

超早強・超高強度コンクリートを利用したプレキャスト・プレストレストコンクリート(PCaPC)梁の適用とさらなる開発

小室 努・是永 健好・甲斐 隆夫

建築構造架構の長スパン化においては、鉄骨造のみでなく、鉄骨造と鉄筋コンクリート造の長所を取り入れた複合構造やプレストレストコンクリート造が、多くの場合で求められている。これらの架構形式は、さまざまな要求性能や経済性・施工性を考慮し、改善・改良され、進化している技術である。ここでは、プレキャスト化を用いたプレストレストコンクリート梁の開発・適用の取り組みについて紹介する。

キーワード：プレストレストコンクリート、高強度コンクリート、プレキャスト、長スパン、複合構造

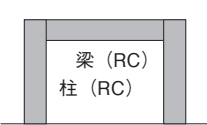



1. 背景

建築構造物の架構形式は、敷地条件、建設場所、建物用途、建物の高さ、スパン長、積載荷重、工期、経済性、振動・遮音性能、などを総合的に勘案して決められる。建物用途とスパン長の関係を見ると、集合住宅の場合スパン長は6～10m程度、商業建築の場合8～12m程度、事務所の場合12～20m程度の要求が多く、設計時には、これらのスパン長に応じた架構形式を、建物用途に応じて検討する。通常では、スパン長が8m以下であれば、鉄筋コンクリート(RC)造が主体となり、8mを超える場合、鉄骨(S)造の検討を行う。しかし、近年の集合住宅では、間取りの自由性のために12mクラスのスパンが必要とされる

場合があるが、振動低減や遮音性能のため剛性の高いRC造である必要がある。この場合、コンクリートにあらかじめ圧縮力を導入したプレストレストコンクリート(PC)造の適用を検討する¹⁾。また、長スパンを有する事務所建築の場合でも、鉄骨造のみの検討でなく、鉄骨の一部をRC造に置き換えた複合構造を連続的に考えて、経済性を追求する場合もある²⁾。架構形式の特徴を表—1に示す。

表—1に示す項目以外にも、コスト性が重要な要素である。この場合、材料自体の価格が基本となってくるが、鋼材価格は世界の経済状況の影響を受けやすく、近年変動が激しく、高騰時には建設費に大きく影響を及ぼす。鋼材比率の高い鉄骨造の場合、鋼材の価格高騰や調達難の影響を直接受け、建設費や工期に支障

表—1 架構形式の特徴

	鉄筋コンクリート(RC)造	プレストレストコンクリート(PC)造	複合構造	鉄骨(S)造
架構形式	 鉄筋とコンクリートによる架構	 RC造の梁に高強度鋼材を使用	 柱をRC造、梁をS造	 柱および梁をS造
スパン	長スパンに対応できない(通常8m程度)	長スパンに対応可能(12～20m程度)	長スパンに対応可能(12～20m程度)	長スパンに対応可能(12～20m程度)
特徴	振動や音などに対する居住性に優れている			他工法と比較すると短工期
		梁に大きな開口が開けられない	柱と梁の交差部に特殊加工が必要	
主な用途	集合住宅	学校・病院・文化施設	事務所・研究施設	事務所・研究施設

を及ぼす場合もある。プレストレストコンクリート造や複合構造は、鉄筋コンクリート造と鉄骨造の中間に位置するもので、さまざまな状況下の中で、柔軟に選択肢を広げることができる。

このような背景のもと、本報告は、プレストレストコンクリート造で長スパン化を目指した、プレキャスト・プレストレストコンクリート構造(PCaPC)梁の技術の紹介で、緊張材に高強度鉄筋を使用し、高強度コンクリートを使用することで、部材の軽量化を図った技術である。

2. PCaPC 梁の適用

(1) 18 m スパンへの適用

高強度材料を使用し、高い応力レベルのプレストレス力を利用して、PCaPC 梁の断面寸法を小さくした適用例を示す。18.6 m のスパンを、単純小梁で掛け渡す架構である³⁾。図-1 に梁の概要を示す。

設計基準強度 70 N/mm^2 のコンクリートおよび緊張材として USD685 高強度異形鉄筋を使用することで、断面を $300 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}$ としている。従来のプレストレストコンクリート梁では緊張材に PC 鋼材を使用するが、鋼材間隔の確保や別途軸方向に配置する普通鉄筋の存在により、梁断面の縮小化に限界がでてくる。これに対し、高強度軸方向鉄筋を使用して、これ自体を緊張材とすることで、余分な軸方向鋼材が不要となり、かつ十分下方な有効な位置に緊張力を与えることができることが特徴である。運搬および揚重計

画から、18.69 m のスパンのうち中央部 14.8 m 部分で、スラブ下面より下方部分をプレキャスト化するハーフ PCaPC 梁として軽量化を計った。また、効率的に PCaPC 梁製作が可能で、定着具やグラウト工事が不要となるプレテンション構法が採用された。

写真-1 に本梁が用いられた建物の内観を示す。梁同士の間隔を 1.95 m とピッチを細かくし、梁断面を小さくすることで、デザイン上繊細かつ軽快に表現することが可能となった。



写真-1 建物内観

(2) 22 m スパンへの適用

適用建物は、地上 21 階述べ床面積 $95,000 \text{ m}^2$ の事務所建築である。平面計画は、長辺方向(桁行) 80.4 m 、短辺方向(スパン) 54.8 m であり、短辺方向のスパン 22.8 m に PCaPC 梁を採用した(図-2, 3)⁴⁾。PCaPC 梁は、幅 $290 \text{ mm} \times$ せい $1,000 \text{ mm}$ を 2 台平行

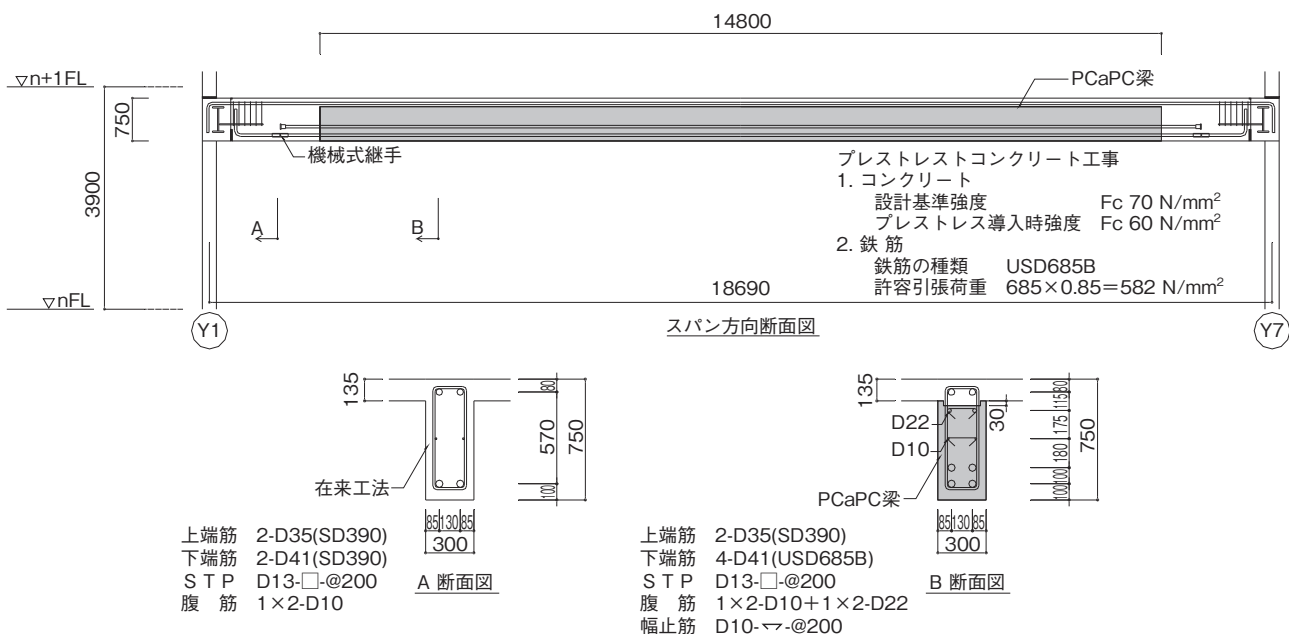


図-1 PCaPC 梁の適用

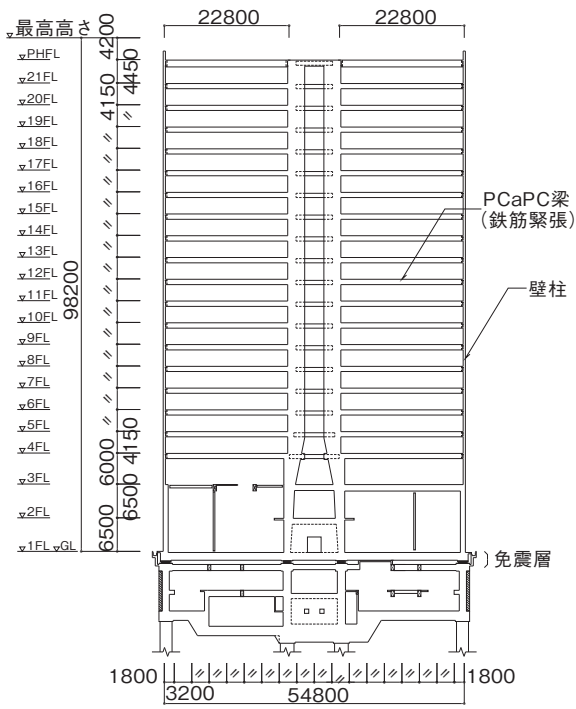


図-2 構造軸組図

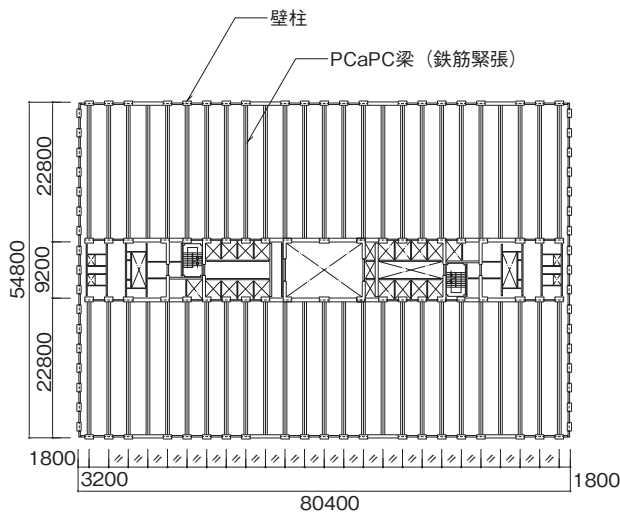


図-3 構造伏図

に配置して、PCa 壁柱ととりあう両端部 2.6 m を現場打ちコンクリートにて一体化する架構形式である。大型の設備スリーブ (400Φ) を梁中央部に連続的に設けていることが特徴である。このスリーブは、梁自重の低減・スリーブ対応が可能となり、これまでの PC 構造の短所を改善した形式である (図-4)。

タワークレーン設置計画を図-5 および写真-2 に示す。フロアーに 100 本の PCaPC 梁があるが、2 工区に分割し、タワークレーン 2 機で、1 フロアーを 7 日サイクルで施工した。

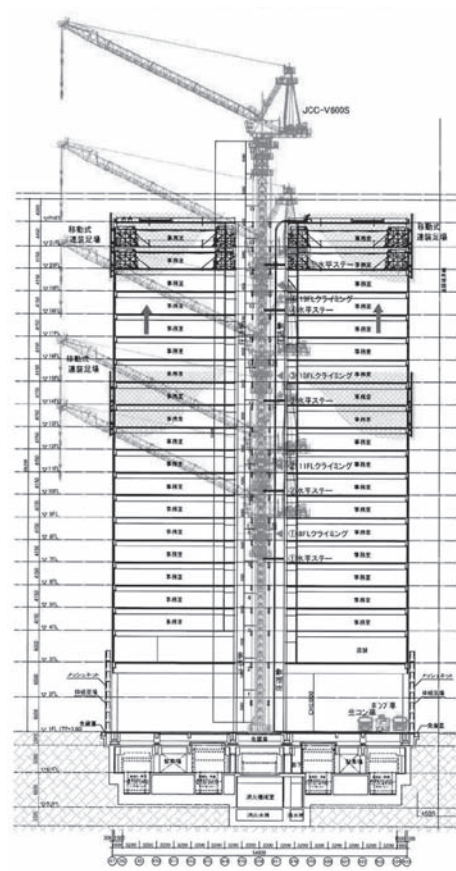


図-5 タワークレーン設置図

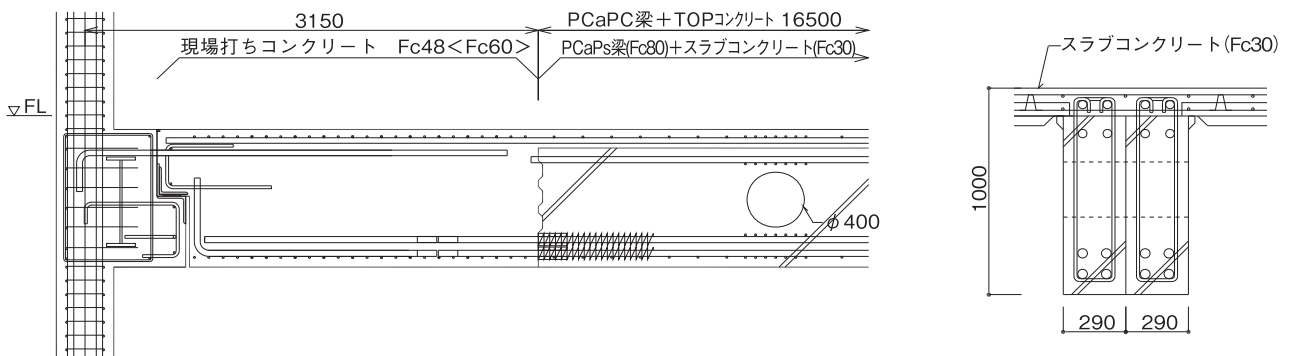


図-4 梁詳細図

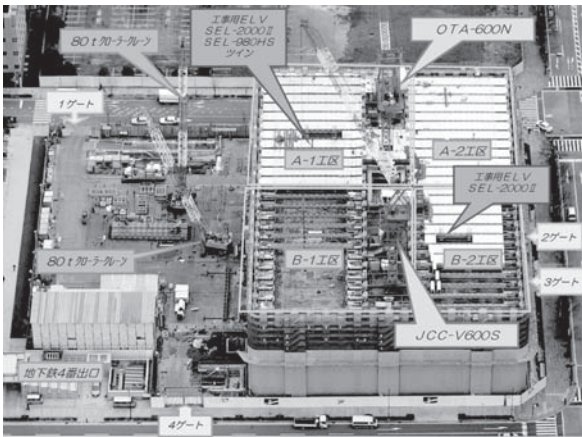


写真-2 仮設計画

に示すように一般のPC梁と比較して梁重量を約30%にまで低減することを可能としている。また、高強度の材料を使用することで使用材数量を少なくすることができ、結果として、梁製造過程でのCO₂の排出量が、通常の鉄骨造と比較して40～50%に低減できていることも大きな特徴である。

本構造は、実大製造・実大構造実験・耐火性能実験を行い、製造性・構造性能・火災時安全性の検証をし、実用化可能な段階となっている(写真-3, 4)。本PCaPC梁を系統的に利用することで、図-8に示すように50mクラスの大空間架構の実現も可能と考えている。

3. 更なる軽量化の取り組み T-POP

梁断面の極小化を追求し、製造の合理化を目指した、PCaPC梁(T-POP)の開発を紹介する。図-6に梁のイメージ図を示す。重量の低減をさらに図り、経済性を追求したPCaPC梁である。特徴は、①多数の梁開口、②I型の断面形状である。断面を極限までに小さくするため、設計基準強度130N/mm²のコンクリートの採用を計画し、さらに、プレキャスト工場での製造サイクル工程を最短の1日とすることを目標に、圧縮強度100N/mm²発現を16時間とした超早強・超高強度のコンクリートを開発し、適用している。

このようにして、断面を最小化することで、図-7



写真-3 製造状況

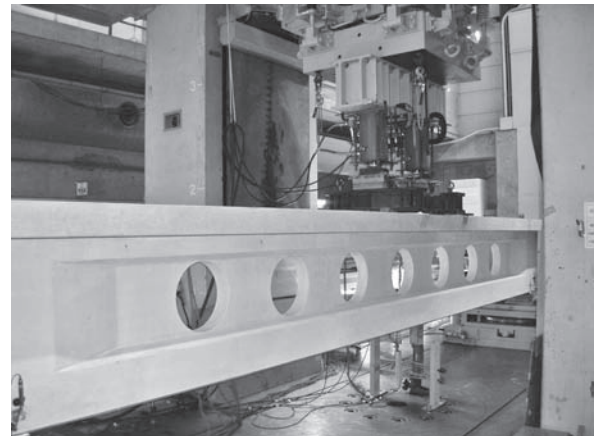


写真-4 構造実験状況

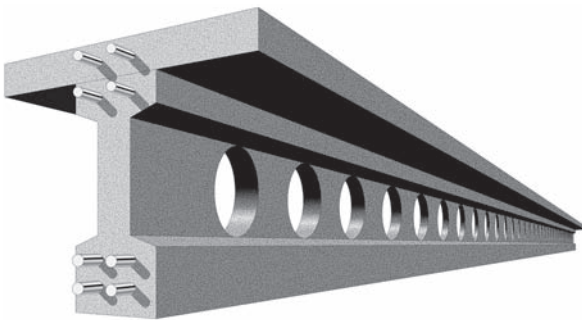


図-6 超軽量のプレキャスト梁システム
(Taisei Precast Optimized beam with Prestress : T-POP)

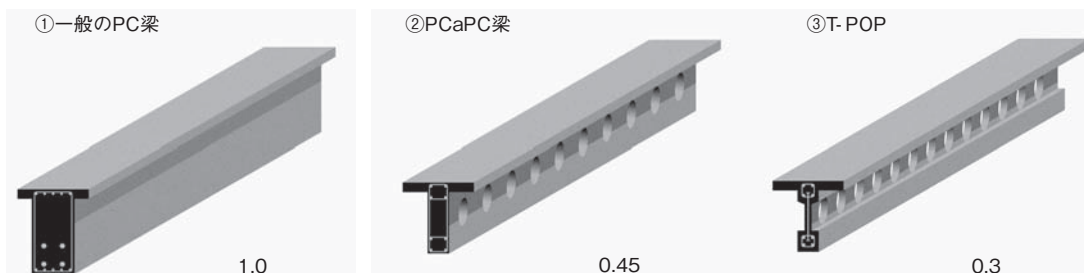
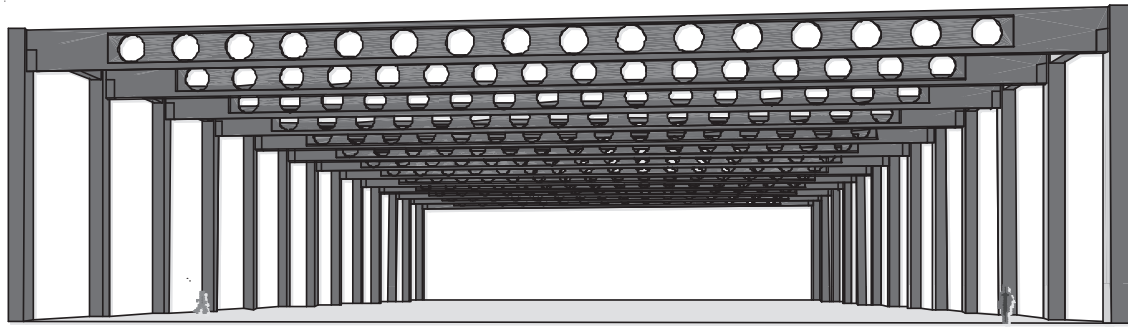


図-7 梁重量の比較



図一八 大空間架構に適用した場合

4. おわりに

建築物の設計および施工においては、社会ニーズである多様な機能を満たすと同時に、適切な価格・工期で提供することがさらに重要となってくる。また、環境への配慮から、CO₂の排出低減や建設騒音の低減が求められる。これらの多くの要求に答える取り組みのひとつが、「PCa化を取り入れたRC造の長スパン化」であり、今回紹介したPCaPC梁の開発もその一技術である。著者らはPCaPC梁の適用拡大を追求して、実施適用をさらに進めていく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 竹崎真一 他：プレテンション方式PCaPC大梁の適用拡大, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国) 構造IV, pp923 ~ 924, 2008.9
- 2) 甲斐隆夫 他：RC造における長スパン化への取り組みと今後の展開, 建築技術 No.720, pp.56 ~ 63, 2010.1
- 3) 小室努 他：制振システムを取り入れた事務所建築の設計および施工, コンクリート工学 Vol.44, No.10, pp.36 ~ 41, 2006.10
- 4) 有山伸之 他：エネルギー吸収集約型制振システムの開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) 構造II, pp.479 ~ 480, 2009.8

【筆者紹介】

小室 努 (こむろ つとむ)
大成建設㈱
設計本部
構造グループ

是永 健好 (これなが たけよし)
大成建設㈱
技術センター 建築技術研究所
建築構工法研究室

甲斐 隆夫 (かい たかお)
大成建設㈱
建築本部技術部 建築技術部