

流し込み成形外殻プレキャスト柱工法の開発 - その2 外殻体の性能把握実験 -

村田 義行* 山尾 憲一朗*
新田 泰士* 山浦 一郎*

要 旨

本報は、外殻PCa部材を設計する上での基礎資料を得ることを目的として実施した実験について述べるものである。実験は、現場施工による後打ちコンクリートの側圧に対する外殻体の強度の確認を目的とした側圧実験、外殻プレキャスト部材と後打ちコンクリートの一体性の確認を目的とした押抜きせん断実験および主筋の付着性状の確認を目的とした付着実験の3シリーズである。

得られた主要な結論は以下の通りである。流し込み成形により製作した外殻PCaのコンクリート打設時の側圧に対する耐力は、後打ちコンクリートの打込み型枠としての性能を満足するものであった。薄肉の外殻PCa部材における界面のせん断強度および支圧強度を評価する方法として、既往の評価式に外殻体の拘束効果を反映させた評価式を示した。また、高強度コンクリートを用いた場合にも提案した評価式は実験値をよく評価できた。靱性保証型指針案式を修正した付着耐力計算式は、外殻PCaを用いた柱部材であっても、柱主筋の最大付着耐力を精度よく評価できた。

1. はじめに

外殻プレキャスト（以下、PCa）工法は、帯筋および中子筋を打ち込んだ薄肉の中空PCaコンクリート管（以下、外殻体）を型枠兼用の構造部材として使用する工法である。本工法の適用にあたっては、現場施工時において型枠としての機能を有することの確認が必要である。また、在来工法とは異なり外殻体と後打ちコンクリートとに打ち継ぎ界面を有し、さらに帯筋と後施工される主筋がコンクリートの充填性を考慮した空きのため離れる。したがって、外殻体と後打ちコンクリートとの一体性などの諸性状の確認が必要である。

本報で述べる3シリーズの実験は、外殻PCa部材を設計する上での基礎資料を得ることを目的として実施した。実験の目的は、薄肉の外殻体を適用するにあたって問題となる現場施工による後打ちコンクリートの側圧に対する外殻体の強度、外殻プレキャスト部材と後打ちコンクリートとの一体性および主筋の付着性状の確認である。なお、本実験は、その1と同様に4社の共同で実施した。

2. 側圧実験

本章では、後打ちコンクリート打設時の側圧力に対する外殻PCaの挙動および耐力を把握するために行った水圧実験について述べる。

2.1 実験概要

試験体一覧を表-1に、試験体断面形状を図-1に示す。また、コッタの形状を図-2に示す。試験体は、中子筋のないNo.1と中子筋のあるNo.2の2タイプとした。

また、外殻PCa内側のコンクリート表面には、後打ちコンクリートとの一体化を図るために、深さ10mmのコッタを設けてある。

加力実験装置を図-3に示す。加力は、後打ちコンクリート打設の際に外殻PCaに作用する側圧を模擬するため、試験体内に水を充填し、エアーコンプレッサにより水圧を徐々に増加させることにより行った。水圧は圧力変換器により、コンクリートとフープ筋のひずみはひず

表 - 1 試験体一覧

試験体名		No.1(中子無)	No.2(中子有)
コン ク リ ー ト	部材断面(mm)	950 × 950	
	部材長さ(mm)	2,500	3,000
	外殻体厚さ(mm)(凸部肉厚)	68	68
	実験時圧縮強度(N/mm ²)	77.5(Fc42)	77.5(Fc42)
	実験時割裂強度(N/mm ²)	5.35	5.17
	弾性係数(kN/mm ²)	37.0	37.3
	コッター面積比(%)(実測値)	35.9	30.6
帯筋 (溶接閉 鎖型)	配筋	2-D16@100	4-D16@100
	材質	SD295A	
	p _v (%)	0.42	0.84
	弾性係数(kN/mm ²)	188	
	降伏ひずみ度(μ)	1870	

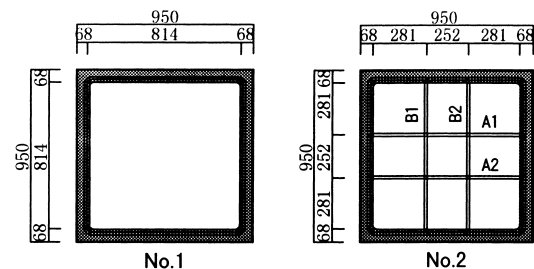


図 - 1 試験体断面形状

*技術研究所

みゲージにより計測した。

2.2 実験結果

図-4に外殻体の表面中央部ひずみ度と水圧の関係を示す。

a) 中子筋のない試験体 (No.1)

水圧0.06N/mm²で断面中央部で材軸方向に沿って部分的に水がしみ出す程度の小さなひび割れがみられた。その後、ひび割れは材軸方向の全長に進展し、0.09N/mm²でひび割れ幅が0.1~0.25mm程度に拡大し漏水が始まり、0.15N/mm²以上圧力を加えることができなくなった。試験体の耐力は、外殻体のコンクリートのひずみ度が最大で漏水が始まった水圧0.09N/mm²とした。

b) 中子筋のある試験体 (No.2)

水圧0.02~0.15N/mm²で、試験体数力所に水がしみ出す程度の小さなひび割れがみられた。その後0.19N/mm²で断面中央部で材軸方向に沿って部分的に幅0.2mm程度のひび割れが発生し漏水が始まった。さらに圧力を加えるとこのひび割れは拡大したが、圧力は0.21N/mm²まで加えることができた。外殻体コンクリートのひずみ度が最大となったときの水圧は0.21N/mm²であるが、試験体の耐力は、漏水開始時の水圧0.19N/mm²とした。

2.3 考察

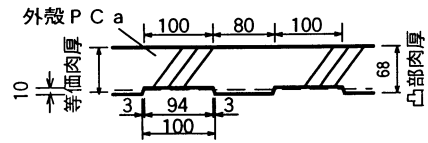
a) 中子筋のない試験体 (No.1)

No.1では、外殻PCa断面の隅角部を固定とした両端固定梁に水圧等分布荷重が作用していると仮定して応力を算定し、外殻体の等価肉厚を用いて実験値との比較を行った。解析の対象部位は、漏水が確認された辺の中央部とし、ひび割れは、外殻体に生じる曲げモーメントによる応力と、直交する外殻体に生じる引張力による応力との和が、コンクリートの割裂強度に達したときに発生すると仮定した。以上の仮定により算定した耐力は0.09N/mm²となり、実験結果と一致した。

b) 中子筋のある試験体 (No.2)

No.2では、側圧を受ける場合の中子筋の効果を検討した。図-5に中子筋のひずみ度と水圧の関係を、図-6に中子筋が負担する引張力と水圧の関係を示す。

中子筋のひずみ度は水圧上昇とともに大きくなり、中子筋は水圧に対して有効に働いていることがわかるが、0.19N/mm²耐力時の中子筋のひずみ度は、約150μであり、降伏ひずみ度の1/10にも至らなかった。これは、水圧の増加に伴う中子筋の外殻体への定着力の低下と曲げ部の曲げ戻しによるものとえいる。また、図-6の中子筋が負担する引張力と水圧の関係から、中子筋は、外殻体が負担する引張力を概ね70%減少させることがわかった。また、No.2の耐力は、No.1の2倍強であったことから、中子筋の効果がうかがえる。



*等価肉厚=凸部肉厚-(コッタ深さ×コッタ面積比)
図-2 コッタ形状

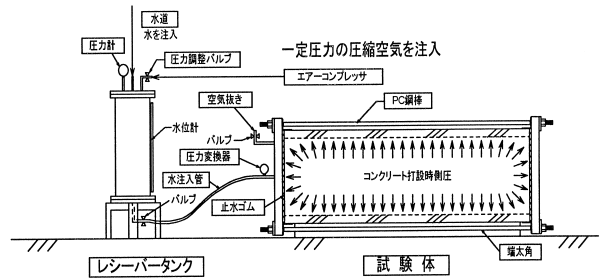


図-3 加力実験装置

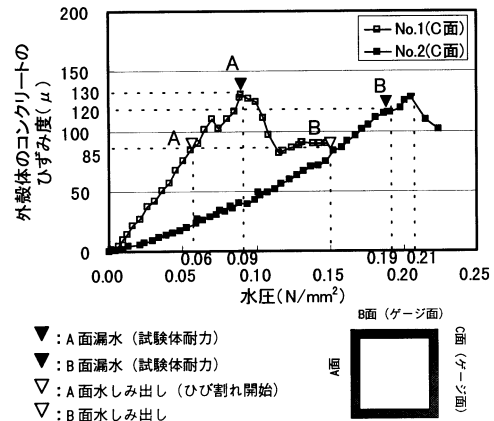


図-4 外殻体の表面中央部ひずみ度と水圧の関係

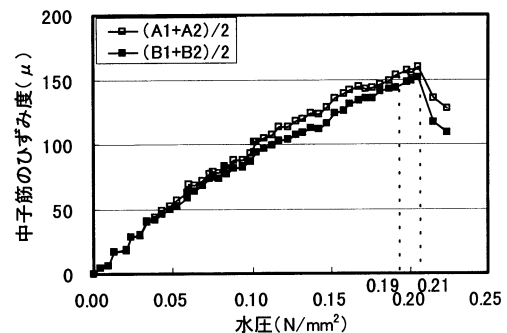


図-5 中子筋のひずみ度と水圧の関係

2.4 外殻PCaの必要肉厚

打設高4mで打込み速度を10m/h以下と仮定すると、外殻PCaに作用する側圧は、JASS5より0.07N/mm²となる。この場合、No.1と同条件の中子筋のない外殻PCaの必要等価肉厚は62mmであり、凸部分の肉厚としては66mm以上必要となる。

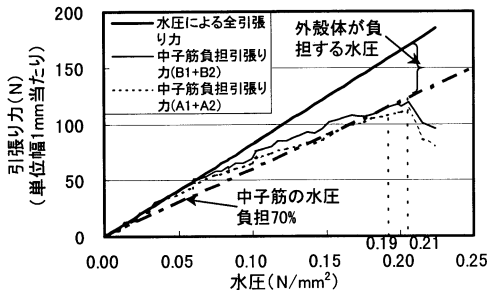


図 - 6 中子筋が負担する引張り力と水圧の関係

3. 押抜きせん断実験

外殻PCa部材の外殻体と後打部との界面に設けられるコッタは、部材に外力が作用した時に生ずる面内のせん断応力度に対して十分な応力伝達性能を有していなければならない。本章では、外殻PCa部材を対象として実施した押抜きせん断実験について述べる。

3.1 実験概要

表 - 2 に試験体一覧を示し、図 - 7 に試験体形状を示す。試験体は実大の約1/2とし、いずれも外殻PCa柱を短く切断したような形をしている。実験は2面せん断で行い、外殻体と後打部（コア）との界面の4面のうち2面をコッタを有するせん断面とし、その他の面はスリットを設け外殻部とコアとの縁を切った。実験は2シリーズで構成され、シリーズ1ではスリット面の外殻厚さを実大の1/2に相当する35mmとしたが、シリーズ2では外殻部を厚くして補強した。シリーズ1の実験因子は、コンクリート強度、コッタ形状、コッタ量、帯筋量および中子筋の有無であり、シリーズ2は、Fc60, Fc45, Fc30の各コンクリート強度レベルにおけるコンクリートのせん断強度と高強度コンクリート領域(Fc60)における支圧強度の確認を目的とした。

表 - 3、表 - 4 に材料試験結果を示す。コンクリートの粗骨材には最大粒径15mmの砂利を用い、強度管理は外殻部が現場気中養生、コアが現場封緘養生のテスト

表 - 2 試験体一覧

試験体	コンクリート強度		コッタ			帯筋							
	外殻厚さ mm	コア	形状	縦×幅×深さ mm	個数	配筋	中子筋の有無						
シリーズ1	35	Fc75	Fc60	矩形	48×72×5	18	2-D10@50	なし					
				市松	20×20×6	12							
				矩形	48×72×5	18							
				Fc45	Fc30	矩形			48×72×5	18	2-D10@50	なし	
						市松			20×20×6	12			
		Fc45	Fc30	矩形	48×72×5	18	2-D10@100	あり					
				市松	20×20×6	156							
				矩形	48×72×5	18							
				Fc60	Fc45	矩形			48×72×15	6	2-D10@50 + 2-D16@50	なし	
						市松			20×20×6	156			
シリーズ2	100	Fc75	Fc60	矩形	350×72×8	6	2-D16@50	なし					
				Fc45	Fc30	Fc60			矩形	48×72×8	6		
									Fc45	Fc30	矩形	48×72×8	6
											市松	20×20×6	156

ピースで行った。

荷重は一方単調荷重でコアを押抜くように行い、せん断面に直接荷重が作用するように載荷板を2面に用いた。また、変位の測定は外殻部とコアとの相対ずれについて行い、ひずみの測定は帯筋についてスリット面中央位置において行った。なお、実験終了後に試験体を切断し、せん断面の破壊状況の確認を行った。

3.2 実験結果

図 - 8 に最終破壊状況の例を示す。シリーズ1の試験体では、図 - 8 に示すようにスリット面側のせん断面位置で発生したひび割れが最大荷重以前に下部から上部まで貫通した。いずれの試験体も最大荷重以降の荷重低下は急激であり、中子筋のあるNo.5、No.10では、コッタ界面で破壊せずに帯筋外面がかぶりコンクリートが剥離した。一方、シリーズ2におけるひび割れは、いずれの試験体も微細であり、最大荷重以前のひび割れは少なく、破壊モードは、想定した通りであった。なお、実験終了後に試験体を切断して観察した結果、シリーズ1では、コッタのせん断破壊型、支圧破壊型、これらの複合破壊型の3種類のモードが観察された。

最大荷重時における外殻部とコアとの相対ずれは、シリーズ1では0.04~0.25mm、シリーズ2では0.25~0.65mmであった。また、シリーズ1の最大荷重は、シリーズ2と比較して面積比ほど大きくならなかった。こ

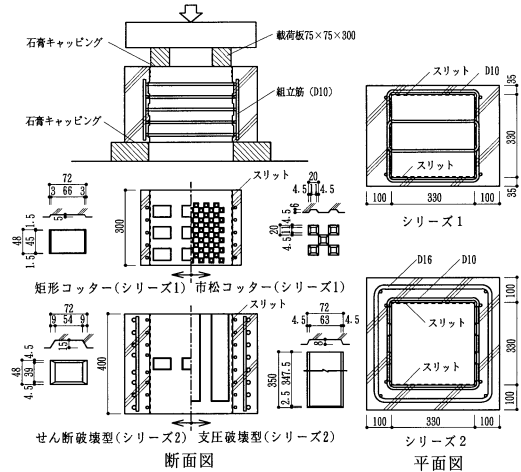


図 - 7 試験体形状

表 - 3 コンクリート試験結果

部位	種類	b	t	E _c
コア	Fc30	37.2	3.3	28.4
	Fc45	43.6	3.5	29.0
	Fc60	61.6	4.4	31.4
	Fc75	97.5	5.2	34.1
外殻	Fc45	69.6	4.8	32.6
	Fc75	97.5	5.2	34.1
	Fc60	61.6	4.4	31.4

コアは現場封緘養生、
外殻は現場気中養生

表 - 4 鉄筋試験結果

呼び名	種類	y	u	伸び
D10	SD295A	397	547	21.7
D16	SD295A	378	537	22.5

b: 圧縮強度(N/mm²)
t: 割裂強度(N/mm²)
E_c: ヤング係数(kN/mm²)
y: 降伏強度(N/mm²)
u: 引張強度(N/mm²)
伸び(%)

表 - 5 実験結果および最大荷重の実験値と計算値との比較

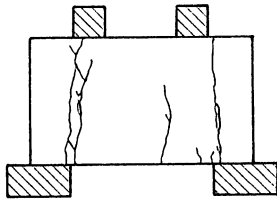


図 - 8 最終破壊状況(No.1)

試験体	最大荷重 Pmax時			計算値 (kN)					実験値 / 計算値					破壊モード
	荷重 kN	相対ずれ mm	s μ	Qcal1	Qcal2	Qcal3	Qcal4	Qcal5	Pmax/Qcal1	Pmax/Qcal2	Pmax/Qcal3	Pmax/Qcal4	Pmax/Qcal5	
No.1	630	0.17	332	511	485	665	357	587	1.23	1.30	0.95	1.76	1.07	S+B
No.2	489	0.14	204	383	358	537	281	434	1.28	1.37	0.91	1.74	1.13	B
No.3	525	0.04	391	512	487	666	358	1200	1.03	1.08	0.79	1.47	0.44	S
No.4	558	0.13	162	504	479	552	350	579	1.11	1.16	1.01	1.60	0.96	S+B
No.5	880	0.13	220	1075	1049	1229	921	1151	0.82	0.84	0.72	0.96	0.76	SI
				775*			369*	727*	1.14			2.38	1.21	
No.6	418	0.16	110	350	327	513	297	396	1.19	1.28	0.81	1.41	1.06	B
No.7	370	0.25	201	273	249	436	238	304	1.35	1.48	0.85	1.56	1.22	B
No.8	616	0.10	229	351	327	514	298	767	1.75	1.88	1.20	2.07	0.80	S
No.9	456	0.12	238	343	321	401	290	389	1.33	1.42	1.14	1.57	1.17	S+B
No.10	665	0.24	220	914	890	1077	861	960	0.73	0.75	0.62	0.77	0.69	SI
				553*			312*	519*	1.20			2.13	1.28	
No.11	432	0.25	75	440	378	1843	389	731	0.98	1.14	0.23	1.11	0.59	S
No.12	355	0.55	104	403	340	1805	377	609	0.88	1.04	0.20	0.94	0.58	S
No.13	372	0.51	91	389	327	1792	372	565	0.96	1.14	0.21	1.00	0.66	S
No.14	442	0.65	93	1244	1181	2646	870	552	0.36	0.37	0.17	0.51	0.80	B

注) *: 片側の外殻体の有効せん断面積で評価
 [破壊モード] S:コッターせん断破壊, SI:外殻部せん断破壊, B:コッター支圧破壊
 せん断強度評価式

せん断強度評価式

$$Q_{cal1} = 0.10 \cdot \sigma_B \cdot A_{sc} + A_s \cdot \sigma_y + \sigma_{t0} \cdot \left\{ \sum a_s \left(\frac{E_s}{E_c} - 1 \right) + A_{pc} \right\} \quad \text{----(1)}$$

$$Q_{cal2} = 0.10 \cdot \sigma_B \cdot A_{sc} + A_s \cdot \sigma_y + 0.8 \cdot \sigma_{t0} \cdot \left\{ \sum a_s \left(\frac{E_s}{E_c} - 1 \right) + A_{pc} \right\} \quad \text{----(2)}$$

$$Q_{cal3} = 0.10 \cdot \sigma_B \cdot A_{sc} + A_s \cdot \sigma_y + \sum a_s \cdot \sigma_y \quad \text{-----(3)}$$

$$Q_{cal4} = 0.47 \cdot \sqrt{\sigma_B} \cdot A_{sc} + A_s \cdot \sigma_y + \sigma_{t0} \cdot \left\{ \sum a_s \left(\frac{E_s}{E_c} - 1 \right) + A_{pc} \right\} \quad \text{----(4)}$$

支圧強度評価式

$$Q_{cal5} = 1.2 \cdot \sigma_B \cdot A_b + A_s \cdot \sigma_y + \sigma_{t0} \cdot \left\{ \sum a_s \left(\frac{E_s}{E_c} - 1 \right) + A_{pc} \right\} \quad \text{----(5)}$$

[記号]
 Ab: コッター水平投影面積, Apc: 外殻部断面面積,
 As: 直交鉄筋の全断面, as: 外周帯筋の全断面面積,
 Asc: コッターせん断面積, Ec: コンクリートのヤング係数,
 Es: 鉄筋のヤング係数, σs: コンクリート圧縮強度,
 t0: 外殻体コンクリート割裂強度, σy: 鉄筋の降伏強度,
 s: 外周帯筋の平均ひずみ

れは外殻体の拘束の大きさが影響していると考えられる。なお、本実験では矩形型と市松型のコッタ形状の違いによる明確な差異は認められなかった。

3.3 耐力評価式の検討

表 - 5 に実験結果および最大荷重の実験値と計算値との比較を示し、表下には検討に用いた式を示す。評価式は既往の評価式に外殻体の拘束の効果を考慮して定めたものであり、(1)~(3)式はコンクリートのせん断強度を $0.1 \cdot \sigma_B$ としたものの、(4)式はコンクリートのせん断強度を $0.47 \cdot \sqrt{\sigma_B}$ (N/mm²) (1.5 √σ_B kgf/cm²) としたものの、(5)式は(1)式の第1項をコンクリートの支圧強度に置き換えたものである。(3)式を除く各式では、拘束の効果として外殻体のコンクリート割裂強度 σ_{t0} を用いて評価しているがシリーズ2では、最大荷重以前のひび割れが微細であったことから $\sigma_{t0} = \sigma_s \cdot E_c$ とし、 σ_s は最大荷重時における外周帯筋および中子筋の平均ひずみ度の90 μを用いた。図 - 9、図 - 10 には(1)式のせん断強度計算値および(5)式の支圧強度計算値と実験値との比較を示す。図からわかるように(1)式および(5)式による計算値は実験値とよく対応しているといえる。

4. 付着実験

本章では、外殻PCa部材の主筋の付着強度を検討するために行った実験およびこれらの結果が既往の付着強度式で推定可能か否かの検討結果について述べる。

4.1 実験概要

試験体一覧を表 - 6 に鉄筋試験結果を表 - 7 に、試験体断面図 (No.1, No.5) を図 - 11 に、コッタ形状図を図 - 12 に示す。試験体は、高層建物の柱部材の水平断面を約1/2に縮小した模型である。試験体の断面寸法は40cm × 40cm、引張主筋は1列6-D19 (SD785同等以上) である。柱主筋の付着長さは34.2cm (18d, d:1.9cm) に計画した。コッタの形状・寸法ならびにピッチは、実際の建

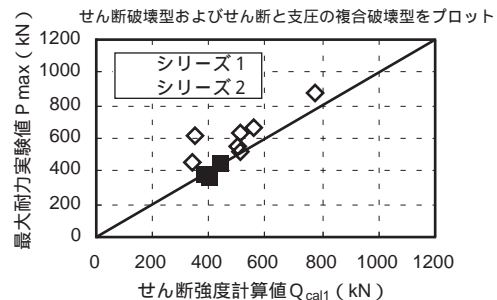


図 - 9 実験値とせん断強度計算値 (Qcal1) の比較

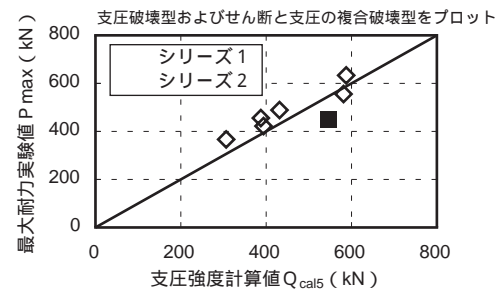


図 - 10 実験値と支圧強度計算値 (Qcal5) の比較

物の柱部材に用いられる外殻PCaと対応させて縮小した。

実験は2シリーズからなり、これらのシリーズの引張鉄筋は同一であるが、外殻体および後打ちコンクリートの設計基準強度が異なる。また、各シリーズは、それぞれ4体であり、これらの試験体は帯筋の配筋が異なっている。さらに、各試験体では、1体で2種類の付着実験が可能ないように、引張鉄筋に面する界面（相対する2面）に異なる形状・寸法のコッタ（矩形型、市松型）が設けてあり、実験は合計16種類行った。なお、コッタの有効面積比は矩形型が0.39、市松型が0.36である。

加力はアクチュエータを用いて、変位制御により行い、一列の鉄筋群を最大耐力が確認できるまで同時に同

変位量引き抜いた。この際、鉄筋は、鉄筋端部に設けたネジ部分をアクチュエータのピン先端に設けたアタッチメントに球面座金を介してナット定着した。

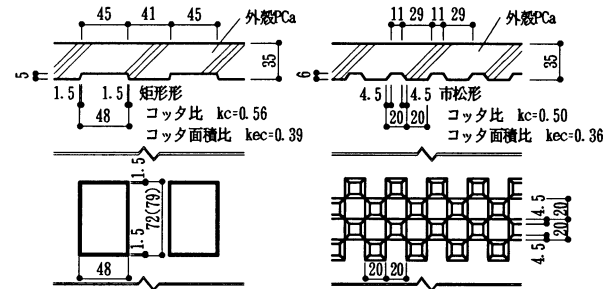


図 - 1 2 コッタ形状図

表 - 6 試験体一覧

試験体名	コンクリート 圧縮強度(N/mm ²)		主筋 pt	帯筋(段数) pw
	外殻PCa	後打部		
No.1-1	94.4	62.0	6-D19 1.09%	4-D10@60(6) 1.18%
No.1-2				4-D10@90(4) 0.79%
No.2-1				2-D10@45(8) 0.79%
No.2-2				2-D10@90(4) 0.39%
No.3-1	69.8	40.0		4-D10@60(6) 1.18%
No.3-2				4-D10@90(4) 0.79%
No.4-1				2-D10@45(8) 0.79%
No.4-2				2-D10@90(4) 0.39%
No.5-1	69.8	40.0	4-D10@60(6) 1.18%	
No.5-2			4-D10@90(4) 0.79%	
No.6-1			2-D10@45(8) 0.79%	
No.6-2			2-D10@90(4) 0.39%	
No.7-1	69.8	40.0	4-D10@60(6) 1.18%	
No.7-2			4-D10@90(4) 0.79%	
No.8-1			2-D10@45(8) 0.79%	
No.8-2			2-D10@90(4) 0.39%	

表 - 7 鉄筋試験結果

呼び名	種類	降伏強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ度 (× 10 ⁵)	引張強度 (N/mm ²)	破断伸び (%)
D19	SD785	857	4610	945	10.0
D10	SD295A	385	2240	530	28.3

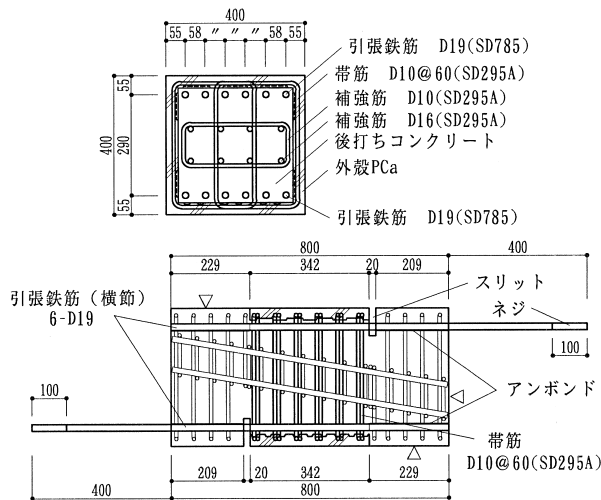


図 - 1 1 試験体断面図 (No.1, No.5)

4.2 実験結果および考察

表 - 8 に最大付着耐力の実験値と靱性保証型耐震設計指針 (案) ・同解説¹⁾の付着耐力算定式 (以下、靱性保証型指針案式) から得られた計算値を示し、図 - 1 3 に実験値と計算値の比較を示す。なお、図中には本付着実験結果のほか、礫らの実験結果²⁾も示した。この際、選択した礫らの実験データは、コッタ面積比が0.5以上、帯筋が普通強度、帯筋比が0.3%以上のものとした。計算値に対する実験値の比の平均値は1.42となり計算値は実験値を40%程度安全側に評価している。また、変動係数は0.11でバラツキが少ない。

さらに、靱性保証型指針案式は、付着強度の下限を与える式であることを勘案し、付着強度の平均を評価できるよう1/0.8倍し、かつ外殻体のコンクリート強度を考慮した下式により付着強度を求めた。計算値を表 - 8 に示し、提案式と実験値の比較を図 - 1 4 に示す。

コンクリートによる付着強度 τ_{co} (N/mm²)

$$\tau_{co} = \frac{1}{0.8} \left\{ (0.086 \cdot r_{cB} b_i + 0.11) \sqrt{r_{cB} \sigma_B} + 0.086 \cdot r_{cCa} b_i \sqrt{r_{cCa} \sigma_B} \right\} \quad \text{-----}(6)$$

ここで、 $r_{cB} b_i = \frac{b - N \cdot d_b - 2t}{N \cdot d_b}$, $r_{cCa} b_i = \frac{2t}{N \cdot d_b}$

補強筋による付着強度増分 τ_{st} (N/mm²)

$$\tau_{st} = \frac{1}{0.8} \left(56 + 47 \frac{N_w}{N} \right) (b_{si} + 1) \cdot P_w \quad \text{-----}(7)$$

ここで、 $b_{si} = \frac{b - N \cdot d_b - 2t}{N \cdot d_b} + \frac{2t}{N \cdot d_b}$

付着強度 τ_{bu} (N/mm²)

$$\tau_{bu} = \tau_{co} + \tau_{st} \quad \text{-----}(8)$$

表 - 8 最大付着耐力の実験値と計算値

試験体名	実験値 exp P _{bu} (kN)	計算値 cal P _{bu1} (kN)	計算値 cal P _{bu2} (kN)
No.1-1	1040	735 (1.41)	934 (1.11)
No.1-2	1177	735 (1.60)	934 (1.26)
No.2-1	990	592 (1.67)	755 (1.31)
No.2-2	835	592 (1.41)	755 (1.11)
No.3-1	737	541 (1.36)	690 (1.07)
No.3-2	816	541 (1.51)	690 (1.18)
No.4-1	533	423 (1.26)	544 (0.98)
No.4-2	599	423 (1.42)	544 (1.10)
No.5-1	1022	675 (1.51)	860 (1.19)
No.5-2	1040	675 (1.54)	860 (1.21)
No.6-1	865	532 (1.63)	682 (1.27)
No.6-2	809	532 (1.52)	682 (1.19)
No.7-1	657	481 (1.37)	617 (1.07)
No.7-2	690	481 (1.44)	617 (1.12)
No.8-1	510	363 (1.40)	471 (1.08)
No.8-2	572	363 (1.57)	471 (1.21)
Kno.1A ²⁾	548	460 (1.19)	587 (0.93)
Kno.1B ²⁾	518	457 (1.14)	578 (0.90)
Kno.3A ²⁾	805	606 (1.33)	795 (1.01)
Kno.3B ²⁾	624	600 (1.04)	771 (0.81)
Kno.7A ²⁾	698	487 (1.43)	642 (1.09)

()内は計算値に対する実験値の比

cal P_{bu1}: 韌性保証型指針案式, cal P_{bu2}: 提案式

ここに、 f_{RC} は後打ちコンクリート強度、 f_{PCa} は外殻体コンクリート強度、 f_{RC} b_i は後打ちコンクリート部の割裂長さ、 f_{PCa} b_i は外殻体コンクリート部の割裂長さ、 t は外殻厚さ、 N は主筋本数、 d_b は主筋径、 b は柱幅、 p_w は帯筋比、 N_w は一組の帯筋の足の数、 b_{si} は割裂線長さを示す。計算値と実験値との対応は良く、計算値の実験値に対する比の平均は、磯らの実験結果に対しては、危険側の評価を与える場合もあるが、概観的には提案した付着耐力式の妥当性が認められる。

なお、本実験範囲では、矩形と市松型のコッタ形状による最大耐力への影響はほとんどみられなかった。

5. まとめ

流し込み成形方式により製作された外殻PCa部材の側圧実験、押抜きせん断実験および主筋の付着実験により以下の結論を得た。

- 1) 流し込み成形により製作した外殻PCaのコンクリート打設時の側圧に対する耐力は、中子筋のない場合もある場合もともに、後打ちコンクリートの打込み型枠としての性能を満足するものであった。
- 2) 中子筋は、外殻体が負担する引張力を軽減させ、コンクリート打設時の側圧に対する耐力を上昇させる効果があった。中子筋の負担する引張力は配筋により異なるため、さらに資料の蓄積が必要であるが、中子筋を考慮せずに側圧力に対する検討を行えば、安全側に耐力を評価できる。
- 3) 中子筋のない外殻PCaのコンクリート打設時の側圧に対する耐力は、等分布荷重を受ける両端固定梁モデル

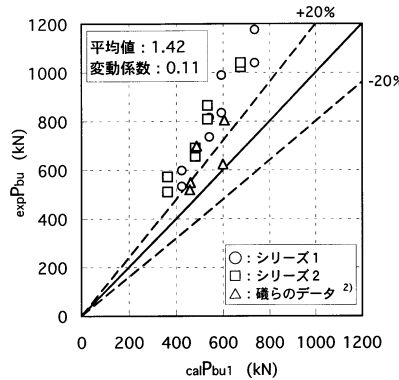


図 - 1 3 計算値と実験値の比較

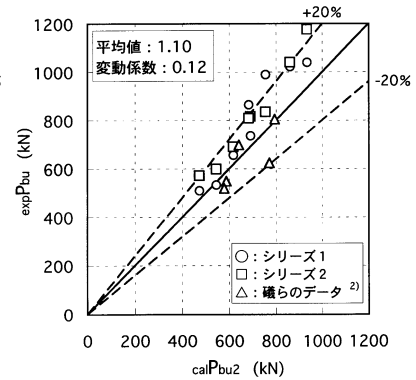


図 - 1 4 提案式と実験値の比較

と仮定し、等価肉厚を用いて算出できた。

4) 薄肉の外殻PCa部材における界面のせん断強度および支圧強度を評価する方法として、既往の評価式に外殻体の拘束効果を反映させた評価式を示した。ただし、外殻部の拘束力が大きいと想定される場合の評価については詳細な検討が必要である。

5) コンクリートのせん断強度を $0.1 \cdot f_c$ として算出した界面のせん断強度計算値は、Fc60の高強度コンクリートを用いた場合にも最大荷重をよく評価できた。また、薄肉の場合にはコンクリートの支圧強度が既往の研究において示されているように $1.2 \cdot f_c$ 程度であることが確認できた。

6) 韌性保証型指針案式を修正した付着耐力計算式から得られた計算値に対する実験値の比は平均1.10、変動係数0.12であった。外殻PCaを用いた柱部材であっても、本式により、柱主筋の最大付着耐力を精度よく評価できることがわかった。

謝 辞

本研究を行うに当たり、ご指導頂きました筑波大学機能工学系助教授今井弘博士に深く感謝します。また、付着実験を行うにあたり、多大なるご援助を頂きました筑波大学技官の小島篤志氏に深く感謝すると共に、厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の韌性保証型耐震設計指針（案）・同解説、1997
- 2) 磯健一：界面に帯状連続コッターを有する外殻プレキャスト型枠を用いた鉄筋コンクリート部材の付着性状に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、第504号、pp.73～80、1998.2