

波形鋼板をウェブに有するフランジ応力分布

山口大学大学院 学生員 ○宅野詩織
山口大学大学院 学生員 石倉俊彦
山口大学工学部 正会員 浜田純夫

1. まえがき

波形鋼板を箱桁のウェブに用いると、ウェブの重量の占める割合は減少し波形鋼板のアコーディオン効果によりプレストレスを与えるとせん断力を伝達することができる。本研究ではこの特性がフランジの応力分布にどう影響しているかを解析する。本研究では、薄板の曲げ理論及び平面応力理論を用いフランジとウェブ別々に仮想仕事の原理を導き合成し有限要素法に適用させる。

2. 有限要素法による定式化

有限要素法を用いるためにフランジの中央面及びウェブの平面の変位を次の式(16)～(18)で仮定する。但し、フランジの u, v は面内方向変位、 w は面外方向変位である。ウェブは w, v は面内方向変位である。この変位を表す形状関数は1次元問題で用いられたはり要素変位が4次および2次関数でたわむと仮定し、Hermit関数を用いてフランジに関して x, y 方向について組み合わせている。

$$w = \sum_{i=1}^9 \left\{ f_i(x, y) w_i + f_{xi}(x, y) \frac{\partial w_i}{\partial x} + f_{yi}(x, y) \frac{\partial w_i}{\partial y} + f_{xyi}(x, y) \frac{\partial^2 w_i}{\partial x \partial y} \right\} \cdots (1)$$

$$u = \sum_{j=1}^9 g_j(x, y) u_j \cdots (2) \quad v = \sum_{j=1}^9 g_j(x, y) v_j \cdots (3)$$

$$w_w = \sum_{i=1}^9 g_i(z, y) w_i \cdots (4) \quad v_w = \sum_{j=1}^9 g_j(z, y) v_j \cdots (5)$$

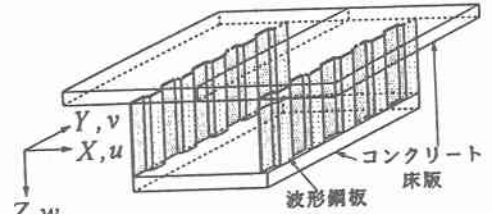


図-1 箱桁のモデル

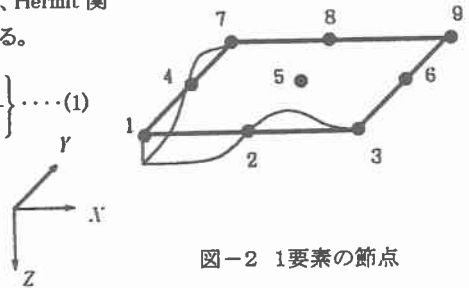


図-2 1要素の節点

図-2に示す9節点のフランジの自由度は x, y 方向変位に対し u, v たわみに対し w およびたわみ角に対し w_x, w_y 、せん断変形に対して w で変位方向に25自由度、 u, v 方向に18自由度の計43自由度である。ウェブの自由度は z, y 方向の変位 w, v で1要素は18自由度である。フランジとウェブの接合点では自由度を共有している。

3. 解析例

本研究では図-3に示す断面図を用いて断面諸量は $B_f=200\text{cm}, B_w=100\text{cm}, t_f=t_w=10\text{cm}, h=100\text{cm}$ 、材料定数は、弾性係数 $E=2.1 \times 10^6(\text{kgf/cm}^2)$ 、ポアソン比をフランジは $\nu=0.3$ 、ウェブは $\nu=0.0$ とし、自由端部に集中荷重を2点載荷させ、さらに箱桁を y 方向に2分割させ以下に示す解析を行っている。図-4は橋軸方向の上フランジとウェブが接合している点の応力

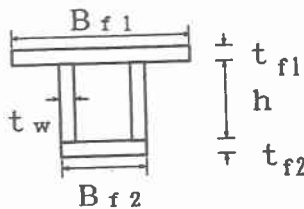


図-3 断面諸量

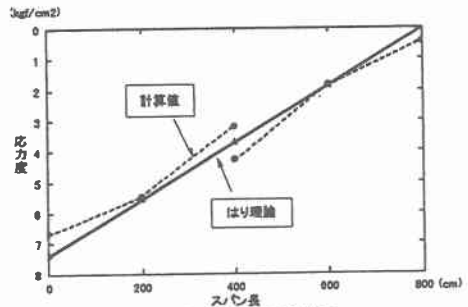


図-4 上フランジの y 方向の応力分布

分布であり、はり理論の値と比較している。片持ちばりとしてはりの理論の応力を用いている。図-3からわかるようにそれぞれ要素の中心が誤差が少ないことがわかる。

図-5は要素の中心での上フランジの橋軸直角方向の応力分布である。ここではウェブの軸方向の弾性係数を1/10に変化させた場合の応力分布も示している。フランジとウェブの接合部だけ値が大きくなっている。これはウェブのせん断力の影響をフランジが受けているからである。また、弾性係数が1/10に小さくなると応力度は増加している

図-6は接合点の橋軸鉛直方向の応力分布を示す。このとき軸方向の弾性係数を1/10にして求めている。ウェブには応力があり発生していない。このことからウェブの軸方向の剛性はフランジに比べて小さくその値は零に近いことがわかる。波形鋼板をウェブに有することで主桁重量の軽量化を図ることができる。軽量化による応力への影響を次に示す。図-3に示す断面でウェブをコンクリートと波形鋼板で比較する。波形鋼板を用いるとコンクリート箱桁よりも約25%主桁重量を減少させることができる。普通コンクリート橋で活荷重50%、死荷重50%の割合とすると波形鋼板をウェブに有する場合には死荷重が12.5%減少したことになる。この場合のコンクリート箱桁と波形鋼板をウェブに有する箱桁の応力比は約1:1.4になっている。波形鋼板をウェブに有すると軽量化できなおかつ強度も高くなる。応力を等しくするために桁高を上げる場合と上下フランジの厚さを増加する場合を考えた。桁高は応力比と同じ割合で桁高を上げ上下フランジの厚さを増加させても同様のことがいえる。このときの波形鋼板をウェブに有する箱桁は主桁重量を22%減少することが可能である。

また、本研究では西田らによって提案されたひずみ分布との比較を行った。供試体寸法は図-7に示すとおりであり、 $d=40\text{cm}$ 、 $d_w=22\text{cm}$ 、 $t=8\text{cm}$ 、スパン長300cmである。両端単純支持で集中荷重を載可させ、スパン中央のひずみ分布を図-8に表した。

4.まとめ

波形鋼板をウェブに有する箱桁はフランジとウェブの接合点での応力はウェブのせん断変形の影響を受けフランジにせん断力を伝達するので応力は大きくなる。またウェブの剛性が小さいため応力は零に近づく。ウェブを波形鋼板に用いることで主桁重量を減少させ、さらに強度もあげることができる。今後はさらに分割数を増やし有限要素法の精度を上げ、新たに本来のたわみの関数に近い形状関数を導き出す必要がある。

