



特 集

建築特集

【企画趣旨】

本号は、毎年恒例の建築特集号で、主にプレストレスを使用した建築物に関する報告等で構成しております。建築におけるプレストレスの利用率は鉄筋コンクリート造や鉄骨造に比べると高いとはいえません。

毎年この4号の建築の特集を通じて、建築におけるプレストレスの適用例を紹介することにより、より一層多くの方々にプレストレスの有用性をご理解いただき、建築分野でのプレストレス技術の進歩に役立つことを期待しております。

本特集号 担当編集委員

上原富士夫・川西泰一郎・妹尾 正和
高津比呂人・辻 裕治

東北薬科大学教育研究棟の設計・施工

— 2棟のPCaPC造架構をブリッジで連結した免震構造 —

中西 規夫 *1 ・ 鳥井 信吾 *2 ・ 佐藤 光彦 *3 ・ 大井 紀一 *4

1. はじめに

東北薬科大学は創立70周年にあたる2009年9月の全体完成を目指して、仙台市内の既存キャンパスを1～3期工事に分けて全面的に建替えるを行う。教育研究棟は、新キャンパス整備計画の第1期工事として行われる7棟の新築工事のうちの1棟である。

新キャンパス整備計画の基本方針として、将来の教育・研究環境の変化に柔軟に対応できる高いフレキシビリティを備えた長寿命建築であることがテーマのひとつである。それを実現させるために、本建物で構造計画上配慮した項目を下記に挙げる。

- 1) 免震構造による優れた耐震安全性の確保
- 2) PCaPC 構造の採用により、長スパンを純ラーメン架構で実現し、実験・研究関連施設の高いフレキシビリティを確保
- 3) PCaPC 構造の採用により、薬科大学の実験研究の妨げとなる微振動を抑制し高い居住性を長スパン構造において確保
- 4) PCaPC 構造の採用により、躯体の高い耐久性を確保し、建物の長寿命化を実現

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：宮城県仙台市青葉区小松島4-4-1
 主要用途：大学
 建築面積：3186 m²
 延床面積：22412 m²
 階数：地下1階，地上10階，塔屋2階
 最高高さ：GL + 51.25 m
 構造：プレキャストプレストレストコンクリート

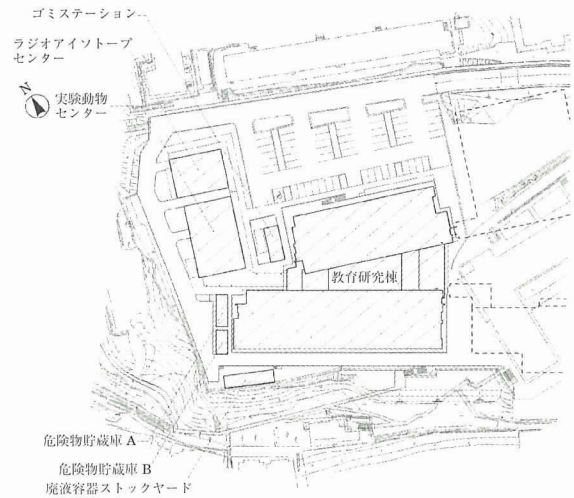
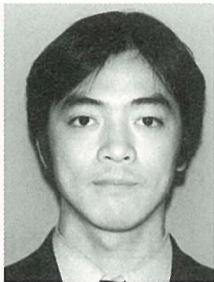


図-1 配置図



写真-1 教育研究棟 全景写真



*1 Norio NAKANISHI

(株)日建設計 構造設計室



*2 Shingo TORII

(株)日建設計 構造設計室長



*3 Mitsuhiro SATOH

清水・阿部建設工事
共同企業体 所長



*4 Norikazu OOI

(株)ピーエス三菱 東北支店

ト造・一部鉄骨造（基礎免震構造）

基礎：直接基礎

架構形式：純ラーメン架構

工期：2004年6月～2006年2月

設計・監理：日建設計

施工：清水・阿部建設工事共同企業体（建築工事）

ピーエス三菱（PC施工）

3. 建築計画概要

教育研究棟は、6階建ての北棟・10階建ての南棟から構成されており、V字形に配置された2棟がブリッジによって繋がれて、アトリウムを囲む平面計画としている。

主な用途は地下には新キャンパス全体のための電気室や機械室などを、低層では実習室を、4～10階に実験室・研究室を配置している。

南北面の長辺方向の外壁には設備機器置き場と緊急避難にも使える庇兼用のバルコニーを計画している。

外装はプレキャストコンクリートの庇やリブ、落ち着いた色調のタイル、排気ダクトの目隠しとなるセラミックルーバーを組み合わせて、伝統ある大学に相応しい風格と未来を感じさせる軽やかさを併せもったイメージを表現した。

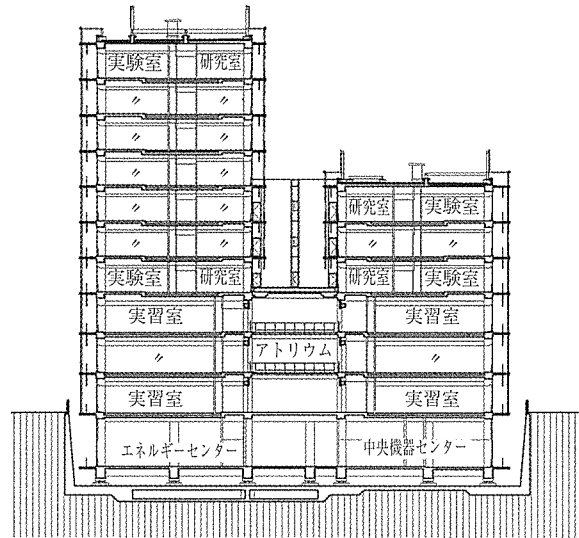


図-4 断面図

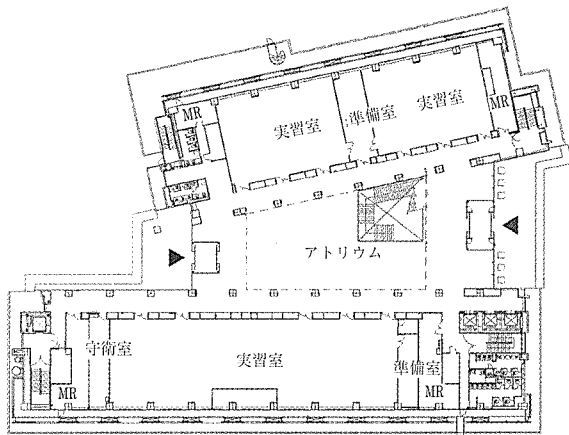


図-2 1階平面図



写真-2 外装 セラミックルーバー

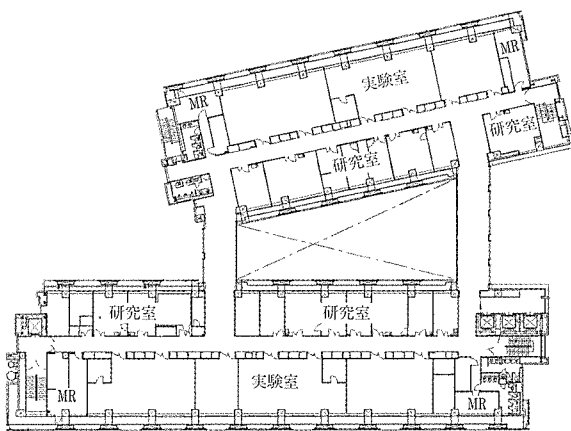


図-3 4～6階平面図



写真-3 アトリウム



写真 - 4 化学系実習室

4. 構造計画概要

4.1 全体構造計画概要

本建物は、地上 10 階、地下 1 階の基礎免震の学校建築であり、学内の薬学系の実験・研究施設を中心として配置された建物である。構造計画上、大地震後も建物機能を維持し、人命だけでなく実験機器や家具・備品についても地震被害から守ることにとくに配慮し、免震構造を採用している。

また、設計上のコンセプトとして「長寿命」をテーマとしており、構造計画上も耐久性・居住性・更新性を確保するため、プレキャストプレストレストコンクリート造を 1 階以上の主体構造の構造種別に採用している。

建物の構成として、免震層は地下 1 階下に基礎免震として計画されており、地下 1 階と 1 階の床までは全体の範囲を一体とした現場打ち鉄筋コンクリート造として計画している。

2 階以上では、10 階建て部分の南棟と、6 階建て部分の北棟が 2 箇所のブリッジで 2 階レベルから 7 階レベルまで各階で繋がれていて全体を一体化する構造計画としており、ブリッジと南棟・北棟とで囲まれた範囲はアトリウムとし、その屋根は 4 階レベルに設けられている。

平面形状は、スパン方向が 16.5 m で 1 スパン、桁行方向が 6.0 m で、10 階建て部分は 12 スパン（長さ 72 m）、6 階建て部分は 10 スパン（長さ 60 m）であり、階段室・EV などのコア部は建物の東西端部に計画されている。

階高は、機械室等の地下 1 階が 6.0 m、主に実験室のある 1, 2, 3 階が 4.5 m、主に研究室のある 4 ~ 10 階が 4.0 m である。

4.2 基礎計画

基礎地業は直接基礎（べた基礎）とし、SGL - 9.70 m の砂岩・泥岩層で荷重支持する計画とし、免震構造である上部構造の基礎として十分な剛性と耐力を有するように計画した。

4.3 免震層の計画

免震層は地下 1 階床梁下に設け、建物全体を一体として支持するように計画した。

支承材は、柱直下に 1 基ずつ、低弾性仕様の天然ゴム系

積層ゴムアイソレータまたは、弾性すべり支承を配置している。弾性すべり支承は地下 1 階のみに設けるスパン方向の中間位置での柱位置に設け、免震層の長周期化も目的として計画した。

減衰材の配置は、免震層のねじれを考慮し、かつ引抜力が生じない部分に計画した。減衰材には、履歴系のエネルギー吸収部材である鋼製 U 型ダンパーと、鉛ダンパーを採用した。

免震層では、初期状態、大変形時においても、偏心率が小さくなるように、積層ゴム支承の剛心、各ダンパーの剛心が上層階の重心とできるだけ一致し、免震層のねじれ変形を抑えるように各免震部材を配置した。

4.4 地上部の架構計画

架構計画としては、X 方向（長辺方向）・Y 方向（短辺方向）ともに耐震間柱を有した純ラーメン架構とする。地下 1 階についてはバランスよく耐震壁を配置している。

主要構造部材は、大地震（きわめてまれに発生する地震）に対して短期許容応力度以内にとどまる設計とする。

各架構におけるせん断力の負担率は局所的に過大になら

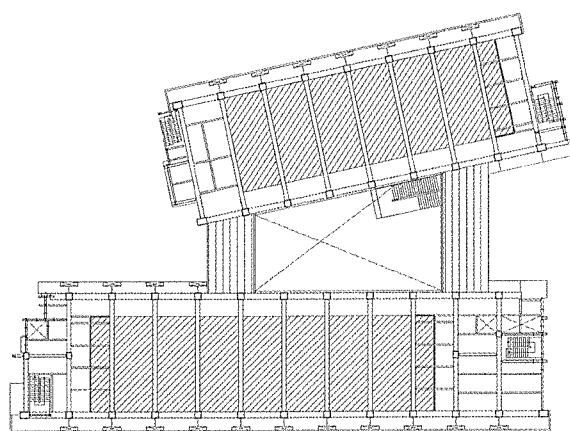


図 - 5 3 階床梁伏図

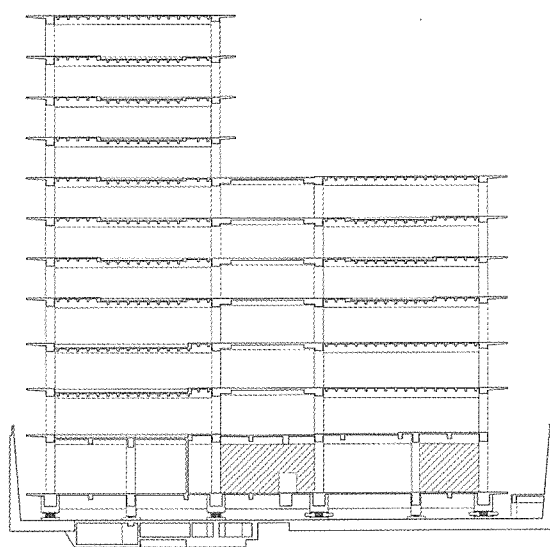


図 - 6 軸組図

ないようにし、また建物がねじれないようにバランスに留意した設計とした。

ブリッジは南棟と北棟を構造的に一体化させる計画とし、大地震に対して短期許容応力度以内にとどまる設計とした。

4.5 柱・梁の部材設計

本建物のメインフレームは、柱～柱を PC 鋼棒、柱～梁を PC 鋼より線により圧着接合とするプレキャストプレストレストコンクリート造となっている。

柱は1階から最上階まで同一断面の 900 mm × 900 mm、PC 鋼材を 8-32 φ とした。梁は建物の桁行方向をすべて 800 mm × 600 mm、スパン方向を 600 mm × 900 mm、PC 鋼材を 4C-9-12.7 mm ~ 4C-12-12.7 mm とした。

常時荷重に対しては、柱梁および柱梁の圧着接合部に引張応力度を生じさせないフルプレストレスとした。ただし梁中央はパーシャルプレストレスとして設計した。

地震荷重に対しては、ひび割れを考慮した非線形漸増荷重解析の結果が設定された目標性能を満足することを確認した。

部材の耐力余裕度については、柱の曲げ耐力の割増は梁の曲げ降伏耐力の 1.5 倍以上として梁降伏先行型のメカニズムを維持させた。柱のせん断耐力の割増は架構の保有耐力時におけるせん断力の 1.3 倍とし、梁のせん断耐力は両端曲げ降伏時のせん断力の 1.3 倍とした。圧着接合部のずれせん断力に対する割増は、母材のせん断耐力割増と同様に 1.3 倍とした。

また、南棟と北棟を繋ぐブリッジにプレテンション PC 版を採用し、その端部を PC 鋼棒により圧着接合し、メインフレームと連結している。



写真-5 長辺方向スラブ段差 (鉄骨+デッキプレート)

4.6 床版・ブリッジの部材設計

床版はプレテンション方式 PCaPC 版とトップコンクリートとの PC 合成床版を採用し、一部建物長辺方向にスラブ段差がある部分に関しては、鉄骨梁とデッキプレートによる現場打ち段差スラブとしている。

スパン中間部のスラブ段差は PC 梁の支承部分を欠き込み、段差を付ける方法で対応した。

実験・研究関連施設のため、給排水、空調設備や電気設

備用の開口、スリーブ、インサート等の種別が多く、部材製作には労を要したが、製作工場の尽力もあり対応することができた。バルコニーはハーフ PCaPC バルコニー版として工場製作され、トップコンクリートで躯体に定着されている。

南棟と北棟を繋ぐ東西 2 箇所ブリッジに ST 形状のプレテンション PC 版が採用されている。

南棟と北棟は並列ではなく、南棟に対し北棟は 12 度の角

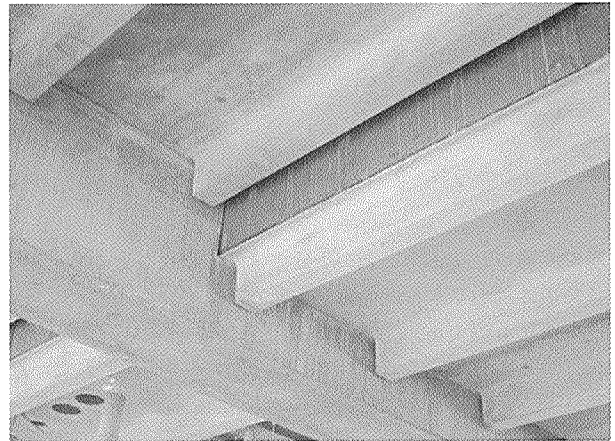


写真-6 スパン方向スラブ段差 (PCaPC)



写真-7 スラブ段差 (トップコン打設完了後)



写真-8 ブリッジ連結部

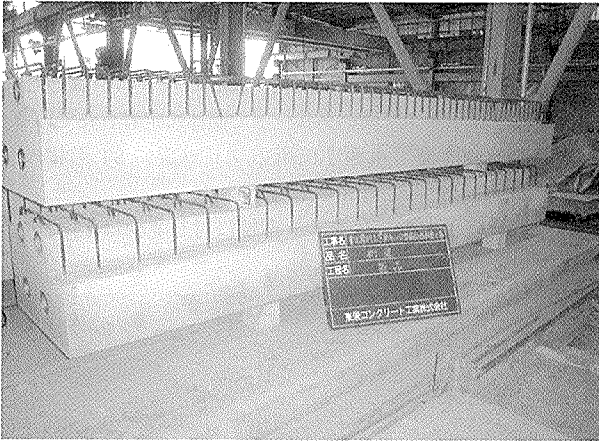


写真 - 9 PCa 桁梁ストック状況

度で配置されており、PC版がすべて違う長さとなるため、各長さに対応できる型枠を製作した。

東西とも幅1mの版を4P使用し、トップコンクリートを打設して合成することで床幅4mのブリッジとした。端部はPC鋼棒で躯体と接合し、南棟と北棟を構造的に接合した。

4.7 アトリウム屋根・階段の設計

南棟と北棟間のアトリウム最上部（4階）屋根にST形状のPC屋根版が採用されている。

PC版とPC版の間に採光のためのガラスブロックが設置されるが、PC版はプレテンション方式のため、部材たわみ量の違いによる目違い、ガラスブロックの納まりをあらかじめ検討する必要がある。部材長さの違い別に検討を行い、工場での緊張力を調整する作業は製作が煩雑となるため、PC鋼材の本数を調整して所定の導入力を確保し、隣合う部材のたわみ量差を最小とする検討を行った。

アトリウム鉄骨階段は、北棟PC柱に踊り場部分の鉄骨片持ち梁を圧着する構造として計画した。

PC柱にあらかじめ貫通孔を設けておき、部材搬入時にガ

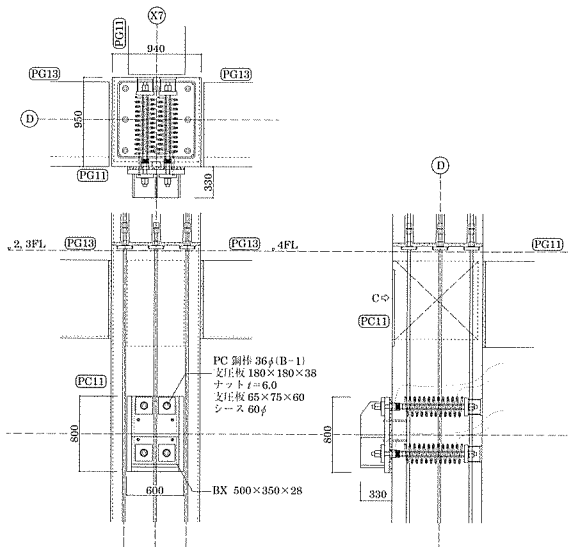


図 - 7 アトリウム階段支持部 PC 柱詳細

セットプレートをPC鋼棒で圧着してから柱の架設を行った。

5. 施工概要

5.1 工程計画

工程計画における特徴として、200tクローラークレーン2台での組立作業は、各棟とも両側からクレーン作業を行うため、両棟中間の地下階RC造を補強し、地下躯体上にクレーンを設置し、作業半径を確保した。

南棟工程をクリティカルに考え、架設作業が効率的に施工できるように、北棟および他業種（仮設・鉄骨・カーテンウォール）を含めた施工サイクルを3次元CADで作成し、クレーンでの架設作業が南棟16日・北棟13日サイクルにできるように、工程計画を行った。

構造体としてのPCa部材は柱・梁・合成床版と外部側はPCaバルコニーとなっている。このほかに各棟両端には鉄骨梁・デッキスラブの区間があり、これらを基本としてサイクル工程を組んだ。また、両妻側は仕上げ用の外壁PCカーテンウォールが配置されているため、3階より上階部分では随時基本サイクルにこれを加えながら工程計画を進めていった。

5.2 PCa部材の製作

部材製作にあたり、部材ごとの色合いを極力合わせるため、全製作工場でセメントメーカーを統一した。骨材は各製作工場ごととした。

打放し仕上げとなる見えがかり部材（ブリッジ・屋根版・桁梁・バルコニー版）については、型枠治具を利用して鉄筋位置を固定する方法で鉄筋スペーサーの数をできるかぎり少なくするとともに、型枠面に接する底面を球状のモルタル製スペーサーにして表面を出にくくするなど、かぶり厚の確保と部材表面の見栄えに配慮した。

部材製作管理方法として各部材ごとに、型枠寸法検査、配筋完了時の中間チェック、部材脱型後の製品検査、部材受入れ検査を1枚で行えるチェックシートを作成して各製造段階ごとのチェックを行うことで、不具合部材を出さないように部材製作管理を行った。

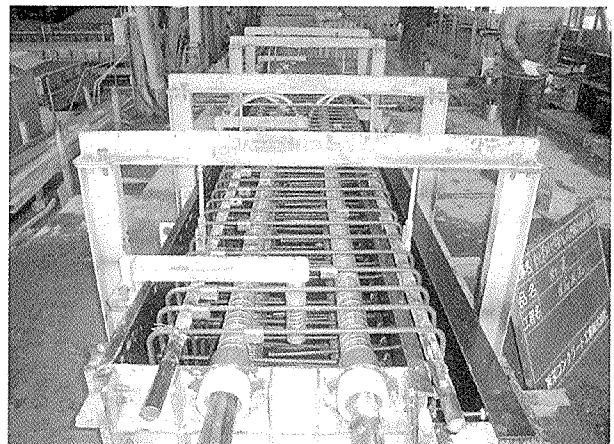


写真 - 10 PC 梁製作状況 鉄筋吊り治具

5.3 PCaPC 部材の組立て工程

PCaPC 部材の組立て工程の概要を写真 - 11 から写真 - 16 に示す。



写真 - 11 地下 1 階 PC 鋼棒 取付け状況

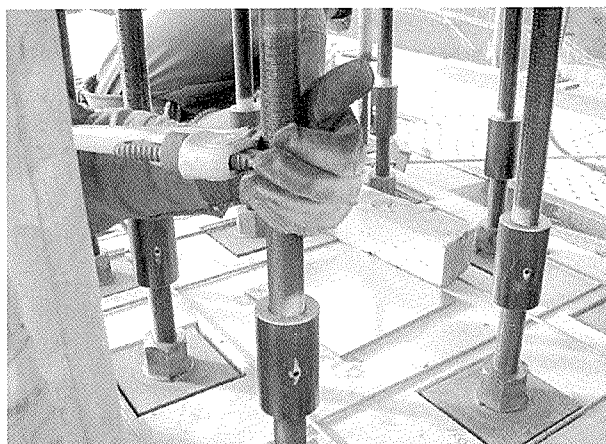


写真 - 12 PC 鋼棒カップリング確認状況



写真 - 13 PCa 柱建起し状況



写真 - 14 PCa 梁架設状況 (スパン梁)



写真 - 15 PCa バルコニー版搬入状況



写真 - 16 PCa 合成床版架設状況

5.4 PCaPC 部材の建て方・品質管理

1) 柱

地下階 RC 部分にアンカー PC 鋼棒を埋設し、1 層 1 節とした PCa 柱を PC 鋼棒にて各節で接続して圧着していくため、PC 鋼棒接続の管理として締め込み、余長の確認のほか、ネジ部にあらかじめマーキングしておき接続部で目視できるように 2 重に確認していくことでカップリング不足が発生しないように施工した。

建入れは、調整担当者が手元で容易に確認できるようにレーザー機を採用し作業を行うことで精度確保を達成した。

また調整値は緊張による弾性変形を考慮した数値にて管理し、最終的に正規の位置で納まる値として調整を行った。

2) 梁

柱に鋼製の仮設ブラケットを取り付け支承し、PC ケーブルにて圧着後取り外した。

仮設ブラケットとともに柱部材架設前にあらかじめ梁の位置、高さ、PC ケーブル位置墨を柱部材に準備しておくことで両側 30 mm の目地での柱と梁の PC ケーブル位置の確認および梁位置の精度を確保した。

3) 床 版

合成床版は 0 目地で配置されており、PCa 梁によって支

持し、支承部の掛かりしろ 40 mm を管理し施工した。

4) バルコニー版

化粧部材であるため、製作、運搬、施工時に汚れや欠けが発生しないよう配慮が必要であった。

施工は支保工にて支承するため、支保工と部材の間に養生材を入れ、汚れを防止し、施工した。

5.5 アトリウム部屋根・ブリッジの施工

前項で述べたように南棟と北棟を結ぶ形で配置されており、そのスペースはクレーン作業を行うために必要であり南棟、北棟躯体完成後に複数階を同時に架設しクレーンセット位置を戻していく架け逃げの形で施工を行った。

両棟が平行でないため部材長がすべて変化すること、ブリッジ版は両棟と PC 鋼棒にて接続すること、アトリウム版は両棟の桁梁にピン・ローラー支承することもあり、精度が要求された。両棟の建物の精度を確認するために数回にわたって実測確認をしながら施工した。

5.6 外装 PC カーテンウォールの施工

外装のタイル打込み PC カーテンウォールの施工では、構造 PCa 部材の本緊張が完了した階より PC サイクル工程に組み入れ、取付けを同一クレーンで行った。

構造部材と PC カーテンウォールの施工図作成を平行して進め、施工順序および埋込ファスナーの納まりを検討し、PCaPC と複合した PC カーテンウォールとして、必要性能を確保した。



写真 - 17 2 階 スパン梁 2 次緊張状況



写真 - 19 2 階 東 庇版 搬入状況

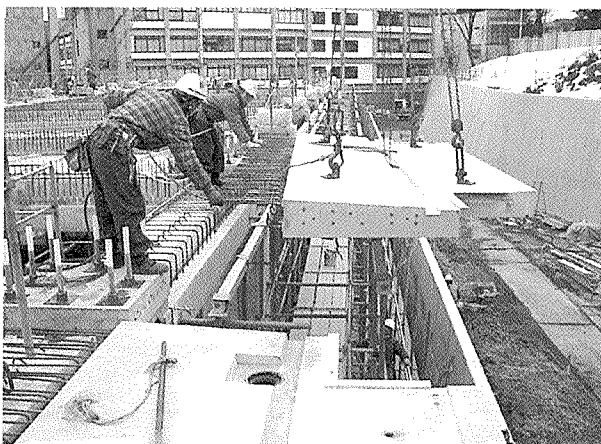


写真 - 18 バルコニー版 架設状況



写真 - 20 2 階 東 庇版 架設状況



写真 - 21 2階 東 底版 架設状況



写真 - 23 7階 ブリッジ版 タイロッド挿入状況

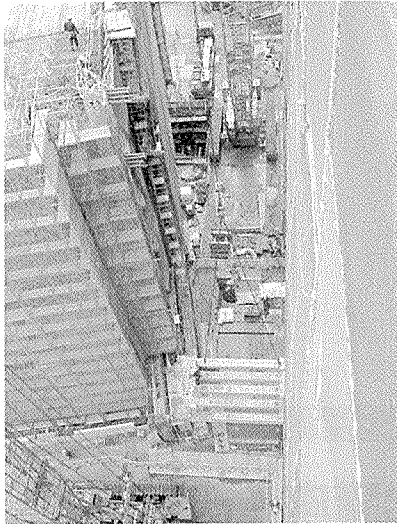


写真 - 22 2階 西 ブリッジ・底版 架設状況



写真 - 24 外装 PC カーテンウォール取付け状況

年月	2004						2005						2006										
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
学校行事		前期試験	オープンキャンパス		大学祭	就職説明会		大学入試センター試験	一般入試試験	薬剤師試験	学位記授与式	就職説明会			前期試験	オープンキャンパス		大学祭	就職説明会		大学入試センター試験	一般入試試験	学位記授与式
項目	着工			躯体工事着手				PC工事着手								躯体工事完了			受電				竣工引渡し
部位																							
高層南棟	RF															RF鉄骨			外装仕上げ				
	10F															10F 躯体							
	9F															9F 躯体							
	8F															8F 躯体							
	7F															7F 躯体							
	6F															6F 躯体							
	5F															5F 躯体			内装仕上げ				
	4F															4F 躯体							
	3F															3F 躯体							
	2F															2F 躯体			空調・電気・衛生工事				
	1F		山留・土工事													1F 躯体							
	B1F				地下躯体(免震装置)																		
高層北棟	PHF															RF鉄骨			外装仕上げ				
	6F															6F 躯体							
	5F															5F 躯体							
	4F															4F 躯体							
	3F															3F 躯体			内装仕上げ				
	2F															2F 躯体							
	1F		山留・土工事													1F 躯体			空調・電気・衛生工事				
	B1F				地下躯体(免震装置)																		

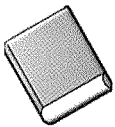
図 - 8 全体概略工程表

6. おわりに

本建物の設計・施工を行うにあたり、多大なご協力をいただいた東北薬科大学の皆様にご感謝の意を表します。また、

本工事の施工にあたり、厳しい工程計画のもとで高品質・高精度の建物の施工に携わられた清水・阿部 JV の皆様、ピーエス三菱の皆様にご心より御礼申し上げます。

【2007年5月7日受付】

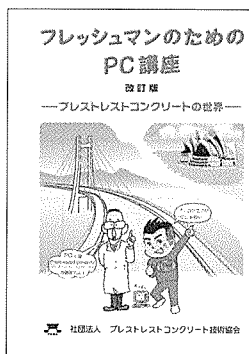


新刊図書案内

フレッシュマンのためのPC講座・改訂版 — プレストレスコンクリートの世界 —

大変ご好評をいただいております「フレッシュマンのためのPC講座」も平成9年に第一版が発刊されてから約10年が経過いたしました。

その間に、基準値・規格値をはじめとした技術基準が従来単位系からSI単位系に移行しました。また、プレストレストコンクリート構造物においても、複合構造等の新しい構造物が誕生しています。そこで、これらの項目を新しく見直して、改訂版を発刊することにいたしました。これからの技術者を育てるためには、大変有意義な図書であると確信しておりますので、是非有効利用されることをお勧めいたします。



主な改訂項目

- ・従来単位系からSI単位系に変更しました。
- ・PCを利用した構造物の紹介に、最近の新しい構造物を盛り込みました。

発刊日：2007年3月

頒布価格：会員 3,000円（非会員 3,600円）郵送料 400円/冊

体裁：A4判、140頁

申込先：(社)プレストレストコンクリート技術協会