

## ジャカルタセンタービル の設計と施工

梅 田 幹 夫\*  
田 村 悦 徳\*\*

### 1. はじめに

ここ数年来、東南アジアの開発途上国において、日本企業の建築施工技術が高く評価され、数多くの建設工事の受注が相次いでいる。

一方、我が国の建築設計界にも語学の壁、情報不足、経験不足、習慣の違い等のハンデを克服しつつ他の先進諸国に対する競争力が芽ばえつつある。

本物件もこのような状況のもとで実施された民間ベースの海外プロジェクトの一つである。

インドネシアの首都ジャカルタにおいても、近代的な高層ビルが数年来目立って建設されている。これは、市行政当局の指導による都市の環境整備の一環としてのオフィス空間の拡充政策による影響が一因していると思われる。本建物は、この需要に応えるべく現地実業家が立案した長期的ビル建設計画の第一作目に位置する貸事務所ビルである（写真-1）。



写真-1

以下、当建物の設計に関しては（株）日本設計事務所が、現場の工事状況は大林組がそれぞれ分担して報告する。

### 2. 設 計

#### 2.1 基本計画

長スパン（14.4 m）の居室空間を両側に配し、その中

\*（株）日本設計事務所構造設計部主任技士

\*\*（株）大林組東京本社技術本部建築技術部課長代理

央部分に最上階に至る吹抜け空間を包含した9階建ての基本計画案に対して、経済性、工期、現地の事情等を総合的に判断して、梁間方向を現場打ちポストテンション方式のPC造、桁方向をRC造とした。

平面計画は内部に吹抜けがあるため、建物に揺れが生じないように両方向とも対称形とし、工事工程の短縮を図るため躯体をできるだけ単純明解なものとした。

赤道直下に位置するジャカルタにおいては風荷重が皆無であるものの、環太平洋地震帯の影響を受けて日本の約1/4の地震荷重による設計が義務付けられている。本建物の構造設計は、これらのインドネシアコードに準拠して、鉛直荷重および地震荷重に対して行った。

#### 2.2 建物概要

設 計：（株）日本設計事務所

施 工：P.T. JAYA-OHBAYASHI GUMI CORPORATION

（技術指導（株）大林組東京支社）

建築面積：2 550 m<sup>2</sup>

延床面積：21 530 m<sup>2</sup>

高 さ：軒高 36.4 m，最高高さ 37.9 m

規 模：地上 9 階

用 途：事務所

構 造：梁間方向 PC 造

桁 方 向 RC 造

地 業：場所打ちコンクリート杭

外 装：ーフミラーカーテンウォール

工 期：着工 昭和 57 年 11 月

竣工 昭和 58 年 11 月

図-1 に基準階平面図、図-2 に断面図を示す。

#### 2.3 構造概要

現地の習慣では、経済性と工事の簡略化のため、壁は殆んど現地産のブリックによる後積み工法となる。したがって本設計においても耐震壁を諦めて、両方向とも純ラーメンによる構造形式を採用した。

基準スパンは、梁間方向 14.4 m に対して桁方向は 3.6 m 案と 7.2 m 案の両者を比較検討したが、骨組の水平剛性を確保するため柱の本数が倍となる 3.6 m 案を採用した（1次固有周期は梁間で 2.05 秒、桁方向で 1.49 秒）。また、フライングショアによる施工を考慮し

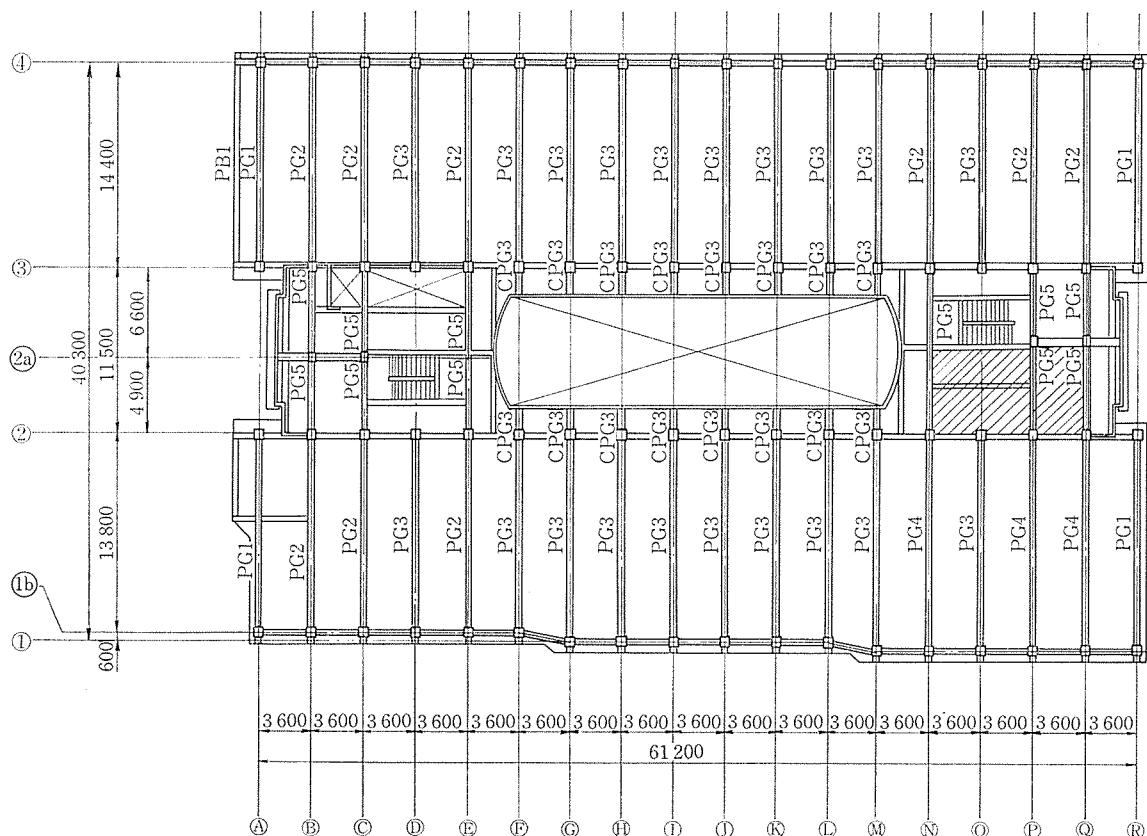


図-1 基準階平面図 (2~8階)

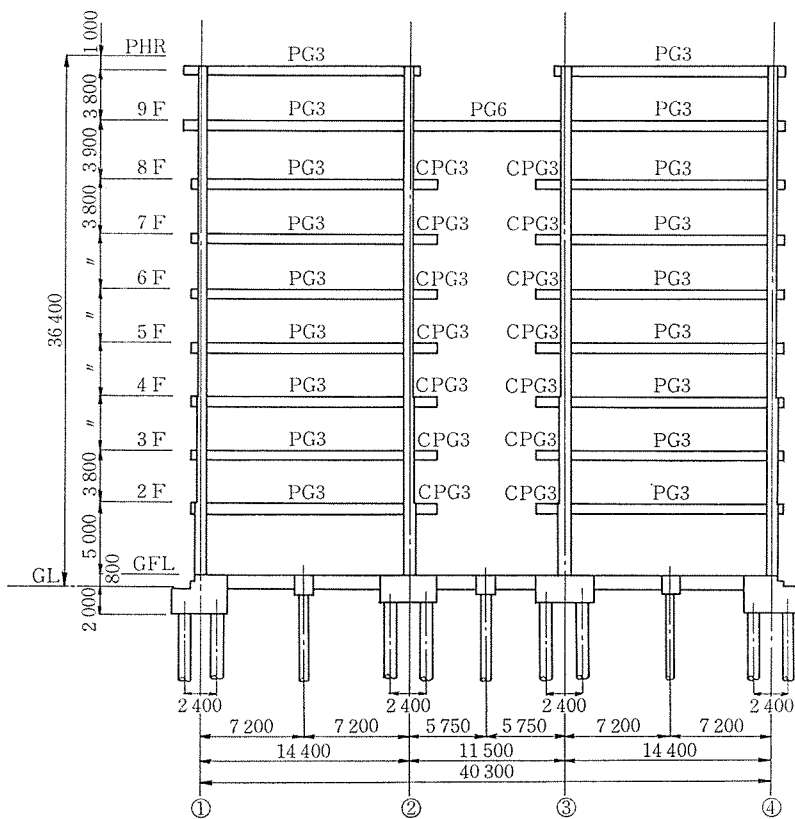


図-2 断面図

て、梁間と桁の梁の高さを同一に計画した。

耐震設計は、インドネシアコードに従いベースシア係数を 0.04 とした設計用地震力を基本として、梁間方向のみ PC 造用構造種別係数 1.4 を乗じ 0.056 とした。

部材の断面設計は、日本建築学会の諸規準に準拠して行った。結果的に中上層部では鉛直応力が支配的であったが、低層部では地震荷重によって断面が決定された。

なお、最終的に梁間方向 70 GAL、桁方向 50 GAL の地表入力による弾性振動解析を行い、安全性の検討を行った。

使用材料としてコンクリートは現場練り  $F_c=300 \text{ kg/cm}^2$  (高強度コンクリートの施工実績が少ないため計算上は  $F_c=270 \text{ kg/cm}^2$  とした)。鉄筋は現地産の異径筋、PC 鋼材および定着装置は日本製品を使用した。使用材料を表-1 に示す。

表-1 使用材料

|        |  |
|--------|--|
| コンクリート | $F_c=300 \text{ kg/cm}^2$ , 導入時 $F_c=250 \text{ kg/cm}^2$<br>セメント量 290~400 $\text{kg/m}^3$<br>水セメント比 50% 以下<br>スランプ 10~15 cm   |
| 鉄筋     | D19 以上 U32 (インドネシア規準),<br>許容応力度 長期 $1.85 \text{ t/cm}^2$ , 短期 $2.65 \text{ t/cm}^2$<br>D22 以上 U39 (インドネシア基準),<br>許容応力度 長期 $2.25 \text{ t/cm}^2$ , 短期 $3.20 \text{ t/cm}^2$ |
| PC 鋼材  | 低レラクセーション材<br>PC 鋼より線 SWPR 7本よりB種 15.2φ  |

2.4 PC 梁の設計

PC 梁はすべて CCL 工法によるポストテンションングラウト方式とし、フルプレストレスिंगの設計としてある。梁せいは基準階で 60 cm, 上階 2 層は 70 cm とし、各梁にケーブルが 2 本配置されている。各ケーブルには、7 本より 15.2φ のストランドが 4~5 本配線されている。

緊張力の導入は、1 スパン梁の場合は片引き、3 スパン連梁の場合は両引きとし、梁中央部分での必要導入力を標準の梁で 160 t と仮定し、有効平均圧縮応力度は約  $21\sim 25 \text{ kg/cm}^2$  となっている。図-3 に各階の PC 大梁の概略を示す。

3. 施 工

3.1 施工法概要

現地の事情からして、著しい短工期で建物を完成させるために、大型移動床型枠と VH 分離打設（柱と床、梁のコンクリートを別々に打設する）を組み合わせた無足場工法を採用して、施工の合理化、省力化を行った。

図-4 に示すように、次のような 1 サイクルの施工順序とした。

- ① 柱筋、柱型枠の組立て。

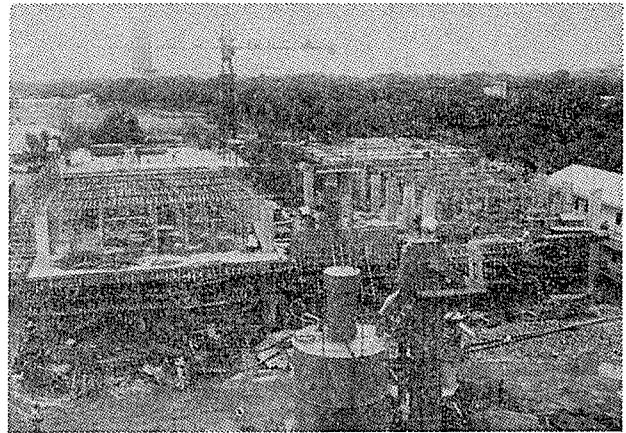


写真-2

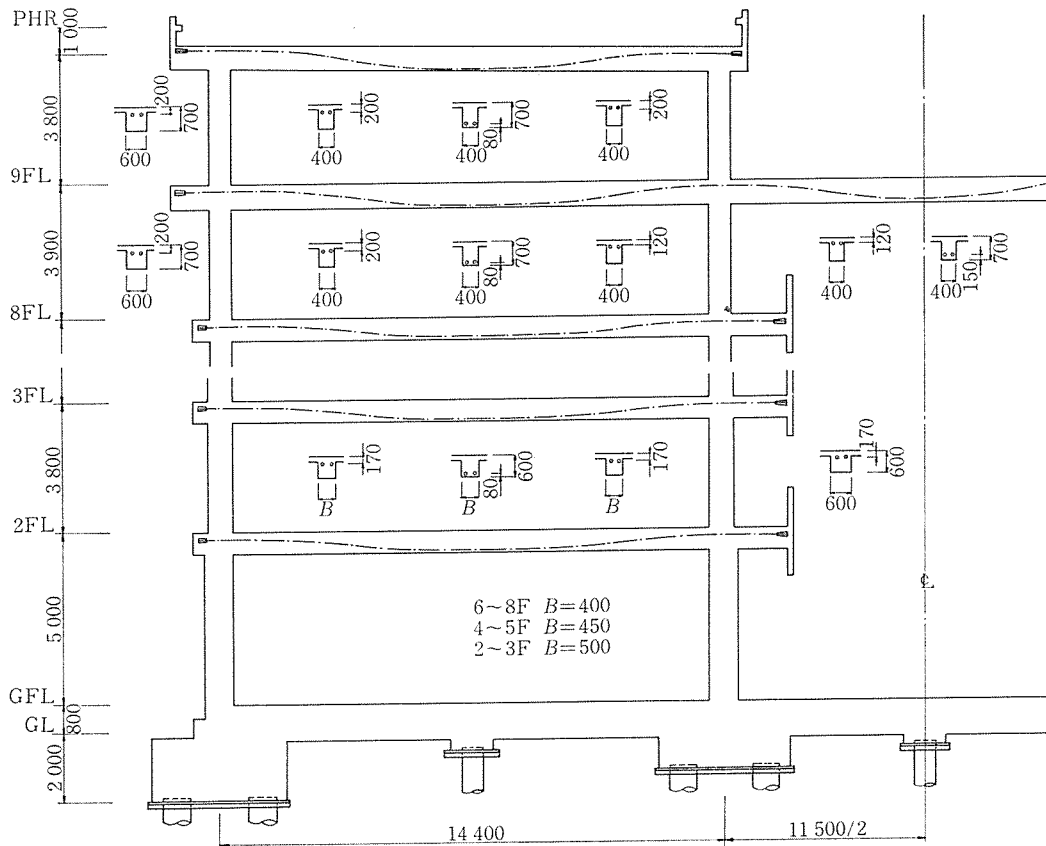


図-3 PC 梁 概略 図

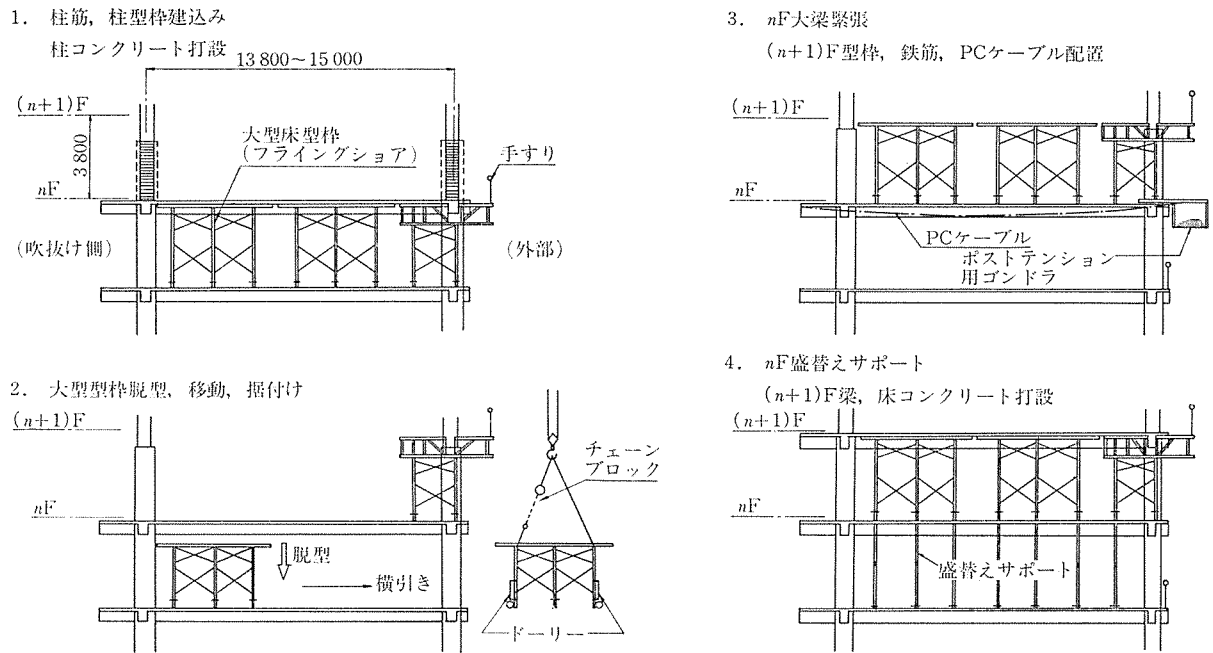


図-4 施工順序

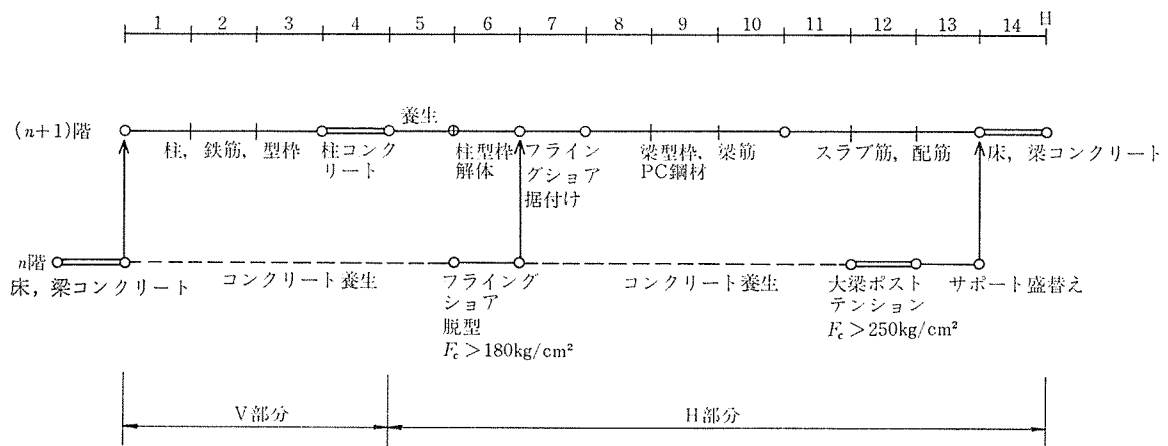


図-5 サイクル工程

- ② 柱コンクリート打設 (スランプ 10~15 cm)。
- ③ 柱コンクリート養生後, 柱型枠解体, 他工区へ転用。①~③ 期間中に下階梁のコンクリート養生。180 kg/cm<sup>2</sup> 以上の強度を確認。
- ④ 大型床型枠脱型, 外部へ引き出して, クレーンで上階へ転用。
- ⑤ 大型床型枠を足場として, PC 梁型枠組立て (在来工法)。
- ⑥ 大型床型枠を所定高さまで調整して床型枠完了。
- ⑦ 梁筋, PC ケーブル, スラブ筋組立て。  
①~⑦ 期間中に下階 PC 梁のコンクリート養生。250 kg/cm<sup>2</sup> 以上の強度を確認。
- ⑧ PC 梁の緊張。
- ⑨ PC 梁下の支保工解体。スラブへの支保工盛替え。

- ⑩ 上階床, 梁のコンクリート打設。

図-5 にサイクル工程を示す。低層部では 18~20 日かかっていた工程が, 上階へ進むにつれて習熟効果を増し, 最終的には 12~14 日で可能となった。海外工事特有の, 施工の各段階における厳しいインスペクションの時間も少なからず, 特に柱および床, 梁のコンクリート打設前のインスペクションには, 各半日ずつを要した。

### 3.2 型枠工事

大型床型枠は, 材料費と組立て, 解体手間のコストが高いので, これを採用する条件は, 転用回数を多くすることである。高強度コンクリートを使った PC 構造であるため, コンクリートの強度発現が早く, 打設後 4~5 日でスラブの支保工を脱型して上階へ転用することができた。また, 上階コンクリート打設時にも, 軽微な盛替え支保工が必要なだけで, ほとんど一層受けが可能だっ

報 告

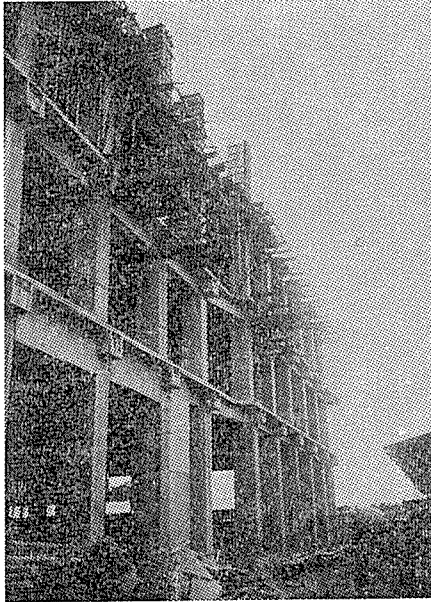
たために、大型床型枠は一層分のみを用意して転用回数を多くした。

スラブと桁行梁の型枠材料は、そのまま一体となって上階へ転用できたので、残材の発生率も在来工法に比べ

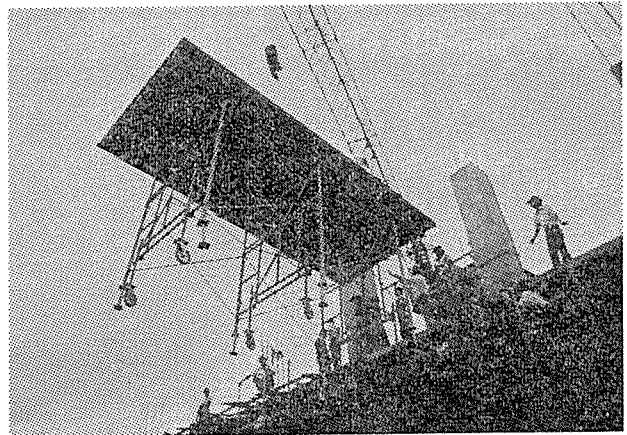
て極めて少なく、支保工の一層受けと相まって、仕上げ工事の着手時期も早くなり、工程短縮に大きく寄与した。大型床型枠は外部へ引き出して上階へ転用したが、外装がカーテンウォールだったこともあって、外部無足場工法を採用して、仮設費用の削減を図った（写真—3, 4）。

図—6 に大型床型枠の配置図を示すが、その他型枠工事に関する詳細は以下のとおり。

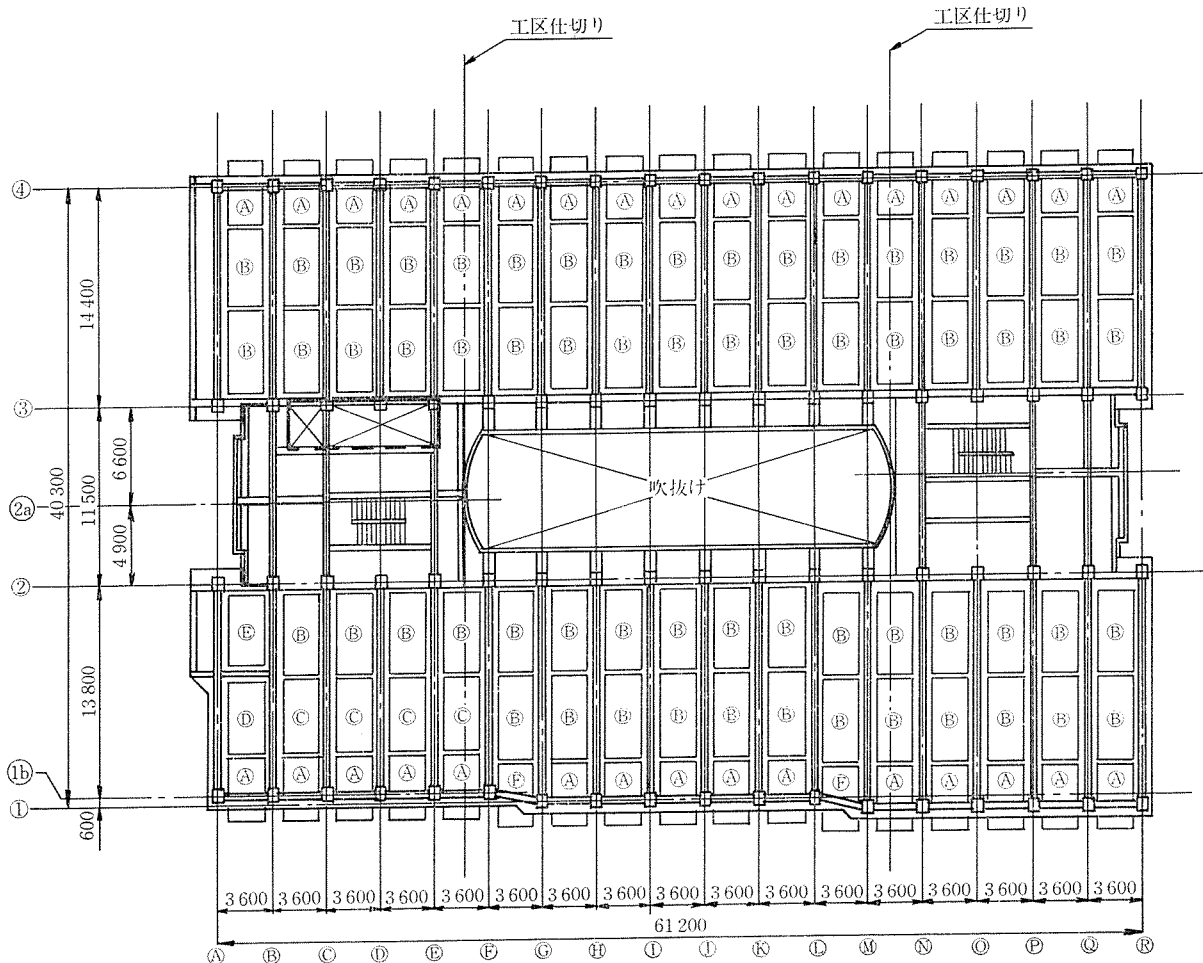
- 1階分を4工区に分けて、柱型枠は1/3~1/4を用意



写真—3



写真—4



図—6 大型床型枠配置図

して、隣の工区、上階へと転用していった。

- 大型床型枠は1階当りの全床型枠面積の約80%をカバーしており、転用回数は8回(2F床は階高と1F土間後打ちのために、在来工法とした)。
- 1スパン約3m×15mのスラブに大型床型枠を3台割り付けて、外部側のRC梁型枠は大型床型枠の中一緒に取り込んだ。先端には手すりを設けて、作業用のスペースを確保した。
- 大型床型枠相互、およびPC梁型枠の隙間には、補助鉄板を使用して転用していった。

### 3.3 PC 工 事

#### (1) 施工体制

日本から1人技術指導に赴き、ローカルスタッフ2~3人のもとに、常時6~8人のワーカーをPC工事専従として施工した。最初は手とり、足とりといった状態であったが、2か月もすると、ほとんど彼らだけで不安なく施工できるまでになった。



写真-5



写真-6

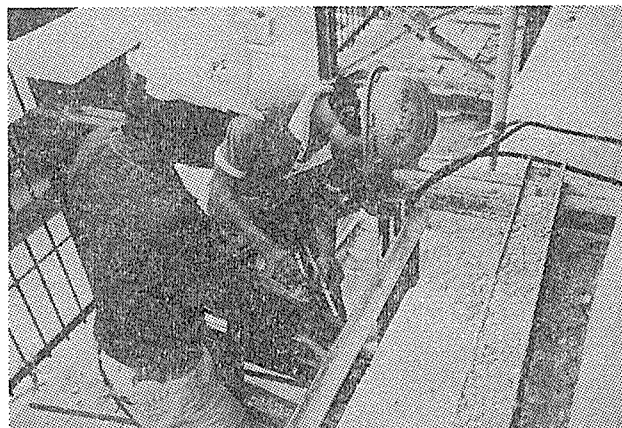


写真-7

PC鋼材、定着具、スパイラルシース、緊張用ジャッキポンプ、グラウト機器からグラウト用試験器具に至るまで、すべてのPC工事用材料、機器を日本より輸出した。総重量70tのPC鋼材は現地機械工場に全数ストックし、所定長さに切断加工して現場に搬入した。

#### (2) 緊張工事

外部足場がないので、緊張用の仮設鋼製ステージを製作して、柱から吊り下げる形式で隣の工区、上階へと転用していった(写真-7参照)。

緊張管理は、PC梁の中央断面の設計導入力を確保することを主眼として、 $\mu$ の値によって引止め荷重を加減した。 $\mu$ の値は、概ね0.30であった。

#### (3) グラウト工事

グラウトの品質管理、試験方法は、日本の土木学会の示方書に準じて行った。ただし、水セメント比については、スペックで50%以下となっていたので、43、45、48、50%で試し練りを行った。43、45%のは施工性に、50%は圧縮強度に不安があり、最終的には48%に決定した。混和剤には、ポゾリスNo.8とアルミ粉末をプレミックスしたGF630を用いた。セメントは40kg詰袋物を使用した。一袋ごとに重量のばらつきが大きく、1バッチごとに計量せざるをえなかった。

グラウト施工日ごとに、供試体を採取して試験を行ったが、その結果フロータイム6~8秒(Jロート)、膨張率7~10%、28日圧縮強度210~280kg/cm<sup>2</sup>( $\phi 5 \times 10$ cm)であった。

### 3.4 施工時荷重の考え方

#### (1) 大型床型枠脱型時のスラブ

##### ① 荷 重

スラブ自重  $0.12 \times 2.4 = 0.288$  (スラブ厚 12cm)

積載荷重 0.100

(型枠の自重は 40 kg/cm<sup>2</sup>、鉄筋等も見込む)

---

0.388 t/m<sup>2</sup>

報 告

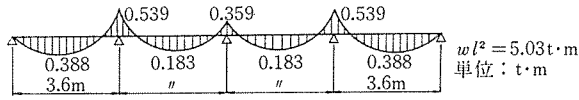
② コンクリートの許容曲げ引張応力度

型枠脱型時のコンクリート強度は 180 kg/cm<sup>2</sup> 以上とし、許容曲げ引張応力度は  $1.8\sqrt{F_c}$  とする。

$$1.8\sqrt{F_c} = 24.1 \text{ kg/cm}^2$$

③ 曲げモーメント

スラブ 1m 幅について、4 連梁として考える。



④ 断面の検討

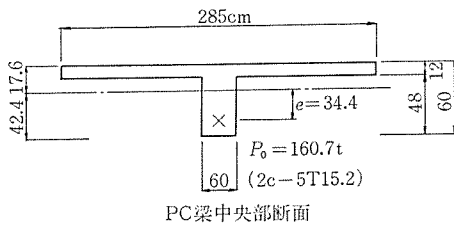
$$Z = bh/6 = 2400 \text{ cm}^3$$

最大モーメント  $M = 0.539 \text{ t}\cdot\text{m}$  について

$$\sigma = M/Z = 22.5 \text{ kg/cm}^2 < 24.1$$

したがって、コンクリート強度が 180 kg/cm<sup>2</sup> 以上であれば、スラブは、自重と仮設材等の重量は支保工なしで負担しうる。

(2) 上階コンクリート打設時の PC 梁



$$A_c = 5.58 \times 10^3 \text{ cm}^2$$

$$Z_1 = 0.935 \times 10^5 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 0.389 \times 10^5 \text{ cm}^3$$

$$M_p = 26.9 \text{ t}\cdot\text{m}$$

(プレストレス導入に伴う施工時の不静定曲げモーメント)

上階コンクリート打設時には、2 週間程度経過しており、 $F_c' = 300 \text{ kg/cm}^2$  とすると、

施工時

$$\text{許容圧縮応力度 } f_c' = 0.45 \cdot F_c' = 135 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{許容引張応力度 } f_t' = 0.07 \cdot f_c' = 9.45 \text{ kg/cm}^2$$

緊張完了した PC 梁中央部下端で負担しうる許容曲げモーメントを  $M_a$  とすると (下縁が圧縮となる曲げをプラスとする)、

$$-f_t' = \eta' \cdot \left( \frac{P_0}{A_c} + \frac{P_0 \cdot e}{Z_2} - \frac{M_p}{Z_2} \right) - \frac{M_a}{Z_2}$$

$\eta'$ : プレストレス有効率。長期設計時には 0.85 を用いるが、2 週間程度なので 0.90 とする。

$$M_a = f_t' \cdot Z_2 + \eta' \cdot Z_2 \cdot \left( \frac{P_0}{A_c} + \frac{P_0 \cdot e}{Z_2} - \frac{M_p}{Z_2} \right)$$

$$= 39.3 \text{ t}\cdot\text{m}$$

自重も含めた上載可能な等分布荷重 ( $w_a \text{ t/m}$ ) を求め

る。設計計算書より、 $w_d = 1.92 \text{ t/m}$  のとき、PC 梁中央部  $M_d = 18.0 \text{ t}\cdot\text{m}$  であるから、

$$w_a = \frac{M_a}{M_d} \times w_d = 4.19 \text{ t/m}$$

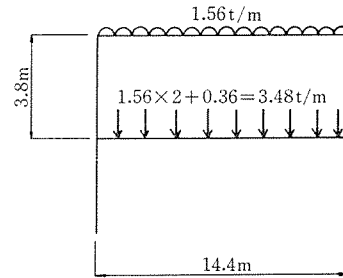
1 層分のコンクリートの自重は、スパン 3.6 m で

$$w_c = (3.6 \times 0.12 + 0.45 \times 0.48) \times 2.4 = 1.56 \text{ t/m}$$

仮設材と仮置の鉄筋等の重量を 100 kg/cm<sup>2</sup> とすると、

$$w_r = 0.1 \times 3.6 = 0.36 \text{ t/m}$$

$$\Sigma w = 1.56 \times 2 + 0.36 = 3.48 \text{ t/m} < w_a = 4.19 \text{ t/m}$$



したがって、PC 梁については、上階コンクリート打設時支保工の一層受けが可能である。

(3) 上階コンクリート打設時のスラブ

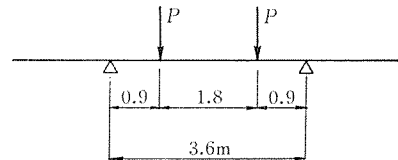
① 荷 重

$$\text{スラブ自重 } 0.12 \times 2.4 = 0.288 \text{ t/m}^2$$

(スラブ厚 12 cm)

上階コンクリートと仮設材重量 (1.1 × D.L.) は、大型床型枠で受けるので、スラブ 1m 幅当りの荷重状態は、

$$P = 1.1 \times 0.12 \times 3.6 \times 1 \times 2.4 \times 1/2 = 0.57 \text{ t}$$



② コンクリートの許容曲げ引張応力度

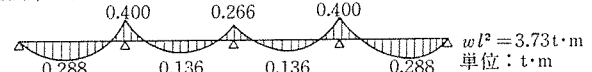
上階コンクリート打設時には、2 週間程度経過しており、 $F_c' = 300 \text{ kg/cm}^2$  とすると、

$$1.8\sqrt{F_c'} = 31.2 \text{ kg/cm}^2$$

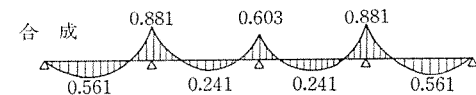
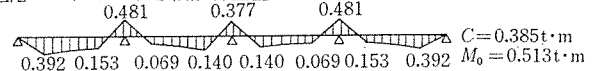
③ 曲げモーメント

スラブ 1m 幅について、4 連梁として考える。

当該床の自重によるもの



上階コンクリートと仮設材重量によるもの



④ 断面の検討

最大モーメント  $M=0.881 \text{ t}\cdot\text{m}$  について、

$$\sigma = M/Z = 36.7 \text{ kg/cm}^2 > 31.2$$

したがって、上階コンクリート打設時には、当該スラ

ブ下には盛替え支保工が必要である。

支保工の盛替え位置は、図-7 に示すように、上階大型床型枠の脚管の直下とし、スラブと同時に PC 梁にかかる負担も軽くした。

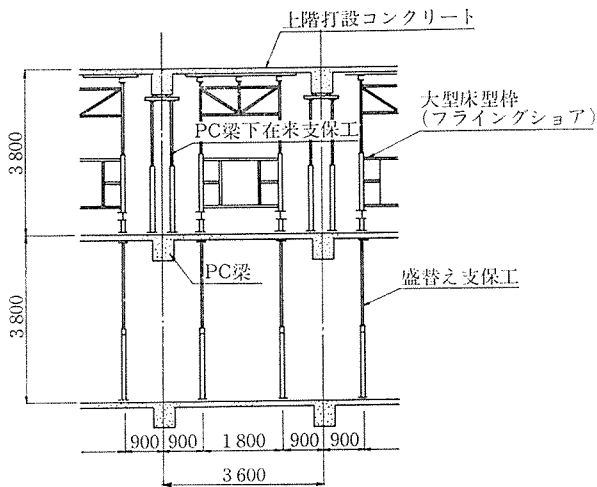


図-7 支保工断面図

4. おわりに

当プロジェクトの施工上の最大の問題点は、工期であった。地上9階の躯体工事（杭工事別途）を7か月で打ち上げるには、相当な困難が予想された。大型床型枠を採用したことは、作業の単純化、画一化につながり、現地ワーカーの技倆不足を補って余りある効果を持たせた。これも、単純明快な平面プランと、高強度コンクリートの PC 造、そして、外装が無足場でも可能なカーテンウォールと、種々の条件がそろったからであると思っている。

なお、PC 工事をジャヤ大林組で直営施工したが、当初懸念されたもたつきも殆んどなく、工程的にも品質管理上からも、大きなメリットがあったと思っている。

◀刊行物案内▶

プレストレストコンクリート技術の現況

本書は全国七都市で行った第 10 回 PC 技術講習会のテキストとして編纂したもので、PC 技術の現況と題し、下記に示すとおり内容も豊富なものとなりました。地区によってはテキストの不足を生じた会場もあり、大変な盛況でした。その内容は大きく4項目からなっており、すなわち PC の設計に関する各国の規定、PC 鋼材について、建築に関する PC 部材の接合法、さらに今度の編纂に最も力点を置いた PC 橋の架設工法総覧であります。

特に最後の項は、PC 橋梁関係者にとっては、最近の新しい工法も採りいれられていることにもより、大変よくまとまった格好の資料になることと思います。掲載資料を欲ばり、頁数が多くなり過ぎた嫌いがありましたが、ご自身の勉強のためもさることながら社員教育用にも最適かと存じます。ご希望の方は代金を添えて（社）プレストレストコンクリート技術協会（電 03-261-9151）宛お申し込みください。

体 裁：A 4 判 216 頁

定 価：5,000 円 送 料：800 円

内 容：(A) プレストレストコンクリートの設計に関する各国の規定（主としてひびわれ発生許容プレストレストコンクリートについて）。(B) PC 鋼材について。(C) PC 部材の接合法（その力学的基本特性）。(D) プレストレストコンクリート橋の架設工法総覧、1) 概説、2) PC 桁の移動架設工法、3) 場所打ち工法（支保工）、4) プレキャストブロック工法、5) カンチレバー工法、6) 移動支保工、7) 押し出し工法、8) PC 鉄道橋の架設。