

主桁・横桁交差部の疲労強度に対する 2 軸荷重の影響

東京鐵骨橋梁 正会員 平山繁幸

法政大学 正会員 森 猛

1.はじめに：鋼 I 断面橋梁の主桁ウェブ・横桁フランジ交差部は主桁ウェブ応力と横桁フランジ応力が作用する 2 軸応力場となる．著者らは，主桁ウェブ溶接部および横桁フランジ溶接部のそれぞれに着目し，疲労強度に対する 2 軸荷重の影響について検討を行ってきた．

本研究では，主桁・横桁交差部の主桁ウェブ側溶接部と横桁フランジ側溶接部の両方に着目し，それらの疲労強度に対する 2 軸荷重の影響を明らかにすることを目的として，モデル試験体を用いた疲労試験と応力解析を行った．

2.疲労試験：用いた試験体を図-1 に示す．供試鋼材は板厚 9mm の SM490Y（降伏応力：415N/mm²，引張強度：540N/mm²，伸び：23%）である．試験体は，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 溶接法で完全溶け込み溶接を行うことにより製作した．溶接のままである AW 試験体の主桁ウェブ側廻し溶接止端部には引張残留応力，横桁フランジ端部には圧縮残留応力が生じる．しかし，実際の橋梁では隣接する部材により拘束されるため，圧縮残留応力の効果は期待できない．そのため，疲労試験には AW 試験体に加えて後熱処理（620℃ で約 2 時間半保持）により残留応力を低減した SR 試験体も用いた．

疲労試験は 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繰返し引張荷重（下限荷重 5kN）を与えて行った．荷重条件は以下に示す 2 シリーズとした．ひとつは主桁ウェブの応力範囲を 100N/mm² で一定として横桁フランジの応力範囲を 0, 50, 100, 150N/mm² としたシリーズ，もうひとつは横桁フランジの応力範囲を 150N/mm² で一定として主桁ウェブの応力範囲を 0, 50, 100, 150N/mm² としたシリーズである．1 つ目のシリーズでは AW 試験体を，2 つ目のシリーズでは SR 試験体を用いた．

AW 試験体は主桁ウェブ側溶接止端部から，SR 試験体は主桁と横桁の両応力範囲を 150N/mm² とした試験体を除いて横桁フランジ側溶接止端部から破断した．疲労試験結果を図-2 に示す．AW 試験体，SR 試験体ともに，応力範囲が大きくなるにしたがって疲労寿命は減少している．横桁フランジ溶接部から破断した SR 試験体の疲労寿命の減少率（疲労寿命 - 応力範囲関係の傾き）は，主桁ウェブ溶接部から破断した AW 試験体の疲労寿命の減少率よりも大きくなっている．したがって，横桁フランジ溶接部は主桁ウェブ溶接部よりも大きな 2 軸荷重の影響を受けると言える．

3.応力解析：交差部近傍の応力性状を調べる目的で，モデル試験体を対象とした三次元有限要素応力解析を行った．解析に用いたモ

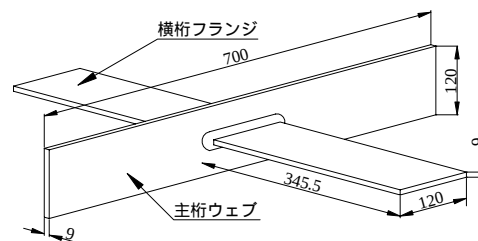


図-1 試験体の形状と寸法

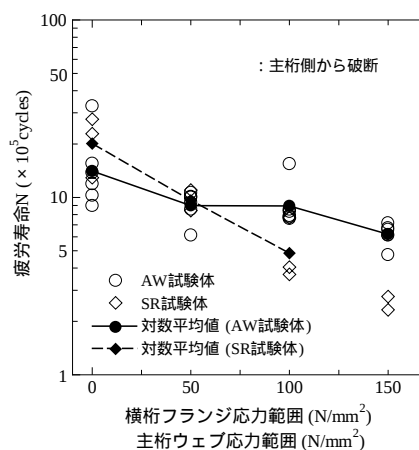


図-2 疲労試験結果

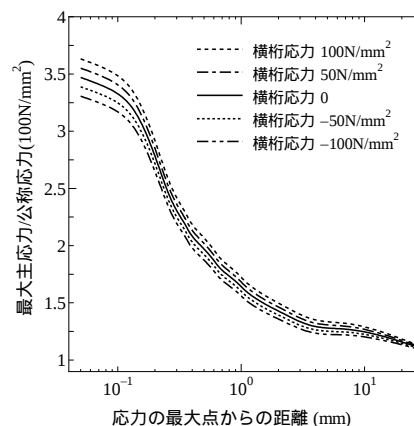


図-3 主桁ウェブ溶接部近傍の応力分布

キーワード：主桁・横桁交差部，疲労強度，2 軸荷重

連絡先：〒108-0023 東京都港区芝浦 4 丁目 18 番 32 号 電話番号：03-3451-1141 FAX：03-5232-3334

デルには、実際の横桁フランジコーナー部の形状特性を考慮して、フランジコーナー部に半径 1.5mm の R をつけている。解析は、主桁ウェブ応力を 100N/mm^2 として横桁フランジ応力を $-100 \sim 100\text{N/mm}^2$ とした状態と、横桁フランジ応力を 100N/mm^2 として主桁ウェブ応力を $-100 \sim 100\text{N/mm}^2$ とした状態で行った。

主桁ウェブ側では返し溶接止端から 0.2mm 程度、横桁フランジ側ではフランジコーナー部の溶接止端から約 1mm 溶接部側に入った位置で最も大きい応力が生じていた。また、横桁フランジ溶接部では、横桁フランジのみに応力を与えた場合と 2 軸応力を与えた場合とで応力の最大となる位置が異なっていた。主桁ウェブ長手方向に沿う最大主応力の分布を図-3 に、横桁フランジコーナー部長手方向に沿う最大主応力の分布を図-4 に示す。図の縦軸は最大主応力を公称応力 (100N/mm^2) で除した無次元応力、横軸は応力が最大となった位置からの距離である。いずれのケースにおいても、溶接止端近傍の応力は 2 軸荷重によってほぼ平行に移動している。

4. 2 軸荷重の影響：図-3, 4 で示したように 2 軸荷重によって応力はほぼ平行に移動していることから、1 軸応力状態の応力分布にある係数を乗じることにより 2 軸応力状態を表現できると考え、既報^{1), 2)}と同様に応力増加係数を算出した。ここでは、応力が最大となる位置から板厚の 0.4 倍と 1.0 倍離れた位置の応力を基にホットスポット応力を求め、そのホットスポット応力を用いて応力増加係数を算出した。計算結果を図-5 に示す。図中の横桁・主桁応力比とは横桁フランジ応力と主桁ウェブ応力の比、主桁・横桁応力比とは主桁ウェブ応力と横桁フランジ応力の比のことである。横桁フランジ側の直線の傾き (0.2236) は主桁ウェブ側の直線の傾き (0.0513) よりも大きくなっており、主桁ウェブ応力が横桁フランジ応力に及ぼす影響は横桁フランジ応力が主桁ウェブ応力に及ぼす影響より大きいと言える。

ここで得られた応力増加係数から求めた疲労寿命の変化と疲労試験結果を比較したところ、両者は大きく異なっていた。計算結果と疲労試験結果の差は、交差部の疲労強度が 2 軸荷重による応力の増加だけでなく、応力の 2 軸性そのものにより低下することを意味していると考えられる。この応力の 2 軸性そのものによる影響を、応力増加係数を何倍かすることによって評価することを考えた。3~6 倍した応力増加係数より求めた疲労寿命の変化を疲労試験結果とともに図-6 に示す。主桁ウェブ溶接部、横桁フランジ溶接部のいずれにおいても、応力増加係数を 4 倍としたときの計算結果が疲労試験結果と対応している。したがって、応力の 2 軸性そのものの影響は主桁ウェブ溶接部と横桁フランジ溶接部で大きな違いはないと言える。

参考文献：1) 平山繁幸，森猛：2 軸荷重を受ける主桁・横桁接合部の疲労強度，第 57 回年次学術講演会概要集，2002. 2) 平山繁幸，森猛，嶋原志保：主桁ウェブに取り付けられた横桁フランジの疲労強度に対する 2 軸荷重の影響，第 58 回年次学術講演会概要集，2003.

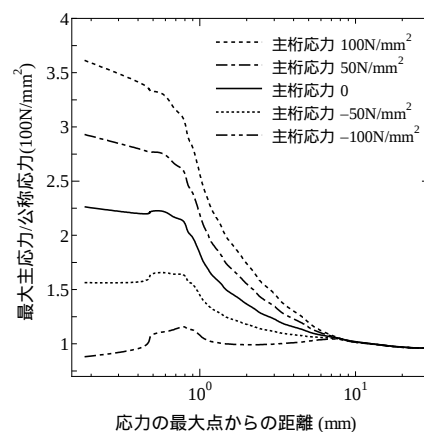


図-4 横桁フランジ溶接部の応力分布

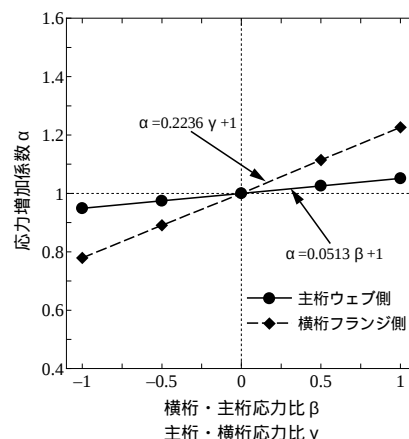
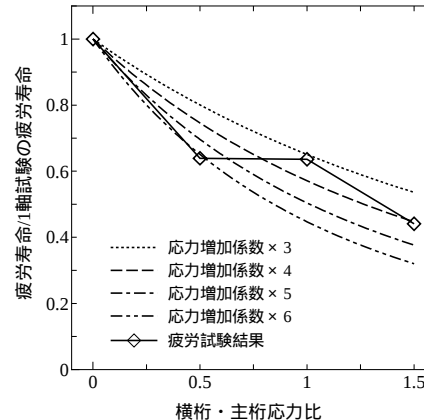
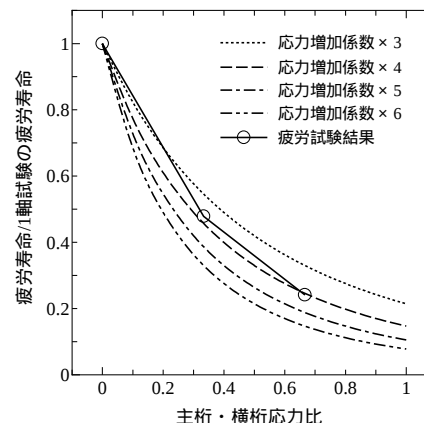


図-5 応力増加係数



(a) 主桁ウェブ側



(b) 横桁フランジ側

図-6 応力の 2 軸性そのものの影響