

主桁ウェブに接合された横桁フランジ溶接止端部の応力性状に対する 板厚と溶接形状・寸法の影響

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. はじめに: 鋼 I 桁橋の主桁・横桁交差部は、主桁側溶接止端部だけでなく、横桁側溶接止端部も疲労破壊起点になると考えられる。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軸応力状態となることが多い(図-1 参照)。したがって、横桁フランジの疲労に対する安全を確保するためには、このような条件を考慮した疲労強度評価法を確立する必要がある。

これまでの研究より、横桁フランジ溶接止端部では2軸応力により止端部近傍の応力場がほぼ平行に変化することから、1軸応力状態の公称応力にある値を乗じることにより、2軸応力の影響が表現できると考え、応力増加係数(主桁ウェブの公称応力による横桁フランジの公称応力の増分)を定義した。この係数を用いることにより、横桁フランジ側溶接止端の疲労強度は、以下に示す応力範囲を用いれば1軸応力状態での疲労強度と一致するという結果を既に示している。

$$\Delta \sigma = \alpha \cdot \Delta \sigma_n$$

α : 応力増加係数(=0.651 γ + 1)

γ : 主桁・横桁応力比(横桁の公称応力に対する主桁の公称応力の比率)

$\Delta \sigma_n$: 横桁の公称応力

しかし、応力増加係数を求める際に用いた試験体の板厚(9mm)や溶接寸法・形状は1パターンであり、異なる板厚や溶接寸法・形状の継手に上記の応力増加係数が適用できるか否か定かではない。

本研究では、継手の板厚と溶接寸法・形状をパラメータとした応力解析を行い、横桁フランジ側溶接止端部の応力増加係数について検討する。

2. 解析対象と解析方法: 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、ヤング率を $2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比を0.3とした。また十字継手の対称性を考慮して1/8モデルを対象に解析を行った。溶接止端近傍の要素寸法は0.05mmである。図-2に要素分割図の例を示す。載荷荷重は、横桁フランジの公称応力に対する主桁ウェブの公称応力の比(主桁・横桁応力比 γ)が-1.0, -0.5, 0, 0.5, 1.0となるようにした5通りである。

基準モデルの主桁ウェブ板厚は12mm、横桁フランジ板厚は16mm、溶接サイズは6mm、脚長比は1.0とした。板厚は9~20mmの範囲で変化させた。板厚をパラメータとする場合には、主桁ウェブ側および横桁フランジ側の脚長を6mm、止端の曲率半径を1mmで統一した。ただし、板厚20mmの場合に限り、脚長6mmでは道路橋示方書に記載されている最小サイズの条件を満たさないため、脚長は7mmとしている。なお、これらの板厚はI桁橋梁の試設計結果を参考にして設定した。溶接脚長は6mm~12mmの範囲で変化させた。溶接脚長をパラメータとする際には、主桁ウェブ厚を12mm、横桁フランジ厚を16mmで一定と

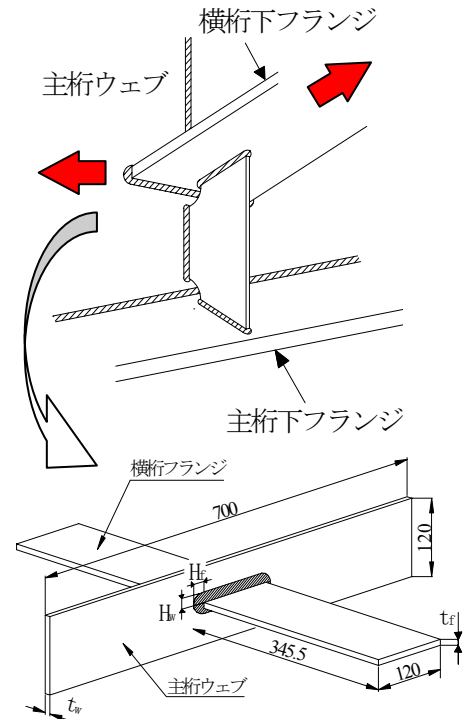


図-1 解析対象

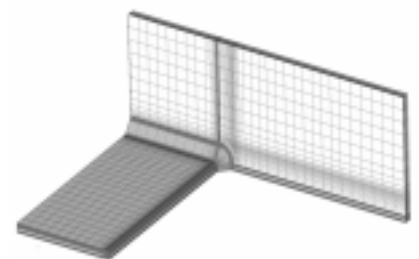


図-2 要素分割図

キーワード 主桁・横桁交差部, 疲労強度, 2軸応力

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

した. ここで対象とした溶接脚長は, 最小サイズの条件を満たすように設定した. 溶接部は止端の曲率半径を1mmとした三角形断面である.

3. 解析結果: すべてのモデルに対して, 応力増加係数と主桁・横桁応力比の関係を求めた. 図-3は, 基準モデルの解析結果から得られた応力増加係数 α と主桁・横桁応力比 γ の関係を示している. すべてのモデルにおいて応力増加係数 α と主桁・横桁応力比 γ は線形関係を有しており, その傾きは板厚や溶接脚長によって変化していた. この傾きが大きいということは, 応力増加係数の変動が大きい, つまり2軸応力の影響が大きいことを意味している. このことから, 2軸応力に対して板厚と溶接脚長の影響を反映させることができる指標として $\alpha-\gamma$ 関係の傾き a に着目した. ここでは基準モデルに対して, 各モデル $\alpha-\gamma$ 関係の傾きがどのように変化するかを検討し, そして傾きの変化を補正係数 k で表すことを考えた. 図-4~7に $\alpha-\gamma$ 関係の傾きと板厚比, 横桁と主桁の板厚比, 溶接サイズ, 脚長比(横桁側の脚長/主桁側の脚長)の関係を示す. 図の縦軸の傾き補正係数とは, 各モデルの傾きを基準モデルの傾きで除した値である.

以上の結果に最小自乗法を適用して, 各パラメータに対する補正係数 $k_1 \sim k_4$ の算定式を導いた(図-4~7参照). これらの式から求めた $k_1 \sim k_4$ を次式に代入することで, 任意モデルの $\alpha-\gamma$ 関係の傾き a を求めることができる.

$$a = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times a_b \quad (a_b: \text{基準モデルの } \alpha-\gamma \text{ 関係の傾き})$$

解析より求めた傾きと推定式から求めた傾きを比較した結果を図-8に示す. 図中には任意の板厚, 溶接脚長を有するモデルの結果も示している. 両者はよく一致している.

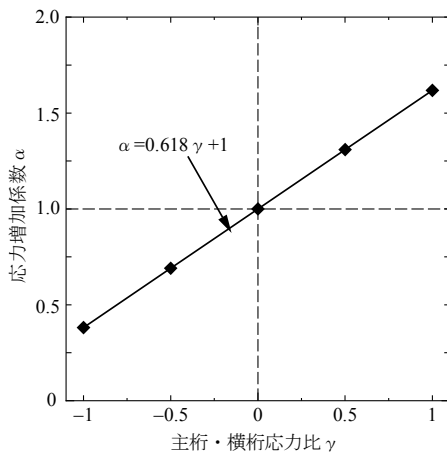


図-3 応力増加係数と主桁・横桁応力比の関係

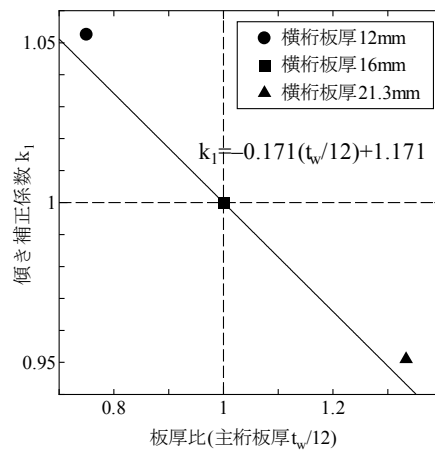


図-4 板厚比の影響

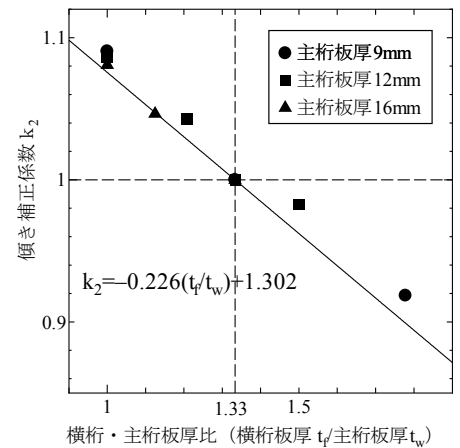


図-5 横桁・主桁板厚比の影響

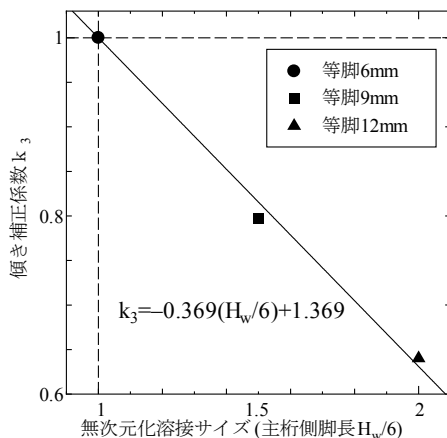


図-6 溶接サイズの影響

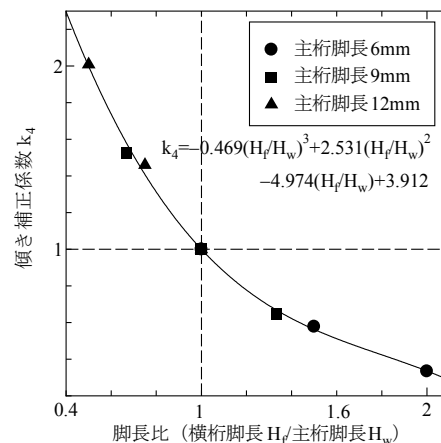


図-7 脚長比の影響

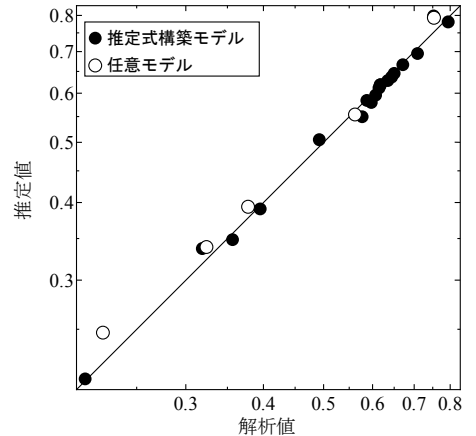


図-8 解析値と推定値の比較