

高温加熱されたRCおよび合成部材の応力性状

九州大学大学院	学生員	○黒田	一郎
九州大学工学部	正 員	太田	俊昭
九州大学工学部	正 員	山口	栄輝
九州大学工学部	正 員	日野	伸一

1. まえがき

都市の過密部においては、コンクリート構造物が火災による予期せぬ高温に曝される危険性がある。高温に曝されたコンクリートは強度や剛性の低下をきたし、また、温度むずみによるダメージを被る危険性もある。本研究では、特に異種材料から成る鋼・コンクリート合成部材の熱伝導特性および温度応力特性を把握するために、通常のRCばりと立体トラス型ジベルを用いた合成ばり（以下TSC合成ばりと称する）を対象とした加熱実験¹⁾とその解析を行うものである。

2. 加熱實驗

加熱実験に用いたRCはりとし、TSC合成ばり供試体を図-1に示す。供試体内には十数ヶ所に熱電対が埋め込まれており、これにより供試体内部の温度を随時測定することができる。供試体はコンクリート打設後6週間養生したものを用いた。コンクリートの設計基準強度および示方配合は表-1のとおりである。

実験は電熱線を利用した加熱炉を用いて行なった。実験の概要を図-2に示す。加熱開始後、最初の5時間は14°C(室温)から200°Cまで直線的に温度を上げつつコンクリート下面を加熱し、その後2時間にわたって200°Cに維持したまま加熱を続けた。その間、上面の鋼板は14°C(室温)の空気に曝されており、その他の面はすべて断熱材によって覆われている。

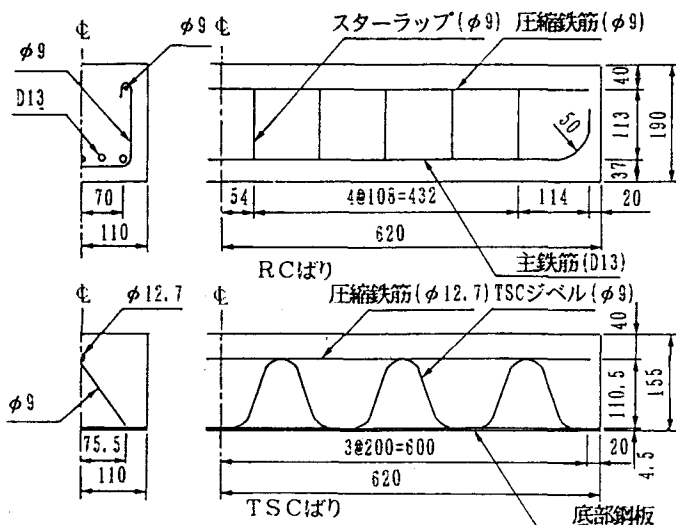


図-1 実験に用いた供試体 (単位 mm)

表-1 コンクリートの設計基準強度および示方配合

設計基準強度 (kgf/cm ²)	最大粗骨材寸法 (mm)	単位重量 (kg/m ³)				
		セメント	水	細骨材	粗骨材	A E減水剤
300	20	367	165	740	1086	0.918

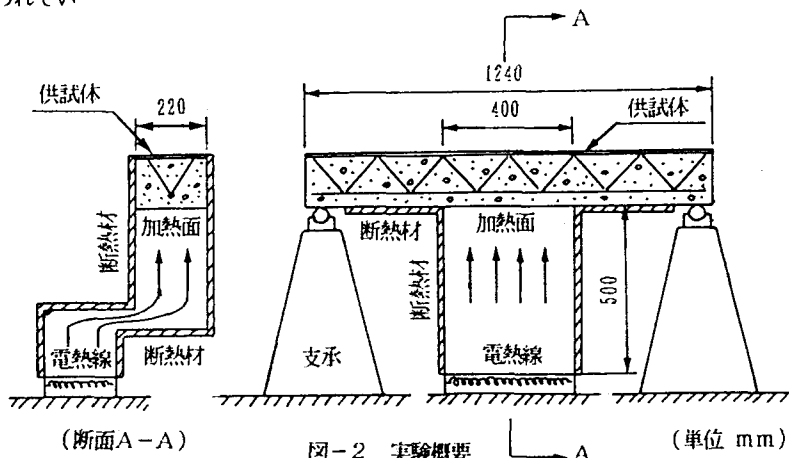


圖-2 實驗概要

表-2 解析に用いた諸定数⁴⁾⁵⁾

	熱容量 kcal/m ³ °C	熱伝達係数 kcal/m ² h°C	線膨張係数 ×10 ⁻⁶ /°C	弾性係数 kgf/cm ²	ポアソン比
コンクリート	390.0	10.0	10.0	3.33×10 ⁵	0.167
鋼材	890.0		11.7	2.1×10 ⁶	0.3

熱伝導率 (単位 kcal/mh°C)

温度 (°C)	0	20	40	60	80	100	120	140
コンクリート	2.14	2.14	2.14	2.12	1.93	1.75	1.52	1.40
鋼材	60.61	59.39	58.16	56.94	55.71	54.49	53.27	52.04

3. 解析方法

熱伝導解析は3次元8節点6面体アイソパラメトリック要素を用いた有限要素法とクラנק・ニコルソン法²⁾により行ない、温度応力解析では3次元20節点6面体アイソパラメトリック要素を採用した。ここでは埋め込み鉄筋モデル³⁾を適用しており、このため有限要素解析の際の節点数および要素数を少なくすることが可能となった。解析に用いた熱定数を表-2に示す。

4. 結果及び考察

図-3に、実験開始後4時間の時点でのTSC合成はりおよびRCはりの中央縦断面における温度分布を等温線で示す。また、水平および垂直の直線は解析に用いた要素分割を示している。図中の黒丸とその横の数字は供試体内の熱電対埋め込み位置とその点の温度(実験値)を示す。単位は、ともに°Cである。図より、RCはりおよびTSC合成はりの温度分布に顕著な差は認められない。また、実験値と解析値は比較的良好に一致している。

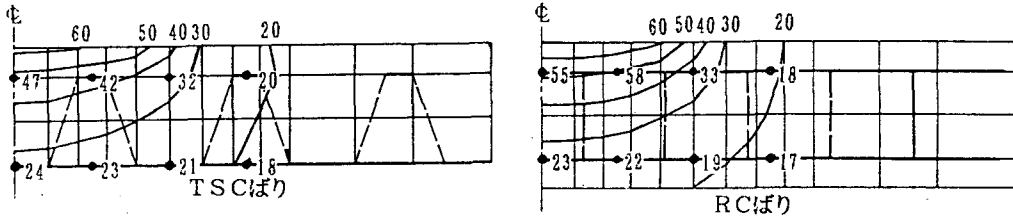


図-3 はり中央縦断面における温度分布 (単位°C) (実験開始後4時間)

図-4、5に実験開始後4時間の時点でのTSC合成はり中央断面におけるスパン方向ひずみ分布および温度応力分布の解析結果を示す。ひずみ分布は温度分布とよく似た傾向を示しており、高温部ほど膨張ひずみが大きくなっているのが判る。一方、温度応力ははりの上面と下面に圧縮応力が生じ、それらの中間部に引張応力が生じている。これは、はり内部の温度がはりの上下方向に均一な温度勾配で分布していないためである。また、全体的に圧縮応力に比べ引張応力の分布が広く、一見内力のバランスがとれていないように見えるが、これは、コンクリートよりも線膨張係数が大きい鉄筋が圧縮応力を受け持っているためである。

解析は熱伝導解析によって得られた温度分布をもとに行なった。ゆえに、温度応力の解析精度は熱伝導解析の精度に大きく依存する。従って、今後の検討課題として次のようなことがあげられる。

- ①断熱面における熱の流出入。
- ②コンクリートの熱定数の評価。

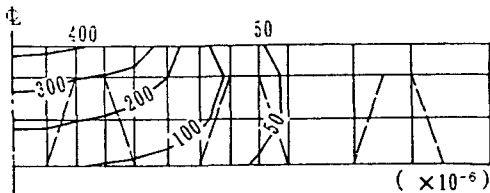


図-4 TSC合成はり中央縦断面におけるひずみ分布

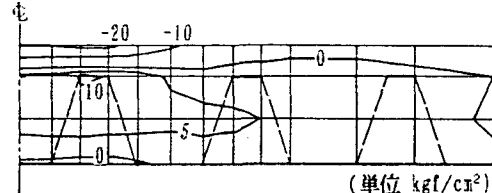


図-5 TSC合成はり中央縦断面における応力分布

参考文献

- 1) 太田俊昭他; 合成版の熱影響について, 土木学会第42回年次学術講演概要集, 1987
- 2) 太田俊昭他; Unsteady Heat Conduction Analysis of Concrete Structures, 九州大学工学部紀要, Vol. 49, 1989
- 3) 山口栄輝他; 埋め込み鉄筋モデルによるコンクリート部材の熱伝導解析, 平成元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 1990
- 4) 渡辺正紀, 佐藤邦彦; 溶接力学とその応用, 朝倉書店, 1965
- 5) U. シュナイダー; コンクリートの熱的性質, 技報堂出版, 1963