

CFT造実施工におけるコンクリートの品質変化

Variation in Quality of Concrete for Concrete Filled Steel Tubular Column in the Construction

高見 錦一* 山崎 順二*²

田村 勝男*³ 植芝 幸擴*³

要 旨

軒高さ約32mの実構造物において、リングダイアフラム形式のCFT柱へ、暑中期に高流動コンクリートの圧入施工を実施した。その際、圧送負荷の計測と圧入前後の試料を採取して、フレッシュコンクリート性状、硬化物性について調査した。その結果、圧入充填によるスランプフローロスや先端コンクリートの圧縮強度低下の現象が生じたが、概ね良好な結果が得られた。

キーワード：CFT／圧入／高流動コンクリート／リングダイアフラム／品質変化

1. はじめに

この度、実現場において暑中期にCFT造柱への高流動コンクリート圧入施工を行った。

CFT造の構造特性を確保するためには、所要の性能を有するコンクリートを密実、かつ、均質に鋼管柱内に打込むことが重要である。

本工事では、鋼管柱内部に突起の無いリングダイアフラムを用いた円形柱であるため、ダイアフラム部での充填不良、ダイアフラム近傍の圧縮強度のバラツキ、鋼管の変形などが少ないと考えられるが、施工時期が暑中期ということと、高さ約30～40mを一度に圧入充填することから、柱天端でのスランプフローロスなどのコンクリートの品質変化が懸念された。既往の文献¹⁾でも、暑中期に外ダイアフラム形式の柱へ圧入充填施工する場合は、柱天端のコンクリートが「溶岩ドーム状」になるなどのスランプフローロスを生じることが報告されている。

そこで、実施工物件において、柱天端のコンクリート品質の変化を調査することを主目的として試験・計測を行った。以下にその計測概要と結果について述べる。

2. 計測概要

2.1 建物概要

本物件は、建築面積約3,150m²、延べ床面積約25,700m²、地下2階、地上8階、最高高さ約40mの建物である。構造はCFT造柱を用いたブレース付きラーメン構造である。CFT柱は、φ600mmの円形鋼管柱であり、その仕口にはリングダイアフラムを採用しており、鋼管柱内部に突起の無い形式である。充填コンクリートは高炉セメントB種を用いた粉体系高流動コンクリートである。CFT造柱

は76本あり、コンクリートは1階の圧入口より最上階まで（高さ約30～40m）を一度に圧入・充填した。

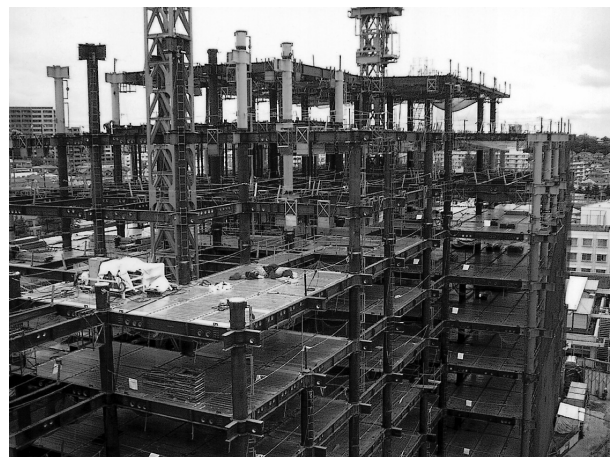


写真-1 施工建物

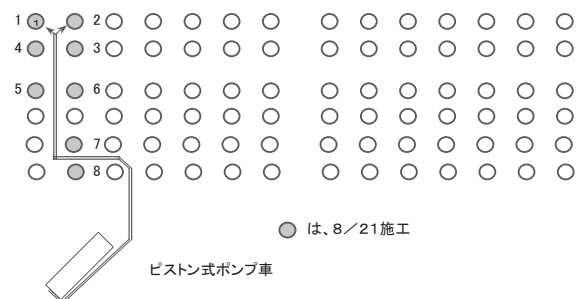


図-1 8/21施工部位と配管状況

*東京分室 *²建築工法・材料研究室 *³建築部

2.2 施工概要

1日当たりの圧入本数は平均8本、コンクリート数量は約70m³/日とした。7月11日に試験施工を行ない、8月23日までの11日間で全ての柱へ圧入した。図-1に8月21日に圧入した柱位置とその順序を示す。

コンクリートの圧入は、建物南面の敷地内に最大吐出圧6.4MPaの能力を有するピストン式ポンプ車（極東PY115）を配し、柱までの配管には125A管を用いて、極力曲がりが少なくなるように行った。なお、ポンプ車から柱までの配管最長距離は約72mであった。

2.3 コンクリートの調査・製造

使用したコンクリートの調査を表-1に示す。コンクリートは、設計基準強度が24N/mm²であるが、鋼管柱内に圧入することの施工性を考慮し、高炉セメントB種を用いたスランプフロー値65cmの高流動コンクリートとした。事前の室内試験練りおよび実機試験練り（外気温25℃）から基本調査を定めた。圧入が暑中期の施工であるため、再度、圧入施工直前に夏期室内試験練りおよび夏期実機試験練り（外気温33℃）を行い、事前に定めた基本調査より単位水量を5kg/m³増加し、遅延型の高性能AE減水剤を使用した。なお、夏期実機試験では、1バッチ1.5m³を2回練りとし、アジテータ車に3m³積載した上で、直射日光下でその経時変化を測定した。

実施工においても、アジテータ車にコンクリートを積み込むにあたっては、練混ぜ負荷の低減のために、2m³用の2軸強制ミキサーで1バッチ1.5m³を3回練りとした。その際、モルタル先練りとし、その練り混ぜ時間を90秒に延長した。なお、プラントから現場までの輸送時間は約40分である。

2.4 計測項目

(1) 圧入速度

7月11日は、試験施工として外径φ600mm、高さ約35.5m、所要コンクリート容積9.1m³の柱1本を圧入充填した。その際、以降のコンクリート打ち上げ速度の管理をポンプ車のピストンストローク回数で行うために、経過時間とストローク数の計測と、柱天端からの検尺やレーザー距離計によるコンクリート打ち上げ高さの計測をした。さらに、柱一本のコンクリート全打設量と全ストローク数から、ポンプ車の容積効率を求めた。

(2) ポンプ車主油圧

8月21日の圧入時には圧送負荷測定と、圧入前後で試料を採取してコンクリートの品質変化を計測した。柱へのコンクリート圧入高さは約31mで、柱1本当たりのコンクリート数量は7.5m³であった。ポンプ車に加わる圧

表-1 計画調査

スランプフロー (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位重量 (kg/m ³)			
				C	W	S	G
65.0	4.0	35.0	51.3	486	170	827	890

送負荷を確認するために、各柱毎に圧入開始から終了まで、適宜、ポンプ車の主油圧とその時のコンクリートヘッド位置、および10ストロークに要した時間の計測を行った。

(3) コンクリート品質

通常の管理で実施する荷卸時の受け入れ試験の他に圧入前、圧入後のフレッシュコンクリートの試験を行った。φ100×200mmの供試体を作製して現場封かん養生28日後、圧縮強度試験に供した。圧入前の試料は、次の柱へコンクリートを圧入するための配管盛替えを行うと同時に、配管の筒先より採取した。圧入後の試料については、柱頭部に設置した余盛用ボイド管に吹き上げたコンクリートを採取した。

3. 計測結果と考察

3.1 圧入速度

柱へのコンクリート圧入は、柱天端に設けた余盛用ボイドまで連続して一定の速度で充填した。図-2に7月11日の試験施工でのコンクリートヘッド位置と経過時間の関係を示す。図中に、最上階柱天端に設置したレーザー距離計での計測結果と、ストローク数計測による打ち上げ高さ算定値を示す。ストローク数による打ち上げ高さ算定値は、1分あたりのストローク数による理論吐出量に前述の容積効率を乗じて求めた。

圧入に要した時間は50分で、全ストローク数は157回であった。このことから、ポンプ車の容積効率は0.88であり、平均打ち上げ速度は0.76m/minであった。

ストローク回数から予測されるコンクリートヘッド位置をレーザー距離計で測ったものと照合すると、ほぼ同じ勾配であり、打ち上げ速度に関しては、ストローク数で管理することができると考えられる。

以降の圧入充填施工では、5ストローク当たりの所要時間を計測することで打ち上げ速度の管理を行なった。

3.2 圧送負荷

柱内のコンクリートヘッド位置とピストン前面圧（ポンプ車に掛かる圧送負荷）の関係を図-3に示す。ピストン前面圧は、ポンプの主油圧より算定した。なお、コンクリート打設速度は約20m³/hであった。コンクリートの打ち上げ高さの増大に伴い、ピストン前面圧は上昇し

た。その上昇量は、約0.7MPaであり、コンクリートを液圧と仮定した、コンクリート自重による圧力上昇量とほぼ同等であった。このことから、圧送負荷算定においては、鋼管柱下部（圧入口）の管内圧力は、コンクリートを液圧としたもので計算できる。

3.3 コンクリートの品質変化

コンクリート温度は荷卸時および圧入前で27℃、圧入後で29～30℃であり、圧入施工中に2～3℃上昇した。空気量は、荷卸時点も圧入後も4%前後であり、ほぼ変化はなかった。スランプフローは、荷卸時点と圧入前では70cm前後であったが、圧入後では50弱～60cm強となった。

計測当日、建物内部で日射を受けない柱と日射を受ける柱について、鋼管柱表面温度をT型熱電対を用いて5分毎に計測した。その結果、日射を受けない柱の鋼管表面温度は外気温とほぼ同等であったが、日射を受ける柱は、3℃ほど外気温より高い値を示した。このことより、コンクリート温度の上昇は、鋼管柱が日射により熱せられたことによる影響であると考えられる。

図-4に事前に行った夏期実機試験でのスランプフロー経時変化と今回の試験結果を併せて示す。

夏期実機試験練りでは、若干粘性が大きいが、29℃というコンクリート温度であっても、練り上がりから90分までのスランプフローロスは、ほとんどなく、90分から120分の間に約6cmのスランプフローロスを生じたのみであった。ただし、練りあがり後120分程度でコンクリート温度が31℃となり、120分から150分の間でスランプフローロスが約10cm生じて、粘性の増大が認められた。

実施工の結果では、荷卸時で67.5～71.0cm、圧入前で68.0～70cm、圧入後で46.5～63.5cmであった。出荷から圧入終了まで、最大で約120分経過しており、経時によるスランプフローロスが大きい。圧入後のスランプフローの最小値は46.5cmであり、溶岩ドーム状になることはなく、打ち上がり状況もトッププレートのコンクリート充填孔と四隅の空気抜き孔からほぼ同時に吹き上げる状態であった。

また、圧入後のコンクリートの状態は、分離による骨材の沈降はなく、また、鉄錆などの不純物の混入は認められなかった。硬化後に、余盛部分のコンクリート側面を観察したところ、空気巻き込みや充填不良は認められなかった。

荷卸および圧入前後の材齢28日圧縮強度試験他の結果を表-2に示す。供試体の養生方法は、荷卸は標準水中養生、その他は現場封かん養生である。圧入前に比べ、

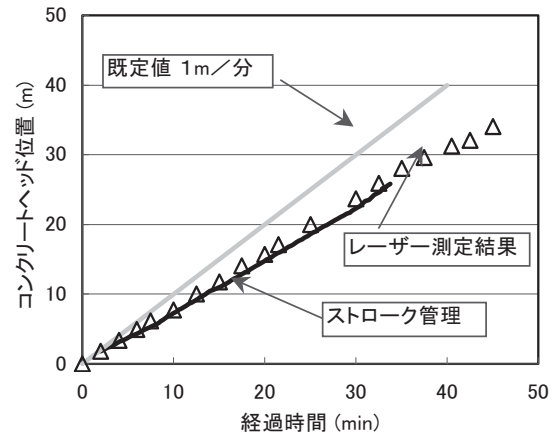


図-2 打ち上げ速度

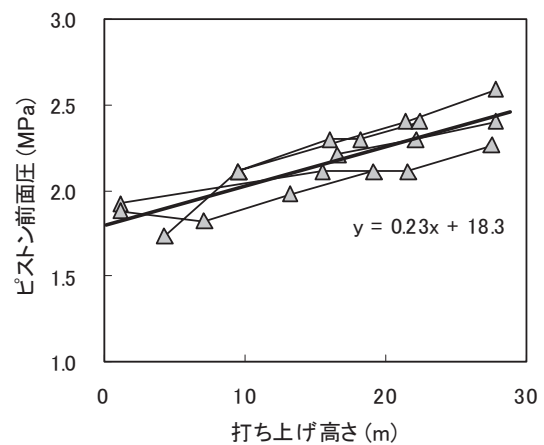


図-3 打ち上げ高さとピストン前面圧

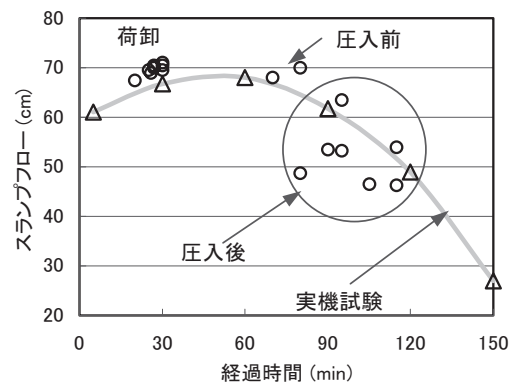


図-4 スランプフローの変化

表-2 硬化コンクリート試験結果

	かさ比重	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性 係数 (kN/mm ²)	伝搬速度 (m/s)
荷 卸	2.419	59.1	—	—
圧入前	2.421	67.1	40.2	4348
圧入後	2.389	61.4	38.2	4220

圧入後の圧縮強度は材齢28日で、約9%低下しているが、荷卸の圧縮強度より 2N/mm^2 大きな値であった。

スランプフローロスと圧縮強度低下率の関係を図-5に示す。スランプフローロスが大きいものほど圧縮強度低下率が大きかった。

圧入前と圧入後の硬化コンクリートの試験結果を比較すると、かさ密度は若干減少しており、静弾性係数は、約5%、縦波伝搬速度は約3%の低下であったが、圧縮強度の低下率より、かなり小さな低下率であった。このことより、セメントペースト分が鋼管柱内面に付着し、先端部のコンクリートでは、ペースト分が減少していると考えられる。

今回のスランプフローロスの原因は、経時変化によるものが大きい。圧入後のスランプフロー値は、実機試験での同じ経過時間のスランプフロー値よりさらに5～15cmほど小さな値を示したものが多数あった。

このスランプフローロスの原因は、圧入充填中のコンクリート温度上昇と先端コンクリートのペースト分の減少であり、圧入後の圧縮強度低下は、先端コンクリートのペースト分の減少ではないかと推察する。

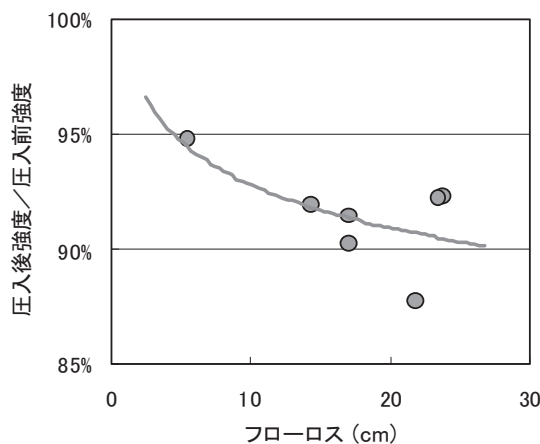


図-5 フローロスと圧縮強度

4. まとめ

今回のような暑中期の施工においても、圧入後のスランプフローの最小値は46.5cmであり、圧入後のコンクリート目視観察結果からもほぼ良好なコンクリートであったと判断できる。なお、先端コンクリートの強度低下が懸念されたが、コンクリート強度については、設計基準強度を十分に満足しており、さらに、柱頭ではコンクリートの余盛を行って、先端部分のコンクリートを廃棄することで、品質を確保することができた。

今回の計測で、以下のことが確認された。

- ・圧入速度は、事前に容積効率を求めることで、ストローク数とその所要時間で管理することができる。
- ・誘導管を有する円形鋼管柱では、圧入口位置の圧力は、コンクリート自重を液圧としたものとほぼ同一である。
- ・暑中期の施工では、鋼管柱の日射による温度上昇で、コンクリート温度が上昇し、スランプフローの低下を招く危険性がある。
- ・鋼管柱内部に突起物が無く、コンクリートが圧入中に攪拌されないCFT柱では、先端コンクリートのフローロスおよび強度低下が生じ、その主原因は、セメントペーストが鋼管柱内面に付着し、コンクリート中のペーストが減少するためと考えられる。

今回の施工のように、一度で打ち上げて余盛を行うことで、先端コンクリートを廃棄できる場合は問題が少ないが、超高層建物等で充填コンクリートを打ち継ぐ必要性のある場合は、計画時にその品質低下を見込んだ調査を行う必要がある。

[参考文献]

- 1) 渡部 聡他：CFT柱の圧入施工に関する実験 その1～3、日本建築学会大会梗概集 A-1、pp229-234、2001年9月。
- 2) 新都市ハウジング協会：CFT構造技術指針・同解説、2000年。