

# 立教大学ロイドホールの設計・施工

## — 意匠性・設備機能性を兼ねた PCa 床版の計画 —

原田 公明\*1・村上 博昭\*2・野口 高行\*3・南 伊三男\*4

大学の中央図書館と学部研究施設から成る施設として計画された建物において、かぎられた階高で豊かな空間を実現するために、曲面 PCa 床版を積極的に用いた計画を行った。曲面 PCa 床版は、力学合理性や施工性だけでなく、意匠性、設備機能性にも配慮した三位一体の躯体として計画し、PCa 床版の魅力ある設計の一手法を実践した。

キーワード：曲面 PCa 床版、意匠性と設備機能性、三位一体

### 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。池袋キャンパスは、正門を入ると大正期に建設された赤レンガの校舎が中庭を挟んでシンメトリーに配置されたヒューマンスケールのキャンパス空間である。立教大学はこの風景を歴史と伝統の象徴として保存・活用するとともに、それらと調和しながら先進性ある建物を計画することで、立教らしいキャンパス再整備を行っている。新しい建物のファサードを構成する素材は、伝統を継承するレンガ、躯体また仕上げとしてのコンクリート、アクティビティが透過されるガラスであり、これらが池袋キャンパスの新校舎のデザインコードとなっている。歴史と伝統を大切にすることで、自然に生まれたデザインコードは、歴史ある建物と新しい建物を結び付け、キャンパスとしての一体感を創り出している。

その中にある「ロイドホール」は、キャンパスに点在する学系図書館を統合した大学の中央図書館と学部研究施設とから成る伝統と革新の大型図書館として計画された（写真-1）。構造計画についての建築主要望を以下に示す。

- 1) 図書館としての視認性を確保するため、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。
- 2) 各居室に要求される荷重条件を満足しつつ、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



写真 - 1 全景写真

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。

ここではその設計と施工について報告する。

### 2. 建物概要

- 建設地：東京都豊島区西池袋3丁目34-1
- 主要用途：学校（図書館、学部関連施設他）
- 建築面積：3 227.04 m<sup>2</sup>
- 延床面積：20 644.36 m<sup>2</sup>



\*1 Hiroaki HARADA

(株)日建設計  
構造設計技師長



\*2 Hiroaki MURAKAMI

(株)日建設計  
構造設計主管



\*3 Takayuki NOGUCHI

清水建設(株)  
作業所長



\*4 Isao MINAMI

(株)建研  
東京支店 設計部

○特集／工事報告○

- ・階 数：地上7階地下2階塔屋1階
- ・最高高さ、軒高：32.1 m, 26.6 m
- ・構 造：鉄骨鉄筋コンクリート造，プレキャストプレストレストコンクリート造（床版，梁，間柱）
- ・基 礎：直接基礎（ベタ基礎）
- ・架 構：耐震壁付き柱梁ラーメン架構
- ・工 期：2010.8～2012.7（24ヵ月）
- ・施 工：清水建設（株），（株）建研（PC工事）



写真 - 2 外観写真

### 3. 建築計画

本建物は、地下2階、地上7階、延床面積2万m<sup>2</sup>を超える、キャンパスで最大規模となる建物であり、キャンパスに点在する学系図書館を統合した、収蔵可能冊数200万冊、閲覧席数1520席を有する大型図書館である。

地下2階は集密書庫，地下1階～地上3階までは図書館機能として計画されている。4～7階は小部屋の研究室を主な用途としている。隣接する既存12号館とは、地下と地上でEXP.Jを介して接続させ、一体建築として利用できるように計画した。既存12号館とは建物高さを合せ、前

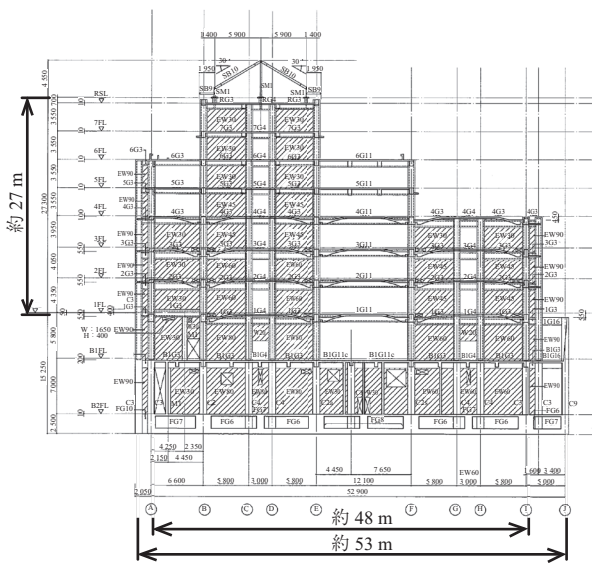


図 - 1 軸組図（南北断面）

面道路とキャンパスに対し連続したスカイラインを形成し、キャンパス内において圧迫感なく存在させるため、ボリュームを分節化し、高層部をセットバックした立面構成とした。

### 4. 構造計画

#### 4.1 構造計画概要

ロイドホールは、建物に作用する外力に対して十分な耐力と剛性と粘り強さをもつ鉄骨鉄筋コンクリート構造として計画した。架構形式は耐震壁付き柱梁ラーメン架構とした。

建物の低層部分（B2階～3階）を占める図書館部分は、明快なゾーニング計画を行うことにより、建築計画に合わせてRC耐震壁コアを建物の四隅に集約配置し、効率良く地震力に抵抗させる計画とした。平面計画においてRC耐震壁コアを建物の四隅に集約配置することで、図書館フロアは視界を遮る壁のない大きな一室空間（約48×40m）として計画した。

研究室等の小部屋が配置された4階以上の高層部分は、建物の東西に計画されたエレベータ・階段・設備機械室部分を有効に活用してRC耐震壁を集約配置し、地震力に抵抗する計画とした。

重荷重ゾーンが多い図書館フロアでは、強度と剛性に優れたプレキャストプレストレストコンクリート床版（以下、PC床版）を最大スパン14.6mで使用し、フレキシビリティの高い大空間を実現した。かぎられた階高で豊かな空間を実現するため、PC床版は天井仕上げを極力なくして現しで見せる計画とし、力学合理性や施工性、経済性、意匠性、設備機能性に配慮した躯体として計画した（図 - 1, 2）。

#### 4.2 耐震設計方針

耐震設計は「ルート3」（静的増分解析で保有水平耐力を算出）とした。保有水平耐力はX方向で $D_s = 0.45$ 、Y方向で $D_s = 0.5$ を確保し、重要度係数として1.25倍を別

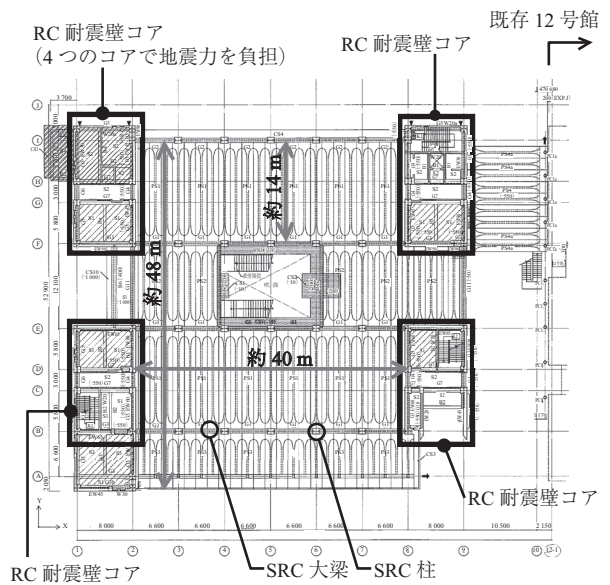


図 - 2 床梁伏図（2階）

途考慮して十分な耐力を確保する設計とした。

表 - 1 に設計クライテリアを、表 - 2 に使用材料一覧を示す。

表 - 1 設計クライテリア

部材	長期荷重時	地震荷重時 (1次設計)	保有水平耐力時 (2次設計)
柱	許容応力度以下	許容応力度以下	曲げ終局耐力以下
大梁	許容応力度以下	許容応力度以下	曲げ終局耐力以下
耐震壁	許容応力度以下	許容応力度以下	終局せん断耐力以下

表 - 2 使用材料

部 材	コンクリート	鋼 材
SRC 柱	$F_c = 24 \sim 36 \text{ N/mm}^2$	SN490B
SRC 梁	$F_c = 24 \sim 36 \text{ N/mm}^2$	SN490B
耐震壁・床	$F_c = 24 \sim 36 \text{ N/mm}^2$	—
リブ付きハーフ PC 床版 (曲面床版)	$F_c = 50 \text{ N/mm}^2$	P C ケ ー ブ ル  SWPR7BL-15.2 $\phi$ SWPR19-19.3 $\phi$
PC 間柱	$F_c = 50 \text{ N/mm}^2$	
トッピング コンクリート	$F_c = 24 \text{ N/mm}^2$	—

### 4.3 部材設計

主架構の柱は  $900 \times 900 \text{ mm}$  および  $800 \times 1000 \text{ mm}$  の SRC 柱とした。低層階の SRC 大梁は、 $L = 14.6 \text{ m}$ ,  $12.1 \text{ m}$  の PC 床版を受ける X 方向大梁 (スパン  $6.6 \text{ m}$ ) を  $600 \times 950 \text{ mm}$  を基本断面とした。Y 方向大梁は PC 床版との納まり (下端合せ) に配慮し、X 方向大梁と同様に  $600 \times 950 \text{ mm}$  を基本断面とした。高層階の SRC 大梁は  $500 \times 750 \text{ mm}$  を基本断面とし、床は現場打ちコンクリートスラブ  $t = 150 \sim 180 \text{ mm}$  とした。RC 耐震壁は十分な剛性と耐力を確保するため地上部で最大  $650 \text{ mm}$  厚として計画した。

### 4.4 PCa 部材の設計

#### (1) 低層階曲面 PC 床版

図書館フロアである低層階の床には、船底型の曲面 PC 床版を用いて設計した。空間の広がりや配慮し大梁を極力なくし一体感のある空間として計画した (写真 - 3)。曲面 PC 床版は最大スパン  $14.6 \text{ m}$  で設計し、フレキシビリティの高い空間とした。限られた階高で豊かな空間を実現するため、PC 床版は天井仕上げを極力なくし現しで見せる計画とし、力学合理性や施工性、経済性、意匠性に配慮した躯体として計画した。

PC 床版は力学的には単純梁の構造であるため、応力に忠実となるように形状を決定した。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であり、端部はその逆であるため、その応力に忠実な形とすることで力の大きさを見せる形状とした。構造の力をそのまま表すと下に凸の形となるが、ここではその応用形とし PC 床版を上凸とした。上に凸の形状とすることで端部上端に空間を生み出し、その部分の床下を設備のダクトスペースとして有効



写真 - 3 曲面 PC 床版内観

に利用する計画とした。床版の下端は平坦 (フラット) で曲面の開口をくり抜いた特徴的な形態の構造体とした (図 - 3)。PC 床版の製作には曲面鋼製型枠を用い、現場打設のコンクリートでは表現しがたい造形的な曲面を有する形状として意匠性に配慮した。PC 床版の配置間隔 (幅) は書架の配置計画と施工性 (運搬性) から  $1650 \text{ mm}$  で計画した。以上の工夫により、意匠・構造・設備に配慮した三位一体の計画とした。

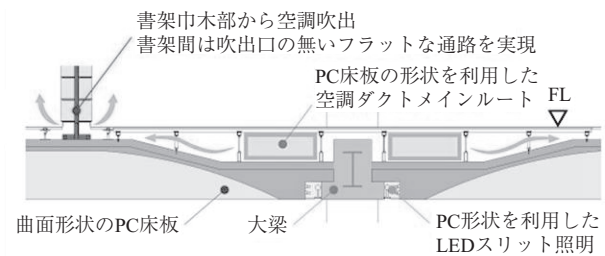


図 - 3 曲面 PC 床版システム概念図

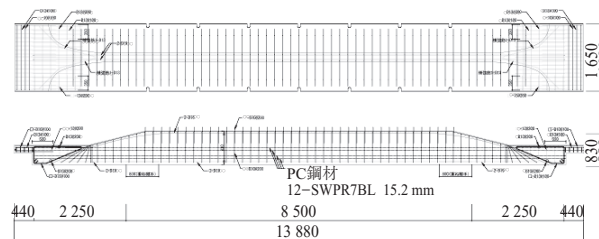


図 - 4 曲面 PC 床版詳細図

#### (2) 梁一体型曲面 PC 床版

南側ファサード部の床版には庇梁一体型の曲面 PC 床版を計画した。南側に位置するキャンパスに向けて開放的な内部空間とするため、外部に向かって床版先端を絞った形状とした。また、外部に面する柱梁は偏平にして開口面に開放感をもたせた。床版先端には矩形断面を作り、床版を架設後に PC 鋼材による横締め現場緊張により一体化させて偏平梁 (幅  $500 \text{ mm} \times$  せい  $400 \text{ mm}$ ) を形成した。その偏平梁の支持として PCa 間柱 ( $300 \times 450 \text{ mm}$ ) を  $3300 \text{ mm}$  ピッチで配置し、 $1650 \text{ mm}$  幅の床版をひとつおきに支

○ 特集 / 工事報告 ○

持させ、開口面の柱の数を極力減らす計画として、開口面の開放性に配慮した。

図 - 5 に曲面 PC 床版のシステム図を、内観写真を写真 - 4 に示す。

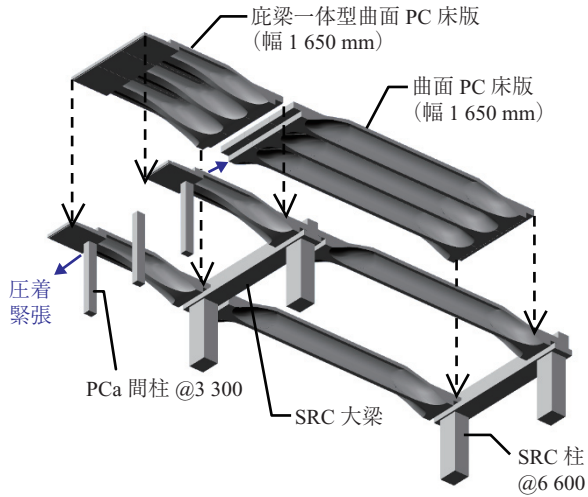


図 - 5 梁一体型曲面 PC 床版システム図



写真 - 4 梁一体型曲面 PC 床版

(3) エントランス部 r 型曲面 PC 床版

2 層吹抜けの豊かな空間が特徴的な「ラーニング・スクウェア」と呼ばれるエントランスホール部には、採光計画・照明計画および空調計画に配慮した形状として、長さ 11.5 m の r 型の曲面 PC 床版を計画した。

北向きのハイサイドライトから入る光が PC 曲面を柔らかな光で照らすように、天空光の取り入れができる形状とした。さらに、PC 床版のリップ下端に LED 照明を埋め込む計画とした。また、r 型 PC 上部の屋根は太陽熱集熱装置として利用し、太陽光により暖められた空気を空調機に導入することで冬期の空調負荷の低減を図った (図 - 6)。PC 床版端部には、ケーブルを現場で配線・緊張して端部に梁型を一体形成し、床版を支持する PC 柱を集約的に配置することで、エントランスホールのフレキシビリティ性に配慮した。PC 柱は幅 210 mm × 奥行 420 mm の十字型形状とし、PCa ならではのコンパクトな大きさとした (写真 - 5)。

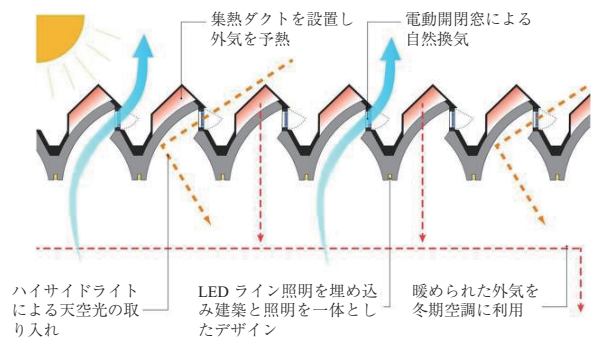


図 - 6 エントランス部 r 型曲面 PC 床版システム図



写真 - 5 エントランス部 r 型曲面 PC 床版

5. 施工概要

5.1 PCa 部材の製作

PCa 部材は (株) 建研の管理のもと協力工場である昭和コンクリート工業 (株) 新潟工場において製作した。

PCa 部材としては曲面床版、柱、ラーニング・スクウェア吹抜け部の r 型屋根版とマリオン柱、階段版である。各部材の数量、サイズ等を表 - 3 に示す。総容量は約 2 060 m<sup>3</sup>、総重量として約 5 150 t で製作期間は型枠製作を含め 10 ヶ月である。

表 - 3 製作部材数量表

種別	板名	数量	サイズ (mm)	重量 (t)
床版	PS 1	184P	1 650 × 14 000	15.6
	PS 2	82P	1 650 × 11 500	12.8
	PS 2a	2P	1 650 × 11 500	12.8
	PS 2b	2P	1 650 × 3 800	4.5
	PS 3	72P	1 650 × 8 100	8.0
	PS 4	9P	1 650 × 11 500	11.2
柱	PS 5	9P	1 650 × 11 500	10.5
	PS 6	13P	1 650 × 11 500	24.8
	PC 6	60P	300 × 450 × 3 890	1.25
	PC 1	5P	420 × 420 × 7 260	2.35
階段	1PC 1a	4P	420 × 420 × 3 210	1.05
	2PC 1a	4P	420 × 420 × 3 290	1.15
	PB 1	25P	幅 1 350	0.18
	PB 2	2P	幅 1 350	0.90

① PCa 曲面床版の製造

PCa 床版のうち PS 1, 2 および PS 4, 5 は端部の曲面フォームが特徴的な ST 版である。ST 版はリブに PC 鋼材を直線配線したプレテンション部材である。

今回採用された形状は先に建設された立教大学新座キャンパスに採用したデザインを踏襲し、それを進化させた 3D 曲面をなしており、そのフォームはまず石膏模型で表現された（写真 - 6）。製造に先立ち、PS 1 および PS 3 のモックアップを作成し、形状、色合いや夜間での照明設備を取り付けての陰影の確認を行った（写真 - 7）。

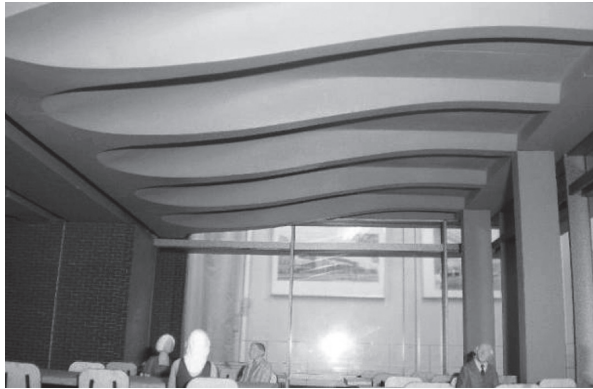


写真 - 6 石膏による模型 (PS 3)



写真 - 7 モックアップ

先端庇と端部曲線部からなる PS 3 のみはカーブに沿ってアンボンド PC 鋼材（工場緊張）によりプレストレスを導入した（図 - 7）。

PS 1 ~ 5 の端部曲面を実現するための型枠は溶接部のひずみを補強するために写真 - 8 下のようによくリブプレートで補強した。この鉄板型枠の製作は 3D 曲面のため造船技術を利用して行った。

② PCa マリオン柱の製造

PS 6 を支持する間柱 PC 1・PC 1a は十字型の断面をして

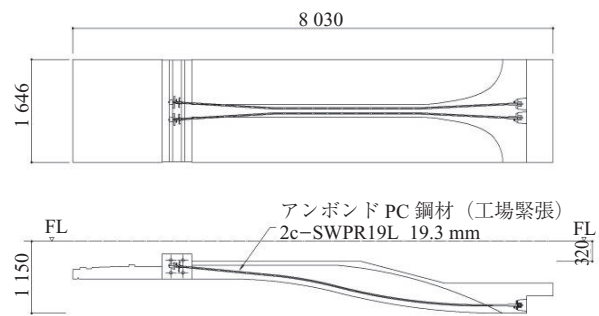


図 - 7 PS 3 形状図

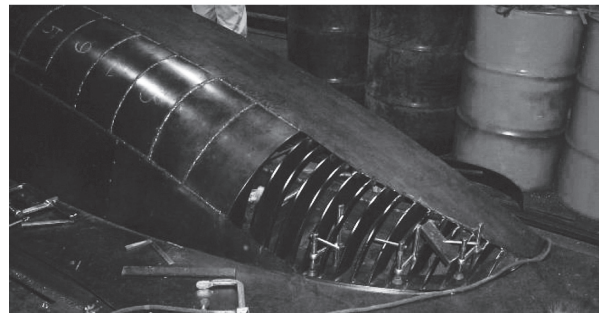
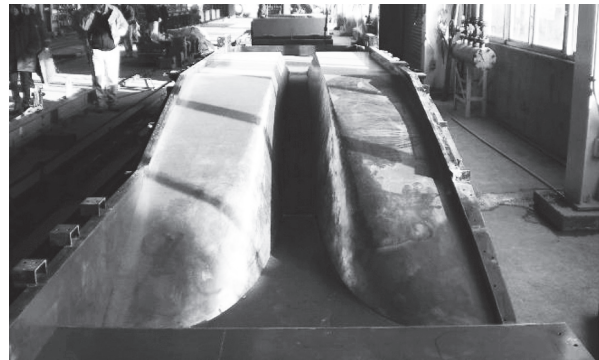


写真 - 8 床版端部型枠

おり、凸部分の 4 面には削り出しによる表面仕上げを施した（写真 - 9）。



写真 - 9 十字型マリオン柱

③ r 型屋根 PCa 版の製造

PS 6 はラーニング・スクウェアと呼ばれるエントランス部の屋根板で、版 - 版間に天窗を設けた r 型形状が特徴的な曲面 PC 床版である。製造時の配筋写真を写真 - 10 に、断面形状を図 - 8 に示す。

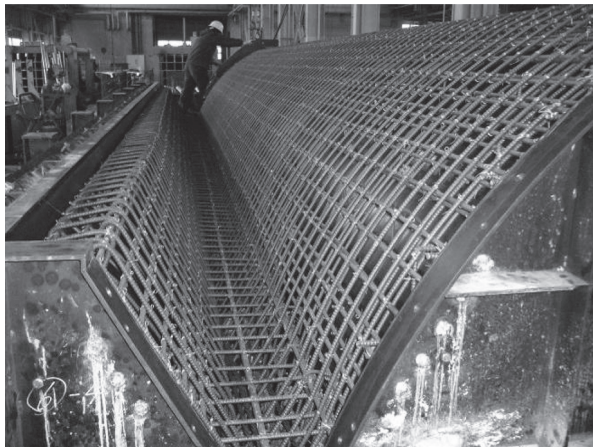


写真 - 10 PS6 配筋状況

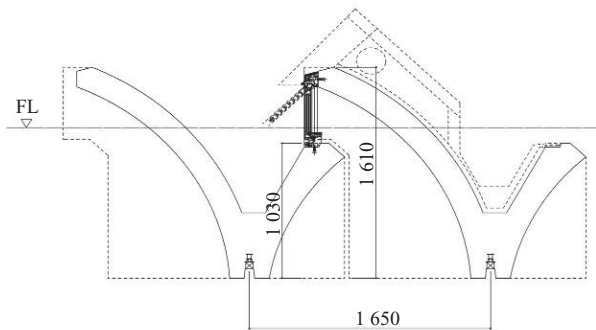


図 - 8 PS6 形状図

5.2 全体工程

総合工程表を表 - 4 に示す。工期は2010年8月から

2012年7月の2年間である。PCa部材のモックアップ型枠製造が2011年2月であり、平行して製造が進行し、最終版の製造が2011年12月はじめである。

5.3 PCa部材運搬計画

PCa部材はコンクリート素地仕上げであるため、出荷前に色むらをなくすこととストック時や運搬時の汚れ防止を兼ねて乳濁色の撥水剤塗布による仕上げを施した。

運搬には低床トレーラーを用い、床版の台車への固縛位置は、ストック時の支持点と同様とし、固定クッション材(白ゴム等)で養生し、色写りが生じないようにした。荷姿図を図 - 9 に示す。

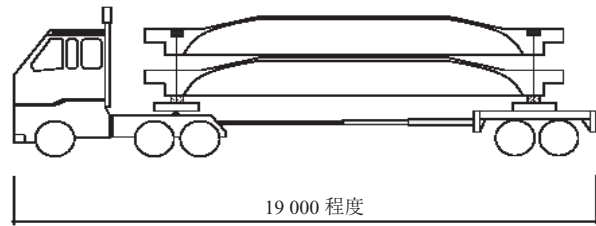


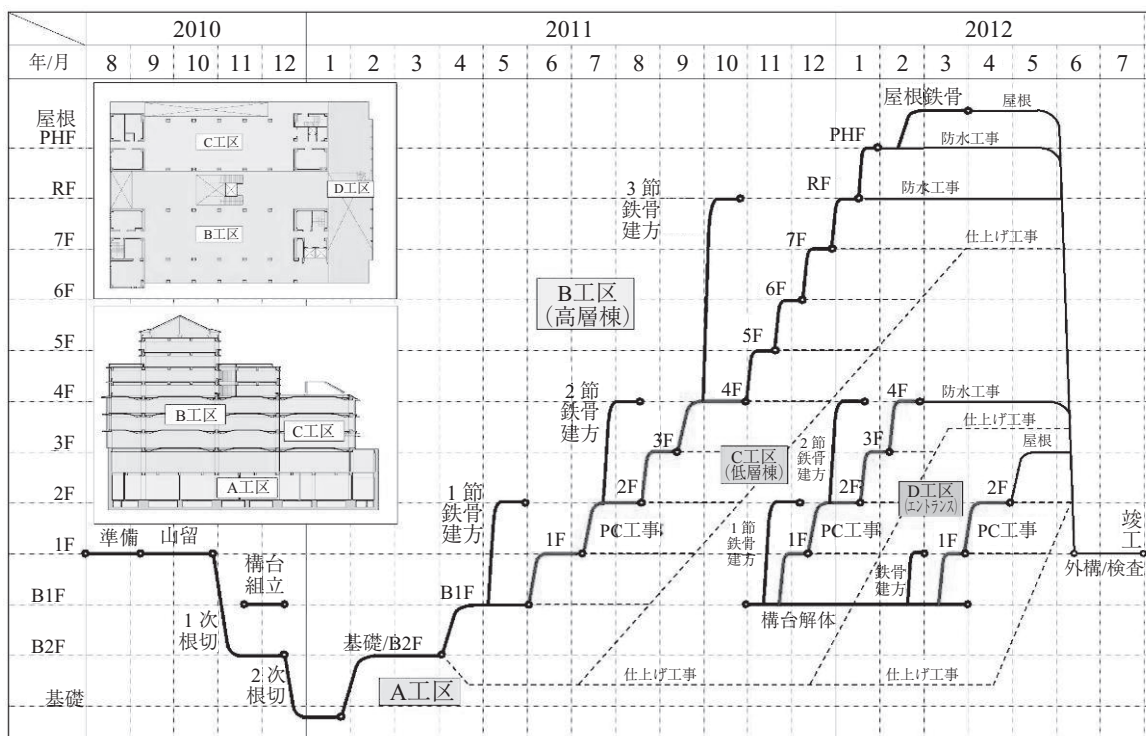
図 - 9 運搬荷姿図

5.4 PCa床版架設計画 (B, C 工区)

PCa部材の架設は平面的に工区割りをし、吹抜け部を上手く利用したクローラークレーンでの配置計画とした。クレーンの作業半径検討図を図 - 10 に、PCa床版の架設要領図を図 - 11 に、床版架設の全景を写真 - 13 に示す。

SRC柱梁の施工にはレベル施工精度を上げるVH工法(水平鉛直分離工法)を採用した。PCa床版を受ける梁アゴレベルでコンクリートを打ち止め、カップリングをかけ

表 - 4 総合工程表



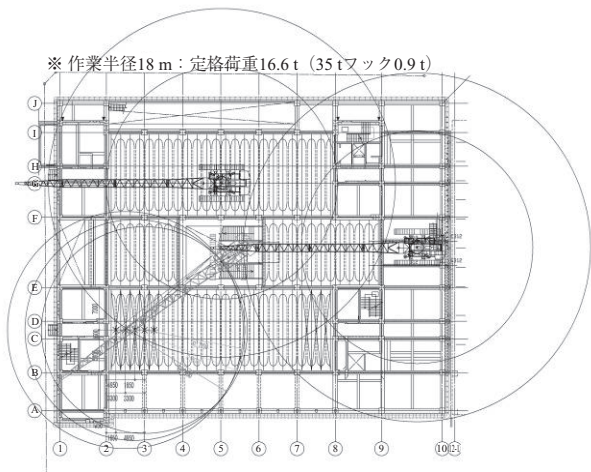


図 - 10 作業半径検討図

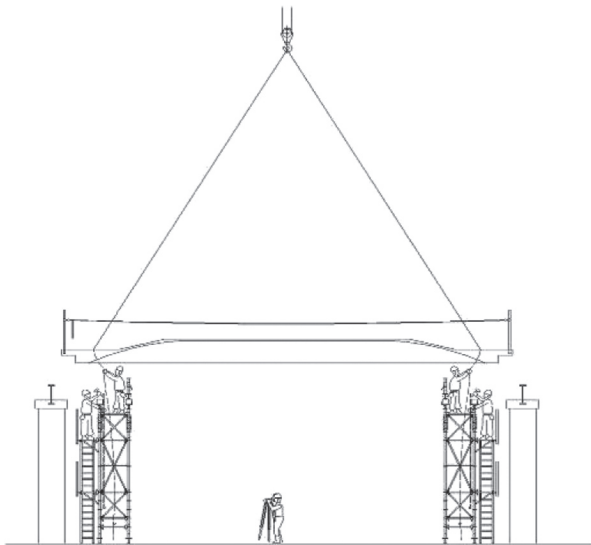


図 - 11 PS1の架設要領図

てレベル調整を綿密に行った上に幅 170 mm、厚さ 3 mm の CR 系ゴムパッキンを敷き並べた（写真 - 11）。水平位置・レベルの許容値は± 3 mm とした。

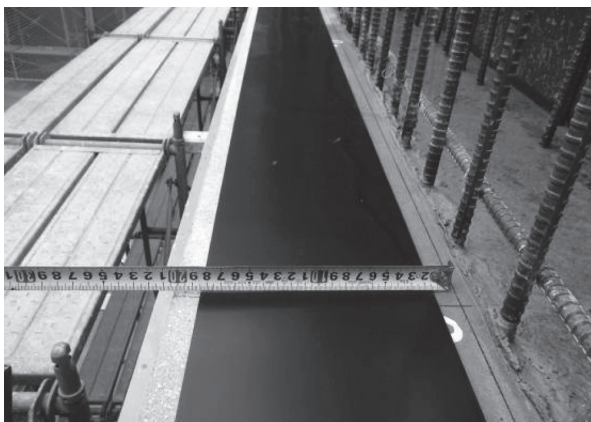


写真 - 11 SRC 梁アゴ部

支保工計画においては、工期短縮の目的もかねて ST システム支保工（四角塔式支保工）を採用した。写真 - 12 に示すが、クレーンによる移動が可能で重荷重に対応しスパンがとばせるため作業スペースが広く取れる。

### 5.5 PCa 柱建方計画（B 工区）

PCa 柱の建方精度においては XY 位置 ± 3 mm、倒れ 4 mm 以内を目標とした。写真 - 14 に示す PCa 柱（PC6）



写真 - 12 ST システム支保工

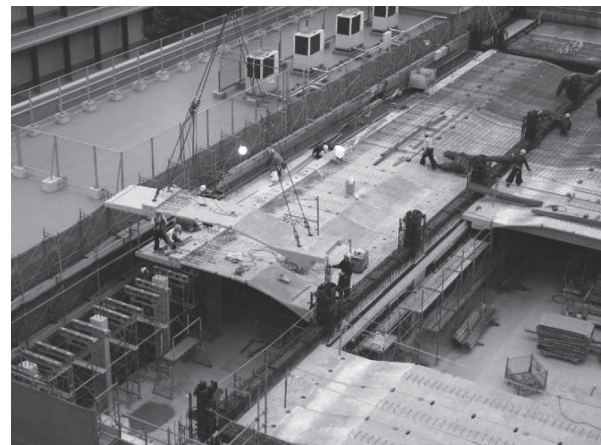


写真 - 13 B 工区 PS1, PS3 架設全景



写真 - 14 PC6 建方

## ○特集／工事報告○

は、庇付きのPS3床版を受ける間柱であり、柱脚部でモルタル充填式鉄筋継手により接合される。このPC6柱上にセットされるPS3の矩形部は最終PC鋼材による横締め現場緊張により、一体化され梁を形成する。PC6とPS3の取合い図を図-12に、PS3の横締め現場緊張の写真を(写真-16)に示す。

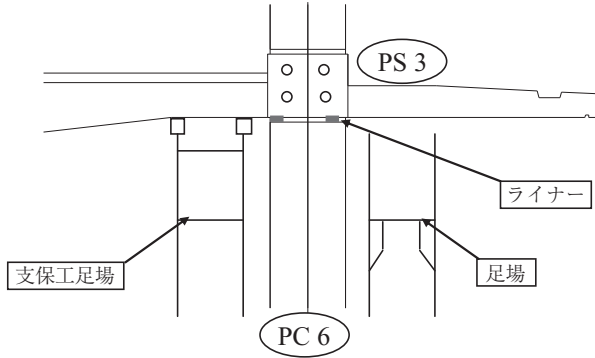


図 - 12 PC6-PS3取合い

### 5.6 ラーニング・スクウェア建方計画 (D工区)

平面計画上最終工区となるD工区は既存建物と新築建物の接合部分であり、この2層吹抜け部のr型屋根版の架設は奥から順に建て逃げ方式により行った(写真-15)。

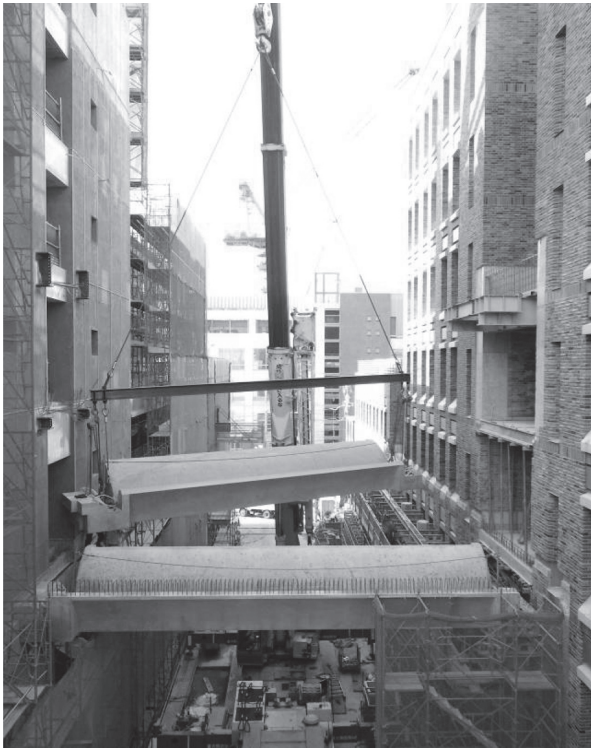


写真 - 15 PS6建方

### 5.7 エントランスPCa板階段の施工

エントランスホール正面のPCa板の階段の建方はミニクレーンにより行った。写真-17に架設状況を示す。

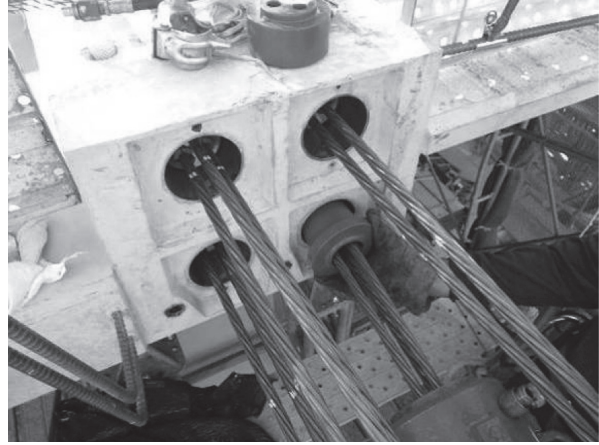


写真 - 16 PS3現場緊張



写真 - 17 PCa階段の建方

## 6. おわりに

本建物ではPC床版を力学合理性や施工性だけでなく、意匠性や設備機能に配慮した躯体として計画し、かぎられた階高で豊かな空間を実現した。

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。

【2013年5月24日受付】