

低強度高流動コンクリートを用いた実大 CFT 造の圧入実験

川又 篤*1・唐沢 智之*2

概 要

調合管理強度 45N/mm^2 以下の低強度高流動コンクリートの CFT 柱への適用性を確認するため、当該コンクリートを用いた実大 CFT 柱の圧入実験を行った。実験の結果、低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、良好な充填性が得られることを確認した。また、圧入口での圧入圧力と液体圧との比率を表す係数は、CFT 指針に示された範囲内であること、構造体強度補正值 mS_n は、JASS 5 の標準値とすれば安全側の評価となること、ダイアフラム近傍での強度変動を考慮した強度補正值 S_d は、CFT 指針に基づいて設定すれば安全側の評価になることを確認した。以上のことから、CFT 造に低強度高流動コンクリートを適用できることを示した。

キーワード：コンクリート・低強度・高流動・CFT 造・圧入実験

CONCRETE PUMPING-UP EXPERIMENT OF FULL-SCALE CFT STRUCTURE USING LOW-STRENGTH SELF-COMPACTING CONCRETE

Atsushi KAWAMATA *1, Tomoyuki KARASAWA *2

Abstract

A concrete pumping-up experiment of full-scale CFT column using low-strength self-compacting concrete with a mix proportion control strength lower than 45 N/mm^2 was carried out to verify its applicability.

As a result, it was verified that the satisfactory compactability could be obtained even low-strength self-compacting concrete was used, a ratio between the pumping pressure and liquid pressure was within the limits of CFT guideline, the strength correction value mS_n considering the concrete strength of structure was evaluated as safe by using standard value of JASS 5, and the strength correction value S_d considering the variation of concrete strength near the diaphragm was evaluated as safe by determining based on CFT guideline.

As mentioned above, it was verified that low-strength self-compacting concrete is applicable to CFT structure.

Keywords: Concrete, Low-strength, Self-compacting, CFT structure, Pumping-up experiment

*1 Material Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

*2 Manager, Material Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

低強度高流動コンクリートを用いた実大 CFT 柱の圧入実験

川又 篤*1・唐沢 智之*2

1. はじめに

コンクリート充填鋼管造（以下、CFT 造）に使用する充填コンクリートには、スランプ 21cm を超える優れた流動性が求められるが、必要とされる調合管理強度（呼び強度）は 45N/mm^2 以下の低強度域の場合がある。建築工事のコンクリートには、建築基準法 第 37 条により、JIS 規格に適合するもの、もしくは国土交通大臣の認定を受けたものを使用しなければならない。JIS A 5308:2014 では、呼び強度 50, 55 および 60 という高強度域において、スランプフロー 50cm および 60cm が認められているものの、この範囲の JIS 認証を取得しているレディーミクストコンクリート工場は少ない。そのため、指定強度（呼び強度）が 45N/mm^2 を超える大臣認定品の高強度高流動コンクリートを使用している事例が多い。いずれにせよ、流動性に優れたコンクリートを用いるには、必要以上に高い強度のコンクリートを使用することになり、コストアップ、セメント量増加によるひび割れ発生、製造可能なレディーミクストコンクリート工場の選定等に課題がある。

一方で、増粘剤が内添されている流動化剤（増粘剤一液タイプ）が市販されており、比較的セメント量の少ない低強度域のコンクリートにこの流動化剤を現場添加することで、良好な材料分離抵抗性を有する高流動コンクリートの製造が可能である^{1),2)}。更に、2019 年 3 月に JIS A 5308 が改正されて、呼び強度 27~45 でスランプフロー管理のコンクリートが使用できるようになった。

このような背景から、本実験では、呼び強度 45 以下の低強度高流動コンクリートを用いた

実大 CFT 柱の圧入実験を行い、その適用性を確認した。実験では、圧入口における圧入圧力とコンクリート液圧との比率、圧入前後における充填コンクリートのフレッシュ性状の変化、ダイアフラム下面の充填性、ダイアフラム近傍での強度変動等を確認することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 角形鋼管柱

図-1 に角形鋼管柱の概略図を示す。CFT 柱の圧入実験に使用する角形鋼管柱は 2 体製作し、

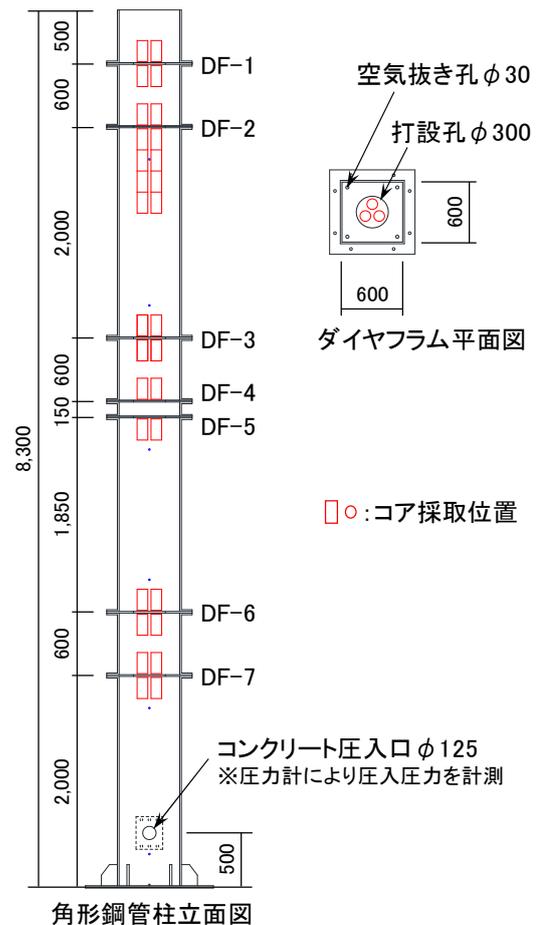


図-1 角形鋼管概要図

*1 建設技術総合センター 研究開発センター 材料グループ

*2 建設技術総合センター 研究開発センター 材料グループ グループリーダー

それぞれに異なる低強度高流動コンクリートを圧入した。角形鋼管柱は、通しダイアフラム形式の3層分(高さ8.3m)とし、その詳細はCFT指針³⁾に準拠した。角形鋼管にはBCP325を使用して、断面寸法は600×600×16mmとした。

ダイアフラムの中央部にはφ300mmの打設孔を設けて、四隅にはφ30mmの空気抜き孔を設けた。ダイアフラム間隔は600mmを標準として、1箇所のみCFT指針で定められているダイアフラムの最小間隔である150mmの部分

2.2 コンクリート

(1) コンクリートの必要性能

表-1に圧入実験に使用した2種類の低強度高流動コンクリートの概要を示す。CASE-1は、改正されたJIS規格に適合した呼び強度42の高流動コンクリートである。CASE-2は、呼び名42-21-20Nのコンクリートに流動化剤(増粘剤一液タイプ)を現場添加して流動化した高流動化コンクリートである。

表-2にそれぞれのコンクリートの必要性能を示す。スランブフローについては、CFT指針に示されている圧入工法における参考値の下限に相当する55.0cmに設定した。スランブフローの管理幅は、JIS A 5308に準拠して±7.5cmとした。CASE-2の高流動化前のベースコンクリートのスランブは、21.0cmに設定した。ブリーディング量および沈降量については、CFT指針に準拠して設定した。

圧縮強度については、CFT指針において強度の補正値をダイアフラム近傍での強度変動を考慮して式(1)により定めるとしている。

$$S_c = mS_n + S_d \quad (1)$$

ただし、 S_c : CFTにおけるコンクリート強度の補正値 (N/mm²)

mS_n : 構造体強度補正値 (N/mm²)

S_d : ダイアフラム近傍での強度の

表-1 低強度高流動コンクリートの概要

呼称	概要
CASE-1 JIS 高流動	42-55-20N (JIS 適合品)
CASE-2 高流動化	ベースコンクリート : 42-21-20N 高流動化後のスランブフロー : 55cm

表-2 低強度高流動コンクリートの必要性能

項目	CASE-1 JIS 高流動	CASE-2 高流動化	
		ベース	高流動化後
スランブ (cm)	—	21.0±2.0	—
スランブフロー (cm)	55.0±7.5	—	55.0±7.5
空気量 (%)	4.5±1.5	4.5±1.5	4.5±1.5
ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)	0.1以下	—	0.1以下
沈降量 (mm)	2.0以下	—	2.0以下
圧縮強度 (N/mm ²)	42以上	42以上	42以上

変動を考慮した強度補正値 (N/mm²)

CFT指針では、設計基準強度60N/mm²以下かつ外ダイアフラム形式以外の場合の S_c の標準値は10~15N/mm²としている。本実験における mS_n については、JASS 5⁴⁾に準拠して、予想平均気温に応じて定めて6N/mm²とした。 S_d については、既往の研究⁵⁾を参考とした。既往の研究では、9.6mの実大CFT柱の圧入実験を行って、圧入前の供試体の圧縮強度85.6N/mm²に対して、圧入後にCFT柱から採取したコア供試体の圧縮強度の最小値が74.6N/mm²であったことから、 S_c は11N/mm²となる。 mS_n は6N/mm²に設定していたことから、 S_d は11-6=5N/mm²となるため、本実験においてもこの値を参考に S_d を設定した。設計基準強度を30N/mm²とすると、調合管理強度は、 $F_c + mS_n + S_d = 30 + 6 + 5 = 41$ N/mm²以上となることから、42N/mm²に設定した。

(2) コンクリートの使用材料および調合

表-3にコンクリートの使用材料を、表-4にコンクリート調合を示す。CASE-1の混和剤には、材料分離抵抗性を確保するために高性能AE減水剤(増粘剤一液タイプ)を使用した。CASE-2の流動化剤についても、材料分離抵抗性を確保するために流動化剤(増粘剤一液タイプ)を使用した。なお、1体の角形鋼管柱に対

表-3 コンクリートの使用材料

材料	略号	種類	物性・品名他	産地
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度 3.15g/cm ³	—
細骨材	S1	砂	表乾密度 2.60g/cm ³ , 粗粒率 2.40	茨城県鹿嶋市産
	S2	砕砂	表乾密度 2.68g/cm ³ , 粗粒率 3.20	栃木県佐野市産
粗骨材	G1	砕石 2005	表乾密度 2.65g/cm ³ , 実積率 60.0%	茨城県笠間市産
	G2	砕石 2005	表乾密度 2.70g/cm ³ , 実積率 60.0%	栃木県佐野市産
混和剤	SP1	高性能 AE 減水剤 (増粘剤一液タイプ)	ポリカルボン酸系	—
	SP2	高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系	—
	VSP	流動化剤 (増粘剤一液タイプ)	ポリカルボン酸系	—

表-4 コンクリート調合

CASE 呼び名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³) ※SP1, SP2, VSP : (C×%)									備考
			W	C	S1	S2	G1	G2	SP1	SP2	VSP	
CASE-1 42-55-20N	42.1	50.8	175	416	598	265	424	429	1.45	—	—	1台目
									1.40			2台目
CASE-2 42-21-20N	42.1	49.8	175	416	588	260	432	437	—	0.80	0.50	1台目
											0.20	1台目再流動化
											0.25	2台目

表-5 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	判定基準
スランプ※ ¹	JIS A 1101 コンクリートのスランプ試験方法	21.0±2.0cm
スランプフロー※ ²	JIS A 1150 コンクリートのスランプフロー試験方法	55.0±7.5cm
空気量	JIS A 1128 フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法	4.5±1.5%
ブリーディング量※ ²	JCI-S-015 小型容器によるコンクリートのブリーディング試験方法	0.1cm ³ /cm ² 以下
沈降量※ ²	内径φ150mm, 高さ300mmの鋳物型枠にコンクリートを充填し、コンクリート天端の沈下量をレーザー変位計により沈降が終了するまで測定する。なお、コンクリート天端は蒸発防止処置を施す。 CFT 柱の充填コンクリート天端についてもレーザー変位計により沈降が終了するまで測定する。	2.0mm 以下
圧縮強度	JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法 標準養生：材齢 7日, 28日, 56日, 91日 現場封かん養生：材齢 56日, 91日 コア供試体：材齢 28日, 56日, 91日	調合管理強度以上 標準養生材齢 28日 現場封かん養生材齢 91日 コア供試体材齢 91日

※1：CASE-2のベースコンクリートにて実施

※2：CASE-1およびCASE-2の高流動化後に実施

して、アジテータ車2台分のコンクリート(約6.0m³)を圧入した。

(3) コンクリートの試験項目

コンクリートの試験項目および試験方法を表-5に示す。CASE-1については、荷卸し地点到着時に所要のスランプフローであることを確認した後、角形鋼管柱に圧入した。CASE-2

については、荷卸し地点到着時のベースコンクリートが所要のスランプであることを確認した後、流動化剤(増粘剤一液タイプ)を添加して、ドラムの回転数を12rpm以上で120秒間高速攪拌させて高流動化を施した。その後、所要のスランプフローであることを確認した後に角形鋼管柱に圧入した。また、圧入前に採取して静

置しておいた試料，および圧入後に CFT 柱天端から採取した試料についてもスランプフローを測定して比較検討を行った。

圧入後の充填コンクリートの圧縮強度を確認するために，CFT 柱のダイアフラム近傍を中心に図-1 に示す位置でコア供試体を採取して圧縮強度試験を行った。また，ダイアフラムのない部材の圧縮強度を把握するために，JASS 5 T-605「コア供試体による構造体コンクリート強度の推定方法」に準拠した 1m 角の模擬柱からコア供試体を採取して圧縮強度試験を行った。

3. 圧入実験方法

圧入には，ピストン式のコンクリートポンプ車を用いた。圧入口での圧入圧力を計測するために，スライドバルブの手前に圧力計を備えた圧力測定用配管を設けた。

圧入速度は，CFT 指針に準拠して，圧入高さ 1m/min 以下（実測約 0.8m/min）とした。充填コンクリートの圧入高さ，および圧入後の充填コンクリート天端の沈降量はレーザー変位計により測定した。

ダイアフラム下面のコンクリートの充填状況は目視観察で確認して，ダイアフラム下面の全気泡面積をダイアフラム下面の面積で除することにより充填率を算出した。

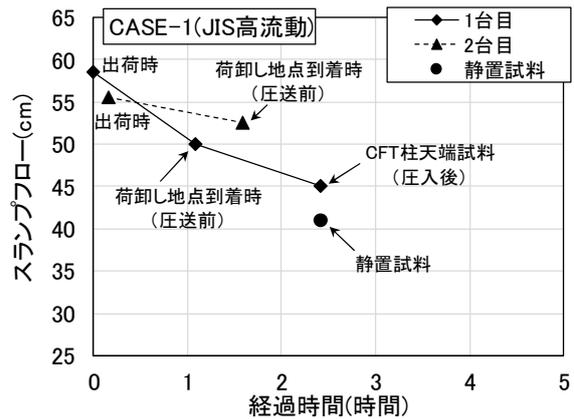
4. 実験結果

4. 1 フレッシュコンクリート試験結果

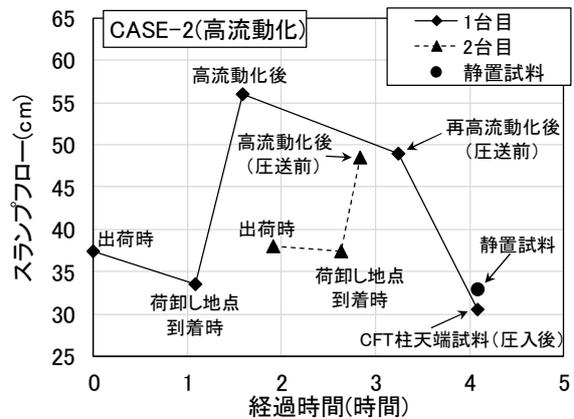
図-2 に各 CASE のスランプフローの経時変化を示す。CASE-2 の 1 台目は，高流動化後の待機時間が長くなりスランプフローが低下したため後添加による再高流動化を行った。

各 CASE ともアジテータ車 2 台分のコンクリートを圧入したが，圧送前のスランプフローはほぼ同程度であるものの，50cm フロー到達時間は CASE-1 で平均 5.1 秒，CASE-2 で 2.3 秒であったことから，CASE-2 の方が粘性の小さいコンクリートであった。

CASE-1 は，出荷から徐々にスランプフロー



(1)CASE-1 (JIS 高流動)



(2)CASE-2 (高流動化)

図-2 スランプフローの経時変化

が低下して，1 台目の荷卸し時から圧入後までのスランプフローの低下は 5.0cm と小さかった。一方，CASE-2 は，圧入開始までに時間が掛かったため，1 台目の再高流動化後から圧入後までのスランプフローの低下は 18.5cm であり，CASE-1 と比較すると大幅な低下となった。

各 CASE ともに，圧入前に採取して静置しておいた試料と圧入後に CFT 柱天端から採取した試料のスランプフローに大きな差はなかったことから，圧送および圧入によるスランプフローの低下はほとんどなく，発生したスランプフローの低下は経時変化によるものと考えられる。

4. 2 沈降量およびブリーディング試験結果

図-3 に沈降量の試験結果を示す。なお，沈降量試験は，供試体については試料採取後 20℃ の環境下で，CFT 柱天端については施工環境下で行った。ブリーディング試験は，20℃ の環境

下で試験を実施した。

CASE-1 の CFT 柱天端の沈降量が他の試験条件と比較すると若干大きい、その差は僅かであり、各 CASE の供試体および CFT 柱天端の沈降量は、全て CFT 指針で定められている 2.0mm 以下を満足した。供試体と CFT 柱天端の沈降量を比較すると、CASE-1 では供試体よりも CFT 柱天端の方が 0.8mm 程度大きい、CASE-2 では供試体よりも CFT 柱天端の方が 0.2mm 程度小さかった。CASE-2 では、経時変化により CFT 柱天端におけるスランプフローが低下したため、CFT 柱天端の沈降量が小さくなったものと考えられる。ブリーディング量は、各 CASE とともに 0.01cc/cm² であり、CFT 指針で定められている 0.1cc/cm² 以下を満足した。

4. 3 圧入口の圧入圧力

図-4 に、レーザー変位計により測定した圧入高さ、圧入口に取り付けた圧力計により測定した圧入圧力の関係を示す。CASE-1 の場合、圧入圧力は、液圧の 1.0~1.1 倍程度で上昇した。一方、CASE-2 の場合、圧入圧力は、液圧の 1.0~1.2 倍程度で上昇した。圧送前のスランプフローは CASE-1 と CASE-2 で同程度であるが、圧入後のスランプフローを比較すると、CASE-2 では経時変化によりスランプフローが大幅に低下したため、スランプフローの低下が圧入圧力の上昇の要因として考えられる。本実験で得られた圧入圧力は、CFT 指針で示されている圧入口での圧入圧力と液体圧との比率を表す係数 $\beta = 1.0 \sim 1.3$ 程度の範囲内であることから、低強度高流動コンクリートを用いた場合でも従来通りの係数を採用し、圧送負荷を算定すれば良いものと考えられる。

4. 4 充填状況

ダイアフラム部分で CFT 柱を切断した後、ダイアフラム下面の充填状況を目視観察により確認して、気泡部分を着色した。写真-1 に充填状況の一例を示す。ダイアフラム下面の全気泡面積を求めてダイアフラム下面の面積で除することにより充填率を算出した。図-5 にダイ

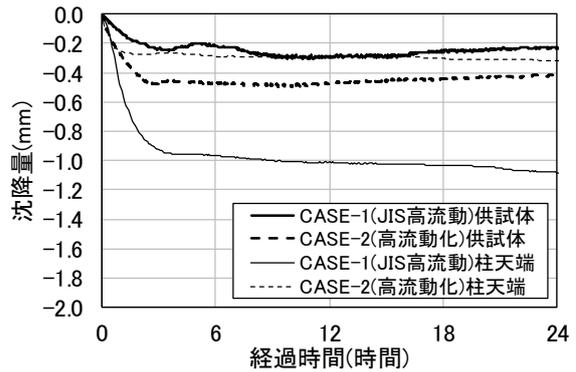
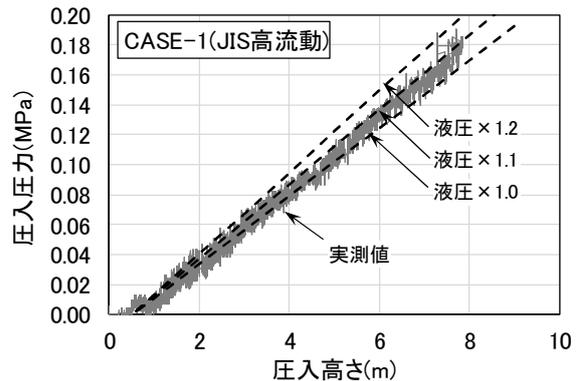
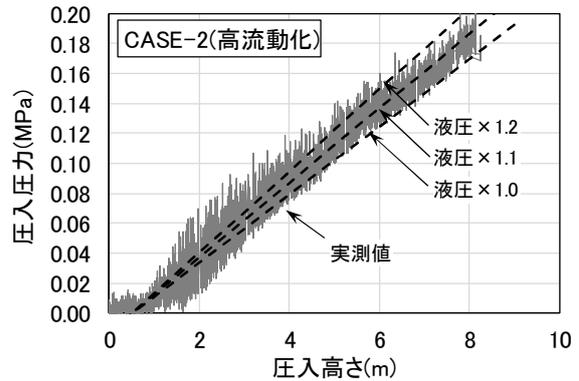


図-3 沈降量試験結果



(1)CASE-1 (JIS 高流動)



(2)CASE-2 (高流動化)

図-4 圧入高さと圧入圧力の関係

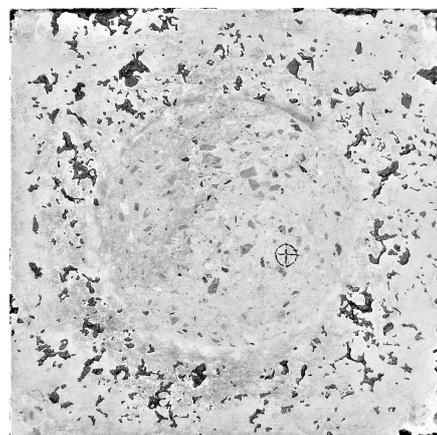


写真-1 ダイアフラム下面の充填状況例 (CASE-2 : DF1)

アフラム下面の充填率と CFT 柱の高さの関係を示す。

ダイアフラム下面の充填率は、経時変化によりスランプフローが大幅に低下した CASE-2 の最上段のダイアフラム (DF-1) で 90%以下となったが、その他は全て 90%以上であり、全体的に見ると、大きな空隙等もなく良好な充填状況であった。

ダイアフラム下面の充填率は、最下段のダイアフラム (DF-7) で最も大きく、最上段のダイアフラム (DF-1) で最も小さくなっており、上部のダイアフラムで充填率が小さくなる傾向であった。これは、下部よりも後に充填される上部のダイアフラムでは、経時変化によりダイアフラム通過時のスランプフローが低下したためと推察される。経時変化によるスランプフローの低下が大きかった CASE-2 の方が、上部のダイアフラムの充填率が小さくなる傾向が顕著であることから、経時変化によるスランプフローの低下とダイアフラム下面の充填率が関係していることが窺える。また、梁の下フランジと接続する各層の下側のダイアフラム (DF-2, DF-5, DF-7) の充填率が、上側のダイアフラム (DF-1, DF-3, DF-6) の充填率よりも大きくなる傾向であった。CFT 指針で定められているダイアフラムの最小間隔となる 150mm の部分 (DF-4) の充填率は、CASE-1 ではその上下のダイアフラムと比較して若干小さくなったものの、90%以上の充填率が得られている。一方、CASE-2 における DF-4 の充填率は、その上下のダイアフラムと同程度であった。

以上より、低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、経時変化によるスランプフローの低下が大きくなるように練混ぜから圧入完了までの時間を適切に管理すれば、良好な充填性が得られると考えられる。更に、ダイアフラムの最小間隔については、低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、CFT 指針で定められている 150mm であれば、良好な充填性が得られることが確認された。

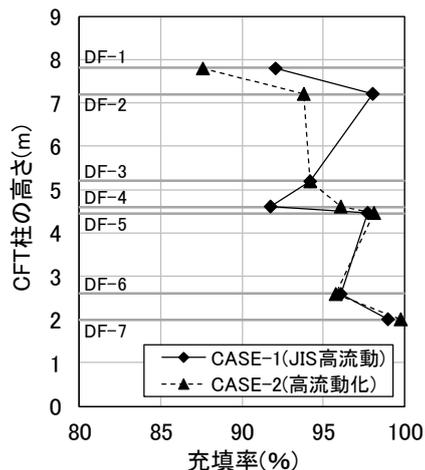


図-5 充填率と CFT 柱の高さの関係

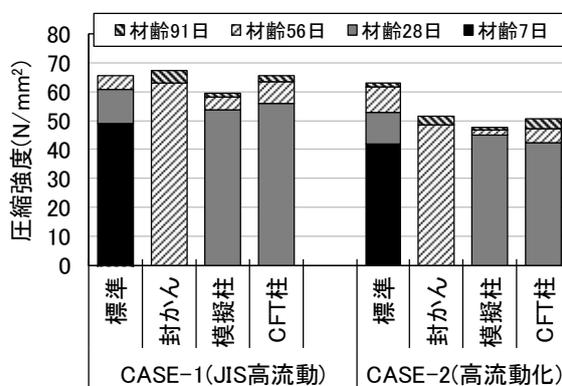


図-6 各養生方法による圧縮強度の比較

4.5 圧縮強度試験結果

図-6に、圧送前に採取した標準養生供試体の圧縮強度の平均値、圧入後に CFT 柱天端から採取した封かん養生供試体の圧縮強度の平均値、模擬柱の中央部と外周部から採取したコア供試体の圧縮強度の平均値、CFT 柱の上部から下部までの 15 箇所のコア供試体の圧縮強度の平均値を示す。

材齢 56 日および 91 日での封かん養生供試体、模擬柱のコア供試体、CFT 柱のコア供試体の圧縮強度を比較すると、いずれの CASE でも模擬柱の圧縮強度のみ若干小さいが、封かん養生供試体と CFT 柱の圧縮強度はほぼ同等であった。このことから、低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、材齢 56 日以降の構造体コンクリートの圧縮強度は、現場封かん養生供試体で管理することが可能であると考えられる。

材齢 28 日の標準養生供試体強度と材齢 91 日

の構造体供試体強度（模擬柱）の差である $_{28}S_{91}$ 値は、CASE-1 で 1.2N/mm^2 、CASE-2 で 5.1N/mm^2 であり、JASS 5 に準拠して定めた 6N/mm^2 よりも小さかった。このことから、低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、構造体強度補正值 mS_n を JASS 5 の標準値とすれば安全側の評価となり、構造体コンクリートは、設計基準強度を満足することができると考えられる。

図-7に、模擬柱のコア供試体の圧縮強度の平均値と、CFT柱の上部から下部までの15箇所のコア供試体の圧縮強度の比較を示す。全体的に見ると、いずれのCASEでもDF-1とDF-3の近傍で強度低下が大きい傾向を示した。CFT指針では、CFT造におけるコンクリート強度の補正值をダイアフラム近傍での強度変動を考慮して式(1)のように定めている。設計基準強度 60N/mm^2 以下かつ外ダイアフラム形式以外の場合の S_c の標準値は $10\sim 15\text{N/mm}^2$ としている。本実験における構造体強度補正值 mS_n は JASS 5 に準拠して 6N/mm^2 に設定したことから、 S_a の標準値は $4\sim 9\text{N/mm}^2$ となる。ここで、材齢91日におけるダイアフラムのない模擬柱の圧縮強度と、CFT柱のダイアフラム近傍における圧縮強度の差を S_a とすると、 S_a は CASE-1 で最大 3.6N/mm^2 、CASE-2 で最大 1.2N/mm^2 であり、CFT指針に基づいた標準値よりも小さかった。一方、既往の研究⁶⁾では、文献調査結果を基に導いた設計基準強度に応じた S_a の算出方法として式(2)が提案されている。

$$S_a = (1 - 0.917) \times F_c \quad (2)$$

ただし、 F_c : 設計基準強度 (N/mm^2)

本実験において設定した設計基準強度 30N/mm^2 に応じた S_a を、式(2)により算出すると 2.5N/mm^2 となる。本実験により得られた S_a は、CFT指針の標準値よりも既往の研究で提案されている算定式に近い値であった。以上より、低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、ダイアフラム近傍での強度変動を考慮した強度補正值 S_a は、CFT指針に基づいた標準値 $4\sim$

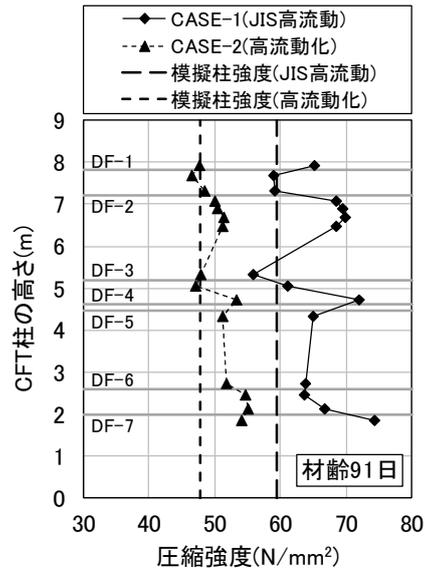


図-7 CFT柱と模擬柱の圧縮強度の比較

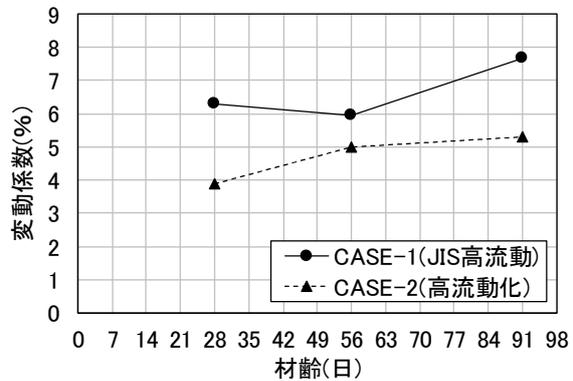


図-8 CFT柱の圧縮強度の変動係数の推移

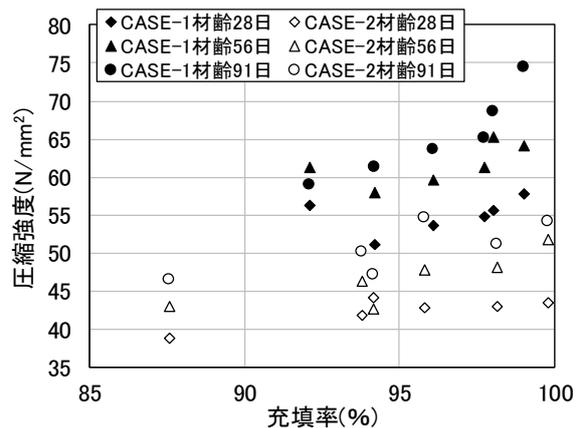


図-9 CFT柱と模擬柱の圧縮強度の比較

9N/mm^2 の中央値 6.5N/mm^2 程度に設定すれば十分安全側の評価になると考えられる。

図-8にCFT柱のコア供試体の圧縮強度の変動係数の推移を示す。既往の研究⁷⁾では、材齢が進むにつれてダイアフラム近傍での圧縮強度のばらつきが小さくなり変動係数も小さくな

ると報告されているが、本実験では既往の研究とは逆に、材齢が進むにつれて変動係数が大きくなった。本実験では、変動係数が4~8%程度の範囲であり、既往の研究の4~23%程度と比較して小さかったことが要因として考えられる。

図-9にダイアフラム下面の充填率とダイアフラム直下のコア供試体の圧縮強度の関係を示す。概して言えば、ダイアフラム下面の充填率が低下するにつれて、ダイアフラム直下のコア供試体の圧縮強度も低下する傾向にあり、両者に相関があることが窺える。

5. まとめ

実大 CFT 柱の圧入実験の結果、低強度高流動コンクリートを適用できることが確認できた。

本実験で得られた知見を以下に示す。

- (1) 低強度高流動コンクリートを用いた場合の圧入口での圧入圧力と液体圧との比率を表す係数は、CFT 指針に示された範囲内であったことから、従来通りの係数を採用して、圧送負荷を算定することが可能であることが確認できた。
- (2) 低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、練混ぜから圧入完了までの時間を適切に管理すれば、良好な充填性が得られることが確認できた。更に、CFT 指針で定められているダイアフラムの最小間隔 150mm でも、良好な充填性が得られることが確認できた。
- (3) 低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、構造体強度補正值 mS_n は、JASS 5 の標準値とすれば安全側の評価となり、構造体コンクリートは、設計基準強度を満足できることが確認できた。また、材齢 56 日以降の構造体コンクリートの圧縮強度は、現場封かん養生供試体で管理することが可能であることが確認できた。
- (4) 低強度高流動コンクリートを用いた場合でも、ダイアフラム近傍での強度変動を考慮した強度補正值 S_d は、CFT 指針に基づ

いた標準値 4~9N/mm² の中央値 6.5N/mm² 程度に設定すれば、安全側の評価になることが確認できた。

- (5) ダイアフラム下面の充填率が低下すると、ダイアフラム直下のコア供試体の圧縮強度も低下する傾向にあり、両者に相関が認められた。

参考文献

- 1) 川又篤, 唐沢智之: 増粘剤含有流動化剤を用いた高流動化コンクリートに関する研究, 鉄建建設技術報告, pp.54-62, 2018
- 2) 川又篤, 唐沢智之: 増粘剤一液化タイプ流動化剤を用いた高流動化コンクリートのフレッシュ性状に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.811-812, 2018.9
- 3) 新都市ハウジング協会: コンクリート充填鋼管 (CFT) 造技術基準・同解説, 2012.8
- 4) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 鉄筋コンクリート工事 (JASS 5), 2018
- 5) 和知俊興, 唐沢智之, 花田稔夫, 上嶋忠孝: 高強度コンクリート ($F_c=60\text{N/mm}^2$) を用いた CFT 柱の圧入施工実験 その 2 圧入施工実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.869-870, 1998.7
- 6) 新都市ハウジング協会 CFT 造施工技術検討会: CFT 造における構造体コンクリートの強度補正值に関する調査研究, 日本建築学会技術報告集, 第 17 巻, 第 37 号, pp.797-802, 2011.10
- 7) 梅本宗宏, 槇島修, 松本和行, 西田浩和, 森浩之, 大内千彦, 梶田秀幸, 黒島毅: CFT 柱の構造体コンクリート強度確認実験 その 3 硬化コンクリートの試験結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.847-848, 2002.8