

関西大学高槻ミュージズキャンパス 体育・厚生棟の設計・施工 — アリーナ床を構成するプレストレストコンクリート大梁 —

岡田 純一*1・岸本 光平*2・日下 哲*3・内藤 陽*4

関西大学高槻ミュージズキャンパス内にある体育・厚生棟の4階にアリーナがあり、アリーナの下階に一部プールがある。この部分にプレストレストコンクリート大梁（以下PC大梁と略す）を用いてアリーナの床を構成し、ロングスパン（24m）に対応している。PC大梁については、下階がプールである点やアリーナの振動性状を考慮して使用している。本稿では、このPC大梁の設計時の検討や実施施工に関する事例として紹介する。

キーワード：ロングスパン梁、床振動性状、耐久性

1. はじめに

JR高槻駅北東地区事業の一部である関西大学高槻ミュージズキャンパスは、小学校・中学校・高校・大学・大学院・生涯学習センターを一つの建物に併せもつ都市型総合教育施設であり、小中高一貫教育や高大の連携授業、小中高合同の運動会・体育祭、大学生による小学生へのクラブ指導など、多くの異世代交流プログラムがある。さらに、建物を一体化することで小学生が中学校の実験室や図書室を気軽に訪ねて行くような、日常の交流場面が自ずと生まれてくることが期待されている。このキャンパスでは、長い年月を過ごす子供たちのために、成長とともに変化するインテリアを創出し、すべての階が異なる平面をもつ「まち」のような建築を目指している。階段やオープンスペース、テラス、内部窓などの空間を連続させるアイテムを効果的に配置し風と光と高槻の豊かな風景を感じられる教育の場を構成している。

教室のある校舎棟とは独立した建物となる体育・厚生棟には、レストラン・武道場・屋内プール・アリーナを有しており、体育館と厚生棟の役割を果たす。災害時には地域の緊急避難場所として、約400人の1ヵ月間の生活を支える機能を備えるとともに、震災時においても防災拠点の役割を果たすために、十分な耐力・剛性を与えている。

本稿では、まず、建物の建築概要および構造計画概要を簡単に述べ、4階のアリーナを支えるPC大梁についての設計および施工について報告する。

2. 建築概要

写真-1にキャンパスの外観を、図-1に配置図を示す。体育・厚生棟の建築概要は下記のとおりである。

建築地：大阪府高槻市

建築規模：地上4階



写真-1 キャンパス外観



*1 Junichi OKADA

(株)竹中工務店 設計部
構造部門



*2 Kouhei KISHIMOTO

(株)竹中工務店 設計部
構造部門



*3 Tetsu KUSAKA

(株)竹中工務店 設計部
構造部門



*4 Akira NAITOU

(株)竹中工務店
西日本機材センター

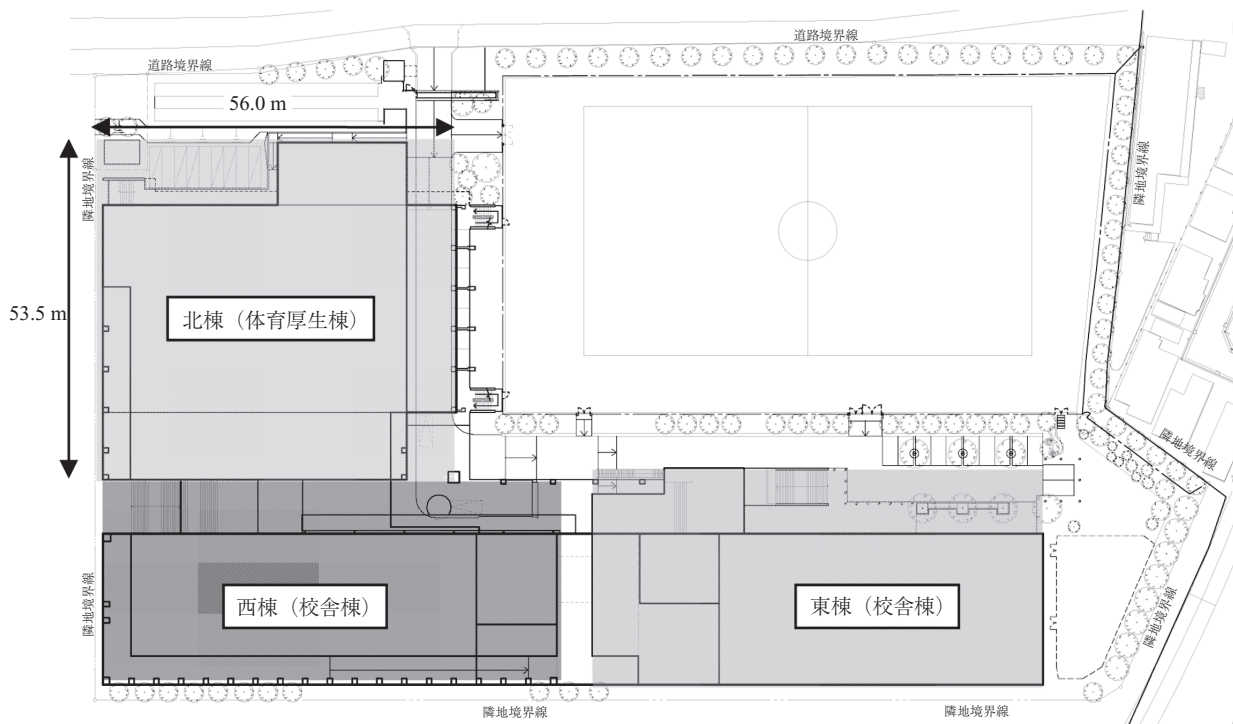


図 - 1 配置図

建築面積：2 932.83 m²

延床面積：8 781.23 m²

構造種別：RC 造

設 計：創美設計，竹中工務店

施 工：竹中工務店

高槻ミューズキャンパスは、校舎棟（東館，西館）と体育・厚生棟（北館）の2棟で構成される。校舎棟は東西方向150.4 m南北方向32.0 mであり，本稿で示す体育・厚生棟は東西方向56.0 m南北方向53.5 mであり，高さ25.9 mの4階建ての建物である。

3. 構造概要

体育・厚生棟の架構形式は，両方向とも耐震壁を有するラーメン構造である。体育館やプールを有することから，建物内に吹抜けを有する。基準スパンは東西方向は8.0 m，南北方向は6.5 mである。今回報告するPC大梁は東西方向の3スパンを無柱とするためのものであり，24 mのロングスパン梁である。スラブはハーフプレキャストの合成床版で，総厚さは300 mmとした。図 - 2～6までに代表平面および代表断面を示し，下記に代表断面および使用材料を示す。また，写真 - 2は室内プールを示し，写真 - 3はアリーナを示す。

- ラーメン架構代表断面

柱：720 × 720，大梁：380 × 700

PC大梁：800 × 2 000

- 耐震壁

壁厚190～450

- スラブ

ハーフプレキャスト合成床版245～300



写真 - 2 室内プール



写真 - 3 アリーナ

- 使用材料
コンクリート：Fc30
主筋：D19～D25 (SD345)，D29～D32 (SD390)
- 基礎形式
場所打ちコンクリート杭基礎
コンクリート：Fc30
鉄筋：D29 (SD390)

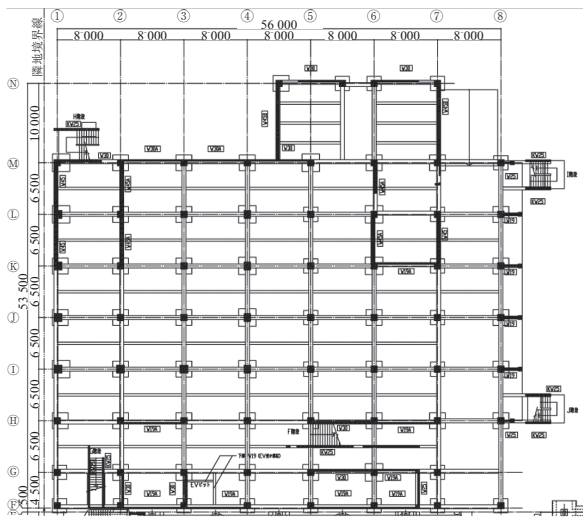


図 - 2 1階伏図

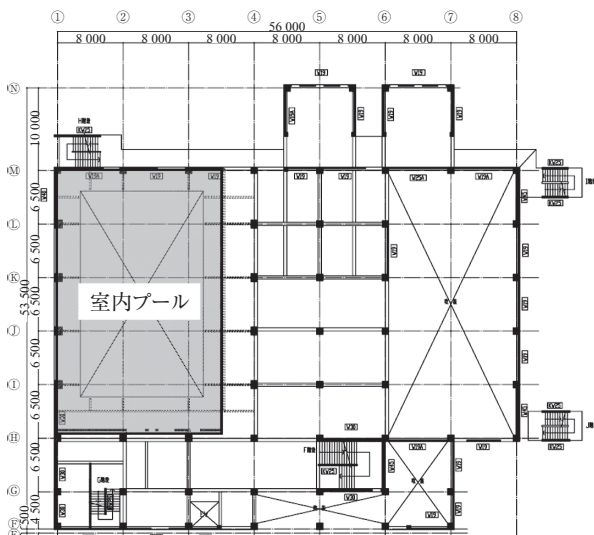


図 - 3 3階伏図

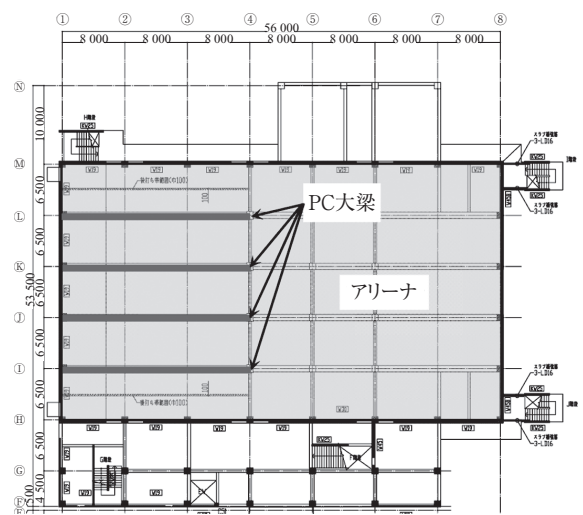


図 - 4 4階伏図

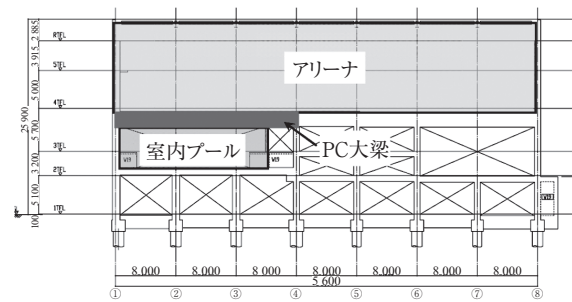


図 - 5 東西方向代表軸組図

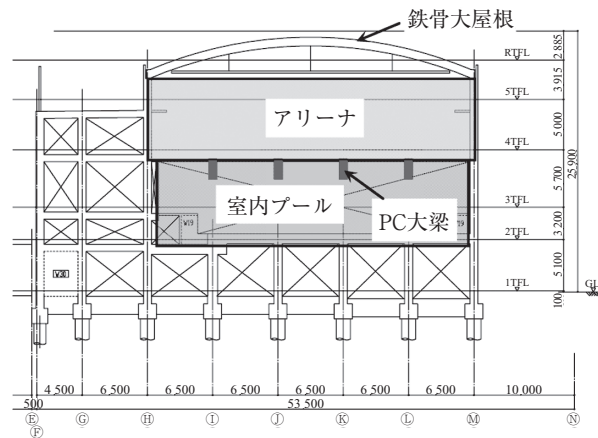


図 - 6 南北方向代表軸組図

4. 構造計画

4.1 全体構造計画概要

本建物は災害時の防災拠点であり、大地震後も建物機能を維持する必要があるため、耐震壁を多数配置し水平剛性を高め、地震時の層間変形角を小さくすることおよび、十分な耐力を有する建物として計画した。これらを実現する目標値として、中小地震の層間変形角を $1/1000 \text{ rad}$. 以下、大地震の層間変形角を $1/500 \text{ rad}$. 程度とし、保有水平耐力を必要保有水平耐力の 1.25 倍とし、設計を行った。本建物は、体育館やプールなどで吹抜け部分を多数有することから、耐震壁については、平面方向・鉛直方向の剛性のバランスをとりつつ、吹抜けに配慮して計画・設計を行った。アリーナの曲面屋根は、スパンは 32.5 m の鉄骨造である。梁のスラスト力は鉄骨水平部材（タイバー）の引張り力で処理する設計とした。

基礎は、杭基礎であり、GL- 18 m の 1 柱 1 杭の場所打ちコンクリート杭である。（杭直径： 1500 mm ）

4.2 PC大梁の計画

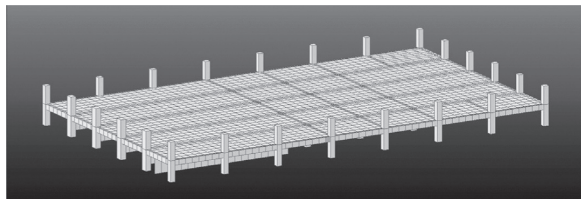
4階のアリーナの床を支える大梁の中で、下階に室内プールがある箇所については、スパンが 24.0 m である。下記の理由からこの部分の大梁にプレストレスを導入する設計とした。

- アリーナ床の鉛直方向の振動性能の確保
 - 下階プールの湿度および化学成分に対する耐久性確保
- 4階アリーナは体育館としての用途の他に、講堂として

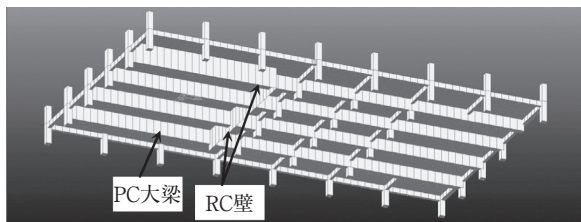
の用途も兼ねる大空間であるので、鉛直方向の振動性状についての配慮が必要となる。鉛直方向の振動性状の把握については、FEM解析により4階床の固有値解析を行い、PC大梁の固有モードの固有振動数を確認する方法を採用した。また、下階に室内プールがあるため、プールからの水蒸気や消毒用の塩素など化学成分が空間内に存在することが想定されていたので、大梁中央下端の引張り側の応力度をコンクリートの許容引張応力度以下となるように導入軸力を決定した（Ⅱ種パーシャルプレストレッシング）。

(1) アリーナ床の固有値解析

アリーナ床の鉛直方向振動性状を把握するために、FEM解析プログラムを用いて固有値解析を行った。図-7に解析モデル図を示す。モデルはスラブ・壁は平板シェル要素とし、梁は線材でモデル化している。梁については、梁とスラブのレベル差による影響が適切に評価されるように位置をオフセットした。PC大梁は同じ断面のRC部材でモデル化しており、プレストレス力は解析モデルには考慮していない。下階のプールには構面外に鉄筋コンクリート構造の壁がある。これは、大梁の振動モードに影響すると予想されたので、平板シェル要素によってモデル化を行った。支持条件は、反曲点となる柱および壁の階高の中央部分でピン支持とし、質量は各部材の自重、仕上げ荷重、積載荷重（地震用）の合計の値とした。



(a) モデル上面



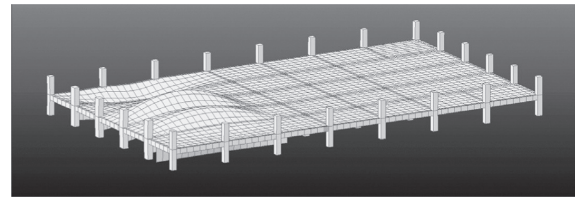
(b) モデル下面

図-7 固有値解析モデル図

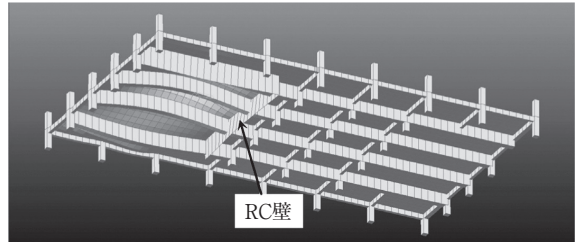
図-8にアリーナ床の固有モードを示す。このモードの固有振動数は約10 Hz (9.8 Hz)であった。モード図から下階の鉄筋コンクリートの壁が大梁の振動スパンを低減し、振動性状を改善していることが判明した。図-9に同荷重時の鉛直変形を示すが、大梁自体は弾性解析で約3 mm程度、変形角で約1/8 000 rad.であった。なお、設計の目標値の設定に際しては、同様なロングスパンを有する既存のSRC造の体育館の床の固有振動数（約10 Hz）を参考とした。

(2) PC大梁の設計について

今回のPC大梁については、建物が保有水平耐力時の層

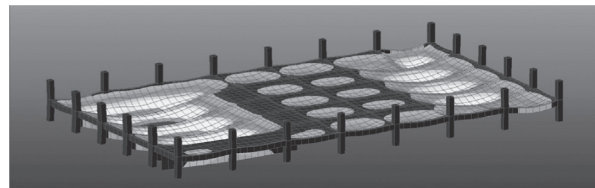


(a) モデル上面

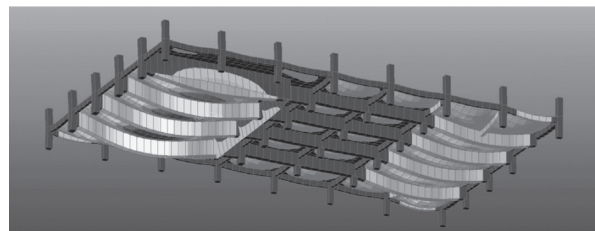


(b) モデル下面

図-8 アリーナ床の固有モード



(a) モデル上面



(b) モデル下面

図-9 アリーナ床の変形図

間変形角 (1/500 rad.) では曲げ塑性ヒンジは形成されない。PC大梁は長期荷重時および終局強度の設計を行った。PC力導入により発生する不静定2次応力などは、本体の設計モデルに考慮して、周辺の柱や壁への影響確認を行った。図-10にPC大梁の断面を示す。PC鋼線はPC鋼より線径φ15.2 (SWPR7BL)を16本を1セットとして、大梁に対し、2セット配置した。梁の腹筋は2-D22 (SD345)を5段配筋している。これは、施工上1ケーブルずつ緊張するため、PC大梁の弱軸に生じる偏芯曲げ応力に対して設計および配筋した。

中央の長期荷重時の引張応力度は4本とも、コンクリートの許容引張応力度の9割程度であり、大梁の下端にひび割れに発生を防止し、水蒸気・化学成分についての耐久性を確保した。

○ 特集 / 工事報告 ○

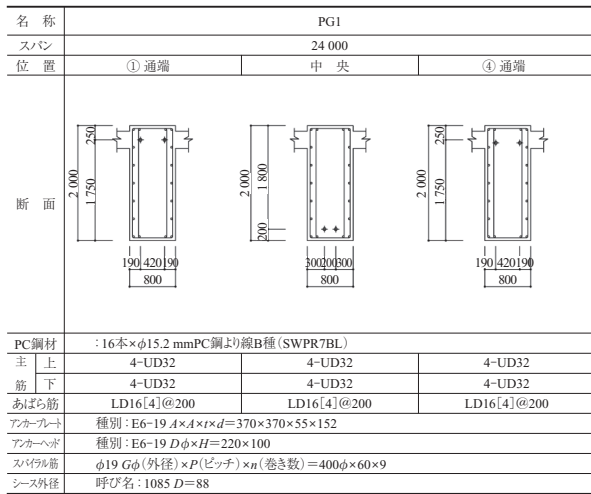


図 - 10 PC 大梁の断面

5. 施工の実施

今回はポストテンションにより梁に軸力を導入した。施工フローを図 - 11 に示す。また図 - 12 に PC 鋼線の配線計画図を示す。④ 通り側を固定端、① 通り側を緊張端とした。PC 工事においては PC 鋼線を計画図どおりの位置に据付することが必要である。とくに固定端・緊張端には支圧板、らせん鉄筋などの金物を柱梁接合部にセットする必要があり、鉄筋の納まり検討に加え、実際に作業を行う作業員との据付手順の打合せを入念に行うことが施工管理上のポイントとなる。

今回は PC 鋼線のセットを梁配筋前に行う手順とした。PC 鋼線の位置決め用いた架台を写真 - 4 に示す。架台をガイドとして、シース管をセットし、位置決めを行った(写真 - 5)。シース管内への PC 鋼線を挿入し(写真 - 6, 7)、梁配筋を行う。配筋完了後シースのレベル確認を再度行い、鋼線挿入および梁配筋の際にシースを傷めていないか確認することも重要であった。固定端、緊張端を納め

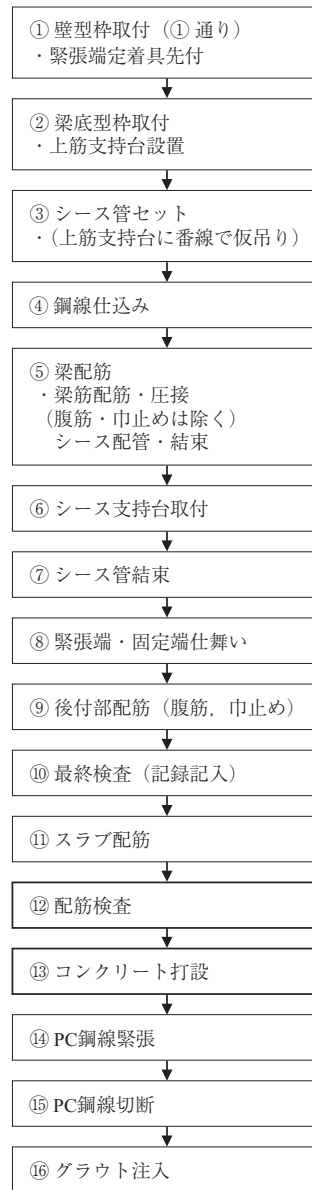


図 - 11 PC 工事施工フロー

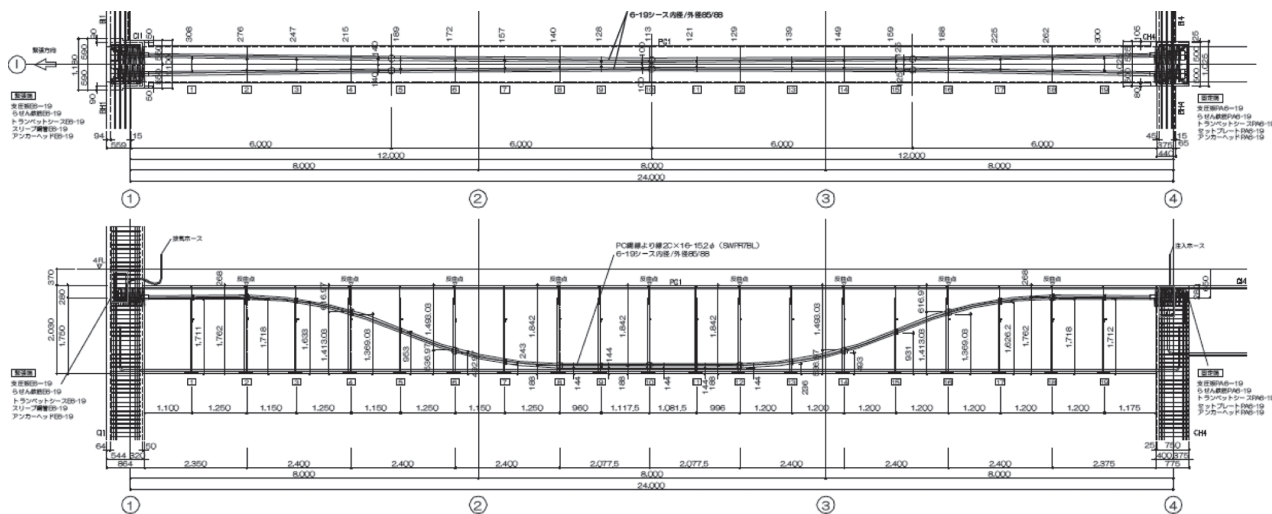


図 - 12 PC 鋼線の配線図



写真 - 4 PC 鋼線用仮設架台



写真 - 7 PC 鋼線配線



写真 - 5 PC 鋼線用シース管配置



写真 - 8 配筋後の様子



写真 - 6 PC 鋼線配線



写真 - 9 緊張工事の様子

(写真 - 8) スラブ配筋を行ったあとに、コンクリート打設を行った。コンクリートが所定の強度を発現した後に PC 鋼線の緊張作業を行う (写真 - 9)。緊張作業では、導入張力と鋼線の伸びが管理値内にあることを確認し、シース管内のグラウト充てんを行い、施工が完了した。

今回の施工においては、建物の耐震壁が多いことが特徴としてあげられる。ポストテンション工法による軸力導入

を行う際に、大梁に軸力が作用することが重要となる。そのため、緊張工事を行う前のコンクリート打設の段階では図 - 13 に示す後打ち帯 (幅 100 mm) を設け、この部分のコンクリートは打設せずに緊張工事を行い、梁に軸力導入後、後打ち帯を施工する。この方法により、耐震壁への軸力の移行を防ぎ、梁に軸力を導入する計画とした。

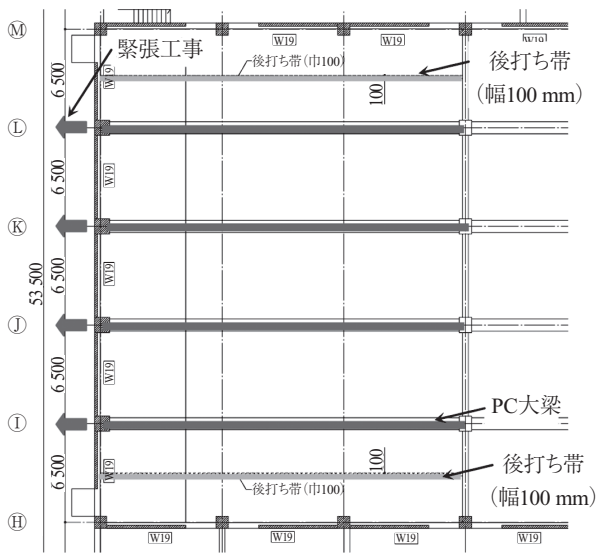


図 - 13 PC 工事の施工範囲

6. ま と め

高槻ミュージックキャンパスの体育・厚生棟の4階アリーナ床を構成するPC大梁の設計・施工についての報告を行った。24.0 mのロングスパン梁であるので、振動性状などに配慮し設計とともに、確実に梁に軸力を導入できる施工方法を採用した。最後に本建物の設計および施工において、ご指導・ご協力いただいた皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

【2011年4月28日受付】



図書案内

National Report

The Third *fib* Congress 2010
Washington D.C. USA (英・和文併記)
2010年5月

頒布価格：定 価 6,000 円／送料 500 円
：会員特価 5,000 円／送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会