

PC構造による大スパン事務所建物の設計と施工

—サカタのタネ本社ビルの設計と施工—

長尾 直治*1・世良 耕作*2・加藤 辰彦*3・矢野 謙*4・佐藤 卓夫*5

1. はじめに

サカタのタネ本社ビルは横浜市港北ニュータウンに建設された中層の事務所ビルである。建物は3棟（本館棟，食堂棟および温室棟）から成っているが，このうち本館棟（以下本建物という）はラーメン構造を構成する柱および梁部材に高強度プレキャスト・コンクリート（PCa）を用いたプレストレスト・コンクリート構造（PC構造）であり，これらをPC鋼材による圧着工法などによって組立て，15m大スパン事務室を実現したものである。

プレキャスト・コンクリート工法（PCa工法）は，生産性に優れ，造形性も期待できる工法であるが，以下の問題点もある。

- ① 接合部の構成が難しい
- ② 部材種類を少なくしないとコストメリットが得られない
- ③ 運搬や揚重のため寸法と重量を制限しなければならない

さらに，本建物は本社ビルであり，PCa工法で製作されることが多い工場建物や倉庫建物に比べると用途が複雑で，多くの部材との取合いが生じディテールが多様となる。以上のことから生じる工法的および構法的な問題を，作業手順の分析，接合部ディテールの工夫，現場打ちコンクリート造との適切な組合せなどにより解決した。

また，柱や梁をピン角のコンクリート打放し仕上げとするため，PCa部材の製造工程に注意を払い，コンクリート表面の気泡やむらを少なくし，ち密で美しい表面を実現した。

ここでは，この建物の設計と施工について報告する。

2. 建築計画・構造計画

2.1 建築計画

建築概要を表-1に，また全景を写真-1に示す。敷地の南側に高架の鉄道線が走り，北側に低層の住宅街が広がっている。南側に高く，北側および東側に低くなるようセットバックした建物形状はこのような敷地環境に適合させたものである。

階高は4m，天井高は2.85mである。基準階の平面は，東側および西側の両端部にコアを配置し，3.2mスパンの中廊下をはさんで，南側にスパン15mの事務室，北側にスパン



写真-1 全景

表-1 建築概要

建物名称	サカタのタネ本社ビル
所在地	横浜市都筑区仲町台2-7
建築主	株式会社サカタのタネ
構造	本館棟:プレキャスト・プレストレストコンクリート造(PCa・PC造) 一部鉄筋コンクリート造(RC造) 食堂棟:RC造,一部鉄骨造(S造) 温室棟:S造
階数	地上6階,地下1階,塔屋1階
軒高	26.1m
建築面積	3 992.3m ²
延床面積	15 203.4m ²
設計・監理	株式会社日本設計
施工	戸田建設株式会社
PC工事	フドウ建研株式会社
工期	平成5年9月1日～平成7年1月30日

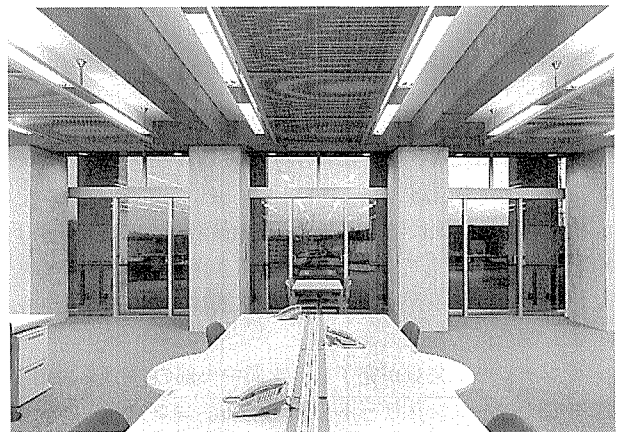


写真-2 内観

*1 Tadaharu NAGAO : (株)日本設計 構造設計群 部長

*2 Kousaku SERA : (株)日本設計 構造設計群 参与

*3 Tokihiko KATO : 戸田建設(株) 技術企画室 課長

*4 Ken YANO : 戸田建設(株) 横浜支店 建築部 工事長

*5 Takuo SATO : フドウ建研(株) 技術本部 技術統括部長

せた。

構造計算の方法は終局強度設計法に基づくルート3a(昭和58年建設省告示1320号による)で、建物の保有水平耐力をベースシヤ係数 C_0 に換算して0.3以上とし、柱や梁部材に早期のせん断破壊が生じないことを確認した。

PCa部材は、柱、直交梁付きのST(シングルティール)梁、柱・梁接合部ブロック、床ジョイント部のハーフPCa版、桁行方向梁の底型枠PCa版である。その他の、桁行方向梁継手部分、床のトッピングコンクリート部分、中廊下部分の偏平梁と床、外周バルコニーは現場打ちコンクリート造である。両端コア部も現場打ちコンクリート造であり、桁行方向梁の緊張工事後、1層遅れでコンクリートを打設した。また、1階および2階も柱部材を除いて現場打ちコンクリート造である。現場打ちコンクリート部分はこのように構造の一体化に寄与する部分や型枠形状が複雑で現場対応とした方が適する部分としたが、基準階では躯体の多くの部分がPCa部材となっている。

PCa部分と現場打ちコンクリート部分の境界部には、柱・梁接合部ブロック(梁筋がアンカーされ、シヤコッターを設けたPCa部材)を用いたり、機械式鉄筋継手部品をPCa部材に先付けとする方法とした。

柱と梁の接合部は梁通し型で、工場緊張された大スパンPCa・ST梁をPCa柱に載せ、柱内を引通したPC鋼棒を現場緊張して圧着する接合形式とした。この形式は柱通し型で梁を現場緊張する方式に比べると、PC鋼材の接合部が多くなるなどの難点があるが、陸立ち柱の建方が簡単になることや張間方向に発生する不静定応力が小さくなるなどのメリットがある。

桁行方向は全体を3つの工区に分割して緊張する方法とし、不静定応力の発生が小さくなるように配慮した。これらの不静定応力は、後述するように現場で測定し、その量が予測範囲内であることを確認した。

コンクリートの圧縮強度はPCa部材で50N/mm²、現場打ちコンクリート部分は35N/mm²である。主な使用材料を表-2に示す。

3. PCの設計

3.1 柱の設計

代表的な柱断面は75cm×90cmであり、図-3のように呼び径32mmのPC鋼棒を、応力に応じて最大12本配置したものである。柱に導入されるプレストレスは柱・梁接合部を剛接としてモーメントを伝達させるためのものである。

導入プレストレスの平均軸方向応力度のレベルは約90kgf/cm²であり、柱に作用する長期軸方向応力度のレベル(外柱で30kgf/cm²以下、中柱で50kgf/cm²以下)より大きい。柱断面内の応力度は長期荷重時に許容圧縮応力度を超えることはなく、また引張応力も発生していない。

3.2 梁の設計

梁は図-4に示すように、97cm成の直交梁付きのST版を3.2m間隔で配置したものであり、梁幅方向には型枠からの脱型を考慮してテーパを設けた。その上に厚さ8cmのトッピングコンクリートを現場で打設して一体化した。

表-2 主な使用材料

コンクリート	設計基準強度	PC導入強度
PCa部材 (スランブ8cm)	50N/mm ²	27N/mm ²
現場打ちコンクリート (スランブ18cm)	35N/mm ²	27N/mm ²
高性能AE減水剤使用		
鉄筋:		
SD295A(D10~D16), SD345(D19~D25)		
一部短スパン梁のあばら筋に1300N/mm ² 級の高強度せん断補強筋を使用		
PC鋼材:		
柱 PC鋼棒 SBPR945/1 080-32mm (導入力660kN/本)		
梁 PC鋼線 7-SWPR7B-12.7mm (導入力871kN/ケーブル)		
定着方式:		
柱 PC鋼棒工法(ネジ式)		
梁 VSL工法(くさび式, Eタイプ)		
シーす内のグラウト材:セメント+混和剤		
PCa柱の目地モルタル:無収縮モルタル($F_c=60N/mm^2$)		

	PC1	PC5
1F		
主筋	10-D25	8-D25
HOOP	□-D13@100	□-D13@100
PC Bar	10-32φ	8-32φ

図-3 柱断面

張間方向の大スパンPCa梁の多くは4ケーブル(1ケーブルは12.7mm-7本より)配線としているが、このうち3ケーブルを工場で緊張し、残りの1ケーブルを外端から他の外端まで引通して両端から現場で緊張した。これは、現場打ちコンクリート造の中廊下部分にプレストレスを導入し、大スパン梁のクリープによるひび割れがこの部分に発生するのを避けるためである。

張間方向のPCa梁の断面設計は、工場緊張時、PCa建方時、長期荷重時(トッピングコンクリート打設時、仕上げ荷重時、および積載荷重時)、現場緊張時、および地震荷重時のように建方順序や荷重種類ごとに床の有効幅や剛性を評価して解析し、算定したが、曲げ性能の高いT形断面であるため全体に軽快な印象を与えるものとなった。

桁行方向の梁はスパンが大きくないので、PC鋼線は直線配置とし、梁相互の継手部にコンクリートを現場打設してから全部のケーブルを現場緊張した。桁行方向架構は、1日に打設できるコンクリート量やPCa部材の建方などの工程、および現場緊張による不静定力の低減などを考慮して、3つの工区に分割して施工した。

3.3 継手の設計

PCa構造には継手が発生するため、現場打ちコンクリート構造に比べて構造の連続性が低下するおそれがある。ここでは、PCa部材の鉄筋を現場打ちコンクリート部分に十分に定着する方法あるいはPC鋼材で圧着する方法を採用

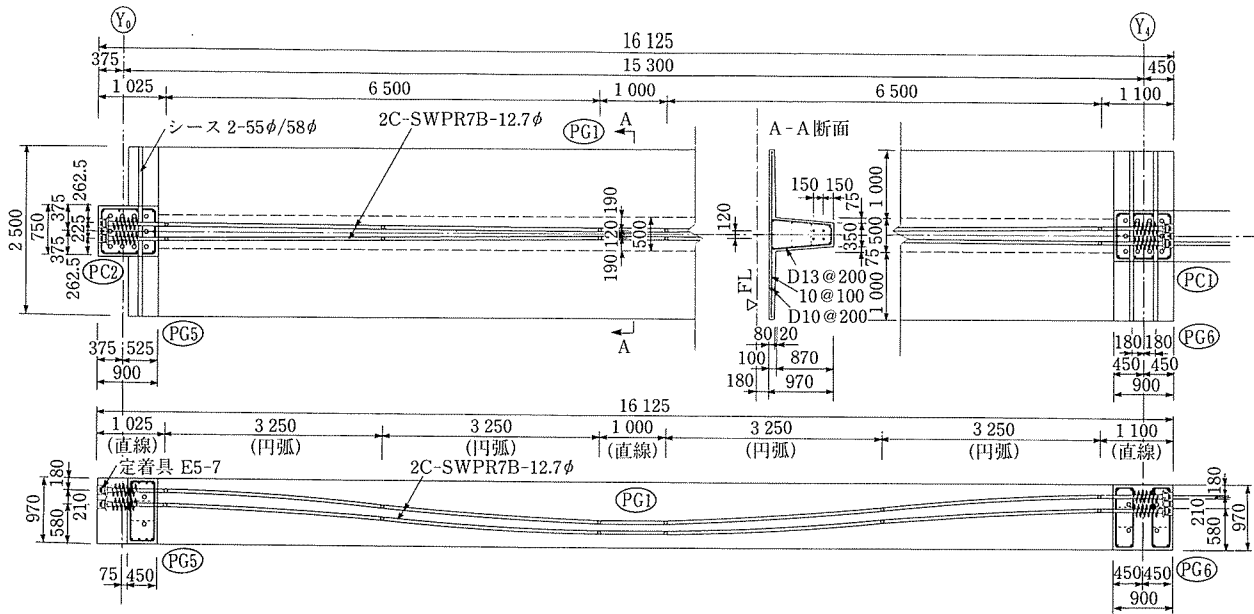


図-4 ST版

し、構造の一体化に努めた。

(1) 柱・梁接合部

柱・梁接合部は図-5に示すように、梁通し型であり、上

下階の柱をPC鋼棒で梁に圧着接合したものである。目地材には高強度モルタルを用いた。導入プレストレスの大きさは地震荷重レベルがベースシヤ係数Coに換算して0.2以下で

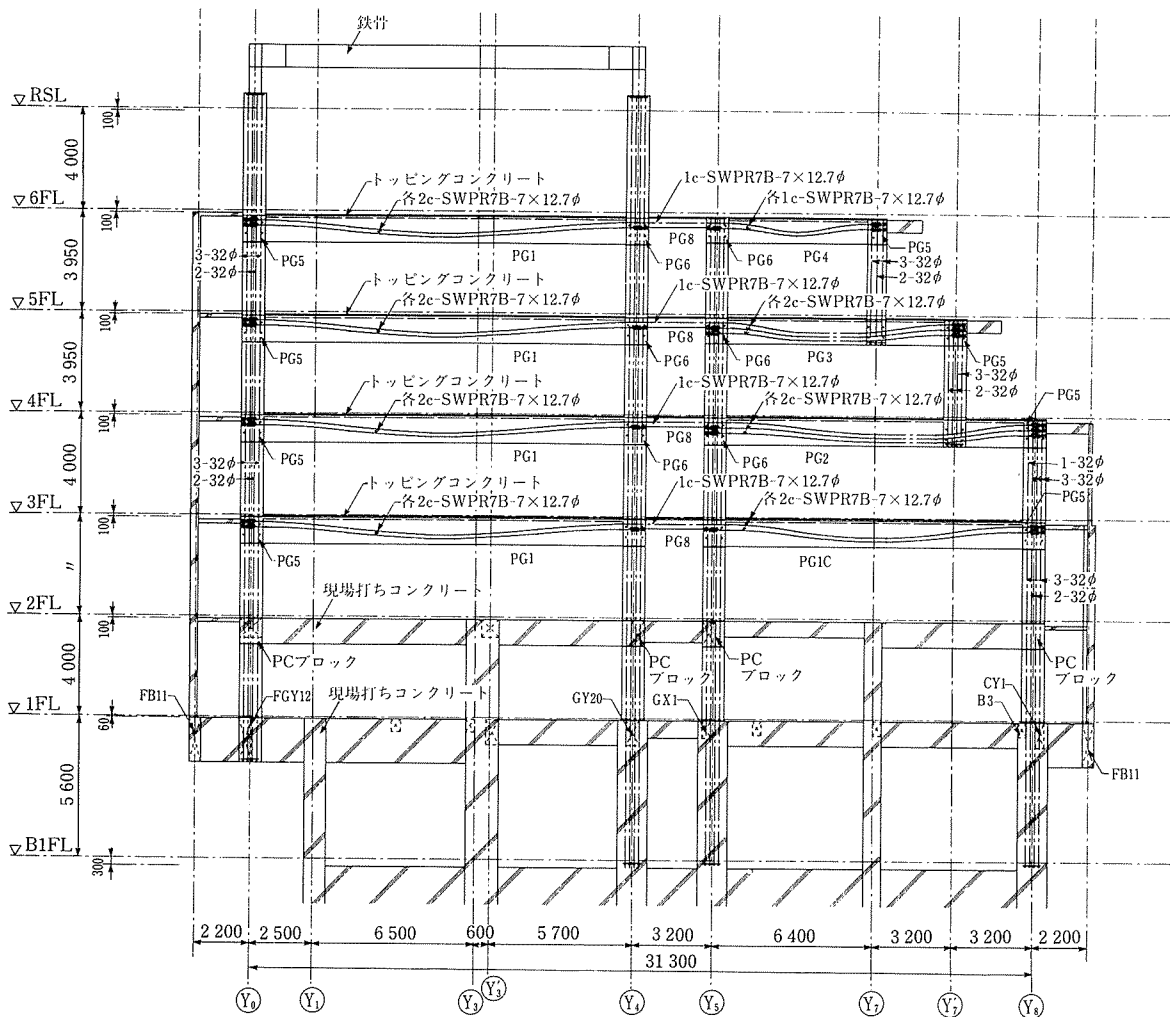


図-5 PC鋼材配線図

は柱断面内に引張応力が発生しないように定めたが、終局強度設計法を用いている地震荷重時にもなるべく架構の連続性を確保しようと意図したためである。また、柱と梁の終局曲げ耐力を比べるとおおむね柱部材の方が大きいため、柱・梁接合部の崩壊メカニズムはおおむね靱性に富んだ梁降伏先行型となり、終局時にも架構の連続性が保たれている。

(2) 桁行方向梁および床の継手

桁行方向の梁相互の継手は、図-6および写真-3のように現場打ちコンクリートを鋼板で補強し、プレストレスを導入したものである。

床の継手は図-7のようにST版の間に70cm幅のハーフPCa版(せん断補強用の鉄筋トラスを埋め込んだもの)を架け渡し、トッピングコンクリートで一体化したものである。

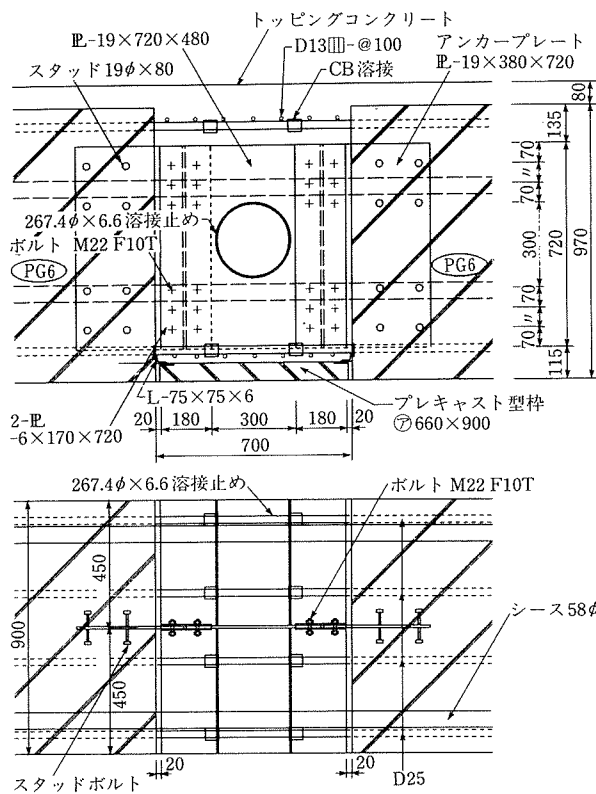


図-6 桁梁継手

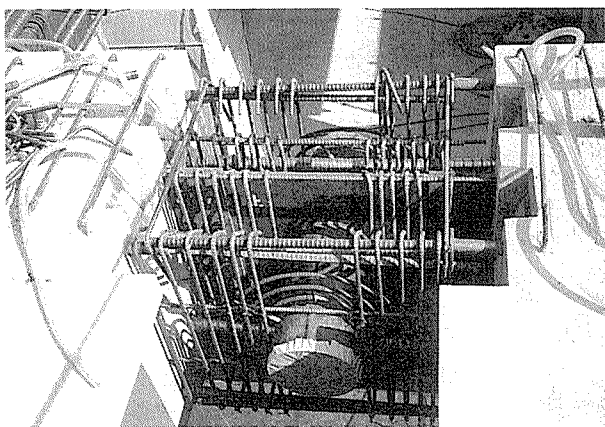


写真-3 桁梁継手

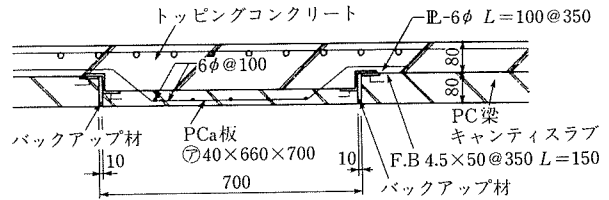


図-7 ハーフPCa版

このような接合形式を採用したのはST版の幅を輸送上の制約から最大2.5m(床部分)としたためである。ST版の幅を3.2mとし、桁行方向の梁を圧着接合する形式についても検討したが、次のような理由により本形式を採用した。

1) 床構造が軽快となる。

床構造は積載荷重550kgf/m²、スパン3.2Mの一方向版である。本形式は長さ1.0Mの片持ち床の先端にスパン0.7Mの単純支持された床が配置された形式であるが、検討案(1.35Mの片持ち床)に比べると端部曲げモーメントが減少するため端部の床厚を小さくできる。

2) 梁・梁継手が建築計画や施工計画に適合する。

桁行方向の梁相互の継手は、設備ダクトの梁貫通孔補強となる鋼管を溶接した鋼板とPCa材に埋め込んだガセットプレートを高力ボルトで摩擦接合するディテールであるが、建方時の安全と誤差の吸収を図れるものとなっている。梁相互の現場継手部分の長さは外装のガラス方立て間隔の寸法と同じく1.05Mであるが、これは鉄筋(25mm径)の重ね継手ができる寸法であり、PC鋼線のシースの継手や下端型枠用の厚さ7cmのPCa版の取付けなどの作業ができる寸法となっている。

3) 現場打ちコンクリート部分との一体性を高める。

桁行方向梁には3.2mごとに長さ約1mの現場打ちコンクリート造部分(継手部)があるため、外周バルコニーや中廊下などの現場打ちコンクリート床の鉄筋が桁行方向梁へ確実に定着できる。

4. PCa部材の製作

4.1 製造概要

PC工場は関東北部に位置し、生産能力年間40 000m³のJIS認定工場である。製品は取付2ヵ月前から8ヵ月間で製造した。製品の部位と個数は表-3の通りで総計1 291個、2 300m³である。

4.2 製造要領

1) 製造方式：直交梁付きST梁はポストテンションによるプレレスト・コンクリート造で、PC合成床板は

表-3 PCa部材一覧表

部 位	ピース数	備 考
柱	311	ポストテンション
柱・梁接合部ブロック	17	ポストテンション
直交梁付きST梁	130	ポストテンション
梁	21	
PC合成床板	8	プレテンション
梁底板	260	
床継手板	544	

プレテンションによるプレストレスト・コンクリート造

- 2) 型枠：鋼製型枠
- 3) 養生：蒸気養生（最高温度60℃，冬季55℃）
- 4) 製造サイクル：1サイクル／1日
- 5) コンクリートの調合：表-4による。

4.3 品質管理

柱およびST梁は、ピン角の打放し仕上げであるため、型枠接合部からの水漏れやレイタンスによる色むら発生の防止、気泡を発生させないためのバイブレータのかけ方の検討、蒸気養生シートからの水垂れ痕跡の防止など、気泡や色むらが生じないようなコンクリートの打設および養生の方法とし、厳重に管理した。

1) 型 枠

柱部材：ピン角を保持するため底板と周辺枠とのジョイント部の埋込み式ゴムシールは20回打設ごとに交換した。

ST梁：同じ型枠で数タイプの部材を製造できるように型枠を組み替えるためのジョイント位置がコンクリート表面に筋として出るので、規則性をもた

せた。

2) コンクリート打設

気泡を最小限に抑えるためにコンクリート打設は型枠へ2層に均一に投入し、型枠振動機、細径バイブレータで振動打ちした。型枠と鉄筋の間（かぶり部分）に細径棒状バイブレータを入れ、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。

3) 蒸気養生

温度管理は自動制御装置によった。冬季にはコテ押さえの作業時間が夕刻以降にずれ込むと、表面の凍結などによりコテ仕上げ面に表面剥離（フケ）の発生の可能性があるため作業工程の管理を行った。

特に、柱部材は、蒸気養生シートから仕上げ面への水滴によるあばた防止のため、写真-4のように傾斜板（屋根）を設置し、水滴を傾斜板に沿って流し、コテ仕上げ面への落下を防止した。

4) 工場緊張

中柱のある構面内のST梁は、4ケーブルのうち3ケーブルを工場で緊張し、残りの1ケーブルは空シースのまま出荷し、現場で緊張した。その他のST梁は4ケーブルすべてに

表-4 コンクリートの調合（設計基準強度：50N/mm²，導入強度：35N/mm²）

骨 材 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位重量(kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
20	8.0±1.0	2.0±1.0	35.2	42.0	161	457	777	1 058	7.75

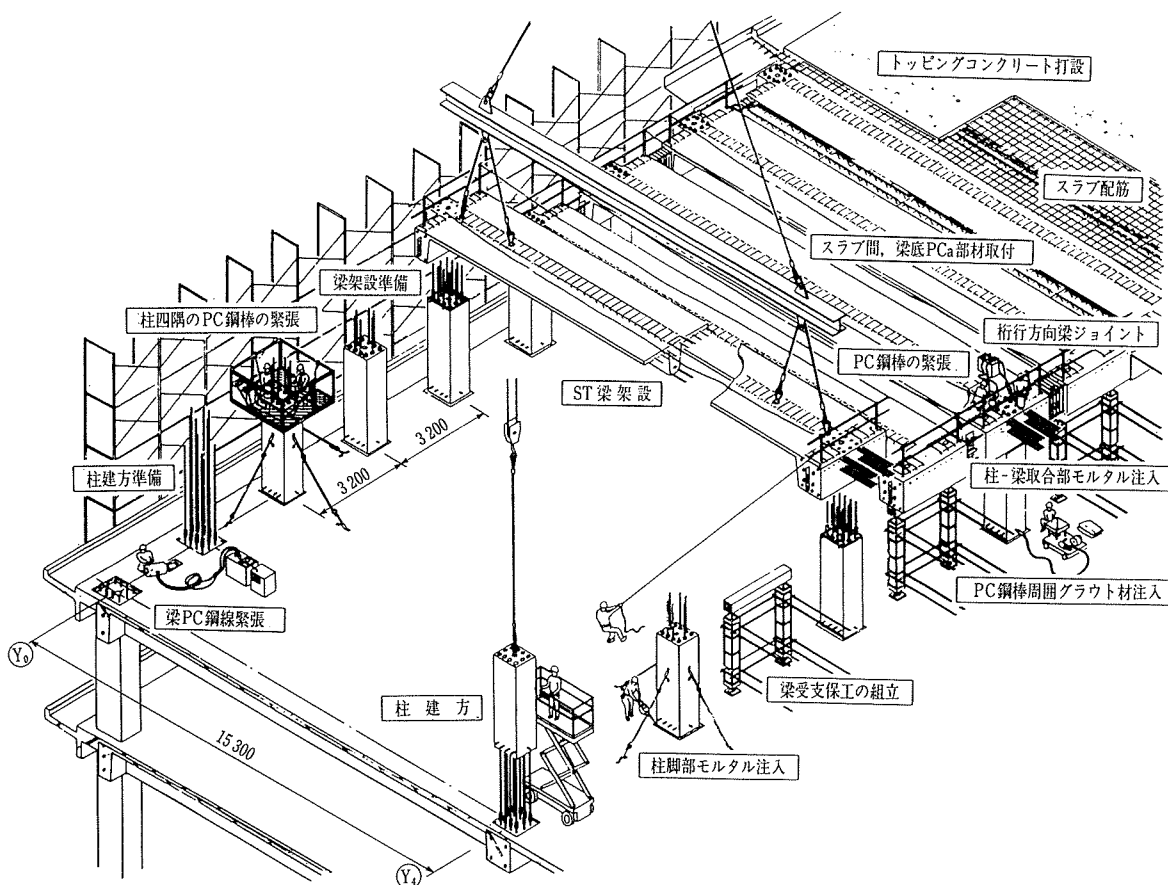


図-8 工事概要

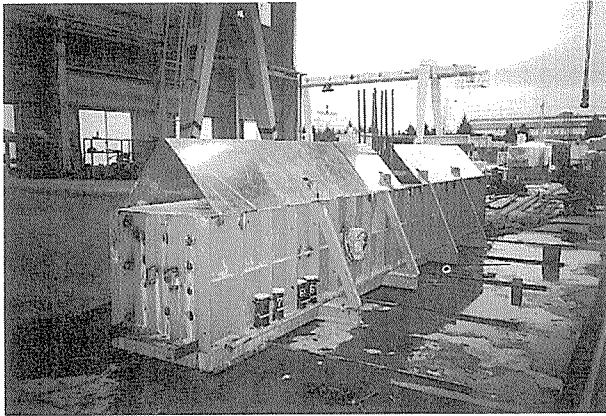


写真-4 柱の養生傾斜板

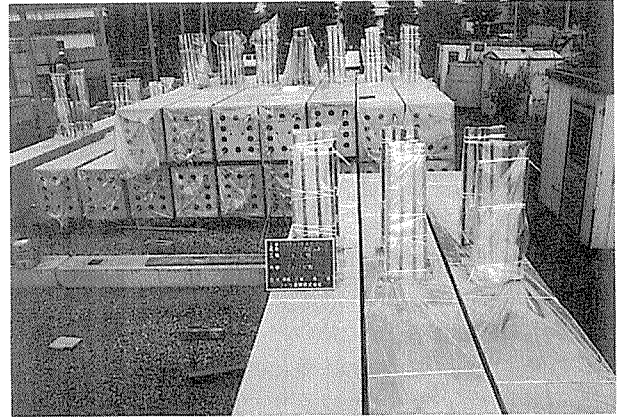


写真-5 柱の養生

工場で緊張力を導入した。

5) ストック

柱部材では、写真-5のようにビニールシートを巻いて養生した。高強度コンクリートのためセメント量が多く、冬季はエフロエッセンスがでやすいが、ST梁ではフランジ先端に粘着テープで水切りをつくり、仕上げ面にエフロエッセンスが回らないようにし、効果があった。

5. PC 工事

5.1 工事概要

図-8に本工事の概要を示す。

PC鋼材の現場緊張はつぎの要領で行った。

1) 柱

四隅のPC鋼棒は柱建方後に緊張し、ST版の架設後に再度緊張する。四隅以外のPC鋼棒はST版の架設後に1層分を緊張する。偏心を防ぐため緊張は2本を同時対称に行う。

2) 張間方向梁

中柱とともにラーメンを構成する梁では、梁中を引通した1ケーブルのみを両外端から現場緊張した。

3) 桁行方向梁

3工区に分け、現場打ちコンクリートの強度発現後に各工区ごとに緊張する。その後、各工区境界部のコンクリートを打設し、強度発現後に各工区を繋ぐように緊張する(図-9)。

5.2 工程計画

本建物で最大のPCa部材は幅2.5m、長さ16m、重さ30tonのST梁で、3方向部材(X、YおよびZ方向に他との取合いがある部材)のため建方には厳しい精度を要した。

表-5に全体工程を示す。クリティカルパスは揚重作業により定まっていたが、PC工事は全工期(17ヵ月)の1/5以下ですみ、急速施工に寄与した。

5.3 組立手順

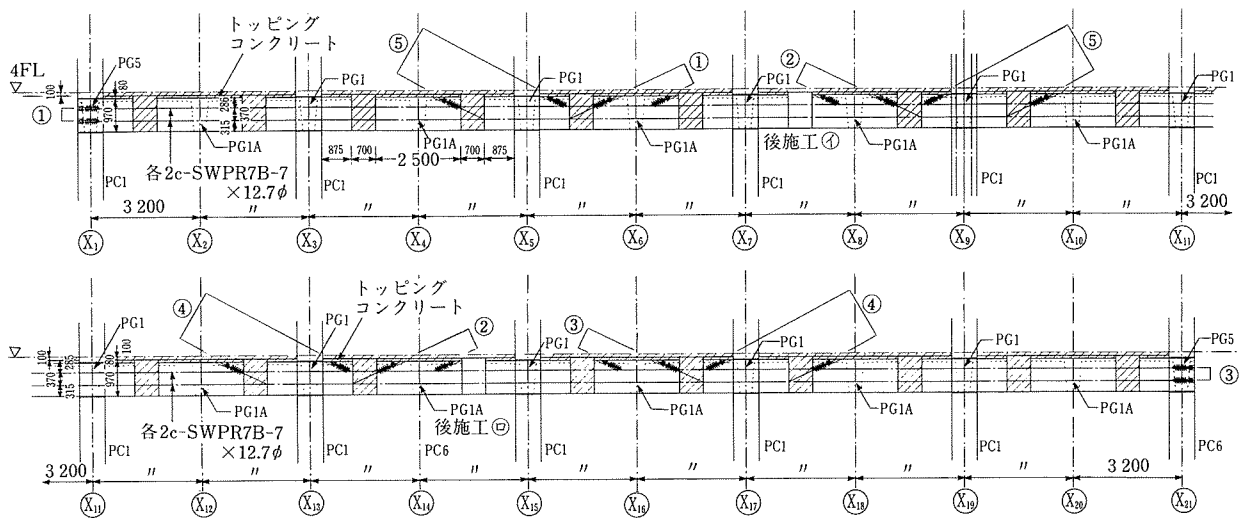
1サイクルの建て方手順を次に示す。

1) 柱建て方準備

下階の床コンクリート打設後、墨出しを行い、レベル調整用鋼板を設置する。また、PC鋼棒をカップラーを介して1層分を継ぎ足す。

2) 柱建て方

写真-6のように、柱PCa部材を、あらかじめ埋め込まれているシース孔にPC鋼棒を差し込みながら建込む。建入れ



※緊張順序 ①→②→③緊張。後施工部④、⑤のコンクリート打設後 ④→⑤緊張。

図-9 桁行方向梁の緊張

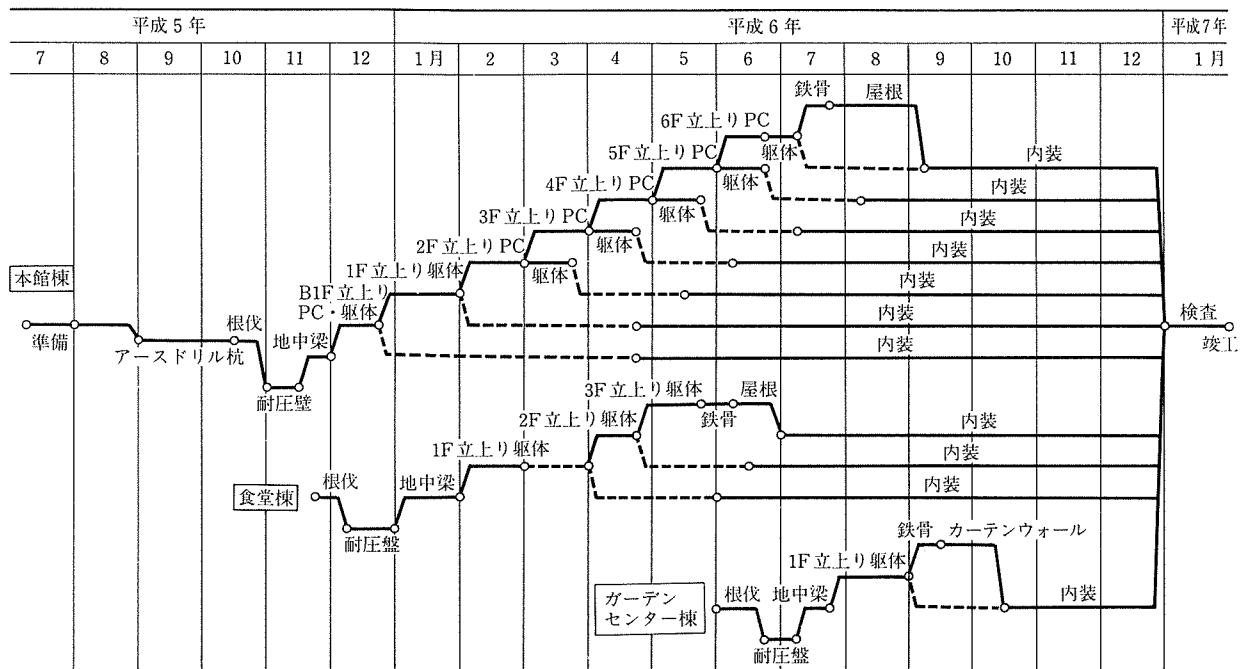


表-5 全体工程表

調整後、柱脚目地部に高強度無収縮モルタルを流し込む。硬化後、油圧ジャッキで4隅のPC鋼棒を緊張し、その後、柱脚部の耐圧ホースから鋼棒周囲のシースにグラウト材を注入する。

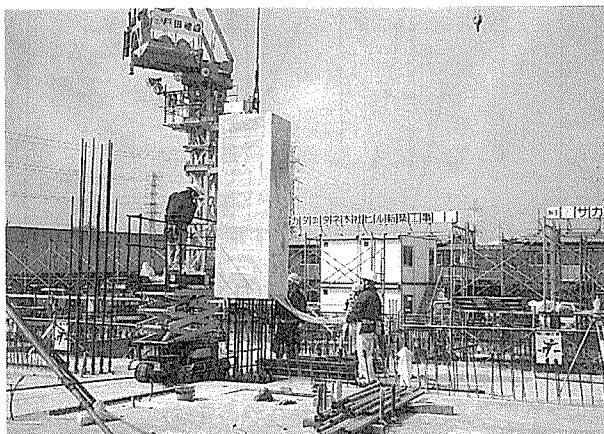


写真-6 PCa柱建方

3) 直交梁付きST版架設準備

柱頭部にレベル調整用鋼板を設置し、カップラーを用いて4隅のPC鋼棒を継ぎ足す。また、柱頭目地部にはモルタル止めシール材を取り付ける。中廊下部分には梁受け支保工を組み立てる。

4) 直交梁付きST版架設

専用治具を用いて建込み、桁行方向の梁相互の鋼板継手を仮締めする。柱頭目地部にST版上部の注入口から高強度無収縮モルタルを流し込む(写真-7)。

5) 柱PC鋼棒の緊張

写真-8のように、梁上から柱PC鋼棒を緊張し、その後、鋼棒周囲のシースにグラウト材を注入する。

6) 桁方向梁継手部の施工

鋼板継手の高力ボルトの本締め、シースの接続、主筋の接合、あばら筋の接合、梁底PCa版の取付けなどを行う。

7) 床継手版の取付け

鉄筋トラスを埋め込んだハーフPCa版をST版の間に渡し、約1m間隔で溶接止めする。

8) 型枠・配筋工事

バルコニーや中廊下部分の型枠と配筋工事、桁行方向梁継手部の側型枠工事、床の上端配筋工事を行う。PCa部材への鉄筋定着は、あらかじめ埋め込んでおいた機械式鉄筋継手部品により行う。

9) トッピングコンクリートの打設

各工区ごとに現場打ちコンクリートを打設する。

10) 梁PC鋼線の緊張

トッピングコンクリートの強度発現後、張間方向梁および桁行方向梁のPC鋼線を緊張し、その後、シースにグラウト材を注入する。

11) 最初に戻って繰り返す。

6. 品質管理

PC鋼材への導入力の管理(緊張管理)は、油圧ポンプの圧力計による測定、および、物差しによるPC鋼材の伸び量の測定で対応した。グラウトの管理は目視検査が不可能なので、作業標準を励行するプロセス管理の方法とした。

7. 不静定応力による発生ひずみ度の測定

(1) 目的と方法

PC鋼線の現場緊張による梁の不静定応力の測定、および、緊張の影響範囲(有効幅)の把握を目的として各部材に発生する歪度を測定した。測定時期は第3工区の4階トッピングコンクリートの強度発現後で、測定位置は3階柱の柱頭

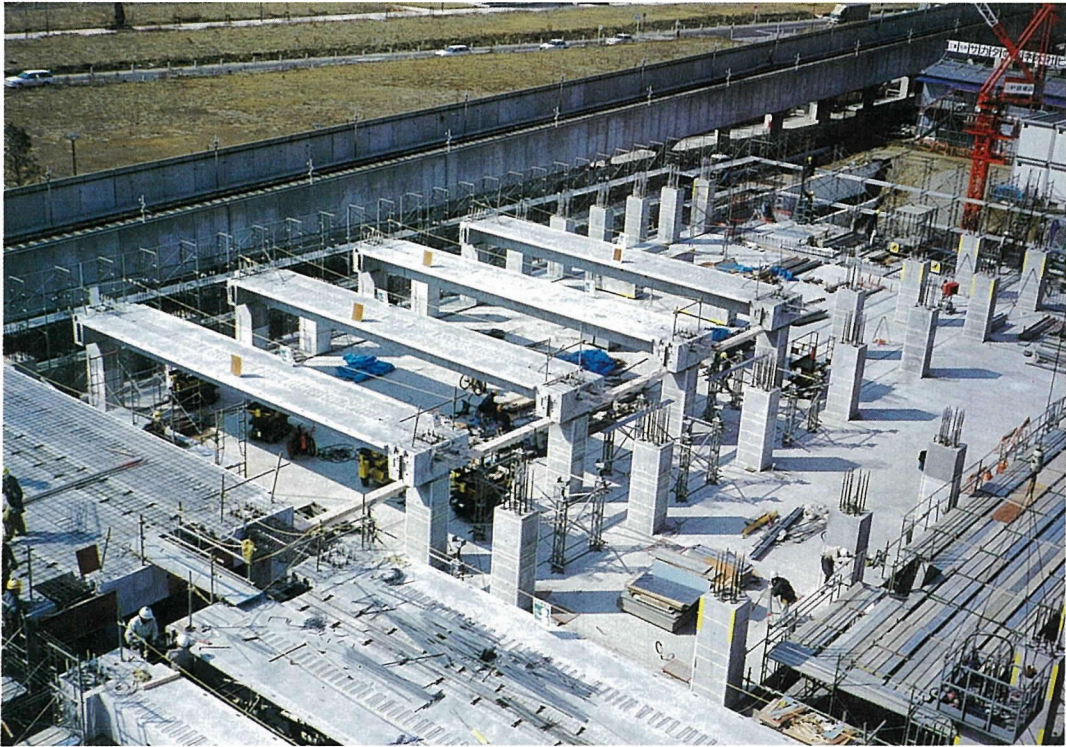


写真-7 ST板の架設

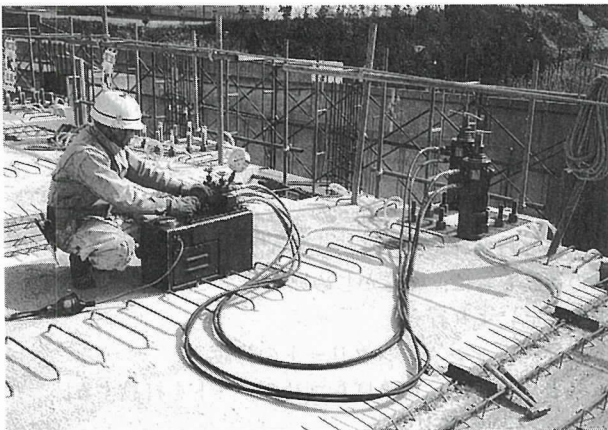


写真-8 柱の緊張

部と柱脚部および4階梁（両方向）の中央部と端部の各点150個所とした。荷重の測定はロードセルによった。ひずみの測定はワイヤーストレインゲージ（WSG）によったが、梁上端ではトッピングコンクリート内に長さ3mmのWSGを貼付した鉄筋を埋め込んだが、その他の部位（柱頭部、柱脚部、および梁下端）ではコンクリート表面に長さ60mmWSGを直接貼りつけた。

(2) 結果と考察

図-10は、桁行方向架構（廊下部分）のひずみ度の測定結果を示した。有効幅を日本建築学会・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（RC規準）により算定した計算結果と比較したところ、測定ひずみ度の値が小さいため定量的な信頼性は高くはないと考えられるが、測定値は、おおむね0.4～1.5倍の範囲にあり、定性的な分布形も適合しているので、有効幅の仮定は妥当であったと考える。

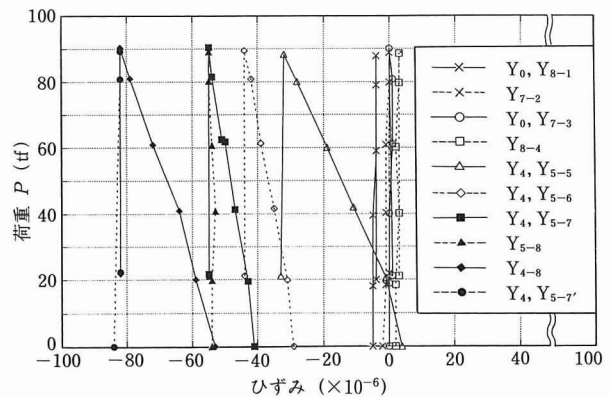


図-10 ひずみ測定結果

また、プレストレスの影響範囲は導入した架構の周辺に限定されており、隣接する架構への影響はほとんどないことや梁の軸圧縮力の影響範囲はRC規準による範囲に近いことなどを確認できた。

これらのことから、本建物で採用した設計法方および緊張計画は不静定力が発生するもののその値は小さく、架構に悪影響を与えることなく建物の一体性を高める効果があったことを確認できた。

8. おわりに

本建物ではプレキャスト・プレストレス・コンクリート構造を中層の大スパン事務所ビルの構造形式として採用した。このような規模や用途の建物には、形態に対する自由度の大きさや構造の一体性などから、わが国では鉄骨鉄筋コンクリート造（SRC造）が選択されることが多い。SRC造は、多くの信頼性の高いディテールがあり、建設手順も確

立しているなど多くの利点があるが、本建物では、コストの低減、工期の短縮および造形性の高さを重視して本構造を選んだ。この目的を達成できるよう、新しいディテールの開発や現場打ちコンクリート造との適切な組合せを行い、工法および構法的な問題を解決した。

PCaであるが、一体性の高い構造とするべく、継手はド

ライではなくウエットな形式を多用した。また、解析だけでは不明快な点を補うために現場で実測を行い、このような継手を有する架構形式が妥当であり、安全であることを確認した。

【1998年3月1日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

フレッシュマンのためのPC講座

— プレストレストコンクリートの世界 —

頒布価格：3 000円(送料400円)

体 裁：A4判，140頁

内容紹介

＝基礎編＝

- 基礎編1 PCとは何か
- 基礎編2 PCはどんなものに利用できるか
- 基礎編3 プレストレスの与え方について考えてみよう
- 基礎編4 プレストレスは変化する
- 基礎編5 荷重と断面力について考えてみよう
- 基礎編6 部材に生じる応力度について考えてみよう
- 基礎編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう
- 基礎編8 PCに命を与えるには(プレストレスシグとその管理)
- 基礎編9 PCを長生きさせよう

○申込み先：

(社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局
〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F
TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

＝PC橋編＝

- PC橋編1 PC橋にはどんなものがあるか
- PC橋編2 PC橋を計画してみよう
- PC橋編3 PC橋を設計してみよう
- PC橋編4 現場を見てみよう

＝PC建築編＝

- PC建築編1 PC建築とは
- PC建築編2 PC建築にはどんなものがあるか
- PC建築編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう
- PC建築編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書
索 引