

合成版の三次元熱伝導について

九州大学 正会員 太田 俊昭

九州大学 正会員 山口 栄輝

清水建設(株) 正会員 奥石 正巳

九州大学 学生員 〇佐々木 徹

1. まえがき 合成構造を含めた構造物の設計は、主に常温状態についてなされている。しかし都市部における過密地域で都市高速道路の高架下で発生する火事や、石油、ガソリンなどを運搬するタンクローリーなどの事故による床版上の火災などにより合成版が高温状態に曝されることも考えられる。本研究では、合成版の熱伝導メカニズムの解明のために、立体トラス型ジベルを用いた合成梁を対象に三次元熱伝導解析を行った。本文では、その結果の一部を報告するものである。

2. 解析方法 コンクリート部分は8節点6面体アイソパラメトリックス要素を用いて行った。 x, y, z 座標系の要素を図-1で示すように ξ, η, ζ 座標系に変換して形状関数マトリックス $[N(8)]$ 、および勾配マトリックス $[B(3, 8)]$ を求めれば、

$$N_i = \frac{1}{8} (1 + \xi_i \xi) (1 + \eta_i \eta) (1 + \zeta_i \zeta)$$

$$B_{1i} = \frac{\partial N_i}{\partial \xi}, \quad B_{2i} = \frac{\partial N_i}{\partial \eta}, \quad B_{3i} = \frac{\partial N_i}{\partial \zeta} \quad (i=1-8)$$

となる。これらを用いて x, y, z の関数として熱伝導マトリックス $[K(x, y, z)]$ および熱容量マトリックス $[C(x, y, z)]$ を Gauss-Legendre の数値積分を用いて、

K を熱伝導係数、 ρ を単位体積重量、 c を比熱として導けば 図-1 xyz 座標系から $\xi\eta\zeta$ 座標系への変換

$$[K(x, y, z)] = \sum K H_{pn} H_{qn} H_{rn} [B(\xi, \eta, \zeta)]^T [B(\xi, \eta, \zeta)] \det [J]$$

$$[C(x, y, z)] = \sum \rho c H_{pn} H_{qn} H_{rn} [N(\xi, \eta, \zeta)]^T [N(\xi, \eta, \zeta)] \det [J]$$

と表すことができる。ただし n は要素の節点の数ではなく Gauss の積分点の次数で $[J]$ はヤコビアンマトリックスである。また棒要素は著者らが開発した立体アーラン要素を用いて熱伝導マトリックス $[K_b(x, y, z)]$ および熱容量マトリックス $[C_b(x, y, z)]$ を作っている。これらをクランク-ニコルソン (Crank-Nicolson) の差分式に代入して非定常解析を行った。なお解析に用いた熱定数は表-1に、また解析に用いた要素分割を図-2に示した。

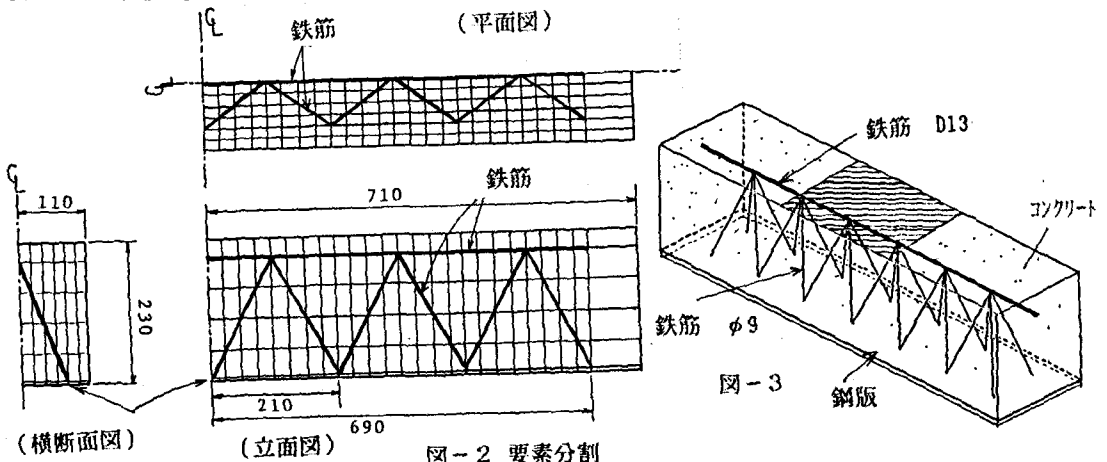


図-2 要素分割

表-1 解析に用いた熱定数

	熱伝導係数(kcal/mhC)	比熱(kcal/kgC)	単位体積重量(kg/m ³)	熱伝達係数(kcal/m ² hC)
コンクリート	2.0	0.210	2200	6.0+0.0000194T ²
鋼材	58.3	0.114	7820	

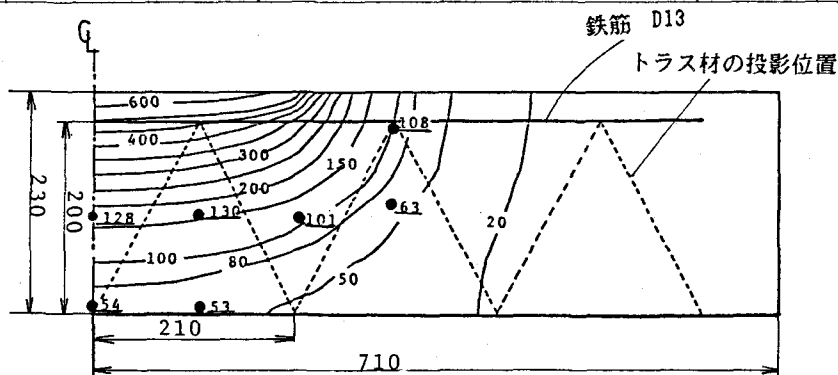


図-4 中央断面の温度分布 (°C) (黒丸の横の数字は実験値)

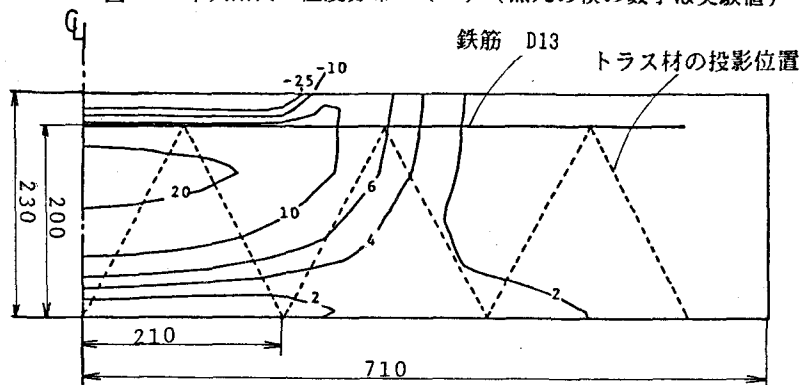


図-5 中央断面の温度差分布 (°C) (合成梁の値からブレンコンクリート梁の値を差しひいたもの)

3. 解析結果および考察

解析は1時間で10°Cから1000°Cに図-3の斜線部分を加熱し、その後2時間1000°Cに保った場合について行った。図-4は中央断面の3時間後の温度分布を示している。黒丸の横の数字は同一条件で合成梁を加熱した時の実験値であり、かなりよく一致している。

また図-5は、図-4と同じ断面において中に鉄筋を配置していない梁(ブレンコンクリート梁)を同一条件で解析した場合との比較をした結果である。これより圧縮鉄筋の上ではブレンコンクリート梁のほうが温度が高く、逆に下側、および加熱面より離れた位置においては合成梁の方が温度が高くなっており、合成梁は一点に熱を集中させることなく熱を分散させる効果をもつ特長を有するといえる。なお立体アールン要素については別の機会に公表する予定である。

参考文献 1) 矢川元基; 流れと熱伝導の有限要素法入門, 培風館, 1983

2) 川井忠彦; 応用有限要素解析, 丸善, 1978

3) 太田俊昭; 合成版の熱影響について, 土木学会第42回年次学術講演会(昭和62年9月)講演概要集

4) 吉村福次郎; コンクリートと熱(1)、コンクリート工学 vol.17, No18, 1979