

# 稼働中の工場敷地内での長大な工場の設計・施工

## — ロッテ浦和工場 第4工場新築工事 —

蔵田 富雄\*1・和田 卓\*2・吉田 聡\*3・梅木 俊毅\*4

本建物は地上5階建の最新式の大型チョコレート工場である。生産ラインの計画によって、基準スパンはRC造としてはやや大きなスパン（11.25～14.5m）が要求されたため、短辺方向の梁をPRC造としている。また、長辺方向の架構においても、建物内を構内通路が貫通するために一部の柱を無くし、2スパン分（16m）のPRC造梁としている。施工の合理化を目的として、床構造にはプレストレスを使用した合成床板工法を採用し、隣接する大梁間に床板を直接受け渡す計画とした。

本計画は稼働している工場敷地内での工事で、隣接して稼働する工場棟があり、かつ建物内を貫通する構内通路を使用しながらの施工計画が要求された。とくに隣接する工場との距離が小さく、大型の揚重機が設置できないため、先組鉄筋とシステム型枠を使用した場所打ちの計画が考えられた。長辺方向のRC造架構全長が153mと長大であるため、全体を7工区に分割し、1フロア22日の基準工程にPC緊張工事を組み込んだサイクル工程とした。

キーワード：PRC造、柱梁接合部、施工サイクル、システム型枠

### 1. はじめに

本建物は長辺方向が185mの大規模な最新式チョコレート工場である。長大な構造物の理化工法として、プレキャスト工法を採用することが考えられるが、施工中も稼働を続ける工場敷地内での施工であり、隣接棟との距離も小さいため大型の揚重機が使用できず、場所打ちの在来工法を基本とする工法を選択せざるを得なかった。

短辺方向のほとんどの梁はPRC造としており、PCの配線および緊張工事を効率よく施工サイクルに取り込むことが必要であった。さらに長辺方向の収縮を考えた場合、乾燥収縮対策が必要と考えられ、材料面と施工手順の両面からの検討が行われた。

### 2. 建築計画概要

本建物は地上5階建のチョコレート工場であり、短辺方向49m、長辺方向185mの長方形平面をしている。2階は部分的な中2階形式となっており、主架構としては4層の構成である。東側の2スパンは3階建の倉庫となっており、この部分はS造として本体とはEXP.Jで切り離された計画としている。S造の倉庫部分を除く本体架構の長辺方向長さは153mである。建物の短辺方向を幅16mの構内通路が貫通しており、その部分は柱を無くした計画としている。

図-2および図-3に1階平面図と断面図を示す。

次に建築計画概要を示す。

● 建築概要

施主：(株) ロッテ

工事名称：(株) ロッテ浦和工場 第4工場新築工事

用途：チョコレート工場、倉庫

設計・監理：三井住友建設(株) 一級建築士事務所

施工：三井住友建設(株) 東京建築支店

建築面積：9 620.56 m<sup>2</sup>

延床面積：35 619.00 m<sup>2</sup>

階数：地上5階、地下なし、塔屋1階

軒高：24.65 m

最高高さ：25.93 m

主な仕上げ：屋根 コンクリート金ごて押さえ

外断熱アスファルト露出防水

一般床 硬質ウレタン塗床

外壁 鋼製耐火断熱パネル

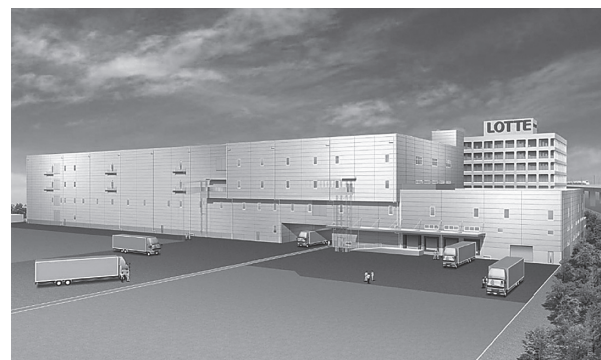


図-1 外観パース

\*1 Tomio KURATA：三井住友建設(株) 設計本部 設計管理部

\*2 Takashi WADA：三井住友建設(株) 設計本部 構造設計デザインディビジョン

\*3 Satoru YOSHIDA：三井住友建設(株) 東京建築支店 建築第1部

\*4 Toshitake UMEKI：三井住友建設(株) 建築管理本部 建築生産計画部

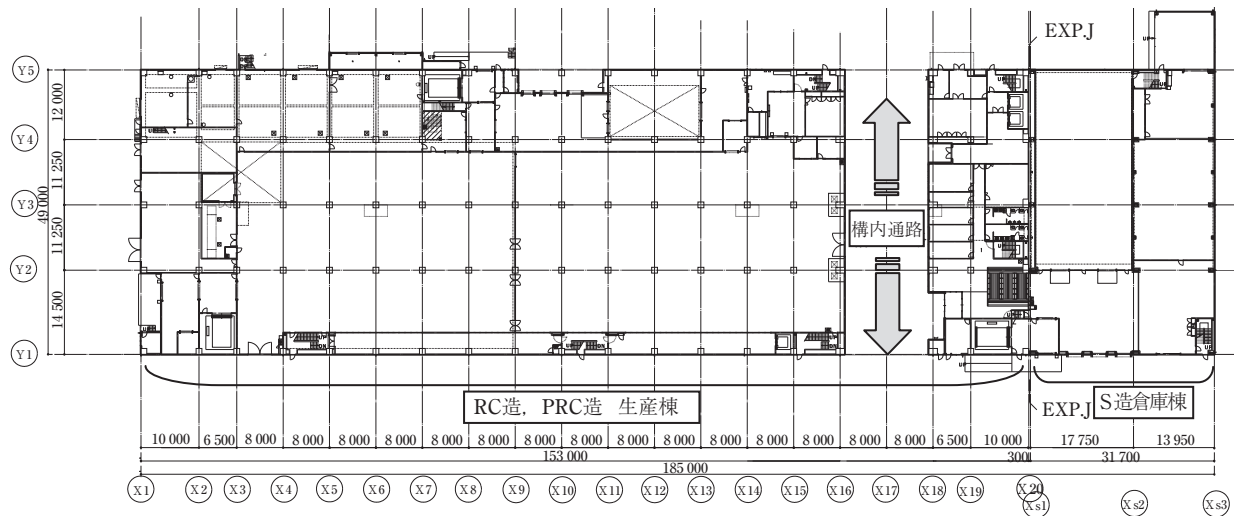


図 - 2 1 階平面図

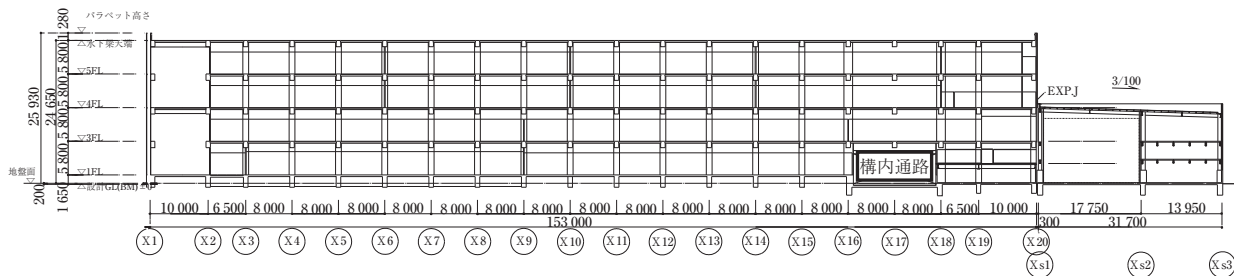


図 - 3 断面図

### 3. 構造計画概要と設計方針

#### 3.1 構造計画概要

地上の架構は東側の倉庫部分を除き、鉄筋コンクリート造の地上4層の架構となっている。架構形式は両方向とも純ラーメン構造である。架構のスパン構成は短辺方向が11.25～14.5mの4スパンで全長が49m、長辺方向がスパン8mを基準とする19スパンで全長が153mとなっている（倉庫部分を除く）。

図 - 4～6に3階梁伏図と軸組図を示す。大梁は両妻を除く短辺方向のほとんどの梁をPRC造としており、長辺方向は貫通構内通路によって柱が抜けたスパンを含む4スパンをPRC造としている。その他の梁および柱はすべてRC造である。

長辺方向の全長が153mと長大な建物ではあるが、生産ラインの連続性等の要求から途中にエキスパンションジョイントを設けず、一体の架構とする計画がなされた。

床構造は施工の合理化を考慮して穴あきPC合成床板工法を採用することとし、長辺方向の8mを小梁なしで穴あきPC版を大梁間に受け渡している。

基礎構造はGL-25m以深の砂礫層を支持層とする場所打ちコンクリート杭とし、地震時の損傷低減を目的として杭頭半固定接合工法（キャブテン工法）を採用している。

#### 3.2 設計方針

PRC造の梁の断面設計は「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」および「プレストレスト鉄筋コンクリート（Ⅲ種PC）構造設計・施工指針・同解説」（いずれも日本建築学会）に準拠しており、ひび割れ幅を0.2mm以下とするPRC造梁として設計を行った。

表 - 1 使用材料一覧表

材料	仕様	使用箇所、鉄筋径等
コンクリート	Fc30	基礎、基礎梁、杭
	Fc36 Fc45～Fc54	地上躯体 3、4階の柱梁接合部
鉄筋	SD295A	D10～D16
	SD345	D19～D25
	SD390	D29～D32
	SD490	D35～D41
	KSS785	S13（せん断補強筋）
PC鋼材	SWPR7B12.7φ	PRC梁

注記 \*1  $\lambda$  : 部材の曲げ強度に及ぼすPC鋼材の寄与率で、  
 $\lambda = Mp / (Mp + Mr)$   
 $Mr$  : 普通鉄筋による曲げ強度  
 $Mp$  : PC鋼材による曲げ強度

使用材料を表 - 1 に示すが、PRC梁に使用するPC鋼材は12.7φの7本より線を梁1本あたり20～38本使用しており、PC鋼材の曲げ耐力寄与率\*1で0.5程度の値となっている。PC鋼材の緊張は、短辺方向は両側緊張とし、

長辺方向は X16 通り側を固定端として、X20 通り側からの片側緊張としている。

PRC 梁を含む鉄筋コンクリート部材の主筋は、先組鉄筋工法への対応として太径の異形鉄筋 (D32 ~ D41) を使用し、接合には機械式継手を、定着部には機械式定着板を使用している。

また、本建物は長辺方向に 153 m という長大な RC 造架構を有していることから、2 階以上の梁・床コンクリートに膨張材を使用している。

本建物設計は「ルート 3 a」と呼ばれる終局強度型設計法を採用している。建築のプレストレストコンクリート造の告示 1320 号は 2007 年に改正が行われているが、ルート

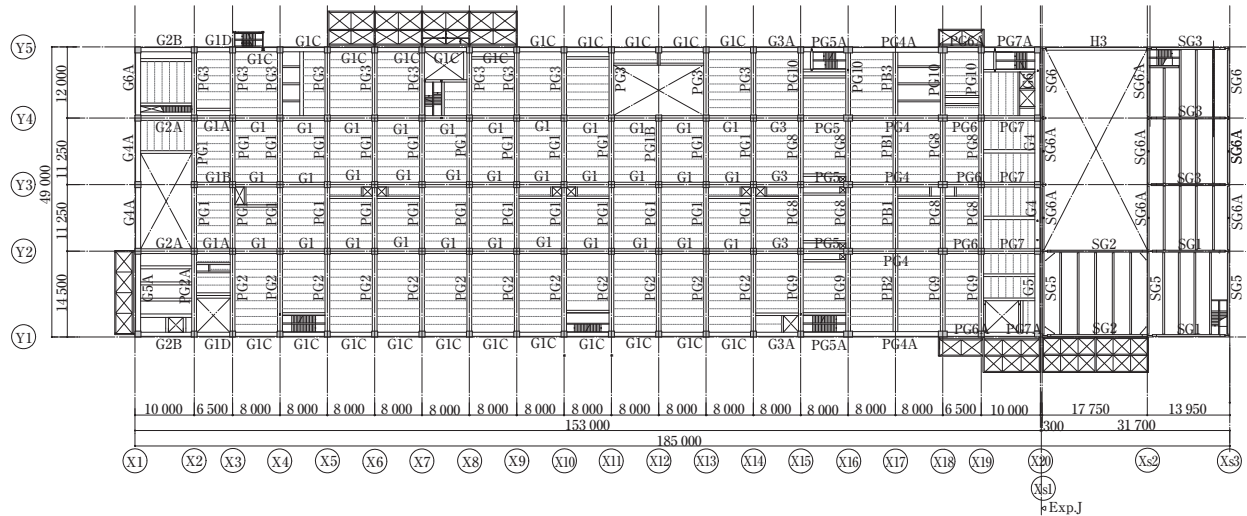


図 - 4 3 階梁伏図

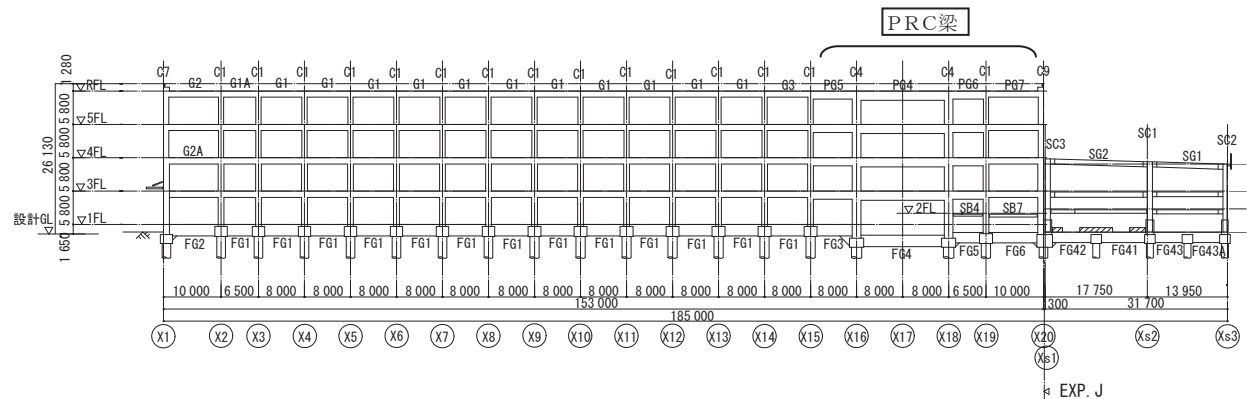


図 - 5 Y2 通り 軸組図

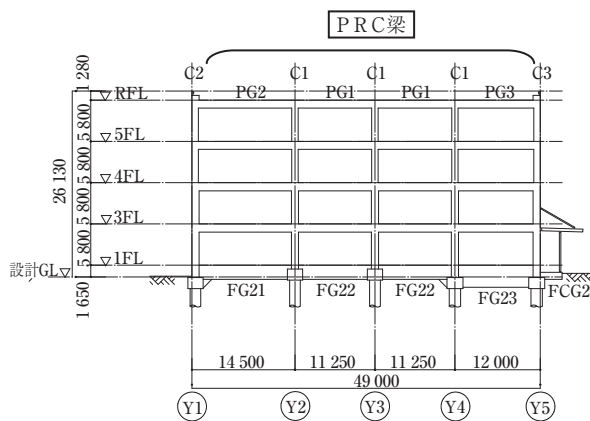


図 - 6 X5 通り 軸組図

3 a の設計法自体に大きな変更はない。ただし、2009 年に発行された「プレストレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例」<sup>1)</sup> (以下、技術基準という) に準拠して以下の 2 項目の検討が追加されている。

- ① 柱梁接合部の設計
- ② PC (PRC) 造梁の長期たわみに対する検討 (使用上の支障に対する検討)

①の柱梁接合部に対する検討は、技術基準に示される PC 造柱梁接合部研究委員会「プレストレストコンクリート造柱梁接合部設計指針 (案)」(プレストレストコンクリート, Vol.50, No.3, 2008, pp.91-96) に基づいて行われている。本建物の架構は階高、地震力ともに大きく、柱梁接合部に大きなせん断耐力が必要とされる。

これに対応するために、3 階と 4 階において柱梁接合部

○ 工事報告 ○

表 - 2 長期たわみの計算結果

位置	D/L	λ	$\frac{1}{(18 - 8\sqrt{1 - \lambda})}$	φ	δ <sub>G+P</sub>	δ <sub>PC</sub>	δ <sub>XP</sub>	δ <sub>L</sub>	δ <sub>L</sub> /L
					(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
RF X2 通り Y1 - 2 間	0.0714	0.532	0.0798	6.87	7.72	-4.78	2.76	39.22	1/357

のコンクリートを一般部より高強度のものに打ち分け、さらに梁端部を図 - 7 に示すように拡幅し、接合部の有効幅を増大してせん断耐力を増大している。拡幅する範囲は拡幅幅の 6 倍を目安とした。柱梁接合部のコンクリート打設状況を写真 - 1 に示すが、打ち分けにはラスとエアーチューブを併用した。基準階における代表的な柱の断面は 1 000 × 1 000 mm、梁断面は 700 × 1 100 mm である。

②の長期たわみに対する検討では、告示 1320 号第 13 に従って、下式の条件を満たさない梁について長期たわみに対する検討が行われている。もっとも大きなたわみ量を示した最上階の大梁に対する長期たわみの計算結果を表 - 2 に示すが、変形角で最大 L/357 の小さな値となっている。

条件式  $D/L > 1 / (18 - 8\sqrt{1 - \lambda})$

変形増大率  $\phi = 8 - 4 \cdot \lambda^2$

長期たわみ量  $\delta_L = \phi \times (\delta_{G+P} + \delta_{PC} + \delta_{XP})$

ここで、λ：部材の曲げ強度に及ぼす PC 鋼材の寄与率

δ<sub>G+P</sub>：鉛直荷重によるたわみ量

δ<sub>PC</sub>：単純梁とした場合のプレストレスの作用による変形量

δ<sub>XP</sub>：端部不静定力による変形量

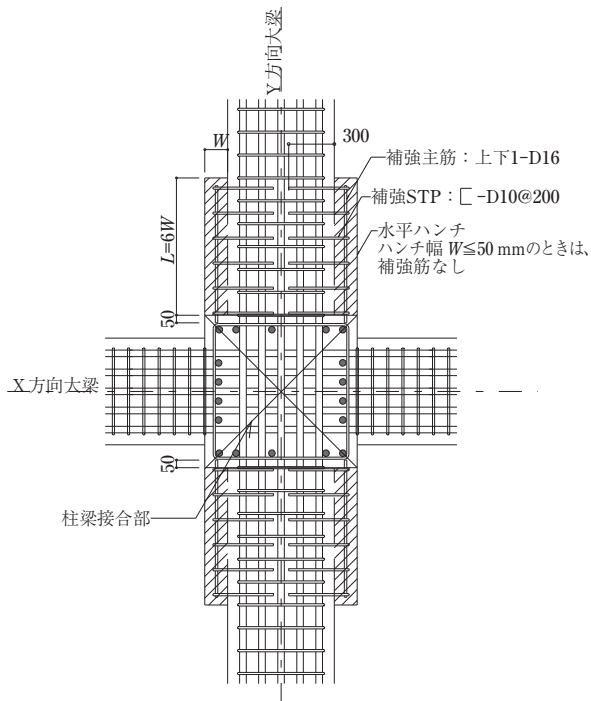


図 - 7 梁端部の拡幅



写真 - 1 柱梁接合部コンクリート打設状況

## 4. 施工計画

### 4.1 総合仮設計画

計画建物を施工するにあたり、施工条件である構内通路を常時生かすため、段階的な総合仮設計画・揚重機配置計画を行った。動線計画は、①歩行者・自転車（工場内従業員）②工場内搬入出車両（食品材料）③工事車両の動線計画をその都度図面にて明確にし、施主からの要望をできるかぎり反映し、調整の上綿密な計画を行った。当工事の総合仮設計画は大きく3つの形状に分けられる。

〈杭工事～基礎工事前半〉をフェーズ1、〈基礎工事後半～上階躯体工事〉をフェーズ2、〈上階躯体・外装工事～倉庫棟新築工事〉をフェーズ3として、仮囲いの形状、揚重機配置・移動、構内通路動線の全体施工形態の推移を示す。各フェーズの計画図を図 - 8 ～ 10 に示す。

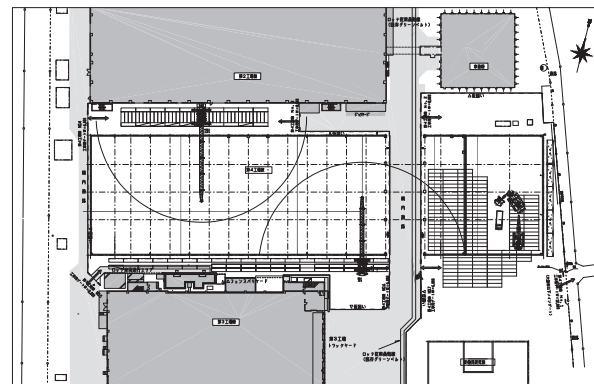


図 - 8 フェーズ1：杭工事～基礎工事前半  
2009.4～6

・構内通路挟んで先行し西側エリア杭～基礎工事、続いて東側エリア杭～基礎工事・倉庫棟杭工事施工

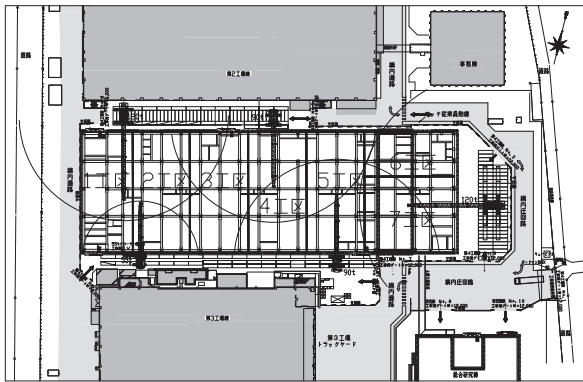


図 - 9 フェーズ2：基礎工事後半～上階躯体工事  
2009.7～11

・東側エリア杭・基礎工事後、仮囲いを盛替え構内通路の迂回路  
開通させ、上部躯体工事へ移行（構内通路部位は倉庫棟鉄骨建て方  
開始に合わせ、躯体構築）

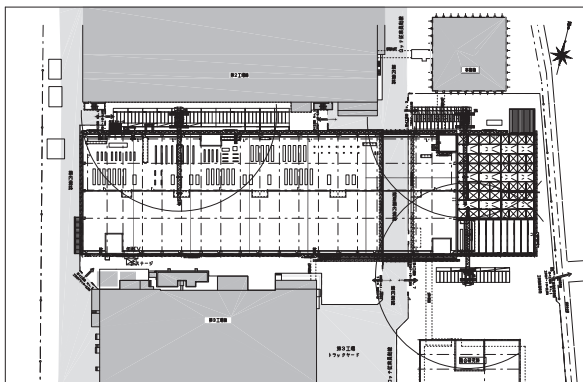


図 - 10 フェーズ3：上階躯体・外装工事～倉庫棟新築  
工事 2009.12～2010.5

・上部躯体進捗時（4F 施工時）構内通路開通。躯体完了後、早期東  
面外装を完了させ、外部足場解体し倉庫棟鉄骨建て方へ移行

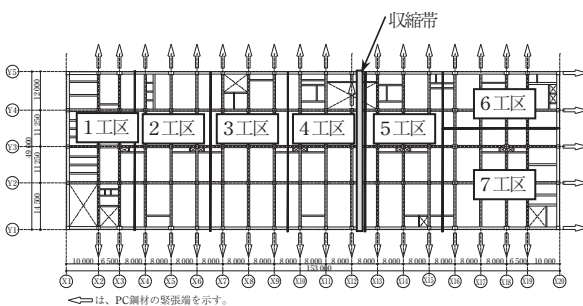


図 - 11 工区分割計画（7工区）

#### 4.2 工区分割

本建物のRC造部分は、長辺方向（全長）が約153mと長大であり、1日あたりのコンクリート打設量・押さえ面積を考慮し、全体を7工区分割とし、1工区より7工区へ片押し施工とした。工区分割図を図-11に示す。

また、コンクリート部材のうち水平方向の要素が収縮するとき、この変形が拘束される影響が全体に累積されて

床などに過大なひび割れを生じることが懸念された。そこで、建物の長辺方向の中央付近で分断して800mmの幅で収縮帯を設けて初期のコンクリートの乾燥収縮時の影響を軽減し、収縮がある程度進行してから、打ち残しておいた部分のコンクリートを打設する計画とした。

#### 4.3 支保工転用計画

PRC構造を多層階に用いた建物では、一般的に上階の梁のコンクリート打設の荷重を、下階のプレストレス導入の完了した梁2層によって分散して支持させる場合が多い。しかし本建物においては、長大な平面の工区分割により支保工の水平転用は作業効率にムダ等生じることおよび支保工材料が多くなることを踏まえ、各階プレストレス導入梁の応力・ひび割れ等の構造検証を行い、下層の1層で受けることとし、支保工は直上階へ転用する計画とした。支保工転用計画図を図-12に示す。

ただし、長辺方向の一部大スパン部位（スパン間16m）に関しては、支保工を2層上へ転用（2層受け）する計画とした。梁支保工の転用は、水平移動～揚重・上階設置を考慮し、梁1スパンあたりを2ユニット化、足元はキャスター付きとした。ユニット化した支保工の設置状況を写真-2に示す。

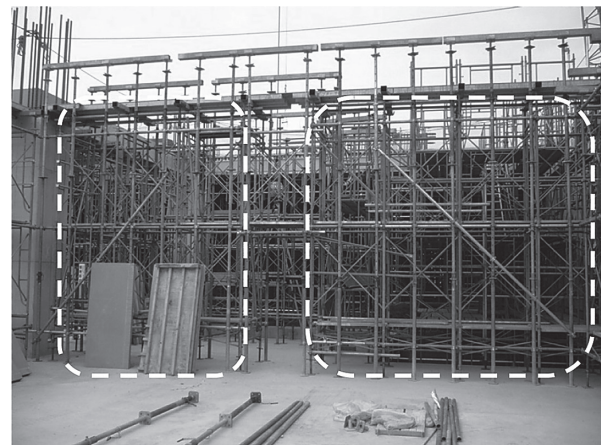


写真 - 2 ユニット支保工設置状況（1スパン2ユニット）



写真 - 3 大梁鉄筋地組状況

○ 工事報告 ○

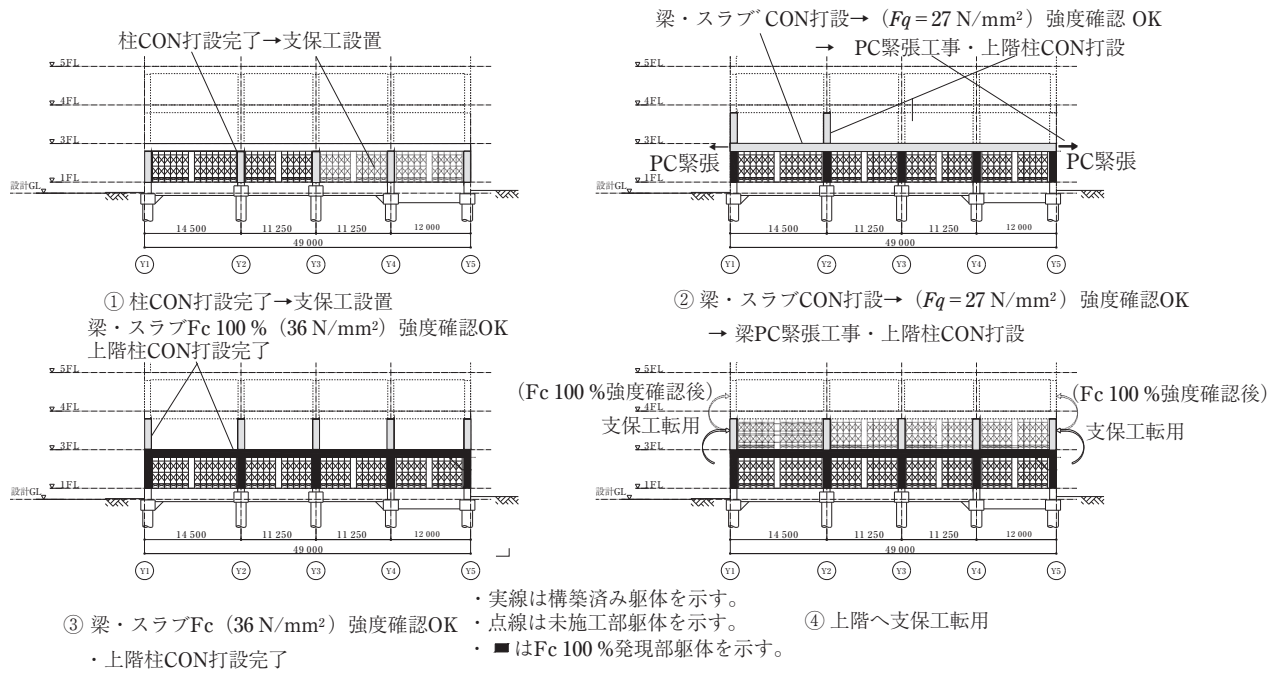


図 - 12 支保工転用計画図 (1層受け)

4.4 施工サイクル

施工手順として、柱コンクリートと梁・スラブコンクリートを分割して打設した (V・H分離)。柱には、開閉式システム型枠を採用した。柱躯体構築完了後、梁型枠組立て、穴あきPC版設置、梁・スラブ配筋完了後、順次工区ごとに梁・スラブコンクリートを片押しにより打設した。前述で記載した収縮帯部位については、仕上げ工事に影響の無い範囲で、できるだけ遅く打設した。

1フロア基準サイクル (直上階のコンクリート打設サイクルまで) は、コンクリート打設後の養生および梁のプレストレス導入時のコンクリート強度発現確認・プレストレス導入を経て、設計強度 (Fc) 発現後の支保工直上階転用計画を踏まえ 22日 (1フロア 22日サイクル) とした。サイクル工程施工フローを図 - 13 に、PRC造を含むサイクル工程計画図を図 - 14 に示す。

4.5 先組鉄筋と緊張工事

狭隘な敷地条件等含め諸々の制約条件により、基本ベースとして柱梁鉄筋は場外にて加工後、現場搬入とする先組鉄筋工法を採用している。PRC梁については、工場にPC

鋼線を通すためのシース管を配管する作業員を常駐させ、梁組立て時にシース配管セットを同時に行い、現場搬入後シース管を連結した。また、短辺方向全長 49m の PC 鋼線については、通線方法を PC 工場にて試験施工した結果、コンクリート打設前に下階のスラブ上に鋼線を配置し、ウインチではなく手動により送り込み、挿入することとした。大梁鉄筋の地組状況を写真 - 3 に示す。

梁のプレストレス導入は、コンクリート打設完了後に導入必要強度発現 (27 N/mm<sup>2</sup>) 後の実施となる。建物が長大 (長辺方向 153 m) であることから、1工区側から7工区への片押しの導入工事が望まれた。今回の PRC 造梁への導入力はさほど大きいものではなく、検討の結果、プレストレス導入を行うことによる梁の収縮量が、未導入である隣接スパン間の変形角で 1/4 000 以下となることが確認できたため、工区ごとに片押しによる施工とした。

また、短辺方向の梁緊張 (49 m) は両側緊張となるため、工事管理者の無線連絡体制による確認・指示での同時緊張とし、各緊張端に管理者を各 1 名配置し、緊張管理を行った。PC 鋼材の引張荷重を表 - 3 に、PC 鋼材等の使用数量

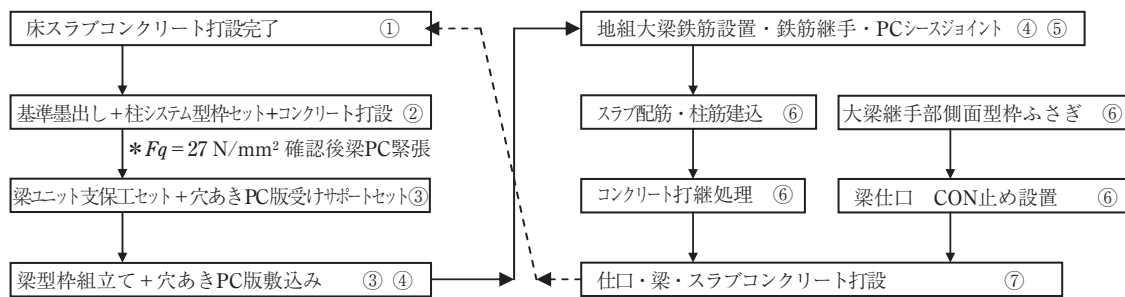


図 - 13 サイクル工程施工フロー

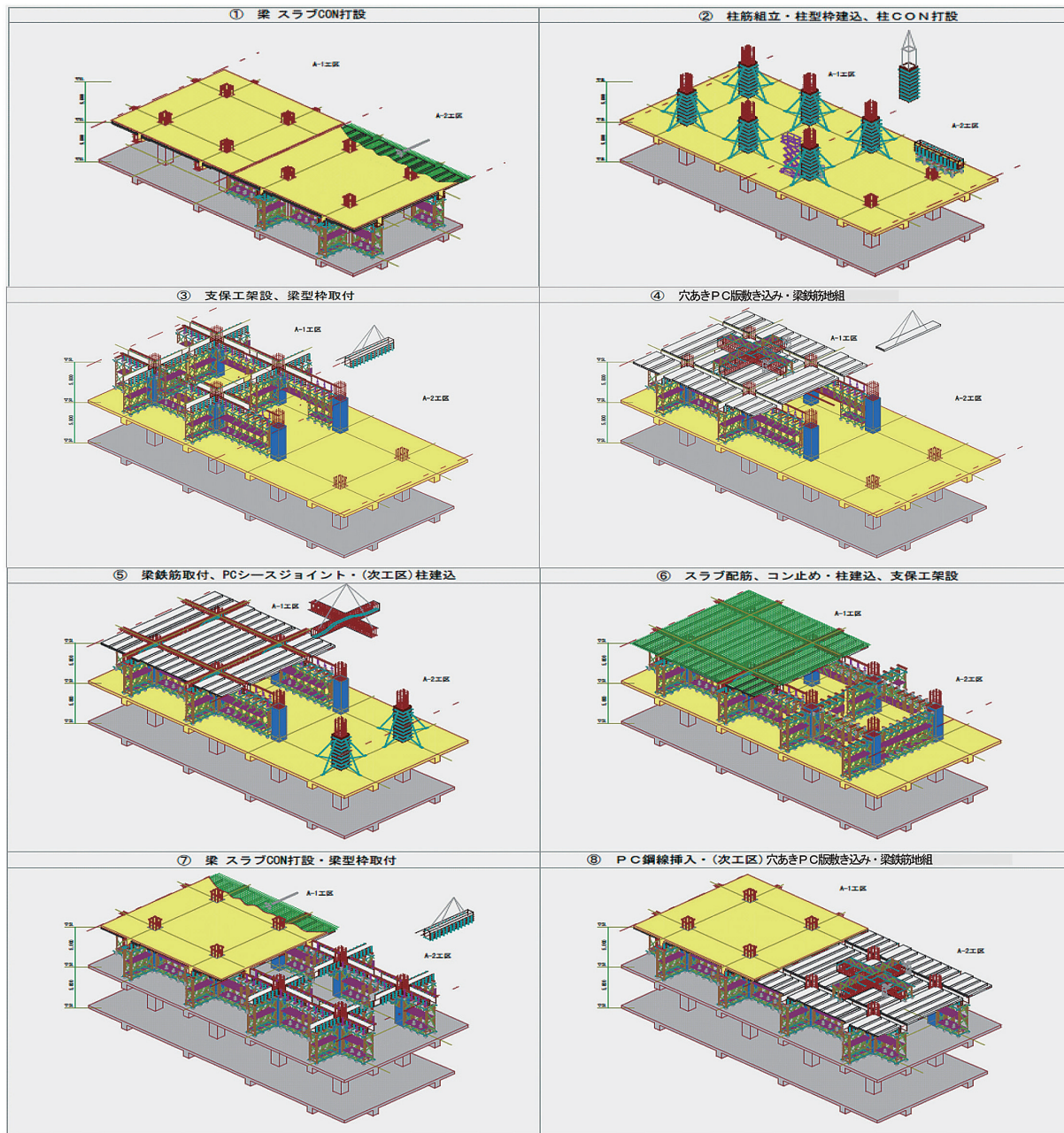


図 - 14 PRC 造を含むサイクル工程計画図

表 - 3 PC 鋼材引張荷重 (7本×12.7φの場合)

導入引張力 (kN)	835
導入時許容引張力 (kN)	928
定着時許容引張力 (kN)	874

表 - 4 PC 鋼材等使用数量

ストランド, スパイラルシース	212 ケーブル, 9 933 m 鋼材量 83.7 ton
緊張用定着体	E5 - 12 328 組, E5 - 7 22 組 E5 - 4 6 組
固定用定着体	PP5 - 12 40 組, PP5 - 722 組 PP5 - 4 6 組

を表 - 4 に示す。

短辺方向 (両引) の PC 緊張長さは、49 m である。また、長辺方向は片側緊張であるが、X16 通りから X15 通り側に 4 m 入った場所を固定端として、X20 通りまでの 36.5 m の緊張長さとなる。図 - 15 にプレストレスト工事作業フローチャートを、図 - 16 に緊張キープラン (3F) を示す。PC 鋼線の緊張時と完了時の状況を写真 - 4 ~ 5 に示す。

## 5. おわりに

稼働中の工場敷地内における PRC 造の長大なチョコレート工場の躯体を、現場打ちを主体とする工法にて施工した。PRC 造梁の工程を組み込んだ施工サイクルを策定し、総ケーブル長 9 900 m におよぶ PC 鋼線の配線・緊張工事を

○ 工事報告 ○

を無事終えることができた。1階柱筋の建込みから最上階最終工区コンクリート打設までの工期は、実働120日の施工であった。

当初懸念された長辺方向の収縮によるひび割れもほとん

ど発生しておらず、良好な躯体を構築することができた。本工事の設計および施工を行うにあたり、多大なご理解とご協力をいただいた施主である(株)ロッテ殿をはじめ、工事関係者に深く感謝します。

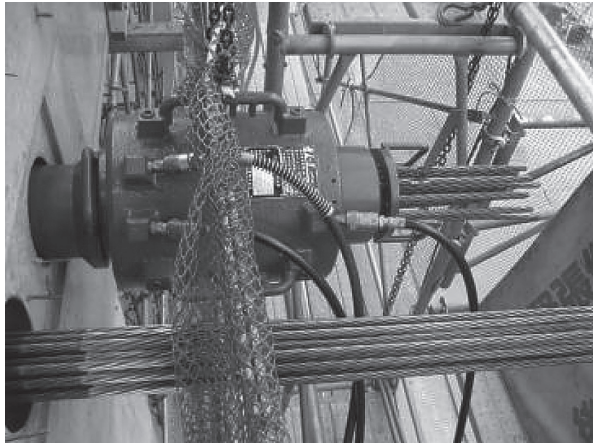


写真 - 4 緊張端：PC鋼線緊張状況

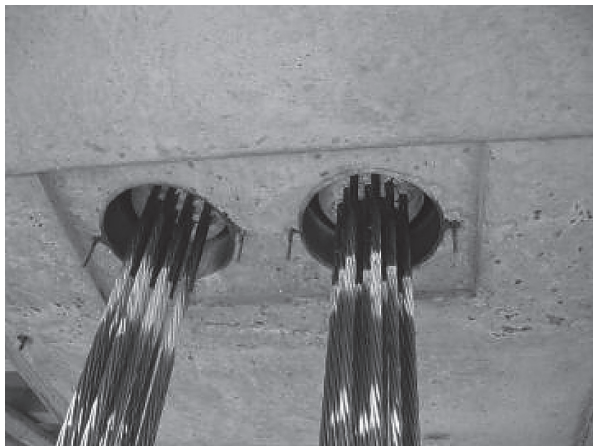


写真 - 5 緊張端：PC鋼線緊張完了状況

参考文献

- 1) 2009年版プレストレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例、(財)日本建築センター

【2010年10月27日受付】

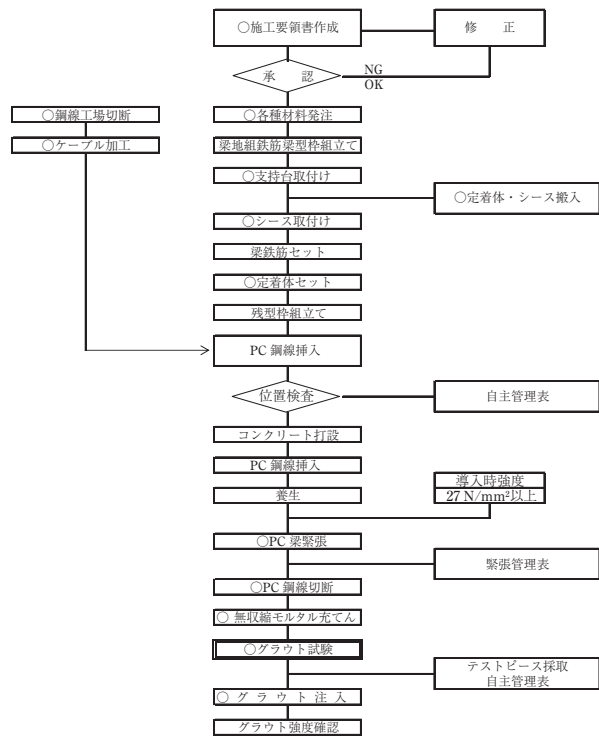


図 - 15 PC緊張工事フローチャート

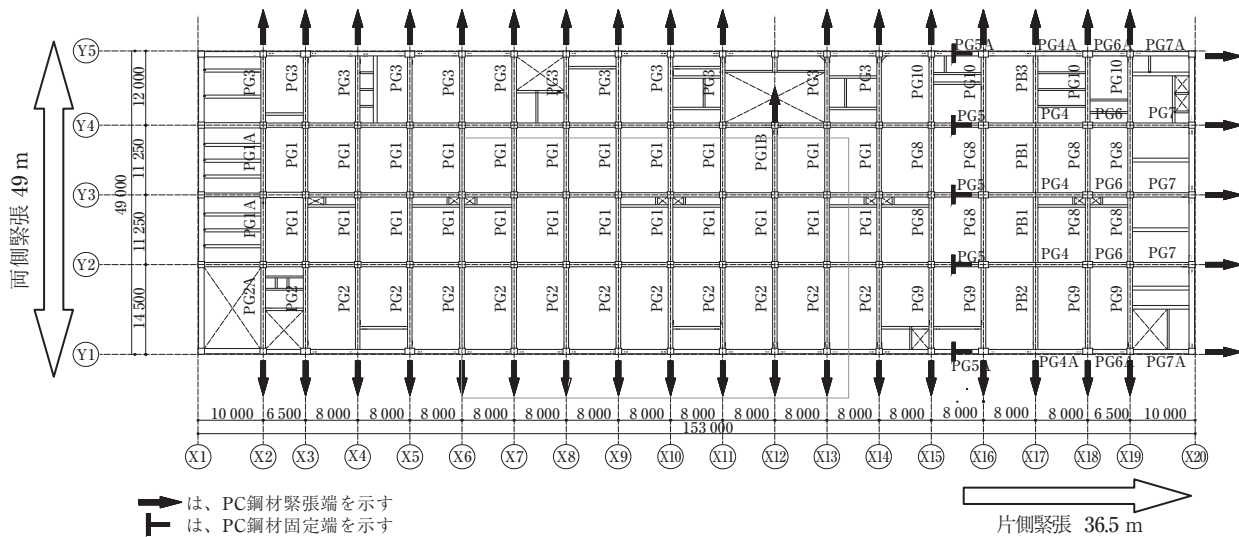


図 - 16 PC緊張キープラン