

コンクリートのポンプ圧入工法に関する研究

大池 武 中根 淳

Study on Pumped Injection Method for Concrete

Takeshi Ohike Sunao Nakane

Abstract

This report describes an experimental study on problems encountered in applying injection by pump in the concrete works of various structures.

The principal results of this study are the following: ① Gaps must not be allowed to remain at the undersides of membranes when performing filling of concrete in square steel columns designed for the filled concrete to bear axial force. It was found that gaps can be satisfactorily avoided and concrete filled densely by adjusting mix proportions of concrete. ② It was ascertained that tall reinforced concrete columns and steel-framed reinforced concrete columns can be constructed without defects such as honeycombing when using the pumped injection method.

概 要

この報告は、各種構造物のコンクリート工事に、ポンプ圧入工法を適用する場合の施工上の問題点について実験的に検討を加えたものである。この結果、次のことを明らかにした。

① 充填コンクリートに軸力を負担させるように設計された角形鋼管柱中詰めコンクリートの施工では、ダイヤフラム下端に空隙を発生させてはならない。これは、コンクリートの調合上の対策によって、十分に回避でき密実なコンクリート充填ができることがわかった。

② 階高の高い鉄筋コンクリート造および鉄骨鉄筋コンクリート造の柱の施工は、ポンプ圧入工法によっても、ジャンカなどの施工欠陥もなく施工できることを確認した。

1. はじめに

ポンプ圧入工法とは、柱のような鉛直部材の下部からコンクリートをポンプで圧入して打設する工法である。この工法の採用により、施工の省力化、工期の短縮などが期待できると同時に、埋め殺し型枠（鋼管柱、薄肉中空コンクリート管）を使用することによって型枠大工などの職人不足に対処できるなどの利点がある。

一方、圧入部材内部に鉄筋、ダイヤフラムなどの障害物がない場合、これまでの施工実績から技術的に十分対応できるものの、これらの障害物がある場合は、圧入部材内部への密実な充填性が確保できるか否か、あるいは内部でのコンクリートの閉塞の発生などが考えられ、この工法を適用する上で問題が残されている。

ポンプ圧入工法は様々な構造物へ適用できると考えられるが、ここでは、多層階におよぶ角形鋼管コンクリート柱の中詰めコンクリートの施工の他に、鉄筋コンクリート造（以後、RC造と略記）・鉄骨鉄筋コンクリート造（以後、SRC造と略記）における階高の高い1層分の柱の施工も対象とし、施工上の問題点について検討を加えたので、これを報告する。

2. 角形鋼管柱の中詰めコンクリートの施工

角形鋼管柱にコンクリートを充填する目的は、鋼管柱

の剛性を高める場合と、剛性の付与のみならず、中詰めコンクリートに軸力をも負担させようとする場合の二つがある。中詰めコンクリート充填の目的が、鋼管柱への剛性の付与のみの場合、内部に障害物がなければ圧入施工はそれほど難しくない。一方、内部にダイヤフラムを取付け、これを介して軸力をも負担させようとする場合には、圧入施工後にコンクリートのブリージング・沈降によってダイヤフラム下端に空隙が発生することをさげねばならず、充填性の確保が大きな課題となる。

このため、以下に示す二つの施工実験を行ない問題の解決を試みた。

2.1 実験Ⅰ ダイヤフラム形状と下端の空隙深さの関係に関する実験

ここでは、ダイヤフラム孔の形状・寸法と空隙深さの関係を把握し、最適なダイヤフラム孔の形状を検討する。

2.1.1 実験概要 10階建程度の建物を想定して□-450のボックスコラムを使用した。また、既に圧入施工は技術的に可能であることがわかっていること、および圧入後のブリージング・沈降に伴う空隙の発生であることから、鋼管柱の高さは5mとして、コンクリート圧入施工実験を行なった。内部に取付けたダイヤフラムの孔の形状は、円形と四角形の2種類とし、寸法は、鋼管径の1/2を直径とする円形(225φ)を基本とし、これより大きい275φと小さい175φをパラメーターとした。四角

形の孔の場合は、円形孔と同じコンクリートとの接触面積となるように定めた。実験の組合わせを表-1に、コンクリートを圧入する鋼管柱の形状、ダイヤフラムの位置を図-1に示す。また、ダイヤフラムは、その位置により、以後それぞれAダイヤフラム、Bダイヤフラムと呼ぶ。

この工法に用いるコンクリートは、単に部材脚部からコンクリートを圧入するだけであることから、セルフレベリング的な流動性と材料分離に対する抵抗性が必要である。したがって、実験には、高性能AE減水剤を用いたスランプ21cmのコンクリートを用いた。なお、コンクリート強度は通常強度レベル（呼び強度210 kgf/cm²）とし、この調合を表-2に示す。

測定項目は、コンクリートの諸物性、鋼管柱頭部でのブリージング量、沈降量およびダイヤフラム下端の空隙深さである。空隙深さは、ダイヤフラム部を含む鋼管柱の一部をカッターで切断して直接調査した。なお、空隙深さは図-2に示すように、ダイヤフラム下面とコンクリートとの距離で表示した。

2.1.2 実験結果と考察 実験に用いたコンクリートの物性を表-3に示した。1本あたりの圧入時間は3分程度であり、目標とした圧入速度20 m³/hrで順調に施工することができた。

柱頭部でのブリージング、沈降量およびダイヤフラム下端の空隙の測定結果を図-3に示す。図中の空隙深さは、切断面での最大値と最小値で示した。写真-1は、ダイヤフラム下端の空隙量調査の一例である。柱頭部でのブリージング量は、ダイヤフラムの有無によって異なり、ダイヤフラムなしのものの方が大きくなっている。これは、ダイヤフラムによってブリージング水の柱頭部への上昇が抑制されたためと考える。一方、ダイヤフラム孔の大きさ・形状とブリージング量との間には顕著な傾向は見られなかった。

柱頭部での沈降量についても、ダイヤフラムの有無によって異なり、当然のことながらダイヤフラムなしのほうが沈降量が大きくなっている。これは、ダイヤフラムによってコンクリートの沈降が抑制されたためと考える。また、ダイヤフラム孔の大きいほうが沈降量が大きくなる傾向が見られる。

ダイヤフラム下端の空隙深さは、梁上にあたるAダイヤフラム、梁下にあたるBダイヤフラムともに、ダイヤフラム孔が大きくなるほど小さくなる傾向が見られる。この傾向はBダイヤフラムのほうが顕著である。これは、ダイヤフラム孔の大きいほうがコンクリートの沈降への抑制が小さくなるためと考える。また、A、Bの両ダイヤフラムでの空隙深さを比較すると、Bダイヤフラムのほうが大きくなる傾向が見られる。これは、ダイヤフラムによってコンクリートのブリージング・沈降が抑制される間隔（Aでは梁丈、Bでは階高）の大小に関係していると言える。なお、ダイヤフラム孔の形状の違いによるブリージング量、沈降量および空隙深さに顕著な差

表-1 実験の組合わせ（実験I）

実験No.	鋼管柱寸法	ダイヤフラム		
		孔の形状	孔の寸法	有 無
I-1	□-450	なし
I-2		四角形	155□	あり
I-3		円形	175φ	
I-4		四角形	200□	
I-5		円形	225φ	
I-6		四角形	245□	
I-7		円形	275φ	

表-2 コンクリートの調合（実験I）

W/C (%)	S/A (%)	重量 (kg/m ³)				
		W	C	S	G	AD
58.1	52.5	179	308	937	878	2.3%

表-3 コンクリートの物性（実験I）

まだ固まらないコンクリートの性質					圧縮強度(kgf/cm ²)		
スランプ (cm)	フロー (mm)	空気量 (%)	温度 (°C)	加圧ブリージング率 (%)	材 令		
					1週	4週	13週
23.1	465×450	4.5	26.0	28.4	218	298	342

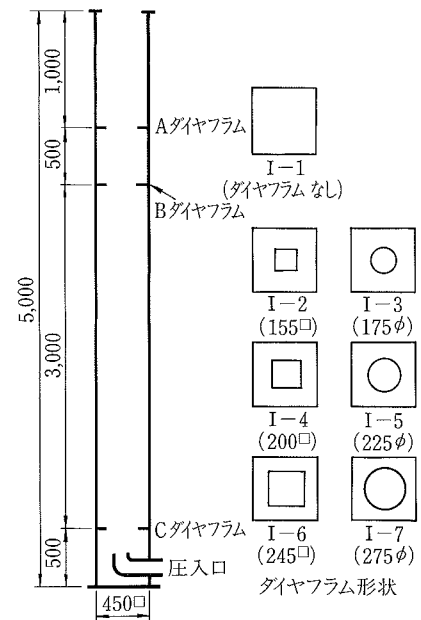


図-1 鋼管柱の形状・寸法

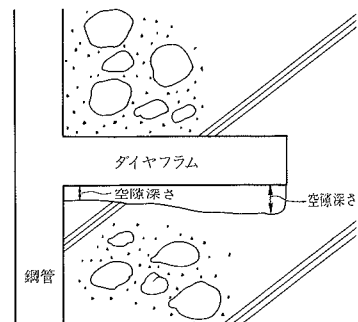


図-2 空隙深さの評価方法

はなかった。

以上から、ダイヤフラムの形状・寸法と空隙深さの間には、ダイヤフラム孔が大きくなるほど空隙が小さくなる傾向が見られた。しかし、通常のコンクリートを使用したとき、空隙の発生は、ブリージングとこれに伴う沈降の影響が支配的要素であり、ダイヤフラム孔の寸法・形状のみでは防げないことがわかった。

2.2 実験 II ダイヤフラム下端の充填性確保に関する実験

ここでは、圧入後のブリージングとこれに伴う沈降の発生に対して、コンクリートの調合上の対策によりダイヤフラム下端の充填性がどの程度確保できるかを調査する。

2.2.1 調合上の対策 調合上の対策は以下の3種類とした。

(1) コンクリートの低水セメント比化 低水セメント比とすることは、単位セメント量を多くし、単位水量を少なくすることである。これにより、コンクリートの保水性を高め、圧入後のブリージング、沈降の発生を抑えることを意図している。流動性の確保は高性能 AE 減水剤の使用による。(以後、高強度化あるいは高強度コンクリートと記す)

(2) 膨張材の使用 ここで用いる膨張材は、コンクリートの硬化後に膨張させるものではなく、特殊アルミニウム粉末を用い、添加後2時間前後で膨張を開始し、4~5時間後に膨張が終了するものである。この対策の狙いは、圧入後に生じるブリージング、沈降をコンクリートの膨張によって補おうとするものである。なお、流動性の確保は流動化剤による。

(3) 分離低減材の使用 特殊水中コンクリートに用いる分離低減材で、水溶性セルロースエーテルを主成分とするものを用いる。この混和材を用いることにより、コンクリートの分離を抑え、ブリージングを無くすることができる。流動性の確保は流動化剤による。なお、これらのコンクリートの目標性能は、スランブ 21 ± 1.5 cm, スランブ試験時のフロー 300 mm 以上、空気量 $4 \pm 1\%$ とした。

2.2.2 実験概要 実験の要因は、調合上の対策、鋼管柱の寸法とし、表-4には実験の組合わせを、表-5には試験練りによって定めたコンクリートの調合をそれぞれ示した。調合上の対策のうち、コンクリートの高強度化については、セメント量の差による影響を見るため、単位セメント量を350, 450, 533 kg/m^3 の3種類とした。

施工実験に用いた鋼管柱は、□-450, □-600, □-800の3種類であり、それぞれ内部には鋼管径の1/2の円形孔をもったダイヤフラムを取付けた。ダイヤフラムの位置は図-1と同じである。また、測定項目、方法は、実験Iと同じである。

2.2.3 実験結果と考察 圧入実験に用いたコンクリートの物性を表-6に示した。柱頭部でのブリージング、沈降量およびダイヤフラム下端の空隙の測定結果を図-4に示す。

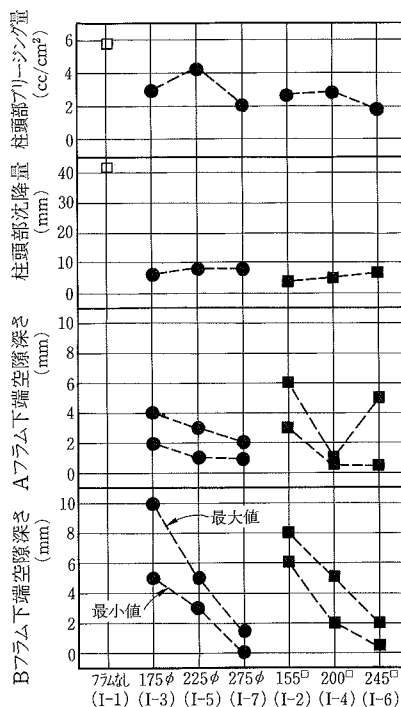


図-3 柱頭部ブリージング・沈降量、ダイヤフラム下端の空隙量測定結果(実験I)

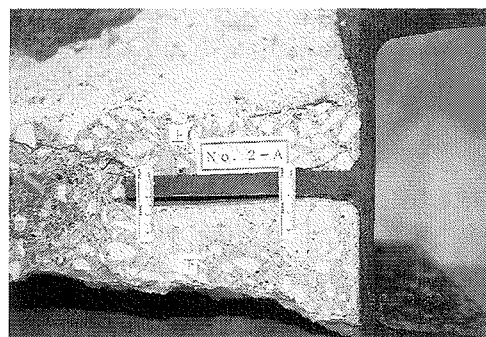


写真-1 空隙量調査の例

表-4 実験の組合わせ(実験II)

実験 No.	調合 No.	鋼管柱寸法	調合上の対策		
			セメント量	混和材の有無	
II-1	1	□-450	350	無	
II-2	2		450		
II-3	3		533		
II-4			300		有(膨張材)
II-5	4		300	有(分離低減材)	
II-6	5				□-600
II-7					
II-8					

表-5 コンクリートの調合(実験II)

調合 No.	W/C (%)	S/a (%)	重量 (kg/m^3)				混和剤			
			W	C	S	G	A	B	C	D
1	47.1	48.0	165	350	856	961	1.8	.002		
2	36.7	45.0	165	450	767	969	2.0	.003		
3	30.0	38.0	160	533	626	1056	2.5	.007		
4	58.0	47.9	181	310	851	959		.002	1.25	
5	58.0	47.9	181	310	851	959			1.25	1.5

注) A: 高性能AE減水剤(pozz社製) B: 補助AE剤(pozz社製)
 C: AE減水剤(pozz社製) D: メラミン系流動化剤(pozz社製)
 上記の混和剤の使用量は、セメント質量に対する百分率で示した。
 ・調合No1~3は、低水セメント比化コンクリート。
 ・調合No4は、膨張材混入コンクリートで、膨張材使用量は3 $\%$ 。
 ・調合No5は、分離低減材混入コンクリートで、分離低減材使用量は0.5 kg/m^3 。

(1) 高強度コンクリート 柱頭部でのブリージングは、セメント量 533 kg/m^3 、 $W/C=30\%$ としたもの以外は、実験 I に比べると少なくなっているものの 1.3 cc/cm^2 程度発生した。沈降量は、ブリージングの見られなかったセメント量 533 kg/m^3 のものでも、 $7\sim 8 \text{ mm}$ の沈降が見られた。ダイヤフラム下端の空隙は、セメント量を 533 kg/m^3 としたものは、沈降量がやや大きく空隙の発生を懸念したが、A、B ダイヤフラムともに空隙は見られなかった。一方、これ以外のものは、A、B ダイヤフラムともに空隙が発生していた。両ダイヤフラムの空隙発生量の傾向は実験 I と同様である。以上から、単位セメント量を多くし、単位水量を少なくすることによって保水性を高める対策では、セメント量を最低でも 500 kg/m^3 以上にするとともに、水セメント比を 30% 程度にしなればダイヤフラム下端の充填性の確保が難しいものと考ええる。

(2) 膨張材混入コンクリート 膨張材を使用することを除き、調合そのものが実験 I に用いたコンクリートと大差ないことから、柱頭部のブリージング量も実験 I の結果とほとんど同じであった。ブリージングの発生と同時に沈降が生じ、その後、特殊処理粉末の発泡によってコンクリート天端が上昇する状況が見られた。しかし、ブリージングに伴う沈降をカバーするまでの膨張とはなっていなかった。このため、A、B 両ダイヤフラムの下端に空隙が見られた。

(3) 分離低減材混入コンクリート \square -450の鋼管柱では柱頭部でのブリージングが全く見られなかった。また、沈降量もごくわずかであり、ダイヤフラム下端にも空隙の発生はなかった。この状況を写真-2 に示す。鋼管柱の寸法の影響は、 \square -600、 \square -800と鋼管柱の径が大きくなるほど、ブリージング、沈降量、空隙深さとも大きくなる傾向が見られた。しかし、分離低減材 1.0 kg/m^3 を混入したコンクリートを用いて行なった高さ 30m 、 \square -800の鋼管柱への実施工経験では、施工後の柱頭部からダイヤフラムを貫通するようにコアボーリングを行ない内視鏡で観察した結果、ダイヤフラム下端に全く空隙は見られなかった。これより、鋼管柱の寸法が大きくなっても、ダイヤフラム下端の充填性を確保できる可能性があると考ええる。

この実験 II では、ダイヤフラム下端の状態を外部から観察できるように図-5 に示す孔を設けた。これは、圧入施工時には孔にプラグをネジ込んでおき、圧入施工の翌日以降にプラグを外して内部を確認しようとするものである。空隙は、目視による方法と、一つの孔から気体あるいは液体を送り込み他の孔からの気体あるいは液体の漏れの有無によって調査できる。もし、空隙がある場合はこの孔を利用して充填材の注入による補修ができる可能性もある。この方法での観察結果の例を写真-3 に示した。左側は、ダイヤフラム下端に空隙がある状況を、右側はダイヤフラム下端に密実にコンクリートが充填されている状況を観察できる。これより、この孔から空隙

表-6 コンクリートの物性 (実験 II)

調査 No.	コンクリート種類	まだ固まらないコンクリートの性質				圧縮強度	
		スランブ (cm)	フロー (mm)	空気量 (%)	温度 (°C)	1週	4週
1	高強度W/C=47%	21.0	360×350	1.7	27.0	278	407
2	高強度W/C=36%	21.5	370×355	2.0	28.0	427	526
3	高強度W/C=30%	23.5	430×425	4.7	—	604*	642
4	膨張コンクリート	24.0	510×480	2.7	27.0	150	241
5	分離低減材コンクリート	21.5	390×380	3.0	26.5	178	282
		21.6	378×351	3.0	21.7	210	312
		21.7	396×423	3.3	21.8	208	305

注) * 調査No.3の強度欄の*印は、材令2週の結果

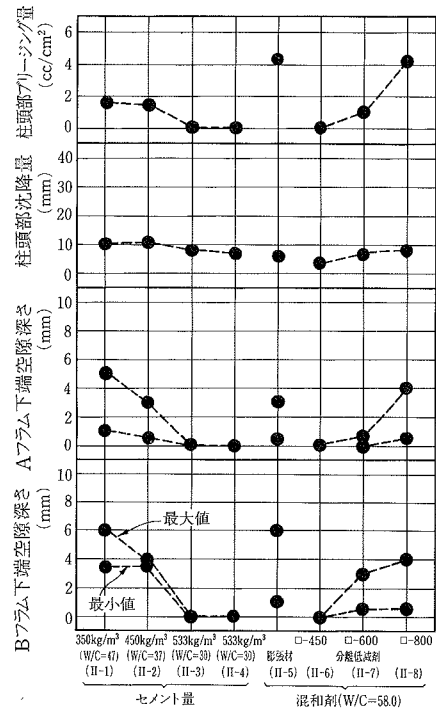


図-4 柱頭部ブリージング・沈降量、ダイヤフラム下端の空隙量測定結果 (実験 II)

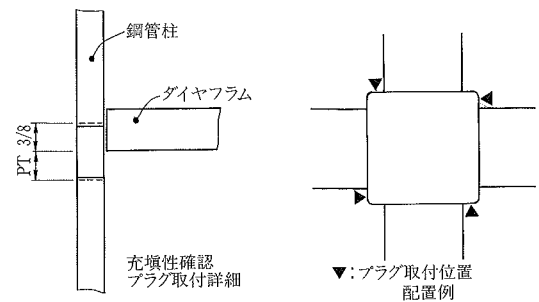
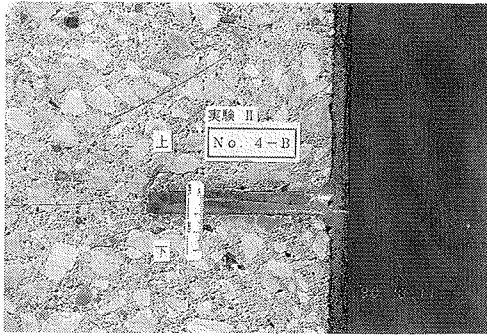


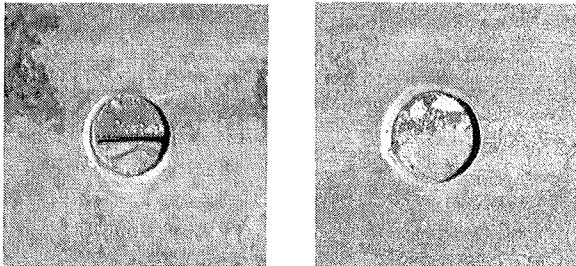
図-5 充填性確認孔詳細と配置例

の有無が判定できると考える。

以上から、調合上の対策のうち高強度コンクリート、分離低減材混入コンクリートとすることによって、ダイヤフラム下端の充填性を確保できることがわかった。また、フレッシュコンクリートの目標性能は、スランブが $21 \pm 1.5 \text{ cm}$ 、スランブ試験時のフローが 450 mm 以上、空気量が $4 \pm 1\%$ であれば十分であることがわかった。さらに、確認孔による充填性のチェック方法の実用化が可能であることがわかった。



写真一2 空隙率調査の例
(分離低減材混入コンクリート)



写真一3 充填性確認孔からの調査例

3. 階高の高いRC造・SRC造柱の施工

階高の高いRC造・SRC造の柱の施工では、鉄筋・鉄骨が錯綜しているため、コンクリートの落とし口の確保、パイプレータの挿入が難しく、上部からコンクリートを打設することが非常に困難な場合が見受けられる。その結果、ジャンカなどの施工欠陥を生じるケースが多い。ここでは、このような背景を踏まえて、階高の高いRC造・SRC造の柱にポンプ圧入工法を適用した施工実験を行ない、その施工法の適否を検討した。

3.1 実験概要

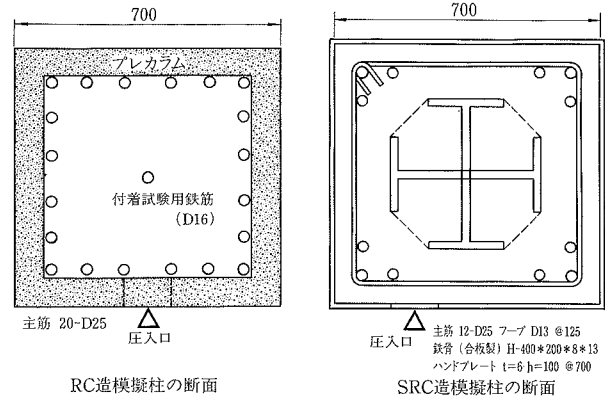
実験の要因は、構造形式(断面形状)、コンクリートの調合、パイプレータの有無とし、要因の組み合わせを表一7に示す。また、実験に用いた実大模擬柱の配筋を図一6に示す。なお、柱の高さを5mとした。RC造柱の型枠は、フープ筋を埋め込んだ薄肉中空角型コンクリート管(以後、プレカラムまたはPCa管と呼ぶ)を用いた。SRC造柱の型枠は、せき板に合板を用い、外締め型枠とした。

試験項目としては、使用コンクリートの諸物性と、柱内部へのコンクリートの充填状況、また、RC造柱においては鉄筋の付着強度を取り上げた。コンクリートの充填状況は圧入施工後、硬化した柱を切断し直接その状況を目視観察した。充填性観察後に、図一6に示す付着試験用鉄筋を中心とし200φのコアを抜き取り、鉄筋の付着長さ10cmの付着強度試験体をサンプリングし、整形した。充填性調査のための柱切断位置、付着強度試験体の整形位置を図一7に示す。

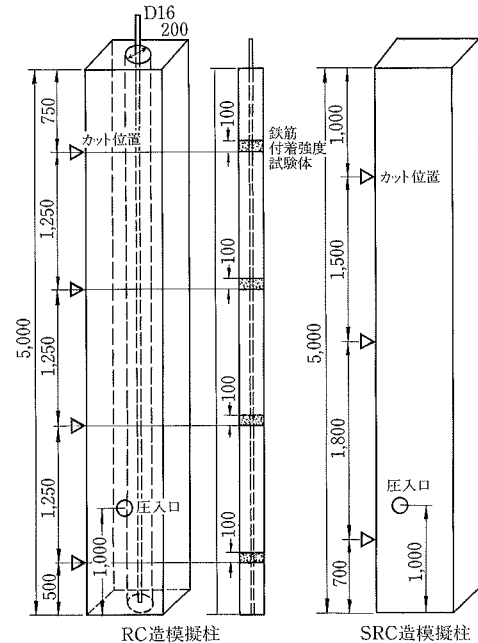
コンクリートの調合は、高性能AE減水剤を用いた水セメント比58% (A調合)と30% (B調合)の2種類と

表一7 実験の組み合わせ (RC・SRC)

実験No.	試験体	構造形式	コンクリートの調合	パイプレータの有無
III-1	プレカラム	RC造	調合A	有
III-2				無
III-3			調合B	有
III-4				無
III-5	合板型枠製	SRC造	調合A	無
III-6				



図一6 RC・SRC柱の配筋図



図一7 実大模擬柱の形状寸法および切断位置、付着試験体の整形位置

した。コンクリートの所要の性能は、ポンプ圧入工法であることを考慮し、セルフレベリング的な柔らかさを持たせるため、スランプ：21 cm、スランプ試験時のフロー：350 mm以上とし、試験練りによって表一8に示す調合を定めた。

3.2 実験結果と考察

コンクリートの諸物性は表一9に示す通りで、所期の性能を満足している。ポンプによるコンクリートの圧入速度は、20 m³/hrを目標とした。実際の圧入施工時間は、柱1本につき5～6分程度で、これを圧入速度で見ると20～25 m³/hrとなり、ほぼ目標とする圧入速度で施

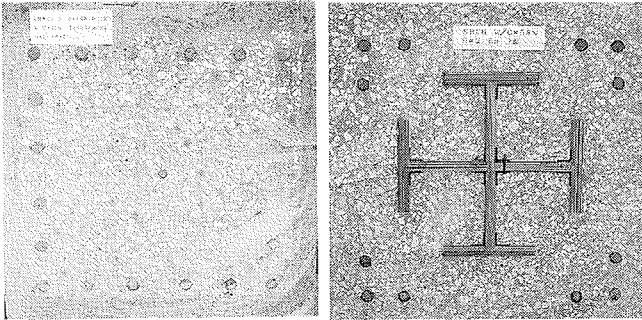


写真-4 コンクリートの充填状況 (RC 造) 写真-5 コンクリートの充填状況 (SRC 造)

工することができた。また、圧入施工によるコンクリート天端の上昇過程は、RC 造・SRC 造ともに型枠内をほぼ水平なレベルを保ちながら上昇していた。

充填性の判定は、図-7 に示す RC 造柱 4 断面、SRC 造柱 3 断面の切断面すべてにおいて、空隙などの未充填部がなく、コンクリートを詰められた場合を良好な充填ができたとして判定した。

圧入施工後の実大試験体を切断して行なった充填性の目視観察の代表的な例を写真-4, 5 に示した。写真から、鉄筋および模擬鉄骨の周囲にコンクリートが密着していると同時に空隙がない状況が分かる。この他のものも例示したものと同等な状況であり、No. III-4 のケースを除くすべてのケースで良好な充填が得られた。RC 造における鉄筋の付着強度試験結果を表-10 に示す。表から、A・B 調合ともに、十分な付着強度が得られ、また、バイブレーターの有無、高さ方向による顕著な差は見られなかった。これから、セルフベリング性のある圧入コンクリートは、バイブレータを使用しなくても充填性が極めて良いと言える。

以上から、調合の種類に関係なく、RC 造・SRC 造ともに型枠内の鉄筋・鉄骨相互の間に空隙などの有害な欠陥を生じさせることなくコンクリートを充填できると言える。また、コンクリートの所要の性能は、スランプ、空気量については、当初通りそれぞれ 21 ± 1.5 cm, 4 ± 1 % で良いが、スランプ試験時のフローは、通常強度のコンクリートで 400 mm 以上、高強度コンクリートで 450 mm 以上とすれば十分であることがわかった。さらに、ポンプ圧入工法であっても良好な鉄筋の付着強度が確保されていることが分かる。

4. まとめ

鋼管コンクリート構造での多層階におよぶ角形鋼管柱の中詰めコンクリートの施工および鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造における階高の高い 1 層分の柱の施工をポンプ圧入工法で行なう場合の施工上の問題点について検討し、以下のことを明らかにした。

(1) 角形鋼管柱の中詰めコンクリートの施工

① ダイヤフラム下端の空隙は、ブリージングとこれに伴う沈降の影響が支配的要素で、ダイヤフラムの形

表-8 コンクリートの調合 (RC・SRC)

調合 No.	W/C (%)	S/a (%)	重量 (kg/m ³)				
			水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
A	58.1	52.5	179	308	937	878	C*2.3
B	30.0	38.0	160	533	626	1056	C*2.5

注) 混和剤は、高性能AE減水剤 (A:SP-9N, B:SP-9HS) を用いた。
混和剤使用量は、セメント量に対する重量百分率で示した。

表-9 コンクリートの物性 (RC・SRC)

試験体種類	調合 No.	スランプ (cm)	フロー (mm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	
						1週	4週
RC 造	A	21.0	378	3.4	15.0	259	352
	B	23.5	445	3.5	17.5	669	808
SRC 造	A	22.5	415	3.4	14.5	231	349
	B	24.5	595	5.1	18.0	527	675

表-10 鉄筋の付着強度試験結果 (kgf/cm²)

試験体種類	バイブレーターの有無	試験体技 取り位置	A調合 (58%)		B調合 (30%)	
			測定値	平均値	測定値	平均値
コア試験体	有	上	104.0	96.5	153.2	154.5
		中上	92.5		149.8	
		中下	92.5		154.0	
		下	96.9		160.9	
	無	上	97.1	96.9	142.8	151.1
		中上	99.1		139.2	
		中下	90.3		154.4	
		下	100.9		168.1	

注) 付着強度は、すべり量が0.002Dにおける付着応力度を示した。
応力度は、引張荷重/付着面積 (10 \cdot π \cdot D) で求めた。

状・寸法を変えただけでは対処しきれないことがわかった。

② ダイヤフラム下端の充填性は、調合上の対策、すなわち、高強度コンクリート、分離低減材混入コンクリートによって確保できることを示した。

③ ダイヤフラム下端の充填性の確認用の孔を鋼管柱に設け、実験的に検討した結果、充填性のチェックが可能であることがわかった。

(2) 階高の高い鉄筋コンクリート造柱、鉄骨鉄筋コンクリート造柱の施工

① コンクリートの所要の性能をスランプが 21 ± 1.5 cm, スランプ試験時のフローが、通常強度のコンクリートで 400 mm 以上、高強度コンクリートで 450 mm 以上、空気量が 4 ± 1 % とすることで、ジャンカなどの欠陥もなく施工でき、有効な施工方法の一つであることを示した。

② さらに、ポンプ圧入工法であっても良好な鉄筋の付着強度が確保されていることを明らかにした。

参考文献

- 1) 雑喉良介, 摩 賢治: コンクリート充填鋼管構造の利用技術開発, 製鉄研究, 第335号, p. 58~64, (1989. 10)
- 2) 大池 武, 中根 淳: ポンプ圧入工法に関する実験的研究 (その1 階高の高い RC 造・SRC 造柱の試験施工), 日本建築学会大会学術講演梗概集, p. 959~960, (1991. 9)
- 3) 和泉意登志, 他: 充填型鋼管コンクリート柱の圧入施工実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, p. 935~936, (1989. 10)