

CFT 充填コンクリートの施工管理

Quality Management of Concrete for CFT Structure

住 学*1 梶山 毅*2
Manabu Sumi Tsuyoshi Kajiyama

要旨

CFT 造はその優れた耐震性能および耐火性能に加え、設計自由度や施工性の向上が期待できる構造形式として様々な用途の構造物に適用されている。本報告では、CFT 造の特長と CFT 充填コンクリートの施工方法ならびに留意点、最近の適用事例として、高度な施工管理を要する鉄筋入り CFT 造への充填施工、ジョイント式トレミー管による落とし込み充填施工、斜め柱の圧入施工について報告する。

キーワード：CFT CFT 充填コンクリート 施工管理 鉄筋入り CFT 造 落とし込み充填工法

1. はじめに

CFT (Concrete Filled Steel Tube) 造は、鋼管内にコンクリートを充填した構造形式で、主に柱として低層から超高層建物まで幅広く適用できる躯体システムである。現在では、鉄筋コンクリート造 (RC 造)、鉄骨鉄筋コンクリート造 (SRC 造)、鉄骨造 (S 造) に続く第 4 の構造として確立されており、その優れた耐震性能および耐火性能に加え、設計自由度や施工性の向上が期待できる構造形式として、様々な用途の構造物に適用されている。特に大都市地域では、超高層建築物に採用されるケースが増加している。

本報告では、CFT 造の特長と CFT 充填コンクリートの施工方法ならびに留意点、最近の適用事例として、高度な施工管理を要する鉄筋入り CFT 造への充填施工、ジョイント式トレミー管による落とし込み充填施工、斜め柱の圧入施工について報告する。

2. CFT 造の特長と施工方法

2.1 CFT 造の特長と効果

CFT 造の最大の特長は、鋼管とコンクリートそれぞれが持つ材料特性以上の性能が発揮されることにある (図 1)。鋼管がコンクリートを拘束し、コンクリートが鋼管の局部座屈を抑制する相乗効果により、従来の構造形式に比べ耐震・耐火性能が向上し、計画上の自由度を高め、柱断面もコンパクトな構造が可能となる。

この相乗効果を最大限に発揮させるためには、鋼管内にコンクリートを均質・密実かつ隙間なく充填し、鋼管とコンクリートの一体化を図る必要がある。このため、充填コンクリートには、鋼管内部のダイアフラム下面に空隙を生

じさせないように、ブリーディング量や沈降量を極力小さくするなど、いくつか特殊な性能が要求される。また、実施工においても入念な施工計画立案が必要であり、これらについては、(一社) 新都市ハウジング協会 (以下、協会) の「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」(以下、協会指針)¹⁾が参考となる。

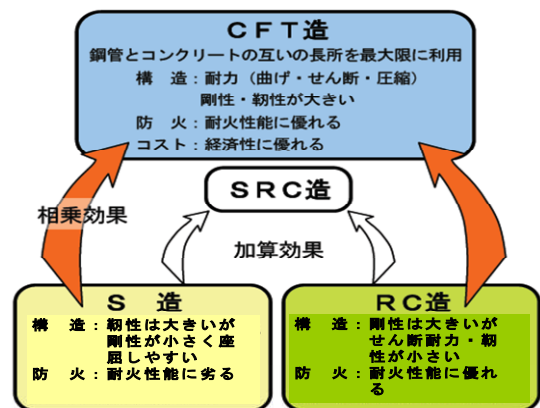


図 1 CFT 造の相乗効果

2.2 鉄筋入り CFT (CFT-R) 造

鉄筋入り CFT 造は、通常の CFT 造よりも軸耐力や耐火性能が向上する構造形式である。当社では 1997 年より住友金属工業(株) (現 新日鐵住金(株)) とともに CFT 造に鉄筋を挿入した CFT-R 造 (図 2) の共同開発に着手した。共同開発成果として、「CFT 造および CFT-R 造の設計・施工法」について 2008 年 9 月に (株) 都市居住評価センターの一般評定 (UHEC 評定一構 20002) を取得している。CFT-R 造は、一般の CFT 造の特長を継承しつつ、以下のような特長を有しており、今後、要求性能に合わせて普及が見込まれるものと考えられる。

*1 技術研究所 建築技術研究部門 *2 技術研究所

[高いコストパフォーマンス]

構造性能を低下させることなく、鋼管の薄肉化を図ることができ、鉄筋工事の増加分を考慮しても建設コストの縮減が可能になる。

[高い構造性能]

内蔵鉄筋が応力を負担するため、高い軸力・大きな曲げモーメントに対応可能である。

[柱の無耐火被覆化]

CFT 造より耐火性能が向上するため、ルート C による耐火設計を行うことで柱を耐火被覆なしとすることができ、仕上げ簡素化による工期と建設コストの合理化が可能になる。また、柱断面のスリム化により有効床面積を増大させることができる。

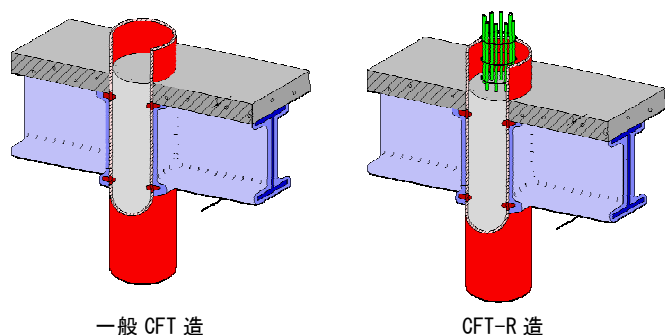


図2 CFT-R 概念図

2.3 充填工法および施工管理

CFT 造の充填工法には、図3に示すように圧入工法と落とし込み充填工法がある。充填工法は鋼管の形状、仕口部のダイアフラムの形式・形状および現場の諸条件を考慮し、所要の充填性・強度・耐久性が得られるように、下記の事項について十分な検討を行い選定する。

- a) 1回のコンクリートの充填高さ
- b) 1回のコンクリートの充填量
- c) 全体の施工高さ
- d) 鋼管柱の形状：円形鋼管／角形鋼管
- e) ダイアフラム形式
- f) 総合仮設計画（ポンプ配管計画・揚重計画など）
- g) 工程計画
- h) 1日のタイムスケジュール
- i) コスト

2.3.1 圧入工法

圧入工法は、鋼管下部の圧入口にポンプ配管を接続し、下層より上部に向けてコンクリートを充填させる工法で、圧入時の圧力の確認と圧入速度管理が施工管理のポイントとなる。一般的な施工手順を図4に示す。

2.3.2 落とし込み充填工法

落とし込み充填工法は、コンクリートバケットなどにホース類あるいは充填管を接続し、コンクリートを下部まで落とし込んでから順次ホース類を引き上げて鋼管内部にコンクリートを充填させる工法である。地下階など比較的充填高さが低い場合や、サイクル工程を採用した場合などに用いられる。落とし込み充填工法においても、速度管理とともに特に空気泡の巻き込み防止などが施工管理のポイントとなる。図5に充填管を使用し、締固めをする場合の落とし込み充填工法の一例¹⁾を示す。

2.3.3 タイムスケジュール

コンクリート充填のタイムスケジュールは、1本の柱に充填するコンクリート量、1m/分以下の充填速度、ポンプの吐出量等の条件から柱1本当りの充填時間を算出し、ポンプ配管またはコンクリートバケットの盛替え時間を見込んで計画する。図6にタイムスケジュールの一例を示す。特に圧入工法では、1本の柱を圧入開始から完了まで連続して充填する必要がある。これは、流動性の高いコンクリートでも一度流れを止めると閉塞の可能性が高くなるためである。したがって、柱1本の充填量が多い場合（生コン車が複数台）には、必要な生コン車が到着してから充填を開始するなどの配慮が必要となり、生コン工場と出荷間隔の調整を充分に行う必要がある。

2.3.4 充填コンクリートの品質管理・検査

荷卸し地点におけるコンクリートのフレッシュ性状および圧縮強度の品質管理・検査においても、大臣認定を受けたコンクリートを使用する場合はそれによる。また、フレッシュ性状が不安定になりやすい各打設日の生コン車1台目から数台は、連続してフレッシュコンクリートの試験を行うことが望ましい。

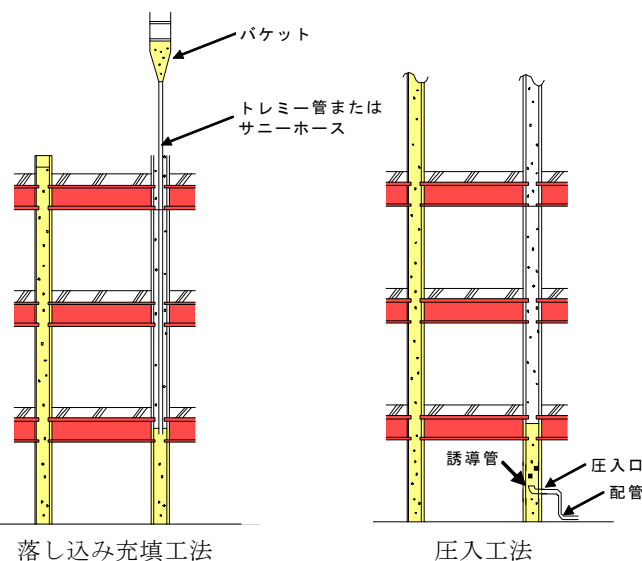
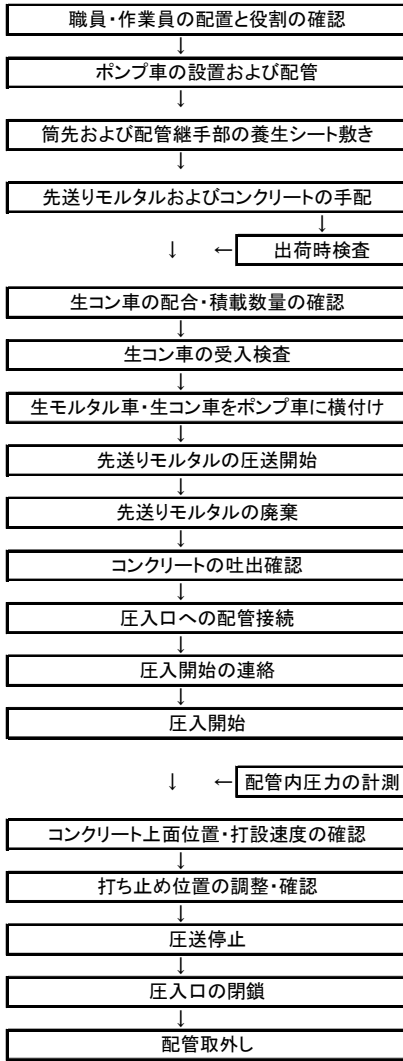


図3 充填工法¹⁾

CFT充填コンクリートの施工管理



職員および作業員の配置・役割分担の徹底

ポンプ車機種・配管経路の確認、配管の異常、鋼管内の残水の有無

配管切替時にコンクリートのこぼれによる汚れが生じない養生がなされているか

打設柱に必要な数量の発注および配車ピッチの確認
報告確認

納品書による確認

所定の試験を実施
判定基準を満足しないものは破棄

完全にモルタルが排出されていることを確認

監視カメラや蒸気抜き孔からのモルタルの流出を確認する。圧入速度は高さ1m/分以下を遵守して連続して行う。

圧力計による常時計測

レーザー距離計による管理
蒸気抜き孔からのノロ流出チェックによる確認
ストローク数による管理

打ち止め確認→トッププレート確認孔から余盛り分を流出させ、圧送停止
(ポンプ車無線連絡)

蒸気抜き孔などのコンクリートを取り除く



図4 圧入工法施工手順

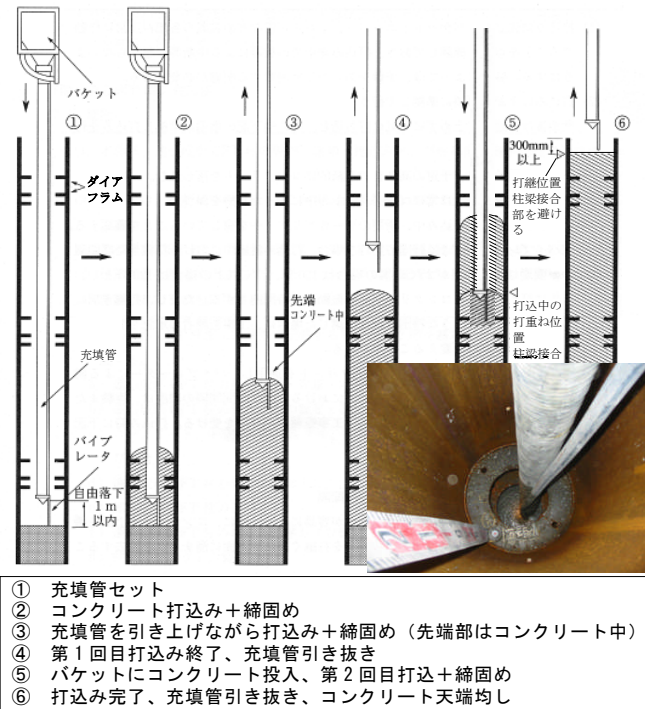


図5 落とし込み充填工法¹⁾

台数	打設本数	9本	数量 110.5 m ³	供試体採取(本)										
				① C3	② C1	③ C5	④ C5	⑤ C2	⑥ C5	⑦ C5	⑧ C4	⑨ C4		
	累計	0.5	7.10	11-F	10-F	9-F	9-E	11-D	8-F	8-E	8-D	9-D		
1	4.5	7.15	○	11.1m ²	16.2m ²	11.0m ²	15.9m ²	11.0m ²	11.0m ²	16.1m ²	16.1m ²			
2	9.0	7.30	○	※(単位水量・W/C)測定										
3	13.5	7.45	○	①~⑨ 鋼管投入高さH=36.0m										
※(1台目~3台目全てフレッシュ試験)														
4	18.0	8.15		7:30打設開始										
5	22.5	8.30		8:10	累計11.0m ³									
6	27.0	8.45		8:20	累計27.2m ³									
7	31.5	9.00		9:00	累計38.3m ³									
8	36.0	9.15		9:15	累計49.3m ³									
9	40.5	9.30		9:55	累計65.3m ³									
10	45.0	10.00	●	3	3	3	3	1						
11	49.5	10.20												
12	54.0	10.45												
13	58.5	11.00												
14	63.0	11.15												
15	65.5	11.30		※配管段取替え+養生(交代)										
25	110.5	15.00												
26	115.0	15.15												
27	119.5	15.30		累計119.5m ³										
合計(本)				計	9	9	9	9	3					

図6 タイムスケジュール

2.3.5 充填性に関する品質管理・検査

CFT 造では打込み後に充填性を確認することができないため、施工中のプロセス管理が重要である。充填管理は、ワーカビリティが適切であること、かつ充填速度が計画書どおりに行われていることを確認する。

充填性については事前の施工実験等により確認されているが、充填監視カメラによる方法は、直接目視により充填状況を確認できることから、上部からの機器設置が可能な場合には採用を検討することを基本としている（写真 1）。また、当社では、圧入高さ管理と同時に実施すべき管理項目として、配管圧力の計測管理を実施しており、配管内での閉塞や CFT 鋼管内での閉塞にともなう鋼管のはらみや破裂を防止する観点からも重要である。

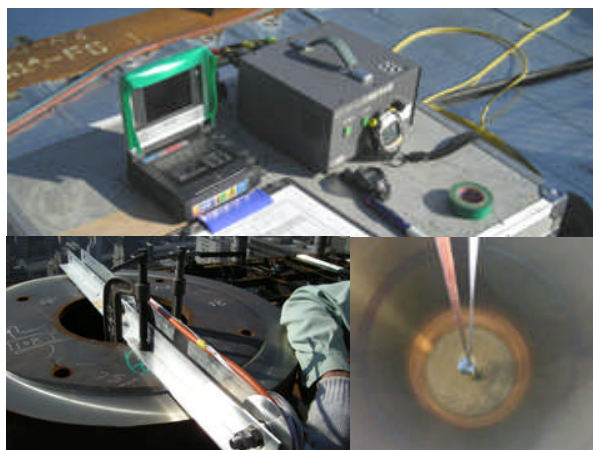


写真 1 充填状況監視カメラによる管理

表 1 工事概要

工事名称	(仮称) 新大阪阪急ビル新築工事
工事場所	大阪市淀川区宮原1丁目1番4号
発注	阪急電鉄株式会社
設計・監理	株式会社日建設計
施工	株式会社鴻池組
工期	平成22年5月～平成24年7月
建築面積	3,167.53m ²
延床面積	35,605.66m ²
用途	事務所、ホテル、店舗、 自動車車庫（バス停留所、タワーパーキング）
構造・規模	S造（CFT造－鉄筋内蔵）地上17階、塔屋2階
最高高さ	74.13m



写真 2 建物外観

3. 適用事例

3.1 事例 I CFT-R造における圧入施工

3.1.1 工事概要と構造計画

工事概要を表 1 に、建物外観を写真 2 に、構造軸組図を図 7 に示す。本建物は CFT 造と S 造からなり、1～11 階のオフィス部は制震部材、ブレースを含むラーメン架構で、12～17 階のホテル部は純ラーメン架構としている。本建物の大きな特徴として、上階ホテル部が 12 階でセットバックしており、12 階から上部の陸立ち柱を支持するために M12 階にトラス架構を設ける構造となっている。また、1～11 階のオフィス部では、スパン約 15m の無柱空間とするために CFT 造柱としており、このうち Y4 通りの 1～7 階には上部トラス架構からの応力伝達のために、通常の CFT 造柱よりも大きな耐力と剛性を確保できる CFT-R 造柱が採用されている。充填コンクリートの設計基準強度は 60N/mm² である。

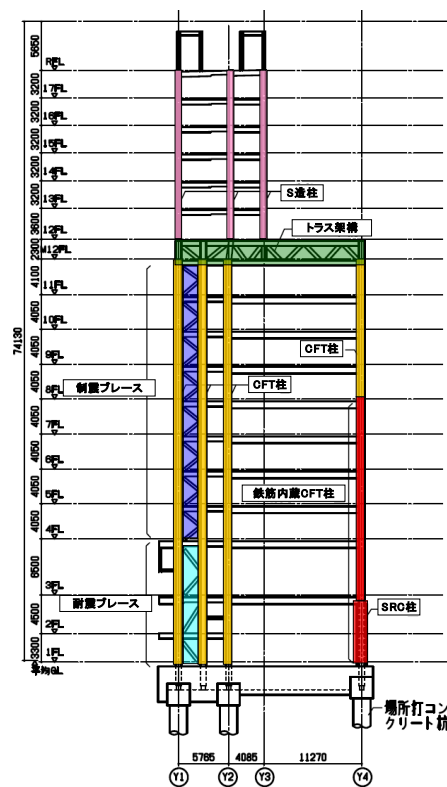


図 7 構造軸組図

3.1.2 CFT-R造の施工手順

CFT-R造の内蔵鉄筋は第3節の鉄骨建て方終了後に、鋼管上部より鋼管内に挿入することとした。CFT-R造の施工手順を図8、写真3～5に示す。

3.1.3 CFT-R造における圧入施工管理

CFT-R造における圧入施工は、鋼管上部から CCD カメラを用いて内部の充填状況を確認し、検尺テープにより打ち上がり高さを 1m/分として行った。充填コンクリートは、低熱ポルトランドセメントを用いた大臣認定品である。充填コンクリートの調合を表2に示す。充填状況(写真6)は良好であり、通常のCFT造柱の圧入施工と同様の品質管理を行うことで密実な充填施工が可能であることが確認された。



写真3 内蔵鉄筋吊込み状況 (STEP1)

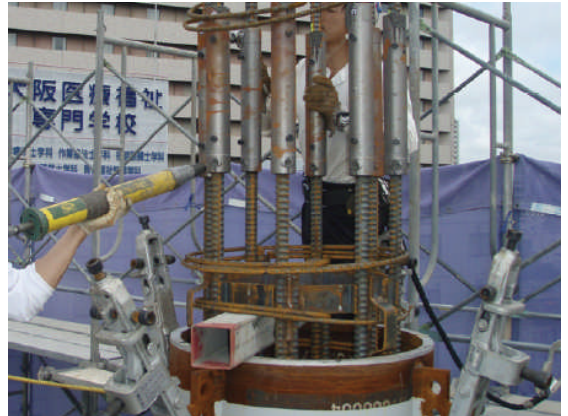


写真4 内蔵鉄筋継手部処理状況 (STEP2)



写真5 圧入施工状況 (STEP5)



写真6 充填状況

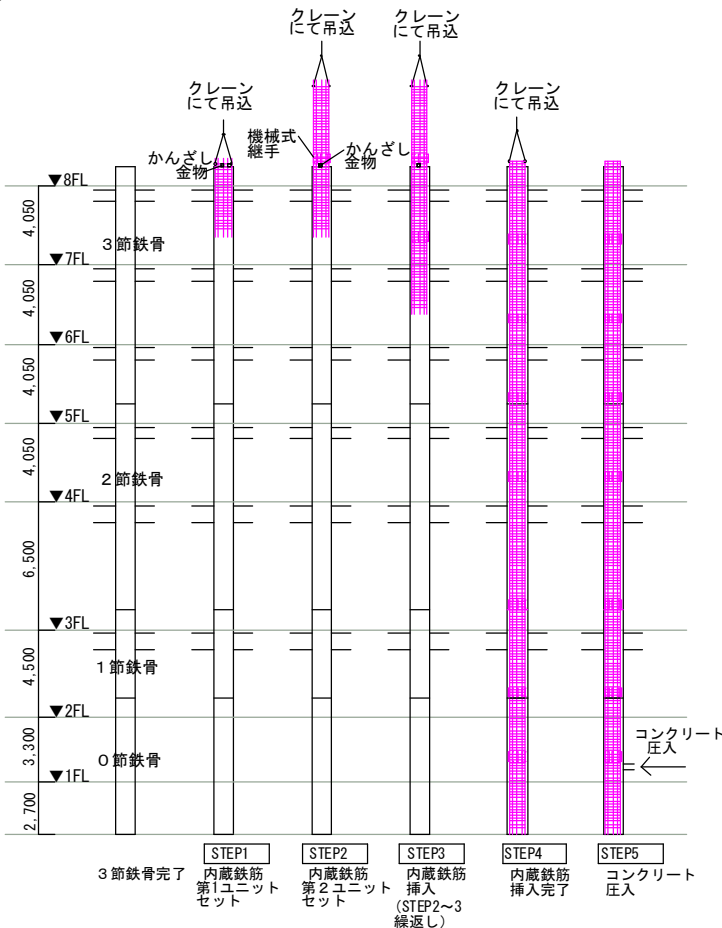


図8 CFT-R造の施工手順

表2 充填コンクリートの調合

工場	Fc (N/mm ²)	W/C (%)	S/a (%)	かさ容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)				Ad C×%
					W	C	S	G	
A	60	34.0	50.7	0.529	175	515	848	838	1.10
B		34.5	50.1	0.550	175	507	851	839	1.32

いずれもセメントは低熱ポルトランドセメント、スランブフロー60cm 空気量3.0%

3.2 事例Ⅱ ジョイント式トレミー管による落し込み充填施工

3.2.1 工事概要とCFT造柱への充填施工計画

工事概要を表3に、建物外観を写真7に示す。本建物は1階（一部吹抜け）が店舗（輸入車ショールーム）、2～6階は自動車整備工場、5階では本社事務部門が隣接している。また、6階～屋上階は駐車場となっており、各階はス

表3 工事概要

工事名称	株式会社ヤナセ新社屋新築工事
工事場所	東京都港区芝浦1丁目6番38号
発注	株式会社ヤナセ
設計・監理	株式会社鴻池組
施工	株式会社鴻池組
工期	平成23年10月～平成24年10月
建築面積	5,427.51m ²
延床面積	23,975.60m ²
用途	店舗、自動車整備工場、事務所、駐車場
構造・規模	S造（CFT造）地上7階、塔屋1階
最高高さ	29.25m



写真7 建物外観

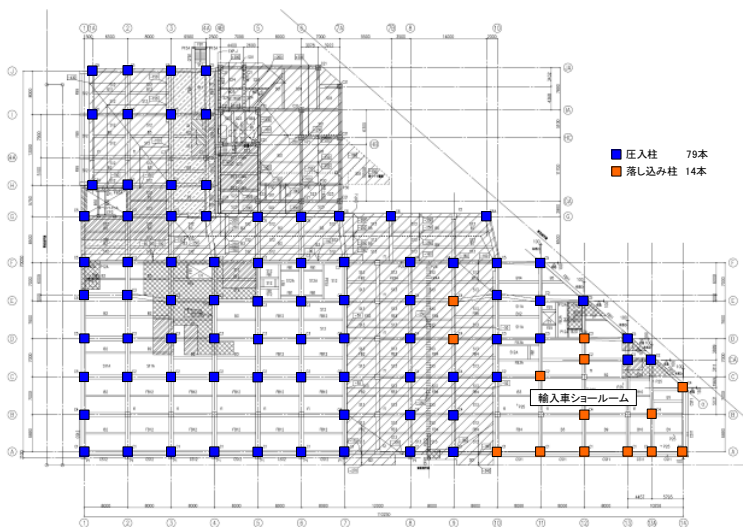


図9 CFT造柱配置図

ロープにより車両の乗り入れが可能となっている。

本建物のCFT造柱93本のうち、14本は店舗部分に該当し、意匠上1階部分に圧入口が取り付けられないため、柱頭部からの落し込み充填工法を採用する必要があった（図9）。しかしながら、敷地条件などから大型揚重機による落し込み充填工法が採用できなかったため、最上階に小型の移動式クレーンを設置して、小径のジョイント式トレミー管（φ139.8mm×3000mm）と小型バケットを吊り下げ、ポンプ車により圧送した充填コンクリートをバケットから落とし込む工法とした。ジョイント式トレミー管の形状を図10に充填施工状況を写真8に示す。

3.2.2 ジョイント式トレミー管による落し込み充填工法の施工手順

ジョイント式トレミー管による落し込み充填工法の施工手順を図11に示す。



写真8 充填状況

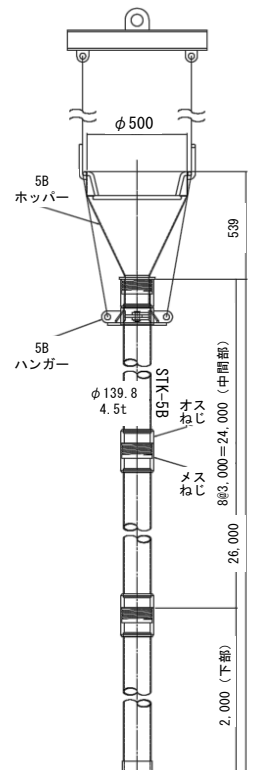


図10 ジョイント式トレミー管の形状

3.2.3 ジョイント式トレミー管による落し込み充填施工管理

ジョイント式トレミー管による落し込み充填施工では、検尺テープやレーザー距離計などによる打ち上がり高さの管理ができない。このため、蒸気抜き孔からのモルタル流出と、ポンプ車のストローク数を管理することにより、打ち上がり高さを管理することとした。本工事では、事前の圧入施工時の吐出量から、6ストローク/分とし、トレミー管の引き上げもこれに応じて1m/分として施工を実施した。

充填コンクリートは、設計基準強度 42N/mm² であり、普通ポルトランドセメントを用いた大臣認定品である。充填コンクリートの調合を表 4 に示す。充填状況は良好であり、蒸気抜き孔からのモルタル流出とともに、ポンプ車のストローク数により打ち上がり速度を管理することで、密実なコンクリートが充填することができた。

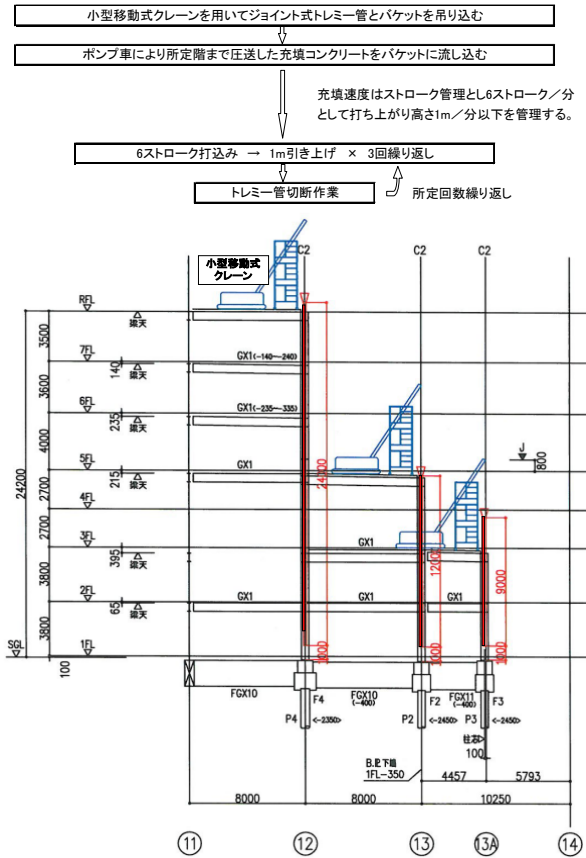


図 11 トレミー管による落とし込み充填施工手順

表 4 充填コンクリートの調合

工場	Fc (N/mm ²)	W/C (%)	S/a (%)	Gかさ 容積 (m ³ /m ³)	単位量(kg/m ³)				Ad C×%
					W	C	S	G	
A	42	36.5	51.2	0.530	170	466	864	855	1.65
B		35.5	49.2	0.540	170	479	826	892	1.60
C		37.0	47.4	0.557	170	459	806	929	1.33

いずれもセメントは普通ポルトランドセメント、スランブフロー60cm 空気量3.0%

3.3 事例Ⅲ 斜め柱への圧入施工

3.3.1 工事概要とCFT造柱への充填施工計画

工事概要を表 5 に、建物外観を写真 9 に示す。本建物は武蔵小杉駅の再開発にあわせて計画された地上 11 階の事務所ビルで、CFT 造が採用されている。再開発計画の公開空地面積を確保するため、道路に面した Y2 通り柱の一部が図 12 に示すように 1 階床～3 階梁までセットバックした形

状となっている。このため CFT 充填コンクリートの施工計画では、柱頭からのレーザー距離計や検尺テープ、充填監視カメラによる打ち上がり高さの確認ができないため、ポンプ車のストローク管理と蒸気抜き孔からのモルタル流出により打ち上がり高さを管理することとした。

表 5 工事概要

工事名称	(仮称) 武蔵小杉 F 地区西街区ビル新築工事
工事場所	神奈川県川崎市中原区新丸子東3-1200
発注	株式会社東京機械製作所
設計・監理	株式会社東急設計コンサルタント
施工	株式会社鴻池組
工期	平成24年2月～平成25年5月
建築面積	5,427.51m ²
延床面積	23,975.60m ²
用途	事務所、店舗
構造・規模	S造(CFT造)地上11階、地下1階、塔屋1階
最高高さ	59.95m



写真 9 建物外観

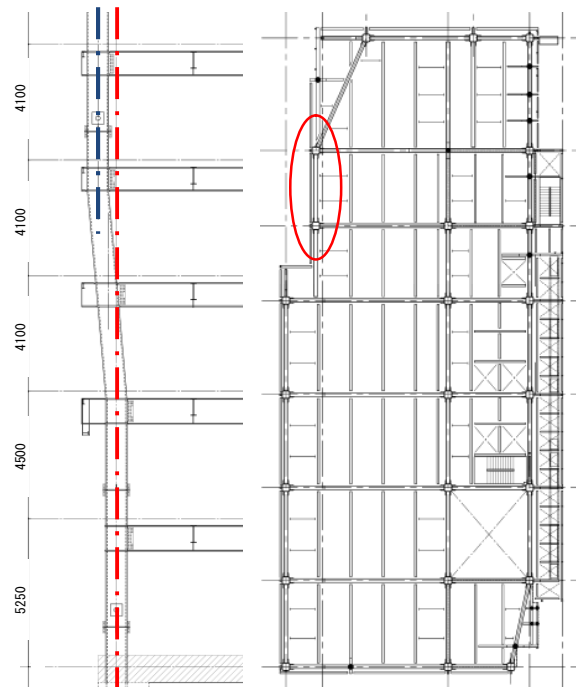


図 12 Y2 通り鉄骨詳細図

3.3.2 ポンプ車のストロークによる充填施工管理

充填コンクリートの調合を表6に示す。充填コンクリートは、設計基準強度 48N/mm²であり、普通ポルトランドセメントを用いた大臣認定品である。

ポンプ車のストロークによる充填施工管理では、ポンプ車の1ストロークあたりの吐出量を把握する必要がある。本工事では選定したポンプ車のシリンダサイズと容積効率を考慮した上で、9～10ストローク/分とした場合に1m/分以下の充填速度管理が可能と判断された。また、写真10に示すような当社のCFT造施工管理システムを用いてポンプ車のストローク管理を行い、充填速度を制御して施工にあたり、蒸気抜き孔からのモルタル流出確認を行うことで、上部からの打ち上がり高さ管理ができない状況においても1m/分以下の打ち上がり速度とすることができた。

4. おわりに

CFT造の施工品質を確保するためには、鋼管とコンクリートの一体性を確保することが重要であり、そのためには入念な施工計画を立案し、徹底した品質管理が必要となる。当社では、これまでの施工実績、協会指針を元に、CFT充填コンクリートの施工に関する手引き書を取りまとめて、施工現場への指導を行っている。また、協会主催のCFT造施工管理技術者制度や施工計画技術指導なども活用した施工技術の水平展開により、一層の品質確保に努めたい。

表6 充填コンクリートの調合

工場	Fc (N/mm ²)	W/C (%)	S/a (%)	Gかさ 容積 (m ³ /m ³)	単位量(kg/m ³)				Ad C×%
					W	C	S	G	
A	48	32.6	49.9	0.532	170	521	837	852	1.65
B		32.5	46.6	0.556	170	523	770	912	2.00
		34.0	46.6	0.556	170	500	788	912	1.95
		33.5	47.0	0.556	170	508	783	912	1.96

いずれもセメントは普通ポルトランドセメント、スランプフロー60cm 空気量3.0%



写真10 CFT造施工管理システム

参考文献

- 1) 一般社団法人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、2012.8