

スランプ21cmのコンクリートを用いた CFT 落とし込み工法に関する実験的研究



梅本 宗宏 *1

端 直人 *2 井戸 康浩 *1
渡邊 秀仁 *3

概 要

CFT 造における鋼管充填用コンクリートは、高い流動性および材料分離抵抗性を確保するため粉体量を多くした調合とし、施工方法として圧入工法を採用することが一般的である。したがって、設計基準強度 (Fc) が、通常強度レベルであっても、実際の使用に当たっては、高流動・高強度コンクリートを発注する必要があり、地域によっては大臣認定の取得が必須になるなど経済性や汎用性が問題となる場合がある。

本研究は、このような背景をもとに、JIS のレディーミクストコンクリートに適合したスランプ21cmのコンクリートを鋼管充填コンクリートに適用させ、経済性を考慮したCFT 落とし込み工法の開発について検討を行った。本報では、施工法を決定するために行った要素実験ならびに実大施工実験の結果について報告する。

Experimental Study on Concrete Filled Steel Tubular Columns Dropped Casting Method using Concrete of Slump 21cm

Munehiro UMEMOTO*1 Naoto HASHI*2
Yasuhiro IDO*1 Hidehito WATANABE*3

It is general that concrete for the steel pipe filling in the CFT make assumes high fluidity and the material segregation resistance to be a mixing that increases the amount of the securing fine binder, and adopts the pump up method as a construction method. Therefore, the economy and generality might become problems as it is necessary to order the high flow and the high-strength concrete, and the acquisition of the minister recognition becomes indispensable according to the region when it undertakes actual use even if specified design strength (Fc) is usually a strength level.

This research applied the concrete of the slump 21cm that suited ready-mixed concrete of JIS to the steel pipe filling concrete based on such a background, and examined the development of the CFT dropped casting method that considered the economy. In this report, the results of element experiments done to decide the construction method and experiment on the real size construction are reported.

*1 技術研究所 *2 建築工事技術部 *3 構造設計部

*1 Technical Research Institute *2 Architectural Engineering Dept. *3 Structural Engineering Dept.

スランブ21cmのコンクリートを用いた CFT 落し込み工法に関する実験的研究

梅本 宗宏*¹ 端 直人*²
井戸 康浩*¹ 渡邊 秀仁*³

1. はじめに

鋼とコンクリートの複合構造であるコンクリート充填鋼管構造（以下CFT造と略記）は、構造性能、耐火性能および施工性に優れることから、中層建築物から高層建築物まで幅広く採用されている。このCFT造は、2002年に公布された技術基準（国土交通省告示第462、464号）により、これに適合するものは特別な手続きを行うことなく建築確認が可能となっている。通常、CFT造における鋼管充填用コンクリートは、高い流動性および材料分離抵抗性を確保するため粉体量を多くした調合とし、施工方法として圧入工法を採用することが一般的である。したがって、設計基準強度（ F_c ）が、通常強度レベルであっても、実際の使用に当たっては、高流動・高強度コンクリートを発注する必要があり、地域によっては大臣認定の取得が必須になるなど経済性や汎用性が問題となる場合がある。

本研究は、このような背景をもとに、JISのレディーミクストコンクリートに適合したスランブ管理のコンクリートをCFT充填コンクリートに適用させ、経済性を考慮したCFT施工法の開発について検討を行った。本報では、施工法を決定するために行った要素実験ならびに施工実証のために行った実大施工実験について報告する。

2. 要素実験

2.1 調合実験

関東エリアのレディーミクストコンクリート工場を中心に、東京、神奈川、千葉、茨城、香川県内のJIS認証製品製造工場において室内試し練りを実施し、調合および材料がブリーディング量および沈降量に及ぼす影響について検討を行った。

2.1.1 使用材料および調合条件

使用材料は、プラントが常備するセメント〔普通ポルトランドセメント（N）および中庸熱ポルトランドセメント（M）〕、水、骨材、高性能AE減水剤を使用した。表-1に、使用した骨材の産地を示す。調合条件としては、呼び強度36、40および45とし、いずれもプラント標準調合とした。調合目標値として、スランブは $21 \pm 1\text{cm}$ 、空気量は $4.5 \pm 1.5\%$ とした。

2.1.2 コンクリートの製造

練混ぜ方法については、水平二軸強制型ミキサを使用する以外は、プラントで通常行う手法とした。

表-1 使用骨材

工場	産地	工場	産地
A	①佐野産石灰砕砂 60 ②行方産陸砂 40	G	①青梅産砂岩砕砂 N45,M40 ②横瀬産石灰砕砂 30 ③成田産山砂 N25,M30
	佐野産石灰砕砂		①青梅産砂岩砕砂 60 ②横瀬産石灰砕砂 40
B	①君津産山砂 75 ②佐野産砂岩砕砂 25	H	①飯能産砂岩砕砂 50 ②横瀬産石灰砕砂 30 ③富津産山砂 20
	①津久見産石灰砕砂 75 ②栃木産石灰砕砂 25		奥多摩産砂岩砕砂
C	①富津産山砂 60 ②八戸産石灰砕砂 40	I	①美山産砂岩砕砂 50 ②横瀬産石灰砕砂 30 ③富津産山砂 20
	①美祢産石灰砕砂 70 ②八戸産石灰砕砂 30		青梅産砂岩砕砂
D	万田野産山砂	J	①美山産砂岩砕砂 65 ②君津産山砂 35
	住田産石灰砕砂		①美山産砂岩砕砂 50 ②横瀬産石灰砕砂 50
E	君津産山砂	K	①神栖産陸砂 70 ②佐野産石灰砕砂 30
	吾川産石灰砕砂		石岡産砂岩砕砂
F	①青梅産砂岩砕砂 45 ②奥多摩産石灰砕砂 30 ③富津産山砂 25	L	①平瀬東沖産海砂 50 ②小川島沖産海砂 50
	①美山産砂岩砕砂 50 ②青梅産砂岩砕砂 50		家島産流紋岩砕砂

[注] 上段：細骨材、下段：粗骨材、数字は混合割合（%）

2.1.3 試験項目

フレッシュ性状として、スランブ（JIS A 1101）、空気量（JIS A 1128）、コンクリート温度（JIS A 1156）、ブリーディング量（JIS A 1123）、沈降量（新都市CFT指針¹⁾：レーザ変位計を使用）の測定を行い、硬化性状として、7日および28日圧縮強度試験（標準養生：JIS A 1108）を実施した。なお、測定は、20℃に近い試験室内で行った。

2.1.4 調合実験結果

スランブ、空気量および圧縮強度は、いずれの工場においても、目標値を満足する結果が得られた。図-1に、ブリーディング量および沈降量と水セメント比の関係（普通ポルトランドセメント使用）を示す。いずれの工場においても、呼び強度40以上（水セメント比40%以下）であれば、ブリーディング量がおお

*¹ 技術研究所 *² 建築工事技術部 *³ 構造設計部

むね $0.1\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下となる傾向にあるが、工場ごとの差が大きい。一方、沈降量に関しては、いずれの工場および呼び強度においても、 1.5mm 以下となる。また、限られたデータ数ではあるが、ブリーディング量に及ぼす骨材種類の影響としては、山砂または海砂を使用した材料構成の場合に大きくなる傾向にある。また、本文中には、中庸熟ポルトランドセメントのデータは記載していないが、ブリーディング量に関しては、一部の工場（3 工場）を除けば、 $0.1\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下となり、沈降量に関しては、すべての工場において 2mm 以下であった。

全国のレディーミクストコンクリート工場を対象（760 件）に、強度算定式を調査し、呼び強度 45（調合強度 $54\text{N}/\text{mm}^2$ と仮定： $45 + 2\sigma$ ）に対する水セメント比を算出した（図-2）。その結果、呼び強度 45 の水セメント比としては、93% 程度の工場において、40% を下回る傾向にあった。したがって、本実験結果とあわせて、呼び強度 45 であれば、ブリーディング量および沈降量ともに新都市 CFT 指針の規定値¹⁾ を満足するものと考えられる。

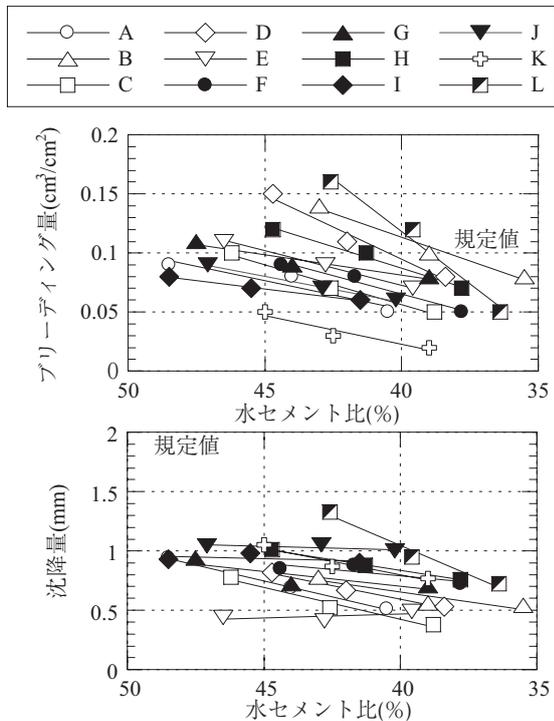


図-1 ブリーディング量および沈降量と水セメント比の関係

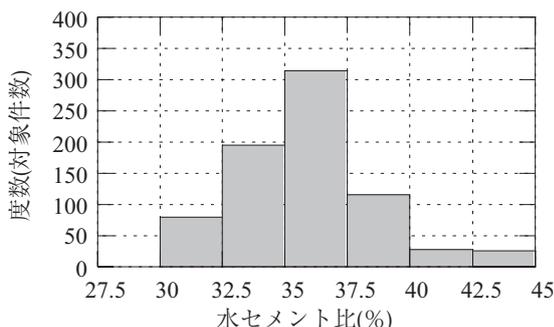


図-2 工場調査（呼び強度 45 に対する水セメント）

2.2 締固め実験

スランブコンクリートによる CFT 柱への落とし込み工法に関する打込み締固め方法の基礎的な検討として、実大サイズを模擬したモデル柱部材を作製し、ダイアフラム形状および締固め方法の影響について検討を行った。

2.2.1 締固め実験概要

使用材料および調合条件を表-2、表-3に示す。コンクリートの製造は、茨城県つくば市の JIS 認証を取得したレディーミクストコンクリート工場において実施した。また、モデル部材の作製は、コンクリート製造後、フレッシュ性状を確認し、サニーホース（ $\phi 125$ または $\phi 100, 10\text{m}$ ）をセットしたコンクリートバケットに荷卸しして、落とし込み工法により打込みを行った（写真-1）。

モデル部材は、 $\square 600$ の鋼管柱を模擬した内法寸法 $\square 580 \times \text{H}1200 \sim 1740$ で、中央部にダイアフラム（アクリル製、打設孔開口率：15 および 20%）を挟んだ形状とした（図-3）。また、サニーホースの先端には写真-1に示すような棒状パイププレート固定用治具を取り付けた。なお、実験は10月末から2月末に実施した。実験水準および試験項目を表-4および表-

表-2 使用材料

分類	種類
セメント(C)	普通ポルトランドセメント
細骨材(S)	①神栖産陸砂 70% (密度 $2.60\text{g}/\text{cm}^3, \text{FM}2.40$) ②佐野産石灰砕砂 30% (密度 $2.70\text{g}/\text{cm}^3, \text{FM}3.1$)
粗骨材(G)	石岡産砂岩砕石 (密度 $2.67\text{g}/\text{cm}^3$, 実績率 60%)
混和剤(Ad)	高性能 AE 減水剤

表-3 調合条件

FN	SL (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m^3)				Ad. (C × %)
				W	C	S	G	
45	21.0	39.0	47.8	175	449	902	889	0.95
45	18.5	39.0	47.8	175	449	902	889	0.85

[注] FN: 呼び強度, SL: スランブ, W/C: 水セメント比, S/a: 細骨材率



写真-1 打設状況および棒状パイププレート固定用治具の外観

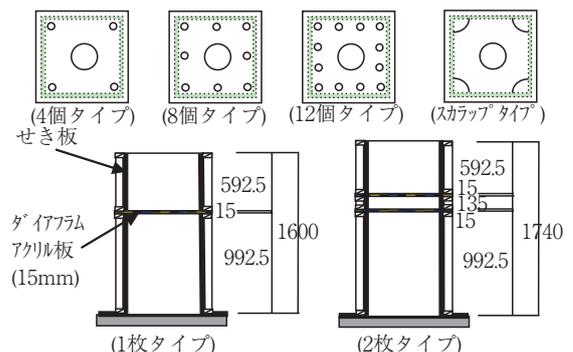


図-3 モデル柱部材の概要（一例）

表-4 実験水準

実験要因	水準
スランブ	①21.0cm, ②18.5cm
棒状バイブレータ	①なし, ②φ40mm, ③φ50mm
打上り速度	①0.5m/分, ②1.0m/分, ③1.5m/分, ④2.0m/分
ダイヤフラム枚数	①1枚, ②2枚
空気抜き孔数	①4個, ②8個, ③12個, ④スカラップ

[注] 空気抜き孔径: φ30及びφ40, スカラップ径: R=109

表-5 試験項目

分類	試験・測定項目
フレッシュ性状	スランブ試験 (SL): JIS A 1101
	空気量試験 (Air): JIS A 1128
	コンクリート温度 (C.T.): JIS A 1156
	ブリーディング量 (B): JIS A 1123
	沈降量 (S): 新都市 CFT 指針
硬化性状	圧縮強度 (標準・簡易・コア) 試験: JIS A 1108, 1107
施工性	打上り速度
	充填状況: 目視及び気泡面積 (充填率)

5に示す。

2.2.2 締固め実験結果

(1) フレッシュ性状および硬化性状

試験結果を表-6に示す。フレッシュ性状に関しては、目標とする許容範囲内 (SL: 21or18.5 ± 1.0cm, Air: 4.5 (3.0) ± 1.0%) にあり、設定条件を満足する結果であった。また、ブリーディング量および沈降量ともに、新都市 CFT 指針の規定値を十分に満足する結果であり、強度性状も良好であった。

(2) 施工性

フェーズ I (1-1~1-7) で、棒状バイブレータの径をφ50とφ40とした場合の締固め状況を検討した。その結果、施工中の目視による確認では、φ40でも柱端部まで十分な締固めができており、既往の文献²⁾とほぼ同様の結果が得られた。また、棒状バイブレー

タを使用した場合、型枠脱型後に、試験体の側面に気泡が確認されなかったが、棒状バイブレータを使用しない場合、多少の気泡が確認され、締固め不足の状況であった。

(3) 充填状況

図-4に、充填率と打上り速度の関係を示す。なお、充填率の算出方法としては、ダイヤフラム下部の気泡面積を測定し、(1)式により算出した。

$$\text{充填率 (\%)} = \frac{(\text{試験体内法面積} - \text{気泡面積}) \times 100}{\text{試験体内法面積}} \quad (1)$$

この結果からも分かるように、打上り速度を低減することによって、充填率は高くなる傾向にある。また、ダイヤフラムの空気抜き孔が4個と8個では顕著な優位性は見られないが、12個およびスカラップでは充填率95%以上の結果が得られた。なお、気泡の形状を確認した一例を図-5に示すが、空気抜き孔を

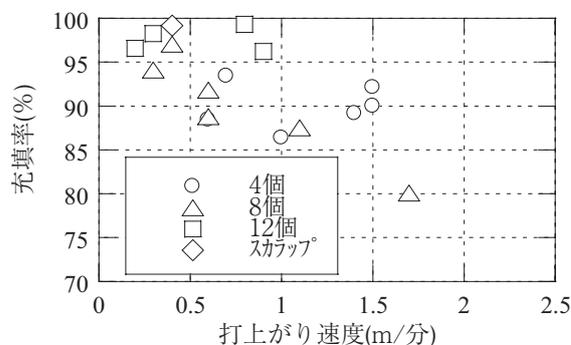


図-4 充填率と打上り速度の関係 (No.1-3 ~ 3-3)

表-6 試験結果

No.	条件			フレッシュ性状					硬化性状 (N/mm ²)			打上り速度 (m/分)	充填率 (%)
	パイプ	ダイヤ枚数	空気抜き孔数	SL (cm)	Air (%)	C.T. (°C)	ブリーディング (cm ³ /cm ²)	沈降量 (mm)	28d 標準	91d 簡易	91d コア		
1-1	なし	1	4	21.5	3.8	25.1	0.02	0.65	58.8	50.1	-	2.0	99.1
1-2	なし	1	4	21.5	3.8	25.1	0.02	0.65	58.8	50.1	-	2.0	97.5
1-3	φ50	1	4	21.5	3.8	25.1	0.02	0.65	58.8	50.1	60.1	0.7	93.4
1-4	φ40	1	4	20.0	4.9	25.9	-	-	-	-	56.0	1.5	92.1
1-5	φ50	1	4	20.0	4.9	25.9	-	-	-	-	56.2	1.0	86.4
1-6	φ40	2	4	20.0	4.9	25.9	-	-	-	-	-	0.6	92.3上 88.4下
1-7	φ50	1	4	18.0	4.6	26.2	0	0.53	56.3	46.6	52.7	1.4	89.2
2-1	φ40	1	4	21.5	4.9	17.0	0.04	0.34	55.7	51.1	-	1.5	90.0
2-2	φ40	1	8	21.5	4.9	17.0	0.04	0.34	55.7	51.1	-	1.7	80.1
2-3	φ40	1	12	21.5	4.9	17.0	0.04	0.34	55.7	51.1	53.6	0.9	96.2
2-4	φ40	2	8	21.5	4.9	17.0	0.04	0.34	55.7	51.1	-	0.6	93.4上 91.8下
2-5	φ40	1	8	21.0	4.5	18.5	-	-	55.8	53.8	56.2	1.1	87.5
2-6	φ40	1	8	21.0	4.5	18.5	-	-	55.8	53.8	55.0	0.4	97.1
2-7	φ40	2	8	21.0	4.5	18.5	-	-	55.8	53.8	57.5	0.3	93.3上 94.1下
2-8	φ40	1	8	21.0	4.5	18.5	-	-	55.8	53.8	-	0.6	88.8
2-9	φ40	1	12	21.0	4.5	18.5	-	-	55.8	53.8	60.0	0.2	96.6
3-1	φ40	1	12	21.0	3.3	11.0	-	-	62.4	-	-	0.8	99.3
3-2	φ40	1	12	21.0	3.3	11.0	-	-	62.4	-	-	0.3	98.3
3-3	φ40	1	スカラップ	21.0	3.3	11.0	-	-	62.4	-	-	0.4	99.2

[注] 打上り速度:ダイヤフラム通過時の速度, 上・下:ダイヤフラムが2枚ある場合, 上方のダイヤフラムを上, 下方のダイヤフラムを下, 1-2,1-3,2-8,2-9はアクリル製型枠を使用し, それ以外は化粧合板型枠を使用, 3-1~3-3は, Airを3.0%設定とした。

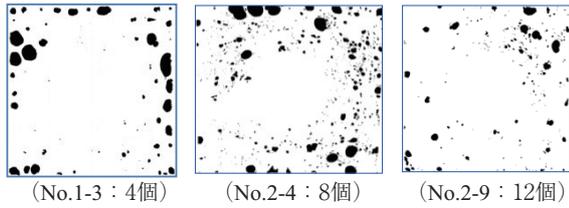


図-5 ダイアフラム下端の充填状況の一例

多くすると、大きな気泡が減少する傾向にある。また、スランプ性状および棒状パイプの径が充填率に及ぼす影響としては、本実験の限りでは、顕著な優位差は確認できなかった。

3. 実大施工実験

事前に実施したCFT柱への落とし込み工法に関する要素実験の結果を踏まえ、スランプ21cmのコンクリートを用いたCFT柱の施工実証性ならびにコンクリートの充填性・品質確認をするため、実大規模の実験柱(3層分を想定)に落とし込み工法による実験施工を実施した。

3.1 試験体

図-6に実験に使用したCFT柱の試験体形状を示す。試験体は、実大建物の3層を想定した高さ10,300mmのAタイプおよび1層の4,000mmのBタイプとし、各層ごとに1カ所2枚のダイアフラム部を設けた。また、ダイアフラム部の一部に最小間隔の150mmでダイアフラムを追加したCタイプとし、Aタイプの2層目は2枚を追加した。試験体には冷間ロール成形角型鋼管(BCR295)を用い、サイズは□550×550×t19とした。図-7にダイアフラムの形状を示す。ダイアフラムは厚さ19mmとし、ダイアフラムには、締固め実験結果から、通常より空気抜き孔を増やしたφ40を12個設けたもの(Xタイプ)、および四隅のスカラップを標準より大きくしたもの(Yタイプ)の2種類とした。なお、ダイアフラムの打設孔は、開口率20%のφ260mmとした。

表-7に実験要因を示す。試験体はNo.1~4に加え、圧縮強度のS値確認用に高さ1,000mmで上下の150mmを断熱材で覆ったNo.5を加えた5体とした。

3.2 コンクリートの仕様および製造

使用するコンクリートは、調合実験で検討した設計基準強度(Fc)36N/mm²以下を想定とし、CFT造のコンクリート強度の補正值(Sc値)9N/mm²を想定

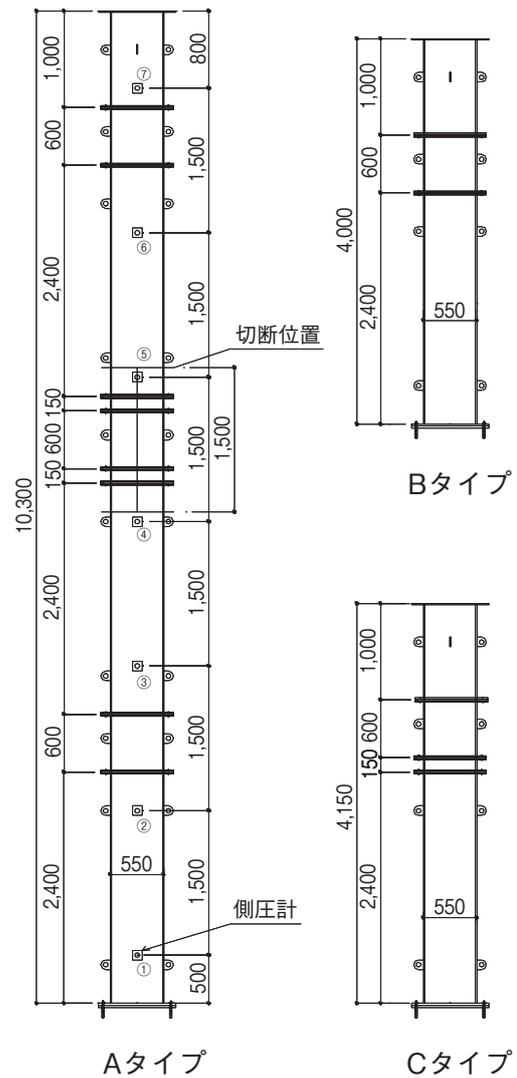


図-6 試験体形状

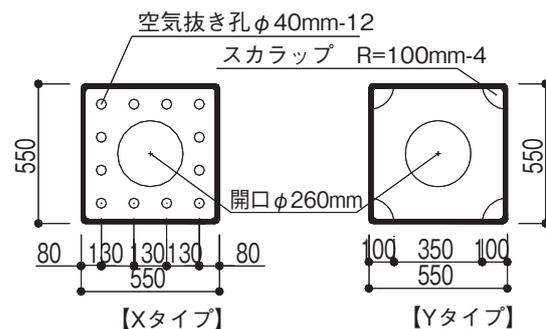


図-7 ダイアフラム形状

表-7 施工実験要因

試験体 NO.	試験体・施工条件								
	試験体 Type	高さ (mm)	ダイアフラム 間隔 (mm)	ダイアフラム・ 開口率	空気抜き孔	打込み 方法	調合 (強度-スランプ -空気量)	W/C (%)	備考
NO.1	A	10,300	600 + 150	X-20%	12-40 φ	落とし込み	N45-21-3%	39	
NO.2	B	4,000	600				N40-21-3%	42.5	ブリーディング大
NO.3		4,000	600				M45-21-3%	39.5	セメント比較
NO.4	C	4,150	600 + 150	Y-20%	スカラップ		N45-21-3%	39	ダイアフラム比較
NO.5	D	1,000	-	-	-		N45-21-3%	39	S値用

表-8 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント： 密度 3.16g/cm ³	
	中庸熟ポルトランドセメント： 密度 3.21g/cm ³	
細骨材 1	神栖産陸砂	表乾密度 2.63g/cm ³
細骨材 2	佐野産砕砂	粗粒率 2.66(混合後)
粗骨材	石岡産砕石：表乾密度 2.67 g/cm ³ ， 粗粒率 6.60，実積率 59.4%，最大寸法 20mm	
	混和剤	
高性能 AE 減水剤：ポリカルボン酸系		

して、呼び強度 45 と比較用にブリーディングのより多い呼び強度 40 を用いた。コンクリートの目標スランブは 21cm、目標空気量は 3% とした。表-8 にコンクリートの使用材料を、表-9 にコンクリートの調合をそれぞれ示す。セメントは普通および中庸熟ポルトランドセメントとした。コンクリートの製造は、輸送時間約 30 分のレディーミクストコンクリート工場で行った。コンクリートは二軸強制練りミキサ（容量 3m³）を用い、1 バッチ 2m³ × 2 回練りで 1 台分とした。コンクリートの練混ぜは、粗骨材投入後から 120 秒練り混ぜた。コンクリートは、トラックアジテータ内で 5 分静置後、荷卸してフレッシュ試験を行い、実験現場に出荷した。

3.3 コンクリートの打込み

コンクリートは、電動開閉式バケツ（容量 25m³）を用い、排出口に φ 100mm のビニルホースを取り付け、打込み中にホース先端がコンクリート中にあるようにし、ホース先端部にバイブレータ固定治具を用いた。バイブレータは φ 40 を使用し、インバーターで周波数を調整した後打込みを行った。また、打上り速度は、0.5m/分となるように設定した。実験は、茨城県つくば市で 2 月に施工を行った。

3.4 実験項目

表-10 に、主な実験項目を示す。鋼管内側圧の計測は No.1 のみとし、図-6 に示す高さ 1.5m ごと 7 ヲ所で測定した。試験体はコンクリート打込み後、材齢 1 週まで養生した後、ダイアフラム部で解体してコンクリート充填率の測定を行った。以後は、試験体を横置きにして養生し、切断・充填性観察・コア供試体採取を行った。

3.5 実験結果

(1) フレッシュコンクリート

表-11 にフレッシュコンクリートの試験結果を示す。荷卸し時のスランブおよび空気量は、すべて目標値を満足した。試験体 No.1 の充填後にコンクリート

バケツのホース先端で採取したコンクリートは、スランブ値がやや小さくなり、空気量が微増していたが、十分に流動性を保持していた。

図-8 にブリーディング試験の結果、図-9 に試験室における円柱供試体（φ = 150mm、H = 300mm）の沈降量試験の結果を示す。ブリーディング量は、No.1 は 0.05cm³/cm²、No.2 および No.3 は 0.06cm³/cm² で、目標値である新都市 CFT 指針¹⁾ で示されている基準値の 0.1cm³/cm² 以下を十分に満足する結果となった。沈降量は、No.1、No.2、No.3 で、それぞれ 0.47、0.36、0.41mm であり、CFT 基準値の 2.0mm 以下を満足した。

(2) 打上り状況

写真-2 に鋼管内部のコンクリート打上り状況を示す。鋼管内部の打上り状況を確認するためカメラで撮影を行ったが、バイブレータ固定用治具とホース先端が、常にコンクリート中にある状態で打ち上がっていることを確認した。

図-10 に No.1 ~ No.4 の打上り速度の結果を示す。打上り速度の測定は、レーザ距離計により行った。目標打上り速度は、締め固め実験結果より 0.5m/分としたが、打上り速度は、すべての試験体で目標値にほぼ近い値となった。打上り速度の調整は、コンク

表-10 実験項目

分類	試験項目・試験方法
フレッシュ コンクリート	スランブ試験 (JIS A 1101)
	空気量試験 (JIS A 1128)
	コンクリート温度 (JIS A 1156)
	ブリーディング試験 (JIS A 1123) 沈降量試験 (新都市ハウジング)
硬化 コンクリート	圧縮強度試験 (標準養生・簡易断熱養生・コア供試体, JIS A 1108)
	静弾性係数試験 (JIS A 1149)
打込み中の 測定	コンクリートの打上り速度 ³⁾ (レーザ変位計)
	鋼管内側圧 (柱 7 ヲ所)
	コンクリート温度 (柱中央 1 ヲ所)
	コンクリートの充填状況 (カメラ) 柱天端の沈降量 (変位計)
硬化後の測定	コンクリートの充填性 (ダイアフラム下部・柱切断)

表-11 フレッシュコンクリートの試験結果

試験体 No.	調合	測定 時間	スランブ (cm)	スランブ フロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
1.5	N45	荷卸し	21.5	37.0 × 36.0	2.4	14.0
		充填後	21.0	33.0 × 32.0	2.9	14.3
2	N40	荷卸し	21.0	37.5 × 37.0	3.6	11.0
3	M45	荷卸し	21.5	39.0 × 37.0	2.4	11.0
4	N45	荷卸し	21.0	35.5 × 34.5	3.3	11.0

表-9 コンクリートの調合

調合	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
			水	セメント	細骨材 1	細骨材 2	粗骨材混和剤	
N45-21-20	39.0	49.0	175	449	589	253	889	C × 0.65%*
N40-21-20	42.5	49.9	175	412	611	262	889	C × 0.6%
M45-21-20	39.5	49.3	175	443	596	256	889	C × 0.65

*セメント量(C)×%、代表値

リートバケットの排出口の開閉を手動スイッチで操作して行ったが、ほぼ打上り速度を管理することが出来ている。なお、試験体 No.1 は打上り高さ 6.62m の位置で、コンクリートの打継ぎを行った。

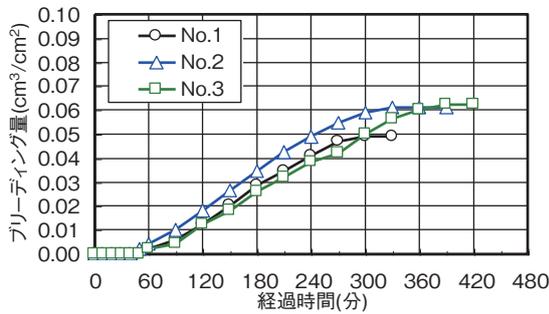


図-8 ブリーディング試験の結果

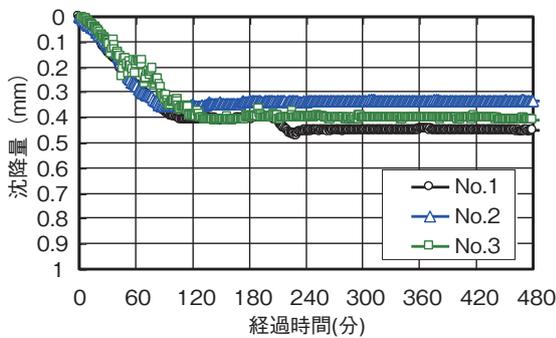


図-9 沈降量試験の結果



写真-2 鋼管内部のコンクリート打上り状況

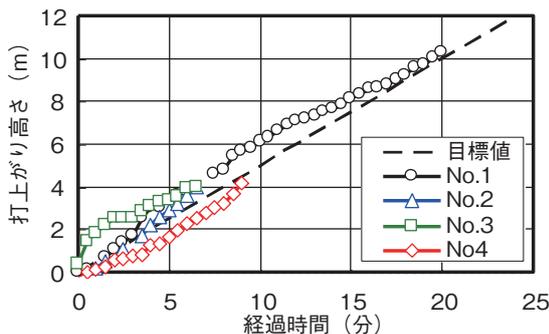


図-10 打上り速度の結果

(3) 側圧

図-11 に側圧の経時変化 (No.1) を示す。最大側圧は、打継ぎ時に最下部①の 104.4kN/m² で、液圧による側圧の計算値 141.3kN/m² の 73.9%であった。図-12 に打継ぎ時および打上り時の側圧分布を示す。図より、打上り上面から下側約 3m までの測定点は、液圧に近い側圧であるが、それより下側では側圧が液圧まで上昇していない。また、①~④の側圧は、打継ぎ時と打上り時がほぼ同じ値で、打継ぎ後に側圧が上昇していない。CFT 柱では、ダイヤフラムが存在するため、打上り速度が 0.5m/分 (30m/h) の場合でも、側圧が液圧まで上昇しないと思われる。

(4) 柱天端の沈降量

図-13 に柱天端の沈降量を示す。測定は、コンクリート上面に標点を設置し、変位計により測定を行った。沈降量は、No.1 で 0.76mm であり、高強度高流動コンクリートを圧入した実験結果⁴⁾ とほとんど変わらない結果となっている。圧入工法と比較して、CFT

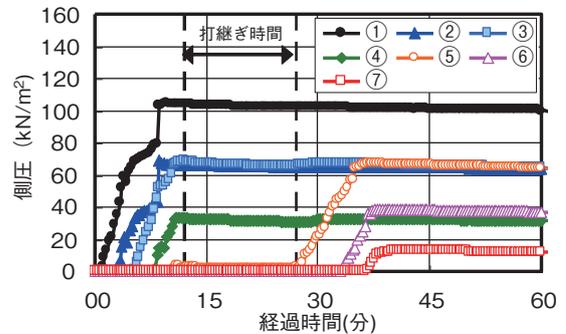


図-11 側圧の経時変化 (No.1)

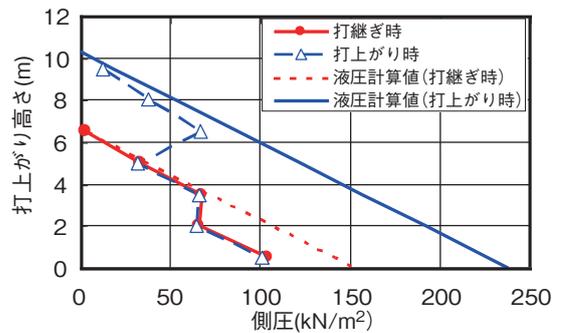


図-12 打継ぎ時および打上り時の側圧分布

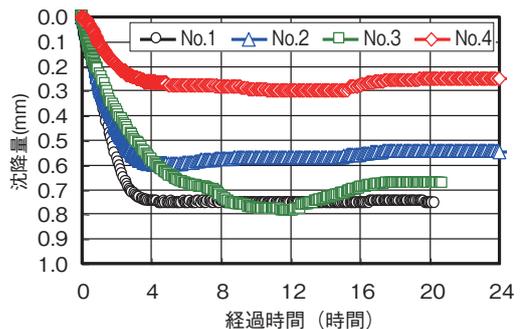


図-13 柱天端の沈降量

柱にスランブ21cmのコンクリートを落し込み工法に適用しても、ほぼ同等の品質を得られると考えられる。

(5) コンクリート温度

実験日は2月下旬で、最低気温が0℃を下回る事が予想されたため、凍結防止のためのシート養生を行った。No.1の最高温度は、26.0℃であった。

(6) 充填性観察結果

コンクリートの充填性を評価するため、締固め実験同様にダイアフラム下部の気泡面積を測定し、充填率で評価した。

図-14に、ダイアフラム下部の充填率の測定結果を、図-15に、気泡状況の一例を示す。各試験体ともほぼ95%以上の良好な充填性が得られた。No.3がやや低くなっているのは、打込み前にホースからコンクリートが落下し、空気孔を塞いでいたことが影響したためと考えられる。写真-3に、150mm間隔のダイアフラム部の充填状況を示す。スランブ21cmの落し込み工法による施工で、ダイアフラム間隔が150mmでも十分充填が可能であり、骨材の分布に偏在などはみられなかった。

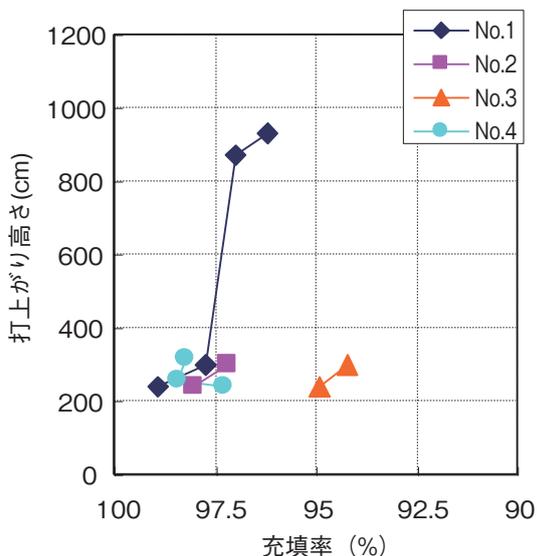


図-14 充填率測定結果

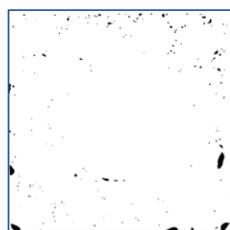


図-15 気泡状況 (No.1-1)



写真-3 充填状況 (No.1-3・4)

(7) 圧縮強度試験結果

表-12に標準養生供試体圧縮強度結果を示す。各試験体とも呼び強度の強度値を十分満足していた。

図-16にコア抜き位置を示す。図-17、20~22、図-19、23~25、図-18に、材齢28日および91日における試験体No.1~4のコア強度分布、単位容積質量、およびNo.1のヤング係数の分布をそれぞれ示す。図のコア強度の分布から、すべての試験体において、ダイアフラムの上下にて、コア強度のばらつきがみられる。No.1より呼び強度の低いNo.2の方が若干ばらつきが大きい。また、各試験体とも最下部では圧縮強度が大きくなっている。ヤング係数もダイアフラム近傍でばらつきがみられるが、全体的にもばらつきがある。単位容積質量は、層と層の間では、下部のほうが大きくなっており、下部ほど圧密されていると思われる。また、中心部と外部側やダイアフラムの上下で単位容積質量に差が生じており、ダイアフラム近傍では圧密分布にばらつきが生じているものと思われる。

表-13にコア強度の結果を示す。変動係数はすべて8.0%以下で、同じ調合のNo.1とNo.5のコア強度の平均・変動係数に有意な差は認められない。No.4の平均はやや小さいが変動係数が小さく、いずれも十分なコア強度の確保が可能と判断できる。

本実験の材齢91日におけるコア強度では、 $_{28}S_{91}$ 値で考察すると、No.1のN45の平均値では、 $0N/mm^2$ 以下でかなり小さい。CFTのSc値で不良率を考慮した評価でも、不良率2.3%で $4.3N/mm^2$ であり、コア強度分布の変動係数を10%と仮定した場合でも、Sc値は $10N/mm^2$ 以下が想定される。

表-12 標準養生供試体圧縮強度結果

材齢	7日	28日
No.1	51.1	61.9
No.2	45.9	55.8
No.3	44.9	66.9
No.4	51.4	62.4

(単位 N/mm^2)

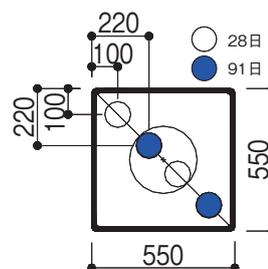


図-16 コア抜き位置

表-13 コア強度の結果 (材齢91日)

単位 (N/mm^2)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
全平均	67.3	56.3	65.6	63.9	68.6
標準偏差	4.83	4.46	4.89	3.73	4.46
最大値	79.6	66.1	73.1	73.4	75.0
最小値	56.5	45.2	55.9	57.1	63.3
変動係数 (%)	7.17	7.92	7.47	5.84	6.50

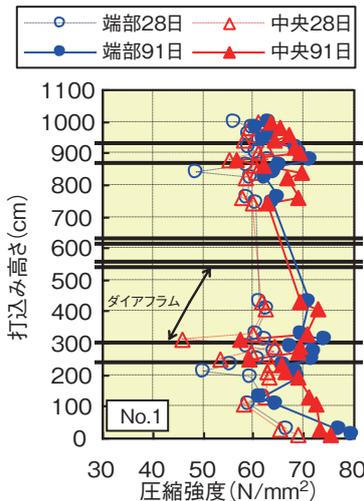


図-17 コア供試体圧縮強度の分布 (No.1)

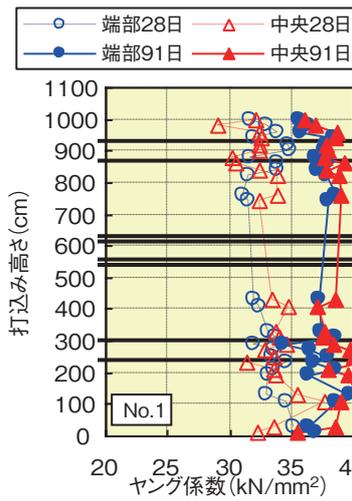


図-18 ヤング係数の分布 (No.1)

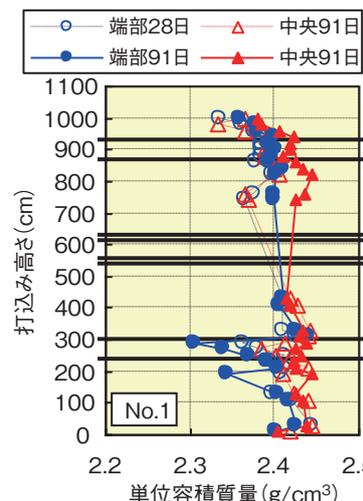


図-19 単位容積質量の分布 (No.1)

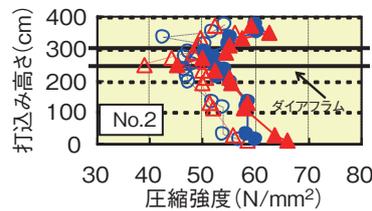


図-20 コア供試体圧縮強度の分布 (No.2)

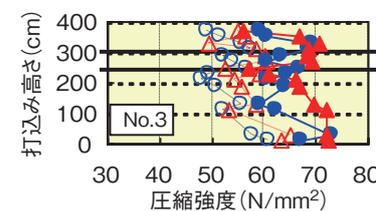


図-21 コア供試体圧縮強度の分布 (No.3)

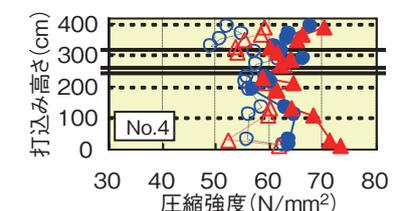


図-22 コア供試体圧縮強度の分布 (No.4)

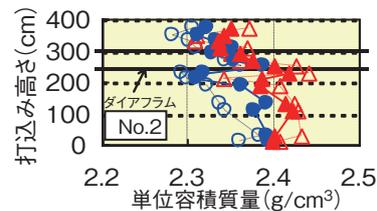


図-23 単位容積質量の分布 (No.2)

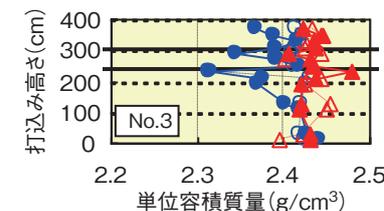


図-24 単位容積質量の分布 (No.3)

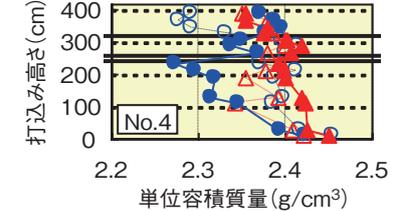


図-25 単位容積質量の分布 (No.4)

4. まとめ

スランプ21cmのコンクリートを用いたCFT充填コンクリートの施工法を確立するため、要素実験ならびに実大CFT柱の3層モデルによる実大施工実験を行い、その充填性および圧縮強度について検討した。本実験の結果をまとめると以下ようになる。

- (1) フレッシュコンクリートの状態は、ブリーディング、沈降量とも新都市ハウジングの規定値を満足した。
- (2) 施工時の側圧や天端の沈降量は、通常の圧入施工のCFT柱と施工時に大きな差は認められない。
- (3) コンクリートの充填性・圧縮強度は、落し込み工法においても十分な品質を確保できることを確認した。

現在、当社におけるCFT造では、地上鉄骨建方のタクト工程にコンクリート打設が影響しないように、圧入工法を採用する場合がほとんどであり、すべての充填コンクリートを落し込み工法で施工した物件は、施工実績53件中のわずか3件のみである。しかしながら、地下部や0節の打込みには落し込み工法が採用される例が多く、部分的にも本工法が適用できる物件

もあると思われる。呼び強度45までのコンクリートを用いるため、設計基準強度が36N/mm²以下に限定されると思われるが、JIS適合コンクリートを使用することにより、地方でも大臣認定の取得が不要になったり耐火被覆の低減も図れたりする相乗効果も期待でき、現場のコスト低減に貢献できるものと考えている。

なお、本研究は西松建設との共同研究として実施した。関係した各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 新都市ハウジング協会ほか：コンクリート充填鋼管(CFT)造技術基準・同解説の運用および計算例等, 2008.6
- 2) 畑明仁ほか：スランプ21cmの高性能AE減水剤を使用したコンクリートの施工性, コンクリート工学年次論文集, V.23, No.2, 2001, pp.1189-1194
- 3) 香月泰樹ほか：CFTコンクリート打設管理システムの開発(その2 圧入方式への対応), 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), A-1, pp559-560, 2008.9
- 4) 梅本宗宏ほか：高強度コンクリートを用いたCFT柱の実大施工実験(その1実験概要)～(その3硬化後の性状), 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), A-1, pp515-520, 1999.9

