

I - A 302

鋼・コンクリート合成鋼管柱の日照による熱応力に関する検討

川崎重工業(株) 正会員 江上 武史 川崎重工業(株) 正会員 磯江 暁
同上 正会員 大西 悦郎 同上 正会員 水上 義彦

1 はじめに

鋼・コンクリート合成鋼管柱(以下CFTと呼ぶ)は、鋼とコンクリートの熱伝導率や比熱が異なることおよび、断面が充実しており断面内で温度差が生じやすいことなどから日照により熱応力を生じる。本検討では、日照により温度荷重が載荷されたときのCFTの熱応力を、合成桁や鋼床版の熱応力計算と同様な材料力学に基づく簡易な計算方法を用いて検討を行う。また、有限要素法でも検討し、両計算法の比較も行う。

2 検討モデル

検討の対象とするCFTの構造物は図-1に示す単純梁を考える。またCFT断面諸元を図-2に、材料物性値を表-1に示す。日照によって生じる温度差分布は、論文「鋼・コンクリート合成鋼管柱の日照による内部温度分布に関する検討」¹⁾で提案した簡易温度分布を用いる。ただし、日照を受ける前の(熱応力がゼロの時の)CFTの温度を22.5度とし、この値と論文1)で提案した値との差を温度荷重として与える(図-3(a))。

3 熱応力の計算、考察

鋼床版や合成桁などの熱応力問題と同様に、簡易な材料力学を用いたCFTの熱応力計算式は極座標(r , θ)を用い式(1)~(4)に示す簡単な式で書き表すことができる(CFTは、圧縮力を受ける柱部材として用いることが多いことから、ここでは、死荷重等により初期圧縮軸力が作用し、熱応力により引張応力が作用しないと仮定した)。ここで温度荷重は前述の通りであるが、式(3),(4)の積分については、簡易計算を旨としていることから設計計算に便利のように、さらに簡素化した温度分布とした(図-3(b))。2で述べた検討モデルの場合、この簡易計算によって計算されるCFTの部材軸方向応力(σ_z)は図-4で示す通り最大で鋼管に400kg/cm²程度の熱応力が圧縮応力として発生する。ちなみに、有限要素法を用いて計算した場合、図-6で示す通り、鋼管に作用する最大部材軸方向応力(σ_z)は500kg/cm²程度の熱応力が圧縮応力として発生する。このように、簡易計算法と有限要素法とでは、その結果に幾らかの差異が生じるが、これは、主として簡易計算では、温度により材料が部材軸方向のみならず3次的に膨張することやポアソン効果など3次的な力学挙動を無視したためと考えらる。一方、有限要素法では、これら3次的な挙動を考慮して断面内に生じる応力を計算することができる。その値は、図-5の通りであり、鋼管には300kg/cm²と小さくはないフープ応力が生じるが、柱部材としての主たる応力である部材軸方向応力(σ_z)と直角方向の応力であり、また部材軸方向応力(σ_z)と同様圧縮応力であることから道路橋示方書で規定されるような2方向面内応力の照査を行っても構造設計に影響を及ぼすことはない。

4 まとめ、今後の課題

CFTの日照による熱応力について材料力学の手法を用いて簡易的に計算・検討を行った。また有限要素法でも同様な計算を行い、この簡易法の精度などを検討した。簡易計算によるCFTの部材軸方向の熱応力は、3次的な挙動を考慮できる有限要素法によるそれと若干の差があるが、いくらかの補正を加えれば、CFTにおいても適用可能であると考えられる。また、断面内方向熱応力については、鋼管には部材軸方向熱応力程度のフープ応力(σ_θ)が生じるが、応力の向きと符号を考えれば構造設計に影響を及ぼすことはないことがわかった。今後の課題として、CFTにおける日照の影響をより簡易かつ精度よく計算できるよう、本論文で示した計算式の補正方法などの検討を行っていきたい。

キーワード：鋼・コンクリート合成鋼管柱(CFT)、熱応力

連絡先 : 〒 675-01 兵庫県加古郡播磨町新島8番地 TEL0794-35-8413 FAX0794-35-0249

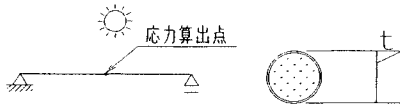


図-1 検討対象の構造系

$$\sigma_s = -t_0 \alpha E_s + \frac{P}{A_v} + \frac{M}{I_v} r \sin \theta \quad (1)$$

$$\sigma_c = -\left(\frac{t_0}{b} r - \frac{a t_0}{b}\right) \alpha E_c + \frac{1}{n} \left(\frac{P}{A_v} + \frac{M}{I_v} r \sin \theta \right) \quad (2)$$

$$P = 2 \int_0^{\pi} \int_0^R t_0 \alpha E_s r dr d\theta + 2 \int_0^{\pi} \int_0^R \left(\frac{t_0}{b} r - \frac{a t_0}{b} \right) \alpha E_c r dr d\theta \quad (3)$$

$$M = 2 \int_0^{\pi} \int_0^R t_0 \alpha E_s r \sin \theta r dr d\theta + 2 \int_0^{\pi} \int_0^R \left(\frac{t_0}{b} r - \frac{a t_0}{b} \right) \alpha E_c r \sin \theta r dr d\theta \quad (4)$$

ここで、 σ_s 、 σ_c ；鋼およびコンクリートに働く部材軸方向の熱応力（ σ_z ）

A_v 、 I_v ；鋼に換算したCFTの断面積および断面二次モーメント、 n ；鋼とコンクリートのヤング係数比

表-1 材料物性値

	鋼	コンクリート
ヤング率 E	21,000kgf/mm ²	2,100kgf/mm ²
ポアソン比 ν	0.3	0.167
線膨張係数 α	1.2E-5 1/k	1.2E-5 1/k

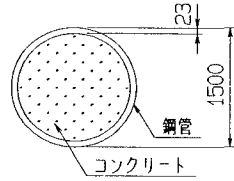
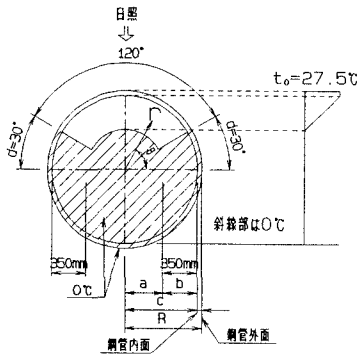
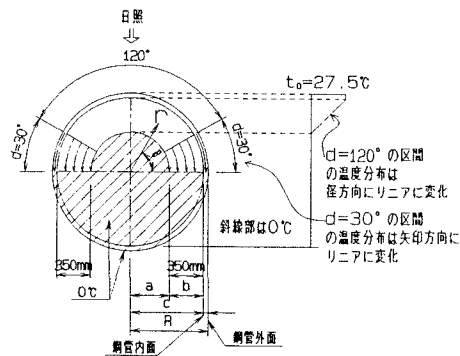


図-2 断面諸元



(a) 温度分布



(b) P、Mを計算する際の温度分布

図-3 日照による温度分布

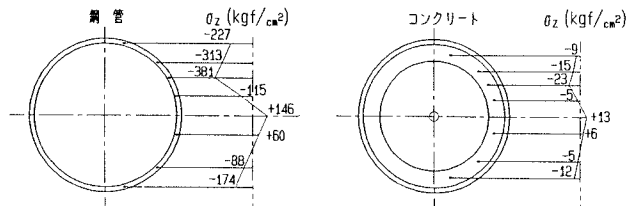
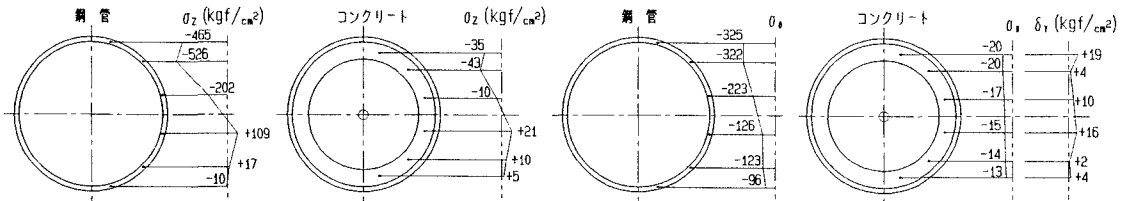


図-4 簡易計算による部材軸方向応力分布(σ_z)



(a) 部材軸方向応力(σ_r)

(b) 断面内方向応力(σ_θ , σ_r)

図-5 有限要素法による応力分布

参考文献 1) 橋本他 鋼・コンクリート合成鋼管柱の日照による内部温度分布に関する検討、土木学会第53回年次講演会、1998、10