

T形継手の板曲げ疲労試験とウェブ貫通構造のS-N線図の推定

名古屋大学大学院 学生員 柿市 拓巳 正会員 山田 健太郎 石川 敏之
名城大学 正会員 小塩 達也 近藤 明雅

1. はじめに

2006年10月に国道25号山添橋の、主桁ウェブの横桁下フランジ貫通部より1mを超える疲労き裂が発見された。疲労き裂が発生した部位は、当時の国道の鋼I桁橋で標準的に使われた構造で、例えば、国道1号内部橋も同様な形式を持つ。同様な構造形式が他にも多数存在していると思われるため、疲労耐久性の検討が必要である。

横桁下フランジが主桁ウェブを貫通する構造形式には、Fig.1(a)に示す、主桁の曲げによる引張応力と、横桁の変形に起因するウェブが面外に変形する板曲げ応力が発生する。また、貫通部の形状は、大きく分けてFig.2に示す2種類がある。これらの構造詳細の疲労強度は、Fig.1(b)に示す鋼板の側面に直角にガセットが溶接されたT形の基本溶接継手（以下、T形継手）の疲労強度に、スカーラップによる応力集中係数 K_t が重畳したものと考えた。

T形継手に引張応力が作用した場合の疲労強度は、山田ら¹⁾、²⁾により明らかにされている。本研究では、T形継手の板曲げ疲労試験を行い、曲げ応力に対する疲労強度を明らかにする。さらに、スカーラップによる応力集中係数 K_t を考慮してウェブ貫通構造の推定S-N線図を与える。

2. 疲労試験体

疲労試験体の形状をFig.3に示す。疲労試験体は、幅334mm、板厚12mmのSM400Aの鋼板の側面に、幅100mm、板厚12mmのガセットを直角に溶接したT形継手試験体を用いた。ガセットは、脚長6mmですみ肉溶接されており、ガセット端部はまわし溶接されている。曲げ疲労試験には、板曲げ振動疲労試験機を用いた。

3. 疲労き裂の発生と進展挙動

破面に残されたダイマークやピーチマークの観察により、疲労き裂の発生・進展の状況を明らかにした。今回の板曲げ疲労試験では、すべての試験体で疲労き裂はガセットのまわし溶接部の鋼板側より発生した。疲労破面の例とそのスケッチをFig.4に示す。疲労き裂は溶接止端より発生した後、鋼板の板幅方向と厚さ方向に1/4の楕円形状となり、進展していくことが確認できた。さらに、上下の2つのき裂の相対位置が異なるので、溶接止端から発生した上下の疲労き裂が、ほぼ独立して進展していくことがわかる。

キーワード：疲労強度、T形継手、板曲げ、鋼I桁橋

連絡先：〒468-8603 名古屋市千種区不老町 TEL：052-789-4620

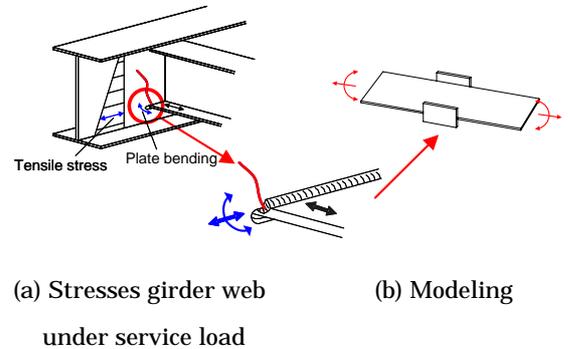


Fig.1 Structural detail of Yamazoe bridge

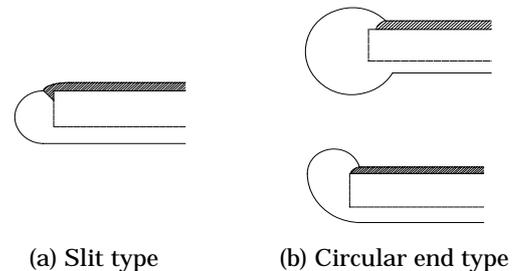


Fig.2 Types of scallop

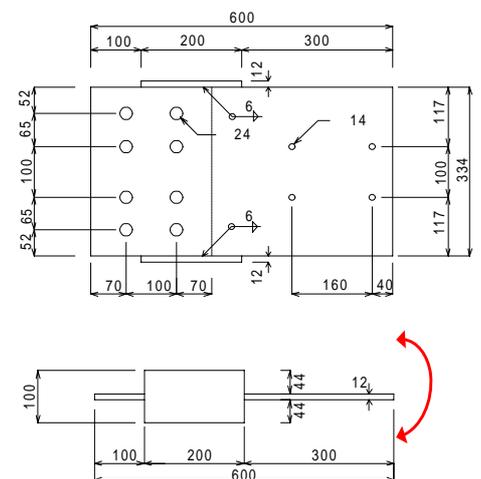


Fig.3 Fatigue test specimens

4. 板曲げ疲労試験結果

板曲げ疲労試験により得られた S-N 線図を Fig.5 に示す。ここで、 N_b は、溶接止端から母材にき裂が進展し始める時の繰返し回数であり、 N_{10} は、き裂が母材の板幅方向に 10mm 進展した時の繰返し回数を示している。図には、今回の板曲げ疲労試験の結果、山田らの引張疲労試験の結果、および道路橋示方書(以下、JRA)の疲労強度等級を示す。図中に示す赤線は、傾きを -3 として求めた山田らの引張疲労試験結果の平均 $\pm 2s$ (s : 標準偏差) の S-N 線図である。

溶接止端に疲労き裂が発生した N_b は、JRA - H 等級程度であり、引張疲労試験の N_b と同様な疲労強度であった。これに比べて、疲労き裂が 10mm 進展した N_{10} では、引張疲労試験の N_{10} よりも長く、板曲げによる疲労強度が引張の場合よりも高いことがわかった。疲労強度等級では、JRA - H 等級を上回る疲労強度が得られた。

JSSC の疲労設計指針では、板厚が 25mm 以下の場合、引張応力を対象とした S-N 線図に 5/4 を乗じて板曲げ応力の場合に用いることができると規定されている。そこで、引張疲労試験の平均 $\pm 2s$ の S-N 線図に 5/4 を乗じて求めた S-N 線図を Fig.5(b) に青線で示す。本研究で行った板曲げ疲労試験の結果は、青線の範囲内に入っているため、板曲げに対する N_{10} の疲労強度は、引張に対する疲労強度から推定できることがわかる。

5. ウェブ貫通構造の S-N 線図の推定

横桁下フランジが主桁ウェブを貫通する構造の S-N 線図を T 形継手の S-N 線図と FEM 解析により算出した応力集中係数 K_t を用いて推定する。Fig.2 に示した 2 種類の構造形式に対して FEM 解析を行い、スカーラップ部のすみ肉溶接止端における応力集中係数 K_t を算出した。ここでは、ウェブが曲げによる引張応力を受ける場合について検討する。引張疲労試験の S-N 線図を K_t で除したウェブ貫通構造の推定 S-N 線図を Fig.6 に示す。Fig.6 の赤線は、Slit type の $K_t = 1.84$ で除した推定 S-N 線図である。Slit type では、スカーラップの K_t が影響する部位にすみ肉溶接止端があるため、疲労強度が低い結果となった。一方、Fig.6 の緑線は、Circular end type の $K_t = 0.68$ で除した推定 S-N 線図である。Circular end type では、主桁の曲げ応力が円孔によってすみ肉溶接止端に伝わらないため、 K_t が小さく疲労強度が高い結果となった。この推定 S-N 線図を用いて、ウェブ貫通構造の疲労耐久性評価が可能となる。

参考文献

- 1) Yamada, K., Sakai, Y., Kondo, A. and Kikuchi, Y.: Fatigue Strength of Tension Members with Welded Gussets and Life Estimation by Fracture Mechanics, IIW Doc, XIII-1204-86, pp. 1~21, March, 1986
- 2) 山田健太郎・酒井吉永・菊池洋一: 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, pp. 129~136, 1984 年 1 月

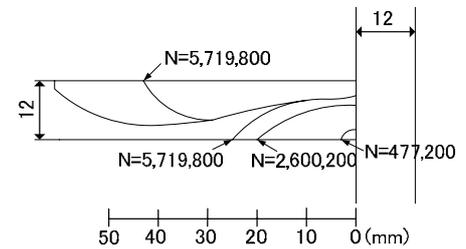
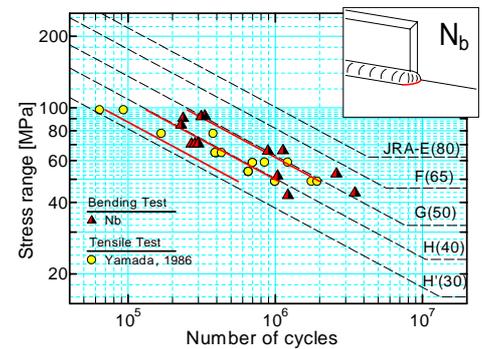
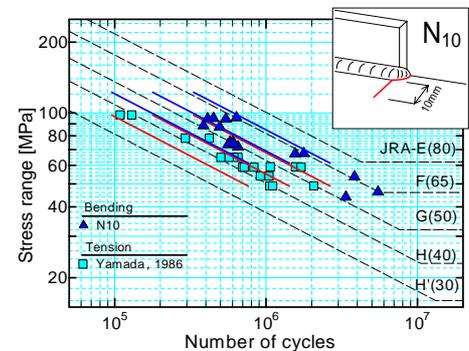


Fig.4 Fracture surfaces



(a) N_b



(b) N_{10}

Fig.5 Fatigue test results

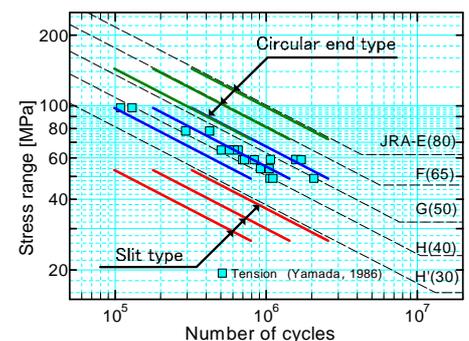


Fig.6 Predicted S-N curves
for scallop detail