

繊維を混入した Fc80~120N/mm² 高強度 PCa コンクリート部材の 部材強度と耐火性能

技術研究所
技術研究所
技術研究所

中瀬 博一
藤井 和俊
鈴木 雅博

1. はじめに

Fc80N/mm² を超えるような高強度コンクリートでは、火災時における爆裂現象を考慮する必要がある。火災時にコンクリート部材内部の水蒸気圧を低減させる方法として、有機繊維の混入が実用化されている。本実験では、PCa 工場で製造する設計基準強度 80~120N/mm² の超高強度コンクリート部材を対象として、有機繊維を混入したコンクリートのフレッシュ性状、ならびに圧縮強度の確認をおこなった。さらに、繊維を混入したコンクリート部材の耐火性能を実験的に検討した。それらの結果を報告する。

2. 実験概要

(1) 使用材料およびコンクリートの調合

使用材料を表-1 に、コンクリートの調合を表-2 に示す。爆裂防止繊維は、ポリプロピレン(以下 PP)とポリビニールアルコール(以下 PVA)の2種類を使用した。PP の単位混入量は、1.5kg/m³ (W/C15%), 1.0kg/m³ (W/C19%), および 0.5kg/m³ (W/C23%) とし、PVA はいずれの水セメント比でも 3.9kg/m³ とした。フレッシュコンクリートは、荷卸し時(練混ぜから 10 分後)におけるスランプフロー 60±10cm, 空気量 2.0±1.0% を目標値とした。

表-1 使用材料

種類	産地・性質	記号
セメント	シリカフェームセメント:密度 3.08g/cm ³ , 比表面積 5600cm ² /g	—
粗骨材	盛岡産砕石:表乾密度 2.93g/cm ³ , 吸水率 0.39%, 実績率 59.6%	M
細骨材	浜岡産山砂:表乾密度 2.62g/cm ³ , 吸水率 1.44%, 実績率 67.8%	—
混和剤	高性能減水剤(K 社製), 消泡剤(K 社製)	—
繊維	ポリビニールアルコール(PVA):繊維径:100μm, 繊維長:12mm	V
	ポリプロピレン(PP):繊維径:18μm, 繊維長:10mm	P

表-2 コンクリートの調合

呼称	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m ³)				繊維(kg/m ³)	
			W	C	S	G	PVA	PP
M-23-N	23	47.9	155	674	760	926	—	—
M-23-V	23	47.9	155	674	760	926	3.9	—
M-23-P	23	47.9	155	674	760	926	—	0.5
M-19-N	19	43.6	155	816	640	926	—	—
M-19-V	19	43.6	155	816	640	926	3.9	—
M-19-P	19	43.6	155	816	640	926	—	1.0
M-15-N	15	35.4	155	1033	455	926	—	—
M-15-V	15	35.4	155	1033	455	926	3.9	—
M-15-P	15	35.4	155	1033	455	926	—	1.5

(2) コンクリートの製造

コンクリートの製造は、PCa 工場の実機プラントミキサ(強制 2 軸型)により 1 バッチの練混ぜ量を 0.75m³ として行った。ブレンコンクリート練混ぜ後、ミキサに所定量の繊維を投入して 60 秒間練り混ぜた。荷卸し地点でフレッシュ性状を確認後、各部材強度試験体および耐火性能確認試験体の打込みを行った。

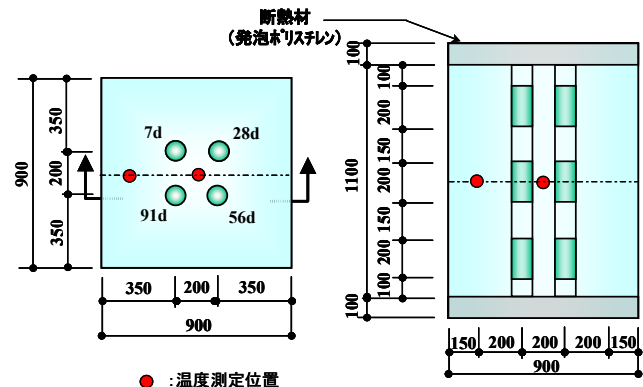


図-1 部材強度試験体

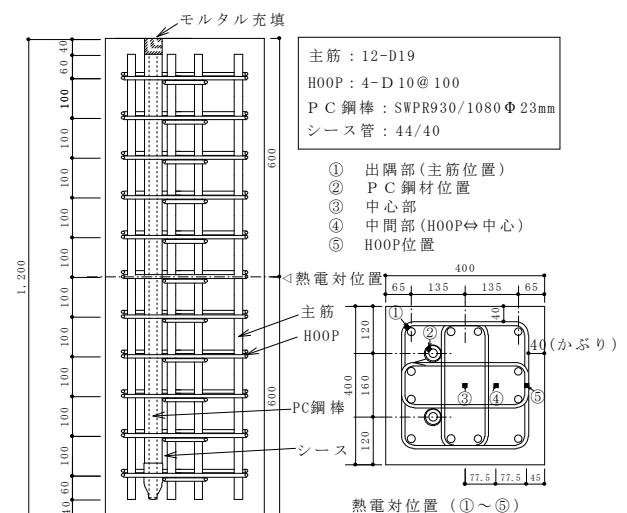


図-2 耐火性能確認試験体

(3) 部材強度試験体および耐火性能確認試験体

部材強度試験体を図-1 に、耐火性能確認試験体を図-2 に示す。耐火性能確認試験体の片側断面は PC 構造を想定し、シース管を打込み PC 鋼材を挿入後グラウトした。

(4) 試験項目

フレッシュコンクリートの試験項目は、スランプフロー、50cm フロー到達時間、空気量およびコンクリート温度とし、荷卸し地点の屋内にて実施した。硬化コンクリートの試験項目は圧縮強度とし、試験方法は当該 JIS に準拠した。

耐火試験は打込みから 5 ヶ月の乾燥期間を置いた後、ISO-834「建築構造部材の耐火試験方法」に規定される標準加熱温度曲線に従って実施した。温度測定は図-2 に示す①~⑤の位置で示す鉄筋温度、PC 鋼材温度、およびコンクリートの内部温度とし、併せて炉内温度の測定も行った。

3. 実験結果および考察

(1) フレッシュコンクリートの性状

繊維を混入したコンクリートのフレッシュ性状は、無混入の場合と同様、各調合において目標通り良好であった。

(2) 強度発現性

コンクリートの材齢と標準養生供試体強度およびコア強度の関係を図-4 に示す。水セメント比 15% のコア強度は、材齢 91 日で 150N/mm² 以上が得られた。材齢 7 日から 91 日におけるコア強度の伸びは、10~14N/mm² を示した。また、繊維の有無および繊維の種類が強度に及ぼす影響は小さかった。

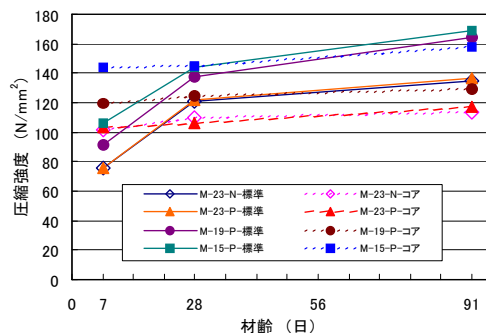


図-4 材齢と標準養生強度およびコア強度の関係

(3) 耐火性能

1) 爆裂状況

耐火試験後の試験体の状況を、写真-1~写真-3 に示す。繊維を混入しない試験体および、PVA 繊維を混入した試験体は加熱開始後7分程度で爆裂が始まり、加熱から 30 分で鉄筋が露出、35 分程度まで爆裂が継続し、HOOP 筋まで露出する結果となった。PP 繊維を混入した各試験体は、いずれの場合も爆裂を防止できたことを確認した。

2) 温度測定結果

各試験体の炉内温度、鉄筋温度、PC 鋼材温度、およびコンクリートの内部温度の測定結果を図-5 に示す。

鉄筋温度(図中①、⑤)は、繊維を混入しない場合および、PVA 繊維を混入した場合は、爆裂による断面欠損が生じたため、加熱開始後、約 30 分から急激に上昇した。一方、PP 繊維を混入した各試験体は、ISO-834 に規定される標準加熱温度曲線に従って行った耐火試験では、爆裂は認められず、鉄筋の温度上昇が緩



写真-1

無混入, W/C23%

写真-2

PVA, W/C15%

写真-3

PP, W/C15%

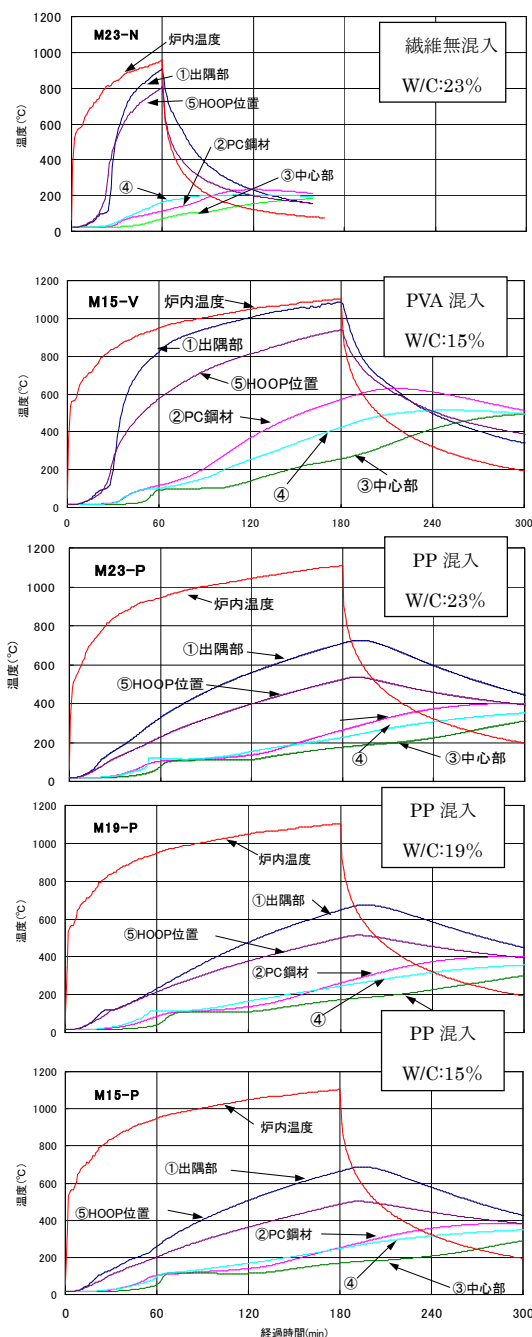


図-5 温度測定結果

やかであり、加熱 3 時間後での鉄筋温度を概ね 500℃以下に抑えることができた。また、プレキャスト部材中の PC 鋼材の最高温度は、400℃以下であることを確認できた。

コンクリートの中心部温度は繊維の混入、無混入にかかわらず、各試験体とも加熱開始後の温度上昇は極めて緩やかであった。

4. まとめ

PP 繊維を混入した設計基準強度 80~120N/mm² の高強度コンクリートを PCa 工場で製造する場合、部材製造上必要な流動性および十分な部材強度が得られることが確認できた。また、PP 繊維を強度レベルに応じて適量混入することで、爆裂を防止できることが確認できた。

Key words : 高強度コンクリート, 耐火性, 部材強度