

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

法政大学大学院 学生員○平山 繁幸

法政大学 正会員 森 猛

法政大学大学院 学生員 嶋原 志保

1. はじめに

鋼 I 断面橋梁の主桁・横桁交差部に数多くの疲労損傷事例が報告されている。この部分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。したがって、交差部の疲労に対する安全性を確保するためには、2 軸荷重下の疲労性状を把握する必要がある。前報では 2 軸疲労試験システムと主桁ウェブ側溶接止端部の疲労強度に対する 2 軸荷重の影響について報告した。本報では、横桁フランジ側溶接止端部の疲労強度に対する 2 軸荷重の影響について検討した結果を報告する。

2. 疲労試験

疲労試験に用いた試験体を図 1 に示す。供試鋼材は板厚 9mm の SM490Y 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た後、横桁フランジを差し込み完全溶込み溶接を行って製作した。溶接のままでは横桁側溶接止端部に大きな圧縮残留応力が生じるが、実際の橋梁では隣接部材の拘束などにより圧縮残留応力の効果を期待できないこともある。そのため、試験体に後熱処理を施し、残留応力を低減した。(SR 試験体)

疲労試験は 2 軸疲労試験装置を用いて、主桁と横桁に同位相の繰返し引張荷重（下限荷重 5kN）を与えて行った。この試験は、横桁フランジの応力範囲を 100N/mm^2 で一定として主桁ウェブの応力範囲を 0、50、 100N/mm^2 とした条件と、横桁フランジの応力範囲を 150N/mm^2 で一定として主桁ウェブの応力範囲を 0、50、100、 150N/mm^2 とした条件で行った。繰返し速度は 1.5～6Hz である。疲労亀裂発生位置を表 1 に示す。疲労亀裂は、ほとんどの試験体で横桁側溶接止端部から発生し、進展した。ただし、横桁フランジの応力範囲と主桁ウェブの応力範囲が 150N/mm^2 の場合は主桁側溶接止端が疲労破壊起点となった。疲労試験結果を図 2 に示す。図中には比較のために、溶接のままの試験体 (AW 試験体) を用いて主桁ウェブの応力

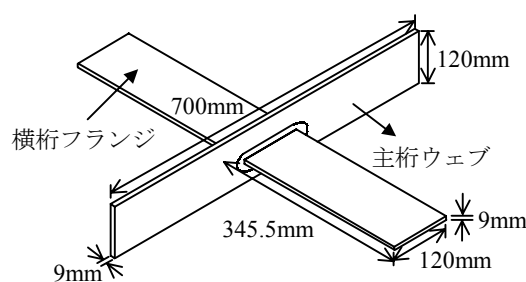


図 1 試験体の形状と寸法

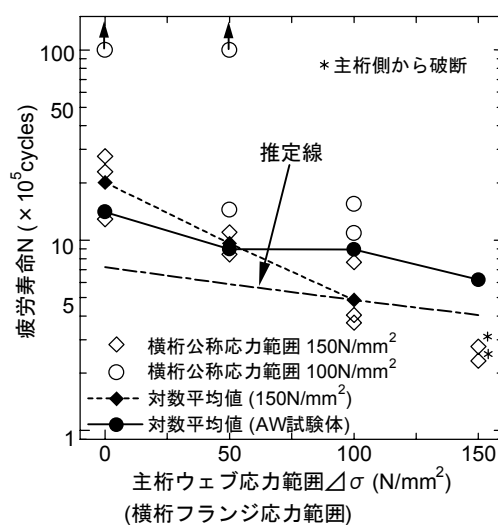


図 2 疲労試験結果

表 1 疲労亀裂発生位置

		主桁 応力 範囲			
		0N/mm^2	50N/mm^2	100N/mm^2	150N/mm^2
横桁 応力 範囲	100N/mm^2	未 破 断 (1/1)	横 桁 側 溶 接 止 端 部 (1/2)	横 桁 側 溶 接 止 端 部 (2/2)	
	150N/mm^2	横 桁 側 溶 接 止 端 部 (3/3)	横 桁 側 溶 接 止 端 部 (2/2)	横 桁 側 溶 接 止 端 部 (3/3)	主 桁 側 溶 接 止 端 部 (2/2)

キーワード：主桁・横桁交差部 2 軸荷重 疲労強度

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 042-387-6287

範囲を 100N/mm^2 とし、横桁フランジの応力範囲を 0、50、100、 150N/mm^2 とした疲労試験の結果も示している。主桁応力による横桁の疲労寿命の減少率は、主桁側から破断した 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、横桁側溶接止端部の疲労寿命はより大きな 2 軸荷重の影響を受けると言える。

3. 応力解析

横桁フランジ側溶接止端部近傍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 0.05mm ）を用いて三次元有限要素解析を行った。解析対象は疲労試験に用いた十字試験体である。要素分割図を図 3 に示す。解析は、横桁フランジ応力を 100N/mm^2 とし、主桁ウェブ応力を -100 、 -50 、 0 、 50 、 100N/mm^2 とした条件で行った。横桁フランジ側溶接止端位置での板厚方向に沿う応力分布を図 4 に示す。主桁応力が変化すると応力分布はほぼ平行に移動している。したがって、主桁応力 0（1 軸応力状態）での応力分布にある値を乗じることによって 2 軸応力状態を表現することができると考え、前報で定義した応力増加係数を求めた。ここでは、溶接止端から板厚の 0.4 倍と 1.0 倍離れた 2 点の応力からホットスポット応力を求め、そのホットスポット応力を基に応力増加係数を算出した。応力増加係数と主桁・横桁応力比の関係を図 5 に示す。主桁・横桁応力比とは、主桁応力と横桁応力の比である。両者は線形関係にあり図中の式で表すことができる。直線の傾きは、前報で求めた応力増加係数 β と 2 軸応力比 γ の関係（ $\beta=0.0466\gamma+1$ ）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も大きいと言える。この結果は疲労試験結果と対応している。

ここで得られた応力増加係数から、日本鋼構造協会の疲労設計指針で示されている疲労設計曲線を利用して求めた疲労寿命の変化を図 2 中に示す。応力増加係数より推定した疲労寿命は疲労試験結果と大きく異なっている。このように、2 軸荷重による疲労寿命の減少は応力増加係数だけでは説明できない。このことは、横桁フランジ側溶接止端部の疲労強度が、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も考えられる。

4. まとめ

1. 横桁フランジ側溶接止端部の疲労寿命は、主桁ウェブ応力が増加するにしたがって減少する。
2. 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。
3. 横桁フランジ側溶接止端部の疲労強度は、主桁ウェブ応力により横桁フランジ応力が増加することと応力の 2 軸性により低下する。

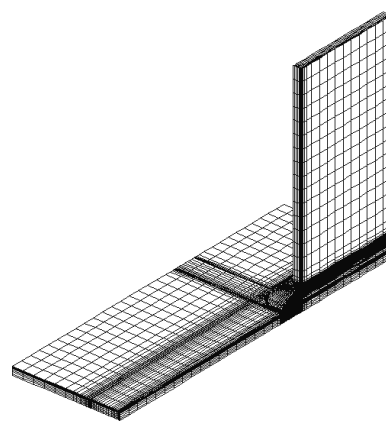


図 3 要素分割図

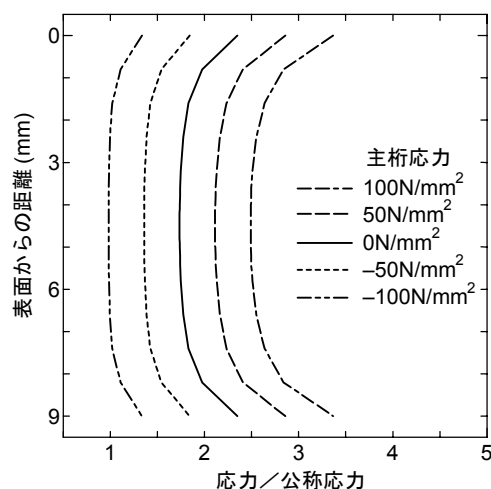


図 4 板厚方向の応力分布

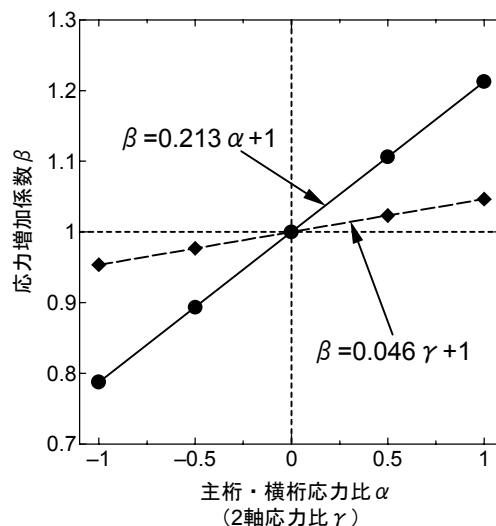


図 5 応力増加係数