

## 薄肉はり・柱圧着工法における実大実験 - 薄肉部材に圧着工法を適用した構造設計 -

(株)ジェーエスディー 正会員 工修 徐 光  
工修 千葉 陽一

### 1. はじめに

本報では、集合住宅及び小型住宅において薄肉部材を圧着工法により組み合わせたプレキャストプレストレストコンクリート(PCaPC)構造を実現するために実験を行ったので、その結果について報告を行う。これまで、一般的なラーメン構造のPCaPCの柱・梁接合に圧着工法を用いた実験は数多く行われ、その構造特性は明確になっている。しかし、床版・壁版のような薄肉部材の接合に圧着工法を用いた構造についての実験は少なく、その構造特性は明確にされていない。そのため、実際に計画を行った建物に使用される薄肉部材をモデル化した実大実験を行うことにより、荷重・層間変形関係、接合耐力を確認しその構造特性を検証することとした。

#### 1.1 建物概要

場所 : 横浜市青葉区美しが丘4丁目1番11, 23  
建物規模 : 地上5階  
延べ床面積 : 930.352m<sup>2</sup>  
構造形式 : プレキャストプレストレストコンクリート構造  
X方向(桁行方向) 壁式構造  
Y方向(張間方向) 薄肉ラーメン構造

### 2. 実験概要

#### 2.1 試験体の設定

図-3に試験体概念図を示す。試験体は実際の建物から1フレームを取り出し、薄肉はり・柱部材の反曲点をそれぞれ階高の中央およびスパン中央と仮定した十字型の実大モデルとした。試験体の境界条件は、柱の支持点をピンとし、梁の両端に上下正負の繰り返し加力を行った。

試験体は、本建物の特性を詳細に把握するために図-4に示すようなY1通り側、スラブ中央(扁平はり中央)、Y2通り側の3種類とした。各試験体の形状及び配筋は図-5(a)~(c)に示す。

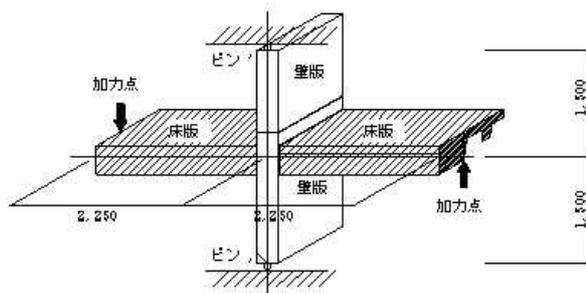


図-3 試験体概念図



写真-1 建物全景

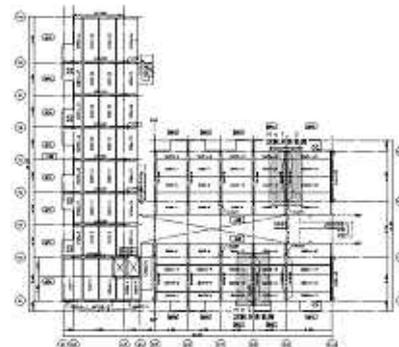


図-1 基準階平面図

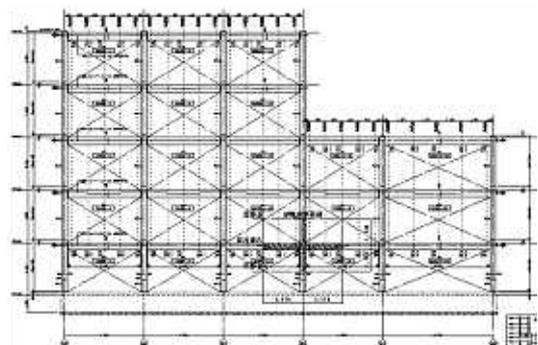


図-2 立面図

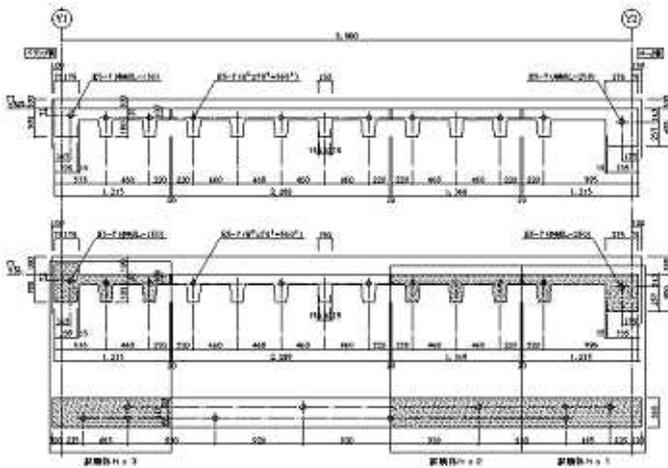


図 - 4 試験体の設定

2.2 使用材料

本実験に使用した使用材料及び材料特性を表 - 1 ~ 表 - 3 に示す。

2.2.1 コンクリートの配合

- 使用セメント：早強ポルトランドセメント
- 目標スランプ値：8.0 cm
- 空気量：2.0%
- 粗骨材の最大寸法：20mm

表 - 1 試験体を使用したコンクリートの配合表

セメント (kg/m <sup>3</sup> )	水 (kg/m <sup>3</sup> )	細骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	粗骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	混和剤 (kg/m <sup>3</sup> )	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)
417	154	724	1094	13	37	40

2.2.2 フレッシュコンクリートの性質

表 - 2 フレッシュコンクリートの性質

試験体名	スランプ (cm)	空気量(%)	コンクリート温度 ( )
No.1	9.5	1.1	33
No.2	9.0	1.4	34
No.3	6.5	1.4	34

2.2.3 材料試験結果

試験時圧縮試験結果を表 - 3 に示す。

表 - 3 載荷試験時圧縮強度

本緊張時	コンクリート 設計基準強度： F28=50N/mm <sup>2</sup>		目地モルタル 設計基準強度： F28=50N/mm <sup>2</sup>		PC グラウト 設計基準強度： F28=50N/mm <sup>2</sup>	
	材齢 (日)	平均 (N/mm <sup>2</sup> )	材齢 (日)	平均 (N/mm <sup>2</sup> )	材齢 (日)	平均 (N/mm <sup>2</sup> )
No.1	13	63	12	63.1	8	48.4
No.2	24	72.5	23	59.3	21	48.3
No.3	15	66.8	11	67.1	9	46.0

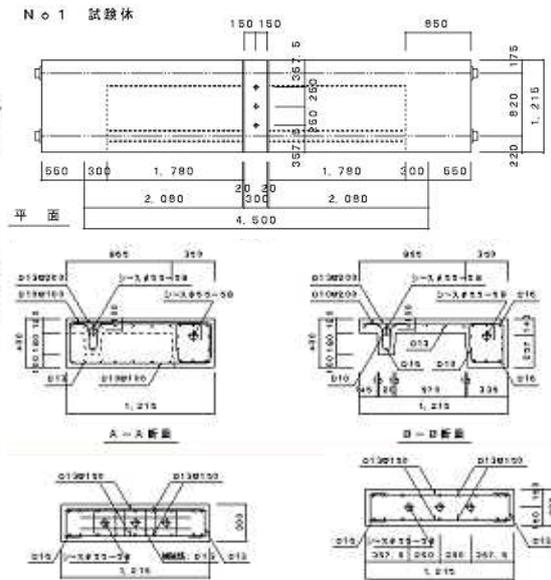


図 - 5 (a) 試験体 No. 1

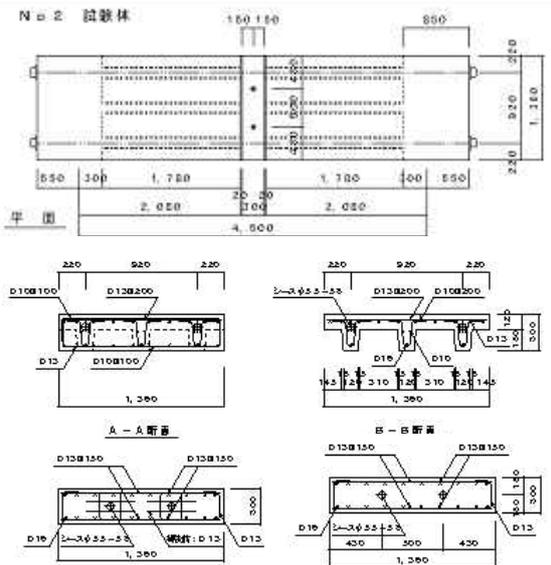


図 - 5 (b) 試験体 No. 2

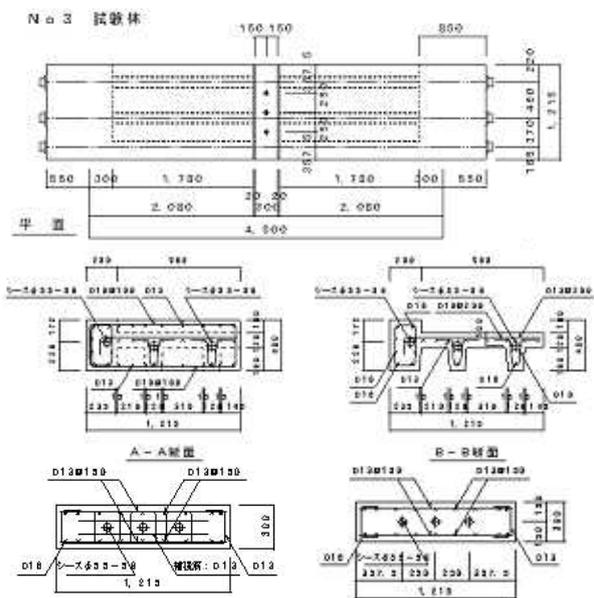


図 - 5(c) 試験体 No. 3

2.3 荷重試験要領

2.3.1 荷重試験方法

加力は左右床版端の鉛直方向正負繰返し荷重(図-3)とし、左右床版端の変位の絶対値が同じになるように制御を行った。

2.3.2 長期荷重相当の荷重

試験時の初期荷重として以下の通り実構造物と同等となるよう、壁版に対して軸力、床版に対して長期荷重相当(自重分を考慮)の曲げモーメント(図-6)を与えた。

(1)軸力

壁版には反力床下にもうけたジャッキにより下記の鉛直荷重を初期荷重として荷重を行った。

No 1 . 3 試験体 : N=120.1kN(12.25tf)

No 2 試験体 : N=213.2kN(21.76tf)

(2)床版の長期曲げモーメント

床版に与える長期曲げモーメントは以下の通りとし、壁版-床版の接合部に同等曲げモーメントを与える荷重を載荷用ジャッキにより加力した後、試験を実施した。

(3)荷重サイクル

荷重サイクルを図-7に示す。

荷重サイクルのピークは、「壁版頭部と壁脚部の相対変形の和」/「壁版支持点間距離」により設定を行った。

2.3.3 荷重試験における確認項目

・設計におけるレベル1を想定した $C_0=0.2 \times 1.0$ に対して層間変形角  $\theta < 1/200$  の確認を行った。

・層間変形角  $\theta < 1/50$  に達しても最大荷重に達しない場合は、層間変形角  $\theta < 1/30$  まで片押しにて荷重を実施し、最大荷重の確認、また接合部の損傷状態の確認を行った。

2.4 計測項目

次の3項目を計測した。

- ・層せん断力 - 層間変形角関係  
曲げひび割れ耐力  $M_{cr}$  および曲げ破壊耐力  $M_u$
- ・上下壁版の接合部の変形
- ・床版の変形状

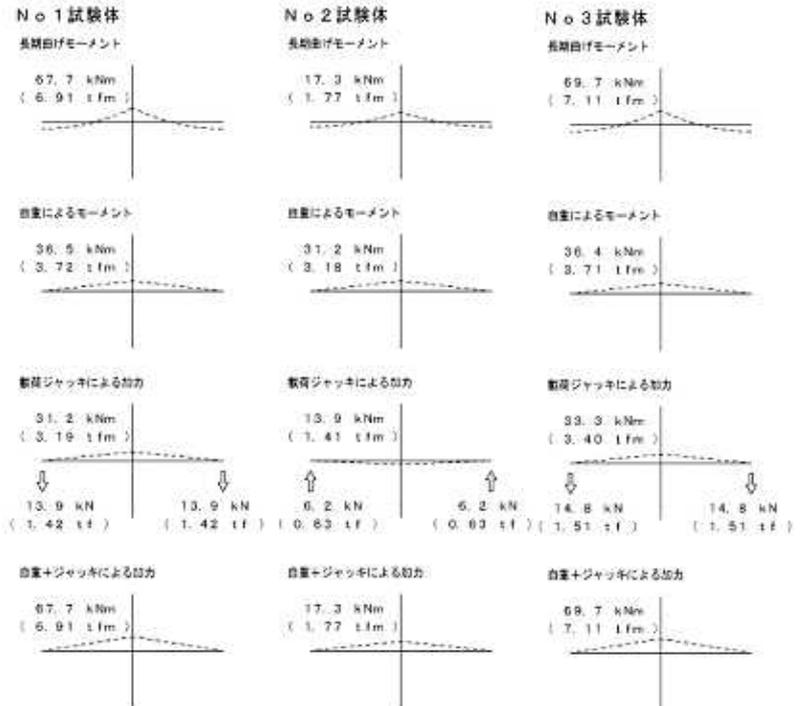


図-6 導入長期曲げモーメント(kN・m)

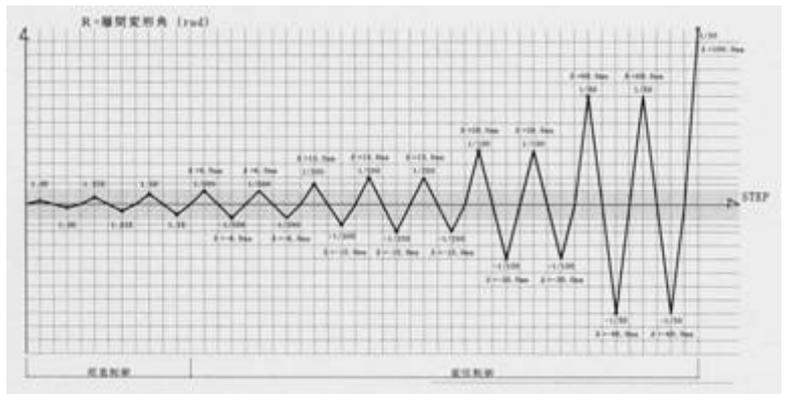


図-7 荷重サイクル

表-4 スラブ版PC鋼より線

スラブ版	鋼材 No.	導入緊張力 (kN)	試験体の緊張力		試験体の緊張力 (*2)(kN)	実構造物の接合部有効緊張力(kN)	
			緊張力	割増 (*3)			
No.1	7-12.7	737	735	5.0	700	686	
				%			
No.2	7-12.7	735	735	5.0	700	686	
				%			
No.3	7-12.7	735	735	5.0	700	686	
		739					%
		735					

\*1: 試験体に導入する緊張力は、電動ポンプの油圧をデジタル油圧計にて読み取り、リフトオフ試験を行って緊張力を調整した

\*2: 試験体の接合部に実構造物の接合部有効緊張力を与える時の試験体の緊張力

\*3: 緊張力導入後から試験時までの緊張力の損失を考慮し、試験体に導入する緊張力を5%割増した

### 2.5 プレストレス導入管理

試験体のプレストレス力の管理は表 - 4 のように行った。

### 3. 実験結果

#### 3.1 層せん断力 - 層間変形関係

試験体No.1の層せん断力 - 層間変形角の関係を図 - 8に示す。

#### 3.2 ひび割れ・破壊状況

試験体 No.1 の各载荷サイクルピーク時におけるひび割れ・破壊状況を以下に示す。

上記結果より試験体No.1に加えて、他No.2, 及び, No.3の実験結果を用いて、終局耐力はベースシア係数に換算すると各々以下のように求められる。

$$\begin{aligned} \text{試験体No.1: } C &= 0.2 \times Q_{\max} / Q_{Co=0.2} \\ &= 0.2 \times 210.0 / 53.0 = 0.79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{試験体No.2: } C &= 0.2 \times Q_{\max} / Q_{Co=0.2} \\ &= 0.2 \times 153.0 / 53.0 = 0.58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{試験体No.3: } C &= 0.2 \times Q_{\max} / Q_{Co=0.2} \\ &= 0.2 \times 255.0 / 47.0 = 1.09 \end{aligned}$$

以上より本工法は変形を小さく抑えられる他、耐力も非常に高いということを確認した。

### 4. まとめ

本報では、薄肉部材同士の組み合わせを圧着工法により実現した場合の構造的性質を調べた。その結果、荷重-変形曲線において通常のプレキャストプレストレストコンクリート(PCaPC)のラーメン構造において確認されているPC構造特有の履歴面積が小さい履歴性状が確認でき、除荷後の残留変形も  $R=1/1000$ 以下となっていることから、高い靱性と復元力特性を有している点において薄肉部材の床版・壁版においてもPCaPC構造は非常に有効であることが確認された。本計画建物は、X方向(桁行方向)は壁式構造、Y方向(張間方向)は薄肉ラーメン構造で、薄肉部材に対してプレストレス力を導入することにより、建物内にはり・柱の無いすっきりとした空間を実現することができた。また本物件では、集合住宅に対してPCaPC構造を採用し、前述のように豊かな空間を創造し得たという建物の表現における利点に加えて、住宅としてRC造では制御が困難なひび割れも積極的に制御することができ、住宅としての品質を高めることができた点においても、集合住宅の設計において1つの新たな提案ができた。

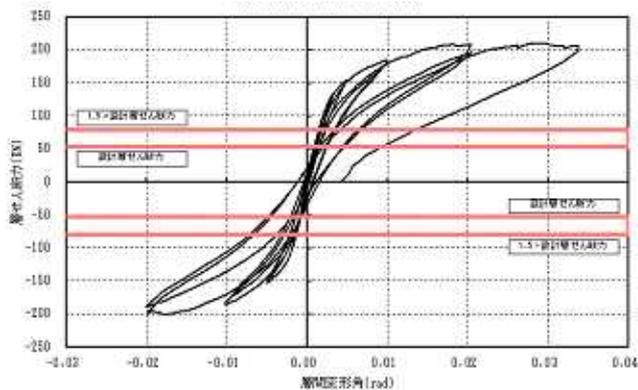


図 - 8 試験体 No. 1 層せん断力 - 層間変形関係



写真 2 試験体 No.1-初期ひび割れ



写真 3 試験体 No.1-R=1/1000 時ひび割れ

表 - 5 試験結果 (試験体 No.1)

	設計時	実験	判定
$C_0=0.2 \times 1.0$ ( $Q_{Co=0.2}=53.0kN$ )	$R=1/1111$	$R=1/1075$	ほぼ一致している
$C_0=0.2 \times 1.5$ ( $Q_{Co=0.3}=79.5kN$ )		$R=1/691$	$R=1/200$ 以下となっている
最大荷重時 ( $Q_{\max}=210.0kN$ )		$R=1/30$	除荷後の残留変形は $R=1/1000$ 以下となっている