

1. はじめに

コンクリート構造物は私達の生活の中で非常に身近な存在であり、近年では、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、圧縮強度や弾性係数などの力学的特性が低下することが知られている¹⁾。さらに、受熱温度によっては内部鉄筋の性能低下も生じる。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、鉄筋の受熱温度に着目しながら加熱後の RC はりの破壊性状を検討することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 供試体緒元

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)。その際、有機繊維混入率は 0.2vol%とした。鉄筋の受熱温度を測定するため、RC はり中心付近の鉄筋近傍に K 型熱電対を設置した(図-2 参照)。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。

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-3 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。

2.3 載荷実験

加熱試験より 30 日後に、RC はりの 2 点曲げ載荷試験(載荷スパン 700mm, 純曲げスパン 100mm)を行い、荷重-変位曲線の測定及び諸強度の算定をした。またひび割れの確認を行った。

3. 実験結果

3.1 温度-時間曲線と鉄筋の受熱温度

各シリーズを高温加熱した際の温度-時間曲線を図-4 に示す。加熱終了時の鉄筋受熱温度分布を図-5 に示す。なお、各ケース 2 体ともほぼ同じ結果が得られたので、ここではうち 1 体の結果を示す。加熱終了時点での鉄筋受熱温度は、C-20 で約 580°C, PVA-20 で約 470°C, PP-20 で約 400°C となった。C-20 が他シリーズと比較して受熱温度が高くなった。これは、C-20 のみ爆裂が生じ(詳細は後述)、これにより断面形状が変化したため、鉄筋位置に熱が伝わりやすくなったためと考えられる。一般に 600°C 以下の受熱なら鉄筋の材料特性の変化はないと言われている¹⁾。本実験では、鉄筋の受熱温度が 600°C を超えることがなかったため、鉄筋の材料特性の変化(性能低下)はないものと考えられる。

表-1 示方配合

W/(C+SF) %(シリーズ名)	単位量(kg/m ³)							
	W	C	SF	S	G	F ₁	F ₂	Ad
20(C-20)	108	533	97.6	767	871	-	-	21.8
20(PVA-20)	108	533	97.6	767	871	2.6	-	21.8
20(PP-20)	108	533	97.6	767	871	-	1.82	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 F1:PVA 繊維 F2:PP 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	C-20		PVA-20		PP-20	
	(i)	(ii)	(i)	(ii)	(i)	(ii)
圧縮強度(N/mm ²)	87.9	110	82.8	85.9	85.9	85.9
ヤング係数(kN/mm ²)	39.8	42.6	40.7	41.3	39.8	38.4
含水率(%)	4.96		3.60		3.76	

(i)加熱実験時 (ii)載荷試験時

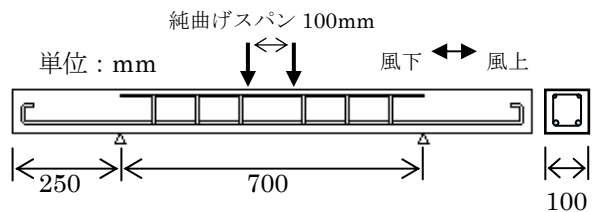


図-1 鉄筋配筋図

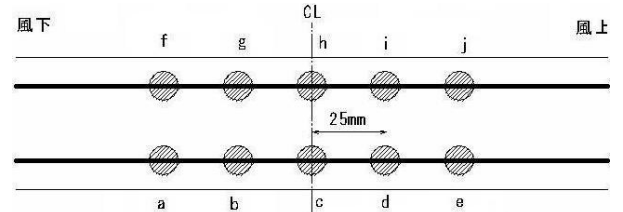


図-2 鉄筋近傍熱電対設置位置

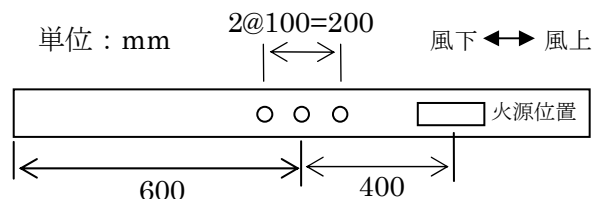


図-3 シース熱電対設置位置

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。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PVA-20・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、急激な加熱により発生した熱応力が原因であると考えられる。図-6に加熱により生じた表面のひび割れ性状を示す。PVA-20とPP-20ではひび割れ性状に大きな違いが見られなかったため、ここではPVA-20のみ掲載する。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。PVA-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。

3. 3 荷重-変位曲線

図-7に載荷試験により得られた荷重-変位曲線を示す。いずれの供試体も鉄筋降伏後は同様の挙動を示した。最大荷重も大きな差は認められなかった。これは3.1節で記述したように、加熱による鉄筋の材料特性の変化がなかったためと考えられる。また、C-20に関しては、爆裂による断面欠損があったものの、最大爆裂深さがかぶりまでであったため、耐力に影響がなかったと考えられる。

4 まとめ

- (1) 高強度 RC はりでは爆裂が発生するが、高強度コンクリートに有機繊維を0.2vol%混入することにより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) 鉄筋の受熱温度が最大で580℃程度であったため、はりの載荷試験では最大荷重に大きな差はなかった。

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, 2002.6
- 2) 羽原和也:高温加熱を受けたコンクリートの内部温度分布とRCはりの爆裂ひび割れ性状, コンクリート工学年次論文集, vol.29, 2007.7



図-6 加熱によるひび割れ

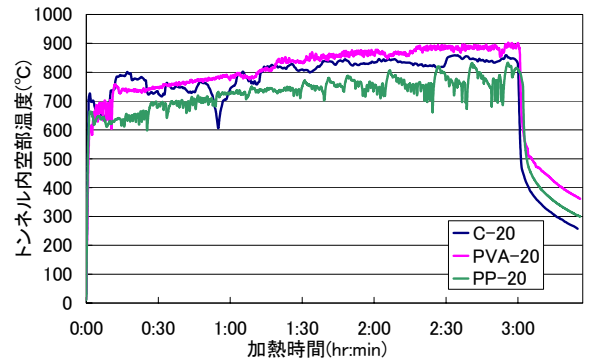


図-4 温度-時間曲線

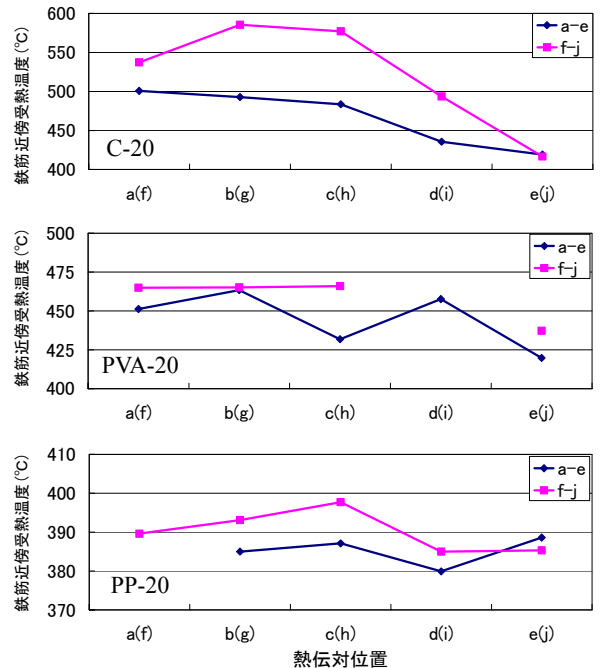


図-5 鉄筋近傍の受熱温度

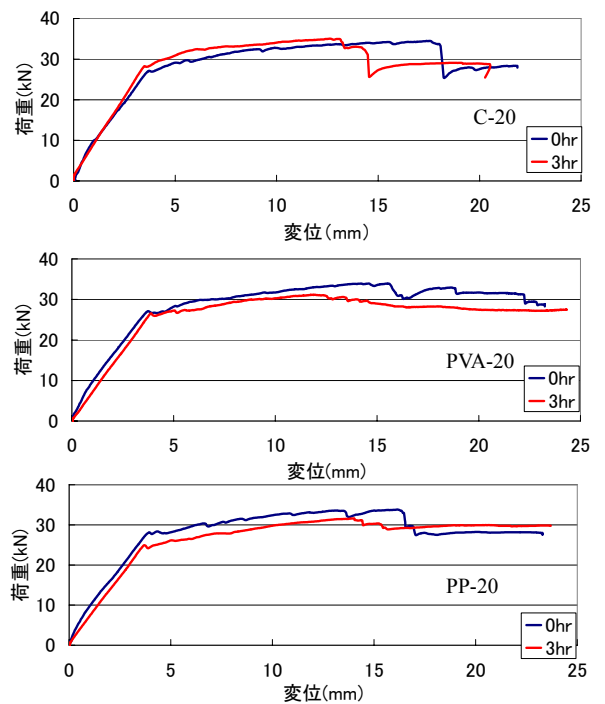


図-7 荷重-変位曲線