

高強度コンクリートのポンプ圧送性と CFT 圧入施工性に関する実験的検討

片 寄 哲 務 ^{*1} 横 須 賀 誠 一 ^{*1}
西 田 浩 和 佐 々 木 聡
塩 田 博 之 ^{*2}

概 要

建物の高層化および大スパン化に伴い、CFT柱部材への充填コンクリートの高強度化が求められている。充填方法として圧入工法を採用することが多いが、高強度コンクリートは単位セメント量が多く粘性が大きいいため、確実に圧入施工を行うにはポンプ圧送性と圧入施工性を把握しておく必要がある。

本報では、「実験Ⅰ：設計基準強度 36、60、80N/mm² の高強度コンクリートを用いたポンプ圧送実験」および「実験Ⅱ：設計基準強度 60N/mm² 級の高強度コンクリートを用いた実大CFT柱部材への圧入施工実験」の2つの実験を実施し、ポンプ圧送性と圧入施工性について検討した。検討結果を以下にまとめる。

①ポンプ圧送および圧入施工によって、スランプフローは低下し、空気量は増加した。また、圧縮強度およびヤング係数は低下する傾向にあった。その傾向は、コンクリート強度が低いほど顕著であった。②圧送負荷の算定は、実吐出量 30m³/h の場合、F36 で 3K、F60 で 5K、F80 で 6～7K 程度の管内圧力損失を設定する必要がある。③圧入時の鋼管には、主に水平方向（材軸直交方向）に柱中央で引張、柱端部で圧縮のひずみが生じた。④スランプフロー65cm、圧入速度 0.95m/分の条件下で圧入施工の結果、ダイアフラム下面の充填率は、最低 96.7%以上確保できた。⑤ダイアフラムの上下のコア供試体で圧縮強度の低下が見られ、動弾性係数との相関性は確認されなかった。

Experimental Study on Pump-ability and Pumping-up Workability of High-strength Concrete.

Abstract

Along with increased demand for high rise buildings and long span building, there is a need for increased strength in concrete used in CFT Columns. High-strength concrete contains a large amount of cement and is very sticky. Therefore, it is important for the pumping-up work to understand the pump-ability and the pumping-up workability. In this report,「Experiment I : Pumping test that uses high-strength concrete of Fc36, 60, and 80N/mm²」and,「Experiment II : Full scale experiment on pumping-up work of high-strength concrete for CFT Column that uses high-strength concrete of Fc60N/mm² class」 were carried out.

The following results were obtained:

- 1) By the pumping delivery and pumping-up, the slump flow decreases, and air content increases.
In addition compressive strength and Young's modulus decreases.
- 2) The pumping pressure loss should be assumed to be 3K in F36, 5K in F60, 6～7K in F80.
- 3) At the center of the CFT column side, tensile strain was measured horizontally at pumping-up.
- 4) The filling capability on the side under the diaphragms was 96.7% or greater.
- 5) Compressive strength decreased near the diaphragms, and the relation with the dynamic modulus of elasticity was not confirmed.

キーワード： 高強度コンクリート ポンプ圧送 CFT
圧入工法 ダイアフラム 充填率

*1 建設本部 建設技術統括部
*2 東京支店 建築技術部

§1. はじめに

建物の高層化および大スパン化に伴い、CFT柱部材への充填コンクリートの高強度化が求められている。充填方法として圧入工法を採用することが多いが、高強度コンクリートは単位セメント量が多く粘性が大きいため、確実に圧入施工を行うにはポンプ圧送性と圧入施工性に関して把握しておく必要がある。

本報は、「実験Ⅰ：設計基準強度(以下 F_c と表記)36、60、80N/mm² の高強度コンクリートを用いたポンプ圧送実験」および「実験Ⅱ： F_c 60N/mm² 級の高強度コンクリートを用いた実大CFT柱部材への圧入施工実験」の 2 つの実験を実施し、ポンプ圧送性と圧入施工性について検討した結果を報告するものである。

§2. (実験Ⅰ) ポンプ圧送実験

2.1 コンクリートの概要

コンクリートの使用材料を表 1 に、計画調合を表 2 に示す。調合は、F36、F60、F80 の 3 種類とした。セメントは、F36 は普通ポルトランドセメント、F60 および F80 は中庸熱ポルトランドセメントを用いた。

コンクリートに関する試験項目および試験方法を表 3 に示す。フレッシュコンクリートの試験および圧縮強度試験用供試体(標準養生)の作製は、荷卸し時のほかに圧送後にポンプの筒先から試料を採取して行い、圧送による影響を確認した。

2.2 ポンプ圧送概要

ポンプ配管図を図 1 に、圧送時の測定項目および測定方法を表 4 に示す。ポンプ圧送実験は 6 月に実施した。コンクリートポンプ車は、ピストン式超高压仕様車(高压仕様時最大理論吐出圧力 11.9MPa、コンクリートシリンダ径×ストローク長: $\phi 205 \times 1600$ mm)を用いた。配管実長は約 160m とし、125A 高压管(P1～P5 間)および標準管(P5～P8 間)を用いて配管した。

圧送速度は、設定吐出量 20m³/h、30m³/h、40m³/h の 3 水準とした。アジテータ車は、各調合 1 台(4.2m³)を使用し、その 1 台の中で圧送速度を切り換えて各測定を行った。なお、圧送時の各種測定では、圧力波形が安定したときの 10 ストローク分を測定範囲とした。管内圧力は、圧力計を用いて計 8 ヶ所で測定し、水平直管の管内圧力損失は、水平直管部分(P1～P4 および P7～P8)について、隣接する圧力計の圧力差をその圧力計間の距離で除した値の平均値として算出した。実吐出量は、筒先に設置した計量容器(0.95m³)を用いて測定した。また、実吐出量は、設定吐出

表1 使用材料

材料	種類	産地	備考
セメント(C)	普通ポルトランドセメント(N) 中庸熱ポルトランドセメント(M)	—	密度(N):3.16g/cm ³ 密度(M):3.21g/cm ³
細骨材(S)	砕砂	山梨県大月市	表乾密度:2.61g/cm ³
粗骨材(G)	砕石2005	山梨県大月市	表乾密度:2.62g/cm ³
水(W)	地下水	—	—
混和剤	高性能AE減水剤	—	—

表2 コンクリートの計画調合

調合記号	W/C (%)	セメント種類	スランブフロー 目標値 (cm)	空気量 目標値 (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤 使用量 (C×%)
					W	C	S	G	
F36	36.2	N	60	3.0	170	470	830	872	1.30
F60	31.4	M			160	510	830	872	1.35
F80	26.3	M	65		160	609	757	865	1.40

表3 試験項目および試験方法

試験項目		試験方法	荷卸し時	圧送後筒先
フレッシュコンクリート	スランブフロー	JIS A 1150	○	○
	空気量	JIS A 1128	○	○
	単位容積質量	JIS A 1116	○	○
	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	新都市法 ¹⁾	○	—
硬化コンクリート	圧縮強度(標準28D,91D)	JIS A 1108	○	○
	ヤング係数(1/3割線弾性係数)	JIS A 1149	○	○

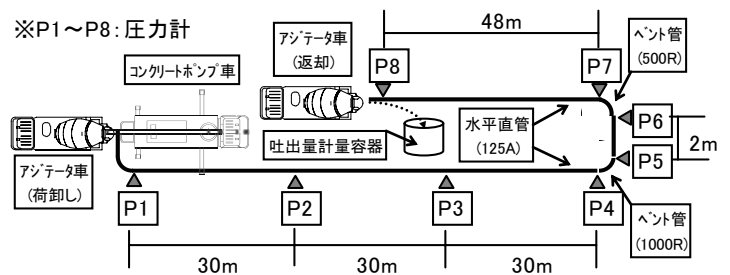


図1 ポンプ配管図

表4 圧送時の測定項目および測定方法

測定項目	単位	測定方法
理論吐出圧力	MPa	主油圧×シリンダ面積比(0.466) *ポンプ車主油圧は目視で記録
管内圧力	MPa	フラッシュダイアフラム型圧力計の値を動いずみ計で測定
管内圧力損失	kPa/m	(隣接する圧力計間の圧力差)/(圧力計間の距離)
ストローク数	回/分	各調合・各設定吐出量ごとに10ストロークに要する時間を測定
実吐出量	m ³ /h	(10ストローク分の計量容器の充填量)/(充填に要した時間)
理論吐出量	m ³ /h	(ポンプ車のコンクリートシリンダ容積)×(単位時間当りのストローク回数)
容積効率	%	(実吐出量/理論吐出量)×100

表5 フレッシュコンクリート試験結果

調合記号	試験時期	経過時間(分)※	スランブフロー	フロー時間(秒)		空気量(%)	コンクリート温度(℃)	単位容積質量(kg/m ³)	ブリーディング量(cm ³ /cm ²)	沈降量(mm)
			(cm)	50cm	停止					
F36	荷卸し時	59	62.0	9.4	46.8	3.3	29.8	2341	0.00	1.00
	圧送後	88	35.0	—	11.8	5.9	31.1	2274	—	—
F60	荷卸し時	53	62.0	8.1	47.8	1.4	28.0	2417	0.00	0.60
	圧送後	74	49.0	—	24.9	2.8	28.3	2390	—	—
F80	荷卸し時	55	70.5	8.2	79.5	1.2	28.2	2444	0.00	1.10
	圧送後	104	63.5	4.1	33.8	2.3	30.4	2409	—	—

※出荷時フレッシュ試験からの経過時間を示す。

量 $20\text{m}^3/\text{h}$ と $40\text{m}^3/\text{h}$ についてのみ測定した。

2.3 実験結果

(1) フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験結果を表 5 に、スランプフローおよび空気量の圧送後の変化を図 2 に示す。スランプフローは、試験までの経時変化も含まれるものの圧送後の筒先で大きく低下した。また、空気量は、既往の実験でも認められたように、圧送後は増加の傾向があり(例えば 2,3)、本実験では 1.1~2.6%増加した。ブリーディング量および沈降量は、それぞれ新都市ハウジング協会技術指針¹⁾の規定値である $0.1\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下および 2mm 以下であった。

(2) 圧縮強度およびヤング係数

圧縮強度およびヤング係数の圧送後の変化を図 3 に示す。圧送後の筒先から採取した供試体の圧縮強度は、荷卸し時に採取した供試体と比べて、F60 および F80 はほぼ同等であったが、F36 は最大 9%低下した。これは、圧送後の空気量の増加が主因と考えられる(例えば 3)。ヤング係数も圧縮強度と同様の傾向であった。

(3) ポンプ圧送性状

コンクリート圧送時の管内圧力波形を図 4 に示す。凡例は圧力計記号である。1 ストロークの管内圧力変動は、ピストンの前進とともに、配管根元に近いほど圧力勾配は急となるが滑らかに上昇し、衝撃的な変動もほとんどなく、ピークはほぼフラットな定常状態を示した。

容積効率と実吐出量の関係を図 5 に示す。実吐出量は、設定吐出量を $40\text{m}^3/\text{h}$ と大きくすると 20%前後低下する傾向にあった。容積効率は、一般的な 90%前後の値となり、実吐出量が大きくなると若干上昇する傾向にあった。

理論吐出圧力と実吐出量の関係を図 6 に示す。図中の点線は、ポンプ車の性能曲線を示す。F36 は、実吐出量 $33\text{m}^3/\text{h}$ 程度まではポンプ車の標準仕様で圧送可能であるが、F60 および F80 では、高压仕様とする必要がある。特に F80 は実吐出量 $30\text{m}^3/\text{h}$ 程度でポンプ車性能の限界に近くなっていた。

管内圧力分布を図 7 に、水平直管の管内圧力損失と実吐出量の関係を図 8 に示す。また、図 8 中に「コンクリートポンプ工法施工指針」の解説に示されるスランプ 21cm の普通コンクリートにおける管内圧力損失と実吐出量の関係を表す「K」を比較のために示す。管内圧力は、F80 の設定吐出量 $40\text{m}^3/\text{h}$ (実吐出量 $31.1\text{m}^3/\text{h}$) で最大 8.3MPa に達した。管内圧力分布においては、ベント管で多少変化が見られるが、ポンプ車の配管根元から筒先までの間で、管内圧力はほぼ直線的に減少した。管内圧力損失は、水平直管では P1-P2 間が最大となり、設定吐出量を $40\text{m}^3/\text{h}$ では、F36 で $35.5\text{kPa}/\text{m}$ 、F60 で $54.3\text{kPa}/\text{m}$ 、F80 で $69.6\text{kPa}/\text{m}$

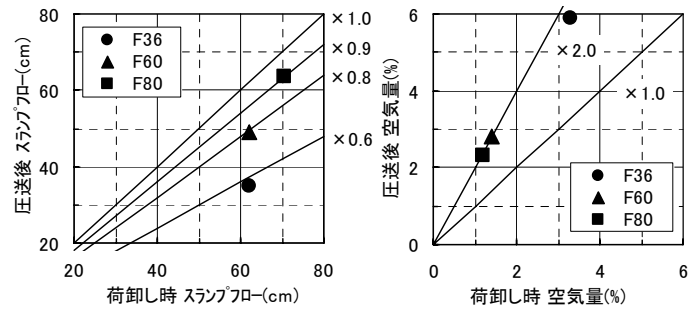


図2 スランプフローおよび空気量の圧送後の変化

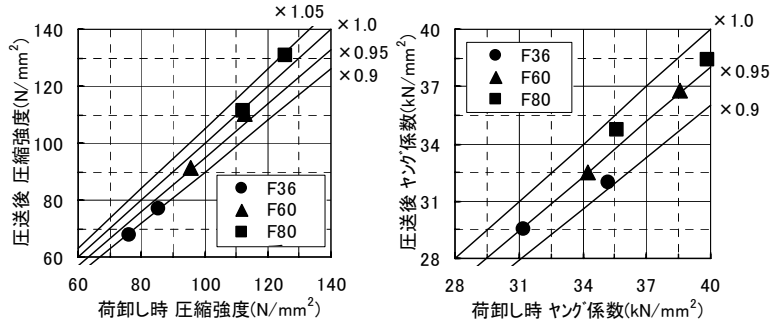


図3 圧縮強度およびヤング係数の圧送後の変化

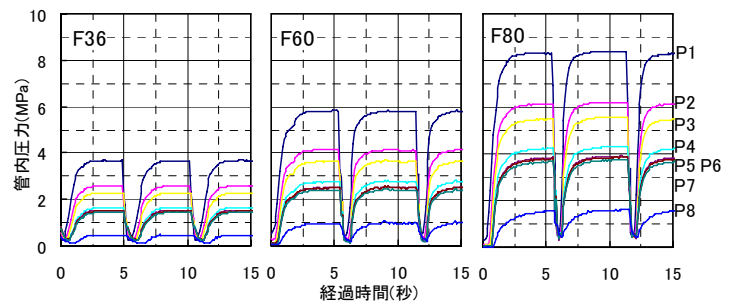


図4 圧送時の管内圧力波形(設定吐出量 $40\text{m}^3/\text{h}$)

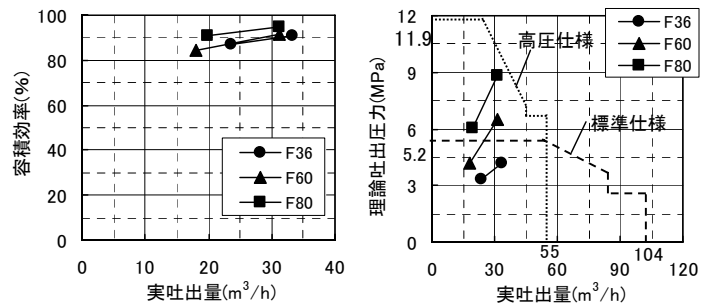


図5 容積効率と実吐出量 図6 理論吐出圧力と実吐出量

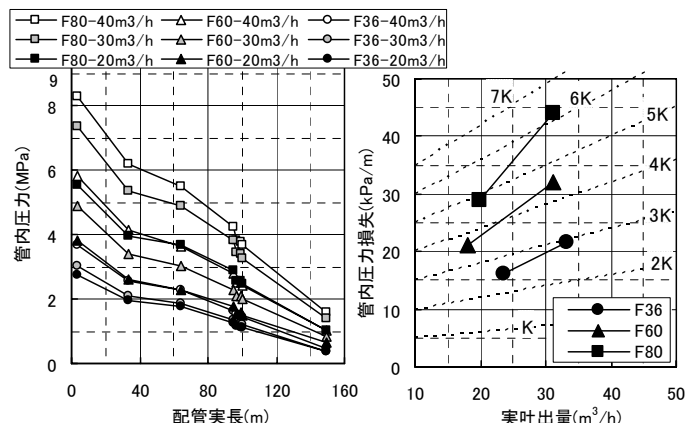


図7 管内圧力分布

図8 管内圧力損失と実吐出量

であった。また、ベント管は、一般に水平直管の 3 倍とされているが、本実験結果では最大約 4 倍となった。圧送負荷の検討においては、実吐出量と管内圧力損失の関係から、実吐出量 $30\text{m}^3/\text{h}$ の場合、F36 で 3K、F60 で 5K、F80 で 6～7K 程度の管内圧力損失を設定する必要がある。

§3. (実験Ⅱ) 圧入施工実験

3.1 コンクリートの概要

コンクリートの計画調合を表6に示す(使用材料は、表 1 を参照)。目標スランブフローは 65cm、目標空気量は 3.0%とした。

コンクリートに関する試験項目および試験方法を表7に示す。フレッシュコンクリートの試験と圧縮強度試験用供試体の作製は、荷卸し時に加えて、圧入後に CFT 柱試験体の柱頭から試料を採取して行い、圧入によるコンクリートの品質変化を確認した。

3.2 圧入施工概要

CFT 柱試験体およびコア供試体採取位置を図 9 に、ポンプ配管図を図 10 に、圧入時の測定項目および測定方法を表8に示す。圧入施工実験は、11 月に実施した。鋼管柱は、通しダイアフラム(開口率 15.5%)を有する口 $600\text{mm} \times 600\text{mm} \times \text{t}19\text{mm}$ の角形鋼管とし、高さは実大 3 層 1 節の 10.86m である。コンクリートポンプ車は、実験 I と同じ機種を用いた。アジテータ車は、連続して荷卸しができるように 2 台付け(各 4m^3)とした。ポンプ配管の実長は 54m とした。圧入速度は圧入高さ毎分 1m を上限とし、ポンプ車の設定吐出量は $20\text{m}^3/\text{h}$ を標準とした。圧入速度の管理は、柱頭に設置するレーザー距離計を用いたコンクリート天端位置測定と、蒸気抜き孔からのモルタル分漏出の目視確認により行った。併せて CCD カメラによりダイアフラム(以下 DF と表記)下面の充填状況を確認した。圧入完了後は、直ちに柱頭にレーザー変位計を設置し、沈降量を測定した。また、鋼管柱には図9の A 断面に示す位置(中央と端部)にひずみゲージを貼り付け、圧入施工時に鋼管に生じるひずみを測定し、その測定値を用いて CFT 柱試験体の側面に生じている主応力を算出した。

CFT 柱試験体は、材齢 5 日に DF 位置で解体し、DF 下面の充填率を測定した。充填率は、画像上で空隙の合計面積を測定し、柱のコンクリート断面積で除して求めた。コア供試体(φ100×200mm)は、図9に示すような柱断面内の位置から採取した。柱高さ方向の採取位置は、各層とも DF の上下、パネルゾーン内、層の中間部とした。また、コア供試体を用いて、動弾性係数を測定し、CFT 柱試験体内の内部空隙やひび割れの有無を確認した。

表6 コンクリートの計画調合

調合記号	W/C (%)	セメント種類	スランブフロー目標値 (cm)	空気量目標値 (%)	単位量(kg/m^3)				混和剤使用量 ($\text{C} \times \%$)
					W	C	S	G	
F60	29.4	M	65	3.0	170	579	757	865	1.00

表7 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	荷卸し時	圧入後柱頭	試験体解体後
フレッシュコンクリート	スランブフロー	JIS A 1150	○	○
	空気量	JIS A 1128	○	○
	単位容積質量	JIS A 1116	○	○
	コンクリート温度	JIS A 1156	○	○
	塩化物量	JASS5T-502 (出荷時)	○	○
	ブリーディング量	JIS A 1123	○	○
	沈降量	新都市法 ¹⁾	○	○
硬化コンクリート	圧縮強度(標準7D,28D,91D)	JIS A 1108	○	○
	圧縮強度(コア28D,91D)	JIS A 1107	○	○
	ヤング係数(1/3割線弾性係数)	JIS A 1149	○	○
	動弾性係数	JIS A 1127	○	○
	ダイアフラム下面充填率	画像測定	○	○

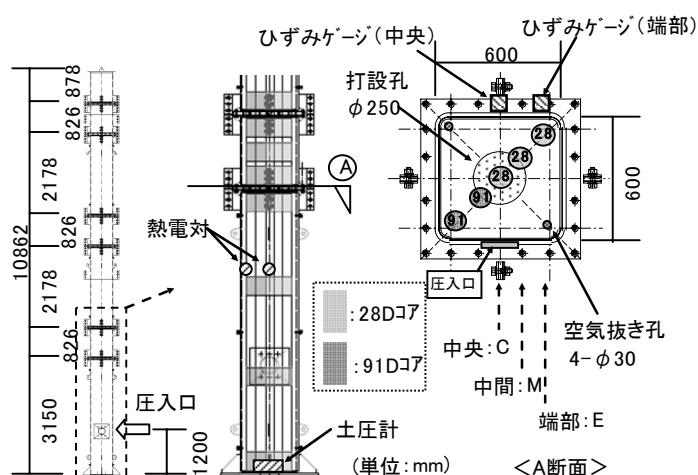


図9 CFT 柱試験体およびコア供試体採取位置

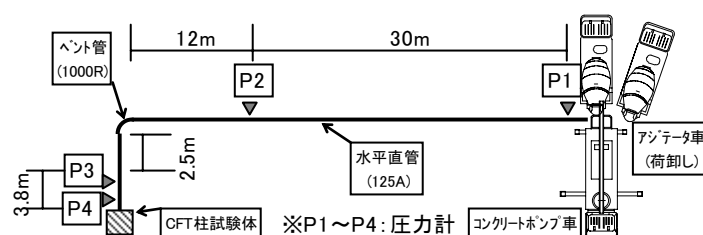


図10 ポンプ配管図

表8 圧入時の測定項目および測定方法

測定項目	単位	測定方法
管内圧力	MPa	フラッシュダイアフラム型圧力計の値を動ひずみ計で測定
管内圧力損失	kPa/m	(隣接する圧力計間の圧力差)/(圧力計間の距離)
ストローク数	回/分	鋼管を充填するのに要するストローク数と時間を測定
実吐出量	m^3/h	(鋼管の充填量)/(充填に要した時間)
圧入速度	m/分	「レーザー距離計によるモニタリング」および「蒸気抜き孔の目視確認」
圧入状況	-	CCDカメラによるモニタリング
CFT柱側圧	MPa	柱底に設置した土圧計にて測定
CFT柱内温度	℃	柱中央と端部の2箇所に熱電対を設置して測定
CFT柱ひずみ	μ	3軸積層ひずみゲージにて測定
柱頭沈降量	mm	圧入直後から柱頭にレーザー変位計を設置して測定

3.3 実験結果

(1)フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験結果を表 9 に、沈降量の測

定結果を図11 に、CFT 柱試験体内のコンクリート温度履歴を図12 に示す。スランブフローは、充填コンクリートの経時変化も含んでいると推測されるが、圧入後の柱頭で大きく低下した。また、空気量は、既往の実験でも認められたように(例えば4)、圧入により約 2%増加した。ブリーディング量および沈降量は、それぞれ新都市ハウジング協会技術指針¹⁾の規定値である $0.1\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下および 2mm 以下であった。一方、柱頭の沈降量は、圧入後約 21 時間で最大となり、柱中央部で約 2.9mm (充填高さの約 0.03%) であった。CFT 柱試験体内のコンクリート温度は、柱中央では最高 52°C となり、その時の柱端部は 40°C であり、断面内の温度差は 12°C であった。

(2) 圧縮強度およびヤング係数

圧縮強度およびヤング係数の圧入後の変化を図13 に示す。圧縮強度は、管理強度を十分に上回っているが、圧入後に柱頭から採取した供試体の圧縮強度は、荷卸し時に採取した供試体より材齢 91 日で約 10%程度低くなった。これは、空気量の増加が主要因と考えられる。ヤング係数においても約 5%低下する傾向にあった。

(3) 圧入施工性

管内圧力の分布を図14 に、管内圧力と圧入高さの関係を図15 に、管内圧力損失と実吐出量の関係を図16 に示す。図14 の凡例は圧入時の累積ストローク数を示す。配管内の圧力は、圧入完了時(ストローク数:69 回)に最大 2.11MPa となり、その時の理論吐出圧力は 2.33MPa であった。また、平均実吐出量は $17.7\text{m}^3/\text{h}$ 、平均ストローク回数は 6.1 回/分であり、圧入速度は約 $0.95\text{m}/\text{分}$ を保持していた。管内圧力と圧入高さの関係においては、DF の位置における管内圧力の大きな変動は見られず、DF が圧送負荷に与える影響は少なかった。図8と本実験の管内圧力損失を比較すると、図8の F60 より W/C が低いものの約 40%の増加であり、圧送負荷の算定では安全側に $5.5\sim 6\text{K}$ と設定する必要がある。なお、管内圧力損失の算定には、P2-P3 間のベント管による管内圧力増加分(ポンプ圧送実験測定値 0.21MPa)を差し引いた。

圧入時の CFT 柱側圧を図17 に、鋼管に生じたひずみと主応力の最大値を図18 に、DF 下面におけるコンクリートの充填率を図 19 に示す。図18 は、引張を正、圧縮を負で表す。圧入時の CFT 柱側圧は、最大 0.3MPa (液圧の 1.15 倍)となり、圧入停止時は液圧と同等であった。側圧は、圧入完了後から徐々に減少し、圧入完了から 24 時間後に約半分になった。鋼管に生じたひずみは、圧入完了直前に最大となった。ひずみは、主に水平方向(材軸直交方向)に生じた。圧入口の高さ位置で柱中央および端部とも最大となり、柱中央で約 270μ の引張りひずみ、柱端部で約 230μ の圧縮ひずみが生じた。パネルゾーンおよびベ

表9 フレッシュコンクリートの試験結果

試験時期	経過時間(分)※	スランブフロー (cm)	フロー時間(秒)		空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)	単位容積質量 (kg/m ³)	塩化物量 (kg/m ³)	ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)	沈降量 (mm)	
			50cm	停止							
荷卸し時	1台目	52	64.0	9.4	59.3	1.5	23.0	2420	0.054	0.00	0.71
	2台目	43	70.0	6.7	63.4	1.8	22.9	—	0.066	0.00	0.80
圧入後	125	44.5	—	18.9	3.4	23.6	—	—	—	—	—

※出荷時フレッシュ試験からの経過時間を示す。

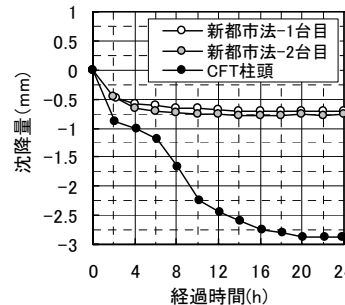


図 11 沈降量

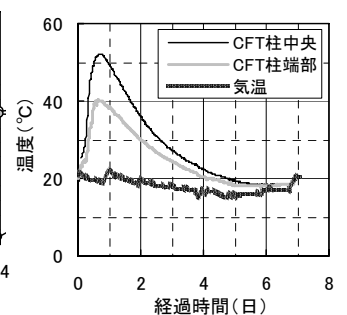


図 12 コンクリート温度履歴

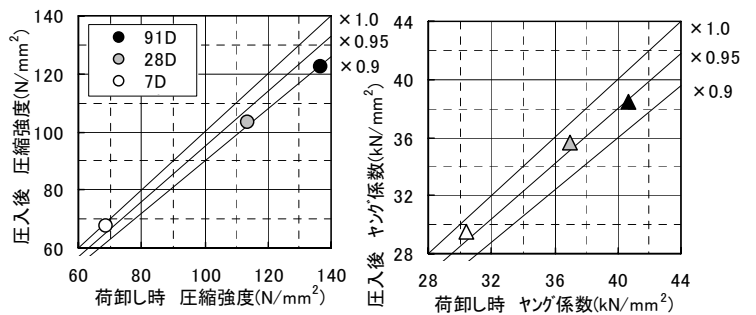


図 13 圧縮強度およびヤング係数の圧入後の変化

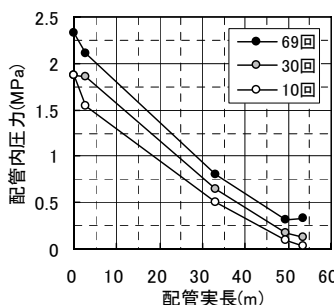


図 14 管内圧力分布

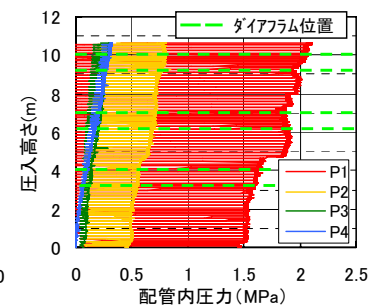


図 15 管内圧力と圧入高さ

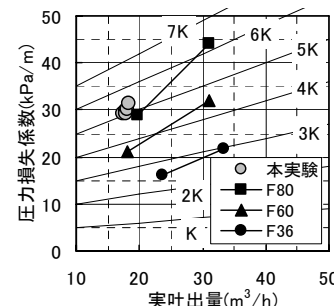


図 16 管内圧力損失

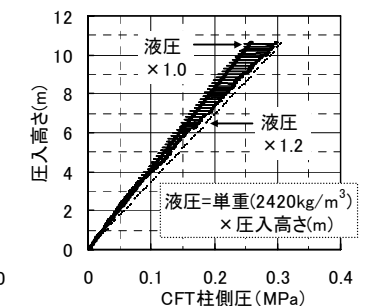


図 17 CFT 柱側圧

ースプレート近傍のひずみは、柱の各層中間部分と比較して小さい値となった。ひずみは、圧入完了後から徐々に減少し、24 時間後には圧入完了時(最大値)の約半分になった。主応力は、柱中央で最大約 $74\text{N}/\text{mm}^2$ の引張応

力、柱端部で最大約 62N/mm^2 の圧縮応力が算出された。柱材試験片の引張強度試験では降伏応力が 355N/mm^2 、引張強度が 531N/mm^2 であったことから、本実験と同様の施工条件においては、CFT 柱に顕著な変形が生じるおそれはないと推測される。DF 下面のコンクリート充填率は、圧入高さが上がると共にわずかに低下する傾向にあり、ひとつのパネルゾーンでは、下方の DF 下面よりも上方の DF 下面の方が若干低下する傾向が見られた。DF 下面の充填率は、最上部に位置する箇所では 96.7% を確保でき、沈降による隙間も確認されず、良好な充填結果が得られた。最上部の DF 下面の写真を図20に示す。

柱断面内位置の中央と端部におけるコア供試体の材齢28日圧縮強度、ヤング係数および動弾性係数の高さ方向の分布を図21に示す。コアボーリングした直後にコア供試体を目視観察したところ、ひび割れは確認されなかった。コア供試体の圧縮強度は、いずれも管理強度を十分上回っているが、従来から指摘されるように^{例えは5)}、柱断面内の中央(C)の位置(図9のA断面参照)における各DFの上下のコア供試体で低下が認められた。ヤング係数でも同様の傾向が見られた。動弾性係数は、DFの上下にて若干の変動が見られるが、空隙やひび割れを示す顕著なものではなく、圧縮強度低下との相関性は見られなかった。

§4. まとめ

高強度コンクリートを用いたCFT圧入工法を対象として、ポンプ圧送性と圧入施工性について検討した結果、以下の知見が得られた。

- ① ポンプ圧送および圧入施工によって、スランプフローは低下し、空気量は増加した。また、圧縮強度およびヤング係数は低下する傾向にあった。その傾向は、コンクリート強度が低いほど顕著であった。
- ② 圧送負荷の算定は、実吐出量 $30\text{m}^3/\text{h}$ の場合、F36で3K、F60で5K、F80で6~7K程度の管内圧力損失を設定する必要がある。
- ③ 圧入時の鋼管には、主に水平方向(材軸直交方向)に柱中央で引張、柱端部で圧縮のひずみが生じた。
- ④ スランプフロー 65cm 、圧入速度 0.95m/分 の条件下で圧入施工の結果、DF 下面の充填率は、最低 96.7% 以上確保できた。
- ⑤ DF の上下のコア供試体で圧縮強度の低下が見られ、動弾性係数との明確な相関性は確認されなかった。

参考文献

- 1) (社)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・同解説の運用及び計算例等 2008.6
- 2) 杉本勝幸, 中村端士, 高見錦一, 山崎順二, 村田隆男, 高橋洋:コンクリートのポンプ圧送性評価に関する研究(その2.100mField 実験における圧送前後の品質変化), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.921-922, 2008.9

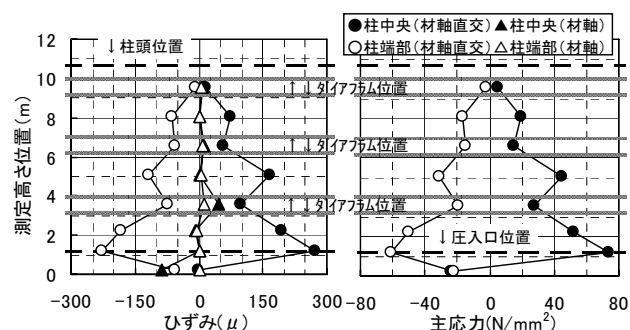


図18 圧入時に鋼管に生じたひずみおよび主応力

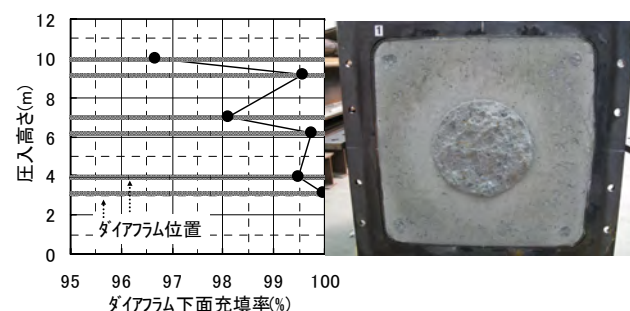


図19 DF 下面充填率 図20 最上部 DF 下面

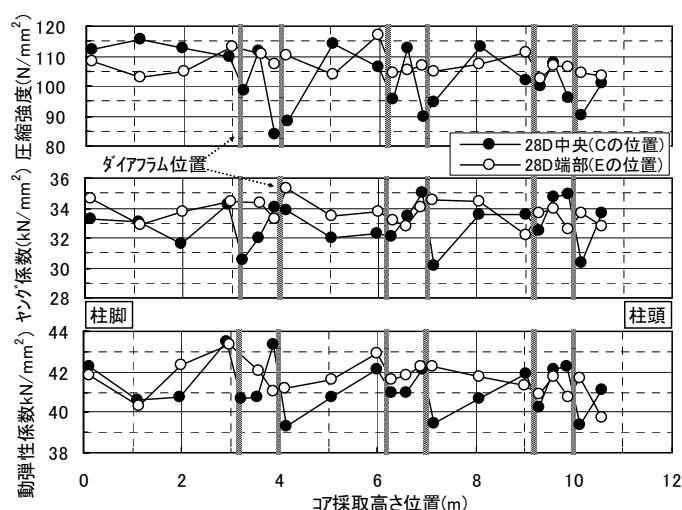


図21 コア供試体の各試験値の高さ方向の分布

- 3) 神代泰道, 一瀬賢一, 都築正則:高強度コンクリートのポンプ圧送性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1217-1222, 2006.
- 4) 中田善久, 大塚秀三, 太田達美, 和美廣喜:圧入工法によるCFT柱の充填コンクリートの品質に関する文献的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.2, pp.265-270, 2008.
- 5) 寺西浩司, 山田一徳, 梶田秀幸: CFT 柱に充填するコンクリートの収縮挙動に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.2, pp.235-240, 2008.



片寄 哲務

ひとこと

当社の高強度コンクリートに関する施工技術力の向上と施工実績増を目標に、精進していきます。