

(25) 付帯柱と絶縁したプレキャスト壁板の耐震性に関する実験的研究

オリエンタル建設(株) 技術部 会員 ○小山内 裕
 オリエンタル建設(株) 建築部 会員 大島 幸
 オリエンタル建設(株) 建築部 会員 木村 義男
 オリエンタル建設(株) 技術研究所 非会員 今井 昌文

1. はじめに

プレキャストプレストレストコンクリート造ラーメン構造においては、柱、梁およびスラブは既にプレキャスト(PCa)化が進み実用に供しているが、耐震壁は未だ簡便な工法が開発されておらず、普及していない。PCa耐震壁の施工上の難点は柱との接合方法にある。柱との接合を省略した壁は製造と施工は簡便になるが、柱と壁の間で存在応力の伝達がないため、一般には耐震壁と見做されない。そこで本研究は、柱との接合を省略したPCa壁板の耐力と変形に着目して、模型試験により構造性能を把握することを目的としている。

本研究では供試体に対して次の構造性能を要求した。

- a) 柱はせん断破壊せず $R=1/100\text{rad}$ まで鉛直荷重を保持できる。
- b) 壁板は曲げ破壊または斜めせん断きれつ破壊は許容するがせん断滑り破壊は許容しない。
- c) 梁と柱梁接合部はせん断破壊しない。

表1 コンクリートの材料試験結果 (kgf/cm²)

部位	σ_b	$E_c \times 10^9$
基礎	778	-
柱, 梁, 壁	456	298
床, 小梁	438	-
基礎目地	332	-
柱梁目地	503	-

表2 鋼材の機械的性質 (kgf/cm²)

種類	径	σ_y	σ_u	$E_s \times 10^4$
鉄筋	D6	3751	5617	210
	D10	3639	5178	210
	D13	3823	5199	210
PC鋼棒	$\phi 17$	10870	11540	203
	$\phi 23$	10420	11530	203

表3 供試体のパラメーター

供試体	壁板付梁の数	柱と壁板	部材断面および配筋
PW1	1	絶縁	柱: 20*20(cm) 8-D13 D6@30
PW2	2	絶縁	梁: 20*30(cm) 4-D13 D6@50
PW3	3	絶縁	壁: 厚7(cm) 2-D6@100メッシュ 両縁補強 2-D13

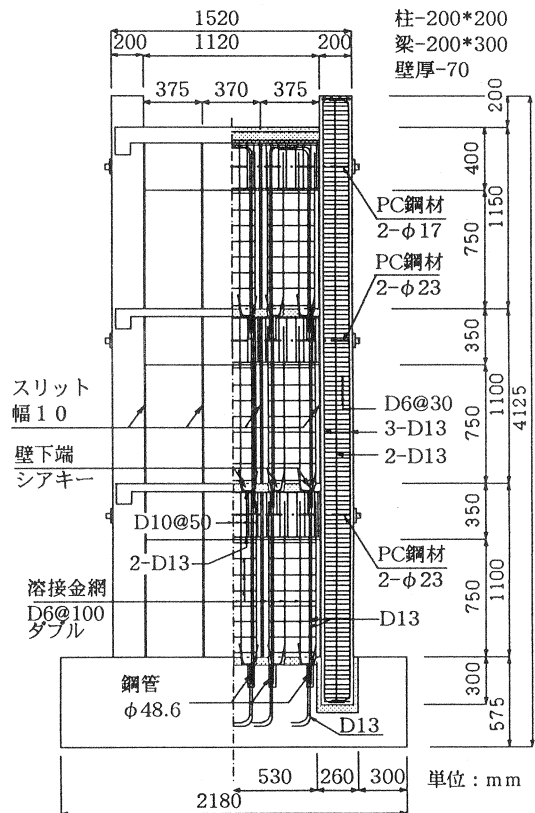


図1 供試体図 (PW3)

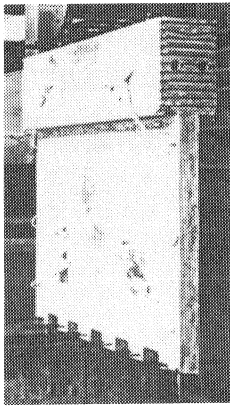


写真1 壁板付き梁

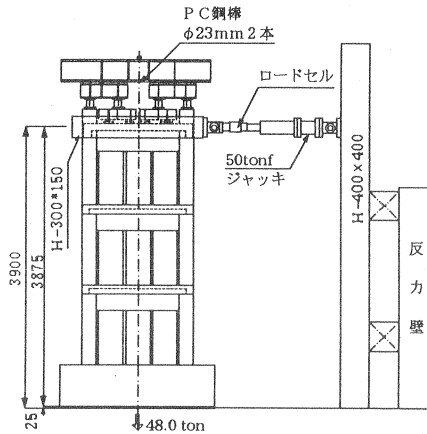


図2 加力方法

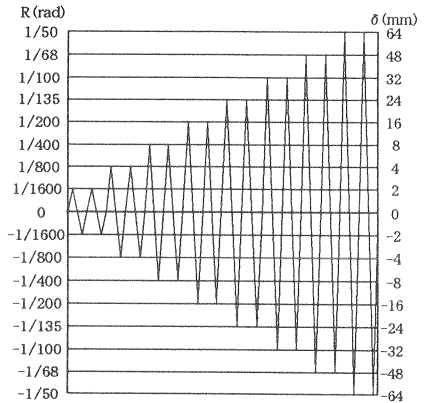


図3 加力パターン

2. 供試体の概要

表1、2に供試体の製造に使用した材料の試験結果を示す。表3に供試体のパラメーターを示す。図1に供試体(PW3)の形状寸法配筋図を示す。供試体は3スパン (13m+5.4m+13m) 9層(階高4m)のフレームから最下層中央スパンの耐震壁部分を取り出した1スパン3層の独立連層耐震壁で、実構造の1/4スケールとし、壁の分割数をパラメーターとして3体を製作した。柱と壁板付きの梁(写真1)はプレキャスト部材として製作した。

柱をソケットベースに建て込み隙間の基礎目地には無収縮モルタルを充填した。次に壁付き梁を2本の柱の間に建て込み、柱と梁および梁と梁の目地に無収縮モルタルを充填した。上下の壁補強筋は、膨張グラウトを充填した鋼管(φ48.6mm)に挿入して接続した。柱と梁および梁と梁はプレストレスにより圧着した。プレストレス量は、圧着面の摩擦係数を1と仮定して、解析により梁に生じるせん断力と同じ大きさを必要量として、最上階梁は導入時緊張力26tonf、3階梁は同44tonf、2階梁は同66tonfを導入した。

基礎と柱の接合部および柱と梁の接合部にはシアキーを設け(写真1)、せん断力が確実に伝達される構造とした。梁の上端にはせん断補強筋を設け場所打ちスラブと合成した。壁の上端と梁は一体である。また壁下端はシアキー(図1)を形成してスラブの場所打ちコンクリートに埋設し、シアキーから水平に突出した鉄筋(片側12-D6)により下層のスラブと一体化を図った。

3. 加力方法

加力装置図および加力パターンを図2、図3に示す。反力床と基礎スタブの隙間にはグラウトを充填し、32mmの異形P C 鋼棒4本により、各50tonfで基礎スタブを反力床に圧着した。また供試体の最上部は構面外の変形が生じないように治具を設置した。

鉛直荷重は、P C 鋼棒2本により反力床下にセットした油圧ジャッキで計48tonfの一定荷重を作用させた。荷重は、供試体の変形に伴って、増加したので荷重を調節して1割以内の増加に制御した。柱および壁に均等な鉛直方向応力度($\sigma=30\text{kgf/cm}^2$)が作用するように柱頭と最上階梁に分散して載荷した。鉛直荷重載荷時の柱および壁の鉛直方向ひずみを表3に示す。ひずみの大きさは91~100 μ でコンクリートの弾性係数により応力度に換算すると27.1~29.8 kgf/cm^2 であり、10%以内の精度で鉛直方向応力度を与えることができた。

水平荷重は、反力壁にセットした50tonf押し引きジャッキにより、最上層のスラブ端に設けた鋼製加力梁を押し引きし、スラブを介して、正負交番繰り返し荷重を作用させ、図3に示すように水平荷重作用高さでの変位量 $\delta=2, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 64\text{mm}$ の変位制御により加力した。

表4 柱および壁の鉛直方向ひずみ

供試体	柱 (μ)	壁 (μ)
PW1	100	97
PW2	91	98
PW3	92	99

4. 荷重-変位関係

実験により得られた水平荷重と1層の層間変位の履歴曲線を図4に示す。この荷重変位曲線は水平荷重作用位置での変位制御の下に得られたものであり、1階の層せん断力に対する1階の柱および壁の挙動を示している。したがって変位制御により各供試体の最上層の変位が同じであっても1層の層間変位は異なる。

1層の層間変位が最初に $\delta=1.0\text{mm}$ に達したときの水平荷重はPW1では $P=24.1\text{tonf}$ 、PW2では $P=20.4\text{tonf}$ 、PW3では $P=17.7\text{tonf}$ であり、初期剛性はPW1、PW2、PW3の順に高い。

最大水平荷重、1層の最大層間変位(最終繰り返しループ)および残留変位を表5に示す。最大荷重および最大層間変位は壁板の分割数が多い供試体ほど大きい。

初期剛性は壁板の剛性に影響を受ける。また壁板の総長さはほぼ同じでも分割により総曲げ剛性は小さくなる。したがって鉄筋降伏以前では、壁板の断面形状の影響が大きいことから、水平剛性はPW1が最も大きく、PW3が最も小さいことは容易に推定できる。

最大耐力は一般に鉄筋量の影響が大きいのでPW1よりも上下に連続する鉄筋量の多いPW3の方が最大耐力が大きいものと思われる。

表6に正荷重における1層の層間変形角 $R=1/240\text{rad}$ ($\delta=4.0\text{mm}$)での1回目の荷重を基準として2回目の荷重と $R=1/120\text{rad}$ ($\delta=8.0\text{mm}$)での荷重を示す。

すべての供試体において、層間変形角 $R=1/240\text{rad}$ での2回目の荷重は1回目に比較して低下しており、その比は94~97%であった。層間変形角 $R=1/240\text{rad}$ 1回目での荷重に対する層間変形角 $R=1/120\text{rad}$ での荷重はPW1は98%に低下しているがその量はわずかであり荷重を保持していると見做せる。PW2、PW3は荷重が増加しており、その比は109~113%であった。よって本供試体では層間変形角 $R=1/120\text{rad}$ 以下の層間変位では、同一変位での繰り返し荷重では荷重は低下するが、変位の増加に対しては荷重は低下しないといえる。

最大変形後の残留変位はPW3、PW2、PW1の順に大きい。履歴曲線は若干のスリップ性状を含む良好な紡錘形を示し、エネルギー吸収性が高いといえる。

表5 最大荷重および2階梁の最大変位 (tonf, mm)

供試体	最大荷重		最大変位		残留変位	
	正	負	正	負	正	負
PW1	34.3	35.7	19.08	19.34	12.14	13.29
PW2	38.7	38.5	21.14	23.64	14.13	16.02
PW3	40.4	39.3	29.92	34.60	21.91	25.81

表6 荷重の比較 (tonf)

供試体	R=1/240rad 1回目		R=1/240rad 2回目		R=1/120rad 1回目	
	荷重	比	荷重	比	荷重	比
PW1	34.0	100%	31.9	94%	33.4	98%
PW2	34.0	100%	32.9	97%	36.9	109%
PW3	34.2	100%	33.2	97%	38.6	113%

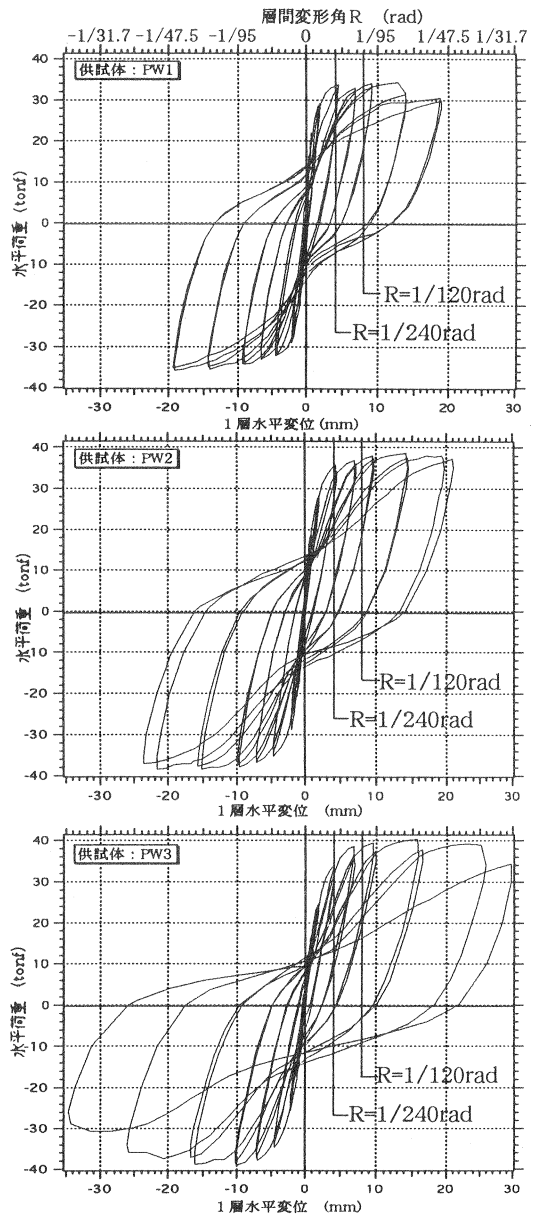


図4 荷重(P)-変位(δ)曲線

5. 破壊性状

写真2、3、4に1階壁の最終状態を示す。

柱には顕著なせん断ひび割れは見られず、曲げまたは引っ張りによるひび割れが卓越している。いずれの供試体も柱脚は圧壊しており、終局状態では柱主筋も座屈しているが、Hoop筋によりコンクリートコアが保持されていた。柱はせん断破壊はせず軸方向力によって終局にいたったが、層間変形角 $R=1/50\text{rad}$ でも鉛直荷重の低下は見られなかった。

壁板はいずれの供試体においても、まず端部に水平方向に曲げひび割れが入り、引き続きせん断ひび割れに進展した。壁板の破壊性状はすべての供試体で斜めせん断破壊を示し、せん断ずれ破壊を起こした供試体はない。

壁板の破壊はPW3が最も激しく、広範囲にわたりコンクリートの剥落が見られ、壁筋が座屈している。PW3の中央の壁板は上端のコンクリートの剥落を伴う激しい破壊を生じているが、これはX字型に入ったひび割れによるものである。

プレストレスが導入された梁にはひび割れはほとんど発生しなかった。柱梁接合部には3、4本のひび割れが入ったものの部材間のずれやコンクリートの剥落は見られず損傷は軽微であった。

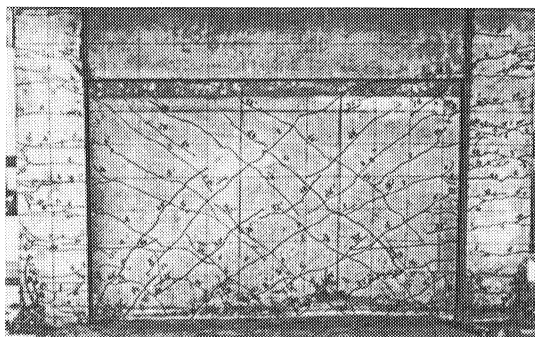


写真2 最終状態 (PW1)

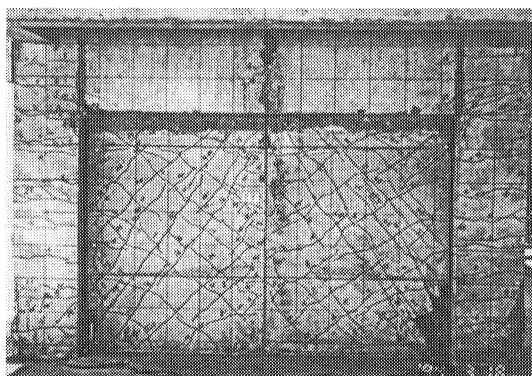


写真3 最終状態 (PW2)

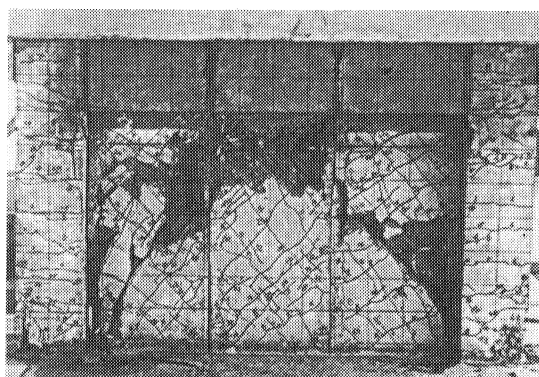


写真4 最終状態 (PW3)

6. 結論

筆者らの行なった模型試験により柱と構造的に絶縁された壁について、次のような知見が得られた。

- 1) 柱と絶縁されたプレキャスト壁は一定軸力 ($\sigma=約 30\text{kgf/cm}^2$)で、層間変形角 $R=1/120\text{rad}$ まで水平荷重は層間変形角 $R=1/240\text{rad}$ での荷重を90%以上保持し、高いエネルギー吸収性状を示した。
- 2) 壁板と絶縁された柱には壁板に入ったせん断ひび割れの影響は見られず、層間変形角 $R=1/50\text{rad}$ まで鉛直荷重は低下しなかった。
- 3) 梁および柱梁接合部の損傷は軽微であり、摩擦係数を1と見做して導入したプレストレスにより、柱と梁の間のせん断力を伝達することができた。

最後になりましたが、この研究は(社)建築研究振興協会に設置された「PCa耐震壁の性能検討委員会(委員長:渡辺史夫)」で行なわれたことを報告いたします。