

報告 2面外殻プレキャスト工法によるプレキャスト梁部材製作・施工実験

服部 覚志*1・竹内 博幸*2・山浦 一郎*3・黒野 薫*4

要旨：外殻プレキャスト（以下、外殻PCa）工法の一つとして、部材断面の平行な外殻部2面のみをPCa化し、他の面は在来型枠で補う工法を提案した。本工法の地中梁への適用については既に開発を進めており^{1),2)}、引き続き、地上躯体梁部材への適用について検討した。両者の施工上の相違点は、地上躯体では、地中梁に用いた場合に作用する、先行埋戻しによる土圧が発生しないことや、タイル張りなどの仕上げへの配慮が必要となることである。

本報では、地上躯体への適用を想定した実大の外殻PCa梁部材を製作し、後打ちコンクリートを打設した製作・施工実験の結果について報告する。

キーワード：外殻プレキャスト工法、地上躯体梁部材、後打ちコンクリート

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造において、躯体工事の省力化、工期短縮および省資源化を目的として、柱や梁などの主要構造部材にPCa部材が採用されている。これらPCa部材の一種に、揚重や運搬作業などの軽減を目的とした、せん断補強筋を内蔵した薄肉中空の外殻PCa部材がある。

筆者らは、この外殻PCa工法において、柱や梁などの構造断面の向かい合う平行な2面のみを外殻PCa部材として製作し、他の面は在来型枠等で補う2面外殻PCa工法を提案し（図-1参照）、既報では、本工法を地中梁に適用した場合の構造実験と施工実験について報告した^{1),2)}。

本報では、2面外殻PCa工法の地上躯体への適用を目的として、地中梁では土圧による圧縮とコンクリート側圧による引張りの両方に対応させた支保材を、引張りのみへ対応させるために、市販のセパレータや鉄筋を用い、また仕上げに50角のタイルを施すなど、地上躯体に対応した2面外殻PCa梁部材に関する製作と後打ちコンクリート打設実験について報告する。

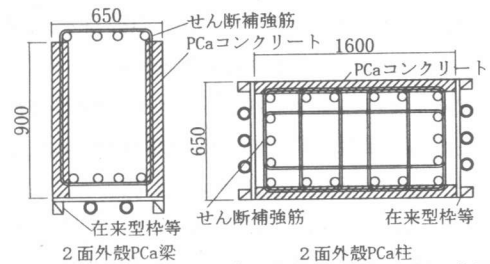


図-1 2面外殻プレキャスト工法断面例

2. 実験概要

試験体断面形状を図-2に示す。

実験は、図-2に示すような断面形状の異なる4体の2面外殻PCa梁部材を製作する製作実験と、そのうちの2体を直列につなぎ内部にコンクリートの打設を行う後打ちコンクリート打設実験を行った。

製作実験では、製作時の歩掛りおよび出来形の精度について測定を行った。

後打ちコンクリート打設実験では、外殻体コンクリート（以下、外殻体）の表面ひずみや支保材に生じる応力などの、コンクリート打設による外殻体への影響を調査した。

*1 五洋建設(株)技術研究所建築技術グループ主任 工修（正会員）

*2 五洋建設(株)技術研究所建築技術グループ課長（正会員）

*3 五洋建設(株)建築本部技術管理グループ課長

*4 (株)ヤマックスPC製品事業部設計営業課課長 工修（正会員）

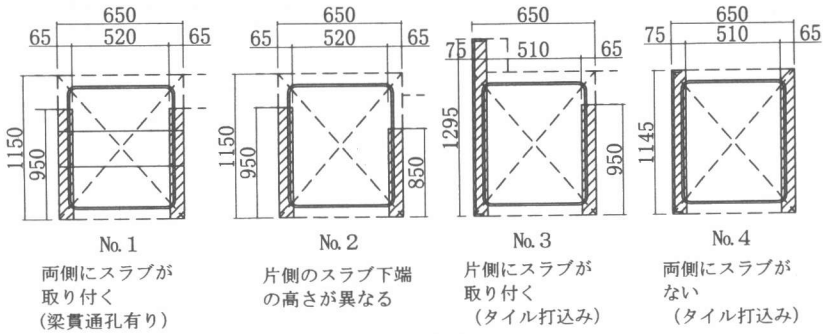


図-2 試験体断面形状

3. 試験体

3.1 形状寸法

製作実験で製作する試験体一覧を表-1に、試験体の形状 (No.1) を図-3に示す。

試験体は、計画中のRC建物の部材を想定し、梁幅650mm×梁せい1,150mmとした。また、部材の長さは、有効スパン5,300mmの梁部材を中央部にて接合する方式 (接合部分500mm) を採用することとし、2,400mmとした。

梁の断面形状は、No.1：梁両側にスラブが取り付け、梁貫通孔有り、No.2：梁両側にスラブが取り付け、スラブ下端段差あり、No.3：片面タイル打込み (立上がり有り)、片面スラブ付き、No.4：片面タイル打込み、梁両側スラブなし、の4種類を設定した。

後打ちコンクリート打設実験時は、No.1とNo.2を連結したものをユニットA、No.3とNo.4を連結したものをユニットBとした。

また、コンクリート側圧に抵抗する支保材の施工方法として、両端に市販の鉄筋保持用金物を取り付けたセパレータおよび、両端をフック

形状とした丸鋼 (φ6) の2種類とし、それぞれせん断補強筋に直接取り付けた (図-4参照)。No.1とNo.2には丸鋼を、No.3とNo.4にはセバ

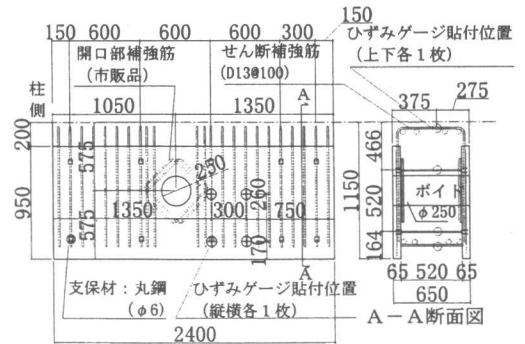


図-3 試験体詳細図 (No.1)

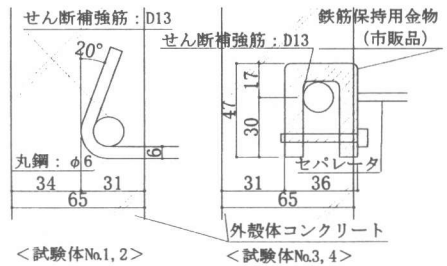


図-4 支保材取付部詳細

表-1 試験体一覧

試験体	梁貫通孔 (φ250)	タイル打込み	立上り	梁幅 (mm)	PCa部分高さ (mm)		後打ちコンクリート打設時の組合せ	支保材取付方法	備考
					表面	裏面			
No.1	有	無	無	650	950	950	ユニットA	φ6両端フック	両側スラブ付き 梁長さ方向にスラブ段差あり
No.2	無	無	無	650	950, 850	950			
No.3	無	有	有	650	1,295	950	ユニットB	セパレータ+市販金物	片側スラブ付き 両側スラブなし
No.4	無	有	無	650	1,145	1,145			

共通：試験体長さ2,400mm、せん断補強筋D13@100 (溶接閉鎖型)

注：表中、表面は製作時の下部外殻体 (鋼製ベッド側) を示し、裏面は上部外殻体を示す。

レータを使用した。

なお、No.3とNo.4は、50角のモザイクタイルを打ち込むため、タイル割付にあわせてPCa部材の高さを1,295、および1,145としている。

各試験体のせん断補強筋と支保材の一部(試験体の中央に位置する)には、製作実験時にひずみゲージを貼付し、後打ちコンクリート打設時のひずみを計測した。

3.2 使用材料

使用コンクリートの調合表を表-2に、コンクリート強度試験の結果を表-3に示す。

No.1とNo.2には調合A(目標スランプ18cm)、No.3とNo.4には調合B(目標スランプフロー60cm)のコンクリートを使用した。

また、コンクリート打設の翌日の脱型強度を確保するため、蒸気養生を行った。

せん断補強筋は、溶接閉鎖型D13(SD295A)を使用した。また、せん断補強筋、丸鋼、セパレータの弾性係数は、それぞれ175, 193, 188kN/mm²であった。

4. 外殻PCa梁部材製作実験

4.1 製作状況

型枠断面図を図-5に、No.1の製作時の状況を写真-1~4に示す。

製作は、主に2人で1日1体製作し、コンク

リート打設時のみコンクリートバケットのオペレータを1人追加した。

製作順序は、No.1, No.3, No.4, No.2の順に行った。

1日のサイクルは、型枠脱型、移動、型枠の組立、コンクリート打設、養生とした。

製作方法は、梁を横にした状態で、上下に2枚の外殻体を製作し、下側を下部外殻体、支柱で支えられた上側を上部外殻体とする。

製作の主な手順は、

- ①下部止め枠と支柱のセット
- ②ワイヤーメッシュセット
- ③せん断補強筋セット
- ④上部止め枠セット
- ⑤下部コンクリート打設
- ⑥上部底型枠セット
- ⑦上部コンクリート打設

で行い、No.2のみ⑤と⑥を逆転した。

外殻体と後打ちコンクリートとの界面の処理は、ベッド面側の下部外殻体は刷毛引き仕上げを施し、上部外殻体は底型枠を縞鋼板とすることにより凹凸を設けている。

図-5の右側の上部止め枠は、せん断補強筋を取り付けるための切り欠きを施してある。また、これはせん断補強筋を所定位置にセットするためのスペーサーの役割も果たす。

表-2 コンクリートの調合

種類	粗骨材の最大寸法(mm)	スランプまたはスランプフロー(cm)	水セメント比(%)	空気量(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)						
						水	セメント	混和材高炉スラグ	細骨材	粗骨材(15~20)	粗骨材(~15)	混和剤
調合A	20	18	39	4	41.2	168	431	—	692	576	577	2.80
調合B	20	60×60	30.6	2	55	176	476	98	874	376	459	6.74

表-3 コンクリート強度試験結果

使用部位	調合種類	圧縮強度(N/mm ²)				引張強度(N/mm ²)	曲げ強度(N/mm ²)	
		脱型時 ^{*1}	後打ちコン打設時 ^{*1} (封緘養生)	28日強度 ^{*1} (封緘養生)	28日強度(標準養生)	後打ちコン打設時 ^{*1} (材齢:日)	後打ちコン打設時 ^{*1} (材齢:日)	
外殻体 コンクリート	No.1	調合A	17.0	56.4	57.7	61.1	4.77(15)	6.55(15)
	No.2	//	20.7	53.5	57.9	58.7	3.61(11)	3.74(11)
	No.3	調合B	22.1	77.8	73.4	77.9	6.36(14)	7.24(14)
	No.4	//	46.7	74.9	78.0	75.1	4.08(13)	8.23(13)
後打ち コンクリート	ユニットA	調合A	—	—	61.3 ^{*2}	64.9 ^{*2}	—	—
	ユニットB	調合B	—	—	89.3 ^{*2}	86.5 ^{*2}	—	—

*1:蒸気養生後、封緘養生とした。*2:圧縮試験時材齢30日

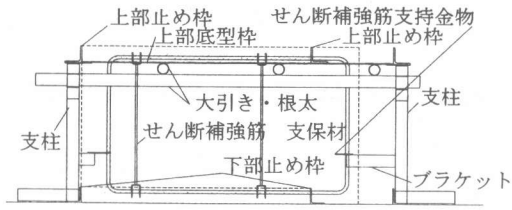


図-5 型枠断面

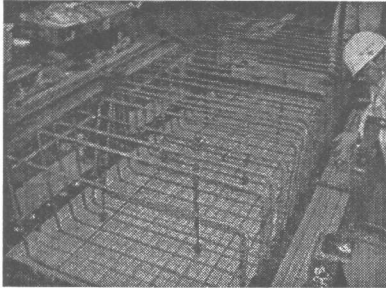


写真-1 せん断補強筋セット状況



写真-2 コンクリート打設状況

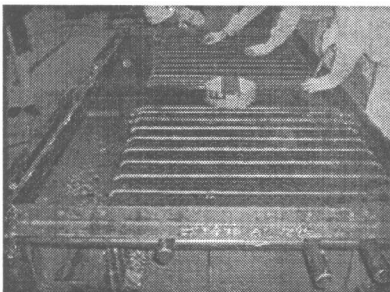


写真-3 上部底型枠セット状況

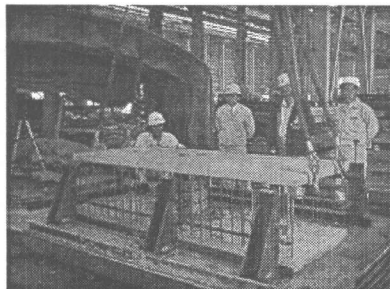


写真-4 脱型（付着切り）状況

4. 2 PCa 部材出来形

PCa 梁部材の精度測定結果を表-4に、試験体No.1の出来形全景を写真-5に、外殻体の内側界面の出来形を写真-6に示す。

部材の精度は、JASS5³⁾に示されている計画供用期間が長期の部材断面寸法の許容差以内であった。施工時にスラブが載る外殻体上面の精度は、0～+1mmであり十分な精度であった。これらは、型枠の精度に依存すると考えられる（型枠の精度は仮組した時点で計測した）。

また、PCa 梁部材脱型時、および移動時には脱型時強度が高いこともあり、ひび割れの発生は確認されなかった。

4. 3 製作時歩掛り

歩掛り測定結果を表-5に示す。

歩掛りは、各作業にかかった時間と人工数の積を1日の作業時間を8時間として1人1日当たりの部材製作数および型枠梁側面の型枠相当面積で表している。

製作時歩掛りは、No.2を除いた全ての試験体においてほぼ同様の歩掛りを示し、梁貫通孔や型枠の形状の違いによる差異はなかった。タイルシート敷き込みを含まない4体の平均は、1.46体/人日であった。なお、表中の数値にはタイルシート敷き込み時間は含まれていない。

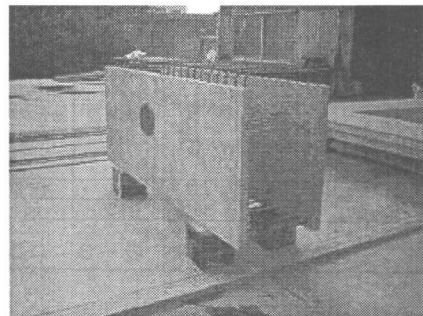
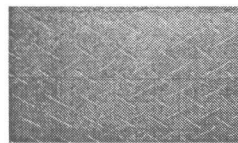
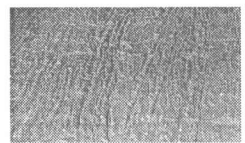


写真-5 2面外殻PCa全景



上部外殻体



下部外殻体

写真-6 界面の形状

表-4 2面外殻PCa部材の精度測定結果

項目	試験体No.	1	2	3	4
辺長	長辺方向	0~+1	+1	0~+1	0~+1
	短辺方向	0~+1	0~+2	0	0~+1
外殻体上面の凹凸	幅	0	-	0~+1	-
	幅	-1~+3	-1~+5	-2~0	0~+2
対角の長さの差(梁側)	1, 2	2, 2	2, 2	2, 2	2, 2
	同(断面)	0, 4	0, 1	0, 2	0, 1
面の凹凸		0~+1	0~+1	0~+2	-1~+2
外殻体の厚さ		-3~+3	-	-1~+3	-

単位: mm

表-5 歩掛り測定結果

打設順序	No.1	No.2	No.3	No.4	全体
	1	4	2	3	-
製作時	2.27	1.59	2.62	2.71	2.20
	10.37	7.06	14.16	14.93	10.96
脱型時	4.66	4.90	4.32	4.03	4.45
	21.25	21.70	23.35	22.27	22.17
製作+脱型	1.53	1.20	1.60	1.59	1.46
	6.97	5.32	8.64	8.77	7.27

単位: 上段: 体/人日
下段: m²/人日

5. 後打ちコンクリート打設実験

5.1 後打ちコンクリート打設状況

ユニットAの組立図を図-6に示す。

製作した4体の試験体を、表-1に示す組合せにて2体ずつ直列に500mmの間隔(梁・梁接合部)を開けてつなぎ合わせ、2本の梁部材を形成し、後打ちコンクリートを打設した。ユニット化状況および後打ちコンクリート打設状況を写真-7, 8に示す。

製作実験時に、せん断補強筋および支保材に貼付したひずみゲージ、および外殻体表面に貼付したひずみゲージにて後打ちコンクリート打設時の外殻PCa部材の各所に生じるひずみを計測した。また、同時にユニット中央部(接合部分)に設置した土圧計にてコンクリート側圧を計測した。

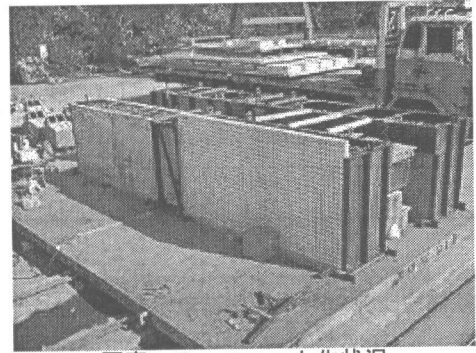


写真-7 ユニット化状況

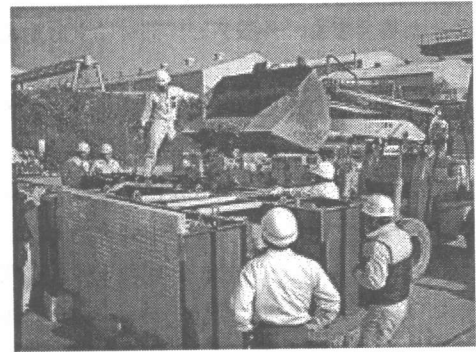


写真-8 コンクリート打設状況

5.2 PCa部材に生ずるひずみ

コンクリート打設時の最大側圧、鉄筋・支保材に作用した最大応力、および外殻体表面に貼付したコンクリートゲージの最大ひずみをそれぞれ表-6~8に示す。

型枠面に生じた側圧は、梁の下方側面において液圧に換算した計算値よりよりも大きな値を示している。なお、液圧算出に用いたコンクリートの単位体積質量は、調査表より算出し、調査Aは2.45t/m³、調査Bは2.47t/m³とした。

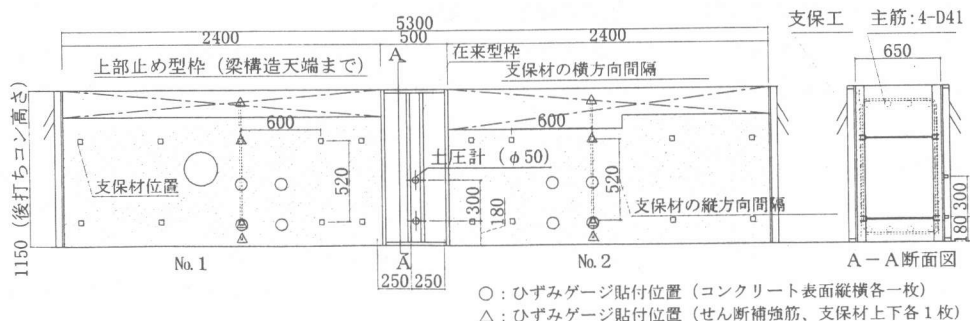


図-6 ユニットA組立図

表-6 最大側圧

	下端からの距離 (mm)	実測値 (kPa)	計算値 (kPa)
ユニットA	480	12.7	15.7
	180	25.0	22.9
ユニットB	480	9.6	16.1
	180	25.3	23.4

鉄筋や支保材への作用荷重，およびコンクリート表面に生ずるひずみは，最大で3,127N，および45 μ であり，これらに実際の作業荷重が加わった場合でも，外殻PCa梁部材は十分耐え得ると判断できる。

せん断補強筋，および支保材に作用する応力は，中央上部の支保材が最大となる。これは，この位置の支保材は，他のせん断補強筋や支保材との距離が大きいためであると考えられる。

コンクリートのひずみは，4本の支保材に囲まれた中央部が最も大きなひずみを示し，支保材の縦方向間隔中央部，横方向間隔中央下部，支保材近傍となった。横方向間隔中央下部のひずみが縦方向間隔中央部よりも小さいのは，せん断補強筋の影響であると考えられる。

また，後打ちコンクリート打設時および脱型時には，PCa梁部材に発生するひび割れの発生は確認されなかった。

6. まとめ

本実験により，実物件に対応した断面形状，施工条件で，支障なく2面外殻PCa梁部材の製作・施工が行えることを確認した。

以下に，本実験により得られた知見を示す。

- 1) 2面外殻PCa梁部材の精度は，今回の製作方法においてJASS5³⁾の規定する計画供用期間が長期の場合の部材断面寸法の許容差以内であった。
- 2) 製作時の歩掛りは1.45体/人日であった。
- 3) 後打ちコンクリート打設時に側圧が2面外殻PCa部材に与える影響は小さい。

表-7 鉄筋および支保材最大応力

	使用材料	下端からの距離 (mm)	ひずみ (μ)	作用荷重 (N)	
ユニットA	No. 1	D13	1,040	10	223
		ϕ 6	684	584	3,127
		ϕ 6	164	232	1,242
	No. 2	D13	40	31	691
		D13	1,040	26	579
		ϕ 6	684	512	2,741
ϕ 6		164	258	1,381	
ユニットB	No. 3	D13	40	24	535
		D13	1,105	10	223
		5/16	749	404	2,849
	No. 4	5/16	229	100	705
		D13	105	36	802
		D13	1,105	18	401
		5/16	749	73	515
		5/16	229	38	268
		D13	105	80	1,783

表-8 コンクリート表面最大ひずみ

		下端からの距離 (mm)	支保材位置		支保材間	
			縦方向	横方向	縦方向	横方向
ユニットA	No. 1	430	42	18	37	27
		170	19	25	23	31
	No. 2	430	39	27	45	27
		170	18	30	27	36
ユニットB	No. 3	490	37	23	36	33
		230	21	31	23	26

単位: μ

今後は，本実験で製作した試験体を用いて，外殻PCaと後打ちコンクリートの収縮の違いによる影響を調査する予定である。

(謝辞) 本実験を実施するにあたり，多大なご指導および協力を頂きました大分大学の佐藤教授他研究室の方々，およびヤマックス(株)長洲工場の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 正田雄高ほか：2面外殻プレキャスト工法の開発（その1），日本建築学会大会梗概集，A-1, pp. 671-672, 2000. 9
- 2) 服部覚志ほか：2面外殻プレキャスト工法の開発（その2），日本建築学会大会梗概集，A-1, pp. 673-674, 2000. 9
- 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 鉄筋コンクリート工事，pp. 139, 1997