

大手町タワー

Fc150N/mm²コンクリート・780N/mm²鋼材のCFT柱の超高層建物への適用

松本 修一*¹・後藤 和正*²・黒岩 秀介*³・高瀬 洋一*⁴

Keywords : Concrete filled tubular column, high strength concrete, high strength steel, high-rise building, type 2 light-weight concrete
CFT 柱, 高強度コンクリート, 高強度鋼, 超高層建物, 軽量コンクリート 2 種

1. はじめに

最近の超高層建築では、基準階での空間の自由性を果たせるための大スパン化や、低層階での外部空間との連続性を果たせるための広い吹抜けが多くあるケースで求められている。これらの空間を実現するために、建物架構を構成する構造部材が大きな力を負担することになるが、高強度な材料を適切に組み合わせて用いることで、過大な部材ボリュームになることが避けられる。これに対応する技術として、著者らは設計基準強度 Fc150 N/mm² の超高強度コンクリートと引張強さ 780 N/mm² の超高強度鋼材を組み合わせた超高強度 CFT 柱を開発した¹⁾。本稿では、世界最高クラスの強度のコンクリートと鋼材を組み合わせた超高強度 CFT 柱を超高層建物の下層階の柱に適用した設計および施工、および地上階のスラブに適用した軽量コンクリート 2 種の施工について述べる。

2. 建物概要および構造概要

本建物は、地上 38 階（建物高さ 199.7m）、地下 6 階（建物深さ 35.1m）、塔屋 3 階の超高層建築物で、延べ床面積が約 198,000 m²である（図-1）。建物の用途は事務所、ホテル、店舗、等である。建築計画の特徴として、1 階の人工地盤面に整備する約 3,600 m²の森と地下鉄コンコースとの間に大空間が設けられており、この空間を大きく阻害することなく、いかに安全な構造架構を組み上げるかが、構造設計の課題となった。

一般に、CFT 柱は圧縮に強いコンクリートと曲げ（引張）に強い鋼管の特徴を生かした構造性能に優れた柱部材であり、高層建物に採用されてきた。しかしながら、従来の材料を利用した場合、ロングスパンを有する 200m クラスの超高層建物を計画すると、下層階の柱断面寸法が過大となる。また複数の部材をまとめて組み上げるメガストラクチャーを採用した場合、構造体のボリュームが大きくなり、コア計画や外装デザインに、多大な影響を与えることになる。そこで、中層建物程度の柱部材のボリュームで、建築計画を満足させ、かつ耐震安全性も十分に満足できる部材を目指して、Fc150 N/mm² の超高強度コンクリートと引張強さ 780 N/mm² の超高強度鋼材を組み合わせた超高強度 CFT 柱を開発し、本建物に適用した（図-2、図-3）。

構造種別は、地下が RC 造（一部 SRC 造）、地上が S 造（ホテル階を除く柱は CFT 柱）である。構造形式は、地下が耐震壁付きラーメン構造、地上がコア部分に制震部材を配置した制震ブレース付きラーメン構造である。粘性系ダンパーとしてオイルダンパー、履歴系ダンパーとして軸部材に低降伏点鋼（LY225）を用いた座屈拘束ブレースをそれぞれ適正に配置し、効果的に地震エネルギーを吸収できるようにした。また、構造的に柱位置が変わる 4 階と 32 階には構造切替え階と



図-1 外観パース

Fig.1 External perspective view

- * 1 設計本部 構造設計第一部
- * 2 建築本部 技術部
- * 3 技術センター 建築技術研究所 建築構工法研究室
- * 4 東京支店 建築工事作業所

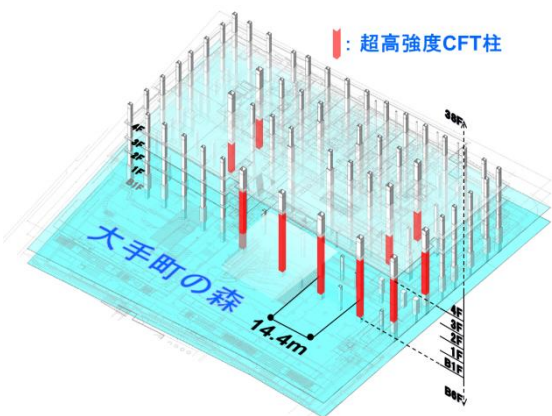


図-2 超高強度 CFT 柱適用箇所
Fig.2 Location of high strength CFT columns

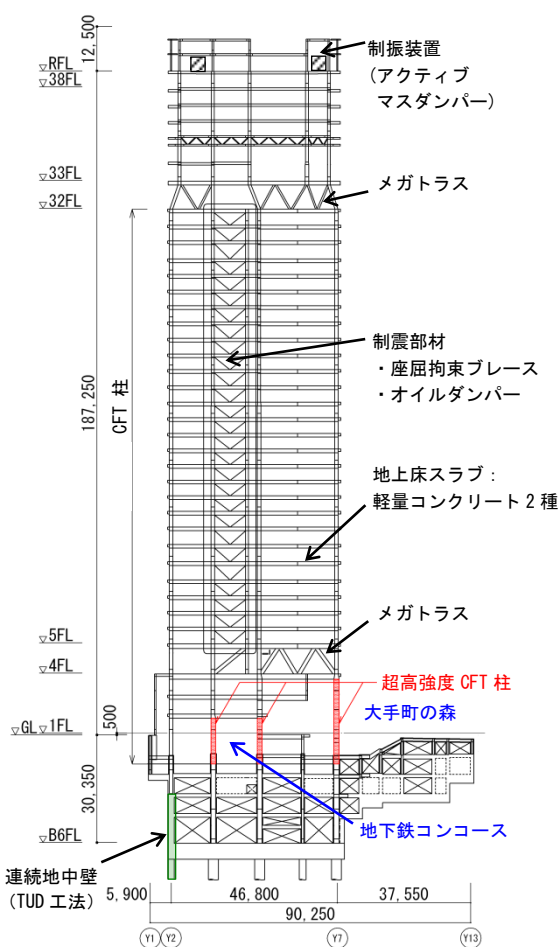


図-3 軸組図
Fig.3 Framing elevation

してメガトラス架構を採用し、上下階で異なるスパンに対応可能な架構形式とした。地上階のスラブには軽量コンクリート 2 種を採用し軽量な構造とした。屋上には強風時の居住性を確保するため、制振装置（アクティブマスダンパー）を設置している。地下には杭・止水壁・土圧壁・耐震壁および逆打ち構真柱の埋め込みを全て満足する連続地中壁（TUD 工法）を採用した。

3. 耐震設計

本建物では、東京駅周辺の建物として相応しい高い耐震性が求められた。そこで、本建物における耐震性能は、極めて稀に発生する地震動（レベル 2）では部材を弾性限界耐力以内、応答層間変形角は 1/150 を超えない範囲とし、さらに極大地震動（レベル 3）としてレベル 2 地震動の 1.2 倍の地震力で建物の安全性を図る設計クライテリアを設定し（表-1）、一般の建築物と比較して非常に優れた耐震性能を保持させている。

耐震性能の確認は、複数の設計用地震動（観測波、告示波、サイト波 [南関東、東海・東南海連動]）を用い、地上と地下を含む 45 質点系モデルによる非線形時刻歴応答解析により行った。減衰は内部粘性型の瞬間剛性比例型とし、減衰定数は 1 次固有振動数に対して 2%とした。1 次固有周期は $T=4.378\text{sec}$ と高い目標性能を満足させるため、同規模の建物に比べて若干固め ($T=0.023H$ [H: 解析モデル高さ 187m]) である。

図-4 に時刻歴応答解析結果のうち、短辺方向の最大応答層間変形角の結果を示す。いずれも設計クライテリアを満足しており、本建物で採用した制震部材が地震動による地上階の応答の増幅を抑えている。また、レベル 2 で全部材弾性範囲内、レベル 3 では一部の梁で塑性化し、層の塑性率は最大 1.264 であった。

表-1 設計クライテリア
Table 1 Design criteria

地震動	レベル1	レベル2	レベル3
告示地震動レベル	稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動	レベル2×1.2
本建物	層間変形角 $\leq 1/300$ 短期許容応力度以内	層間変形角 $\leq 1/150$ 弾性限界耐力以内 層塑性率1以下	層間変形角 $\leq 1/100$ 部材塑性率4以下 層塑性率2以下
建築基準法における 一般のクライテリア	層間変形角 $\leq 1/200$ 短期許容応力度以内	層間変形角 $\leq 1/100$ 部材塑性率4以下 層塑性率2以下	

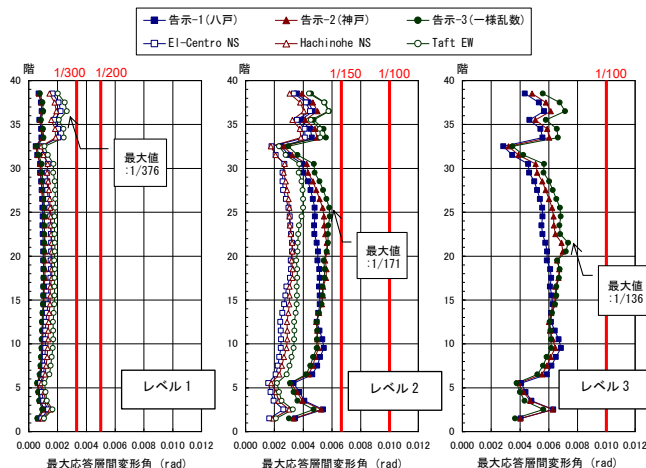


図-4 時刻歴応答解析結果
Fig.4 Time history response analysis results

4. 超高強度 CFT 柱の設計

4.1 超高強度 CFT 柱の建物への適用

建物南側の吹き抜けに面した地下2階から地上3階までスパン14.4mに配置される外周柱6本と、地下2階から地上1階までの建物中央部分の柱4本、計10本に、780N/mm²鋼材とFc150 N/mm²コンクリートを組み合わせた超高強度CFT柱を採用した。図-5に標準的な材料や高強度材料を用いた場合と今回の超高強度材料を組み合わせた場合のCFT柱の軸耐力比較を示す。標準的なCFT柱と比較して、超高強度CFT柱の最大軸耐力は2.3倍あり、非常に高い鉛直支持能力がある。これにより、超高層建物でありながら桁方向7.2mスパンごとに配置されるべき柱が14.4mスパンごとに集約でき、大きな吹き抜け空間を低層部に確保することが可能となった。また、□-1500×1500×50という大断面のCFT柱として、最大軸力比を、長期荷重時で0.13、レベル3地震時で0.21と、通常より低減して使用することで、弾性変形能力を確保した。図-6には、CFT柱の柱梁接合部の詳細を示す。ダイヤフラムのコンクリート打設孔(φ700mm)は、コンクリートの充填性を考慮し、柱のコンクリート断面積の約20%の開口率とした。

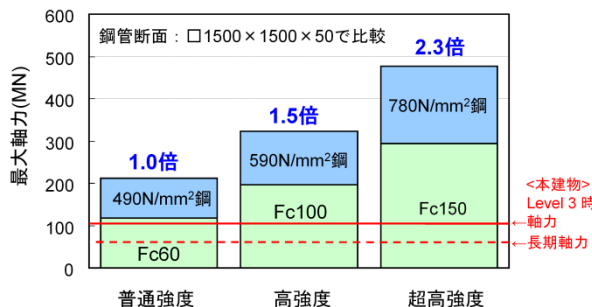


図-5 CFT柱の軸耐力の比較

Fig.5 Comparison of axial load resistance of CFT columns

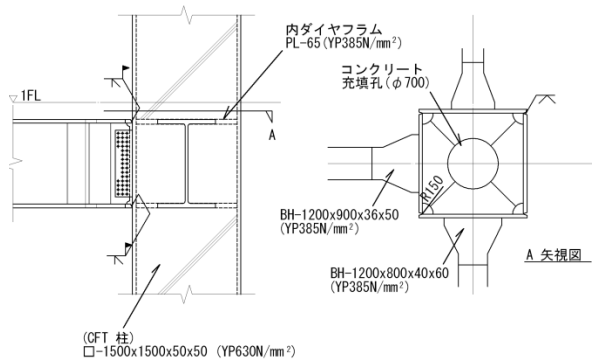


図-6 超高強度CFT柱の詳細図

Fig.6 Details of high strength CFT column

4.2 超高強度 CFT 柱の構造設計概要

超高強度材料を組み合わせたCFT柱の強度に関し、耐力評価式の妥当性を検証するため、構造性能を確認する実験を行った。これにより破壊モードの確認を行うと共に(図-7)、柱の長さに応じた耐力評価方法(図-8)を定めてから、構造設計を行った²⁾。

CFT柱に使用する材料は、鋼材強度490N/mm²、充填コンクリート強度Fc60 N/mm²程度とするのが標準的であり、図-9に示すように、超高層建築物の適用を想定した高強度材料の場合でも、今回の780N/mm²鋼の超高強度鋼と、Fc150 N/mm²の超高強度コンクリートとの組合せは、世界最高クラスの強度となるCFT柱である。図-10に鋼材およびコンクリートの応力-ひずみ関係を示しているが、780N/mm²鋼材とFc150 N/mm²コンクリートの限界ひずみがほぼ等しくなっており、高強度材料の利点を最大限に発揮できる組合せとなっている。なお、780N/mm²鋼については、強度は従来の1.6倍程度高いものの、降伏比が高く、引張強度時の伸びが小さいことに注意を払うべき材料であり、この柱の設計においては、弾性限内にとどめるための十分な余裕を持たせた。

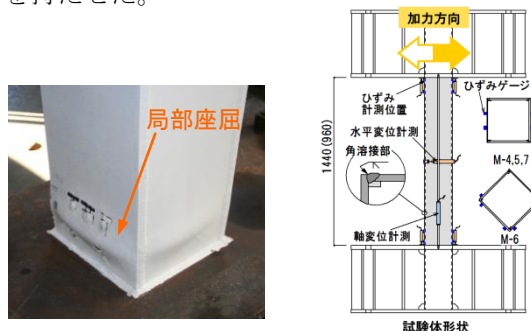
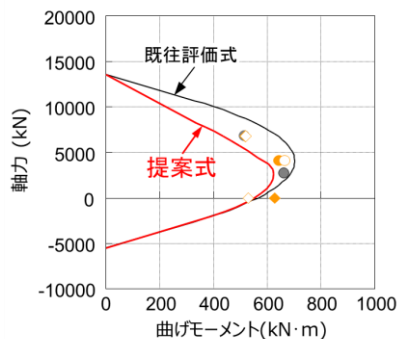


図-7 構造実験による破壊モードの確認

Fig.7 Confirmation of failure mode by structural tests



凡例	試験体名	径長さ比	幅厚比	軸力比	加力方向
●	M-1~3	6	30.20	0.2, 0.5 (一定軸力)	0°
○	M-4	6	30	0.3 (一定軸力)	0°
◇	M-5	6	30	0~0.5 (変動軸力)	0°
◇	M-6	6	30	0~0.5 (変動軸力)	45°
○	M-7	4	30	0.3 (一定軸力)	0°

図-8 提案した超高強度CFT柱の耐力

Fig.8 Proposed load resistance of high strength CFT column

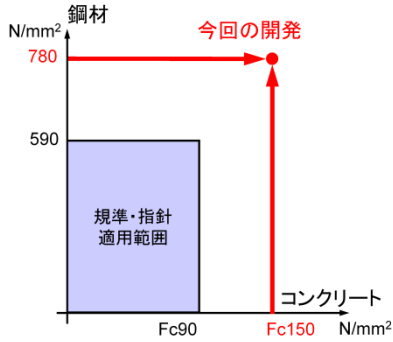


図-9 CFT柱の使用材料の組合せ
Fig.9 Combination of materials used in CFT columns

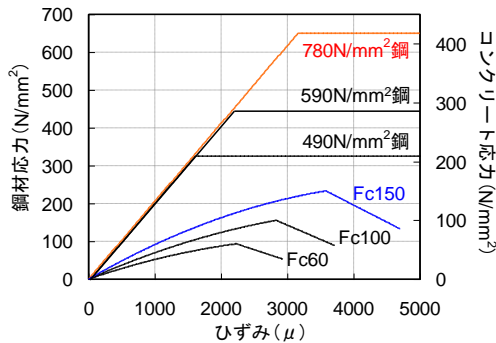


図-10 コンクリートおよび鋼材の応力-ひずみ関係
Fig.10 Stress strain relationship of concrete and steel

5. 超高強度 CFT 柱の施工

5.1 Fc150N/mm²の充填コンクリートの調査

Fc150 N/mm²の充填コンクリートの計画にあたっては、自己収縮の低減に配慮した。対策として、著者らが RC 造に使用してきた収縮低減タイプの高性能減水剤に加えて、膨張材を併用することとした。また、超高強度コンクリートに使用する膨張材は、速やかに反応し、未反応分を残存させないタイプが有効と考え、早強性膨張材を選定した。早強性膨張材の採用にあたっては、練上がり温度を変化させた室内試験練り³⁾と、断面寸法 0.5m, 1.0m, 1.5m の模擬柱による夏期および冬期の実機試験練り⁴⁾を行い、収縮ひずみと強度発現を調査し、早強性膨張材がいずれの温度履歴においても有効に作用することを確認した。図-11 に膨張材の効果の一例として、簡易断熱したコンクリートブロック (W/B=15%) に埋設したひずみ計による収縮ひずみ³⁾を示す。膨張材と収縮低減タイプの高性能減水剤の併用によって、収縮ひずみが半減していること、長期ひずみにも変化がないことが分かる。

表-2 に充填コンクリートの使用材料および割合を示す。結合材は実績の多いシリカフェーム混入高強度用セメント VKC100SF、骨材は厳選した安山岩碎石・砕

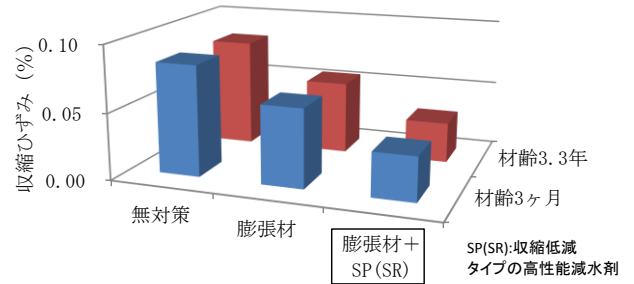


図-11 Fc150N/mm²における膨張材の効果
Fig.11 Effect of expansive additive for Fc 150N/mm²

表-2 充填コンクリートの使用材料および割合
Table 2 Material and proportion of filling concrete

Fc (N/mm ²)	F (cm)	空気量 (%)	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)					SP (B×%)
				W	C	EX	S	G	
150	75	1.5	15	150	970	30	502	818	2.6

C: 高強度用 3 成分セメント (密度 2.99g/cm³)
EX: 早強性膨張材 (密度 3.19g/cm³) B: C+EX
S: 安山岩砕砂 (表乾密度 2.62g/cm³) G: 安山岩碎石 (表乾密度 2.64g/cm³)
SP: ホリカルボソ酸エーテル系高性能減水剤 グリコールエーテル系収縮低減成分



写真-1 圧入試験状況の一例
Photo.1 Example of pump up confirmation test

砂とした。膨張材の使用量は文献⁵⁾の範囲にある 30kg/m³とした。なお、火災対策用の有機繊維は、CFT 柱に耐火被覆を施すため不要とした。

5.2 Fc150N/mm²の充填コンクリートの施工試験

コンクリートの充填方法は、写真-1 に示すような実験を繰り返して決定した⁴⁾。

まず、コンクリートの上昇速度の目標を 1 m/min とし、圧入試験を行った。この結果、コンクリートの粘性が高いため、ポンプのホッパからピストンに吸入される際に空気を巻き込む傾向がみられた。空気の巻き込みは、圧送の効率を低下させるだけでなく、ダイアフラム下面に気泡が溜まり、充填性にも悪影響を及ぼした。

つぎに、上昇速度を低速 (0.2 m/min) とし、圧入試験を実施した。この結果、空気の巻き込みは減少したが、ダイアフラム通過から次のダイアフラムに至るまでに時間が掛かるため、コンクリート上面が写真-2 のようにこわばり状態になった。しかし、ダイアフラム

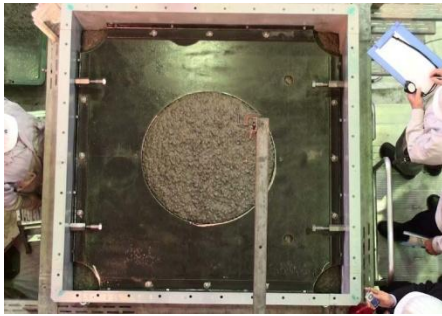


写真-2 鋼管内上昇中のコンクリート (圧入試験)
Photo.2 Concrete under rise in steel tube (pump up test)

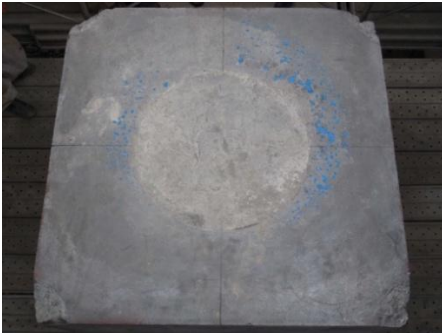


写真-3 ダイヤフラム下面の充填状況の一例
Photo.3 Example of concrete filling under diaphragm

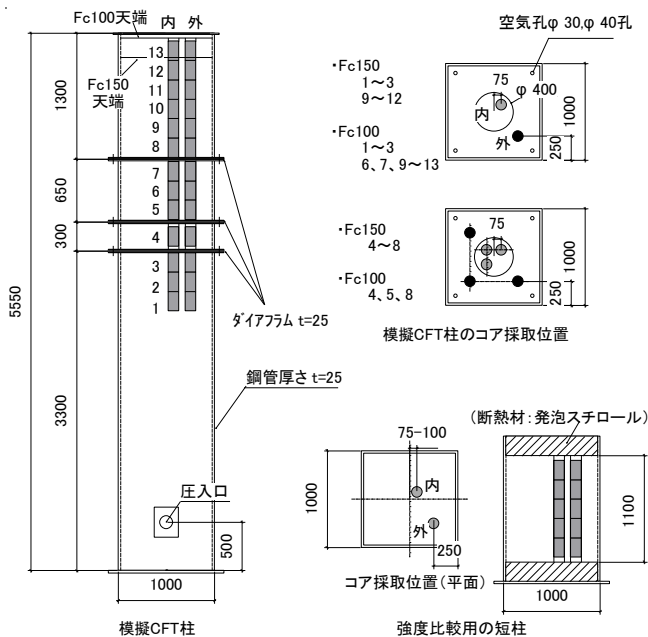


図-12 コア強度の採取位置
Fig.12 Extraction point of core test

表-3 コア強度の試験結果 (材齢 91 日)
Table 3 Result of core test (material age 91 days)

	断面高さ位置	圧縮強度(N/mm ²)			変動係数 (%)	
		内側	外側	平均		
模擬CFT柱	ダイヤフラム	3, 4, 5,	153	157	155	4.2
	近傍	6, 7, 8	(n=15)	(n=14)		
	一般部	1, 2, 9, 10, 11, 12	159 (n=6)	161 (n=6)	160	3.7
強度比較用の短柱	1, 2, 3, 4, 5	153 (n=5)	154 (n=5)	154	2.0	

を通過すると、コンクリートは攪拌されて再びフレッシュな状態になることが分かったので、実工事では、ダイヤフラムから1m程度下方の位置に攪拌用のダイヤフラムを設けることとした。攪拌用のダイヤフラムは、中央の孔径は異なるが、接合部と同一形とした。

最後に、ポンプを用いた落とし込み充填工法と圧入工法の比較試験を現場にて実施した。写真-3に、ダイヤフラム下面の充填状況の一例を示す。いずれも空隙率8%以下の良好な充填性を示したので、地下部を落とし込み充填工法、地上部を圧入工法で行うこととした。

圧入試験では、模擬CFT柱と短柱のコア強度の調査を行い、ダイヤフラム近傍の強度のばらつき等についても確認した。図-12にコア採取位置を、表-3に材齢91日の圧縮強度を示す。本試験結果によれば、ダイヤフラム近傍に顕著な強度低下はみられず、模擬CFT柱と比較用の短柱のコア強度はほぼ同等で、いずれも設計基準強度を満足することが確認された。

5.3 Fc150N/mm²の充填コンクリートの施工

5.3.1 超高強度CFT工事の概要

本工事では、地下部分を逆打工法で構築する計画としたため、地下部の鋼管柱の下部にはB2階途中からH断面の構真柱が接続されている。鋼管柱は、断面が大きく単位長さあたりの重量が大きいので、揚重量の制限から、図-13左に示すようにB2階から4階までを5節に分割した。

地下部分は、構真柱と1節目の鋼管柱(B1階まで)を一体で建て込み、2節目の鋼管柱(1階まで)の建方を行ってからジョイントを溶接接合し、その後、コンクリートの充填を落とし込み充填工法により行った。地上部分は、3~5節(1階~4階)の鋼管柱の建方を実施し、ジョイントを溶接接合した後に、コンクリートの充填を3回に分けて圧入工法により行った。

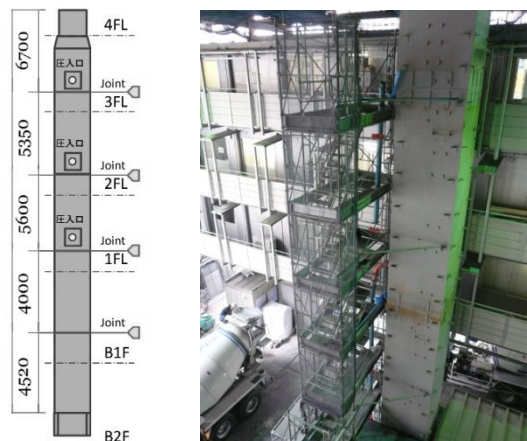


図-13 鋼管の概要 (左) と柱中段からの圧入状況 (右)
Fig.13 Steel tube (left) and concrete filling from middle column level (right)

5.3.2 コンクリートの製造および受入れ

コンクリートの製造は、Fc150 N/mm²の製造実績を持つレディミクストコンクリート工場で行った。練混ぜは、容量 3.3 m³の水平二軸形強制練りミキサを使用し、練混ぜ量を 1.75 m³、練混ぜ時間をモルタル 180 秒、碎石投入後 90 秒として行った。膨張材は、写真-4 に示すように手投入とした。トラックアジテータ 1 車には 2 バッチ分の 3.5m³を積載することとし、全車に対して、水中質量法による単位水量管理を適用した。単位水量の実測値は、平均 151.1 kg/m³、変動係数 1.4 % (131 回) であり、管理幅の計画値±10 kg/m³を満足した。

スランプフローと空気量の受入れ検査は、各打込み日の最初の 1~3 車目および強度用供試体の採取時を基本とし、1 日の充填数量等に応じて適宜実施した。写真-5 に受入れ検査の状況、図-14 にスランプフローの試験結果を示す。スランプフローは、計画値 75 cm (65~80 cm を許容) に対して平均 74.5 cm、変動係数 3.2 % (48 回) であり、品質は安定していた。

圧縮強度の確認は、温水養生供試体について 32 回、構造体モデルから採取したコア供試体について 1 回行った。図-15 に温水養生による強度管理結果を示す。圧縮強度はいずれも管理値 (150 N/mm²) を上回り、平均値は 160 N/mm²であった。また、最初の打設日に製作した構造体モデルから採取したコア供試体による圧縮強度は 159 N/mm²であった。なお、構造体モデルの寸法は、大断面ほど高いコア強度が得られた実機試験練り結果を参考に、管理用として□600 を採用した。

5.3.3 充填施工

前述のように、B2 階~1 階 (約 10m) はポンプを使用した落とし込み充填工法、地上部の 1 階~4 階 (約 15m) は圧入工法でコンクリートを充填した。写真-6 に各充填工法の状況を示す。

落とし込み充填工法は、圧送配管を柱脚部まで挿入して充填を開始し、充填高さ 3m 以内ごとに順次短くした配管を再度挿入しなおして充填する方法とした。ダイヤフラム部の充填は、必ずダイヤフラムの下に筒先がある状態で、下部から充填されるよう配慮した。

圧入工法による充填を 3 分割したのは、充填コンクリートの単位時間当たりの出荷量から、練混ぜから充填完了までの時間を満足するよう検討した結果である。

鋼管内の上昇速度は、0.2 m/min 以下とした。速度の管理は、ポンプの単位時間当たりのポンピング回数と各階の鋼管柱側面に設けた打設確認孔 (φ20 mm) からの目視によるコンクリートの流出の時間測定を併用して行った。



写真-4 早強性膨張材の投入
Photo.4 Put into high-early expansive additive



写真-5 受入れ検査の一例 (スランプフロー72.5cm)
Photo.5 Example of receiving inspection (slump flow 72.5cm)

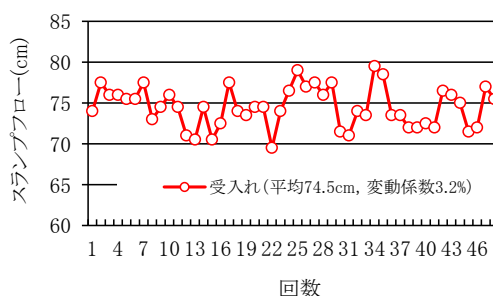


図-14 スランプフロー試験結果
Fig.14 Result of slump flow test

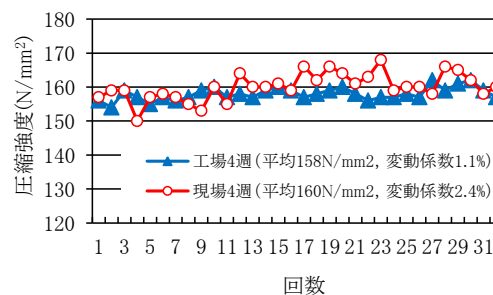


図-15 温水養生 (40℃) による強度管理
Fig.15 Strength by hot water curing (40 degree)

上部からの目視確認が困難な圧入工法では、小型ビデオカメラを鋼管内に挿入し、充填状況を確認した。写真-7 に小型ビデオカメラで撮影した鋼管内のコンクリートの上昇状況の一例を示す。中央の打設孔および四隅の空気抜き孔からコンクリートが同時に上昇しており、十分な流動性を有していることが分かる。



写真-6 落とし込み工法（左）と圧入工法（右）の状況
Photo.6 Dropped castion method (left) and pump up method (right)



写真7 小型カメラで撮影した鋼管内の上昇状況
Photo.7 Situation in steel tube photoed with small camera

充填施工時には、ポンプ圧送圧力、ポンプ輸送管の管内圧力損失、圧入時に生じる鋼管のひずみ、コンクリート天端の沈降量などの計測も行った。これらについては既報⁶⁾を参照されたい。

5.4 780N/mm²の鋼材の製作および接合

5.4.1 鋼管柱の製作

鋼管柱の製作は、事前に建築構造用 780 N/mm²級の高強度鋼材による溶接箱形断面鋼管柱の実大溶接施工試験を実施し、性能を確保できる溶接条件を定めてから行った。写真-8 に試験の状況、写真-9 に試験体を示す。780 N/mm²鋼は大臣認定を取得している材料メーカー2社の鋼材を使用し、溶接箱形断面鋼管柱の製作はSグレードの鉄骨製作工場である3工場で行った。使用した鋼材の品質基準値の下限は、降伏点 630 N/mm²、引張強さ 780 N/mm²、シャルピー吸収エネルギー47Jである。溶接施工試験の結果、溶接部の機械試験値はいずれも判定値を満足したため、780 N/mm²級の高強度鋼材による溶接箱形断面鋼管柱はこの溶接施工試験の溶接条件に基づき製作要領を定めて工場製作を実施した。

5.4.2 鋼管柱の接合

鋼管柱の接合は、炭酸ガス半自動アーク溶接による現場溶接とした。溶接材料は、直径 1.2 mmで鋼材の強度に相応する 780 N/mm²級の溶接ワイヤーを使用した。溶接の予熱管理温度は 10℃とした。溶接管理として、パス間温度 150℃以下、入熱量 30 kJ/min 以下と設定し、それぞれ温度チョークおよび溶接パス数で管理を行っ



写真-8 実大溶接施工試験の状況例
Photo.8 Example of factory weld construction test



写真-9 実大溶接施工試験の試験体
Photo.9 Factory weld construction test piece



写真-10 現場溶接接合施工試験の試験体
Photo.10 Site weld construction test piece

た。柱継手の現場溶接は、低入熱となりやすい横向き溶接であり、パス間温度についても1面の溶接長さが1500 mmと長く、これをほぼ3等分して5パス程度溶接して隣の位置に移動することで十分な冷却時間を確保できたので、これらの管理が作業効率を低下させることはなかった。

なお、780 N/mm²級鋼の現場溶接において、事前に性能および技量を確認する試験を実施し、施工条件および溶接技能者を定めて実施工を行った。写真-10 に試験体を示す。この結果、適切な溶接施工管理を実施することができ、溶接後の検査結果は良好であった。

6. 軽量コンクリート2種の施工

本建物では、地上階のスラブに軽量コンクリート2種を採用して建物を軽量化している。軽量コンクリート2種をコンクリートポンプにより圧送する場合には、

骨材の圧力吸水によるスランプ低下や輸送管内での閉塞など、施工面に対する懸念がある。本建物では、軽量コンクリート 2 種を地上から高さ 200m の超高層階へ直接ポンプ圧送するため、事前に施工実験⁷⁾を行い、調査および施工方法を定めてから実施を行った。

使用したコンクリートは、設計基準強度が 21N/mm²、単位容積質量が 1650kg/m³ で、24 階から PH 階までは高性能 AE 減水剤を使用したもの（管理スランプ 21±1.5cm、空気量 5.0±1.5%）を採用した。調合を表-4 に示す。圧送に使用したコンクリートポンプの仕様を表-5 に示す。輸送管は鉛直部分を 125A（5B）とし、水平部分は筒先からフレキシブルホース、100A（4B）、テーパ管とした。テーパ管は、閉塞防止の点から圧送抵抗を小さくするため、テーパの緩やかな 2.0m のものを使用した。配管長さは、最長で 330m 程度となったが、極力ベント管を使用しない配管計画とした。

高層階において抜き取りで実施したコンクリートのスランプおよび空気量を図-16 に示す。これは、荷卸し時の平均値および各圧送高さでの複数回の試験の平均値を示したものである。高所になるほどスランプロスが大きくなる傾向が認められたが、荷卸し時のスランプを比較的大きく設定していたため、筒先のスランプとして 20cm 以上を確保できた。一方、空気量の圧送ロスも小さく、最上階でも 1%程度であった。

表-4 軽量コンクリート 2 種の調合
Table 4 Proportion of type 2 light-weight concrete

調合	スランプ	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤 (C×%)
			W	C	S ①	S ②	S ③	G	
通期	21cm	55.0	185	337	319	148	222	420	0.8

※ S①, G: 人工軽量骨材メサライト, S②: 砕砂, S③: 山砂

表-5 使用したコンクリートポンプの仕様
Table 5 Specification of using concrete pump

シリンダ径 ×ストローク長 (mm)	ポンプ能力(高圧)			
	理論最大 吐出量 (m ³ /h)	理論最大 吐出圧 (MPa)	圧力比	空運転 圧力 (MPa)
φ 230×2100	108	13.0	2.8	0.4

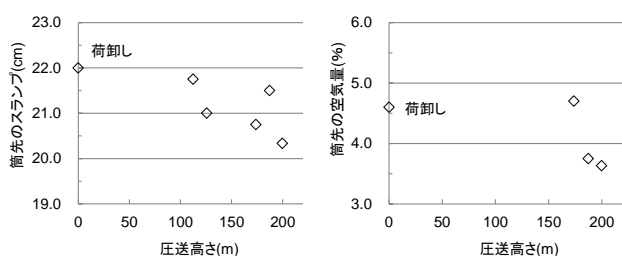


図-16 筒先のコンクリートのスランプおよび空気量
Fig.16 Slump and air of concrete on high rise floor

7. おわりに

Fc 150 N/mm² の超高強度コンクリートと 780 N/mm² 級の高強度鋼とを使用したコンクリート充填鋼管柱の適用例を報告した。適用建物は、高さ 200m の超高層建築であり、隣接する地下鉄の機能強化を図る地下プラザとして、建物低層部に吹抜けを介してゆとりある連続する一体的空間が望まれている。写真-11 に示すように、超高強度 CFT 柱の採用により、超高層建物の構造的負担の大きい下層階において、柱本数の少ない広い大空間を実現した。さらに、地上階スラブに適用した軽量コンクリート 2 種は、最上階までポンプ圧送により所要の品質を確保した上で施工することができた。



写真-11 超高強度 CFT 柱
Photo.11 High strength CFT columns

参考文献

- 1) Shuichi Matsumoto, Tsutomu Komuro, Hiroyuki Narihara, Shin-ichiro Kawamoto, Osamu Hosozawa and Koji Morita : Structural Design of an Ultra High-rise Building Using Concrete Filled Tubular Column with Ultra High Strength Materials, 15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE), Lisbon, Portugal, 2012.
- 2) 佐藤英佑, 松本修一, 成原弘之, 小室努, 安田聡: 超高強度材料を用いた CFT 柱の構造的な性能 (その 1~2), 日本建築学会学術講演梗概集 C-1, pp.1217-1220, 2009.
- 3) 黒岩秀介, 並木哲, 陣内浩, 渡邊悟士, 山本佳城: 練上がり温度が異なる膨張材及び収縮低減型高性能減水剤を用いた超高強度コンクリートの性状, 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.945-946, 2009.
- 4) 後藤和正, 中村俊之, 黒岩秀介 他: Fc150 及び Fc100 を用いた CFT の実大施工実験 (その 1~3), 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.805-810, 2010.
- 5) 郭度連, 谷村充, 佐竹紳也, 松本健一: 膨張材を用いた超高強度コンクリートの収縮低減, 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.5-6, 2007.
- 6) 八木謙太, 松本修一, 後藤和正, 中村俊之, 辻谷薫 他: 超高強度材料を用いた CFT 柱の施工 (その 1~5), 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.323-332, 2012.
- 7) 松本修一, 河本慎一郎, 辻谷薫, 黒岩秀介, 飯島真人, 後藤和正, 八木謙太, 他: 超高層階を想定した軽量 2 種コンクリートのポンプ圧送性実験 (その 1~2), 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.777-780, 2011.