

冬季長野オリンピック開閉式会場PC工事

斉藤 裕一*1・清水 茂男*2・根本 克之*3・末木 達也*4

1. はじめに

本工事報告で紹介する南長野運動公園多目的競技場は1998年2月から始まる冬季長野オリンピックのオープニング（開会式）とフィナーレ（閉会式）の会場となる建物であり、将来野球場として使用される。

『さくらの下の集い』を設計のコンセプトにしたこのスタジアムの大きな特徴は、地上3階部分の内野スタンド全体を21枚の巨大な『さくらの花卉』で構成する外観である。スタジアムの収容人員は約2万1千人であり、オリンピック開催時には3万人の仮設スタンドを増設する。

『さくらの花卉』1枚当たりは、7分割されたプレキャスト・プレストレストコンクリート（以下PCa・PCと略す）版で構成され、花卉は3枚ごとに大きさを変え両翼から中央部に向かうにつれて大きくなる。さくらの花卉の外壁を、PC花卉と称し、PC花卉を受けるPCa・PC部材をPC萼と呼んでいる。PC花卉1ピース当たりの長さは最大で20m、重量は約30tである。

複合円で構成された複雑な曲面形状は現場で鉄筋・型枠を組み、コンクリートを打設する在来工法では施工が非常に困難なため、PCa・PC工法が採用された。工場で製作されたPCa・PC部材は、大型のトレーラーにより現場に運搬され、プレストレス力の導入によって接合し組み立てられた(写真-1)。

本稿は、コンクリート製の花卉・萼に採用されたPCa・PC部材の設計・製造・施工を中心に紹介する。

2. 建物概要

建物名称：南長野運動公園多目的競技場内野スタンド
所在地：長野市篠ノ井東福寺1-2
事業者：長野市
設計者：住宅・都市整備公団，(株)類設計室



写真-1 スタジアム完成状況

監理者：住宅・都市整備公団
施工者：前田・東急・北野・吉川・千広共同企業体
PC施工：フドウ建研(株)
工期：1994年1月～1996年11月
規模：建築面積 14 703m²
延床面積 10 632m²
地下1階地上3階
構造：杭 深礎工法(機械掘，アースドリル場所
打拡底工法)
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 PCa・PC造

3. 構造概要

3.1 使用材料

コンクリート：躯体全般 FC=24～27 N/mm²
場所打プレストレストコンクリート梁
FC=35 N/mm²
ブリッジ FC=40 N/mm²
PCa踏石 FC=30 N/mm²
ブリッジ部踏板

*1 Yuichi SAITO (株)類設計室
*2 Shigeo SHIMIZU 前田建設工業(株)
*3 Katsuyuki NEMOTO フドウ建研(株)
*4 Tatsuya SUEKI フドウ建研(株)

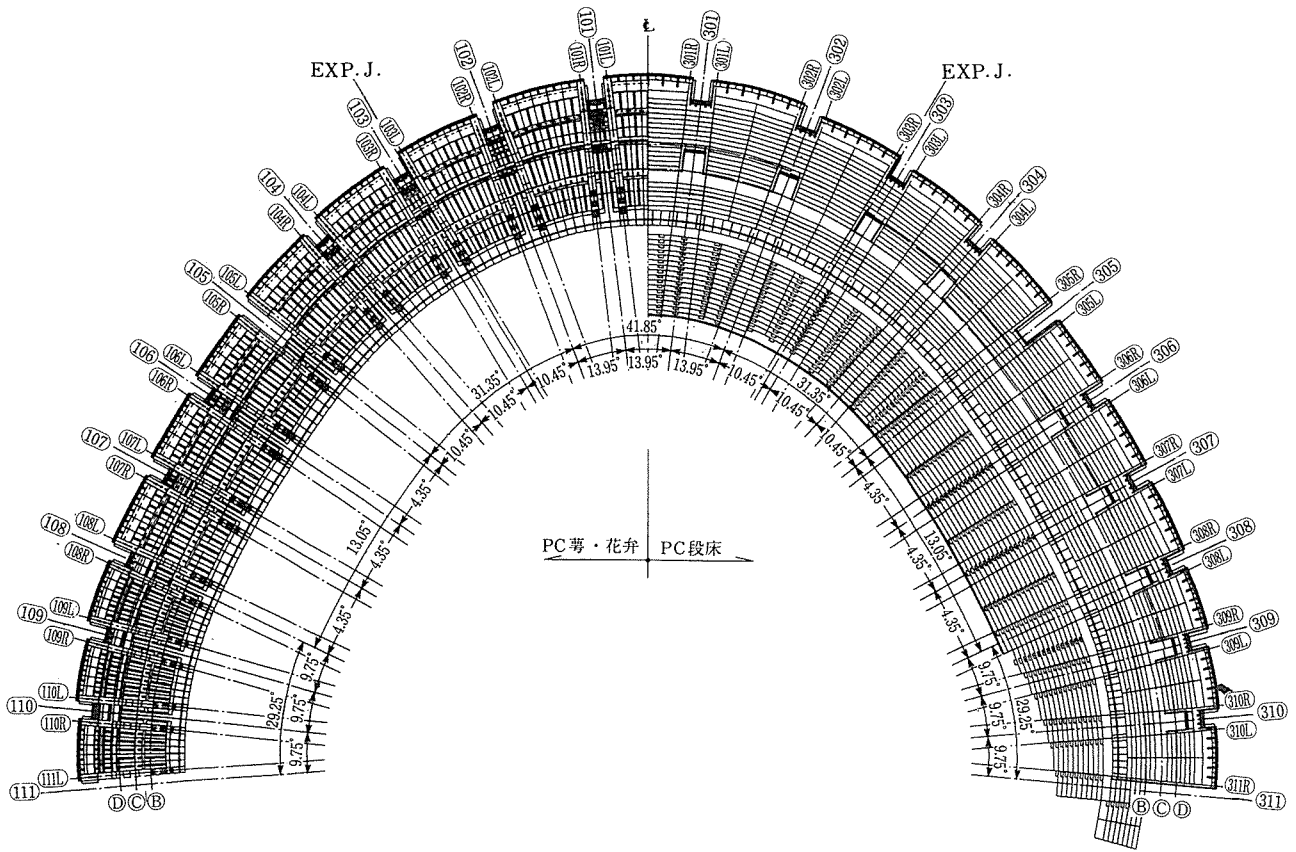


図-1 PC萼・花卉・段床版平面配置図

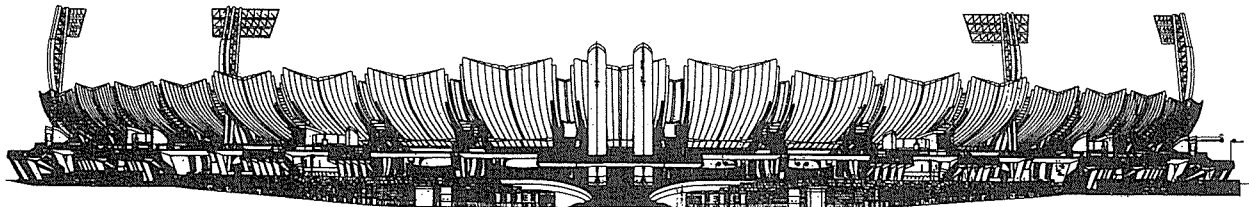


図-2 スタジアム全体立面図

- PC段床・段梁 FC=45 N/mm²
- PC萼・花卉
- 鉄筋：SD295A,SD345
- 鉄骨：SS400
- PC鋼材：PC鋼より線 SWPR7A-9.3mm
- SWPR7A-12.4mm
- SWPR7B-12.7mm
- PC鋼棒 SBPR930/1 080-26 φ, 32 φ

3.2 構造計画

本建物の断面形状を図-3に示す。

3階スタンドは最上階の場所打ち大断面梁を支持するピロティ柱をもつラーメン構造を形成し、その階下は耐震壁付のラーメン構造である。

(1) 基礎構造

基礎は深礎工法（機械掘：ア-スドリル場所打拡底工

法）とし、支持層は地盤面より-4.4m以深に存在する砂礫層としている。また、1・2階スタンド部分の基礎は、ソイルセメントコラム（H=1.44m）によって支持されている。

(2) 1・2階スタンド

1・2階スタンド部分は、平面的に長大建物となるため、103通りおよび303通りにて、エキスパンション・ジョイント（以下EXP.Jと略す）を設け3ブロックに分かれている。それぞれのブロックは、X方向（円周方向）・Y方向（円芯方向）とも、耐震壁付きラーメン架構となっている。A～B間の1階観覧席の下部空間はデッドスペースのため、観覧席部分の構造として土を埋戻して土間スラブも検討されたが、埋戻土の不同沈下、B通りの土圧による躯体断面の増大による不経済性を考慮し、PCa段梁の上にPC段床を設置した。また、B通りで

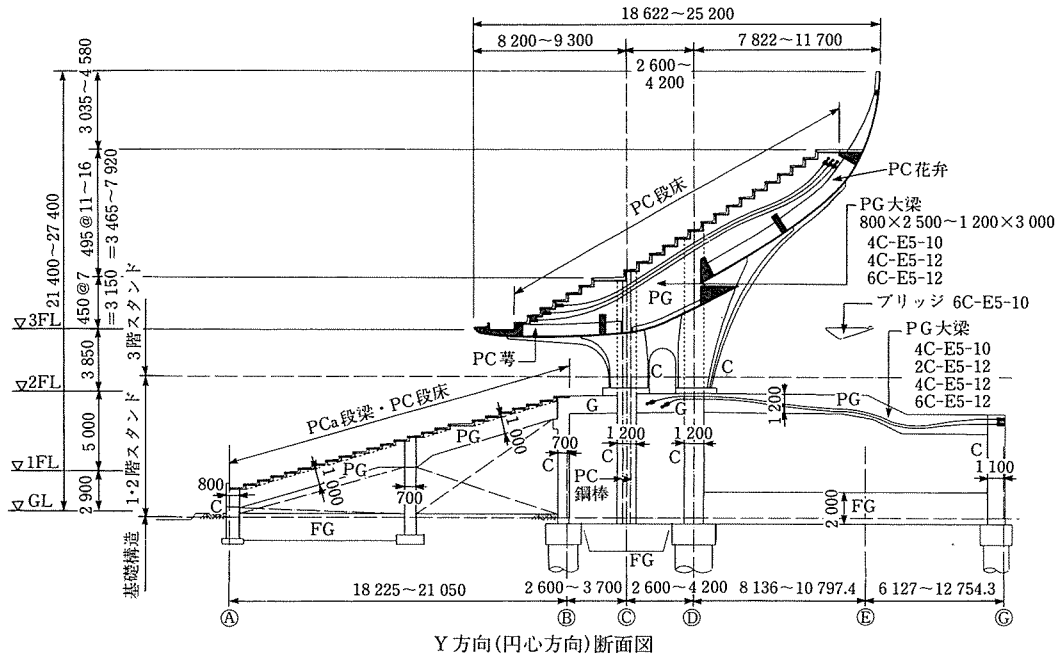


図-3 スタジアム断面図

ローラー支持としてA～B間の地震荷重がB～G間の構造躯体に伝達されないようにしている。

(3) 3階スタンド

2階同様、3階スタンドもEXP. Jにより、3ブロックに分かれ、X方向はラーメン架構である。Y方向は、下面が曲面である大断面（中央部B×D=1.2m×3.0m）の場所打ちの梁の中央部を2本の柱で支持したラーメン架構となっている。場所打ち大断面梁には、PC葦・花卉・段床・観客等の荷重が作用し、片持梁の基端には750.0t・mのモーメントが発生するため、VSL工法で最大約900tのプレストレスを導入している。

観覧席後部は勾配のため高くなり、跳出し長さも約12.0mと長いためにグラウンド側の柱には、地震時の引抜力とせん断力が同時に作用する。その引抜せん断力を処理するために、PC鋼棒によって240.0tの圧縮力を付加している。

観覧席はPC段床を使用し躯体防水としている。場所打ち大断面梁のX方向のスパン長は最大で約13.5mあり、蹴上が450mmのPC段床を使用するとスパンと蹴上の比が20倍を超え振動障害の恐れがあるため、スパン中央に鉄骨小梁を設け、3.5～6.8mスパンのPC段床とした。外壁のPC葦・花卉の取合の概要を図-4に示す。

3.3 構造設計

応力解析は、立体解析により鉛直荷重時・地震時の応力を求めた。その際、本建物は3ブロックとも、平面的には基準軸からの振れ角度が15度を超える斜めフレームが多数存在するため、

- ① 直交方向加力時の応力に対しても検討を行う。

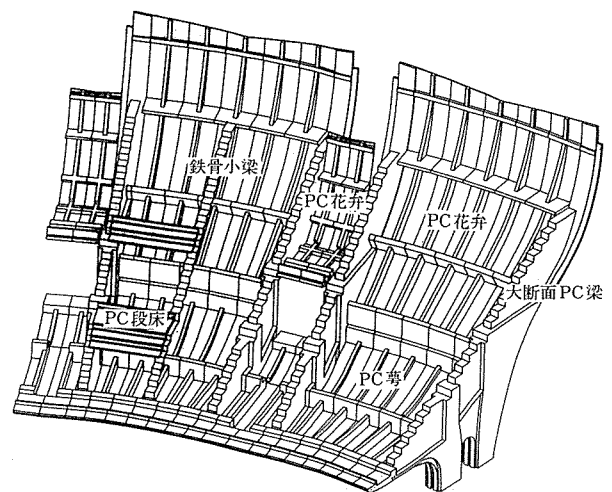


図-4 PC葦・花卉接合概要

- ② X・Y軸基準軸方向の解析に加え、フレームの振れ角度に合わせた加力方向角度の補正を行い地震力を作用させる。

以上、2つの配慮を行った。

3階Y方向のフレームについては、前記したように、スタンド支持梁が片持梁形式であり特殊形状となるため、一貫処理計算から別途平面モデルとして取りだし検討を行った。検討の結果、1・2階に与える鉛直力および地震力は、平面モデル解析の方が大きい値となるため、一貫処理計算の中で実態値となるように、軸力および水平力を節点荷重として入力し補正を行った。また3階部分は1・2階に比べ剛性がかなり小さいため、 $c_i = 0.265$ であったのを安全側の値として $c_i = 0.3$ を設定し

◇工事報告◇

た。

1階ラーメンの水平力分担率は、X方向については、壁のひび割れ等による剛性低下を考慮し、ラーメン部分に地震力の10%以上を負担させるものとした。Y方向については、一般的な耐震壁付ラーメン架構として考え、同様の理由と、X方向に比べY方向の耐震壁の剛性低下率を高く設定しているため、ラーメン部分に地震力の30%以上を負担させるものとした。

2階および3階の場所打ちPC梁による2次応力については、一貫計算応力値に別途加算し、影響のある範囲に対して断面検討を行った。

3.4 PC部材の設計

(1) ブリッジ

2階から3階への観客の移動のためのスタンド外周の階段の踊り場をつないでいる構造部材がブリッジである。ブリッジは両端ピン支持の場所打ちPC工法とし、設計はパーシャルプレストレッシングとした(写真-2)。

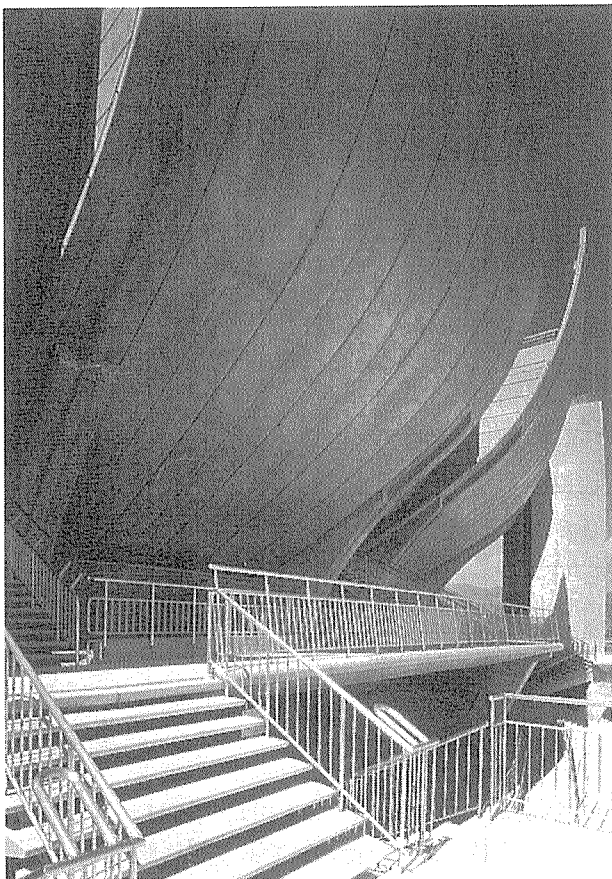


写真-2 PCブリッジ

(2) PCa 段梁

1階のPC段床の受梁がPCa段梁である。鉄筋コンクリート造の設計とし、PCa部材で両端から上下端の主筋が突出し、柱との接合は場所打ちコンクリートでウェットジョイントされている。B通りはアンカーバーによる口

ーラー支持とした。

(3) PC 段床

防水層なしのコンクリート素地で躯体防水となる。目地はポリサルファイド系のシーリングをほどこしている。

PC段床は両端ピン支持のプレテンション部材である。設計は、パーシャルプレストレッシングとした。鉄骨梁とPC段床の接合方法と、目地シーリングが劣化した場合の漏水対策としての漏水溝の納まりを図-5に示す(写真-3)。

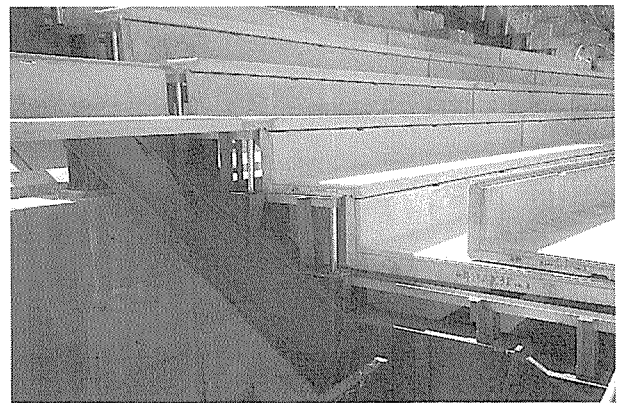


写真-3 PC段床・鉄骨小梁納まり

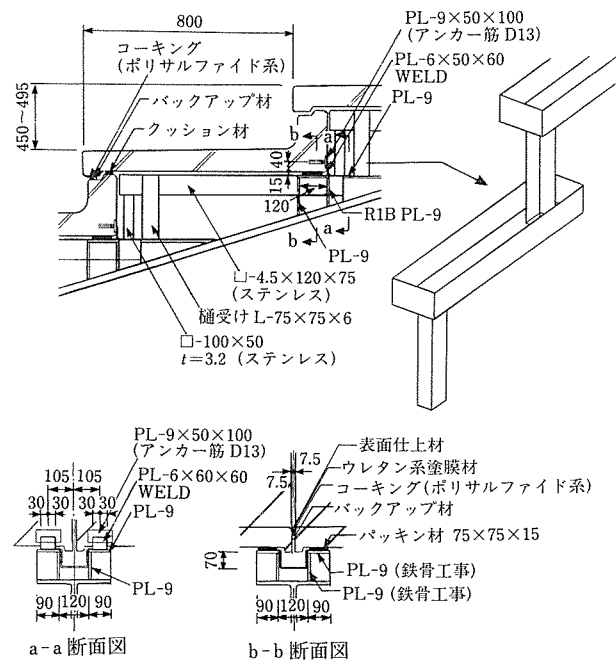


図-5 PC段床・鉄骨小梁納まり詳細図

(4) PC 萼

PC萼は、図-6・7に示すように製造時の脱型・運搬でクラックを発生させないためにC通りにおいて2つ割りとした。さらにPC萼は、階段の内側で5枚、階段の出入口の前面で2枚割りとなっている。前後2分割されたPC萼は図-7に示すような形状・配筋になる。

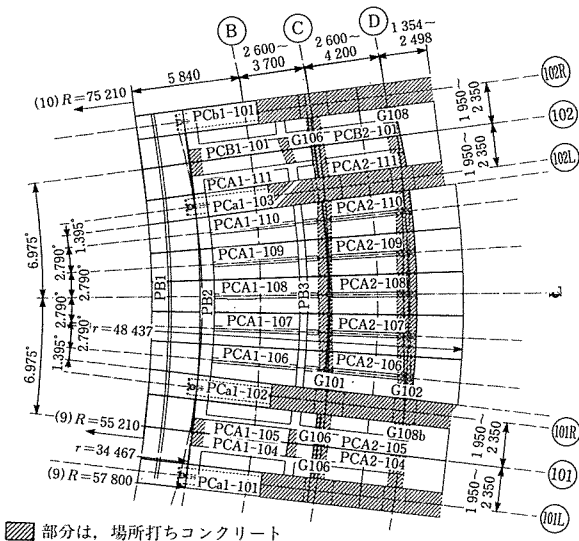


図-6 PC 葎平面詳細図

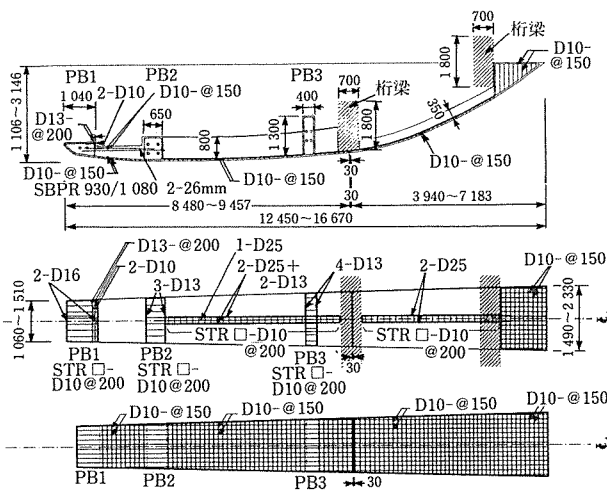


図-7 PC 葎形状・配筋図

先端のPC鋼棒は、たわみ防止用である。PB1・PB2・PB3には円周方向のシーソ穴が設けられており、架設終了後通線し、場所打ち大断面梁と圧着接合した。

圧着の目地幅は30mmとし、PB部分の圧着接合部には、 $FC=45N/mm^2$ 以上の無収縮モルタルを充填した。圧着部分の設計レベルは、断面に引張りを生じさせないフルプレッシングとした。

一方、後部分のPC葎は、前後2分割したリブの先端および三角形の垂直部分より鉄筋を出し、C通りおよびD通りに円周方向に配置されている場所打ち大梁に定着させている。

また、場所打ち大断面梁の先端は、型枠がわりのPC葎となっており、鉄筋およびPBにより場所打ち大断面梁と一体となっている。

(5) PC花弁

PC花弁の平面割付は図-8に示すように5分割され、

それぞれ一枚物で製造されており、リブ部分には、運搬時のクラック発生防止用として、工場においてPC鋼より線によりプレストレスを導入している。取付け方法はPC葎同様、リブと直行方向に設けられた3つのPBにPC鋼より線を通し、場所打ち大断面梁に圧着接合させている。

階段上部のPC花弁は、図-10に示すように分割され、PBにPC鋼棒を通し、場所打ち大断面梁に圧着接合させている。

目地幅・接合部の仕様は、PC葎と同様となっている。また、場所打ち大断面梁の下面は型枠がわりのリブのないPC花弁を使用している。

4. 施工概要

4.1 工場製作

工場製作のPC部材の部材数と型枠数を下記に示す。

(1) PC部材一覧

PCa段梁	: 80ピース (延 422m ³)
PC段床	: 2662ピース (延 3935m ³)
PC葎	: 334ピース (延 1190m ³)
PC花弁	: 303ピース (延 1260m ³)
段床部踏石	: 3600ピース (延 80m ³)
ブリッジ部踏板	: 780ピース (延 176m ³)
合計	7759ピース 7063m ³

(2) 型 枠

PCa段梁	: 2型
PC段床	: 25型
PC葎	: 7型
PC花弁	: 5型
段床部踏石	: 29型
ブリッジ部踏板	: 12型

(3) 製造日数

各部材の製造日数を表-1に示す。

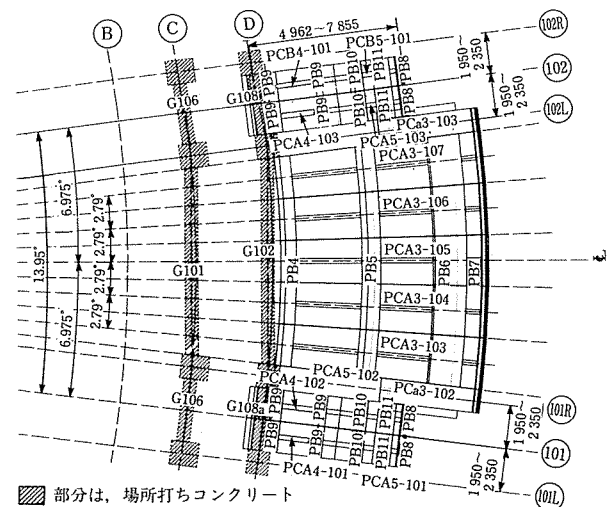


図-8 PC花弁平面詳細図

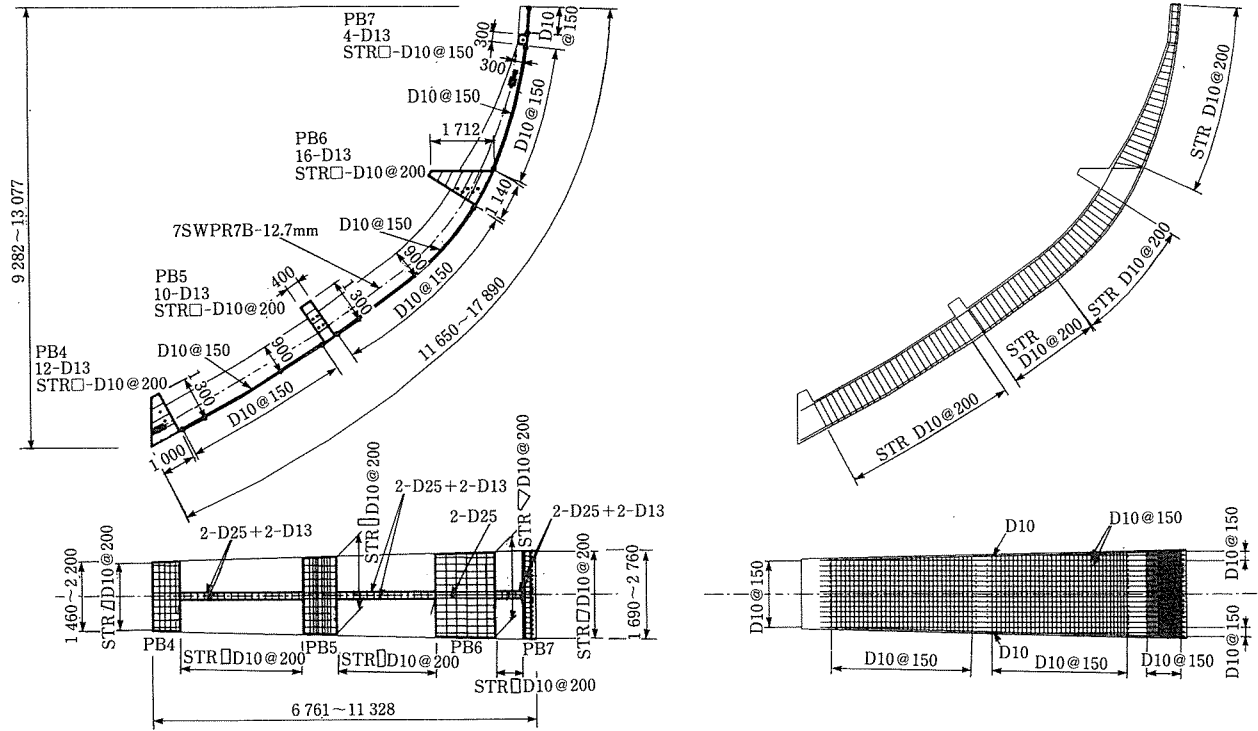


図-9 PC花卉形状・配筋図

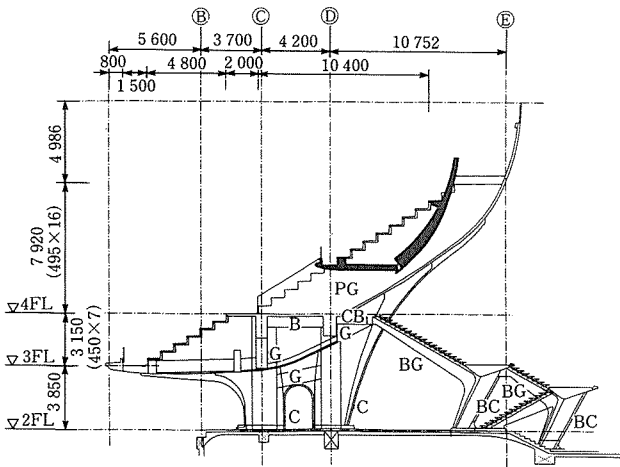


図-10 階段上部PC花卉断面図

(4) 製造上の留意点

① 型枠製作

PC萼・花卉の型枠を製作するに当たり、以下の点に

留意した。

A) 工場での脱型・運搬可能な部材とする。

PC工場内の揚重能力から重量は30t以下とし、低床トレーラーを使用して、幅3.0m、路上高さ3.8m以下となるような割付、分割寸法とした。

B) 型枠のベット数を最小限とする。

平面割付の分割角度が4種類あるが、型枠のベットは2次元の曲面で製作するので1種類である。側面の端部枠は、分割角度の種類数と同数の4種類必要となった。長辺短辺の長さの変化は、端部枠の移動によって寸法調整した。

C) 寸法精度

PC部材の製作寸法は、寸法精度の高いCADソフトを使用して曲面寸法のチェックを行った。また、躯体施工図のCADと、PC施工図のCADとを重ね合わせて寸法の整合を図った。

表-1

部材名称	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
PC a 段梁				(40日)								
PC 段床												(157日)
PC 萼									(112日)			
PC 花卉												(152日)
段床部踏石										(125日)		
ブリッジ部踏板					(65日)							

表-2

設計規準強度 (N/mm ²)	骨材最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位重量(kg/m ³)				
						水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
30	20	8.0±2.5	2.0±1.0	50.0	42.0	163	326	761	1 083	6.63
45	20	8.0±2.5	4.0±1.0	38.1	42.0	161	423	767	1 044	7.17

② コンクリート打設

コンクリートの配合を表-2に示す。PC花卉はコンクリート打設面の勾配が最大約30度あり、スランプ8cmのコンクリートを打設し、コテ押え後押え蓋をして流れないようにした(写真-4)。

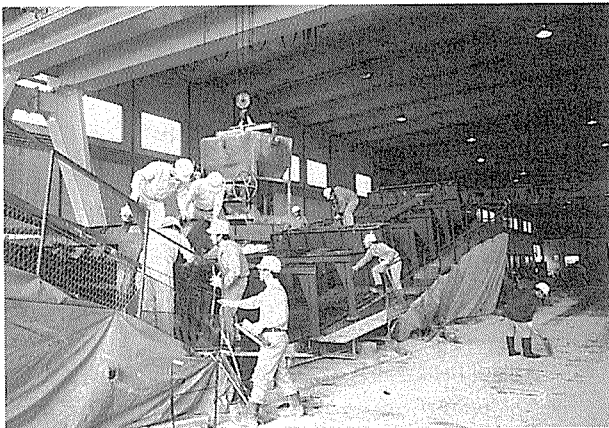


写真-4 PC花卉打設状況

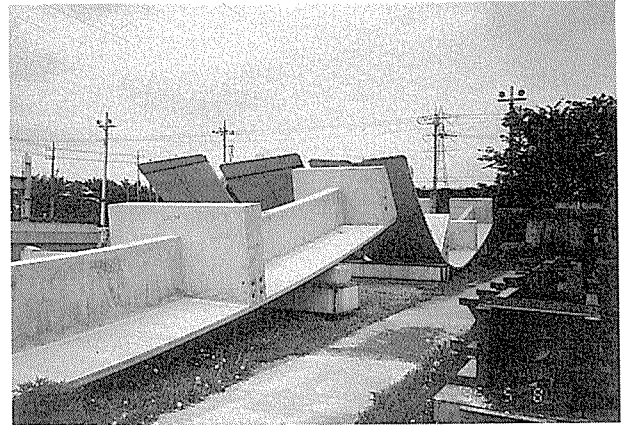


写真-5 PC花卉ストック状況

③ ストック運搬

ストックおよび運搬状況を写真-5, 6に示す。

4.2 組立て実験

萼は工場、花卉は現場にて、下記の事項を確認するために、組立て実験を行った。

(1) 「PC萼」の組立て実験

- ① 5枚並べた時の、立体的な寸法精度の確認。→辺長は平均10mm以内の誤差であった。
- ② 部材相互の出入寸法、圧着用シースの位置精度の確認。→製品寸法の誤差は±2mm以下であり、部材の出入およびシースの上下・左右方向の誤差は、平均5mm以内の誤差であった。
- ③ 何点で支持(仮受)するか。→レベル調整が容易であり、左右方向のバランスもとれる3点支持で、仮受可能を確認した。

(2) 「PC花卉」の組立て実験

- ① トレーラーからの荷おろしの方法。→トレーラーの横に、養生シートおよびスポンジシートをセットし、その上に仮置きする。
- ② 花卉に取り付ける支保工受の取り付け方法。→架台にあらかじめ支保工受をセットしておき、部材を仮置きする前に、クレーンで吊った状態で取り付ける。



写真-6 PC花卉運搬状況

- ③ クレーン吊上げ時のバランスのとり方。→チェーンブロックを2台使用する。
- ④ 支保工と支保工受の取付け方法。→支保工間に角パイプを流し、角パイプで支保工受を受ける。

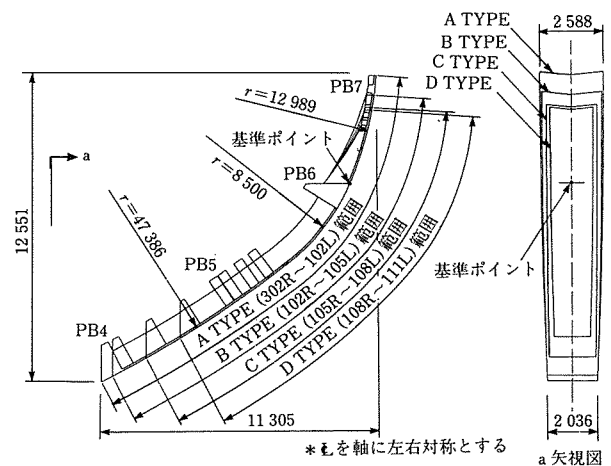


図-11 PC花卉型枠図

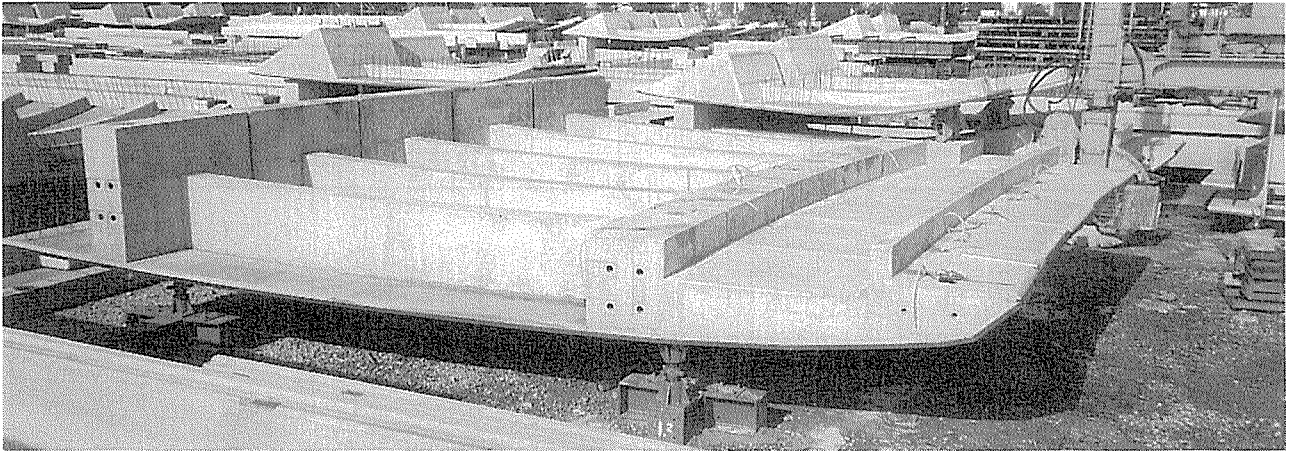


写真-7 PC葎組立実験状況

- ⑤ レベル調整の方法。→油圧ツメジャッキを2台使用する。

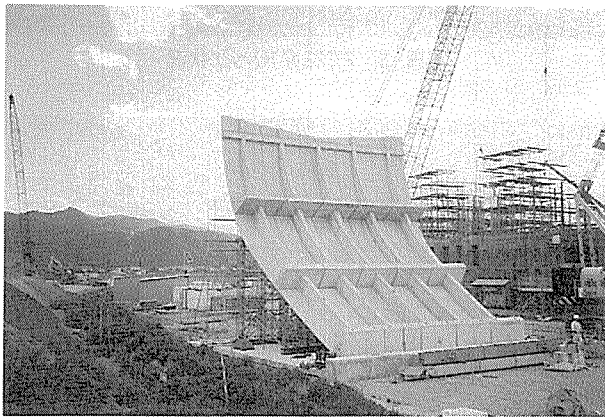


写真-8 PC花卉組立実験状況1

- ⑥ 目地幅の調整方法。→架設する時に、目地間に30mmのパッキンをかませる。

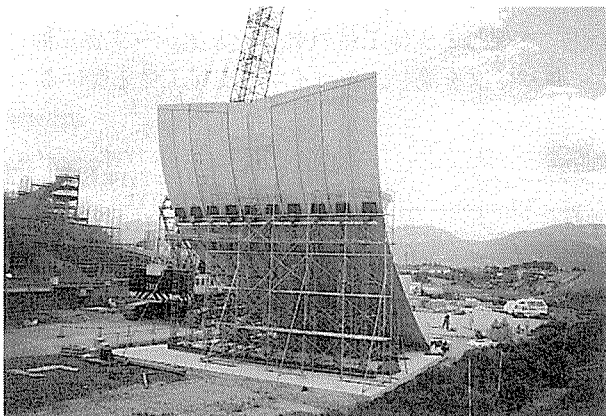


写真-9 PC花卉組立実験状況2

4.3 施 工

施工概要，順序を以下の写真-10～13・図-12～17に示す。

- ① 3階ピロティ柱のコンクリート打設後，PC葎支保

工の組立て。

- ② PC葎の架設。
 ③ PC葎架設後，桁梁および大断面PC梁1回目のコンクリート打設。
 大断面PC梁のコンクリート強度発現後，PC葎の円周方向のPCケーブルを緊張し，大断面PC梁と圧着接合。
 ④ PC花卉架設
 ⑤ 大断面PC梁2回目のコンクリート打設
 大断面PC梁のコンクリート強度発現後，PC花卉の円周方向のPCケーブルを緊張し，大断面PC梁と圧着接合。
 ⑥ PC段床架設。

5. おわりに

本建物は「はじめに」で記したように、『さくらの花卉』を模した外観となっており，平面形状・断面形状ともに幾つもの曲面を多用している。このような複雑な構造の建物をPCa・PC化する事により，本工事の実現が可能となり，さらには，工期の短縮および高度な躯体精度の確保が実現できた。

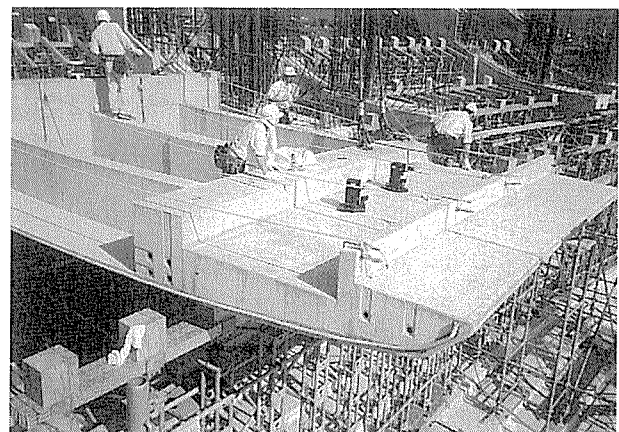


写真-10 PC葎・花卉架設状況1

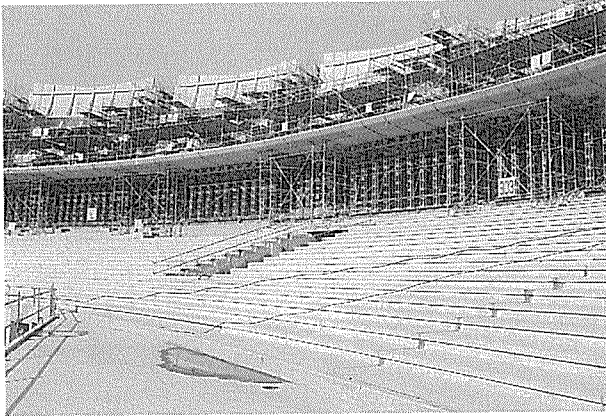


写真-11 PC葎・花卉架設状況2



写真-12 PC葎・花卉架設状況3

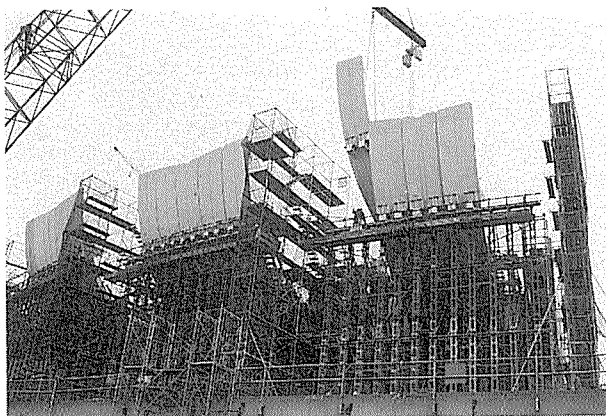


写真-13 PC葎・花卉架設状況4

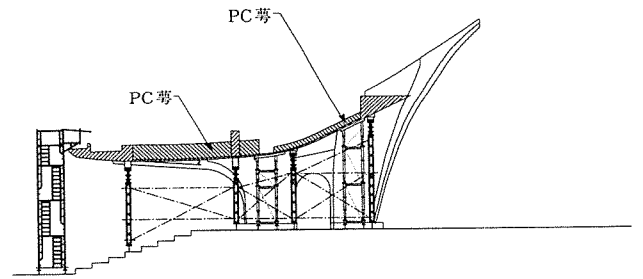


図-13 3階スタンド施工概要2

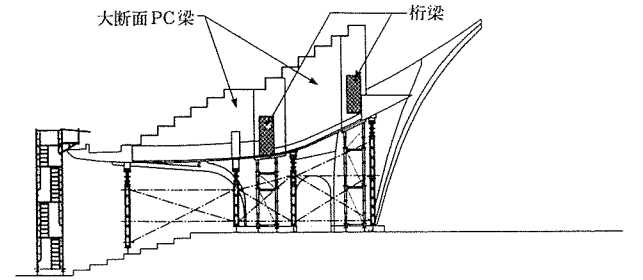


図-14 3階スタンド施工概要3

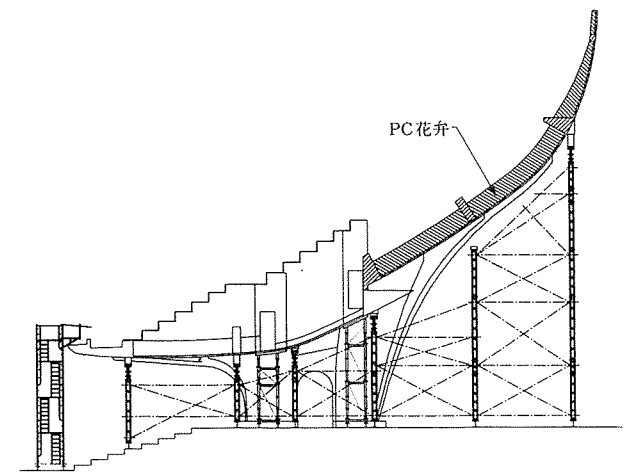


図-15 3階スタンド施工概要4

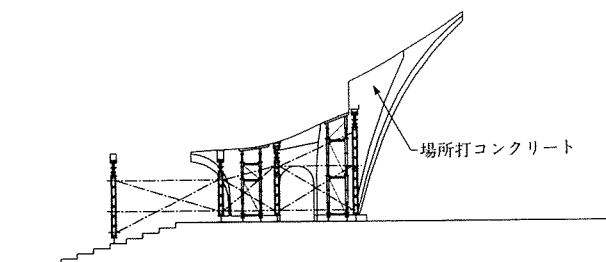


図-12 3階スタンド施工概要1

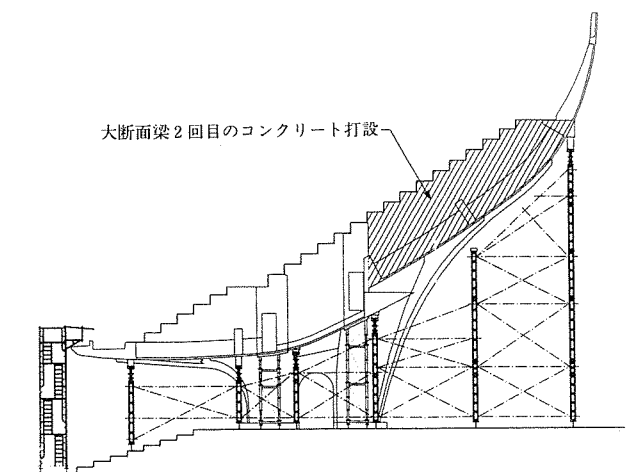


図-16 3階スタンド施工概要5

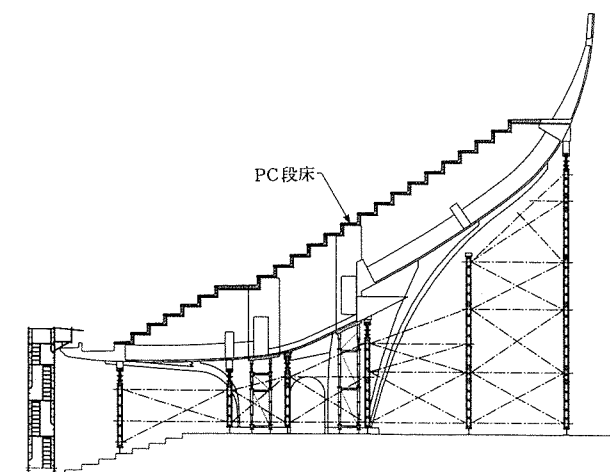


図-17 3階スタンド施工概要6

今後のPCa・PC化工法による自由度のあるデザインの可能性が大きくひらけたと思われる。最後に、計画・設計・施工にあたり多大なご指導、ご協力をいただいた関係各位の皆様方に心より御礼申し上げます。

【1997年5月28日受付】