

I-221 二軸応力を受ける面内ガセット溶接継手の疲労挙動

名古屋大学 正員 山田 健太郎 名城大学 正員 近藤 明雅
 名古屋大学 学生員 ○ 田中 寿志 矢作建設工業 勝本 浩次
 吉川建設 木下 進

1. はじめに

鋼構造物に用いられる溶接継手には、二軸方向に応力が作用している部位が多くあるが、疲労設計では一般に一軸繰返し荷重の疲労試験結果を用いて検討されることが多い。そこで、図1に示す面内ガセット溶接継手の横方向に静的な軸力を与え、縦方向に一定振幅の引張荷重を加えることによって二軸の疲労試験を行った。実験は溶接したままの試験体と、応力除去焼なましを行った試験体で行い、残留応力の有無が、疲労寿命に及ぼす影響を検討した。さらに、溶接止端付近の応力集中を求めるために、有限要素法による弾塑性応力解析を行った。

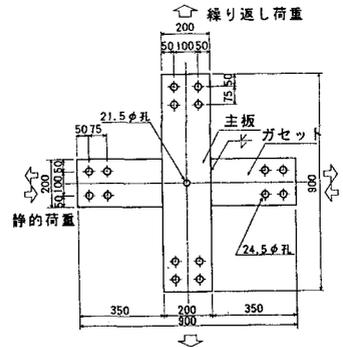


図1 試験体の形状と寸法

2. 疲労試験

試験体の形状と寸法を図1に示す。この試験体は板厚が9mmで、材質は普通構造用鋼 JIS SM490Aである。溶接は手溶接で行ない、ガセット端はまわし溶接を行った。溶接止端部は仕上げていない。試験体は、横方向の軸力(C,T)と、残留応力除去の有無(R)によって、4種類に分類した。すなわち、GC,GRCは横方向に98MPaの圧縮応力を、GT,GRTは横方向に98MPaの引張応力を導入した。また、試験体GRC,GRTは、溶接残留応力を除去するために、試験体を炉に入れて加熱し、600度の状態を1時間保持した後、炉中で約15時間かけて室温まで冷却した。

疲労試験は、最小荷重を3tfとして、最大荷重を変えることによって、応力範囲を変えて行った。試験体には、あらかじめ溶接止端部とそこから10mmの部分に銅線(0.04mmφ)を貼り、溶接止端部の銅線が切断したときの寿命を疲労き裂発生寿命 N_c 、10mmの位置の銅線が切断したときの寿命を破断寿命 N_f とした。

疲労試験の結果を図2に示す。(a)は溶接したままの試験体の $S-N_f$ 線図で、(b)は残留応力を除去した試験体の $S-N_f$ 線図である。溶接したままの試験体は、応力範囲が高い領域では、横方向に引張力を加えたときの方が破断寿命がわずかに長くなったが、全体としてほとんど差が出なかった。残留応力を除去した試験体では、横方向に圧縮力を加えた時の方が横方向に引張力を加えたときよりもかなり破断寿命が長くなった。

3. 弾塑性応力解析

溶接止端部近傍の応力集中状態を知るために、汎用有限要素解析プログラムMARCを用いて二次元の平面応力解析を行った。解析モデルの溶接部は、溶接長10mm、止端角 $\theta = 45$ 度、止端半径 $\rho = 0.0$ mm、要素の最小寸法を 0.5×1.0 mmとした。拘束条件は、長さ方向の対称軸では長さ方向に、幅方向の対称軸では幅方向に変位を拘束した。降伏条件は、降伏応力400MPaの完全弾塑性とした。

まず横方向に、GRCは圧縮応力98MPa、GRTは引張応力98MPaに相当する荷重を載荷させ、次に疲労荷重として、縦方向に、最小荷重3tf($\sigma_{min} = 16$ MPa)を加え、さらに最大荷重21.3tf($\sigma_{max} = 114$ MPa)まで増加させた後、再び最小荷重3tfまで除荷させた。

図3は、最大荷重21.3tf時と最小荷重3tfまで除荷したときの、縦方向応力 σ_c の板幅方向の分布である。溶接止端部では高い応力集中が生じるため、横方向に作用力がない場合、引張力がある場合(図3(b))、あ

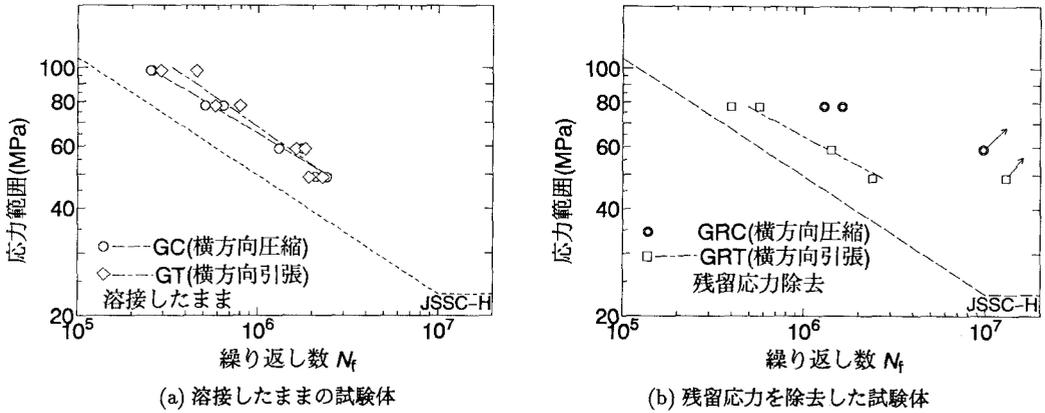


図2 疲労試験結果

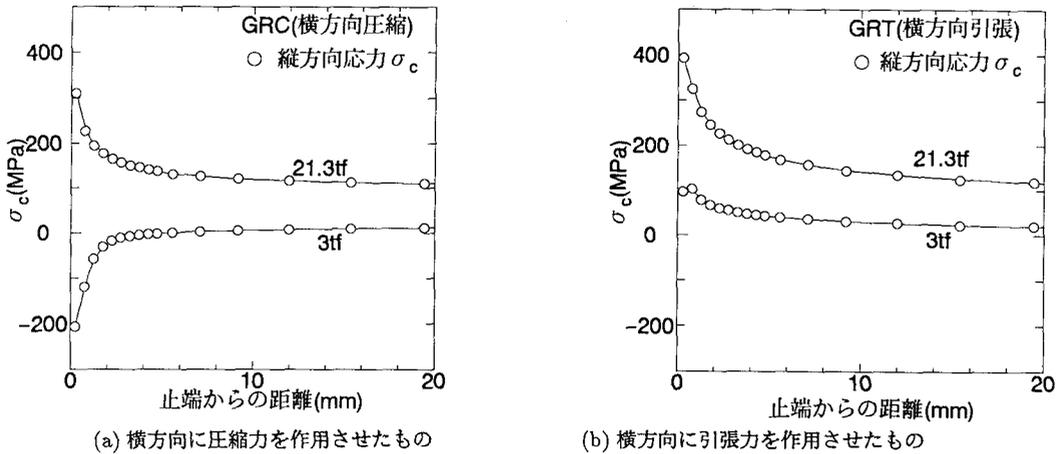


図3 応力解析結果

るいは引張残留応力がある場合には、溶接止端で降伏が生じる。しかし、横方向にあらかじめ圧縮力を与えたものは、その後縦方向に引張応力を与えても、止端部では降伏点に至らず、逆に圧縮側に大きな応力が生じる。そのため図3(b)に示されるように疲労荷重によって溶接止端では圧縮側に応力がシフトしたような応力になる。これが図2(b)に示されるように残留応力を除去した試験体で横方向に圧縮応力を作作用させたものの疲労寿命の向上につながったものと思われる。

4. まとめ

横方向に引張または圧縮の軸力を加えた状態で、引張疲労試験を行なった結果、溶接したままの試験体では、破断寿命がほとんど変わらなかったが、応力除去焼きなましを行った試験体については、横方向の軸力が圧縮の場合が横方向の軸力が引張の場合よりも破断寿命がかなり長くなった。有限要素法による弾塑性応力解析の結果、溶接止端付近での縦方向の応力は横方向の軸力が圧縮の場合には、最小荷重の時にかなり大きな圧縮の応力集中が生じることが分かった。

参考文献

- 1) 大野貴史, 石黒幸文, 山田健太郎, 青木尚夫: 応力集中部材の残留応力場における疲れき裂進展挙動, 構造工学論文集, Vol.34A, 1988, pp.459-468
- 2) 三ッ木幸子, 大野貴史, 山田健太郎: 過荷重を受けた応力集中のある部材の疲れ特性, 土木学会論文集, 第365号, 1986, pp.293-300