

# 大型自動倉庫に用いたプレキャストPC圧着フレーム

## — 岩槻第2冷蔵倉庫 —

柏崎 司\*1・田辺 恵三\*2

### 1. はじめに

都心から約30km離れた東北自動車道の岩槻I.Cより1km、国道122号沿いに大空間を持つ物流倉庫が建設された。この建物に適用されたプレキャスト・プレストレス圧着工法(以下PPC工法)による耐震フレームの設計・施工例を紹介する。

本建物は、大空間の中に自動ラック機能(幅×長さ×高さ=40m×40m×20m)を内蔵させた冷蔵棟を中央に、両サイドには1階に車寄せ荷捌き室を含む事務棟および荷捌棟を配置している。この配置は使用目的により全く異なる空間を各棟に必要としたこと、また、冷蔵棟に消費電力の節削を目的とした外防熱方式を採用したこと等の配慮から、エキスパンション・ジョイントを設定して3棟分割に計画された(図-1~3, 写真-1)。

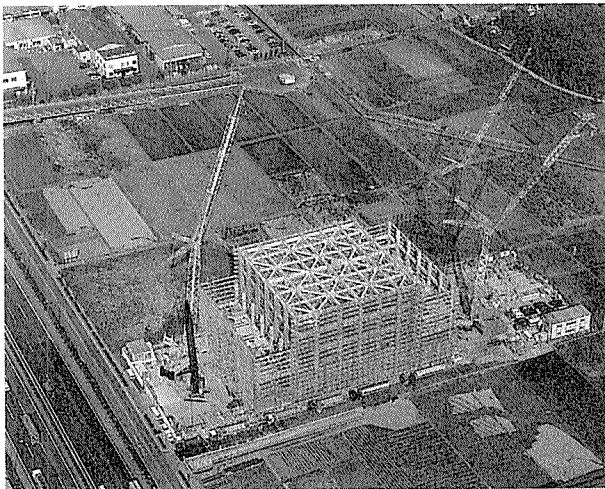


写真-1 建方作業全景

この複合物流倉庫を建設するにあたっては、施主側より震度7以上に対しても耐震的に安全な建物にしたいという強い要望があり、実施設計が行なわれたものである。特に、1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震による建物の被害状況を踏まえ、本建物および自動ラック機能に対しても地震による被害を最小限に押さえたい意向で前記の条件としている。また、同時に建設工期短縮のため地上建物の躯体工期を2ヶ月以内で建設する急速施工のプレキャストプレストレス構造による施工が求められた。

これらを可能とする構築工法として、工場製作による

高品質・高強度コンクリート( $F_c=50\text{N/mm}^2$ 以上)使用のKTB・PC圧着フレームとPCブレースとを併合させたPPC工法を採用している。

### 2. 建物概要

建物中央配置された冷蔵棟は、42.28m×42.4mの平面形状からなっており、3階に階高21.5m、X方向に約21m×2スパンの大空間が配置されている。その上部の屋根面は、PCブレースにより平面剛性の確保を行い、屋根仕上げ材に折板構造を用いて軽量化を図っている。また、この空間に設置されている自動ラック機能室(冷蔵室2)の積載荷重は5.1tf/m<sup>2</sup>と非常に大きく、これを受ける床としてKS合成床実断面タイプを用いて対処している。

冷蔵棟の両側に配置された事務棟および荷捌棟は、7m×12mを基本グリッドとした42.28m×12mの平面形状になっており、階高4~8.5mの5層からなる建物である。床はKS合成床中空断面タイプを用いており、冷蔵棟と同様に、小梁をなくしたフラットな天上面を確保し、効率よい空間利用に役立っている。

これら各棟は、矩形でかつスパン長および階高は多少異なっているが規則的に計画されていることから、PC化に大変適した建物である。

### 3. 工事概要

#### 3.1 工事概要

工事名称：第一倉庫冷蔵(株)岩槻第2冷蔵倉庫新築工事  
設計・監理：(株)創元設計

施工：安藤建設(株)

PC施工：黒沢建設(株)KTB定着工法

敷地面積：4 999m<sup>2</sup>

建築面積：2 999m<sup>2</sup>

延床面積：9 016m<sup>2</sup>

構造・規模：冷蔵棟 地上2階建

事務棟・荷捌棟 地上5階建

建物高さ：31.0m

構造：剛節骨組架構：PPC工法

スラブ：剛性型PCブレース、KS合成床工法

地中梁・耐震壁：RC造

工期：平成7年5月~平成8年3月(9ヶ月)

PC組立て工期：平成7年8月末~平成7年10月末(2ヶ月)

PCa部材：約1 240ピース

\*1 Tsukasa KASHIWAZAKI：黒沢建設(株) 設計課長

\*2 Keizo TANABE：黒沢建設(株) 常務取締役設計本部長 工学博士(東北大学)

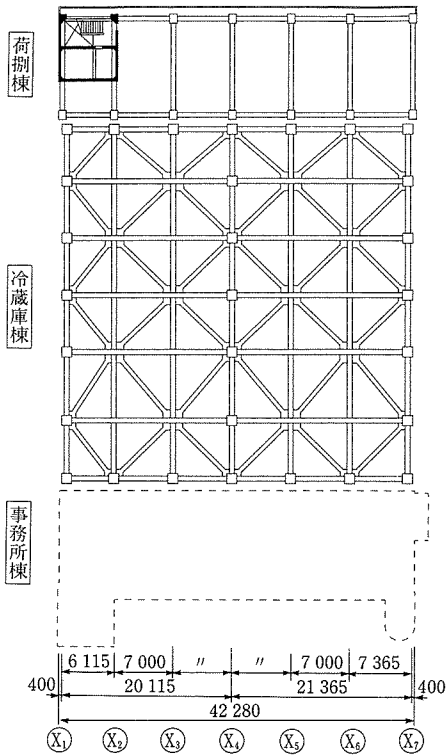


図-1 Ra階伏図 (単位:mm)

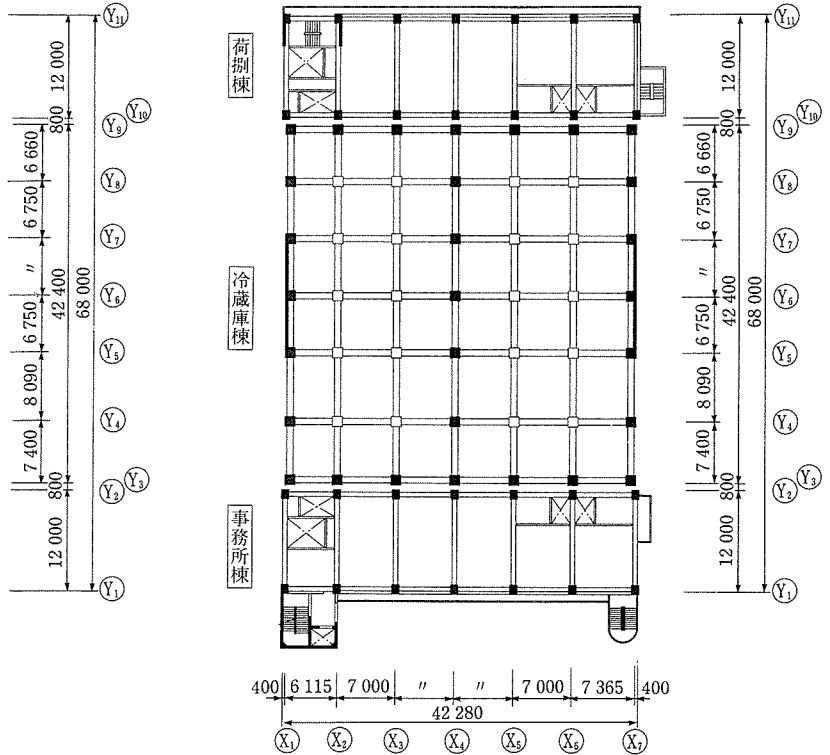


図-2 3階伏図 (単位:mm)

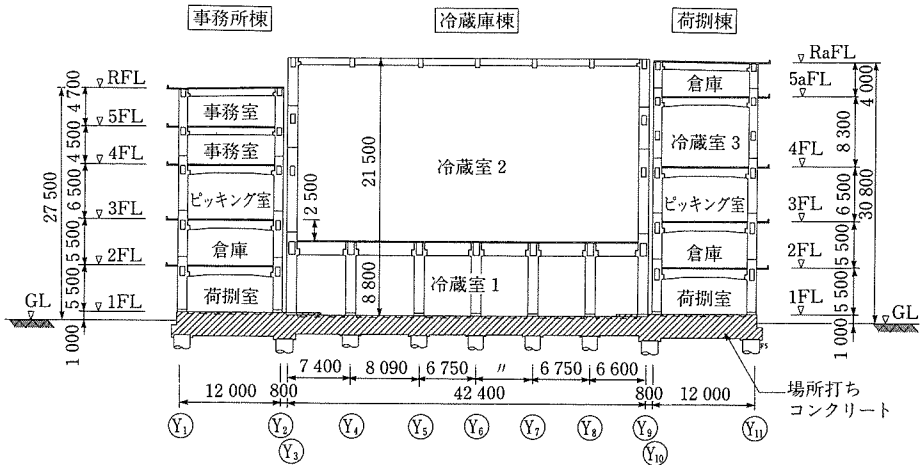


図-3 X3通り軸組図 (単位:mm)

### 3.2 P C 施工

本建物構築工法のPPC工法は、現場作業の迅速化かつ省力化を図った急速施工法であり、2ヶ月間という工期の中で構築を達成し得た。

この工法は、工場製作されたPCa部材の柱・大梁・床板を現場に運搬し、組み建てる工法で、次の順序により構築が行われた。

- ① 柱脚ブロックのセット
- ↓
- ② 1階柱の架設 (PC鋼棒仮緊張による自立柱)
- ↓

- ③ 2階大梁の架設 (柱コーベルへの架設)
- ↓
- ④ 2階床板の架設
- ↓
- ⑤ 1階柱PC鋼棒本緊張
- ↓
- ⑥ 2階柱の架設                      ⑥' 2階大梁PCケーブル挿入
- ↓    ↓
- ⑦ 3階大梁の架設                      ⑦' 2階柱—大梁目地モルタル充填
- ↓    ↓
- ⑧ 3階床板の架設                      ⑧' 上記モルタル強度確認

- ↓
- ⑨ 2階柱PC鋼棒本緊張
- ↓
- ⑩ 3階柱の架設
- ⋮
- ⋮
- ↓
- ⑨' 2階大梁PCケーブル緊張
- ↓
- ⑩' 3階大梁PCケーブル挿入
- ⋮
- ⋮

特にこの中の柱自立工法と柱に施したコーベル工法は、階高21.5mの柱やスパン21mの大梁など含む全PCa部材を支保工および支持金物なしで架設する事を可能とし工期短縮へつなげた。

柱の自立は、内部に挿入されるPC鋼棒を仮緊張することにより行なわれている。この工法は支持材を使用していないため、建方精度の調整が大変難しいと考えのだが次の方法により正確かつ簡便な建方作業を進めた。まず、工場製作における柱の型枠は最下階柱脚から最上階柱頭まで一体とした全層一体型枠とし、最下階柱脚部に高さ約30cmの柱脚台座ブロックをセットして製作する。現場では、この軽量の台座ブロックを正確に建て入れることにより上部柱は自然と台座ブロック上に正確に建て入れられる、という方法である。柱脚台座ブロックと現場打ちコンクリート面の間には、20mmの目地部を設け、建入れ調整後、無収縮モルタルの充填を行なっている(図-4)。

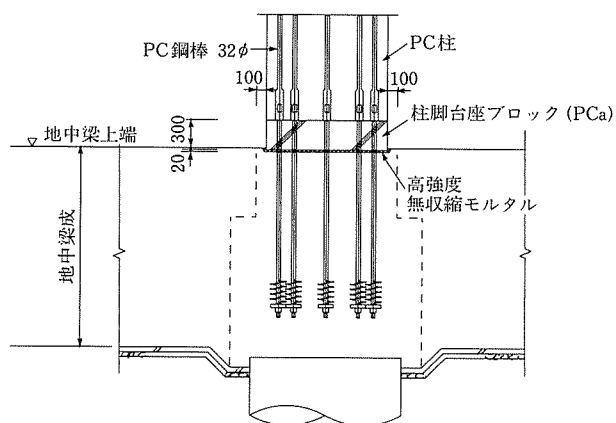


図-4 PC柱脚部納まり図

PCa梁部材は、工場にて1次ケーブルによりあらかじめプレストレス導入を行ない、運搬時やPC床板と作業荷重が加わる架設時などの応力にも耐えられるようにしてある。柱、梁部材の剛接合は、2次ケーブルを梁→柱→梁と現場にて挿入し、柱・梁間の目地に無収縮モルタルを充填し、強度確認後プレストレス導入により構築される。

運搬や揚重機条件を考慮して、重量35tf以下と設定されたPCa部材は約1240ピースあり、工程や敷地条件等により4台のクローラークレーン(100tf~550tf)を使い分け組立て作業が行なわれた(写真-2)。

## 4. 構造概要

### 4.1 構造概要

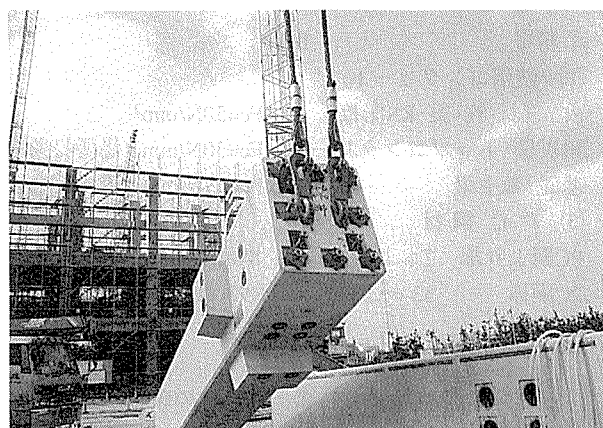


写真-2 PC柱吊上げ

本建物に適用したPPC工法は、工場製作されたPCa柱—PCa梁 ( $F_c=50N/mm^2$ )を現場において2次ケーブル(PC鋼より線)によるプレストレス導入で、また、場所打ち基礎—PCa柱およびPCa柱—PCa柱は、PC鋼棒によって圧着し、剛節骨組架構を構築している。

構造設計法としては、長期応力に対する許容応力度設計と標準せん断力係数 $C_o \geq 0.3$ 相当に対する終局強度設計で行ない、さらに施工側からの(震度7に対する)要求性能に対して、現状では必ずしも完全な設計法は確立されていないため、必要保有水平耐力の1.25倍以上の保有水平耐力を確保することにより対応することとした。この検討の結果、必要保有水平耐力 $Q_{un}$ に対して、建物の保有水平耐力 $Q_u$ の安全率は1.27( $=Q_u/Q_{un}$ )以上を確保しており、耐震的安全性を確認している(図-5)。

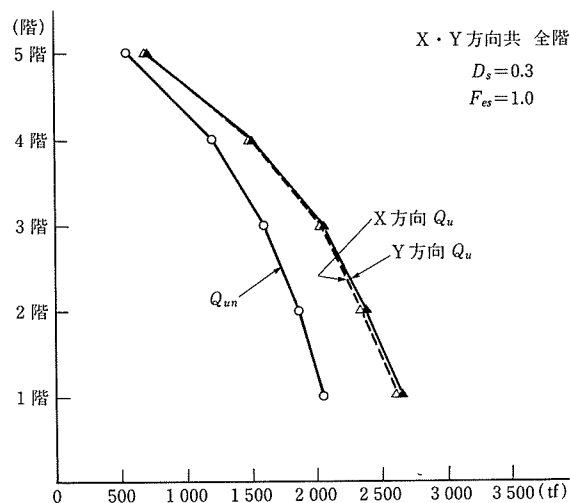


図-5 保有水平耐力(荷捌棟)

### 4.2 設計条件

#### (1) 積載荷重条件

冷蔵室 2	5.1tf/m <sup>2</sup>
冷蔵室 1, 3	1.8
倉庫・ピッキング室	1.5

- 事務室 0.3ヶ
- (2) 使用コンクリート
- PCa部材(柱・梁・KS床板)  $F_c=50\text{N/mm}^2$
- 耐震壁・トップコンクリート  $F_c=30\text{N/mm}^2$ (場所打ち)
- 基礎・地中梁  $F_c=27\text{N/mm}^2$ (場所打ち)
- (3) P C 鋼材
- PC鋼より線 7本より12.7φ SWPR7B(梁・ブレース)
- PC鋼棒 32φ・26φ SBPR930/1080(柱・ブレース)

### 5. 剛性型PCブレース(水平)

冷蔵庫棟屋根面(Ra階)には、地震時の床剛性を確保するため水平ブレースを使用した。また、この水平ブレースはメンテナンスの容易なプレキャストコンクリート造PC部材とし、図-1に示すように大梁・小梁間にX型で全面に配置している。

工場にて1次ケーブルのプレストレスが与えられたPCa部材ブレースは、現場においてブレース端部と柱・梁との圧着により、一体な構造体を形成している。この緊張位置は、階高21.5mと高所のため、事前に吊り足場を取り付けたPCa部材の架設を行なって内部足場の省力化を図っている(写真-3)。



写真-3 PCブレース架設

この屋根面のPCブレースは、地震力作用時にX方向はY3とY9通りに、Y方向はX1とX7通りの外周部耐震フレームに $\Sigma QE=910\text{tf}$ の水平力を伝達している。この時にブレース部材に生じる終局設計時の引張および圧縮軸力は $N_{\text{max}}=114\text{tf}$ であり、圧縮833tf・引張199tfの軸方向耐力を有する下記断面で対応している。

- ・コンクリート強度  $F_c=50\text{N/mm}^2$
- ・断面  $500\times 500(\text{mm})$
- ・PC鋼材 1c—7本 $\times 12.7\phi$  ストランド
- ・主筋 8—D19
- ・S.St □—D13@100

端部納まりは、図-6に示すようにX-Y方面それぞれPC鋼棒2c—32φ, 4c—26φにより圧着し一体化を図っている。

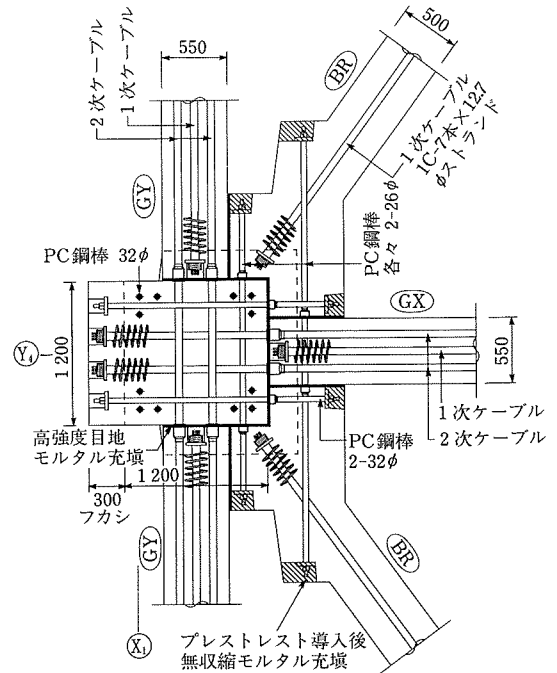


図-6 PCブレース端部納まり図 (単位:mm)

### 6. KS合成床工法

本建物地上階に適用しているKS合成床は、KS床板 ( $F_c=50\text{N/mm}^2$ ) と場所打ちコンクリート ( $F_c=30\text{N/mm}^2$ ) とで形成されており、図-7で示すように実断面タイプと中空断面タイプとがあり、設計条件等にあわせて使い分けている。冷蔵室2の合成床は、実断面タイプKS350 ( $D=450$ ) を用いて長期積載荷重 $5.1\text{tf/m}^2$ や自動ラックフレームから作用する短期鉛直荷重の圧縮 $16.6\text{tf}$ ・引張り $8.5\text{tf}$ (図-8)等の条件に対応している。また、スパン約7mの他の各室には、KS250 ( $D=350$ ) 等の中空断面タイプを使用し軽量化に対応している。

KS合成床には、次のような特徴がある。

1. 高品質・高強度コンクリート ( $F_c=50\text{N/mm}^2$ ) を使用したPC構造であり、長期荷重に対してひび割れを発生させない設計法を用いている。
2. 天上面がフラットであり空間利用を最大限生かすことができる。
3. 無支保工、配筋工やコンクリート打設量の低減など

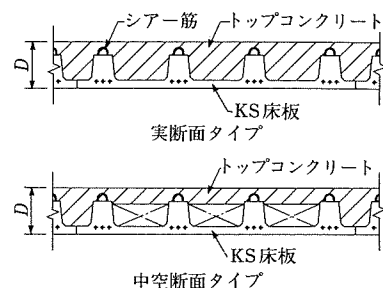


図-7 KS合成床断面図

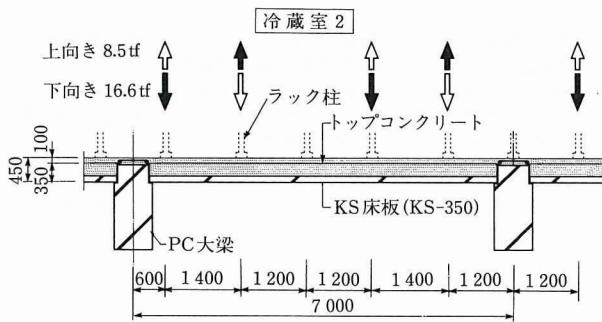


図-8 冷蔵室2に作用する短期荷重  
(単位:mm, 白:右加力時 黒:左加力時)

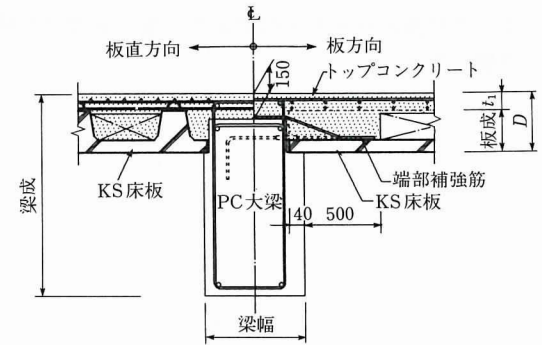


図-10 KS合成床端部詳細図 (単位:mm)

現場作業量の削減により、工期短縮が可能。

4. リブに配置されたシアー筋を使用し、リブ部にトップコンクリートを20mmくい込ませてトップコンクリートとKS床板の一体化をはかり剛床を形成している(図-9)。
  5. 梁・床接合部は、せん断伝達筋(端部補強筋:6-D16/板)を配置し、地震時水平力の伝達を確保している(図-10)。
  6. 住宅・オフィス(0.3tf/m<sup>2</sup>)から倉庫・人工地盤(2.0~5.0tf/m<sup>2</sup>)まで多様な積載荷重に対応できる(図-11)。
- これらの特徴を持つKS合成床工法は、本建物の設計条件である、工期短縮に効果が大きく、また空間利用にも優れていることから採用された。

※スラブ厚:KS-n(mm)のnは板厚, Dは合成床厚を示す。

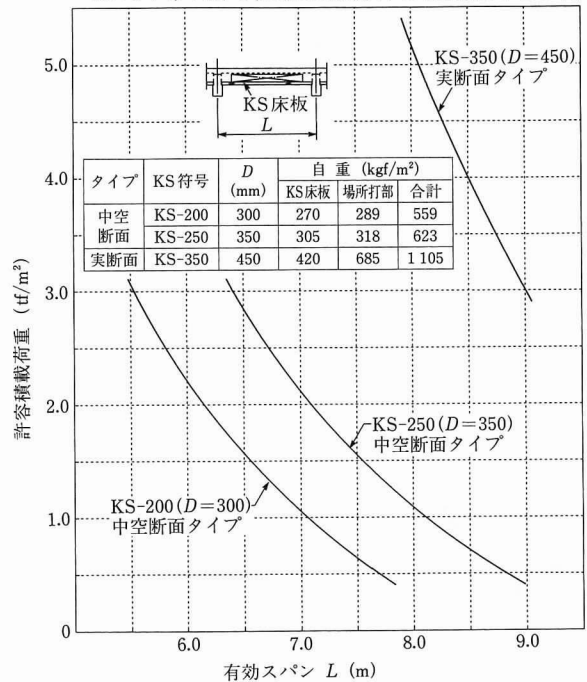


図-11 KS合成床許容積載表



写真-4 KS床板架設

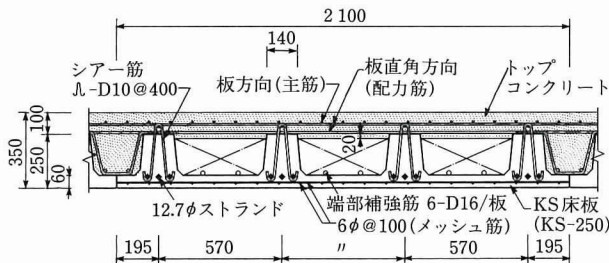


図-9 KS合成床断面詳細図(中空Type) (単位:mm)



写真-5 完成時全景

## 7. おわりに

このPPC工法による本建物が短期間で構築できたのは、(株)創元設計および安藤建設(株)の皆様の御理解と御協力に

よって可能となったものであり、誌上を借りて感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 「日本建築学会大会学術講演梗概集」1990.10, (社)日本建築学会
- 2) 「地震とPC建築」1995年度関東支部研究発表会シンポジウム, 1996.3, (社)日本建築学会関東支部 PC構造分科会
- 3) 「コーベル式PC圧着工法を用いた, 剛接骨組の力学特性と耐震性能に関する研究」, 1996.3, 東北大学博士論文 田辺 恵三

【1996年4月16日受付】