

# PCストラクチャル&アーキテクチャルデザイン

長谷川 一美\*1・尾崎 友彦\*2・竹田 浩三\*3・竹内 寿文\*4

## 1. はじめに

プレキャストプレストレストコンクリート構造の面白さは、「システム性の追求」とともに、素材であるコンクリートのテクスチャーと特異な形状を恣意的に対応させることができる「アーキテクチャルPC」と構造的システムの優雅さを表現することができる「ストラクチャルPC」の両側面を設計者の裁量で表現方法の加減を設定することができることにある。したがって、ここで紹介する2例はともにそれらの面白さを表現できた建物である。

## 2. PCテクスチャーとストラクチャルデザイン

### 〈日能研関東予備校本社ビル概要〉

名称：日能研関東予備校本社ビル  
 所在地：神奈川県横浜市都筑区中川中央1-26-2, 3  
 用途：学習塾本社事務所  
 設計管理：構造 (株)構造空間設計室(KKS)  
           建築 伊坂デザイン工房  
 施工：建築 白石建設(株)  
           PC部 フドウ建研(株)  
 規模：敷地面積 1 030.12 m<sup>2</sup>  
           建築面積 775.82 m<sup>2</sup>  
           延床面積 3 475.18 m<sup>2</sup>  
           高さ 地上30.57 m  
           階数 地下2階、地上8階  
 工期：1999年3月～2000年5月  
 構造：基礎 直接基礎  
           主体構造 地下 場所打ちPC造一部場所打ちRC造  
                   地上 PC造一部場所打ちRC造

### 2.1 建築概要

小学生の中学受験を対象にする学習塾の本社ビルである。地下2階を倉庫・機械室、地下1階、地上2階～8階を事務

室として使用する。地上1階部分はメインエントランスであり、広く一般に開放するように南北に動線を確保し、通路的な役割も兼ねている(写真-1, 2)。

### 2.2 PC選択理由

PCを採用した経緯は以下の理由からである。

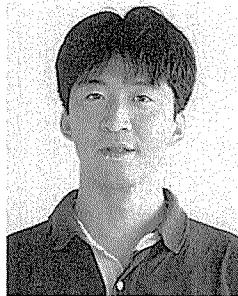
- ① 各階平面形状は約20m×20mであるが、片側がコアとなっており、居室空間は実質20m×14mである。居室空間内の自由度をもたせるためには無柱空間が望ましい。したがって、スパン14mであり、かつ限られた梁成で高い剛性を確保すること。
  - ② 各階の標準化ができること。
  - ③ 現場での施工期間を極力少なくすること(工場製作部材を多くし、積極的に工期短縮を図る)。
  - ④ 耐火性能、遮音性能等の点においてはコンクリート系の構造が有利なこと。そしてPCの肌合いを意匠化することにより仕上げ面にさまざまな表現が可能なこと。
- 以上の事項を考慮すると、PC造が一番適していると判断した。

### 2.3 構造概要

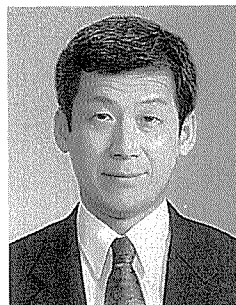
構造形式は、地下階(地下2階～1階)は現場打ち鉄筋コンクリート造(一部プレストレス導入)、地上階(1階立上り～8階屋根)はPC造である。設計当初コア部は地下階からR階までハーフPC造で計画していた。これは現場作業の簡略化による工期の短縮化、さらに外部足場を必要最小限に抑えることによる施工費の軽減を意図していたのだが、事情があり中止、結果的にはRC造となった。敷地は南北に傾斜しており、構造計算上(固有周期算定用)の階数には地下1階を構造上の1階とする地上9階建てとしている。地下1階部分は南側に直接前面道路と接しており、北側は常時片土圧を受けている。また、地下1階を構造的には地上階と見なしているため壁が多く、よってRC階-PC階の間で剛性にギャップが生じ、結果として上部階にfesの割増しをして設計している。



\*1 Kazumi HASEGAWA  
 (株)構造空間設計室(KKS)



\*2 Tomohiko OZAKI  
 (株)構造空間設計室(KKS)



\*3 Kouzou TAKEDA  
 フドウ建研(株)大阪支店



\*4 Toshifumi TAKEUCHI  
 フドウ建研(株)東京本店



写真-1 全景(東面)

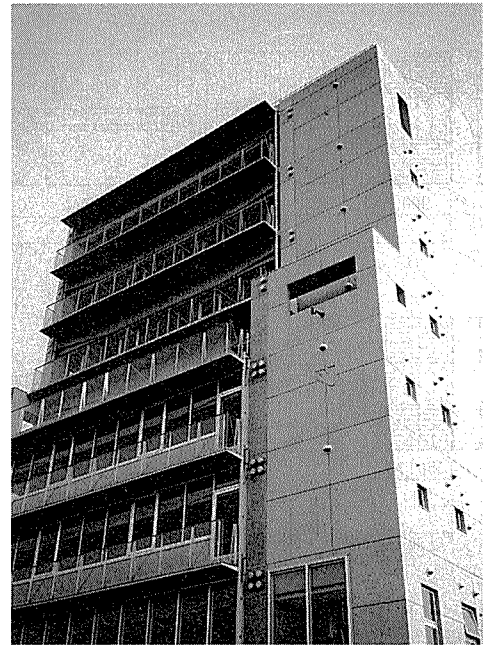


写真-2 全景(北面)

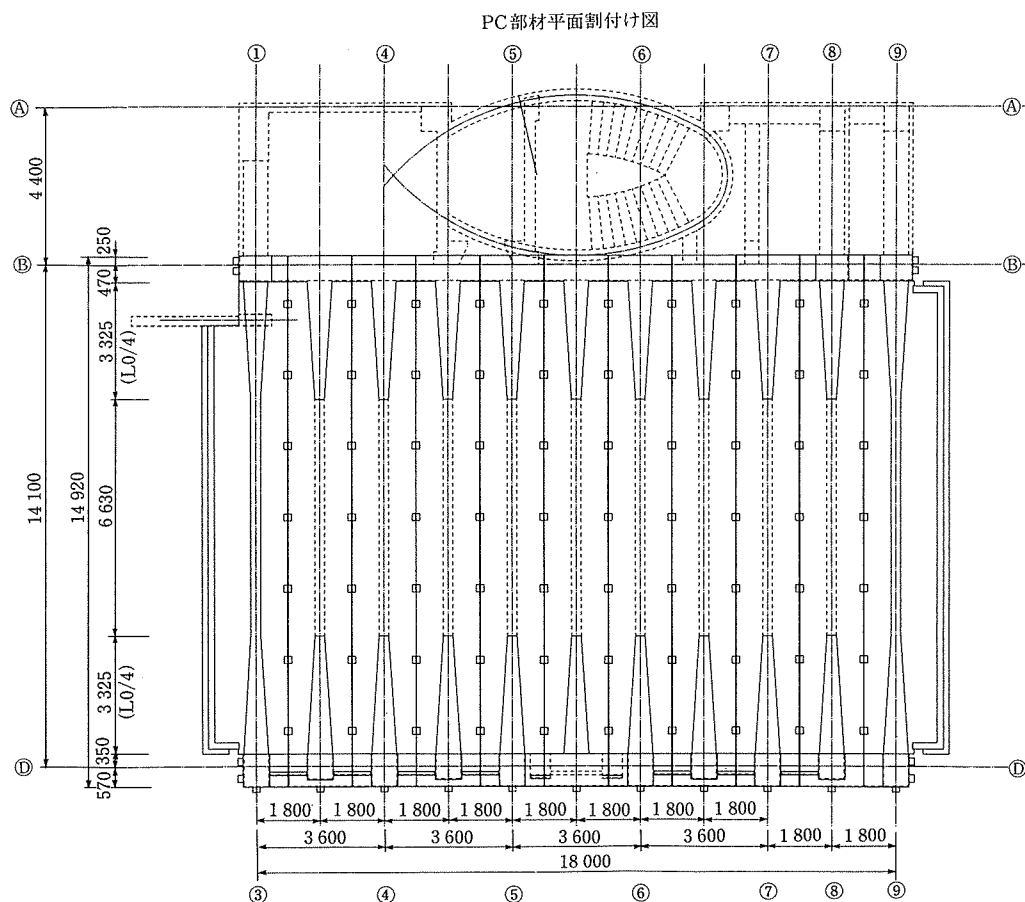


図-1 基準階伏図

地上階において、平面的に片側のコア配置では偏心してしまう傾向にあるのだが、コア位置(西側)と反対側(東側)に柱やブレースを適宜配置することで偏心量を極力少なくするように努めている(図-1, 2)。

スパン方向が14.1mの単スパン構造になっているため、地

震時に剛性の高いコア側に大きな応力が働き、その結果コア側の柱には大きな軸方向力が発生してしまう。その接合部において通常のPC造では柱に導入するプレストレス量の0.5倍(終局時)で地震力等で発生するせん断力に対処するのだが、本建物では負の軸方向力の発生により1階柱脚接合部

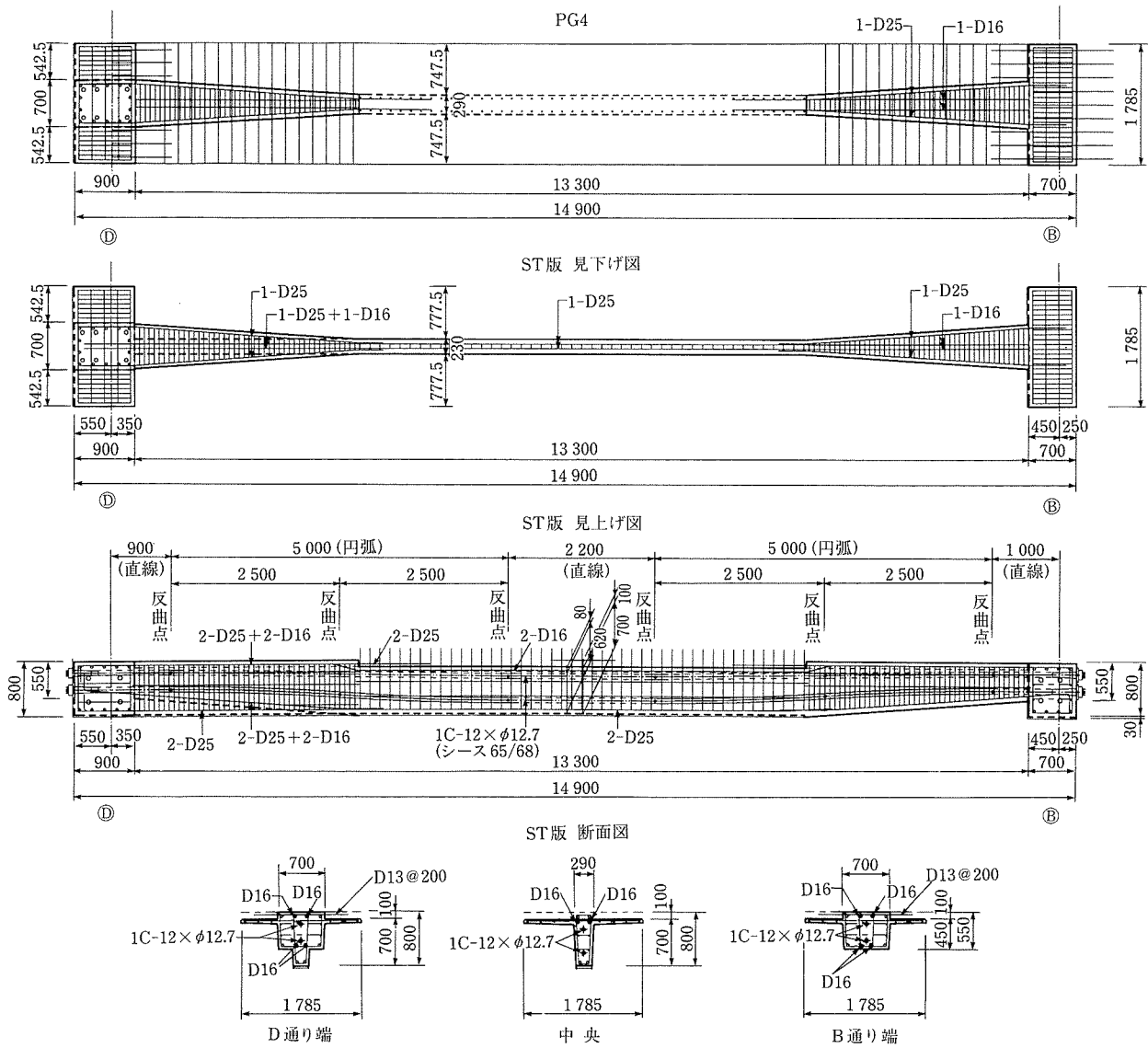


図-2 ST梁詳細図

においてせん断力に対処するだけのプレストレス量が残らない。対策案として柱の断面を大きくし、かつ大きなプレストレスを確保すればよいが、その階だけの大きな柱断面というのは意匠上もよくないことと、何より経済的ではない。そこで、今回は柱中央に「ダボ」を配置することでせん断力に対処している（しかし、地震時応力を考慮した短期軸方向力以上のプレストレス力は導入されている（写真-3））。

#### 2.4 形状・デザイン概要

##### (1) ジョイストST版の形状について

地上階のジョイストST版形状にはさまざまな根拠がある。

- ① 構造的には妻部外部ST版はコア耐力壁と緊結しているため両端固定なのだが、内部のST版は桁梁に取り付くため一端ピンである。
- ② 意匠的には梁端部は柱と同幅に、中央部はより繊細なデザインとする。
- ③ 桁方向（ST版を貫く方向）に空調設備の動線を確保したいが、構造的に大径の梁貫通は避けたい。
- ④ PC型枠を1つにし、コストを抑制する。

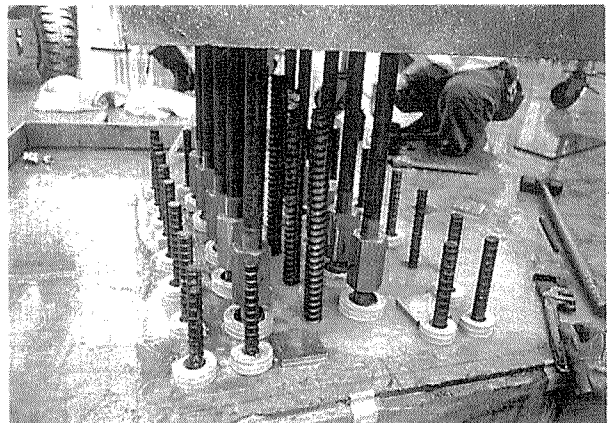


写真-3 PC柱脚（中央がダボ筋）

結果として構造上の合理性・意匠的・設備的・経済性の4点を熟考してデザインしている（写真-4, 5）。

##### (2) ハーフPC版のブレースについて

東壁面ブレースをPC造で行うと、ジョイント部において

圧着端用の突起が出てしまいスマートさに欠ける。そこで外面をハーフPCとする現場打ちRC造とした。鉄筋の定着部をST版梁内にあらかじめ配筋しておき、機械式継手によりブレース内配筋をしている。ハーフPC版を利用したことにより外部の型枠を廃止できることと、肌合いは他のPC面と同じ仕上がりになるという二重の利点がある(写真-6, 7)。

(3) 意匠デザイン・仕上げについて

規範の仕上げ材がどんどん無機質化し、加飾性が増えていく昨今、いかにきれいにコンクリートの打放しを表現していくかが、意匠設計者としての日常的な課題である。

PCのシャープなエッジライン、品質の均一化、それに加えて同一型枠でのバリエーションの豊かさの中に表面材としての新たなPCの可能性を求めた。そして、PCの表現を建築全体の表情に置き換えることを試みた。

外部では、低層部の研磨と上層部での打放しとのコントラストや、腰壁の洗出しと、打放しとの組合せで、PCで統一された中にもデリケートな表現ができあがった。内部では連続する梁の端部のディテールによりダイナミックな大空間の確保と同時に、人に優しい空間を創ることができた<伊坂デザイン工房 伊坂重春 談(意匠設計)>。

2.5 PCの製造・建方

(1) PCの製造

本工事ではプレキャストプレストレストコンクリート部材が構造体であり、その表面仕上げは打放し、洗出し、研磨仕上げの3種類がある。各部材の隅角部はすべてピン角となっている。とくにB~D通り間(スパン方向)の梁はST版

であり、両側に直交方向の桁梁を組み込んだ形状となっている。また、D通り側には柱型も組み込まれている。ST版のリップは、端部で水平、鉛直両方向にハンチがあり、複雑な形状となっているため、脱型時に欠けが生じないように型枠の製作を行った。

以下に、表面仕上げの施工方法を示す。

① 打放し仕上げ

表面の色ムラを抑えるためにコンクリート打設は型枠へ均一に投入した。さらに気泡を最小限に抑えるため、型枠振動期、細径バイブレーターで振動打ちした。型枠と鉄筋の間(かぶり部分)は細径棒状バイブレーターを入れ、30cmおきに15秒間振動をかけゆっくり引き抜く作業を繰り返した。

② 洗出し仕上げ

洗出し面の型枠表面に硬化遅延剤を含んだ紙(洗出しペーパー、厚み1mm)を敷き、脱型後、固まっていない部分を水にて洗い落とす。

③ 研磨仕上げ

部材表面を研磨機にて研磨する(表面より0.5mm)。製造上の課題としては、精度の確保であった。これは、パネルゾーン内にX、Y、Z方向にPC鋼材が配置され、梁、

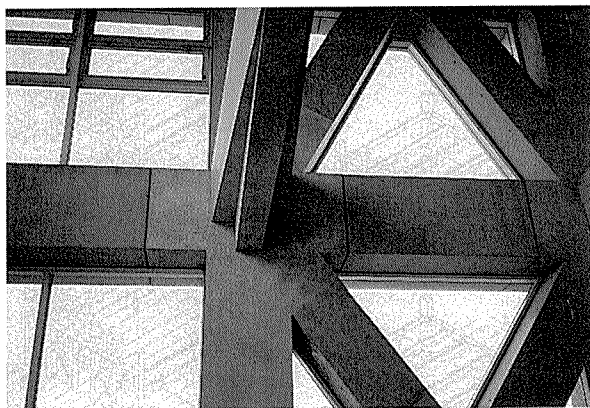


写真-4 ST梁とブレースとの納まり(内観)



写真-5 ST梁とハーフPC床版との納まり(内観)

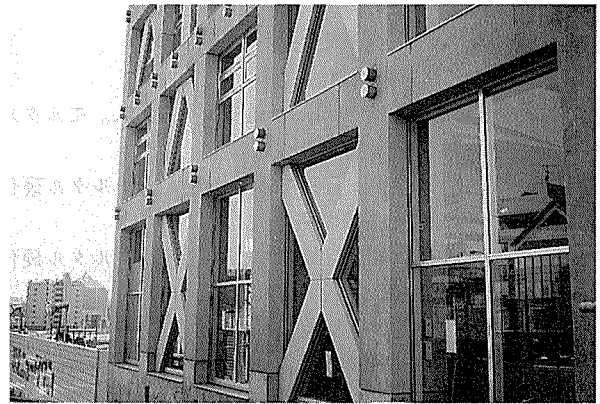


写真-6 ハーフPCによるブレース(外部)

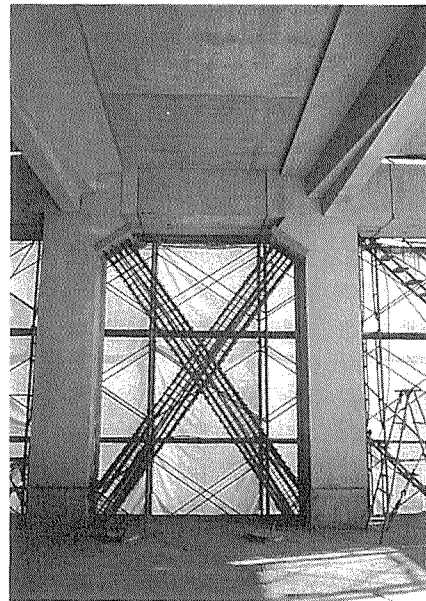


写真-7 ハーフPCによるブレース(配筋)

柱、ブレースの機械式継手、シアキーとなるダボ筋があり、密状態となっているためである。これについては原寸加工組立て図を作成し、鉄筋や鋼材の精度を確保するようにした。なお、PC鋼線のアンカーヘッドは外部露出型の納まりとなっているので、この部分にステンレスのカバーを付け、その中をモルタルで埋めることにより錆止めとした。全体工程、およびPC部材の数量は表-1に示すとおりである。

(2) 現場建方

1階～2階、D通り柱は2層分が一体となっており、2階部分には桁梁が付いていて、その他の柱(B通り、およびD通り3階～8階の柱)は各層ごとに1ピースとなっている。また、ST版はスパン方向のPCケーブルを工場で緊張するかたちとなっている。なお、2階部分のST版は、D通りのパネルゾーン、および桁梁はなく、PC鋼線を現場二次緊張し、柱と一体とすることにより、パネルゾーンと一体となるように設計されている。施工順序は以下に示すとおりである。

- ① 1階PC柱架設。
- ② 目地モルタル注入。モルタル硬化後、柱のPC鋼棒緊張。
- ③ D通り桁梁部PC鋼線緊張。
- ④ 2階ST版、およびB通り桁梁架設。
- ⑤ 目地モルタル注入。モルタル硬化後、スパン方向PC鋼線緊張。
- ⑥ B通り桁梁部PC鋼線緊張。
- ⑦ 2階カイザー床版架設。
- ⑧ 2階B通りPC柱架設後、目地モルタル注入。モルタル硬化後、柱のPC鋼棒緊張。
- ⑨ 3階ST版架設後、目地モルタル注入。モルタル硬化後、桁梁部のPC鋼線緊張。
- ⑩ 3階PC柱架設後、目地モルタル注入。モルタル硬化後、柱のPC鋼棒緊張。
- ⑪ 4階ST版架設後、目地モルタル注入。モルタル硬化後、桁梁部のPC鋼線緊張。
- ⑫ 4階以降は⑩～⑪の繰返し。

以上の手順を図-3に示す。なお、ハーフPCブレースは2層ごとに架設、ハーフPC壁は7層部分架設終了後に落とし込みにて架設、ブレース部、壁部、および床部トッピングコンクリートは、PC架設に遅れること3層時に打設とした(コンクリート打設時にハーフPC壁が架設されていない階については、上層階打設時に同時打設(写真-8, 9))。

3. 部品のシステム化とストラクチュラルデザイン

〈顕本寺本堂新築工事概要〉

名称：顕本寺本堂  
 所在地：大阪府堺市宿院町東4丁目  
 用途：寺社本堂  
 設計監理：構造 (株)構造空間設計室<KKS>  
 意匠 内田祥哉建築研究所+こうだ設計  
 施工：元請総括 (株)大林組  
 PC部 フドウ建研(株)  
 規模：建築面積 495.3m<sup>2</sup>  
 高さ 地上 10.812m  
 階数 平屋

表-1 全体工程およびPC部材数量表

PC部材工程表	平成11年						
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
型枠製造							
部材製造							
部材架設							

部材名	数量(ピース)	最大重量(t)
ST版	79	20.9
柱	84	14.7
桁梁	10	3.4
ハーフPC壁	43	0.5
ハーフPCブレース	20	0.2
カイザー床版	29	0.7
合計	265	-

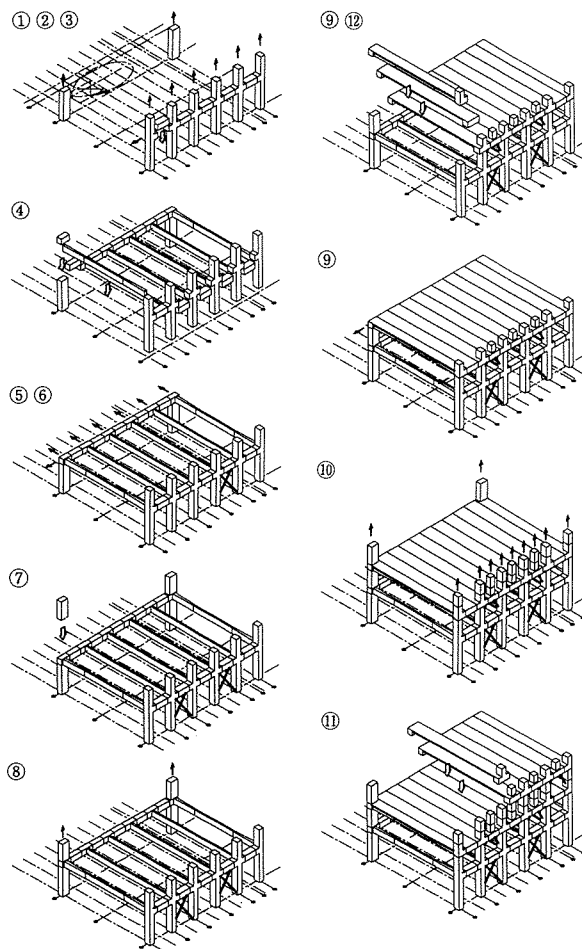


図-3 施工手順

工期：1999年1月～1999年11月  
 構造：基礎 直接基礎  
 主体構造 プレキャストプレストレストコンクリート構造 一部現場打ち鉄筋コンクリート構造

3.1 建築概要

オールPC造による寺社本堂である。本堂工事は時期的に5段階に分割することを前提に計画されており、本工事はその第1段階工事にあたる(躯体工事)。

現在は第2段階が終了している(寺社本堂として使用する

のに必要最小限の段階(図-4))。

### 3.2 プレキャストプレストレストコンクリート造による組立て構造化の経緯

伝統的な本堂は従来木造となる場合が多い。しかしながら、神社仏閣を木造とする場合、コスト的に坪あたりの単価が著しく高い傾向にある。そして、仕上げのグレードにもよ

るが、建設コストは坪単価200万円~300万円に推移しているのが現状である。ここで、その内訳を本堂の建築部位の構成から眺めて見れば、基本的に、屋根瓦、木造骨組み(下地込み)、造作木造、天井、本堂床、回廊、須彌壇等であるが、骨組み以外の仕上げ工事は全体工事費の80%を超えることが通常となっている。したがって、このような状況下では躯体部

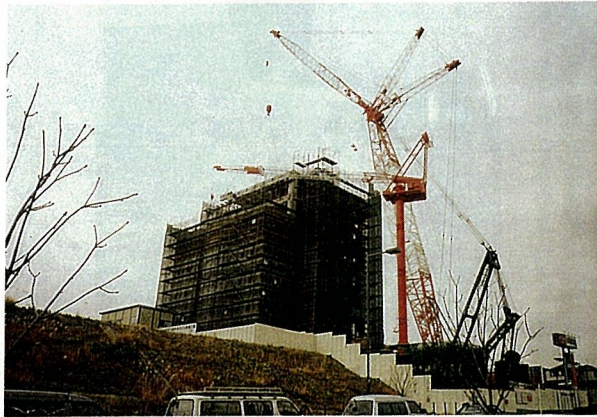


写真-8 ST梁架設1(施工)



写真-9 ST梁架設2(施工)

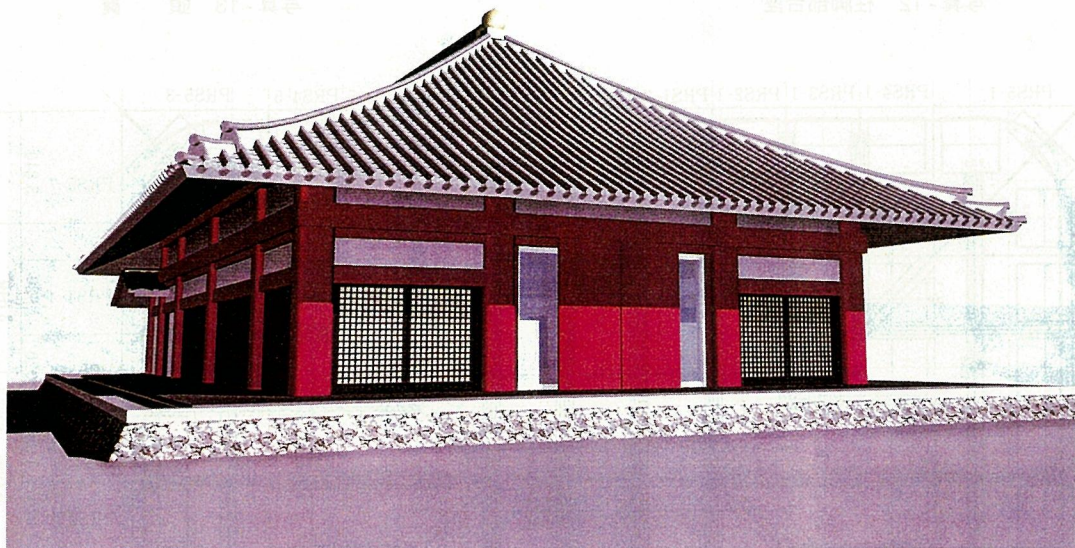


図-4 完成予想図



写真-10 屋根緊張状況



写真-11 屋根版取合い

分のコスト比率は極めて低いことを鑑み、多少の躯体コストのアップは許容される範疇にあると考えることができる。

また、建設工事を時期的に数段階に分割施工することを前提に計画を進める必要があった。何となれば、建設費の支払い時期の制約があったからだ。したがって、ある段階では躯体のみで一次防水を兼ねることが要求され、躯体の高品質化が目下の急務とされた。このような経緯から、本格的な組立て構造であるプレキャストプレストレストコンクリート造の圧着工法が選択された。ただ、版どうしの目地部および緊張端部のあと施工部分の防水性には細心の注意を施すことは、

大前提であったことは言うまでもない(写真-10, 11)。

### 3.3 構造概要

組立て構造の特長を活かすためには、主要部材の部品化



写真-12 柱脚部台座



写真-13 頭貫

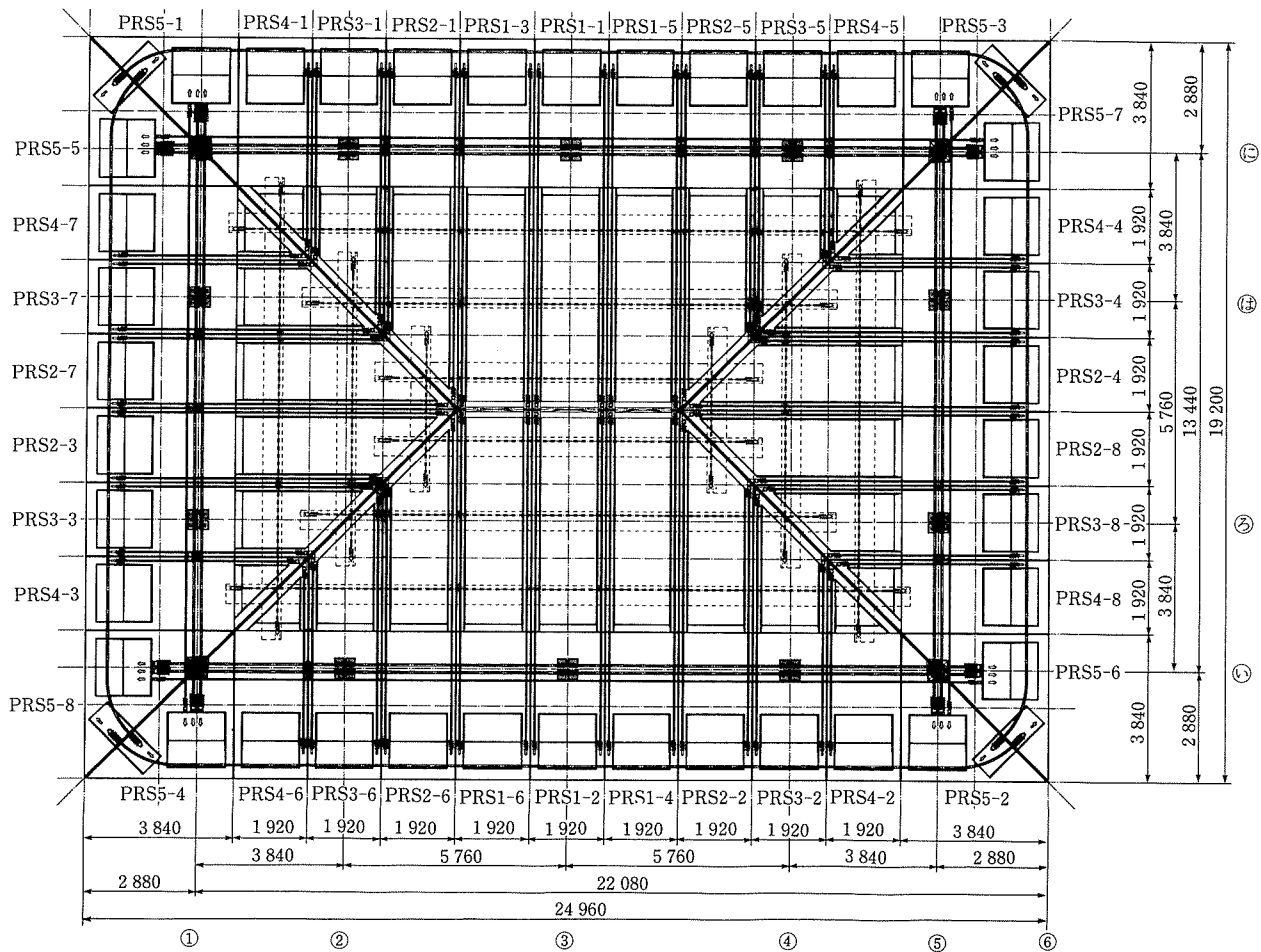


図-5 屋根伏図

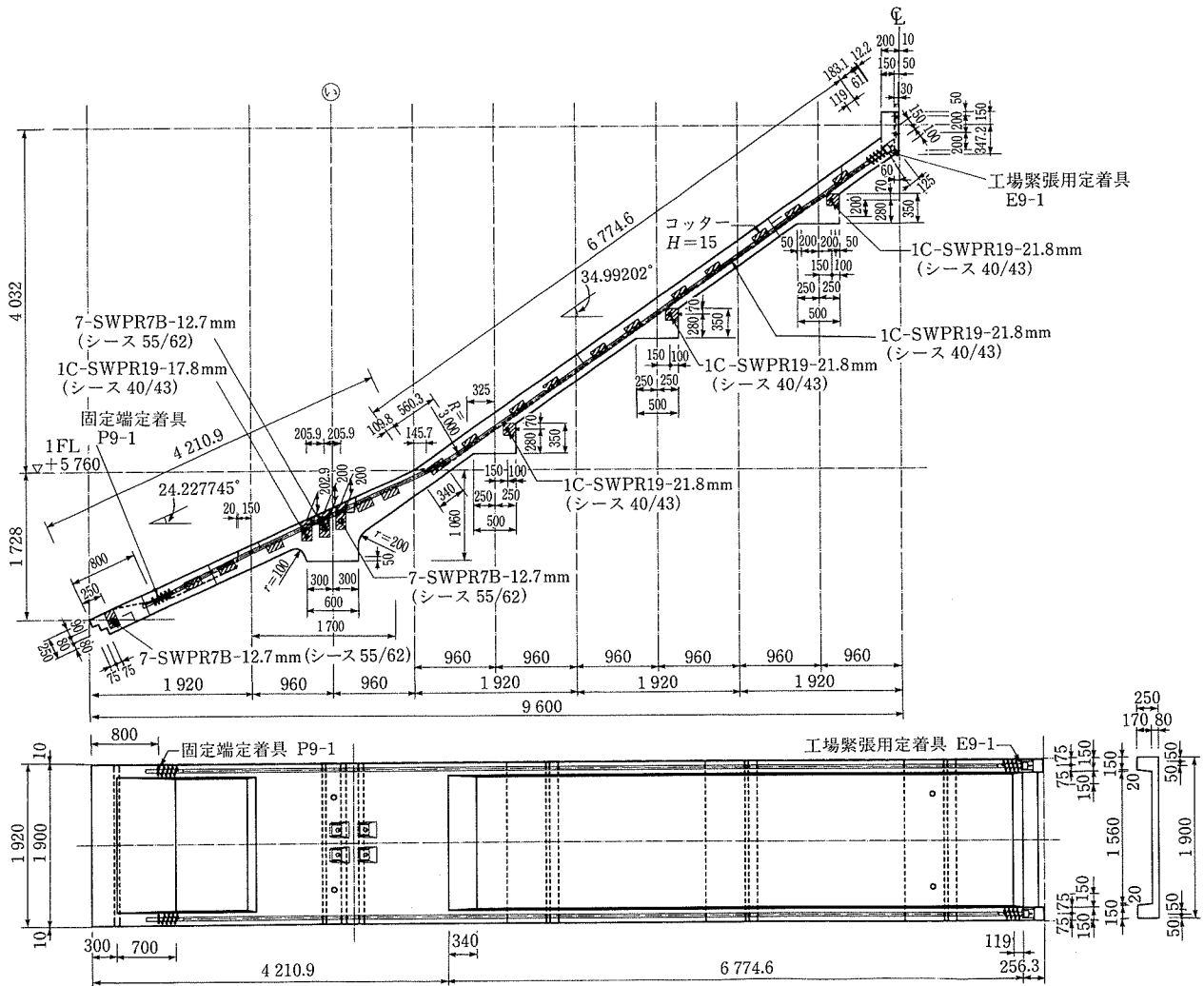


図-6 屋根版詳細図

が効率よく行われなければならない。今回の建物は本堂であり、伝統的な木造の造り方に着目することから始めた。設計者（内田祥哉建築研究所+こうだ設計）の専門的造詣の深さから、各部位の構造的な位置付けをより明確化することが容易であった。柱脚部の台座（写真-12）、柱頭部の台輪および桁梁である頭貫など（写真-13）である。以下は、構成システムの要素である。

〈モジュール〉

基本モジュールは、960mm（1920mm）であり、京間に適用されるモジュールである。したがって、柱間の寸法は、3840mmおよび5760mmとしている。また、13440mm×19200mmの内部空間と周囲にぐるりと出寸法が2880mmの軒が回っている。屋根の分割もこのモジュールを採用している（図-5、6）。

〈屋根〉

そり表現を2つの勾配によって、将来的に本瓦葺きに対応すべき形状としている。屋根の分割は版幅1920mmの一方のジョイント形式とするが、周状にタガを回すことで二方向応力に対処している。また、軒天をフラット仕上げとする反面、瓦下地受け兼用の上リブ構造としている。したがって、外部は@1920mmの瓦棒の様相を示し、内部か

らは周状タガリブが段状に見え、その交差部における定着端の納まり方が見えている。基本的に、鋼製型枠は1体のみで部分改造で各版形状に対応させている。

コーナー部の軒天版4枚のみは特殊形状とならざるをえなかった。約3200mm角の版は柱からの片持ちの何物でもない。したがって、柱との取合い部では台輪から尾だる木であるリブが跳ね出し、柱頭部では上下方向の動きを止めることで支保している。

余談だが、屋根の投影面積は実質床面積の1.86倍あり、いかに屋根の面積の比率が大きいかが分かる。

〈柱および梁〉

柱の構成は、水切り用の台座、頭繋ぎ梁の台輪兼用の頭貫からなる。計画当初から、この頭繋ぎを定規代わりに屋根版の建方を行うことを考えていた。そして、この繋ぎ梁と屋根版に内蔵されているリブとをシャーコネクター（ダボ）で一体化することで桁梁により大きな剛性をもたせることを考えた（写真-14）。

柱、梁および屋根との一体化はすべて圧着工法による。

〈下屋〉

通し梁の考え方およびジョイント版の設置と版どうしの納まりは、あくまでも下屋であることを考え、大胆なディ



テールを採用している。内側の桁材を柱側面に、外側の桁材を柱頭部を頭貫させるとともに圧着工法により接合させている。屋根であるジョイント版は桁材とはコネクタのみで接続させた簡易なディテールを採用している(写真-15)。

〈外壁版〉

通常の非耐力壁はフレームとの取合いを、水平変位に対しルーズなディテールとしており、金物ディテールは非常に手の込んだものである。当然ながら、そのディテールはコスト的に割高なものになっている。今回のディテールは簡易な部類に入るだろう。丸鋼の小さな曲げ剛性に着目し、水平挙動に見合う変位に追従させることを対処することを考えた(写真-16, 17)。

3.4 PCの製造・建方

(1) PCの製造

建家は960mmのモジュールで設計されており、部材長の統一が可能になり、型枠の転用・効率化が図れた。

屋根版はチャンネル型となっているが、短辺方向にリング梁が内蔵されている。屋根形状は寄棟形式であり、屋根

版中央部、チャンネル版は長方形であるが、稜線部は頂部が斜めカットされた形状になっている。こうした形状に対応するため、頂部仕切り枠のスライドが可能になるような型枠を使用し、標準1型で全ピースの製作が可能となった。PC部材の数量は表-2に示すとおりである。

(2) 現場建方

① 施工順序

施工順序は以下に示すとおりである。

- ① 根太・礎石・楕形根太の設置
- ② 柱の建方・柱頭にてPC鋼棒による仮緊張
- ③ 扁平梁の架設
- ④ 下屋梁の架設後、柱頭にてPC鋼棒による局部圧着
- ⑤ 下屋部庇の架設(PL接合)
- ⑥ 屋根版受け支保工の設置
- ⑦ 屋根版の架設および圧着部目地詰め



写真-14 シヤーコネクター

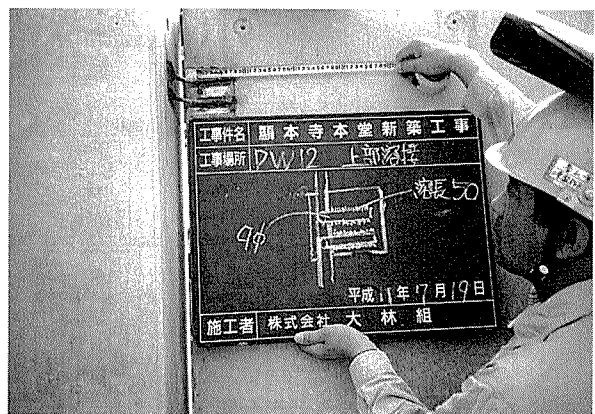


写真-16 壁接合金物

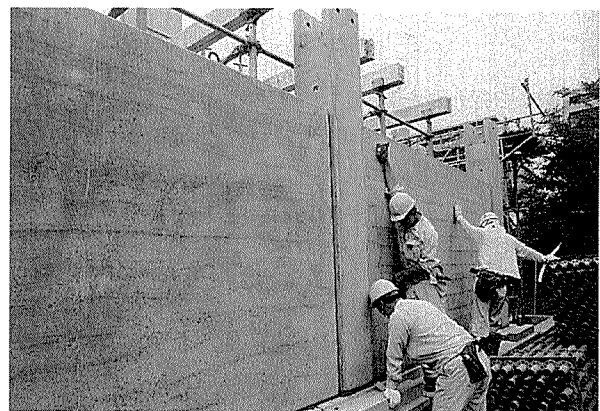


写真-17 壁設置状況



写真-15 桁材コネクター

表-2 PC部材リスト

部材名	数量(ピース)	最大重量(t)
根太	74	0.6
礎石	16	0.4
楕形根太	18	1.1
柱	18	3.7
壁	18	3.6
扁平梁・下屋梁	20	1.8
庇	17	1.9
屋根	34	12.4
合計	215	534.0

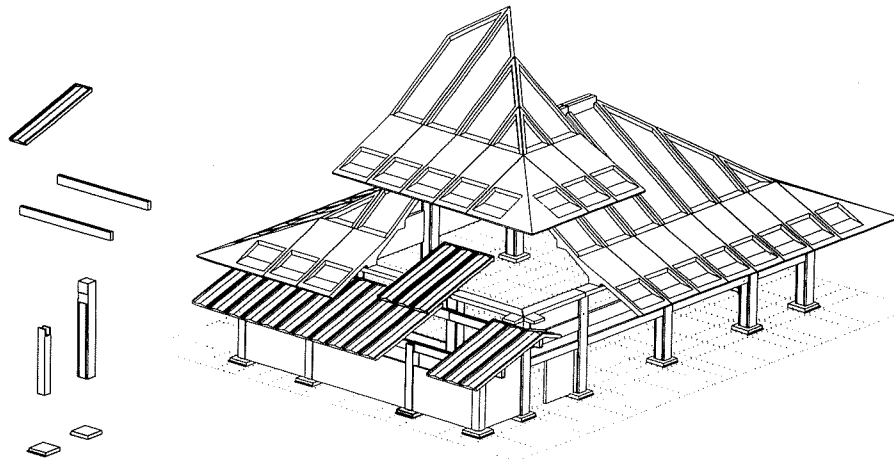


図-7 部品構成図1

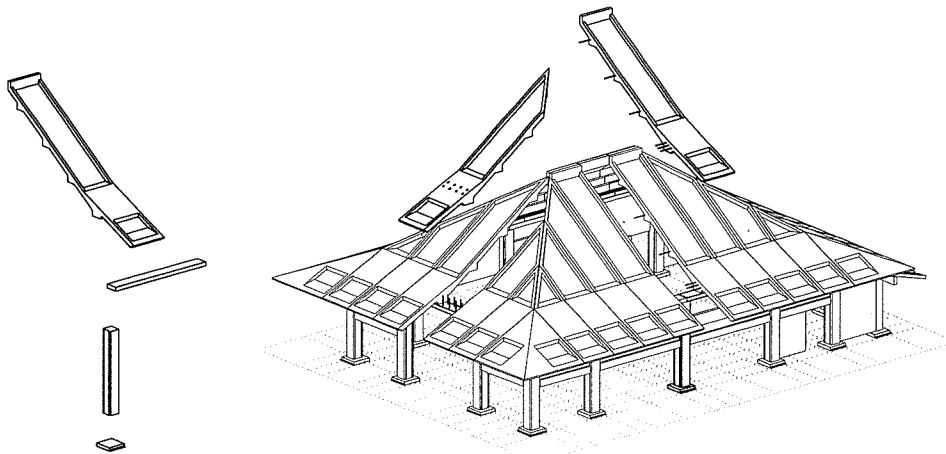


図-8 部品構成図2

- ⑧ 屋根版のPC鋼より線による圧着接合
- ⑨ 柱-梁-屋根のPC鋼棒による本緊張
- ⑩ 扁平梁-屋根の目地詰め(ダボ鉄筋接合)
- ⑪ 屋根版のグラウト
- ⑫ 壁版の架設(L形鉄筋接合)
- ② 屋根版の配線計画

屋根版には脱型・運搬に対応して、チャンネル版リブ部に工場緊張が施されている。また、短辺方向リング状に配置された内蔵梁にPC鋼線が現場で配線され、版相互の目地モルタル施工後、本PC鋼線の緊張により屋根版の一体化が図られている。

さらに、現場緊張時、屋根面全体に均一な圧縮力が作用するように、リング梁の配置を計画した。緊張にあたり、以下の点に留意した。

- ① 屋根形状は平面的に長方形であり、屋根版接合のためのPC鋼線は直線配置されているが、4カ所の稜線部で互いに交差しリング状に閉塞している。
- ② プレストレス導入時に屋根面の圧縮力が不均等にならないよう、両引き緊張を行う。
- ③ 緊張時、稜線部にずれによるせん断応力が作用しないように、4ケーブル(1リング)同時緊張を行う。

- ④ 緊張順は、最下部のテンションリングから順に上部へ行う。

#### ③ 屋根版の施工

屋根版の最下部に配置されるテンションリングは、上部のチャンネル型屋根版と下部の扁平梁に2分割される。扁平梁断面は200mm×650mmであり、ひび割れ防止のため工場でプレテンション方式にてプレストレスが導入されている。

施工方法は、まず屋根版を支持するための支保工を設置し、柱間に分割された下部の扁平梁が配置され、次にチャンネル型屋根版が架設される。リング状に緊張力を導入しチャンネル型屋根版の一体化を行った後、鉄筋のダボ接合によりチャンネル型屋根版と扁平梁の一体化を行った(図-7, 8)。

#### 4. おわりに

日能研関東予備校本社ビルでは、中野清司先生のご指導を賜り無事に完成の暁を見ることができた。そして、われわれが目指す「美と技のPC建築」の実現のために、工事全般にわたり協力を願った白石建設(株)(日能研)および(株)大林組(顕本寺)の方々、そしてPC施工に惜しみなく技術提供をしてくださったフドウ建研(株)の方々にはこの誌面を借りて、深く感謝する次第である。

【2000年5月11日受付】