

2 軸応力下における主桁・横桁接合部の疲労強度

法政大学 学生員 ○平山 繁幸

法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに

従来、I断面多主桁橋梁の主桁・横桁接合部の疲労強度は、ウェブガセット継手を用いた1軸疲労試験で検討されている。しかし、その位置は主桁ウェブ応力に加えて横桁フランジ応力が作用する2軸応力状態となることが多い。本研究では、横桁に作用する応力が主桁・横桁接合部の疲労強度に及ぼす影響を明らかにする目的で、モデル試験体の疲労試験、応力測定試験と三次元有限要素解析を行う。

2. 疲労試験

供試鋼材は降伏応力 428MPa、引張強度 559MPa の SM490Y である。試験体は図 1 に示すように主桁・横桁接合部を模擬したものである。試験体の製作は、主桁ウェブ中央にガス切断で矩形の穴を設け、横桁フランジを差し込み仮付けした後、CO₂ 溶接法による完全溶け込み溶接で行った。疲労亀裂が生じると思われる廻し溶接部の脚長は、主桁ウェブ側で 13mm、横桁フランジ側で 9mm 程度であった。また、ウェブ側溶接止端の開き角は 125 度、曲率半径は 0.7mm 程度であった。

疲労試験は、図 2 に示す 2 軸疲労試験装置を用いて、主桁ウェブと横桁フランジに同位相の引張繰返し荷重を与えて行った。主桁ウェブの応力範囲は 100MPa で一定として、横桁フランジの応力範囲を主桁ウェブの 0、0.25、0.5、0.75、1 倍（以下、横桁・主桁応力比と呼ぶ）とした 5 つの条件で試験を行った。疲労亀裂は全ての試験体において主桁側溶接止端部から発生し、破断に至った。疲労試験より得られた疲労寿命と横桁・主桁応力比の関係を図 3 に示す。横桁・主桁応力比が 0 の場合、疲労寿命は 200 万回程度であるのに対し、1 の場合は約 60 万回と疲労寿命は 3 分の 1 以下に低下している。図 3 中で横に引いた破線は、鋼構造協会の疲労設計指針（JSSC 指針）で規定されている各強度等級の応力範囲 100MPa に対する疲労寿命を示している。横桁・主桁応力比を 0 から 1 にすることで、強度等級は約 2 等級下がっている。

3. 応力測定試験

横桁に作用する応力が、主桁ウェブ側溶接止端部近傍の応力に及ぼす影響を調べる目的で、主桁ウェブの溶接止端部近傍に 5 連あるいは 3 軸のひずみゲージを貼付した。応力測定は、主桁ウェブの応力を 100MPa で一定としたまま横桁フランジの応力を 0、25、75、100MPa とした状態で行った。その結果を図 4～6 に示す。図 4 の縦軸は主桁ウェブの公称応力で無次元化した応力であり、横軸は横桁フランジ端からの距離である。無

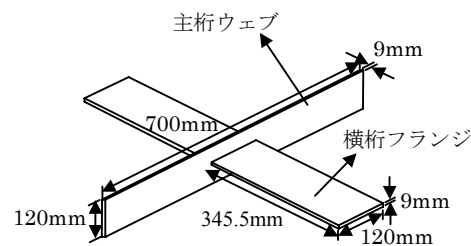


図 1 試験体の形状と寸法

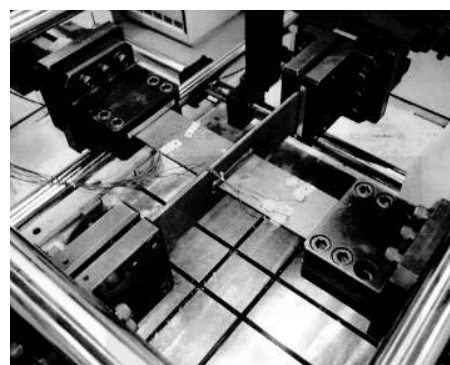


図 2 試験体取付状況

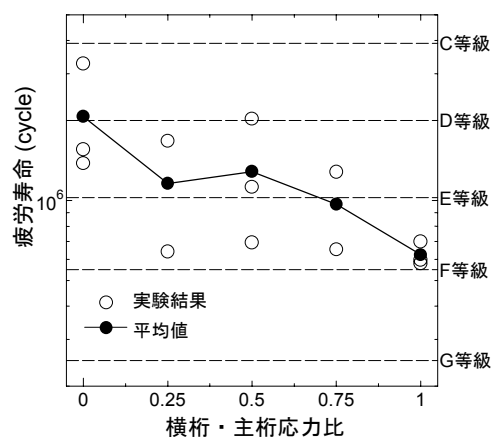


図 3 疲労寿命と横桁・主桁応力比の関係

キーワード：主桁・横桁接合部 2 軸応力 横桁・主桁応力比 応力集中

連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学部 電話番号 042-387-6279

次元化応力は、溶接止端に近づくにつれて高くなっている。図5は無次元化した主応力と横桁・主桁応力比の関係を示している。主応力は、横桁・主桁応力比が増すにしたがって高くなっている。しかし、図6に示す主応力の方向は4度以下であり、また横桁・主桁応力比によって変化するような傾向は認められない。

4. 応力解析

さらに詳しく溶接止端部の応力性状を調べる目的で、8 節点固体要素（最小要素寸法 0.2mm）を用いて三次元有限要素解析を行った。解析対象は、図1に示した十字試験体である。試験体の対称性を考慮して、解析は1/8モデルに対して行った。溶接形状は三角形断面として、主桁側の脚長を12mm、横桁側の脚長を8mmとした。この解析より求めた主桁ウェブ側溶接止端の応力集中係数と横桁・主桁応力比の関係を図7に示す。横桁・主桁応力比が高くなるにつれて応力集中係数も高くなっている。例えば、横桁・主桁応力比を0から1.0とすることで、応力集中係数は2.63から2.78に変化する。疲労寿命が溶接止端での応力範囲の3乗に反比例するとすれば、ここでの応力集中係数の変化は15%の疲労寿命の低下に相当する。疲労試験では疲労寿命の低下は先述のように60%以上であった。このような結果の相違は、FEM解析に用いた要素の大きさに原因があるとも考えられるが、さらに詳細な検討が必要である。

5. まとめ

- 1) 横桁に作用する応力が大きいほど疲労寿命は低下する。
- 2) 主桁ウェブ溶接止端部の応力集中は、横桁フランジの応力にほぼ比例して増大する。
- 3) 横桁に繰返し応力を作用させることにより主桁ウェブの疲労寿命が低下する要因の一つは、2)で示した横桁フランジ応力による主桁ウェブ溶接止端部の応力集中係数の変化にある。

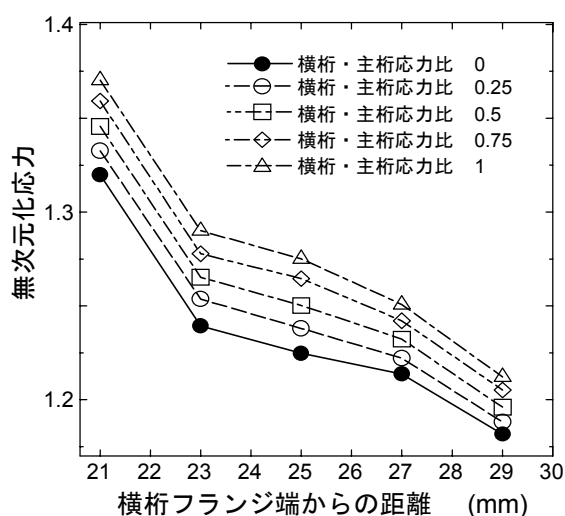


図4 応力集中係数と横桁フランジ端からの距離の関係

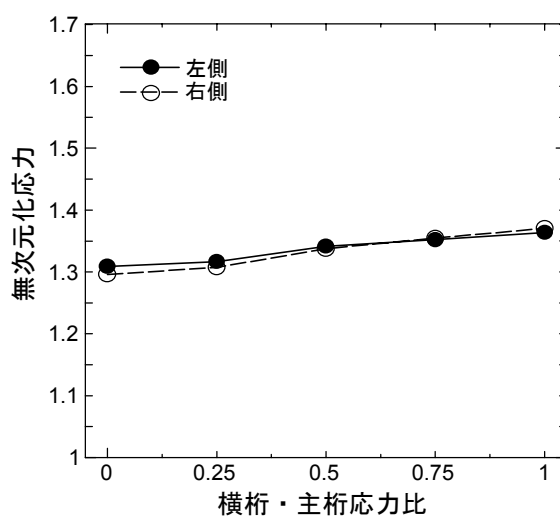


図5 主応力の大きさ

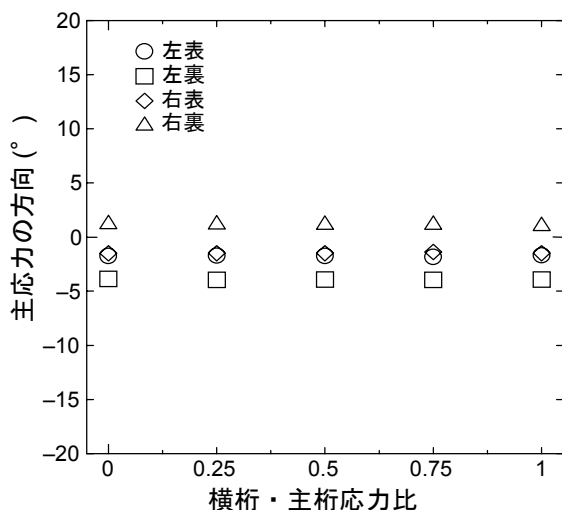


図6 主応力の方向

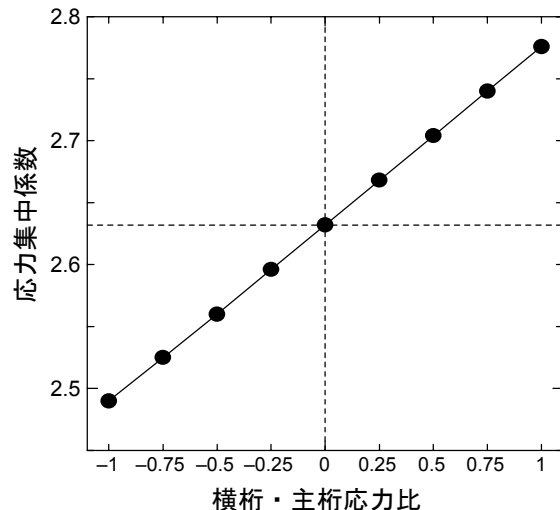


図7 応力集中係数－横桁・主桁応力比関係