

I - 389

ガセット溶接継手の疲労寿命に及ぼす二軸応力の影響

名古屋大学 岡戸 直樹

名古屋大学 山田健太郎

名古屋大学 田中 寿志

名城大学 近藤 明雅

1. はじめに 鋼構造物の溶接継手には二軸応力が作用している場合が多い。しかし、溶接継手の疲労の研究では、一軸の繰返し荷重による疲労試験によって検討されることが多い。そこで、面内ガセット溶接継手のガセットに静的な引張および圧縮の横方向力を導入し、主板上に繰返し荷重を載荷する二軸の疲労試験を溶接したままの試験体と応力除去焼きなましを行った試験体について行った。また、最初に過荷重を付加した後で同様な二軸の疲労試験を行うことによって、過荷重の影響と横方向力の関係を検討した。さらに、溶接止端近傍の応力状態を把握するため、弾塑性応力解析を行った。

2. 二軸疲労試験 供試鋼材は、板厚9mmの普通構造用鋼JIS SM490Aであり、試験体の形状と寸法は図1に示す。ガセットは200mmの長さで、完全溶け込みレ形開先溶接によって主板上に取り付けられている。疲労試験は、最小荷重を3tfとし、約4.5Hzの一定振幅荷重で実施した。試験体は、溶接したままで横方向力を引張（GT）または圧縮（GC）としたもの、残留応力除去焼きなまし後、横方向力を引張（GRT）または圧縮（GRC）としたものの4種類に分類した。横方向力の大きさは引張、圧縮すべて98MPaとした。疲労寿命 N_f は、疲労き裂が溶接止端部より発生および進展し、止端部より10mm離れた所に貼付した銅線が切れるまでの荷重の繰返し数とした。

二軸の疲労試験結果より得られた $S-N_f$ 線図を図2に示す。ここには、過去に行われた長さ200mmのガセット溶接継手の一軸疲労試験結果の平均値および平均値 $\pm 2s$ （ s :標準偏差）の回帰直線を示した。残留応力を除去し、横方向力を圧縮としたGRCだけが疲労寿命が延びた。そのほかのGT、GC、GRTは一軸の疲労試験結果と同程度の疲労寿命を示す結果となった。また、すべてJSSCのH等級を満足した。

3. 過荷重を付加した二軸の疲労試験 一般に、応力集中部をもつ試験体に引張の過荷重を加えると疲労寿命が向上する。そこで、前述した試験体に過荷重比（ $\sigma_{0.1}/\sigma_{max}$ ）が2となるような過荷重（ $\sigma_{0.1}=150\text{MPa}$ ）を載荷し、それを除荷した後に、98MPa相当の引張の横方向力を導入して疲労試験を行った。また、横方向力を導入せずに過荷重を付加した疲労試験も行った。疲労試験の応力範囲は59MPaとし、最小荷重を3tfとし

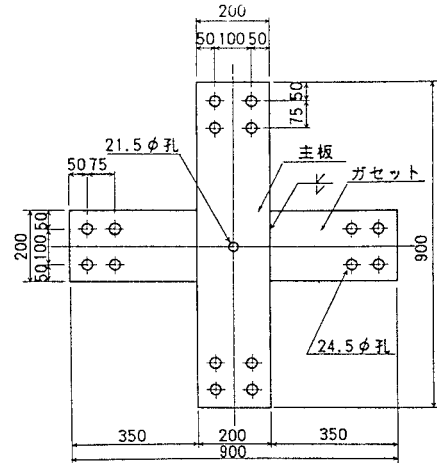


図1 試験体の形状と寸法

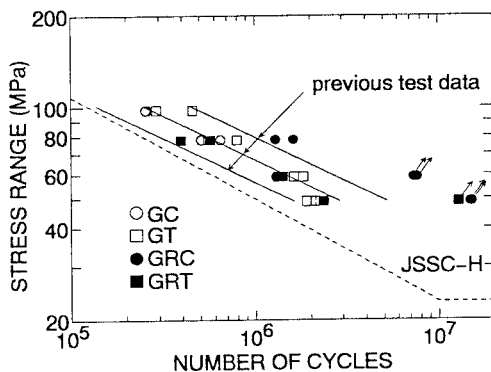


図2 二軸疲労試験結果

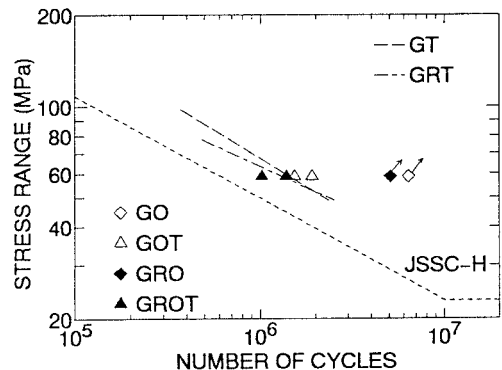


図3 過荷重を付加した二軸疲労試験結果

た。試験体は、残留応力除去せずに引張の横方向力を導入したGOTと横方向力を導入しないGO、残留応力除去して引張の横方向力を導入したGROT、横方向力を導入しないGROの4種類に分類した。

試験結果より得られたS-N線図を図3に示す。ここには、前述のGTおよびGRTの疲労寿命の回帰直線を示した。横方向力を導入していないGOとGROは、過荷重によって疲労寿命が延びた。一方、引張の横方向力を導入したGOTとGROTは、GTやGRTと同程度の疲労寿命を示し、過荷重による疲労寿命の向上を打ち消す結果となった。

4. ガセット端の弾塑性応力解析 ガセット端の局部応力を把握するために二次元要素の平面応力解析モデルを用い、弾塑性応力解析を行った。材料は降伏応力400MPaの完全弾塑性とし、溶接部の形状は、溶接長10mm、止端角 $\theta=45^\circ$ 、止端半径 $\rho=0.0\text{mm}$ とした。今回は、引張および圧縮応力98MPa相当の横方向力を導入したGTとGC、横方向力を導入しないGについて応力解析を行った。また、150MPa相当の過荷重を付加した後に98MPa相当の引張の横方向力を導入したGOT、導入しないGOについても行った。G、GC、GTは横方向力を導入してから縦方向に114MPa相当の最大荷重を載荷し、その後16MPa相当の最小荷重まで除荷した。GOTは、縦方向に150MPa過荷重を加え、除荷した後に98MPa相当の引張の横方向力を導入し、さらに縦方向に75MPa相当の最大荷重を加え、その後16MPa相当の最小荷重まで除荷した。GOは横方向力を導入せずに、縦方向にはGOTと同様に載荷した。なお、ここでは残留応力を考慮していない。

G、GC、GTの解析結果を図4に示す。GT、GCは横方向力の影響で応力分布が引張および圧縮側にずれた。特にGCは最小荷重を載荷したときに溶接止端部で圧縮の応力を示し、き裂の発生および進展に寄与すると言われる引張側の応力範囲が小さくなり、疲労寿命が延びると考えられる。GO、GOTの解析結果を図5に示す。過荷重による溶接止端部の応力の低減が見られ、GOは引張側の応力範囲が小さくなった。しかし、GOTは引張の横方向力の影響で応力範囲の低減は見られなかった。

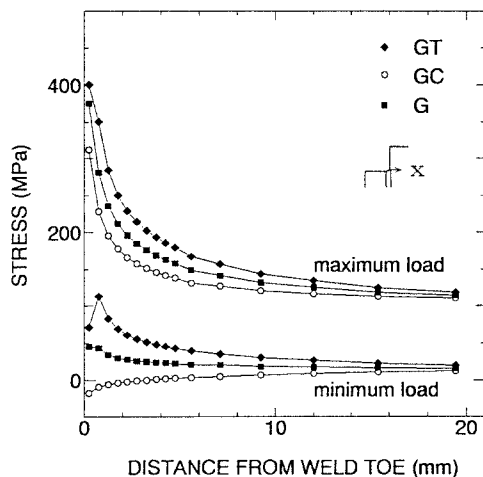


図4 弾塑性解析結果

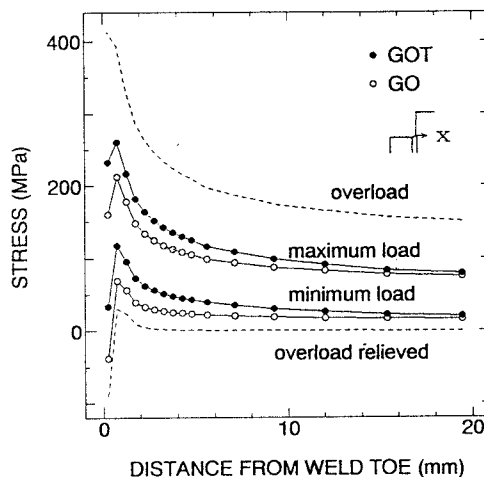


図5 過荷重を付加したときの解析結果

5. まとめ 引張および圧縮の横方向力を導入した疲労試験では、残留応力を除去し、横方向力を圧縮としたときのみ疲労寿命が延びた。また、過荷重を付加した疲労試験では、引張の横方向力によって過荷重による疲労寿命向上効果を打ち消した。応力解析では、GCとGOのみき裂の発生および進展に有効な引張側の応力範囲が低減し、疲労寿命が延びると考えられる。

参考文献 1) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993。

2) 山田健太郎，酒井吉永，菊池洋一：ガセットを溶接した引張部材の疲れ強さとストップホールの効果，土木学会論文集，Vol. 33A，1987，pp. 411-420。