

プレキャスト・プレストレストコンクリート組立工法による 屋内プールの施工 ——大阪プール建設工事——

近藤 一雄*1・松本 眞治*2

1. まえがき

大阪市の西部に位置する八幡屋公園は、地下鉄中央線の朝潮橋駅の北側に隣接している。大阪市では、平成9年に開催される「なみはや国体」に向けてスポーツ施設の整備が急ピッチで進められており、同公園内では屋内プールの建設が行われている。本施設は50m国際公認プールおよび公認飛込みプールを備えており、観客3500人収容となっている。50mプールの底は可変床となっており、冬期にはアイスアリーナとして使用する多目的施設である。建屋の平面形状は円形であるが、屋根はスポーツ施設としての躍動感を表現したウェーブ（弓弧）状となっている。屋根の構造は、軽快さを感じる二重ケーブルネット膜構造を採用した中心部と膜構造を支持する放射状の外周フレーム（写真-1）からなっている。外周フレームは、経済性、施工性に加え片持ちの構造となるため、プレキャスト・プレストレストコンクリート（以下PCと略記）組立工法を採用した。

本稿は、建屋外周フレームに採用されたPC部材の設計、製造、施工を中心に紹介する。



写真-1 PCフレーム完成状況

2. 建物概要

工事名称：大阪プール建設工事

工事場所：大阪市港区田中3丁目八幡屋公園内

発注者：大阪市建設局

設計監理：大阪市都市整備局営繕部

株式会社 東畑建築事務所

施工：フジタ・鴻池・藤木特定建設工事共同企業体

PC施工：フドウ建研(株)

工期：平成5年10月～平成8年3月

規模：建築面積 7 778.52 m²

延床面積 24 922.54 m²

地下2階地上2階

構造：杭 場所打ち鋼管コンクリート拡底杭

地下部分 鉄筋コンクリート造

地上部分 鉄筋コンクリート造

鉄骨鉄筋コンクリート造

プレキャスト・プレストレスト

コンクリート造



*1 Kazuo KONDO
(株)東畑建築事務所
構造課長



*2 Shinji MATSUMOTO
フドウ建研(株)
大阪支店構造設計部

スタンド PC 段床版
 大屋根 二重ケーブルネットテフロン膜
 構造
 使用材料 コンクリート
 PC 躯体 $F_c=500 \text{ kgf/cm}^2$
 PC 段床 $F_c=450 \text{ kgf/cm}^2$
 躯体全般 $F_c=240\sim 360 \text{ kgf/cm}^2$
 鉄筋 (SD 345, SD 390)

鉄骨 (SS 400, SM 490 A)
 PC 鋼材
 PC より線 (SWPR 7 A,
 SWPR 7 B)
 PC 鋼棒 (SBPR 95/110)

図-1には PC 屋根伏図を示すが、波線部分は現場打ち SRC 部分を表す。図-2に軸組を示すが、PC 部分は 1 FL+7.85 m 以上の部分とした。

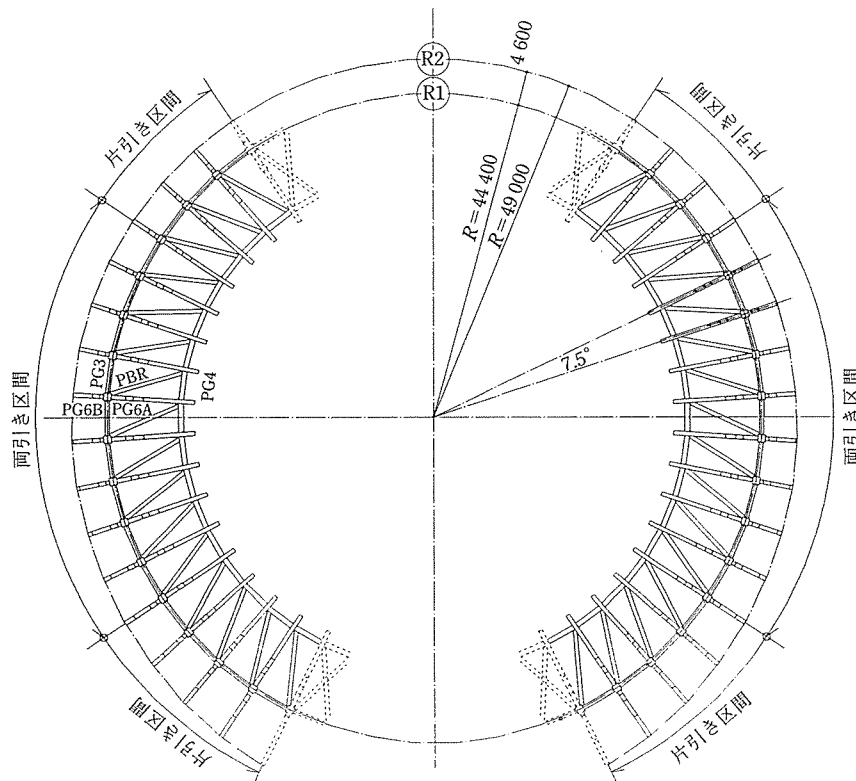


図-1 PC 屋根伏図

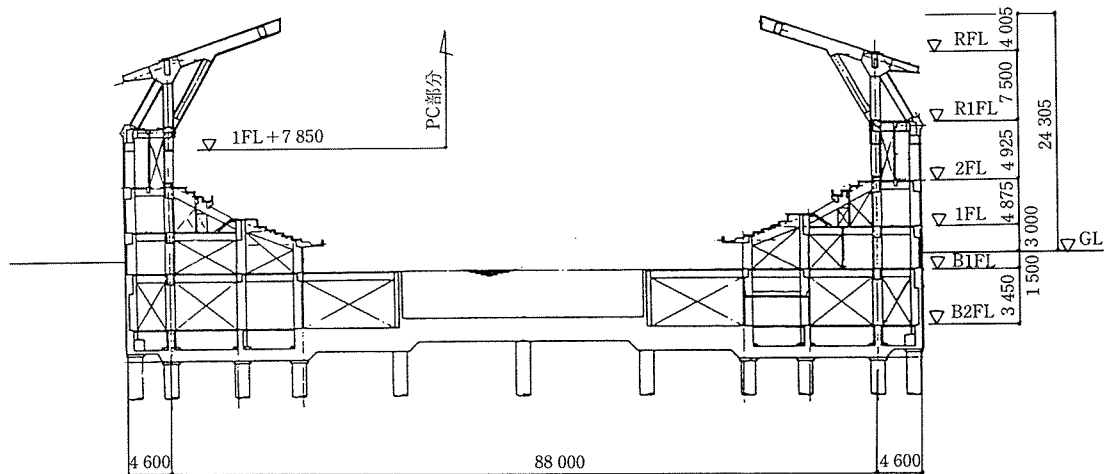


図-2 軸組図

3. 構造概要

3.1 構造計画

本建物は、図-3に示すように上部より以下の3ゾーンに分けられる。

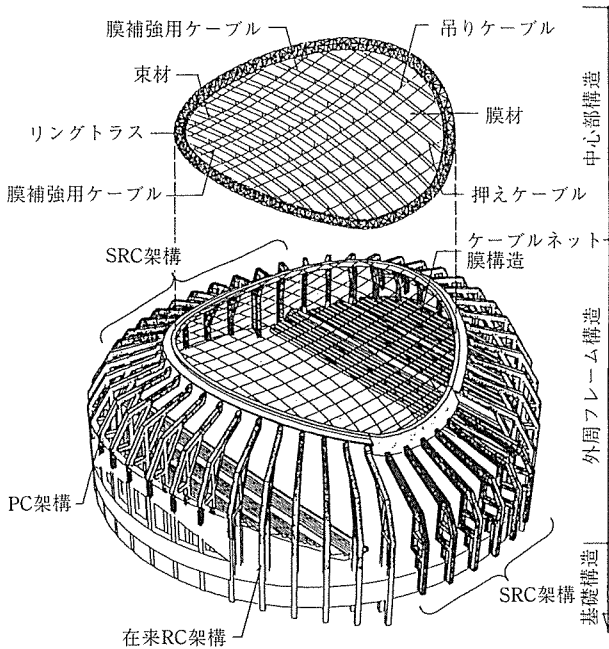


図-3 構造概要図

(1) 中心部構造 [二重ケーブルネット膜構造]

膜構造は、ウェーブ状に加工された外周リングトラスとトラス内部に網状に緊張されたケーブルとで構成されている。互いに直交する吊りケーブルおよび押さえケーブルからなっているケーブルネットを上下二重に設け、テフロン膜が仕上げ材として張られている。ケーブルネット直径は、約60mである。

(2) 外周フレーム構造

建物外周部に7.5°ピッチで放射状に配置される外周フレーム(図-1)は、リングトラスを支持する方杖付きの片持ち梁とこれを受ける柱(図-2)から構成されている。各フレームは、桁梁および斜めブレースで互いに連結されている。外周フレームはPC組立構造となっているが、放射状の各フレームが同一形状となるように現場打ちコンクリート柱の高さを設定した。一部形状の異なる部分は経済性を考慮して現場打ち鉄骨鉄筋コンクリート構造とした。

(3) 基礎構造

基礎は杭基礎とし、GL-32m付近から現れる第一天然層(砂礫層)を支持層とする場所打ち鋼管コンクリート先端拡底杭とした。

3.2 構造設計

中心部ケーブルネットは外周リングトラスに緊結され

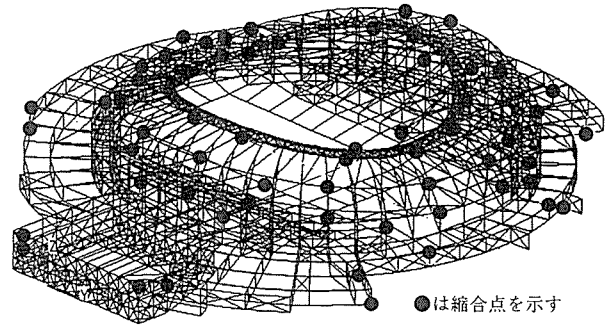


図-4 架構モデル

ており、長期荷重に対し自立する構造体とした。外周フレーム構造とは片持ち梁先端部でピン接合とした。地震時応力解析は、リングトラスと外周フレームを一体化した立体有限要素法により行った。本建物は平面形状が円形で、2FL以上では非剛床部分がほとんどとなるため通常の振動特性やせん断力分布では、建物の振動性状を把握できない。図-4に示す架構モデルを186自由度に縮合したモデルを用い、7種の地震波に対しX、Y、45°方向の3方向計21ケースの弾性応答解析を行い地震力の分布を決定した。この分布に従い図-4(実線)で示す架構モデルを用い立体解析を行った。積雪および暴風時の応力解析は、リングトラス反力を外周フレームに支点反力として入力した。なお、中心部ケーブルネット屋根はリングトラスとともに建屋下部で地組し、外周フレーム先端部までの約15mをリフトアップ工法にて持ち上げ接合するものとした。

3.3 PC部材の設計

(1) 設計方針

PC部材は、II種PC(パーシャルプレストレストコンクリート)として設計した。ただし、圧着部についてはコンクリート断面に引張応力を生じさせない。長期荷重に対しては許容応力度設計とし、短期荷重に対しては終局強度設計とした。PC部材のコンクリートおよび目地モルタルの強度は $F_c=500 \text{ kgf/cm}^2$ とし、目地幅は50mmとした。PC柱接合用のPC鋼材を埋め込む現場打ち部分のコンクリート強度は、 $F_c=360 \text{ kgf/cm}^2$ とした。緊張力導入時のモルタルとコンクリートの圧縮強度はそれぞれ 360 kgf/cm^2 、 300 kgf/cm^2 とした。なお、長期応力算定にあたっては、所定の固定荷重、積載荷重の他にプレストレス導入時の不静定力を考慮した。

(2) PC部材の構成と架設手順

外周フレームのPC部材は、図-5に示す9種類の部材と図-1に示す水平ブレース(PBR)部材から構成される。これらの部材の架設手順を図-6に示す。

(3) PC大梁(PG 6 A, B)

使用鋼材は、SWPR 7 B、12-12.7mmを3ケーブル用いた。部材は、製造、運搬上の重量制限(30t以下)

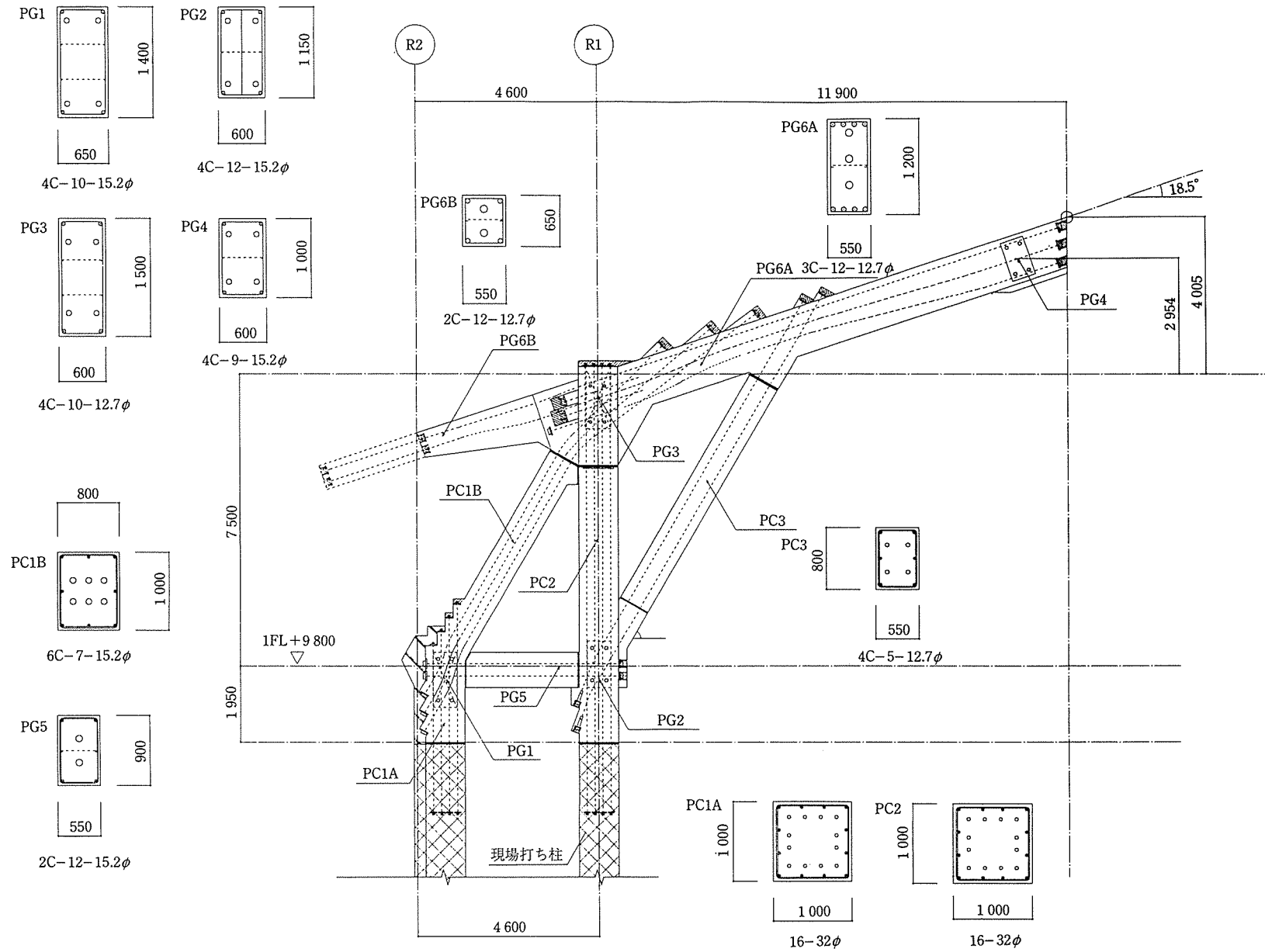
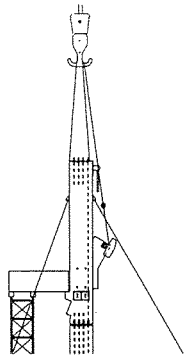


図-5 PC 部材の構成

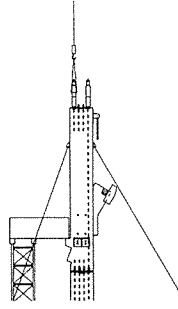
1. PCアンカーフレームセット



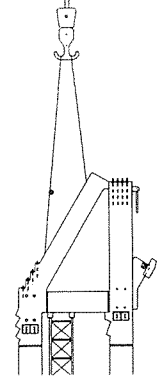
2. PC2建方



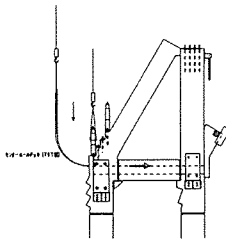
3. PC2緊張・PG5建方



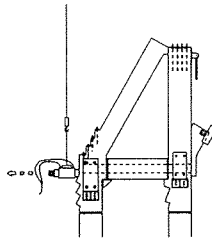
4. PC1建て方



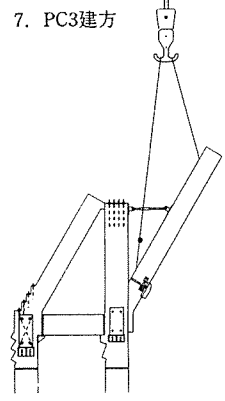
5. PC1緊張・PG5入線



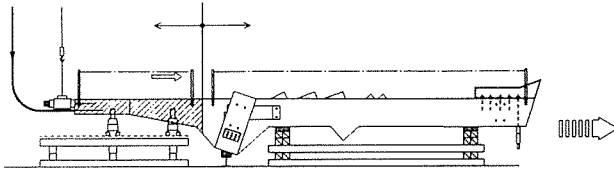
6. PG1, 2, 5緊張



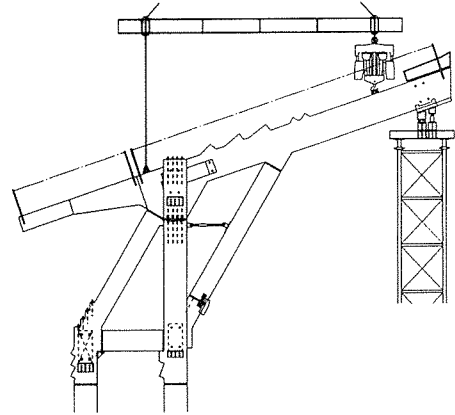
7. PC3建て方



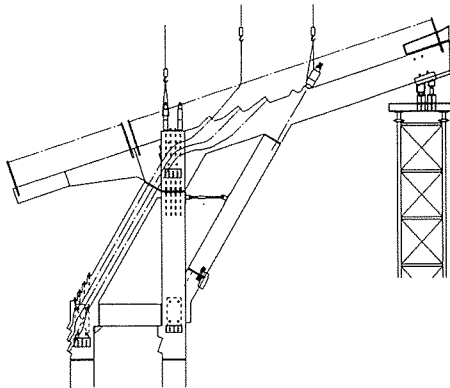
8. PG6地組み



9. PG6建て方



10. PG6入線



11. PG3, 4, 6, PBR緊張

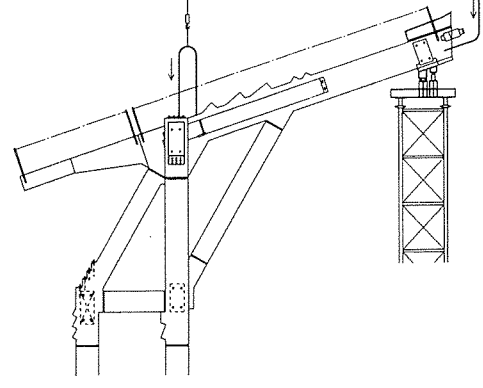


図-6 PC架設手順

より、PG 6 A と PG 6 B に 2 分割した。また、運搬時にひび割れが発生しないよう部材自重に対応して、工場で一次ケーブル (1 C-12-12.7 mm) を緊張した。二次ケーブル (2 C-12-12.7 mm) は現場で緊張されたが、部材の設計応力に対応するとともに一体化接合に利用された。メイン柱 (PC 2) との接合は PC 鋼棒による圧着、斜め柱 (PC 1 A, B) および方杖柱 (PC 3) との接合は PC 鋼線による圧着とした。大梁の先端には、リングトラス支承受けの鉄骨ブラケット (図-7) を配置し、接合は PC 鋼棒による圧着工法とした。鉄骨ブラケットは、PC フレームおよびリングトラスの施工誤差を考慮しボルト穴にルーズホールを採用した。

(4) メイン柱 (PC 2)

使用鋼材は、PC 鋼棒 (SWPR 95/110) 12-32φとした。

(5) 斜め柱 (PC 1 A, B) および方杖柱 (PC 3)

斜め柱は「く」の字型の一体柱とし、使用鋼材は垂直

部を PC 鋼棒 12-32φとし、斜め部を 6 C-7-15.2 mm とした。方杖柱には、4 C-5-15.2 mm を用いた。

(6) 桁梁 (PG 1, 2, 3, 4)

使用鋼材は、4 C-10-15.2 mm (PG 1), 4 C-12-15.2 mm (PG 2), 4 C-10-12.7 mm (PG 3), 4 C-9-15.2 mm (PG 4) とした。鋼材の緊張は、図-1 に示すように中央部 9 スパンを両引きした後、写真-7 に示す鋼線接続具に PC 鋼線を接続し、両端の 3 スパンと 4 スパンをそれぞれ片引きした。緊張時にプレストレス力による垂直分力が発生しないよう接合面とケーブルが互いに直角となるようなシアコッター (図-8) を接合面に設けた。

(7) 斜めブレース (PBR)

使用鋼材は、2 C-12-12.7 mm とした。ブレースの角度は大梁から突出したブラケット (図-9) の角度と一致させ、長さはブレースの長さを変えて調整した。

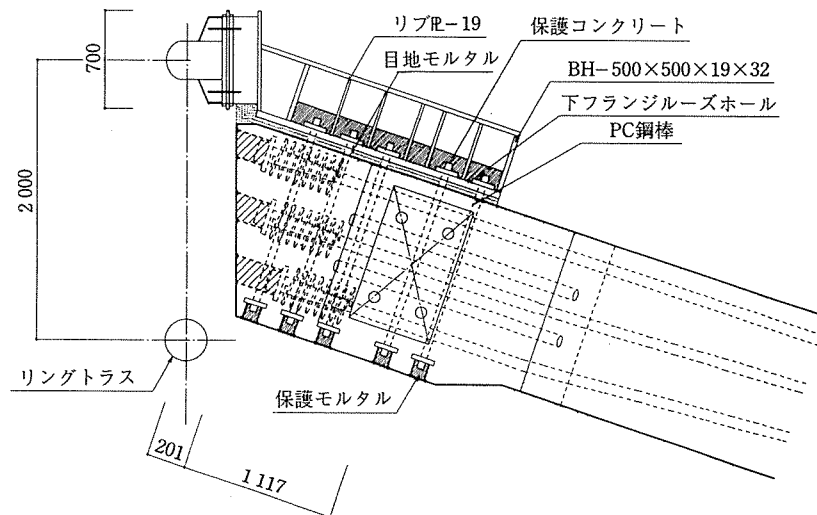


図-7 鉄骨ブラケット納まり

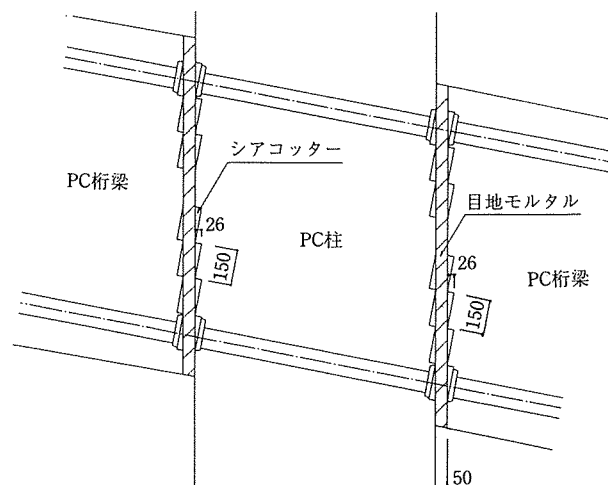


図-8 シアコッター

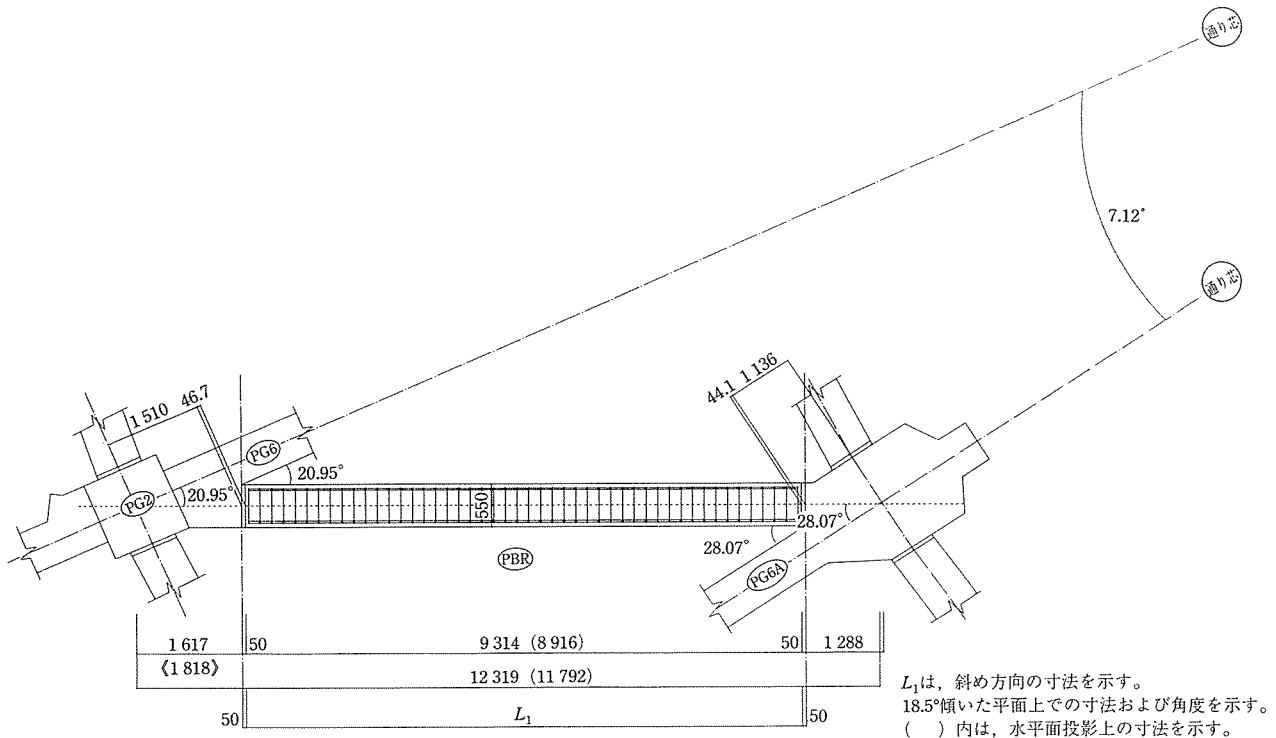


図-9 斜めブレースと柱梁の取合い

4. 施工概要

4.1 工場製作

PC 部材は、フドウ建研水口工場および滋賀工場で製造した。両工場合わせて総数 305 ピース、総トン数 1 610 t で製造期間は約 4 カ月であった。

桁梁およびブレースは滋賀工場で作成し、柱および大梁は水口工場で作成した（写真-2、写真-3）。最大部材である大梁の打設サイクルを 2～3 日とし、その他の部材は 1 日とした。製造工程は、大梁の打設サイクルを中心に表-1 に示すごとく決定した。

表-1 製造工程

平成 7 年

部材	ピース	総重量	1月	2月	3月	4月	5月
PG1	30	351t		=====			
PG2	32	256t		=====			
PG3	32	334t			=====		
PG4	32	140t			=====		
PG5	27	90t			=====		
PBR	32	292t		=====			
PC1	30	537t		=====			
PC2	30	570t		=====			
PC3	30	213t		=====			
PC6	30	1 241t		=====			

4.2 現場施工

外周フレームの PC 工事は、平成 7 年 4 月より開始した（表-2）。PC 部材の架設は、建屋外部から 450 t クローラークレーンおよび 2 500 tm ジブクレーンを使用を行った。各部材の建方ペースは、柱-3 ピース/日、大

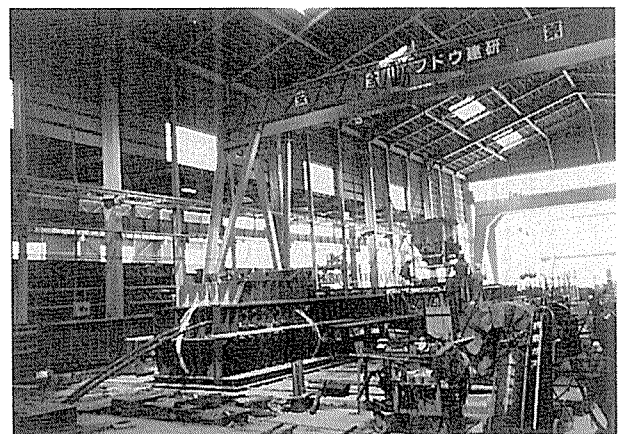


写真-2 PC 大梁打設状況



写真-3 PC 大梁ストック状況

梁-2 ピース/日、桁梁-5 ピース/日であった。PC 大梁は、片持ち梁となるため柱梁接合工事が完了するまで大梁先端に仮受け材としてベント支柱を設けて架設した。桁梁およびブレースは仮設の鉄骨ブラケットを使用し緊張後取り外すものとした。

表-2 PC 工事工程

工 種	平成 7 年			
	4月	5月	6月	7月
準 備	---			
PC2建方		—		
PC2緊張		-----		
PC1建方			—	
PC1緊張			-----	
PG1, 2建方			—	
PG1, 2, 5緊張			-----	
PC3建方			—	
PG6建方			—	
PG6緊張			-----	
PG3, 4, PBR建方			—	
PG3, 4, PBR緊張			-----	
グラウト				---

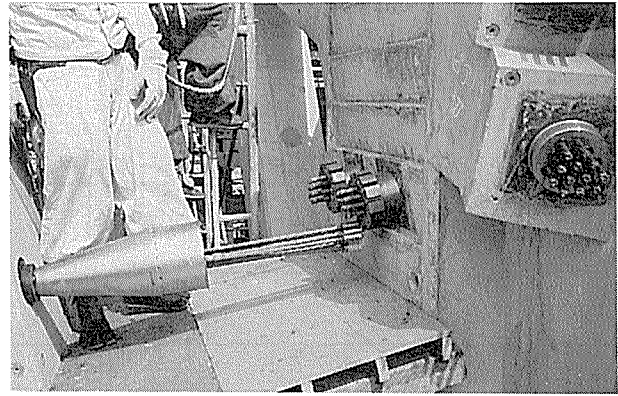


写真-7 PC 鋼線接続具

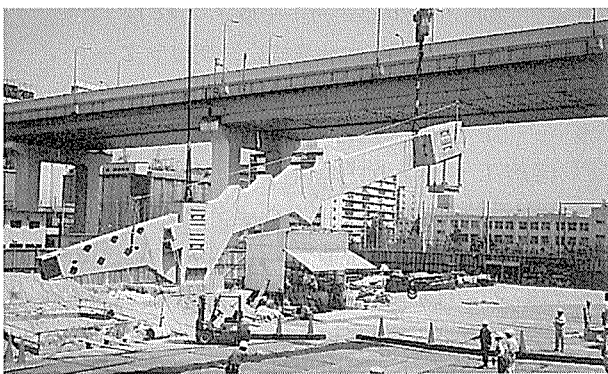


写真-4 PG 6 架設

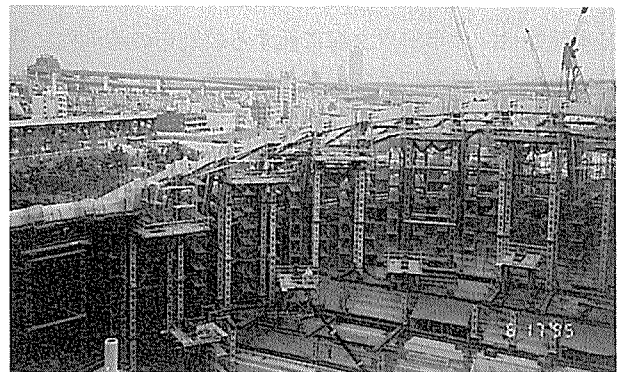


写真-8 PC 架設完了

大梁の架設(写真-4)は、リングトラスとの取合いを考慮して、施工誤差を上下、左右、前後方向 10 mm 以下となるよう架設した。緊張の各段階および大梁先端ベント支柱解体後の大梁先端の変位を随時測量し、リングトラスリフトアップ時の管理値とした。変位測量は、建屋の中心部に光波距離計を設置し大梁先端部で行った。

5. あとがき

外周フレームの PC 工事は、平成 7 年 8 月に無事完了した(写真-8)。円弧状のフレームであったが、建方精度、PC 鋼材の緊張力はともに許容値以内に収まった。PC 工法の採用は、工期の短縮および仮設材の低減をもたらした当初の期待通りの成果を得ることができた。9 月 14 日には、リングトラスのリフトアップが無事完了し、9 月末には外周 PC フレームとの接合工事も無事完了した。

本施設の大屋根は、圧着方式のプレキャストプレストレストコンクリート構造とケーブルネット膜構造との複合構造物であるので、竣工後も設計時に意図した性能を確保しているかどうかの検証を目的として外周 PC フレームの経年変形の測定を計画している。測量は、竣工時とその後 1 年ごとに 3 年間行うこととしている。

本工事の計画から施工まで多数の皆様のご指導、ご協力を頂いた。関係各位に感謝の意を表します。

【1996 年 3 月 8 日受付】

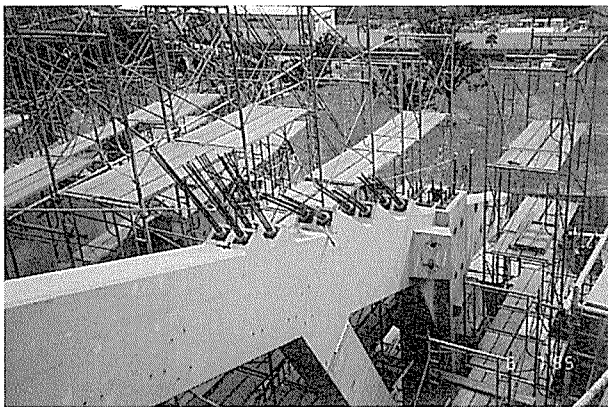


写真-5 PG 6 入線

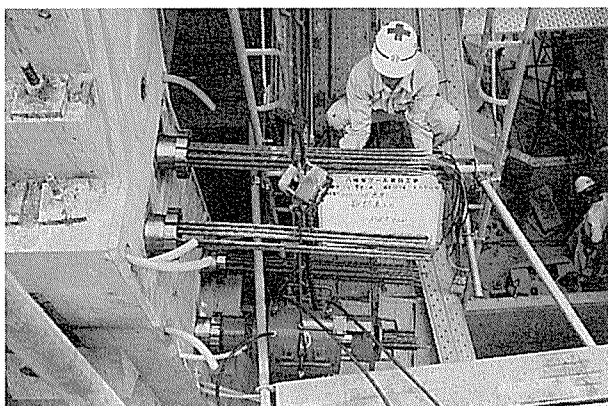


写真-6 桁梁緊張