

## 横桁下フランジが貫通するウェブの応力聴診器による応力計測と疲労耐久性の評価

名古屋大学 正 石川敏之 学 柿市拓巳 学 ○白彬 正 山田健太郎  
名城大学 正 小塩達也 正 近藤明雅

## 1. はじめに

2006年10月に、国道25号山添橋（近畿地整，奈良国道，3径間連続鋼桁橋）のウェブに、長さ約1mのき裂が発生した。き裂は、ウェブにあけたスカーラップの片側に横桁下フランジが溶接された箇所から進展した。（図-1）同様な構造を持った桁橋は、当時の鋼橋に多くみられ、その疲労耐久性を評価し、必要なら予防保全対策する必要がある。そこで、山添橋と同じような構造を持つ国道1号内部橋（中部地整，三重河川国道，3径間連続鋼桁橋）の側径間を対象に、①ウェブ貫通部の溶接継手の調査，②実働応力の測定，③疲労耐久性評価のためのS-N線図の決定，④疲労耐久性の計算，および⑤疲労に対する改善策の検討を行った。ここでは、実働応力測定と疲労耐久性評価について述べる。

なお、内部橋の上り線は、山添橋に似たタイプ（スカーラップ端の応力集中のある位置に横桁下フランジが溶接された構造，図-2）であり、下り線は、溶接端部に円孔があり、応力集中が少ない構造（図-3）であった。上り線では、すでに疲労き裂の兆候が見られた。

## 2. 応力聴診器を用いた実働応力の測定（下り線）

内部橋の下り線で、20分程度の短期計測として、①主桁断面の応力分布，②横桁下フランジ貫通部のウェブの面外変形による板曲げ応力，を求めた。さらに、長期計測として、③48時間（24時間×2日）の応力波形の測定を行い、その波形からレインフロー法によって応力範囲頻度分布を求めた。ひずみの計測には、塗装をはがしてひずみゲージを貼付する代わりに、磁石で摩擦ゲージを押し付ける形の応力聴診器を用いた。この方法で、簡便な計測が可能になった。（図-4）

短期計測の結果、内部橋下り線は、非合成桁の設計だが、実働荷重下の主桁断面の応力分布は合成桁に近い挙動を示した。（図-5）また、ウェブが面外にたわむ板曲げ応力は、内桁（G2，G3）では、それほど大きくないが、外桁（G1，G4）で大きいことがわかった。

## 3. 疲労耐久性の評価

疲労耐久性の評価では、横桁下フランジが貫通する主桁ウェブのスカーラップ部の溶接継手のS-N線図が必要になる。この横桁下フランジ貫通部の構造は色々な形状があることがわかった。そこで、実物と同じ形状の疲労試験を行う代わりに、鋼板の側面にガセットが溶接された基本溶接継手（T形継手）の疲労強度を調べた。その継手に、スカーラップ部の応力集中係数 $K_t$ が重なりとみなして、T形継手のS-N線図を上下させる方法で求めた。ここで、 $K_t$ は、FEM解析によって求めた。T形継手に引張応力が作用する場合の疲労強度は、過去の疲労試験データ（Yamada,1986，図-6）を参照した。すなわち、そのデータから、傾きを3とした平均と平均±2s（s:標準偏差）のS-N線（青線）を求めた。そのS-N線図に、たとえば内部橋下り線では、スカーラップ部の $K_t=0.68$ を考慮して、図-6に示す赤線のように求めた。なお、このS-N線は、疲労き裂が10mm



図-1 山添橋の構造とき裂



図-2 内部橋上り線の構造

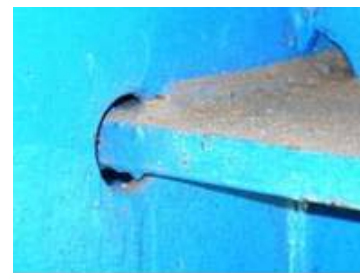


図-3 内部橋下り線の構造



図-4 応力聴診器による計測

キーワード：スカーラップ，疲労き裂，応力聴診器，応力範囲頻度分布，疲労寿命

連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町 C1-2(651) TEL 052-789-4620 FAX 052-789-1674

まで進展した時の N10 に対する S-N 線図である。内部橋上り線（山添橋タイプ）では、 $K_t=1.84$  となり、図-7 の赤線で示す S-N 線図となった。

#### 4. 応力範囲頻度分布による疲労寿命の評価

48 時間実測したひずみ波形から、レインフロー法を用いて応力範囲頻度分布を求め、山添橋の過去の大型車交通量の変化も考慮して、疲労寿命を計算した。計測した下り線（内桁、構造は図-3、S-N 線図は図-6）の G2、G3 では、N10 まで疲労き裂が進展するのは、それぞれ平均で 269 年、440 年と予測され、当面は疲労き裂が生じない結果となった。

上り線は、山添橋タイプの構造を持つ。信号で車が頻繁に停止するため、実働応力は計測しなかったが、下り線と同様な荷重と発生応力になると仮定して、疲労耐久性を評価した。上り線（構造は図-2、S-N 線図は図-7）では、N10 の疲労寿命は、G2、G3 で、それぞれ平均で 25 年、17 年と予測された。仮定のもとでの推測ではあるが、上り線では、すでに疲労き裂の兆候も見られるため、早急な対策が必要である。

#### 5. 簡易な疲労耐久性の改善策の検討

内部橋上り線の簡易な疲労対策として、ホールソーで疲労き裂を除去して、下り線に近い形状に改善することを試みた。この実験は、板曲げ疲労試験で行なった。疲労試験の結果を図-8 に示すが、溶接したままの試験体に比べて大幅な疲労強度の向上が見られた。これは、横桁下フランジの溶接止端にスカーラップの応力集中が重畳して疲労強度が低かったものが、応力集中が溶接止端に生じないように円孔に近い形状を導入して改善したためである。

#### 6. まとめ

横桁下フランジが主桁ウェブを貫通する構造を対象に、国道 1 号内部橋の下り線で、応力聴診器を用いて応力測定を行った。短期の計測で、実働荷重下で主桁とこの構造の挙動を把握し、48 時間の計測データから応力範囲頻度分布を求めて疲労耐久性を評価した。疲労耐久性を評価するための S-N 線図は、引張に対して T 形継手の疲労強度にスカーラップ部の応力集中係数を考慮する形で求めた。その結果、計測した内部橋下り線は十分な疲労耐久性を有するが、上り線は、予想疲労寿命が短く、早急な対策が必要であることがわかった。

**謝辞:** この研究を可能にしてくれた中部地方整備局および三重河川国道事務所に感謝します。

**参考文献:** 1. 山田・酒井・菊池：ガセットを溶接した引張部材の疲れ強さとストップホールの効果，土木学会論文報告集，第 341 号，1984 年 1 月。 2. 奈良国道ホームページ <http://www.kkr.mlit.go.jp/nara/>

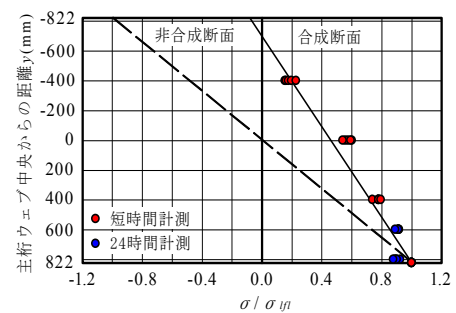


図-5 断面の応力分布の例 (G3)

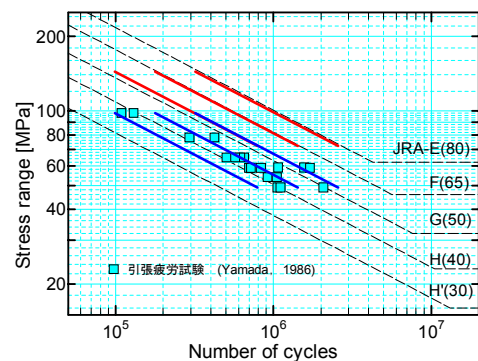


図-6 引張応力に対する内部橋下り線の予想 S-N 線図 (N10, 赤線)

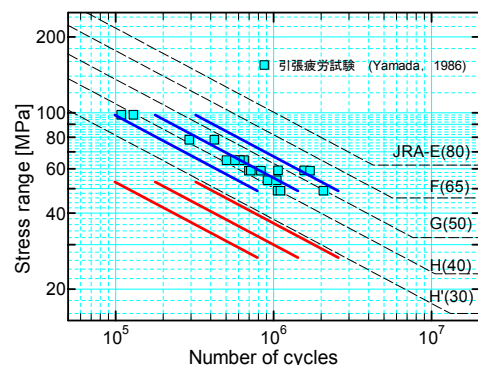


図-7 上り線の構造（山添橋タイプ）の予想 S-N 線図 (N10, 赤線)

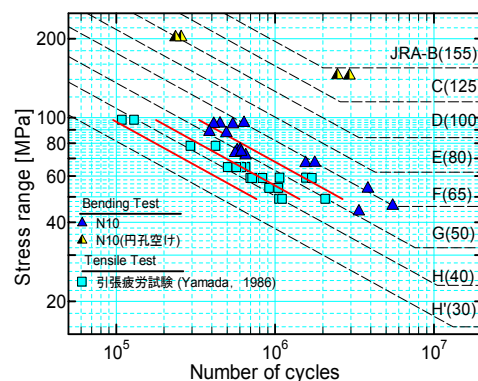


図-8 円孔をあけて構造を改善した疲労試験体の結果（板曲げ疲労試験）