

2 軸荷重下にある主桁・横桁交差部の応力性状に対する
溶接部曲率半径と面取りの影響

法政大学大学院 学生員 ○香川 拓也
法政大学 正会員 森 猛
東京鐵骨橋梁 正会員 平山 繁幸

1. 目的

鋼橋の様々な箇所に、数多くの疲労損傷事例が報告されている。その一つに主桁と横桁の交差部近傍に生じた疲労亀裂がある。通常、このような交差部の疲労強度は面外ガセット継手あるいは十字継手にモデル化した試験体の1軸疲労試験によって求められている。しかし、主桁・横桁交差部は、主桁の面内曲げに起因する主桁ウェブ応力と荷重分配作用による横桁フランジ応力が作用する2軸応力場となることが多い(図-1参照)。この部分の疲労破壊起点としては主桁ウェブ溶接止端部と横桁フランジ溶接止端部の2箇所が考えられる。著者らは、交差部を模擬した図-1のようなモデルを対象に3次元有限要素応力解析を行うことにより、疲労強度の支配因子の一つとなる主桁ウェブ溶接止端部と横桁フランジ溶接止端部の応力集中係数は、それぞれ横桁フランジ応力、主桁ウェブ応力に影響されることを明らかにした。そして、これらの応力集中係数への影響を以下に示す応力増加係数で考慮することを提案するとともに、それを求めるための式を提示している。

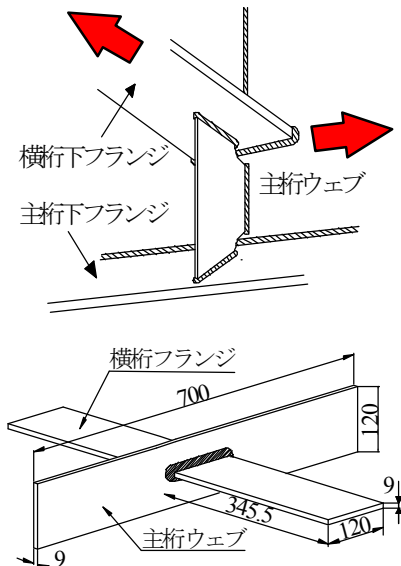


図-1 解析対象

主桁ウェブ溶接止端部 $\Delta \sigma = \alpha_1 \cdot \Delta \sigma_n$

α_1 : 応力増加係数(=0.046 β + 1)
 β : 横桁・主桁応力比(主桁公称応力に
対する横桁公称応力の比)

$\Delta \sigma_n$: 主桁の公称応力

横桁フランジ溶接止端部 $\Delta \sigma = \alpha_2 \cdot \Delta \sigma_n$

α_2 : 応力増加係数(=0.651 γ + 1)
 γ : 主桁・横桁応力比(横桁公称応力に
対する主桁公称応力の比)

$\Delta \sigma_n$: 横桁の公称応力

さらに、板厚と溶接形状をパラメータとする応力解析を行い、横桁フランジ溶接止端部の応力増加係数は、板厚による影響は小さいものの、溶接サイズが小さく、横桁フランジ側の脚長が短いほど、高くなることを明らかにしている。しかし、これらの研究で対象としたモデルは as-weld (溶接のまま) だけである。最近では、疲労強度向上を目的として主桁・横桁溶接部を滑らかに仕上げることや、フィレットを設けることが多い。

本研究では、溶接部を仕上げた場合あるいはフィレットを設けた場合の主桁・横桁交差部の応力増加係数を明らかにする目的で、応力解析を行う。また、塗装のために設けられる面取りが応力増加係数に及ぼす影響についても検討する。

2. 解析対象および方法

解析対象は図-1に示す主桁・横桁交差部を模擬した十字継手である。解析には、8節点固体要素を用い、ヤング率は $2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比は0.3とした。また、解析対象の対称性を考慮して1/8モデルで解析を行った。溶接止端近傍の要素寸法は0.05mmである。載荷荷重は、1つのモデルに対

表-1 解析モデル

モデル 番号	R (mm)	r (mm)	モデル 番号	R (mm)	r (mm)
①	1	0	⑦	10	0
②	1	1	⑧	10	1
③	1	2	⑨	10	2
④	1	3	⑩	10	3
⑤	3	1	⑪	20	1
⑥	6	1	⑫	40	1

キーワード 主桁・横桁交差部, 2軸応力, 疲労, フィレット, 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 TEL 042-387-6287

して、主桁ウェブの応力を 100N/mm^2 で一定としたまま、横桁フランジの応力を $-100, 0, 100\text{N/mm}^2$ としたものと、横桁フランジの応力を 100N/mm^2 で一定としたまま、主桁ウェブの応力を $-100, 0, 100\text{N/mm}^2$ としたものの計5通りである。板厚は主桁ウェブ、横桁フランジともに 9mm とし、溶接形状は脚長 6mm の等脚とした。

止端部の曲率半径 R は 1mm (as-weld), 3mm (止端仕上げ), 6mm (溶接部仕上げ), 10mm (フィレット仕上げ), 20mm (フィレット仕上げ), 40mm (フィレット仕上げ) とした。また面取り半径 r は $0, 1, 2, 3\text{mm}$ とした。通常、塗装による防食効果を確保するために $r=1\text{mm}$ 程度の施工が行なわれるが、最近ではさらに大きい曲率とすることが望ましいとされている。各パラメータの定義を図-2 に、要素分割図の例を図-3 に示す。 R と r の組み合わせは表-1 に示す計 12 通りとした。

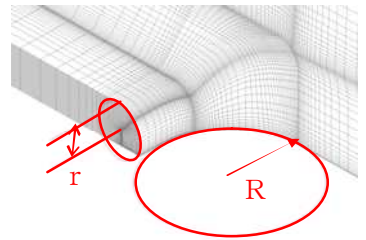


図-2 パラメータの定義

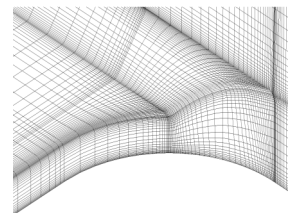
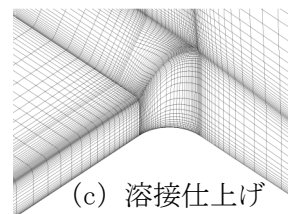
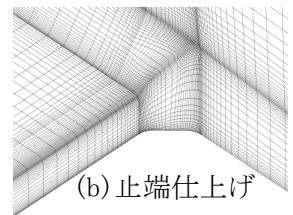
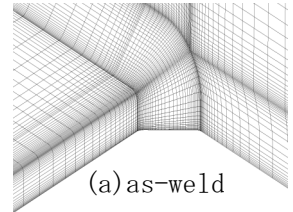


図-3 要素分割図

図-3 要素分割図

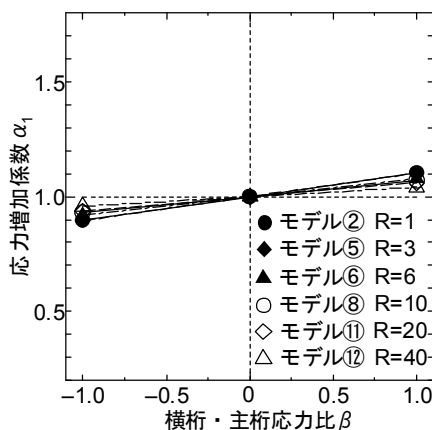
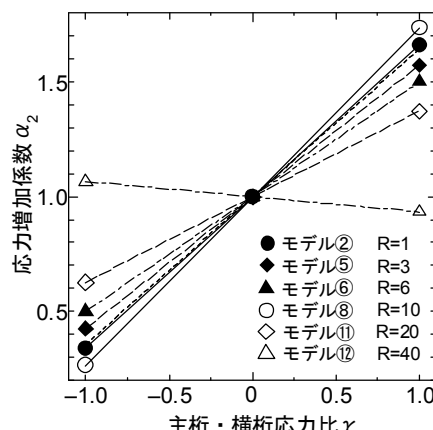
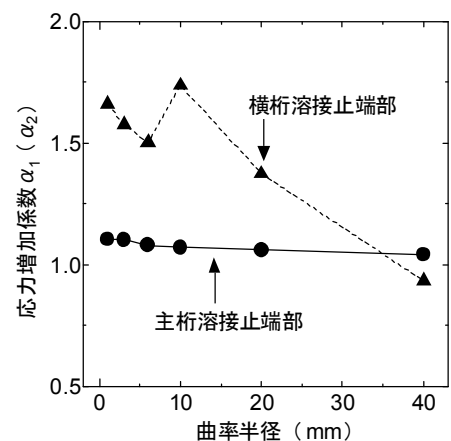
3. 解析結果

すべての解析モデルに対して、主桁ウェブ溶接止端部と横桁フランジ溶接止端部の応力集中係数を求め、応力増加係数と 2 軸応力比の関係性を調べた。その結果、面取り半径が応力増加係数に及ぼす影響は無視できる程度に小さいことがわかった。以下に、面取り半径を 1mm とした場合の応力増加係数に対する曲率半径 R の影響について示す。

図-4 は、主桁ウェブ溶接止端部に着目した応力増加係数 α_1 と横桁・主桁応力比 β の関係を、曲率半径 R によってマークを変えて示したものである。いずれの R においても α_1 - β 関係はほぼ線形関係にあり、その傾きは R が大きくなるにしたがって若干ではあるが緩やかになる傾向が認められる。図-5 は、横桁フランジ溶接止端部に着目した応力増加係数 α_2 と主桁・横桁応力比 γ 関係を、曲率半径 R によってマークを変えて示したものである。この場合にも、 R によらず α_2 - γ 関係はほぼ線形関係にあり、その傾きは R が大きくなるにしたがって緩やかになる傾向が認められる。

溶接部の曲率半径 R によって応力増加係数がどの程度変化するかを調べるために、 $\beta(\gamma)=1$ のときの応力増加係数と R の関係を整理した。その結果を図-6 に示す。主桁ウェブ溶接止端部の応力増加係数は as-weld で 1.1 程度、 $R=40\text{mm}$ のフィレット付きで 1.04 程度となっている。横桁フランジ溶接止端部の応力増加係数は as-weld で 1.7 程度であるのに対し、 $R=40\text{mm}$ のフィレット付きでは 0.9 程度まで減少している。

このような傾向を考慮し、溶接部の曲率半径、板の面取り半径を考慮した応力増加係数の推定式を提案した。

図-4 各曲率半径における
 α_1 - β 関係（主桁側）図-5 各曲率半径における
 α_2 - γ 関係（横桁側）図-6 曲率半径と応力
増加係数の関係