Fc150N/mm²級超高強度コンクリートを使用した CFT 柱の施工管理結果

CONSTRUCTION MANAGEMENT RESULTS OF CFT COLUMNS USING Fc150N/mm² GRADE ULTRA HIGH-STRENGTH CONCRETE

右田周平[*1]，梅本宗宏[*1]，久須美真悟[*1]
Shuhei MIGITA, Munehiro UMEMOTO and Shingo KUSUMI

Concrete-filled steel pipe structures have been used in many buildings because of their superior seismic and fire resistance performance. In recent years, as buildings have become larger and taller, the strength of filled concrete has increased. We have experience in the construction of CFT columns using Fc120 N/mm² grade ultra-high-strength concrete with an Fc of 120 N/mm². In addition, new TODA BUILDING uses CFT columns with Fc150N/mm² grade ultra-high-strength concrete. However, ultra-high-strength concrete has high viscosity, making it difficult to fill the CFT columns. Therefore, we established a construction method for CFT columns using Fc150N/mm² grade ultra-high-strength concrete through various elemental tests and full-scale construction tests, and applied the method to the TODA BUILDING.

Keywords : *Concrete filled Steel tube columns,Ultra High Strength Concrete, Pumping-up Construction, Drop method, Fresh properties, Construction management*
CFT 柱，超高強度コンクリート，圧入施工，落し込み施工，フレッシュ性状，施工管理

1. はじめに

コンクリート充填鋼管構造（以下 CFT 造）は，耐震性能・耐火性能に優れており，多くの建築物で採用されている．近年では，建築物の大型化・高層化に伴い，充填コンクリートと鋼材の高強度化が進んでいる．当社も Fc150N/mm²級超高強度コンクリートと780N/mm²級鋼材を使用した CFT 造について，「高強度 SuperCFT 工法」として第三者機関の構造評定を取得しており，Fc120N/mm² 超高強度コンクリートを使用した CFT 柱の実大施工実験を実施し[1)]，その施工実績も有している．さらに，今回は当社新社屋「TODA BUILDING」（以下，TODA ビル）において Fc150N/mm²の超高強度コンクリートを使用した CFT 柱を適用することとなった．

CFT 柱は優れた性能を持つが，その性能を十分に発揮するためには，鋼管内に密実にコンクリートを充填する必要がある．しかし，超高強度コンクリートは粘性が非常に高く，CFT 柱への充填性確保が難しいという課題がある．そこで，筆者らは Fc150N/mm²級超高強度コンクリートを使用した CFT 造柱について，様々な要素実験や実大施工実験を通して施工法を確立し[2),3)]，TODA ビルへ適用した．本報では，その施工管理結果について報告する．

2. Fc150N/mm²CFT 柱施工におけるポイント

コンクリートの充填方法としては，一般的に，鋼管下側に設けた圧入口からコンクリートポンプによって圧入する工法（圧入工法）と，鋼管上部からコンクリートバケットと打込みホースを使用して落し込む工法（落し込み充填工法）の 2 種類がある．特に鋼管内を横断するように取り付けられたダイアフラムの下部は空隙が生じやすい部分であり，どちらの工法においても，鋼管内に密実にコンクリートを充填し，所定のコンクリート強度を確実に発現させる必要がある．筆者らは様々な要素実験や実大施工実験による施工検証を実施し[2),3)]，以下のような工夫を行うことで，密実なコンクリートの充填，確実な強度発現を実現できることを確認した．

1）シリカフュームプレミックスセメントに半顆粒状のシリカフュームを別添することで，コンクリートの粘性低減・強度増進および施工性，充填性を向上させる．
2）通常ダイアフラム外縁に設ける空気抜き孔を内側にも設けることで，ダイアフラム下部への充填性を向上させる（写真 1）．
3）落し込み工法において，コンクリートバケットに取り付けるホース径を最適化することで，最適な打ち上がり速度の維持や，コンクリートを打ち込む際に巻き込まれる空気を減らし，充填率を向上させる．

3. 施工概要

3.1 建物概要

図 1 に施工を実施した建物の概要（軸組図）を示す．本建物は東京都中央区京橋で建設している地下 3 階，地上28階，高さ172m，RC 造・S 造・SRC 造・一部 CFT 造の超高層オフィスビルである．下層階にはイベントホー

[*1] 戸田建設(株)技術研究所　修士（工学）　Technology Research Institute,TODA CORPORATION, M.Eng.

ルやミュージアム施設が計画されており，大空間を設けるため，建物中央部の地下1階～地上4階の柱で，Fc150N/mm^{2}超高強度コンクリートを使用したCFT柱を採用した．

3.2 施工計画概要

Fc150N/mm^{2}のCFT柱について，図2に地下柱概要図および地下・地上柱断面図を示す．地下柱は上面□880mm×底面□1,680mm×高さ約2,700mmの台形状をしている通しダイアフラム形式の柱で，2023年5月に落し込み工法により施工した．地上柱は□880mm×高さ約18,000mmの通しダイアフラム形式（一部外ダイアフラム形式）の柱で，同年8月に圧入工法で施工した．落し込み工法では容量4m^{3}のコンクリートバケットにϕ150mmのホースを取り付けて施工した．図3に配管計画図を示す．圧入工法では，5インチの圧送管を使用し，最大吐出圧22MPaのポンプで圧送した．配管長さは最長で約48mである．なお，過去の施工実験結果[2]から，目標打上り速度は，落し込み工法では0.4m/min以下，圧入工法では0.6m/min以下とした．打上り速度の管理には，レーザー距離計により，打上り高さや速度を自動でパソコン上に表示できる打上り管理システム（写真2，3）を使

写真1　ダイアフラム（例）

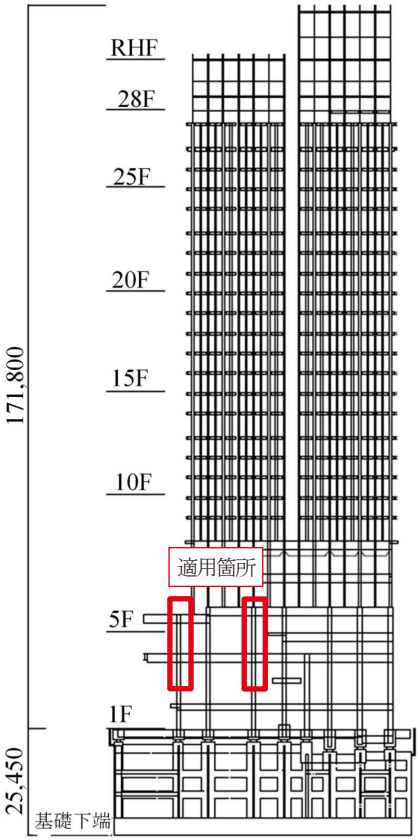

図1　建物概要図（軸組図）

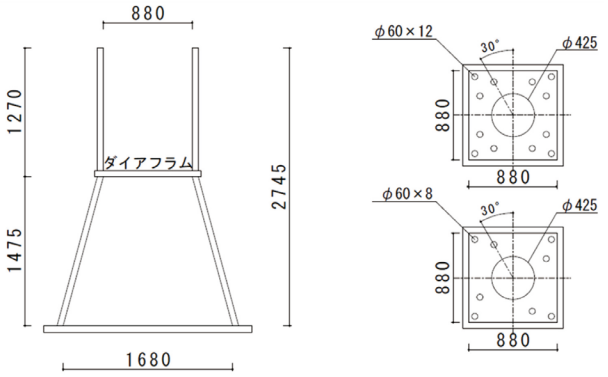

図2　地下柱概要図および柱断面図

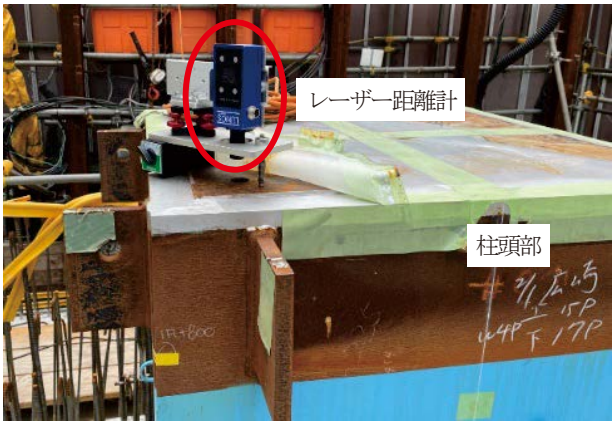

写真2　打上り管理システム（レーザー距離計設置状況）

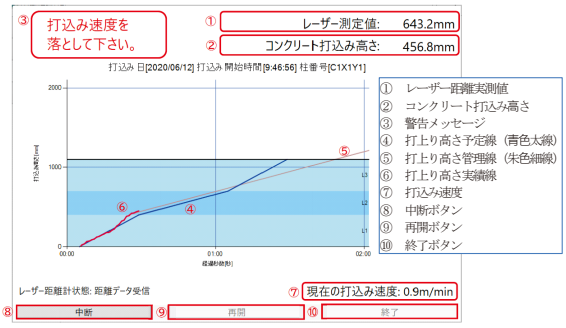

写真3　打上り管理システム（PC計測画面）

用した．また，圧入における管内圧力損失は0.08MPa/mとして配管計画を行った．

3.3 コンクリート概要

コンクリートの使用材料を表 1 に，調合を表 2 に示す．コンクリートは管理強度157N/mm^2（管理材齢56日）の大臣認定品で，施工現場までの運搬時間が約40分のレディーミクストコンクリート工場から出荷した．水結合材比（W/B）＝13.1%，スランプフローおよび空気量の目標値はそれぞれ70（±10）cm，1.0（+1.5，-1.0）%である．セメントにはシリカフュームプレミックスセメントを使用し，強度増進や施工性・充填性改善のために，半顆粒状のシリカフュームをセメント質量の 5 %置換して，別添した．混和剤は高性能減水剤を使用し，スランプフローの目標値を満足するように，結合材質量に対して2.15～2.30%使用した．また，コンクリートの結合材量が非常に多いため，自己収縮ひずみを抑制する目的で，練混ぜ水の一部として，収縮低減剤を10kg/m^{3}使用した．なお，実大施工実験[2)]の結果から，CFT 柱における強度補正値は0N/mm^{2}とした．

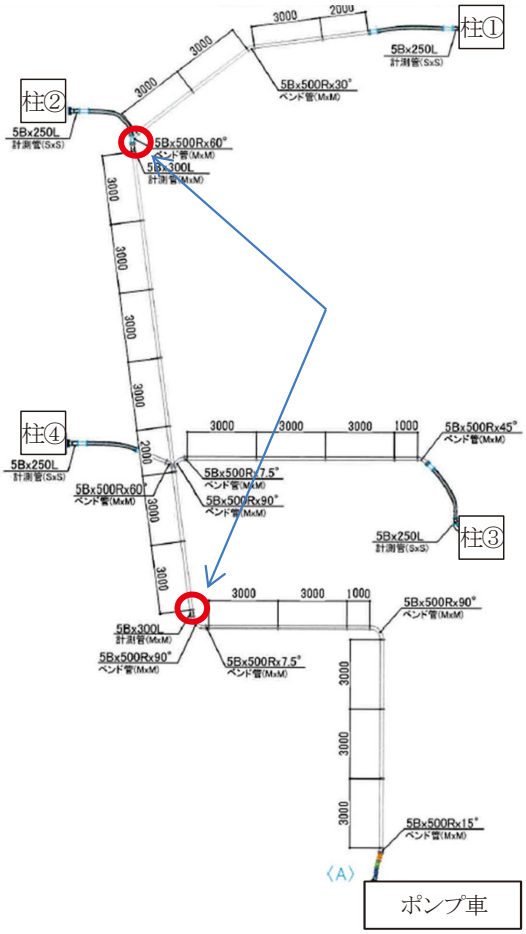

図 3　配管図

表 1　使用材料

水	上水道水
セメント	シリカフュームプレミックスセメント 密度：3.08g/cm^3
細骨材	茨城県桜川産砕砂 表乾密度：2.69g/cm^3
粗骨材	茨城県桜川産砕石 表乾密度：2.64g/cm^3，実績率：60.0%
混和材	シリカフューム（ロシア産） 密度：2.20 g/cm^3
混和剤	高性能減水剤（Ⅰ種）：ポリカルボン酸系
	収縮低減剤：ポリエーテル誘導体

表 2　コンクリートの調合

W/B	s/a	単位量 kg/m^3						SP
(%)	(%)	W	C	SF	S	G	SRA*	(C×%)
13.1	27.3	160	1160	61	313	792	10	2.15~2.30

W：水，C：セメント，SF：シリカフューム，S：細骨材，G：粗骨材，SRA：収縮低減剤，SP：高性能減水剤
*：練混ぜ水の一部として使用

3. 施工管理結果

3.1 フレッシュコンクリートの試験結果

図 4 および図 5 に，地下（落し込み）と地上（圧入）における工場出荷時および荷下時のスランプフロー測定結果を示す．スランプフローは，出荷時で平均66.8cm・標準偏差4.7cm（地下），平均65.7cm・標準偏差3.1cm（地上）であった．また，荷下時は平均64.6cm・標準偏差1.2cm（地下），平均64.6cm･標準偏差3.0cm（地上）であった．一部，出荷時から荷下時でスランプフローが低下し

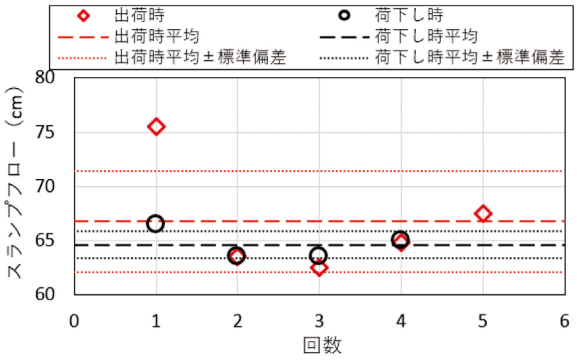

図 4　スランプフロー測定結果（地下）

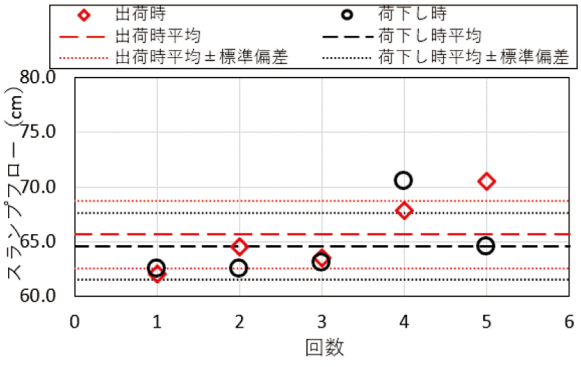

図 5　スランプフロー測定結果（地上）

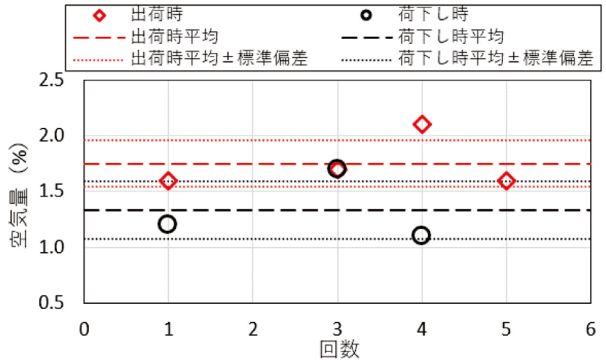

図 6　空気量測定結果（地下）

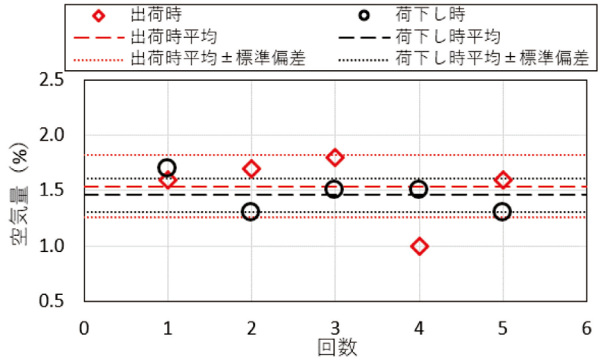

図 7　空気量測定結果（地上）

たものもあったが，荷下時におけるスランプフローはいずれも目標値を満足しており，安定した性状を保っていた．図 6 および図 7 に，地下と地上における工場出荷時および荷下時の空気量測定結果を示す．空気量は，出荷時は平均1.8%・標準偏差0.2%（地下），平均1.5%・標準偏差0.3%（地上），荷下時は平均1.3%･標準偏差0.3%（地下），平均1.5%，標準偏差0.2%（地上）となった．出荷時と荷下時では大きな差はなく，いずれも目標値を満足し，品質は安定していた．

3. 2 圧縮強度試験結果

表 3 に標準養生供試体の圧縮強度試験結果を示す．圧縮強度は材齢28日で150N/mm^{2}以上，材齢56日で170N/mm^{2}以上と，十分に強度発現していることを確認した．

3. 3　打上り速度測定結果

図 8 に，打上り管理システムによる打上り速度測定結果を示す．平均打上り速度は，落し込みで約0.15m/min，圧入では約0.40m/min となった．いずれも目標打上り速度以下を満足し，適切な施工を実施できた．

3. 4　配管内圧力測定結果

図 9 に，今回の測定における定常状態での配管長さと管内圧力の関係を示す．コンクリートの吐出量約19m^3/h で，管内圧力損失は約0.14MPa/m となり，施工実験結果[2)]と比較すると大きくなった．これは，実大施工実験時のコンクリートのスランプフローが75cm 程度と大きかったこと，コンクリートの吐出量が約16m^3/h と少なかったことが影響していると考えられる．

表 3　圧縮強度試験結果（N/mm^2）

施工位置	No.	材齢（日）		
		7	28	56
地下	1	120	158	177
	2	120	159	172
	3	124	159	176
地上	1	121	163	179
	2	119	161	173
	3	122	161	171

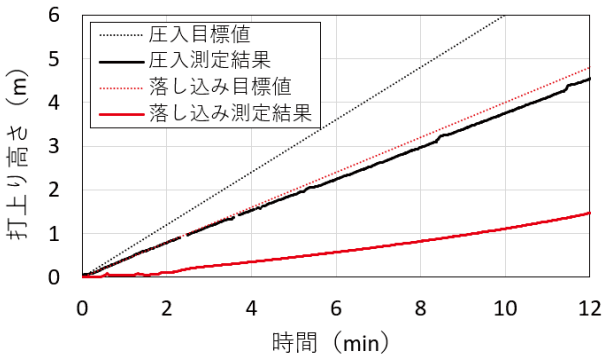

図 8　打上り高さと時間の関係

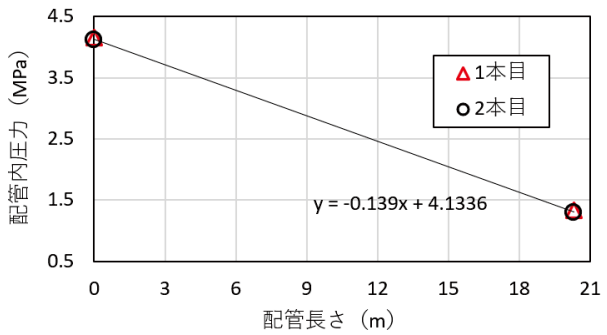

図 9　配管長さと配管内圧力の関係

4. おわりに

Fc150N/mm^{2}超高強度コンクリートを使用した CFT 柱を東京都内超高層オフィスビルに適用した結果を以下に示す．

1）コンクリートのフレッシュ性状は目標値を満足した．
2）標準養生供試体のコンクリート圧縮強度試験結果から，コンクリートは十分な強度に強度発現することを確認した．
3）コンクリートの打上り速度は目標値を満足した．
4）適切なコンクリート出荷管理と施工管理を実施できた．

参考文献

1）端直人他，Fc120N/mm^{2}級高強度コンクリートを用いた CFT 柱の実大施工実験，日本建築学会学術講演梗概集（その 1 ～ 2），pp.761-pp.764，2018

2）右田周平他，Fc150N/mm^{2}級超高強度コンクリートを用いたCFT柱の圧入施工に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，pp.863-pp.868，2021
3）右田周平他，Fc150N/mm^{2}級超高強度コンクリートを用いたCFT柱の落し込み工法に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.44，pp.856-pp.861，2022