

(35) PCaPC 積層構法を採用した空港ターミナルビル設計・施工について

(株) ビー・エス 九州支店 正会員 ○大迫一徳
 那覇空港ビルディング(株) 高良尚光
 (株) 安井建築設計事務所 辻 英一
 (株) 安井建築設計事務所 大阪事務所 森高英夫

1.はじめに

現在、沖縄県那覇市に建設中の那覇空港国内線旅客ターミナルビルは、21世紀の沖縄の玄関口としての風格と地域のアイデンティティを十分に表現するものとして計画された。旅客の利用する内部空間は、開放的で軽快なフレキシビリティに富む大スパン架構となっている。これまで空港ターミナルビルの構造は、鉄骨(S)造あるいは場所打ち鉄筋コンクリート(RC)造で計画されることが多かったが、本空港ターミナルビル空中塩分濃度の高い地域である沖縄県に建設されることから、塩害に強いコンクリート構造および基本グリッドが 14.4m×12.0m の大スパン架構であることからプレストレストコンクリート(PC)造が採用された。また、本工事は沖縄県内の建築工事としては最大規模であるので、沖縄の建設労働力の事情に配慮してPCaPC 積層構法が採用された。すなわち、柱は現場打ち RC 造、梁および床はハーフ PCaPC 部材と場所打ちトッピングコンクリートの合成構造により組み立てられた。使用した PCa 部材の内、ハーフ PCa 大梁は、現地製作(Site Prefabrication)されハーフ PC 床板は主に福岡県内で製作された。PCaPC 積層構法による空港ターミナルビルの設計・施工について、その概要を報告する。

2.建築概要

本建物は、EXP.J によって、メインターミナルビル、南フィンガー棟、北フィンガー棟の3棟に大きく分かれている。メインターミナルビルは地下1階、地上5階建て、X方向の長さが348.0m(12.0m×28スパン)、Y方向が57.6m(14.4m×4スパン)である。また、南、北フィンガー棟は地上2階建て、X方向の長さが33.6m(10.8+12.0+10.8m)、Y方向が約144.0m(12.0m×12スパン)である。

建築概要

- ・建物名称：那覇空港国内線旅客ターミナルビル
- ・建設場所：沖縄県那覇市鏡水150(那覇空港内)
- ・延床面積：メインターミナル 55,591 m²
 フィンガー棟 16,271 m²
- ・階数：メインターミナル 地下1階地上5階建て
 フィンガー棟 地上2階建て
- ・高さ：軒高 GL+24.805m
 最高高さ GL+33.900m
- ・構造：プレストレストコンクリート造
 及び鉄筋コンクリート造、直接基礎
- ・発注者：那覇空港ビルディング(株)
- ・設計監理：安井・宮平設計共同企業体
- ・施工：北工区 國場・大成・大米・仲本・善太郎企業体
 南工区 大城・三井・日航・大晋・東開発企業体
- ・PC工事：(株)ビー・エス 九州支店
- ・工期：平成8年12月～平成11年3月

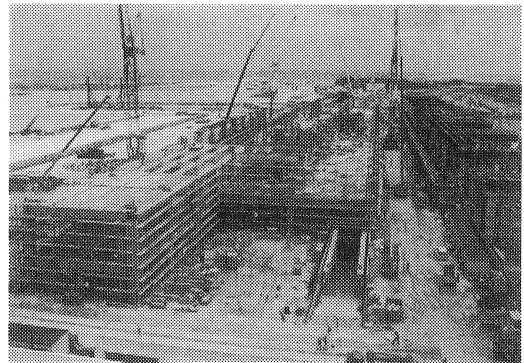


写真-1 全 景

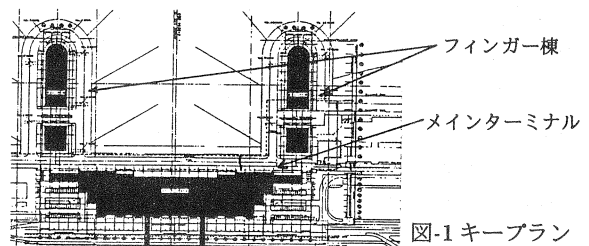


図-1 キープラン

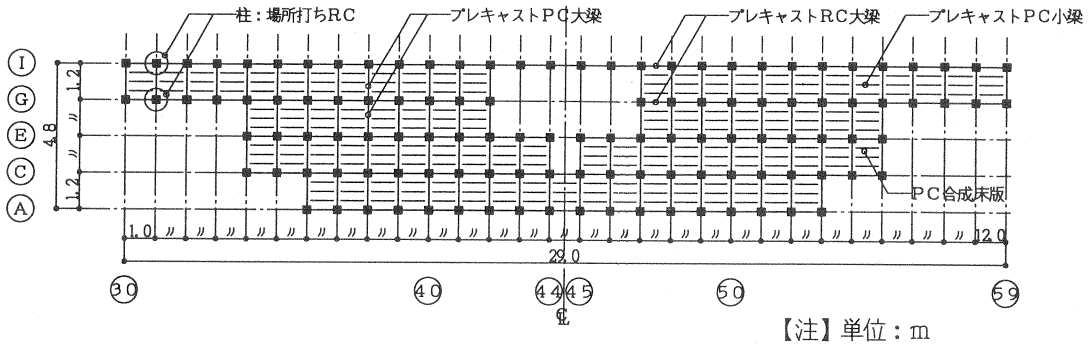


図-2 メインターミナル伏図

3.設計概要

3.1 構造概要

PCaPC 造の構造計画を進めるにあたり重要なことは、梁の架設順序、場所打ちコンクリートの打設時期と PC ケーブルの緊張時期により梁断面および支持条件が変化する。このため、施工計画も同時に行い、施工に合った構造計画を行うことである。本メインターミナルビルの構造は、屋根と1階から5階までの地上躯体の2つに大きく分けられる。地上躯体部分の柱は場所打ち鉄筋コンクリート造で、梁床は、1層分の柱を施工後、ハーフ PCaPC 大梁、小梁およびハーフ PCaPC 床板の順に架設し、それぞれの上端筋を配筋後トッピングコンクリートを打設して一体化する合成構造とした。躯体工事は、これを各層繰り返していく積層構法とした。この構法によれば、柱-大梁の接合部は、場所打ちコンクリートを打設して一体化するため、通常の場所打ちプレストレスト鉄筋コンクリート造とほぼ同等の性能が期待できる。Y 方向の大梁は、小梁、床板およびトッピングコンクリート荷重に対して、単純梁であり、梁の中央に大きな正曲げモーメントが生じる。このため、ハーフ PCa 梁に1次 PC ケーブルを配置し、施工時にひび割れが発生しないようプレストレスで調整した。また、長期設計荷重時および地震時には、梁端部は剛接合されており、特に地震時には大きな正負曲げモーメントが生じるため、2次 PC ケーブルを配置して梁端部も十分な耐力を確保した。プレストレスを利用しない PCa 梁の積層構法の場合、梁架設時に接合部では X・Y 両方向の梁下端筋と柱主筋が交差して施工が難解であるが、梁端部をプレストレストコンクリート造とし、端部応力を PC 鋼材で負担することで、PCa 部材から出ている下端筋の定着部をなくし、部材の架設および接合部の施工を容易にすることをねらったものでもある。接合部を図-4 に示す。また、メインターミナルの前面には高架道路が建設中で、外部からの架設ができないため、クレーンの走行路を建物内部の A-C 通り間に計画し、この部分は屋根架設後の後施工とした。このため、この後施工梁は、2次 PC ケーブルを利用して柱-梁を圧着接合して組み立てる計画とした。ハーフ PCa 床板については、プレストレストコンクリート合成床板を用い、可能な限り支保工なしで施工できるように計画した。使用材料の特性を以下に示す。

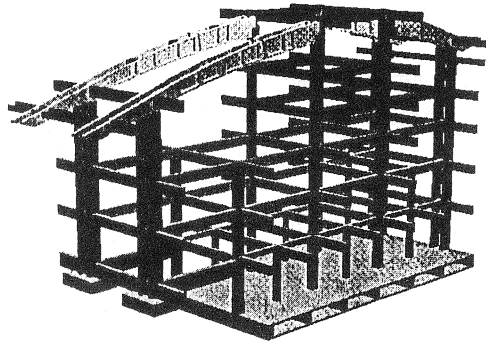


図-3 架構概要

使用材料

- ・コンクリート PCaPC 梁 $F_c=400\text{kg/cm}^2$
 PCaPC 床板 $F_c=450\text{kg/cm}^2$
 現場打ち $F_c=360\text{kg/cm}^2$
- ・P C 鋼材 PC 鋼より線 SWPR7BN,SWPR19N
 P C 鋼棒 SBPR 930/1180
- ・鉄 筋 D32 SD390
 D19 以上 SD345
 D16 以下 SD295A
 柱せん断補強筋 高強度せん断補強筋

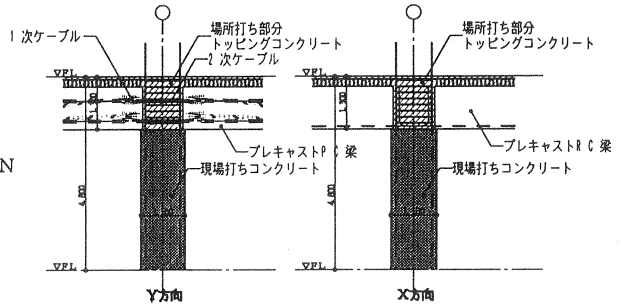


図-4 接合部概要図

3.2 設計方針

Y 方向 PC 合成大梁は、架設時の施工荷重に対して、ひび割れによる剛性低下を起こさないよう中央下端の引張応力が曲げ引張強度($5/3 \cdot 0.07 \cdot F_c = 46.7\text{kg/cm}^2$)以下となるよう 1 次プレストレスを導入し、長期荷重に対しては、端部,中央共最大ひび割れ幅が 0.2mm 以下となるよう補強鉄筋を配置して III 種 PC 造とした。また、終局強度設計時では、長期荷重時,地震荷重時共に、各応力の組み合わせに対して終局耐力以下になることを確認した。X 方向 RC 合成大梁および柱は、鉄筋コンクリート造とした。PC 合成小梁は、架設時の施工荷重に対して、Y 方向大梁と同様に中央下端の引張応力が、曲げ引張強度以下となるよう 1 次プレストレスを導入し、長期荷重に対しては、端部は鉄筋コンクリート造、中央では最大ひび割れ幅が 0.1mm 以下となるよう設計した。小梁中央下端のひび割れ幅を 0.1mm の設計とした狙いは、梁端部の設計を接合部の施工を容易にするため鉄筋コンクリート造にした故、早期にひび割れが発生して、端部の剛性が低下に伴い単純梁に近い状態を想定したことによる。

3.3 PC 定着工法

本空港ターミナルビルには、新たに開発された PC 建築向けディビダーク(DW)ストランド工法システムを採用した。本工法システムの特徴は次の通りである。

- ・ 鋳物による形成で、コンパクトで高性能な定着部品を実現した
- ・ 本システム独自の一括で緊張・定着・自動解楔を行うジャッキにより、施工効率が向上する。等本工法システムの採用にあたり、定着具の健全性を確認するために定着体載荷試験を行った。

表-1 最小配置間隔試験結果

荷重段階	適合すべき条件	試験体1	試験体2	試験体3
P ₀	・有害な変形・損傷が認められないこと	問題無し	問題無し	問題無し
1.1P ₀	・コンクリート表面に0.1mmを超えるひび割れを生じないこと ・ひび割れを生じた場合には、当該荷重により5分間の持続試験を行い、ひび割れが著しく進展しないことを確認する	0.05 [上] 問題無し	0.075 [上] 問題無し	0.025 [上] 問題無し
P ₀	・有害な変形・損傷が認められないこと ・鋼材の定着部全長にわたって滑りが認められないこと	問題無し 滑り無し	問題無し 滑り無し	問題無し 滑り無し
(P ₀)	・コンクリート表面に0.2mmを超えるひび割れを生じないこと ・定着具に有害な変形、損傷、めり込み等を生じないこと	0.15 [上] 支持良好	0.175 [上] 支持良好	0.175 [上] 支持良好
0.9 P ₀	・定着具に有害な変形、損傷、めり込み等を生じないこと	問題無し	問題無し	問題無し
0.95 P ₀	・コンクリートが5分間以上安全に当該荷重を支持し得ること ・定着具に有害な変形、損傷、めり込み等を生じないこと	問題無し 問題無し	問題無し 問題無し	問題無し 問題無し
P ₀	・有害な変形・損傷が認められないこと ・鋼材の定着部全長にわたって滑りが認められないこと ・定着部に定着効果を阻害する損傷を生じないこと	問題無し 滑り無し 問題無し	問題無し 滑り無し 問題無し	問題無し 滑り無し 問題無し

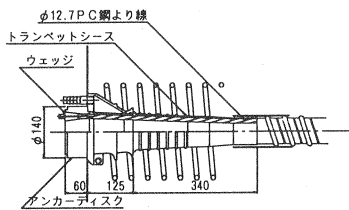


図-5 DW ストランド 12S12.7MA 定着体

4. 施工

PCa 部材の製作は、沖縄県の地域性を考え可能な限り現地製作とした。建設現場にはサイト工場を造るに十分な敷地が確保できないため、南へ約 10km 離れた工業団地内に約 4 万 m² の工場を造り製作を行った。製作部材は主に大梁で、1 日平均 5 本 (約 75m³)、総数 576 本 (約 5,000m³) を約 5 ヶ月で製作した。

PCa 部材の架設は、平成 9 年 9 月 17 日にはじめ、1 層約 1 ヶ月サイクルで進められた。

工程ならびに施工状況写真を以下に示す。

表-2 工程表

	平成 9 年					平成 10 年			
	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
製作工事	—————								
架設工事		2F	3F	4F	5F		RF	---	---

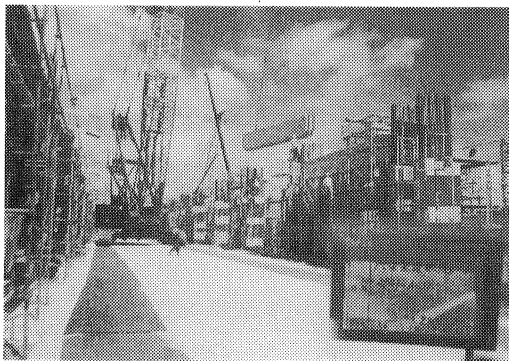


写真-2 PCa 大梁架設状況

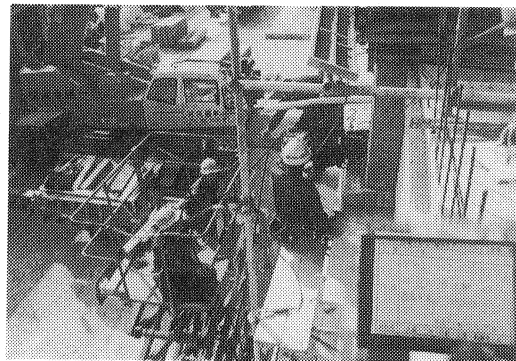


写真-3 2次PCケーブル緊張状況

5. まとめ

従来、PCaPC 構造は、競技場や工場・倉庫などの限られた用途の建物に採用されてきたが、本空港ターミナルビルのように、5 階建ての一般建物で、7 万 7000m² にも及ぶ大規模建築物建物の採用されたことは国内では例がない。本工法は、工期の短縮、現場作業の省力化等メリットの高い構法であり、今後も広い普及が望まれている。また、工場では鋼製型枠を使用して同一断面の PCa 部材を多数製造できるため、通常の現場打ちコンクリート造のように合板型枠を 2,3 回使って廃棄するなど資源の浪費もなく、地球環境保護にも役立てることができる。

本メインターミナルの屋根は、デザイン性を意識したダイナミックなものであり、その設計・施工については、別の機会に詳しく報告したいと考えている。

6. おわりに

本空港ターミナルビルの施工にあたり、ハーフプレキャスト PC 部材と場所打ちコンクリートの取り合い等の数多くの問題点について、多くのご協力を頂いた三井建設の横田和之氏、大成建設の樋口憲助氏、また、DW ストランド工法を採用するにあたって、実験をはじめ多くのご尽力を頂いた住友電気工業の高山洋一氏をはじめ関係各位に対し厚くお礼申し上げます。