

## 報告・ノート

# シリカフェームプレミックスセメントを用いた 超高強度コンクリートの基本性状

## Properties of Ultra-High-Strength Concrete Using Silica Fume-Premixed Cement

石田 聡\*, 松本 健一\*\*,  
谷村 充\*

ISHIDA, Satoru\*; MATSUMOTO, Kenichi\*\*;  
TANIMURA, Makoto\*

### 要 旨

設計基準強度 100 ~ 120N/mm<sup>2</sup>級の超高強度コンクリート向けのセメントとして、シリカフェームをプレミックスしたセメント(以下、シリカフェームプレミックスセメントまたはSFPC<sup>®</sup>)を開発した。本報告では、SFPC<sup>®</sup>を用いた超高強度コンクリートの基本性状として、フレッシュ性状、強度性状、耐久性に関する各種の試験結果を示す。また、生コン工場においてSFPC<sup>®</sup>を用いた超高強度コンクリートの実機試験を行い、コンクリートの流動性および模擬柱部材より採取したコア供試体の強度(構造体コンクリート強度)を確認した結果を示す。

**キーワード:** シリカフェームプレミックスセメント, 超高強度コンクリート, フレッシュ性状, 強度性状, 耐久性性状, 構造体コンクリート強度, 生コン工場

\* 中央研究所 技術企画部 TBCチーム TBC Team, Research & Development Center

\*\* 中央研究所 技術企画部 CSチーム CS Team, Research & Development Center

## ABSTRACT

Silica fume-premix cement (SFPC<sup>®</sup>), which enables to manufacture ultra-high-strength concrete (UHSC) with design strength of 100 N/mm<sup>2</sup> over, has been newly developed July 2006. This report shows the experimental results regarding fresh properties, strength properties, and durability of SFPC<sup>®</sup>-used concrete with water-to-binder-ratio of 0.13-0.27. This report also demonstrates fluidity of fresh concrete and strength of concrete in structure of SFPC<sup>®</sup>-UHSC, produced at ready-mixed concrete plant practically.

**Keywords :** Silica fume-premix cement, Ultra-high-strength concrete, Fresh properties, Strength properties, Durability, Strength of concrete in structure, Ready-mixed concrete plant

### 1. はじめに

RC構造物の超高層化, 軽量化・薄肉化, 長スパン化が指向されるなか, コンクリートの高強度化が急速に進んでいる. 超高層RCの需要が旺盛な大都市圏では, 設計基準強度 60~80N/mm<sup>2</sup>級の高強度コンクリートは既に一般化され, 最近では設計基準強度 100~120N/mm<sup>2</sup>級の超高強度コンクリートの実用化が進められている. これに伴い超高強度コンクリート用のセメントに要求される性能についても, 長期に亘る強度発現性はもちろんのこと, 超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, より高度化してきた.

一般的に用いられている設計基準強度とセメント種類との関係はFig.1のとおりであり, 低発熱系のポルトランドセメントは, その良好な流動性と長期強度発現性により設計基準強度 80~90N/mm<sup>2</sup>程度ま

で適用されているが, これを上回る強度領域では, シリカフュームの使用が効果的である. 新しく超高強度コンクリート向けに開発したセメントは, 基材セメントに低発熱系のポルトランドセメントを用い, シリカフュームをプレミックスしている点では従来の技術と同じであるが, 基材セメントの鉱物組成を最適化するとともに, 従来の一般的なシリカフューム(BET法による比表面積が20m<sup>2</sup>/g程度)に比べて比表面積の小さなシリカフュームを用いている点に特徴がある.

本報告では, SFPC<sup>®</sup>を用いた超高強度調(配)合コンクリートの基本性状として, フレッシュ性状, 強度性状, 耐久性状に関する各種の試験結果を示す. また, 生コン工場においてSFPC<sup>®</sup>を用いた超高強度コンクリートの実機試験を行い, コンクリートの製造性および模擬柱部材より採取したコア供試体の強度(構造体コンクリート強度)を確認した結果を示す.

### 2. SFPC<sup>®</sup>を用いた超高強度コンクリートの基本性状

試験室内において, SFPC<sup>®</sup>を用いた超高強度コンクリートのフレッシュ性状, 強度性状, 耐久性状について基礎的な検討を行った.

#### 2.1 試験概要

##### (1) 使用材料

試験に用いた材料をTable 1に示す. また, JASS 5T-701-2005「高強度コンクリート用セメントの品質

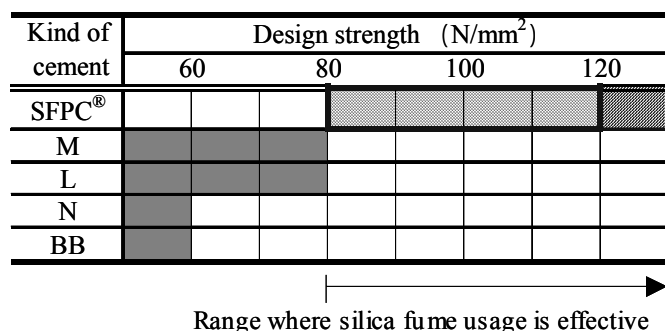


Fig. 1 Example of relation between kind of cement and design strength  
(セメント種類と設計基準強度の対応例)

基準(案)」<sup>1)</sup>に準じて行った SFPC<sup>®</sup> の試験結果を Table 2 に示す。SFPC<sup>®</sup> はすべての品質規定値を満足するものとなっている。骨材は細骨材に静岡県菊川市河東産山砂, 粗骨材に茨城県西茨城郡岩瀬産碎石 2005, 化学混和剤は, ポリカルボン酸系化合物を主成分とする高性能 (AE) 減水剤を使用した。

### (2) コンクリートの調(配)合

コンクリートの調(配)合条件および調(配)合を Table 3 に示す。W/C は 13.0 ~ 27.0% の範囲で 5 水準とした。コンクリートの練混ぜは, 水平二軸形強制練りミキサを用い, 細骨材とセメントを 30 秒間練り混ぜた後, 水 (混和剤を含む) を投入して 60 ~ 240 秒間練り混ぜ, その後に粗骨材を投入し 60 ~ 90 秒間練り混ぜて製造した。W/C ごとのコンクリートの練混ぜ時間を Table 4 に示す。

### (3) 試験項目および試験方法

実施した試験項目, 試験方法および試験水準を Table 5 に示す。

フレッシュコンクリートの試験は, スランプフロー, 50cm フローの到達時間および空気量を測定した。また, コンクリートの凝結時間および断熱温度上昇試験を実施した。

強度性状については, 標準養生に加え, 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)」<sup>1)</sup> に準じた方法により, 簡易断熱養生下の圧縮強度を確認した。簡易断熱養生槽の形状および供試体の配置方法を Fig. 2 に示す。

耐久性については, 自己収縮, 乾燥収縮, 凍結融解および促進中性化試験を実施した。

Table 1 Constituent materials of concrete  
(コンクリートの使用材料)

Material	Symbol	Properties of material
Cement	C	Silica fume-premix cement (SFPC <sup>®</sup> ) Density: 3.07g/cm <sup>3</sup> , Specific surface area: 6160cm <sup>2</sup> /g
Fine aggregate	S	Pit sand (Kato) Specific density: 2.61g/cm <sup>3</sup> , Water absorption: 1.66%, F.M.: 2.88
Coarse aggregate	G	Sandstone crashed stone (Iwase) Specific density: 2.64g/cm <sup>3</sup> , Water absorption: 0.67%, F.M.: 6.74
Admixture	SP	Air-entraining and high-range water-reducing admixture: Polycarboxylate type High-range water-reducing admixture: Polycarboxylate type

Table 2 Example of physical characteristic of SFPC<sup>®</sup> according to JASS 5T-701-2005  
(JASS 5T-701-2005 による SFPC<sup>®</sup> の物理的性質の例)

Quality item	Test result	Specified value of JASS 5T-701
Mortar flow loss over at 60 minutes (mm)	17	100 or below
Time of setting by penetration resistance	Initial setting (h-min)	10-25
	Final setting (h-min)	12-40
Compressive strength (N/mm <sup>2</sup> )	7days	73
	28days	113
	91days	134

Table 3 Mix proportion of concrete  
(コンクリートの調(配)合)

W/C (%)	S/a (%)	Unit content (kg/m <sup>3</sup> )				Required slump flow (cm)	Required air content (%)
		W	C	S	G		
13.0	29.9	150	1154	354	840	70 ± 7.5	2.0 or below
16.5	38.6	155	939	523	840	65 ± 7.5	
20.0	44.4	155	775	663	840	65 ± 7.5	
23.5	47.8	155	660	761	840	65 ± 7.5	
27.0	49.2	160	593	805	840	60 ± 7.5	

Table 4 Mixing time of concrete  
(コンクリートの練混ぜ時間)

W/C (%)	Mixing time (sec)	
	Mortar	Concrete
13.0	240	90
16.5	120	90
20.0	90	90
23.5	60	60
27.0	60	60

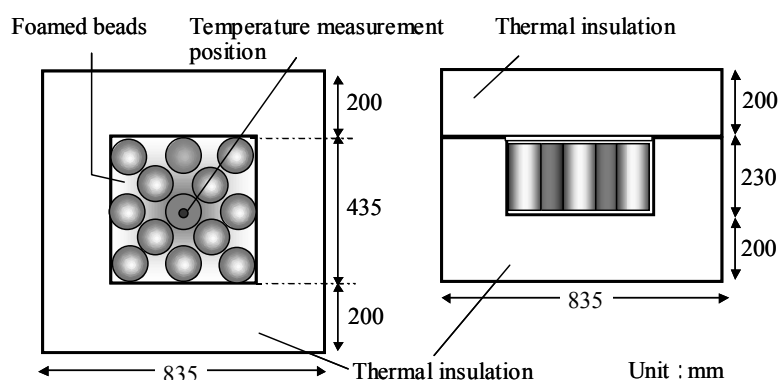


Fig. 2 Method of simplified-adiabatic curing (JASS 5T-705-2005)  
(簡易断熱養生の方法)

Table 5 Test item and method of concrete  
(コンクリートの試験項目と方法)

Test item		Test method	Remarks column
Property of fresh concrete	Slump flow	JIS A 1150	
	50cm-flow time	JIS A 1150	
	Air content	JIS A 1128	
	Temperature of fresh concrete	JIS A 1156	
	Time of setting	JIS A 1147	
	Adiabatic temperature rise	JCI-SQA3	Age:14days
Property of strength	Compressive strength (Standard curing)	JIS A 1108	Age of measurement: 1, 3, 7, 28, 56, 91days
	Compressive strength (Simplified-adiabatic curing)	JASS 5T-705 JIS A 1108	
	Static modulus of elasticity	JIS A 1149	Age of measurement:7, 28days
	Temperature history	Thermocouple	Simplified-adiabatic curing specimen (Center part)
Durability	Autogeneous shrinkage <sup>*)</sup>	JCI-SAS-2	Method by embedded strain gauge
	Drying shrinkage <sup>*)</sup>	JIS A 1129-1	Measurement period: 26 weeks
	Freezing and thawing	JIS A 1148	
	Accelerated carbonation	JIS A 1153	Measurement period: 52 weeks

<sup>\*)</sup> Measurement condition: Temperature:20 ± 3 , Relative humidity:60 ± 5%

## 2.2 試験結果

### (1) フレッシュコンクリート性状および凝結時間

フレッシュコンクリートの試験結果を Table 6 に示す。超高強度の調(配)合であることを勘案すれば、比較的少ない混和剤添加率 ( $C \times \%$ ) で目標のスランプフローが得られている。W/C=13.0%の超低水セメント比においても、混和剤添加率を大幅に増やすことなく良好な流動性が確保できている。コンクリー

トの粘性については、50cmフロー到達時間がW/C=16.5%までは10秒以下、W/C=13.0%で20秒程度であり、十分な作業性を有していると判断できる。凝結時間は、混和剤の使用量にも依存するが、大幅な凝結遅延は認められず、実用的な範囲に収まっている。

### (2) 強度性状

圧縮強度試験の結果を Table 7 に示す。また、セ

Table 6 Experimental results of fresh concrete  
(フレッシュコンクリートの試験結果)

W/C (%)	SP ( $C \times \%$ )	Slump flow value (cm)	50cm-flow time (sec)	Air content (%)	Setting (h-min)	
					Initial	Final
13.0	1.30	71.0	20.2	1.4	13-15	17-15
16.5	0.90	76.0	8.4	0.8	11-10	13-50
20.0	1.25	67.5	9.9	1.2	15-00	17-40
23.5	1.00	67.0	9.1	1.4	11-20	13-30
27.0	1.10	66.0	7.3	0.8	13-30	15-50

Table 7 Experimental results of compressive strength  
(圧縮強度試験結果)

W/C (%)	Compressive strength ( $N/mm^2$ )											
	Standard curing						Simplified-adiabatic curing					
	1day	3days	7days	28days	56days	91days	1day	3days	7days	28days	56days	91days
13.0	19.6	112	131	171	188	195	72.6	162	164	166	169	172
16.5	28.6	93.6	112	149	162	174	63.0	137	141	145	149	151
20.0	13.1	74.3	88.5	131	150	160	40.6	117	120	125	131	133
23.5	23.3	54.3	74.4	118	139	148	47.0	100	108	115	118	120
27.0	13.1	46.2	64.4	104	120	136	26.3	79.9	85.9	96.1	99.2	104

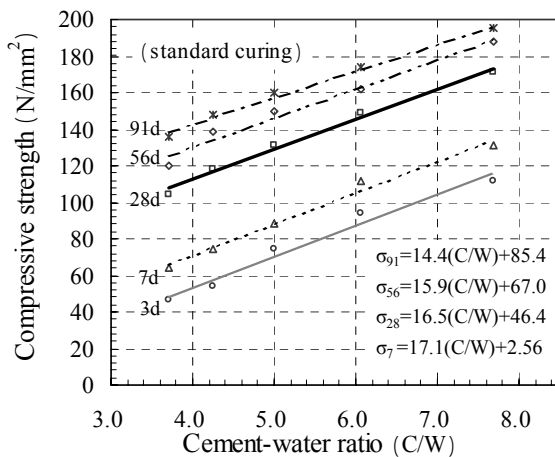


Fig. 3 Relation between cement-water ratio and compressive strength  
(セメント水比と圧縮強度の関係)

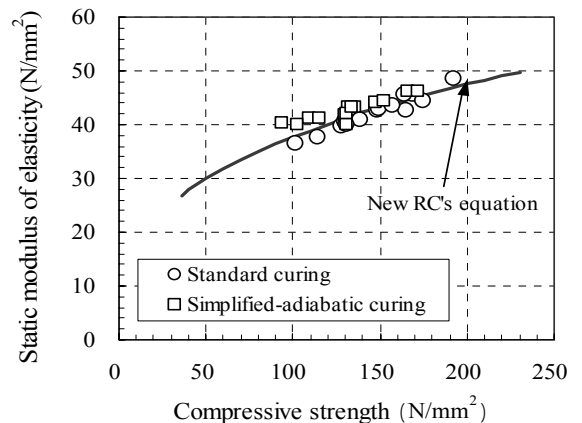


Fig. 4 Relation between compressive strength and static modulus of elasticity  
(圧縮強度と静弾性係数の関係)

メント水比と圧縮強度の関係を Fig.3 に示す. 標準養生供試体は, 長期材齢まで良好な強度発現性を有している. また, 簡易断熱養生供試体は水セメント比に応じて, 高温履歴 ( $W/C=13.0, 16.5, 20.0, 23.5, 27.0\%$  において, それぞれ最高温度:  $75.0, 73.4, 68.5, 63.5, 58.9$ ) を受けているが, 長期材齢まで強度の増進を確認できる. 圧縮強度と静弾性係数の関係を Fig.4 に示す. 圧縮強度と静弾性係数の関係は, 日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」<sup>2)</sup> に採用されている New RC 式により概ねよく表わしている.

(3) 断熱温度上昇

断熱温度上昇試験の結果を Fig.5 に示す. 単位セメント量  $593 \sim 1154 \text{ kg/m}^3$  ( $W/C=27.0 \sim 13.0\%$ ) における断熱温度上昇量は  $60.6 \sim 79.1$  となった.

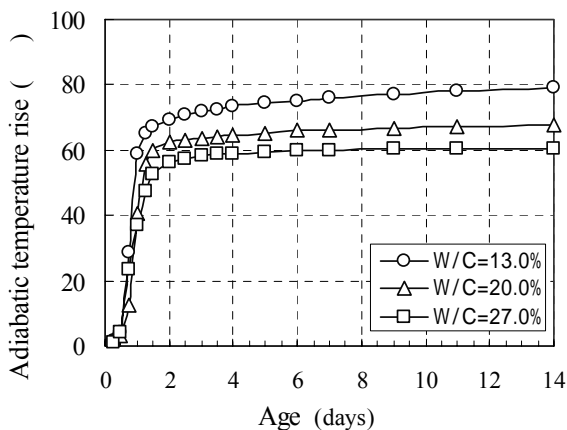


Fig. 5 Measurement results of adiabatic temperature rise (断熱温度上昇量の測定結果)

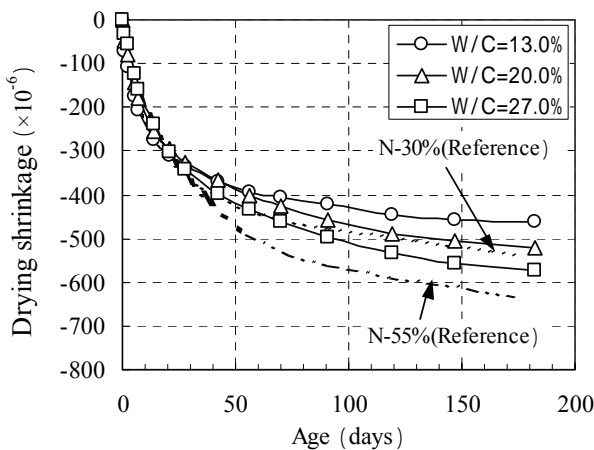


Fig. 7 Measurement results of drying shrinkage (乾燥収縮ひずみの測定結果)

(4) 耐久性状

(a) 自己収縮

自己収縮ひずみの測定結果を Fig.6 に示す. 自己収縮ひずみは,  $W/C=13.0 \sim 27.0\%$  の範囲で  $557 \sim 247 \times 10^{-6}$  となった. 参考として図に併記した, 普通または低熱ポルトランドセメントに比表面積  $20 \text{ m}^2/\text{g}$  程度のシリカフュームを用いたセメントと比較した場合, SFPC<sup>®</sup> の自己収縮ひずみは相対的に小さい傾向が認められる.

(b) 乾燥収縮

乾燥収縮ひずみの測定結果を Fig.7 に示す. 材齢 182 日 (26 週) における乾燥収縮ひずみの大きさは,  $W/C=13.0 \sim 27.0\%$  の範囲で  $461 \sim 573 \times 10^{-6}$  であり, 参考として示した  $W/C=30\%$  の一般的な高強度コンクリートと同程度であり,  $W/C=55\%$  の普通強度のコン

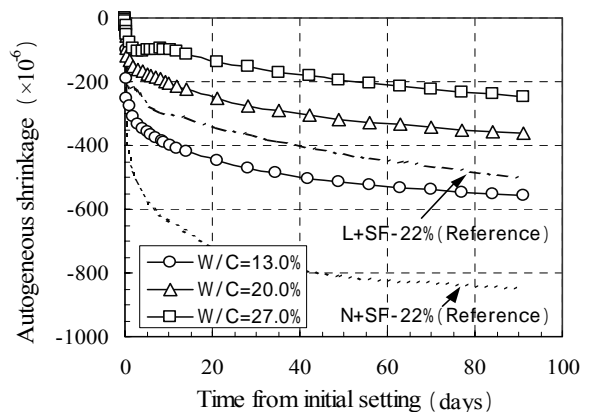


Fig. 6 Measurement results of autogeneous shrinkage (自己収縮ひずみの測定結果)

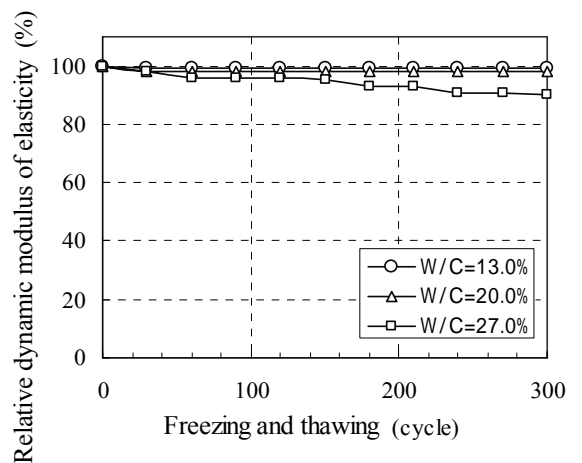


Fig. 8 Test results of freezing and thawing (凍結融解試験結果)

クリートより若干小さくなる傾向が認められる。

### (c) 凍結融解

相対動弾性係数と凍結融解サイクル数の関係を Fig.8 に示す。300 サイクル時の相対動弾性係数は、90% 以上であり、良好な凍結融解に対する抵抗性が認められる。超高強度コンクリートは、空気量が少ない条件であっても良好な凍結融解抵抗性を有することが改めて確認できる。

### (d) 促進中性化

W/C=20% における材齢 1 年の促進中性化深さは 0.0mm であり、中性化の兆候は認められない。

## 3. SFPC<sup>®</sup>を用いた実機製造

生コン工場 (A, B, C の 3 工場) において、SFPC<sup>®</sup> を用いた超高強度コンクリートの 3 シーズン (標準期, 夏期, 冬期) の実機試験を行い、コンクリートの製

造性および強度性状、特に模擬柱部材より採取したコア供試体の強度 (構造体コンクリート強度) について検討した。

### 3.1 試験概要

#### (1) 使用材料

各生コン工場での使用材料を Table 8 に示す。セメント以外は、各生コン工場において超高強度コンクリート用として通常使用している材料を用いた。なお高性能 (AE) 減水剤の種類、銘柄は、生コン工場での実績と、コンクリートの流動性、粘性およびスランプ保持性などを勘案して適切に選定した。

#### (2) コンクリートの調(配)合・製造

コンクリートの調(配)合条件および調(配)合を Table 9 に示す。水セメント比は A および B 工場が W/C=13.0 ~ 27.0% の範囲で 5 水準、C 工場が W/C=13.0 ~ 25.0% の範囲で 4 水準とした。コンクリートの練混ぜはモルタル先行練りによる方法とし、

Table 8 Constituent materials of each ready-mixed concrete plant (各生コン工場の使用材料)

Plant	Material	Symbol	Properties of material
Common	Cement	C	Silica fume-premix cement Density:3.07g/cm <sup>3</sup> Specific surface area:6190cm <sup>2</sup> /g
A	Fine aggregate	S1	Pit sand (Ichihara) Specific density:2.58g/cm <sup>3</sup>
		S2	Crushed sand of limestone (Torigata) Specific density:2.62g/cm <sup>3</sup>
		S1:S2= 50:50 (Mass ratio) Specific density:2.60g/cm <sup>3</sup>	
	Coarse aggregate	G	Crushed stone of andesite (Otsuki) Specific density:2.64g/cm <sup>3</sup>
	Air-entraining and high-range water-reducing admixture	SP1a	Polycarboxylate type
		SP2a	Polycarboxylate type
high-range water-reducing admixture	SP3a	Polycarboxylate type (For ultra-high-strength concrete)	
B	Fine aggregate	S	Pit sand (Ichihara) Specific density:2.59g/cm <sup>3</sup>
	Coarse aggregate	G	Crushed stone of hard sandstone (Ryugami) Specific density:2.70g/cm <sup>3</sup>
	Air-entraining and high-range water-reducing admixture	SP1b	Polycarboxylate type
	high-range water-reducing admixture	SP2b	Polycarboxylate type
SP3b		(For ultra -high-strength concrete)	
C	Fine aggregate	S1	Pit sand (Futtsu) Specific density:2.59g/cm <sup>3</sup>
		S2	Crushed sand of limestone (Nishitama) Specific density:2.62g/cm <sup>3</sup>
		S1:S2= 60:40(Mass ratio) Density:2.60g/cm <sup>3</sup>	
	Coarse aggregate	G	Crushed stone of hard sandstone (Ome) Specific density:2.66g/cm <sup>3</sup>
high-range water-reducing admixture	SP1c	Polycarboxylate type (For super-high-strength concrete)	

Table 9 Mix proportion of concrete  
(コンクリートの調(配)合)

Plant	Water cement ratio (%)	s/a (%)	Bulk volume of coarse aggregate (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Unit content (kg/m <sup>3</sup> )				Required slump flow (cm)	Required air content (%)
				W	C	S	G		
A	13.0	28.8	0.52	155	1193	328	824	70±7.5	2.0±1.5
	16.5	37.7	0.54		940	510	856	70±7.5	
	20.0	43.5	0.54		775	650	856	65±7.5	
	23.5	47.0	0.54		660	746	856	65±7.5	
	27.0	48.3	0.55		574	804	872	60±7.5	
B	13.0	27.4	0.530	155	1192	311	859	70±7.5	2.0±1.5
	16.5	38.8			939	523		70±7.5	
	20.0	44.5			775	660		65±7.5	
	23.5	48.0			660	759		60±7.5	
	27.0	50.2			574	831		60±7.5	
C	13.0	26.7	0.535	155	1192	304	855	70±10	2.0±1.5
	17.0	39.2			912	540		70±10	
	20.0	43.9			775	655		65±10	
	25.0	48.5			620	786		60±10	

Table 10 Mixing time of concrete  
(コンクリートの練混ぜ時間)

Plant	W/C (%)	Mixing time (sec)	
		Mortar	Concrete
A	13.0	180	90
	16.5	90	90
	20.0	60	60
	23.5	60	60
	27.0	60	60
B	13.0	300	180
	16.5	150	150
	20.0	120	120
	23.5	90	120
	27.0	60	90
C*)	13.0	150	180
	17.0	90	120
	20.0	60	120
	25.0	60	60

\*) Dry mixing(C+S):10sec

練混ぜ時間は、目視およびミキサの負荷電流によるスランプモニターを参考にして設定した。各生コン工場ごとの練混ぜ時間をTable 10に示す。

なお、シリカフュームを混合した超高強度用のセメントは、セメントサイロなどへの圧送や計量器またはミキサへの投入時にセメントの閉塞を起こしやすく、補助圧送設備やノッカーなどの特別な装置や配慮が必要とされる場合が多い。しかし、SFPC®は

粉体としての流動性にも優れるため、本実機試験の範囲において、製造上の特別な設備(材料のサイロ数は別)などを増設することなく閉塞トラブルの発生を抑制し、通常の高強度コンクリートの延長上で製造可能なことが確認できた。

### (3) 試験項目および試験方法

コンクリートのフレッシュ性状は、スランプフロー、50cmフロー到達時間および空気量試験を実施した。試験は室内試験に示す方法と同様(Table 5)とした。また、JSCE-F 512-1999「高流動コンクリートの漏斗を用いた流下試験方法(案)」<sup>3)</sup>に準じ、O漏斗による流下時間を測定した。測定は、製造時(練上り5分後)および現場着時(A工場は45分、B工場は30分)を想定して実施した。またW/C=20.0%では、経時120分までのフレッシュ性状を確認した。

強度性状は、標準養生供試体、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を実施した。簡易断熱養生の方法は室内試験時と同様(Fig.2)とした。模擬柱部材の製作は、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)」<sup>1)</sup>に準じ、形状を1000×1000×高さ1000mmとし、上下面を厚さ200mmの断熱材で覆ったものとした。模擬柱部材の形状・寸法、コア採取位置および熱電対の埋込み位置をFig.9に示す。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。試験材



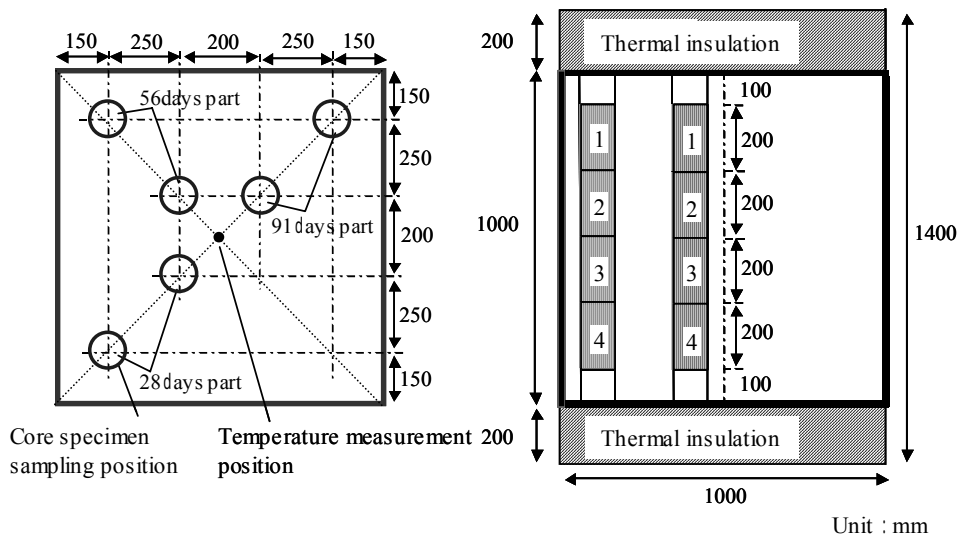


Fig. 9 Mock-up column specimen (JASS 5T-704-2005)  
( 模擬柱供試体 )

齢は標準水中養生および簡易断熱養生について7, 28, 56, 91日とした。簡易断熱による養生方法は材齢7日まで簡易断熱槽, それ以降は所定材齢まで現場封かん養生とした。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)採取した。温度履歴は, 模擬柱部材の中心部, 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。

### 3.2 試験結果および考察

#### (1) フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験結果をTable 11に示す。いずれの工場もスランプフロー, 空気量等は, 所定の品質目標値を満足している。SFPC<sup>®</sup>は, W/Cに応じた高性能(AE)減水剤を選定した場合(AおよびB工場), 汎用的な高性能AE減水剤をW/Cの低い領域まで適用することが可能となる。また, 超高強度用の高性能減水剤を用いているものを含め, 全般的に大幅な使用量の増加を伴うことなく, 所定のスランプフローを得ることができる。

50cmフロー到達時間は, W/Cが低くなるほど長くなる傾向が認められるが, W/C=16.5%までは10秒以下, W/C=13.0%で15秒以下となった。またO漏斗流下時間では粘性の増大による閉塞などの不具合は生じておらず, 実用上問題のない範囲に収まっているものと考えられる。スランプフローと50cmフロー到達時間の関係(30~60分経過時)をFig.10に示す。コンクリートの粘性を一定レベル以下に保つために

は, W/Cが低いほどスランプフローを大きく設定することの妥当性が確認できる。

また, W/C=20%の調(配)合で実施したフレッシュ性状の経時変化をFig.11に示す。スランプフローおよび50cmフロー到達時間の経時変化は, いずれの工場においてもすべてのシーズンで, 経過時間120分までほぼ一定で推移しており, 良好な流動性および粘性を保持している。

#### (2) 温度履歴

単位セメント量と模擬柱部材中心部および簡易断熱養生供試体中心部のコンクリート最高温度の関係をTable 12に示す。また, 簡易断熱養生供試体中心部と模擬柱部材中心部の最高温度の関係をFig.12に示す。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における場合より10程度低い傾向が認められる。

#### (3) 強度性状

圧縮強度の試験結果をTable 13にまとめて示す。セメント水比(C/W)と材齢28日標準養生強度および91日コア強度の関係をFig.13に示す。SFPC<sup>®</sup>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保持し, W/C=13%においても強度が頭打ちになる現象はなく150N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮強度が得られている。また, Fig.13には参考として, 既往の報告<sup>1)</sup>に示されているシリカフュ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<sup>®</sup>は優れた強度性能を有していることがわかる。

Table 11 Experimental results of fresh concrete  
(フレッシュコンクリートの試験結果)

Plant	Period	W/C (%)	SP		Time (min)	Slump flow (cm)	50cm -flow time (s)	O-type fummel efflux time (s)	Air content (%)	Temperature of concrete ( )
			kind	(C×%)						
A	Sta.	13.0	SP3a	1.625	5	73.5	10.1	53.4	1.4	26.0
					45	74.5	9.0	33.5	1.3	26.0
		16.5	SP2a	1.70	5	64.0	7.2	23.6	1.2	24.0
					45	72.5	7.4	11.8	1.2	24.0
		20.0	SP2a	1.40	5	63.5	5.8	18.8	1.0	23.0
					45	66.5	5.9	13.3	1.1	22.5
		23.5	SP1a	1.45	5	63.5	6.1	19.1	0.9	21.0
					45	65.5	5.7	15.1	1.3	21.5
		27.0	SP1a	1.45	5	65.0	3.2	12.4	1.2	20.5
					45	62.0	5.7	25.5	1.0	21.0
	Sum	13.0	SP3a	2.15	5	77.0	7.4	31.2	1.6	30.0
					45	75.5	6.9	35.6	1.2	32.0
		16.5	SP2a	1.65	5	66.5	6.2	25.8	1.4	28.5
					45	68.0	7.7	24.6	1.1	29.5
		20.0	SP2a	1.30	5	66.0	4.6	15.6	1.2	27.5
					60	66.5	4.9	12.0	1.2	29.0
		23.5	SP1a	1.50	5	71.5	4.1	13.3	0.9	27.0
					45	69.0	4.0	10.1	1.1	27.5
		27.0	SP1a	1.45	5	67.5	2.4	6.1	1.2	27.0
					45	64.0	3.9	7.3	0.8	27.0
	Win.	13.0	SP3a	1.50	5	77.5	12.2	61.6	1.8	15.5
					45	75.0	14.6	58.1	1.0	15.5
		16.5	SP2a	1.45	5	61.5	7.9	26.3	1.9	14.0
					45	72.0	6.9	19.0	0.5	14.0
20.0		SP2a	1.25	5	60.5	5.7	17.4	1.4	12.0	
				45	68.0	6.5	15.3	0.7	11.5	
23.5		SP1a	1.35	5	64.0	4.9	12.0	1.7	11.0	
				45	65.0	5.6	15.6	0.8	11.0	
27.0		SP1a	1.35	5	61.5	5.1	9.7	1.8	11.0	
				45	64.0	4.8	9.3	1.0	11.0	
B	Sta.	13.0	SP3b	1.65	5	71.5	12.4	76.3	1.3	27.5
					30	69.5	13.2	59.0	1.3	27.5
		16.5	SP2b	1.80	5	69.5	10.2	32.9	1.9	25.0
					30	70.0	9.5	50.9	1.7	25.5
		20.0	SP2b	1.75	5	70.5	5.8	18.8	1.7	24.0
					30	71.0	5.9	19.6	1.5	24.5
		23.5	SP2b	1.50	5	67.5	4.3	11.2	2.3	23.0
					30	67.5	4.6	12.3	2.2	23.0
		27.0	SP1b	1.50	5	62.5	7.0	13.3	2.2	20.5
					30	67.5	4.4	9.2	2.2	21.0
	Sum.	13.0	SP3b	2.35	5	65.5	18.8	158.4	1.7	32.0
					30	62.5	17.1	62.4	1.6	32.0
		16.5	SP2b	1.90	5	67.5	8.9	37.1	1.8	32.0
					30	65.0	10.6	43.2	1.2	32.0
		20.0	SP2b	1.75	5	68.0	7.1	26.1	1.8	30.0
					30	60.5	11.8	32.3	1.4	31.0
		23.5	SP2b	1.45	5	60.0	8.5	16.2	1.6	29.0
					30	56.5	12.4	23.0	1.7	30.0
		27.0	SP1b	1.50	5	64.5	5.6	12.7	1.7	29.0
					30	65.5	6.6	37.8	1.8	29.0
	Win.	13.0	SP3b	1.55	5	77.0	12.1	42.4	1.1	18.0
					30	79.5	9.7	36.6	1.5	18.0
		16.5	SP2b	1.70	5	69.0	9.6	29.4	1.1	16.0
					30	68.5	9.4	26.0	1.3	16.0
20.0		SP2b	1.60	5	67.5	7.4	20.4	1.1	14.5	
				30	68.0	8.0	16.5	1.2	15.0	
23.5		SP2b	1.40	5	66.0	6.0	17.9	1.2	13.0	
				30	67.0	5.7	13.4	1.0	13.0	
27.0		SP1b	1.30	5	53.5	10.9	10.5	1.8	12.0	
				30	56.5	9.8	10.1	2.2	13.0	
C	Sta.	SP1c	1.20	5	72.0	11.4	42.7	1.5	29.0	
			1.00	5	68.0	8.1	23.1	1.5	27.0	
			1.05	5	68.0	7.1	15.9	1.4	27.0	
			0.90	30	70.0	6.8	16.7	1.4	29.0	
	Sum.	SP1c	1.10	5	66.0	10.9	38.6	1.3	32.0	
			0.95	5	67.0	5.5	15.5	1.1	30.0	
			1.00	5	71.0	4.6	11.5	1.2	29.5	
			0.95	30	66.5	5.1	14.8	1.0	29.5	
			0.95	5	68.0	3.1	6.0	1.0	28.0	
			0.85	5	65.5	12.4	42.2	1.9	17.0	
	Win.	SP1c	0.85	5	72.5	6.7	17.7	1.8	15.0	
			0.90	5	71.5	5.5	12.6	1.8	15.0	
			0.90	30	71.0	6.4	12.8	1.5	15.5	
			0.70	5	55.0	5.0	8.9	1.7	13.5	

\*) Sta. : Standard temperature , Sum. : Summer temperature , Win. : Winter temperature

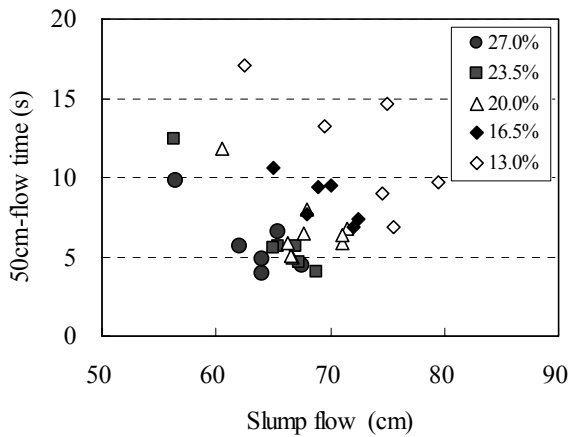


Fig.10 Relation between slump flow and 50cm-flow time  
(スランプフローと50cmフロー到達時間の関係)

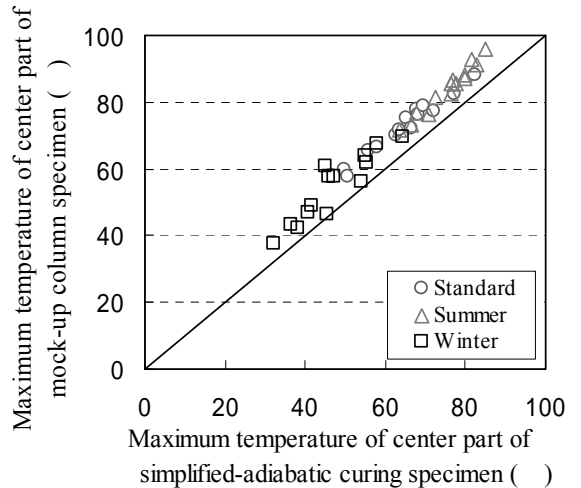


Fig.12 Maximum temperature of simplified-adiabatic curing and mock-up column  
(簡易断熱養生温度と模擬柱部材温度)

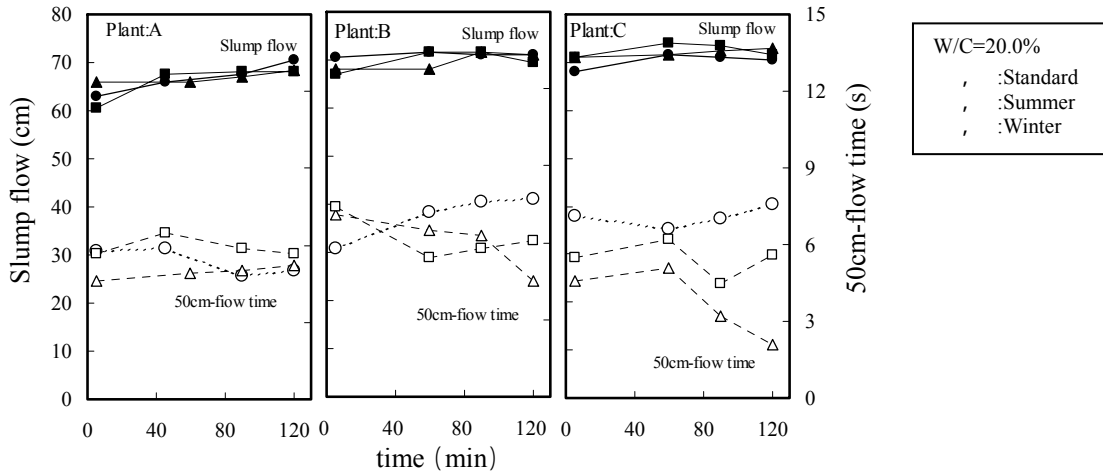


Fig.11 Time-dependent change of fresh concrete properties  
(コンクリートの経時変化)

Table 12 Maximum temperature of Mock-up column and simplified-adiabatic curing  
(模擬柱部材および簡易断熱の最高温度)

Plant	W/C (%)	Standard temperature		Summer temperature		Winter temperature	
		Mock-up column	Simplified-adiabatic curing	Mock-up column	Simplified-adiabatic curing	Mock-up column	Simplified-adiabatic curing
A	13.0	77.7	67.7	87.3	80.0	60.9	45.0
	16.5	75.2	65.1	85.4	77.5	57.9	47.0
	20.0	70.0	62.8	82.7	76.6	49.2	41.8
	23.5	65.4	55.6	76.5	70.9	42.5	38.0
	27.0	59.7	49.8	71.8	63.7	37.8	32.1
B	13.0	79.1	69.7	92.8	81.6	67.3	58.1
	16.5	76.5	68.2	91.0	82.8	64.0	54.9
	20.0	71.5	63.4	85.6	76.5	57.8	45.8
	23.5	66.3	57.8	81.3	72.7	47.1	40.9
	27.0	57.6	50.7	76.6	68.0	43.5	36.3
C	13.0	88.2	82.4	96.0	85.1	69.7	64.4
	17.0	82.5	77.1	88.0	79.8	62.1	55.4
	20.0	77.3	72.2	86.5	77.0	56.0	54.0
	25.0	72.1	66.6	73.3	66.7	46.3	45.3

Table 13 Experimental results of compressive strength (圧縮強度試験結果)

Plant	Period	W/C (%)	Standard curing				Simplified-adiabatic curing				Mock-up column specimen			28S91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			7days	28days	56days	91days	7days	28days	56days	91days	28days	56days	91days																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
A	Sta.	13.0	131	167	173	183	158	165	166	172	174	178	180	-13.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		16.5	103	146	159	162	138	145	146	150	142	144	144	2.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		20.0	86.8	130	143	149	113	123	126	128	119	123	124	6.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		23.5	82.4	119	138	138	106	111	116	118	104	112	112	7.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	27.0	69.1	103	120	125	87.6	95.2	102	102	89.6	92.0	95.4	7.6	Sum.	13.0	117	161	172	168	174	173	173	173	166	174	176	-15.0	16.5	103	139	144	153	144	140	148	141	132	128	140	-1.0	20.0	92.5	130	142	154	114	120	124	125	117	119	124	6.0	23.5	78.6	115	129	139	99.9	105	108	108	101	101	108	7.0	27.0	67.2	99.9	114	122	85.1	89.3	90.9	91.0	86.4	91.2	95.5	4.4	Win.	13.0	125	160	166	168	135	150	162	169	164	180	178	-18.0	16.5	104	142	153	158	127	138	144	154	134	143	149	-7.0	20.0	94.6	132	147	154	105	121	137	145	121	128	138	-6.0	23.5	81.3	123	133	138	92.3	110	125	136	106	118	128	-5.0	27.0	72.1	110	122	129	70.5	94.6	112	121	93.8	105	114	-4.0	B	Sta.	13.0	125	161	166	174	159	161	172	174	157	170	172	-11.0	16.5	104	142	157	161	134	144	151	157	131	142	145	-3.0	20.0	83.9	121	130	141	109	116	122	126	106	113	118	3.0	23.5	67.7	102	115	122	86.5	94.7	95.3	98.8	88.0	94.9	99.4	2.6	27.0	58.1	91.4	102	110	74.6	79.3	83.5	86.4	77.0	83.8	89.6	1.8	Sum.	13.0	115	153	167	174	153	155	154	148	156	162	162	-9.0	16.5	103	135	150	155	134	136	141	139	132	134	138	-3.0	20.0	88.8	121	134	145	122	122	131	128	120	125	126	-5.0	23.5	79.9	114	122	137	105	113	116	115	112	111	113	1.0	27.0	70.7	101	115	120	90.8	106	107	108	103	104	106	-5.0	Win.	13.0	127	159	180	186	162	165	171	176	170	175	177	-18.0	16.5	102	143	160	169	137	140	146	155	142	143	146	-3.0	20.0	87.6	126	145	154	112	120	134	137	121	128	129	-3.0	23.5	73.5	108	125	135	91.7	106	115	128	100	110	118	-10.0	27.0	60.6	91.5	108	115	67.9	90.2	107	113	87.2	98.2	105	-13.5	C	Sta.	13.0	121	158	159	169	162	160	156	168	155	162	166	-8.0	17.0	104	139	146	156	138	140	139	146	132	138	142	-3.0	20.0	95.7	127	135	152	120	123	129	131	125	133	136	-9.0	25.0	73.6	108	114	128	101	108	112	111	98.3	107	115	-7.0	Sum.	13.0	120	151	161	168	172	162	164	164	157	157	160	-9.0	17.0	101	131	153	157	135	131	133	137	130	131	133	-2.0	20.0	98.9	124	140	144	124	122	124	126	121	121	124	0.0	25.0	62.6	96.6	114	120	93.2	95.0	97.9	100	86.4	89.3	96.5	0.1	Win.	13.0	128	161	172	176	153	157	160	154	147	157	162	-1.0	17.0	106	145	159	167	137	142	146	150	137	140	147	-2.0	20.0	97.0	137	153	158	123	130	139	138	126	132	140	-3.0	25.0	66.5	105	115	125	86.6	93.7	102	105	90.9	104	110	-5.0
	Sum.	13.0	117	161	172	168	174	173	173	173	166	174	176		-15.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		16.5	103	139	144	153	144	140	148	141	132	128	140		-1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		20.0	92.5	130	142	154	114	120	124	125	117	119	124		6.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		23.5	78.6	115	129	139	99.9	105	108	108	101	101	108	7.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	27.0	67.2	99.9	114	122	85.1	89.3	90.9	91.0	86.4	91.2	95.5	4.4	Win.	13.0	125	160	166	168	135	150	162	169	164	180	178	-18.0	16.5	104	142	153	158	127	138	144	154	134	143	149	-7.0	20.0	94.6	132	147	154	105	121	137	145	121	128	138	-6.0	23.5	81.3	123	133	138	92.3	110	125	136	106	118	128	-5.0	27.0	72.1	110	122	129	70.5	94.6	112	121	93.8	105	114	-4.0	B	Sta.	13.0	125	161	166	174	159	161	172	174	157	170	172	-11.0	16.5	104	142	157	161	134	144	151	157	131	142	145	-3.0	20.0	83.9	121	130	141	109	116	122	126	106	113	118	3.0	23.5	67.7	102	115	122	86.5	94.7	95.3	98.8	88.0	94.9	99.4	2.6	27.0	58.1	91.4	102	110	74.6	79.3	83.5	86.4	77.0	83.8	89.6		1.8	Sum.	13.0	115	153	167	174	153	155	154	148	156	162	162	-9.0	16.5	103	135	150	155	134	136	141	139	132	134	138	-3.0	20.0	88.8	121	134	145	122	122	131	128	120	125	126	-5.0	23.5	79.9	114	122	137	105	113	116	115	112	111	113	1.0	27.0	70.7	101	115	120	90.8	106	107	108	103	104	106	-5.0	Win.	13.0	127	159	180	186	162	165	171	176	170	175	177	-18.0	16.5	102	143	160	169	137	140	146	155	142	143	146	-3.0	20.0	87.6	126	145	154	112	120	134	137	121	128	129	-3.0	23.5	73.5	108	125	135	91.7	106	115	128	100	110	118	-10.0	27.0	60.6	91.5	108	115	67.9	90.2	107	113	87.2	98.2	105	-13.5	C	Sta.	13.0	121	158	159	169	162	160	156	168	155	162	166	-8.0	17.0	104	139	146	156	138	140	139	146	132	138	142	-3.0	20.0	95.7	127	135	152	120	123	129	131	125	133	136	-9.0	25.0	73.6	108	114	128	101	108	112	111	98.3	107	115	-7.0	Sum.	13.0	120	151	161	168	172	162	164	164	157		157	160	-9.0	17.0	101	131	153	157	135	131	133	137	130	131	133	-2.0	20.0	98.9	124	140	144	124	122	124	126	121	121	124	0.0	25.0	62.6	96.6	114	120	93.2	95.0	97.9	100	86.4	89.3	96.5	0.1	Win.	13.0	128	161	172	176	153	157	160	154	147	157	162	-1.0	17.0	106	145	159	167	137	142	146	150	137	140	147	-2.0	20.0	97.0	137	153	158	123	130	139	138	126	132	140	-3.0	25.0	66.5	105	115	125	86.6	93.7	102	105	90.9	104	110	-5.0																																																																
	Win.	13.0	125	160	166	168	135	150	162	169	164	180	178		-18.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		16.5	104	142	153	158	127	138	144	154	134	143	149		-7.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
20.0		94.6	132	147	154	105	121	137	145	121	128	138	-6.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
23.5		81.3	123	133	138	92.3	110	125	136	106	118	128	-5.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
27.0	72.1	110	122	129	70.5	94.6	112	121	93.8	105	114	-4.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
B	Sta.	13.0	125	161	166	174	159	161	172	174	157	170	172	-11.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		16.5	104	142	157	161	134	144	151	157	131	142	145	-3.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		20.0	83.9	121	130	141	109	116	122	126	106	113	118	3.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		23.5	67.7	102	115	122	86.5	94.7	95.3	98.8	88.0	94.9	99.4	2.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	27.0	58.1	91.4	102	110	74.6	79.3	83.5	86.4	77.0	83.8	89.6	1.8	Sum.	13.0	115	153	167	174	153	155	154	148	156	162	162	-9.0	16.5	103	135	150	155	134	136	141	139	132	134	138	-3.0	20.0	88.8	121	134	145	122	122	131	128	120	125	126	-5.0	23.5	79.9	114	122	137	105	113	116	115	112	111	113	1.0	27.0	70.7	101	115	120	90.8	106	107	108	103	104	106	-5.0		Win.	13.0	127	159	180	186	162	165	171	176	170	175	177	-18.0	16.5	102	143	160	169	137	140	146	155	142	143	146	-3.0	20.0	87.6	126	145	154	112	120	134	137	121	128	129	-3.0	23.5	73.5	108	125	135	91.7	106	115	128	100	110	118	-10.0	27.0	60.6	91.5	108	115	67.9	90.2	107	113	87.2	98.2	105	-13.5	C	Sta.	13.0	121	158	159	169	162	160	156	168	155	162	166	-8.0	17.0	104	139	146	156	138	140	139	146	132	138	142	-3.0	20.0	95.7	127	135	152	120	123	129	131	125	133	136	-9.0	25.0	73.6	108	114	128	101	108	112	111	98.3	107	115	-7.0	Sum.	13.0	120	151	161	168	172	162	164	164	157	157	160	-9.0	17.0	101	131	153	157	135	131	133	137	130	131	133	-2.0	20.0	98.9	124	140	144	124	122	124	126	121	121	124	0.0	25.0	62.6	96.6	114	120	93.2	95.0	97.9	100	86.4	89.3	96.5	0.1	Win.	13.0	128	161	172	176	153	157	160	154	147	157	162	-1.0	17.0	106	145	159	167	137	142	146	150	137	140	147		-2.0	20.0	97.0	137	153	158	123	130	139	138	126	132	140	-3.0	25.0	66.5	105	115	125	86.6	93.7	102	105	90.9	104	110	-5.0																																																																																																																																																																																																					
	Sum.	13.0	115	153	167	174	153	155	154	148	156	162	162		-9.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		16.5	103	135	150	155	134	136	141	139	132	134	138		-3.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		20.0	88.8	121	134	145	122	122	131	128	120	125	126		-5.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		23.5	79.9	114	122	137	105	113	116	115	112	111	113	1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	27.0	70.7	101	115	120	90.8	106	107	108	103	104	106	-5.0	Win.	13.0	127	159	180	186	162	165	171	176	170	175	177	-18.0	16.5	102	143	160	169	137	140	146	155	142	143	146	-3.0	20.0	87.6	126	145	154	112	120	134	137	121	128	129	-3.0	23.5	73.5	108	125	135	91.7	106	115	128	100	110	118	-10.0	27.0	60.6	91.5	108	115	67.9	90.2	107	113	87.2	98.2	105	-13.5	C	Sta.	13.0	121	158	159	169	162	160	156	168	155	162	166	-8.0	17.0	104	139	146	156	138	140	139	146	132	138	142	-3.0	20.0	95.7	127	135	152	120	123	129	131	125	133	136	-9.0	25.0	73.6	108	114	128	101	108	112	111	98.3	107	115	-7.0	Sum.	13.0	120	151	161	168	172	162	164	164	157	157	160		-9.0	17.0	101	131	153	157	135	131	133	137	130	131	133	-2.0	20.0	98.9	124	140	144	124	122	124	126	121	121	124	0.0	25.0	62.6	96.6	114	120	93.2	95.0	97.9	100	86.4	89.3	96.5	0.1	Win.	13.0	128	161	172	176	153	157	160	154	147	157	162	-1.0	17.0	106	145	159	167	137	142	146	150	137	140	147	-2.0	20.0	97.0	137	153	158	123	130	139	138	126	132	140	-3.0	25.0	66.5	105	115	125	86.6	93.7	102	105	90.9	104	110	-5.0																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Win.	13.0	127	159	180	186	162	165	171	176	170	175	177		-18.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		16.5	102	143	160	169	137	140	146	155	142	143	146		-3.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
20.0		87.6	126	145	154	112	120	134	137	121	128	129	-3.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
23.5		73.5	108	125	135	91.7	106	115	128	100	110	118	-10.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
27.0	60.6	91.5	108	115	67.9	90.2	107	113	87.2	98.2	105	-13.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
C	Sta.	13.0	121	158	159	169	162	160	156	168	155	162	166	-8.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		17.0	104	139	146	156	138	140	139	146	132	138	142	-3.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		20.0	95.7	127	135	152	120	123	129	131	125	133	136	-9.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		25.0	73.6	108	114	128	101	108	112	111	98.3	107	115	-7.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	Sum.	13.0	120	151	161	168	172	162	164	164	157	157	160	-9.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		17.0	101	131	153	157	135	131	133	137	130	131	133	-2.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		20.0	98.9	124	140	144	124	122	124	126	121	121	124	0.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		25.0	62.6	96.6	114	120	93.2	95.0	97.9	100	86.4	89.3	96.5	0.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	Win.	13.0	128	161	172	176	153	157	160	154	147	157	162	-1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		17.0	106	145	159	167	137	142	146	150	137	140	147	-2.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		20.0	97.0	137	153	158	123	130	139	138	126	132	140	-3.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		25.0	66.5	105	115	125	86.6	93.7	102	105	90.9	104	110	-5.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

\*) Sta. : Standard temperature , Sum. : Summer temperature , Win. : Winter temperature

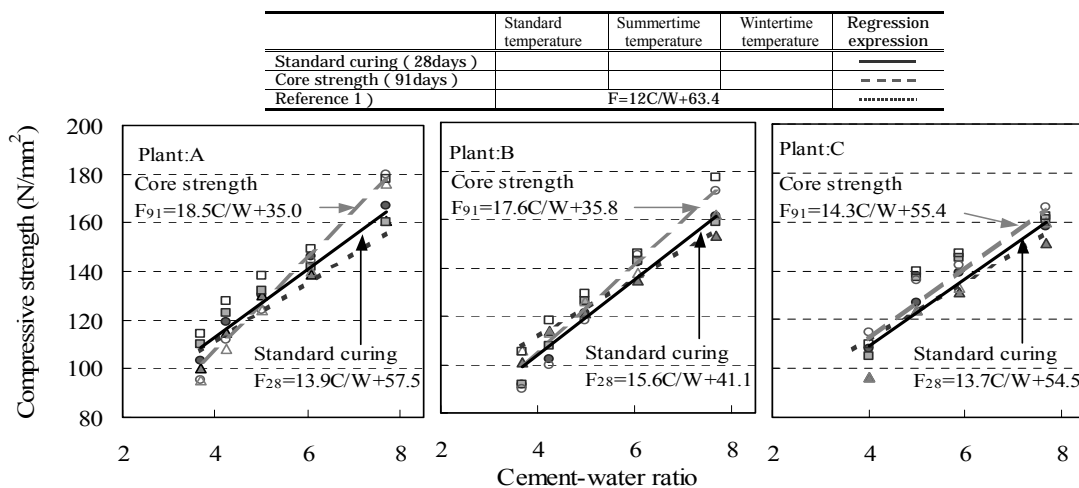


Fig.13 Relation between cement-water ratio and strength properties (セメント水比と標準養生28日およびコア強度91日の関係)

材齢91日における簡易断熱養生強度とコア強度の関係を Fig. 14 に示す. 幾分の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, 調(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.

(4) 設計基準強度と水セメント比の概略値

超高強度コンクリートの設計基準強度と水セメント比の関係を試算した<sup>1)</sup>. ここでは, 調(配)合強度を標準養生した供試体の材齢28日における圧縮強度( $_{28}F$ )で表わし, 構造体コンクリート強度(コア強度)の管理材齢を91日とした.

材齢91日コア強度とコンクリート強度の補正值( $_{28}S_{91}$ )の関係を Fig. 15 に示す.  $_{28}S_{91}$ は夏期あるいは標準期において大きくなる傾向が認められ, その値は 1~8 N/mm<sup>2</sup> の範囲となっている. 冬期およびコア強度が 140 N/mm<sup>2</sup> を超える領域では, 負の値が得られている.

設計基準強度 ( $F_c$ ) 100 および 120 N/mm<sup>2</sup> を想定し, 所要の W/C を試算した結果を Table 14 に示す. ここで,  $_{28}F$  は ①~③ 式より算出し, 標準偏差 ( $\sigma$ ) は構造体補正強度 ( $F_c + _{28}S_{91}$ ) の 10%, 正規偏差 ( $K$ ) は 2.0 と仮定した.

$$_{28}F \geq F_c + _{28}S_{91} + K \sigma \quad \dots\dots ①$$

$$_{28}F \geq 0.9 (F_c + _{28}S_{91}) + 3 \sigma \quad \dots\dots ②$$

$$\sigma = 0.1 (F_c + _{28}S_{91}), \quad K = 2.0 \quad \dots\dots ③$$

ここに

$_{28}F$  : 材齢28日の調合強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$_{28}S_{91}$  : 標準養生28日と構造体コンクリート91日における圧縮強度の差によるコンクリート強度の補正值 (N/mm<sup>2</sup>)

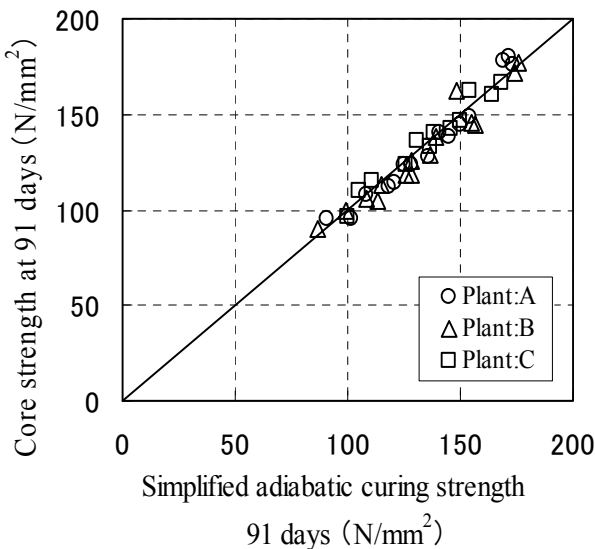
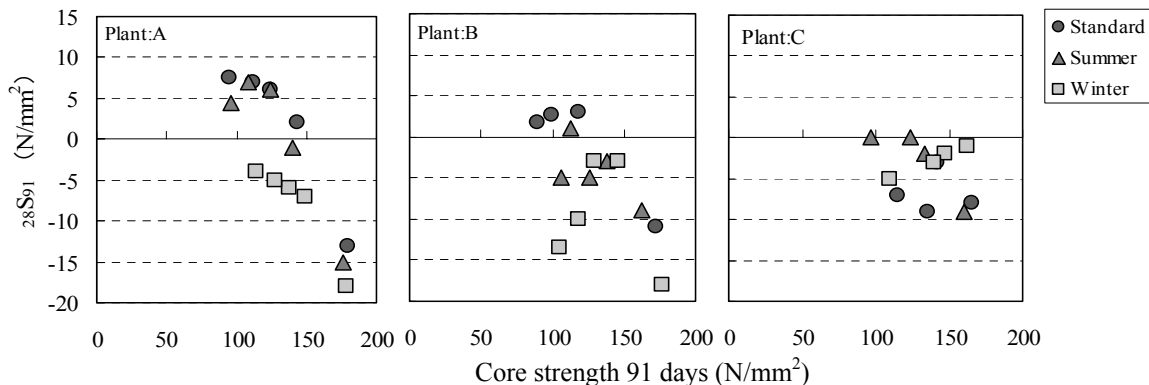


Fig. 14 Relation between simplified-adiabatic curing strength and core strength (簡易断熱養生強度とコア強度の関係)

Table 14 Examples of evaluating water-cement ratio (水セメント比の試算例)

Plant	$F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	$_{28}S_{91}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$_{28}F$ mix proportioning strength (N/mm <sup>2</sup> )	W/C (%)
A	100	8	129.6	19.3
	120		153.6	14.5
B	100	3	123.6	18.9
	120		147.6	14.6
C	100	1	121.2	20.5
	120		145.2	15.1



\* $_{28}S_{91}$ : Concrete strength correction value

$$_{28}S_{91} = (\text{Strength in standard curing 28days}) - (\text{Core strength 91days})$$

Fig. 15 Relation between core strength 91days and  $_{28}S_{91}$  (91日コア強度と  $_{28}S_{91}$  の関係)

仮定に基づく、限られた範囲のデータにおける試算結果ではあるが、 $F_c=100\text{N/mm}^2$  に対応するW/Cは18.9～20.5%、 $F_c=120\text{N/mm}^2$  の場合は14.5～15.1%となる。このことから、施工性能との兼ね合いになるが、実用的なW/Cの範囲において、 $F_c=100\sim 120\text{N/mm}^2$  の超高強度コンクリートへの適用性を確認できる。さらに、コンクリート強度の補正值や標準偏差の設定、管理用供試体の材齢や養生条件の検討、および使用骨材の精査等により、SFPC<sup>®</sup>は $F_c=120\text{N/mm}^2$  を超える調(配)合設計を可能にすると考えられる。

#### 4.まとめ

SFPC<sup>®</sup>を用いた超高強度コンクリート(W/C=13.0～27.0%)の基本的な性状として、室内試験および生コン工場での実機試験の結果より、以下の知見が得られた。

- ・フレッシュ性状、強度発現性状等、SFPC<sup>®</sup>は、超高強度用のセメントが具備すべき基本的性能を有していることを確認した。
- ・設計基準強度100～120N/mm<sup>2</sup>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製造の可能性を確認した。

今後、使用材料(骨材)を厳選することにより、SFPC<sup>®</sup>を用いた超高強度コンクリートのポテンシャルを検討する。また、自己収縮の更なる低減策について、材料面を中心に検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会, 高強度コンクリート施工指針(案)・同解説, 2005
- 2) 日本建築学会, 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 1991
- 3) 土木学会, コンクリート標準示方書 規準編, 土木学会規準および関連規格, 2007