

高温加熱を受けた有機繊維混入 RC はりの内部温度分布

武蔵工業大学 学生会員 ○羽原 和也 久保田 浩行
武蔵工業大学 正会員 栗原 哲彦

1. 目的

近年、高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート(RC)構造物が多く実用化されている。しかし、高強度コンクリートが高温履歴を受けた場合、加熱による爆裂現象や圧縮強度などの力学的特性が低下することが知られている¹⁾。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。そこで爆裂防止に効果がある¹⁾とされる有機系短繊維を混入した RC はりの加熱実験を行い、加熱時の RC はり供試体内部温度分布を計測することで耐火性能を検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体緒元

表-1 および 2 に示すコンクリートにより幅 100×高さ 100×長さ 1200 (mm)の曲げ破壊型 RC はりを作製した(図-1 参照)。供試体は、爆裂防止のため PP(ポリプロピレン)繊維を混入したものと、比較のため無補強のものを作製した。PP 繊維は繊維厚 0.037mm・繊維幅 0.11mm・繊維長 12mm・密度 0.91g/cm³のものを使用した。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、1 箇所につき高さ方向に 2 点(限りなく供試体下面に近い位置、下面より 20mm 上方の位置)の計 12 点に K 型熱電対を埋め込んだ。各シリーズに対して、非加熱(0hr)と加熱時間を 3hr とした計 2 ケース設置し、1 ケース 2 体ずつ実験を行った。

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 RC はり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、トンネル内で灯油を燃焼させることで RC はり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。加熱終了後は目視によりひび割れの確認を行った。

3. 実験結果

3.1 温度-時間曲線と内部温度分布

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温度-時間曲線を図-3 に示す。加熱時の内部温度分布を図-5 に示す。なお、内部温度分布は熱電対が、熱による不具合・焼失のため、計測できていない点がある。図-3 より、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。C-20 ではトンネル内空部の高温保持に乱れが生じた。また図-5 より、両シリーズの 20mm 上方地点での内部温度分布を比較すると、C-20 の温度が高くなっている。これらは、C-20 でのみ爆裂が生じ(後述)、これにより断面形状が変化したためと考えられる。また、両シリーズの温度上昇を、爆裂が発生していない加熱開始から 10 分までで比較した。

表-1 示方配合

W/(C+SF)	単位量(kg/m ³)						
%(シリーズ名)	W	C	SF	S	G	F	Ad
20(C-20)	108	533	97.6	767	871	-	21.8
20(PP-20)	108	533	97.6	767	871	1.8	21.8

W:練混ぜ水 C:セメント SF:シリカフェューム S:細骨材

G:粗骨材 F:ポリプロピレン繊維 Ad:高性能 AE 減水剤

表-2 コンクリート圧縮強度およびヤング係数

シリーズ名	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	繊維混入率 (%)	含水率 (%)
C-20	87.9	39.8	0.0	4.9
PP-20	85.9	40.7	0.2	4.7

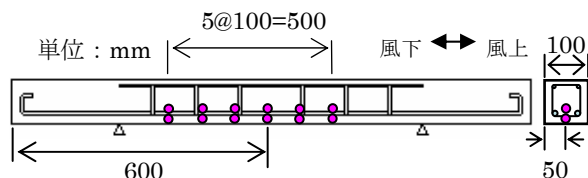


図-1 熱電対設置位置

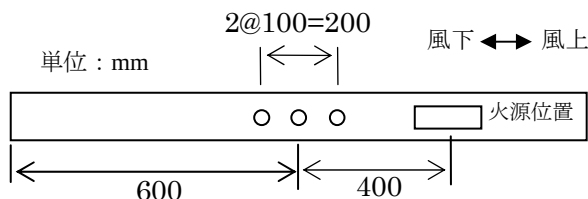


図-2 シース熱電対設置位置

キーワード 高強度コンクリート, 有機繊維, 高温加熱, 爆裂

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 TEL03-3703-3111 (内線 3243)

20mm 上方 d-2 地点において、繊維無混入コンクリートでは 5 分で 100℃程度、10 分で 160℃程度であった。これに対し繊維混入コンクリートでは、5 分で 70℃程度、10 分で 110℃程度であった。これは、繊維が融解する際に熱を奪った、もしくは繊維を混入することで供試体の見かけの熱伝導率が変化したなどの理由から、内部温度の上昇速度が抑えられ、内部温度が低くなったと考えられる。しかし、今回の計測では、炎のゆらぎ等の影響も多少あるとは考えられる。

3. 2 爆裂とひび割れ性状

高温加熱により、C-20 のみ爆裂が発生した。図-4 に加熱による加熱表面のひび割れ性状を示す。加熱開始 10 分ほど(トンネル内温度 735℃)で大きな破裂音が発生した。その後も加熱を継続すると、破裂音は断続的に発生した。加熱開始 30 分ほどで破裂音は終息し、その後の継続加熱で破裂音が発生することはなかった。爆裂深さは最大 20mm 程度(かぶり厚程度)で、鉄筋が一部露出した。有機繊維を混入した PP-20 供試体では破裂音は発生しなかった。加熱中の外観観察では、供試体側面中央および、スターラップ位置に垂直ひび割れを確認するに止まった。このひび割れは、急激な加熱による熱応力が原因であると考えられる。C-20 では爆裂により欠損部位があったが、これ以外のひび割れは少なかった。PP-20 では目立った剥離・剥落は確認されず、炎が当たったと思われる箇所全体に微細なひび割れが確認できた。中心位置では加熱表面が淡黄色に変色していた。

4 まとめ

- (1) 高強度 RC はりでは爆裂が発生するが、コンクリートに有機繊維を 0.2vol% 混入することで爆裂を抑制することが出来る。
- (2) 有機繊維混入高強度コンクリートでは、加熱により微細なひび割れが発生する。
- (3) 有機繊維混入コンクリートでは、無混入コンクリートより内部温度の上昇速度が遅くなり、温度上昇を抑えることができる。

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, 2002.6
- 2) 羽原和也:高温加熱時におけるコンクリートの内部温度分布, 土木学会第 62 回年次学術講演会概要集, 5-595, pp.1189-1190, 2007.9

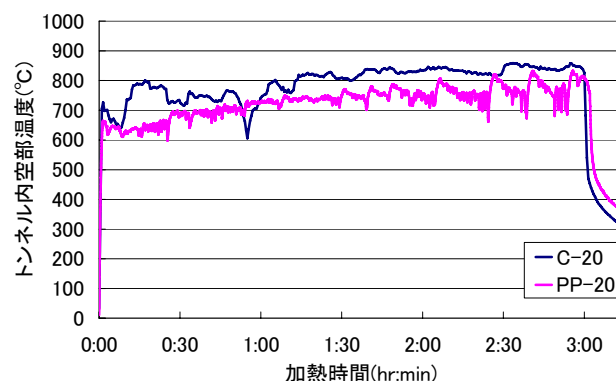


図-3 温度-時間曲線

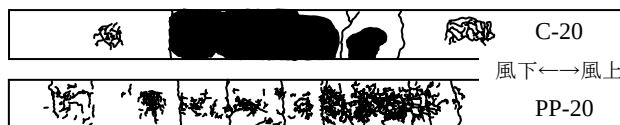
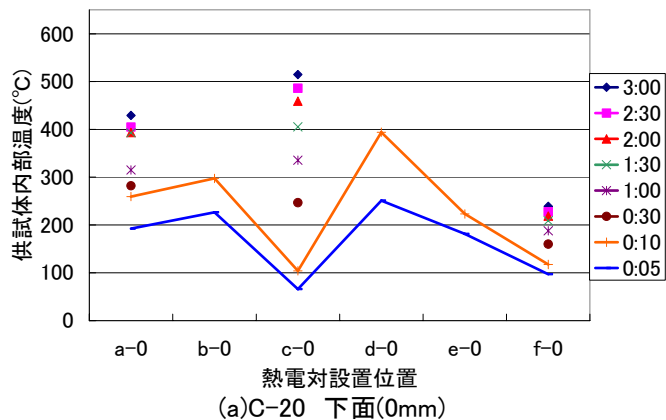
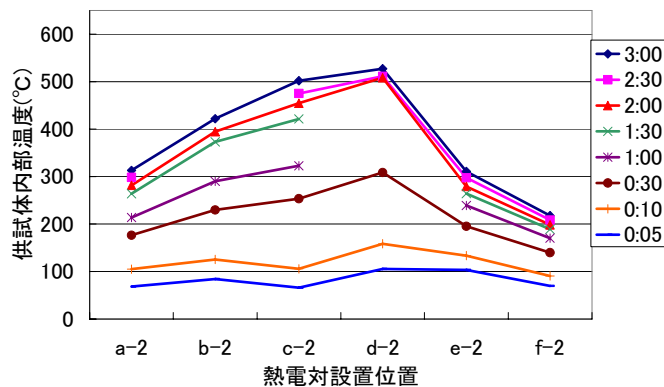


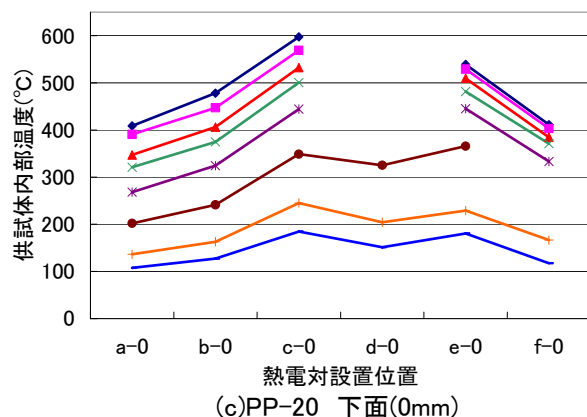
図-4 加熱によるひび割れ



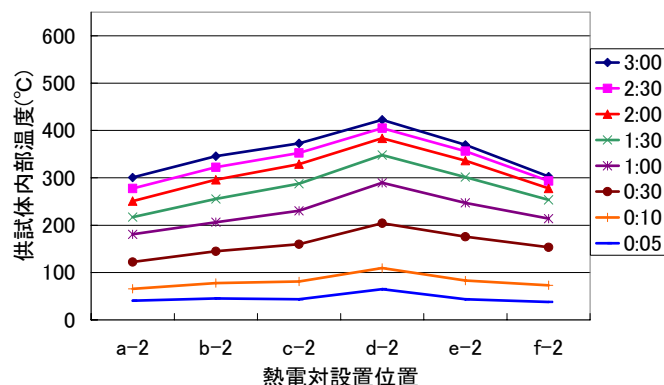
(a)C-20 下面(0mm)



(b)C-20 下面より 20mm 上方



(c)PP-20 下面(0mm)



(d)PP-20 下面より 20mm 上方

図-5 供試体内部温度分布