

# 「立教大学研究情報関連施設」の設計・施工

## — PCaPC 造に鉄骨制振間柱を組み込んだ架構 —

原田 公明\*1・村上 博昭\*2・前田 春紀\*3・和智 美徳\*4

### 1. はじめに

立教大学は1874年（明治7年）に創設された池袋にメインキャンパスをもつ大学である。新座キャンパスは1990年埼玉県新座市にサブキャンパスとして開設された。2006年4月に行われた大規模な大学改革の一環として新座キャンパスに「現代心理学部」を新たに設置することとなった。その施設としての機能と既存図書館の増築部分の意味合いをもつ「研究情報関連施設」がキャンパス内庭園跡地に計画され、2004年11月から2005年12月までの13箇月の工事期間を経て竣工した（写真-1）。

建物の建設にあたっては既存校舎に囲まれたキャンパス内にあるため、大学運営に影響を与えないよう全体の工期を極力短縮する必要があった。よって工期が短く、工事に伴う騒音の発生も少ない圧着工法によるプレキャストプレストレストコンクリート（以後PCaPC）造を採用した。

また、建築・構造計画についての建築主要望は以下に示すものであった。

- 1) 建物高さを抑えながらできるかぎり内部空間を確保する断面計画。
- 2) 構造壁をなるべく設けず将来の用途変更にも対応できる平面計画。
- 3) 建築基準法上の1.25倍の耐震性能と高耐久・長寿命の構造体。
- 4) 「現代心理学部」の教育・研究内容を表現した建築形態。

PCaPC造は大きな耐力を確保できるために、大スパンおよび耐力壁のない架構が実現可能である。また、現場打ちコンクリートでは施工の手間がかかる自由な形状を鋼板型枠で繰り返し製作できる利点がある。

これらPCaPC造の特質は設計条件を満足できると考え、この構造を採用した。本建物の特徴はPCaPC造に耐震性能向上の目的で鉄骨制振間柱を組み合わせた制振構造とした

ことである。また教育・研究内容を表現する方法として、構造体の形態を応力の流れなりに表わす、あるいは骨組のような形態とするといった手法で、曲面形状の床版、圧着工法のPC階段を設計した。

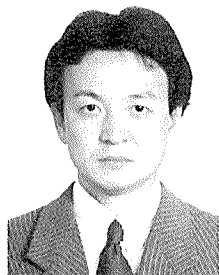
ここではその設計と施工について報告する。



写真-1 全景

### 2. 建物概要

- ・建設地 : 埼玉県新座市北野1丁目210-1, 10-9
- ・主要用途 : 学校
- ・建築面積 : 2 366.312 m<sup>2</sup>
- ・延床面積 : 8 290.569 m<sup>2</sup>
- ・階数 : 地上8階 PH1階
- ・最高高さ、軒高 : 33.8 m, 30.3 m
- ・構造 : 圧着工法プレキャストプレストレストコンクリート造（PCaPC造）、一部鉄骨造
- ・基礎 : 独立フーチング基礎場所打ちコンクリート杭
- ・架構 : 鉄骨制振間柱、座屈補剛ブレース付き



\*1 Hiroaki HARADA

(株)日建設計 構造設計主管



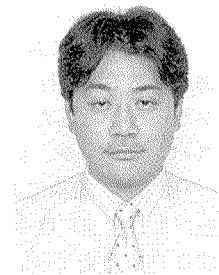
\*2 Hiroaki MURAKAMI

(株)日建設計 構造設計室



\*3 Haruki MAEDA

清水建設(株) 作業所長



\*4 Yoshinori WACHI

(株)ピーエス三菱

PCaPC 造柱・梁ラーメン構造

- ・ 工期 : 2004.11 ~ 2005.12 (14 箇月)
- ・ 施工 : 清水建設, ピーエス三菱 (PC 工事)

### 3. 建築計画

本建物は、研究室・図書館・劇場の用途を持つ延べ面積 8 300 m<sup>2</sup> の大学施設である。8 階建ての高層部に 3 階建ての低層部が張り出した断面形状となっている (写真 - 2)。

高層部は小部屋の研究室を主な用途とするものの、将来の用途変更も見据え梁間 (Y) 方向 13.5 m を 1 スパンの平面計画とした。低層部は図書館や劇場などの大空間を収容するため最大で 14.4 m の長スパンとした。建物の中央には高層部と低層部をつなぐ空間として、屋根にトップライトをもつ 3 層の吹き抜けを設けた。



写真 - 2 正面外観

### 4. 構造計画

#### 4.1 架構概要〈PCaPC 造 + 鉄骨制振間柱を組み合わせた制振構造〉

PCaPC 構造は高強度のコンクリートや PC ケーブル材で緊張され圧着接合された構造のため、S 字型 (荷重が取り除かれた後ひび割れが閉じて残留変形がほとんどない) の復元力を示すが、一方地震時の履歴エネルギー吸収能力が小さい特徴もある。そこで大地震時の耐震性能を向上させることを目的に、安定した履歴特性をもった鉄骨制振間柱と PCaPC 造を組み合わせた制振構造とした (図 - 1, 2)。

鉄骨制振間柱が大地震時に降伏しエネルギー吸収することにより変形の少ない高い耐震性能をもつ架構とした。

#### 4.2 架構計画

架構は PCaPC 造の柱・梁ラーメン架構に高層部の桁行 (X) 方向に 2 枚、梁間 (Y) 方向に 4 枚の制振間柱を配置した構造である。桁行 (X) 方向は 7.2 m を基準スパンの多スパンラーメンとした。梁間 (Y) 方向は高層部で 13.5 m の 1 スパンラーメン、低層部で 13.5 m, 10.5 m, 14.4 m, 7.2 m の長スパン架構である (図 - 3)。

低層部は、中央に吹き抜け、東側に図書館・劇場・回廊を有するため、空間の一体性を考慮し梁間 (Y) 方向に極力大梁を設けず、リブ付き PC 曲面床版が連続する架構とした。そのため低層部梁間 (Y) 方向の耐力を確保するた

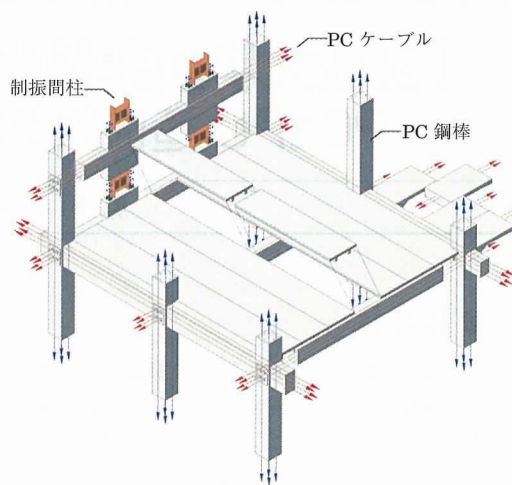


図 - 1 構造システム図

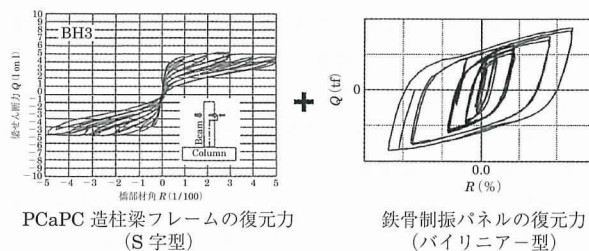


図 - 2 復元力特性

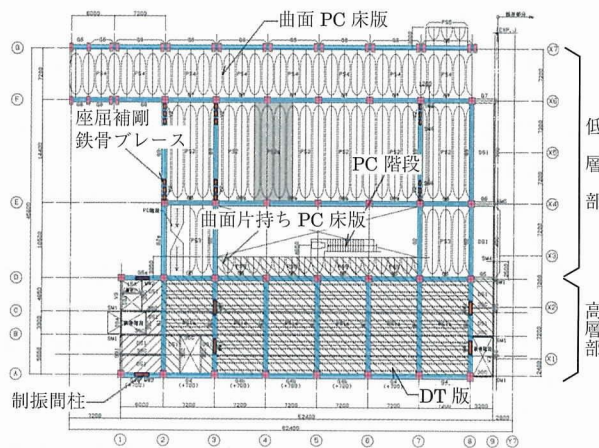


図 - 3 2 階床梁伏図

め二重鋼管座屈補剛制振ブレースを設けた (図 - 4)。

高層部の両端コア部、EV 受け部材・外装受け部材・鉄骨階段受け部材や低層部正面のガラス CW 受け部材等の二次部材は、納まり等の容易さを考慮し鉄骨造とした。またリブ付き PC 床版のトッピングコンクリートのみ現場打ちコンクリートとした。

柱と梁の組立方式は柱を各階ごとに分節して建て、次に柱間で梁をつなぐ柱通し型とした。柱内には PC 鋼棒を梁内には PC ケーブルを挿入して緊張後、グラウトを注入するポストテンション方式を採用した。

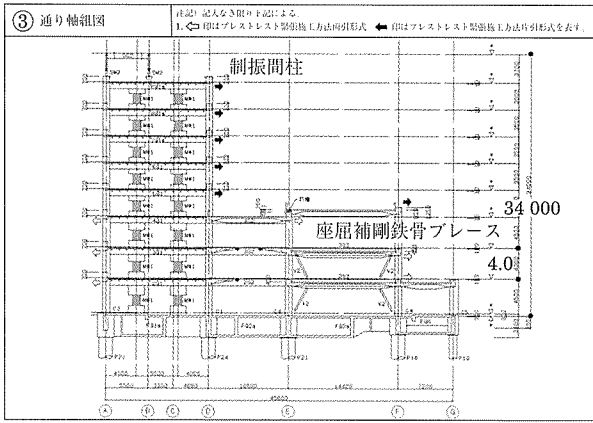


図 - 4 Y方向（梁間）軸組図

### 4.3 耐震設計方針

耐震設計は「ルート3b」（静的増分解析で保有水平耐力を算出）とした。長期設計時は端部でフルプレストレス、中央でパーシャルプレストレス（実際はほとんどの部材がフルプレストレス）の設計とした。保有水平耐力はPCaPC柱・梁ラーメン架構のみで  $D_s = 0.3$  を確保、鉄骨制振間柱  $D_s = 0.1$  相当、架構全体で  $D_s = 0.4$  を確保した。

（必要保有水平耐力  $D_s = 0.3$ （基準法での耐力）、 $0.3 \times 1.25$ （重要度） $= 0.375 < D_s = 0.4$ ）

保有水平耐力はX、Y方向ともいずれかの層で  $1/100$  に達した時点まで耐力とした。解析の結果、最大層間変形角は設計用地震荷重時でX方向…  $1/744 < 1/200$ 、Y方向…  $1/452 < 1/200$  であった。表-1に設計目標値を、表-2に使用材料一覧を示す。

表 - 1 設計目標値

部材	長期荷重時（施工時荷重も含む）	地震荷重時	
		設計用地震時（ $C_0 = 0.2$ ）（1次設計）	保有水平耐力時（2次設計）
柱	許容応力度以下	ひび割れ耐力以下	曲げ破壊耐力以内
大梁	許容応力度以下	ひび割れ耐力以下	曲げ破壊耐力以内
鉄骨制振間柱	許容応力度以下	許容応力度以下	せん断降伏に達する
層間変形角	—	$1/200$	$1/100$

表 - 2 使用材料

部材	コンクリート	鋼材	
PC部材	PC柱、制振間柱受けブラケット	PC鋼棒	SBPR 1080/1230 C種1号
			SBPR 1080/1230 B種1号
	大梁	PCケーブル	SWPR7BL 12.7φ
			SWPR7BL 15.2φ
			SWPR19 17.8φ
PC階段	PC鋼棒	SBPR 930/1080	
DT床版		—	
トッピングコンクリート	$F_c = 30 \text{ N/mm}^2$	—	—

### 4.4 部材設計

柱は  $900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$  としPC鋼棒  $36 \phi 8$  本とした。大梁は、X、Y方向とも  $600 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$  を基本断面とした（梁せいがスパンの  $1/15$  程度）。Y方向大梁は  $13.5 \sim 14.4 \text{ m}$  と長スパンのため自重に対して1次緊張ケーブル（ $1C-12-12.7 \phi$ ）をあらかじめ工場で配線緊張し、長期荷重、水平荷重の応力用として2次および3次緊張（計  $6C-12-15.2 \phi$ ）PCケーブルを現場にて配線緊張する断面とした（図-5）。

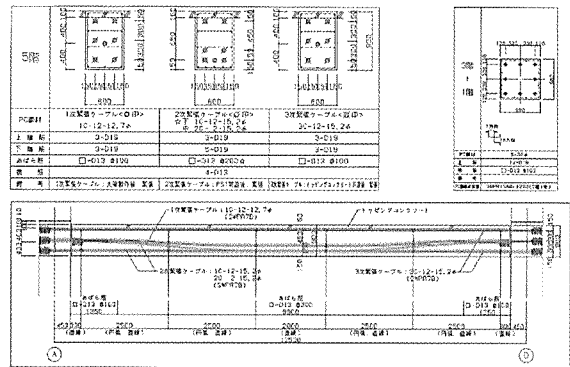


図 - 5 Y方向（梁間）大梁断面

制振間柱は、上下の大梁からPC鋼棒（ $32 \phi 8$  本）で圧着接合されたPCaPCブロックをブラケット状に掛け、PCaPCブロックに内蔵された鉄骨受け部材に鉄骨制振パネルを高力ボルトで接合した。剛性耐力ともに高いPCaPCブロックに鉄骨制振パネルを組み込み、中地震時以降制振パネルが安定的にせん断降伏し地震時のエネルギーを吸収する設計とした（図-6、写真-3）。

なお設計方針として基準法上の必要保有水平耐力は制振間柱の耐力を含まない架構で成立するものとした。

また地震時での制振効果は、PC部材、鉄骨部材の復元力特性（図-2）を考慮し時刻歴動的振動解析を行い、耐力および変形ともに設計目標値内におさまっていることを確認した。

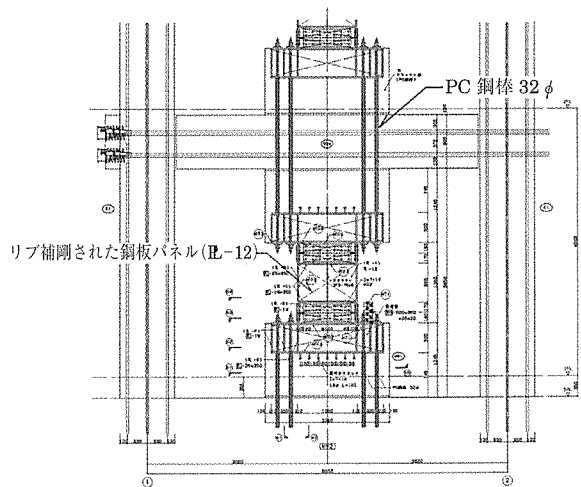


図 - 6 制振間柱詳細図

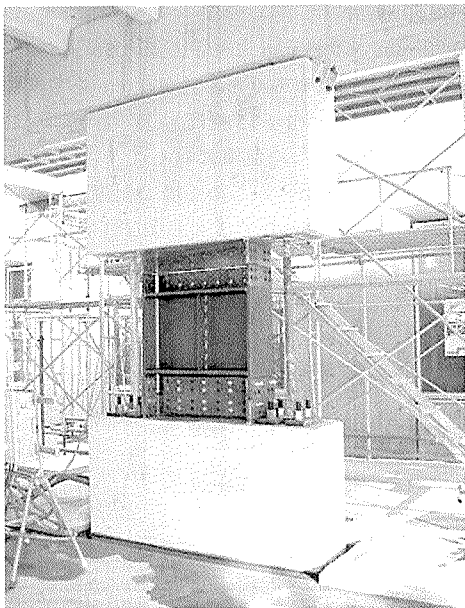


写真-3 鉄骨制振間柱

#### 4.5 その他のPC部材

##### (1) 高層部PC床版

各研究室はスパン中央に廊下、桁行(X)方向スパン間には間仕切り壁、天井面には一部仕上げ材を張るため、コストを抑える目的で既格品のリブ付きPC床版(通称DT版)で設計した。(トップコン厚 $t=100\text{ mm}$ , リブせい $250\text{ mm}$ , リブ内PC鋼線 $2C-15.2\phi$ )

##### (2) 低層部曲面PC床版

低層部のすべての床に曲面PC床版を用いて設計した。とくに図書館・劇場・回廊は空間の広がり配慮し大梁を極力なくし一体感のある空間を作った。天井材は設けず構造体そのまま見える表現とした(図-7, 写真-4, 5)。PC床版は単純梁の構造であるため、応力に忠実になるよう形状を決定した。つまり中央部では曲げモーメントが最大でせん断力はゼロ、端部ではその逆である。中央でリブせいが $700\text{ mm}$ , 端部ではリブのない版全体が $400\text{ mm}$ 均一の板状とした(トップコン $t=150\text{ mm}$ )。リブ先端の線は下からの内観に配慮し端部で曲面形をもつ立体的形状とした。PC鋼線はアンボンドPC鋼線を用い、床版全体にプレストレスが均等に入るようなケーブル配線とした( $5C-21.8\phi$ ) (図-8)。

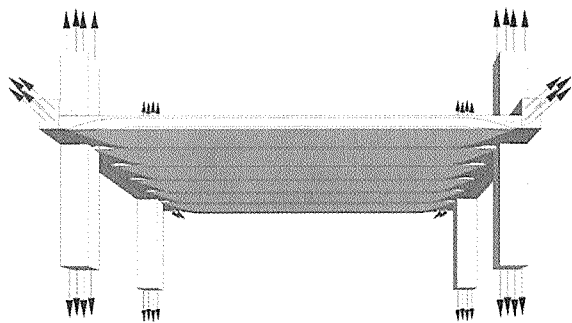


図-7 曲面PC床版概要図



写真-4 曲面PC床版内観

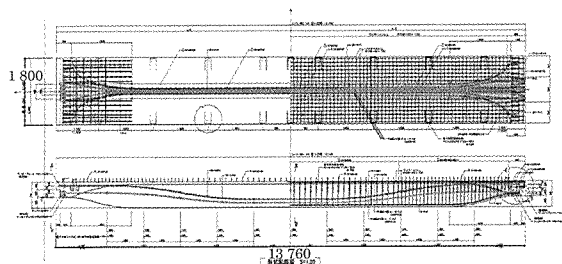


図-8 曲面PC床版詳細図



写真-5 曲面片持ちPC床版

##### (3) 吹き抜け部片持ち曲面PC床版

低層部吹き抜けに面する床を、取り付け大梁からPC鋼棒( $2-32\phi$ )を緊張力を与え圧着し自立させる設計とした。(図-9)リブ形状、リブ先端の曲線は、片持ち梁としての応力と下からの見上げの内観に配慮した。片持ちPC曲面床版の元端に生じる曲げモーメントに抵抗する大梁のねじれ耐力・剛性、柱梁接合部の圧着せん断耐力は十分余裕のある設計とした(図-10, 写真-5)。

##### (4) 吹き抜け部PCaPC階段

吹き抜け部階段は、PC圧着構造を利用して踏み板と2つのリブを一体としたブロックをひとつのピースとし、それを26ピース連続させリブ内に配置したPCケーブルを直線的に配置し、緊張力による圧着力により一体とさせた。(図

- 11) PC ケーブル (2C - 12 - 12.7 φ) をリブ断面図心のやや下方に直線配置することで、長期荷重時の曲げモーメントを緊張力による軸圧縮応力と若干の曲げ抵抗応力で打ち消す設計とした (図 - 12, 写真 - 6)。

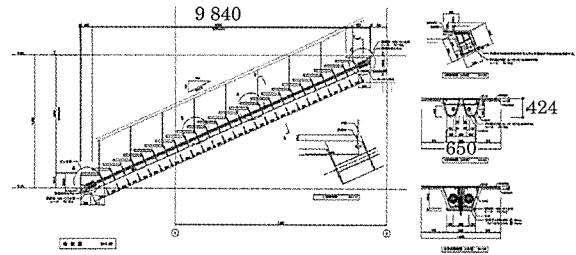


図 - 12 PCaPC 階段詳細図

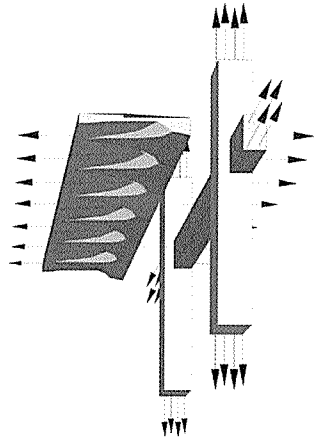


図 - 9 曲面片持ち PC 床版



写真 - 6 PCaPC 階段

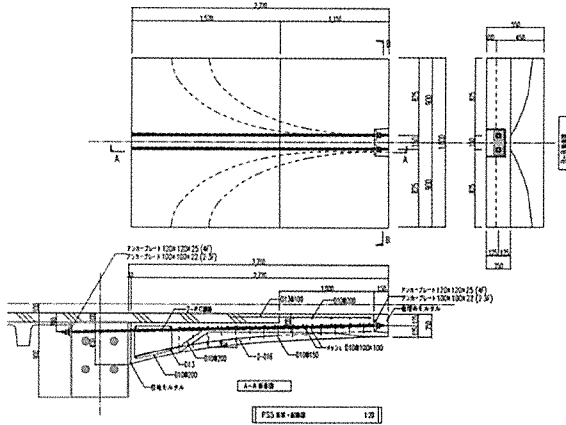


図 - 10 曲面片持ち PC 床版詳細図

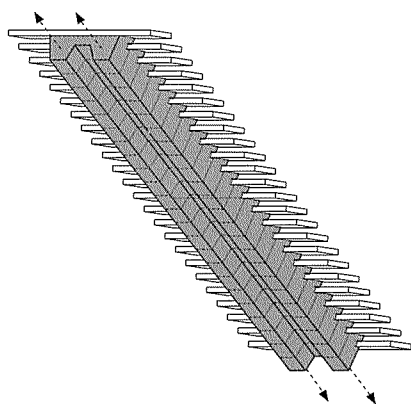


図 - 11 PCaPC 階段概要図

## 5. 施工概要

### 5.1 PCa 部材の製作

#### (1) 部材の種類

PCa 部材は、以下の工場で作成した。部材の種類・数量・製作工場を表 - 3 に示す。

表 - 3 製作部材および工場

部材	部材数	製作工場
柱部材	170 P	(株) エスシー・プレコン本社工場
梁部材	238 P	(株) ビーエス三菱北上工場
曲面床版	113 P	(株) ビーエス三菱茨城工場
片持ち床版	68 P	(株) ビーエス三菱茨城工場
合成床版	318 P	日本サミコン (株) 衣川工場
制振間柱	94 P	エヌピーシー (株) 東港工場
階段部材	78 P	エヌピーシー (株) 東港工場

#### (2) 型 枠

本建物では、柱・梁・曲面床版・合成床版・階段部材と、それぞれ打放しコンクリート仕上げであり、各部材の角はピン角仕上げであったため、型枠の継ぎ位置・構造・厚み等を計画段階から検討し、型枠検査にて確認後、製作を開始した (写真 - 7)。

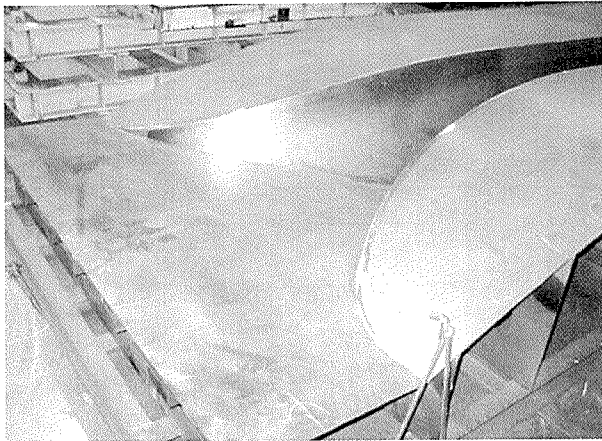


写真-7 曲面床版型枠

(3) 製 作

各部材の設計基準強度は表-4に示すとおり、床版以外の部材は60 N/mm<sup>2</sup>、床版は50 N/mm<sup>2</sup>と高強度のコンクリートを使用するため各工場において試験練りを短期間で行いスムーズに製作に入れるよう計画した。

表-4 部材別調合強度

部材	設計基準強度	導入時強度	使用セメント	スランブ	空気量
柱	60	48	普通	50 ± 10 cm	3.0 ± 1.5 %
梁	60	35	普通	12.0 ± 2.5 cm	2.0 ± 1.5 %
曲面床版	50	35	早強	12.0 ± 2.5 cm	2.0 ± 1.5 %
合成床版	50	35	早強	8.0 ± 2.5 cm	2.0 ± 1.5 %
制振間柱	60	—	普通	8.0 ± 2.5 cm	2.0 ± 1.5 %
PC 階段	50	35	普通	8.0 ± 2.5 cm	2.0 ± 1.5 %

部材製作にあたっては、製作工場が5箇所に分かれたため、各工場が緊張感を持続した状態で製作できるように、各工場に対して抜き打ち検査を実施しミスの無い製作を行った。

5.2 PCa 部材の建て方

(1) 柱

柱は基礎地中梁とPC鋼棒で圧着されるため、地上躯体の精度は、基礎のPC鋼棒アンカーセットの精度に左右される。今回非常に短い工期のなかで精度良くアンカーセットを行うために、先行して工場で組み立てたフレームを現場にて設置する方法をとった(写真-8)。

柱部材の運搬・建て方については部材の角が欠けないように細心の注意を払って行った。とくに荷下ろし時、建て起し(写真-9)の際には角当てにいくつかの素材を試し施工した。

柱の建入れは、トランシットで2方向から確認しながら、PC鋼棒用ナットの締込み強さを加減により調整した。またその調整値は、緊張時における変形を考慮し、最終的に正規の位置で納まる値とし、今回は0とした。

(2) 梁

梁の取付けについては、高所作業車(ローリング足場)での作業を基本とし、取付けと目地部のモルタル工事を考

慮して作業足場を計画した。また、目地部分の施工については、飛び出しシースを採用し、柱と梁の3 cmの目地部分で不具合が発生しないよう施工した。

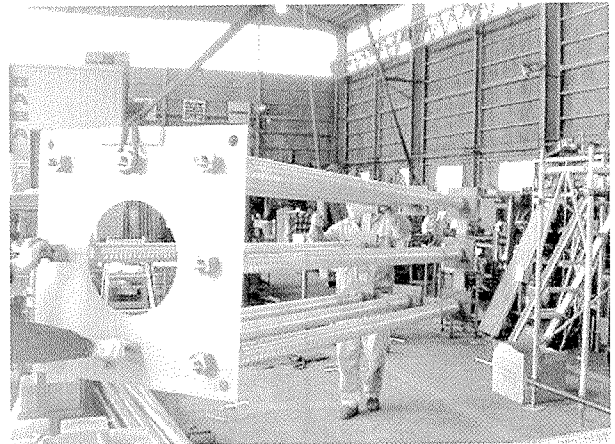


写真-8 工場でのフレーム組立て

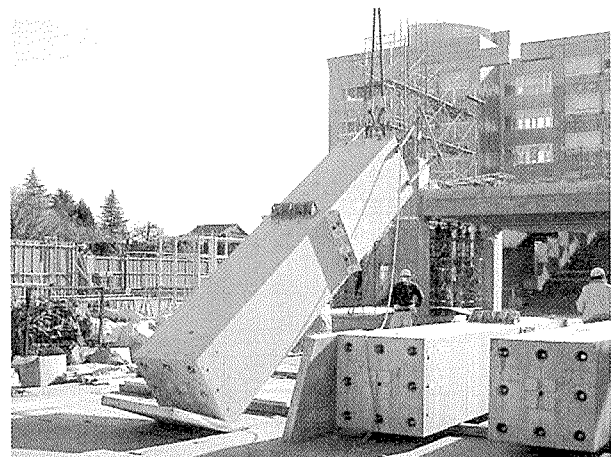


写真-9 部材建起こし状況

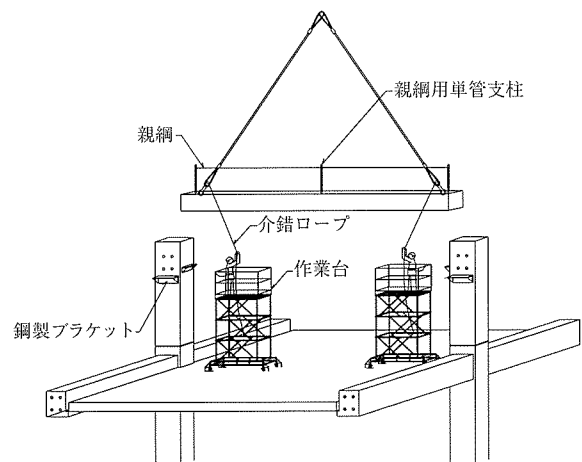


図-13 梁取付け図

### (3) 床 版

本物件における床版は大きく分けて3種類の部材がある。

PS 1 部材の合成床版は一般的な型枠 PC 版であり、トップコン打設時に下層階にセメントペーストが漏れないよう版相互のジョイント部分にコーキングを打ちながら敷込みを行い、梁との隙間はセメントペースト止めテープを用いて施工した。

PS 2 ~ PS 4 の部材は化粧部材であり部材の角がすべてピン角になっていて、さらに形状が ST 形なので、運搬時に問題がないように両サイドに形鋼を取り付けて運搬した。

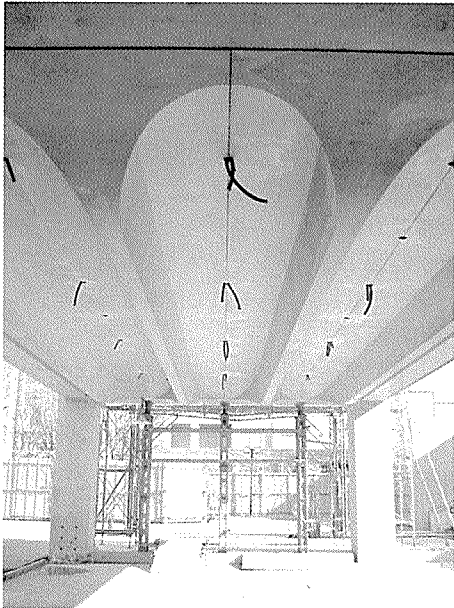


写真 - 10 PS 2 部材取付け状況

PS 5 の部材は片持ちの合成床版のため、レベル・通りの基準をあわせるのが非常に難しいと考えられた。そのため、部材の通りについては先端にピアノ線を張ることにより出入りを調整した。レベルについては、支保工を建てる位置を検討し、最終的にライナーとキャンバーにて調整した。

### (4) 制振間柱

高層棟部分での制振間柱ブロックは、下層階ではブロックの自重が大きいため、ブロックの上部材を梁下に先付けし、梁仮設と同時に取り付けた。上層階では、ブロックの自重が小さくなるので、上下ブロックをあらかじめ仮固定後に梁を架設した。

### (5) 階 段

階段部材の施工については、まず工場において製作・養生後に組立て・緊張・PCグラウトをおこない、26ピースを一体化して現場に搬入した。

現場では、階段の吊り込みに際して吊り治具 (20 t 吊用) を使用し、過傾斜に吊り込み正規の位置で水平にして取り付けた。

## 5.3 緊張工事

### (1) 通線作業

使用した PC ケーブルは 2 スパン以上の梁ではコイルで、単スパンの梁では、定尺の切断品で搬入した。コイル品の

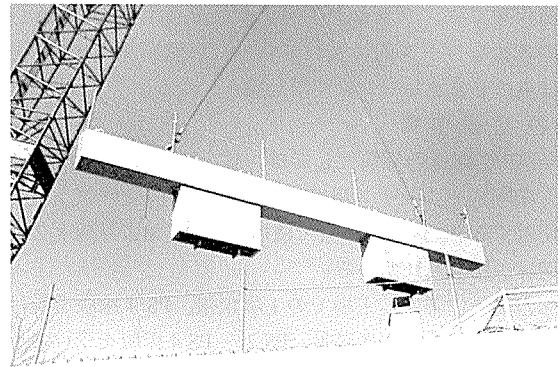


写真 - 11 制振間柱取付け状況



写真 - 12 階段部材



写真 - 13 階段部材緊張状況

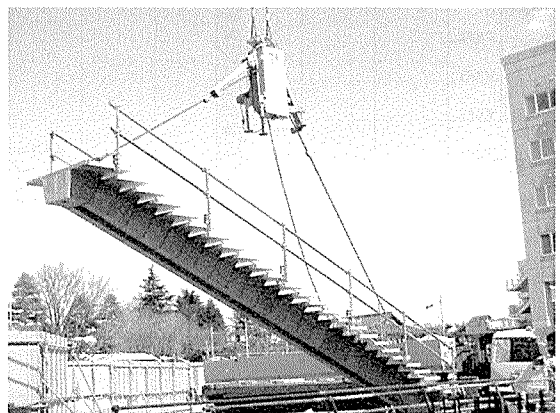


写真 - 14 階段部材取付け状況

通線作業では、プッシングマシーンを使用し、1本ずつ所定の本数をシース内に入れていった。切断品のPCケーブルは束のままクレーンを使用し挿入した。

(2) 緊張作業

今回PC鋼材の種類としては、柱・制振間柱・PS5(片持ち床版)・ブレース用ブラケット・階段受けブラケットで使用するPC鋼棒と、梁で使用するPC鋼より線と2種類の鋼材が使用されている。

梁の緊張作業は、工場での1次緊張、PS1床版を受ける梁は床版架設後に2次緊張、PS2～PS4床版を受ける梁は床版架設前に2次緊張、そしてトップコン打設後の3次緊張



写真 - 16 緊張作業ステージ取付け状況



写真 - 15 緊張作業状況 (260tジャッキ)

張とあり、現場の工程にあわせて緊張作業ができるようPCケーブルの搬入・通線作業を進めていった。

梁の緊張はDWジャッキを使用した。とくに高層棟では1台約250kgある260tジャッキを使用するため、緊張用のステージを転用しクレーンにて作業を行った。

5.4 全体工程

今回の工事では、学生の生活動線を損なわないかぎられたスペースで、学内行事を優先させる工程での施工を行わなければならなかった。その中で高層棟と低層棟の工事を効率よく組み合わせ、円滑な作業を実施し、工期内の工事を完了することができた。

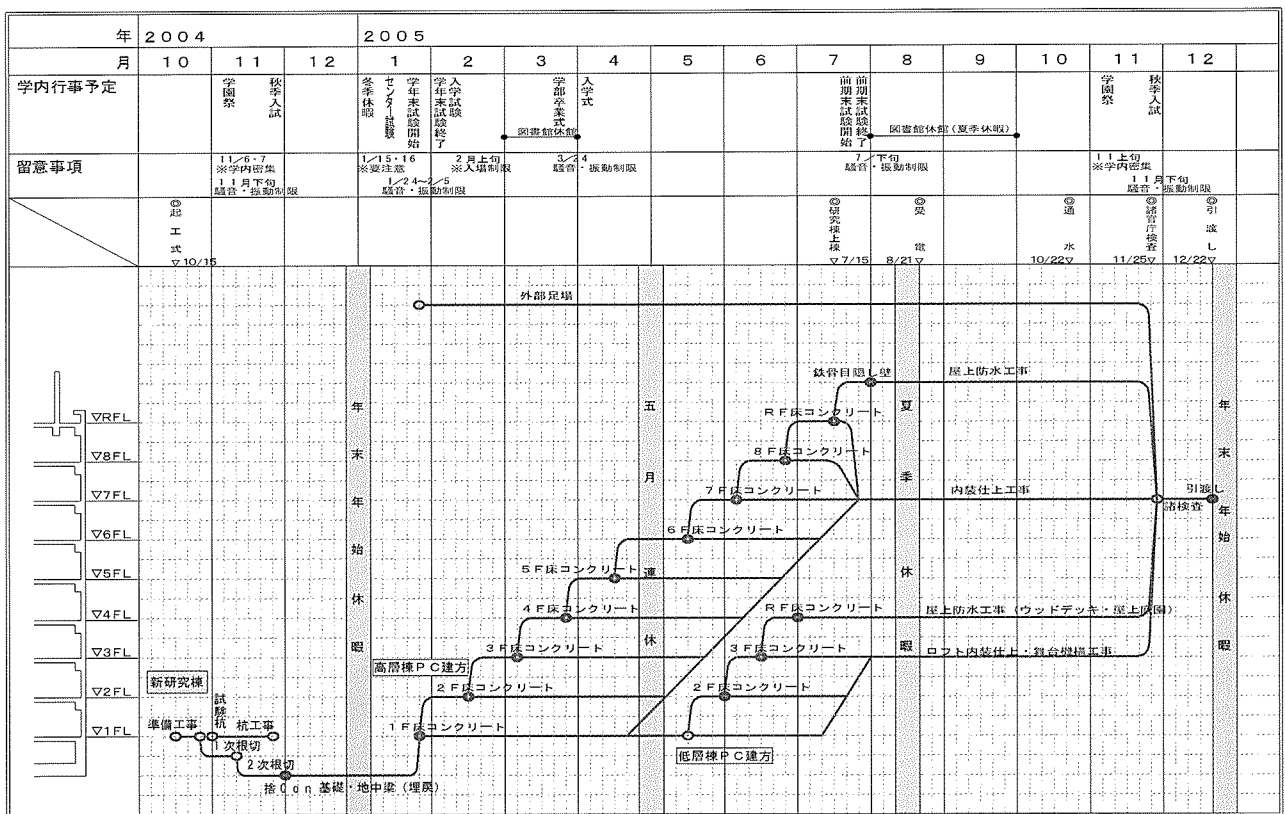


表 - 5 全体工程表

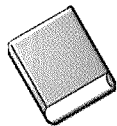


## 6. おわりに

PCaPC 造の柱梁ラーメン架構に、安定した履歴エネルギー吸収能力をもつ鉄骨制振間柱を組み込むことは、高い耐震性能を確保するため有効な一手法であることがわかった。また曲面 PC 床版や PCaPC 階段の設計を通して、自由な構造体を表現できる PC 造の良さを改めて認識できた。

最後に本建物の設計・施工を行うにあたり、多大なご指導とご協力をいただいた立教大学の皆様に感謝の意を表します。また本工事の施工にあたっては綿密な工程計画のもとに、高品質、高精度の建物を実現した施工および製作を担当された方々に、心より御礼申し上げます。

【2006 年 5 月 10 日受付】



刊行物案内

## プレテンションウェブ橋設計施工ガイドライン（案）

（平成 15 年 11 月）

頒布価格 会員特価 : 4 000 円（送料 500 円）

非会員価格 : 5 000 円（送料 500 円）

（参考資料 CD-ROM 共）

## 高強度鉄筋 PPC 構造設計指針

（平成 15 年 11 月）

頒布価格 会員特価 : 4 000 円（送料 400 円）

非会員価格 : 5 000 円（送料 400 円）