

論文

[1124] 高強度コンクリートの充填性に関する実験研究

正会員 ○和 美 廣 喜 (鹿島建設技術研究所)

正会員 別 所 佐登志 (鹿島建設技術研究所)

田 村 直 久 (鹿島建設技術研究所)

山 内 眞 (鹿島建設東京支店)

1. はじめに

近年、高層RC建築では、設計基準強度 420kgf/cm<sup>2</sup>程度のコンクリートを採用するようになってきた<sup>1)</sup>。従来、これらの建物のほとんどは集合住宅として設計されてきたが、高層RC建築の用途を拡大するための高層化、長大スパン化へのニーズが高まり、柱、梁に比較的小さなH型钢を配置したいわゆるRC支配型のSRC造が開発され、実用化されている<sup>2), 3)</sup>。

これまでの高層RC造では施工性、品質確保の観点から水平、垂直部材を分割する打設工法を採用していたが、本構法においては、柱及び柱・梁接合部のコンクリート打設や締め固めに際して梁の鉄筋、鉄骨が妨げとなるので、柱コンクリートの打設をポンプ車からの配管を直接柱型枠の脚部に接続し、ここからコンクリートを圧入する方法が考えられた。しかしながら、圧入工法についてはこれまでにいくつかの事例はあるが、鉄筋、鉄骨が込み入った部材への高強度コンクリートを圧入した実績は無く、コンクリートの充填性並びに硬化したコンクリートの品質についてはほとんど明らかにされていない。

さらに、このような架構では、柱・梁接合部において鉄筋、鉄骨が錯綜しており、通常の打設方法では柱鉄骨の水平スチフナ並びに梁鉄骨のフランジ下部におけるコンクリートの充填が確実になされるか否かを確認しておく必要がある。

本報告は、このような鉄骨を組込んだ架構における高強度コンクリートの充填性を確認するために、実大規模の柱、梁を用いて行なった施工実験結果について記すものである。

2. 実験計画

2.1 実験の概要

本実験は、目標スランプ16cmと19cmの2種類のコンクリートについて、実大規模の試験体を作製し、柱コンクリートの圧入・締め固め方法がコンクリートの品質に与える影響及び梁・床コンクリートを打設する際の柱・梁接合部におけるコンクリートの充填性について実験検討を行なった。柱コンクリートの圧入・締め固め方法は図1に示す通

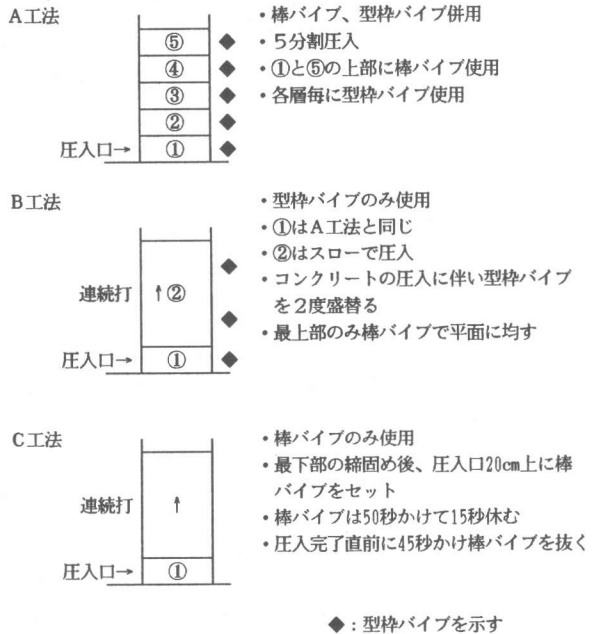


図1 柱コンクリートの圧入・締め固めの方法

りとし、十分な締固めを行なった場合（A工法）と型枠バイブレータ（B工法）、棒状バイブレータ（C工法）のみで締固めた場合では、コンクリートの品質にどのような相違が生じるかを確認することとした

なお、一連の実験で採上げた因子及び水準を表1に示す。

## 2. 2 試験体の形状・寸法

施工実験においてコンクリートを打設し作成した供試体の形状・寸法を図2に示す。16-A、19-Aの試験体については、梁・床コンクリートまで打設することとした。この場合の梁・床コンクリートは、柱コンクリートの沈降がほぼおさまった段階で打設した。

なお、実験に際して鉄骨の部材については、同形状、同寸法の本質部材とした。

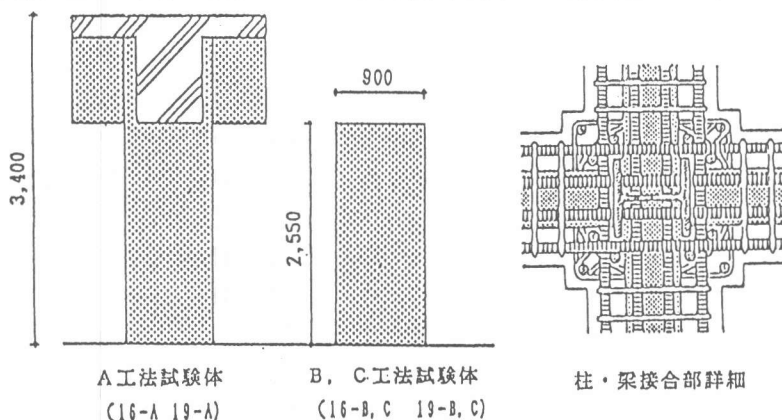


図2 試験体の形状・寸法

(単位：mm)

## 2. 3 使用材料及び計画調査

施工実験では設計基準強度 420kgf/cm<sup>2</sup>のコンクリートを用いることとし、その使用材料及び計画調査を表2に示す。

- ・セメント：M社製普通ポルトランドセメント
- ・細骨材：木更津産山砂 表乾比重：2.60 粗粒率：2.75
- ・粗骨材：鳥形山産石灰石 表乾比重：2.71 実績率：60%
- ・混和剤：N社製高性能減水剤 変性リグニン、アルキルアリルスルホン酸塩系

表2 コンクリートの計画調査

F c (kgf/cm <sup>2</sup> )	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )				高性能減水剤 (単位セメント量×%)
					水	セメント	細骨材	粗骨材	
420	16	3	35.0	38.6	163	466	663	1094	1.45
	19	3							1.60

## 2. 4 試験項目及び試験方法

### (1) フレッシュコンクリートの品質

生コンの現場到着時（圧入直前）に、JIS A 1101によるスランプ試験、JIS A 1128による空気

量の測定を行なった。同時に、フロー値、単位容積重量、コンクリート温度の測定を行ない、圧縮強度試験用の供試体（ $\phi 10 \times 20 \text{cm}$ ）を作成した。

### (2) コンクリートの沈降量

コンクリートの圧入完了後、差動トランス型変位計を用い（図3参照）、柱試験体頂部2か所におけるコンクリートの経時による沈降量を自動計測した。

### (3) 圧縮強度

試験に用いたコンクリートの品質を確認するため、材令7日及び28日まで

標準養生を行なった $\phi 10 \times 20 \text{cm}$ の供試体を用いてJIS A 1108による圧縮強度試験を行なった。また、圧入されたコンクリートの強度発現状況を確認するため、JIS A 1107に準拠して材令7日目にコア抜きした供試体を材令9日に、材令28日目にコア抜きした供試体を材令30日目に圧縮強度試験を行なった。なお、実大規模の柱コンクリートにおいて、銅-コンスタン熱電対（CC熱電対と略）を用いて上、中、下部のコンクリート温度の経時変化を測定した（図3参照）。

### (4) 柱・梁接合部における充填性

19-A試験体の柱・梁接合部に圧力変換器（ $\phi 20 \text{mm}$ 、容量 $5 \text{ kgf/cm}^2$ ）をそれぞれ2か所取り付け（図4参照）、充填されたコンクリートによって加わる圧力を測定し、充填性の良否を確認することとした。

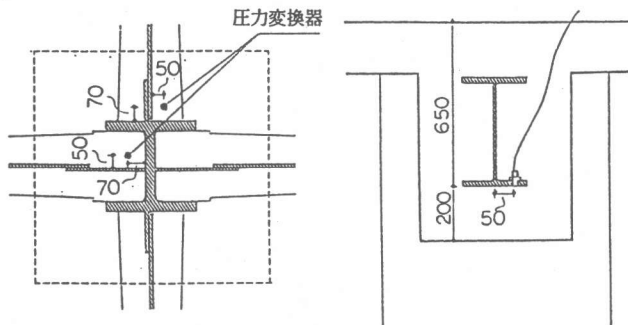


図4 圧力変換器の取付け位置

### (5) コンクリート表面の気泡分布

型枠脱型後に各試験体表面の状態を高解像度カメラで撮影し、画像処理システム<sup>4)</sup>によって気泡径及び気泡分布状況を記録した。撮影の範囲は $50 \times 50 \text{cm}$ とし、柱部材の圧入口反対面を上、中、下部3か所に分け撮影・解析を行なった。

## 3 実験結果及び考察

### 3.1 フレッシュコンクリートの品質

施工実験に用いたコンクリートの現場到着時における試験結果を表3に示す。これは、ほぼ目標通りの品質であった。

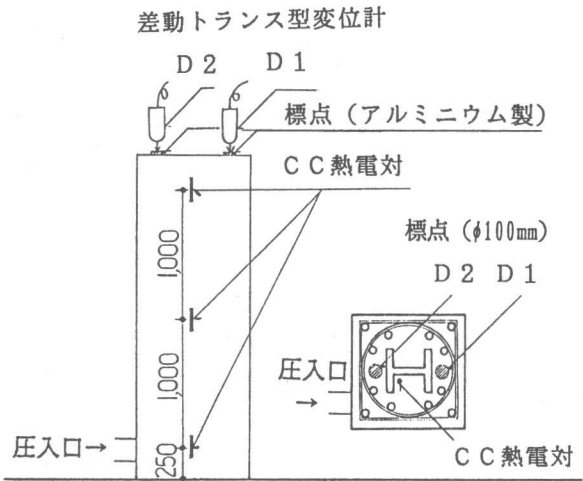


図3 沈降量、試験体温度の測定位置

表3 コンクリート試験結果

種類	生コン車 No.	スランブ (cm)	フロー値 (cm×cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)
目標スランブ 16cm	1	17.5	29.0×28.0	2.0	30.0
	2	16.0	26.0×26.0	2.6	31.0
目標スランブ 19cm	1	19.5	28.0×27.0	2.8	30.0
	2	19.0	29.0×28.0	2.5	29.0

3. 2 コンクリートの沈降量

19-B、C及び16-B試験体において得られた沈降量の測定結果を図5に示す。

コンクリートの沈降量は、打設後60分程度まで経時とともに増大するが、それ以後の沈降量は僅かであり90分ではほぼ一定となる。その値は平均で1.85mmであった。従って、柱、梁を分割して打設する場合には、柱コンクリートの打設後60分を経過すれば梁鉄骨の下端に実用上問題となるような沈降による空隙が発生しないものと考えられる。

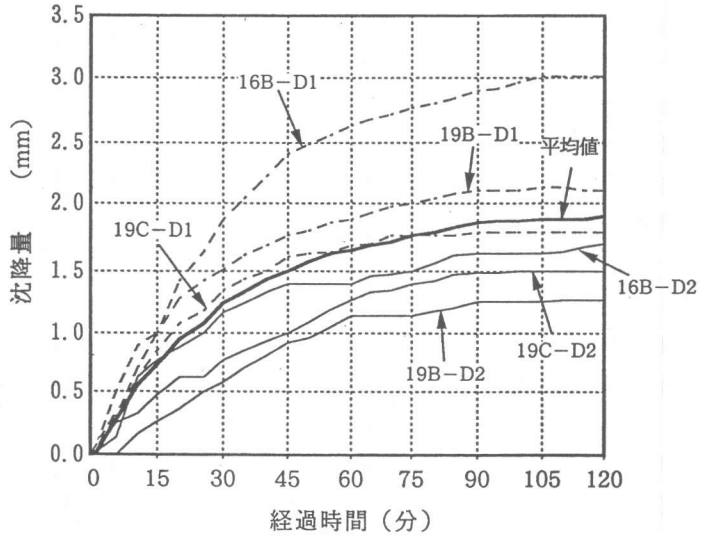


図5 圧入後の経過時間と沈降量の関係

また、全ての試験体において圧入口の反対の位置 (D1) の方が圧入口直上部 (D2) よりも沈降量が大きかった。これは、柱内部においては圧入口側のコンクリートがポンプ圧送圧力によって圧密された形で充填されることによるものと考えられる。従って、鉄骨を挟んだ反対側ではパイプレータ等を用いた十分な締固めが不可欠であることを示している。

3. 3 圧縮強度の分布

圧縮強度試験結果をまとめて表4、圧縮強度・単位容積重量の分布を図6に示す。

表4 圧縮強度試験結果

(kgf/cm<sup>2</sup>)

材令	試験体	コア供試体採取位置 (GL+cm)											平均	
		235	215	195	175	155	135	115	95	75	55	35		15
7日	16-B	441	410	506	468	442	492	484	465	406	448	**	**	456
	16-C	460	404	503	454	462	432	466	**	483	418	493	**	458
28日	16-B	537	411	**	475	514	544	505	517	499	508	513	514	503
	16-C	572	558	525	438	480	424	493	505	461	453	443	530	492
	19-A	**	477	**	**	461	**	488	433	434	472	480	517	470
	16-B	489	489	525	513	507	467	470	465	461	481	435	466	481
	16-C	568	548	540	425	479	499	508	424	481	497	500	576	504

注：\*\*は鉄筋等を含んでいたもの

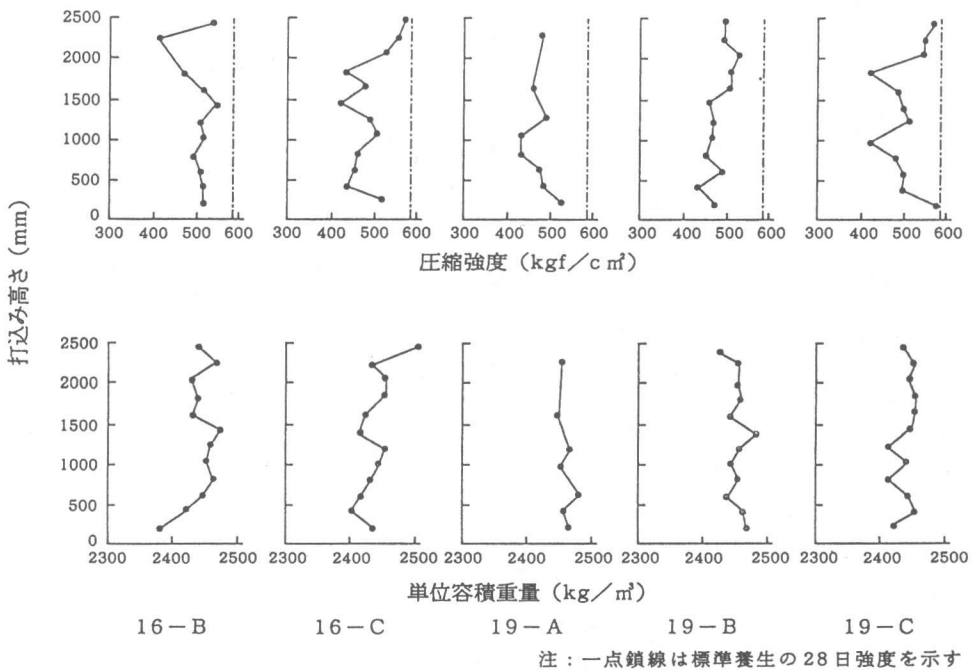


図6 打込み高さ、圧縮強度、単位容積重量の関係

コア供試体のコンクリートの圧縮強度は、いずれの柱においても試験体の上下における強度の差が顕著に現れておらず、一般に言われているように上部のコンクリート強度が低下する傾向がみられなかったが、この結果が圧入工法による影響か否かは、今後の研究課題である。

各圧入、締固め工法が圧縮強度に与える影響を確認するため、有意差検定を行なったところ各圧入、締固め方法による強度発現状況の間には有意差が認められなかった。また、圧縮強度と単位容積重量の間には、明確な相関が見られなかった。

フレッシュコンクリート試験時に作製し、標準養生した供試体の圧縮強度の平均値は、材令7日～28日までの21日間で464～581kgf/cm<sup>2</sup>へと117kgf/cm<sup>2</sup>増進しているのに対して、16-B、16-C柱より採取したコアの強度試験結果では、同じ21日間でそれぞれ31kgf/cm<sup>2</sup>、32kgf/cm<sup>2</sup>程度しか伸びなかった。これは水和熱による影響が顕著に現れた結果と見ることができる。また、スランプ19cmのコンクリートを圧入した柱の材令28日のコア供試体の圧縮強度は、設計基準強度は十分に満足したが、標準養生した供試体に比べ13～19%程度低い値が得られた。このことは、実大試

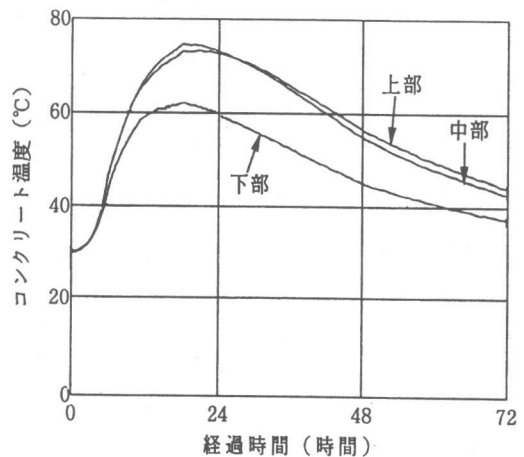


図7 試験体コンクリートの温度履歴

験体では図7に示すように初期の水和熱により、コンクリート温度が急激に上昇した影響によるものと考えられる。

### 3. 4 柱・梁接合部における充填性

19-A試験体に取付けた圧力変換器より得られた圧力の測定結果を図8に示す。

本実験の場合、圧力変換器の取付け位置から床天端まで65cmあるので、梁鉄骨下端での圧力は理論的には  $0.156 \text{ kgf/cm}^2$  (コンクリートの単位容積重量を  $2400 \text{ kg/m}^3$  と仮定) となるが、水平スチフナ部並びに梁鉄骨下端ともほぼ予測どおりの値が得られ、今回用いたような粘性の高い高強度コンクリートでも、十分な充填性が得られることが確認された。

### 3. 5 コンクリート表面の気泡分布

コンクリート表面に現れた気泡のうち特に直径が  $0.5 \text{ mm}$  以上のものについて画像解析を行ない分布状況を確認した結果を表5に示す。この結果から各工法、柱部位の間に顕著な差は見られず、気泡の占める割合も極めて小さく、十分に締固められていることが確認された。

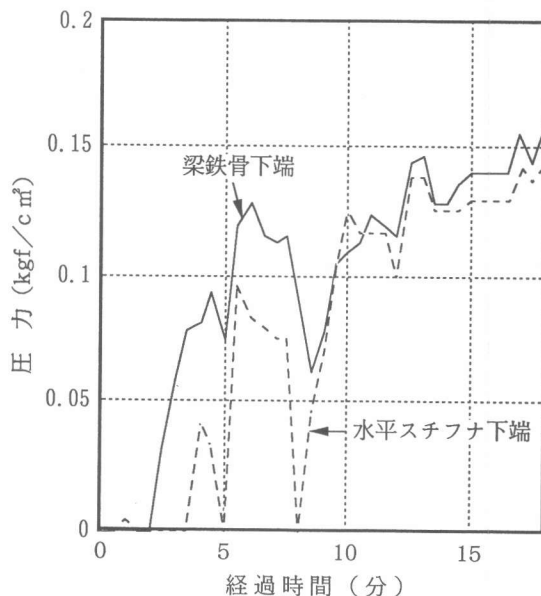


図8 充填に伴う圧力の変化

表5 コンクリート表面の気泡分布

項目	試験体名 部位	16-A			16-B			16-C		
		上部	中部	下部	上部	中部	下部	上部	中部	下部
平均気泡径 (mm)		1.69	1.01	1.02	1.16	1.52	1.53	1.08	1.18	1.13
気泡径の標準偏差 (mm)		0.88	0.38	0.51	0.57	1.16	1.26	0.57	0.72	0.49
気泡の占める比率 (%)		0.02	0.01	0.01	0.04	0.11	0.11	0.01	0.02	0.01

## 4. むすび

今回の施工実験により、圧入工法を採用することによって、打設、締固めが困難なSRC柱への高強度コンクリートの施工並びにその品質確保が可能であることが確認された。また、コンクリートの沈降量測定結果から、打継ぎ時間間隔を60~90分程度とすることにより、水平、垂直部材の同日打設が可能となることが確認された。さらに、SRC構造の柱・梁接合部における高強度コンクリートの充填性については、通常の打設、締固め方法で問題のないことが確認された。

### 参考文献

- 和美地：30階建鉄筋コンクリート造集合住宅の施工-パークシティ-新川崎-、コンクリート工学、Vol. 24, No. 9, Sept. 1986
- 和美地：高強度軽量コンクリートのポンプ圧送性に関する実験的研究-、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 10, No. 2, 1988
- 別所他：新構造方式による高層RC集合住宅の設計・施工-志木ニュータウン計画-、コンクリート工学、Vol. 26, No. 9, Sept. 1988
- 三浦他：画像処理技術を利用したコンクリートひびわれ計測法の研究、鹿島建設技術研究所年報、VOL. 36, 1988. 6