

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 学生員 岡戸直樹

名城大学 大富 崇

名城大学 岡林知範

名城大学 正員 近藤明雅

名古屋大学 正員 山田健太郎

1. はじめに

鋼構造物では、ガセットやカバープレートなどのさまざまな付加物が溶接されるが、溶接部に発生する残留応力や応力集中によって疲労き裂が発生することが多い。そのため疲労に関するさまざまな研究が行われてきたが、それらの多くのものは、一軸の繰り返し荷重の疲労試験結果に基づく研究である。実際の橋梁の溶接継手では、主桁と横桁、あるいは横桁と縦桁の取り合い部にみられるように、二軸応力が作用している場合が多い。そこで本研究では面内ガセット溶接継手を用い、横方向に静的な軸力を入れた二軸応力状態で一定振幅疲労試験を行い、二軸応力状態がガセット継手の疲労寿命に及ぼす影響について検討する。

2. 試験体および試験方法

2.1 試験体

面内ガセット溶接継手の試験体に用いた供試鋼材は、板厚9mmの普通構造用鋼JIS SM490Aである。試験体の形状と寸法を図1に示す。ガセットの溶接は、完全溶け込みレ形開先溶接を施し、ガセット端にはまわし隅肉溶接を施した。なお、ガセットの溶接止端部は仕上げていない。また、一部の試験体には、応力除去焼きなましを行って溶接残留応力を除去した。

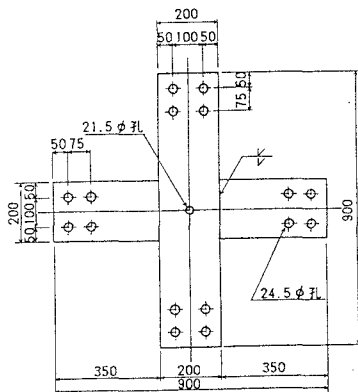


図1 試験体の形状と寸法

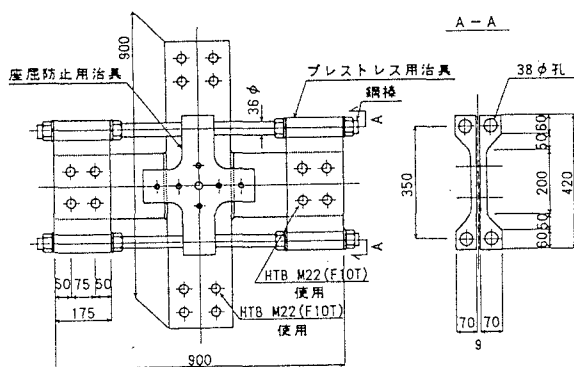


図2 側方軸力導入用治具

2.2 試験方法

疲労試験では、アムスラー型万能疲労試験機（容量100tf）を使用し、毎分約270回の繰り返し速度の一定振幅荷重で行った。ここで、最小荷重は3tfとした。横方向の軸力は図2に示すような治具を用い、引張りおよび圧縮力を導入した。軸応力の大きさは引張、圧縮ともに98MPaとして、残留応力除去した試験体と除去していない試験体について二軸応力状態の疲労試験を行った。

試験体には溶接止端部とそこから10mm離れた所に直径0.04mmのウレメット被覆銅線を貼付した。銅線を貼付した位置に疲労き裂が発生、進展するとこれらの銅線が切れ、試験機が停止する。溶接止端部に貼付した銅線が切れるまでの荷重の繰り返し数を疲労き裂発生寿命 N_c とし、溶接止端部から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を破断寿命 N_f とした。また、き裂の進展状況を見るために、溶接止端部に貼った銅線が切れた時にビーチマーク試験およびダイマーキングを行った。さらに、残留応力測定を、残留応力除去した試験体と残留応力除去していない試験体についてそれぞれ一体ずつ、切断法により行った。

3. 試験結果

3.1 残留応力分布

残留応力除去した試験体(stress-relieved)と残留応力除去していない試験体(as-welded)の残留応力測定結果を図3に示す。いずれの試験体においても溶接止端近傍で引張残留応力が存在している。残留応力除去していない試験体では、溶接止端近傍で250MPa程度の高い残留応力が発生している。一方、残留応力除去した試験体の溶接止端付近の引張残留応力は、応力除去焼きなましによって40MPa程度に低減されているが、残留応力は完全に除去されていない。

3.2 疲労試験結果

今回の疲労試験の結果を図4の $S-N_f$ 線図に示す。ここで、GC、GTは残留応力除去していない試験体で、側方応力をそれぞれ圧縮、引張としたものであり、GRC、GRTは残留応力除去した試験体で、側方応力をそれぞれ圧縮、引張としたものである。図中の実線は、過去に行われたガセット溶接継手(ガセット長200mm)の一軸疲労試験結果の平均値と、平均値 $\pm 2s$ (s :標準偏差)の回帰直線である。また、破線はこの継手における鋼構造協会疲労設計指針(JSSC)の強度等級IIを示している。

GC、GT、GRT試験体は、GRTの未破断の1体を除くと、高応力側で多少のばらつきが見られるが、同程度の破断寿命となっている。一方GRCはこれらと比べて著しく寿命が長くなっている。過去の試験結果と比べても、GC、GT、GRTは破断寿命に差はみられないが、GRCは明らかに寿命が延びている。したがって、残留応力が小さく、かつ横方向に圧縮応力を加えることによって疲労強度が向上するが、それ以外は一軸のガセット継手の寿命と余り変わらず、二軸応力による疲労強度の低減はみられない。JSSCのこの継手の強度等級IIと比較すると、今回行われた試験結果はこれをすべて満足する。特にGRCの疲労寿命は未破断のものが多く、この強度等級よりかなり高くなっている。

4. あとがき

今後は、二軸応力状態で過荷重を加えたときの疲労試験や有限要素法による弾塑性解析などを行い、疲労寿命に及ぼす二軸応力状態の影響を検討する予定である。

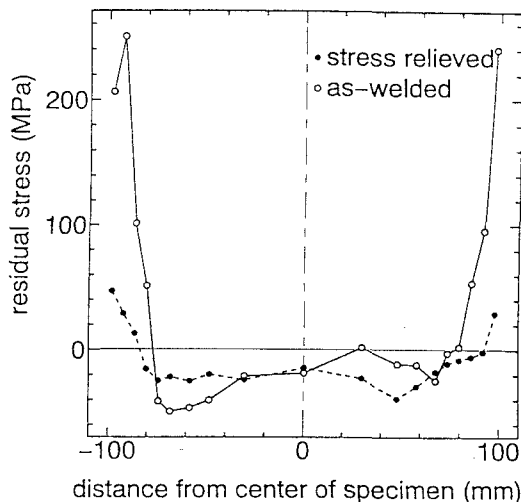


図3 残留応力分布

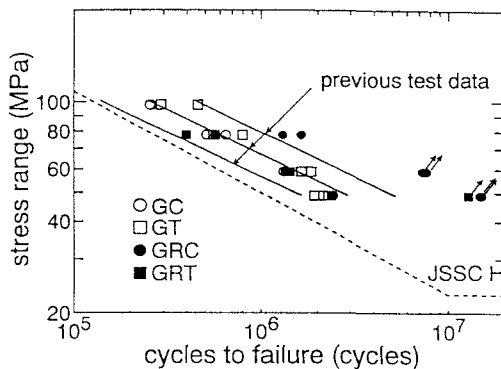


図4 今回の試験の $S-N_f$ 線図