

PCa PCコンクリート工・構法による 空港ターミナルビル建設 —那覇空港新旅客ターミナルビル設計と施工—

辻 英一*1・森高 英夫*2・山浦 晋弘*3・大迫 一徳*4

1. はじめに

那覇空港内に新しく建設された本建物は21世紀に向けた広域沖縄圏の空の玄関口にふさわしい風格と地域の独自性を表現した国内線旅客ターミナルビルである。

本建物は海岸線に近く、遮蔽物もないため著しく多量の飛来塩分の影響を受けるので、プレキャストプレストレストコンクリート（以下、PCa PCと略）工・構法を採用して、塩害に強い構造体とただでなく、開放的でフレキシビリティに富む内部空間を実現した。

建物を特徴づけている大屋根の梁は、航空機の翼をイ



写真-2 施工状況



写真-1 建物全景



*1 Hideichi TSUJI

(株)安井建築設計事務所 構造部
取締役部長 工学博士



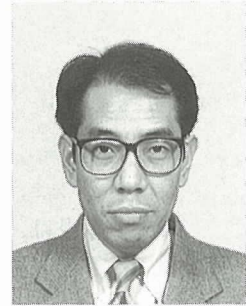
*2 Hideo MORITAKA

(株)安井建築設計事務所
大阪事務所 構造部 副部長



*3 Nobuhiro YAMAURA

(株)安井建築設計事務所
大阪事務所 構造部 統括主任



*4 Kazunori OSAKO

(株)ビー・エス九州支店 建築部

表-1 建築概要

建物名称	那覇空港国内線旅客ターミナルビル新築工事		
建設場所	沖縄県那覇市鏡水150 (那覇空港内)		
発注者	那覇空港ビルディング㈱		
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・善太郎共同企業体 南工区：大城・三井・日航・大晋・東開発共同企業体		
PC工事	㈱ピー・エス九州支店		
工期	平成8年12月～平成11年3月		
建築面積	30035.17m ²		
床面積	延床面積	77 025.90 m ²	
	メインターミナル	： 55 591.49 m ²	
	フィンガー棟	： 16 271.42 m ²	
	付帯設備	： 1 162.99 m ²	
高さ	軒 高	： GL+24.805 m	
	最高高さ	： GL+33.900 m	
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		
構造	基礎：直接基礎 (一部杭基礎)		
	躯体：プレストレストコンクリート造および鉄筋コンクリート造		
使用材料	コンクリート	PCa PC梁	40N/mm ²
		PCa PC床板	45N/mm ²
		場所打ち躯体	36N/mm ²
	PC鋼材	PC鋼より線	SWPR7BN, SWPR19N
		PC鋼棒	SBPR930/1 180
	鉄筋	D32	SD390
		D19以上	SD345
		D16以下	SD295A
	柱のせん断補強筋：高強度鉄筋 ($\sigma_y = 800 \text{ N/mm}^2$)		

表-2 PC工事数量表

部材名称		部材数 (ピース)	重量 (t)
サイト P C 工場 製作	メインX方向PCa RC大梁	333	6 213.3
	メインY方向PCa PC大梁	238	5 194.9
	メイン屋根アーチ梁	72	5 122.0
	メイン屋根PCa PC梁	70	741.1
	フィンガー屋根PCa PC梁	180	2 373.5
	渡り廊下PCa PC大梁, 小梁	32	741.5
計		925	20 386.2
技 建 製 作	メインPCa PC小梁	688	6 935.1
	メイン雑PCa RC梁	76	51.9
	メイン屋根アーチ梁	80	271.5
	メイン屋根PCa PC小梁	25	275.3
計		869	7 533.8
工 場 製 作	メインハーフPC床板PS1	2 817	3 409.9
	メインハーフPC床板PS2	585	734.0
	メイン屋根DT板	523	3 516.7
	フィンガー2階ハーフPC床板	819	1 051.9
	フィンガー屋根DT板PS23	200	1 559.3
	フィンガー屋根DT板PS24	40	329.2
	フィンガー屋根ハーフPC床板	120	168.6
	渡り廊下2階ハーフPC床板	50	70.3
	渡り廊下R階ハーフPC床板	50	78.5
	計	5 204	10 918.4
合計		12 202	38 838.4

PC鋼材(工場製作プレテンションは除く) 約460.0 t

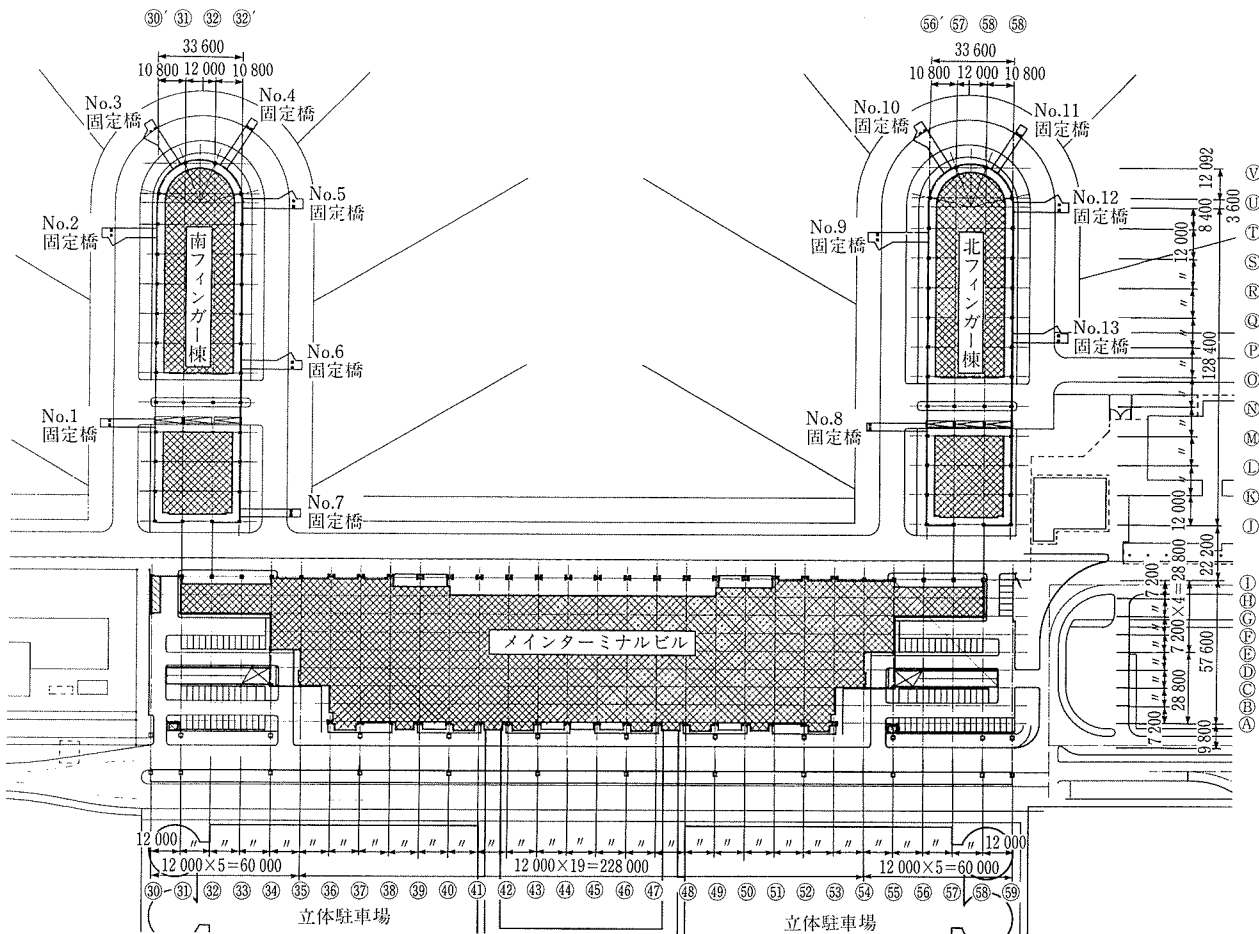


図-1 建物配置図

メージしたデザインで、複数の曲線から構成されたアーチ形状のPCa PC梁とした(写真-1, 2)。このアーチ梁はサイトPC工場でセグメントに分割製作した後、現場でPC圧着接合法により一体化して組み立てた。また14.4m×12.0mと比較的大きなグリッドで構成された1階から5階の地上躯体はPCa部材と場所打ちコンクリートを併用した積層工法により約5ヵ月という短工期で施工した。

PCa PC工・構法は、これまで国内では競技場や倉庫などに多数採用されてきたが、今回のように延べ7万7000m²にも及ぶ大規模な空港ターミナルビルに採用した事例は初めてである。

以下に、当ビルの設計および施工について報告する。

2. 建築概要

表-1に建築概要を、また表-2にPC工事数量を示す。本建物は、図-1に示すようにメインターミナルビル、南フィンガー棟および北フィンガー棟の3ブロックに分かれてい

る。メインターミナルビルは地下1階、地上5階建てで、X方向の長さが348.0m(12.0m×29スパン)、Y方向が57.6m(14.4m×4スパン)である。南・北フィンガー棟は地上2階建てで、X方向の長さが33.6m(10.8m+12.0m+10.8m)、Y方向が約144.0m(12.0m×12スパン)である。

3. 構造計画概要

3.1 地上躯体部分

図-2および図-3に、メインターミナルビルキープランおよび架構概要図をそれぞれ示す。メインターミナルの構造は、Y(短辺)方向をプレストレストコンクリート(PC)造とし、X(長辺)方向を鉄筋コンクリート(RC)造とした。また、梁および床板をPCa部材とすることにより、乾燥収縮やクリープによる収縮ひずみを低減させ、348.0m×57.6mの長大な平面規模の建物をエキスパンションジョイントなしとした。さらに高強度コンクリートの使用により塩害に強い構造体とした。

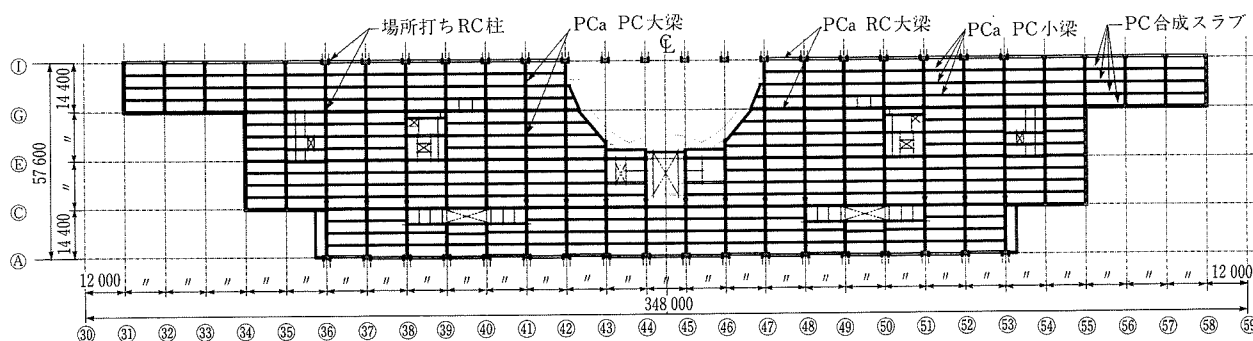


図-2 メインターミナルビルキープラン

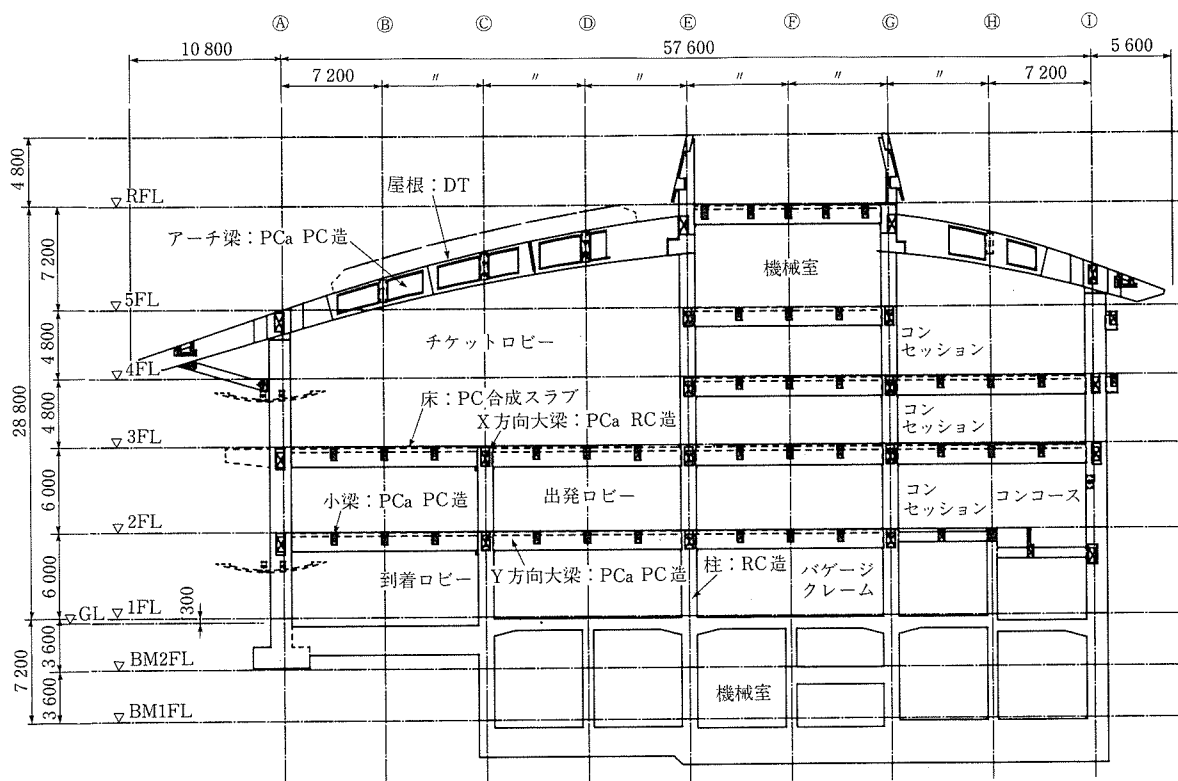


図-3 架構概要図

1階～5階までの地上躯体部分は、まず1層分のRC造柱を梁下までコンクリート場所打ち工法で構築し、型枠撤去後、その柱頭部にPCa梁を架設し、さらに小梁・床板などのPCa部材を架設する。その後、上端筋および2次PCケーブルを配置後、場所打ちトッピングコンクリートを打設し、所定のコンクリート強度が発現した後、ポストテンション方式によりプレストレスを導入して一体化を行う。これを各層繰り返していく積層工法として計画した。

Y方向のPCa PC大梁は、施工荷重時には小梁、床板およびトッピングコンクリート荷重に対して単純支持であり、梁の中央に非常に大きな正曲げモーメントが生じる。このため、1次PCケーブルを配置して、プレストレス力により施工荷重時にひび割れが発生しないように調整した。また、仕上げ+積載荷重時および地震荷重時には、梁端部は剛接合されており、とくに地震荷重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にも十分な耐力を確保した。

Y方向をPC造とすることにより、PCa梁から出ている下端筋の定着部をなくすることができるため、部材の架設およびパネルゾーンの施工が容易となった。パネルゾーンの概要を図-4に示す。

地上躯体工事中はメインターミナルの前面の高架道路も施工中であったので、道路側の外部からの架設ができなかった。そのため、クレーン走行路を建物内部のA-C通り間に配置して5階まで地上躯体を架設した。この間の地上躯体は大屋根架設後の後施工として、2次PCケーブルにより柱-梁を圧着接合することで対応した。

小梁、スラブについてはPC合成構造として、可能な限り支保工なしで施工できるように計画した。

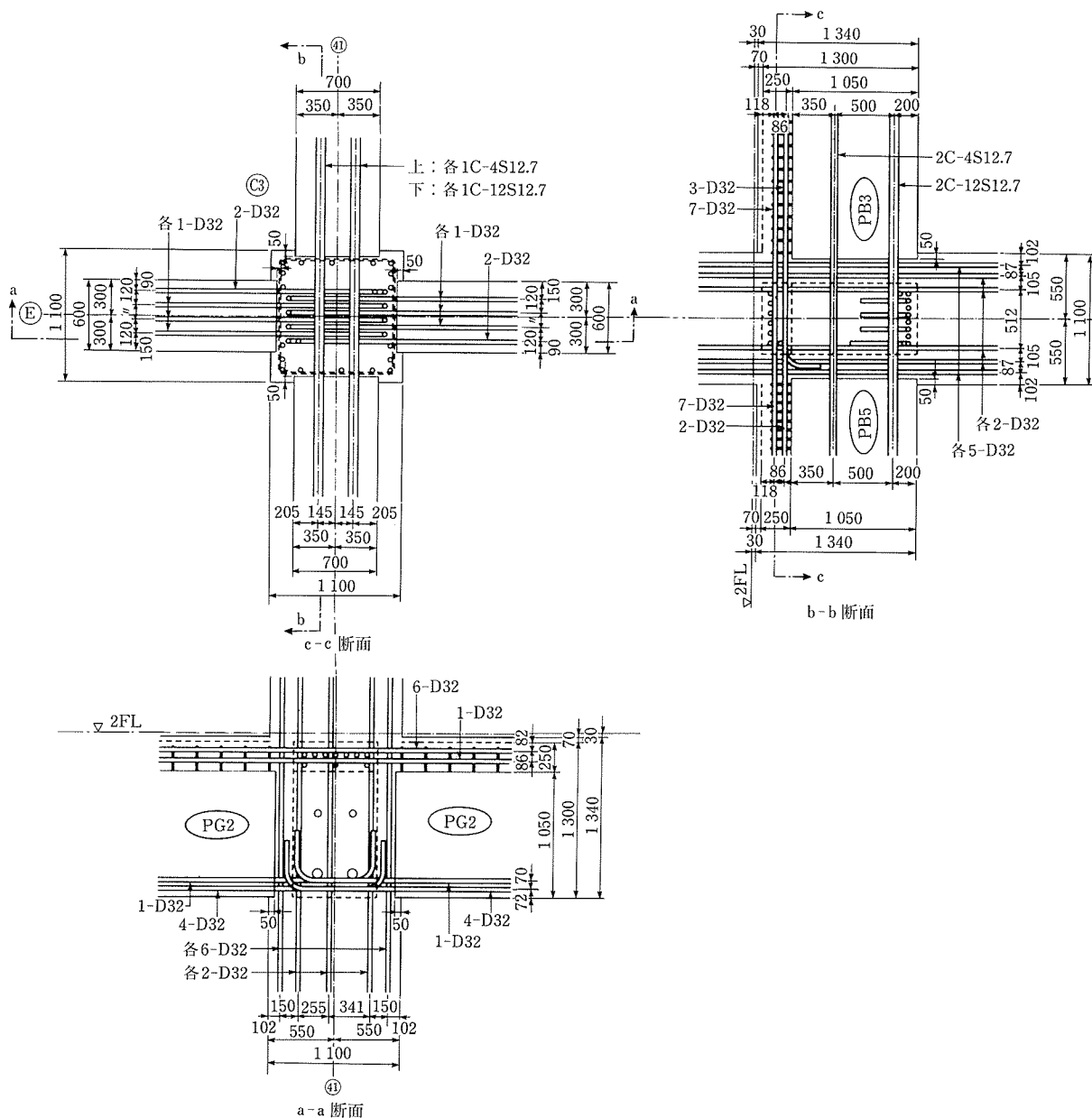


図-4 パネルゾーン詳細図

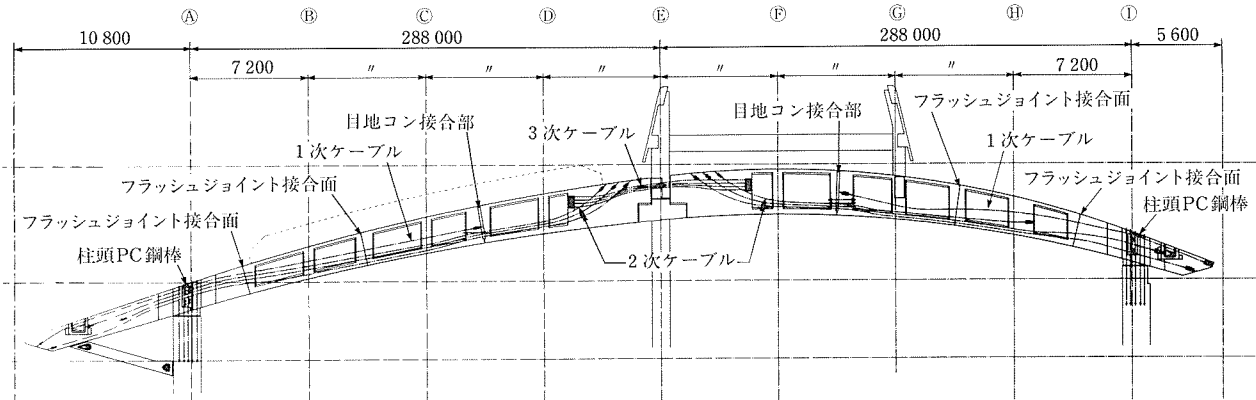
3.2 大 屋 根

大屋根の梁は、複数の曲線を組み合わせた航空機の翼のようなダイナミックなデザインとした。これらの梁を2本1組の組み梁（ダブルガーダー）形式として、この間をトップライトなどの組込みスペースとした。ダブルガーダーを受ける柱も、2本1組の場所打ち鉄筋コンクリート造の組み柱（ダブルコラム）とした。

アーチ梁は、最大長さが約40mにもなるので、できるだけ軽量化を図るために梁せい2800mmに対してウェブ厚250

mmと非常にスレンダーで複雑な形状（図-5）のPCa PC梁とした。

アーチ梁架設時にはA通りおよびI通りの柱の高さは約20mであり、架設時に柱頭に過大な水平力を作用させないため、柱頭目地部にはフッ素樹脂製のスライディングパッドと鏡面加工ステンレス鋼板を設置し、架設時は屋根梁と柱頭の結合はローラーとなるようにした。DT板架設後に柱頭部のPC鋼棒を緊張することにより、仕上げ+積載荷重時および地震時には剛結合とした。ただし、中央ホール部以



部材番号	RPCB1		RPB3-1	RPB3-2	RPB3-3	
位置	先端	A通り部	B通り部	C通り部	D通り部	E通り部
断面						
1次ケーブル	1C-12S12.7	1C-12S12.7	1C-12S12.7	1C-12S12.7	—	—
2次ケーブル	3C-12S12.7	3C-12S12.7	3C-12S12.7	3C-12S12.7	3C-12S12.7	3C-12S12.7
備考		縦PC鋼棒 10-32φ				3次ケーブル 4C-7S12.7

部材番号	RPB5-3	RPB5-2	RPB5-1	RPCB3	
位置	F通り部	G通り部	H通り部	I通り部	先端
断面					
1次ケーブル	—	1C-12S15.2	1C-12S15.2	1C-12S15.2	1C-12S15.2
2次ケーブル	3C-12S12.7	1C-12S12.7 2C-12S15.2	1C-12S12.7 2C-12S15.2	2C-12S15.2	1C-12S15.2
備考				縦PC鋼棒 10-32φ	

図-5 アーチ梁形状図

外のアーチ梁の内端部は、柱との接合方法をピン接合とし、地震時に柱に過大な曲げ応力が生じないようにした。

約40m (28.8m+片持ち10.8m) となるA～E間のアーチ梁は、重量が約140tにもなるために、運搬・揚重等を考慮して、サイトPC工場で長さ7.4m～14.4mの4セグメントに分割製作し、現場へ運搬した。このセグメントどうしを現場においてプレストレスにより圧着接合し、2ブロックにして揚重・架設した後、最終緊張により柱と一体化した。

接合は、部材製作時には薄板1枚で仕切り、仕切り面の両側をまったく同形状にし接合時に目地を不要とするフラッシュジョイントとした。また地上で数ブロックを接合しておくことにより、揚重本数および目地の数を減らすように計画した。

屋根スラブには、軽量化を図るため板厚300mm、板幅2400mm、長さ約10mのプレテンション方式のDT板を使用した。

4. 構造設計概要

4.1 地上躯体部分

Y方向PCa PC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に中央下端の引張応力が曲げ引張強度 ($5/3 \cdot 0.07 \cdot F_c = 4.7 \text{ N/mm}^2$) 以下となるように1次プレストレスを導入した。長期荷重に対しては、端部、中央とも最大ひび割れ幅が0.2mm以下となるよう補強鉄筋を配置してⅢ種PCとした。また、終局強度設計

時では、鉛直時および、地震時ともに、各応力の組合せに対して終局耐力以下になることを確認した。

X方向の大梁および柱は、RC造として設計した。大地震時の耐震安全性は、X・Y方向ともに保有水平耐力の検討によって確認した。

PCa PC小梁もY方向大梁と同様に、中央下端では、架設時の施工荷重に対しては引張応力が曲げ引張強度以下となるようにした。長期設計荷重に対して中央では最大ひび割れ幅が0.1mm以下となるように1次プレストレスを導入し、端部では接合部の施工を容易にするためにRC部材として設計した。小梁中央下端の最大ひび割れ幅を0.1mmとしたのは、梁端部は早期にひび割れが発生して剛性が低下し単純梁に近い状態になることを想定したことによる。各部材の断面寸法を表-3に示す。

4.2 大屋根

アーチ屋根梁は圧着接合工法により一体化されているため、長期設計荷重時に対してフルプレストレスとして設計した。終局強度設計時では、鉛直時および地震時ともに各応力の組合せに対して終局耐力以下になることを確かめた。

4.3 PC定着装置

PC梁に使用した主なPC定着装置は、ディビダーク・ストランド工法4S12.7MA, 7S12.7MA, 12S12.7MAおよび12S15.2MAである。これらはコンパクトで高性能な鋳物製の定着体として建築用に新たに開発された。採用に際しては、定着体載荷試験により定着具の健全性を確認した。

表-3 断面リスト

符 号	PB1 (Y方向PCa PC大梁)		PG1 (X方向PCa RC大梁)		Pg1 (PCa PC小梁)	
	端 部	中 央	端 部	中 央	端 部	中 央
断 面						
ト ッ プ 筋	10-D32	4-D32	6-D32	4-D32	4-D25	3-D25
上 端 筋	4-D25	6-D25	2-D22	2-D22	2-D22	4-D22
下 端 筋	4-D25	6-D25	4-D32	6-D32	2-D25	4-D25
ス タ ー ラ ッ プ	2-D16@75	2-D16@100	2-D13@200	2-D13@200	2-D13@100	2-D13@200
腹 筋	2-D25, 2-D13	2-D25, 2-D13	4-D10	4-D10	2-D10	2-D10
1 次 緊 張	Φ-2C-12-12.7 φ				Φ-4C-1-17.8 φ (アンボンド)	
2 次 緊 張	○-2C-4-12.7 φ, ⊗-2C-12-12.7 φ					
符 号	C1 (場所打ちダブル柱)		C2 (場所打ち柱)		PS1 (PC合成スラブ)	
断 面						
方 向	X	Y	X	Y		
主 筋	26-D32		26-D32			
フ ー プ	2-B13@100	2-B13@100	2-B13@100	2-B13@100		

5. 施工概要

5.1 PC部材製作工事

PCa部材は、サイトPC工場、県内PC工場および県外PC工場の3カ所に分けて製作した。重量が20tを超える大梁およびアーチ梁は、現場から南へ約10km離れた工業団地内に約4万m²の土地を借りて、PCa部材製造設備を備えた仮設工場を造り、現地製作(サイト・プレファブ)した(写真-3)。PCa PC小梁は沖縄県内にあるPC工場で作成した。プレテンション部材である床板は県内では製作できなかった

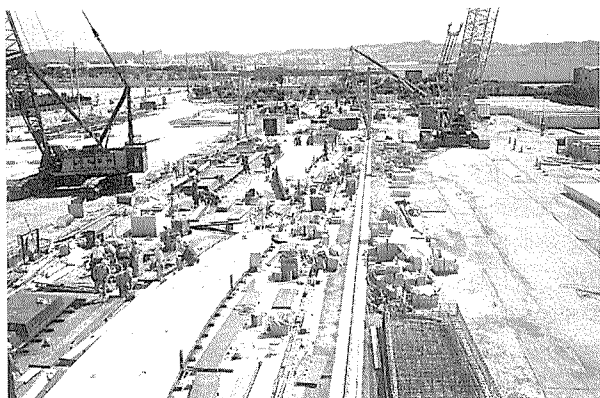


写真-3 サイトPC工場全景

め、福岡県内などの4工場で作成し海上輸送した。

5.2 地上躯体工事

工程表を表-4に、施工手順を図-6に示す。地上躯体工事の架設は、平成9年9月から300tクローラークレーン2台により両側から行った。A通り側については、前面の高架道路が施工中であり建物外部からの架設ができないため、建物内部のA-C通り間より行った。各部材の架設ペースは、PCa PC大梁、PCa PC小梁が15ピース/1日、PCa PC床板が50枚/1日で、2次PCケーブルの配線、トッピングコンクリートの打設まで含めた1フロアの施工ペースは約1ヵ月であった(写真-4、5)。

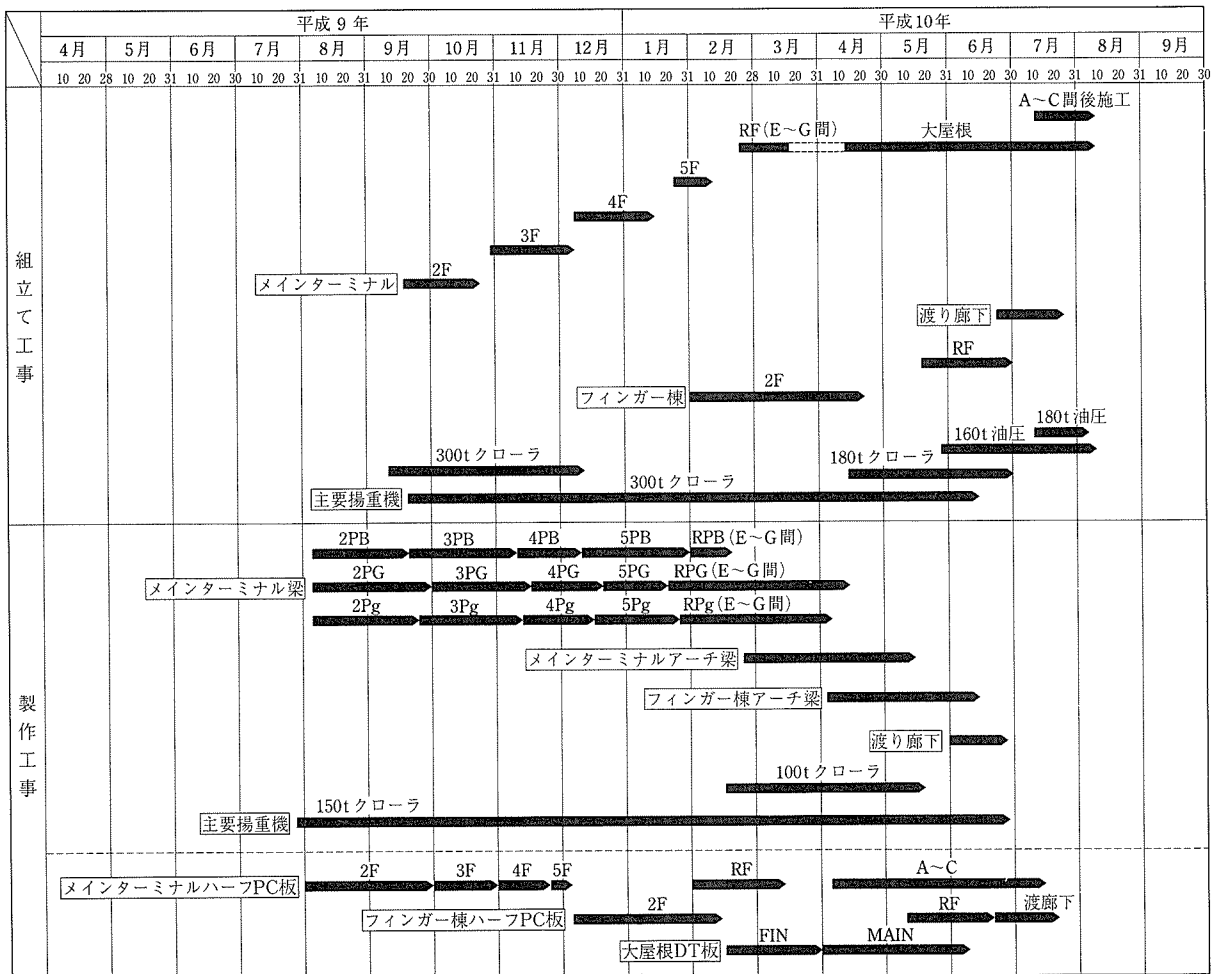
5.3 大屋根工事

図-7に屋根部材の架設計画図を示す。

A-E通り間の大屋根の施工手順は、

- ① 4セグメントに分割して製作したアーチ梁を平積みにして現場へ運搬
- ② 場内荷下ろしを行い、すぐその場で建て起こしフラッシュジョイント架台にセット
- ③ 1次PCケーブルにプレストレスを与え先端から3セグメントを一体化
- ④ A通り柱、E通りブラケットおよびC通り付近に設置した支保工上へ架設
- ⑤ 桁方向梁の架設

表-4 工程表



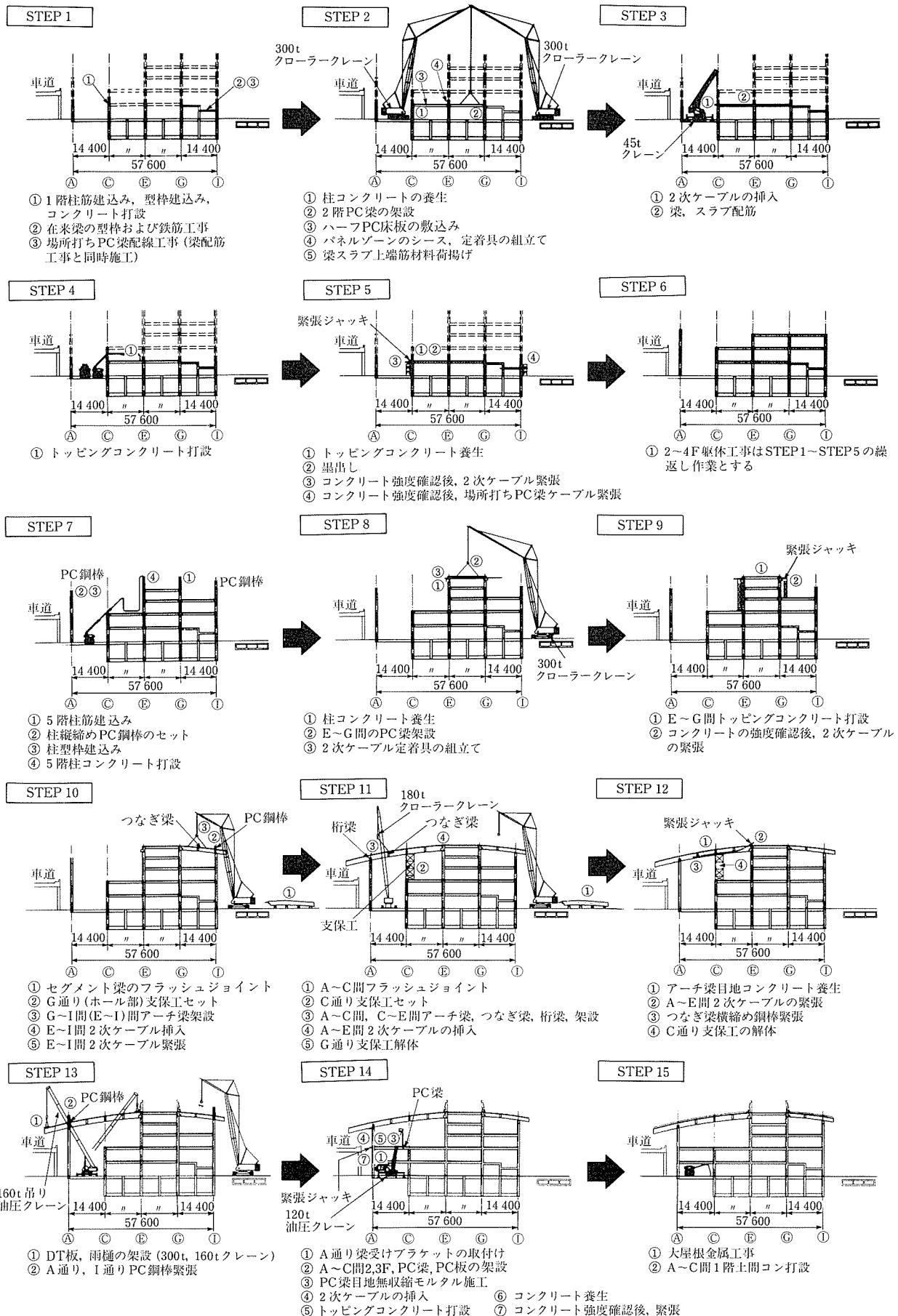


図-6 施工手順



写真-4 PC梁架設状況

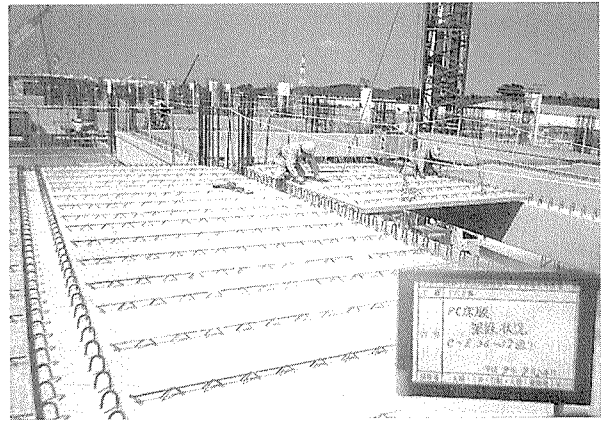


写真-5 PC床板架設状況

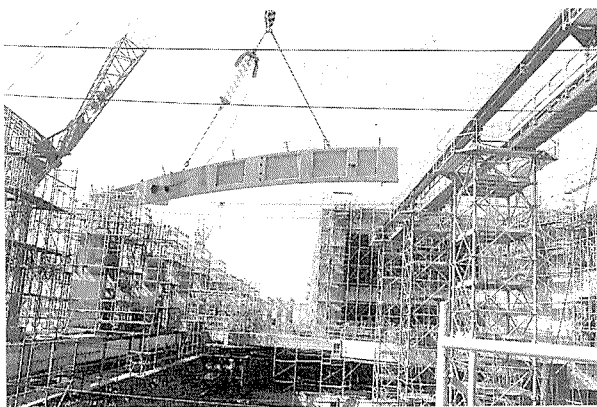
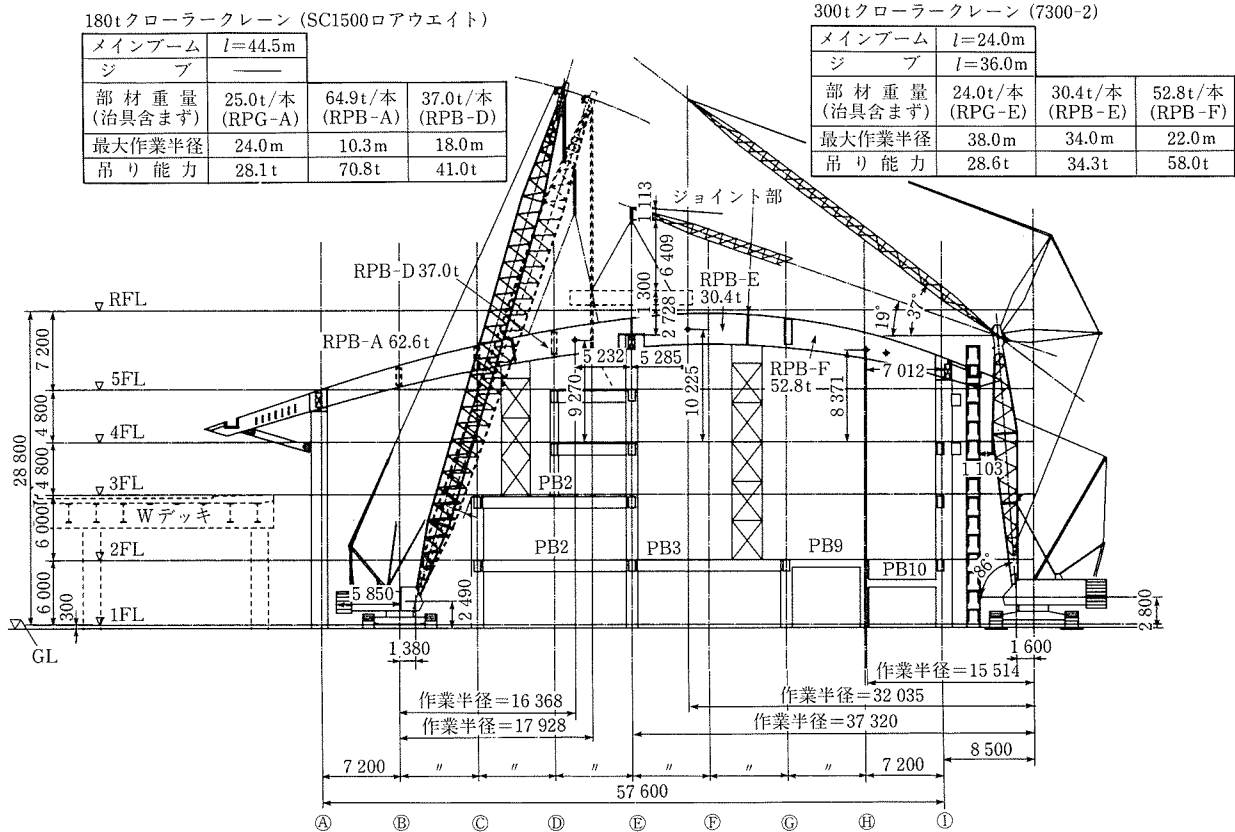


写真-6 アーチ梁架設状況



写真-7 建物内部

⑥ 2次PCケーブルを配線・目地コンクリート打設・緊張・グラウチング

⑦ DT板架設

⑧ A通り柱頭PC鋼棒緊張・グラウチング

となる。

A通り側の梁架設の揚重機は180tクローラークレーン、DT板架設には160t油圧クレーン、またI通り側は梁およびDT板架設には300tクローラークレーンを用いた。架設は平成10年4月から開始し、A-C通り間の2、3階の梁、床版を含め平成10年8月に完了した(写真-7)。

6. おわりに

近年の空港ターミナルビルは、鉄とガラスを多用した軽快なデザインが流行である反面、無国籍でアイデンティティーに乏しくなりがちである。

当空港ターミナルビルでは沖縄・琉球の文化・風土をデ

ザイン的に表現するために、コンクリートという素材を生かすことを基本理念とした。PCa PC工・構法はこの理念の実現に応えた技術のひとつである。また、この工・構法は、

- ① 合理的で美しい構造空間の創造
- ② 効率化・省力化による工期短縮
- ③ 高齢化・技能工不足への対応
- ④ 建設労働環境の改善
- ⑤ 高層化・長大化
- ⑥ 長寿命化
- ⑦ 建設廃材の低減

などの点で今後、期待され普及していくものとする。

躯体工事は平成10年10月に完了し、平成11年5月のオープンを目指して仕上げ工事が進められている。最後に、本建物の設計・施工にあたり、多大のご理解をいただきました関係者各位に謝意を表する次第である。

【1999年3月30日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

新しいPC技術の動向

—— 第27回PC技術講習会 ——

(平成11年2月)

頒布価格：5 000円 (送料500円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会