

主桁・横桁交差部の疲労強度と破壊起点に対する溶接残留応力の影響

法政大学 学生会員 ○嶋原 志保

法政大学 学生会員 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・横桁交差部は、主桁ウェブ応力と横桁フランジ応力が作用する 2 軸応力状態となることが多い。また、交差部では溶接残留応力も複雑な分布を示すものと考えられる。本研究では、2 軸荷重を受ける主桁・横桁交差部の疲労強度に対する溶接残留応力の影響を明らかにする目的で、残留応力測定、応力測定試験と疲労試験を行った。

2. 試験体と残留応力測定

試験体の形状と寸法を図 1 に示す。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、完全溶け込み溶接を行って製作した。試験体は、溶接のままの AW 試験体と後熱処理により残留応力を除去した SR 試験体である。後熱処理は、630℃まで加熱し約 3 時間保持することにより行なった。残留応力測定は、主桁と横桁の表裏面の溶接止端から 5mm 離れた位置にひずみゲージを貼付し（図 1 参照）、ゲージの回りを切断することによって解放されるひずみを測定することにより行った。AW 試験体と SR 試験体の残留

応力測定結果を図 3 に示す。AW 試験体の主桁ウェブ側には、溶接止端近傍で最も高い引張残留応力が生じており、その値は約 360N/mm^2 であった。横桁フランジ側には、横桁フランジ側面で最大の圧縮残留応力が生じ、その値は約 420N/mm^2 であった。一方、SR 試験体では、主桁ウェブ溶接止端近傍で約 15N/mm^2 、横桁フランジ側面で約 -20N/mm^2 と、残留応力は大幅に緩和されている。

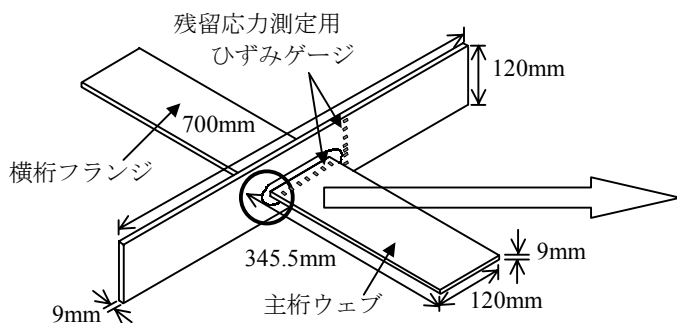


図1 試験体の形状と寸法

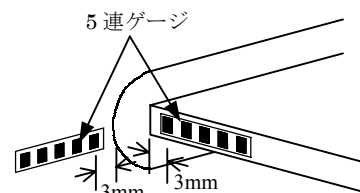
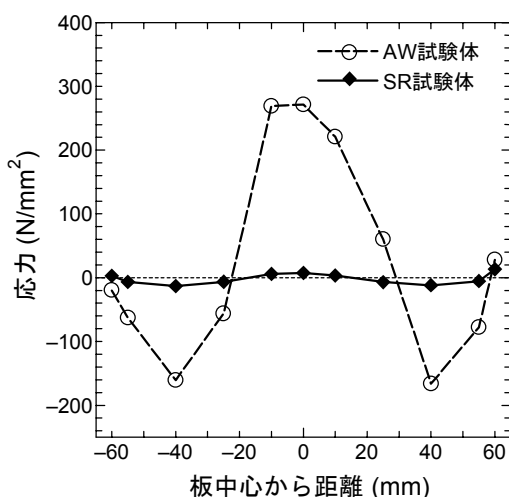
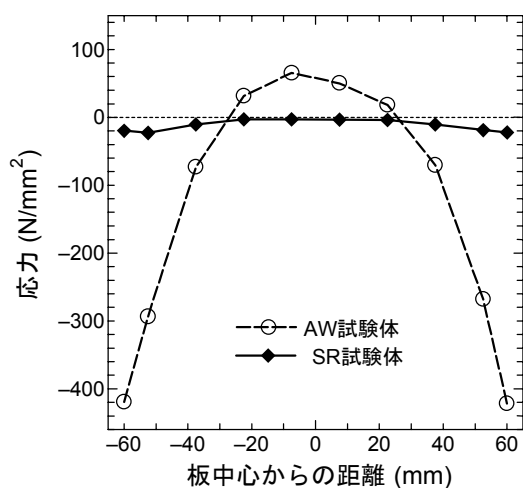


図2 5連ゲージ貼付位置



(a) 主桁側



(b) 横桁側

図3 残留応力測定結果

キーワード：主桁・横桁交差部 溶接残留応力 疲労強度 破壊起点 主桁ウェブ溶接部 横桁フランジ溶接部
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

3. 応力測定試験

疲労亀裂の発生が予想される主桁ウェブ溶接止端の近傍と横桁フランジ溶接止端の近傍の応力測定試験を行った。応力測定試験は、AW 試験体を対象とし、その主桁表裏面と横桁両側面の溶接止端に 5 連ゲージを貼付して（図 2 参照）行った。その際、主桁ウェブの公称応力を 100 N/mm² で一定とし、横桁フランジ公称応力を 0、50、100、150N/mm²

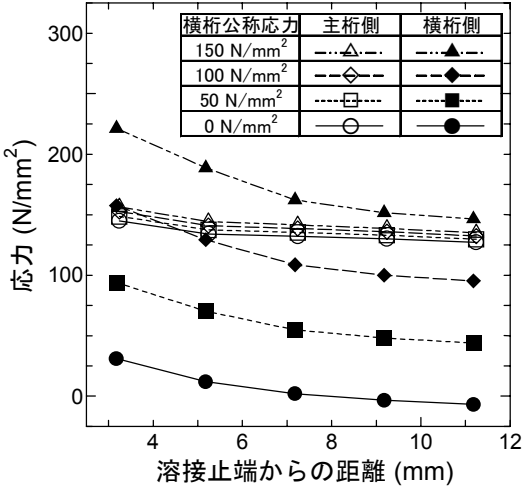


図 4 応力測定結果

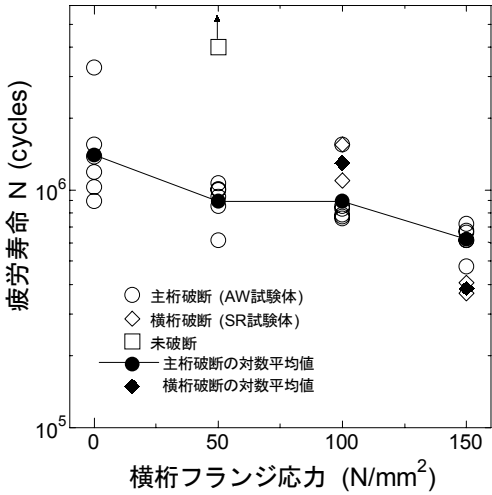


図 5 疲労試験結果

とした。応力測定試験で得られた主桁と横桁溶接止端近傍の応力分布を図 4 に示す。横桁フランジ公称応力 100N/mm² の場合、主桁ウェブ溶接止端部の応力と横桁フランジ溶接止端部の応力は、ほぼ同程度となっている。当然のことではあるが、横桁フランジ公称応力 150 N/mm² の場合は、横桁フランジ溶接止端部の応力が主桁ウェブ溶接止端部の応力より高くなっている。したがって、横桁フランジに主桁ウェブ応力と同等、またはそれ以上の公称応力が作用した場合、疲労亀裂の発生位置は、横桁フランジ溶接止端部も考えられる。

4. 疲労試験

疲労試験は、主桁ウェブの公称応力範囲を 100N/mm² で一定として横桁フランジの公称応力範囲を 0、50、100、150N/mm² とした 4 つの条件で行った。各試験条件で、主桁ウェブ、横桁フランジのどちらで疲労破壊が生じたかを示したのが、表 1 である。ここで用いた AW 試験体の疲労破壊起点は全て主桁ウェブ溶接止端、SR 試験体では横桁フランジ溶接止端であった。AW 試験体では、横桁フランジ公称応力範囲が 150N/mm² の場合でも主桁溶接止端から疲労破壊が生じている。これは AW 試験体の破壊起点となった主桁ウェブ溶接止端廻り溶接部が、高い引張残留応力場になっていたのに対し、横桁フランジ側面が高い圧縮残留応力場となっていたことに原因があると考えられる。SR 試験体では、横桁フランジ側面の高い圧縮残留応力が減少したため、横桁フランジ溶接止端部が破壊起点になったと考えられる。

疲労試験から得られた疲労寿命と横桁フランジ応力の関係を図 5 に示す。AW 試験体と比較して SR 試験体の主桁ウェブ溶接部の疲労寿命は、AW 試験体の破壊起点となっていた主桁ウェブ溶接止端近傍の引張残留応力の低下のために向上している。しかし、SR 試験体の横桁フランジ溶接部の疲労寿命は、SR 試験体の横桁フランジ溶接止端近傍の圧縮残留応力の低下のために減少している。

5. まとめ

溶接のままの接合部では主桁ウェブ溶接止端近傍で高い引張残留応力、横桁フランジ側面で高い圧縮残留応力が生じているため、主桁・横桁交差部の疲労破壊起点は主桁ウェブ溶接止端になりやすい。しかし、熱処理により溶接残留応力が緩和した場合、疲労破壊起点は横桁フランジ溶接止端に生じやすくなる。また、溶接残留応力を緩和することにより主桁ウェブ溶接部の疲労強度は向上するが、横桁フランジ溶接部の疲労強度は減少する。