

シリカフェームプレミックスセメントを用いて製造した超高強度コンクリートの強度性状

太平洋セメント株式会社 正会員 ○谷村 充
同 上 正会員 藤田 仁
同 上 正会員 兵頭 彦次
同 上 石田 聡

1.はじめに

構造物の高層化や長スパン化等の要求に伴い、設計基準強度 100N/mm² 超級の超高強度コンクリートの実用化が進められている。超高強度コンクリート用のセメントに要求される性能は、長期にわたる強度発現性はもちろんのこと、低水セメント比の条件下での良好な流動性を有することなど、より高度化してきている。本報では、比表面積の小さいシリカフェームと低発熱系のセメントを組み合わせる新たに開発されたシリカフェームプレミックスセメント（以下、SFPC）を用い、生コン工場において W/C=13.0～27.0%の（超）高強度コンクリート配合による実機試験を行い、その強度性状について検討した。

2.実験概要

2.1 使用材料，コンクリートの配合および練混ぜ

表-1 および表-2 に使用材料およびコンクリートの配合条件を示す。試験は3工場（A，B，C 社），3シーズン（標準期，夏期，冬期）で実施した。また，コンクリートの練混ぜはモルタルを先行して練り混ぜる方法とした。

2.2 試験項目および試験方法

高強度コンクリートは結合材量が多く、断面の大きい部材に打ち込んだ場合には、水和熱に起因する初期の高温履歴を受け、構造物内のコンクリートの圧縮強度が供試体の圧縮強度より低下する場合があります、この影響を考慮して配合設計を行う必要がある¹⁾。強度性状については、標準水中養生供試体のほかに、構造体内の圧縮強度性状を把握する観点より、簡易断熱養生供試体および模擬柱部材から採取したコア供試体について圧縮強度試験(JIS A 1108)を実施した。図-1 に JASS 5T-704-2005「コア供試体による構造体コンクリート強度の推定方法(案)」²⁾ に準じた模擬柱部材の形状・寸法およびコア採取位置を示す。また、図-2 に JASS 5T-705-2005「簡易断熱養生供試体による構造体コンクリート強度の推定方法(案)」³⁾ に準じた、簡易断熱養生の方法を示す。模擬柱部材およびその他の供試体の作製は、練り上がり直後から A 工場：45 分，B 工場：30 分，C 工場：5 分の時点で行った。標準水中養生および簡易断熱養生の試験材齢は 7,28,56,91 日とした。簡易断熱による養生方法は、材齢 7 まで簡易断熱槽内、それ以降は所定材齢まで現場封かんとした。また、模擬柱部材から採取したコア供試体の試験材齢は 28,56,91 日とし、各材齢において中心部 4 本，外周部 4 本(合計 8 本)を採取した。温度履歴は、模擬部材中心部，簡易断熱養生槽の中心に配置した供試体の中心部および外気温を計測した。

表-1 使用材料

工場	記号	生産者、産地、物理的特性等
共通	セメント	C シリカフェームプレミックスセメント、 密度:3.07g/cm ³ 、比表面積:6190cm ² /g
A	細骨材	S1 市原産山砂 (密度:2.58g/cm ³) S2 鳥形産石灰砕砂 (密度:2.62g/cm ³) 密度:2.60g/cm ³ S1:S2= 50:50 (質量比)
	粗骨材	G 大月市産安山岩砕石 (密度:2.64g/cm ³)
	高性能AE減水剤	SP1 ポリカルボン酸系
	高性能AE減水剤	SP2 ポリカルボン酸系
	高性能減水剤	SP3 ポリカルボン酸系、超高強度コンクリート用
B	細骨材	S 市原万田野産山砂 (密度:2.59g/cm ³)
	粗骨材	G 両神産硬質砂岩 (密度:2.70g/cm ³)
	高性能AE減水剤	SP1 ポリカルボン酸系
	高性能減水剤	SP2 ポリカルボン酸系、超高強度コンクリート用
C	細骨材	S1 千葉県富津市産山砂 (密度:2.59g/cm ³) S2 西多摩郡産石灰砕砂 (密度:2.62g/cm ³) 密度:2.60g/cm ³ S1:S2= 60:40 (質量比)
	粗骨材	G 青梅市産砕石 (2.66g/cm ³)
	高性能減水剤	SP3 ポリカルボン酸系、超高強度コンクリート用

表-2 コンクリートの配合条件

工場	W/C (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m ³)	目標スラン フロー (cm)	目標 空気量 (%)
A	27.0	48.3	155	60±7.5	2.0±1.5
	23.5	47.0		65±7.5	
	20.0	43.5		65±7.5	
	16.5	37.7		70±7.5	
	13.0	28.8		70±7.5	
B	27.0	50.2	155	60±7.5	2.0±1.5
	23.5	48.0		60±7.5	
	20.0	44.5		65±7.5	
	16.5	38.8		70±7.5	
	13.0	27.4		70±7.5	
C	25.0	48.5	155	60±10	2.0±1.5
	20.0	43.9		65±10	
	17.0	39.2		70±10	
	13.0	26.7		70±10	

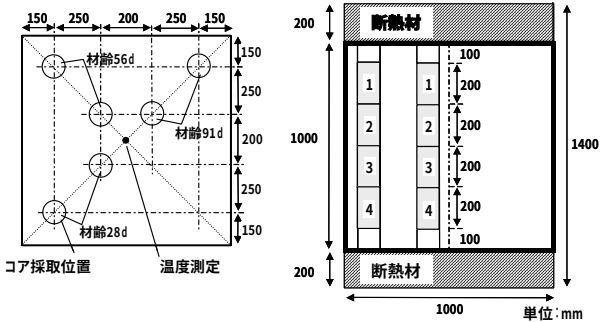


図-1 模擬柱部材の形状・寸法およびコア採取位置

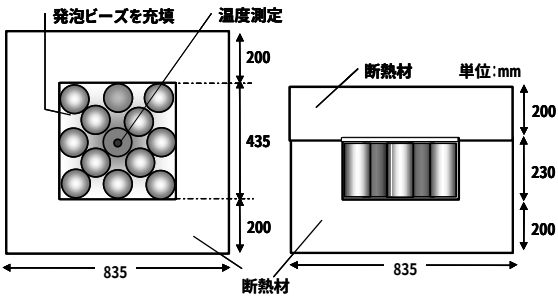


図-2 簡易断熱養生の方法

キーワード：シリカフェームプレミックスセメント，生コン工場，超高強度コンクリート，圧縮強度
連絡先：千葉県佐倉市大作 2-4-2，TEL：043-498-3804，Fax:043-498-3809

3. 試験結果および考察

3.1 温度履歴

表-3 に模擬柱部材中心部および断熱養生供試体中心部のコンクリートの最高温度および温度上昇量を示す。また、図-3 に断熱養生と模擬柱部材の最高温度の関係を示す。簡易断熱養生における最高温度は試験時期やW/Cによらず模擬柱部材より10℃程度低い傾向が認められる。

3.2 強度発現特性

図-4 に一例として標準期・W/C=20%の圧縮強度と材齢の関係を示す。また、図-5 にC/Wと材齢28日標準養生強度および材齢91日コア強度の関係を示す。SFPCを用いたコンクリートは高温履歴を受ける場合も良好な長期強度発現性を有し、W/C=13%においても強度が頭打ちになる現象は認められず、150N/mm²以上の圧縮強度が得られている。また、図-5 には参考として、既往の報告⁴⁾に示されているシリカフェーム混合セメントの関係式を併記しているが、これとの比較からもSFPCは優れた強度発現性能を有している。

図-6 に材齢91日における断熱養生強度とコア強度の関係を示す。幾分ばらつきは認められるものの、概ね1:1の関係となっており、さらにデータを蓄積すれば、配合設計や強度管理において簡易断熱養生強度を活用することも可能になるものと思われる。

表-3 供試体の最高温度および温度上昇量

工場	W/C (%)	標準期				夏期				冬期			
		模擬部材		断熱養生		模擬部材		断熱養生		模擬部材		断熱養生	
		max	ΔT	max	ΔT	max	ΔT	max	ΔT	max	ΔT	max	ΔT
A	13.0	77.7	50.9	67.7	42.8	87.3	54.2	80.0	46.4	60.9	45.1	45.0	30.5
	16.5	75.2	48.6	65.1	41.8	85.4	50.9	77.5	44.6	57.9	43.9	47.0	32.8
	20.0	70.0	45.1	62.8	38.0	82.7	43.8	76.6	33.8	49.2	36.1	41.8	28.9
	23.5	65.4	42.1	55.6	32.7	76.5	46.9	70.9	25.1	42.5	31.0	38.0	26.5
	27.0	59.7	36.9	49.8	26.3	71.8	34.2	63.7	26.6	37.8	26.7	32.1	21.1
B	13.0	79.1	50.7	69.7	43.9	92.8	53.0	81.6	45.1	67.3	49.1	58.1	48.7
	16.5	76.5	49.7	68.2	43.7	91.0	53.6	82.8	47.0	64.0	47.9	54.9	39.5
	20.0	71.5	45.7	63.4	38.8	85.6	49.3	76.5	41.9	57.8	42.8	45.8	31.6
	23.5	66.3	41.1	57.8	34.9	81.3	44.7	72.7	38.0	47.1	34.0	40.9	31.1
	27.0	57.6	35.1	50.7	29.3	76.6	40.2	68.0	34.4	43.5	30.3	36.3	23.9
C	13.0	88.2	59.3	82.4	54.0	96.0	63.2	85.1	53.1	69.7	52.5	64.4	48.4
	17.0	82.5	52.1	77.1	46.9	88.0	56.9	79.8	49.2	62.1	46.9	55.4	40.8
	20.0	77.3	48.5	72.2	43.5	86.5	55.6	77.0	46.8	56.0	41.3	54.0	39.7
	25.0	72.1	44.2	66.6	39.0	73.3	43.7	66.7	37.6	46.3	33.2	45.3	32.1

ΔT: 温度上昇量

単位: °C

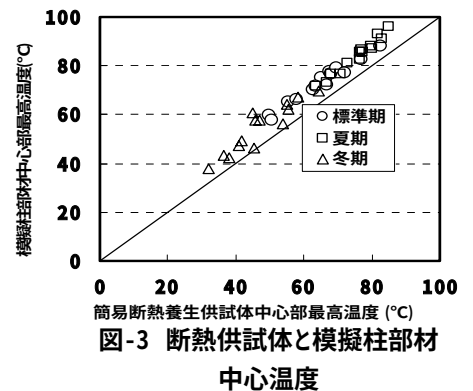


図-3 断熱供試体と模擬柱部材

中心温度

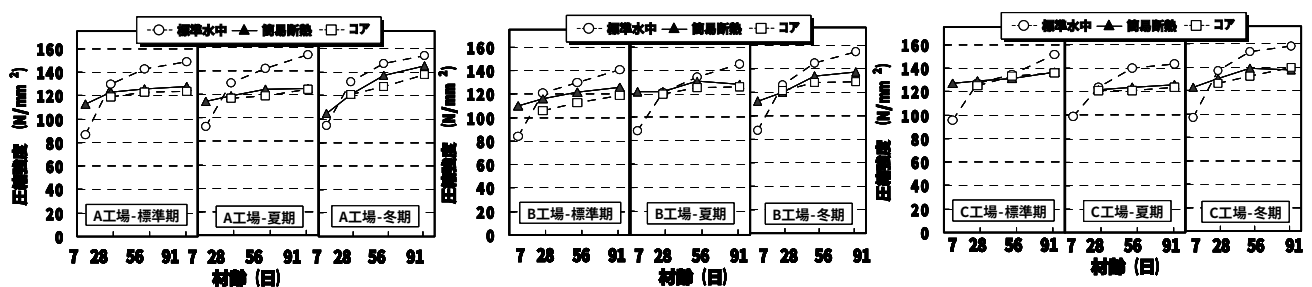


図-4 圧縮強度 (W/C=20%)

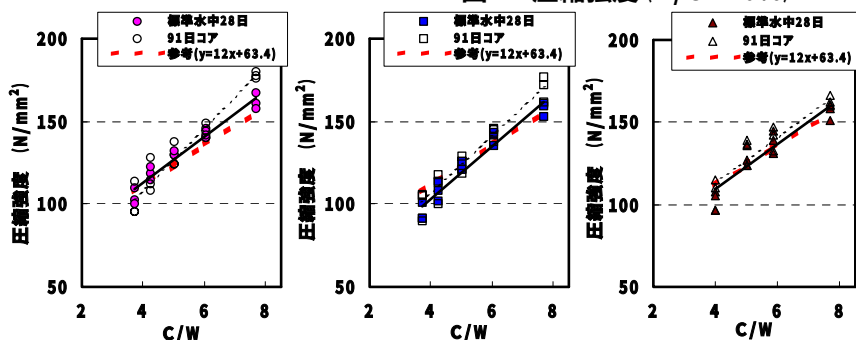


図-5 C/Wと圧縮強度の関係

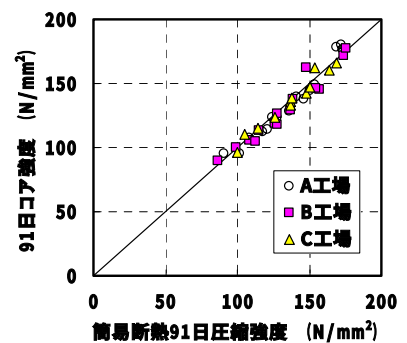


図-6 簡易断熱養生とコア強度の関係

4. まとめ

SFPCを用い、W/C=13~27%とした(超)高強度コンクリートの実機試験より、強度性状について以下の知見が得られた。

- 1) 高温履歴を受ける場合も良好な長期強度発現性を有し、W/C=13%の場合も強度が頭打ちする現象は認められなかった。
- 2) 設計基準強度100~120N/mm²級はもとより、さらに高い強度レベルの超高強度コンクリートへの適用の可能性が確認された。

【参考文献】

- 1) 土木学会：2007年度制定コンクリート標準示方書[施工編]，PP.278-281
- 2) 日本建築学会：高強度コンクリートの施工指針(案)・同解説，PP.226-227，2005
- 3) 日本建築学会：高強度コンクリートの施工指針(案)・同解説，PP.228-230，2005
- 4) 日本建築学会：高強度コンクリートの施工指針(案)・同解説，PP.108-110，2005