

# 流し込み成形外殻プレキャスト柱工法の開発 - その1 外殻体の製作方法 -

山尾 憲一朗\* 村田 義行\*  
新田 泰士\* 山浦 一郎\*

## 要 旨

鉄筋コンクリート構造における躯体工事の省力化および省資源化を推進するため、柱梁などの主要構造部にプレキャスト(ハーフプレキャスト)部材が開発、採用されている。柱部材のハーフPCa化を外殻部で考える場合、その製作を工場で行うよりもサイト内で場所打ちコンクリートによる流し込み成形で製作するほうが、運送コスト等を考慮すると有利であると考えられる。そこで本研究では流し込み成形によるせん断補強筋を内蔵した外殻プレキャスト柱部材の製作方法を開発し、それを実証するために実大柱部材の製作実験を行った。その結果、本研究で提案する製作方法により、実使用に十分耐え得る良質な外殻PCa柱部材の製作が可能となった。また、実験データに基づき外殻PCa柱部材の製作サイクル工程を検討した結果、多能工4人一組で1日2体の部材が製作できることもわかった。

## 1. はじめに

中高層鉄筋コンクリート建物の施工において、躯体構築段階での工期短縮化および省力化を狙い、柱・梁などの主要構造部にフルプレキャスト工法(以下、PCa)やハーフPCa工法などが提案され、実用化されている。主要構造部をハーフPCa化する場合、運送費や設計変更などへの柔軟な対応を考慮すると、PCa部材を工場製作とせず、サイト内での場所打ちコンクリート工法で製作する方が有利であると考えられる。これを踏まえ、本開発では場所打ちコンクリート工法によりせん断補強筋を外殻部に内蔵した柱外殻PCa体を製作する方法を開発し、加えてそれらが構造型枠として必要とされる性能を有しているかを確認するための実大製作実験を行った。また、製作実験を行うに先立って、柱の1面のみを取り出した要素モデルによる予備実験を実施し、製作実験における設定条件の絞込みを行った。本報は、せん断補強筋を内蔵した柱外殻PCa体の製作方法および製作実験と予備要素実験の概要と結果について報告する。

## 2. 外殻PCa柱部材の要素モデル実験

### 2.1 実験の目的

図-1に示すようなせん断補強筋のみを内蔵した外殻PCa柱体を流し込み成形により製作する工法の開発を、行ってきた。本工法の利点は、以下の通りである。

場所打ちコンクリートによる流し込み成形のため、運搬費などのコスト低減が図れる

フルPCa工法に比べ軽量のため、大型揚重機を必要としない

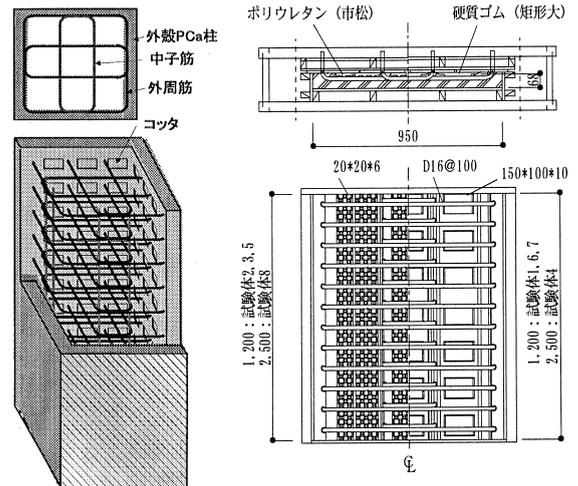


図-1 外殻PCa柱

図-2 試験体形状詳細

中空部への梁筋の定着が容易

遠心成型型ハーフPCa部材に比べ、肉厚を比較的薄く製造することが可能なため、柱主筋間隔を広く取れる隅角部以外にもシアコッタを設けることが可能  
柱水平断面が偏平な場合も製作が可能

この外殻PCa柱体が構造型枠としての必要性能を有することを確認するために行う製作実験(第3章に後述)に先立ち、製作実験での設定条件の中で予め検討が必要な項目について柱1面のみを取り出した要素モデルを製作した。本要素実験は、その製作における作業性や精度、ならびに試験体の品質や出来形をもとに製作実験の各条件を絞り込むことを、その目的とした。

\* 技術研究所

表 - 1 試験体形状および実験パラメータ

試験体寸法 (長さ×高さ×厚さ)	□-950×2500×70							
ハガク面	1面のみ							
エアチューブの材質	有り							
中子筋取合い部止め型枠	有り							
内型枠の脱型時期	5N/mm <sup>2</sup>				9N/mm <sup>2</sup> 以上			
打込み方法	竹竿突つき		型枠パイプ		竹竿突つき		型枠パイプ	
締固め方法	竹竿突つき		型枠パイプ		竹竿突つき		型枠パイプ	
コア型枠の材質・カラーの形状	ポリウレタン (特製)	硬質合成ゴム (特製)	ポリウレタン (特製)	硬質合成ゴム (特製)	ポリウレタン (特製)	硬質合成ゴム (特製)	ポリウレタン (特製)	硬質合成ゴム (特製)
設計基準強度	70N/mm <sup>2</sup>	図	1-70GTS	2-70PV5	3-70PT9		4-70GV9	
	42N/mm <sup>2</sup>	図	5-42PT5	6-42GV5	7-42GT9		8-42PV9	
備考	P:ポリウレタンカラー型枠 G:硬質ゴム製カラー型枠 T:竹竿突つき V:型枠パイプ ●:側圧測定位置							

表 - 2 使用材料

鉄筋	材質: SD295A、径 D16
型枠	コッタ部: ポリウレタン製 + 補助型枠 一般部: 硬質合成ゴム製 + 補助型枠
セメント	普通ポルトランドセメント(比重3.16)
細骨材	堅場産海砂; S1(比重2.56) 宝塚産砕砂; S2(比重2.58) (混合比 S1:S2=8:2)
粗骨材	宝塚産砕石 2015; G1(比重2.63) 宝塚産砕石 1005; G2(比重2.63) (混合比 G1:G2=5:5)
混和材	ポリカルボン酸系高性能AE減水材 空気量調整剤

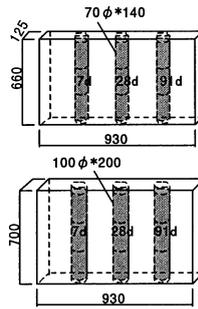


図 - 3 コア採取用試験体

表 - 3 コンクリートの調合

調合記号	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
			C	W	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
Fc70	30.0	46.7	583	175	428	428	147	583
Fc42	35.0	48.9	500	175	428	428	161	637

表 - 4 フレッシュコンクリート試験結果

調合記号	経過時間	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	7φ流動時間		コンクリート 温度 (℃)	混和材 添加率 (C×%)
				50cm	停止		
Fc70	15分(出荷時)	59	1.8	7'60	-	29	2.20%
	60分(荷卸時)	66	2.1	5'88	42'80	31	
	90分	62	1.8	7'50	44'00	30.5	
Fc42	15分(出荷時)	62	1.9	7'00	44'00	29	2.20%
	60分(荷卸時)	59.5	2.8	8'13	43'50	30	
	90分	57.5	2.1	13'00	1'13'00	27	

## 2.2 実験パラメータおよび試験体

要素モデル実験の検討項目は以下の通りである。

- ・ シアコッタを成型する内型枠の材質と形状
- ・ 打設コンクリートの締め固め方法
- ・ 鉄筋先組工法
- ・ 内型枠の脱型時期
- ・ 構造体コンクリート強度の管理方法

試験体の形状およびパラメータを表 - 1 に、試験体形状詳細を図 - 2 に示す。外殻PCa柱に使用するコンクリートの設計基準強度は70N/mm<sup>2</sup>および42N/mm<sup>2</sup>の2種類とした。コンクリートの打設は縦打ち方式とし、型枠上端に取り付けたホッパーにより投入した。内型枠の脱型強度は2種類設けたが、5N/mm<sup>2</sup>といったやや低い発現強度としたのは、脱型強度が高い場合コッタ型枠の脱型が困難となり、コッタの成形率に悪影響を及ぼすと考えられたためである。なお、高さH=2.5mの試験体2体については土圧計により、コンクリートの側圧を測定した。また、コンクリート強度毎に図 - 3 に示す構造体強度確認用のコア採取用試験体も併せて製作した。

## 2.3 使用材料とコンクリートの調合計画

試験体製作における使用材料を表 - 2 に示す。表中の補助型枠とは、中子筋がある場合にコッタ型枠との隙間からコンクリートの漏洩を防止する役割と、軟質材のコッタ型枠とエアチューブの間に取付けてエアチューブの内圧を均等にコッタ型枠に分散させる役割を担う型枠を意味する。試験体は68mmの薄肉であることから、通常のコンクリートでは打ち込みが困難で充填不良が予想されたため、高流動コンクリートを使用することとし、スランプフローの値を60 ± 10cmと設定した。コンクリートについては、室内

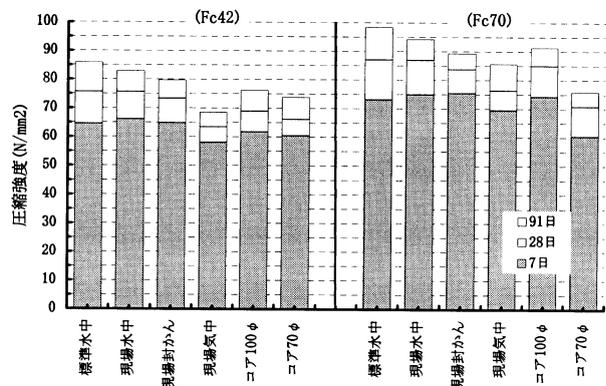


図 - 4 圧縮強度試験結果

試験練りを実施し、フレッシュコンクリートの性状、経時変化や圧縮強度の発現性状をもとに調合を決定した。表 - 3 にその調合を示す。一般的に紛体系高流動コンクリートは総粉体量が500kg/m<sup>3</sup>程度必要とされるが、今回の調合ではセメントのみで500kg/m<sup>3</sup>の粉体量を確保できるため、特に混和材としての他の紛体は使用せず、セメント単味の高流動コンクリートとした。

## 2.4 実験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表 - 4 に、圧縮強度試験結果を図 - 4 に示す。フレッシュの性状は良好で、スランプフロー値は注水後90分経過時においても管

理下限値の50cmを満足していた。また、圧縮強度についても4週強度はいずれも設計基準強度を上回っており、かつコア供試体による構造強度は現場封かん養生と現場気中養生供試体の試験結果の間の値を示した。以上の結果より、出荷時のスランプフローが60cm程度確保されていれば、90分経過時まで良好なフレッシュ性状を得ることが可能であり、構造体強度については現場気中養生の値を採用すれば安全側に評価できることがわかった。

コンクリートの側圧測定結果の一部を図 - 5 に示す。試験体4-70GV9(Fc70,H=2,500)におけるコンクリート側圧は液圧として計算した値とほぼ等しい結果となった。なお、この試験体のコンクリート打設中、打設完了時点で側圧により下部の型枠接合部に隙間が生じ、コンクリートが流出する現象が起きた。本工法では内型枠に加わる側圧は主にせん断補強筋間に挿入するエアチューブにより抵抗させるため、本実験で起きたコンクリートの漏洩を防ぐには、エアチューブの内圧設定への配慮が重要である。

コンクリートの締め固め方法については、竹突きめの5-42PT5と、打ち込み高さが2.5mと大きい8-42PV9ではコンクリートの充填性が不十分で柱脚部に一部ジャンカが発生した。この原因として、今回の打設ではホッパーから直接試験体にコンクリートを投入する方法を採ったため、柱脚部では自由落下高さが大きくなりすぎたことが考えられた。柱脚部の打設を行う場合は、シュート等を使用してコンクリートの自由落下高さを抑える必要がある。

脱型後のコッタ面出来形を写真 - 1 に示す。Fc70の試験体についてはコッタ面および外型枠面とも気泡は少なく、コッタの出来形および成形率も良好であった。一方、Fc42の試験体ではコッタ面および外型枠面とも表面気泡が多少ではあるが見受けられ、大きい気泡によるコッタの欠けも一部観察された。しかし、コッタそのものの出来形や成形率は全般的に良好であった。また、コッタ型枠の材質の違いによる出来形に顕著な差異は認められなかった。

内型枠の脱型強度の確認のため、コンクリート打設後数時間おきに圧縮強度試験を実施した。その結果、Fc70は注水後約14時間で5N/mm<sup>2</sup>、約15.5時間で9N/mm<sup>2</sup>となり、Fc42では同じく約15.5時間後が5N/mm<sup>2</sup>、約18時間後に9N/mm<sup>2</sup>に達した。なお、脱型強度の差異によるコッタ出来形・成形率に変化は認められなかった。

## 2.5 要素モデル実験のまとめ

- 1) 構造体のコンクリート強度は、現場気中養生で管理すれば、安全側に評価できる。
- 2) コンクリートの側圧は液圧とほぼ等しくなるため、内

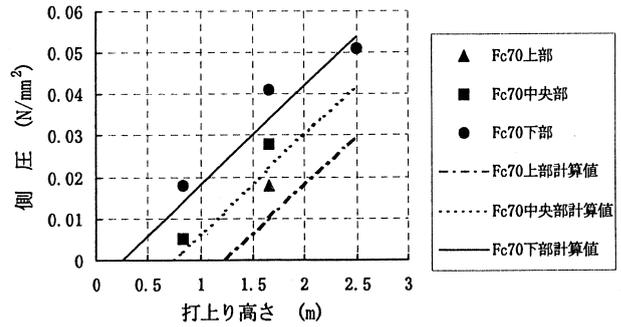


図 - 5 コンクリート側圧測定結果(Fc70)

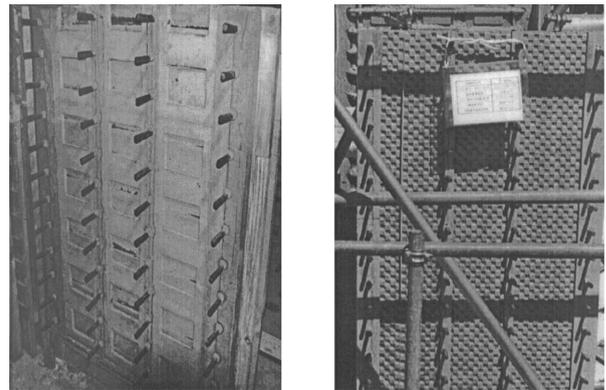


写真 - 1 コッタ面出来形

型枠がはらみ出さぬよう、エアチューブの内圧を調整する必要がある。

- 3) コンクリート強度によらず、脱型後のコッタ面の出来形および成形率はともに良好であった。
- 4) 柱脚部はジャンカ等の不具合が発生し易いため、コンクリート打設の際はシュート等を使用してコンクリートの自由落下高さを極力小さく抑えると同時に、締め固めも十分に行う必要がある。

## 3. 外殻 PCa 柱部材の実大製作実験

### 3.1 実験の目的

2章要素モデル実験の結果を踏まえ、場所打ちコンクリート工法によるせん断補強筋を内蔵した外殻 PCa 柱の実大試験体を製作する施工実験を行い、外殻体が構造型枠として必要な性能を有することの確認ならびに設計・施工に供する資料を得ることを目的とした。

要素実験で得られた知見や注意事項を反映して実大柱試験体を製作するに先立ち、外殻体に内蔵される帯筋および中子筋の先組方法の評価、型枠の組立・脱型方法の評価やエアチューブの材質を選定を行うために2体の試験体を予備実験として製作した。製作実験の設定条件は一連の予備実験結果に基づき決定した。

予備実験および製作実験のパラメータを表 - 5 に、試験体の形状を図 - 6 に示す。なお、製作実験で製作した試験体は実験終了後、3体は切断してコッタの成形状況や外殻部出来形の測定を行い、残りの2体は単体性能を把握するため実施した水圧実験<sup>1)</sup>の試験体として用いた。

表 - 5 実大実験パラメータ

実験	予備実験		製作実験				
	1	2	1	2	3	4	5
試験体No.	1	2	1	2	3	4	5
実験順序	(1)		(2)	(3)	(1)	(2)	(1)
試験体寸法 (mm)	950×950×2,500×68				950×950×3,000×68		
打ち込み方法	縦打ち				横打ち		
Fc (N/mm <sup>2</sup> )	70		42		70		42
中子筋	有り		無し		有り		
隅金物	コッター付き (約60mm×60mm)、鋼製						
エアチューブ材質	G <sup>*3</sup>	PH <sup>*3</sup>	ポリエステル+ハイパロンゴム製			合成ゴム製	
コッター型枠形状	市松・矩形併用		矩形(150×100×10)、硬質ゴム製				
穴あき補助型枠 <sup>*1</sup>	半円		長円	半円	長円		
補助型枠	合板(厚12、18mm) (一部合成樹脂製)						
内型枠脱型方法	縦置き		横置き	縦置き	横置き		
内型枠脱型時期 <sup>*2</sup>	翌日	早期	翌日	早期	翌日	早期	
充填コンクリート強度	-		Fc42		-		
製作後の試験	-		切断	水圧	切断	水圧	水圧

\*1: 穴あき補助型枠: 合板(厚12mm)、帯筋間隔で円形の切欠きあり  
 \*2: 早期: 脱型強度5N/mm<sup>2</sup>、翌日: 脱型強度9N/mm<sup>2</sup>  
 \*3: G: 合成ゴム製、PH: ポリエステル+ハイパロンゴム製

### 3.2 予備実験概要および結果

試験体はコンクリート縦打ち形式とし、製作手順として鉄筋先組方法は大きく2種類の方法を試し、エアチューブの材質を合成ゴム製のものと、ポリエステル+ハイパロンゴム製の2種類を用いた。

#### 3.2.1 鉄筋工事

鉄筋先組は横置きで行った。組立手順として、せん断補強筋の仮置き状態の違いにより、

直置きして組立てるタイプ (組立手順1)

吊った状態で組立てるタイプ (組立手順2)

といった2つのケースに大別し、更に組立手順2ではせん断補強筋のセット状況および先組状態により、3種類に小分類したものを実施し、それらの利点や問題点を確認した。以下に生じた課題を示す。

- ・組立時間や難易度に関しては4種類に大差は無かったが、総じて組立時間が多少長くなる傾向にある。
- ・組立手順2で専用治具により外周筋と中子筋とを先行して組立てる方式では、上部に配する隅金物に帯筋の全荷重を負担させるため若干のたわみが生じ、その状態で結束してしまうと、組立後のストック吊り上げ時などに帯筋が所定の位置からずれてしまう。

以上の課題を検討した結果、手順1、2の長所を組み合わせた手順 (図 - 7) を製作実験では採用した。

#### 3.2.2 型枠・コンクリート工事

内型枠の使用材料について、コッタ型枠の形状およびエアチューブの材質を変化させて比較した結果、コッタ型枠の脱型時期によらずその形状の違い (矩形、市松) に

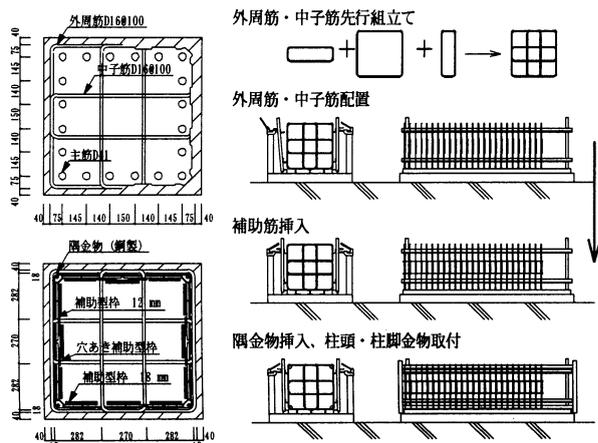


図 - 6 実大試験体形状 図 - 7 鉄筋先組手順

よる出来形や脱型作業自体に差異は見られず、またエアチューブの材質による違いも見受けられなかった。

隅金物は外殻体のコッタ成形と、帯筋位置の確保を保持する機能を兼ねているが、本実験では隅金物の取外しの際、周辺のコッタが欠ける現象が見られた。これはコッタ型枠・補助型枠の端部が内側にずれ込んで隅金物の側面に回りこんだためであると思われる。製作実験ではコッタ型枠と補助型枠の側圧による沈みを防止するための受けベースを取付けることにした。

コンクリートの打設はじょうご状のバケットと筒状のシュートを用いて行い、棒状のパイプレタにより締固めた。その結果、次のような課題が生じた。

- ・打込み高さが2.5mと高いため、側圧によりエアチューブが変形し、柱脚部で約5cmのはらみが確認された。
- ・はらみが大きい部分ではノ口漏れにより、内型枠の脱型にやや障害がみられた。
- ・帯筋と外型枠とで囲まれた空間に筒状のシュートを投入すると、コンクリートが閉塞してスムーズな打設ができない場合があった。

### 3.3 製作実験

前節で述べた実大外殻PCa柱の製作過程での課題を検討し、最も効率的な製作要領を確立するために製作実験を行った。外殻体は計5体製作したが、本報では縦打ち試験体の実験結果を主に報告する。

なお、外殻体に内蔵されるせん断補強筋の径はD16で、そのかぶり厚さは40mmに設定した。鉄筋および型枠の組立・建込みにおける許容誤差はそれぞれ±5mm、±3mmとし、出来形の寸法誤差は±5mmとした。また、各作業は多能工にて行った。

#### 3.3.1 鉄筋工事

せん断補強筋の先組みは予備実験にて絞り込んだ手順 (図 - 7) で行った。その手順は外周筋(帯筋)と中子筋を

専用組立台にて先組みしておき、柱先組鉄筋組立装置上で隅金物および柱頭・柱脚金物などを使用して柱状に組立てるといったものである。引き続きコッタ型枠、補助型枠などの内型枠の組立てを実施し、穴あき補助型枠にて帯筋の位置を固定した。縦打ち試験体2体において、その先組鉄筋ユニットの組立時間(帯筋の先組から隅金物取付けまで)を計測した結果、作業員2名により平均でトンあたり4時間弱であった。今回は次工程指示待ちによる組立実験であったため、この程度の時間が費やされたが、習熟度が高くなることにより更なる組立時間の短縮が望められると思われる。

### 3.3.2 型枠工事

予備実験でコンクリート打設時に側圧によるエアチューブの変形によるはらみ部分から多少のノロ漏れが見られたこと、また半円形の穴あき補助型枠では組立て時の固定がやや複雑であったことを勘案して、切り欠き形状を半円形から長円形に変更し、補助型枠とて帯筋を挿みこむ形式を採った。これにより、帯筋間隔の乱れとコンクリートのノロ漏れを更に少なくすることができた。

また、外型枠は縦打ち、横打ちとも鋼製システム型枠を用い、剥離材は油性2種類と水性1種類を試験体別に塗布した。

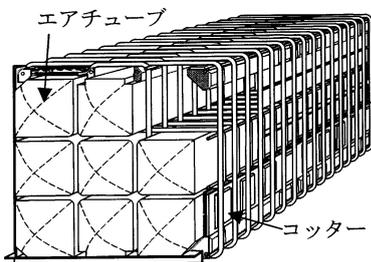


図 - 8 内型枠組立て概要

内型枠組立て概要を図 - 8 に示す。内型枠の組立ては、帯筋で囲まれた9区画の最下段より行い、順に上段方向へ進む方式を採った。1区画内ではコッタ・補助型枠を配置後、エアチューブを挿入し、その成形率が約60%程度まで膨らませて内型枠の移動を制限しながら所定の位置に固定した。その作業を繰返し行い、上面の内型枠をすべて挿入した時点でエアチューブの成形率を90%程度まで上げ、上段の側面および上面のコッタ型枠が隅金物に密着かつ中子筋芯に中心が合うよう調整しながら、成形率100%程度まで加圧した。なお、エアチューブの内圧の組立て段階における設定値を、内型枠完了時には0.01N/mm<sup>2</sup>程度に、コンクリート打設前を縦打ち方式では0.035N/mm<sup>2</sup>程度、横打ち方式では0.045N/mm<sup>2</sup>程度とした。ただし、実施工で管理する場合は内圧の変動を測定する機構をコンプレッサーに付加

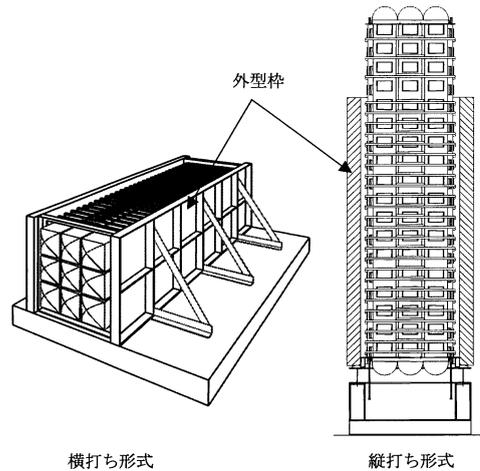


図 - 9 外型枠組立て概要

する必要があると思われる。なお、内型枠の建込みに要した作業時間は、縦打ち試験体で平均200分/3人、横打ち試験体で平均190分/3人であった。

図 - 9 に外型枠組立て概要を示す。縦打ち方式では内型枠組立て後、ユニットを揚重機により建て起し、外型枠組立て架台へセットして外型枠を建て込んだ。一方、横打ち方式では同じく揚重機で吊り込んだ後、図 - 9 に示すようなブレース付きの鋼製側面型枠へユニットを落とし込む方式とした。なお、外型枠はかぶり厚さの偏りが生じぬよう、スペーサ等で調整しながら、ロックピンおよびボルトにより固定した。外型枠の組立てに要した時間は3人組みで縦打ち方式で平均20分程度、横打ちで平均60分程度であった。

脱型については、当初は内型枠からのノロ漏れにより脱型が困難になることが予想されたこともあり、早期脱型と翌日脱型の2種類を設定したが、前述した組立て方法によりノロ漏れはほとんど無く、打設翌日でも比較的容易に脱型することができた。ただし、内型枠部品数とその対策のため増加したことにより、作業が少々煩雑となってしまったので、管理上部品数を削減する必要があると思われる。内型枠の脱型作業については、縦打ち試験体では縦置きと横置きの場合の両方を試したが、縦置きのまま行う場合は隅金物の取り出しが高所作業でかつ、やや不安定な姿勢を強いられるため、実施工では隅金物の剥離後に揚重機で外殻体を吊り上げてから下方より抜き出す等の作業手順の見直しを行う必要があると思われる。一方、横置きでの脱型作業は特に問題点は見当たらず、縦置きに比べ比較的容易だった。

### 3.3.3 コンクリート工事

打設コンクリートの強度は外殻体がF<sub>c</sub>70、充填部がF<sub>c</sub>42である。コンクリートの使用材料と調査は2章要素

モデル実験と同様である。フレッシュコンクリートの試験結果の一部を表 - 6 に示す。Fc70 および Fc42 コンクリートともにその流動性、スランプ保持性は良好であり、打設に支障はなかった。標準水中養生を行った供試体の圧縮強度は、材齢 28 日でそれぞれ 90N/mm<sup>2</sup> および 82N/mm<sup>2</sup> であった。

打設作業においてコンクリートの揚重は予備実験と同様、0.5m<sup>3</sup> バケツで行った。コンクリートの投入には数種類のホッパとシュートの組み合わせを試したが、その結果、外殻体の打設には図 - 10 に示す L 字型のホッパと長さ 1.5m の鋼製平板の組合せが最も施工性が良いと思われた。このホッパを用いた場合の利点として、隅角部から打設できることにより柱の 2 面に側圧を分散させ、かつコンクリートの打上げ高さをほぼ均等に保てる事が挙げられる。コンクリート打設状況を写真 - 2 に示す。コンクリートの打込みは側圧の集中を防ぐため、試験体を 3 層に分けて行った。1 層目は下端から約 0.3m まで、2 層目は約 1.2m まで、3 層目で柱天端高さまで打上げた。締固めは、外殻体については型枠パイプを、充填部については棒状パイプを使用した。

3.3.4 出来形

外殻体部材厚さの測定結果の一部を図 - 11 に示す。内型枠や打設治具、打込み方法などを修正・工夫することにより、外殻体厚さの誤差の平均値は -1.4mm、標準偏差は 3.1mm となった。中空部に充填コンクリートを打設した試験体(No.1)については、コンクリート硬化後に水平・鉛直方向に切断し、コンクリートの充填状況や外殻部と柱主筋との間隔などを確認を行った。その結果、各部の充填状況は良好であり、特に問題点は無かった。

3.4 サイクル工程

外殻 PCa 柱部材の製作サイクル工程を本実験より得られたデータにより検討すると、多能工 4 人 1 組で、1 日あたり 2 体の外殻体が製作できることがわかった。

4. まとめ

一連の外殻 PCa 柱製作実験の結果は以下のようにまとめられる。帯筋先組み装置と隅金物および長円穴あき補助型枠の使用により、効率的な鉄筋ユニットの組立てが可能となった。エアチューブ、補助型枠、L 字型ホッパの使用とコンクリート打設方法の変更等により、均質でかつ良質な外殻 PCa 柱体が製作できた。実施工で本工法を採用する場合、エアチューブの内圧管理装置の準備と、内型枠部品数の削減化が必要である。L 字型ホッパと鋼製平板の使用により、かぶり厚さ 40mm の型枠内にコンクリートをスムーズに打設、充填することができた。4 名の多能工により、流し込み成形方式で 1 日 2 体

表 - 6 フレッシュコンクリート試験結果

記号	経過時間 分	空気量 %	スランプフロー cm	フロー流動時間		コンクリート 温度 ℃	混和材 添加率 C×%
				50cm	終結 秒		
Fc70	15	1.0	54.0 × 52.0	-	-	-	2.4%
	50	1.8	63.5 × 61.5	7'25	50'25	24.0	
	90	1.4	63.0 × 58.5	9'50	48'00	23.0	
	120	1.4	60.0 × 58.0	13'50	48'00	21.5	
Fc42	30	1.2	69.0 × 72.0	6'00	1' 07'00	22.0	2.8%
	60	0.6	73.5 × 70.0	7'65	1' 20'00	21.5	
	90	0.7	69.0 × 68.0	9'10	1' 29'00	21.5	
	120	0.3	65.0 × 66.0	12'31	1' 50'00	21.0	

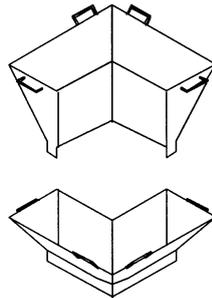


図 - 10 使用ホッパ 写真 - 2 外殻体打設状況

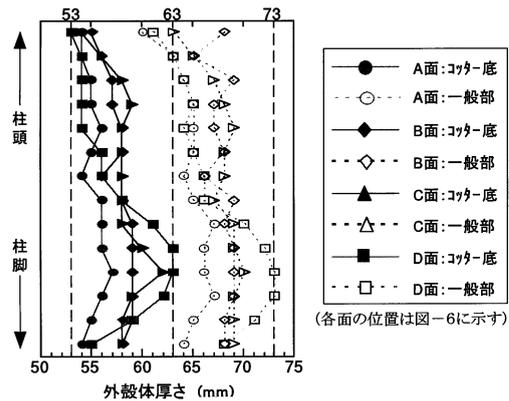


図 - 11 外殻体の部材厚さ測定結果

の外殻 PCa 柱部材の製作が可能であることがわかった。

なお、本工法の開発は、(株)奥村組、大末建設(株)および(株)松村組(50音順)の3社との共同で行った。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導・ご鞭撻頂きました筑波大学機能工学系助教今井弘博士に深く感謝するとともに、厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 小河義郎・細矢博・河野政典・村田義行・近藤淳樹・甲斐誠：流し込み成形による外殻 PCa 柱部材の研究(その3)外殻 PCa 型枠の側圧実験、日本建築学会大会(中国)、1999、投稿中