

鋼床版デッキプレートと垂直補剛材溶接部の疲労試験

名古屋大学大学院 学生員 小園江 朋亮

名古屋大学大学院 正員 山田 健太郎, 小塩 達也

JFE エンジニアリング（前名古屋大学大学院） 正員 中野 隆

トピー工業株式会社 正員 山田 聡, 渡邊 直起

1. はじめに

わが国の鋼橋に数多くの疲労き裂が発生している。図-1 はある鋼箱桁橋のデッキプレートと垂直補剛材間のすみ肉溶接部に実際に発生した疲労き裂であり、これがデッキプレートを貫通して、そこから泥水が浸入した様子である。このようなき裂は舗装の劣化を招くので、早急な対策が求められる。本研究では、輪重によってデッキプレートに板曲げが生じる状況を想定し、鋼床版のデッキプレートと垂直補剛材のすみ肉溶接部を模した試験体を用いて板曲げ疲労試験を行い、疲労き裂進展の挙動を調べ、試験体に補修を施した場合の疲労寿命を検討する。

2. 疲労試験の概要

疲労試験は、 $800 \times 300 \times 12$ mmの SM490 鋼の板に、鋼箱桁橋のウェブと垂直補剛材をすみ肉溶接した試験体を用いた。この試験体を架台にボルト接合し、デッキプレート上に偏心おもりを持つ加振器を設置させ、偏心おもりの回転（20Hz）に伴う遠心力によってデッキプレートに板曲げが加わるようにした（図-2）。本疲労試験では、垂直補剛材を 100×12 mm、溶接脚長が 6 mmの疲労試験体を 3 体（A 試験体）、 100×12 mmでルートギャップが 3mm、溶接脚長が 6 mmの疲労試験体を 3 体（B 試験体）、 170×14 mm、溶接脚長が 4mm の試験体を 6 体（C 試験体）、計 12 体で行った。疲労寿命の延長法を検討するため、以下のような条件で疲労試験を行った。

溶接したままの試験体(A-1, B-1, C-1 × 2 体)

溶接止端をグラインダーで仕上げた試験体(B-3, C-2 × 2 体)

垂直補剛材に半円孔をあけた試験体(A-2, A-3, B-2, C-3 × 2 体：A-2, B-2 試験体は疲労き裂がデッキプレートに 10 mm進展したところで半円孔をあけ、A-3, C-3 試験体は試験開始前に半円孔をあけた)

試験体に貼付したひずみゲージの位置を図 - 3, 4 に示す。垂直補剛材から 75 mm離れた位置の応力範囲の平均値を評価応力範囲とした。き裂の検出には銅線法を用い、溶接止端に貼った 0.04 mm φ の銅線が切れたとき（N_{toe}）、疲労き裂がすみ肉溶接から離れてデッキプレートに 10 mm進展したとき（N₁₀）、デッキプレートに 30 mm進展したとき（N₃₀：A, B 試験体のみ）の繰り返し数を記録した。

キーワード：鋼床版，疲労，垂直補剛材，グラインダー処理，半円孔

連絡先：名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻（052-789-4620）



図-1 垂直補剛材上端のき裂



図-2 板曲げ疲労試験機

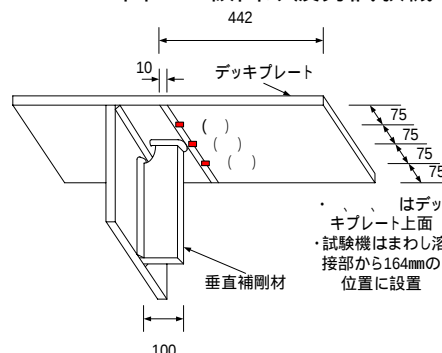


図-3 ひずみゲージ貼付位置(A, B試験体)

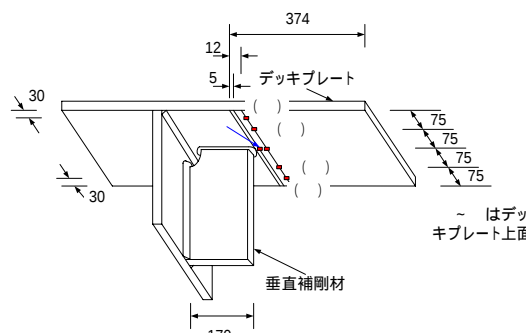


図-4 ひずみゲージ貼付位置（C試験体）

3. 疲労き裂の発生・進展状況

疲労き裂は、デッキプレート側のまわしすみ肉溶接部止端から発生し、しばらく溶接止端沿いを進展した後、デッキプレートへ進展した。しかし、グラインダー仕上げをした C-2 試験体は、垂直補剛材の上端のすみ肉溶接部から疲労き裂が発生し、溶接ビードを分断してデッキプレートへと進展し、N_{toe} を検出できなかった。同じくグラインダー処理をした B-3 試験体は、疲労き裂が発生した箇所が、C-2 試験体を除く他の試験体よりも垂直補剛材寄りの位置であった。

疲労き裂の進展状況を疲労破面観察から推測して図-5 に模式図として示す。これを見ると、溶接止端から複数の微小き裂が発生し、それらが合体し、溶接止端に沿って回りこむように進展する。この段階で疲労き裂は進展が遅くなり、疲労き裂はデッキプレート上面に貫通しない。その後、まわし溶接止端に沿って疲労き裂が進展していくが、ある段階で溶接止端から離れる疲労き裂が発生し、その疲労き裂がある程度大きくなると、デッキプレート上面からもき裂が発生し、まわし溶接部から発生したき裂と合流する。

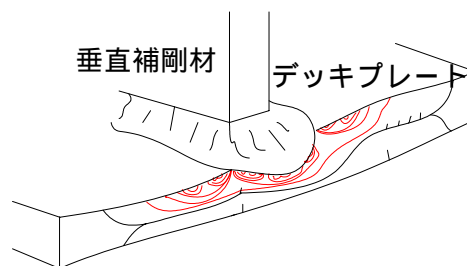


図-5 疲労破面模式図

4. 疲労寿命の比較

疲労き裂が発生した繰返し数 N_{toe} で整理した S-N 線図を図-6 に示す。これを見ると、止端をグラインダー仕上げした B-3 試験体の疲労寿命が溶接したままの試験体と比べて約 10 倍向上した。グラインダー処理をすることによって、すみ肉溶接形状の急変をなくし、応力集中を低減する効果がある。一方、半円孔による応力緩和をねらった試験体を見ると、A-3 試験体は疲労寿命を向上できなかったのに対し、C-3 試験体は溶接したままの試験体と比べて疲労寿命が約 5 倍向上した。これは、A-3 試験体は半円孔縁がデッキプレートから 20 mm 離れているのに対し、C-3 試験体では半円孔縁をデッキプレートから 7 mm の位置に近づけたためである。

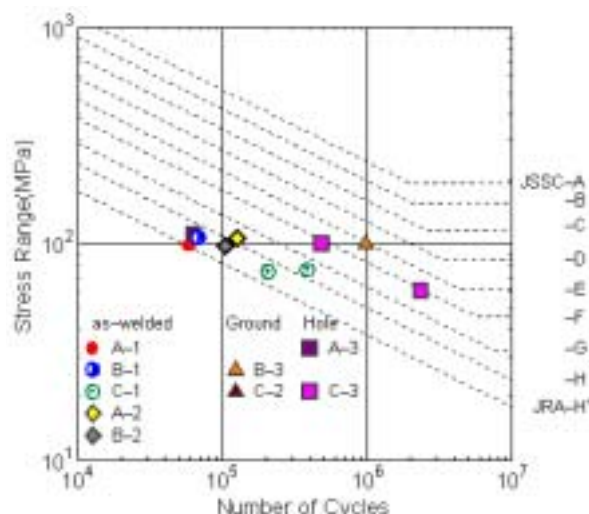


図-6 S-N線図 (N_{toe})

次に、N₁₀ で整理した S-N 線図を図-7 に示す。これを見ても、グラインダー処理をした試験体の疲労寿命の向上が見られた。半円孔による応力緩和をねらった試験体も、C-3 試験体が、溶接したままの試験体と比べて疲労寿命が向上した。なお、今回の板曲げ疲労試験においては、形状が異なる A, B, C 試験体別の疲労寿命の違いはあまり確認できなかった。

5. まとめ

鋼床版のデッキプレートと垂直補剛材の溶接部おけるグラインダー処理、半円孔あけは、ともに溶接部の応力集中を低減させる効果があり、それによって疲労寿命が増すことがわかった。

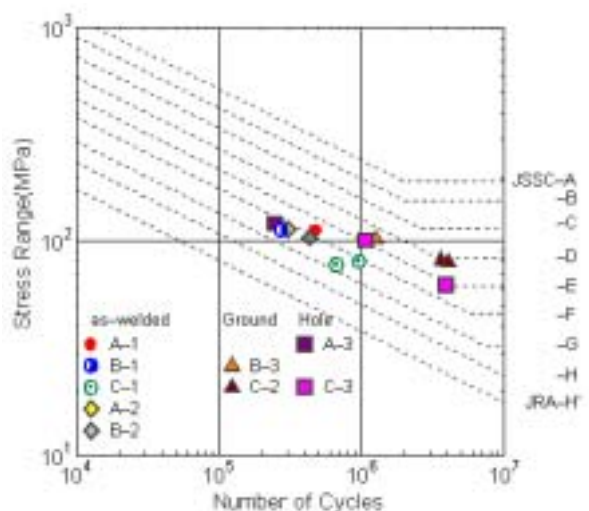


図-7 S-N線図 (N₁₀)

(参考文献) 1)日本道路協会：鋼橋の疲労、1997

2)貝沼重信、山田健太郎、西岡敬治、中村一平、石井博典：鋼 I 桁橋の主桁上フランジと横桁の取合部の応力緩和による疲労強度向上法、構造工学論文集、1997