

超高強度コンクリートの製造技術に関する実験的研究

西田 浩和 松戸 正士
片寄 哲務

概 要

近年、超高層住宅の更なる超高層化に伴い、設計基準強度(F_c) 150N/mm^2 級の研究開発は多方面で行われている。高強度コンクリートを用いたRC造は、火災加熱を受けると表層部分が爆裂しやすく、部材の耐力低下を起こす可能性がある。この爆裂抑制対策として有効であるとされている有機繊維は、爆裂の要因の一つとされる蒸気圧を緩和するという利点があるものの、施工性や強度の低下をまねくなどの欠点がある。

本報は、 $F_c=120\sim 150\text{N/mm}^2$ 級の超高強度コンクリートを対象に、使用材料や調合をパラメータとして行った室内試験、実機試験などの製造技術に関する研究結果を報告するものである。

本実験によって以下のことが明らかとなった。① $F_c=150\text{N/mm}^2$ 級の超高強度コンクリートの製造は岩瀬産骨材、シリカフューム混入セメントを用いることで可能である、②ポリプロピレン繊維はトラックアジテータ車のドラム内でほぼ均一に分散していた、③強度補正値はコア強度が増大するほど小さくなる傾向であった。

Experimental Study on a Unique Production Technology for Ultra-High-Strength Concrete

Abstract

Recently, demand for construction of ultra-highrise condominiums has risen significantly, leading to increased R&D in the field of ultra-high-strength concrete (F_c 150N/mm^2). In this report, we investigate a unique production technology for ultra-high-strength concretes (with strengths from F_c120 to 150N/mm^2) through laboratory trial mixings using actual mixing machines. In this study, one of focuses was how to mix organic fibers into the concrete, because when fires occur the organic fibers can increase vapor pressure within concretes, which is one of contributing factors for surface explosions in ultra-high-strength concrete structures.

The following findings were made:

- (1) Ultra-high-strength concretes (with strengths of up to 150N/mm^2) can be produced using special aggregate extracted from the Iwase region in Japan, and premixed silica fume cement.
- (2) If a polypropylene fiber is used as an organic fiber, the fiber was uniformly distributed in an agitator drum mounted on a track.
- (3) The strength correction values decreased as the core strengths of the concretes increased.

キーワード: 超高強度コンクリート, フレッシュコンクリート,
合成繊維, 圧縮強度, 構造体コンクリート

§1. はじめに

近年、超高層住宅の更なる超高層化に伴い、設計基準強度(以下Fcと略記) 130N/mm²の高強度コンクリートを超高層住宅に実施工したりとの報告もある中で、Fc=150N/mm²級のコンクリートに関する研究開発は多方面で行われている。

高強度コンクリートを用いたRC造は、火災加熱を受けると表層部分が爆裂しやすく、部材の耐力低下を起こす可能性がある。筆者らは、既報^{2),3),4)}においてFc=100N/mm²級の高強度コンクリートを用いた部材の耐火性能などについて報告している。また、爆裂抑制対策として有効であるとされている有機繊維⁵⁾は、高温時に熔融・蒸発し、水蒸気の通り道を形成することにより爆裂の要因の一つとされる蒸気圧を緩和すると言う利点がある。しかし、コンクリート強度が高くなると必要繊維混入量が増大し、施工性・強度低下をまねくなどの欠点もある。

これらのことから、筆者らはFc=120~150N/mm²級の超高強度コンクリートを対象に、岩瀬産骨材、シリカフェム混入セメント、爆裂抑制用のポリプロピレン繊維(以下PP繊維と略記)などを混入した高強度コンクリートの製造技術に関する研究を行った。

室内試験においては、骨材・結合材・混和剤・PP 繊維の違いによるフレッシュコンクリート性状・強度発現性状等について行った実験結果を報告する。また、市中の生コン工場の実機ミキサーによって超高強度コンクリートを製造し、フレッシュ性状の確認を行うとともに、模擬柱部材試験体に打設し、構造体コンクリート強度について検討した結果についても報告する。

§2. 室内試験

室内試験は20℃の恒温室内で実施した。表1に実験要因・水準、表2に試験項目・方法をそれぞれ示す。練混ぜには公称容量 100 ℓの二軸強制練りミキサーを使用した。粗骨材かさ容積は0.51m³/m³、スランプフローは65cmまたは70cm(±7.5cm)、空気量は1.5%(±1%)とした。練混ぜ方法はモルタル先練り方式とした。コンクリートの練混ぜは、細骨材、セメントおよび混和剤を混入した水をミキサーに投入して90秒~8分間練り上げ、その後、粗骨材を投入して90~120秒間練り混ぜた。PP繊維の練混ぜは、練り上がったプレーンコンクリートをトラックジテータ車ドラム内部を模擬するように改造した傾斜型ミキサーに移して行った。回転速度は、トラックジテータ車の高速回転と同程度となるように15回転/分とし、PP繊維混入量に応じて2~3分間練り混ぜた。

2.1 骨材の影響

骨材の違いによるフレッシュコンクリート性状、強度発現性状の影響を確認するため、岩瀬産砕石・砕砂(硬質砂岩)、大月産砕石・砕砂(安山岩)を用いて比較検討を行った。表3に本試験に用いた使用材料および調査を示す。

図1に岩瀬産硬質砂岩および大月産安山岩の砕石・砕砂を使用したコンクリートの混和剤使用量を示す。どちらの骨材を使用しても使用量に大差は認められなかった。

図2に両骨材を使用したコンクリートの50cmフロー時間を示す。50cmフロー時間は岩瀬産骨材を使用したコンクリートの方が長く、大月産骨材を使用したコンクリートよりも粘性が高かったと思われる。

図3に両骨材を使用したコンクリートの標準養生供試体圧縮強度を示す。いずれの骨材を使用したコンクリートも結合材水比(以下B/Wと略記)が高くなるほど、圧縮強度は高くなる傾向がみられた。また、圧縮強度の絶対値は、材齢28日において大きな差はみられないが、材齢91日では岩瀬産骨材を使用したコンクリートの方が高い強度結果が得られた。

表1 実験要因・水準

実験要因	水準
結合材	シリカフェム混入セメント, 低熱セメント+シリカフェム, 三成分セメント
骨材	岩瀬産砕石・砕砂, 大月産砕石・砕砂
混和剤	ポリカルボン酸系(A社B社C社D社E社)
PP繊維	48μm×10mm(a社b社)
水結合材比	24, 20, 16, 14, 13, 12%

表2 試験項目・方法

試験項目	試験方法	備考
スランプフロー	JIS A 1150	—
50cmフロー時間	JIS A 1150	—
空気量	JIS A 1128	—
コンクリート温度	温度計	—
圧縮強度	JIS A 1108	標準水中 (1,4,8,13,26W)

表3 コンクリートの調査(骨材の影響)

W/B (%)	単位量(kg/m ³)						SP使用量 (B×%)
	W	B	S1	S2	G1	G2	
20	155	775	676	—	837	—	1.55
			—	723	—	791	1.45
16	155	969	513	—	837	—	2.1
			—	558	—	791	2.1
13	155	1192	328	—	837	—	2.9
			—	409	—	791	2.8

【使用材料】 水(W): 上水道水 (注) 1ℓあたり50ℓ_水
 セメント(B): シリカフェム混入セメント, 密度3.08g/cm³
 細骨材(S1): 岩瀬産砕砂(硬質砂岩), 表乾密度2.58g/cm³
 細骨材(S2): 大月産砕砂(安山岩), 表乾密度2.62g/cm³
 粗骨材(G1): 岩瀬産砕石(硬質砂岩), 表乾密度2.65g/cm³
 粗骨材(G2): 大月産砕石(安山岩), 表乾密度2.62g/cm³
 混和剤(SP): A社製高性能減水剤(ポリカルボン酸系)
 【目標スランプフロー】: 65±7.5cm(W/B20%), 70±7.5cm(W/B16,13%)
 【目標空気量】: 1.5±1%

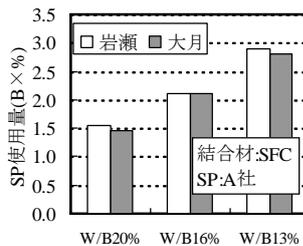


図1 骨材の違いによる混和剤使用量

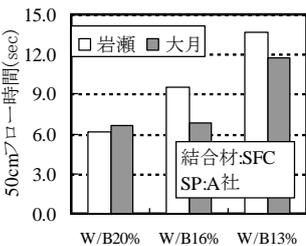


図2 骨材の違いによる50cmフロー時間

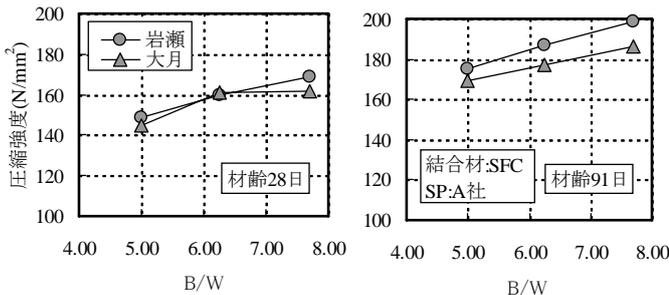


図3 骨材種類と標準養生供試体圧縮強度

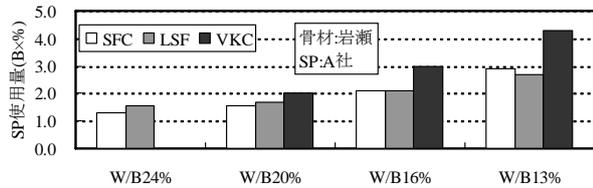


図4 結合材の違いによる混和剤使用量

2.2 結合材の影響

結合材の違いによる差異を確認するため、3種類の結合材を用いてフレッシュコンクリート性状、強度発現性状を比較検討した。表4に本試験に用いた使用材料および調査を示す。

図4に各種結合材を使用したコンクリートの混和剤使用量を示す。シカフーム混入セメントを使用したコンクリート(以下 SFC コンクリートと略記)と、低熱ポルトランドセメントにシカフームを別添加したものをを使用したコンクリート(以下 LSF コンクリートと略記)は、いずれの水結合材比(以下 W/B と略記)においてもほぼ同量の使用量となったが、三成分セメントを使用したコンクリート(以下 VKC コンクリートと略記)は、より低水結合材比になるほど、使用量が増加する傾向がみられた。

図5に各種結合材を使用したコンクリートの50cmフロー時間を示す。いずれの結合材を使用したコンクリートも、W/B16%まではフロー時間に大差はみられないが、LSF コンクリートは W/B13%において非常に長いフロー時間を示しており、他の結合材を使用したコンクリートに比べて粘性が高いといえる。

図6に結合材の違いによる標準養生供試体圧縮強度を示す。いずれの結合材を使用したコンクリートも、B/Wが高くなるほど、圧縮強度は高くなる傾向がみられた。ただし、VKCコンクリートはSFCコンクリートやLSFコンクリートに比べてその傾向が顕著でなかった。また、圧縮強度の絶対値はSFCコンクリートが高く、材齢91日のW/B13%では、LSFコンクリートより20N/mm²程度、VKCコンクリートより35N/mm²程度高い結果となった。

2.3 混和剤の影響

混和剤銘柄の違いによる差異を確認するため、超高強度用高性能減水剤5種類を用いて、水結合材比13%でフレッシュコンクリート性状、強度発現性状の比較検討を行った。表5に本試験に用いた使用材料および調査を示す。

表6に主な実験結果を示す。混和剤銘柄の違いにより使用

表4 コンクリートの調合(結合材の影響)

W/B (%)	単位量(kg/m ³)						SP 使用量 (B×%)	
	W	SFC	L	VKC	SF	S		G
24	155	646	—	—	—	784	837	1.3
		—	581	—	65			1.55
20	155	775	—	—	—	676	837	1.55
		—	698	—	78			1.7
		—	—	775	—			658
16	155	969	—	—	—	513	837	2.1
		—	872	—	97			2.1
		—	—	969	—			490
13	155	1192	—	—	—	328	837	2.9
		—	1073	—	119			2.7
		—	—	1192	—			297

〔使用材料〕 水(W)：上水道水 (注) 1バッチ50リットル
 セメント(SFC)：シカフーム混入セメント、密度3.08g/cm³
 セメント(L)：低熱ポルトランドセメント、密度3.22g/cm³
 セメント(VKC)：三成分セメント、密度2.99g/cm³
 混和材(SF)：粉体シカフーム、密度2.20g/cm³
 細骨材(S)：岩瀬産砕砂(硬質砂岩)、表乾密度2.58g/cm³
 粗骨材(G)：岩瀬産砕石(硬質砂岩)、表乾密度2.65g/cm³
 混和剤(SP)：A社製高性能減水剤(ポリカルボン酸系)
 〔目標スランプ〕：65±7.5cm(W/B24,20%), 70±7.5cm(W/B16,13%)
 〔目標空気量〕：1.5±1%

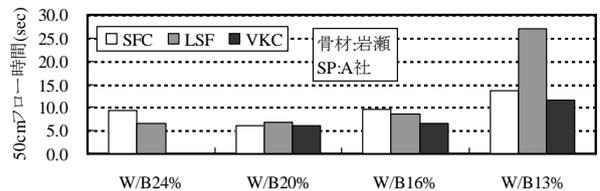


図5 結合材の違いによる50cmフロー時間

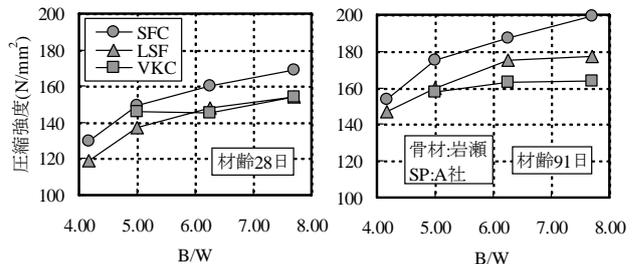


図6 結合材の違いによる標準養生供試体圧縮強度

表5 コンクリートの調合(混和剤の影響)

W/B (%)	単位量(kg/m ³)				SP 使用量 (B×%)
	W	B	S	G	
13	155	1192	369	791	2.0~3.0

〔使用材料〕 水(W)：上水道水 (注) 1バッチ40リットル
 セメント(B)：シカフーム混入セメント、密度3.08g/cm³
 細骨材(S)：大月産砕砂(安山岩)、表乾密度2.62g/cm³
 粗骨材(G)：大月産砕石(安山岩)、表乾密度2.62g/cm³
 混和剤(SP)：A,B,C,D,E社製高性能減水剤(ポリカルボン酸系)

表6 実験結果(混和剤の影響)

種類	SP 使用量 (B×%)	スランプ フロー(cm)	50cm フロー時間 (s)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)		
					1日	7日	28日
A	3.0	76.0	13.5	1.9	1.4	124	162
B	3.0	67.5	27.8	2.0	1.3	113	155
C	3.0	70.0	17.3	2.0	3.3	111	156
D	2.7	69.5	23.9	1.9	4.6	113	155
E	2.0	72.0	13.9	1.5	17.4	121	160

量や粘性に若干の差異が確認されたが、いずれも所要品質のコンクリートを得ることができた。圧縮強度発現は、初期材齢においては差があったものの7日以降での差は少なかった。

2.4 PP 繊維の影響

PP 繊維混入により、プレーンコンクリートとのフレッシュコンクリート性状、強度発現性状の違いを確認するために比較検討を行った。表 7 に本試験に用いた使用材料および調合を示す。

図 7 に PP 繊維の種類および混入量の違いによる繊維混入前後のスタンプフローを示す。a 社製のほうが、b 社製よりも繊維混入によるスタンプフローの低下量が少ない結果となった。PP 繊維混入量の影響に関しては、a 社製の場合、0.24vol%までは繊維混入によるスタンプフローの低下量は少なかったが、0.36vol%まで混入すると非常に大きくなった。また、フロー時間は繊維混入後のフロー時間が非常に長くなった。これは、粘性が著しく高くなったわけではなく、繊維混入によりフロー値が小さくなったことに加え、繊維が絡んでいるためにフロー速度が遅くなった影響が大きいと考えられる。図 8 に PP 繊維の種類および混入量の違いによる標準養生供試体の圧縮強度を示す。いずれの PP 繊維を使用しても、繊維混入による強度低下は小さく、材齢 91 日においても最大 5%程度であった。

2.5 水結合材比とフレッシュコンクリート性状・強度性状の関係

シカフォーム混入セメント、岩瀬産砕石・砕砂を用いて、W/B24~12%の範囲におけるフレッシュコンクリート性状、強度発現性状の比較検討を行った。表 8 に本試験に用いた使用材料および調合を示す。

図 9 に W/B と混和剤使用量の関係を示す。W/B が低くなるほど、使用量は増加する傾向がみられた。図 10 に W/B と 50cm フロー時間の関係を示す。W/B が低くなるほど、フロー時間は長くなる傾向がみられ、同様にコンクリートの粘性も高くなっていると思われる。これは、目視観察の結果と一致する。図 11 に B/W と標準養生供試体の圧縮強度を示す。圧縮強度は、W/B13%まで B/W が高くなるほど高くなる傾向がみられたが、W/B12%では逆に強度が低下した。この傾向は、材齢が長期になるほど顕著になっている。図 12 に標準養生供試体圧縮強度の強度発現状況を示す。圧縮強度は、材齢が経過するほど増進しているが、材齢 28~56 日および 91~182 日の強度増進に関しては非常に緩慢であった。

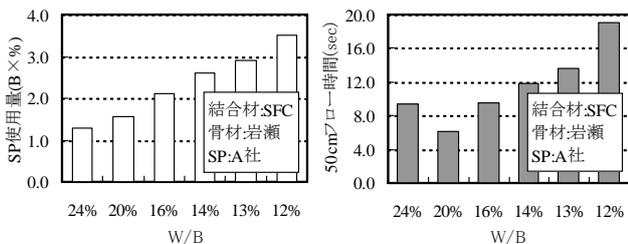


図 9 水結合材比と混和剤使用量

図 10 水結合材比と 50cm フロー時間

表 7 コンクリートの調合(PP 繊維の影響)

W/B (%)	単位量(kg/m ³)				PP 混入量 (vol%)	SP 使用量 (B×%)
	W	B	S	G		
13	155	1192	328	837	0 (a)	3.0
					0.24 (a)	
					0.36 (a)	
13	155	1192	328	837	0 (b)	3.2
					0.3 (b)	

【使用材料】水(W)：上水道水 (注) 1バッチ 50^{リットル}
 セメント(B)：シカフォーム混入セメント、密度 3.08g/cm³
 細骨材(S)：岩瀬産砕砂(硬質砂岩)、表乾密度 2.58g/cm³
 粗骨材(G)：岩瀬産砕石(硬質砂岩)、表乾密度 2.65g/cm³
 混和剤(SP)：A 社製高性能減水剤(ポリカルボン酸系)
 合成繊維(PP)：ポリプロピレン繊維(a社,b社)、密度 0.91g/cm³
 【目標スタンプフロー】：70±7.5cm, 【目標空気量】：1.5±1%

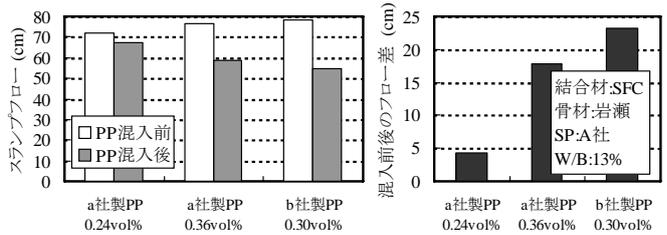


図 7 PP 繊維の違いによるスタンプフロー

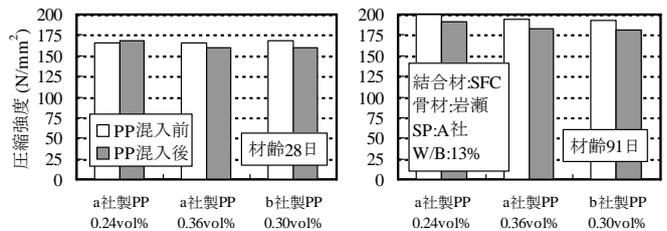


図 8 PP 繊維種類と標準養生供試体圧縮強度

表 8 コンクリートの調合(水結合材比)

W/B (%)	単位量(kg/m ³)				SP 使用量 (B×%)
	W	B	S	G	
24	155	646	784	837	1.3
20		775	676		1.55
16		969	513		2.1
14		1107	400		2.6
13		1192	328		2.9
12		1292	245		3.5

【使用材料】水(W)：上水道水 (注) 1バッチ 50^{リットル}
 セメント(B)：シカフォーム混入セメント、密度 3.08g/cm³
 細骨材(S)：岩瀬産砕砂(硬質砂岩)、表乾密度 2.58g/cm³
 粗骨材(G)：岩瀬産砕石(硬質砂岩)、表乾密度 2.65g/cm³
 混和剤(SP)：A 社製高性能減水剤(ポリカルボン酸系)
 【目標スタンプフロー】：65±7.5cm(W/B24,20%), 70±7.5cm(W/B16,14,13,12%)
 【目標空気量】：1.5±1%

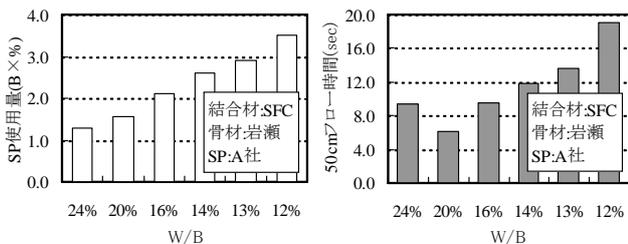


図 11 結合材水比と標準養生供試体圧縮強度

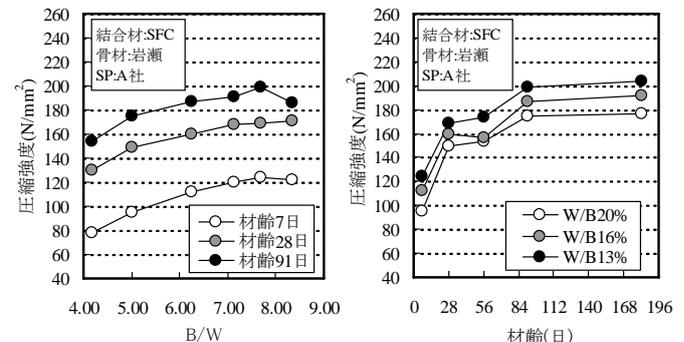


図 12 標準養生供試体の強度発現状況

§3. 実機試験

3.1 試験概要

3.1.1 使用材料及び割合

表9に実機試験に用いた使用材料, 表10にコンクリートの割合をそれぞれ示す。目標スランプフローは, W/B20%が 65cm, W/B16~13%は 70cmとし, 目標空気量はすべて 1.5%とした。粗骨材かさ容積はすべて 0.51m³/m³とし, 混和剤の固形分は単位水量に補正した。また, W/B20, 14%において爆裂防止用のPP繊維を0.2~0.3vol%用いた。

3.1.2 試験体

図13に実機試験に用いた試験体形状を示す。試験体は断面寸法1000×1000mm, 高さ1000mm(以下1000角試験体と略記)の模擬柱部材とし, 耐火実験の試験体との整合を確認する400×400mm, 高さ1000mm(以下400角試験体と略記)の模擬柱部材も合わせて実験に供した。試験体は, 上下をそれぞれ発泡スチロールで断熱し, 無筋とした。コア供試体は, 図中に示す1000角試験体は垂直方向に内部および端部, 400角試験体は端部で採取し, 各3個の供試体を作製した。

3.1.3 コンクリートの製造

コンクリートの製造は, レディーミクストコンクリート工場(東京都中央区)で行った。コンクリートは2軸強制練りミキサ(公称容量6.0m³)を用い, 1バッチの練混ぜ量は2.0~4.0m³とした。練混ぜは, モルタルの練上がりモニタおよび負荷値で確認後, 粗骨材を投入しコンクリートとして練混ぜた。夏期・冬期は, 工場内で練上がり後60分で試験体に打ち込み, 標準期は, 神奈川県厚木市(輸送時間約90~120分)において打ち込みを行った。また, 標準期のW/B20, 14%は, 試験体打ち込み終了後のアジテータ車にPP繊維を投入(3回に分けて投入)し分散性を測定した。

3.1.4 試験体の組合せ

表11に打ち込みを行った試験体の組合せを示す。実験は, 夏期(8月), 標準期(5月), 冬期(12月)の3シーズンで行った。

3.2 実験結果

3.2.1 フレッシュコンクリート

各割合におけるフレッシュコンクリートの試験結果は概ね目標値を満足していた。

(1) 混和剤使用量および練混ぜ時間

図14に混和剤使用量, 図15に練混ぜ時間を示す。使用量および練混ぜ時間は水結合材比が小さくなるほど増大し, 特に混和剤使用量はコンクリート温度の高い夏期で顕著であった。また, 練混ぜ時間は温度の低い冬期ほど長く, 特にモルタルの練混ぜ時間が増大した。

表9 使用材料

水	上水道水
結合材	シカフォーム混入セメント:密度 3.08g/cm ³
細骨材	岩瀬産砕砂:表乾密度 2.59g/cm ³ , FM2.63
粗骨材	岩瀬産碎石:表乾密度 2.65g/cm ³ , FM6.60, 実積率 61%
混和剤	特殊高性能減水剤:ポリカルボン酸系,固形分 30%
合成繊維	ポリプロピレン繊維 (48μm, 10mm・20mm)

表10 コンクリートの割合

W/B (%)	単位量(kg/m ³)				SP使用量 (B×%)
	W	B	S	G	
20*	155	775	704	824	1.4~1.7
16	155	969	541	824	1.75~2.5
14*	155	1107	414	824	2.25~3.0
13	155	1192	369	824	2.4~3.2

(注) W/B:水結合材比,W:水,B:結合材,S:細骨材,G:粗骨材,SP:混和剤
* PP 繊維を 0.2~0.3vol%使用

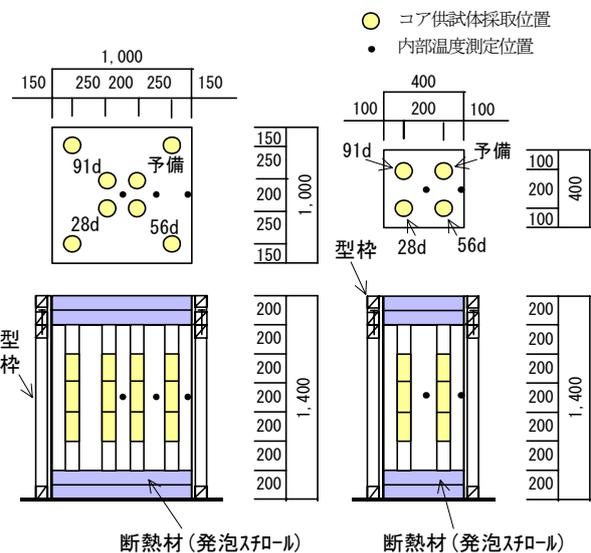


図13 試験体形状

表11 試験体の組合せ

実験時期	試験体	
	1000角試験体	400角試験体
夏期	20,16,13	20,16,14,13
標準期	20,16,14	20,14
冬期	20,16,13	—

(注) 数字は水結合材比(%)

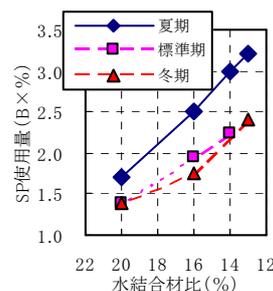


図14 混和剤使用量

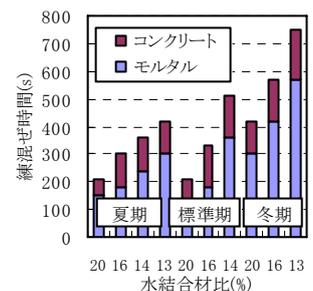


図15 練混ぜ時間

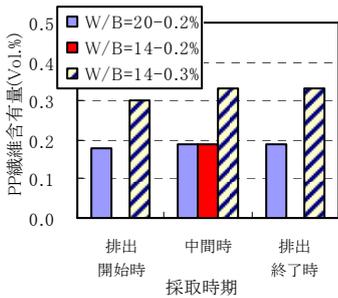


図16 PP 繊維含有量

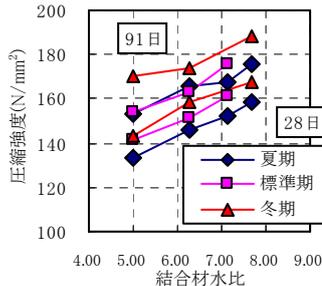


図17 標準養生供試体の圧縮強度と結合材水比の関係

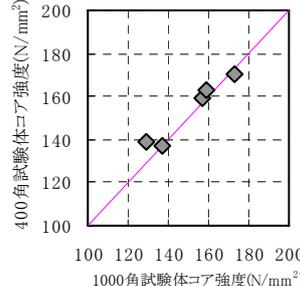


図18 模擬柱試験体のコア強度の関係

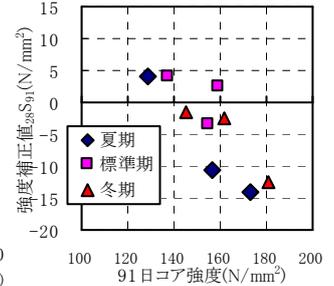


図19 91日コア強度と強度補正值(28S91)の関係

(2) PP 繊維の分散性

図16にPP 繊維の含有量の一例を示す。PP 繊維は、アジテータ車からコンクリートを採取し、水洗いおよびふるいにより採取した後、乾燥させて繊維量を測定した。W/B20, 14%とも、コンクリート排出開始時・中間時・排出終了時のいずれにおいても大差なく均一で、ほぼ計画値に等しかった。

3.2.2 硬化コンクリート

図17に標準養生供試体圧縮強度と水結合材比の関係を示す。28日強度および91日強度とも結合材水比の増大に伴って標準養生供試体圧縮強度が増大する傾向があり、冬期の91日強度が他の季節に比べて強度増進が大きかった。今回の強度結果からもW/B13%までは実製造が十分可能と考えられる。

図18に1000角試験体と400角試験体のコア強度の関係(材齢91日)を示す。本試験では、模擬柱部材の断面寸法にかかわらず同程度のコア強度であった。なお、400角試験体の中心部の最高温度は1000角試験体の表層部の温度に近かった。

図19に91日コア強度と強度補正值(28S91)の関係を示す。今回の実験結果では、コア強度が増大するほど強度補正值が小さくなる傾向があり、季節の違いが見られなかった。また、28S91値は最大で5N/mm²を超えるものはなかった。

§4. まとめ

超高強度コンクリートの製造技術に関する室内試験および実機試験により以下のことが明らかとなった。

- (1) Fc=150N/mm²級超高強度コンクリートの製造は、岩瀬産骨材、シリカフェム混入セメントを用いることで可能である。
- (2) 混和剤使用量は、水結合材比が小さくなるほど増大し、練混ぜ時間は温度の低い冬期ほど長くなる傾向であった。
- (3) PP 繊維は、トラックアジテータ車のドラム内ではほぼ均一に分散していた。
- (4) 標準養生供試体の圧縮強度は、W/B=13%まで結合材水比の増加に伴って増大する傾向であった。
- (5) 模擬柱部材のコア強度は、試験体断面寸法にかかわらず、

同程度であった。

- (6) 強度補正值は、コア強度が増大するほど小さくなる傾向であった。

謝辞 本報告は、熊谷組、佐藤工業、戸田建設、西松建設、ハザマ、フジタ、前田建設工業の共同研究成果の一部です。多大なご協力を頂きました関係各位の皆様にご深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 黒岩秀介ほか:Fc130N/mm²の高強度コンクリートを用いた超高層集合住宅の施工, コンクリート工学, Vol.42, No.10, pp.44-49, 2004.10
- 2) 松戸正士,吉野茂ほか:超高強度材料を用いた鉄筋コンクリート柱の耐火性に関する研究(その1,2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), A-2, pp.21-24, 2002.8
- 3) 梶田秀幸ほか:超高強度材料を用いた鉄筋コンクリート柱の耐火性に関する研究(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), A-2, pp.241-242, 2003.9
- 4) 梶田秀幸,西田浩和,増田隆行,松戸正士,澤田由美子ほか:超高強度材料を用いた鉄筋コンクリート柱の耐火性に関する研究(その4,5,6,7,8), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), A-2, pp.91-100, 2004.8
- 5) 例えば, 森田武ほか:火災時における高強度コンクリート部材の爆裂性状の改善に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, No.544, pp.171-178, 2001.6
- 6) 西田浩和,梶田秀幸,梅本宗宏ほか:Fc=150N/mm²級超高強度コンクリートの製造技術に関する実験的研究(その1,2,3), 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), A-2, pp.327-332, 2005.9



西田 浩和

ひとこと

このクラスの高強度コンクリートの実現にはまだ課題が多くありますが、現場の実施工に繋げられるようにさらに検討を進める予定です。