

## 招待講演

## 「建築におけるプレキャスト化の現状」

正会員 望月 重（武蔵工業大学工学部）

## 1. はじめに

建築のプレキャストに関しては、すでに多くが語られている。特に、最近では、本協会の「コンクリート工学」（1987年3月）の特集号において、「建築用コンクリート技術の最前線」が、また、日本建築学会の1990年年次大会パネルディスカッションで、「RC造のプレキャスト化の動向を探る」がとりあげられている。こうした企画では、建築のプレキャスト化について、各方面から詳細にのべられているので、ここで新たに何を述べるべきかとまどいを憶えるのであるが、従来のプレキャスト化の論議が、どちらかといえば工法からの視点に基づいているのに対して、構造からの視点によるプレキャスト化の現状を述べたいと思う。しかしながら、プレキャストコンクリート構造の設計体系が未だ整備されていない現状から、また、プレキャストコンクリートの工法依存の特性から、全くの構造の視点に絞る事は不可能である。従って、今回構造からの視点と言う意味は、構造サイドからの視点に基づくと言った曖昧さのあるものである。現在、日米協同研究において、プレキャスト構造設計指針の作成が具体化しつつあるとき、P C a 化の現状を構造サイドから見る事は意義ある事と考える。

## 2. 関連諸規準からみたP C a 構造

プレキャスト造（以下P C a 造と略す）に関する規準としては、1965年の日本建築学会（以下学会と略す）「特殊コンクリート造関係設計規準」が最初と思われるが、学会に「プレキャストコンクリート構造接合耐力に関する研究委員会」が設けられ、その成果として「壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計規準」（以下、「壁式P C a 造規準（1965）」と略す）が発刊されたのが1965年であるから、すでに26年が経過したことになる。ここで、P C a 造関連諸規準の歴史的経過を述べる事は、P C a 化の現状を述べる上で、余り意味があるとは思えない。したがって、ここでは最近10年間に限って、関連諸規準の意義を述べておく事とする。最近10年としたのは余り意味はないが、新耐震設計法として建築基準法施工令の改正が行われたのが1981年であるので、ここらあたりを一つの区切りとしてよいのではないかと考えたからである。表-1は、以上の考えから、1981年以降のP C a 構造の関連諸基準をまとめたものである。

表-1 P C a 造の関連規準の一覧

西 暦	関 連 諸 基 準
1981	建築基準法施工令の改正（新耐震設計法）
1982	日本建築学会「壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計基準」第1次改定（5階建以下の建築物を対象とし新耐震設計の考え方を盛り込む）
1982	日本建築センター「鉄筋継手性能判定基準」提案（建築基準法施工令の改正に即した第3次案）
1983	日本建築センター「壁式鉄筋コンクリート造設計施工指針」（学会「壁式P C a 造規準（1982）」と内容では同じといえる）
1986	日本建築学会「プレキャスト鉄筋コンクリート構造の設計と施工」発刊（11階建までを対象に、P C a 造全般の設計の考え方と資料）
1987	日本建築センター「中高層壁式ラーメン鉄筋コンクリート造設計施工指針」の刊行（場所打ちコンクリートの桁行方向壁式ラーメン構造、はり間方向連層耐震壁構造の11階建以下の建築物の指針）
1988	日本建築学会「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針（案）」（場所打ちコンクリートのラーメン構造又は連層耐震壁付きラーメン構造の終局強度設計指針）

## 2. 1 関連諸基準の経過

1981年の建築基準法施工令の改正は、1968年の十勝沖地震の被害、そして、それに基づいた学会「鉄筋コンクリート構造計算規準（以下、「学会RC造規準」と略す）の第5次改定を背景とした、耐震設計法の改正、強化であった。したがって、1982年の学会「壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計規準（以下、「壁式P C a造規準（1982）」と略す）は、基本的には建築基準法施工令の改正による耐震設計を盛り込む事であった。即ち、従来の地震力に基づいた許容応力度計算に加えて、保有水平耐力算定の具体的検討方法が取り入れられた。

学会「壁式P C a造規準（1982）」の意義は、プレキャスト造の立場から言えば、耐震設計の考えだけでなく、学会「壁式P C a造規準（1965）」以来の17年間のプレキャスト造の研究成果がどう盛り込まれたかと言う観点からも評価されるべきものである。その最も大きな点は、接合部設計である。特に摩擦抵抗によるせん断伝達の設計は、場所打ち鉄筋コンクリート造（以下、RC造と略す）では全くないことである。

直ジョイント方式がP C a造に普及するには、太径鉄筋の継手方法としての、機械式継手の開発が必要であった。鉄筋継手に関する規準としては、「鉄筋継手性能判定規準」第一次案、第二次案が、それぞれ、日本建築センターより1974年、1975年に提案され、1981年の建築基準法施行令の改正に即して、1982年に第3次案が提案された。「鉄筋継手性能判定規準（1982）」は、学会「壁式P C a造規準（1982）」と同様に、建築基準法施行令の改正に即する改正案であると同時に、P C a造の立場からいっても大きな前進であると言える。それは、1) 母材並みに用い得るS A継手の設置、2) 継手設置箇所と部材種別の関係の明確化、3) 継手試験として単体試験法と部材試験法を設けた点があげられる。これらの内、継手設置箇所と部材種別の関係を明確にしたことは、たとえ部材種別のグレードの低下があるにせよ、P C a造においては不可欠な全数継手を可能とする点から評価すべき事といえる。

壁式P C a造では6階建以上が建設大臣認定を、また、架構式P C a造でも建築主事の判断によっては技術評価を、共に日本建築センターで受ける事になる。1986年に学会「プレキャスト鉄筋コンクリート構造の設計と施工」（以下、「P C a造の設計と施工」と略す）が、発刊された。これは、P C a建築物の高層化の要求から、11階建までの建築物を対象として、壁式及び架構式P C a造、プレストレストコンクリート、床スラブ、非構造体などP C a構造全般を網羅した設計の考え方と資料を記したものである。

## 2. 2 構造特性係数の考え

1981年建築基準法施行令の改正によれば、壁式P C a造は、壁式RC造と同様に、層間変形角と保有水平耐力の検討が免除される範ちゅうに属する。しかしながら、大地震動による地震荷重に対しても、安全な耐力を有し、かつ、じん性を確保する保証が基本的になくはないと言える。それが、学会「壁式P C a造規準（1982）」2章「構造の規模」の解説に示してある構造規定および推奨値の設置である。これにより5階建以下の壁式P C a造の建築物は、構造特性係数 $D_s=0.5$ に基づく保有水平耐力とじん性が確保されていると考えている。

学会「P C a造の設計と施工」では、壁式P C a造において、5階建以下の建築物は、学会「壁式P C a造規準（1982）」をそのまま適用するとし、6階建以上11階建以下の建築物においては、短辺方向連層耐震壁では、曲げ降伏型の場合、 $D_s \geq 0.45 \sim 0.5$ 、せん断破壊型の場合、 $D_s \geq 0.60$ 、長辺方向壁式ラーメンでは  $D_s \geq 0.45$ が提案されている。ただし、長辺方向壁式ラーメンの $D_s \geq 0.45$ は、層としての塑性率4程度のじん性を確保をする事を条件として

$D_s \geq 0.4$ とする緩和規定が設けられている。

一方、日本建築センター（以下、センターと略す）では、1974年に8階建までの壁式P C a造建築物を対象とした「高層壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造内規」（以下、「高層壁式P C a造内規」と略す）を作成している。ここでは、終局設計の考えがある程度とり入れられているが、当然ながら、構造特性係数の具体的な数値には及んでいない。然しながら、その後P C a造建築物の大臣認定のための評定及び技術評価のための審査業務の立場から、壁式または架構式を問わず、P C a造の構造特性係数 $D_s$ は相当するR C造の構造特性値に0.05加算した値とするという基本方針がとられている。これは現在の所、P C a造の構造特性係数に関する資料が乏しく、それを的確に判断する段階に至っていない点、及び接合部の存在により同種のR C造と比較して一体性に劣るという点などを考慮した、工学的判断の結果といえる。この方針は、過渡的な処置であって、将来この面での研究成果の蓄積により、その値は修正されるべきものであろう。

1987年のセンター「中高層壁式ラーメン鉄筋コンクリート造設計施工指針（1987）」（以下、「HFW指針（1987）」と略す）及び1988年の学会「鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針（案）（1988）」（以下、「R C終局強度指針（案）（1988）」と略す）は、共にP C a造を対象としたものでないが、その構造形式が、前者が高層壁式P C a造に、後者が架構式P C a造に類似または一致する事から、P C a造の設計に影響を与えている。現在の所、P C a造の設計体系が完備していない点、及びP C a造の資料が乏しい事から、こうした指針がP C a造の設計に影響を与えているというより、P C a造の設計が、こうした指針にある程度依存しているという方が正しいかも知れない。

## 2. 3 接合部設計の考え

P C a造の要ともいえるべき接合部の考えは、学会「壁式P C a造規準（1982）」が基本であるといえる。壁式P C a造の接合部設計は、従来、鉛直接合部はセッティングベースに対して曲げとせん断の許容応力度設計が行われてきた。学会「壁式P C a造規準（1982）」は、既に述べたごとく、従来の設計方法は実際の抵抗機構とそぐわないことから、摩擦抵抗による終局強度式を提案している。鉛直、水平接合部の終局強度式には、K・Hansen、A・H・Mattockの各実験式が準用されている。その場合の設計せん断力は、建築物の保有水平耐力が、構造特性係数 $D_s=0.5$ としている点を考慮して、標準せん断力係数 $C_o=0.2$ の時の設計せん断力の2.5倍としている。

その後、学会「P C a造の設計と施工（1986）」では、保有水平耐力の検討を前提として、接合部の設計せん断応力度を、保有水平耐力時のせん断応力度としている。ただし、せん断破壊という点を考えて、1.2の割増し係数を乗じる事としている。以上は、壁式P C a造の場合であるが、架構式P C a造に関しては、現在のところ設計式として規定されるに至っていない。したがって、架構式P C a造の接合部設計は、基本的には、壁式P C a造の諸規定に準拠する形となっている。

1986年の日米科学セミナー「地震力を受けるプレキャスト構造物の挙動」は、P C a造の諸規準には直接関連はないが、P C a造のあり方という意味で大きな刺激を与えた。即ち、日本側のP C a造における研究と技術は高く評価されたが、反面、画一的な印象も否定できなかった。1989年学会より発行された「壁式プレキャスト構造の鉛直接合部の降伏を許容する設計法」は、こうした反省から、従来のR C造に準ずる設計法から脱却する意味で、鉛直接合部のじん性のある降伏を許容する設計法を検討したものである。1986年の日米科学セミナーの発展とし

て、「プレキャスト構造に関する日米共同研究」が、1990年より発足した。日本側の最終目標として、P C a造高層建物設計指針が計画されている。その予想される成果はまだ明らかではないが、従来ともすれば、P C a造が個別的な開発に終始しがちであったのが、今回の組織的な実験・解析研究により、P C a造の総合的な新しい発展となる事を期待すべきである。

### 3. 工法からみたP C a構造

P C a造の工法を壁式P C a造、架構式P C a造に分けることは、それほど異論のないところといえよう。壁式P C a造に関しては、5階建以下の場合には、学会「壁式P C a造規準(1982)」があり、「2. 関連諸規準からみたP C a構造」に述べた通りである。6階建以上の高層壁式P C a造の設計・施工要項の大臣認定を取得しているのはA社のみであるが、他社の場合でも、壁式P C a造の基本は差がないといえる。従って、ここでは認定を取得した高層壁式P C a造の設計・施工要項を中心として述べる。架構式P C a造の工法分類としては、部材分割の仕方により単材方式とコラムトリー方式とにわけるのが一般であるが、P C a構造立場からは必ずしも適当とはいえない。ここでは、P C a構造への構え方という観点から、純ラーメン型を中心として、壁式ラーメン型(以下、H F W型と略す)、および合成構造型にも触れながら、P C a造の特質、および問題点を述べる。P C a造の工法には、以上の全体工法だけでなく、床スラブや耐震壁といった部材のP C a工法をとりあげる必要があるが、本論文では、P C a造の全体的傾向に重点をおくために、こうした部分的P C a造は特に触れないこととする。

#### 3.1 壁式P C a造

図-1は本工法の概要図<sup>1)</sup>であり、図-2は接合部詳細図<sup>1)</sup>を示したものである。図-1および図-2より判るように、5階建以下の中層壁式P C a造の工法と基本的には、変わる所はないといえる。しかしながら、5階建までの

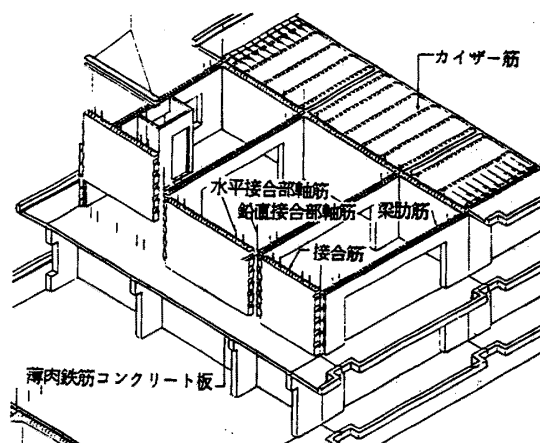


図-1 壁式P C a工法概要図<sup>1)</sup>

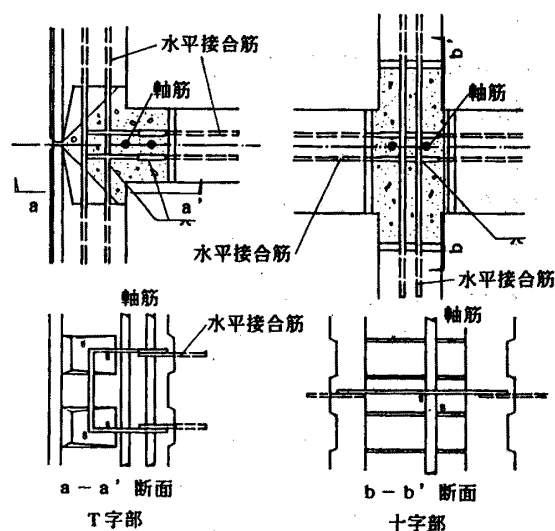


図-2 (a) 鉛直接合部詳細図<sup>1)</sup>

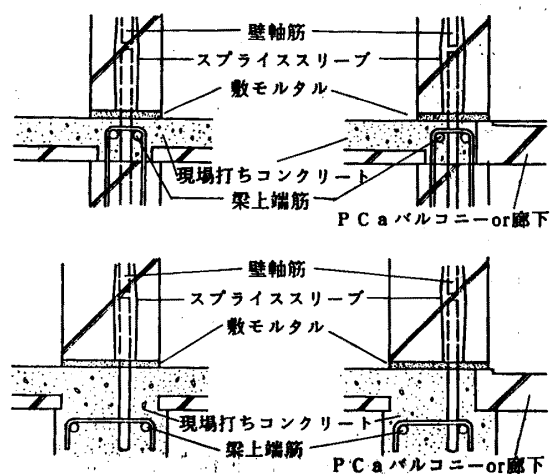


図-2 (b) 水平接合部詳細図<sup>1)</sup>

壁式P C a造と異なるのは、桁行方向が建築計画上およびじん性確保の点からH F W架構となり、はり間方向が原則として独立耐力壁となっている。その結果、桁行方向の壁の偏平率 $D/t$  ( $t$ : 壁厚、 $D$ : 壁長)を最大 14と規定している。また、中・低層の壁式P C a造で耐震性の評価となる壁量は、桁行方向で  $10\text{cm}/\text{m}^2$ 以上、はり間方向で $12\text{cm}/\text{m}^2$ 以上と低減する、一方、新たに耐力壁の面積( $\text{cm}^2$ )を床面積( $\text{m}^2$ )で割った壁率を、 $30n$  ( $n$ : 最上階から数えた階数)かつ桁行方向で  $250\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以上、はり間方向で  $240\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以上と規定している<sup>1)</sup>。

高層壁式P C a造の構造上の安全性の確保は、中・低層の場合が基本的には1次設計のみであったのが、1次設計と2次設計との2本建となっている。1次設計は5階建以下の場合とはほぼ同様である。2次設計における構造特性係数は、桁行方向では0.45以上、はり間方向では、P C a造という考えから「H F W指針(1987)」の規定値を1ランク以上アップした値としている<sup>1)</sup>。

桁行方向の耐力壁の偏心率を14まで許容している点は、図-3 a<sup>1)</sup>に示す実験結果から、部材角 $1/50$ 以上の変形能を有する事によるものであるが、変形能が偏心率及び軸力に依存する事から、じん性ランクは偏心率と軸力比の相関で、軸力比を低く抑え、必要保有耐力を大きくする様規定している。また、構造特性係数を0.45とした静的増分解析の結果では、壁長の大きい耐力壁にとりつく壁ばりの回転角は $1/30$ 以下、そして最大地動速度50K i n e相当の応答解析の結果では、壁ばりの塑性率は2程度かつ最大層間変形角は $1/200$ 程度である。

接合部の設計は、学会「P C a造の設計と施工(1986)」の設計式が準用されているが、P C a造の施工性を考慮して、1) 鉛直接合部の終局せん断耐力式の水平鉛直接合筋比にコッター筋及び耐力壁上部の頭つなぎ筋を導入する、2) 水平接合筋量は耐力壁に必要な横方向せん断補強筋量の75%以上としている<sup>1)</sup>。1)の項目は、学会「壁式P C a造鉛直接合部の設計(198

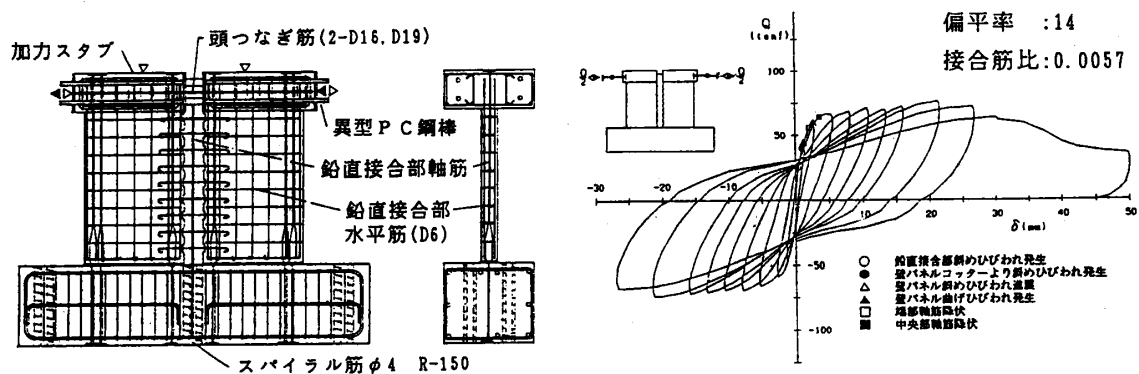


図-3 (a) 構面実験試験体概要図および荷重-変形関係<sup>1)</sup>

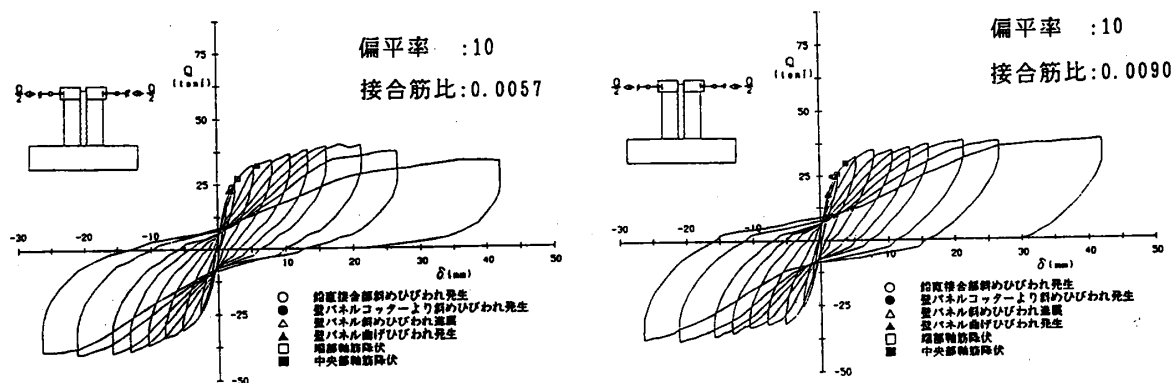


図-3 (b) 荷重-変形関係<sup>1)</sup>

9)」によるもので、2)の項目は、図-3(b)に示す鉛直接合部の水平接合筋量が壁パネルのせん断補強筋量の60%の場合とほぼ等量の場合との実験の耐力と変形性能の比較によるものである。2)の項目に関する実験結果の妥当性は、耐力壁の終局せん断強度式に大きな余裕率がある事および破壊機構の違いなどに起因すると考えられるが、耐力壁の終局せん断強度式の適用に当たっては慎重な態度と、今後の研究の必要が望まれる所である。

猶、壁式P C a造だけの問題でないが、土地の入手難から、建築物の設計はますます悪条件となりつつある。その1つにセットバックを有する建築物の場合、偏心率 $R_e$ を0.3以下に抑える事が困難となる。よって、各階偏心率は原則として0.3とするが、最上階の偏心率及び中間階はり間方向の偏心率は0.4以下として、偏心率0.15及び0.3に対応する $F_e$ 値を直線的に延長した値を採用している<sup>1)</sup>。中間階以上のはり間方向偏心率が、 $R_{e_{max}} = 0.48$ となる建築物(9階建)の大地震時に対するねじれ応答解析の検討結果では、耐力壁にはそれ程過大なじん性能が要求されることはないとしている。しかしながら、以上の事は、偏心率の増大を、単に形状係数の増大に基づいた、必要水平保有耐力の検討に片づけるには余りにも大きな問題である。壁式P C a造が、中・低層の場合の箱としての構造特性が失われる時、これは今後の研究に残された問題といえる。

### 3.2 架構式P C a造

#### 3.2.1 純ラーメン型

架構式P C a造として、大臣認定を1983年に取得した唯一のB社の工法及び設計要項<sup>2)</sup>をまづ最初に述べる。図-4及び図-5は工法概要図<sup>2)</sup>と組立とシステム図<sup>2)</sup>である。図-4より判る如く、架構式P C a造を単材方式とコラムトリー方式に分けるならば、本工法は前者に属する。即ち、柱、はり、床板などのP C a単材を後打ちコンクリートを介して一体としている。後者のコラムトリー方式は、応力の小さい位置で柱、はり部材を分割している事から、接合部による架構の復元力特性への悪影響が少ないといった長所があるが、部材形状が複雑となり、部材の製作及び運搬の費用の割高のため、現在余り普及していない。この点、単材方式は、コラムトリー方式とは逆に、柱、はり部材が単材であるので部材の製作及び運搬の制約は少ないが、接合箇所が必ずしも応力の小さい位置とはならず、その架構の耐震性状への影響が問題となる。

特に、一階柱脚やはり端といった、架構として降伏ヒンジの形成を許容している箇所での接合は問題といえる。図-6は、純ラーメン型P C a造に一般に用

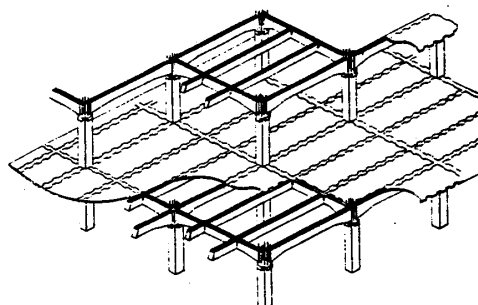


図-4 架構式P C a造工法概要図<sup>2)</sup>

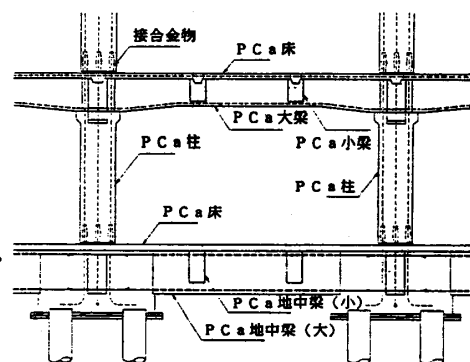


図-5 架構式P C a造システム図<sup>2)</sup>

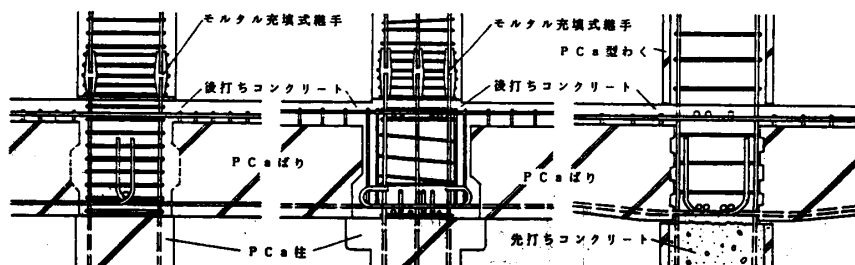


図-6 柱はり交差部詳細図

いられる 柱・はり接合部の詳細を示したものである。はりが半PCaであるので、はり上端筋は通し配筋として、はり下端筋は柱・はり接合部内で折り曲げ定着または重ね継手としている。はりを半PCaとする事は、はり重量の軽減、はりと床板との一体化、はり上端筋の柱・はり接合部内での通し配筋といった長所をもたらすが、反面はりのPCa部と場所打ち部との打ち継ぎ部のせん断伝達の問題が生ずる。

架構式PCa造の耐震設計法は、基本的には、RC造のそれによらずとしていて、1次設計と2次設計の2本建てとすることを原則としている。2次設計の保有水平耐力を確保する際の構造特性値 $D_s$ は、0.55を上限として、相当するRC造の構造特性値に0.05を加算している<sup>2)</sup>。最下階柱脚のようにヒンジ発生位置の接合で、 $F_A$ 、 $F_B$ 部材の場合は、接合箇所を柱幅以上あげる事としている<sup>3)</sup>。この事は、ヒンジ発生位置をRC造とする事によって、構造特性値の0.55の加算をさけためと判断される。その後、PCa造とRC造との柱脚の比較実験から、PCa造の構造特性値を、RC造のそれに0.05加算する事なく、同じ値とすることが行われる様になっているが、個別物件であって、設計要項として一般化するに至っていない。

接合部の構造安全性に関しては、現在の所、実験に依らざるを得ない。図-7は、はり下端筋を折り曲げ交差定着とした十字型柱・はり接合部の実験<sup>3)</sup>である。元来、ヒンジ発生は、はり端に許容するもので、柱・はり接合部は柱およびはりからの曲げモーメント、軸方向力及びせん断力を安全に伝える事にある。従って 柱・はり接合部の終局耐力を評価する実験はほとんど行われていないのが現状である。本実験もはり端が降伏して、柱・はり接合部は破壊していないので、柱・はり接合部の耐力評価はできない。図-7より、荷重とはり変形関係は安定したループを画いているが、柱・はり接合部での変形は $\gamma = 4/1000\text{rad}$ 以内で、最大せん断応力度は $48.1 \sim 53.9\text{kg/cm}^2$ である。

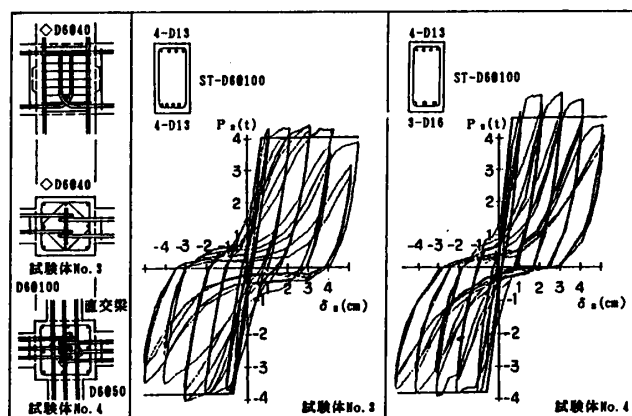
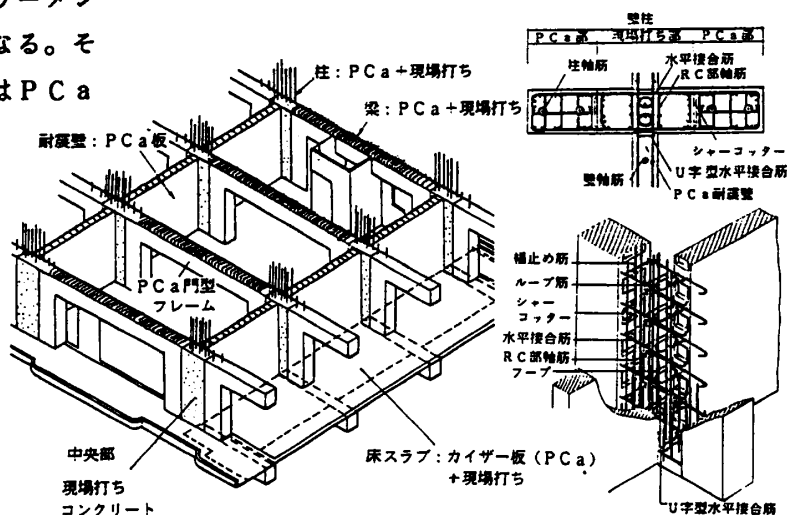


図-7 十字形柱はり接合部実験  
荷重-はり変形関係<sup>3)</sup>

### 3. 2. 2 HFW型

集合住宅は計画上、桁行方向ラーメン構造、はり間方向連層耐力壁となる。その場合、はり間方向連層耐力壁はPCa

造とするが、桁行方向ラーメン構造には2つの工法が考えられる。即ち、桁行方向ラーメンのはりと壁柱半分からなる門形PCa部材を壁柱中央でジョイントする合成工法と、桁行方向ラーメンの柱をRC造とし、はりはPCa造とする合成工法である。前者の例としてC社の工法概要を示したのが図-8である<sup>4)</sup>。図-8 門形PCa部材を壁柱中央でジョイントする工法<sup>4)</sup>



この場合、既に述べたごとく、構造特性係数はRC造より0.05割増しによる増大と、「鉄筋継手性能判定基準(1982)」による、継手使用箇所に降伏ヒンジが形成される時の

部材種別のランクを下げる事に基づく構造特性係数の増大と、2重の増加が考えられる。以上の2重の割増しをさけるために、実験から妥当の構造特性値を求めようとして行われた、端部拘束筋の有無の違いによる合成壁柱の実験結果が図-9である<sup>4)</sup>。図-9より判るように、共に部材角  $R = 30 \times 10^{-3} \text{ rad}$  まで耐力低下もなく、よい履歴ループをなしている。

2つの工法に共通する問題として、張間方向のPC耐力壁のコッター筋がある。コッター筋は耐力壁から突きだしているため、柱の帯筋と交差して施工性を著しく低下させるので、耐力壁と側柱との鉛直接合部は、コッター筋をなくしコッターのみとする工法が検討される。壁パネルはひび割れ後は膨張する性質があるので、コッター筋が側柱に定着されないと、壁板の拘束が弱まり、耐力壁の一体性がなくなり、せん断抵抗が低下する。これに対して、壁パネル上部の壁ばり主筋による拘束を期待する考えがある。図-10は、コッター筋はないが、必要せん断力に対して、壁パネルの横筋の1/2が有効として残りを頭つなぎ筋とスラブ筋で拘束するとして、配筋したNo.1、コッター筋のあるNo.2、及び頭つなぎ筋のみのNo.3についての実験である<sup>5)</sup>。図-10から、コッター筋がなくても、頭つなぎ筋やスラブ筋の拘束で耐力壁の一体性が十分保持されている事がわかる。

### 3. 2. 3 合成構造型

架構式PC造の接合方法としては過去には鋼材の溶接合などドライジョイントが行われたが、構造的には確実であるが、施工上ほとんど使われず、これにかわってウェッドジョイントが用いられる。一方、

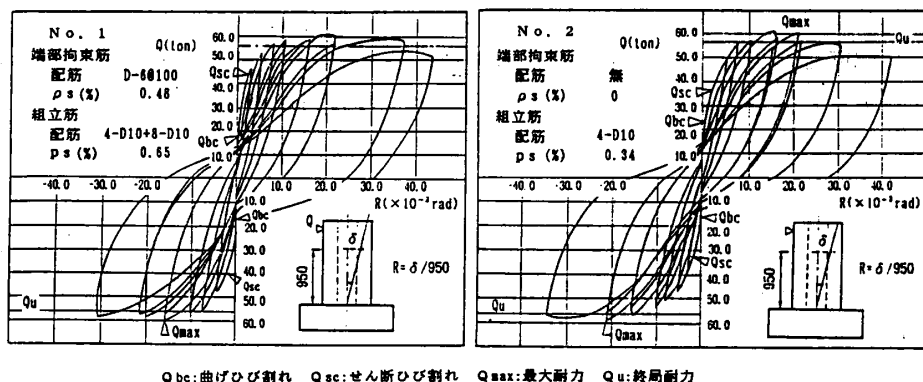


図-9 合成壁柱接合部実験

荷重-部材角関係<sup>4)</sup>

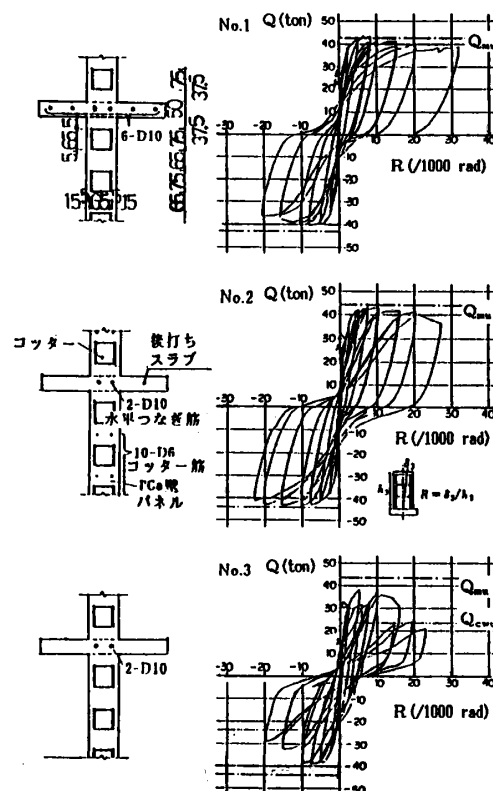
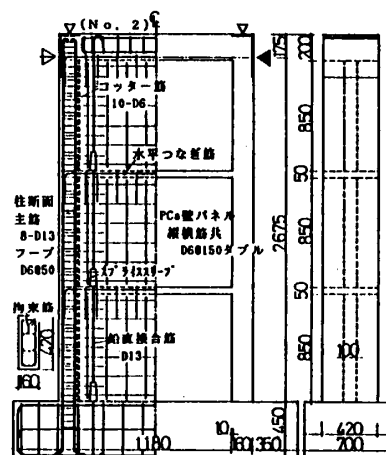


図-10 プレキャスト耐力壁接合部実験  
荷重-変形関係



架構式PCa造の多様性の要求に対して、PCa造では十分に応じられず、RC造との合成構造がますます助長される傾向がある。図-11は以上の点から開発された、D社の工法概要である。

① この工法では、柱と内壁はRC造で、床板はPCa板と場所打ちコンクリートとの合成床板、またはリブ付PCa板と場所打ちコンクリートとの中空床板、またはU字形PCa板と場所打ちコンクリートとの合成ばり、そして外壁はPCa板と場所コンクリートとの合成耐震壁といった、多様な複合法である。こうした工法を押し進めるには、PCa工法の採用に対する全社的な支援体制が必要であることは論を待たない。構造の観点からみても、確かにPCa造がもっている短所を、RC造が補っている形となり、安定した構造が期待できるといえる。反面、PCa造の長所を工法の点に求め、構造としての追求に欠ける恐れがある事は否定できない。

PCa造の異種構造との複合・混合化の傾向は、以上述べた場合以外にも、多種・多様な形で現実化している。図-12は、E社の遠心成形による、型枠兼用の正方形PCa管を示したものである。② 円形PCa管の遠心成形は、PCa杭の例から、当然であるが正方形PCa管である所にこの工法の特長がある。しかしながら、1) 内外コンクリートの一体性、2) 主筋がフープ筋に緊結されない、等の懸念が考えられるが、これらの問題点に関しては、実験から、本工法による合成柱とRC柱とは差がない事が示されている。

図-13はF社の複合法りを示したものである。

③ この複合法りは中央部を鉄骨造（以下、S造と略す）、端部をRC造とするもので、1) RC造による大スパン構造が可能、2) RC造の軽量化などの利点が考えられる。しかしながら、中央部のS造から端部のRC造への応力伝達には、鉄筋の鉄骨フランジとの溶接が行われているが、鉄筋と鉄板との溶接の問題と同時に、偏心による2次応力やそれに対する拘束といった問題点をもつといえる。それに対しては実験による安全性の確認がなされている事は勿論である。

#### 4. 建築のPCa化のための問題

以上、関連諸規準から、そして工法からみたPCa構造を述べたのであるが、一貫している事は、PCa造のRC造化の傾向である。確かに現在RC造の設計は、長い歴史の上に立った体系となっている。従って、PCa造を普及する手段としてRC造の設計体系に依存した形をとることはやむを得ないと言える。しかしながら、PCa造は本質的にRC造と異なる要素を持っている事も事

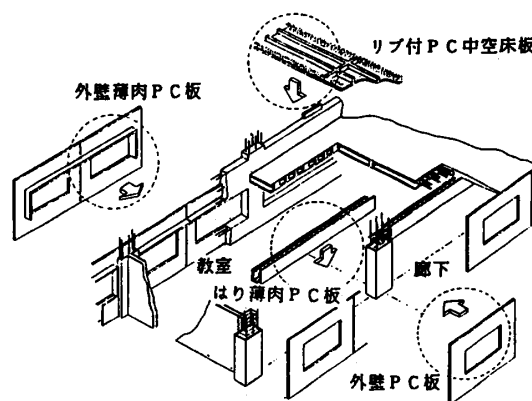


図-11 複合法概要図①

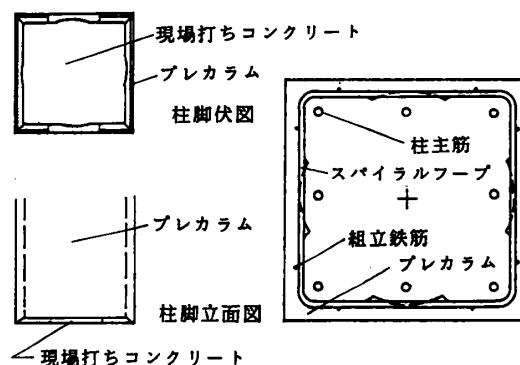


図-12 正方形PCa管の柱脚、断面詳細図②

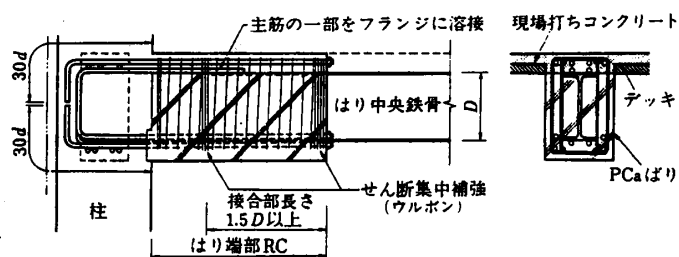


図-13 複合法り③

実である。ここでP C a造独自の設計法の確立を唱えることは簡単であるが、現実の問題としてそれは非常に困難である。例えば、P C a造の応力算定をするには、接合部の剛性評価が必要であるが、それすら現在確立するに至っていない。従ってP C a造の設計をR C造に依存しながらも、P C a造としてR C造に本質的に相いれない点を認識することが重要である。その点の認識が確立していない事が、P C a造の発展を阻害している一つの原因である。P C a造がもつR C造と異なる基本的特質は、不連続な(discrete)接合部を持つ事であり、そしてP C a造が守るべき利点は、P C a造の独特の工法であると思う。不連続な接合部は、ミクロにみれば、接合部では変位の適合条件は必ずしもとれない事である。また、P C a造の工法には、在来工法からみた場合、必ずしも構造上好ましくないものもあるが、P C a造の工法を在来工法で律する事はP C a造の存在を失う事につながるものである。

以上の観点から、現在P C a造のかかえる問題点をあげてみる。不連続な接合部からの点は、1) 摩擦によるせん断力の伝達、2) 敷モルタルを介した応力伝達、3) 強度の異なるコンクリートからなる合成部材、4) ミクロではなくマクロな一体性の観点などがある、P C a造特有の工法からの点は、1) 鉄筋の全数継手、2) 応力の小さくない箇所(例えば降伏ヒンジ形成箇所)での接合、3) 鉄筋同志または鉄筋と鋼板との溶接合、4) 接合部における接合筋のフープ筋による緊結、5) はり下ば筋の柱・梁接合部での交差定着、6) 小梁下ば筋の大梁内への定着、7) 連層耐力壁の壁パネルと側柱の鉛直接合部におけるコッタ筋、8) 床板または梁端のみ込代などがあげられる。

この事は、P C a造だけが安易な道を歩んでよいと言っているのではない。こうした点を主張するには、それに代わる方法を提示できなければ建築物の安全性は確保できない。P C a造がR C造のなかで発展するのにも、全く依存するのではなく、基本的なアイデンティティをもたないと、P C a造の健全な発展を望めないのではないかと思う。

## 5. おわりに

建築学会の本年度年次大会におけるP C a造関係の発表予定論文数は70題を越えている。3年前の20題内外、6年前の10題内外であった事を思うと、今日のP C a造に対する関心は驚く程である。この現象を、単なる人手不足によるP C a化としてでなく、健全なP C a造の発展に結びつける必要がある。そのためには、基本的にP C a構造の哲学がなくてはならない。さらに、P C a構造が構造デザインとして昇華してはじめて、P C a構造が建築に定着する事となるのではないかと思う。

## 参考文献

- [1]大成アプレハブ(株) : 高層壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造(6階~11階)設計・施工(PLC工法), BCJ-G1317, 1990, 2
- [2]フジタ工業 : FRPC工法建築構造設計要項: BCJ-構C124, 1984, 9
- [3]田中宏太郎, 吉野次彦, 織茂博文 : プレキャスト鉄筋コンクリートラーメン構造の開発研究(その4, 柱・はり接合部の加力実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), p 2617~2618, 1981, 9
- [4]岩田 浩, 杉山 誠, 江原 章, 堀内徳雄 : KHWR工法による共同住宅の設計と施工 -三郷ニュータウン16号棟新築工事の例- 間組技術年報, p 73~p 90, 1989
- [5]長 稔, 戸田哲雄, 仲地唯治, 望月 重 : 曲げ降伏型プレキャスト合成連層耐力壁における水平つなぎ筋の効果について, 日本建築学会構造系論文報告集, No. 420, p 9~18, 1991, 2
- [6]富永博夫, 山田利行, 後藤直道, 篠崎明夫 : PC+RCの学校建築部体工法, 建築技術, No. 406, p 75~83, 1985, 6
- [7]増田安彦, 吉岡研三, 脇坂達也 : 遠心成形プレキャストコンクリート部材の開発 -「プレカラム」の力学的諸性状について-, 大林組技術研究所報, No. 41, p 61~67, 1990, 8
- [8]瀬口建夫, 川端一三, 黒羽健嗣, 成原弘之, 佐々木晴夫 : 複合RC積層工法によるオフィスビル設計と施工, コンクリート工学, Vol 28, No 12, p 35~45, 1990, 12