

# 北九州学術・研究都市会議場の設計・施工

## ー外ケーブル方式PCa PC屋根構造ー

蜷川 利彦\*1・吉岡 一典\*2・佐藤 明敬\*3

### 1. はじめに

本建物の主な施設内容は、同時通訳機能をもつ460席の会議場、ホワイエを兼ねる約350m<sup>2</sup>のイベントホール、約150m<sup>2</sup>の商業部分である。構造形式は在来の鉄筋コンクリート有壁ラーメン構造であるが、約24m×24mスパンの会議場屋根部分はプレキャストプレストレストコンクリート（以下、PCa PCと呼ぶ）構造となっている。PCa PC構造は、屋上緑化があり大重量となるロングスパンの処理や約10m階高の支保工削除、工期短縮などの構造・施工上の条件、および屋根構造を現しとする意匠上の条件より採用に至った。床吹出し型の空調方式および天井反射を利用した照明方式（そのため、屋根版には白色の塗装が施されている）の採用により、天井を新たに設ける必要がなく地下天井としたが、これには仮設の軽減と併せてコスト低減効果があった。PCa PC屋根構造は構造合理性および意匠面から、シングルT形（以下、STと呼ぶ）曲面版と外ケーブルの組合せとした。このように、本建物の屋根構造は構造設計だけの成果ではなく、建築、設備、電気の各設計担当者とのコラボレーションの結果であると言える。

また、学術研究都市内の各施設の建設においては「環境に配慮したデザイン」をテーマの一つとして設計が行われている。本建物においては前述した屋上緑化、床吹出し型空調がそれに当たるが、PCa PC屋根版の採用もその一つである。一般に言われるPCa化による木製型枠や仮設材の使用量削減だけでなく、PCおよび外ケーブル方式の採用による構造材量の削減、構造体＝意匠とすることによる仕上材量の削減も発生抑制となり、建設時エネルギー低減に効果があると考えている。

### 2. 建物概要

工事名称：（仮称）学術・研究都市交流センター建設工事

建設地：北九州市若松区ひびき野

発注者：北九州市

設計監理：北九州市 建築都市局 建築部 施設建築課  
（株）日本設計九州支社

施工：北九州建設（株）

PCa PC施工：フドウ建研（株）

工期：平成11年7月～平成12年9月

建築面積：1 847 m<sup>2</sup>

延床面積：2 288 m<sup>2</sup>

階数：地上2階

基礎形式：直接基礎（一部ラップルコンクリート使用）

構造種別：鉄筋コンクリート構造、一部プレストレストコンクリート構造

使用材料：コンクリート 現場打ち部材  $F_c=24 \text{ N/mm}^2$   
PCa PC 部材  $F_c=50 \text{ N/mm}^2$

鉄筋 SD 345, SD 295A, 溶接金網 (JIS G 3551)

PC鋼材 部材内ケーブルSWPR 7 B  $\phi 12.7$  (VSL 工法)

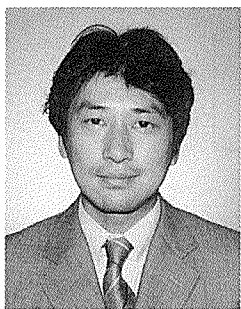
外ケーブル SWPR 7 B  $\phi 15.2$  (SET 工法)

写真-1に建物外観、写真-2に屋根内観、図-1に1階平面図、図-2に断面図を示す。

### 3. 屋根の構造設計

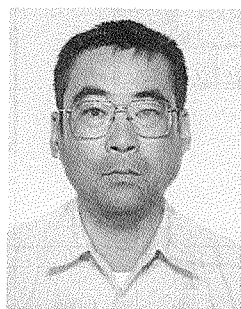
#### 3.1 構造計画

下部構造、とくに会議場周りには多くのRC壁を確保できるため、必ずしも屋根構造を耐震要素として設計する必要がなかった。そこで、前述した理由より屋根構造は1.5m×24mのPCa PC版を15個並列する構成とした。PCa PC版は扁平なアーチ形状のST版と外ケーブルの組合せとしたが、これは天井高の確保（階高の抑制）や意匠性などの建築



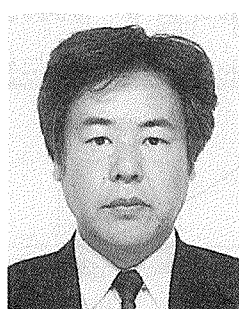
\*1 Toshihiko NINAKAWA

（株）日本設計  
九州支社 構造設計部



\*2 Kazunori YOSHIOKA

フドウ建研（株）  
九州支店 工事課



\*3 Akinori SATO

フドウ建研（株）  
東京本店 構造設計部

的な要求と、自重を軽減して設計応力を低減、かつPCa PC部材の運搬、建方を可能とさせるためである。屋根の面内剛性の確保と防水性能の向上のため、PCa PC版の上には10 cm厚の現場打ちコンクリートを設けた。PCa PC版

はゴム沓で支持し、施工段階では水平方向に移動自由とした。これは、外ケーブルの効果をより多く引き出すためと、一部が2階床レベルよりの片持ち形式である下部構造に屋根の自重による大きなスラスト力を生じさせな



写真-1 建物外観

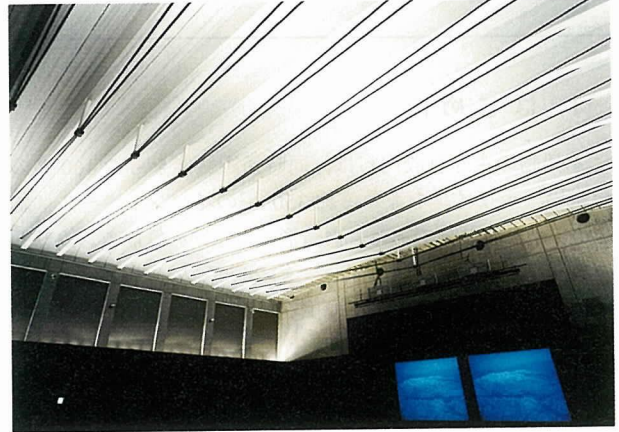


写真-2 屋根内観

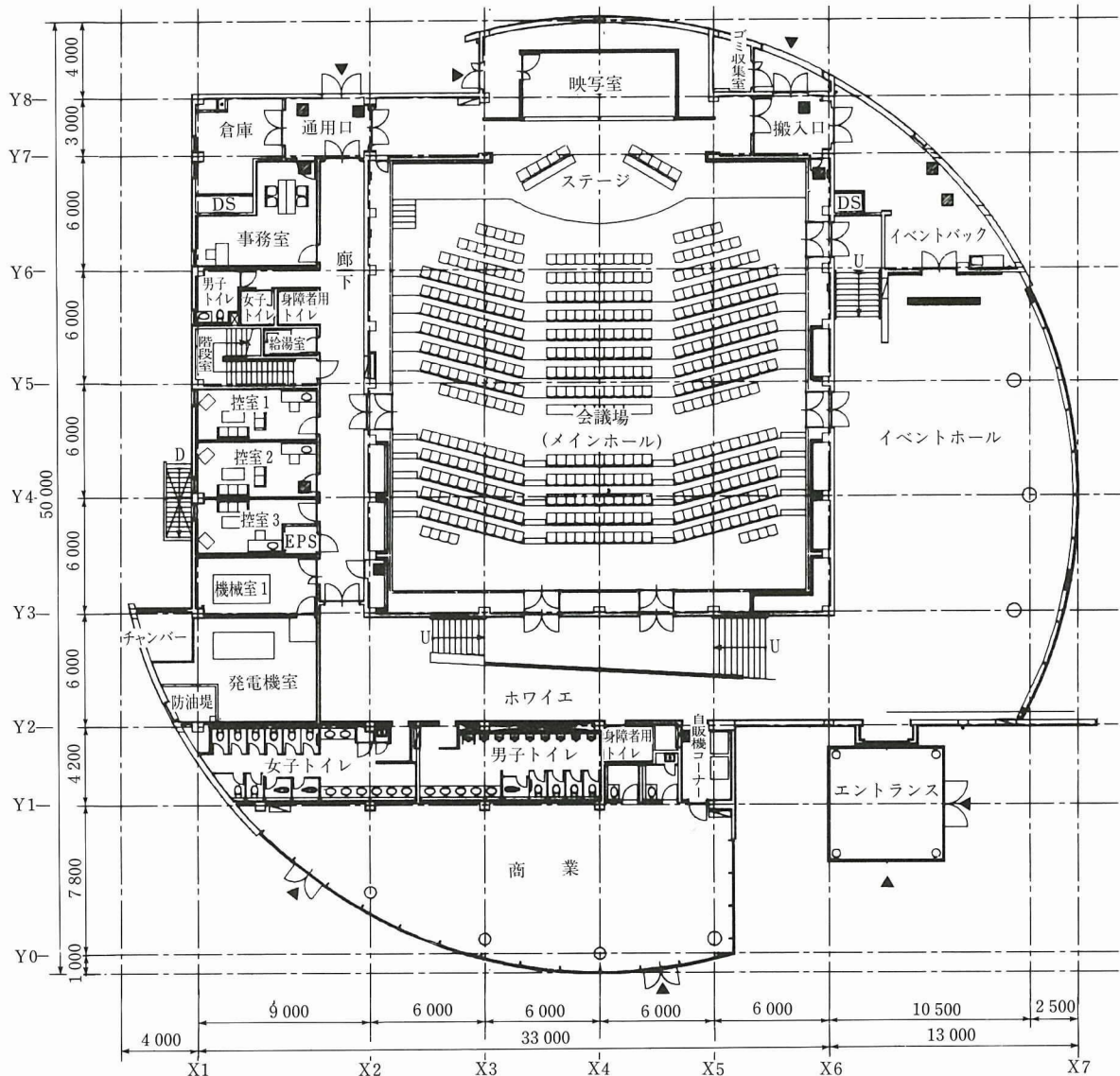


図-1 1階平面図

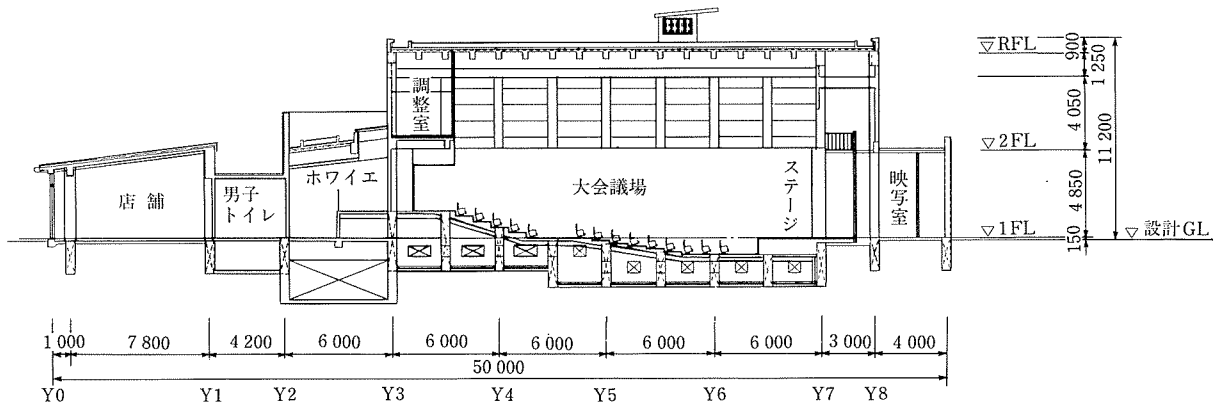


図-2 断面図

いためである。

### 3.2 PCa PC 部材の設計

PCa PC 部材の形状は、幅 1.5 m せい 0.75 m で長さ 24 m の曲面版である (図-3)。使用した PC 鋼材は、PC 部材内に 7- $\phi$  12.7 が 2 ケーブルと外ケーブルとして 3- $\phi$  15.2 が 2 ケーブルである。PCa PC 部材の設計レベルは、Ⅲ種 PC のⅢt (コンクリートの引張強度以下) に設定し、部材の支持条件は、一端ピン他端ローラーとして設計している。図-4 に束材詳細図、図-5 に支承部詳細図、図-6 に配筋図を示す。

部材内の PC 鋼材は、自重による脱型・運搬での施工時の応力に対して安全となるように PC 鋼材本数を決定している。このときの緊張力は、1 ケーブル (7- $\phi$  12.7) あたり 873 kN であり、2 ケーブルでの軸圧縮応力度は 6 N/mm<sup>2</sup> である。自重以外の荷重としては、現場打ちトッピングコンクリート 10 cm と屋上緑化用の人工土壌が主なものであり、外ケーブルで抵抗するように設計した。荷重としてかなり大きいものであったため、外ケーブルの緊張力により束材を介して PCa PC 部材に上向きの力を加えて、部材に生じる

曲げモーメントの大きさを調整した。外ケーブルの張力は 1 ケーブル (3- $\phi$  15.2) あたり 155 kN で、束材の軸力は 47 kN であった。PCa PC 部材重心と外ケーブルとの偏心距離は、距離が大きい方が有利であるが、室内高さの関係から 1 500 mm として設計した。それでも断面内のケーブルと比べると数倍も偏心距離がとれるため、必要な張力が減るので効率の高い工法と言える。ただし、外ケーブルの張力は、「ケーブル構造設計指針・同解説」(日本建築学会) に準拠し、引張強度 (783 kN) の 1/3 以下となるように使用している。

使用した外ケーブルは、7 本より PC 鋼より線をさらにセ

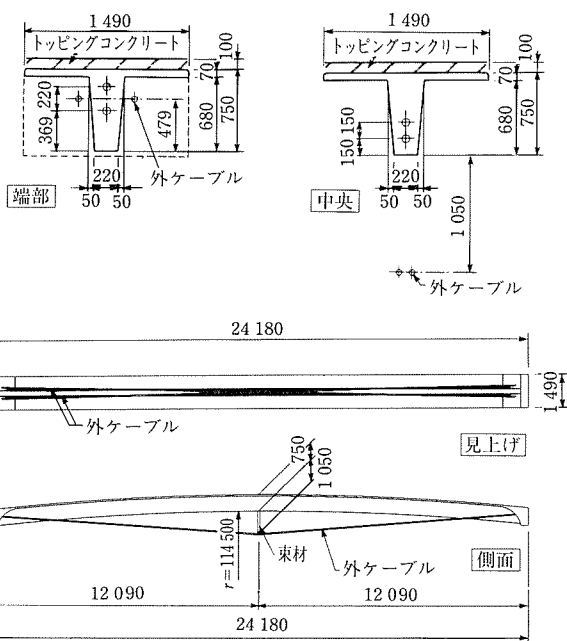


図-3 形状図

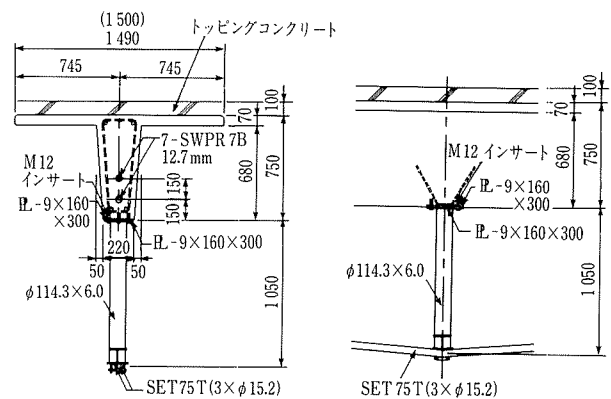


図-4 束材詳細図

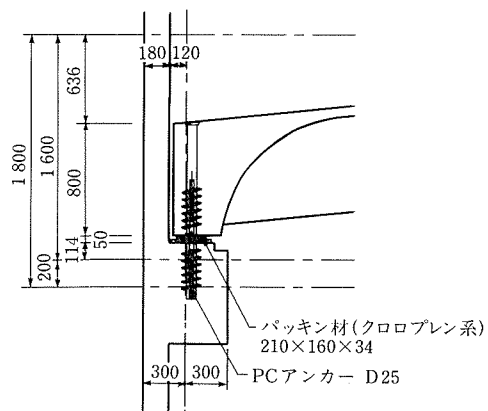


図-5 支承部詳細図

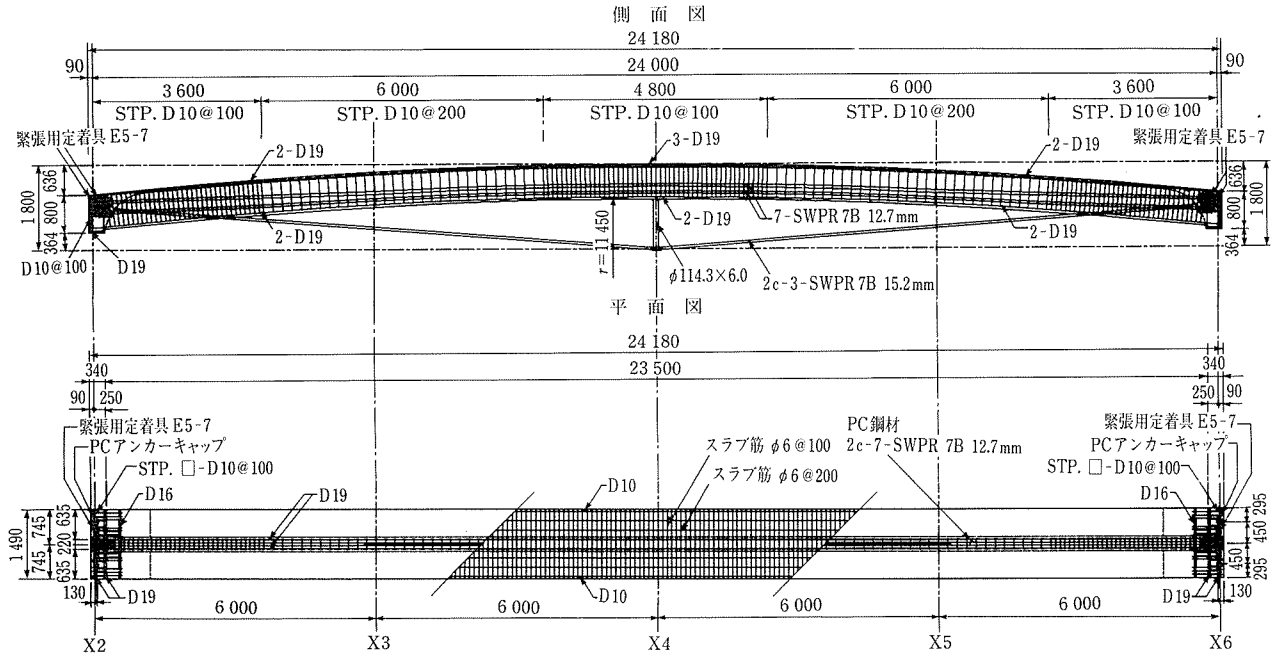


図-6 配筋図

ミパラレル加工し、その上からポリエチレン被覆が施され、内部には防錆剤が入っている。端部はPC鋼より線を鋼材で圧着し、PC鋼棒のようにナットにて定着される(図-7)。このため、緊張力のセットロスが生じないメリットがあり、緊張力の管理が容易となる。

プレキャストプレストレストコンクリートと外ケーブルの組合せは、高強度コンクリートの能力をフルに発揮できる例である。外ケーブル緊張時には、束材による上向きの力によってPCa PC部材中央断面下端は、許容圧縮近辺まで圧縮を受けるが、最終荷重時には逆に引張応力度を生じるほどになる。この20 N/mm<sup>2</sup>余りもの圧縮と引張りの許容応力度の差をもつ能力が、今回の例に生かされたと言える。モーメント図を図-8に示す。

### 3.3 下部構造の設計

トッピングコンクリート硬化後に作用する荷重に対しては、屋根構造と下部構造が一体となって挙動するため、下部構造にはスラスト力が作用することになる。屋根版は単純支持梁として安全側に設計されているので、精密な3次元解析は必要ないと考え、屋根の面内剛性を無視して各版の支持構面の平面骨組解析から得られた水平ばね定数、およびその平均値の2通りの支持条件を用いてスラスト力を算定した。その結果をもとに柱および立上り壁の設計を行った。

## 4. PCa PC部材の製作・施工

### 4.1 PCa PC部材の製作

PCa PC部材は、フドウ建研(株)若松工場で作成された。若松工場は、施工現場より約10 kmと近く、24 mという長大なPCa PC部材の運搬という面でこの立地条件が功を奏した。

PCa PC部材の数量は15ピースで、1ピースあたりの重量は21 tであった。蒸気による促進養生を行い、1日1サイ

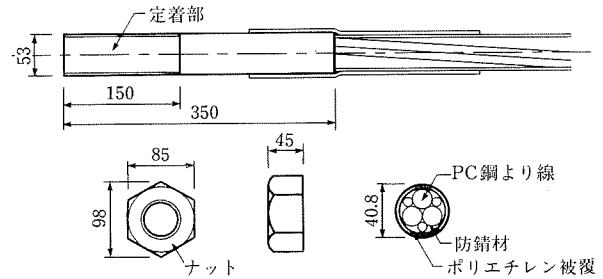
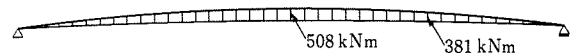


図-7 定着具詳細図

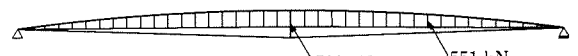
○ 自重による応力



○ 外ケーブル緊張による応力



○ 自重以外の応力



○ 最終の応力(組合せ)



図-8 モーメント図

クルで製作を行い、製作日数は全体で約20日間を要した。PCa PC部材のコンクリート強度は、設計基準強度が50 N/mm<sup>2</sup>で、プレストレス導入時強度は36 N/mm<sup>2</sup>である。部材はコンクリート打設の翌朝、部材内のPC鋼材を緊張後に脱型し、ストックを行った(写真-3, 4)。以下に製作フローチャート(図-9)を示す。

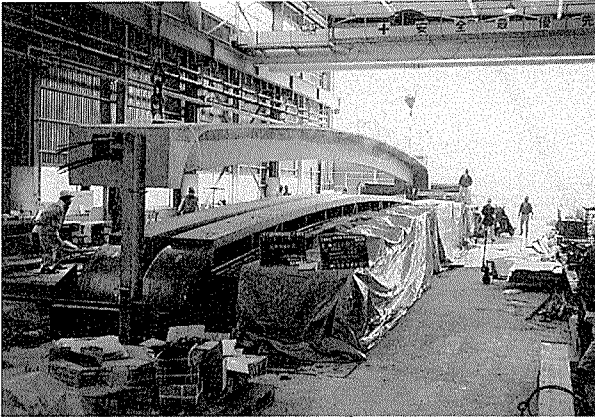


写真-3 PCa PC部材脱型



写真-4 PCa PC部材ストック

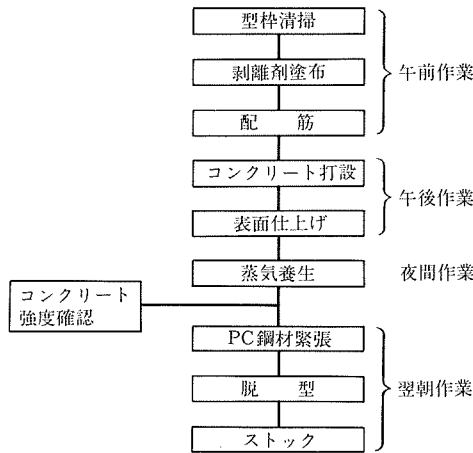


図-9 製作フローチャート

#### 4.2 PCa PC部材の施工

PCa PC 部材の運搬は、24 m という長大な部材のため深夜に行われた。PCa PC 部材は現場で仮置き後、外ケーブルを支持する束材を取り付け、緊張誤差による束材の転倒を防止するための治具を取り付けた（ただし、外ケーブルの摩擦係数が小さいため、実際には緊張誤差による力の差が小さく左右で釣り合っていたので、治具に力が入ることはなかった）。その後、外ケーブルをセットして緊張を行ったが、束材の転倒を防止するため 2 ケーブルを同時両引きとした。緊張後、束材転倒防止用治具を取り外し、外ケーブ

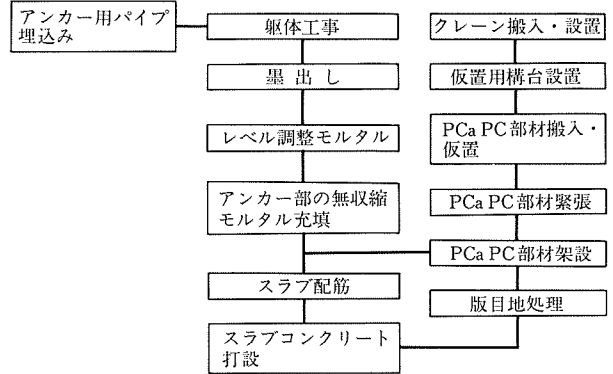


図-10 施工フローチャート

ル端部の切欠きに保護モルタルを行ってから、2 台のクレーンで相吊りし、所定位置に取り付けた。当初懸念された緊張によるむくり誤差は、おおむね 8 mm 以内に収まり問題なく進行した。架設に要した日数は、1 日 3 ピースのペースで全体で 5 日間であった。図-10 に施工フローチャートを、以下に施工手順を示す。

#### 施工手順

- ① 受け梁（在来 RC 造）にアンカー用パイプを埋め込み、下部躯体のコンクリートを打設する。
- ② 受け梁の PCa PC 部材を架設する部分にレベルモルタル（台座）を打設する。
- ③ 架設位置の墨出しおよびアンカー用パイプの位置の確認を行う。
- ④ 台座の上にゴム沓（DSF パッド 210×210×34）を設置する。
- ⑤ 160 t クレーン 2 台（相吊り）を所定の位置にセットする。
- ⑥ 特殊トレーラーで運搬した PCa PC 部材を 160 t クレーン 2 台で吊り上げ、仮置き構台に仮置きをする（写真-5）。

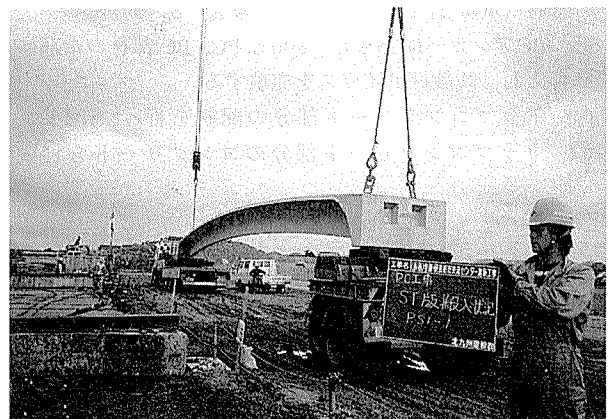


写真-5 PCa PC部材搬入

- ⑦ PCa PC 部材のスパン中央に束材をセットし、外ケーブルを取り付け（写真-6）、定着具をセットし、ジャッキで 155 kN まで緊張をする（写真-7）。緊張中は、PCa PC 部材中央のむくりをレベルで測定

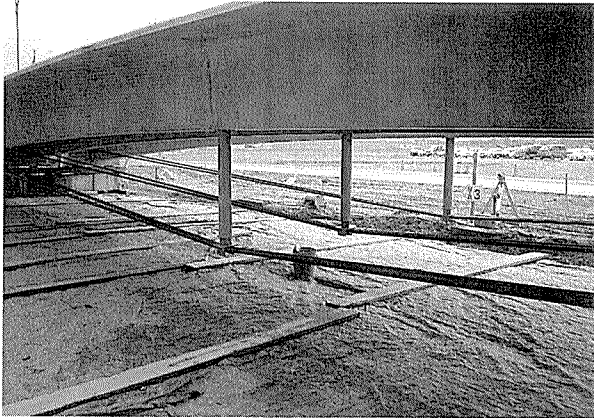


写真-6 束材と外ケーブルの状況

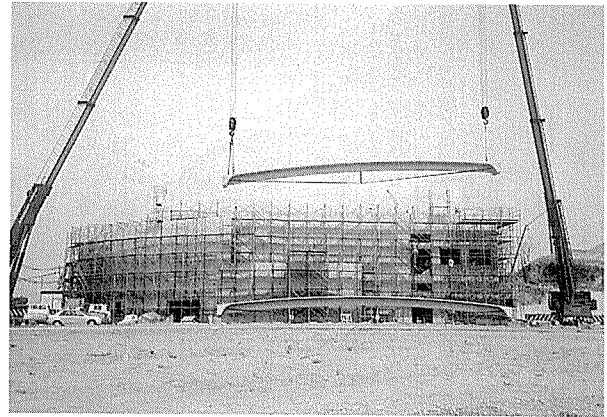


写真-8 吊上げ状況



写真-7 外ケーブル緊張状況

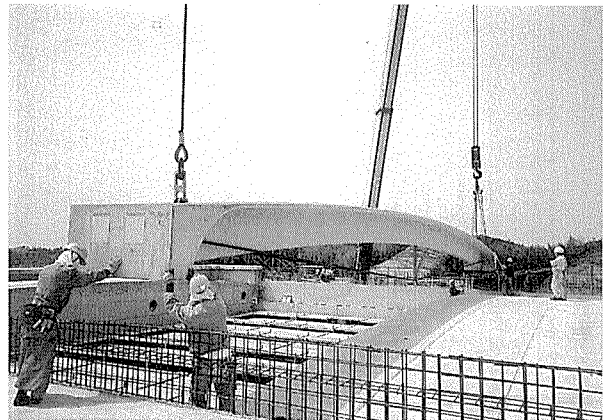


写真-9 取付け状況

する。ケーブルは緊張後に、PCa PC 部材端部から予長が出ないように、あらかじめ、工場で試験緊張を行い長さを決定した。

- ⑧ アンカー用パイプの中に、無収縮モルタルを充填する。
- ⑨ クレーンの作業半径を確認し、所定の位置にPCa PC 部材（重量 21 t）を架設する（写真 - 8, 9）。
- ⑩ PCアンカー-D 25  $\phi$  L = 800を PCa PC 部材の端部に挿入し、防蝕材アイガスを充填する。
- ⑪ トップコンクリート部分の配筋を行う。
- ⑫ トップコンクリート部分のコンクリートを打設

する。

## 5. おわりに

PCa PC工事はスムーズに進行し、平成 12 年 5 月に無事終了した。建築構造物においては、土木構造物に比べて外ケーブル方式のプレストレストコンクリート構造の実例が少ない現状であるが、この工事報告が一例として参考になれば幸いである。本工事においては、北九州市のご担当者をはじめ、多くの皆さまのご指導、ご協力をいただいた。関係者各位に厚く御礼を申し上げる次第である。

【2001年5月18日受付】