

高温下におけるコンクリートの力学的性質とRCはりの熱伝導特性

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 日野伸一
 九州大学工学部 学生員 石井寿人

1. まえがき

原子炉格納容器やマスコンクリートなどを対象とした、コンクリート構造物の熱伝導・温度応力解析については、これまで数多くの研究が行われてきた。しかしながら、高温時のコンクリートの材料定数ななく熱伝導率や静弾性係数の温度依存性等が十分に明らかにされていなかったために、それらの影響を考慮した解析的な研究は極めて少ない状況にある。そこで本研究は、高温下におけるコンクリートの熱伝導率、静弾性係数測定実験を行ない、得られた結果を元に高温加熱を受けるRCはりの熱伝導・温度応力解析を行なって、温度による材料定数の変化がRCの熱伝導・温度応力特性に及ぼす影響を明らかにしたものである。

2. 高温下におけるコンクリートの性質

高温下におけるコンクリートの弾性係数を測定するために、高温環境下での円柱供試体（材令28日の圧縮強度 321kgf/cm^2 ）の圧縮試験を行なった（表-1参照）。図-1に実験の概要を示す。図に示すように、供試体は断熱材製の円筒容器の中に置かれ、電熱線により側面から加熱される。数時間にわたり加熱した後、一定温度条件下で載荷を行なった。供試体のひずみは石英ガラス棒を介して変位計により測定され、荷重とひずみの関係からおおよそ 50kgf/cm^2 の応力レベルにおける接線弾性係数を求めた。図-2に温度と弾性係数との関係を示す。図より、温度が高くなるに従い弾性係数が低下していることがわかる。

コンクリートの熱伝導率は通常多く用いられる円筒法により測定した。図-3に実験により求めた温度と熱伝導率との関係を示す。図より、温度が高くなるに従い熱伝導率が低下していることがわかる。既往の研究では熱伝導率が 100°C 台で常温の50%程度まで低下するとの報告もあるが、今回の測定では 200°C 台で常温の70~80%程度しか低下しなかった。実験によ

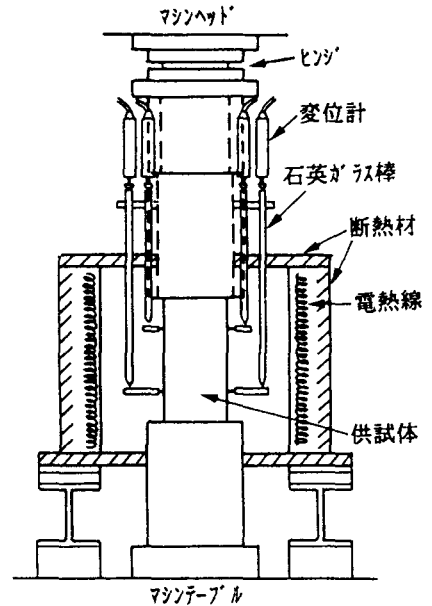


図-1 弾性係数測定実験

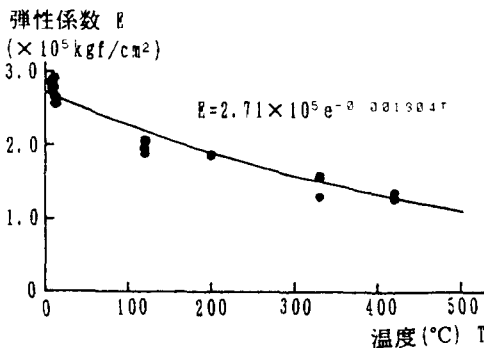


図-2 温度と弾性係数との関係

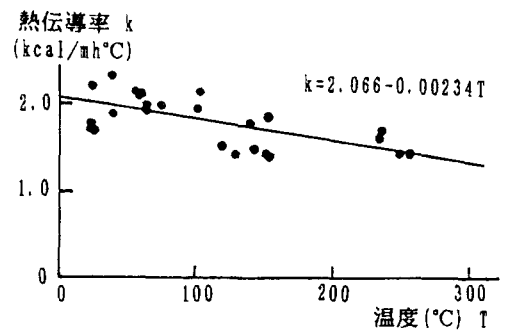


図-3 温度と熱伝導率との関係

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	単位重量 (kg/m ³)				
	セメント	水	細骨材	粗骨材	AE減水剤
300	326	163	781	1086	0.815

表-2 解析に用いた諸定数¹⁾²⁾

	熱伝導率 kcal/mh°C	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	図-3	420	10.0	10.0	図-2	0.2
鉄筋	60-0.06T	390		11.7	2.1×10 ⁵	—

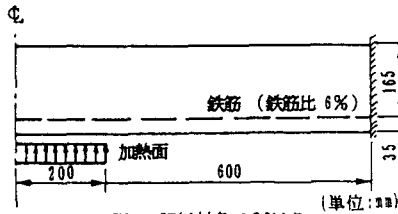


図-4 解析対象のRCはり

り求めた熱伝導率、静弾性係数を用いてRCはりの熱伝導・温度応力解析を行なった。

3. 熱伝導・温度応力解析の方法

図-4に解析対象のRCはりを示す。図-5に示すように最初の1時間は10°Cから960°Cまで直線的に温度を上げつつ加熱し、その後1時間にわたって960°Cに維持したまま加熱を続けた。このRCはりは図-4に示す加熱面以外の面はすべて断熱されており、また、両端の変位が拘束されている。

熱伝導解析、温度応力解析は2次元8節点アイソパラメトリック要素を用いた有限要素法により行なった。また、熱伝導解析では非定常解析を行なうためにクランク・ニコルソン法を採用した。解析に用いた諸定数を表-2に示す。コンクリートの熱伝導率、静弾性係数は前述の実験により求めたものである。

4. 結果および考察

解析によって求めたRCはりの温度分布およびスパン方向応力分布をそれぞれ図-6, 7に示す。図-6の実線は熱伝導率の温度変化を考慮した非線形解析値、破線は線形解析値（常温時の熱伝導率を使用）を示す。図より、非線形解析と線形解析の差が顕著でないことがわかる。これは、300°C程度までの温度に対しては熱伝導率が常温時のものとさほど大きな差がないことに起因するものと考えられる。一方、図-7の実線は弾性係数の温度変化を考慮した解析値であり、破線は常温時の弾性係数を用いた解析値である。弾性係数の温度変化を考慮した解析によれば、加熱面付近の圧縮応力がかなり低下することが認められる。このことより、高温下におけるRCはりなどのコンクリート構造物の温度応力解析を行なうに当たっては弾性係数の温度変化が無視できないことがわかった。

参考文献

- 1) 渡辺正紀, 佐藤邦彦; 溶接力学とその応用, 朝倉書店, 1965
- 2) U. シュナイダー; コンクリートの熱的性質, 技報堂出版, 1983

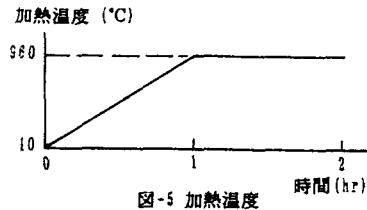


図-5 加熱温度

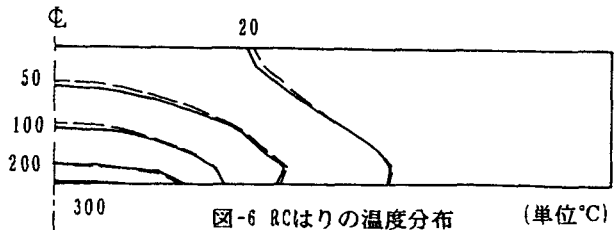


図-6 RCはりの温度分布 (単位:°C)

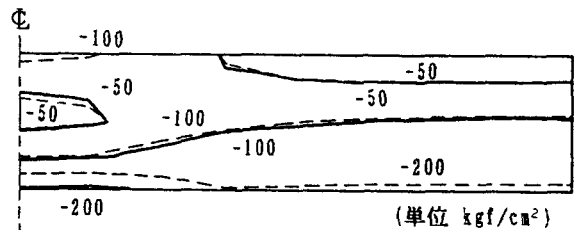


図-7 RCはりの応力分布 (単位:kgf/cm²)