

シリカフュームをプレミックスしたセメントによる CFT 用 $F_c150 \sim 60\text{N/mm}^2$ の充填コンクリートの開発

Development of $F_c150 - 60\text{ N/mm}^2$ filled Concrete for CFT by Cement Premixed with Silica Fume

依田和久 全 振煥 浅岡 茂¹⁾ 原内優次²⁾

要 約

高さ 300m を超える超高強度コンクリート充填鋼管 (CFT) 造を実現させるプロジェクトにおいて、コスト抑制の観点から鋼材量を削減するために、設計基準強度 150N/mm^2 のコンクリートの実現が求められた。高強度コンクリートを得るには材料、調合、養生など様々な工夫があるが、特にセメントの選定が重要であり、強度発現性と施工性に優れたシリカフュームをプレミックスしたセメントを用いることが望ましいと考えられた。また、同プロジェクトでは高さ 300m を超える箇所への $F_c60\text{ N/mm}^2$ のコンクリートの圧入充填が計画されており、高所圧送の用途にもシリカフュームをプレミックスしたセメントの使用が考えられた。本報では同セメントによる $F_c150 \sim 60\text{N/mm}^2$ の充填コンクリートを開発したので、その内容を報告する。

目 次

- I. はじめに
- II. 目標性能
- III. 実験計画
- IV. 実験結果・考察
- V. まとめ

I. はじめに

高さ 300m を超える超高強度コンクリート充填鋼管 (CFT) 造を実現させるプロジェクトにおいて、コスト抑制の観点から鋼材量を削減するために、コンクリートは設計基準強度 150N/mm^2 の実現が求められたが、当社では $F_c120\text{N/mm}^2$ までの開発に留まっていた¹⁾。一方、同業他社では数社で $F_c150\text{N/mm}^2$ が開発・実用化されているが、現時点では入手が困難な材料を用いているなど課題があると考えられた²⁾。高強度コンクリートを得るには材料、調合、養生など様々な工夫があるが、特にセメントの選定が重要であり、強度発現性と施工性に優れたシリカフュームをプレミックスしたセメントを用いることが望ましいと考えられた。

本プロジェクトにおける CFT 柱の形式は、Fig.1 に示す内ダイアフラム形式である。この形式の場合鋼管内のダイアフラム近傍でコンクリートの強度が低下する傾向があるとき

れており、調合設計に際し、この強度低下を考慮した強度補正值 S_c を加える必要がある。 S_c は、新都市ハウジング協会の技術基準に、 $F_c60\text{N/mm}^2$ までは $10 \sim 15\text{N/mm}^2$ という標準値が示されている³⁾ が、 $F_c60\text{N/mm}^2$ を超えるコンクリートは標準値が定められておらず、実験などで S_c を定める必要がある。

また、本プロジェクトにおいて高さ 300m を超える箇所への $F_c60\text{ N/mm}^2$ のコンクリートの圧入充填が計画されており、高所圧送の用途にもシリカフュームをプレミックスしたセメントの使用が考えられた。本報では同セメントによる $F_c150 \sim 60\text{N/mm}^2$ の充填コンクリートを実験的研究により開発したので、その内容を報告する。

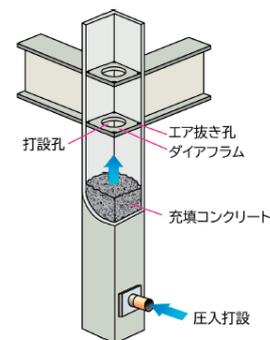


Fig. 1 内ダイアフラム形式の鋼管充填コンクリート構造 (Concrete-filled Steel Tube(CFT) Structure with Inner Diaphragm)

1) 建築管理本部 Building Construction Management Division

2) 関西支店 Kansai Branch

キーワード: 鋼管コンクリート構造, 充填コンクリート, シリカフューム, 低熱ポルトランドセメント, 模擬試験体, 強度補正值
Keywords: concrete filled steel tubular structure, filled concrete, silica fume, low heat Portland cement, simulation specimen, strength correction value state of concrete

II. 目標性能

充填コンクリートで要求される所要性能を Table 1 に示す。要求される主な性能は流動性、充填性、材料分離抵抗性および構造体強度であり、それらに対応した目標値を示す。

III. 実験計画

1. 実験概要

本研究開発の全体像を Fig. 2 に示す。本研究開発は室内実験、実機練り実験、模擬部材実験からなる。室内実験では骨材や化学混和剤などの使用材料の選定、Table 1 に示す目標性能を満足するコンクリート調合の作り込みを行った。本報告ではこの室内実験に引き続き、標準期に実施した実機練り実験（2020年11月）と冬期に実施した CFT 模擬柱試験体実験（2021年2月）において充填コンクリートの特性、および結合材水比と圧縮強度の関係の把握、強度補正值 S_c などの検討を行った結果を述べる。CFT 模擬試験体の概要を Fig. 3 に示す。模擬試験体は実建築物を想定し柱断面は R25W と R15W は 1200mm 角、R35W は 1000mm 角とし、高さは全て 7250mm とした（記号は Table 3 参照）。これらの試験体にはダイアフラムを 5カ所設けた。

2. 使用材料および調合

使用材料を Table 2 に、コンクリートの調合を Table 3 に示す。コンクリートの種類は、低熱ポルトランドセメントにシリカフュームをプレミックスした結合材（記号 LSF）に水結合材比 35%、25%、15%の各水準を組み合わせたものを基本とした。さらに、より高い圧縮強度を得るために標準期の実機練り実験では水結合材比 13%の水準も追加した。Table 3 の記号は、レディーミクストコンクリート（以下生コン）工場（記号 R）、水結合材比、実験実施時期（標準期：N、冬期：W）の組合せを意味し、模擬試験体も同一とした。

3. 試験体・供試体の作製

練混ぜは、生コン工場の容量 3.5m³の強制二軸式ミキサを用い、モルタル 2分（R15、R13 は 2分 30秒）、粗骨材投入後 2分練り混ぜて行った。標準期の実機練り実験は生コン工場で行った。冬期の模擬試験体実験は生コン工場で行った。コンクリートは建屋の外周に 5 インチの配管 225m で水平圧送後、Photo 1 に示すとおり、CFT 柱鋼管の柱脚より約 0.5m/h の速さで圧入施工した。模擬試験体は屋内に存置し、コア供試体を採用した。

4. 試験項目および方法

試験項目および方法を Table 4 に示す。フレッシュ、硬化過程、硬化後について試験を実施した。鋼管内の充填性は、模擬試験体をダイアフラム部で折り、ダイアフラム下面の空隙を透明フィルムにトレースし充填部面積率を測定し評価した。圧縮強度試験用の模擬試験体のコア供試体は

Fig. 3 に示すとおり、端部と中央部からダイアフラム近傍を含む 27 本をそれぞれ採取した。

Table 1 充填コンクリートの目標性能
(Specification of Concrete for CFT)

目標性能	目標値	関連する性能
スランプフロー	55, 60, 65, 70±10cm ³	流動性, 充填性
500mmフロー到達時間	10秒以下 (JIS A 1160)	流動性, 充填性
空気量	2.0(-2.0, +1.0)%	施工性, 構造体強度
見掛けの塑性粘度 ⁴⁾ (レオロジー定数)	25N・cm・min以下 ⁵⁾	圧送性(圧力損失)
ブリーディング量	0.1cm ³ /cm ² 以下 ³⁾	材料分離抵抗性, 充填性
沈降量	2.0mm以下 ³⁾	充填性, 構造体強度
圧縮強度	設計基準強度(N/mm ²)	構造体強度等

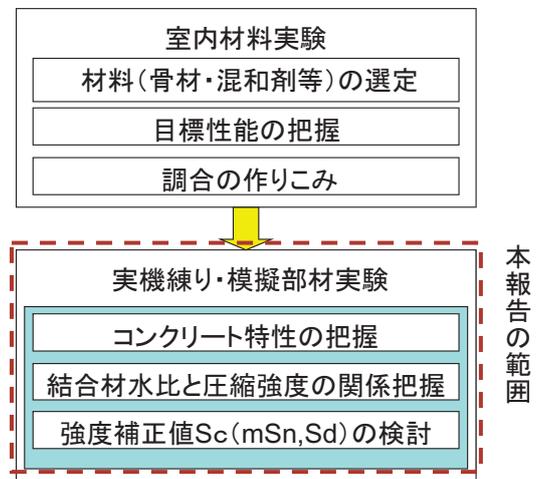


Fig.2 研究開発の全体像
(Outline of Research and Development)

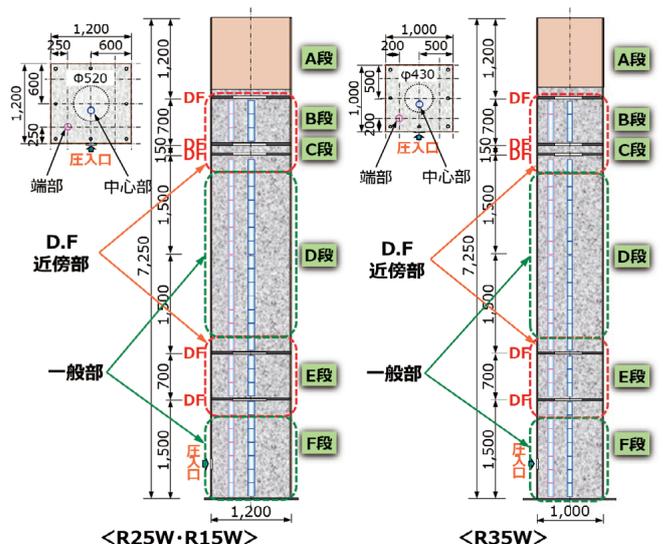


Fig.3 CFT 模擬柱試験体
(Outline of CFT Column Specimens)

Table 2 使用材料
(Materials)

使用材料	種類	密度 (g/cm ³)
セメント	低熱セメントにシリカフュームをプレミックスしたもの(記号:LSF)	3.08
細骨材	陸砂(北海道苫小牧市産)	2.66 ^{*1}
粗骨材	砕石(硬質砂岩・茨城県桜川市産)	2.63 ^{*1}
水	上水道水(東京都)	1.00
化学混和剤	高性能AE減水剤(W/B35、25%)	1.07
	高性能減水剤(W/B15%)	1.07

*1 表乾密度

Table 3 コンクリートの割合
(Concrete Mix Proportions)

実験	記号	結合材	W/B (%)	s/a (%)	単位置量(kg/m ³)				化学混和剤* (%)
					水	結合材	細骨材	粗骨材	
実機練り (標準期)	R35N	LSF	35.0	50.7	155	443	928	887	B×1.15
	R25N		25.0	47.1	155	620	791	871	B×1.90
	R15N		15.0	35.8	165	1100	441	776	B×1.85
	R13N		13.0	32.0	162	1247	348	742	B×2.00
模擬 試験体 (冬期)	R35W	LSF	35.0	50.7	155	443	928	887	B×1.15
	R25W		25.0	47.1	155	620	791	871	B×1.90
	R15W		15.0	35.8	165	1100	441	776	B×1.85

*R35とR25は高性能AE減水剤、R15とR13は高性能減水剤を使用

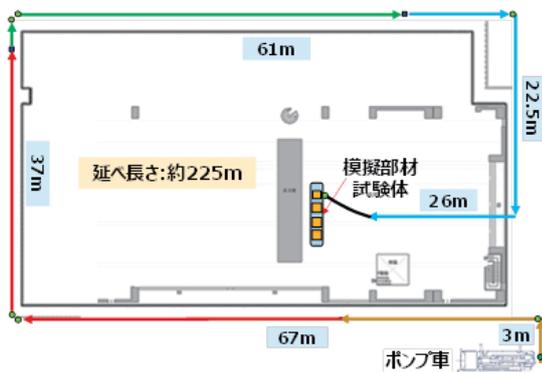


Fig.4 コンクリート配管と模擬柱試験体の設置状況
(Location of Concrete Pumping Pipe and Column Specimens)



Photo 1 模擬柱試験体の外観
(Outline of Colum Specimens)

Table 4 試験項目及び方法
(Test Items and Methods)

区分	試験項目	試験方法	実験 ^{*1}	
			実機練り ^{*2} (標準期)	模擬試験体 (冬期)
フレッシュ	スランプフロー	JIS A 1150	○	○
	スランプフロー時間	JIS A 1150、500mmフロー到達時間を測定	○	○
	空気量	JIS A 1128	○	○
	コンクリート温度	JIS A 1156	○	○
	塩化物量	JIS A 1144	○	○
	ワーカビリティ	目視	○	○
	レオロジー定数(見掛けの塑性粘度)	ツープイント試験方法 ^④ より測定	—	○
硬化過程	沈降	JASSS T-503	○	○
	ブリーディング	JIS A 1123	○	○
	温度履歴(簡易断熱養生)	JASSS T-606	○	○
硬化後	ダイヤフラム下面の空隙率(充填性)	ダイヤフラム下面コンクリートの空隙をトレースし空隙面積率を測定	—	○
	圧縮強度(標準養生)	JIS A 1108(材齢7、28、42、56、91日)	○	○
	圧縮強度(簡易断熱養生 ^③)	JIS A 1108(材齢28、42 ^③ 、56、91日)	○	○
	圧縮強度(コア)	JIS A 1107、JIS A 1108(材齢91日)	—	○

*1. 実施した試験を○で示す。*2. R13Nは経時変化試験未実施。*3. 冬期のみ試験を実施。*4. JASS 5

IV. 実験結果・考察

1. フレッシュ時の性状

(1) 荷卸時の試験結果

荷卸におけるフレッシュ時のコンクリートの試験結果をTable 5に示す。スランプフローは63.5～74.5cm、空気量は1.3～1.9%の範囲にあり、全て目標値であるスランプフロー65または70±10cm、空気量2.0±1.5%の範囲を満足した。コンクリート温度は13～22℃であった。塩化物量は0.02～0.05kg/m³の範囲であり問題ない値であった。ワーカビリティでは水結合材比が小さくなるにつれて粘りが強くなる傾向がみられた。

500mmフロー到達時間は水結合材比35～15%の範囲では10秒以下であったが、水結合材比13%のみ12.8秒であり、10秒を超えた。「10秒以下」はJIS A 1160において流動性の評価基準とされているものである。水結合材比13%のワーカビリティは粘りがあり、500mmフロー到達時間も10秒を超えており、実施工前に施工性の検討が必要と考えられる。

(2) フレッシュ試験における各種特性

(a) スランプフローの経時変化

スランプフローの経時変化をFig.5に示す。R35Nを除き練上がりから180分経過の間70±10cmの範囲にあった。また、R35Nは60～65cmの範囲にあり、いずれも安定した状態を維持した。コンクリートの状態を観察した結果を合わせて考えると、水結合材比35%のものはスランプフロー60cmで管理したほうが、流動性と材料分離抵抗性のバランスが取れていると考えられた。

(b) スランプフロー到達時間の経時変化

500mmフロー到達時間の経時変化をFig.6に示す。全てJIS A 1160による流動性の評価基準の10秒以下となった。R15のグループは10秒に近く、その他は5秒以下となった。到達時間の絶対値が2のグループに分けられたが、練上がり

直後から180分まで安定した状態を維持した。

(c) 空気量の経時変化

空気量の経時変化をFig.7に示す。練上がり直後から180分まで空気量は全て1.4~2.0%の範囲にあり,安定した状態を維持した。

(d) コンクリート温度の経時変化

コンクリート温度の経時変化をFig.8に示す。練上がり直後から180分まで温度は,標準期は17~23℃であり,冬期は12~19℃であった。水結合材比が小さいほど温度が高い傾向を示し,いずれの季節においてもR15はR25に比べ5~6℃高い傾向を示したが,安定的に推移した。水結合材比が低いほどコンクリート温度が高いのは練混ぜ時の摩擦熱と注水直後の初期水和発熱が大きいためと考えられた。

(e) 見掛けの塑性粘度

冬期に実施した模擬試験体実験におけるコンクリートの見掛けの塑性粘度をFig.9に示す。R35Wが3.9N・cm・min, R25Wが4.4N・cm・min, R15Wが15.4N・cm・minであった。当社で圧送可能な閾値としている25N・cm・min⁵⁾を十分下回るものであり,試験体の圧入施工は可能と判断した。また,圧送後,見掛けの塑性粘度が低下する傾向が見られた。これはコンクリートにポンプ圧送により圧縮力とせん断力により見掛けの塑性粘度が変化したものと考えられる⁶⁾。

(3) 硬化過程における各種特性

(a) 沈降とブリーディング

コンクリートの沈降の試験結果をFig.10に示す。R35Wが0.5mm, R25Wが0.9mm, R15Wが1.5mmであった。R35Nが0.7mm, R25Nが0.7mm, R15Nが1.2mmであった。いずれも目標値とする2.0mm以下を満足した。また,水結合材比が小さくなるほど沈降量が大きくなる傾向がみられた。これは自己収縮が影響しているものと考えられた。自己収縮対策として例えば収縮低減材を使用することが示されている⁷⁾。沈降や自己収縮が大きくなる場合は適宜対策を検討する必要があると言える。

ブリーディングは標準期の実機練り実験,冬期の模擬試験実験における全てコンクリートにおいて0であった。

Table 5 フレッシュコンクリートの試験結果
(Test Results of Fresh Concrete)

実験	記号	スランプフロー(cm)		50cmフロー到達時間(秒)	空気量*1 (%)	温度(°C)	Cl ⁻ 量*2 (kg/m ³)	ワーカビリティ
		実測値	目標値					
実機練り(標準期)	R35N	64.0×63.0	65±5cm	2.5	1.9	18	0.02	良
	R25N	71.5×69.5		3.2	1.9	19	0.04	良
	R15N	75.0×74.4	70±5cm	8.0	1.7	22	0.05	やや粘り
	R13N	71.5×71.5		12.8	1.8	22	0.04	粘り
模擬部材(冬期)	R35W	65.0×63.0	65±5cm	4.0	1.3	13	0.02	良
	R25W	68.0×67.5		4.0	1.9	15	0.02	良
	R15W	71.0×70.0	70±5cm	9.6	1.4	19	0.04	やや粘り

*1.目標値:2.0(許容差-2.0, +1.0)%, *2.出荷時に試験を実施

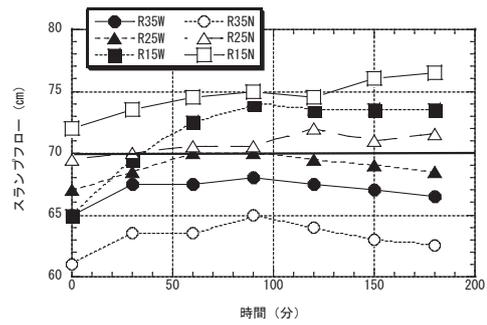


Fig.5 スランプフローの経時変化 (Slump Flow over Time)

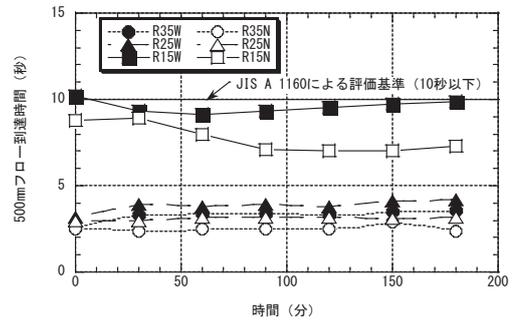


Fig.6 50 cmフロー到達時間の経時変化 (Temporal Change in Time to Reach 50 cm Flow)

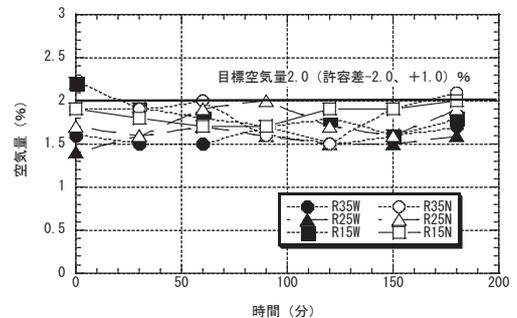


Fig.7 空気量の経時変化 (Change in Air Volume with Time)

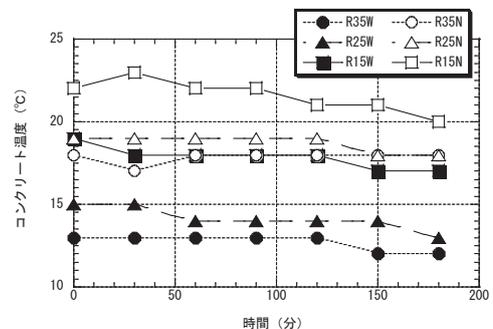


Fig.8 コンクリート温度の経時変化 (Change in Concrete Temperature with Time)

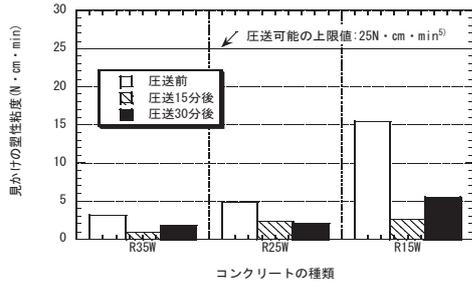


Fig.9 見掛けの塑性粘度
(Apparent Plastic Viscosity by Rotorcraft)

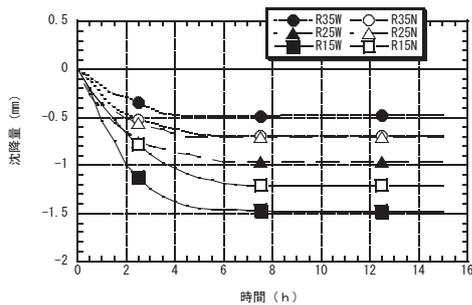


Fig.10 コンクリートの沈降量
(Amount of Concrete Settling)

(b) 硬化過程の温度履歴

標準期に実施した硬化過程のコンクリートの温度履歴を Fig. 11 に示す。練上がりから 34～47 時間で最高温度に達しており、その大きさは R35N (36.2℃) < R25N (45.9℃) < R15N (61.3℃) < R13N (62.1℃) であった。また、R15N や R13N は 34～35 時間で最高温度に到達したのに対し、R35N と R25N は 40～47 時間で最高温度に到達した。これは化学混和剤の種類の影響や添加量、結合材量の影響が考えられた。

冬期に実施した硬化過程のコンクリートの温度履歴を Fig. 12 に示す。練上りから 35～41 時間で最高温度に達しており、その大きさは R35W (33.3℃) < R25W (42.3℃) < R15W (59.3℃) であり、標準期に比べ 3℃程度低くなった。また、最高温度到達までの時間の差小さく、6 時間程度であった。

(4) 硬化時における各種特性

(a) ダイアフラム下のコンクリートの充填率

ダイアフラム下の充填状況を Fig. 13 に、充填率を Fig. 14 に示す。模擬試験体各部のコンクリート充填率は 90.4～99.6% であり、免震構造施工標準⁸⁾ に示されている全体の充填率の判定基準 90% 以上を満足した。また、いずれも模擬試験体下部ほど充填率が高くなる傾向を示した。本実験の試験体の断面寸法は 1000～1200 mm と従来の実験¹⁾ のもの (600 mm) より大きく施工時や硬化過程のコンクリートの沈下により下部ほど圧密されたものと考えられた。

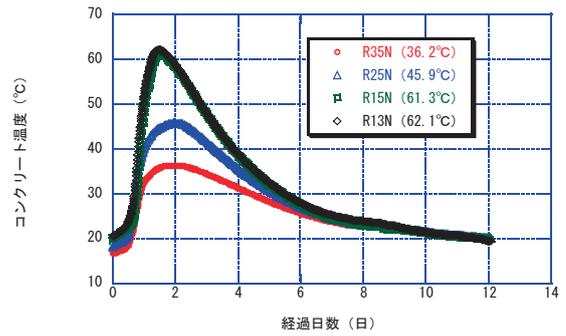


Fig.11 硬化過程のコンクリート温度(標準期)
(Concrete Temperature on Hydration Process)

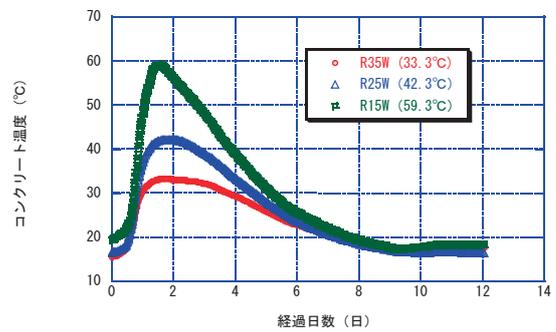


Fig.12 硬化過程のコンクリート温度(冬期)
(Concrete Temperature on Hydration Process)

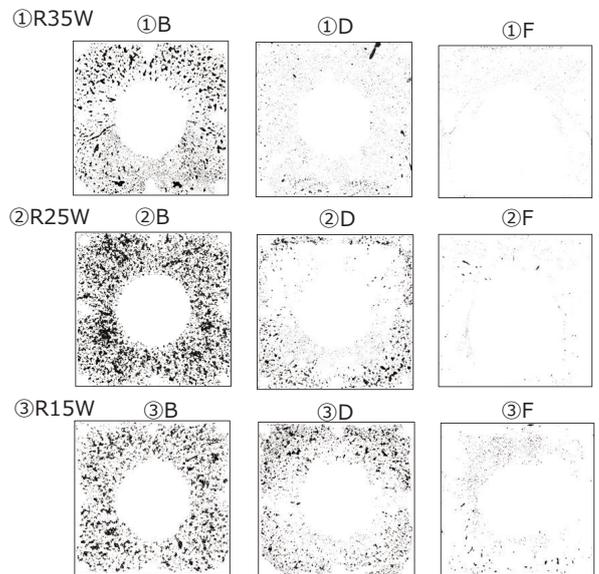


Fig.13 ダイアフラム下面の状況
(Concrete Surface under Diaphragm)

(b) 圧縮強度

材齢と標準養生強度の関係を Fig. 15 に示す。全体的にみると水結合材比が小さいほど圧縮強度は大きく、材齢とともに強度が増進する傾向が見られた。また、標準期と冬期の圧縮強度は R25N が R25W よりやや低かったことを除き、同等であった。

材齢と簡易断熱養生強度の関係を Fig. 16 に示す。全体的にみると、標準養生強度と同様に、水結合材比が小さいほど圧縮強度は大きく、材齢とともに強度が増進する傾向が見られた。また、標準期と冬期の圧縮強度は同等であった。

結合材水比と標準養生圧縮強度の関係を Fig. 17 に示す。実験結果の一次回帰式の相関係数は 0.985~0.989 となり、一次式で回帰できるものと判断した。採用する一次回帰式は、傾きは実験結果の回帰式のものそのまま採用し、y 切片は下限のデータを包含するように定めた。これらの採用式により調査設計を行うこととした。

材齢 91 日の模擬柱試験体のコア強度を Fig. 18 に示す。各コンクリートの中心部や端部から採取したコアの圧縮強度はダイアフラム近傍で低下するものも見られた。Table 6 に各コンクリートの全平均、標準偏差、変動係数を示す。全平均は R35W が 111N/mm²、R25W が 139N/mm²、R15W が 168N/mm² であり、変動係数は 7% 程度以下となり、妥当な値と考えられた。

構造体強度補正值 Sc を A 法として mSn+Sd、B 法として材齢 m 日の標準養生強度-材齢 91 日全平均 CFT コア強度による 2 つの方法で試算した。実測値で mSn や Sd がマイナスになった場合は、0 以上とすることなくそのまま mSn+Sd の計算に用い、最終的に算出した Sc を 0 以上とした。計算結果を Table 7 に示す。B 法は A 法に比べ Sc の値が小さくなり経済的なものとなった。

実験結果の直線回帰式から設計基準強度別水結合材比を算出した結果を Table 8 に示す。Sc 値は安全をみて A 法の値を用いた。水結合材比は実験の内挿の範囲となるように 13~35% 内で算定した。その結果 Fc60~150N/mm² の水結合材比は 13.3~35.0% となり、実用的な水結合材比が得られた。

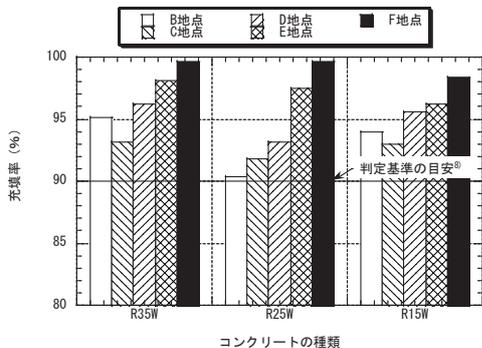


Fig. 14 ダイアフラム下の充填率 (Filling Ratio under the Diaphragm)

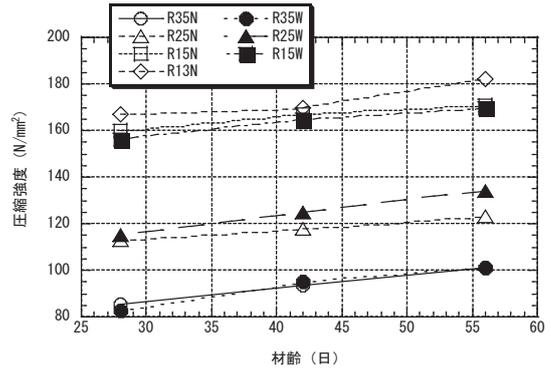


Fig. 15 材齢と標準養生強度の関係 (Relationship between Age and Standard Curing Strength)

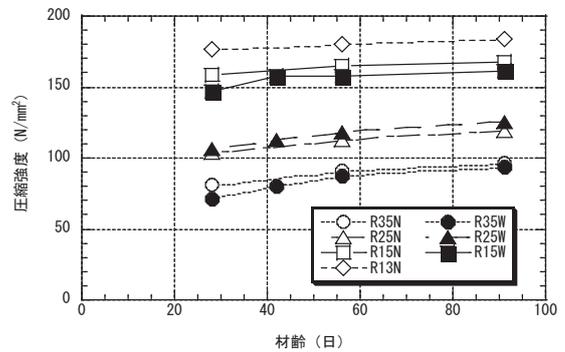


Fig. 16 材齢と簡易断熱養生強度の関係 (Relationship between Age and Simple Heat Insulation Curing Strength)

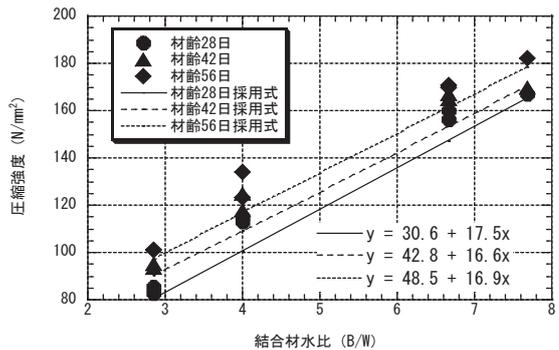


Fig. 17 結合材水比と標準養生圧縮強度の関係 (Relationship between Binder Water Ratio and Standard Curing Compressive Strength)

Table 6 コア供試体の強度関連データ (Data on Strength of the Core Specimen)

記号	R35W	R25W	R15W
CFTコア全平均(N/mm ²)	111	139	168
標準偏差(N/mm ²)	8.2	8.6	11.8
変動係数(%)	7.4	6.2	7.0

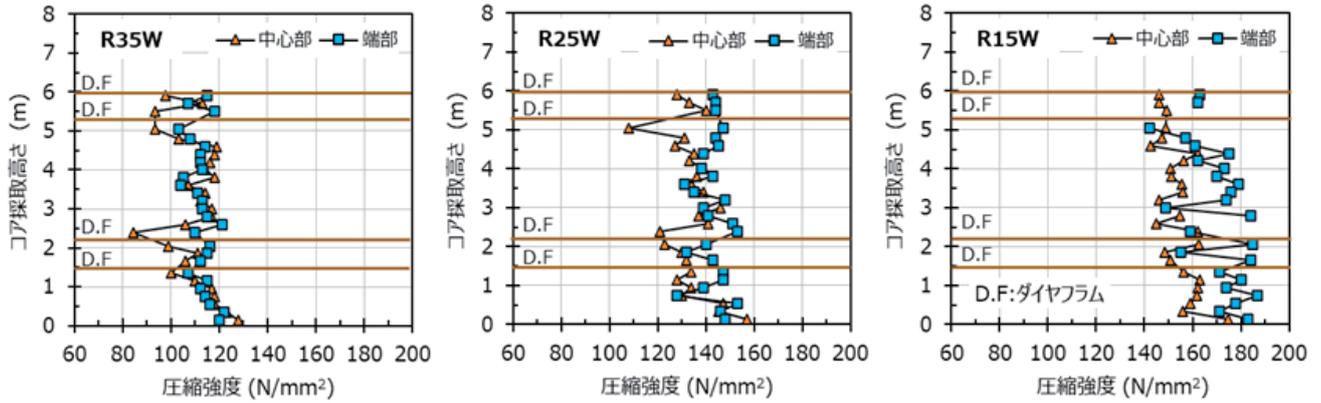


Fig.18 模擬試験体のコア強度の分布 (左から R35W, R25W, R15W)
(Distribution of Core Strength of Column Specimens (Left to right: R 35 W, R 25 W, R 15 W))

Table 7 強度補正值 Sc の試算
(Trial Calculation of Intensity Correction Value Sc)

算出方法	W/B (%)	圧縮強度						mSn ^{*1}				Sd ^{*2}	Sc ^{*3} (計算値)			Sc ^{*4} (提案値)		
		標準養生			CFTコア一般部平均	CFTコアD.F.部平均	CFTコア全平均	管理材齢			CFTコア	管理材齢			管理材齢			
		28日	42日	56日	91日	91日	91日	28日	42日	56日	91日	28日	42日	56日	28日	42日	56日	
A法: mSn+Sdにより算出	35	82.7	95.1	101	114	106	-	-31.6	-19.2	-13.3	8.7	-22.9	-10.5	-4.6	0	2	7	
	25	115	125	134	140	137	-	-24.8	-14.8	-5.8	2.5	-22.3	-12.3	-3.3	0	2	7	
	15	156	165	170	171	164	-	-14.5	-5.5	-0.5	7.0	-7.5	1.5	6.5	0	2	7	
B法: 材齢m日の標準養生強度-材齢91日全平均CFTコア強度	35	82.7	95.1	101	-	-	111	-	-	-	-	-28.7	-16.3	-10.4	0	0	0	
	25	115	125	134	-	-	139	-	-	-	-	-24.0	-14.0	-5.0	0	0	0	
	15	156	165	170	-	-	168	-	-	-	-	-12.4	-3.4	1.6	0	0	2	

*1. 材齢m日標準養生強度-CFTコア一般部平均
 *2. CFT柱模擬試験体の一般部-ダイアフラム近傍部
 *3. A法 mSn+Sd, B法 材齢m日の標準養生強度-材齢91日全平均CFTコア強度
 *4. Sc(計算値)を勘案して提案

V. まとめ

実験的研究によりシリカフェームプレミックスセメントを用いたコンクリートにおいて設計基準強度 Fc150～60N/mm²の範囲で 10N/mm²刻みで水結合材比を算出し提案した。提案した水結合材比で下限の13%に近いものは粘性を低くする、35%ではスランプフローの目標値を60cm程度以下に設定するなど、施工条件を踏まえた改良や最適化を図った上で、同コンクリートを実工事に適用していく予定である。

謝 辞

本件は(株)東京菱光との共同申請で国土交通大臣認定を取得したコンクリート(MCON-4450)に関するものである。取得にあたり、ご協力頂いた関係各位に紙面を借りて謝意を表す。

Table 8 設計基準強度別水結合材比の試算結果
(Results of Calculation of Water Binder Ratio by Design Standard Strength)

Fc (N/mm ²)	Sc値 (N/mm ²)			水セメント比 (%)		
	28日	42日	56日	28日式	42日式	56日式
60	0	2	7	35.0	35.0	35.0
70	0	2	7	34.0	35.0	35.0
80	0	2	7	28.5	32.4	33.4
90	0	2	7	24.5	27.1	27.9
100	0	2	7	21.4	23.3	23.9
110	0	2	7	19.1	20.4	20.9
120	0	2	7	17.2	18.2	18.6
130	0	2	7	15.7	16.4	16.8
140	0	2	7	14.4	14.9	15.2
150	0	2	7	13.3	13.6	14.0

参考文献

- 1) 依田和久ほか；コンクリート充填鋼管造用 Fc70～120N/mm² の充填コンクリートの開発，鹿島技術研究所年報 第58号，2010.9，pp.87-92.
- 2) 青木義彦ほか；Fc=150N/mm² の超高強度コンクリート CFT 柱の施工-高さ 300m 超高層複合ビル「あべのハルカス」-コンクリート工学，Vol.50, No.8, 2012.8, pp.683-688.
- 3) 新都市ハウジング協会編；コンクリート充填鋼管 (CFT) 造技術基準・同解説の運用及び計算例等 (第9版)，2017
- 4) 和美廣喜ほか：回転翼粘度計による高強度コンクリートの流動特性値測定方法に関する実験的研究，コンクリート工学論文集，Vol.1, No.1, (1990.1), pp.133-141.
- 5) 依田和久ほか；中庸熱セメントを用いた高強度 CFT 充填コンクリート工事-新宿六丁目 N 街区計画「イーストサイドスクエア」新築工事，コンクリート工学，Vol.50, No.11, 2012.11, pp.1022-1028.
- 6) 作栄二郎，大内雅博ほか；ポンプ圧送によるフレッシュモルタルの流動性変化の再現，土木学会第 60 回年次学術講演会，2005.9，pp.677-678.
- 7) 日本建築学会；高強度コンクリート施工指針・同解説，2013.11，p.75.
- 8) 日本免震構造協会：JSSI 免震構造施工標準 2017，2017.8，p.84.

Development of Fc 150 ~ 60 N/mm² Filled Concrete for CFT by Cement Premixed with Silica Fume

Kazuhisa Yoda, Jinhwan Jeon, Shigeru Asaoka¹⁾ and Yuji Harauchi²⁾

In a project for achieving super-high-strength concrete filled steel tubular (CFT) construction over 300 m in height, a design standard strength (Fc) of 150 N/mm² was required for the concrete in order to reduce the steel material quantity from the viewpoint of cost control. Though there are various items to consider such as material, mixing, and curing to obtain high-strength concrete, the selection of the cement is especially important, and it seems desirable to use cement premixed with silica fume, which is excellent in strength development and workability. In this project, press-fit filling of concrete with Fc 60 N/mm² was planned at a place exceeding 300 m in height, and the use of cement premixed with silica fume was considered for the application of higher position filling. This paper shows the development of Fc 150~60-N/mm² filled concrete for CFT with this cement through experimental studies.