

V-217

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・温度応力特性

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

1. まえがき

コンクリート構造物の熱伝導・温度応力については、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。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、得られた結果をもと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弾性係数、熱伝導率

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 321 kgf/cm²、弾性係数 2.61×10⁶ kgf/cm²)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よそ 50kgf/cm²の応力レベルにおける接線弾性係数を求めた。図-2に常温時に対する弾性係数残存率と温度との関係を示す。実線は高温下で測定した弾性係数であり、破線は加熱後常温まで冷却した後に測定したものである。温度が高くなるに従い弾性係数が低下しているが、高温下での測定と冷却後の測定では低減の傾向が異なっている。

コンクリートの熱伝導率は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℃台で常温の50%程度まで低下するとした報告もあるが、今回の測定では200℃台で常温の70~80%程度し

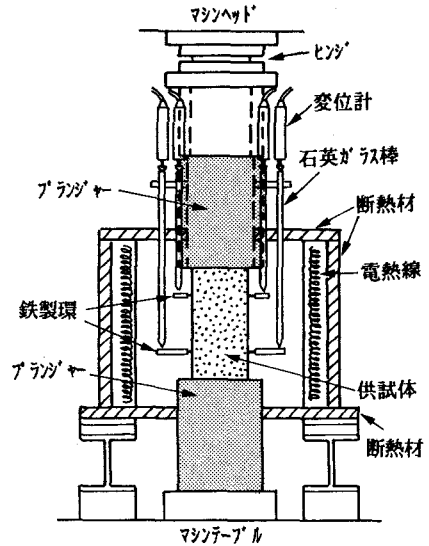


図-1 弾性係数測定実験

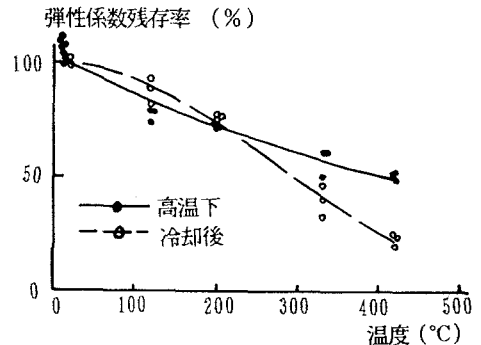


図-2 温度と弾性係数残存率との関係

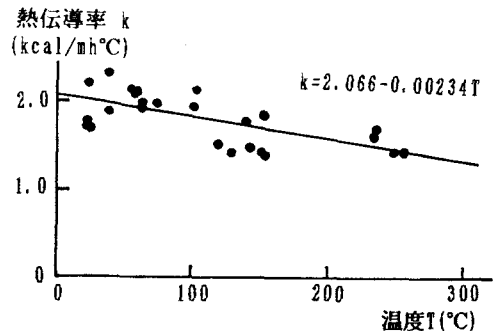


図-3 温度と熱伝導率との関係

表-1 コンクリートの示方配合

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

表-2 解析に用いた諸定数 [7] [8]

	熱伝導率 kcal/mh°C	熱容量 kcal/m³°C	熱伝達係数 kcal/m²h°C	線膨張係数 ×10 ⁻⁶ /°C	弾性係数 kgf/cm²	ポアソン比
コンクリート	図-5	420	10.0	10.0	図-3	0.2
鉄筋	60-0.06T	890	—	11.7	2.1×10 ⁸	—

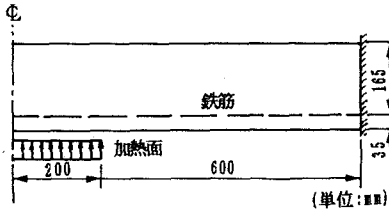


図-4 解析対象のRCはり

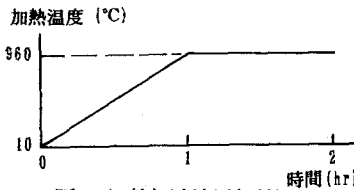


図-5 熱伝達境界加熱温度

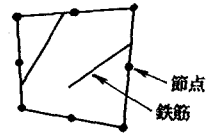


図-6 埋め込み鉄筋モデル

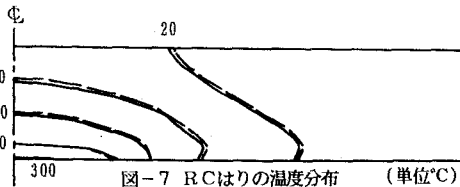


図-7 RCはりの温度分布 (単位°C)

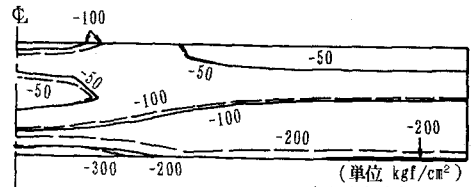


図-8 RCはりのスパン方向応力分布 (単位 kgf/cm²)

か低下しなかった。実験により求めた熱伝導率、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った。本解析では鉄筋の影響を取り入れるために埋め込み鉄筋モデル¹⁾(図-6)を採用している。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。なお、3次元解析による検討を行っており、詳細は講演時に報告する予定である。

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-7, 8に示す。図-7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、非線形解析値と線形解析値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-8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) 太田俊昭, 黒田一郎, 山口栄輝, 日野伸一; 外的温度負荷を受けるRCおよび合成構造部材の熱伝導および温度応力特性に関する研究、構造工学論文集, Vol. 37, 1991
- 2) 渡辺正紀, 佐藤邦彦; 溶接力学とその応用, 朝倉書店, 1965
- 3) U. シュナイダー; コンクリートの熱的性質, 技報堂出版, 1983