

九州大学 工学部 学生員 小池秀三
九州大学 工学部 正会員 彦坂 照
日本道路公団 正会員 本荘清司

1. 緒言

橋梁の設計に際し荷重の1つとして考える温度の影響には、構造全体の一様な温度変化、部材間の温度差、同一部材断面内での温度差などがあるが、橋梁型式の違いによりいかなる大きさや形状の温度分布を考慮すべきかについては、現行道路橋示方書において必ずしも明確でない。また現行の照査法が橋梁の温度挙動の実態と異なり、危険側となる場合も考えられる。本稿は、実橋の長期測定から得られた温度分布に基づく鋼桁橋の温度応力算定、実測応力との比較、現行設計計算法の問題点について、2.、3.の知見を述べたものである。

2. 鋼桁橋の温度分布

鋼橋の温度応力には、日光直射部と日陰部の温度差とその分布形状が大きな影響を及ぼす。図-1は、福岡市における桁高2.2mの鋼床版箱桁橋に対する長期測定データの中から、春季(4,5月)および夏季(7,8月)の晴天日のもののみを抽出し、上下フランジ間に生じた温度差の平均値、最大・最小温度差の時間変化をプロットしたものである。冬季を除き、年間を通じて晴天日の正午過ぎには、示方書に規定される15℃をかなり上回る温度差が常に生じることが確認されている。上下フランジ間の温度差の最大値は、気温の高い夏季よりも、気温が比較的低温で日射の強い春季に30℃を越えることがしばしば起る。温度差 T_d が最大となる正午過ぎの腹板高さ方向の温度分布は、図-2(a)のように上縁より80cmほど曲線分布し、それ以下はほぼ一定温度と見なされる。この非線形温度勾配のために、単線桁であっても、図-2(b)のような自己平衡の温度応力が生じ、上フランジが圧縮応力を受けることになる。

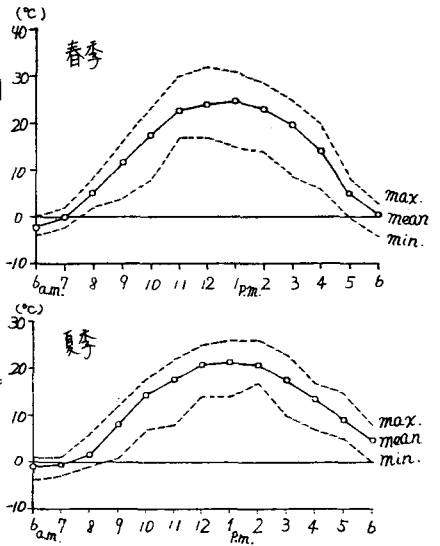


図-1 鋼床版箱桁の断面内温度差

3. 鋼床版箱桁橋の温度応力

鋼床版箱桁橋は温度の影響が大きい橋梁型式である。材軸方向に z 、断面内に主軸 x 、 y をとり、与えられる断面内温度 $T(x, y)$ から次式により定義される材軸方向熱荷重 P_z と、 x 軸回りの熱モーメント荷重 M_x が算定される。

$$P_z = E\alpha \int_A T(x, y) dA, \quad M_x = E\alpha \int_A T(x, y) \cdot y dA \quad (1)$$

ここに、 E はヤング係数、 α は線膨張係数、 A は断面積
式(1)を用いて、単線桁の自己平衡温度応力 σ_z が次のように求められる。

$$\sigma_z = \frac{P_z}{A} + \frac{M_x}{I_x} y - E\alpha T(x, y) \quad (2)$$

単線桁の場合には、上の P_z 、 M_x を節点荷重として、梁要素を用いた有限要素法により温度応力を算定した。図-3(a)の断面を持つ鋼床版2箱桁橋について、実測温度分布を2次放物線で近似(図(b))、上記による温度応力の理論値を実測値と比較すれば図-3(c)の通りである。鋼床版箱桁の温度差による応力算定に当り、特に次の点に注意する必要がある。

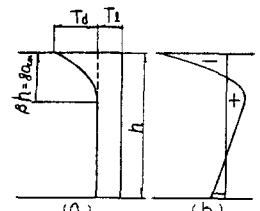


図-2 断面内温度差と温度応力

(1) 鋼床版のうち箱桁閉断面を構成しない張出部は、外気に曝露するため、箱桁上フランジ部より10℃程度温度が低い。

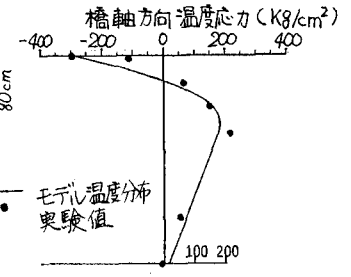
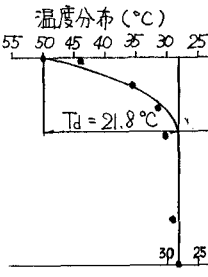
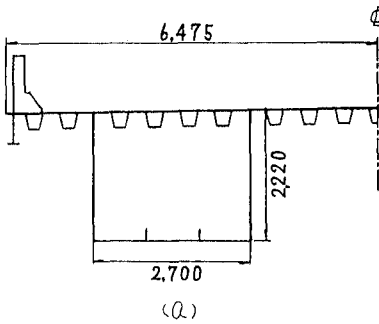


図-3 鋼床版箱桁の温度分布・温度応力の理論値と実測値

(2) 鋼床版の台形縦リブは、デッキプレートより5℃以上温度が低い。

上記の(1)、(2)を無視すればデッキプレートの圧縮応力を過小評価する。

4. 鋼床版の主桁を有する斜張橋の温度応力

斜張橋では、全体の一様な温度変化、部材間の温度差、部材断面内の温度差がすべて応力に影響を及ぼす。鋼床版を持つ主桁の温度特性については図-1、2などを参考資料とするが、斜張橋用ケーブルの温度特性に関するデータは極めて少ない。ここでは文献(1)、(2)のφ130mmケーブルに対する実測データを参照して、ケーブル断面平均温度及び平均温度の最大値、最小値のそれぞれ気温との差が、図-4のように時間変化するものと考える。

算例として、桁高3.2mの鋼床版プレートガーダーを主桁とする尾道大橋(支間85m+215m+85m)について、上記実測温度データに基づく温度応力を示す。架設時の温度を15℃とし、応力算定時のケーブル平均温度30℃、主桁デッキプレート温度45℃、主桁温度差 $T_d = 15℃$ とした場合の、主桁上下フランジの橋軸方向温度応力は図-5の通りである。図中の破線は、本橋設計時に温度応力照査に用いられた方法、すなわち主桁断面内の温度差は考慮せず、ケーブルと主桁の間に15℃の温度差のみを与えた場合の応力を示す。鋼床版の主桁を有する斜張橋の温度応力には、主桁断面内温度差の及ぼす影響が大きいことが判かる。

5. RC床版合成桁の温度応力

RC床版を有する合成桁では、鋼桁腹板の非線形温度勾配は考える必要はないが、RC床版内の厚さ方向に温度勾配を生じ、現行設計で用いられているような床版内一様な温度分布は生じない。図-6は床版厚22cm、ハナチ高6.1cm、鋼桁腹板高2mの合成箱桁に、吉村らの実測³⁾に基づく温度分布を与えた場合と現行法による場合との温度応力を比較したものである。現行法は床版の橋軸方向温度応力を過小評価、鋼桁応力を過大評価し、また実測温度分布によれば、床版に橋軸方向引張応力が生じることに注意を要する。

〔参考文献〕 1). 新家ほか：土木学会論文報告集，No.302，pp.15～30，1980-10 2). 新家ほか：土木学会論文報告集，No.325，pp.181～184，1982-9 3). 吉村ほか：土木学会誌，44-12，1959-12

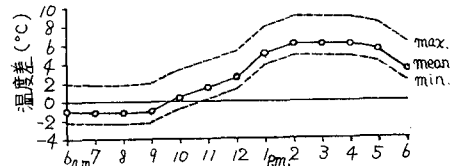


図-4 ケーブル平均温度-気温

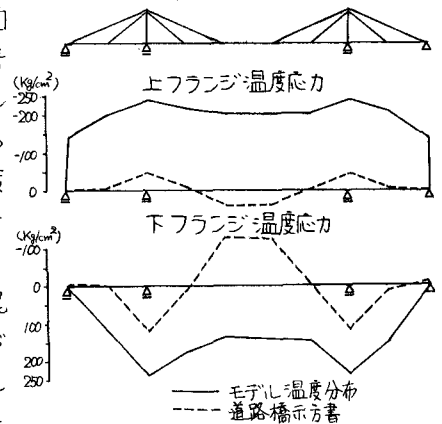


図-5 斜張橋主桁上下フランジの温度応力

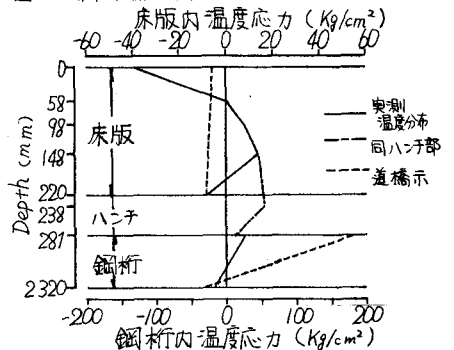


図-6 合成箱桁の断面内温度応力分布