

# PCa 折板構造によるホール空間の設計・施工

## — 昭和学院伊藤記念ホール —

村上 勝英\*1・浦新 和美\*2・森下 修\*3・中澤 和崇\*4

ホールには、音響の観点から残響時間が少なくなるように、平行な壁面を作らないような台形平面形状で、壁や天井面には平行面を形成しない凹凸形状が求められる。本稿では、ホールに必要な形状の天井面に適合する折板構造を、プレキャストコンクリート板を用いて建設した2階建てのホールを紹介する。主要部分は現場打ち鉄筋コンクリート造としている。ホール部分は、台形形状の平面とし、その屋根には、そのまま天井面の仕上げとなる折板構造を用いた。柱列を2.26 m ピッチに設けて、1 500～2 200 mm せいとなる三角形の折板を配置し、その上に屋根スラブを設けた。折板部材は、仕上がりの美しさと施工性・経済性等を考慮して、折板の面が下面となるような板形状で工場製作し、現場にて三角形の折板状態にして、屋根に架設し、スパン方向の折板同士と現場打ちコンクリート柱には、圧着工法にて接合した。

ホールの天井面にプレキャストコンクリート板による折板構造を用いることで、より合理的な建築物を造ることができた。

キーワード：プレキャストコンクリート板、折板構造、圧着工法

### 1. はじめに

昭和学院は、創立70周年にあたる2010年の全体完成を目指して、千葉県市川市近郊の現存キャンパスを1～2期に分けて全体の建替えを行っている。伊藤記念ホールは、560人収容の2階建てであり、新キャンパス計画の1期工事として行われ、竣工に至った建物である。本建物のホール部分に、意匠性・音響・照明・空調設備性能が一体となる折板構造システムを、プレキャスト板を用いた圧着工法によるプレストレストコンクリート構造として、豊かなホール空間を実現している（写真-1）。本稿では、本建物全体の構造計画、プレキャスト部材の設計および施工面で工夫した点について報告する。

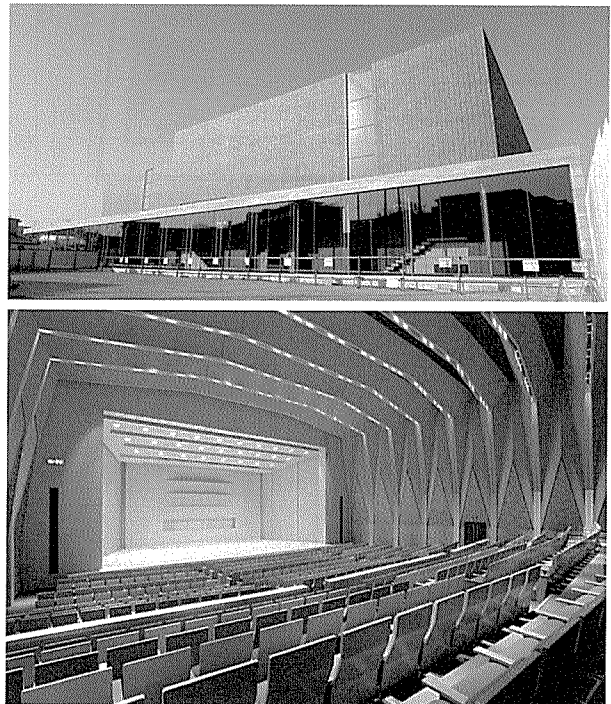


写真-1 伊藤記念ホールの外観と内観

### 2. 建物概要

所在地 千葉県市川市東菅野2丁目1443番他1  
 建築面積：2 030.13 m<sup>2</sup>  
 延床面積：2 422.32 m<sup>2</sup>  
 階数：地上2階  
 軒高（最高高さ）：11.3 m, (12.6 m)



\*1 Katsuhide MURAKAMI

(株)日建設計 構造設計部門  
構造設計室 主管



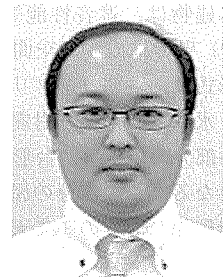
\*2 Kazumi URASHIN

(株)日建設計 構造設計部門  
構造設計室



\*3 Osamu MORISHITA

大成建設(株)



\*4 Kazutaka NAKAZAWA

(株)ピーエス三菱  
建築本部 設計部

1階の平面図とホール部分の断面図を図-1、図-2に示す。ホールには、一般的に無柱空間でスパンの大きい空間が必要であり、その形状は、音響の観点から残響時間が少なくなるように、平行な壁面を作らないような台形平面形状で、天井面も床面と平行にならないようにフラットにしないのが一般的である。そのため、壁や天井面には平行面を形成しない凹凸形状が求められる。

ホールの天井面にプレキャストコンクリート板（以下PCa板）による折板構造を用いることで、折板形状内の空間に設備システムを内蔵した平行面を形成しない凹凸形状を構成でき、屋根を支える構造システムそのものが美しい仕上がり面となり、より合理的な建物としている。

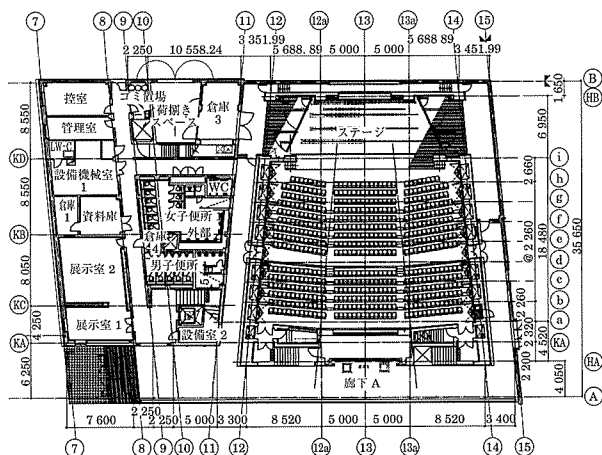


図-1 ホール平面図

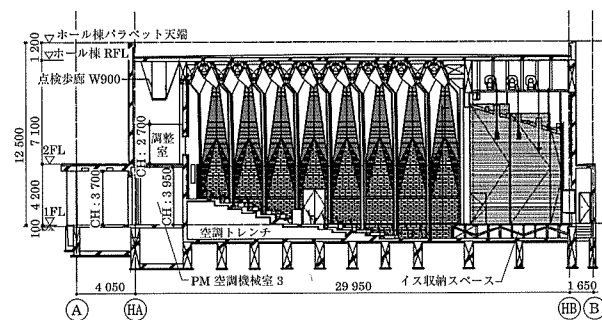


図-2 ホール断面図

### 3. 構造概要

本建物は、遮音性能等を考慮すると鉄筋コンクリート（RC）壁で構成する空間が多い。そこで構造種別および構造形式は、鉄筋コンクリート造の耐震壁付ラーメン構造とし、水平力の大半を耐震壁で処理する構造とした。なおホール部分の屋根は、台形形状の平面でスパンが23.2～25.8mとなる。この部分の屋根には、プレキャストコンクリートで製作してそのまま天井面の仕上げとなる折板構造を用いた。

折板構造は、折り紙のように薄い平面板を組み合わせ、水平方向に鉛直荷重などによる力を伝える構造システムである。天井面においてはその形状が折板構造システムの採

用に適しているが、学校という地域に密着した施設であるため、デザイン上この形状が外見に出ることは好ましくない。そこで外見上は、フラットな屋根をもつ台形平面形状が、建築計画上必要とされた。

地震の多い日本では、屋根面をフラットにすることにより、安定して地震力の伝達が行える。また、図-3に示すように、折板構造システムをユニット化することにより、下面に隙間を設けて折板形状で囲まれた空間に照明システムを内蔵できるため、より合理的な建築計画が可能となった。

ホール部分の柱は、遮音のために必要なRC壁と一体となるため、現場打ちコンクリート柱とし、柱列を2.26mピッチに設けて、1500～2200mmせいとなる厚さ150mmの三角形形状の折板を図-4のように配置し、その上に150mmの屋根スラブを設けた。

なお折板部材は、仕上りの美しさと施工性・経済性等を考慮して、折板の面が下面となるような板形状で工場製作し、現場にて三角形形状の折板状態にして、屋根に架設する構造計画とした。ホール部分の略梁架伏図を図-5に示す。

本建物では、地震時は耐震壁で水平抵抗するため、折板部材には、水平抵抗を期待しない。しかし、長期および地震時に折板に生じる応力に対しては、折板自身で負担でき

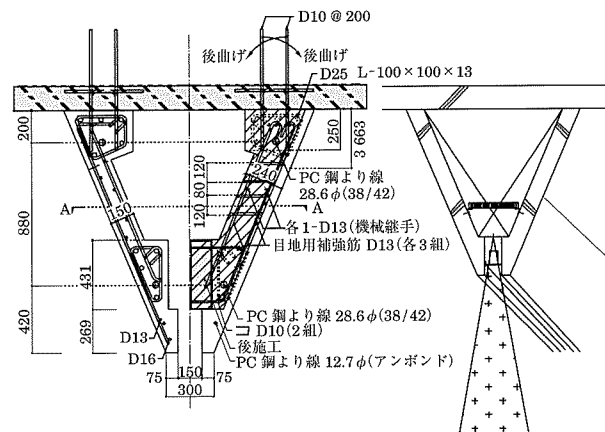


図-3 折板の断面構成と折板内空間利用概念図

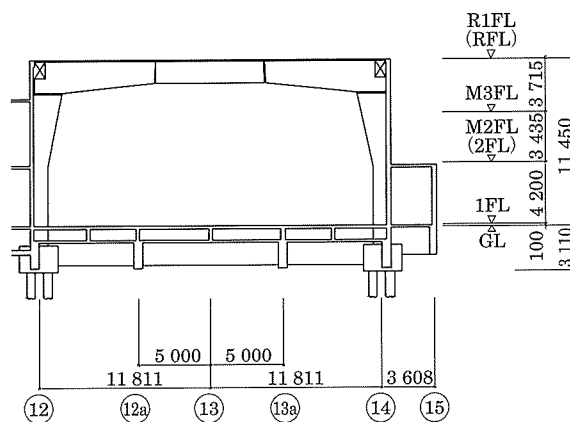


図-4 ホール部分軸組図とPC折板断面図

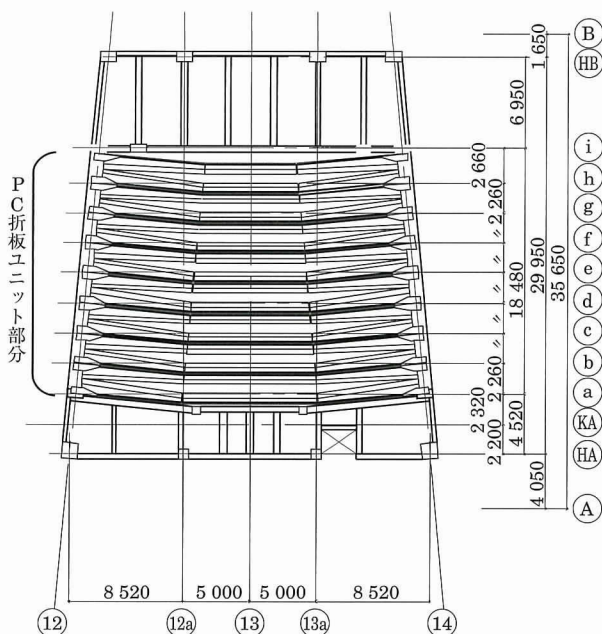


図 - 5 ホール部分の略床梁伏図

るようにするため、図 - 6 に示すような断面形状入力により FEM 解析等で折板部分に生じる応力を検証した。その検証結果から折板部材の配筋および折板相互や折板と柱との接合部に導入するプレストレス力を決定した。

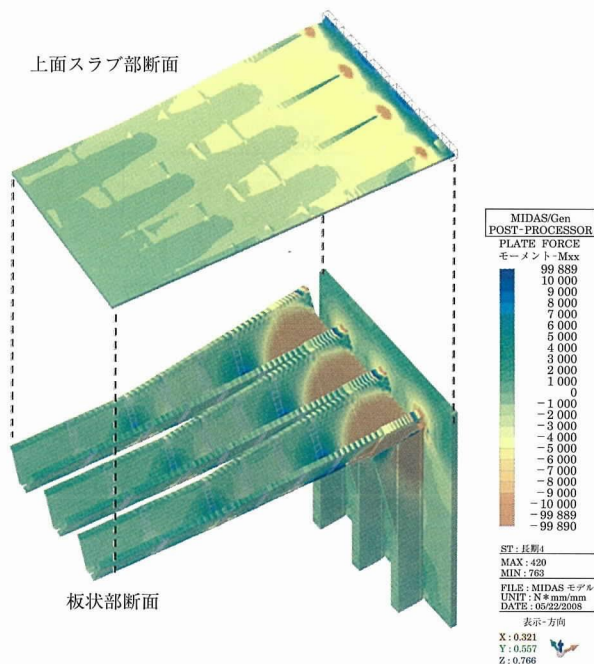


図 - 6 FEM 解析による長期応力 (弾性)

折板部材は、スパン方向に3分割され、部材相互は圧着にて接合した。また、折板と現場打ちコンクリート柱も、圧着工法にて接合した。ホール部分の折板を用いた架構構成概念図を図 - 7 に示す。

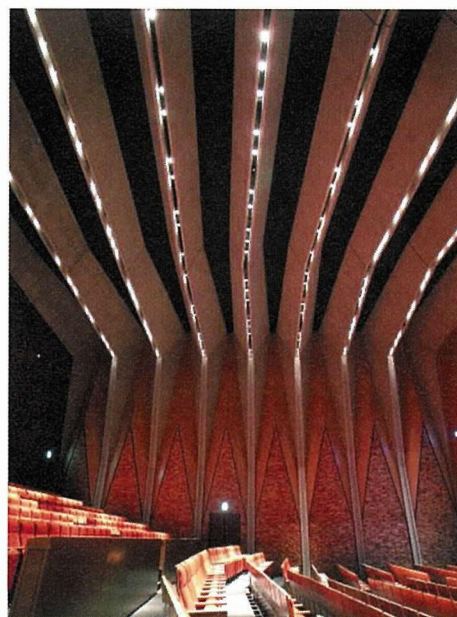


写真 - 2 ホール部分の折板屋根と柱

#### 4. 製作・施工性を考慮した設計上の留意点

PCa 板部材は、とくに端部部材と中央部材の取合い部が目違いを起こさない形状であるか、舞台照明用開口 400 φ が設置可能な位置かを重点的に検討・確認して部材形状、配筋の納まりを製作・施工性に配慮して決定した。

完成形として見え掛かりとなる三角形状外側面を鋼製型枠のベッド面としたが、ベッド面の面積が大きいため、部材脱枠時の型枠付着等によるねじれが生じないように縦リブを設けた (図 - 8)。

PCa 板部材は現場搬入後に建て起こし、端部部材同士、中央部材同士を三角形状外に組み立ててから架設する計画とした。なお、端部部材は組立て段階で、PC 鋼棒 4 - 26 φ B 種 1 号 (SBPR 930 / 1080)、設計緊張力 395 kN/本で圧着接合する計画とした。

部材の組立て時においては、下側リブに設置する角型鋼管同士をボルトで固定し、三角形状外頂部の開きを押し引きにより固定するため、テンションロッドと水平サポートを設置する計画とした (図 - 9)。

PCa 板部材の部材脱枠時、仮置時、運搬時、組立て時および架設時の部材の状態を考慮し、部材の縁応力度や変形量が最小となるように支点位置を決定した。

3 ブロック化された端部部材と中央部材は、架設後にブロック全体を PC 鋼より線により圧着接合し、端部部材と現場打ち柱を PC 鋼棒により圧着接合したあと、縦リブ部および部材の取合い接合部に、部材と同一の設計基準強度のコンクリートを打設し一体化する計画とした。

さらに部材の取合い接合部は、PC 鋼棒 1 - 23 φ C 種 1 号 (SBPR 1080 / 1230) を配置する計画とした。設計緊張力は 330 kN/本である。

部材の取合い接合部の形状は、PCa 板部材自体が現場打ち用型枠にもなるよう計画した。部材の取合い接合部は、

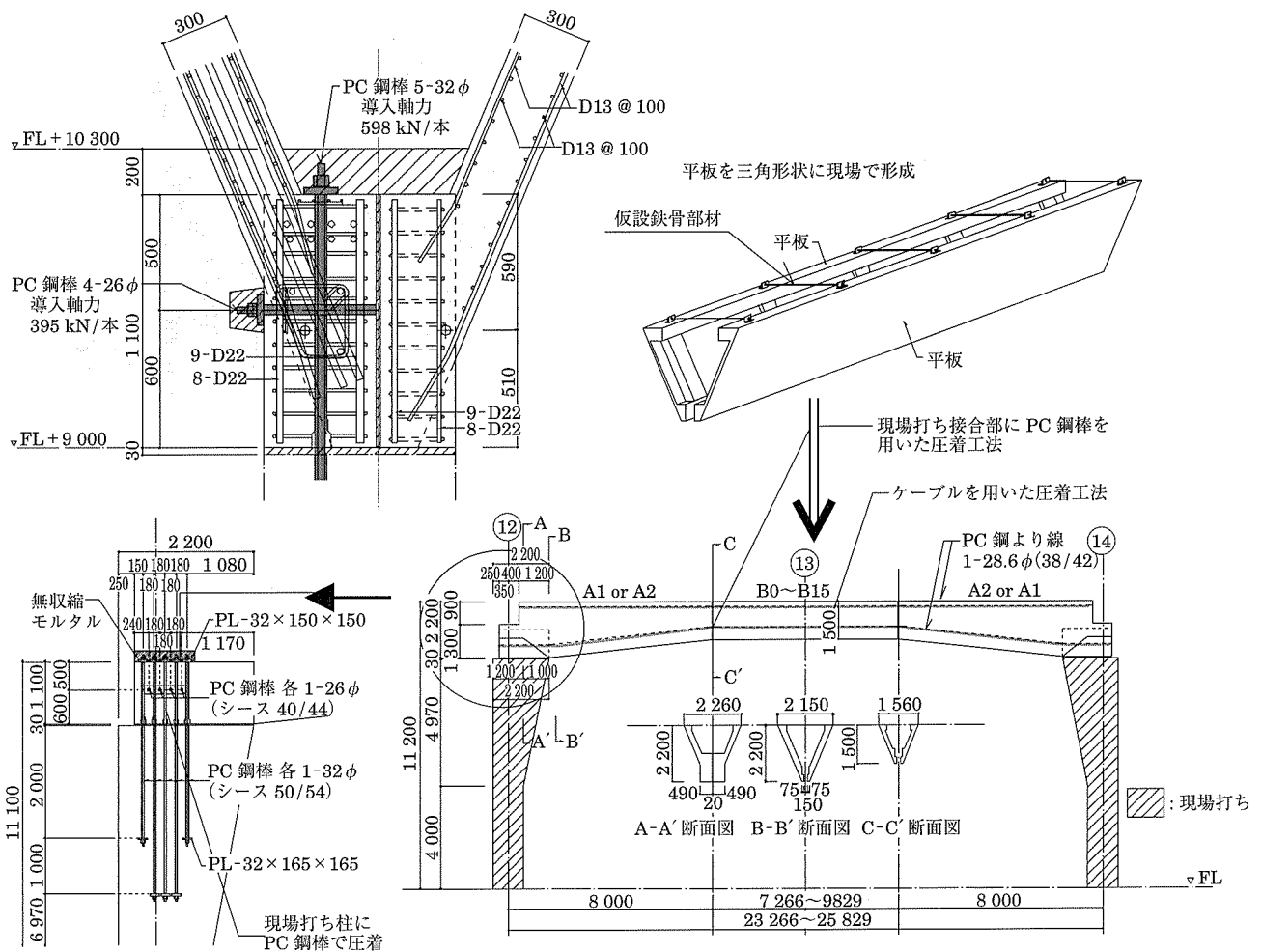


図 - 7 架結構成概念図

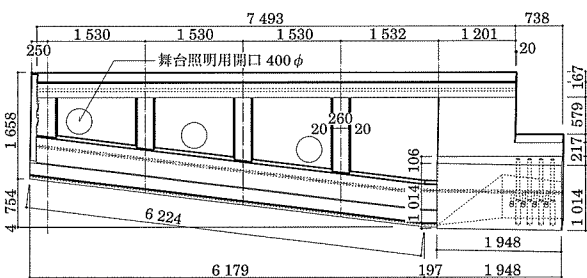


図 - 8 端部 PCa 折板打設面形状図

PCa 板部材同士のシースの接合作業、現場打ち部配筋作業、PC 鋼棒 1-23φ の緊張作業のために必要な施工スペースの確保等を検討・確認し決定した。また、PCa 部材と現場打ち部でせん断力が確実に伝達されるよう、リブの取合い面の粗面仕上げ処理およびダボ筋 D 19 の配置 (図 - 10)、部材小口にはシアコッターと現場配筋用に機械式継手を設ける計画とした (図 - 11)。

上側リブと下側リブにはおのおの 2 次ケーブルとして PC 鋼より線 1-28.6φ (SWPR19L) を配置し、端部部材と中央部材の圧着接合を行う計画とした。設計緊張力は、摩擦ロスの違い等を考慮し必要プレストレスを与えられるように、上側リブ 560 kN/ケーブル、下側リブ 660 kN/ケーブルとした。

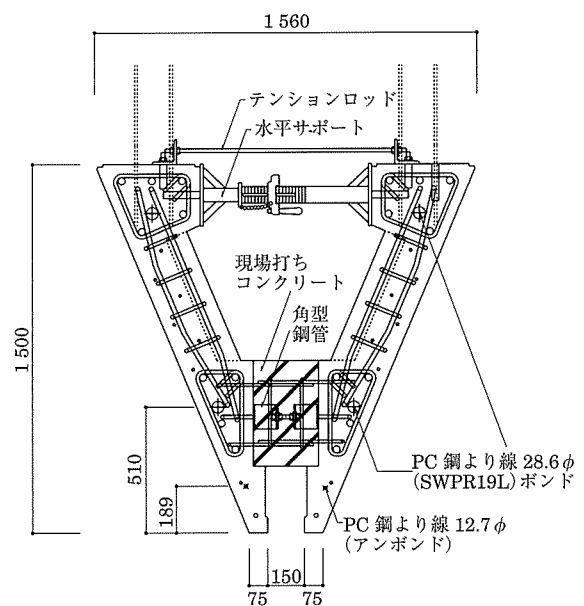


図 - 9 縦リブ取合い部詳細図



型枠組立て時には、下側リブ面の枠とベッド面の枠の微細な間隙からノロが漏出することによるコンクリートの変色を防止するため、あらかじめセメントペーストを塗布し間隙を閉塞した。端部部材は、柱型部に板部が勾配をもって取り合うため、複雑な配筋になっている。柱型部および板部の鉄筋を別べつに先組みするなど施工性と精度管理に留意した（写真 - 4）。

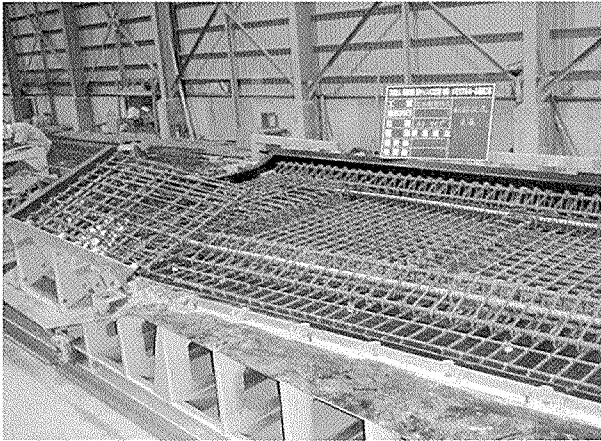


写真 - 4 端部部材配筋状況

型枠ベッド面に用いるスペーサーは、高強度コンクリート製で、型枠面との接触面積が極小小さく、鉄筋に確実に固定されるものを使用した。また、スペーサーは等間隔に、かつ向きを統一して配置した。

型枠剥離剤の塗りムラが、見え掛かりとなるベッド面のコンクリートの仕上がりに影響を及ぼさないように、細心の注意を払い型枠はく離剤の塗布を行った。

下側リブは打設面も見え掛かりになること、また照明用のバツフルプレートを取り付けるために、エア溜りと不陸を抑制する必要があった。打設面に用いる金罫は部材形状に合わせた特注品を使用し、入念な打設と仕上げを行った。

部材脱枠時は部材に過度の衝撃力が発生しないよう専用治具を用いて慎重に脱枠し（写真 - 5）、仮置時や運搬時はベッド面に台木跡ができるだけ残らないよう、部材と台木

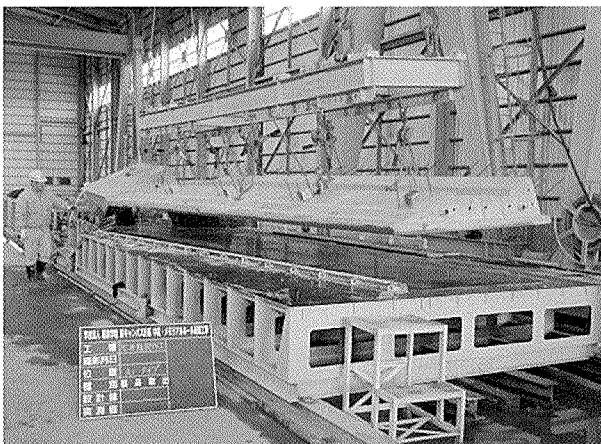


写真 - 5 部材脱枠状況

の間に緩衝材を用いるなどの注意を払った。

中央部材の PC 鋼より線 1-12.7 φ (SWPR7BL) は、コンクリートの強度発現を確認し、部材製作工場にて緊張を行ったあと出荷した。

## 6. 現場施工

### 6.1 架設計画

揚重機は現場の敷地条件、建物条件および PCa 折板を揚重した状態での移動が必要なことから 100 t クローラークレーンを選定した。また、最大 18 t を超える PCa 折板を揚重し所定の位置にセットするには作業半径 16 m までの寄付きが必要となるため、本体構造の 1 階スラブ部上に乗入れ構台を架設し、作業ヤードとした。

本工事の PCa 折板は下端が斜形状になっている。そのため、形状に合わせた架設計画が必要であった。既製の架設部材では本工事の PCa 形状に適合するものが無いため、加工性を考慮し木材にて PCa 折板形状に合わせた受けピースを製作した。PCa 折板を受けるためのベントは、四角支柱および、山留鋼材を採用しレベル調整が安易に行える機構とし、受けピースと組み合わせることで PCa 折板を正しい位置に安全かつ正確に設置できるよう工夫した。また PCa 折板の表面はすべてが仕上げとして見えてくるため、PCa 折板の表面保護を目的に架設材と PCa 折板が接する部分に関してはクッション製のある板状のゴム（厚み 3 mm）を使用した（写真 - 6）。

地組架台は、山留鋼材をベースに油圧ジャッキ等を使用し、地組時の PCa の部材精度確保ができる架台とした。地組時の PC 折板の精度は 0 ~ 2 mm 程度であった。また PCa 折板は 1 ピースごとに平置き状態で現場搬入されるため、車上からの荷取りの際に容易に建て起こしができ、かつ地組後の揚重の際にも治具の盛替えが必要ないような形状を検討し、治具を決定した（写真 - 7, 8, 9）。

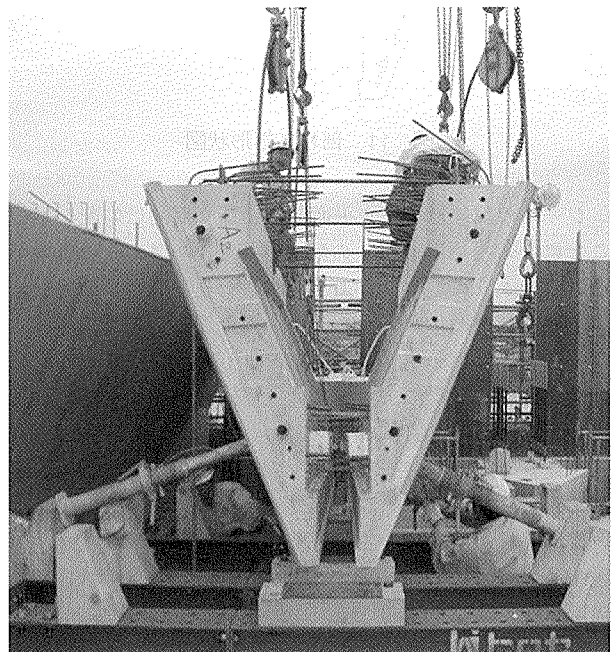


写真 - 6 建て方状況

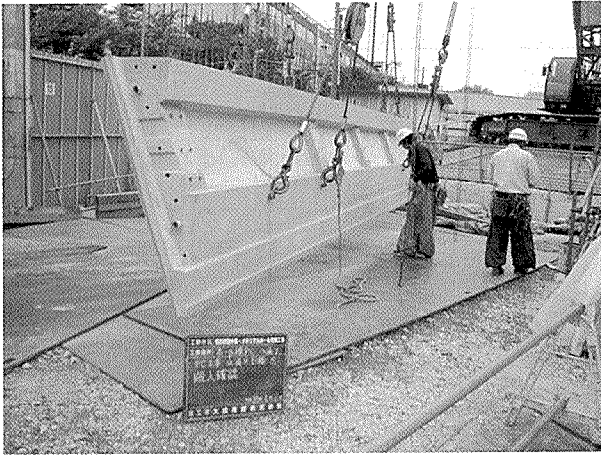


写真 - 7 部材建て起こし状況

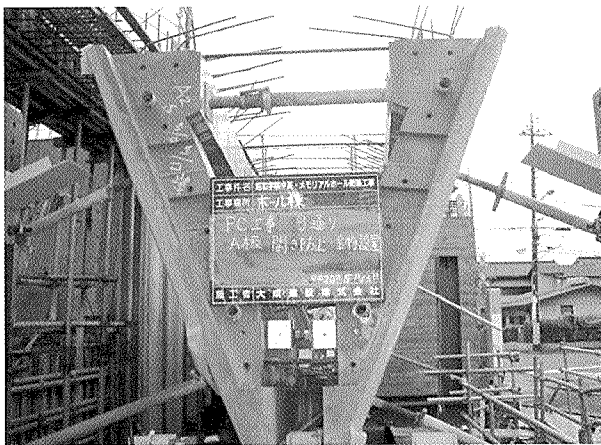


写真 - 8 地組状況



写真 - 9 部材吊込み状況

### 6.2 工程計画

図 - 13, 14, 15 に作業フローと作業工程・KEYPLANを示す。1日目に1スパン分6ピースを搬入し、地組・ジョイント部分のグラウト注入完了まで行い、2日目にPC鋼棒の緊張、建方完了まで行う1スパン2日タクトでの工程管理を行った。建方が完了した部材へのPC鋼より線の通線・板間コンクリート打設を8日目に行い、3日間の養生

### 4-2. PC 工事の施工フローチャート

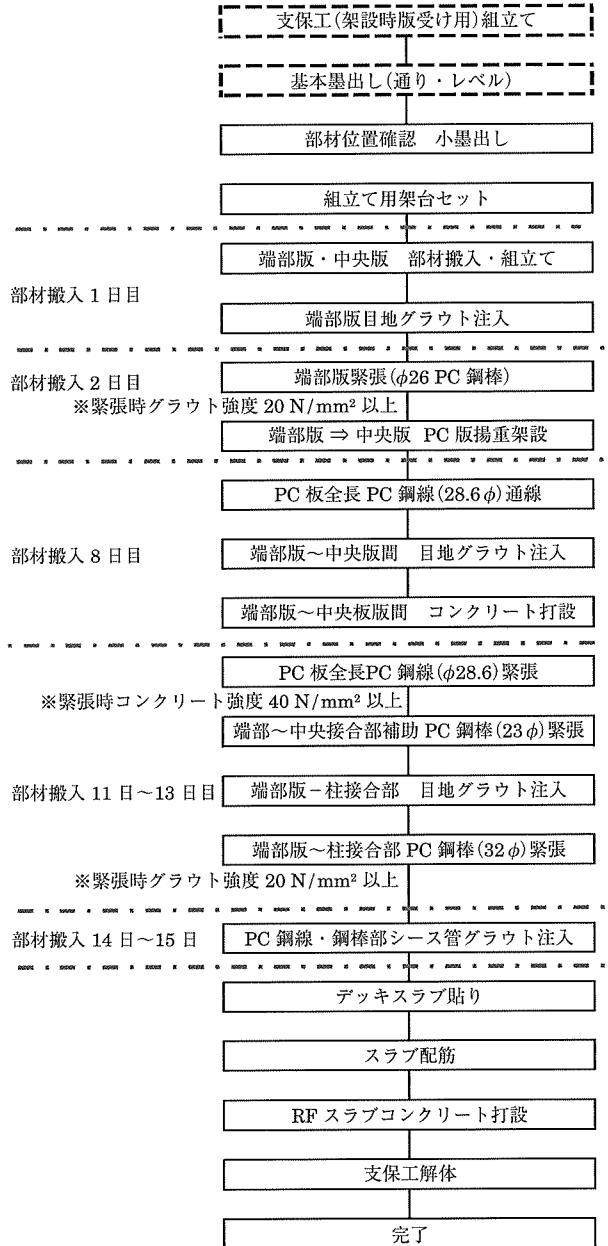


図 - 13 作業フロー

期間(強度 50 N/mm<sup>2</sup> 発現)を取り PC 鋼より線の緊張を行った。14・15 日目にシース管へのグラウト注入・PC 鋼棒の保護モルタル工事を行った。

その間に構台解体、目地躯体工事、通線、緊張工事の調整を慎重に行い、作業員の配置ならびに建て逃げに際し無駄のないように調整を行った。PCa 部材(総ピース数 48 ピース)搬入から緊張工事完了まで 27 日の工程で完了した。

### 6.3 建方管理

本工事の PCa 折板は平面・断面の双方に斜めの部分を有し、建方途中での垂直精度、レベル精度、平面位置精度管理は非常に難しく、かつ建方後も自立固定させることが難しいため、その精度管理方法・固定方法が課題となった。精度管理については、架設ペントのレベルを PCa 折板の正

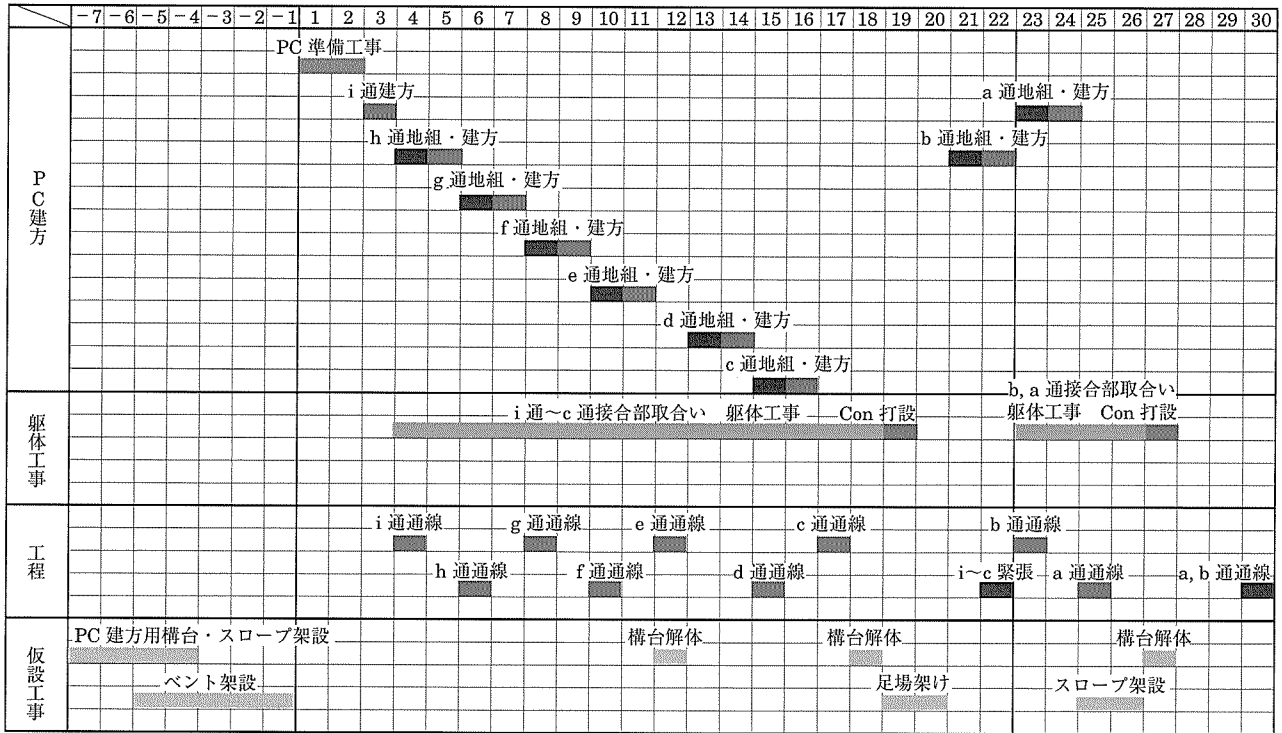


図 - 14 工程表

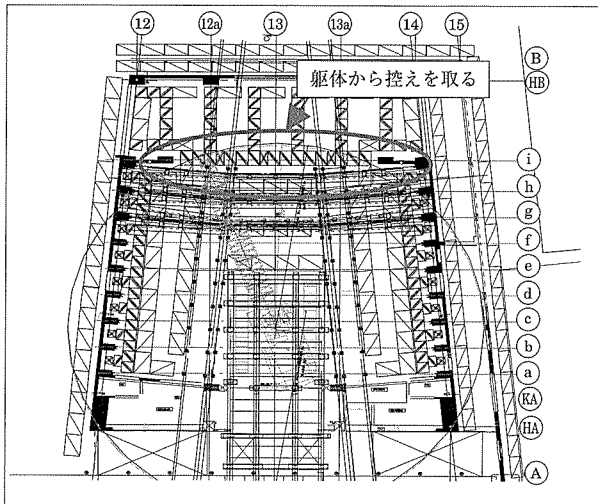


図 - 15 KEYPLAN

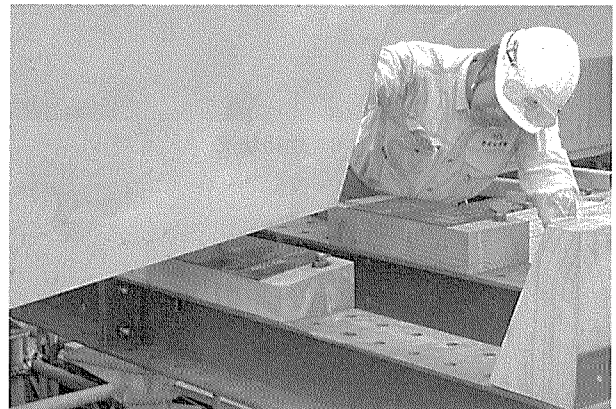


写真 - 10 精度管理状況

規のレベルに据えておき、PCa 折板の建入れ位置は建方前にキャンバー上に墨出しを行い、建方時には建入れ墨に合わせるだけで管理ができる方法を採用した（写真 - 6, 10）。固定方法は i 通りの PCa 折板を躯体と異形鉄筋（D 13）にて溶接固定し、以降の部材については、部材同士を連結していくことで固定していく方法とした。

上記の方法を採用した結果、建入れ精度で 0～5 mm の誤差、スパン方向で 0～10 mm の誤差と鉄骨精度と比べても遜色のない精度で建方を行うことができた。

PC 鋼より線緊張完了後、屋根スラブコンクリートを打設し、設計基準強度発現を確認したあと、架設ベントのジャ

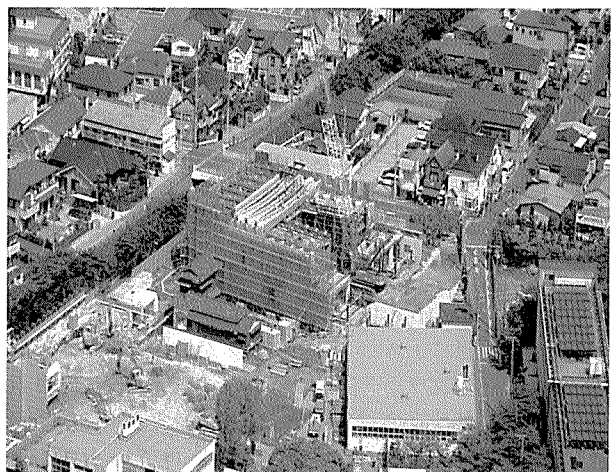


写真 - 11 建て方状況



ッキダウンを行った。

ジャッキダウン完了後の変位は、正規レベルに対して5 mmの誤差であり、工事の計画が適格に行われたことを示す結果となった。

## 7. 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

ただいた昭和学院の皆様に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たずさわられた大成建設株式会社の皆様（とくに古家拓工事担当）、ピーエス三菱の皆様にご心より御礼申し上げます。

【2009年4月20日受付】



刊行物案内

# コンクリート構造診断技術

## コンクリート構造診断技術講習会テキスト

### 2009年5月

定価 7,500円／送料 500円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会