

I-138

鋼桁腹板における補剛材端部の疲労強度向上に関する研究

トビー工業（株）技術研究所 正員 酒井吉永
 トビー工業（株）技術研究所 正員 青木尚夫
 トビー工業（株）技術研究所 正員 田村勝巳
 トビー工業（株）鉄構管理室 正員 藤枝幸二

1. まえがき

近年、鋼橋において、疲労損傷が増加している。土木学会で鋼橋の疲労損傷が調査され、構造的な原因として、構造詳細、荷重の横分配、振動が上げられている。このような要因によって繰り返し荷重が作用した場合、一般に、溶接継手では、余盛りによる応力集中、引張残留応力、溶接部の欠陥や材質変化などの原因によって、疲労損傷を受けやすい。一方、疲労損傷対策として、構造の改善、溶接補修、添接板による補強などが検討されているが供用下における従来の補修、補強では、塗装、穴開け、溶接などの作業性ならびにコスト上の問題点が多いとされている。そこで、本研究では疲労損傷例として面外変形に起因すると考えられる図1のような腹板の補剛材端部に着目し、経済的かつ有効な疲労強度向上法を検討した。

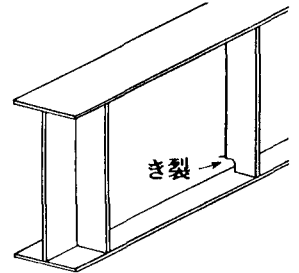


図1 鋼桁の疲労損傷部

2. 試験内容

特に、面外曲げ応力に着目して、腹板の面外変形現象を片面ボルト継手によって引張試験体に偏心荷重を与えて表すモデルを用いた。試験体は150x900x9の母材(SM50)に補剛材50x300x9をすみ肉溶接し、その端部はまわし溶接を行った。（図2）面外変形の影響を調べるため、予備試験を行い、さらに、このモデルの補剛材端部に疲労強度向上法を適用しその効果を調べた。

3-1 予備試験

予備試験は図2に示すように、引張荷重を偏心させたものと母材を直接引張るものについて静的試験と疲労試験を行った。疲労試験は、応力比 $R=0.1$ の片振り引張とし、破断寿命としてき裂の長さが約30mmに達するまでの繰返し回数とし、公称応力（荷重を母材の断面積で割ったもの）で整理した。

- (1) 静的試験結果：偏心引張荷重を受けると、補剛材のある側では、引張応力が増加し、補剛材のない側は圧縮応力となり、面外変形による曲げ応力が作用していることが認められた。（図3）
- (2) 疲労試験結果：偏心引張荷重を受けると、き裂が溶接部に沿って進展し、鉄道橋の面外変形によって生じたものと類似しており、偏心のないものに比較して、 2×10^6 回疲労強度は約 3.5 kg/mm^2 低下した。（図4）

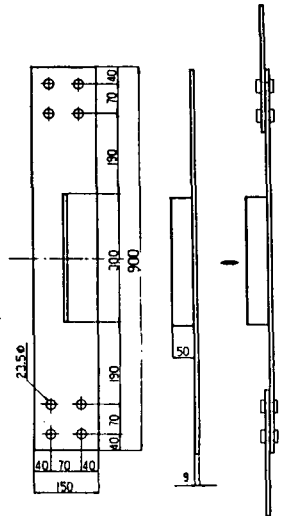


図2 試験体

3-2 疲労強度向上法

面外変形により、疲労強度が低下することが認められた。そこで、き裂発生点となる補剛材端部のまわし溶接部に、次のような疲労強度向上法を適用した。

- (1) G仕上げ法：グラインダーで $R>10\text{mm}$ 程度に仕上げる。
- (2) TIGなめ溶接法：TIG溶接（電極径 3.2mm 電圧 20V

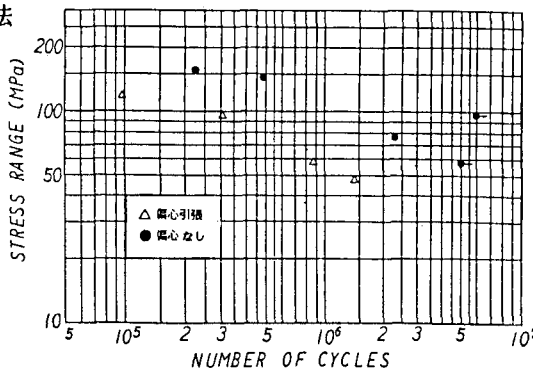


図4 疲労試験結果

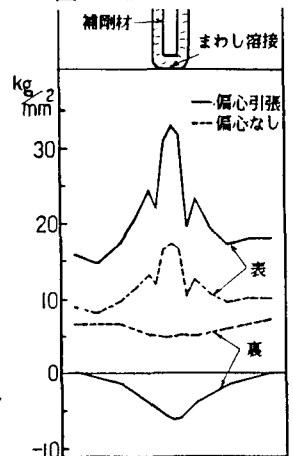


図3 静的試験結果

電流170 A 速度50mm/min) で再溶融させて、止端形状を改善する。

(3) 噴流液体窒素冷却による残留応力処理法(圧縮残留応力導入法)：液体窒素ガス冷却とガス加熱によって、局部的に大きな温度差(約400℃)を作り、溶接部に存在する降伏点に近い引張残留応力を圧縮へ変換するものである。疲労強度に有効と考えられる圧縮残留応力を広範囲に導入するため、次の2操作で行った。*)

1) 第1操作 溶接部を500～600℃にガス加熱する。この操作によって図6のように引張残留応力を大きくし、幅を広げた。

2) 第2操作 図5に示すような装置で溶接部を冷却し、周辺部を加熱する。この操作によって溶接部に塑性ひずみを生じさせ、図6のように圧縮残留応力へ変換した。

本法は、(1)、(2)の応力集中低減法とは独立して行うことができるので、As-weld 状態とTIGなめ溶接したものについて適用した。

3-3 疲労試験結果

偏心引張荷重を受けるものについて、3種類の疲労強度向上法を適用した。その結果、 2×10^6 回疲労強度で、As-weld に比較して、G仕上げ法 5.5kg/mm²、TIGなめ溶接 4.5kg/mm²、As-weld で残留応力処理したもの 5.5kg/mm²、TIGなめ溶接後残留応力処理したもの 5.5kg/mm² 以上の向上効果がみられた。(図7)

コスト面を考えると、TIGなめ溶接、As-weld で残留応力処理したものが優れている。さらに、向上効果が必要であれば、TIGなめ溶接によって生じる高い引張残留応力を残留応力処理し、圧縮へ変換することが好ましい。

4. 今後の方針

実物に近いモデルで疲労挙動を調べ、疲労強度向上法を適用し、その効果について確認していく所存である。

*) 特許申請中

参考文献 1) 鋼構造委員会疲労変状調査小委員会；鋼橋の疲労変状調査
土木学会論文集 第368号 1-5 1986年 4月

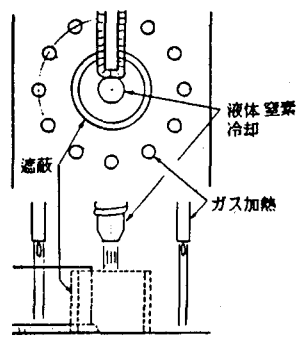


図5 処理状況

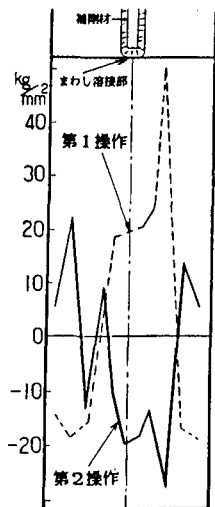


図6 σ_R 分布

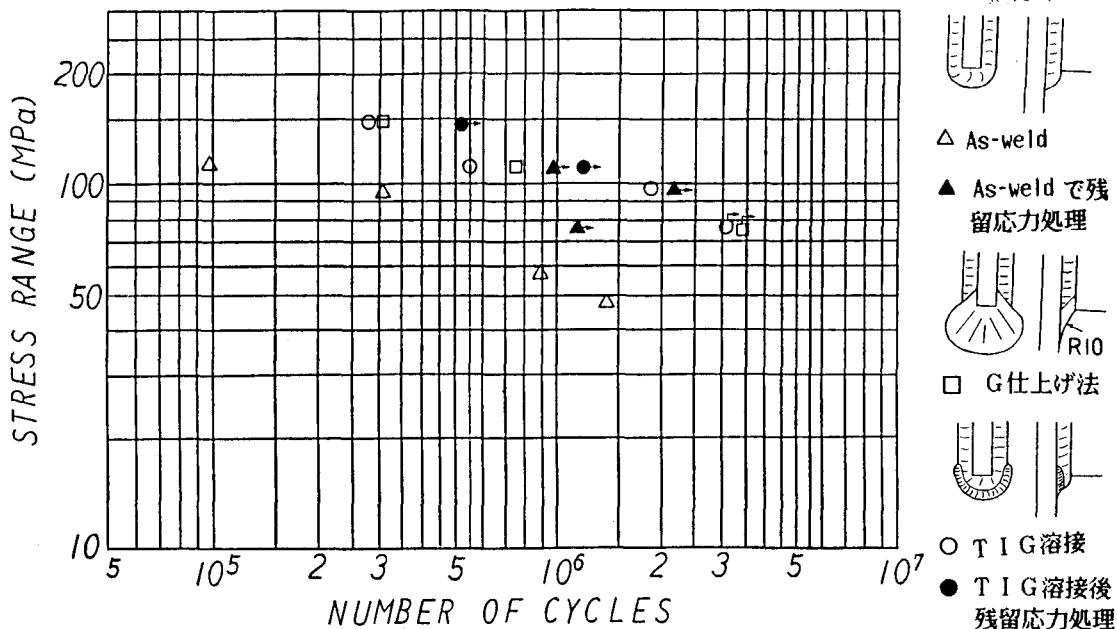


図7 疲労試験結果