

## アンボンドPC圧着プレキャストコンクリート造実大2層骨組の施工実験及び水平載荷実験 (その2 試験体の設計)

安藤建設(株) 正会員 ○田畑 卓  
三井住友建設(株) 正会員 新上 浩  
(株)フジタ 高森直樹  
(株)ピーエス三菱 正会員 大迫一徳

### 1. はじめに

本報では施工・水平載荷実験に用いた実大架構試験体の設計方針と概要について報告する。

### 2. 試験体概要

図1に試験体形状を示す。試験体は、後述の同題(その7)による12階建て事務所ビルを想定した試設計建物の中間階大スパン構面を約2/3に縮尺した2層の純ラーメン架構である。張間方向は1スパンとし、桁行き方向は十字形接合部の施工性の確認、およびスラブ面内載荷試験のため、2スパン3構面としている。スパン長は張間方向が12.0m、桁行き方向が3.0mで、階高は2.7mである。

柱および梁はいずれもフルPCa部材として製作し、部材相互をアンボンドPC鋼棒により圧着接合して架構を構築する。また、2階床には現場打ちコッターにより大梁とせん断力の伝達を行う形式のフルPCaスラブ<sup>1)</sup>を敷設し、R階床は通常のスラブではなく加力用スラブ(フルPCa)を用い、これを梁側面にPC鋼棒で圧着する計画とした。

載荷実験では加力用スラブに固定した2本のアクチュエータ(載荷能力1000kN×2)で、張間方向に水平力を載荷する。本実験の目的は部材特性の評価方法や設計法の検証であるが、試験体の耐荷性能に対してはこれらの載荷能力が必ずしも十分といえないため、試験体の計画にあたっては架構の保有水平耐力が2000kN未満となるように、梁および柱の圧着用PC鋼棒の鋼材量を再設計した。よって、PC鋼材量は一般的なPC部材と比較して少なめの条件となっており、必ずしも現行法規の耐震性を満足する現実的な架構となっていない。また、これらの理由から、実験では積載荷重を付与しない計画とした。

### 3. 部材諸元

表1に断面リストを示す。また図2に架構PC配線図、図3に柱梁接合部の収まり、図4にコッターおよびスラブ版間接合部をそれぞれ示す。

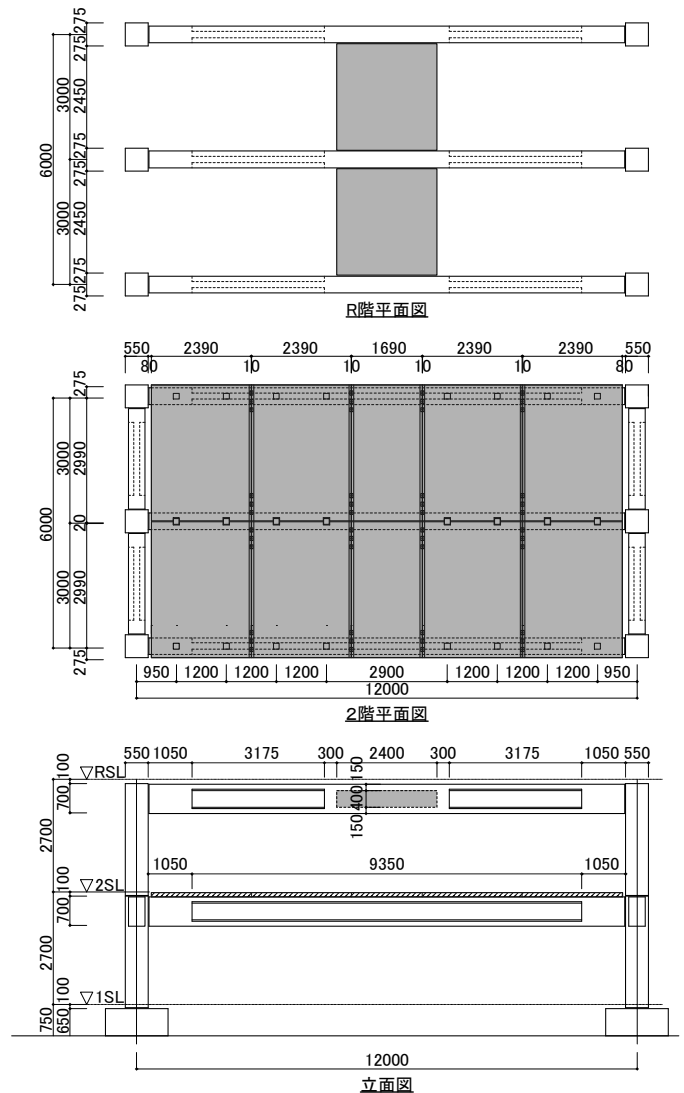


図1 試験体形状

表 1 断面リスト

部材位置	RF梁(張間方向)		2F梁(張間方向)		2F柱	1F柱
	端部	中央	端部	中央		
断面						
PC鋼材(1次)	2-7-12.7φ (SWPR7BL)	2-7-12.7φ (SWPR7BL)	1-7-12.7φ (SWPR7BL)	1-7-12.7φ (SWPR7BL)	—	—
PC鋼材(2次)	4-21φ (SWPR1080/1230)	—	4-17φ → 4-13φ (SWPR1080/1230)	—	4-17φ (SWPR1080/1230)	8-17φ (SWPR1080/1230)
軸方向鉄筋	4-D19(上端・下端)	4-D19(上端・下端)	4-D19(上端・下端)	4-D19(上端・下端)	8-D25	8-D25
せん断補強筋	4-D10@100	2-D10@100	4-D10@100	2-D10@100	一般部:2-D10@100 柱脚部:4-D10@100	一般部:2-D10@100 柱脚部:4-D10@100
Fc (N/mm <sup>2</sup> )	45	45	45	45	80	80

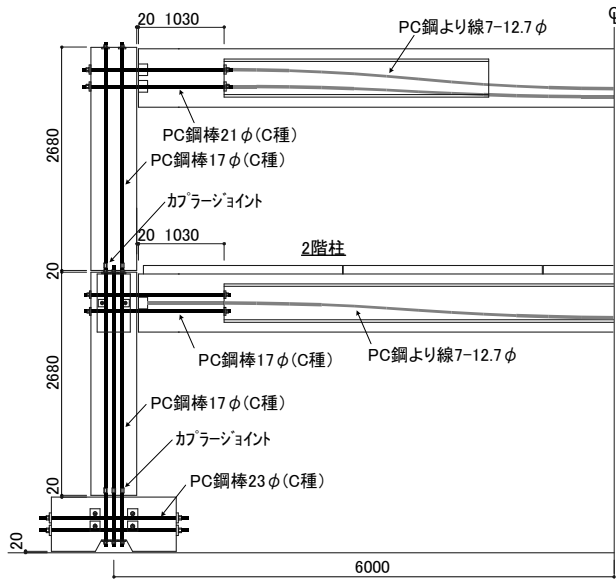


図 2 架構 PC 配線図

梁はコンクリート設計基準強度が $F_c=45\text{N/mm}^2$ 、断面寸法は $400\times 700\text{mm}$ であり、端部は矩形断面、中央部はアンボンドPCを挿入・定着するためにI形断面としている。ロングスパン梁(張間方向)については、フルプレストレッシングとなるように1次緊張材として7-12.7φ (SWPR7BL)のPC鋼より線を部材内に曲線配置する。梁軸方向鉄筋は上端、下端とも4-D19(SD390)とし、圧着接合面を貫通させない。軸方向鉄筋量は圧着用PC鋼棒定着端(矩形→I形断面切替面)を設計断面として、部材両端に降伏ヒンジが形成されるよう設計したものである。横補強筋は端部の矩形断面で4-D10(SD295A)、中央部で2-D10(SD295A)とし、それぞれ100mmピッチで配置する。圧着用アンボンドPC鋼棒はR階梁で4-21φ (C種)とし、2階梁では4-13φ (C種)として実験VI-2の載

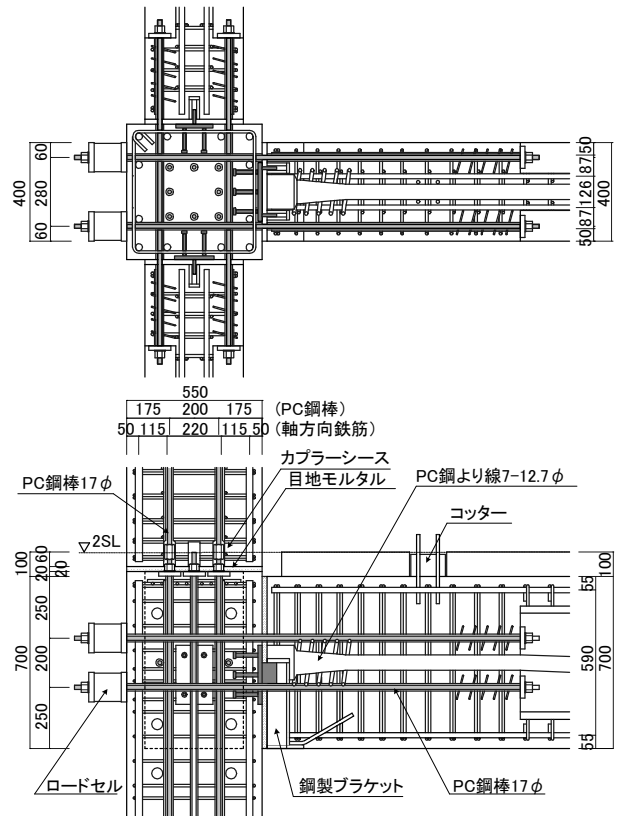


図 3 柱梁接合部の収まり

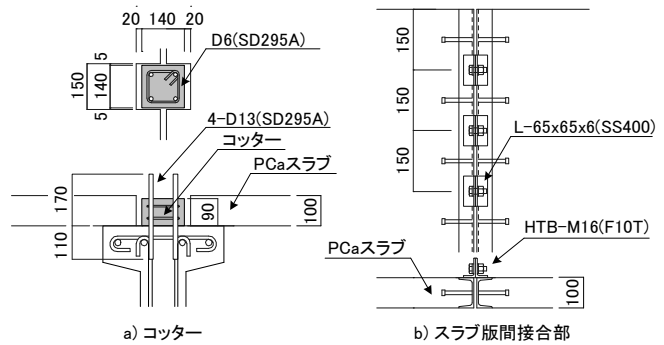


図 4 コッターおよびスラブ版間接合部

荷を行った後、これを4-17φ (C種)に交換して実験VI-3,-4の载荷を行う。

柱はコンクリート設計基準強度が  $F_c=85\text{N/mm}^2$ 、断面寸法は  $550 \times 550\text{mm}$  であり、各層ごとに分割された PCa 部材を各階梁天端レベルで圧着接合する。圧着用アンボンド PC 鋼棒は 1 階と 2 階の柱で鋼材量が異なり、1 階が 8-17φ (C 種)に対して、2 階は 4-17φ (C 種)である。柱軸方向鉄筋は各部材共通で 8-D25(SD345)とし、梁と同様に圧着接合面手前で定着させる。ただし、2 階柱頭には比較的大きい曲げ応力が発生するため、鉄筋端部を  $180^\circ$  フック定着とする。横補強筋は圧着接合面から  $550\text{mm}$  の高さまでは 4-D10(SD295A)、それ以外の区間では 2-D10(SD295A)とし、それぞれ  $100\text{mm}$  ピッチで配筋する。

2階スラブは試験体の寸法に縮小した  $70\text{mm}$  厚のフル PCa 板の製作することが難しいため  $100\text{mm}$  厚とし、主筋は上端、下端共に D10(SD295A)を  $100\text{mm}$  ピッチ、配力筋は D6(SD295A)を  $200\text{mm}$  ピッチ千鳥配筋とする。コンクリート設計基準強度は  $F_c=24\text{N/mm}^2$  である。コッター寸法は  $140 \times 140\text{mm}$ 、コッター筋は 4-D13(SD295A)とし、外構面では梁と剛接、中構面では加力方向に対してピン、直行方向に対してローラーとなるように、後打ちコンクリートを打設する。また、PCaスラブ相互は外周に埋め込んだスタッド付き溝形鋼を溶接することで剛接合とする。

梁と柱の圧着接合面では、柱面に鋼製のブラケット、梁小口面に鋼製のブラケット受けを配置して<sup>2)</sup>、仮設時および常時の鉛直荷重を柱に伝達させる設計とする。圧着接合面の目地幅は  $20\text{mm}$  とし、目地モルタルの落下防止のために溶接金網を配筋する。

#### 4. 荷重増分解析

試験体の保有水平耐力および荷重-変形関係を確認するために、平面フレームモデルによる荷重増分解析を実施した。解析モデルは基礎固定で、柱梁接合部を剛域とし、梁および柱部材はせん断特性を弾性、曲げ特性を圧着接合面に設けた材端バネでモデル化した。材端バネのモデル化方法は、後述の同題(その6)に倣うが、このうち柱部材については試験体の軸力が比較的小さいことを勘案して、別途、梁部材相当のモデル化も行い、その影響を把握することとした。なお、本解析ではスラブを敷設した後に梁圧着用 PC 鋼棒の緊張を行うものとし、梁に作用するスラブ固定荷重の影響を無視した。柱では固定荷重による軸力を考慮する。

##### (1) 曲げモーメント算定基本式

圧着接合面の曲げモーメントは式(1)より算定する。式中の係数  $\alpha$  は圧着接合面のコンクリート圧縮応力度(ストレスブロックの形状)に対応する変数であり、同時に PC 鋼材の有効緊張力  $P_s$  を変数とすることで圧着接合面の応力状態 ( $M_I \sim M_{III}$  I : 軟化開始時, II : 圧縮強度時, III : 鋼材降伏時部材) を表現することができる。表2に本解析モデルで採用した係数  $\alpha$  および有効緊張力  $P_s$  を示す。

表 2 復元力特性の評価方法一覧

部材	第1折れ点				第2折れ点			
	$M_I$	$\alpha$	$P_s$	$R_I$	$M_2$	$\alpha$	$P_s$	$R_2$
梁	$M_{II}$	0.85	$P_e$	式(2)	$M_{III}$	0.85	$P_y$	式(3)
柱(Model-1)	$M_{II}$	0.85	$P_e$	式(2)	$M_{III}$	0.85	$P_y$	式(4)
柱(Model-2)	$M_{Ib}$	$1.5(\eta_o + \eta_s)$	$P_e$	式(2)	$M_{II}$	0.85	$P_e$	式(5)

$P_e$ : PC鋼材初期導入緊張力(=0.7 $P_y$ )     $P_y$ : PC鋼材降伏応力

$$M = \frac{(P_s + N) \cdot D}{2} \left( 1 - \frac{\eta_o + \eta_s}{\alpha} \right) \quad (1)$$

ここで、 $M$  : 圧着接合面(材端)の曲げモーメント、 $P_s$  : 圧着用 PC 鋼材の有効緊張力、 $N$  : 軸力、 $\eta_o$  : 軸力比(=  $N / bD\sigma_B$ )、 $\eta_s$  : 無次元化プレストレス力(=  $P_s / bD\sigma_B$ )

##### (2) 回転角の評価

圧着接合面の回転角は式(2)~(5)より算定する。表2に各部材と評価式の対応を示す。いずれの場合も第1折れ点までは式(2)を用いて弾性剛性で評価する。式(3)および式(4)はアンボンド PC 鋼材の伸びが全て圧着接合面に抜け出すと仮定したもので、梁部材(式(3))ではこれにスパン中央の RC 部分の弾性変形を考慮する。

式(5)はヒンジ領域として材端に部材せい相当長さの矩形の曲率分布を仮定したものである。

$$R_1 = \frac{M_1 \cdot a}{3EI} \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{1}{a} \left\{ \frac{\Delta \varepsilon_s \cdot L_{pc}}{0.5D - x_n} \cdot a + \frac{(M_2/a)(a - L_{ub})^3}{3EI} \right\} \quad (3)$$

$$R_2 = \frac{\Delta \varepsilon_s \cdot L_{pc}}{0.5D - x_n} \quad (4)$$

$$R_2 = \frac{1}{a} \left\{ \phi_u \cdot L_y \cdot (a - L_y/2) + \frac{(M_2/a)(a - L_y)^3}{3EI} \right\} \quad (5)$$

ここで、 $a$  : せん断スパン、 $L_{pc}$  : PC 鋼材のアンボンド区間長さ、  
 $L_{ub}$  : 梁部材内のアンボンド区間長さ(=  $L_{pc} - D_c$ )、  
 $L_y$  : ヒンジ領域長さ(=  $D_c$ )、 $D_c$  : 柱せい、  
 $\Delta \varepsilon_s$  : PC 鋼材の伸びによる歪み度増分(=  $\varepsilon_y - \varepsilon_e$ )、  
 $x_n$  : 断面中立軸(=  $P_s / (0.85\sigma_B \cdot \beta \cdot b)$ )、  
 $\phi_u$  : 曲げ終局時断面曲率(=  $\varepsilon_{cu} / x_n$   $\varepsilon_{cu} = 0.3\%$  と仮定)、

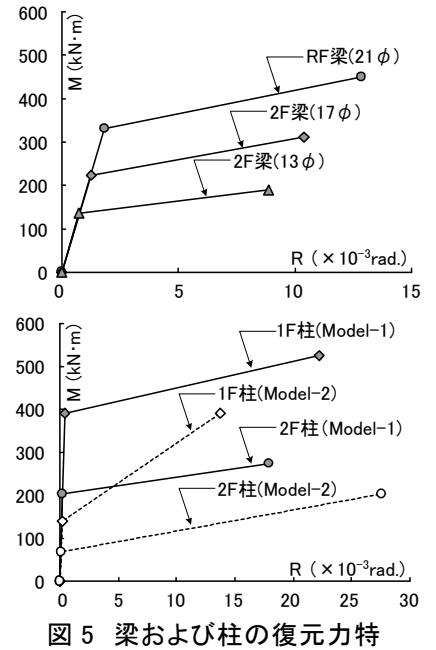


図5 梁および柱の復元力特性

図5に梁および柱の復元力特性、図6に荷重増分解析結果を示す。図6によれば、いずれの解析結果も  $R=1/500rad$ 程度で2階梁が、 $R=1/250rad$ 程度でRF梁がそれぞれ復元力特性上の第1折れ点( $M_1$ )に達し、それ以降大きく剛性が低下している。Model-1とModel-2とでは  $R=1/250rad$ 時で  $Q=200kN$ 程度の差異を生じているが、第2折れ点( $M_2$ )の到達順序はいずれも2F梁端→RF梁端→1F柱脚である。保有水平耐力は、2階梁のPC鋼棒が4-13φの場合で1400kN程度、4-17φの場合で1600kN程度となった。

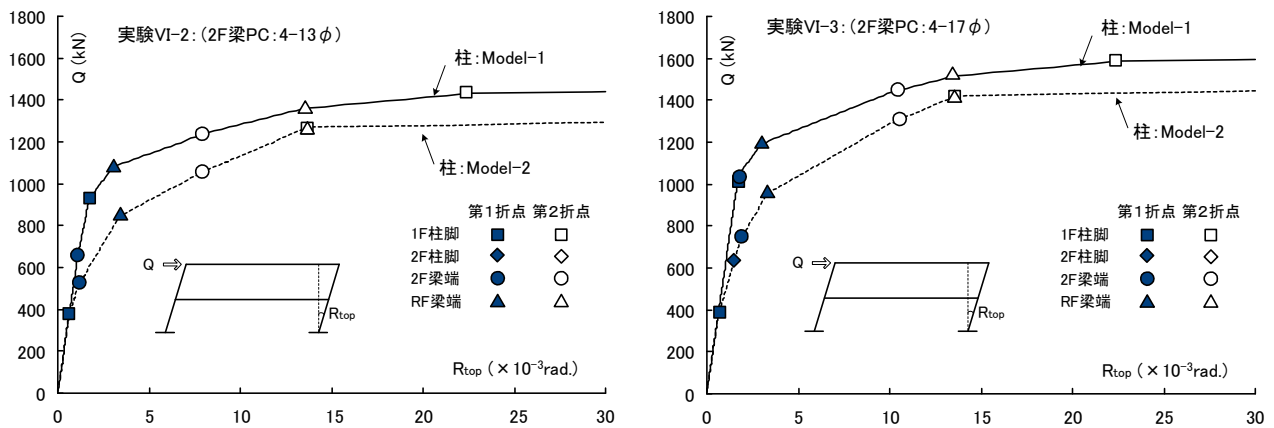


図6 荷重増分解析結果

<参考文献>

- 1) 朝賀亮太, 五十嵐治人, 迫田丈志, 岸本剛, 前田匡樹: 構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビルに関する研究 (その7 アンボンドPC圧着架構に適用するPCa床スラブ-梁接合システムの開発), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.663-664, 2008.09
- 2) 近藤千香子, Tien Thinh Do, 楠浩一, 大迫一徳, 松浦恒久, 高森直樹, 田才晃: 構造安全性と生産合理性の融合を目指した鉄筋コンクリート造事務所ビルに関する研究 (その4 大スパン構面の柱梁接合部部分架構の実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.657-658, 2008.09