

## 大空間を構築する斜め格子状に配置されたPC大梁の設計・施工

オリエンタル白石(株)	正会員	○福田	顕議
(株)日本設計		今林	光秀
(株)日本設計		池田	隼人

キーワード：PC大梁，大空間，格子梁

## 1. はじめに

本建物は、発注者の創立10周年記念事業として、旧施設を建替え、新たに公園の隣接地域に研修所・独身寮・体育館などを複合した施設である(図-1)。研修施設に併設される体育館の計画にあたり、周辺住宅への配慮、屋上庭園の開放という課題に対応すべく、体育館の基礎梁、屋根梁を斜め格子梁として大空間の実現を試みた(写真-1)。

本報告では、PC構造の採用の優位性を確認し、プレストレス効果を考慮した構造設計について概要を説明する。また施工に関し、斜め格子のプレストレス導入についての施工計画、施工結果について詳述し、設計で意図した効果を発揮していることを報告する。

## 2. 建物概要

建設地：福岡県福岡市中央区

建物用途：体育館，寄宿舎(寮)

敷地面積：8,510.06m<sup>2</sup>

建築面積：4,794.76m<sup>2</sup>

延床面積：18,174.46m<sup>2</sup>

階数：体育館棟 地下1階，地上1階

寄宿舎棟 地下1階，地上1・2階

構造形式：RC造(一部PC造)，耐震壁付ラーメン構造，直接基礎

全体工期：平成27年3月～平成29年1月

PC工期：平成27年10月～平成28年8月



図-1 外観パース

体育館内部は当然ながら無柱空間であり、高さの要求の厳しいバレーボールコート2面が用意できる広大な空間(35.2m×48.4m)である。地盤条件としては、地下水位が高く、室内空間が空洞となって荷重のかからない体育室の特性上、水圧を最低限に抑えたいため、できる限り基礎底面を上げたい。さらに、地域開放性の向上の観点から屋上を庭園として開放し、地上より容易に屋上庭園と2階レベルまでアクセスできるように高さを抑えたい。これらの条件のもと、内部空間を確保するために、梁せいをおさえる必要があった。

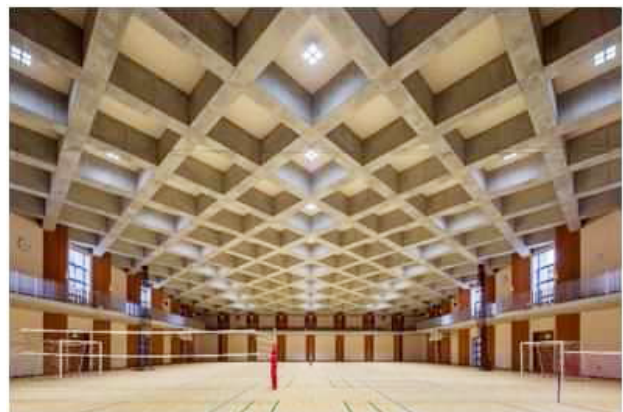


写真-1 内観写真

### 3. PC部材の設計

#### 3.1 解析概要

最大スパン約50mの大梁の応力および変形を抑制するために、PC鋼材を配置しプレストレスを導入した。緊張は両引きとし、主な大梁は引張縁応力度をコンクリートの許容引張応力度以内に抑えたパーシャルPC部材として、柱および耐震壁周辺のPC導入のない短スパン大梁は、ひびわれ幅を抑制するために、コンクリートの引張強度以内に抑えたPRCⅢt部材と同様に設計した。PC梁およびPC柱のKEYPLANを図-2に示す。平面的に柱を45度振り、斜めに交差する格子梁であるため、複雑な納まりを立体的に検討し、大型の定着具を二方向に配置した。躯体の応力はこれらの構造特性を十分考慮し、立体フレームモデルにより長期荷重や土圧荷重などを入力し、応力解析した。D.Lによる応力図を図-3に示す。モデル化の概要を以下に示す。

**【使用要素・支持条件】**

- ・骨組み（大梁および柱）をビーム要素としてモデル化し、斜交大梁はスラブの有効幅を考慮したT形梁とする。
- ・壁はプレストレス導入後の施工であり、また、躯体荷重と比較して仕上および積載荷重は3割程度であり、設計応力に対する影響は小さいため考慮しない。
- ・基礎は上部構造と分離して設計するものとし、支点拘束条件は、柱脚固定にて応力解析を行う。

**【荷重条件】**

- ・スラブと梁の自重をT形梁の要素線荷重とし、等分布荷重として鉛直下向きに载荷する。
- ・積載荷重は鉛直下向きに等価な節点集中荷重として载荷する。
- ・土圧は別途計算された荷重を、分布荷重にて柱要素に入力する。

**【プレストレス】**

- ・別途計算された荷重（つきあげ力、軸力、曲げモーメント）を、要素荷重にて入力する。

#### 3.2 PC梁応力解析および断面検討

プレストレス荷重による応力も、立体解析

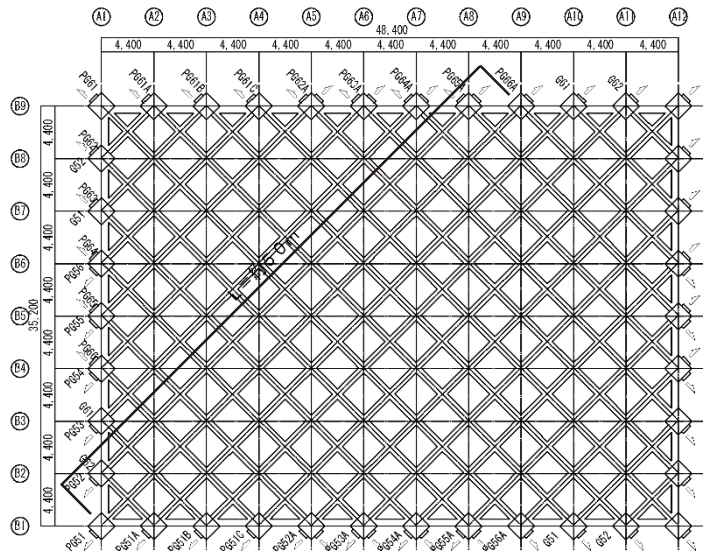


図-2 KEYPLAN

表-1 PC部材諸元

	Fc	部材断面	PC鋼材	作業緊張力
梁	48	600×1,800	6c-10-φ15.2	1780 kN
柱	48	1,600×1,600	8c-φ40(C種) 他	1080 kN

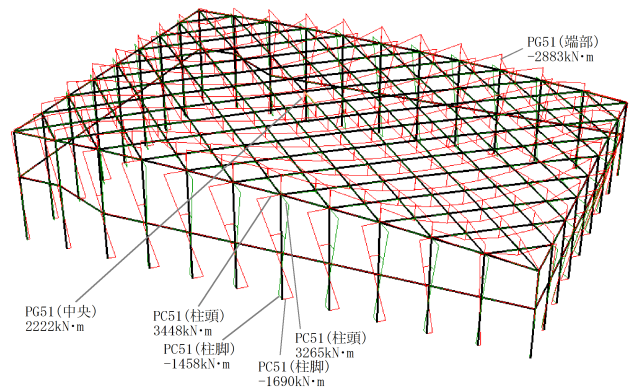


図-3 応力図 (D.L)

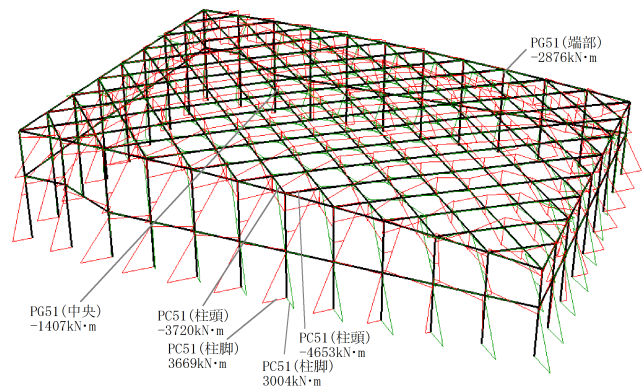


図-4 応力図 (プレストレス)

により算出した。荷重は別途計算されたプレストレス（つきあげ力、軸力、曲げモーメント）を、部材要素荷重としてそれぞれの要素に入力した。プレストレスによる応力図を図-4に示す。このプレストレスによる応力に、長期応力を重ね合わせて、①プレストレス導入時、②長期応力、③終局強度設計用応力を算出した。なお、地震時応力は耐震壁（ルート1壁量3倍）ですべて負担させるため、組合せからは省略している。

プレストレス導入時応力および長期応力におけるPC部材の縁応力度を計算し、導入時および長期のコンクリート許容圧縮応力度ならびに許容引張応力度を超えないことを確かめた。また、部材の終局耐力が、終局時設計用応力以上であることを確かめ、安全であることを確認した。

#### 4. 施工概要

##### 4.1 施工計画

図-5に施工フローチャートを示す。柱PC鋼棒と大梁PC鋼線を配線し、柱・梁コンクリート打設後導入時強度以上かつ材齢28日以上を確認後、柱PC鋼棒の緊張が完了してから、梁の緊張を行った。

まず、PC鋼棒を所定の位置に確実にセットするため、頑丈なPC鋼棒アンカー架台を柱脚に設置し、柱頭にはテンプレートをを使用した（写真-2）。柱は全部で38本あり、それぞれ8c~9c-φ40（SBPR1080/1280）のPC鋼棒（合計308ケーブル、37.9ton）を用いた。また、梁の配筋および配線がしやすいように、片側の梁側面の型枠を立て込まず、側面から作業を行った（写真-3）。PC梁は全部で28本あって、それぞれPC鋼より線6c-10-15.2φ（合計168ケーブル、73.8ton）を用いた。緊張ジャッキの重量が400kgあり、クレーンでつり上げ設置した。

##### 4.2 緊張順序の検討

PC梁のプレストレスの弾性変形は建物全体に影響を及ぼす。構造計算では、プレストレス導入時の検討は、全てのPC鋼材を緊張完了した状態について行っており、PC鋼材1本ごとの緊張あるいはPC梁ごとの緊張状態についての施工時解析は行っていない。本建物は大梁が交差しており、個々の緊張計画は、他の梁のプレストレスによる変形の影響を考慮して、緊張順序を決定した。1本の梁のみが軸変形して、隣接する梁との間のスラブにひびわれが発生するような状態は避けなければならない。一般的に、短いスパンの梁を緊張する時よりも、長い梁を緊張する時の方が他の梁への影響が大きい。今回の検討でも

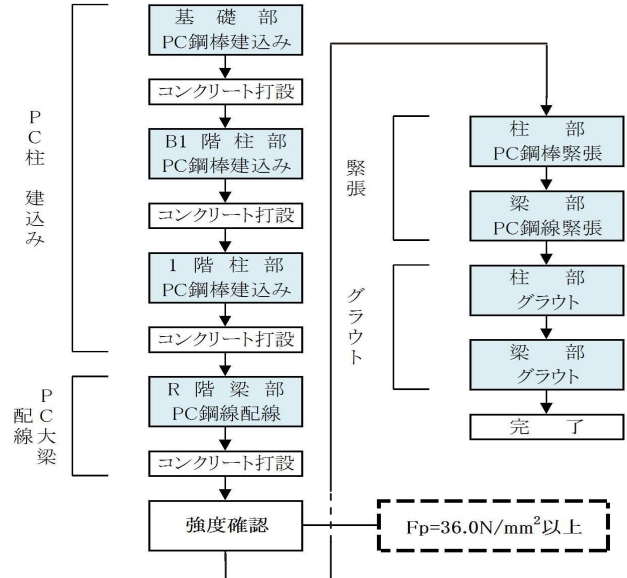


図-5 PC工程フローチャート



写真-2 PC鋼棒設置テンプレート



写真-3 シース施工状況

同様な結果となったため、長い梁から順に、対称に緊張する計画とした。1つの梁には1段あたり2本のPC鋼材が3段配置されている。1段ずつ全体の梁を緊張した後、次の段のPC鋼線を緊張し、まんべんなくプレストレスを導入させる計画とした。図-6に緊張順序(抜粋)を示す。PC大梁の緊張は約2週間で完了した。

### 4.3 床スラブ開口の検討

体育館の空間下半分が地下に埋まる計画であり、熱たまりの問題から排気設備のための開口が必要となり、その影響も検討している。全体設計は有効幅を考慮したT形梁のビーム要素としてモデル化を行って構造解析をしているため、スラブの開口による有効幅の影響および開口周辺の曲げ応力を検討した。また、大梁断面弱軸方向の曲げに抵抗するため、設計段階から腹筋はD19を用い、さらに柱にL2定着長を確保した。床開口による影響検討を行った結果、弱軸方向曲げモーメントはひび割れ耐力以内であったが、安全率の余裕を確保するため、開口周辺の大梁の腹筋本数を増やすなど、弱軸方向の曲げに対して補強を行った。

### 4.4 大梁たわみの実測値

施工中、および施工後の実際のたわみを測定し、解析による計算値との整合性を検証した。解析において最大を示す位置の床スラブを、レベルにて計測した。計測時期は、①コンクリート打設後(支保工存置)②プレストレス導入後(支保工解体中)③プレストレス導入後(支保工解体後)④仕上+積載後である。つまり①-③および①-④の値が実際のたわみとなる。③は、荷重としては躯体重量と施工荷重が作用している状態であり、緊張力としては、導入時から4週以上経っている状態である。表-2に計算値および計測から得られた、梁の最大たわみを示す。

支保工解体後の実測値によるたわみは最大13mm(スパンが約50mであり、変形角では約1/3800)であり、計算値のプレストレス導入時と設計時の弾性変形との値をとっている。コンクリートのクリープや乾燥収縮によるプレストレスの減退、コンクリートの剛性の減少を考慮すると、実測値は計算値の範囲内にあつて妥当と考えられる。また、施工後の仕上、積載荷重後のたわみは31mm(スパンが約50mで変形角は約1/1600)であり、計算値の設計時の弾性変形と長期たわみの間の値をとっている。実測値は計算値の範囲内にあつて妥当と考えられる。

## 5. おわりに

プレストレス導入の段階において、適正な緊張順序の設定など、施工段階に合わせた綿密な計画の策定と実施が行われた。施工後のたわみ実測においても、屋上の緑化荷重などの重量仕上げに対して、躯体完了時からの増加量が予測の想定内での変形レベルであることが確認でき、適正かつ緻密な施工が行われたことを証明できた。おわりに、建築主関係者を始め、PC造の設計・施工にあたり、ご尽力頂いた関係各位に感謝する次第である。

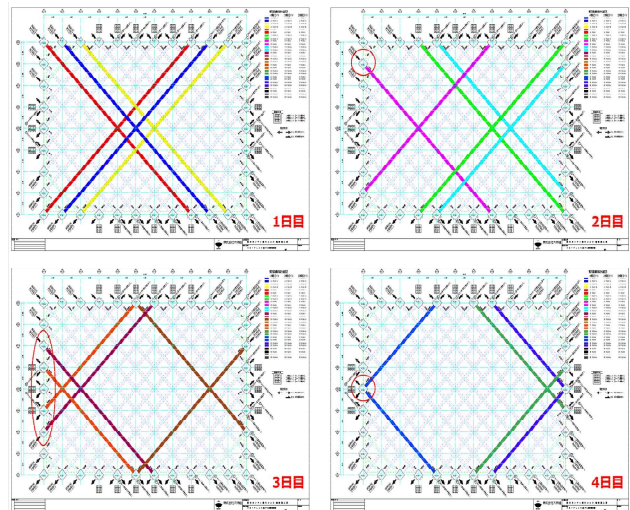


図-6 PC梁緊張順序施工計画(抜粋)

表-2 最大たわみ

	計算値	実測値	計算値	実測値	計算値
	プレストレス導入時	支保工解体後	設計時弾性変形	仕上積載後	長期たわみ
変位	-4.9mm	-13mm	-17.1mm	-31mm	-88.1mm
鉛直荷重	D.L	D.L	D.L	D.L	D.L
		+施工荷重	+仕上 +L.L	+仕上 +L.L	+仕上 +L.L
有効率η	1.0	-	0.85	-	0.85
変形増大率	1.0	-	1.0	-	5.1