

鉄筋挿入型薄肉 CFT 造「CFT Plus 工法」の開発 -実大施工実験-

宮野 和樹^{*1}・梶田 秀幸^{*1}・堀 伸輔^{*2}・古宮 嘉之^{*2}・柿澤 弘司^{*3}Development on Concrete Filled Steel Tube Column with Reinforcing Bars (CFT Plus)
- Experiment on Construction with Full-Scale Model -

Kazuki MIYANO, Hideyuki KAJITA, Shinsuke HORI, Yoshiyuki KOMIYA, Kouji KAKIZAWA



写真-1 挿入鉄筋施工状況



鋼管柱内部

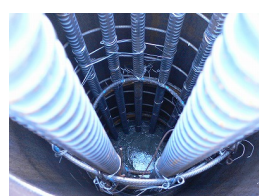


写真-2 充填コンクリート施工状況

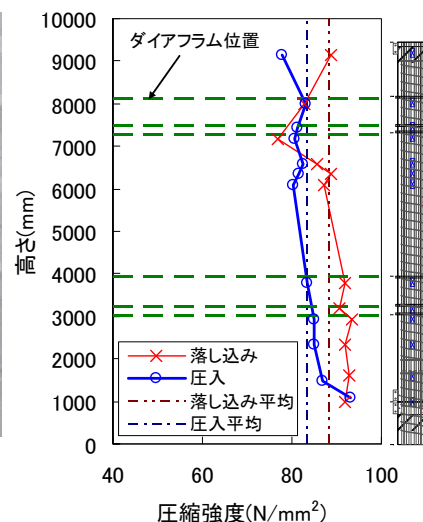
写真-3 コンクリート
充填状況 (試験体切断面)

図-1 圧縮強度試験結果

研究の目的

近年、建築構造物では高層化、大スパン化が進み、下層階では高軸力が作用するため柱部材が大断面化している。高軸力柱に対応する構造としてコンクリート充填鋼管 (CFT) 造柱があるが、軸力の増大に伴い、材料が高強度化し、鋼管厚が増大する傾向にある。これらのことより、CFT 造柱の内部に鉄筋を挿入し、軸力、曲げ耐力を負担させる事により鋼管板厚を薄くすることが可能な CFT Plus 工法を開発した。CFT Plus 工法は、通常の CFT 造とは異なり鉄筋を挿入することから、施工方法を検討・確認する必要がある。そこで、本研究では、実大施工実験を実施することにより、挿入鉄筋の施工方法、コンクリートの施工性、およびコンクリートの充填性について確認することを目的とした。

技術の説明

CFT Plus 工法の実大施工実験により、鋼管および鉄筋かごの設置について、計画した手順において施工が可能が確認した。また、挿入鉄筋がある場合の充填コンクリートの施工性および充填状況を確認するため、コンクリートバケットによる落とし込み充填工法とコンクリートポンプ車による圧入工法の2通りの施工を実施し、コンクリートのフレッシュ時、施工時、硬化後の性状を確認した。

主な結論

鋼管および鉄筋かごの設置については、計画した手順で施工が可能であることを確認した。また、充填コンクリートについては、落とし込み充填工法、圧入工法ともに、打込み速度を 1.0m/min 程度以下とした場合、コンクリートの充填性状、および硬化性状は、いずれの工法においても良好であった。

*1 本店 技術研究所 基盤技術研究グループ
*2 本店 建築事業本部 建築技術部 技術開発グループ

*3 東京建築支店 東上野平和ビル作業所

鉄筋挿入型薄肉CFT造「CFT Plus工法」の開発 —実大施工実験—

宮野 和 樹^{*1}梶 田 秀 幸^{*1}堀 伸 輔^{*2}古 宮 嘉 之^{*2}柿 澤 弘 司^{*3}

要 旨

近年，建築構造物では高層化，大スパン化が進み，下層階では高軸力が作用するため柱部材が大断面化している．高軸力柱に対する構造としたコンクリート充填鋼管（CFT）造柱があるが，軸力の増大に伴う材料の高強度化，鋼管厚の増大などの傾向がある．そこで，CFT造柱の内部に挿入した鉄筋に，軸力，曲げ耐力を負担させる事により鋼管板厚を薄くすることが可能な「CFT Plus工法」を開発した．CFT Plus工法は，比較的高価な鋼管を薄肉化し安価な鉄筋に置き換えることで，構造性能はそのままに躯体のコストダウンを図る工法である．本稿では，挿入鉄筋の施工方法，充填コンクリートの施工性，およびコンクリートの充填性を確認するために実大施工実験を実施した結果を報告する．CFT Plus工法の実大施工実験を実施することにより，鋼管および鉄筋かごの設置については，計画した手順で施工が可能であることを確認した．また，充填コンクリートについては，落とし込み充填工法，および圧入工法により充填実験を行い，その施工性を確認した．その結果，打込み速度を1.0m/min程度以下とした場合，コンクリートの充填性状，および硬化性状は，いずれの工法においても良好であった．

キーワード コンクリート充填鋼管造（CFT造）柱／鉄筋／実大施工実験／鉄筋挿入方法／コンクリート充填性能

目 次

- | | |
|---------|---------|
| 1. はじめに | 3. 実験結果 |
| 2. 実験概要 | 4. まとめ |

DEVELOPMENT ON CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN WITH REINFORCING BARS (CFT PLUS) - EXPERIMENT ON CONSTRUCTION WITH FULL-SCALE MODEL -

Kazuki MIYANO
Shinsuke HORI
Kouji KAKIZAWA

Hideyuki KAJITA
Yoshiyuki KOMIYA

Synopsis:

Recently, Buildings have become extremely taller and longer span. This requires larger section of column due to their high axial force loaded on the columns of lower story. As to structure to bear that high axial force, CFT column is one of the promising structures, the materials of which becoming stronger and the steel tubes thicker. We have developed “CFT Plus” as a method to reduce the thickness of steel tube by installing of reinforcing bars within concrete. In this report, authors carried out experiment on construction with full-scale model in order to grasp the workability and performance of concrete. As a result, construction of the reinforcing bar was possible in the planned procedure. Filling of concrete experimented by the tremie method and the pumping-up injection method. The filling property and the mechanical property of concrete were good also in which construction method.

* 1 本店 技術研究所 基盤技術研究グループ

* 2 本店 建築事業本部 建築技術部 技術開発グループ

* 3 東京建築支店 東上野平和ビル作業所

1. はじめに

近年、建築構造物では高層化、大スパン化が進み、下層階では高軸力が作用するため柱部材が大断面化している。高軸力柱に対する構造として、コンクリート充填鋼管造（以下、CFT 造）柱があるが、軸力の増大に伴う材料の高強度化、鋼管厚の増大などの傾向がある。そこで、CFT 造柱の内部に挿入した鉄筋に、軸力、曲げ耐力を負担させる事により鋼管板厚を薄くすることが可能な CFT Plus 工法を開発し、その構造性能について既報¹⁾で報告した。

しかし、施工においては通常の CFT 造とは異なり、鉄筋の挿入方法や充填コンクリートの施工方法、およびコンクリートの充填性など、確認が必要な項目がある。本報では、鉄筋挿入型薄肉 CFT 造柱部材の施工方法を確立するため、実大施工実験により、鋼管柱への鉄筋の挿入方法、コンクリートの充填性能をそれぞれ確認したので、その実験結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 鉄筋の挿入実験

工法イメージを図-1 に、本実験による施工手順を図-2 に示す。施工手順は鋼管柱を先行して設置し、次に挿入鉄筋を鋼管内で重ね継手により施工した。その後、コンクリートを打設する方法とし、施工実験ではこの方法で確認した。

鋼管柱内への鉄筋かご挿入時には、鋼管柱内の通しダイアフラム、建入れ調整治具のひずみ拘束プレート（以下、ひずみ拘束 PL）といった内部突出物への接触による鉄筋かご挿入への影響、挿入状況が施工者から見えない状態での鉄筋かご挿入による柱主筋の重ね継手への影響を確認した。

2.2 コンクリートの充填実験

(1) 充填実験の要因および試験体

実験の要因をコンクリートの施工方法とし、コンクリートバケットによる落とし込み充填工法（以下、落とし込み工法）とコンクリートポンプ車による圧入工法の 2 通りの施工を行った。試験体形状を図-3 に示す。試験体は実構造物の 2 層を想定し、高さを、落とし込み工法の試験体は 9400mm、圧入工法の試験体は 9800mm とした。異なる高さとしたのは、圧入工法における圧入口の形状の影響のためである。ダイアフラムは、柱梁接合部における通しダイアフラムを模擬し、鋼管柱内に鋼管外面から内部へ 50mm 突出させ、各接合部に 3 箇所とした。鋼管は、 $\phi 700 \times t12$ (STKN490B) とし、鉄筋は、主筋に 13-D41 (SD490) を、補強筋に $\bigcirc$ -D10@200 (SD295) を用いた。

(2) コンクリートの仕様

コンクリートの使用材料を表-1 に、調合を表-2 に示す。

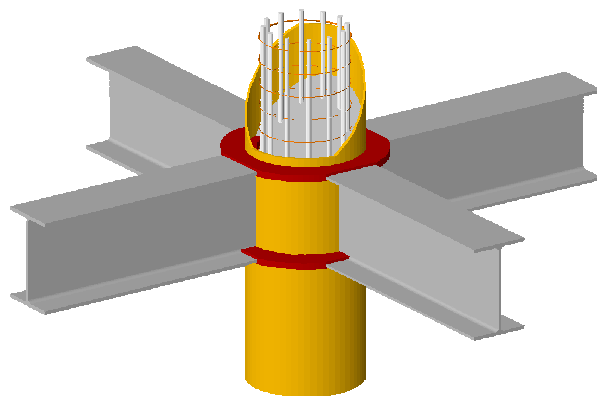


図-1 工法イメージ

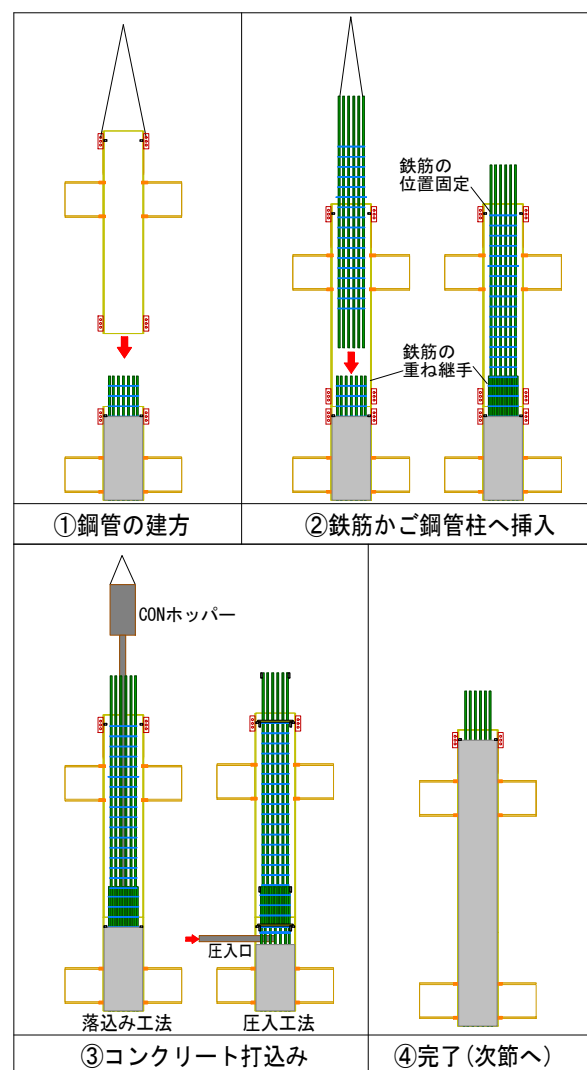


図-2 本実験の施工手順

使用するコンクリートは、呼び強度 60N/mm^2 級（設計基準強度 54N/mm^2 、呼び強度 61N/mm^2 ）を想定し、選定した。また、コンクリートの目標スランプフローを 60cm、目標空気量を 3.0%とした。コンクリートの製造は、輸送時間約 50 分のレディーミクストコンクリート工場で実施した。

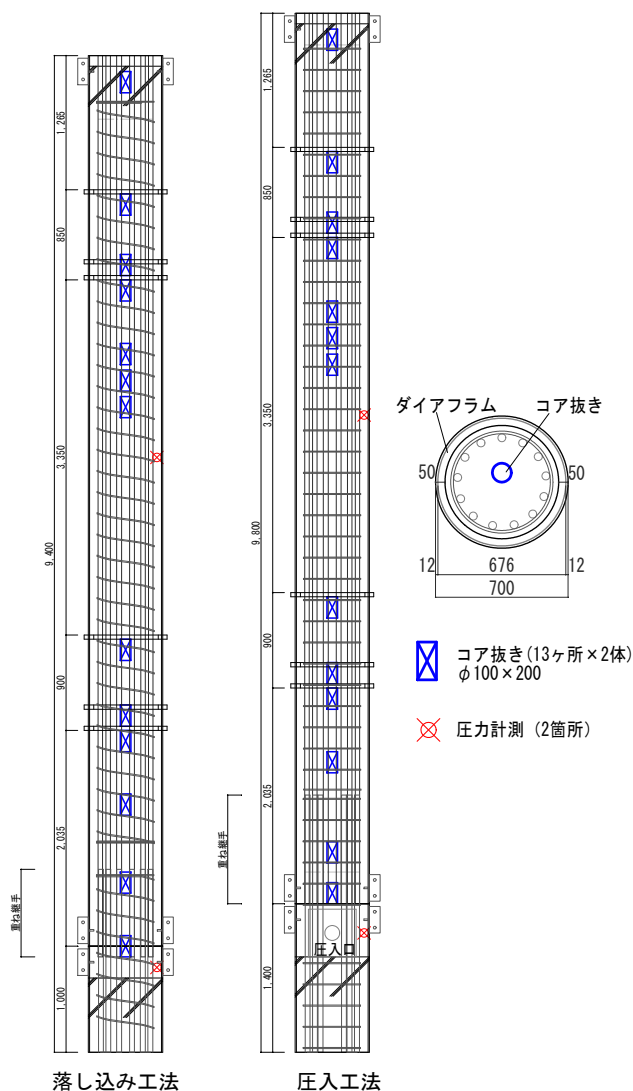


図-3 試験体形状

(3) コンクリートの施工方法

落とし込み工法は、電動開閉式コンクリートバケット（容量 3.5m³）を用い、排出口に径 200mm のホースを取り付け、コンクリート打設中は、ホース先端がコンクリート中にあるように実施した。圧入工法は、理論最大吐出圧力 4.9MPa のコンクリートポンプ車を用い、呼び径 125A の圧送管を用いた。コンクリートの打込み速度は両工法とも 1.0m/min 程度以下となるよう調整した。

(4) 試験および測定項目

試験・測定項目および方法を表-3 に示す。フレッシュ時、施工時、硬化後にそれぞれ試験および測定を実施した。

3. 実験結果

3.1 鉄筋の挿入実験

鉄筋かごを落とし込む過程で、鋼管内の突出物（ダイヤフラム・ひずみ拘束 PL）と鉄筋（補強筋）が接触することにより鉄筋かごの挿入が妨げられることは無かった。

表-1 使用材料

材料	特性・主成分
水	地下水(W)
セメント	中庸熱ポルトランドセメント(C)
細骨材	砕砂(S1 表乾密度2.68g/cm ³) 陸砂(S2 表乾密度2.65g/cm ³)
粗骨材	砕石(G 表乾密度2.71g/cm ³)
混和剤	高性能AE減水剤(SP)

表-2 調合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	C	S1	S2	G	SP
33.2	52.6	165	497	641	273	835	6.34

表-3 試験・測定項目および方法

分類	試験・測定項目	試験・測定方法
フレッシュ コンク リート	スランプフロー	JIS A 1150
	500mmフロー到達時間	JSCE-F 516
	フローの流動停止時間	JIS A 1150
	空気量	JIS A 1128
	コンクリート温度	JIS A 1156
	ブリーディング量*1	JIS A 1123
施工時	沈降量*2	ダイヤルゲージ
	鋼管内側圧	圧力計
硬化 コンク リート	沈降量*3	変位計
	圧縮強度	JIS A 1108
	コンクリートの充填状況	切断面の目視観察および空隙率測定

*1: 事前の実記試験練り時に実施

*2: 事前の実記試験練り時に、新都市ハウジング協会 CFT造技術指針に示される方法で実施

*3: 施工時に柱天端にて測定



この位置からさらに 10mm 程度、鉄筋かごを落とし込んだ場合、鉄筋が接触する。



写真-1 鉄筋の挿入実験状況

表-4 フレッシュコンクリート試験結果

工法	採取時期	経過時間(分)	スランプフロー(cm)	フロー時間(s)		空気量(%)	コンクリート温度(℃)	外気温(℃)
				500mm	停止			
落とし込み	出荷	5	68.1×64.0	6.2	41.3	3.1	18.0	16.0
	荷卸し	50	66.6×64.3	7.2	44.4	2.6	18.0	21.0
	打設後*	140	49.5×49.0	—	20.8	4.7	20.0	18.0
圧入	出荷	5	69.0×67.6	4.4	26.3	2.5	17.0	15.0
	荷卸し	50	65.2×65.0	10.5	47.9	2.1	17.0	14.0

*: 試料は柱頭より採取した。圧入工法では、打設後のフレッシュコンクリート試験を実施していない。

鉄筋の挿入実験状況を写真-1 に示す。挿入鉄筋の主筋先端と、0 節の主筋の先端が接触することが（写真-1 上）、鉄筋かごのスムーズな挿入を妨げた。これは、鉄筋かごを垂直に吊る事ができていないことが要因のひとつと考えられる。このため鉄筋かごを回転させるなどの調整を実施したが、鉄筋の先端どうしの接触を回避するために 20～30 分程度の時間を要した。鉄筋の先端どうしの接触の回避後は、主筋と主筋および補強筋がせることなく、必要な重ね継手長さまで落とし込むことができた（写真-1 下）。

また、重ね継手の長さの確認は、鋼管上部での柱主筋の残りの長さにより確認することが可能であった。

主筋先端の接触を避けるために、鉄筋かごを垂直にした吊り方、ガイド筋を設置するなど、検討が必要であることがわかった。

3.2 コンクリートの充填実験

(1) フレッシュコンクリート性状

フレッシュコンクリート試験結果を表-4 に示す。スランプフロー、空気量ともに荷卸し時の目標値を満足した。充填後のスランプフローは、経時変化の影響も考えられるが、荷卸し時より 15cm 程度低下した。また、充填後の空気量は、荷卸し時より 2.1%増加した。

ブリーディング量、沈降量は、事前の実機試験練りにおいて実施し、それぞれ $0.03\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 、 0.94mm となり、新都市ハウジング協会 CFT 造技術指針²⁾に示されている $0.1\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下および 2mm 以下を満足した。

(2) 施工時の性状

鋼管内の側圧の測定結果を図-4 に示す。落とし込み工法、圧入工法ともに柱の最下部付近（高さ 100mm または 750mm）および柱の高さの中央付近（高さ 4910mm または 5110mm）の 2 箇所において測定した。図にはコンクリートを液圧とみなして算定した側圧（以下、液圧）を破線で示す。落とし込み工法の側圧は、柱の最下部付近では初期から液圧より低い値となった。柱の中央付近では、初期は液圧とほぼ同程度であったが徐々に液圧より低い値となった。圧入工法の側圧は、柱の最下部では、初期

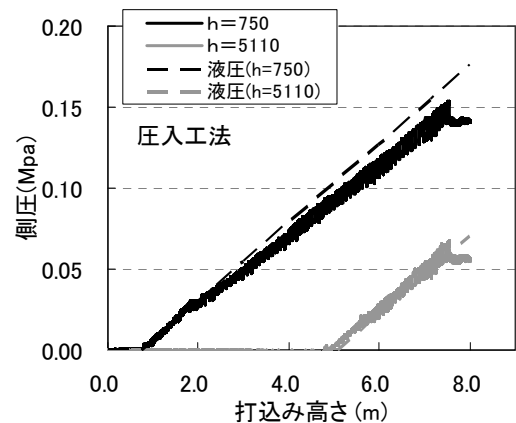
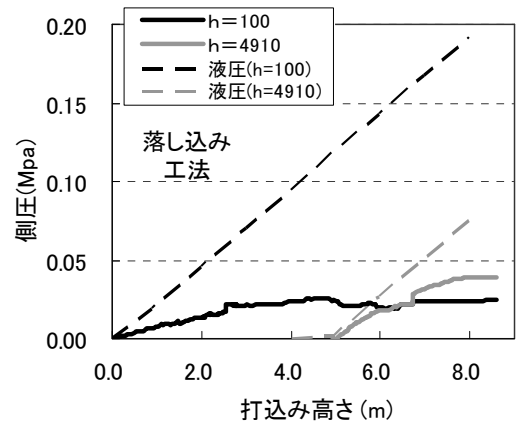


図-4 鋼管内の側圧の結果

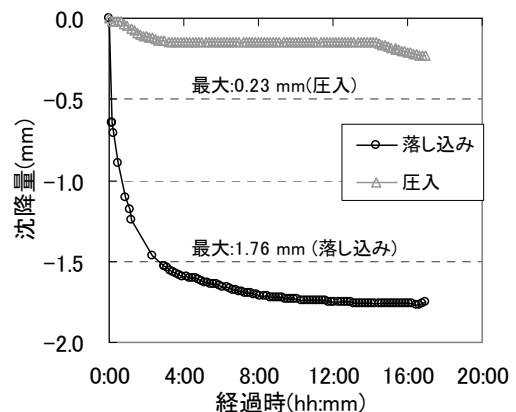


図-5 柱天端の沈降量

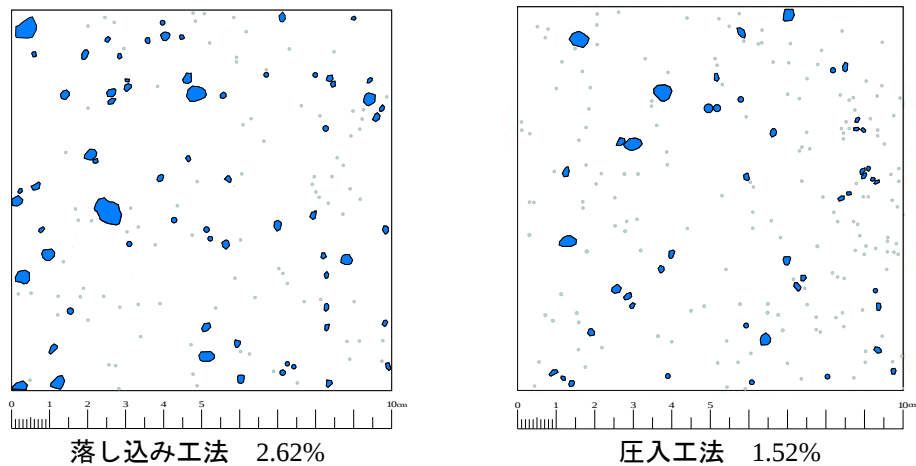


図-6 空隙面積率の測定状況

表-5 標準養生供試体の硬化後の試験結果

工法	採取時期	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	単位容積質量 (t/m ³)	工法	採取時期	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	単位容積質量 (t/m ³)
落とし込み	荷卸し	28	89.0	2.47	圧入	荷卸し	28	92.5	2.49
		56	91.0	2.45			56	98.6	2.49
		91	99.7	2.47			91	104	2.49
	打設後*	56	93.5	2.41		打設後*	56	102	2.47

*: 試料は柱頭より採取した。

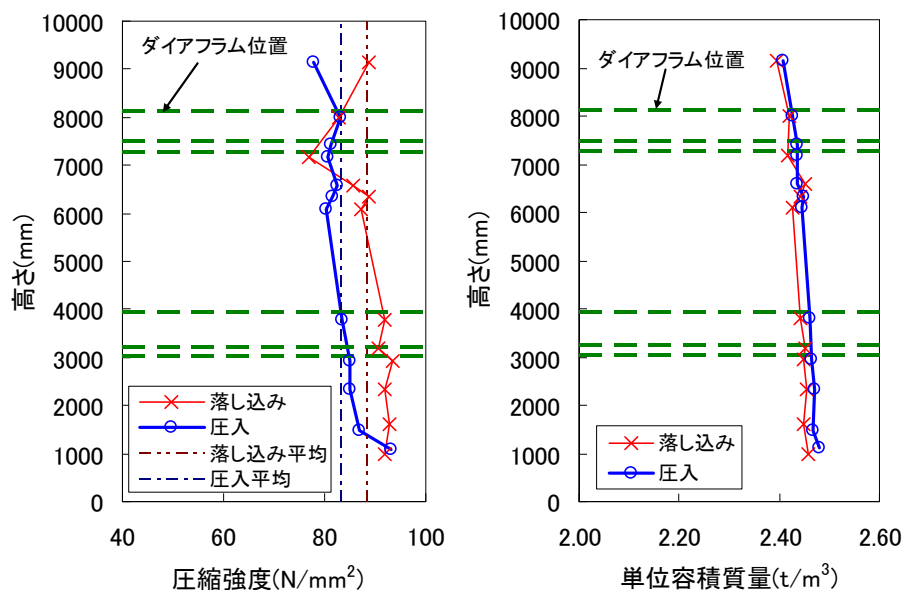


図-7 コア供試体の圧縮強度, 単位容積質量 (材齢 91 日)

は液圧とほぼ同程度で、その後、打込み高さが大きくなるにつれ液圧より 10%程度低い値となった。柱の中央付近では、初期から打設終了まで液圧とほぼ同程度の値となった。いずれの工法においても、側圧は液圧と同程度以下となり、鋼管への影響は小さいと考えられる。

柱天端の沈降量の測定結果を図-5 に示す。測定は、変位計により実施した。沈降量の最大値は落とし込み工法で

1.76mm、圧入工法で 0.23mm と小さな値となった。試験条件は異なるが、新都市ハウジング協会 CFT 造技術指針²⁾に示される 2mm 以下となり、良好な結果が得られたと考えられる。

(3) コンクリート硬化後の性状

コンクリート硬化後、試験体を切断し、充填状況の目

視観察および空隙面積率の測定を実施した。目視観察では、落とし込み工法、圧入工法ともに、ダイアフラム周辺部において大きな空隙は確認されず、充填状況は良好と考えられた。空隙面積率の測定は、目視で最も空隙が多いと判断された最上部のダイアフラム近傍の切断面で実施した。空隙面積率は、切断面の空隙の分布をトレースし、単位面積あたりの空隙の割合を算出した。空隙面積率の測定状況の一例を図-6 に示す。空隙面積率は落とし込み工法が 2.62%、圧入工法が 1.52%となり良好な充填結果が得られた。

標準養生供試体の硬化後の試験結果を表-5 に示す。いずれの供試体も呼び強度 61N/mm^2 を満足していた。また、落とし込み工法、圧入工法ともに、荷卸し時と打設後の圧縮強度、単位容積質量はほぼ同程度であった。

材齢 91 日におけるコア供試体の圧縮強度、単位容積質量の結果を図-7 に示す。なお、圧縮強度試験時に偏心し、正確な試験を実施できなかった箇所データの除外した。また、コア供試体の高さについて、落とし込み工法における試験体底面からの高さを基準とし、圧入工法においては、実際の高さから 400mm を減じた高さで図中に示した。コア供試体の圧縮強度はいずれも設計基準強度 54N/mm^2 を満足した。圧縮強度は、ダイアフラム近傍で落とし込み工法において、ばらつきが見られた。圧入工法においては、ダイアフラム近傍でのばらつきは落とし込み工法と比

較して小さかった。単位容積質量は、いずれの工法の場合も下部のほうが大きくなり、これは圧密によるものと考えられる。

4. まとめ

鉄筋挿入型薄肉 CFT 造柱部材の施工方法を確立するため、実大施工実験により、鋼管柱への鉄筋の挿入方法、コンクリートの充填性能を確認した。その結果以下のことが明らかとなった。

(1) 鉄筋かごの重ね継手部の施工は、鉄筋かごの主筋位置を調整し固定することで、①鋼管柱の設置、②鉄筋かごの挿入という施工手順で施工が可能と考えられる。

(2) コンクリートの打設速度を 1.0m/min 程度以下とした場合、充填性状および硬化性状は、落とし込み充填工法および圧入工法のいずれの工法においても良好であった。

参考文献

- 1) 堀伸輔, 今村輝武, 古宮嘉之, 成瀬忠, トルガオナル, 茂木順一: 鉄筋挿入型薄肉 CFT 造の開発, 前田建設技術研究所所報, Vol.52, 2011
- 2) 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, 第 2 章「CFT 造技術指針・同解説」, 2009