

PP 繊維添加コンクリートの加熱時における応力緩和効果に関する実験的検証

太平洋マテリアル(株) 正会員 ○鎌田 亮太 群馬大学 正会員 小澤 満津雄
 同 正会員 坂本 撰 岐阜大学 正会員 内田 裕市
 同 正会員 谷辺 徹 同 正会員 六郷 恵哲

1. はじめに

鉄筋コンクリート造は火災などで急激に高温にさらされた場合に爆裂が生じることがあり、爆裂を防止するためには、合成繊維を混入する方法が有効とされている。これは加熱時に繊維が溶けることによって、コンクリート内に空隙が生じ、爆裂の要因とされる水蒸気圧が抑制されるためだと考えられている。また、合成繊維は加熱を受けるコンクリートの熱応力も緩和し、爆裂発生を抑制しているとも報告されている¹⁾。そこで、本報告ではポリプロピレン (PP) 繊維の応力緩和効果に着目し、これまで筆者らが提案した拘束リング試験法²⁾を用い、PP 繊維添加コンクリートの加熱時における応力緩和効果について実験的に検証した結果を報告する。

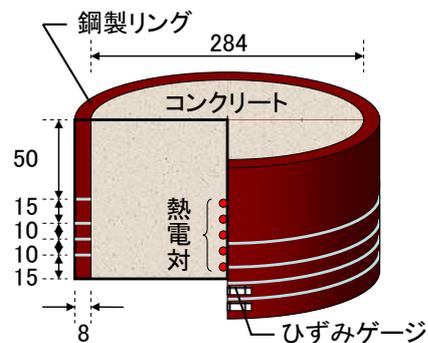


図1 供試体概要

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体概要を図1に示す。本実験では、温度測定用のK型熱電対を設置して充填したコンクリートを5段重ねの鋼製リング(φ300×t8mm)にて全面拘束し、充填するコンクリートはPP 繊維未混入コンクリート(配合N)、PP 繊維(繊維長: 12mm, 繊維径 43μm, 融点 160~170°C)混入コンクリート(配合P)の2種類とした。コンクリートに関する示方配合を表1に、強度特性および加熱試験時の含水率を表2に示す。また、供試体数は各々2体とした。

表1 コンクリートの示方配合

配合	W/C	単位量 (kg/m ³)						
		水	セメント	細骨材	粗骨材 1	粗骨材 2	SP.	PP 繊維
N	0.3	150	500	744	406	611.6	4	—
P	0.3	150	500	744	406	611.6	4	1.82

表2 強度特性および含水率

配合	Fc(MPa)	Ec(GPa)	Ft(MPa)	含水率(%)
N	76.8	43.2	6.6	3.8
P	85.3	42.4	7.0	3.9

(Fc: 圧縮強度, Ec: ヤング係数, Ft: 引張強度)

2.2 加熱条件

加熱条件として、急速加熱条件であるRABT30分(5分で1200°C, 30分まで1200°C保持)加熱を適用した。

3. 実験結果および考察

3.1 爆裂規模

加熱冷却後に供試体の爆裂深さを厚みゲージにて20mmピッチで測定した爆裂深さ分布を図2に示す。爆裂深さはN配合供試体では最大深さは35mmから49mm程度を示し、平均深さは10mmから14mm程度を示した。これに対し、P配合供試体では最大深さは13mmから16mm程度を示し、平均深さは4mm程度を示した。これより、PP 繊維添加により、爆裂は発生するものの、その抑制効果が認められた。

3.2 爆裂深さの経時変化

爆裂開始と終了時間ならびに内部に設置した熱電対(加熱面より10, 20, 30, 40, 50mm位置)の温度変化から爆裂深さの経時変化を求めた結果を図3に示す。全ての供試体において、経過時間3~4分より爆裂が開始した。その後、P配合供試体は経過時間5分程度で深さ10~20mm程度で終了したが、N配合供試体は経過時間7分程度まで爆裂が継続し、深さは35~50mm程度まで増大した。

キーワード コンクリート, 爆裂, 熱応力, 拘束応力

連絡先 〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋マテリアル(株) 開発研究所 TEL043-498-3921

3. 3 コンクリート温度

内部に設置した熱電対にて測定したコンクリート温度を図4に示す。爆裂が発生する経過時間3~5分のN配合供試体とP配合供試体のコンクリート温度上昇に差が見られなかった。このことから、深さ10mmのコンクリート温度がPP繊維の融点(160~170℃)に達する経過時間5分程度までは双方ともに、同様の爆裂が発生したと思われる。

3. 4 拘束応力

コンクリートの拘束応力³⁾を算出するため、鋼製リングにひずみゲージを設置し、鋼製リングのひずみを測定した。なお、測定位置は加熱面から10, 20mmとした。式(1)を用いた拘束応力算出結果を図5, 6に示す。これより、加熱面より10, 20mmそれぞれの位置において、爆裂が発生する経過時間4分程度までは双方とも同様の挙動を示した。その後、N配合供試体の拘束応力は、P配合供試体と比較して、応力上昇が緩やかになった。これは、爆裂による断面欠損が大きくなったためと考えられる。これにより、P配合供試体は加熱初期において、応力緩和効果は認められず、爆裂が発生していることが確認された。PP繊維の応力緩和効果が認められた過去の報告における加熱条件は1℃/分である¹⁾。しかし、実際の火災を想定した急速加熱条件下においては、PP繊維の溶融による応力緩和効果が発揮される前に爆裂が発生したと推察される。

$$\sigma_{restrain} = \varepsilon_0 E_S \frac{t}{R} \quad \dots \text{式 (1)}$$

$\sigma_{restrain}$: 拘束応力, t : リング厚さ, R : リング内半径, ε_0 : リング円周方向ひずみ, E_S : リング材弾性係数

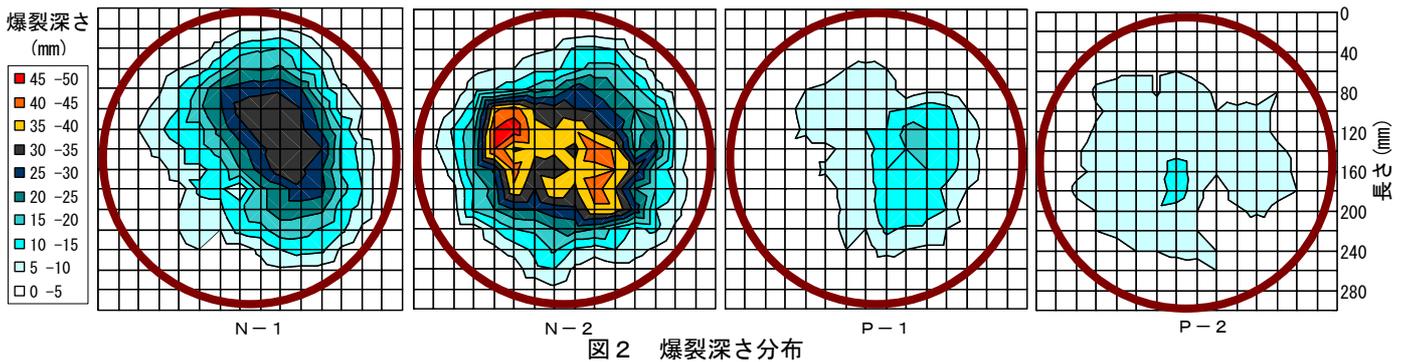


図2 爆裂深さ分布

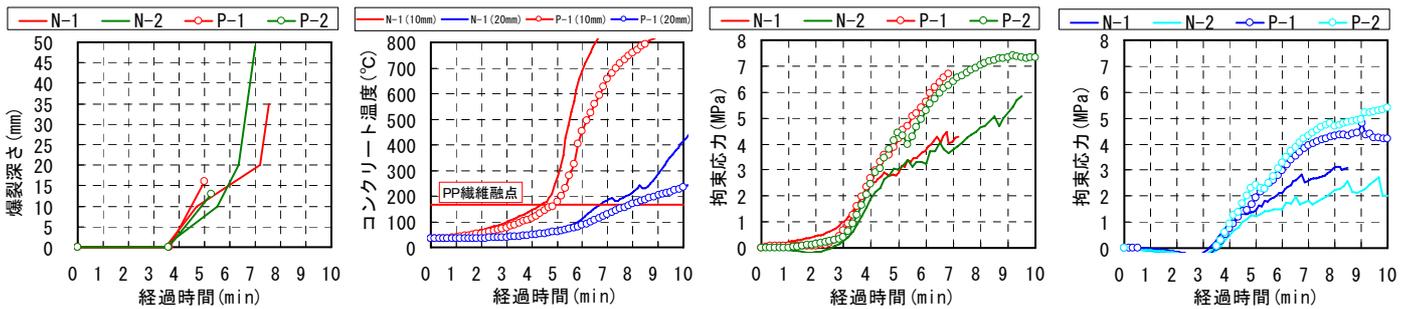


図3 爆裂深さの経時変化

図4 コンクリート温度

図5 拘束応力(深さ10mm)

図6 拘束応力(深さ20mm)

4. まとめ

PP繊維の添加による加熱時の応力緩和効果を実験的に検証した。その結果、PP繊維添加により爆裂規模は抑制されたが、急速加熱条件下の加熱初期において、応力緩和効果が発揮される前に爆裂が発生することが確認された。

参考文献

- 1) 右田ら：高強度コンクリートの高温時力学特性に及ぼすポリプロピレン繊維および水分の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，pp.1126-1131，2012。
- 2) 谷辺ら：拘束リング試験法を適用したコンクリート高温環境下における耐爆裂性に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，pp.1138-1143，2012。
- 3) 辻埜ら：膨張コンクリートの簡易拘束膨張試験方法，コンクリート工学年次論文集，Vol. 33，No. 1，pp. 437-442，2011。