

コンクリート構造物プレキャスト化の展望

Development Potential of the Precasting System for Concrete Structures

得能 達雄

Tatsuo TOKUNOU

川田建設(株)プレキャスト事業部技術部部長

Conventionally, concrete structures are built in-situ, which requires large numbers of skilled labor for steel reinforcement placement and erection of timber formwork. As skilled workers are aging and not replaced by younger hands, a shortage of labor is threatening not only the concrete but the construction sector as a whole. To resolve this problem, the most effective way is labor-saving through streamlining. Labor-saving in the concrete construction area is achieved by minimizing the erection and removal of formwork timbering. An effective means is to build structures using precast elements. This paper gives an outline of types of precasting systems, construction techniques and future outlook of concrete precasting.

Key words: non-timbering method, labor-saving construction, streamlined construction method

1. まえがき

コンクリート構造物を構築する際、外形寸法を決定するための型枠工、耐力を決定する引張材を配置する鉄筋工など熟練労働者による多くの手間が必要である。コンクリート構造物の品質は、これらの労働者の技量に負うことが大であるが、近年の熟練労働者の高齢化と若手労働者の建設業離れによる労働力不足は、ますます深刻な状況である。

一般の製造業に比べ生産性が低く、また、労働環境の整備が遅れている建設業において、労働集約型作業の代表とされるコンクリート構造物の施工の合理化と省力化

は、コンクリート構造物の品質と信頼性を確保するためにも、最も緊急に解決が求められる課題である。

コンクリートのプレキャスト化は、機械化施工とともに、合理化、省力化のための一つの対策であると考えられる。今後、プレキャスト部材は、製作方法の合理化を図ることによる生産性の向上、高品質化の実現に加え、時代のニーズにあった付加価値を製品にプラスすることで、さらに多方面に活用されてゆくことが予想される。

本文は、コンクリートのプレキャスト化の現状と今後の展望について、土木・建築両面にわたりその概要を報告するものである。

2. 土木・建築におけるプレキャスト化の背景

土木分野におけるプレキャスト(以下PCaと呼ぶ)化の目的は、産業、経済、社会の要求に応じて変化してきた。近年は建設業界を取り巻く環境として熟練労務者の不足と高齢化が深刻な状況下であり、これを解決するための方策として、コンクリート構造物のPCa化が提案および推進されている。さらにPCa化は、コンクリート構造物の品質の向上はもちろんのこと、現場工事における急速施工と省力化を図るための有効な手段としても期待されている。

土木分野におけるPCa化は、橋桁のような大型構造物から枕木のような小型部材まで多方面で用いられている。



写真1 建築におけるプレキャスト化の例

一方、建築分野では、当初は経済性を求めて主として壁式コンクリート構造を対象に発展してきたが、大量生産のための規格化が、クライアントの「他とは違うもの」といった要求と合わず、昭和47年ごろをピークにその後は低迷状況であった。

そして土木業界と同じく、最近の建築業界においても労働事情が切迫し、熟練労働者の不足対策は今後ますます重大な課題になると考えられている。

このような事態への対処として、施工の合理化による生産性の向上を図ること、特に鉄筋コンクリート造建築工事に関しては、構成部材のPCa化を図ることが最優先の課題であると考えられるようになり、メーカーをはじめ、ゼネコン等においてまで、PCa構造に関する研究が進められている。その結果として、各種のPCaシステムが開発され、建築センターの評定を取得している。

3. 土木分野におけるPCa化の現状

土木分野におけるPCa化の対象は、橋梁を代表とする公共的な構造物が大多数を占めており、官公庁や公園、電力、鉄道等の公共事業が主なる供給先となっている。

土木構造物は、デザインやファッションなど流行を追いかけて、比較的短期間のヒット商品を世に送り出す産業とは異なり、耐久性に対する要求が100年程度と長期的な供用を目的とするものである。その他にも経済性、安全性、機能性、環境保全、景観への配慮など社会的な要求を満たすことも重要な課題であり、加えて需要対象が限定されていることから、他の産業と比較して競争原理が働きにくいという一面もある（図1）。

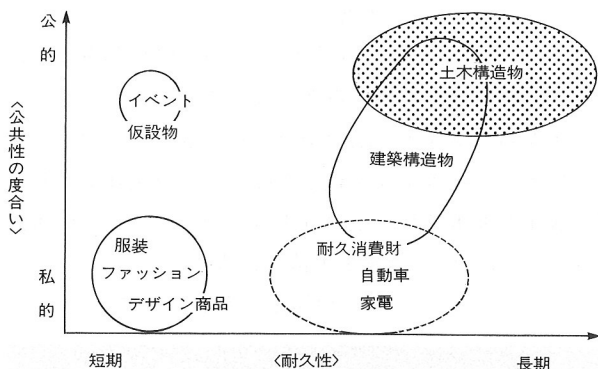


図1 製品の位置付け

過去には、土木構造物でPCa部材を使用する場合、多くはコスト優先で採用の可否が決定される傾向が強かった。また、部材の大型化・重量化がPCa化の難点でもあり、工期の短縮効果も公共事業の場合、プロジェクト全体での短縮でなければ評価されにくいことなどが現状である。

(1) PCa部材の適用範囲

一般にPCa部材は、コンクリートと他の使用材料との組み合わせにより、PC、RC、SRCなどに大別され、各々

が使用目的に適合して構造部材、または非構造部材として有効に利用されている。土木分野におけるPCa部材の製作は、製造設備の整った工場で製作する場合と、現場近くのヤードに製造設備を持ち込んで製作する場合に大別できる。ここでは、使用目的によりPCa部材を分類し、比較の実績の多いPCa部材で工場製作される部材を主として紹介する。

a) 橋梁構造物

橋梁構造物のPCa化は、PC橋梁の橋桁を中心として適用されてきたが、近年では長大橋のプレキャストセグメント工法へと発展してきている。さらに、省力化や工期の短縮などの要求から、鋼橋床版工事に於いてPCa化が積極的に検討され実施されている。一方で、合成構造、橋梁下部構造への適用が研究開発され、施工実績も増加しつつある。

橋梁構造物のPCa化を分類すれば図2に示すとおりである。

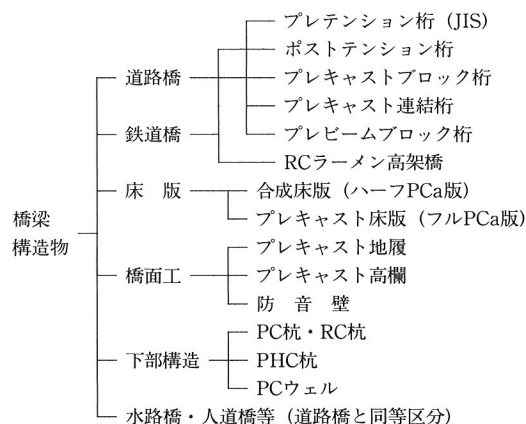


図2 橋梁構造物のプレキャスト化の分類

① プレテンション桁

プレテンション方式の橋桁には、床版橋と単純T桁橋がある。工場で製作されたPCa桁を架設地点に搬入し、架設後に桁間にコンクリートを打設した後、プレストレスを導入し橋梁を形成するものである。適用支間は、床版橋が5m～24m、T桁橋が18m～24mと適用範囲も広く、JIS規格により規定されている。

② ポストテンションブロック桁

一般にポストテンション単純T桁橋は、現場近くのヤードでポストテンション方式により製作した橋桁を用いるが、適当なヤードが確保できない場合や径間数が少ない場合等には、工場でPC桁を3ないし5ブロックに分割して製作し、架設地点に搬入した後、プレストレスを導入して接合一体化したブロック桁を用いる。

③ プレキャスト連結桁

プレキャスト連結桁橋は、工場で製作された複数本のプレテンション桁をまず単純桁の形で架設し、その後、

中間支点でそれぞれの桁を鉄筋を用い場所打ちコンクリートにより連結して連結桁とする工法である（図3）。

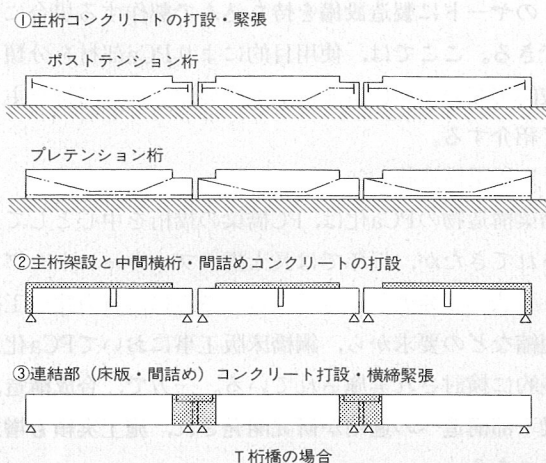
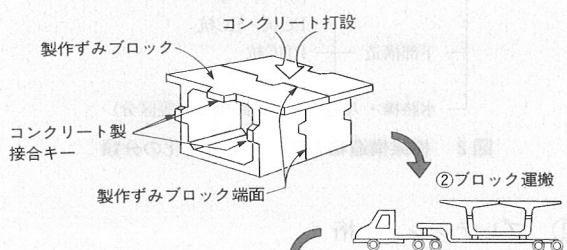


図3 プレキャスト連結桁施工手順

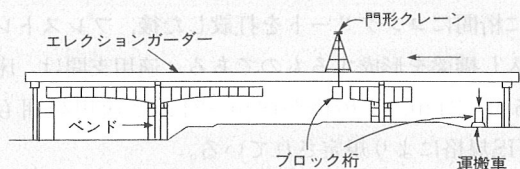
④ プレキャストセグメント工法

プレキャストセグメント工法は、長支間の連続桁または連続ラーメン橋をあらかじめ輪切り分割して、工場または現地作業ヤードで製作し、これを架設地点に搬入し、架設機械を介して仮支持し、プレストレスを導入して一体化するものである（図4）。

①プレキャストブロック桁の製作（工場または製作ヤード）



③ブロック取卸し、桁架設（接合、架設ケーブル緊張） （エレクションガーターによる張出しの架設の例）



④スパンケーブル、連続ケーブル緊張

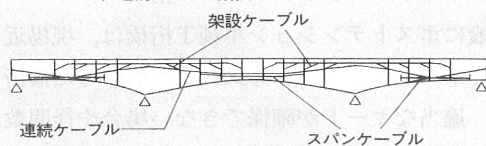


図4 プレキャストセグメント工法による施工手順

⑤ プレベームブロック桁

プレベーム桁は、図5に示す手順で、鋼桁の曲げ剛性を利用して、鋼桁の下フランジを巻き立てたコンクリートにプレストレスを導入し、ウェブをコンクリートで覆

い、架設後に鉄筋コンクリート床版と合成したものである。

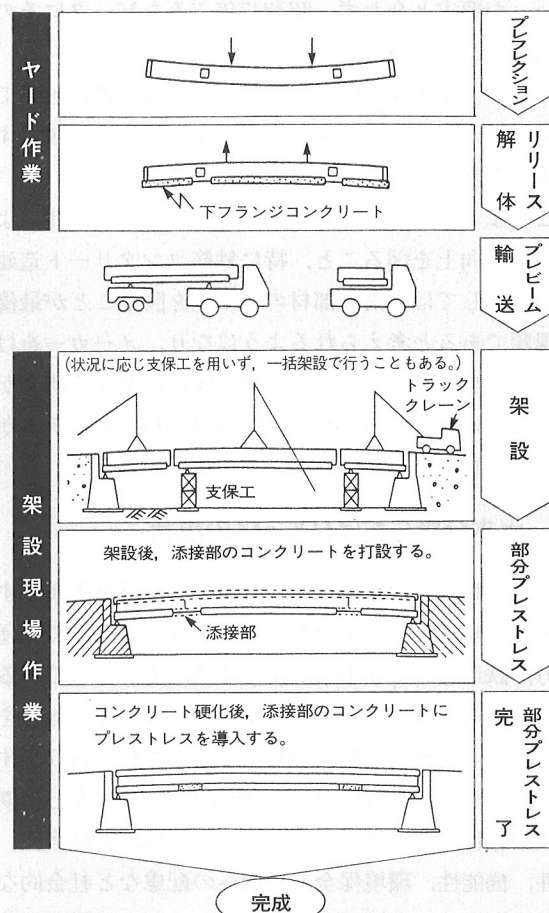


図5 プレベームブロック桁施工手順

⑥ RCラーメン高架橋

RCラーメン高架橋は、経済性等の面で優れた構造形式として、鉄道橋を主体に数多く施工されてきた。施工には従来から全支保工工法が用いられてきたが、近年、直上高架橋、近接施工等の施工条件により急速施工、無支保工施工が要求され、その解決方法の一つとしてPCa化が進められ、2、3の施工実績もある。

図6にRCラーメン橋のPCa化の模型を示す。

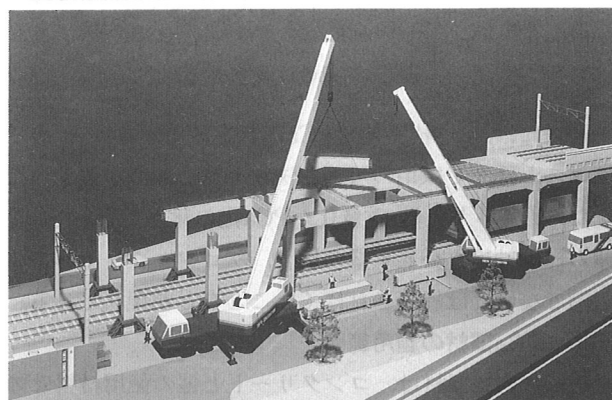


図6 RCラーメン橋のプレキャスト化模型

b) 道路防災施設

道路防災施設は、自動車や歩行者を自然災害から守るための施設として、山間部に数多く設置されている施設である。ロックシェッド、スノーシェッドがその代表的なものである。図7に防災施設の種類を示す。

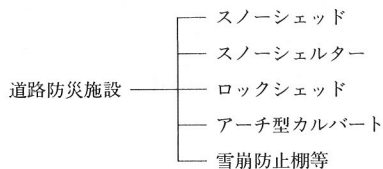


図7 道路防災施設プレキャスト化の種類

c) 海岸構造物

海岸構造物は、臨海環境において要求される耐久性や作業性、急速施工性を考慮するとPCa化が一層有効であることから、基本的にはPCa工法で建設されている（表1）。

表1 海岸構造物プレキャスト化の種類

港湾施設	防波堤，護岸，栈橋
交通施設	(浮き橋梁)，沈没トンネル，空港舗装
作業施設	ドライドック，バージ，ポンツーン
エネルギー施設	石油生産貯油基地，洋上発電
生活，レジャー施設	廃棄処理施設，海上都市，レクリエーション施設

d) 地下構造物

地下構造物におけるPCa化は、古くはRC基礎杭に始まり、近年は共同溝等広い範囲に適用されている（図8）。

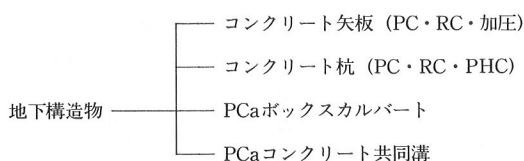


図8 地下構造物プレキャスト化の種類

e) その他の構造物

PCa化が進んでいるコンクリート構造物として、前記以外の製品としては、PCタンク、PCプレキャスト版舗装、シールドセグメント、ヒューム管、枕木、電柱、造園用製品など数多くの製品が実用化されている。

4. 建築分野におけるPCa化の現状

建築分野におけるPCa化は、工場製作による高品質化、現場における建方工法の開発および、各種構造部材との接合技術の研究開発と組み合わせられて複合工法として認識を得られるようになった。

(1) PCaコンクリート構造形式

現在建築分野で用いられているPCa工法の構造形式は、大別して図9に示す4種類に分けられる。その中で特に汎用性が高いと思われる架構式PCa工法においては、部材の形状からさらに細分化される。

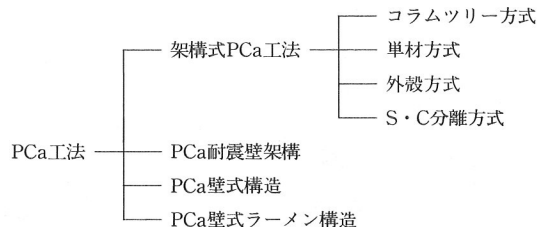


図9 構造形式によるプレキャスト化の種類

a) コラムツリー（Column tree）方式

この方式は、部材の分割方法に特徴があり、応力の小さい所で分割接合する方法で、柱および梁部材を有する大型2次元・3次元部材となる。PCa部材の形状から図10に示すような名称が付けられている。

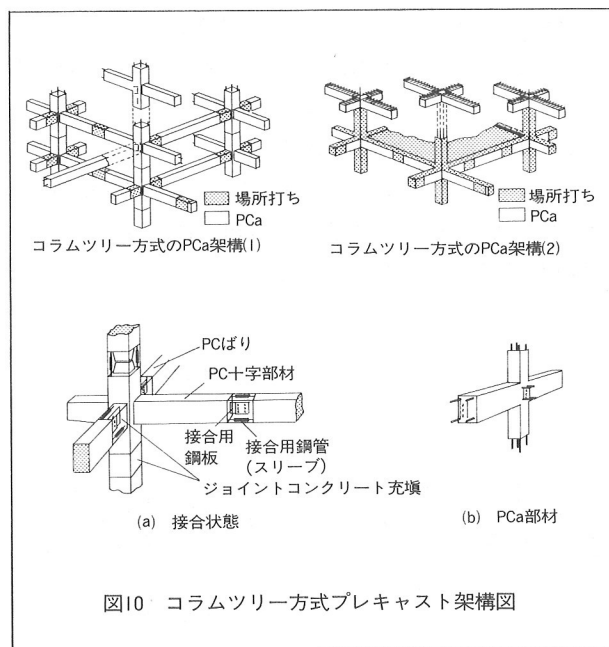


図10 コラムツリー方式プレキャスト架構図

b) 単材方式

この方式は、柱、梁、床といった構成要素ごとにそれぞれ分割し、単材でPCa化するので、各構成要素の接合部分を現場で後打ちコンクリートにて一体化するものである。この工法は、製作、運搬、建方等施工管理面では優れているが、設計応力の大きい箇所で接合することになり、開発に当たっては、接合部の性能を確認するための構造実験等が実施されている。

図11に工法の概念図および柱と梁の接合部の例を示す。

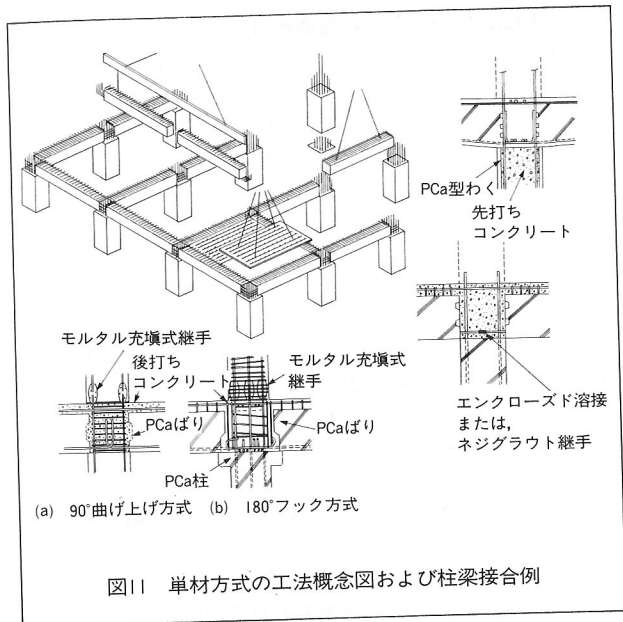


図11 単材方式の工法概念図および柱梁接合例

c) 外殻方式

この方式は、ハーフPCaやフルPCaによる単材方式が困難な場合に適用されている。形状は□型、U型の3~7cm程度の厚さを有する型枠兼用PCa部材を用いて骨組みを構築し、現場において所要の配筋を行い、コンクリートを充填して一体化するものである。この工法の最大の利点は、部材が軽量であり作業性が優れていることである。PCa部材を型枠に限定したものと、構造部材として見込むものがあり、フープ筋、スターラップが、PCa部分に取り込まれているか否かで分類されている。

図12に外殻方式の概念図を示す。

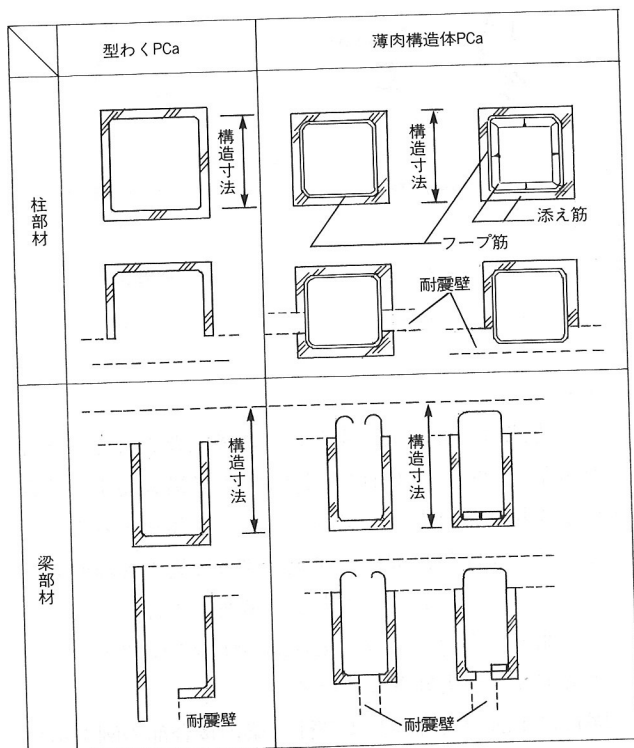


図12 外殻方式概念図

d) S・C (主筋・PCa) 分離方式

この方式は、基本は単材方式であるが、梁および柱の軸方向主筋が部材端より突出しない方法で、主筋をPCa部材にあらかじめ配置されたシースまたはスリーブ内に建方完了後に挿入し、グラウトすることによって一体化を図る方式である。接合方法は、プレストレス圧着工法と似ているため、プレストレスとの組み合わせによりさらに改善の可能性が残されている (図13)。

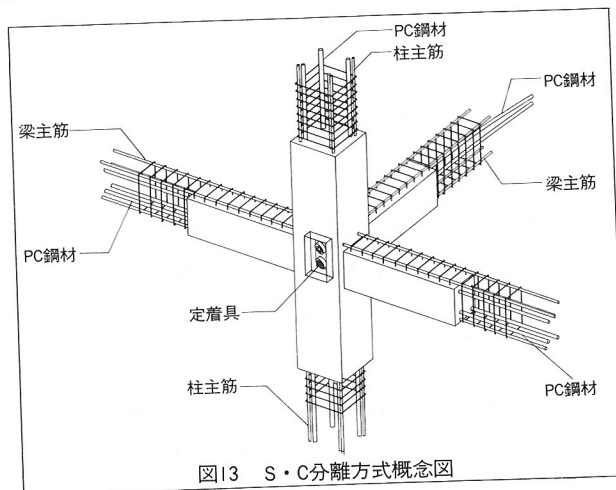


図13 S・C分離方式概念図

e) PCa耐震壁架構

ほとんどのラーメン構造の中に連層耐震壁が存在するが、その構築方法としては、柱梁周囲のフレームをPCa化し、壁を後打ちするもの、梁と壁を一体のPCa化とし、接合区間を一部後打ちしたものなどハーフPCa化されているものがほとんどである。フルPCa化の例としては、中高層建築の発達によりフルPCa耐震壁架構がロングスパン梁HPC工法に伴い開発されている。

図14に耐震壁架構の概念図を示す。

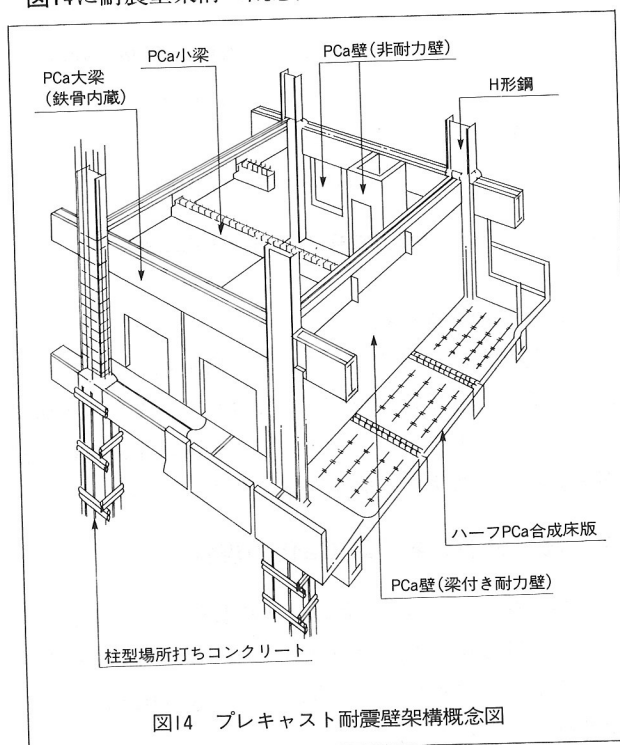


図14 プレキャスト耐震壁架構概念図

(2) 構造要素部材のPCa化

構造要素にPCa部材を使用した各種構造物においても使用状態、終局状態で、在来一体打ち工法と同様の性能を確保することが必要である。構造要素部材は、床、柱、梁、耐震壁とに分けられる。

a) 床部材

床部材はその種類も多く、対応スパン、仕上げ面形状から平板、ボイドスラブ、リブスラブと幅広い選択が可能である(図15)。

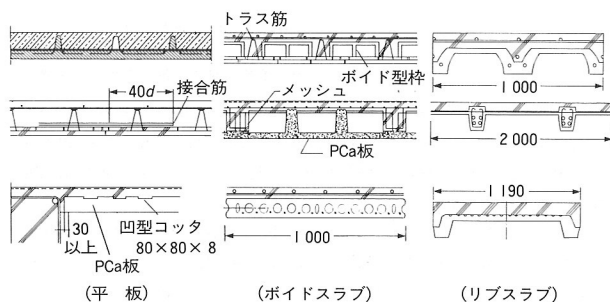


図15 プレキャスト床スラブの種類

b) 梁部材

梁部材は、スラブ部分を後打ちとしたハーフPCa梁が大半を占めている。基本的部材寸法は在来工法の梁と同程度であるが、架設時応力、接合部での配筋スペースを確保する必要から、多少の寸法調整するケースが多い。ハーフPCaの梁では、仕上部で接合用ガセットプレートや、コンクリートコッターを設けるか、下端アンカー筋を無くするなど、在来工法と異なる考え方を採用している場合もある。中高層建築では、プレストレストコンクリートとしてノンサポート形式を用いる場合も多い。ハーフPCa梁部材の仕上げ形状を図16に示す。

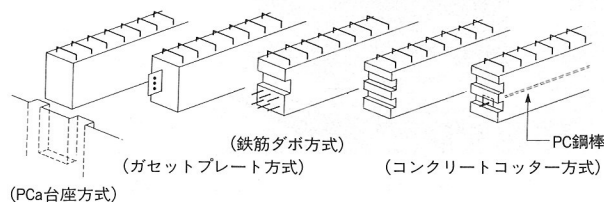


図16 プレキャスト梁部材の仕上げ形状

c) 柱部材

フルPCa部材は、現場合理化に与える効果は大きいが高層RC構造の場合、在来工法においても型枠の転用が多くなることから、経済的には相当度に優位になり必ずしもPCa化が得策とはならない。現在、高強度コンクリートを使用したS・C分離方式、外殻PCa柱等が多く採用されている。

(3) 非構造部材のPCa化

非構造部材のPCa化は、間仕切壁、階段、カーテンウォール、かさ木などにPCa化が進められてきた。プレキャストカーテンウォール(PCCW)は、高層ビルの外壁に採用され、仕上げはタイルや石材等の高級感ある材料との組み合わせによるものが主流となっている。

5. 今後の展望

土木分野におけるPCa化は、わが国が地震国であることから、接合部を極力、一体打ちコンクリートに類似させることを理想とされてきた。それゆえ、PCa化の開発に当たっては、施工性、経済性のある程度犠牲にせざるを得ず、なかなか採用となるには至らなかったのが現状であった。

今後、PCa化を推進するには、プレキャスト部材の弱点である接合構造について設計、施工の両面から技術開発を進めなければならない。

一方、建築分野においても、これまで「在来工法をPCa化する」という方向で努力されてきたが、今後は、在来工法では難しいものをPCa工法の特徴を生かして実現するような視点の変換が必要とされる。また、PC鋼材、新素材を用いたPC工法の導入などの推進も望まれる。

6. あとがき

今回、多くの構造物に被害をもたらした兵庫県南部地震の調査結果において、幸いにもPCaコンクリート構造物の中破以上の被害例の報告はない。

一方、急速施工の可能なPCa工法は、構造物の震災からの早期復興の主役として注目されつつある。

このような要求に応えるためにわれわれの生活基盤を構成する大規模な構造物をPCa化する場合、どのような部材をどのようにPCa化すべきか、打ち込み型枠や大規模セグメントまでを視野に入れ、早急に対応しなければならない。また、PCa化を推進するために無視することのできない標準化と最終製品に求められる構造の多様化をどのように両立させるかが重要かつ困難な課題である。

21世紀を迎えるにあたり、より充実した質のよい社会資本を形成し、生活大国の実現を目指し、より進んだ技術の開発を推進するには、構造技術者と施工技術者が一丸となりPCaコンクリート構造のさらなる発展に努力してゆくことが必要である。

参考文献

- 1) プレキャスト化の現状と将来, コンクリート工学, 1992.11.
- 2) コンクリートのPCa化手法の実際, 建築技術, 1995. 5.
- 3) 構造部材の市場流通化手法に関するオープンディスカッション資料, 日本コンクリート工学協会, 1994. 5.