

PC技術の建築分野への展開と その可能性

プレストレストコンクリート技術協会

大野義照

(大阪大学名誉教授)

1.PC構造の原理と歴史

PCの原理

コンクリート

圧縮には強いが引張には弱い ⇒ ⇒ ひび割れ発生

⇒ 鉄筋コンクリート

引張側を鉄筋で補強
スパンの制限

⇒ プレストレストコンクリート

予め圧縮応力を与えて引張応力を打ち消す
大スパン可能

緊張材(Tendon): 高強度より線(PC Strand), 高強度棒鋼
(PC Bar)

PC の原理は20世紀初頭に確立 実用化には至らず

理由:コンクリートのクリープ・乾燥収縮によって
プレストレス力が喪失

例:コンクリートの収縮0.1% ($=100 \times 10^{-6}$)

鋼材応力の減少: $0.001 \times 2.0 \times 10^5 = 200 \text{N/mm}^2$

初期鋼材応力 $200 \text{N/mm}^2 \rightarrow$ 鋼材応力 $0 \text{N/mm}^2 \quad \times$

初期鋼材応力 $1000 \text{N/mm}^2 \rightarrow$ 鋼材応力 $800 \text{N/mm}^2 \quad \bigcirc$

高強度鋼材等の開発によって実用化
フレシネ-(仏)の貢献大

わが国におけるPCの歴史

昭和16年：運輸省鉄道研究所

(1941) 福井大学吉田宏彦教授

昭和21年：商工省鉱山局鋼弦コンクリート小委員会

昭和26年：小松市市庁舎床板(PC・建築・第一号)

長生橋(プレテンション橋)

昭和29年：PC設計施工指針(土木学会)

昭和32年：南淡町庁舎(重層不静定建築)

昭和35年：建設省告示223号

昭和36年：PC設計施工規準(日本建築学会)

(1961)

PC構造の発展

1) PRC構造 「1986年建築学会PRC指針」 RCとPCの中間に位置 プレストレスのレベルでひび割れ幅を制御

2) アンボンドPC構造

「2007年6月PC造建物に関する建設省告示1320号改正」

防錆・可動性の確保のためシース内にグリース注入

3) 後硬化型アンボンドPC構造

グリースの代わりにエポキシ樹脂を塗布したプレグラウトPC鋼材を使用

4) PC技術を用いた建築物の耐震改修

圧着工法、引張材にプレストレス導入、高強度PC鋼材

日本におけるPC建築の歴史

日本におけるPC建築の歴史

年次	PC建築物	PC技術・法令・規準等
1932(昭7)		・フレシネーが日本でPCの基本特許取得
1951(昭26)	・小松市市庁舎地下室床版(PCの建築物適用,国内第一号)	
	・長生橋(プレテンション橋)	
1954(昭29)	・浜松町駅上屋(プレキャストPC建築の国内第一号)	・プレストレストコンクリート設計施工指針(土木学会)
1957(昭32)	・南淡町庁舎(重層不静定建築の国内第一号)	・B.B.R.V工法(スイス)導入
1958(昭33)	・新宿信号所(プレキャストPC造)	
1960(昭35)		・建設省告示223号
1961(昭36)		・プレストレストコンクリート設計施工規準(建築学会)
1973(昭48)	・郵政省大阪倉庫(国内初のPCフラットスラブ構造)	・建設省告示949号
1975(昭50)		・プレストレストコンクリート設計施工規準(建築学会) の大改定(アンボンド工法の導入)
1979(昭54)	・福岡歯科大学(PC高層建築)	
1980(昭55)	・近畿郵政局資材部倉庫(アンボンドPCケーブル使用)	・新耐震設計法施行
1981(昭56)		・建設省告示1320号
1983(昭58)		・プレストレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種PC)構造設計 施工指針(建築学会)
1986(昭61)		・プレストレストコンクリート合成床版設計施工規準 (建築学会)
1994(平6)		・建設省告示1320号改正
2007(平19)		

PC構造の特徴

- ひび割れ耐力を高め、常時荷重下ではひび割れの発生を防ぎ、耐久性を高める。たわみも小さくできる。 **ひび割れ・たわみ制御**
- 超過荷重によってひび割れが生じてもその荷重がなくなればひび割れは閉じ、たわみも回復する。 **復元性**
- 全断面を利用できることから部材断面を小さくできる。 **大スパン**
- 高強度のコンクリートおよび **高強度鋼材を有効**に利用できる。
- ポストテンション方式では、プレキャスト部材を圧着によって一体化することができる。 **圧着工法**

- **PCは試験済みの構造**ともいわれる。プレストレスング中に鋼材とコンクリートは非常に高い応力を受け、その後はその応力は減少していく。ただし、地震時を除く。
- 高強度である**PC 鋼材は熱影響に敏感**であるため耐火性について注意する。かぶり厚さを大きくする。腐食についても同様。
- RCに比べ、**応力の検討を行う段階が多い**。プレストレス導入時、長期荷重時、短期荷重時。
- **荷重の大きさ、荷重の方向に敏感**であるため、設計、施工（製作、運搬、架設）において配慮が必要。

これからのPC建築

- プレキャストプレストレストコンクリートPCaPC
- 耐震補強
- 事務所建築へのPC 技術の利用
- 小規模建築へのPC 技術の利用
- PCaPC合成床工法
- 免震工法との併用
- アンボンド工法
- 高強度化
- 損傷制御設計
- 環境への対応

免震工法の併用

PC構造と免震システムの組み合わせによる構造的な利点

- 1)PC架構は、比較的、大スパンで計画されることから免震装置に重量を集中させやすい。
- 2)PC構造は極めて復元性が高く、大地震動を受け架構の変形が進行しても架構の残留変形および剛性低下が殆ど起きない。
- 3)PC構造の弱点である架構の履歴エネルギーの消費が小さく、地震応答変形が大きくなる特性を免震システムで十分に補完できる。
- 4)PCaPC架構は高品質で極めて耐久性に富み、施工の省力化が可能な環境に優しい構法である、等。

PCaPC工法と免震構造の組合せによる利点

■資産価値の向上

地震力の低減と損傷抑制
ひび割れ制御と高復元性

■免震効果の向上

大スパンによる軸力の集約
弾性範囲の増大

■平面計画の自由度の向上

大スパンの無柱空間の実現

■品質・耐久性の向上

品質管理された工場での製作
高強度コンクリートの使用

■生産性の向上・工期短縮

■環境への配慮

南洋材の使用の削減
仮設材・廃材の低減
工事用車両数の抑制

• 用途

無損傷の建物：**重要度の高い建物**

各種機器が無損傷：**病院・情報センター**

シマノ本社ビルウエストウイング

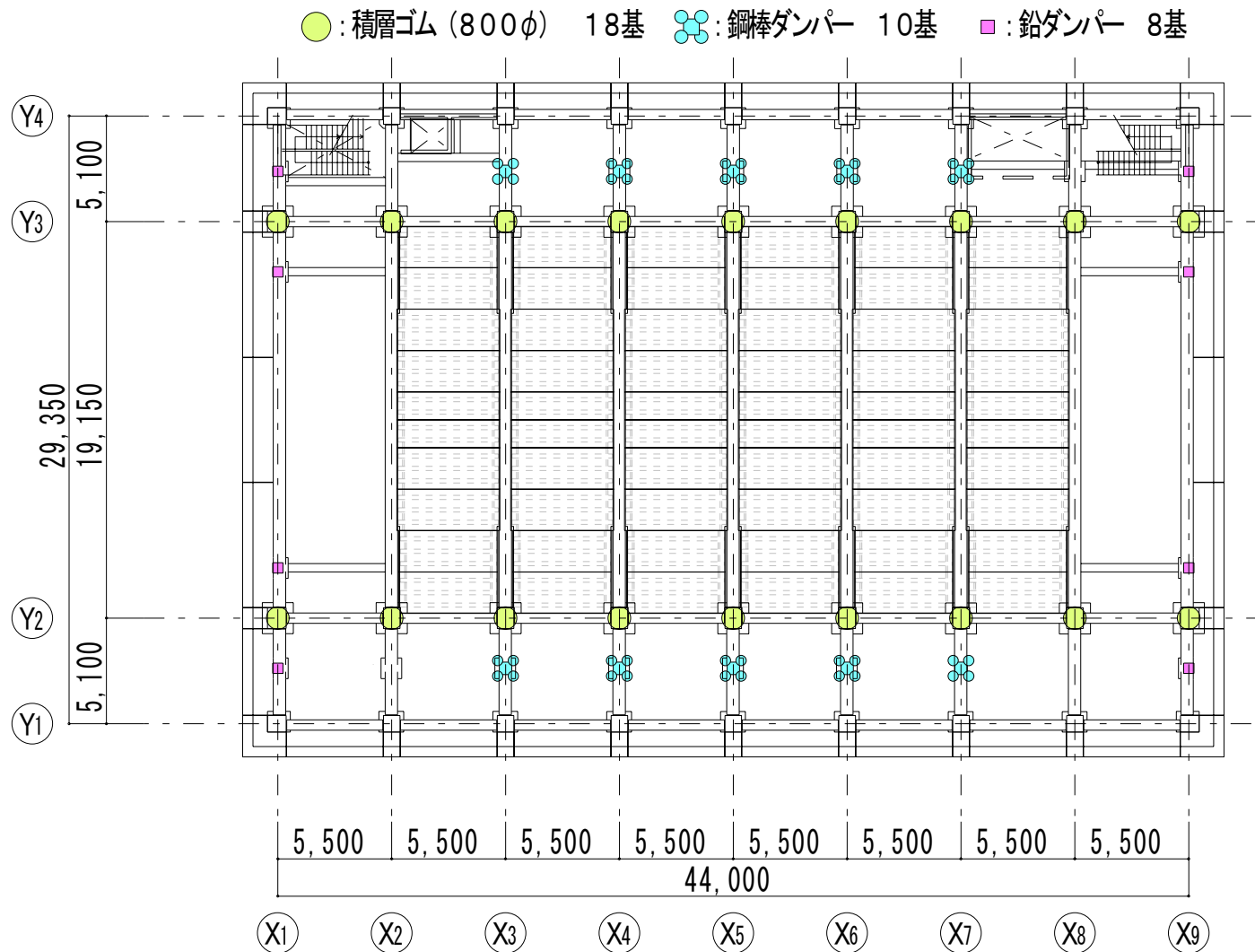


図1 1階伏図・免震装置配置



写真1 免震装置部

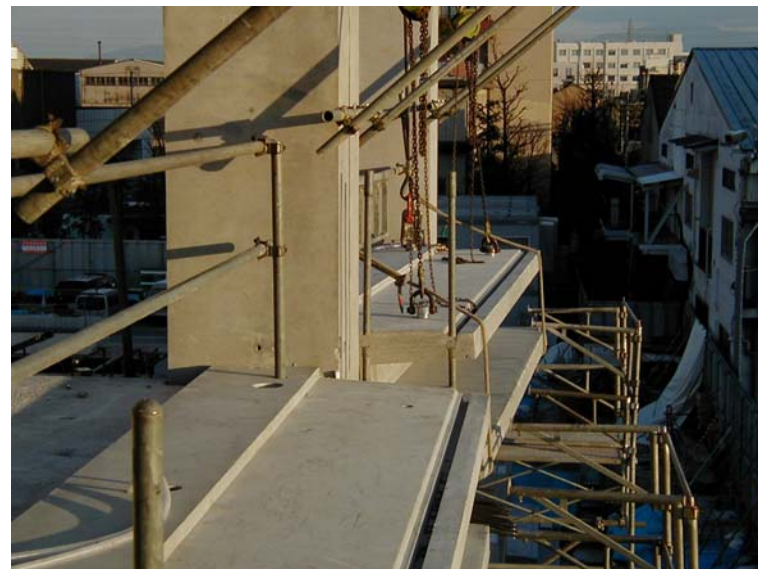


写真2 ガラススクリーン受け付き梁



写真3 外観



写真4 内観

建物名称:カルソニックカンセイ

研究開発センター・本社

所在地 :埼玉県さいたま市

建物用途:研究所、事務所

建築面積:本館 6,266.88㎡

延床面積:本館 37,149.2㎡

階
構

数:本館 地上7階

造:RC造+S造

(+PCaPC造+免震構造)



平成21年度作品賞

いちい信用金庫 新本店



平成20年度作品賞

北側外観

見付け幅の小さいPC造部材を用いた格子のファサード
軽快さと重厚さを兼ね備えた信用金庫本店にふさわしい外観を実現

コア柱
(東西コア)
耐震要素
を集約

免震構造
(基礎)

SRC造 : 青色
S造 : 赤色
PC造 : グレー

A

A

トラス梁1
(塔屋階)

PC造
(3~8階)

両側コア下に
免震層を集約

トラス梁2
(M3F、ホール上部)
PCaPC架構を支持

全体架構計画

大組架構でPC架構を支持し、耐震性は「免震+大組架構」で確保
PC架構は見付け幅を小さくし、軽快な外観、内観を実現

PC事務所建築

- 梁貫通孔
- プレテンション梁
- 高強度鉄筋によるプレストレス力導入
- 地震応答性状の解明と解析技術の進歩
- アンボンドPC鋼材の利用
- 免震工法の併用



建物名称：大成札幌ビル

建物用途：事務所，店舗，駐車場

構造：鉄筋コンクリート造 及び 鉄骨造

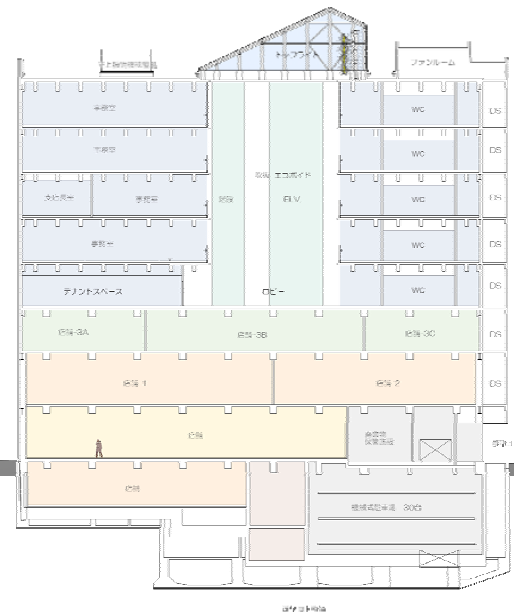
階数：地上8階，地下1階

建物高さ：34.57 m

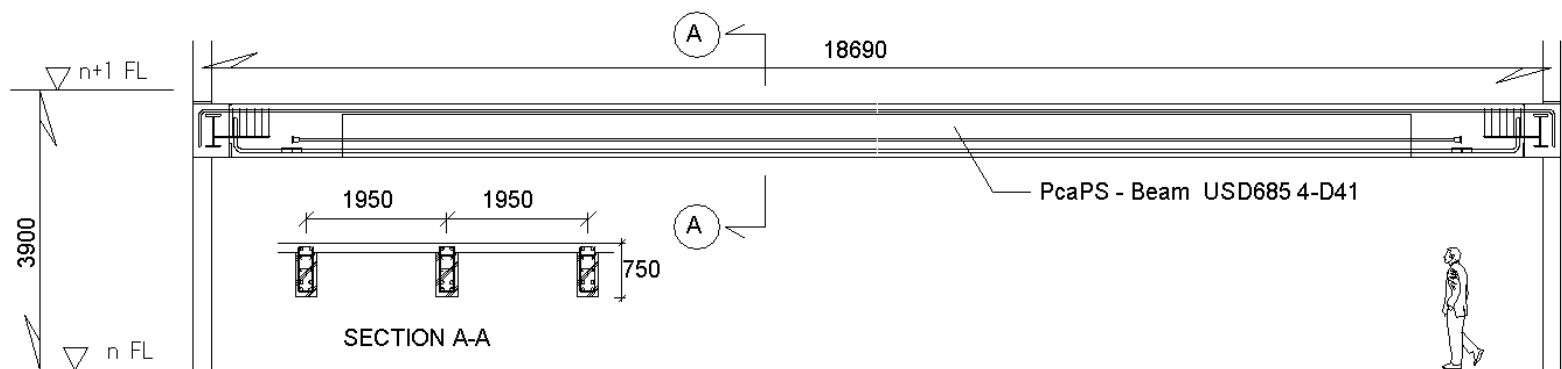
敷地面積：863 m² (261坪)

建築面積：770 m² (233坪)

延床面積：6,970 m² (2,108坪)



平成18年度作品賞



淀屋橋山本ビル

所在地：大阪市中央区

建物種別：事務所

構造：鉄骨造およびプレキャストコンクリート造・

一部鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造

階数：地上12階、地下1階 延べ面積：3,685.68㎡

竣工：2005年7月



平成18年度作品賞

淀屋橋山本ビル

写真 古田雅文 撮影





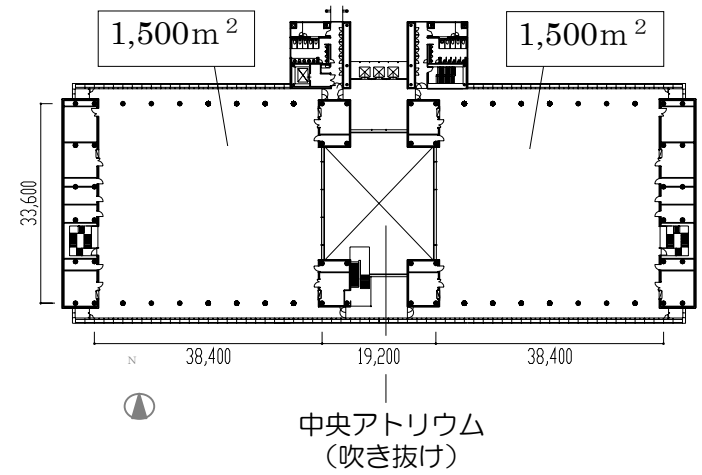
マブチモーター本社棟

建築概要

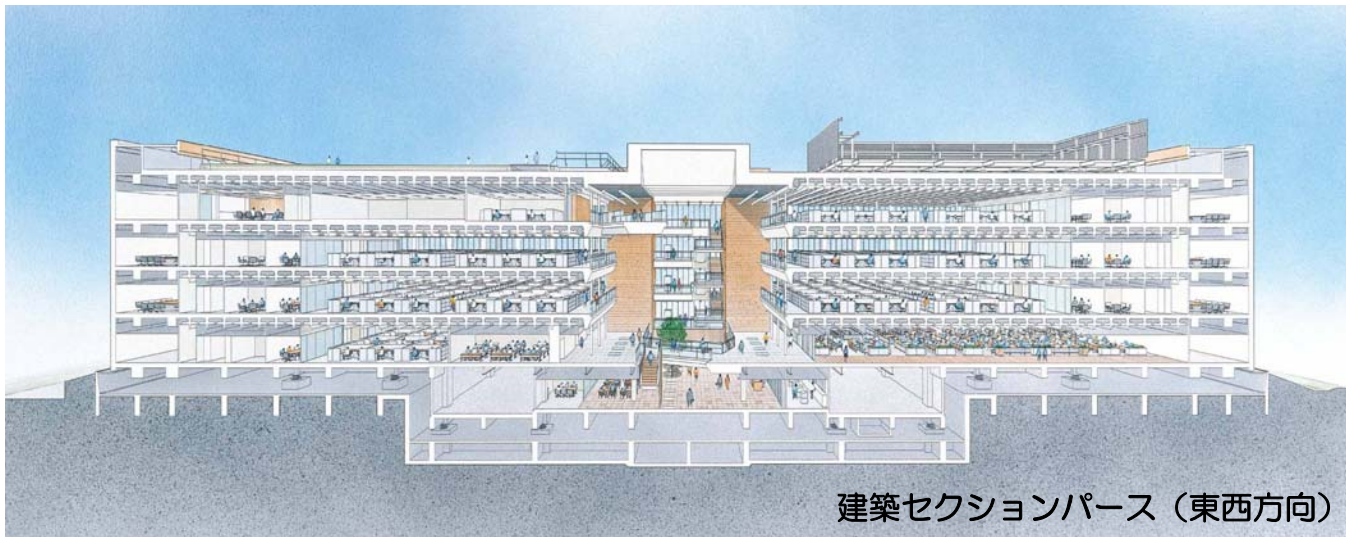
建設地 : 千葉県松戸市松飛台430番地
 建築主 : マブチモーター株式会社
 設計 : 日本アイ・ビー・エム（株）
 / 株式会社 日本設計
 施工 : 清水建設株式会社
 竣工 : 2004年9月
 建築面積 : 4,782㎡
 延床面積 : 19,169㎡
 階数 : 地上4階、地下1階
 高さ : 19.81m
 構造種別 : SRC、S、PC造

平成21年度作品賞





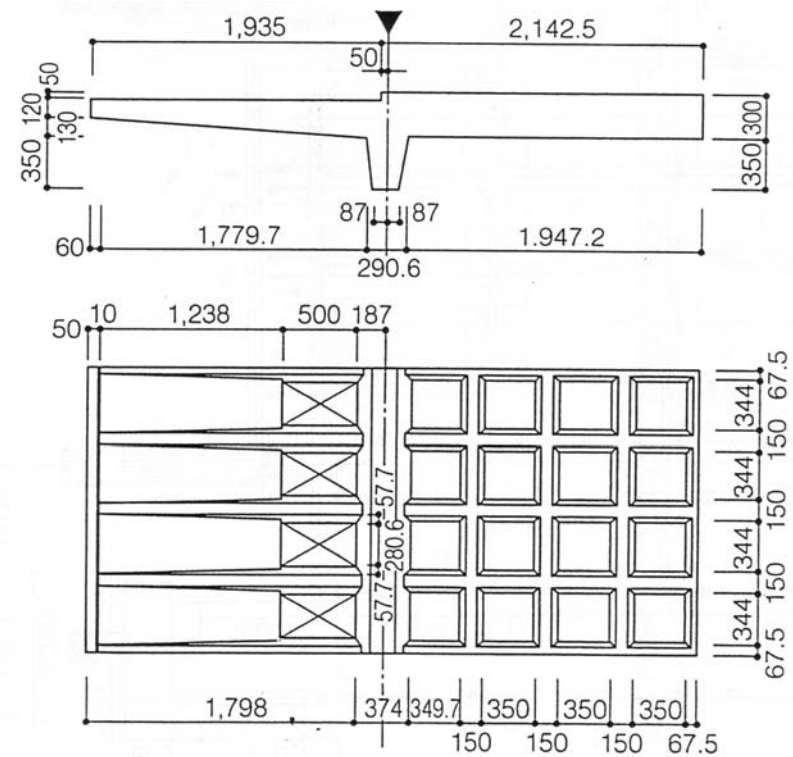
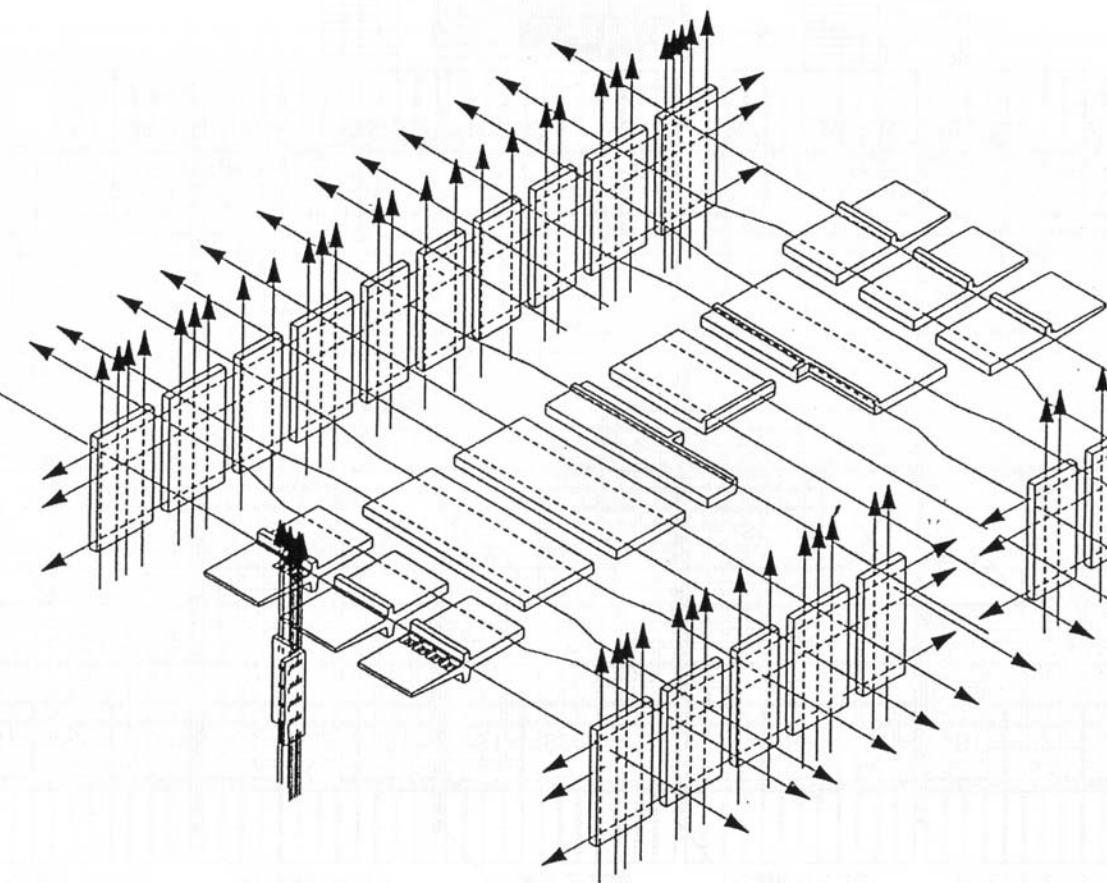
基準階 建築平面図



PC技術の小規模建築への適用例



- 挑戦、創造性、技術力が具現化された集合住宅



ワッフルを形成する台形型枠

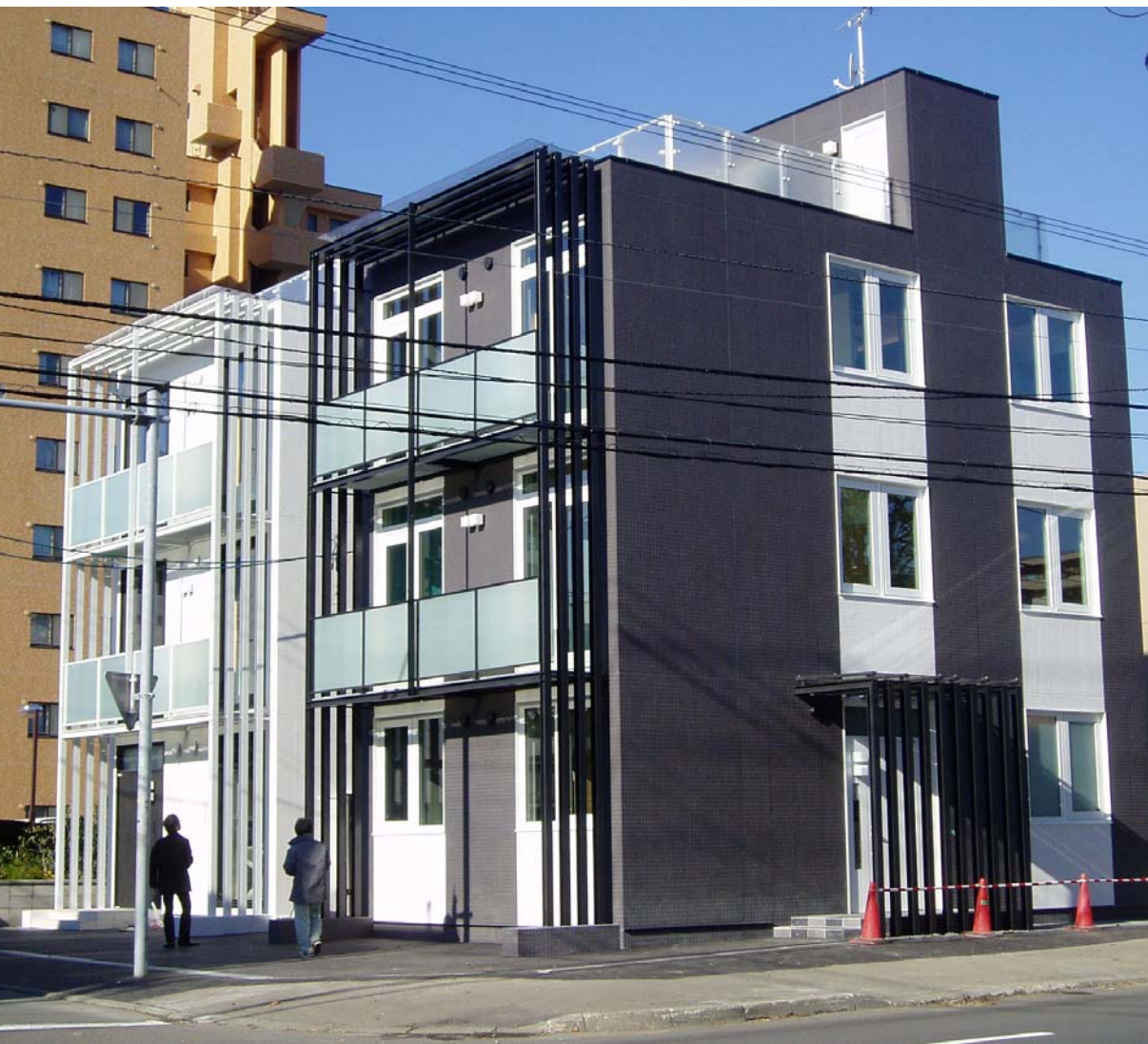
- 壁版、床版の緊張

特徴:プレキャストプレストレストコンクリート造

- 構造体のすべてがプレキャストPC
 - 床版のみで構築された版構造、スパン6m
 - ワッフルスラブによる耐震性
 - 圧着接合
 - 高強度のプレキャストコンクリート部材
 - 居住空間の意匠性
 - モジュール化による経済性
 - 小規模集合住宅にも適用
-
- 少品種大量生産的な工業化手法ではなくハンドメイキングの手法を取り入れた工業化を実践
 - 将来性ある「PC建築」の一つの完成型

PCaPC小規模住宅の例

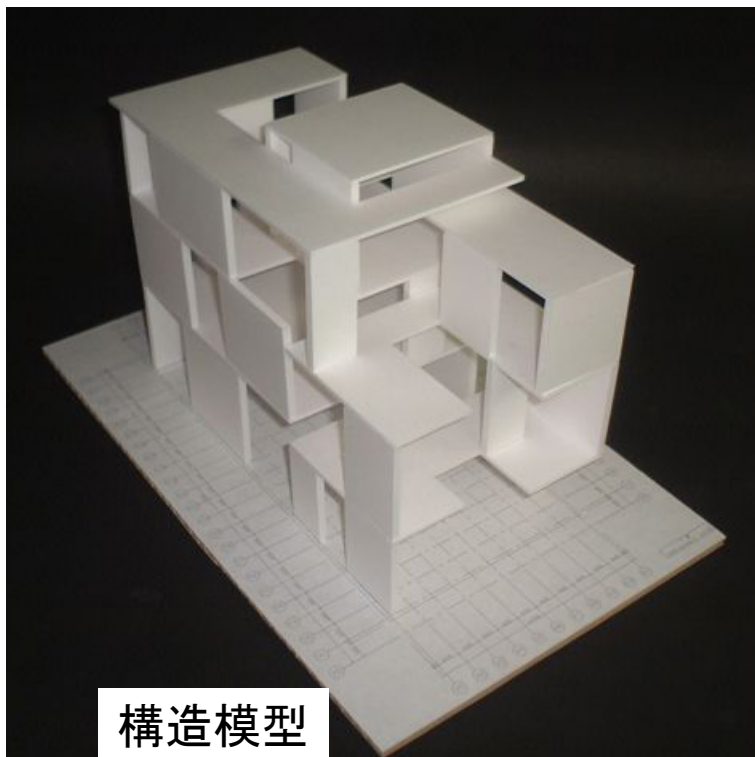




竣工・外観



内部



構造模型



建方

JYU-B A KO

平成16年度作品賞



上棟時

全体風景

JYU-BAKO



撮影 吉田 誠

竣工写真(内観)



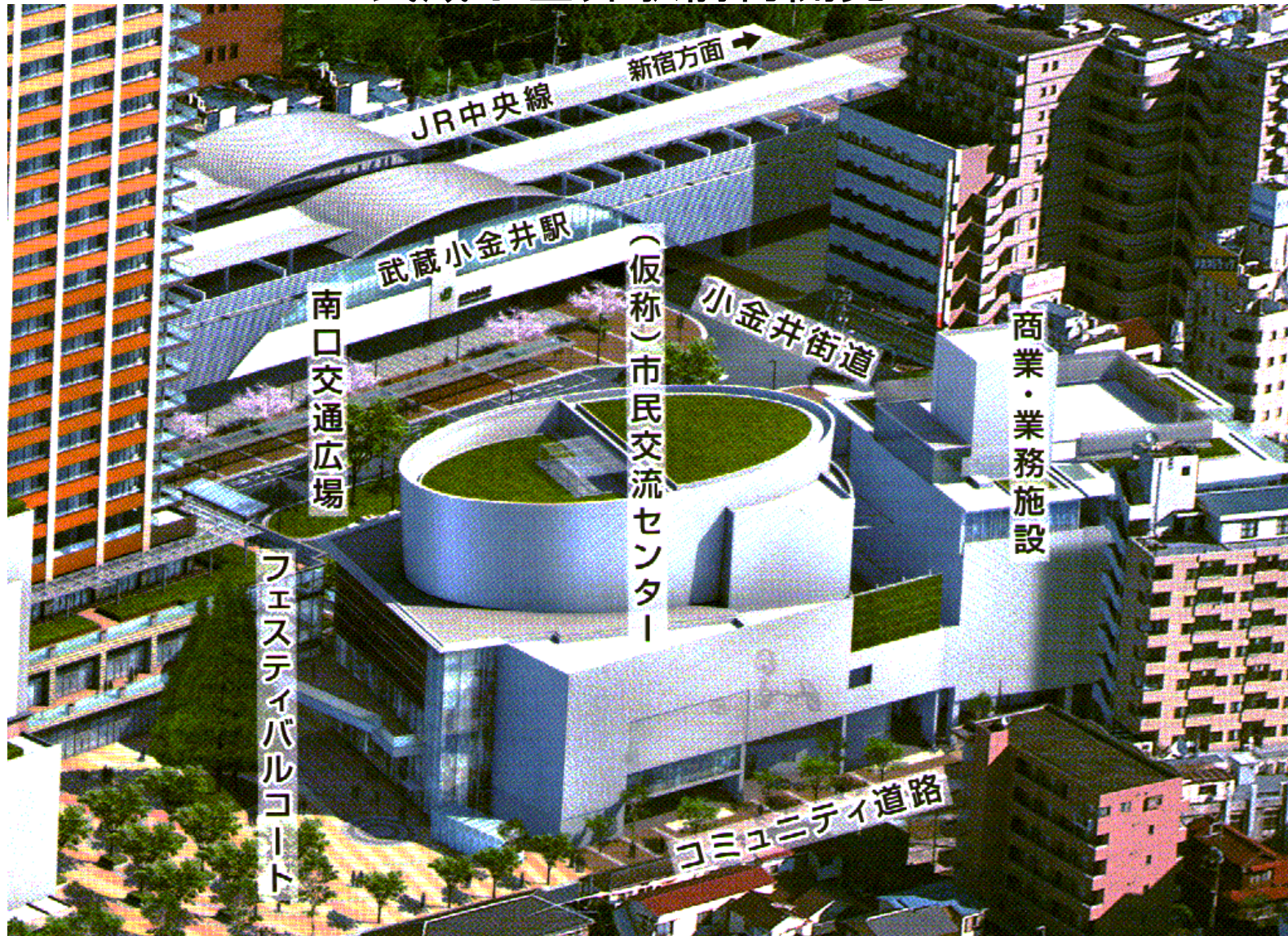
撮影 吉田 誠

竣工写真(外観)

市民交流センター

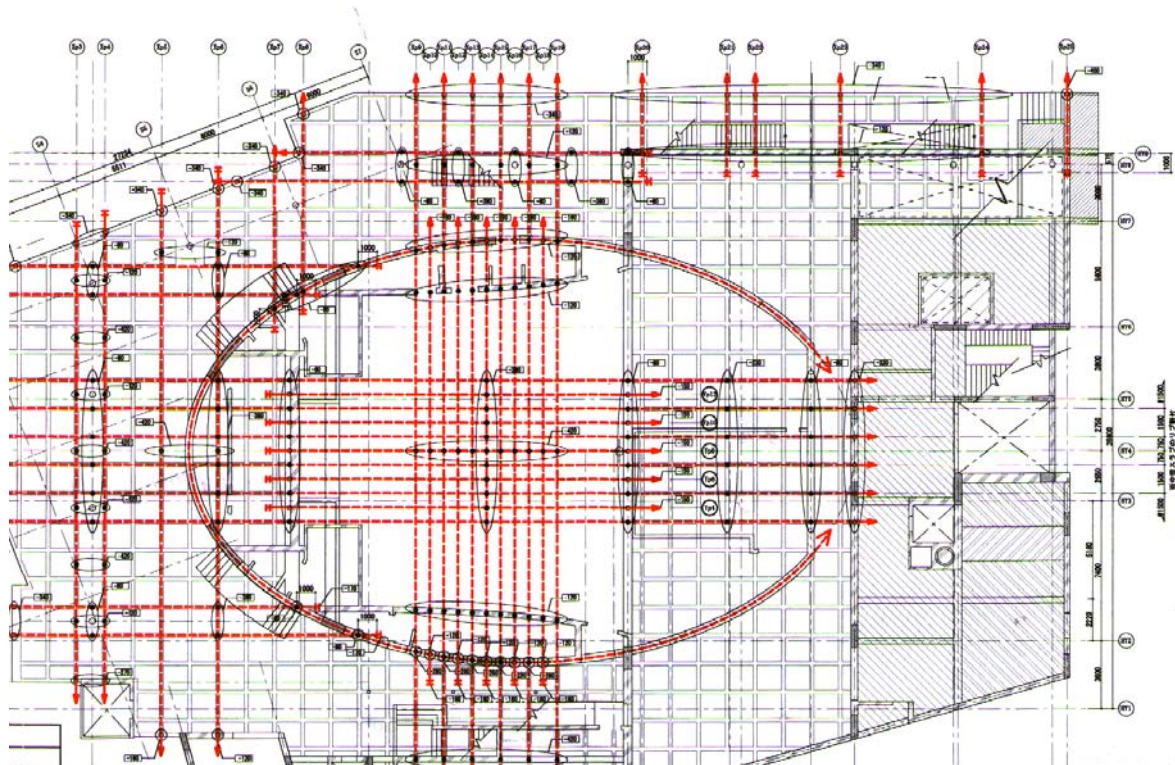
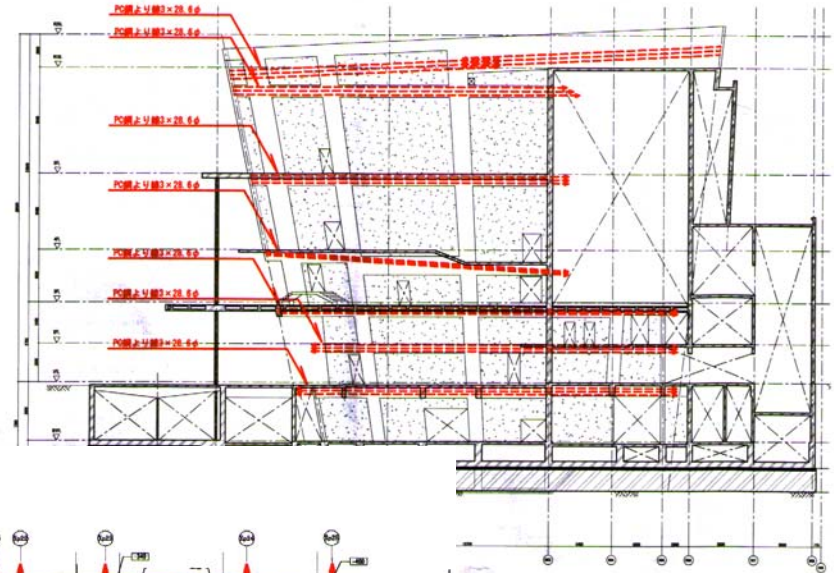
RC→PC

武蔵小金井駅前再開発



実施設計の段階でRCからPCへ

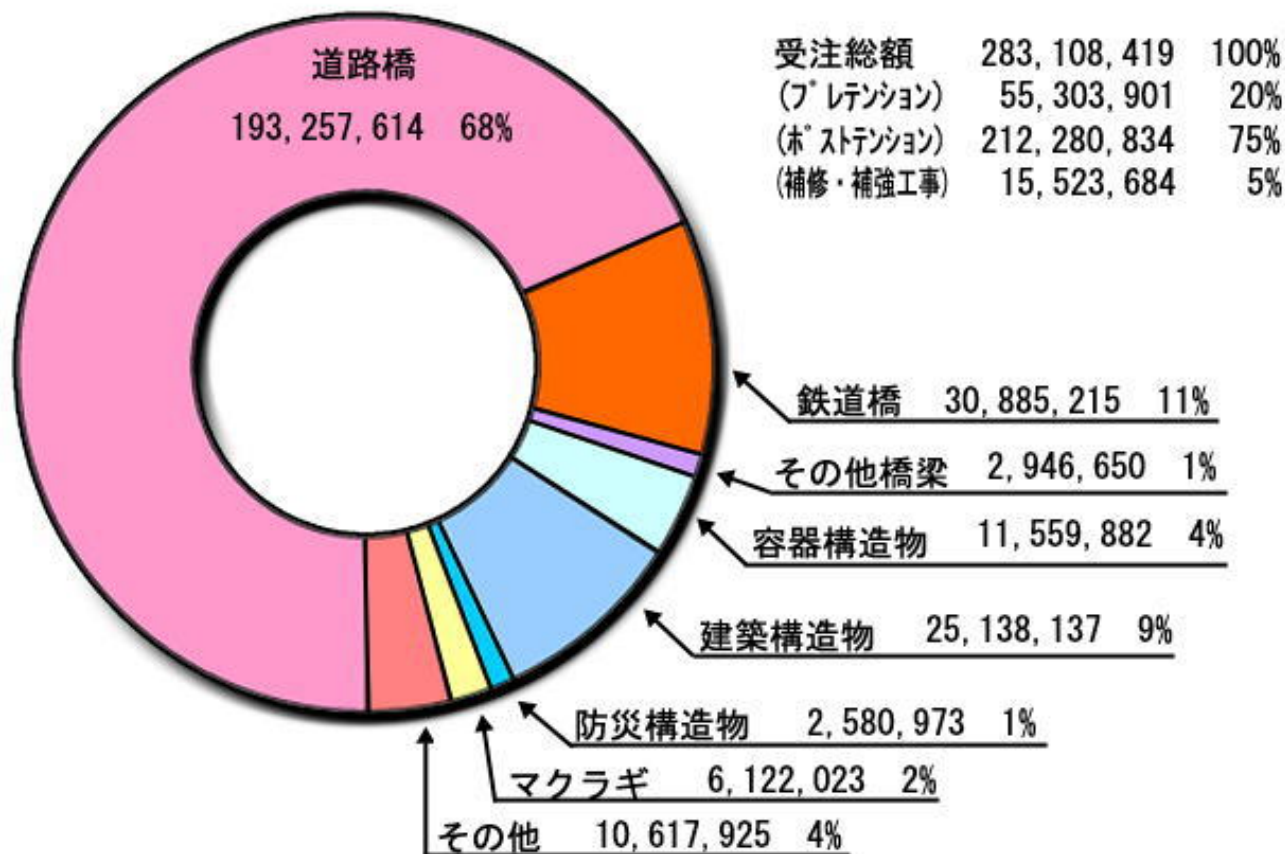
- コンペの元設計案では、RCで壁厚70cm、実施設計では、PCにして壁厚30cmに変更。



長軸架構図

PC工法の建築分野への普及

平成21年度用
途別受注実績



プレストレストコンクリート建設業協会HPより

建築におけるPC構造の選択

1) 意匠デザイナーからの要望

- ・ 室内は無中空間でPC床版をそのまま見せたい。
ST版の採用
- ・ 柱は細いスレンダーでルーバー状のコンクリート構造柱
の要望
RC では難しく、PCa圧着工法で提案
- ・ 意匠設計者がPC構造、PC 床版の魅力・利点のある程度
理解している。

このような要点でPC 造となった建物

武庫川女子大学建築スタジオ

いちい信用金庫新本店

兵庫県立芸術文化センター

京都大学桂キャンパス

立教大学新座キャンパス

2) 施主・発注側からの要望

- 物流倉庫の施主より、過去の設計例から、PC圧着工法に対する要望
- 載荷荷重が大きい場合、繰返し同じ部材がある場合、工期がない場合、冷凍倉庫がある場合などに採用される。
- 事業継続計画(BCP)－免震構造との併用

3) 構造からの提案

- 主体構造がRC造で一部スパンが大となり梁せいが取れない場合:PC梁を提案
(鉄骨梁、SRC梁との比較)、RC造でSとの混在は高い。
PRC梁、アンボンドPC梁、アンボンドPCスラブの提案
- RC梁の場合でも、PC造のDT版、ST版を提案
小梁なしで大空間が確保できる
天井なしで、床版そのままを見せることができる(PCa部材の表面を見せる)
- 大スパン、大荷重、剛性大の利点が活用できる場合
- 耐震補強で外枠フレーム補強にPC 圧着工法を提案
補強架構の剛性が高いために地震力を集めやすい
(神戸大学、京阪神不動産道修町ビル、広島医師会館)

PC 造建築物の設計における課題

- 他の構造(RC.SRC,S)は許容応力度設計であるのに対して、縁応力度の検討、終局強度設計になじんでない構造設計者が多い。
(大学教育でPCを教えていないところが殆ど)
- 設計者の育成:JSCA関西では実務構造設計者に対し、基本を講義している。
- 工費:現場の労務費の減、工期の短縮のメリットを基本設計段階でどのように評価するかが難しい。
- PC工事(躯体費用)は概算ができにくい。鉄骨ならトン幾らで概算ができる。
- 一貫設計ツールが普及していない。

PC構造物関連授業の実態に関する研究調査委員会 (PC技術協会平成20～21年度)

～プレストレストコンクリート構造の授業の実態～

単独のPC授業： 建築3/37、 土木2/53

RC講義の1, 2コマ： 建築4/37、 土木12/53

PC構造に関する授業資料の作成

授業キット:

■ 教員用マニュアル

- パワーポイント資料の解説
- モデルコースの紹介
 - ✓「原理の教育を重視」
 - ✓「デザインを見せることが中心」

■ DVD

- 項目: 歴史, 原理, 用途(利用方法), 実構造物の紹介, 実際の建築物などなど
- 各項目は細項目を持ち, それぞれが独立してひとつの教材(パワーポイント)となっている
- 細項目には所要時間を記載

■ 学生配布用資料

企業の新人教育にも