法により行なった。図2に要素分割図を示す。要素分割においては、解析対象の対称性を考慮して1/8モデルとしている。着目部である溶接止端近傍の要素の大きさは1mmである。次に、各モデルで最も高い応力集中が生じた板幅中心断面での変位解析結果に基づき、さらに細かい要素分割で二次元応力解析を行なった。最小の要素寸法は0.025mmである。

図3に板幅中央断面での板厚方向の応力分布を示す。深さ2m以上の値は三次元応力解析の結果である。いずれのモデルにおいても二次元解析の結果と三次元解析の結果は滑らかに推移しており、このような解析はある程度妥当であったと考えられる。応力集中係数は、 σ/σ_A で4.0、B-1で4.0、B-2で2.5、 σ/σ_C で5.0程度となっている。図4に板表面での板幅方向の応力分布を示す。この図は、二次元解析結果と三次元解析結果を組合せて板表面での応力分布が滑らかとなるように処理をして描いたものである。

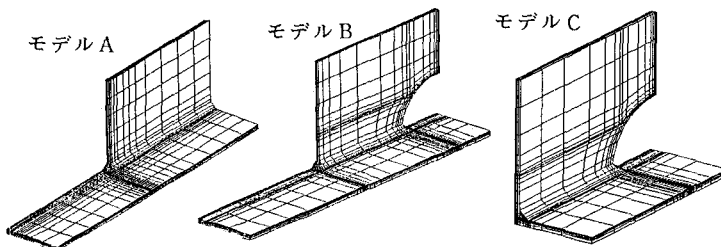


図2 要素分割図

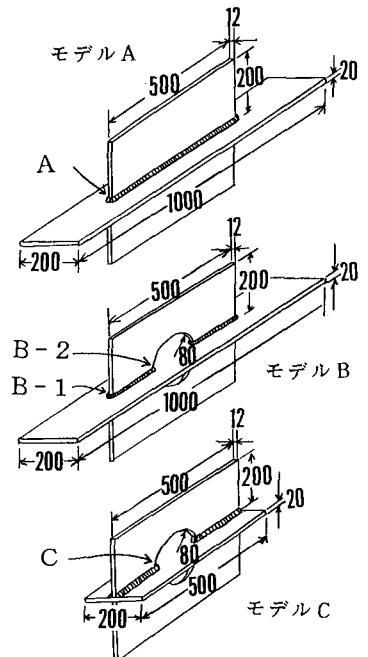


図1 解析モデル

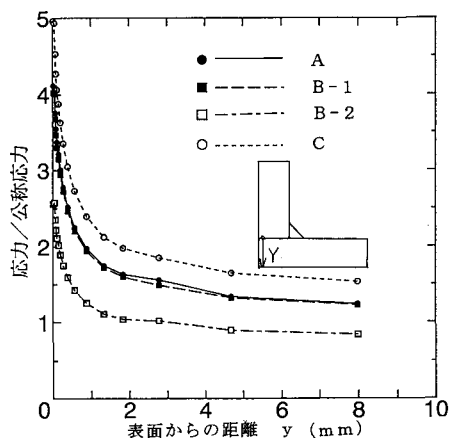


図3 板厚方向の応力分布

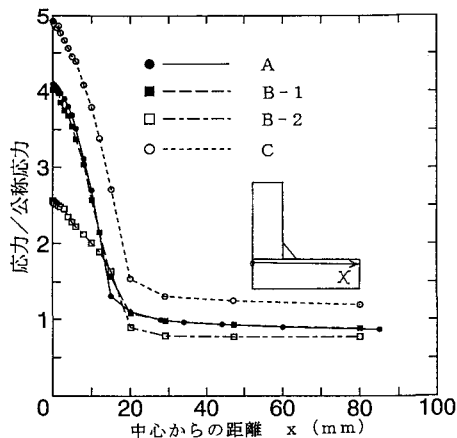


図4 板幅方向の応力分布

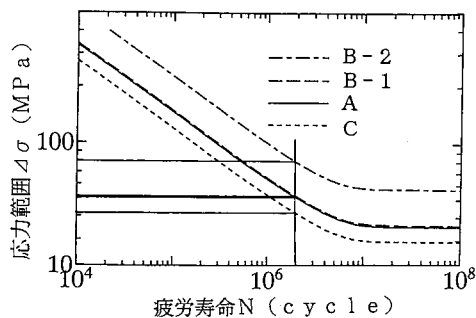


図5 疲労亀裂進展解析結果

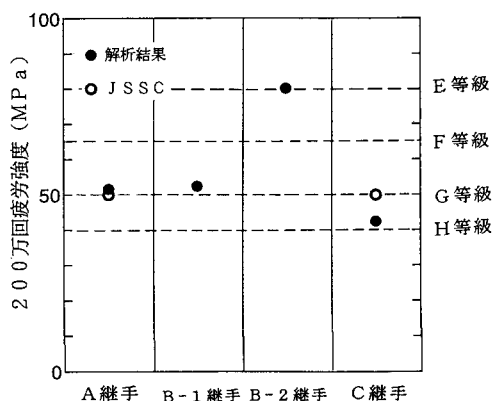


図6 JSSC指針との比較

3. 疲労亀裂進展解析

図3、4に示す応力分布を参考に、各モデルの溶接止端部に生じる疲労亀裂の応力拡大係数を求め、それを日本鋼構造協会の「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」(JSSC指針)で規定されている疲労亀裂進展度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK との関係[最安全設計曲線： $da/dN = 2.7 \times 10^{-11} (\Delta K^{2.75} - 2.0^{2.75})$ 、 da/dN : m/cycle、 ΔK : $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$]に代入することにより、各モデルでの応力範囲と疲労寿命の関係を解析した。その際、初期亀裂は深さ0.1mm・幅0.4mmの半楕円形とし、限界亀裂の深さは板厚の0.8とした。また、亀裂進展に伴う亀裂形状の変化も考慮している。

疲労亀裂進展解析結果を図5に示す。図5より求めた 2×10^6 回疲労強度は、モデルAで51.6MPa、B-1で52.4MPa、B-2で80.2MPa、Cで42.5MPaである。これらの値をJSSC指針での 2×10^6 回許容応力範囲と比較し、図6に示す。

4. まとめ

- (1) ウェブにスカーラップを設けた溶接部の疲労強度は、面外ガセット溶接部の疲労強度よりも低く、JSSC指針の規格値も満たさない。
- (2) 面外ガセットにスカーラップを設けたときのスカーラップ溶接部の疲労強度はウェブのスカーラップ溶接部の約2倍と十分に高い。また、ガセット端部での疲労強度はスカーラップのない面外ガセットとほぼ同じである。