

圧入方式による鋼管コンクリート構造柱の施工および品質管理*

(事務所建築での事例)

川崎三十四¹⁾ 中川 雄二²⁾ 松本 範義²⁾

概要：本編は地下1階，地上6階の事務所建築において，柱に充填型の鋼管コンクリート構造柱（一部，SRC造，S造）を用いた構造形式の施工および品質管理結果についてまとめたものである。施工，品質管理上のポイントは，①高炉B種セメントを用いた高流動コンクリートで圧入すること，②柱1本につき12枚の内ダイヤフラムを通過すること，③ダイヤフラム下面に空隙を作らぬこと，④柱全体のコンクリート強度が設計基準強度以上，などであった。コンクリートの圧入は，地上から6階の柱頭まで約23mを一度に行い充填した。高さ方向の圧入速度は1分当たり0.67～0.92mであり，所期の目的を達成することが出来た。

キーワード：設計基準強度39N/mm²，高炉B種セメント，高流動コンクリート，ブリージング，沈降量，圧入速度

Installation and quality control of the CFT structural column of which concreting is being executed by pumping up.
[Office construction case]

Satoshi KAWASAKI, Yuji NAKAGAWA, Noriyoshi MATUMOTO

Synopsis : This is the summarizing resume on the result of installation and quality control of the office building (six storeys and one basement) in which the filled type CFT structural column (Partially SRC and S construction were adopted) is utilised. Critical points to be noticed are as follows. ①Pressurized and pumped high fluidity concrete made from type B portland blast furnace slag cement into the tube. ②Twelve inner diaphragms per one column in which the concrete is to be filled. ③No cavitation (entrained air bubble) right under the diaphragm. ④More compressive strength of the concrete through the column than scheduled design compressive strength and etc. As to the pressurized pumping of the concrete, filling operation had carried out for the 23m steel tube (from the GL to the column capital) at one time and its altitudinal speed of the pumping was 0.67～0.92m per minute, achieving aimed purpose.

Keyword : Design compressive strength of the concrete 39N/mm², Type B portland blast-furnace slag cement, High fluidity concrete, Bleeding, Settlement, Pumping speed of the concrete,

1. はじめに

筆者らは建築物の強度，靱性，剛性を高める利点のある鋼管コンクリート構造の建築に向けて一連の研究を進め，その総括として実大による事前の施工実証実験¹⁾を公開で行った。本編ではこれまでの研究成果をもとに様々な技術課題を乗り越え，事務所建築の新築工事に適用した結果についてまとめたものである。

2. 建物及び鋼管柱の概要

建物の概要を表-1に示す。鋼管柱 (STK400) (外
表-1 建物の概要

名 称	代々木センタービル(新築)(代々木ゼミ)		
用途：事務所	階数：地上6階，地下1階，塔屋1階		
主体構造：SRC造，(地上部の柱はCFT造)			
建築面積：160.0m ²		延べ面積：886.2m ²	
最高部高さ：28.4m，軒高：23.2m，建物の高さ：23.85m			
階 高	基準階：3.8m，1階階高：4.1m，地階階高：4.3m		

*一部を日本建築学会九州支部研究報告で講演，第38号1999年3月，pp 125～128

¹⁾ 建築学科 ²⁾ 東海興業(株)

表-2 鋼管の形状

外周寸法 (mm)	階数	厚さ (mm)	ダイヤフラム		
			開口寸法 (mm)	開口率 (%)	空気抜孔 (mm)
φ 457.2	1~3 F	19	φ 240	32.8	φ 30
	4~6 F	16	φ 240	31.9	φ 30
φ 508.0	1~3 F	22	φ 240	26.8	φ 30
	4~6 F	19	φ 240	26.1	φ 30
φ 508.0	1~3 F	22	φ 240	26.8	φ 30
	4~6 F	16	φ 240	25.4	φ 30

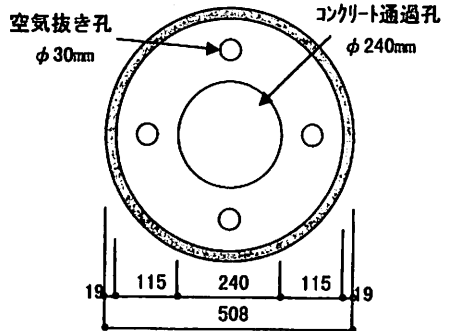


図-1 ダイヤフラム形状例

表-3 コンクリートの目標品質

項目	品質
設計基準強度	39N/mm ²
スランプフロー	65±5cm ¹⁾
空気量	3.5±1.5% ¹⁾
沈降率	0.67%以下 ²⁾
ブリージング量	0.1cm ³ /cm ³ 以下 ²⁾
50cm フロー時間	10秒以下 ¹⁾
V ロート流下時間	20秒以下 ¹⁾

(注)1) 基礎実験研究による。2) CFT 構造技術指針による。

周：φ 457.2、φ 508の2タイプ) は内ダイヤフラム形式で、それぞれのダイヤフラムにはφ 240 (開口率：25.4~32.8%) の開口部とφ 30の空気抜き穴 (4個) を設けてある。鋼管の形状を表-2に、ダイヤフラムの形状例を図-1に示す。

3. 技術課題

施工及び品質管理上の技術課題には下記のようなものがあり建物の構造上失敗は許されないものであった。①地上より高さ23.2mの柱頭まで一度に圧入すること。②柱1本につき12枚の内ダイヤフラムで閉塞することなく通過充填すること。③ダイヤフラム下面に空隙を作らぬこと。④柱全体のコンクリート強度が設計基準強度以上のこと。

4. 圧入工法の概要

圧入工事は連続2日間で行った。コンクリートの充填方法はピストン式のポンプ圧入工法で水平配管距離約20mを経て1階柱脚から圧入した。圧入工法の概略を図-2に示す。ここでポンプ車は1式によって検討し、吐出圧力13.6kg/cm²以上の機種を選定した。特に、水平管の管内圧力損失 (K) ならびに圧入口での圧入

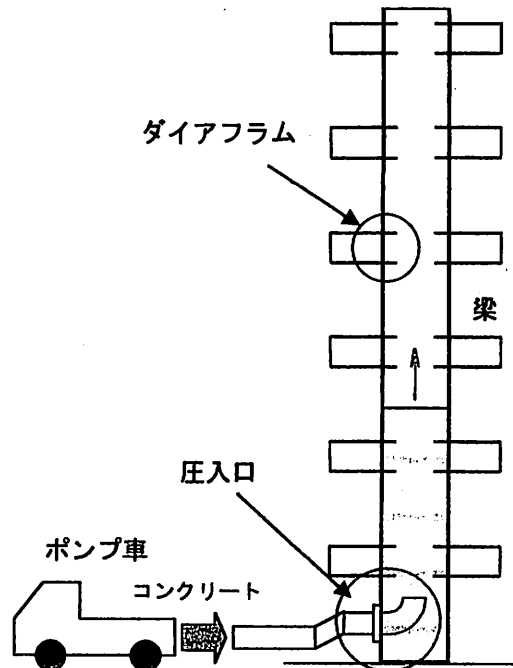


図-2 圧入工法概略図

圧力と液体圧の比率を表す係数 (α) は、筆者らのこれ迄の技術蓄積から用いた数値のものである。

$$P = P_D + P_C = K(L + 3B + 2T + 2F) + 0.1WH_P + \alpha \cdot 0.1WH_C \dots \dots \dots (1)$$

但し、P：コンクリートポンプに加わる圧送負荷 (kg/cm²)

P_D：配管部の圧送負荷 (kg/cm²)

P_C：鋼管部の圧送負荷 (kg/cm²)

K：水平管の管内圧力損失 (kg/cm²/m)

L：直管の長さ (m)

- B：ベンド管の長さ (m)
- T：テーパー管の長さ (m)
- F：フレキシブルホース (m)
- W：フレッシュコンクリートの単位容積重量 (tf/m³)
- H_P：圧送高さ (m)
- H_C：圧入高さ (m)
- α：圧入口での圧入圧力と液体圧の比率を表す係数

ここで、 $K=0.15\text{kg/cm}^2/\text{m}$ 、 $\alpha=1.2$ と定め、次の該当数値を代入して圧送負荷 ($P=10.9\text{kg/cm}^2$) を算出した。
 (L=18m, B=1.6m, T=0 m, F=3 m, W=2.4tf/m³, H_P=0 m, H_C=23m)
 よって、必要吐出圧力は、 $P^*=10.9 \times 1.25=13.6\text{kg/cm}^2$ 。

5. コンクリートの目標品質

これまでの基礎研究や実機での事前試験結果からコンクリートの目標品質を表-3のように定めた。

6. コンクリートの使用材料と調合

コンクリートの使用材料を表-4に、調合を表-5に示す。調合については生コンプラントでの室内および実機による事前試験を行い、作業所までの運搬による品質変化等を確認し調合に反映させた。(実機、標準養生：1週=52.4N/mm²、4週=71N/mm²) 特に、分離低減剤は外気温の上昇、コンクリートの目視観察の結果から事前試験時の200g/m³から当日に250g/m³に臨機に対処変更した。

7. 試験項目及び方法

試験項目と試験方法を表-6に示す。

8. 品質管理結果及び考察

品質管理は出荷時、荷卸し時、水平圧送筒先、鋼管柱頭に試験員を配置して行った。

(1) スランブフロー及びコンクリート温度

スランブフローの試験結果を図-3に示す。コンクリート温度は1日目は出荷時に20℃、荷卸時に21~22℃であった。2日目は出荷時に22~23℃、荷卸時に

表-4 使用材料

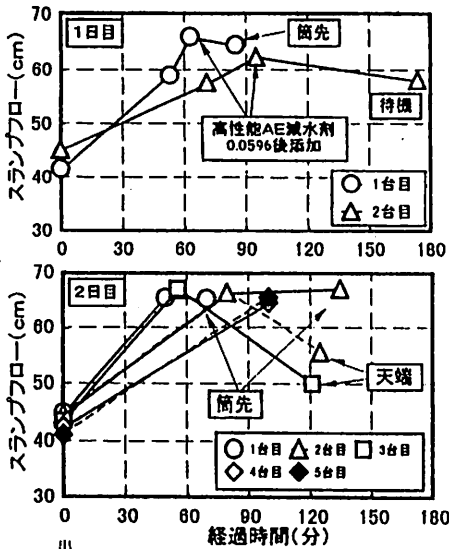
材 料 名	物 性 値
水	上水道水
セメント	高炉セメントB種、比重3.05
細骨材	山砂+砕砂 表乾比重2.60 吸水率2.74% FM2.84%
粗骨材	碎石(石灰石) 表乾比重2.70 吸水率0.715% 実績率60.6%
高性能A E減水剤	ポリカルボン酸系 P社製
分離低減剤	セルロース系 S社製

表-5 コンクリートの調合表

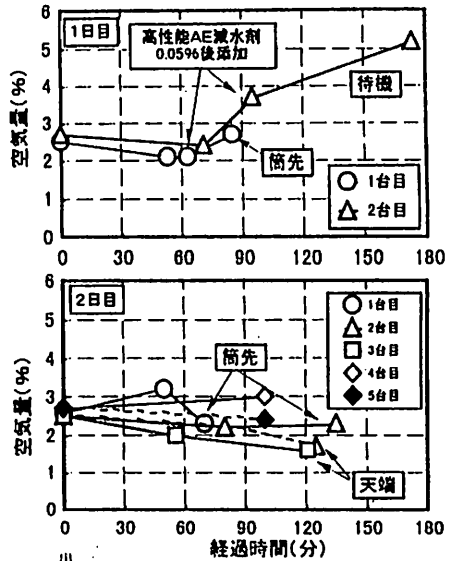
W/C (%)	粗骨材かさ容積 (m ³ /m ³)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				分離低減剤 (g/m ³)	高性能A E減水剤 (C×%)
			水	セメント	細骨材	粗骨材		
37.5	0.53	51.9	165	440	891	859	250	1.9

表-6 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
スランブフローおよびフロー時間	JASS 5T-503 B法に準拠、フロー時間はコンクリートの広がりか50cmに到達する迄の時間を測定。
空気量試験	JIS A 1128に準じ、突き数は3層10回とした。
Vロート試験	Vロート試験機を用い、試料が全て流下するまでの時間を測定。試験は3回行い、2回目と3回目の平均値をVロート流下時間とした。
沈降量試験	①15φ×30cm鋼製型枠に試料を詰め、天端面にφ10cmの塩ビ板を設置し、ダイヤルゲージによりその沈降量を測定。突き数は2層5回とした。
	②柱頭にφ10cmの塩ビ板を設置し、ダイヤルゲージにより沈降量を測定した。
ブリージング試験	JIS A 1123に準じた。試料作製時の突き数は3層10回とした。
圧入速度	ポンプ車のピストン速度の調整と各階に設けた充填確認孔の通過時間を測定することにより、1m/分の速度で鋼管柱をコンクリートが上昇することを確認した。
圧縮強度試験	JIS A 1108に準じた。試料作製時の突き数は2層5回とした。



川崎時 図-3 スランプフロー試験結果



川崎時 図-4 空気量試験結果

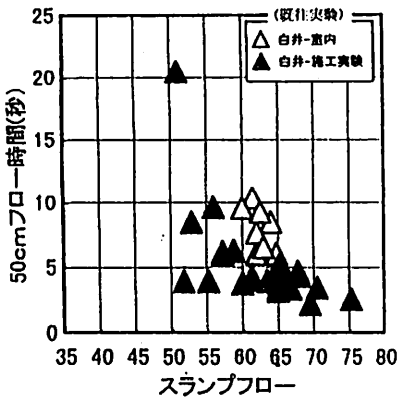


図-5 スランプフローと50cmフロー時間との関係

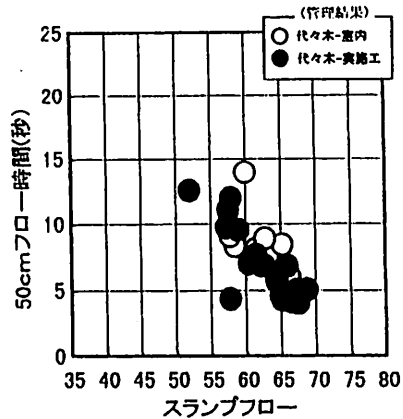


図-6 スランプフローと50cmフロー時間との関係

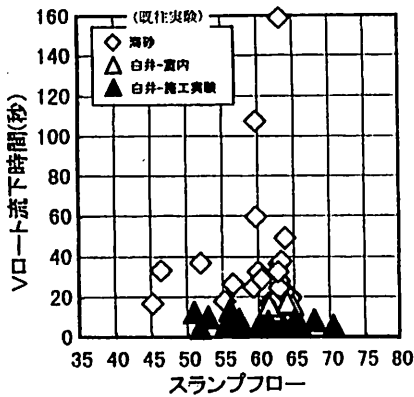


図-7 スランプフローとVロート流下時間との関係

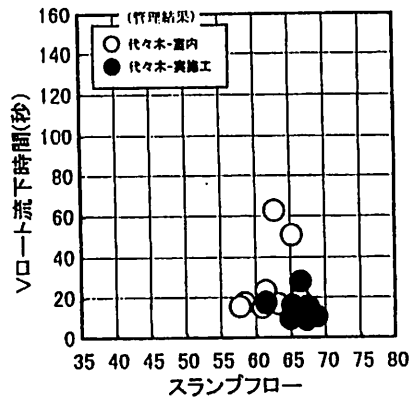


図-8 スランプフローとVロート流下時間との関係

22~23℃であった。1日目のスランプフローは、出荷時41.5~45cm、荷卸時57.5~59cmとなり、荷卸時が管理値より小さかったため、高性能A E減水剤を後添加して流動化した。2日目は荷卸時に管理値を満足した。同一調合にも関わらず違いが生じた原因は、骨材のロット差以外に分離低減剤は温度が高い場合、粘性が小さく、低い場合、粘性が大きいと報告があり、今回の現象となったと推察される。水平配管の筒先では配管距離が短いこともあり荷卸時との品質変化は小さかった。柱頭のスランプフロー（2日目）は50~55.5cmとなり、荷卸時に比べ10.8~17cm小さくなった。このスランプフローの低下は、鋼管柱の内側面にモルタル分が付着したためと考えられる。¹⁾ 柱頭で粗骨材が多く観察されたことから推察出来る。しかし柱頭でも十分な流動性を保っているのが見受けられた。

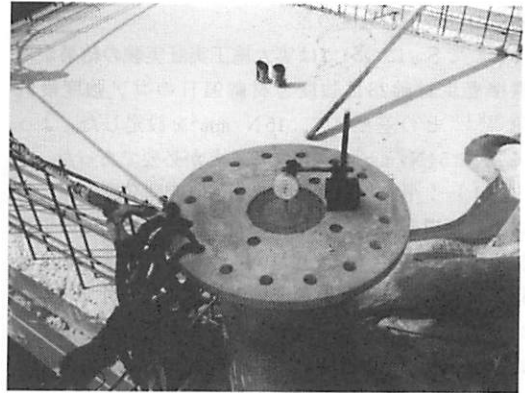


写真-1 柱頭での沈降量測定

(2) 空気量

空気量の試験結果を図-4に示す。1日目の2台目は高性能A E減水剤の後添加後空気量が増したため約80分待機して施工した。柱頭での空気量は荷卸時に比べ約0.4~0.5%低下する傾向にあった。

(3) 50cmフロー時間及びVルート流下時間

スランプフローと50cmフロー時間の関係を図-5（既往実験）、図-6（管理結果）に、スランプフローとVルート流下時間の関係を図-7（既往実験）、図-8（管理結果）に示す。50cmフロー時間は荷卸時に6.5~8秒、筒先で5.5~5.6秒、柱頭で14.1~14.8秒程度となり荷卸時の管理値10秒以下を満足した。Vルート流下時間は荷卸時に13~28秒で、荷卸時の管理値20秒を超えるものもあった。しかし問題なく圧入することが出来た。管理値については更に基礎データを蓄積し検討したい。

(4) コンクリート圧送・圧入

圧入速度はポンプ車のピストン速度制御で調整した。各階柱の充填確認孔で上昇速度を確認した結果0.67~0.92m/分でありほぼ目標とした1m/分になった。

(5) ブリージング及び沈降量（率）

荷卸時のブリージングは全く無かった。同様に沈降量は15φ×30cm型枠の高さ300mmに対して0.75~0.77mm（0.25~0.26%）で管理値未満となった。鋼管

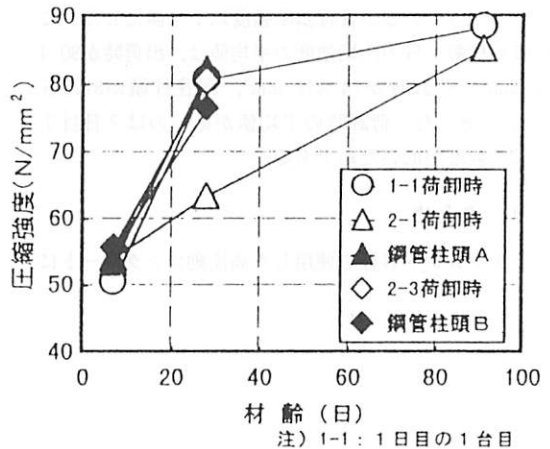


図-9 圧縮強度試験結果

柱頭の沈降量は1.6~2.13mmとなり、高さ23mに比べ極めて小さくダイヤフラム下端も密実に充填しているものと推察している。（写真-1参照）

(6) 圧縮強度

構造体コンクリート強度の検査基準は、CFT構造技術指針・同解説の「材齢91日のコア強度を、標準養生供試体を用いて所定の管理材齢で推定する方法」によった。同基準では、標準養生供試体で管理する場合、2式のようにになっている。

$$X_N \geq F_C + S_0 \dots\dots\dots(2)$$

但し、 X_N ：1検査ロット（N回の試験）における標準養生供試体の圧縮強度の平均値。

F_C ：設計基準強度

S_0 ：構造体コンクリート強度の管理用供試体に

よる圧縮強度の推定値と標準養生した供試体の管理材齢における圧縮強度の差。

ここで S_0 については実大施工実証実験の結果から標準養生材齢28日強度と材齢91日のコア強度最低値(注1)との差として、 15N/mm^2 を設定した。よって $X_N \geq 54\text{N/mm}^2$ を満足することが必要であった。

(注1)：平成4年度New RC研究開発概要報告書によれば構造体コンクリートの強度はコア強度の平均値で評価してよいとされている。しかし構造体強度は隔々に渡って設計基準強度以上が必要との設計者からの要請により安全性を考えあえてコア最低値を適用した。図-9に標準養生による管理試験の結果を示す。

2日目の1台目の荷卸時に材齢28日強度がサンプリングか養生等の原因によって 63.3N/mm^2 と極端に低い値となっているが管理基準強度以上を満たした。このほか材齢28日の圧縮強度の平均値は、出荷時が 80.4N/mm^2 、荷卸時が 74.8N/mm^2 、鋼管柱頭が 81.5N/mm^2 であった。荷卸時の平均値が低いのは2日目1台目の強度が低いためである。

9. まとめ

高炉セメントB種を使用した高流動コンクリートに

よって、高さ23.2mをポンプ圧入施工することが出来た。技術課題のうちダイアフラム下端の充填については、直接確認は出来ないがブリージング量、沈降量(率)の管理結果及び既往の施工実験結果から十分に密実となっているものと推察される。

(参考文献)

- 1) 川崎, 中川, 成川, 松本, 和田：鋼管コンクリート構造柱の実用化実大施工実験 その1, 2, 3 日本建築学会学術講演梗概集PP851~856 (1998)
- 2) 中川, 川崎, 成川, 松本, 和田：海砂を用いたCFT用コンクリートの調合に関する基礎実験 その1, 2 日本建築学会学術講演梗概集PP251~254 (1997)
- 3) 和田, 川崎, 中川, 成川, 松本：CFT用コンクリートの沈降率試験方法の検討, 日本建築学会学術講演梗概集PP255~256 (1997)
- 4) CFT構造技術指針・同解説 (社) 新都市ハウジング協会, 1997年度
- 5) コンクリートポンプ工法指針・同解説, 日本建築学会, 1994年版