

# 某格納庫の設計・施工

## — PCaPC 圧着トラス造による大スパン建築物 —

東 謙司\*1・松原 守\*2・木村 大\*3・妹尾 正和\*4

本建物は、東京都湾岸部に建設された地上4階建ての航空機の格納庫である。航空機の格納庫のような大スパンを必要とする建物は、通常鉄骨造とすることが多い。しかし、本建物は、建物高さの制限、事務室としての有効高さの確保、さらに耐久性と居住性の観点からPCaPC圧着トラス造を採用し、すべての条件を満足できた。

キーワード：PCaPC、トラス構造、圧着、格納庫、大スパン

### 1. はじめに

本建物は、東京都湾岸部に建設された地上4階建ての航空機の格納庫である。一般的には、大スパンを必要とする航空機関係の格納庫は、鉄骨造とすることが多い。しかし、本建物は、プレキャストプレストレストコンクリート（以下PCaPCとする）造であり、PCa部材を圧着接合することによりトラスを構築して大スパンを可能とした。

本稿では、PCaPC造とした計画概要から施工概要までについて報告する。

### 2. 建物概要

建物概要は下記のとおりである。写真-1に完成外観を示す。

工事名称：KHC改築工事

建築主：東京都

設計者：(株)相和技術研究所

設計監理：(株)相和技術研究所

主要用途：事務室・格納庫

建築面積：1 999.17 m<sup>2</sup>

延床面積：6 054.21 m<sup>2</sup>

階数：地上4階、塔屋1階

軒高：16.7 m（最高高さ17.61 m）



写真-1 完成外観

構造：PCaPC造（一部鉄骨造）

工期：2011年7月～2013年3月（20ヵ月）

施工者：大成・丹勢建設共同企業体

PC施工：(株)建研（PCa部材の製造は川田建設(株)那須工場）

### 3. 計画概要

#### 3.1 設計コンセプト

(1) 新しい時代に呼応した公共施設としての役割を担う



\*1 Kenji AZUMA

(株)相和技術研究所  
設計本部



\*2 Mamoru MATUBARA

(株)相和技術研究所  
構造部



\*3 Masaru KIMURA

大成建設(株)東京支店  
建築部



\*4 Masakazu SENOO

(株)建研 東京支店  
設計部

**施設構成**

- 機能が十分に発揮できる施設を目指す
- 明快でわかりやすい構成で、便利で使いやすい施設づくりを行う

**(2) 災害時の防災拠点としての役割を担う施設構成**

- 大震災に十分耐え得る建物強度を確保する
- 出動時にスムーズな運用が可能な格納庫の広さを確保する
- 災害時広域運用の拠点として対応できる施設構成をあらかじめ考慮した計画とする

**(3) 施設運用面でのライフサイクルコスト低減を積極的に推進する施設構成**

- 長寿命化に配慮した施設構成と使用材料の選定を行う
- 建物全般にわたる省エネルギー化の推進と可能な限り自然エネルギーの利用を行う
- メンテナンスしやすい施設形態とする
- 設備の更新を考慮した設備配置と効率的な位置にパイプスペースを確保する

**3.2 設計上の課題**

上記の設計コンセプトに対して、解決しなければならない課題は下記のとおりであった。

**(1) 高さ制限**

航空法、飛行場灯台および管制塔による高さ制限があり、もっとも厳しい制限は、管制塔によるもので、建築物の高さを 17 m 以下としなければならなかった。

**(2) 事務室兼用**

格納庫の機能だけでなく、2 層の事務室を確保する必要であった。格納庫の有効高さは 7 m、スパンは 36.9 m 必要であるため、事務室を 2 層確保しようとするに梁せいは 1 m 以下としなければならなかった。また、事務室利用ということから振動、たわみなどの居住性を考慮する必要があった。

**4. 構造計画概要**

**4.1 構造種別の選定**

設計上の課題を解決するために構造種別の検討を行った。構造種別比較表は表 - 1 に示すとおりである。

**(1) 鉄骨造**

鉄骨造の利点としては、主に施工性がすぐれていて躯体工期が比較的短いことと、躯体の重量が RC 造に比べて軽いため、基礎の工事費が軽減できることである。

鉄骨造では、ラーメン架構とトラス架構の 2 パターンについて検討を行った。検討の結果としては、ラーメン架構では、梁せいと高さ制限がクリアできなかった。一方、トラス架構では、梁せいはクリアできるものの、建物高さが約 19 m 必要となるため、高さ制限を満足できなかった。

**(2) PCaPC 造**

PCaPC 造についてもラーメン架構とトラス架構について検討を行った。検討結果としては、ラーメン架構では、梁せいおよび建物高さを満足できなかった。トラス架構では、梁せい、建物高さ、居住性、耐久性すべてにおいて条件を満足できた。

表 - 1 構造種別比較表

判定項目	S 造ラーメン	S 造トラス	PC ラーメン	PC トラス
施工性	◎	◎	◎	◎
工期	◎	◎	○	○
経済性	◎	◎	○	○
耐久性	△	△	◎	◎
耐火性	△	△	◎	◎
たわみ振動	△	△	◎	◎
スパン	○	◎	○	◎
梁せい	△	○	△	◎
高さ制限	×	×	×	◎
判定	×	×	×	◎

PCaPC 造の利点としては、下記のとおりである。

- プレストレスを導入するため、コンクリート造の欠点であるひび割れを制御できる
- 耐久性および振動性において優れている（振動数は 5 ~ 10 Hz 以上）

**4.2 構造計画概要**

**(1) 上部構造計画**

図 - 1 に 3 階伏図を、図 - 2 に C 通りの軸組図をそれぞれ示す。構造種別の選定から、本建物は地上 4 階建ての PCaPC 造とすることとなった。建物の平面形状は、ほぼ敷地に合せた長方形であり、X 方向は、3 スパンで中央のスパン長は 36.9 m のトラス架構とし、Y 方向は、4 スパンでラーメン構造とした。36.9 m のロングスパン部分については、振動を考慮した設計とした。

図 - 2 に示すように、2 層部分を吹抜けとしてヘリコプターの格納庫としての有効高さを確保し、3 階および 4 階を事務所エリアとした。A-C 通り間は、3 層吹抜けとして、ヘリコプターのメンテナンスエリアを確保した。

**(2) 基礎構造計画**

近隣のボーリング調査を参考にすると、GL-2.0 m までは埋土、GL-5.0 m までは N 値 7 ~ 13 の砂混じりシルト、GL-63.0 m まではシルト質砂などで構成されていて N 値は 3 ~ 40 である。GL-63.0 m 以深は N 値 50 以上の細砂層である。したがって、本建物の支持地盤は、GL-63.0 m 以深の細砂層で、基礎工法としては、柱 1 本あたりの軸力が大きいため、杭基礎とした。

**(3) PCa 部材の構成**

図 - 3 に PC 部材の構成概要図を示す。図 - 3 に示すように、柱、梁、スパン大梁、桁大梁、ブレース材および小梁は PCa 部材で、柱は、モルタル充填式継手による RC 造、梁およびブレース部材は、プレストレストコンクリート造である。

図 - 4 に部材断面図の一例を示す。図のように、柱は 2 000 mm × 2 000 mm、桁方向大梁は下層階で 1 000 mm × 1 500 mm、張間方向の大梁は、1 500 mm × 1 000 mm といずれも大断面部材である。

図 - 5 に PCa ブレースと PCa 大梁との取合い部を示す。図に示すように、PCa ブレースと PCa 大梁とはプレスト

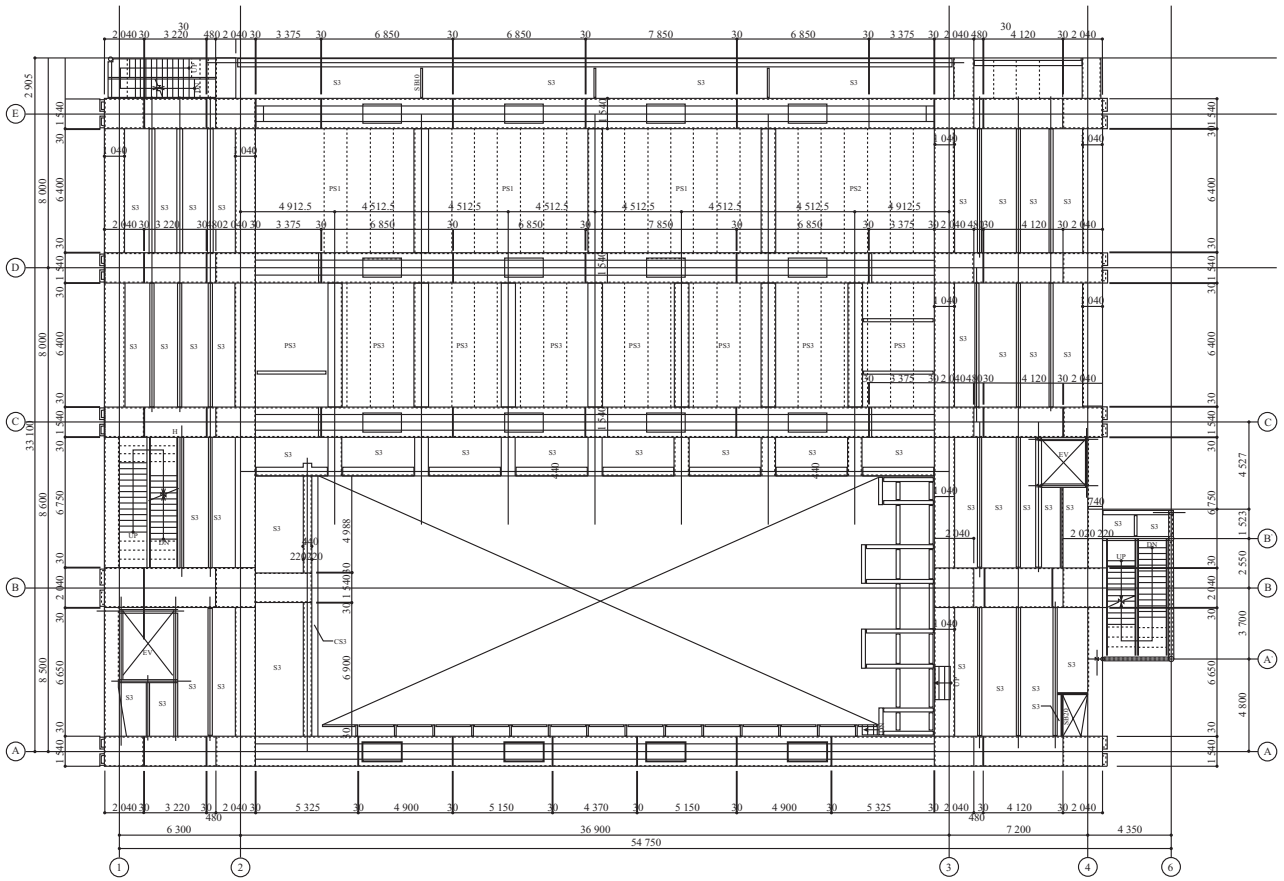


図 - 1 3階伏図

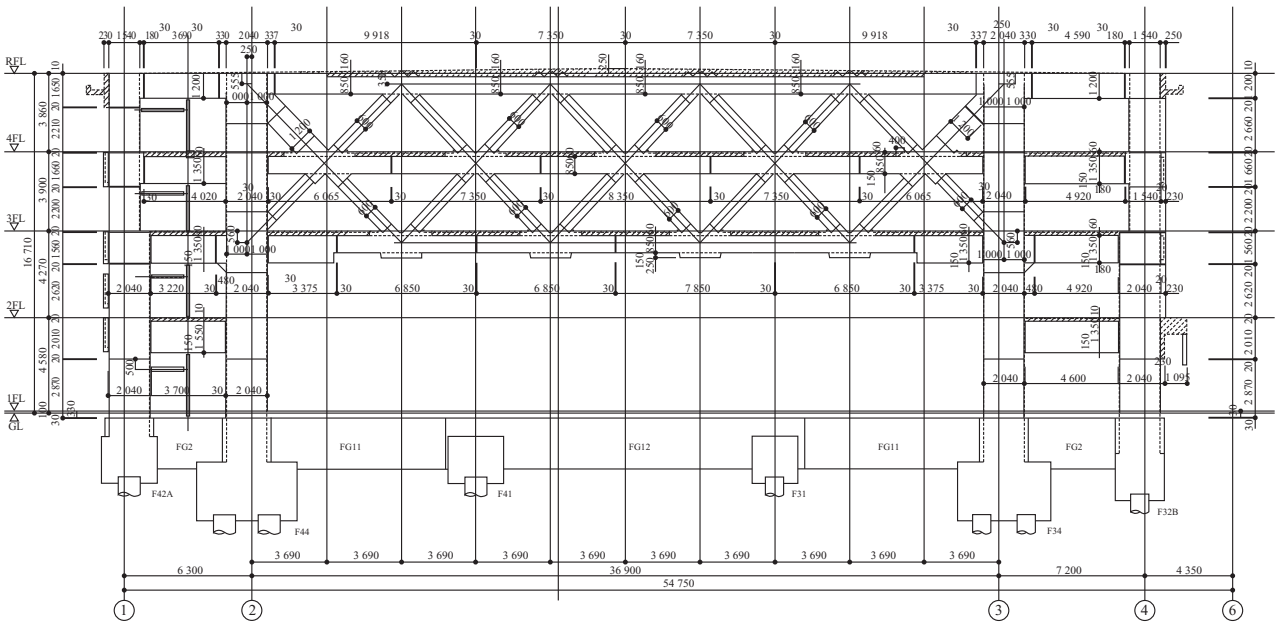


図 - 2 C通り軸組図

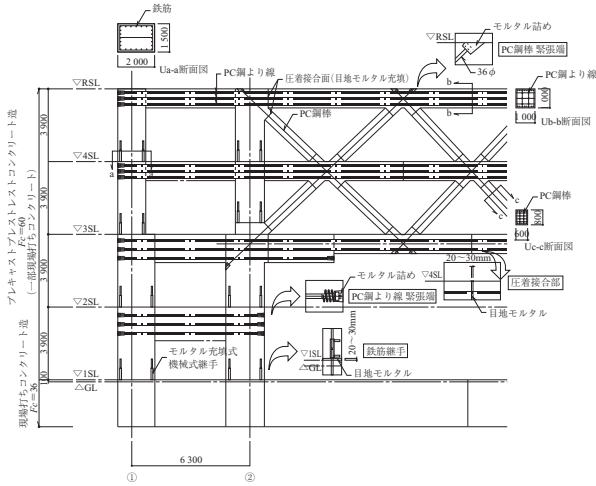


図 - 3 PC 部材の構成概要図

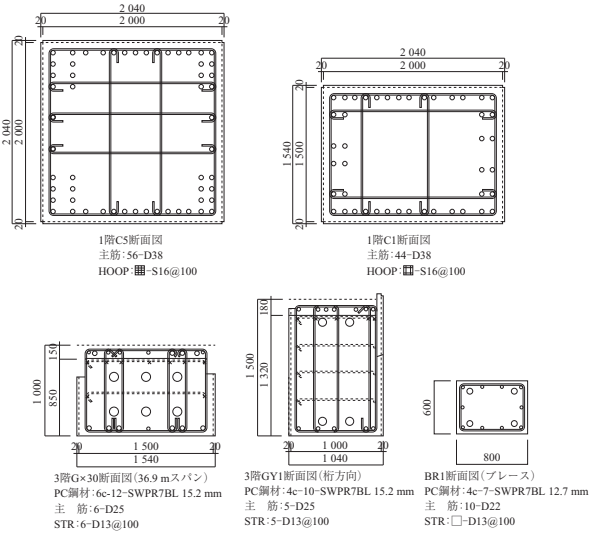


図 - 4 部材断面図の一例

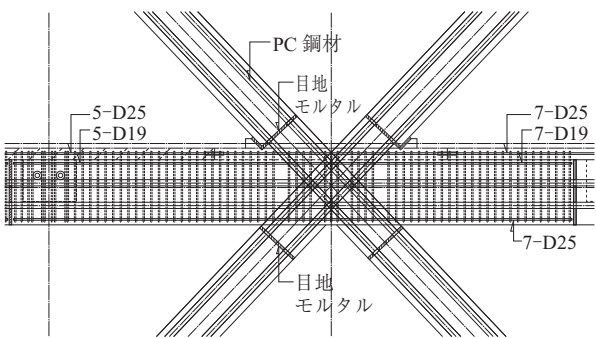


図 - 5 PCa ブレース取合い部

レスにより圧着接合される。部材相互が圧着接合されるため、その切断面は、PC 鋼材に対して直角である必要がある。今回、部材相互の取合い部の精度を確保するために、PCa ブレースとの接合部は上下取合い部ともにフル PCa とした。

## 5. 施工概要

### 5.1 使用セメントの選定

本建物の柱は、最大 2 m × 2 m × 2.9 m と建築の部材としては非常に大きいため、製造時において相当の発熱が予想された。そこで、普通セメント使用の場合と早強セメント使用の場合におけるコンクリートの温度応力解析を行った。解析モデルは、鉄筋・シースを考慮しない 2 m × 2 m × 2 m の直方体とした。

解析に用いたコンクリートの調査は、表 - 2 に示すとおりである。

表 - 2 コンクリートの調査 (Fc = 60 N/mm<sup>2</sup>)

	水セメント比 [%]	空気量 [%]	単位質量 [kg/m <sup>3</sup> ]			
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
普通セメント	28.5	3.0 ± 1.5	165	579	714	910
早強セメント	35.0	3.0 ± 1.5	162	463	817	907

解析結果は、表 - 3 および図 - 6・図 - 7 に示すとおりである。設計基準強度 60 N/mm<sup>2</sup> の調査において、普通セメントと早強セメントで温度解析を行ったところ、ひび割れ指数の大きい早強セメントの方がひび割れ発生確率は低いものと考えられたことと、早期の脱型強度確保のために本建物では、早強セメントを使用した。

表 - 3 温度応力解析結果一覧

項目	部位	普通セメント	早強セメント
最高温度	モデル中心	81.56℃ (材齢 1.5 日)	76.67℃ (材齢 1.5 日)
表面温度	上 面	16.69 ~ 52.88℃	16.11 ~ 49.70℃
	側 面	15.00 ~ 33.41℃	15.00 ~ 31.48℃
主応力 (N/mm <sup>2</sup> )	側辺中央	3.33 (1.3 日)	3.71 (1.3 日)
	上辺中央	4.45 (1.5 日)	4.95 (1.5 日)
ひび割れ指数	側辺中央	0.50 (1.0 日)	0.52 (1.2 日)
	上辺中央	0.39 (1.2 日)	0.41 (1.3 日)

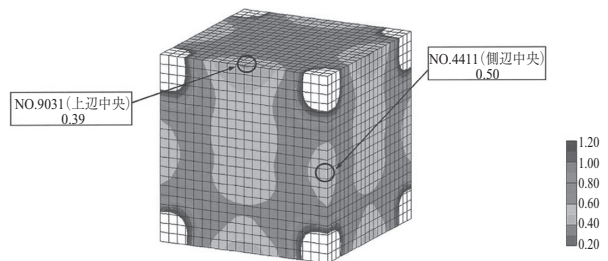


図 - 6 ひび割れ指数最小値 (普通セメント)

### 5.2 PCa 部材の製造

PCa 部材の型枠は、鋼製型枠を使用した。部材の重量は、最大でも 300 kN となるように分割した。柱については、柱主筋本数が 50 本以上と多く主筋位置精度の確保のため、および断面寸法が大きく型枠脱型後に反転作業がで



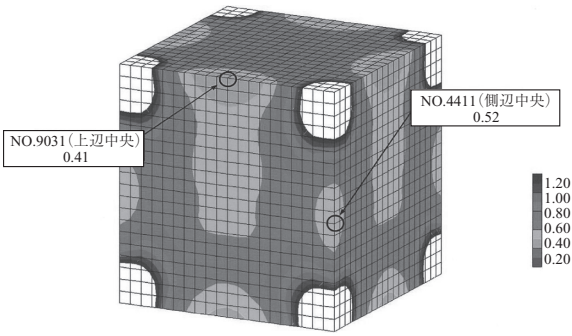


図 - 7 ひび割れ指数最小値 (早強セメント)

きないため立てた状態で製造を行った。写真 - 2 および写真 - 3 に柱型枠配筋状況および大梁製造状況をそれぞれ示す。

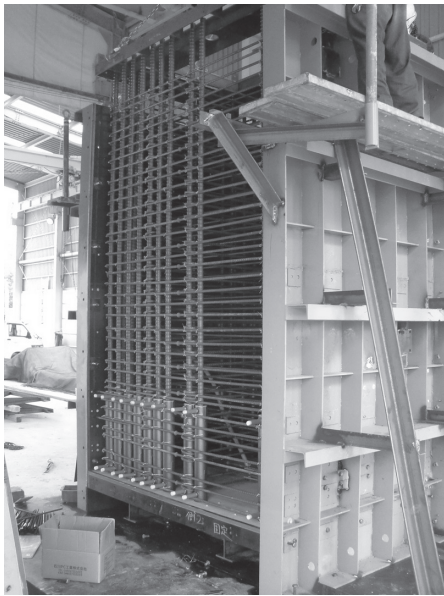


写真 - 2 柱型枠配筋状況



写真 - 3 大梁製造状況

### 5.3 施工計画

図 - 8 にクレーン計画図を示す。建物内に 9 500 kN の

タワークレーンを設置し、荷取り用に 1 000 kN のクローラクレーンを配置する計画とした。写真 - 4 にクレーン概要を写真 - 5 に柱運搬状況を示す。



写真 - 4 クレーン概要



写真 - 5 柱運搬状況

### 5.4 施工手順

図 - 9 に施工フローチャートを表 - 4 に施工手順を示す。本建物は、トラス斜材の緊張が完了してから最下階の支保工撤去、その後スラブ配筋し、トッピングコンクリート打設という順序であった。

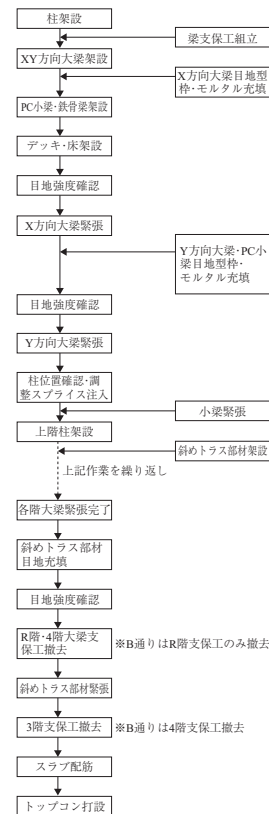


図 - 9 施工フローチャート

### 5.5 支保工

図 - 10 に支保工計画図を示す。本建物では、最上階のブレース緊張が完了するまで最下階の支保工撤去ができないため、写真 - 6 に示す鋼管を用いた支保工を使用した。



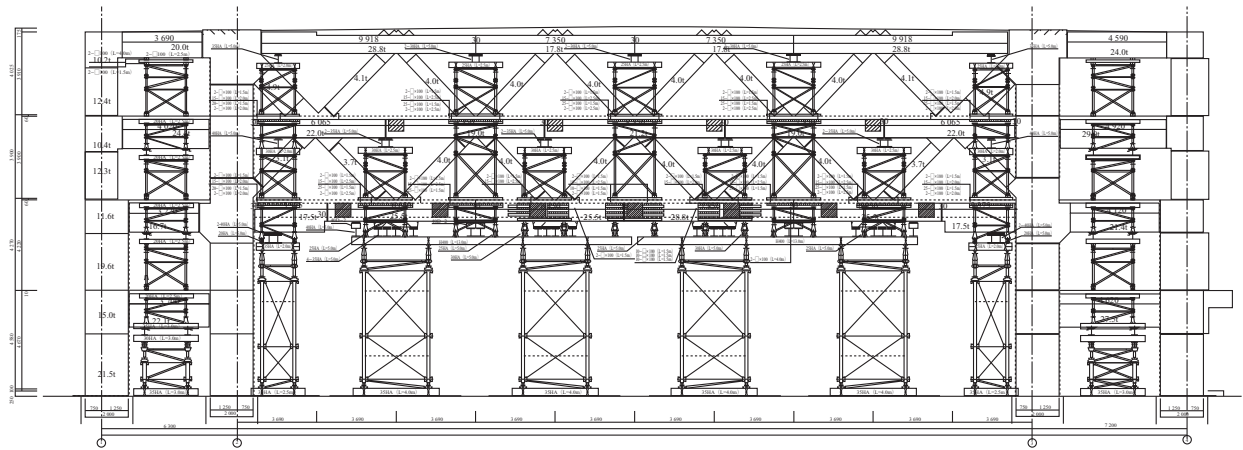


図 - 10 支保工計画図 (C 通り)

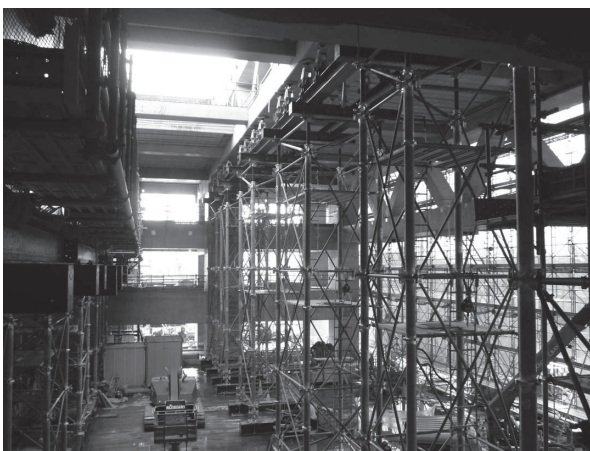


写真 - 6 支保工

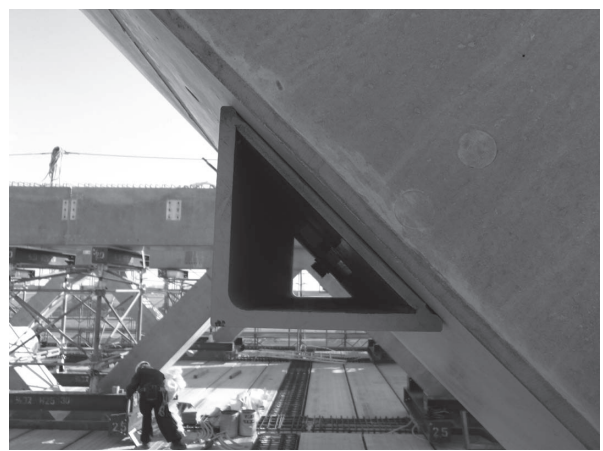


写真 - 8 ブレース受け材

PCa ブレースの取付け状況を写真 - 7 および写真 - 8 に示す。PCa ブレースは、水平に受けられるように鋼製の受け材を PCa ブレースに取付け、パイプサポートにより仮受けした。目地モルタルは、PCa 大梁にあらかじめグラウトホースを打ち込み、梁上端から充填した。

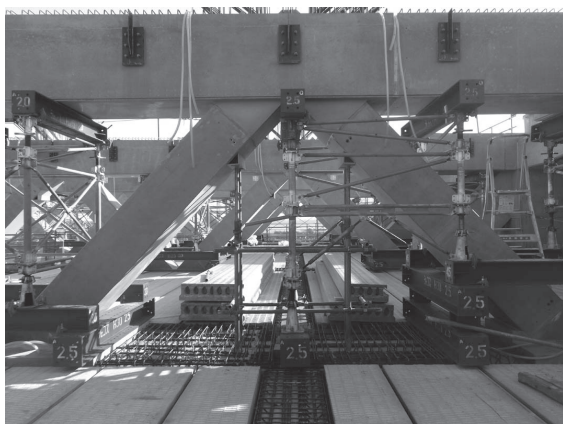


写真 - 7 PCa ブレース取付け状況

## 5.6 緊 張

大梁の PC 鋼材の緊張は、柱の機械式継手を接合する前

に行った。これは、外側の柱に不静定 2 次応力を生じさせないためである。

図 - 11 に緊張後における各スパンの縮み量を示す。36.9 m 方向スパンの全体の縮み量は、16 ~ 18 mm、桁行方向の全体の縮み量は、5 ~ 6 mm である。柱は、縮み量を考慮してあらかじめ外側へ取付けした。

緊張順序は、36.9 m 方向から順次行った。その際には、桁行方向の大梁と柱との目地は空目地とした。これは、プレストレスが導入されていない目地部に余分な応力を生じさせないためと、36.9 m 方向に確実にプレストレス力を導入させるためである。

桁行方向の緊張は、隣接フレームとの変形差を少なくするために、50% ずつとした。

PCa ブレースは、設計時に引張となる部材から順次緊張を行った。

PCa ブレースの緊張完了後に下階の支保工を撤去した。写真 - 9 に支保工の撤去状況を示す。

## 6. おわりに

塩害をうけやすい湾岸部に建設されることと、事務室の利用ということもあり、通常では、鉄骨造で建設されることが多い航空機の格納庫を本建物では PCaPC 造で施工し



