

トビー工業

正員○酒井吉永

名古屋大学 工学部

正員 山田健太郎

名城大学 理工学部

正員 近藤明雅

1 まえがき

最近、交通量の増加と車両の大型化に伴い、道路橋の溶接継手部に各種の疲労き裂が発生した例が報告され始めた。溶接補修は、疲労き裂を溶接により埋め、元に戻すことができ断面欠損がなく、施工が比較的容易であるという利点があるが、溶接欠陥を生じやすい。本研究の目的は、桁に疲労き裂を発生させ、突合せ溶接補修を行って、溶接欠陥の影響と付加物の応力集中の影響を調べた。

2 疲労試験

2.1 溶接補修方法

疲労試験には、図1に示されるように、SM50Aの桁、支間4m、桁高500mm、上フランジ500×20mm、下フランジ300×10mm、腹板470×9mm、を2体用いた。引張フランジに付加物を溶接し、そこから疲労き裂を発生させた後、溶接補修をした。溶接補修方法を次に示す。

Gタイプのカセット（引張フランジに平行 10×200×50mm） 図2に示すように、止端部から100mmの位置にストップホール10φを明け、溶接止端部からストップホールまでガスカットし、ガウジング（下向き）を行ない、突合せ溶接（下向き）を行った後、裏はつりし、さらに突合せ溶接（上向き）を行った。補修後、余盛を削除し、溶接止端部を(R=20mm)に仕上げた。

Tタイプのカセット（引張フランジに垂直 10×200×100mm） 実際に疲労試験で発生させたき裂（長さ20mm）を溶接補修した。

2.2 疲労試験方法

サーボ式疲労試験機（容量35ton）を用いて、下方から引張荷重を載荷するシステムで曲げ疲労試験を行った。繰返し速度は1.6Hzとし、応力比 $R=0.1$ とした。疲労き裂の発生は、1～2時間おきに肉眼で観察確認し、き裂が発生したらピーチマークを付した。き裂が長さ $a=10\text{mm}$ になった時の繰返し数を疲労寿命とした。

放射線透過試験（図3）からは、内部欠陥の種類、大きさ、位置がわかり、溶接欠陥が溶接止端部の近くにあるものから疲労き裂が発生していることが確認できた。しかし、超音波探傷試験（図4）では、比較的大きな欠陥が表示されたため、溶接欠陥が溶接止端部の近くの小さなブローホールは、表示されなかったため、疲労き裂発生位置と欠陥の表示は一致していない。また、欠陥等級は、放射線透過試験では、ほとんどが4級と表示されたが、超音波探傷試験では、4級が、2箇所ほとんどが1級と表示された。

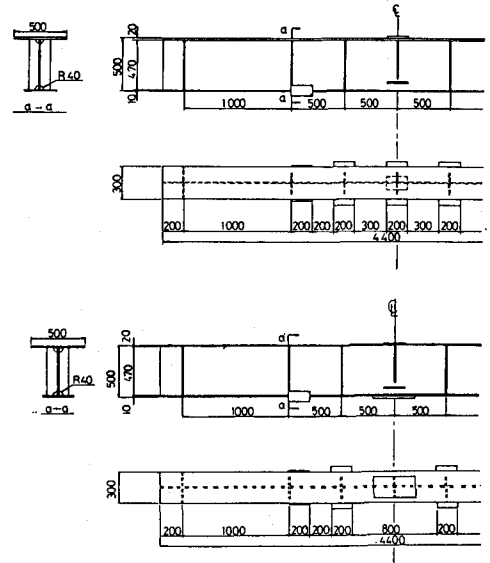


図 1 試験体

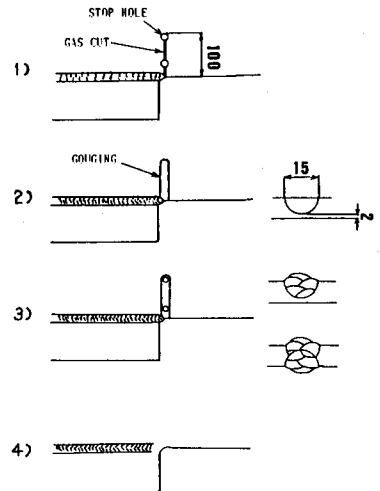


図 2 溶接補修方法

3 ガセットの溶接補修部の疲労試験結果

図5には、Gタイプの疲労試験結果を○で、また、図6には、Tタイプを△で示した。突合わせ溶接補修をした引張試験体の結果を□で示し比較する。●▲■は熟練者による溶接であることを示す。

Gタイプ：溶接補修した20ヶ所のうち8ヶ所からき裂が発生した。データのばらつきが大きい、繰返し数 $N = 10^6$ に相当する疲労強度は、 $\sigma_r = 76 \sim 102 \text{ MPa}$ (平均 $\sigma_r = 90 \text{ MPa}$) であった。過去に行なわれた突合わせ溶接補修した引張試験体では、同じ繰返し数に相当する疲労強度は、 $\sigma_r = 137 \sim 172 \text{ MPa}$ (平均 $\sigma_r = 155 \text{ MPa}$) であったので、Gタイプの補修部は、約1/1.7の疲労強度になる。この部分の応力集中率は約1.7であり、この応力集中が疲労強度の低下につながったものと思われる。

Tタイプ：溶接補修した20ヶ所のうち5ヶ所からき裂が発生した。Gタイプと同様な比較を行なうと、 $N = 10^6$ に相当するTタイプの疲労強度は $\sigma_r = 64 \sim 76 \text{ MPa}$ (平均 $\sigma_r = 70 \text{ MPa}$) であり、引張試験体の場合の約1/2.2である。Tタイプの応力集中率は2.3であるので、Tタイプの場合も応力集中が疲労強度の低下の要因となっており、疲労強度の低下と応力集中率とが良い相関を示していることがわかる。

疲労試験の結果と溶接工の技量を比較してみると、突き合わせ溶接をした引張試験体の結果と同様に、熟練者の方が疲労強度が高く、疲労き裂を発生した数も少ないことがわかる。

4 結論

付加物が溶接された桁のき裂発生部を、現場を想定して溶接補修をした。溶接補修は、溶接資格から判断して技量の高い溶接工と低いものによって実施された。疲労試験の前に、放射線透過試験と超音波探傷試験を行い、内部欠陥の種類、大きさ、位置を調べた。

1) 放射線透過試験の結果から、き裂発生の原因と考えられる内部欠陥の位置は、ガセット端の、溶接止端部の溶接終点部であった。

2) 引張試験体による疲労試験の結果と比較すると応力集中の分だけ疲労強度が低下した。疲労試験の結果と溶接工の技量を比較してみると、熟練者によるものが疲労強度が高く、疲労き裂を発生した数も少ないことがわかった。

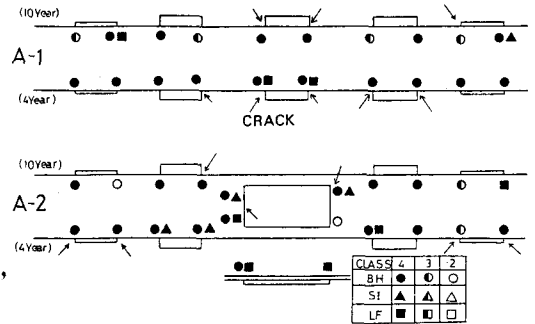


図 3 放射線透過試験結果

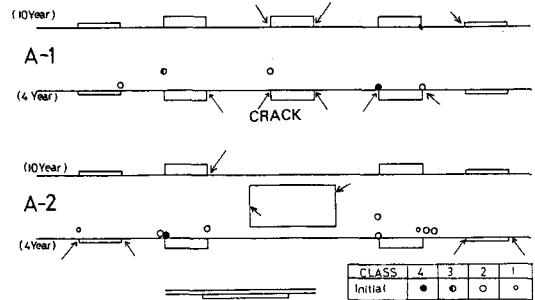


図 4 超音波探傷試験結果

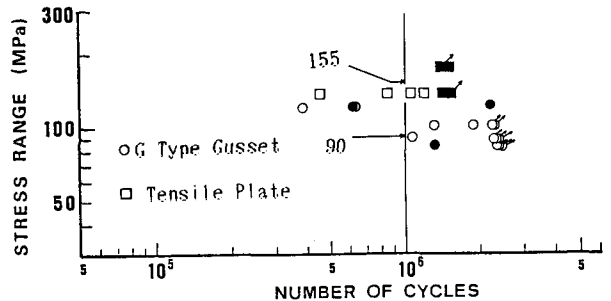


図 5 疲労試験結果 (Gタイプ)

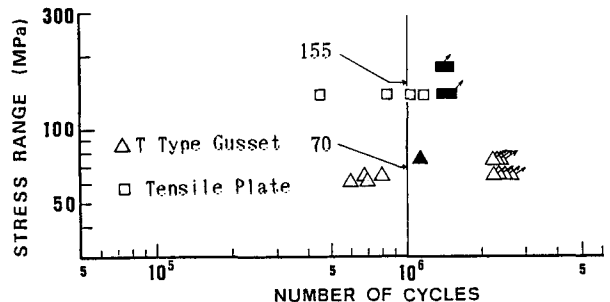


図 6 疲労試験結果 (Tタイプ)