

13. 流し込み製法による外殻P C a柱部材の試作実験

Test Production Experiment of Outer Shell Precast Concrete

萩原 幸男* 山口 克彦*²
高見 錦一* 熊谷 由弘*³

要 旨

これまで帯筋を内蔵する外殻P C a柱部材については、遠心成形法で製造されることが多かった。今回、一般のP C工場で横打ち方式の流し込み製法による外殻P C a柱部材の試作実験を行い、遠心成形法によるものと出来形、コストなどについて比較を行った。その結果、流し込み製法による場合はバイブレーターを有効に使用することで、品質の優れた外殻P C a柱部材を製造することができ、遠心成形法による場合に比べ、約15%程度安く製造できることが分かった。

キーワード：プレキャスト／柱部材／外殻P C a／流し込み製法／内型枠／ゴムチューブ

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート造建物において、躯体工事の品質確保と工期短縮を実現するために、部材をプレキャスト（P C a）化して工事を行うことが多くなっている。部材をP C a化することによって、従来のベニヤ型枠工法における解体作業や廃材の処分が不要となり、森林資源の保全と地球環境の保護に貢献できるという利点も生じる。しかしながら、柱部材をフルP C a化する場合は、重量が大きくなるために施工時に大型の揚重機が必要となること、および柱筋の継ぎ手方法が制約されるという難点を持っている。そこで、これらの問題を解消するため、外周帯筋から外側部分のコンクリートをP C a化して、躯体兼用の薄肉P C a型枠とし、内部に柱筋を建て込み、そのあとコンクリートを充填する工法が考え出されている。この場合、外周帯筋や中子筋を内蔵した外殻P C a柱部材はその製造方法の容易さから遠心成形法によって製造されてきたが、在来工法に比べてコストが高いため、一般に採用されるまでには至っていない。そこで、一般のP C工場で製造できる横打ち方式の流し込み製法を用いて外殻P C a柱部材を試作して出来形およびコストについて調査した。本報では、その概要と結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 試験体と使用材料

試験体は、85cm角、長さ2.5m、肉厚7.5cmで外周帯筋を内蔵した口型試験体を2体、外周帯筋と中子筋を内蔵

した囲型試験体を1体の合計3体とした。帯筋のかぶり厚さは全て40mmとした。コンクリートの打設には充填性を高めるために、型枠振動機と棒状バイブレータとを併用した。コンクリートの設計基準強度は50N/mm²、目標スランプは18cm±2.5cmの普通コンクリートとした。表－1に試験体一覧を、表－2にコンクリートの調査を示す。

表－1 試験体一覧

試験体 No		No.1 , No.2	No.3
フ ー プ 筋 形 状		口型試験体	囲型試験体
寸 法		850×850×2500×75	
フ ー プ 筋		2-D13 @100	4-D13 @100
材 質		SD295A	
内 型 枠	コーナ部 (コッター形状)	コッター付鋼製 (100×50×5)	コッター付鋼製 (100×50×5)
	中央部 (コッター形状)	コッター付鋼製 (300×50×5)	ゴムチューブ＋ 楕形レート

表－2 コンクリートの調査

設計基準強度	W/C	s/a	単 位 量 (kg/m ³)				
N/mm ²	(%)	(%)	C	W	S	G	混和剤
50	35	44	480	168	767	954	7.056

2.2 試験体の製作

(1)製造フロー

製造フローを図－1に示す。製造工程は1日1サイクルとし試験体を連続して製作した。

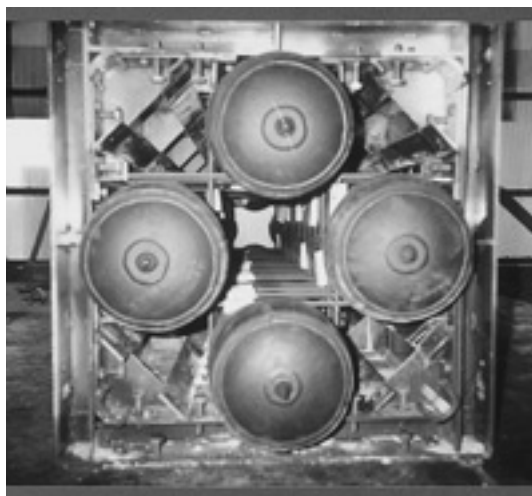
*東京分室 *²東京本店建築部 *³東京本店機材プレハブ工場

(2)帯筋の組立

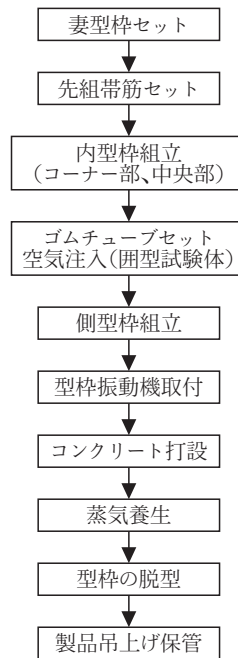
試験体の帯筋の組立は鉄筋ヤードにて先組みした。その時、帯筋を保持するために四隅に組立て筋を取り付けた。その状況を写真－１に示す。帯筋はSD295AのD13溶接閉鎖型とした。囲型試験体では帯筋のアプセットバット溶接位置は、ゴムチューブを膨らませたときに障害にならないように中央位置からずらした。

(3)型枠の建て込み

型枠は外部側の側型枠と妻型枠、内部側の内型枠および定盤で構成されている。内型枠は、コーナー部と中央部に分割している。囲型試験体の中央部分は中子筋をはさむ楕形状のプレートとゴムチューブから成っている。次に、型枠の建て込み手順を示す。①両側の妻型枠を定盤の上にセットする、②先組みした帯筋を両側の妻型枠間にセットする、③内型枠を両側の妻型枠にボルト止める、④囲型試験体はゴムチューブをセットする、⑤最後に側型枠をセットし完了する。囲型試験体の建て込み状況を写真－２、図－２に示す。囲型試験体では楕形プレートを中子筋に挟んだあと、コンクリートのノロ漏れ防止用にビニールテープを用いて、中子筋と楕形プレートの隙間を塞いだ。その後、ゴムチューブを膨らませた。囲型タイプではコーナー部分の内型枠に、口型タイプではコーナー部分と中央部分の内型枠に直方体の硬質ゴムを張り付け外殻P C a柱部材にコッターが形成できるようにした。

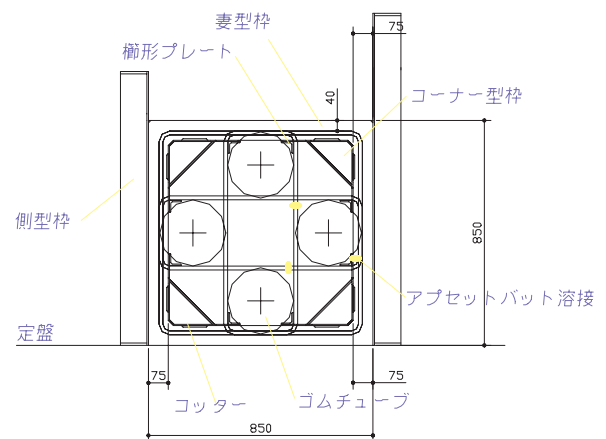


妻側状況

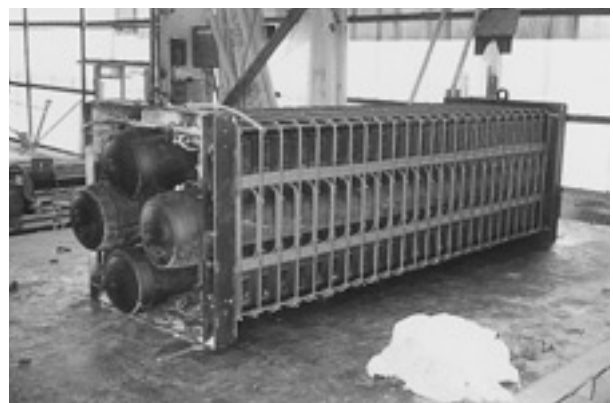


写真－１ 帯筋の先組み状況
(囲型試験体)

図－１ 製造フロー



図－２ 囲型試験体断面



内型枠のセット状況

写真－２ 囲型試験体の建て込み状況

(4)コンクリートの打設

図-3にコンクリートの打設状況を示す。コンクリートは勾配漏斗を上方に設置し、図の左側面から一方向にコンクリートを流し込み、右隅下にコンクリートが流れ出てくるのを確認した後に右側面にコンクリートを打設し、最後に上面のコンクリートを打設した。左の側型枠に型枠振動機を約@1100で2基設置し、棒状バイブレーターと併用してコンクリートを打設した。口型試験体では帯筋の側面に鉄筋スペーサー受け用の腹筋を取り付けたが、囲型試験体では、楕形プレートで中子筋が拘束されているので、鉄筋スペーサーは設置しなかった。口型試験体では、その腹筋があるために棒状バイブレターの挿入がやや困難であった。

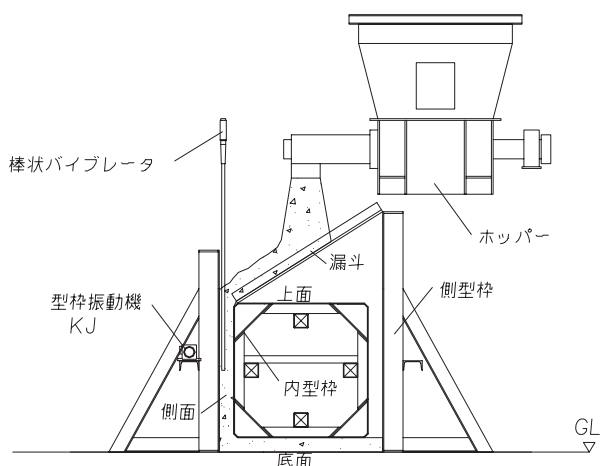


図-3 コンクリートの打設状況
(口型試験体)

3. 実験結果

3.1 フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験結果を表-3に示す。練り上がったコンクリートには分離などの不具合はなく、目標スランプ値もほぼ満足していた。

3.2 圧縮強度試験

打設したコンクリートの圧縮強度試験の結果を表-4に示す。供試体は、試験体と同様に蒸気養生後、気中封かん養生とした。材齢1日強度はいずれも15N/mm²以上あり型枠を脱型できる強度であった。材齢28日圧縮強度は設計基準強度の50N/mm²を上回った。

3.3 型枠の脱型

試験体はコンクリート打設後に蒸気養生を行い、翌朝に脱型した。口型試験体は比較的容易に内型枠を取り外すことができた。囲型試験体はコンクリート打設時の側圧により、側面と下面のゴムチューブが内側に約5mm押され、周囲の楕形型枠との間に隙間ができたためノロ漏れが発生した。そのため、側面と下面の楕形プレートの脱型がやや困難であった。これはゴムの空気圧がやや低かったこととで変形が大きくなったことが一要因と考えられる。

表-3 フレッシュコンクリートの試験結果

試験体	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度(°C)	スランプフロー (cm)
No.1	19.0	2.0	32.0	28.5×27.5
No.2	21.0	2.3	32.0	29.0×28.0
No.3	17.0	2.6	31.0	26.0×25.0

表-4 圧縮強度試験結果

試験体	養生方法	圧 縮 強 度 (N/mm ²)			ヤング係数 (kN/mm ²)
		1日	7日	28日	
No.1	現場封かん	26.8	57.1	63.0	29.6
No.2	現場封かん	34.5	58.2	58.7	36.5
No.3	現場封かん	43.7	65.0	74.2	37.5

3.4 出来形および充填状況

脱型後の各試験体の状況を写真-3に示す。各部分の寸法精度およびコッターの出来形とも良好であったが、口型試験体の下面内側に若干の気泡が発生した。コンクリートの充填状況を調べるために口型試験体の各面において75φのコアをそれぞれ9本抜き取り、粗骨材の平均面積率を求めた。コア抜き位置を図-4に、粗骨材の部位別平均面積率を図-5に示す。粗骨材面積率を流動方向にプロットしたグラフを図-6に示す。上面の粗骨材平均面積率が30%であるのに対して、側面では33%、下面では27%となった。粗骨材が左底面部分で多くなり底面中央で少なくなっている。これは、側面のスペーサー受け用腹筋やフープ筋の組立て筋により粗骨材がスクリーニングされ、下面への粗骨材の回り込みを阻害したと思われる。粗骨材面積率を上面、側面と下面で均一化させるためには、粗骨材の粒径を15mm以下にすることや、かぶり厚を40mmより大きくとるなど、コンクリートの流動性を妨げないようにする工夫が必要と考えられる。

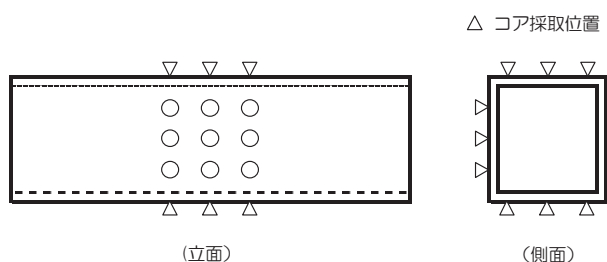


口型試験体

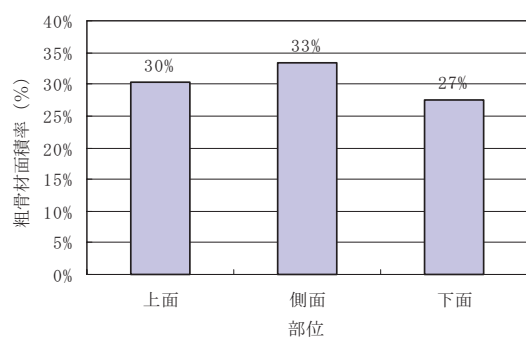


囲型試験体

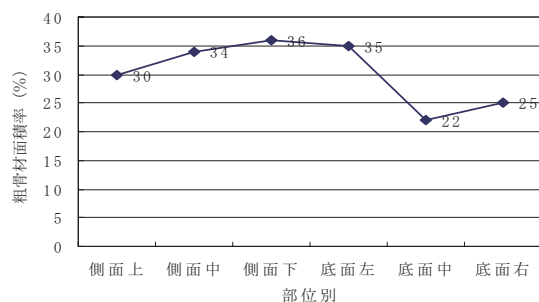
写真－３ 脱型後の試験体状況



図－４ コア抜き位置図



図－５ 部位別粗骨材平均面積率



図－６ 流動方向粗骨材面積率

４．製造コストの把握

実大試作実験の作業に基づいて、１日当たりの作業員の作業量を求め、型枠の転用回数を考慮して製造コストを算出した。それらの結果を表－５、表－６に示す。それぞれの単価は物価版によるものとした。鉄筋の工事は、１日に２人１組で口型タイプの加工で６体、囲型タイプで５体の組立て加工が可能である。型枠、コンクリート工事については１日に３人１組で口型タイプが４体、囲型タイプで３体の製造が可能である。鋼製型枠の転用回数を２００回^{３)}、昨年行ったパイロット試験の結果からゴムチューブの転用回数を５０回とした。その結果、口型タイプで１体当たり、約５０,０６５円、囲型タイプで約６９,０６０円の製造費となった。この金額を、柱の表面積（ $0.85 \times 2.5 \times 4 = 8.5\text{m}^2$ ）で除した単位面積当たりの単価は、口型タイプで５,８９０円、囲型タイプで８,１２４円になる。これらを基に、遠心成形法によるものと価格の比較を行った。そのグラフを図－７に示す。なお、遠心成形法の値段は参考値である。その結果、口型タイプと囲型タイプの両方とも、遠心成形法より約１５％程度安くなった。

表－５ 一日当たりの作業量

	１日の作業量	
	口型タイプ	囲型タイプ
鉄筋工事	６体／２人	５体／２人
型枠・コンクリート工事	４体／３人	３体／３人

表－6 製造コストの算出

1体0.6m³ (850×850×2500)

項 目		口 型		囲 型	
		人工・数量	単価 円／体	人工・数量	単価 円／体
鉄 筋 工 事	材料費		5,705		12,060
	加工・組立て	2人×1.33h	6,650	2人×1.6h	8,000
	小計		12,355		20,060
型 枠 工 事	外型枠・内型枠の損料		2,900		6,800
	鉄筋セット・型枠組立て労務費	3人×1.5h	11,250	3人×2h	15,000
	脱型・型枠解体労務費	一式	3,750	一式	5,620
	小計		17,900		27,470
コンクリート 工 事	材料費	0.6m ³	9,000		9,000
	練り手間		420		420
	試験費用		340		340
	打込み労務費	3人×0.5h	3,750	3人×0.5h	3,750
	左官仕上げ労務費	一式	1,750	一式	1,750
	小計		15,260		15,260
その他経費	10%		4,550		6,270
合 計			50,065		69,060

5,890/m²8,124/m²

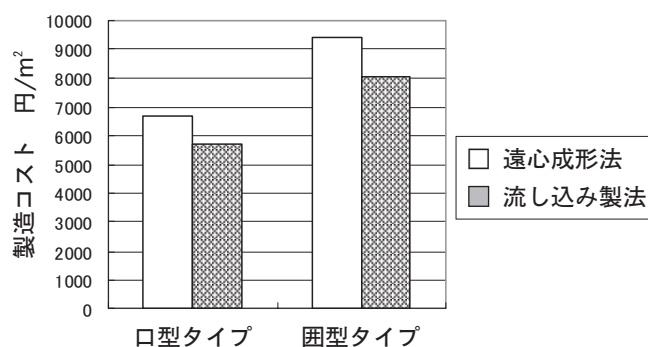
また、各試験体の材料費と労務費の比率を表したグラフを図－8に示す。労務費の製造費に占める割合は、両試験体とも50%を超えている。また、囲型タイプのコストは口型タイプより約40%程度高くなった。囲型タイプのコストが高いのは、口型タイプに比べ鉄筋量が2.3倍と多く、内型枠中央部分に用いたゴムチューブの値段が高いためである。従って、さらにコストダウンを図るためには、多能工を育成して労務費の削減を図ることおよび内型枠の部品点数を削減するなどの工夫が必要であると思われる。

5. まとめ

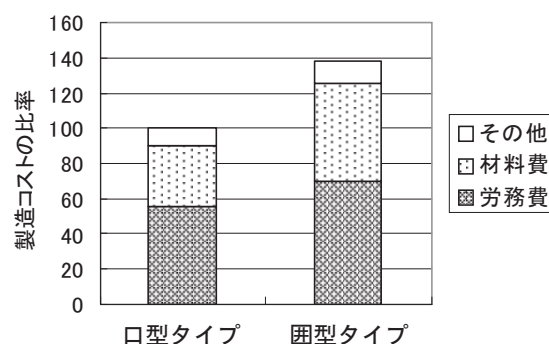
流し込み製法により、外周帯筋を内蔵した口型試験体と、外周帯筋と中子筋を内蔵した囲型試験体の実大外殻P C a柱の試作実験を行った。その結果、次のことがわかった。

(1)スランプが18cm程度の普通コンクリートでも、型枠振動機と棒状バイブレーターを併用すれば、横打ち方式の流し込み製法によって品質の優れた外殻P C a柱部材を製造することができる。

(2)普通コンクリートによる流し込み製法は遠心成形法より約15%程度安く外殻P C a柱部材を製造できる。



図－7 製法別コストの比較



図－8 タイプ別コストの比較

(3)外殻P C a柱部材の下面コンクリートの充填性、密実性を確保するためには、棒状バイブレーターの挿入を妨げないように、鉄筋のかぶり厚さを大きくすることや使用する粗骨材の大きさを小さくすることなどの工夫が必要である。

(4)口型試験体は下面内側にエアが溜まりやすいため下面内部型枠にエア抜き処置を施しておく必要がある。

(5)囲型試験体は口型試験体に比べ、型枠の建て込みと脱型に手間がかかることから約40%のコストアップになる。さらなるコストダウンを図るためには、多能工の育成による労務費の削減や、内部型枠の部品点数の削減する等の工夫が必要である。

[参考文献]

- 1) 黒島 毅他：流し込み成形による外殻P C a柱部材の研究（その1）外殻P C a柱部材の要素モデル実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、1999年9月
- 2) 梶原 茂生他：流し込み成形による外殻P C a部材の研究（その2）外殻P C a柱部材の製作実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、1999年9月
- 3) 磯 健一他：中子筋を内蔵する外殻P C a型枠の簡易製造法の開発研究、日本建築学会技術報告集 第7号 p 17～22、1999年2月