

部材端部の変形拘束に起因する局部応力の発生特性

岡山県	正員	○見上吉昭
大阪大学工学部	正員	大倉一郎
大阪大学工学部	正員	福本秀士

1. まえがき 跨座型モノレールの鋼製軌道桁の箱桁ウェブと横桁上フランジの交差部に、箱桁ウェブによる横桁端部の鉛直変位の拘束によって局部応力が発生することが明らかにされている¹⁾²⁾。箱桁ウェブ近傍の横桁上フランジの応力分布を模式的に図-1に示す。横桁上フランジを箱桁ウェブに連結する突き合わせ溶接の止端には、梁理論によって計算される公称応力 σ_n 、溶接止端の応力集中に起因する局部応力 σ_{11} 、さらに前述の横桁端部の変形拘束に起因する局部応力 σ_{12} が発生する。本研究では、この部材端部の変形拘束に起因する局部応力 σ_{12} に対して、その推定式を与えた。

2. 局部応力の推定式 図-2に示す片持梁に、アイソパラメトリックシェル要素を用いた有限要素法を適用した。要素分割の一例を図-3に示す。曲げモーメント（載荷形式A）あるいは鉛直集中荷重（載荷形式B）を部材の一端に与えた。上フランジ上面に生じる応力の分布を図-4に示す。ここで、膜応力、板曲げ応力、表面応力の定義を図-5に示す。図-4から、左端の近傍でこれらの応力が急激に増加していることがわかる。図-5を参照して、本研究で採用した応力集中係数の定義は次の通りである。

$$\text{膜応力集中係数: } k_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_n} \quad \text{板曲げ応力集中係数: } k_b = \frac{\sigma_b}{\sigma_n} \quad \text{表面応力集中係数: } k_s = \frac{\sigma_s}{\sigma_n}$$

ここに σ_m : 有限要素解析から得られる膜応力 σ_b : 有限要素解析から得られる板曲げ応力

σ_s : 有限要素解析から得られる表面応力 σ_n : 梁理論から得られる公称表面応力

これらの応力集中係数の間には次式が成立する。

$$k_s = k_m + k_b \quad (1)$$

応力集中係数 k_m と k_b に対してその推定式を次のように与えた。

<載荷形式A>

$$k_m = 0.507 \cdot H_w^{0.125} \cdot \left(1 + \frac{0.197 + 0.23 \cdot t_w}{t_f} \right)^{1.035} \quad (2)$$

$$k_b = 0.129 \cdot H_w^{0.339} \cdot t_w^{0.255} \cdot t_f^{-0.562} \quad (3)$$

<載荷形式B>

$$k_m = 0.487 \cdot H_w^{0.131} \cdot \left\{ \left(1 + 1.708 \cdot \frac{B}{L} \right) \cdot \left(1 + \frac{0.197 + 0.23 \cdot t_w}{t_f} \right) \right\}^{1.081} \quad (4)$$

$$k_b = 0.144 \cdot H_w^{0.315} \cdot t_w^{0.236} \cdot t_f^{-0.521} \cdot \left\{ \left(1 + 13.94 \cdot \frac{B}{L^{1.183}} \right) \cdot \left(0.783 + 0.232 \cdot \frac{t_f}{t_w^{0.891}} \right) \right\}^{0.920} \quad (5)$$

これらの推定式の適用範囲は次の通りである。

$$0.9 \leq t_w \leq 1.6, 0.9 \leq t_f \leq 3.8, 40 \leq H_w \leq 160, 20 \leq B \leq 60, 200 \leq L \leq 1000 \quad \text{単位(cm)}$$

3. 溶接とスカラップの影響 溶接とスカラップを有する片持梁の有限要素解析の結果を図-6に示す。溶接形状はフランジの板厚変化として有限要素解析において考慮した。同図には、式(4)と(5)から推定される左端の表面応力 $k_s \cdot \sigma_n$ も記載されている。溶接止端の位置における解析値が、 $k_s \cdot \sigma_n$ の値より小さいことがわかる。

4. 片持梁の静的載荷試験 ひずみ分布に対して有限要素解析値と実測値の比較を図-7に示す。解析値は、溶接とスカロップを考慮しない片持梁から得られたものである。固定端から5cm以上離れた位置の解析値と実測値はよい一致を示すが、左端近傍では両者は異なることがわかる。溶接止端に近い3つの実測値を用いて放物線外挿することにより溶接止端位置のひずみ ϵ_c を求め、次式から同位置の応力 σ_c を推定した。

$$\sigma_c = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \epsilon_c \quad (6)$$

式(6)から算定される溶接止端位置の測定応力と、式(4)と(5)から得られる推定応力を表-1に示す。推定応力が測定応力よりも若干大きい値を示すことがわかる。

参考文献 1) 磯部・大倉・福本・南：平成元年度土木学会年次学術講演会、I-197、1989。

2) 大倉・磯部・福本・南：大阪大学工学報告、No. 2072、1991。

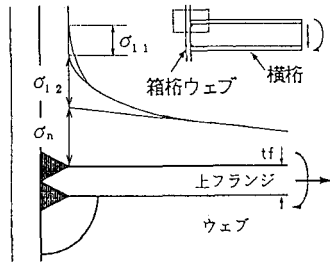


図-1 横桁上フランジの応力分布

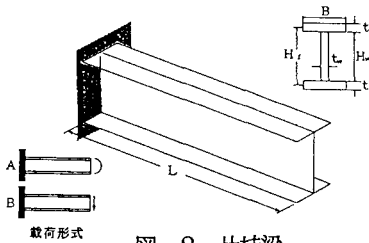


図-2 片持梁

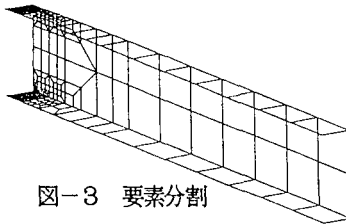


図-3 要素分割

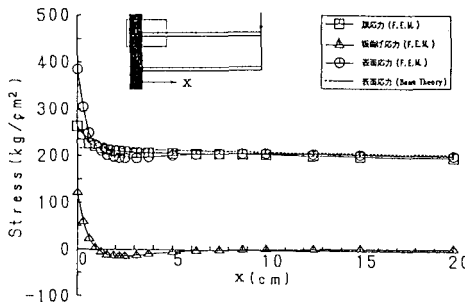


図-4 上フランジの応力分布

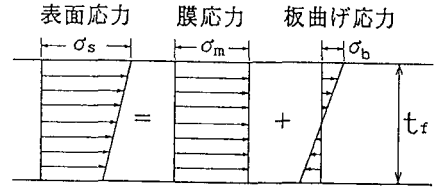


図-5 板厚方向の応力分布

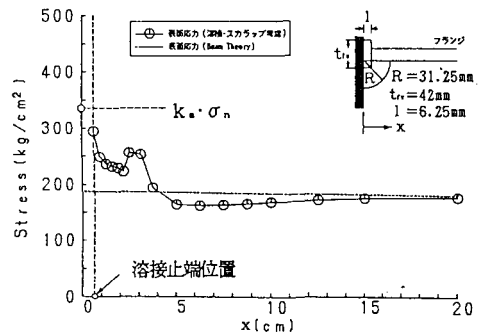


図-6 上フランジの応力分布

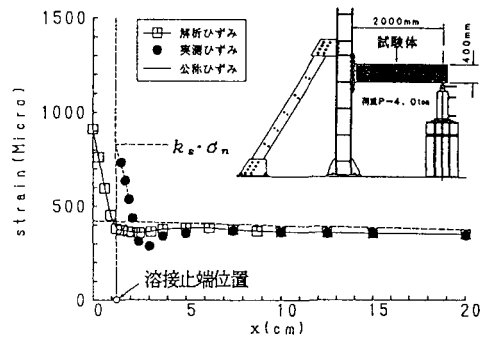


図-7 フランジ上面のひずみ分布

表-1 実測応力と推定応力の比較

溶接止端位置の応力 (測定応力)	左端部の応力 (推定応力)
1826.5	1859.0

単位 (kg/cm²)