

(54) プレキャストPC造格納庫の設計・施工について

(株)ピー・エス 九州支店 正会員 ○大迫一徳
運輸省 大阪航空局 古藤 孝
(株)梓設計 大阪支社 倉内 徹
(株)梓設計 大阪支社 鈴木雄司

1. はじめに

本報告は、沖縄県那覇市に建設されたプレキャスト(PCa)PC造格納庫の設計・施工に関する概要の報告である。格納庫は、一般に航空機の整備および格納のために極めて大規模な空間が要求される。このため、構造形式としては、鉄骨(S)造のトラス架構あるいはプレストレスを利用した張弦梁架構で計画されることが多い。しかし、本格納庫は、比較的小型の航空機(YS11機)を対象とし、さらに環境条件の厳しい沖縄県に計画されたことから高品質のコンクリートを用いるPCaPC造で計画された。格納庫のメインフレームは、3ブロックに分割されたスパン40mのPCaPC造のアーチ架構で構成され、さらにアーチ梁の水平分力による架構応力を明快にするために柱脚部にピン接合が採られた。また、格納庫に使用された全てのPCa部材は、現地製作(Site Prefabrication)され、組み立てられた。

プレキャストPC造格納庫の設計・施工について、その概要を報告する。

2. 格納庫の概要

格納庫の平面は、X方向が3スパン(中央スパンは40m、および両側スパンが各5m)の50mで、Y方向が8スパン(各スパンが4.375m)の35mである。建物高さは、YS11機の尾翼(Tail height: 8.99m)を格納するために12.2mで計画された。

架構形式は、格納庫の空間を有効に利用するためにPCaPCアーチフレームで計画され、さらにコンクリート架構では比較的希な柱脚をピン支持とする構造方式が適用された。

使用材料の特性は、PCa造の柱・梁部材のコンクリートの圧縮強度を400kgf/cm²(39.2MPa)、その他のPCa部材のコンクリート強度を300kgf/cm²(29.4MPa)とした。また、場所打ちコンクリートの強度は全て210kgf/cm²(20.6MPa)とした。

使用鋼材については、アーチ梁にはPC鋼線(SWPR7B)および柱にはPC鋼棒(SBPR930/1080)を用いた。また、補強鉄筋は、SD295AおよびSD345の2種類を用いた。

格納庫の工事概要を以下に示し、その全景を写真1に、平面と立面を図1および図2に示す。

★格納庫の工事概要

- ・ 工事名称：那覇空港格納庫新築工事
- ・ 工事場所：沖縄県那覇市
- ・ 発注者：運輸省大阪航空局
- ・ 設計：(株)梓設計 大阪支社
- ・ 施工：大本組・地崎工業JV
- ・ PC工事：(株)ピー・エス 九州支店
- ・ 構造：プレキャストPC造
- ・ 建築面積：1796.62m²
- ・ 軒高：12.0m(平屋)
- ・ 基礎：杭基礎(PHC杭φ450)
- ・ 工期：平成7年1月20日～同8年2月20日



写真-1 格納庫の全景

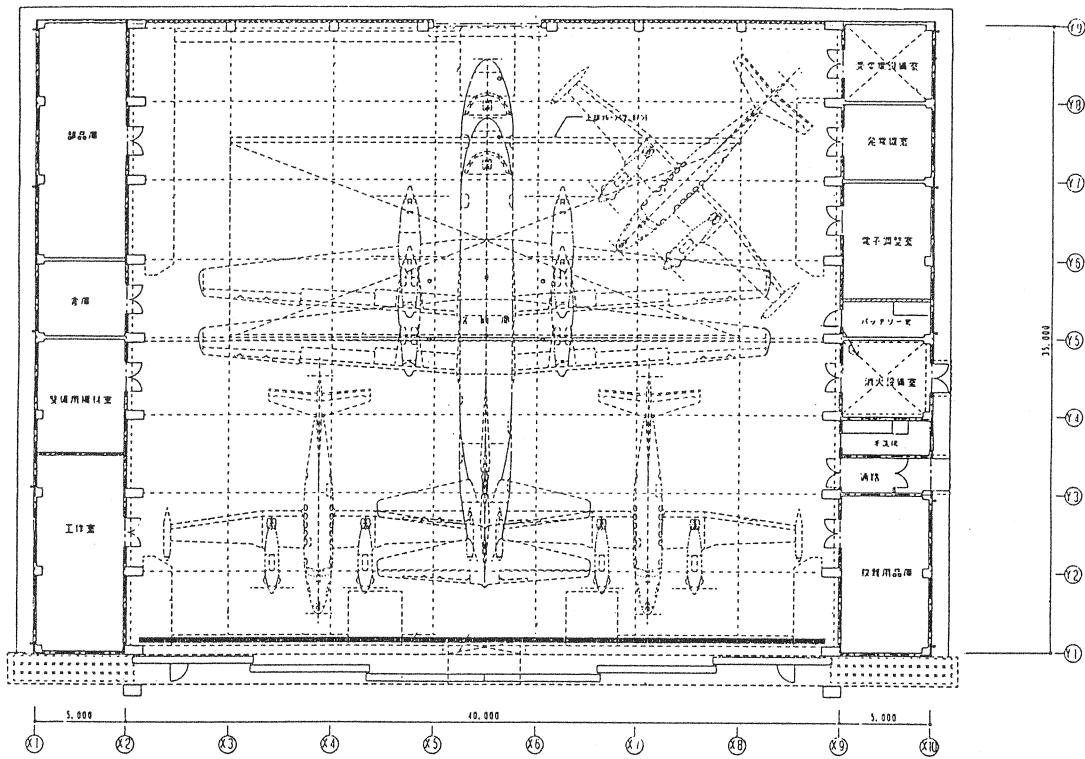


図-1 格納庫の平面

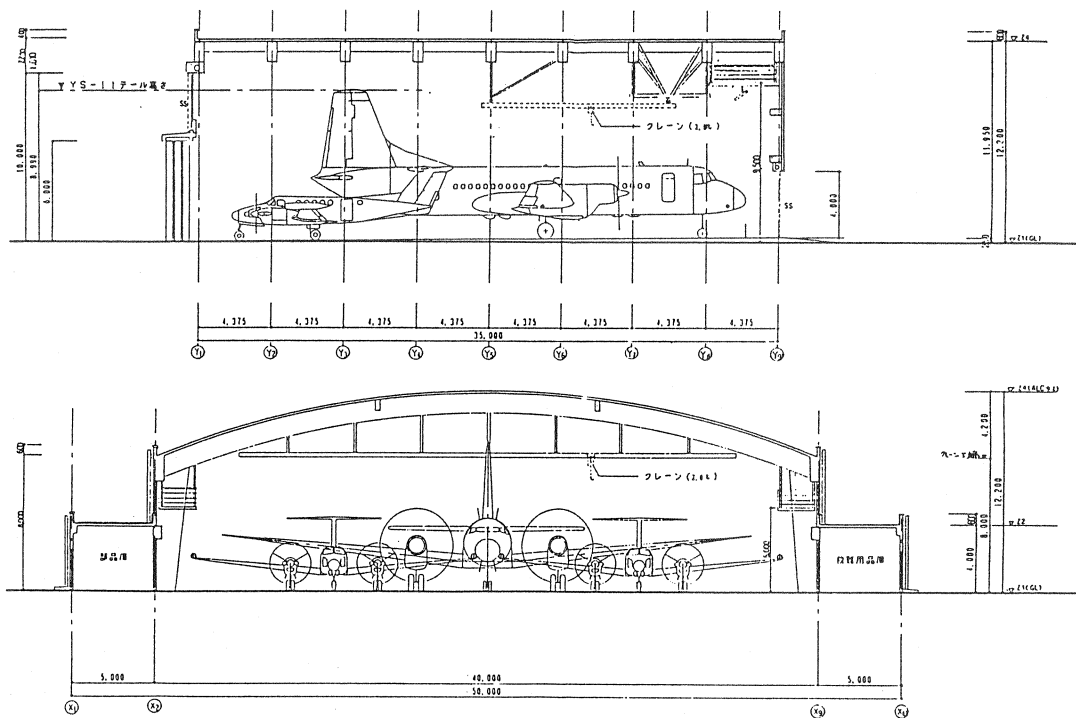


図-2 格納庫の立面

3. 設計概要

本格納庫の設計は、以下の構造概要および設計方針ならびに構造設計に従い実施された。

3.1 構造概要

格納庫の架構は、40mの大スパンを有することから3分割したPCaPC造アーチフレームで計画された。この形式の構造は、アーチ梁特有の撓み変化に伴う水平変形が生じるため、一般にコンクリート架構で計画されることは少ない。しかし、本格納庫は、環境条件の厳しい那覇市に計画され耐久性が要求されたことから、高品質のコンクリートを用いるプレキャストPC造が適用された。また、アーチ梁の水平変形とそれに伴う部材応力を明快にし、さらに柱に過大なせん断力と曲げ応力が作用しないよう柱脚がピン構造で計画された。また、アーチ梁の水平分力をせん断力として負担するPC柱の基礎には、水平移動を防止するためにタイケーブルを地中に配置して柱のせん断力に相当するプレストレス力が導入された。アーチ梁の断面形状は、大スパンを考慮して比較的軽量で曲げ性能の高いI型断面を用いられた。

これは、柱脚をピン構造にすることにより架構の構造系を明快にし、さらにアーチ梁および柱の断面を小さくして製作および架設を容易にすることを狙ったものである。

計画した格納庫の梁伏およびフレームの軸組を、図3および図4に示す。

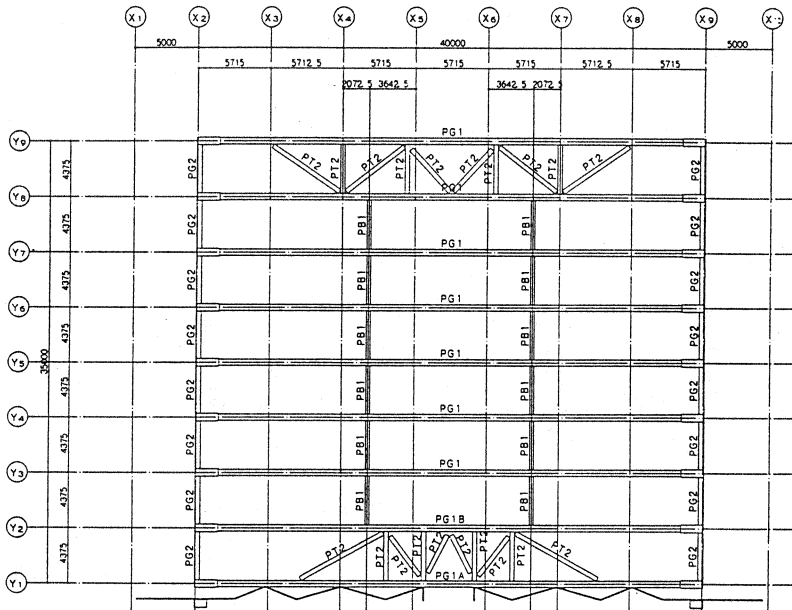


図-3 格納庫の梁伏

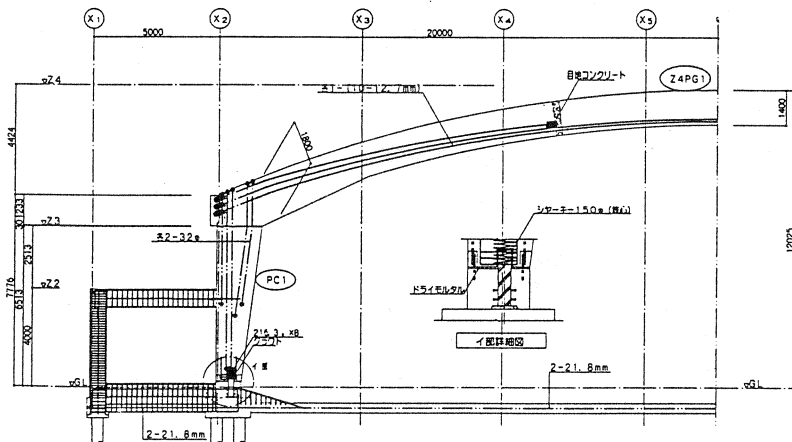


図-4 アーチフレームの軸組

局所的な構造計画に関しては、YS11機の出入口ドアの上部ガイドを収めるPCa底の設計法に注意を要した。過去の設計例では、PC大梁にPCa底を吊るした結果、PCa底に撓みおよび捻れが生じてハンガードアが十分に機能を発揮することができなかった。

このため、本設計では、それらの教訓を生かして2本のPCアーチ梁を対象にコンクリートを巻立て剛性を高めた鉄骨を用いてトラス機構を構成して、それにPCa底を吊るすことにした。さらに、重量のあるPCa底の回転による捻れを防止するために、底の先端からアーチ梁にPC鋼棒をトラス状に配置した。ハンガードア用のPCa底とアーチ梁の取合を図5に示す。

一方、施工面から考慮した計画は、スパン長さ40mのメインフレームのPCaアーチの梁成が中央が1.4mで、両端1.8mあり、さらにスパン中央部における架設高さが約12mになる。このため、PCaアーチ梁の製作は架設用重機およびコンクリートの打設を考慮して3分割で行うことにした。

PCaアーチフレームの組立は、最初にPCa柱を建込み、その後3分割された中央部のPCa梁両端で、支保工架設することにした。しかし、PCa柱脚をピン接合にした故、架設中フレームの安定性が悪く位置決めが困難なことから、フレーム全体の架設が終了するまで柱脚の四隅に配置した鉄筋を基礎に固定することにした。また、プレキャスト部材の製作を現地生産にしたことから、アーチフレーム以外の部材、即ち；小梁、屋根スラブ、底およびブレースならびに屋根と壁用ALC板等も含め、基礎梁上の部材は概ねプレキャスト化された。部材の製作と架設状況を、写真2～写真10に示す。

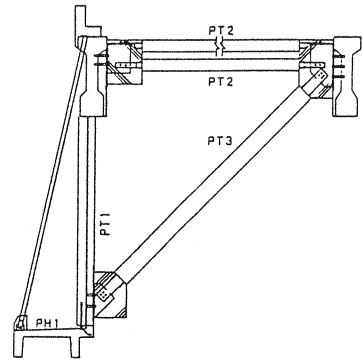


図-5 ハンガードア用底の取合

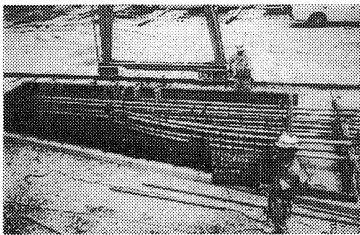


写真-2 柱製作状況

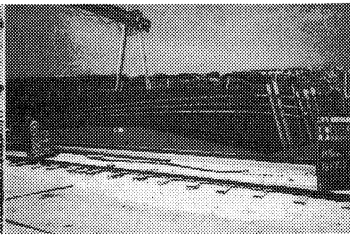


写真-3 大梁製作状況

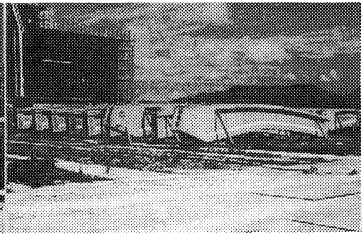


写真-4 部材仮置き状況

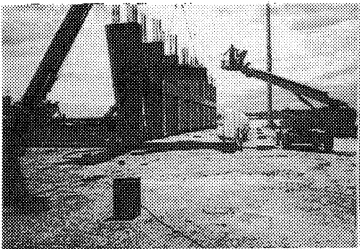


写真-5 柱、桁梁架設状況

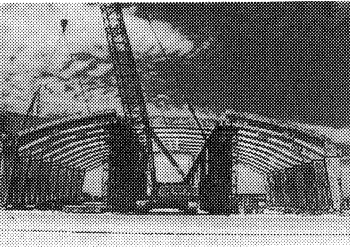


写真-6 大梁架設状況

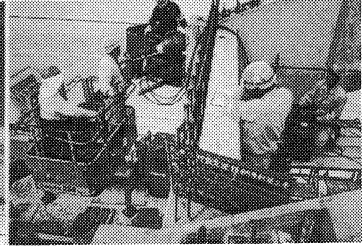


写真-7 緊張状況

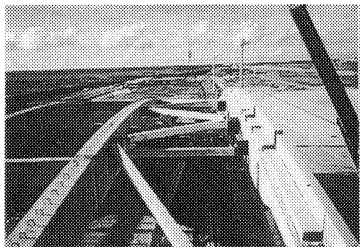


写真-8 ブレース架設状況

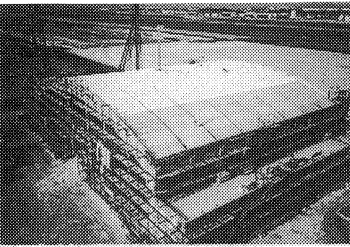


写真-9 屋根版架設状況

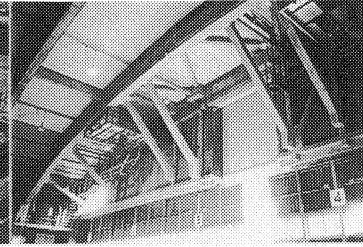


写真-10 底の取合

写真-2～10 部材製作と架設状況

3.2 設計方針

構造設計の方針は、建告第1320号(1983)および日本建築学会刊行のプレストレストコンクリート設計施工規準・同解説(以下、PC規準と略記)ならびに日本建築学会刊行の鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(以下、RC規準と略記)に準拠して以下の通りとした。

- 1). フレームを構成するPC造柱・梁部材の常時荷重に対する設計種別は、2種構造のパーシャルプレストレスとする。
- 2). X方向フレームは柱脚がピン支持のPCアーチ架構とし、3分割した梁を所定の位置に架設後、柱梁接合部および3分割のアーチ梁の順にプレストレスを導入して圧着接合する。
- 3). Y方向フレームは柱脚をピン支持とするPCフレームとし、PC梁を所定の位置に架設後、プレストレスを導入して圧着接合する。
- 4). PCaPC各部材、目地コンクリートおよび目地モルタルの圧縮強度は、母材と同様の $400\text{kgf/cm}^2(39.2\text{MPa})$ とする。
- 5). 屋根は、PCa板の目地接合およびS造の水平ブレースを配置することにより水平剛性を確保して剛床仮定が成立するものとする。
- 6). PCaPCフレームの施工順序は、以下の通り実施するものとする。
 - ① 基礎構造の施工および地中タイケーブルのプレストレス導入。
 - ② PCaPC柱の建込。
 - ③ Y方向フレーム(X2およびX9フレーム)のPCaPC梁の架設およびプレストレス導入。
 - ④ X方向フレームのPCaアーチ梁およびPCa小梁の架設。
 - ⑤ PCaPC柱の1次プレストレスの導入。
 - ⑥ PCaPCアーチ梁のプレストレス導入。
 - ⑦ PCaPC柱の2次プレストレス導入。
 - ⑧ PCaPCアーチ梁の支保工解体。
 - ⑨ Y1フレームのPCa底の取付。
 - ⑩ Y9フレームのPCa間柱およびPCa梁の架設。
 - ⑪ PCaブレースおよびPCa屋根板架設。
 - ⑫ 下屋の鉄筋コンクリート工事。

3.3 構造設計

前項の計画および方針に従い構造設計を実施した。仮定断面、PCケーブルの配置、部材応力の算定および断面算定について、その概要を記述する。

仮定断面：PCaPC造の柱および梁の断面は、コンクリート強度を $400\text{kgf/cm}^2(39.2\text{MPa})$ とし、さらに鉛直荷重、地震力およびPCケーブルの可能な配置量を考慮して仮定した。仮定した各部材の断面寸法を表1に示す。

PCケーブルの配置：アーチ梁のPCケーブル配置を容易にするために内法ライズを4.08mとし、円弧の内法半径が48.14m、および外法半径を49.72mとした。また、PCa柱との接合部付近で、アーチに直線域を設け梁成を増すことにより接合部の納まりを調整した。アーチ梁のPC鋼材は径 12.7ϕ の7本よりPC鋼線(SWPR7B)とし、PCa柱には径 32ϕ と 23ϕ のPC鋼棒(SBPR930/1080)を用いた。

フレームの応力解析：PCフレームの解析モデルは、部材芯で22個の円弧に分割し、さらに分割点を起点とする直線材と見なして線材置換した。応力解析は、鉛直荷重時および地震時とも弾性剛性に基づく線形解析とした。また、プレストレスによる架構の応力は、水平方向に平均プレストレス力を水平分力として与え、さらに"Load balancing method"によるアーチ状ケーブルの緊張力に対する鉛直分力を載荷して計算した。

断面算定：PC部材の断面算定は常時および地震時に対して実施し、PC規準で規定されるクライテリアを満足した。断面応力度の検討については、プレストレス導入時および設計荷重時について各荷重による応力の組合せでおこない、PC規準で規定される許容応力度以下であることを確認した。ただし、設計荷重時および地震時の断面検討におけるプレストレス導入による架構応力は、設計荷重時のプレストレス有効率($\eta=0.85$)を乗じて応力を加算した。

PCアーチ梁の曲げ終局耐力の検討では、常時、地震時および暴風時ともPC規準を満足し、さらに柱・アーチ梁とも地震荷重による応力で決定された。

表.1 各部材の断面寸法

記号	スリット梁		腰掛桁梁	中間桁梁
位置	端部	中央	全長	全長
断面				
上端筋	4-D22	4-D22	3-D22	3-D22
下端筋	4-D22	4-D22	3-D22	3-D22
S.T.P.	D13@100	D13@100	D13@100	D13@100
腰筋	12-D13	10-D13	6-D10	2-D10
PC鋼材	3-(10-12, 7mm)	2-(10-12, 7mm)	4-(3-12, 7mm)	4-(5-12, 7mm)

記号	柱	
位置	柱脚	柱頭
断面		
主筋	16-D22	12-D22
HOOP.	D13@100	D13@100
PC鋼材	PC鋼材 10-32φ	PC鋼材 4-32φ
備考	1次梁筋 PC鋼材 8-32φ +	2次梁筋 PC鋼材 2-32φ +

記号	腰掛桁	印版
断面		

記号	柱脚引柱	ブレース	ブレース
位置	全長	全長	全長
断面			
主要材		H-100X100X6X8	H-200X200X6X12
備考		GR-12, HTB 2-M20	GR-12, HTB 4-M20

4. まとめ

プレキャストPC造アーチフレームを用いた格納庫は、設計概要で述べた方針に基づき施工された。本格納庫の設計および施工の結果から、以下の事柄を記述することができた。

- 1) アーチ架構における梁の応力分布は、山形フレームに較べて滑らかな変化を示し、変形に伴う2次応力も小さい。
- 2) アーチ架構の柱脚をピン支持にすれば、構造系が明快になり水平変形を拘束する架構の応力も小さくなる。
- 3) 柱脚ピン支持のプレキャスト架構の施工は、架設時、鉄筋で柱を基礎に固定することにより支障なく実施できた。

参考文献

[1] 日本建築学会刊行, "プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説", 1987年改定版。
 [2] 日本建築学会刊行, "鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説", 1991年改定版。