# 論文 CFT構造柱における誘導管式落とし込み工法に関する実験

竹内 博幸\*1・落合 亮太\*2・横山 直樹\*3・服部 覚志\*3

要旨:CFT構造柱のコンクリート打設方法の1つである落とし込み工法は一般に揚重機を 拘束することから工程・コストに及ぼす影響は大きい。そこで、本報ではポンプ圧送による コンクリートを直接落とし込む工法として誘導管式落とし込み工法を考案し,誘導管形状お よび開孔径・間隔などについて検討した要素実験と,さらにその結果に基づいて実大規模で 行った施工確認実験について報告する。一連の実験の結果,誘導管式落とし込み工法により 所要のコンクリートをスムーズに充填することができ,硬化後の充填状況および構造体コン クリート強度試験結果より実用化にあたって問題ないことが明らかになった。 キーワード:CFT構造柱,落とし込み工法,誘導管式,開孔径,開孔間隔,管底あき

1. はじめに

CFT構造柱に適用される落とし込み工法は, 圧入工法に比較して圧入口の取付けなど特殊な 加工を必要とせず,また施工条件によっては, 水平部材を同時に打設できるなど種々の利点が 挙げられる。しかし,同工法は一般にはコンク リートバケットが用いられ,揚重機を拘束する ことから工程・コストに及ぼす影響が大きい。<sup>1)</sup>

そこで、本報では揚重機を用いずに、ポンプ 圧送によるコンクリートを直接落とし込む工法 として誘導管式落とし込み工法を考案し、誘導 管の形状および開孔の径・間隔などについて検 討した要素実験と、さらにその結果に基づいて 実大規模の鋼管柱に所要のコンクリートを実際 に打設してその有効性を確認した施工確認実験 について報告する。

#### 2. 要素実験

#### 2.1 実験概要

# (1) 目的

本実験は、CFT鋼管柱の内部に設置された 半割形状の落とし込み誘導管について、同管の 最下端からの噴出し分が閉塞しないための側面

\*1 五洋建設(株)建築エンジニアリング部(正会員) \*2 五洋建設(株)東京支店 建築部(正会員) \*3 五洋建設(株)東京支店 建築部

の開孔径および同管最下端と鋼管柱底との距離

(管底あき)ならびに最下段開孔位置について 最適値を求めることを目的とする。なお,誘導 管の形状・寸法(φ250mm,半割)については, 予備実験にて所要のコンクリートを用いて落と し込みが可能であることを確認した。

(2) 試験体

要素実験に用いた試験体形状を図-1に示す。 また,充填性状への影響を確認するために設定 した実験要因を表-1に示す。



実験要因は,誘導管の開孔径は3水準,管底 あき・最下段開孔位置は各2水準とし,スムー ズな充填に必要な最適値について検討した。 なお,充填状況の確認は試験体の2側面を構成 するアクリルパネル面より目視およびビデオ撮 影により行った。

(3) コンクリート

要素実験に用いたコンクリートの使用材料を 表-2に、また、その調合を表-3に示す。

(4) 試験項目

要素実験にて実施した試験・測定項目を表-4に示す。フレッシュコンクリート試験は試験 体打設直前に行った。なお、コンクリートは、 アジテータ車のシュートにて誘導管の上部より 直接落とし込んだ。また、充填性状の確認は、 各試験体ごとに目視観察、ビデオ・写真撮影、 各部の打込み高さの測定にて行った。確認後は 打ち込まれたコンクリートを排出し、試験体を 洗浄した後、新たなコンクリートを次の試験体 に落とし込んで同様に試験・測定を実施した。

# 2.2 実験結果

#### (1) フレッシュコンクリート試験結果

各試験体打設ごとに行ったフレッシュコンク リート試験結果を**表-5**に示す。各試験値は, 練混ぜ後2時間経過までは目標値の範囲内であ り,所要の性能を有するものと判断された。

### (2) コンクリート充填状況

試験体 No. 1~No. 3における充填状況の経時 変化を図-2に示す。これより,誘導管底部に 鋼管柱底との距離(管底あき)をあけた No. 1に ついては,試験体の高さ1m程度までは誘導管 内と鋼管柱の打込み高さの差は小さいが,それ 以降は閉塞に近い状態となり,全高 1.40mまで 充填するに到らなかった。一方,誘導管の開孔 を \$ 250 mm とした No. 2 は,誘導管内と鋼管柱の 打込み高さの差は最大で 50 cm程度となり,閉塞 に近い状態になったのに対し,誘導管の開孔を \$ 300 mm とした No. 3 は両者の打込み高さの差が 最大で 32 cm程度となったものの,誘導管の次の 開孔よりコンクリートが順次供給される状態と なり, 試験体の全高 1.40mまで充填することが できた。

#### 表一1 実験要因

	実験要因						
試験体	誘導管径	開孔径 <sup>1)</sup> (寸法α)	管底あき (寸法A)	最下段開孔 一管底距離 (寸法B)	開孔間隔 (寸法C)		
No.1	050	125mm	300mm	300mm			
No.2	250mm (半割)	250mm	0	200mm	800mm		
No.3	(10)	300mm	0	20011111			

注]1)誘導管開孔径は展開状態での直径とする。

表-2 コンクリートの使用材料

項目	種類	摘  要
セメント	普通ポルトラント゛	T社製,密度:3.16g/cm <sup>3</sup>
細骨材 陸砂		栃木県那珂川産, 表乾密度:2.54g/cm <sup>3</sup> ,吸水率:2.55%
粗骨材	砕石	福島県棚倉産 表乾密度:2.64g/cm <sup>3</sup> , 吸水率:1.64%, 実積率:60.7%
水	井戸水	
混和剤	高性能 AE減水剤	P社製,遅延型

表-3 コンクリートの調合

W/C (%)	s/a (%)	スランプ <sup>。</sup> フロー (cm)	空気量 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
				W	С	S	G	混和剤 (C×%)
34.5	48.2	60	3	170	493	788	881	1.30

表-4 試験項目

試験項目	試験·測定方法	目標管理値	備考
スランプフロー 50cm到達時間	JIS A 1150	60±7.5cm 3~10秒	参考值
スランプフロー 停止時間	ストップウォッチ		参考值
空気量	JIS A 1128	$3.0 \pm 1.5\%$	
コンクリート温度	棒状温度計	10℃以上	
V75漏斗流下時間	土木学会規準案	-	参考值
試験体充填時間	ストップウォッチ	-	
試験体充填状況	目視観察 写真撮影 ビデオ撮影	_	鋼管柱と誘導管内 の打込み高さの差 その他

表-5 フレッシュコンクリート試験結果

試験体	練混ぜ 後経時 (分) <sup>1)</sup>	スランフ <sup>°</sup> フロー (cm)	50cm到達 停止時間 (秒)	空気量 (%)	V75漏斗 流下時間 (秒)	コンクリート 温度 (℃)
No.1	46	62.0×62.0	5.6 41.2	2.8	16.0	10.1
No.2	57	65.0×61.5	5.9 35.5	2.0	43.4	12.5
No 2	70	$62.0 \times 57.5$	$5.0 \\ 30.5$	2.8	I	11.8
110.5	121 2)	$58.5 \times 52.5$	$\frac{4.1}{24.5}$	3.6	I	11.1

注 1) フレッシュコンクリート試験の実施時間で、試験後直ちに打込みを行う。 2) 試験体打込み後フレッシュコンクリート試験のみ行う。 また,実験結果に基づき誘導管内と鋼管柱の 打込み高さの差と打込み速度との関係を図-3 に示す。この場合の打込み速度とは,鋼管柱に 打ち込まれたコンクリート量(誘導管内の量を 除く)を経過時間で除した値であり,誘導管内 と鋼管柱の打込み高さの当該差が生じた時点に おける鋼管柱が打ち上がる速度を示している。 これより,誘導管の開孔径 \otherwidth 250 mmの試験体 No. 2が,打込み速度が小さい範囲でも誘導管内と 鋼管柱の打込み高さの差が最大で50 cm近くにな り閉塞に近い状態になったのに対し,誘導管の 開孔径 \otherwidth 32 cm程度で, 全般的にスムーズな充填状況であった。









# 3. 落とし込み確認実験

#### 3.1 実験概要

# (1) 目的

要素実験の結果,誘導管は φ 250 mmの半割管で 開孔径を φ 300 mmとし,その間隔を誘導管内と鋼 管柱の打込み高さの最大差約 32 cmを超える設定 とすることで有効となることが明らかになった。

そこで、本実験では、実大規模の CFT 鋼管柱 ( $\phi$  800 mm, t =9.5 mm, 高さ: 5.0 m)の内壁に  $\phi$  250 mmの半割の誘導管を取り付け、その開孔の 径・間隔を $\phi$  300 mm・@800 mmとし、所要のコン クリートを誘導管上部より落とし込み、コンク リートの充填状況と構造体コンクリート性状に 及ぼす影響について検証した。

なお,コンクリート充填状況は,ビデオ撮影 による観察および鋼管柱と誘導管の打込み高さ の差を適時測定することにより確認した。

(2) 試験体

試験体の形状・寸法を図-4に示す。また, 試験体上部の打設口の状況を写真-1に示す。

なお,誘導管は鋼管柱内壁に点付け溶接にて 設置した。



(3) コンクリート

コンクリートの調合は要素実験と同一とし, 製造工場も同一とした。

(4) 試験項目

フレッシュコンクリート試験と充填状況確認 に関する実施項目を**表-6**に示す。

#### 3.2 実験結果

(1) フレッシュコンクリート試験結果

フレッシュコンクリート試験結果を表-7に, また沈降量測定結果を図-5にそれぞれ示す。

(2) コンクリート充填状況

試験体における充填状況の経時変化を図-6 に示す。また、高さ方向における誘導管内と鋼 管柱内の打上げ高さの差の経時変化を図-7に 示す。

これらより,本実験では,要素実験と同様に 誘導管を自由落下したコンクリートが同開孔部 より鋼管柱内充填を開始し,両管内における応 力が均衡した時点から誘導管内の打込み高さが 上昇し,次の開孔に差し掛かることにより鋼管 柱内に再度充填を開始するという現象が繰り返 されていることが分かる。

なお,打上げ高さが増大するに従い鋼管柱と 誘導管内の打上げ高さの差が大きくなる傾向に あるのは,両者のすべり抵抗の差が増大するた めと考えられる。



写真-1 試験体上部状況

表一6 試験実施項目

	試験項目	試験·測定方法	目標管理値	備考
	スランプフロー 50cm到達時間	JIS A 1150	60±7.5cm 3~8秒	参考值
	スランプフロー 停止時間	ストップウォッチ		参考值
	空気量	JIS A 1128	$3.0 \pm 1.5\%$	
	コンクリート温度	棒状温度計	10℃以上	
	V75漏斗流下時間	土木学会規準案	10±5秒	
	U型充填	JSCE-F 511	300㎜以上	
	沈降量	CFT構造技術指針 B法	2.0mm以下	供試体(φ15×30) 試験体柱天端
	試験体充填時間	ストップウォッチ	_	
試験体充填状況		<ul> <li>目視観察</li> <li>写真撮影</li> <li>ビデオ撮影</li> </ul>	_	蒸気孔(φ20mm) 各2ヶ所@200mm

表-7 フレッシュコンクリート試験結果

項目	スランプ <sup>。</sup> フロー (cm)	50cm到達 停止時間 (秒)	空気量 (%)	V75漏斗 流下時間 (秒)	U型充填	コンクリート 温度 (℃)	沈降量 <sup>1)</sup> (mm)
目標 管理値	$60\pm5$	3~8 -	$3.0 \pm 1.5$	$10\pm5$	300mm 以上	-	2.0mm 以下
試験・ 測定値	61.0×60.0	5.6 41.2	2.8	19.4	310	16	0.53 (1.28)
注 ] 1	<ol> <li>ト 段・ 仕 試 位</li> </ol>	k( a 15 × 30	)におけろ	最大值			

下段:試験体(鋼管柱天端)における最大値







図-7 鋼管柱と誘導管内の打込み高さの差

(3) 硬化コンクリートにおける充填状況

本実験における充填状況を確認するために, 材齢28日の時点で試験体の柱脚・柱頭部を水平 断面方向に切断した。各切断面および誘導管近 傍におけるコンクリートの充填状況を**写真-2** および**写真-3**に示す。これらより,いずれの 切断面においても誘導管内外の充填状況および 骨材の分布状況からコンクリートが密実に充填 されていることが分かる。

#### (4) 硬化コンクリート性状

誘導管式落とし込み工法による構造体コンク リート強度の分布状況を確認するために,材齢 28日および91日にてコア供試体を採取した。

コア供試体の採取位置を図-8に、高さ方向 におけるコア供試体強度の分布を図-9および 10 にそれぞれ示す。なお、各材齢における標準 養生供試体強度をそれぞれ破線と一点鎖線で示 している。また、表-8は、コア圧縮強度にお ける鋼管柱内と誘導管内の平均・標準偏差・変 動係数などを示している。

これらより,誘導管内のコア圧縮強度が鋼管 柱内のそれに比較して若干小さく,ばらつきが 大きい傾向にあるが,全体的には両者における 変動係数は 0.48~5.31%,2.08~4.15%の範囲で あり,同種のコンクリートに比較して遜色ない コア強度分布状況と考えられる。



写真-2 各切断面でのコンクリート充填状況



写真-3 誘導管近傍における充填状況



図-8 コア供試体採取位置

### 4. まとめ

場重機を用いずに、ポンプ圧送によるコンク リートを直接落とし込む誘導管式落とし込み工 法を考案し、誘導管の形状および開孔の径・間 隔などについて検討する要素実験と、さらにそ の結果に基づいて実大規模の鋼管柱に所要のコ ンクリートを実際に打設してその有効性を確認 する施工確認実験を行ったところ、以下のこと が明らかになった。

- (1) 誘導管底部に噴出し距離をあけた場合,試験体の高さ1m程度までは鋼管柱と誘導管内の 打込み高さの差は小さいが,それを超えると 閉塞に近い状態となった。
- (2) 誘導管の開孔径を \$ 300 mm とした場合,鋼管 柱と誘導管内の打込み高さの差は最大で 32 cm 程度となるものの全般的には開孔径 \$ 250 に 比較してスムーズな充填状況であった。
- (3) 誘導管の開孔径 φ 300 mm, 同間隔@800 mmと した実大規模の施工確認実験では, 誘導管内 の打込み高さがある程度まで上昇するものの 次の開孔に差し掛かることにより鋼管柱内に 再度充填が開始されるという現象が繰り返さ れるため, 試験体全高の5 mまでスムーズに 打ち込むことができた。
- (4)施工確認実験における試験体切断面を観察 したところ誘導管方式によるコンクリートの 充填状況は良好であった。
- (5) 施工確認実験における試験体では,全体的に は誘導管方式に起因するコア圧縮強度分布に おける差違は見られない。

#### 参考文献

- (社)新都市ハウジング協会他: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, pp.2-43~2-52, 2002.9
- 2) (社)日本建築学会:コンクリートポンプ工 法施工指針・同解説, pp.192-236, 1995.3



図-9 コア供試体圧縮強度分布(材齢28日)





表-8 コア圧縮強度に関する統計的数値

場所	材齢	位置	供試体 数量	平均値 (N/mm <sup>2</sup> )	標準偏差 (N/mm <sup>2</sup> )	変動係数 (%)
		全体	19	77.96	2.58	3.30
鋼管柱	σ 28	柱頭	4	78.63	1.63	2.08
		柱脚	5	77.43	3.03	3.91
	σ 28	全体	8	78.88	3.34	4.23
誘導管		柱頭	4	81.66	0.39	0.48
		柱脚	4	76.11	2.61	3.43
		全体	19	85.14	3.45	4.05
瘤為拧	σ 91	柱頭	4	87.47	3.56	4.07
<b>亚</b> 門 '目 1'土		中央	10	83.84	3.48	4.15
		柱脚	5	84.86	2.89	3.41
誘導管	σ 91	全体	10	83.74	4.45	5.31