

名古屋大学 学生員 ○酒井 吉永

名古屋大学 正 員 山田健太郎

名古屋大学 正 員 菊池 洋一

1 まえがき 橋梁では、くり返し荷重を受ける引張部材に付加物が溶接された場合、その付加物の端部を、半径 r が 20 mm 以上の円弧状に仕上げて、応力集中を軽減させ、疲労破損しないようにする方法をとる。ところが、一般の鋼構造物では、製作コストとの兼ね合いで、ガセット端部の仕上げも行わない場合もかなりある。

そこで、本報文では、未仕上げのガセットの長さや溶接取付方法を変えた引張試験片を用いて、疲労試験を実施し、基本的な疲労強度を求める。また、ガセットの端部では、ガセット端の溶接止端部に生じる局所的な応力集中と、ガセットの及ぼす構造的な応力集中が重畳している点に注目し、製作コスト面から溶接止端部だけを仕上げることによる疲労寿命の向上効果を検討した。

2 実験内容

(a) 試験片：試験片の形状と寸法を図1に示す。主板は板厚 10 mm 、幅 200 mm 、長さ 900 mm で、その面側面に、長さの異なるガセット（幅 50 mm 、長さ 50 、 100 、 200 mm ）をレ形開先で突き合せ溶接した。これをG系列とした。また、主板に垂直に幅 100 mm 、長さ 200 mm のガセットをすみ肉溶接したものをT系列とした。使用鋼材は、普通構造用鋼 SM 50 A である。

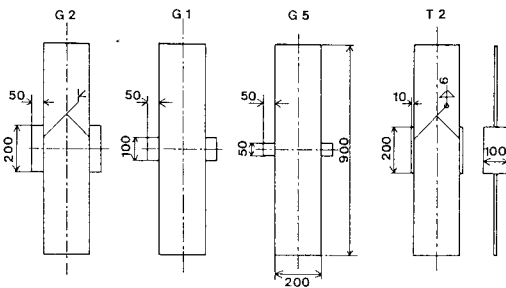


図1 試験片の形状と寸法

試験片の一部は、溶接止端部だけを、半径 $R \approx 3\text{ mm}$ になるように、グラインダーで仕上げた。仕上げには、手動ディスクグラインダーを用い、最終仕上げは、ペンシル型の小型グラインダーを用いた。仕上げは、各系列4体づつ、合計16体の試験片に施した。溶接止端部は、合計で64ヶ所あり、学生3名で5～6時間要した。

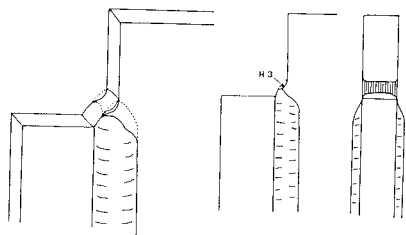


図2 溶接止端部の仕上げ状況

(b) 疲労試験：疲労試験はアムスラー型万能疲労試験機（容量 100 t ）を用い、毎分 540 回のくり返し速度で定荷重振幅で載荷した。応力比 R は、 0.1 とした。また、疲労き裂発生寿命 N_f を確認するため、ガセット端の溶接止端部と、疲労寿命 N_f を確認するため、そこから約 8 mm 離れた位置の主板上に、直径 $\phi 1\text{ mm}$ の細い銅線を貼った。この銅線が切れて試験機が止まった時のくり返し数を、それぞれ疲労き裂発生寿命 N_f と疲労寿命 N_b とした。

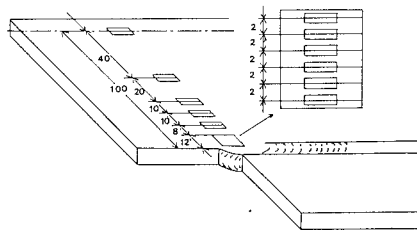


図3 ひずみゲージ貼付位置

(c) 静的引張試験：ガセット端部における応力集中の程度と、ガセットの長さや取付方法による応力分布の違いを観察するため、図3に示す位置にひずみゲージを貼って、応力分布を測定した。

測定結果を、図4に示す。ガセット端の溶接止端部に最も近い

測定点でも、止端部から約 2 mm 離れており、必ずしも止端部の応力集中率を示しているわけではないが、その点の応力集中率を比較すると、T2、G2、G1、G5の順で応力集中率が小さくなっていくのがわかる。

3 実験結果

(a) 未仕上げの試験片の疲労試験結果：未仕上げの試験片の疲労寿命 N_f (き裂の長さが、約 10 mm になるまでのくり返し数) と作用応力範囲 σ_r の関係を図 5 に示す。図中の実線は、最小二乗法で求めた $S-N_f$ 線図である。この図と、応力集中率の測定結果から、応力集中率の大きい程、疲労強度が低下することがわかる。

たとえば、 $\sigma_r = 10 \text{ kg/mm}^2$ (98 MPa) で比較すると、T2 が 12 万回、G2 が 30 万回、G1 が 70 万回、G5 が 100 万回となる。

疲労き裂発生寿命 N_c (溶接止端部に貼った、直径 0.1 mm の鋼線 が切れた時のくり返し数) と作用応力範囲 σ_r との関係も応力集中率が大きいほど、き裂の発生が早く、 $S-N_f$ 線図と同様の傾向を示す。このときのき裂の大きさは、2~4 mm 程度であった。

(b) 仕上げた試験片の疲労試験結果：ガセット端の溶接止端部は高い応力集中を有すると思われるので、この部分を仕上げることによって疲労寿命が向上することが期待できる。図 6 は、

この部分を半径 $R \approx 3 \text{ mm}$ に仕上げた試験片の疲労寿命 N_f と σ_r の関係を示す。データのばらつきがあるが、未仕上げの試験片と同様の傾向がみられる。

たとえば、 $\sigma_r = 10 \text{ kg/mm}^2$ (98 MPa) で比較すると、T2 が 20 万回、G2 が 80 万回、G1 が 80 万回となる。

4 まとめ ガセット端の溶接止端部を仕上げない試験片 24 体と、その部分を $R \approx 3 \text{ mm}$ に仕上げた試験片 16 体の疲労試験を実施し、疲労き裂発生寿命 N_c 、疲労寿命 N_f の検討を行った。

(a) ガセット端の溶接止端部には、溶接止端半径に起因する応力集中とガセットの長さに起因する応力集中が重畳しており、高い応力集中が存在する。そのため、この部分から疲労き裂が発生する。

(b) ガセットの長さに起因する応力集中は、ガセットが長いほど大きい。そのため、疲労強度は、ガセットの長さによって影響され、ガセットが長い程、疲労強度は低下する。

(c) ガセット端の溶接止端部を仕上げることで、

この部分の局所的な応力集中を除去できる。半径 $R \approx 3 \text{ mm}$ 程度に仕上げることで、疲労寿命は 1.7 ~ 2.7 倍程度向上する。ただし、一ヶ所でも未仕上げの部分が残ると、その部分から疲労き裂が発生し、結果として疲労寿命の向上につながらないこともあるので注意する必要がある。

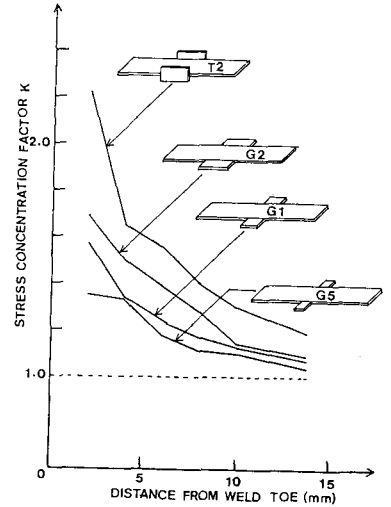


図4 応力集中の測定値

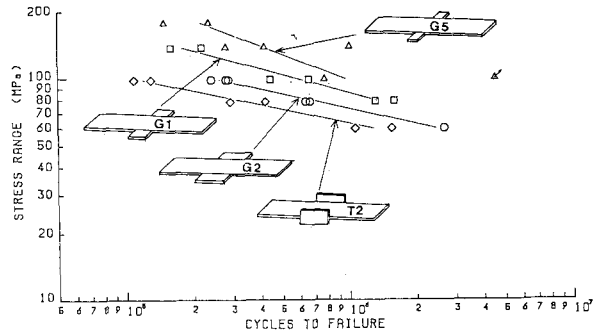


図5 仕上げてない試験片の $S-N_f$ 線図

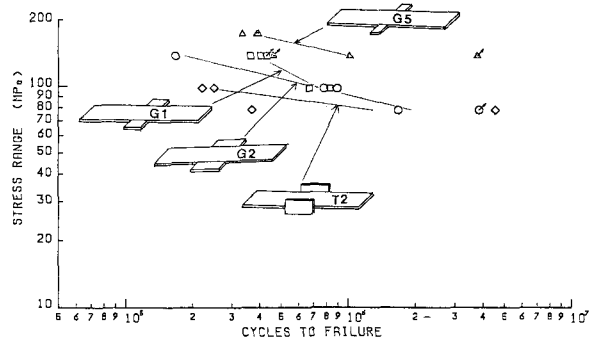


図6 仕上げた試験片の $S-N_f$ 線図