

高温加熱時におけるコンクリートの内部温度分布

武蔵工業大学 学生会員 ○羽原 和也、長谷川 啓示

武蔵工業大学 正会員 栗原 哲彦

1. はじめに

コンクリートは、一般には不燃材・耐火材と認識され、広く土木/建築構造物に利用されてきた。しかし、近年の車両の大型化・交通量の増大・運搬物の多様化により、例えば交通事故により火災が発生すると、その火災は上記要因から大規模なものになる可能性が高まっている。これに加え、高強度コンクリートの実用化により、大規模火災時にはコンクリートの爆裂や大幅な強度低下を含む大きな被害が出るのが容易に推察できる。爆裂現象は、熱応力の作用や、コンクリート内部の水分の気化による内圧の増加などが主因とされている¹⁾が、そのすべては解明されていない。そこで、コンクリートが高温加熱された際の内部温度分布を把握し、爆裂現象と温度との関係を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体諸元

表-1 に示すコンクリート(W/(C+SF)=20%を C-20, W/C=60%を C-60 とする)により幅 100×高さ 100×長さ 1200 (mm)のはり供試体を作製した。なお、加熱実験時の各シリーズの含水率は、C-20 は 4.7%, C-60 は 4.2%であった。供試体本数は各シリーズ 2 本とした。

供試体内部に設定した K 型熱電対設置位置を図-1 に示す。後述の加熱方法により、最も受熱温度が高くなる箇所を中心に、長手方向に 6 断面、また、その直角方向に 3 断面、1 箇所につき高さ方向に 3 点(限りなく供試体下面に近い位置、下面より 10mm の位置、下面より 30mm の位置)の計 54 点に K 型熱電対を埋め込んだ。

なお、供試体は 2 週間水中養生とし、養生後ただちに加熱実験を行った。

2.2 加熱実験

本実験では模擬トンネルによる高温加熱システム²⁾を用いてはり供試体への加熱実験を行った。このシステムは模擬トンネル天井部を RC はりとする構造で、トンネル内空部で灯油を燃焼させることではり供試体を加熱することができる。火皿およびトンネル内温度計測用シース熱電対を図-2 に示す位置に設置した。

上記方法により、加熱開始から 2 時間高温を保持するものとした。

表-1 示方配合

W/(C+SF) %	単位量(kg/m ³)								f _c (N/mm ²)
	W	C	SF	S	G	Ad1	Ad2	Ad3	
20	101	533	97.6	773	871	16.4	-	-	82.6
60	153	294	-	867	962	-	0.727	0.029	25.9

SF: シリカフューム

Ad1: 高性能 AE 減水剤 Ad2: AE 減水剤 Ad3: AE 助剤

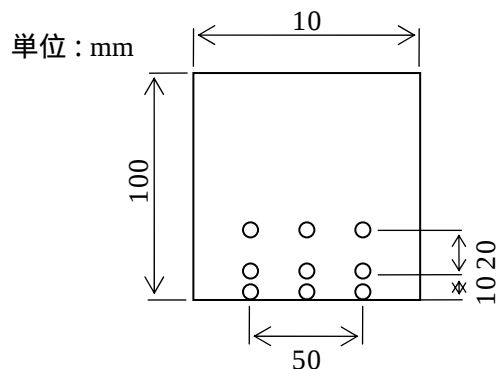


図-1 K型熱電対設置位置

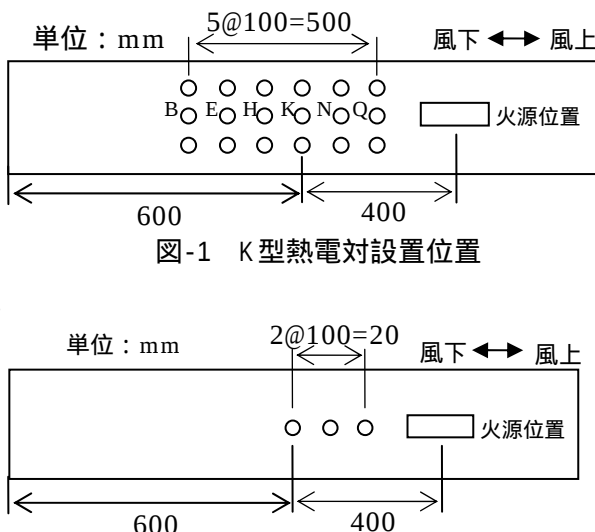


図-2 K型シース熱電対設置位置

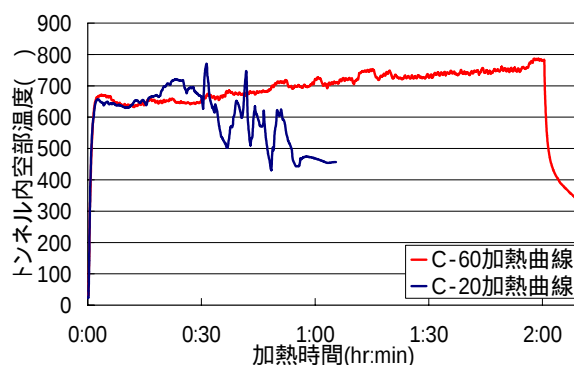


図-3 加熱曲線

キーワード 爆裂 供試体内部温度 熱伝導

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 都市工学科 構造材料工学研究室 Tel 03-3703-3111

3. 実験結果

3.1 加熱曲線と供試体内部温度

実験は各シリーズ供試体 2 体に対して行ったが、ほぼ同様の結果が得られたため、ここではうち 1 体の結果を示す。各シリーズを高温加熱した際の加熱曲線を図-3 に示す。C-20 では激しい爆裂が生じ、加熱開始約 65 分後には供試体が長手方向中心で分断されてしまったため、この時点で実験を中止した。両シリーズに対して同様の初期勾配の高温加熱を得ることができたが、C-20 は爆裂の影響によりトンネル内空部の高温保持に乱れが生じた。

図-4 に一例として断面中心位置における供試体長手方向の内部温度分布を示す。両シリーズ共通して、下面に比べて下面から上方 30mm 地点は、供試体内部の熱伝導により温度上昇するため、上昇が緩やかになっている。C-20 と C-60 とでは、熱の伝わりやすさに大きな違いは見られなかった。

3.2 爆裂とひび割れ性状

C-20 では供試体長手方向中心で激しい爆裂が生じた。加熱開始 11 分 40 秒程で最初の爆裂が発生し、21 分程で爆裂により H 点下面の熱電対が熱に曝され、計測不能となった。その後も最高温度点を中心に爆裂が続き、最終的に 65 分程で供試体が分断された(写真-1 参照)。

C-60 では爆裂は発生しなかったが、加熱開始 10 分ほどで小さな破裂音が発生し、供試体長手方向中心側面に鉛直なひび割れが発生した。供試体が下面より加熱されたことにより供試体内部に激しい温度差が生じた。これに伴い熱によるコンクリートの膨張量に差が生じ、ひび割れが発生したと推察される。さらに加熱を続けると、このはり側面に生じたひび割れから水分がしみ出しているのが観察された。これは、下面近傍の内部余剰水の気化によりコンクリート内部の圧力が上昇し、これにより他の内部余剰水が側面に生じたひび割れ部より押し出されたものと考えられる。

4. まとめ

以上より、得られた知見をまとめると以下ようになる。

- (1) 強度による熱の伝わりやすさに違いは見られなかった。
- (2) 超高強度コンクリートを用いたはりでは激しい爆裂が生じた。
- (3) 普通強度コンクリートでは爆裂は生じず、供試体側面に加熱に起因するひび割れが発生した。

参考文献

- 1) 社団法人 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の火災安全性研究委員会報告書，pp.123-124，2002.6
- 2) 西元守人：模擬トンネルを用いたコンクリートの耐火性能，武蔵工業大学修士学位論文，2004

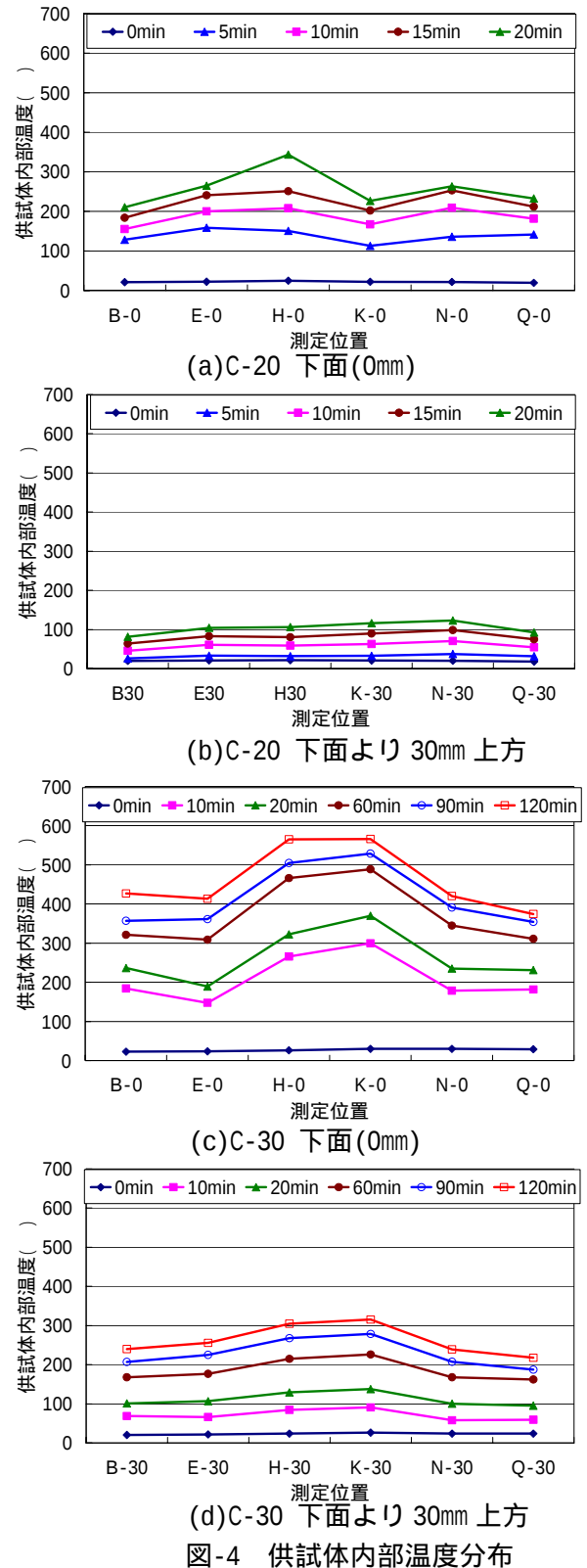


図-4 供試体内部温度分布



写真-1 加熱後の爆裂状況