

# CFT構造における高強度コンクリートの施工

## —(仮称) 友泉道玄坂ビル新築工事—

小久保文雄\* 岩間和久\* 河口俊郎\* 増森秀樹\*

当該建物は、設計基準強度が  $60\text{N}/\text{mm}^2$ 、 $42\text{N}/\text{mm}^2$  の高強度コンクリートによる CFT 構造となっている。コンクリートの呼び強度が  $40\text{N}/\text{mm}^2$  を超えると JIS 規格外品となるため、建築基準法第 37 条に基づいて、熊谷組首都圏支社と玉川エスオーシー宮松第二工場で国土交通大臣の認定を取得した。高強度コンクリートの材料としての性能評価を受けるため、室内試し練り、実機試し練りと共に、柱試験体を用いた構造体コンクリート強度確認試験を、夏期・冬期に実施した。実施工では、綿密な配車・圧入スケジュール管理を行うと共に、生コン車全車でフレッシュコンクリートの品質管理試験を行った結果、CFT 柱の圧入施工は順調に完了した。

キーワード：CFT 構造、高強度コンクリート、高流動コンクリート、国土交通大臣認定

### 1. はじめに

当該建物は、15 階建て CFT 構造で建物直下に京王電鉄井の頭線のトンネルがあるため、大スパン建物となっている。CFT 構造における柱充填コンクリートが JIS 規格外の高強度（高流動）コンクリートとなるため、熊谷組首都圏支社と玉川エスオーシー宮松第二工場で国土交通大臣認定を取得した。そのための一連の試し練りでは、室内試し練りと、夏期・冬期の構造体コンクリート強度（材齢 91 日）と標準養生供試体強度（材齢 28 日）の関係の確認を実機プラントによる試し練りで行い、それらの結果から調合を決定するとともにフレッシュコンクリートの経時変化を確認した。

本報告では、これら試験練りの結果と高強度コンクリートの圧入施工及び品質管理結果について述べる。



Photo1 全景写真（南西方向から、H14 年 6 月初旬撮影）

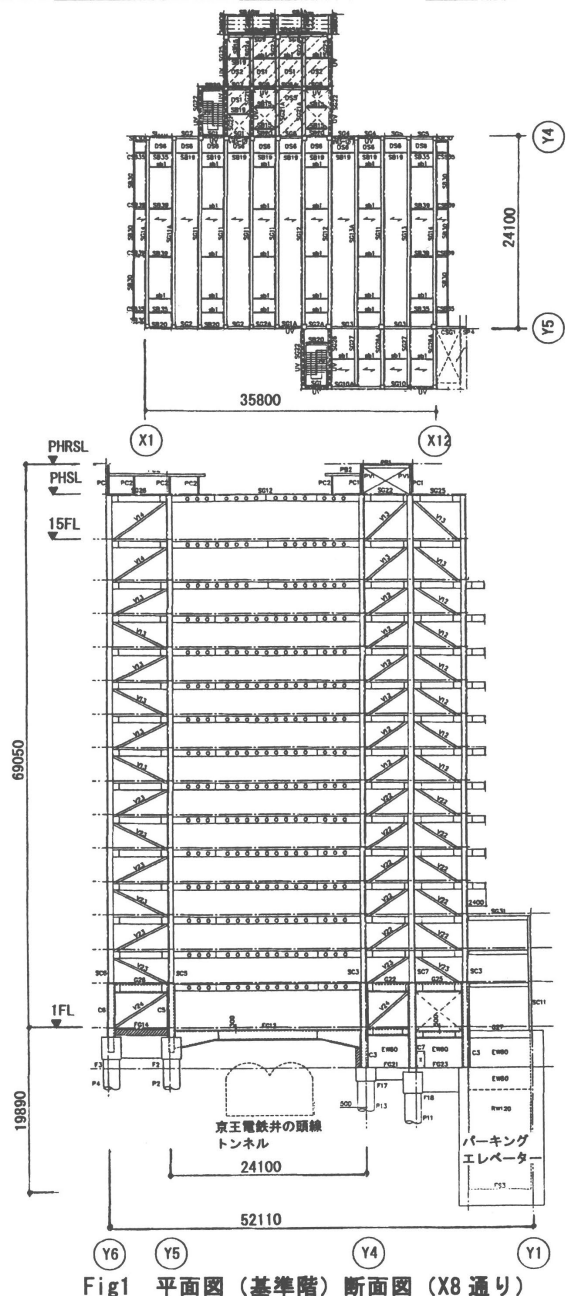


Fig1 平面図（基準階）断面図（X8 通り）

\* 首都圏支社 建築統括部 友泉道玄坂ビル作業所

## 2. 工事概要

当該工事の概要を以下に示す。

工事名称：(仮称)友泉道玄坂ビル新築工事

所在地：東京都渋谷区円山町4番3他

発注者：東泉地所株式会社

設計者：(株)アーキテクトファイブ  
(株)熊谷組一級建築士事務所

工期：平成12年11月15日  
～平成14年10月31日(23.5ヶ月)

規模：建築面積 1412.26m<sup>2</sup>  
延床面積 18275.42m<sup>2</sup>

構造：S+SRC造、CFT構造、制震構造  
(アンボンドブレース)

地上15階、地下1階、塔屋1階

軒高 設計GL+66.3m、

最高高さ 設計GL+69.7m

基礎深さ 設計GL-22.0m

建物用途：事務所、物販店舗、飲食店舗

## 3. CFT充填コンクリート調合の決定

### 3.1 試し練り概要

CFT柱に充填するコンクリートは、室内試し練り(標準期)と実機プラント試し練り(標準期・夏期・冬期)を行い、Table1に示す品質目標を満足する調合を決定した。練り混ぜ方法をTable2に、試験項目をTable3に示す。

室内試し練りでは、良好なワーカビリティを有する調合の決定と、セメント水比と圧縮強度の関係を把握した。

実機プラント試し練りでは、室内試験と同様な手順で、セメント水比と圧縮強度の関係を把握し、さらに、調合強度、圧縮強度の判定に用いる<sub>28</sub>S<sub>91</sub>値(材齢28日標準水中養生圧縮強度と材齢91日構造体コンクリート圧縮強度との差)を確認した。

Table1 品質目標

		目標値	
設計基準強度	42N/mm <sup>2</sup>	60N/mm <sup>2</sup>	
セメントの種類	高炉セメントB種(BB)	低熱ポルトランドセメント(L)	
スランプフロー	65±10cm		
空気量	3.0±1.5%		

Table2 練り混ぜ方法

		室内試し練り	実機プラント
使用ミキサー		強制2軸、60l	強制2軸、3m <sup>3</sup>
練り混ぜ時間	空練り	30秒	20秒
	練り混ぜ	90秒	60~150秒
		150秒:L(W/C23)	90~180秒(冬期)

Table3 試験項目

		室内	実機プラント		
			標準期	夏期	冬期
フレッシュコンクリート試験	スランプフロー	○	○	○	○
	50cmフロータイム	○	○	○	○
	空気量	○	○	○	○
	コンクリート温度	○	○	○	○
	塩化物量	○	○	○	○
	円筒貫入値	○	○	○	○
	ブリーディング量		○		
	沈降量		○		
圧縮強度試験	材齢	1週,4週,8週,13週			
	養生方法	円柱供試体(φ100×h100) :標準水中養生 柱試験体(□900×h1000) :型枠存置6日			

### 3.2 フレッシュコンクリート性状

#### 3.2.1 スランプフローの経時変化

当該建物が繁華街に位置するため、生コンプラントから現場までの所要時間は、交通事情によっては1時間程度かかることが予想される。さらに、柱1本分を充填できる数量の生コンの受入検査合格後圧入を開始して充填を完了するためには、練り混ぜから2時間程度は十分な流動性を持ったコンクリートが必要となる。そこで、練り上がり5分後のスランプフローの管理値を65±10cmに設定し、試験練りを行った。スランプフロー値の

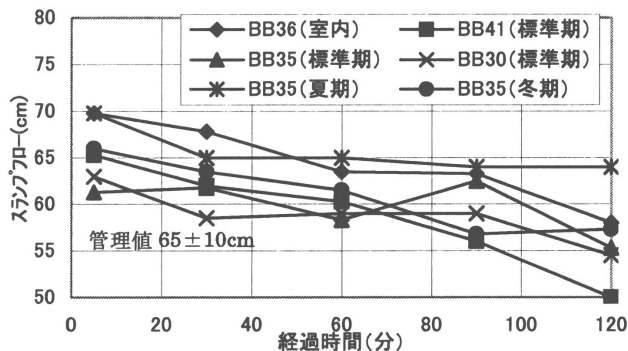


Fig2 スランプフローの経時変化 (BB)

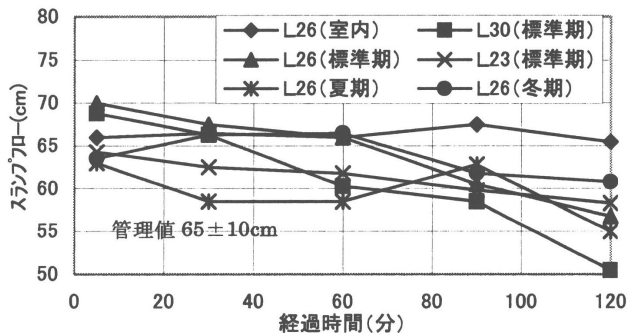


Fig3 スランプフローの経時変化 (L)

経時変化をそれぞれ Fig2, 3 (凡例の数値は、水セメント比を表す。以下同様) に示す。水セメント比が大きい方がスランプフロー値の低下が大きく、また低熱セメントより高炉セメントB種の方が低下が大きい。実施工時にはこの特性を考慮して高性能 AE 減水剤の添加量を決定した。

また、Fig4, 5 にフローが 50cm に達したときの時間を示す。この図より高炉セメントB種は4秒程度で安定しているが、低熱ポルトランドセメントは6秒程度で若干徐々に大きくなっている。

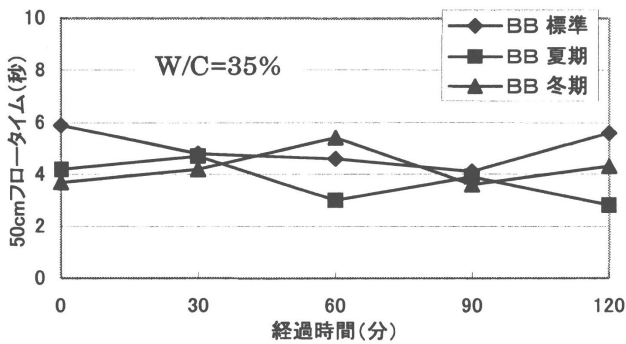


Fig4 50cm フロータイムの経時変化 (BB)

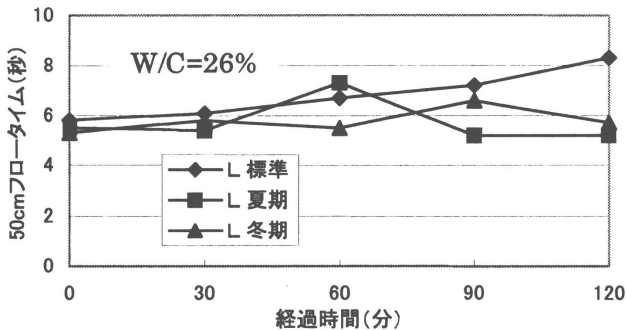


Fig5 50cm フロータイムの経時変化 (L)

### 3. 2. 2 空気量の経時変化

空気量は若干増加する傾向であったが安定した性状を示している。管理値は  $3.0 \pm 1.5\%$  である。(Fig6, 7)

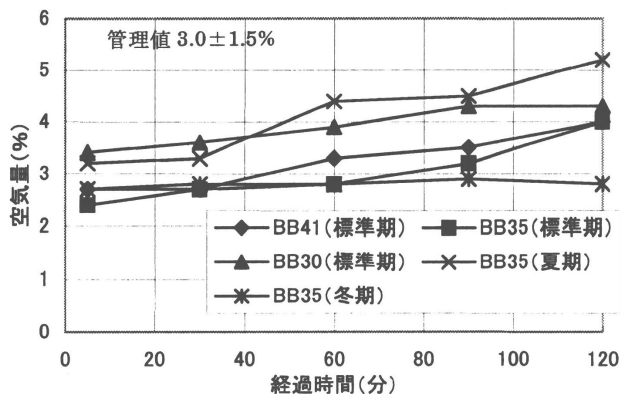


Fig6 空気量の経時変化 (BB)

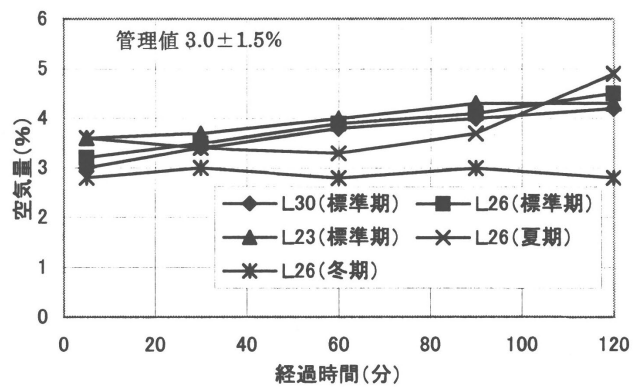


Fig7 空気量の経時変化 (L)

### 3. 2. 3 プリーディング量および沈降量

プリーディング量と沈降量は実機試験(標準期)時に行った。その結果を Table4 に示す。プリーディング量は、 $0.0 \sim 0.061 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$  で、(社)新都市ハウジング協会 CFT 構造技術指針の規定値の  $0.1 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$  以下であった。沈降量も規定値以下であり、CFT 柱充填用のコンクリートとしての性能を十分満足していることが確認できた。

Table4 プリーディング量、沈降量

調合	BB41	BB35	BB30	L30	L26	L23
プリーディング量 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^2$ )	0.061	0.025	0.002	0.013	0.001	0.0
沈降量 (mm)	2.0	0.9	1.2	0.9	0.9	0.8

### 3. 3 圧縮強度試験結果と水セメント比の関係

#### 3. 3. 1 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を Table5 ~ Table8 に示す。

Table5 圧縮強度試験結果(試験室) ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

材齢	供試体種類	BB41	BB36	BB32	L30	L26	L23
1W	標準	33.5	39.2	47.6	41.1	50.4	59.8
4W	標準	53.2	59.1	68.2	70.2	79.9	91.7
8W	標準	61.3	68.7	76.7	85.8	95.9	104
13W	標準	65.3	72.8	80.7	88.0	100	110

Table6 圧縮強度試験結果(実機標準期) ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

材齢	供試体種類	BB41	BB35	BB30	L30	L26	L23
1W	標準	34.6	43.1	49.7	40.4	46.9	53.2
4W	標準	56.4	66.0	71.6	66.8	73.7	83.2
8W	標準	60.2	70.1	68.9	73.9	82.0	86.1
13W	標準	65.7	76.3	78.8	85.0	94.8	98.8

Table7 圧縮強度試験結果 (実機夏期) (N/mm<sup>2</sup>)

材齢	供試体種類	BB41	BB35	BB30	L30	L26	L23
1W	標準	34.4	39.0	53.4	41.5	48.2	56.0
	コア	45.3	53.1	64.6	76.9	81.7	89.6
4W	標準	52.9	62.6	76.8	70.7	78.0	88.4
	コア	46.9	55.2	62.6	75.8	81.2	91.0
8W	標準	63.8	69.3	85.9	90.3	99.7	109
	コア	48.3	55.0	63.5	79.5	88.1	95.0

Table8 圧縮強度試験結果 (実機冬期) (N/mm<sup>2</sup>)

材齢	供試体種類	BB41	BB35	BB30	L30	L26	L23
1W	標準	38.5	47.4	50.6	39.5	49.0	52.1
	コア	53.2	62.0	66.3	60.4	68.7	76.7
4W	標準	62.7	74.1	75.3	75.5	83.9	93.1
	コア	57.5	68.3	70.6	70.4	77.3	91.2
8W	標準	74.8	85.7	85	92.5	97.6	107
	コア	60.8	68.7	74.2	76.7	85.5	96.7

3. 3. 2セメント水比と圧縮強度の関係

標準養生供試体の 28 日圧縮強度試験結果からセメント水比と圧縮強度の近似式を求めた。さらに、圧縮強度のバラツキを考慮し定数項を補正して以下の補正近似式を求めた。

室内試し練りから求めた式

$$Y = 21.885 X - 1.8861 \text{ (高炉セメントB種)}$$

$$Y = 21.184 X - 1.9998 \text{ (低熱ポルトランドセメント)}$$

実機試し練りから求めた式

$$Y = 16.876 X + 13.623 \text{ (高炉セメントB種)}$$

$$Y = 16.156 X + 10.489 \text{ (低熱ポルトランドセメント)}$$

実施工で使用する調合の水セメント比は上記の2つの式から求めた水セメント比の小さい方を採用した。

3. 4 28 S<sub>91</sub> 値の検討

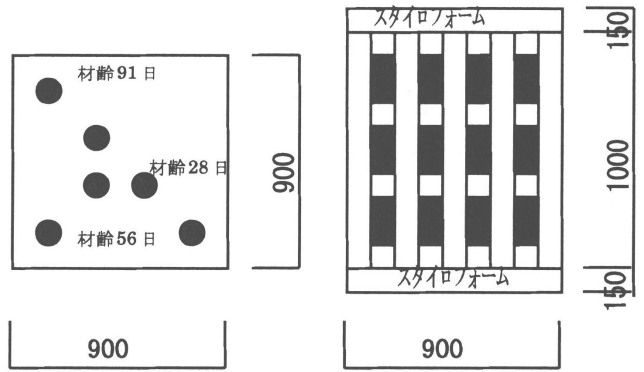
3. 4. 1 水セメント比に対する S 値の算定

コンクリート強度の判定基準に用いる 28 S<sub>91</sub> ( [材令 28 日標準水中養生圧縮強度] - [材令 91 日構造体コンクリート圧縮強度] ) を確認した。

構造体コンクリート強度は柱試験体からコア抜きした供試体を用いた。また、28 S<sub>91</sub> 値の決定では、今回の試験データの他に熊谷組の既往のデータから算出した当社標準 28 S<sub>91</sub> 値も参考にした。

試験体のコア抜き位置を Fig8 に示す。コア供試体の大きさは φ100×200 である。

柱試験体試験から求めた 28 S<sub>28</sub>、28 S<sub>56</sub>、28 S<sub>91</sub> 値を Table9 に示す。今回は、供試体管理材齢を 28 日、構造体コンクリート強度の管理材齢を 91 日とし、28 S<sub>91</sub> 値を



■ : コア抜き供試体

Fig8 柱試験体のコア抜き位置

採用した。決定した 28 S<sub>91</sub> 値を Table10 に示す。構造体コンクリートの判定基準としては、以下のように設定した。

$$X \geq F q + 28 S_{91} + D + 1.05 \sigma$$

ここで、D 値は当社で設定している圧入に伴う強度低下に対する補正で、下式による。

$$D \leq 13.5 \text{ かつ } D = -0.39 F c + 28.96 \text{ N/mm}^2$$

今回の場合は、

$$D = 6 \text{ N/mm}^2 \text{ ( } F c = 60 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

$$D = 13 \text{ N/mm}^2 \text{ ( } F c = 42 \text{ N/mm}^2 \text{)}$$

Table9 柱試験体コア強度から求めた S 値 (単位: N/mm<sup>2</sup>)

時期	調合	28 S <sub>28</sub>	28 S <sub>56</sub>	28 S <sub>91</sub>
夏期	BB41	7.6	6.0	4.6
	BB35	9.5	7.4	7.6
	BB30	12.2	14.2	13.3
	L30	-6.1	-5.1	-8.8
	L26	-3.7	-3.2	-10.1
	L23	-1.2	-2.6	-6.6
冬期	BB41	9.5	5.2	1.9
	BB35	12.1	5.8	5.4
	BB30	9.0	4.7	1.1
	L30	15.1	5.1	-1.2
	L26	15.2	6.6	-1.6
	L23	16.4	1.9	-3.6

Table10 大臣認定で設定した 28 S<sub>91</sub> 値 (単位: N/mm<sup>2</sup>)

セメント種類	期間	圧縮強度の基準値 (F c)							
		39	42	45	48	51	54	57	60
BB	A	3	3	3	4	5.5	7	8.5	10
	B	6	6	6	7	8.5	10	11.5	13
L	通年	0	0	0	0	0	0	0	0

A : 7月1日~9月30日、B : 10月1日~6月30日

## 4. CFT工事施工品質記録

### 4.1 施工計画

CFT充填コンクリートは、1節（地下1階、打ち込み高さ最大6.0m）は落とし込み、2節（圧入高さ13.7m）、3+4節（縦配管13.7m、圧入高さ24.6m）、5+6節（縦配管38.3m、圧入高さ25.9m）は圧入により施工した。また、現場が渋谷道玄坂という繁華街の真ん中であり、道路の混み具合によっては生コン工場から現場まで1時間かかる中での施工となる。そこで受入検査ではスランプフロー値が管理値より小さい場合にのみ、1回だけ高性能 AE 減水剤の再添加を認めることとした。受入検査で不合格が出ないようにするため、混和剤メーカーの技術者を生コンプラントおよび現場に配置するなどして品質管理体制を整えた。施工時の配置と役割をTable11に、施工状況をPhoto2~4に、CFT柱の詳細をTable12に示す。

Table11 施工時の配置と役割

場所		担当内容
圧入柱頂部	コンクリート担当職員①	圧入速度計測管理（レーザー距離計） コン天レベル調整
	コンクリート工	
圧入階	コンクリート担当職員②	圧入速度指示
	ポンプ工	圧入、ポンプ操作
	コンクリート工	段取り替え、残コン処理
1階	品質管理担当職員	コンクリートの品質管理
	ポンプ工	圧入速度調整
	第三者試験機関	受入検査、供試体採取
	生コン試験室	自主検査
	混和剤メーカー	生コン性状の確認およびプ
	デリバリー	生コン車手配
生コンプラント	混和剤メーカー	高性能 AE 減水剤添加量調

Table12 CFT柱詳細

階	ユニット	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	圧入高	
15F	42N/mm <sup>2</sup> (BB)	■-450×450×32~28	■-450×450×32~25	□-550×550×32~19	■-450×450×36~25	□-600×600×36~19	□-500×500×28~19	□-450×450×28~25	■-450×450×32~28 (充填コンクリート無し)	5+6節	
14F										25.9m	
13F										3+4節	
12F											24.6m
11F											
10F										60N/mm <sup>2</sup> (L)	
9F	2節										
8F		13.7m									
7F											
6F	1節										
5F		6.0m									
4F											
3F	1節										
2F		6.0m									
1F											
B1F	1節										
		6.0m									

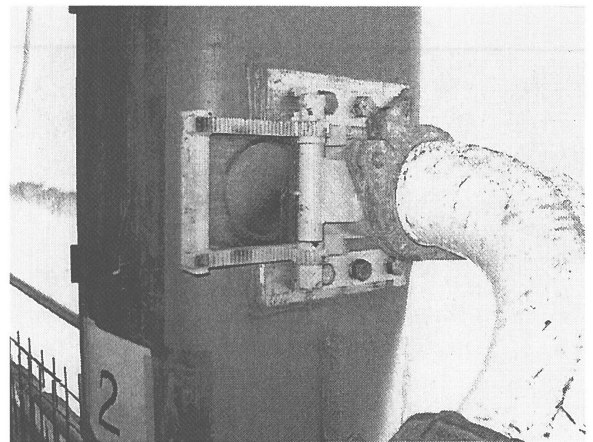


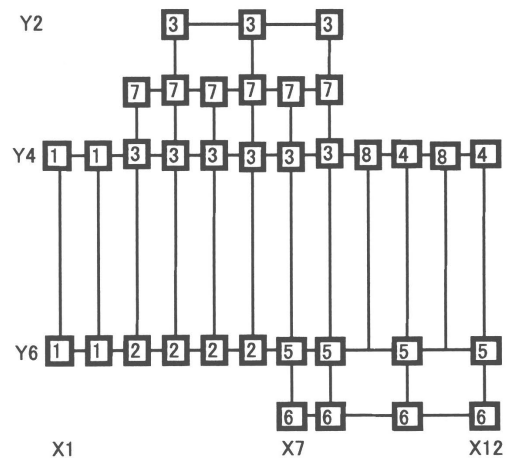
Photo2 圧入口とシャッターバルブ



Photo3 柱天端での圧入速度管理



Photo4 レーザー距離計



5 内の数値は柱記号SCの番号を示す。



Photo5 圧入コンクリート天端状況

#### 4. 2 施工記録

練り混ぜから圧入完了までの所要時間は、1時間30分～2時間で、若干2時間を超える場合もあったが、コンクリートの性状は良好で、圧入施工は順調に完了した。

また、コンクリートの圧入速度の規定値は1分あたり1m以内であるが、柱断面が小さいため若干早くなることが予想され、実際も若干上回る結果となった。そのため、施工当初(2節圧入時) CCDカメラを柱頭から下げ、圧入中のコンクリート天端状況を観察し充填状況を確認した。コンクリートの充填状況は、ダイアフラム部分の空気抜き穴が有効に働き、空気抜き穴からコンクリートが吹き出してから中央の充填用穴からコンクリートが吹き出し、空気穴を含むダイアフラム端部まで充填しており、また、空気の巻き込みなども観察されず良好に充填されたと推測される。

#### 4. 3 充填コンクリートの品質記録

##### 4. 3. 1 フレッシュコンクリートの試験

スランプフロー値および空気量の試験結果を Fig9、10 に示す。スランプフロー値は、管理値  $65 \pm 10$ cm に収まっており、最初はバラツキが大きい徐々に安定してきている。また、空気量は、管理値が  $3.0 \pm 1.5\%$  で、全体的に  $3.0\%$  よりは若干少ないが、管理値に収まっていた。

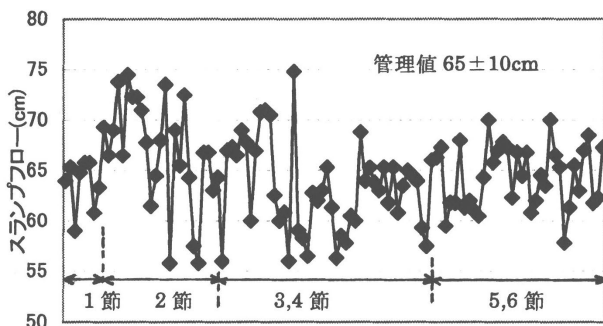


Fig9 スランプフロー試験結果

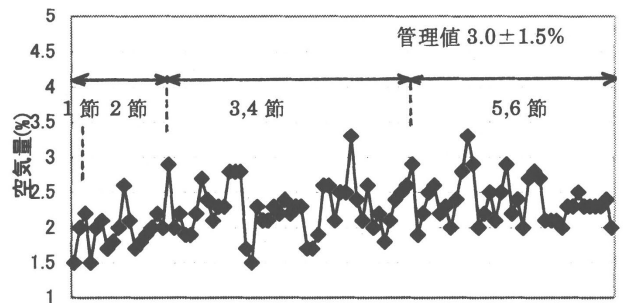


Fig10 空気量試験結果

##### 4. 3. 2 圧縮強度試験

圧縮強度試験結果は、調合強度が、1節が  $60\text{N/mm}^2$ 、2節および3+4節が  $69\text{N/mm}^2$ 、5+6節が  $55\text{N/mm}^2$  に対し、それぞれ安定した強度が得られた。(Fig11)

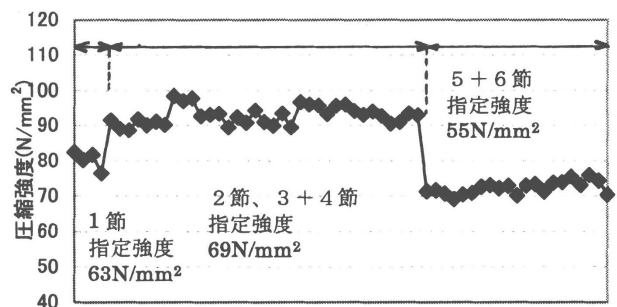


Fig11 圧縮強度試験結果

##### 4. 3. 3 筒先、柱頂部におけるフレッシュコンクリート試験

5・6節圧入時に圧入口および柱頭におけるスランプフローおよび空気量の試験を行い、フレッシュコンクリート性能の変化を確認した。(Fig12) 荷下ろし時の値に対し筒先で約10cm、さらに柱頭で10cm低下している。スランプフロー値は筒先で規定された値となる必要があり、今後、高所からの圧入の場合、また高所からの圧入でしかも夏期の場合はスランプフロー値の設定と管理方法の検討が必要と考える。

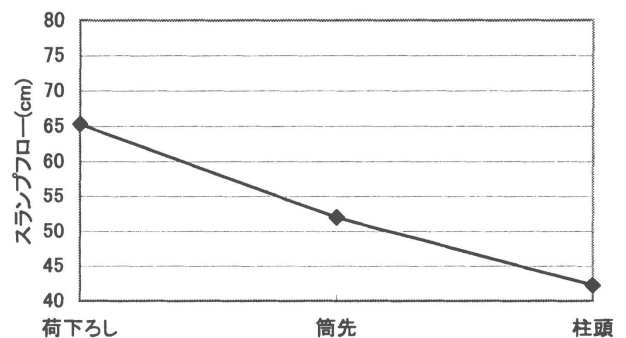


Fig12 筒先柱頂部でのスランプフローの低下

#### 5. まとめ

当該建物のCFT充填コンクリートは、設計基準強度が  $60\text{N/mm}^2$ 、 $42\text{N/mm}^2$  で、JIS規格外品となるため、

建築基準法第 37 条に基づき国土交通大臣の認定を取得した。高強度コンクリートの材料としての性能評価を受けるため 1 年 2 ヶ月に渡り室内試し練り、実機試し練り、と共に柱試験体を用いたコンクリート強度確認試験を夏期、冬期に行った。その結果、コンクリート強度および練り混ぜ後 2 時間までのフレッシュコンクリートの経時変化ともに良好な性能であることを確認した。また、水セメント比と圧縮強度の関係、コンクリート強度の判定に用いる  $28 S_{91}$  も確認した。

圧入施工は、混和剤メーカーの技術者を生コンプラント及び現場に配置し品質管理体制を整え、生コン車の綿密な配車スケジュールを立てて行った。その結果、フレッシュコンクリート性能および圧縮強度試験結果ともに所定の性能であること、および、柱内のコンクリート

は空気の巻き込みもなく、ダイアフラム端部まで確実に充填されていることを確認した。

### 謝辞

今回の大臣認定のための性能評価では、首都圏支社建築統括部技術 G、技術研究所先端技術研究 G の全面的な協力により順調に取得でき、また、玉川エスオーシー宮松第 2 工場（現宮松エスオーシー川崎工場）の工場長をはじめ試験室の方々、日本シーカ、三協商事の方々にも多大な協力をいただいた。さらに、作業所のコンクリート担当の石川氏、勝呂氏の綿密な圧入スケジュールと、当日の調整により非常に順調に圧入施工を完了できた。

この場を借りて以上多くの方々のご協力に感謝申し上げます。

---

## Construction for Concrete Filled Steel Tubular Structure with High Strength Concrete—Yusen Dohgen-zaka Building Project—

Fumio KOKUBO, Kazuhisa IWAMA, Toshiro KAWAGUCHI, Hideki MASUMORI

### Abstract

This building was designed by technology of concrete filled steel tubular structure with high-strength concrete. Concrete strength of design standard were 42,60N/mm<sup>2</sup>. Because these strength were over standardized articles of high strength concrete, was obtained. For estimation of performance of high strength concrete, indoor test and practice test of mixing and confirmation test of real concrete strength by using column test specimen in summer and in winter were carried out. In construction, because of close operation of car, close schedule of filling into steel column and quality control test for fresh concrete of all ready mixed concrete cars, filling up concrete into steel tubular were smoothly finished.

Keywords: Concrete Filled Steel Tubular Column, High Strength Concrete, Self-compacting concrete, Recognition by Minister of Land, Infrastructure and Transport

---