

土管のゲストハウス —PCa ボックスカルバートによる居住空間の創出—

株式会社 北條建築構造研究所 多田卓二

1. はじめに

本建物は、2階建てのプレキャスト・プレストレストコンクリート造で、4本の筒状ボックスカルバートで構成され、ボックスカルバート内部および大判ガラスで囲まれた中央の吹抜け部分に居住空間を創出したものである(写真1)。建築主・意匠設計は、家具やアート作品などのデザインを手掛ける会社であり、年々増え続けていく作品やサンプルを保管・展示し、宿泊機能を備えることでゲストハウスとしても利用できる建物として計画された。

建築地は、長野県北佐久郡御代田町で、軽井沢駅から西へ車で約20分の浅間山を望む立地で、周辺はアカマツが生い茂り、敷地のすぐ横に小川が流れる静かで自然豊かな環境である(写真2)。



写真2 上空写真



写真1 竣工写真

2. 建物概要

本建物の概要を以下に示す。

建築主・意匠設計：(有)nendo

建築用途：作品保管庫 兼 ゲストハウス

建築地：長野県北佐久郡御代田町

規模：地上2階

構造種別：プレキャスト・
プレストレストコンクリート造
一部鉄骨造（屋根）

建築面積：284 m²

延床面積：301 m²

建物高さ：6.1m

竣工：2022年7月

構造設計：(株)北條建築構造研究所

設備設計：(有)ZO設計室

施工会社：(株)新津組

PC工事：(株)ピーエス三菱

3. 意匠コンセプト

当初の意匠コンセプトは、単純にボックスカルバートのピースを並べて、内部を倉庫として利用し、将来的に収

めるものがあれば継ぎ足せばよいというものであった。しかし、湿気対策として空調が必要であり、気密性を確保するにはただ並べるだけでは成立しないことから、しっかりとした建築物とすることが求められた。

こうした経緯により、4本のボックスカルバートを井桁状に組むデザインに至り、その中央部に鉄骨屋根をかける計画となった(図1)。1階には約40mの細長い作品保管庫のほか、キッチンや浴室、トイレ等の水回り、2階には寝室と書斎が配置されている(図2、3)。

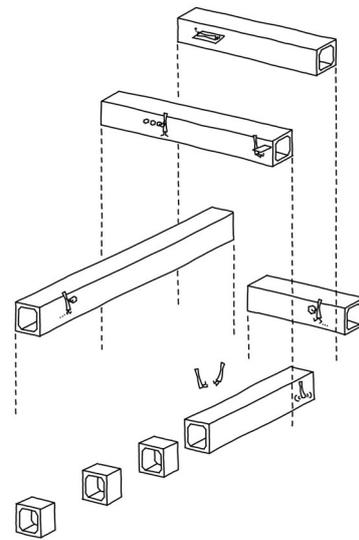


図1 意匠コンセプト

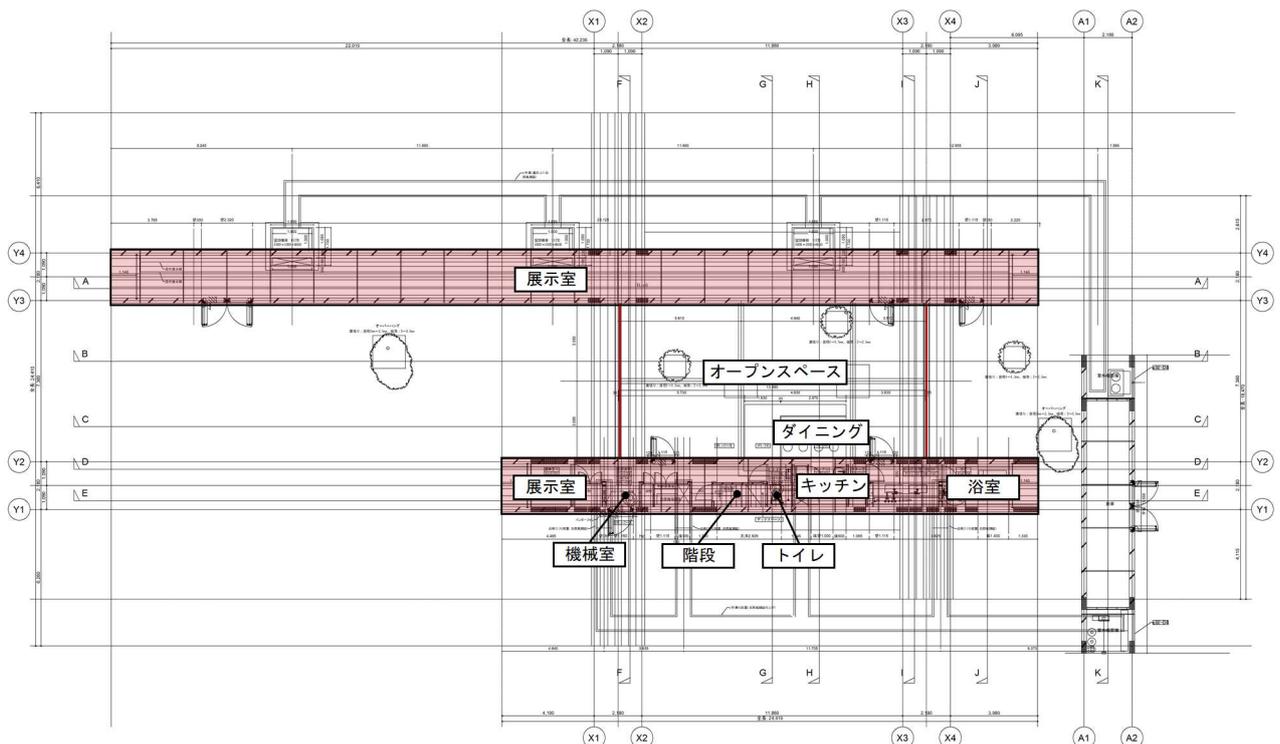


図2 1階平面図

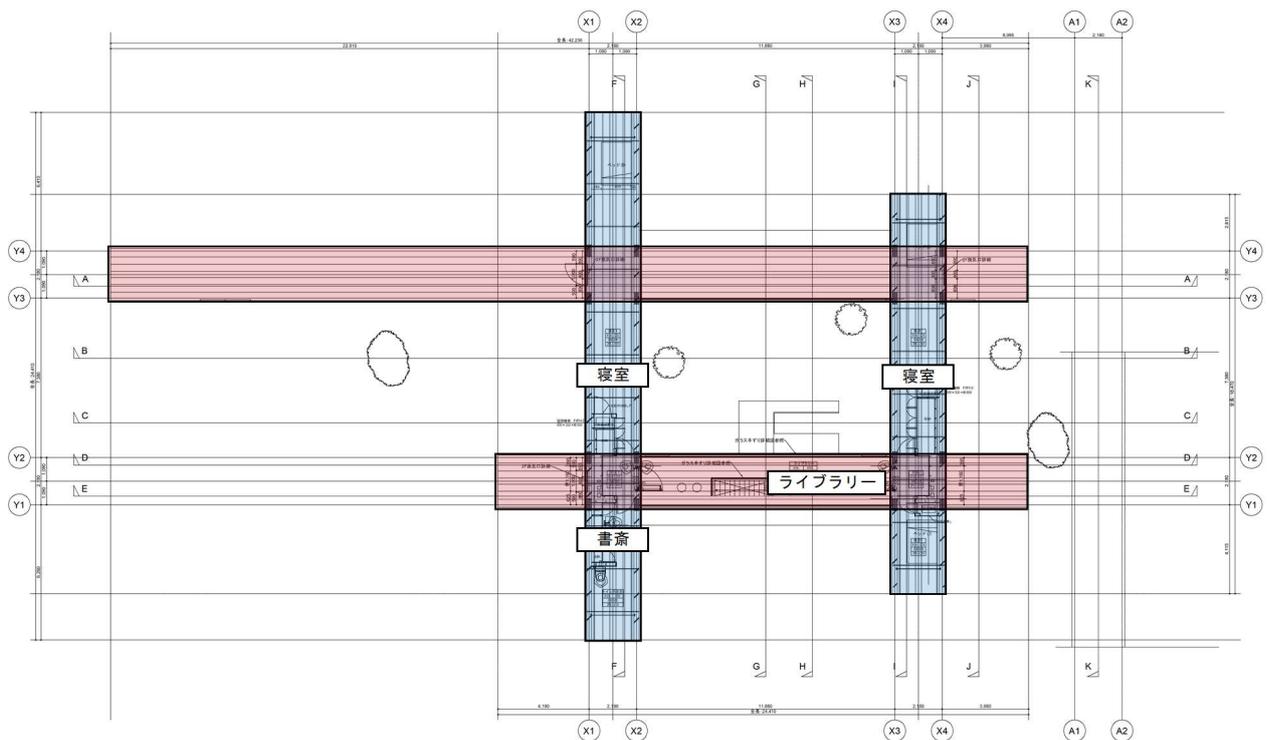


図3 2階平面図

4. 構造計画

意匠コンセプトを受けて、まずプレストレスにより各ピースの一体化を図る計画とした。各ピースについては、土木で使用される既製品を採用することを検討したが、一般確認申請(ルート3)を適用するために、柱および梁配筋を内蔵した PCa 部材を新規に製作した(図4)。現場において PC 鋼より線または PC 鋼棒で各ピースを圧着させることで、PCa 部材間を連続する鉄筋は設けない計画とした。

上部構造は、柱および梁を内蔵した 63 個のピースにより構成した。ボックスカルバートを構成する柱、梁、壁および床の部材せいはすべて 250mm とし、各ピースの大きさは約 2.5m 四方で、搬入可能な重量約 12t から決定した(写真3)。

PCa 造を採用した理由として、意匠コンセプトの実現や積雪により冬季に施工ができない地域であるため現場での工期を短縮する狙いがあるが、部材せいが 250mm と小さく配筋が非常に密となるため、精度の観点からも現場打ちより、PCa 造が適していると判断した(図5)。

基礎はベタ基礎または独立基礎による砂礫層を支持層とする直接基礎とし、一部浅層混合処理工法による地盤改良を施した。

基礎および基礎梁は現場打ちコンクリート造とし、桁交差部の軸力が大きい部分については、基礎を広げて不同沈下に配慮した(図6)。

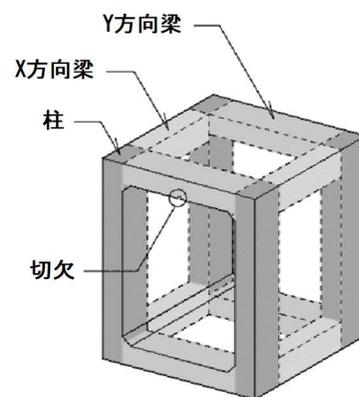


図4 部材構成



写真3 搬入状況

1階柱		2階大梁		
仕口部帯筋	D6 3-@75	断面		
断面		$F_c=54 \text{ N/mm}^2$	BxD	500x250
$F_c=54 \text{ N/mm}^2$		上端筋	7-D16	
主筋	16-D16 (SD345)	下端筋	7-D16	
帯筋	D6 3-@75	あばら筋	D6 3-@75	
仕口部帯筋	D6 3-@75	腹筋	-	

図5 断面リスト

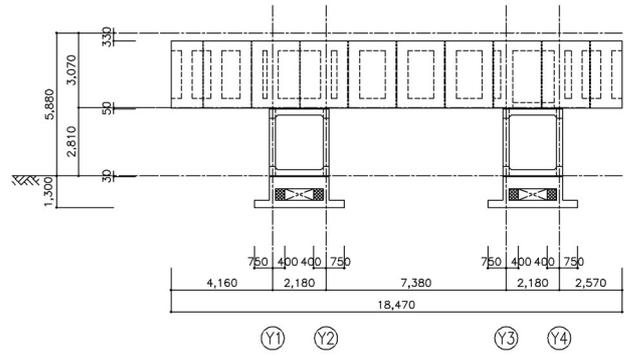


図8 軸組図

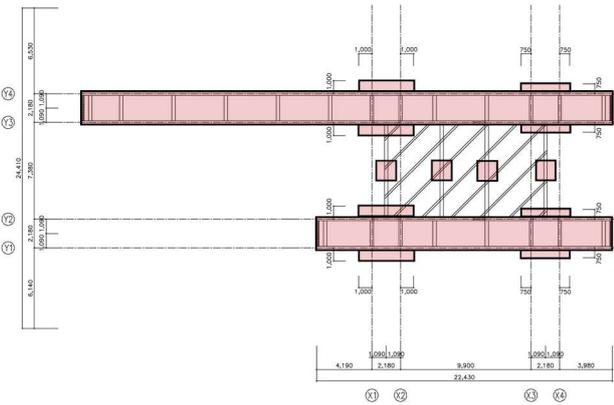


図6 基礎伏図

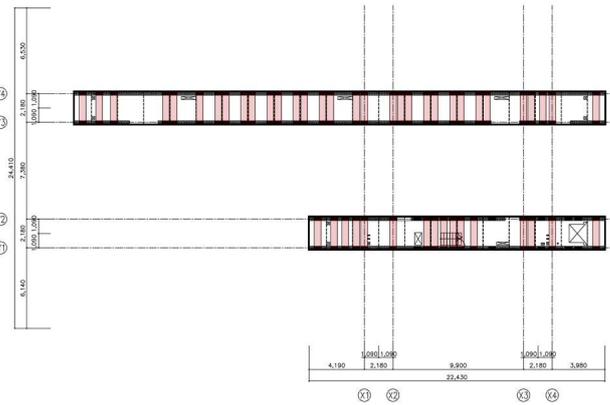


図9 1階床伏図

5. 構造設計

構造計算は、各ピースに内蔵した柱および梁を線材置換したモデルにより行った(図7)。架構形式は、純ラーメン架構または耐震壁を有するラーメン架構で、各方向において上下階で架構形式が異なる(図8)。保有水平耐力の検討にあたっては、各方向、各階ともにDS=0.55として、純ピロティ架構となる方向については、1階の全体崩壊形を確認して Q_{un} 分布にて保有水平耐力の算定を行い、応力が集中する桁交差部には柱および梁を密に配置した(図9、10)。

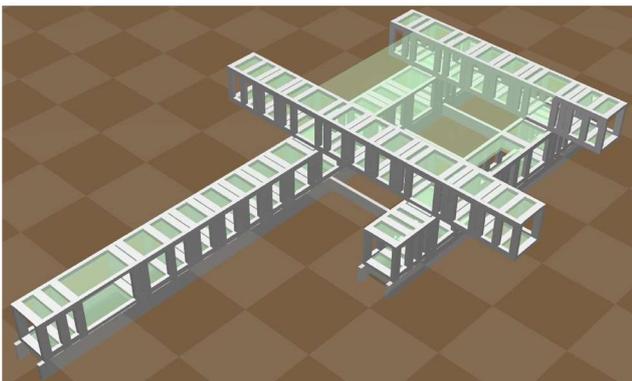


図7 解析モデル

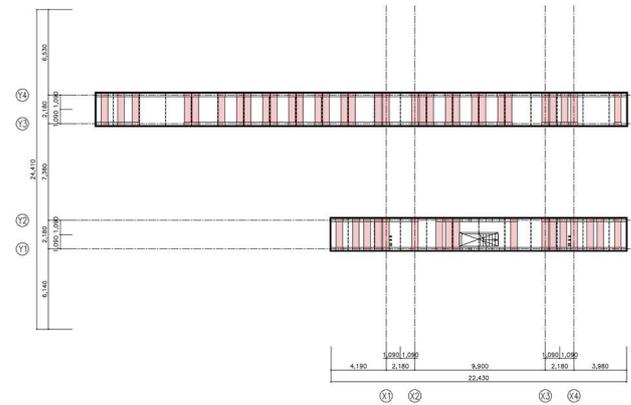


図10 1階屋根伏図

また、ボックスカルバートの入隅部分にはハンチを設けて、大梁主筋の水平定着長を確保するとともに柱梁接合部の検定を満足させた(図11、写真4)。

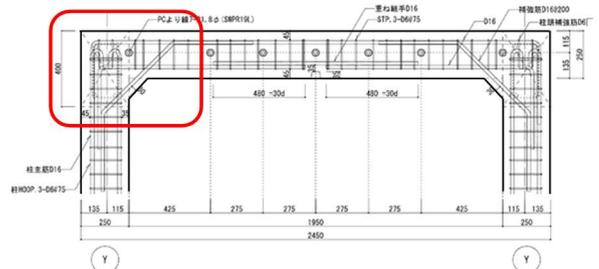


図11 配筋納まり図



写真4 ボックスカルバート断面

隣接する PCa 部材同士は PC 鋼より線または PC 鋼棒により圧着させているが、壁部材のせん断耐力は圧着面の摩擦耐力以上とならないため、RC 造耐震壁のせん断耐力式が適用できず、均一な圧縮応力度とすることが求められた。プレストレスにより生じる圧着面の圧縮応力度を壁および床の開口を考慮して把握する必要があるため、PC 鋼材による圧縮力の偏りを少なくするための配線計画が必要であった。

床内に PC 鋼より線を配置することを基本とし、床開口がある場合は壁内に PC 鋼棒を配置した(図 12)。

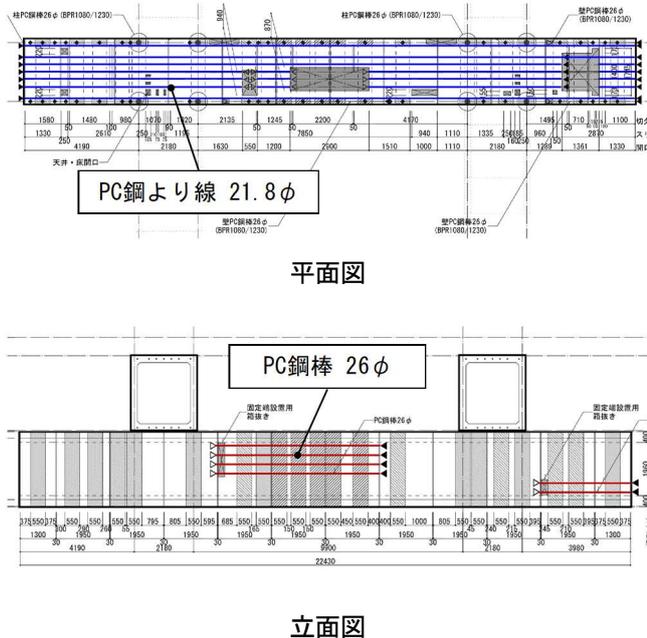


図 12 配線図

6. 上下階接続部

1 階と 2 階は井桁交差部の 4 箇所ではしか接していないため、地震時において 2 階が負担する水平力を安全に 1 階に伝達する機構が課題であった(図 13)。

そこで、井桁交差部における上下階の PCa 部材同士は、柱内の PC 鋼棒に加えて、床に配置した鉄筋により接合し、PC 鋼棒のプレストレス圧着による摩擦抵抗力と鉄筋によるせん断抵抗力により、水平力伝達が可能であることを確認した。部材間には無収縮モルタルを充填している(図 14)。

1 階の PCa 部材と基礎梁は鉄筋により緊結し、柱または壁が負担している引張力およびせん断力が鉄筋を介して基礎に伝達可能であることを確認した。

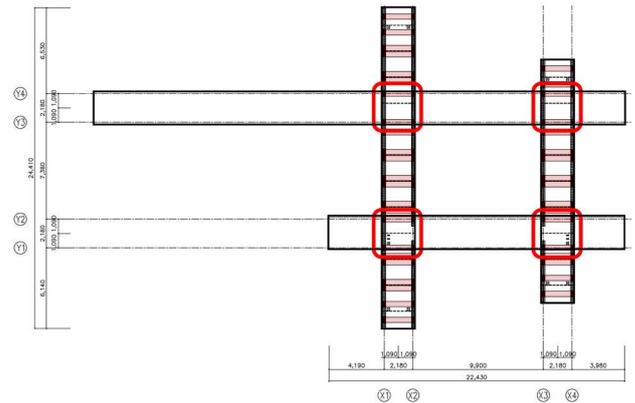


図 13 2階床伏図

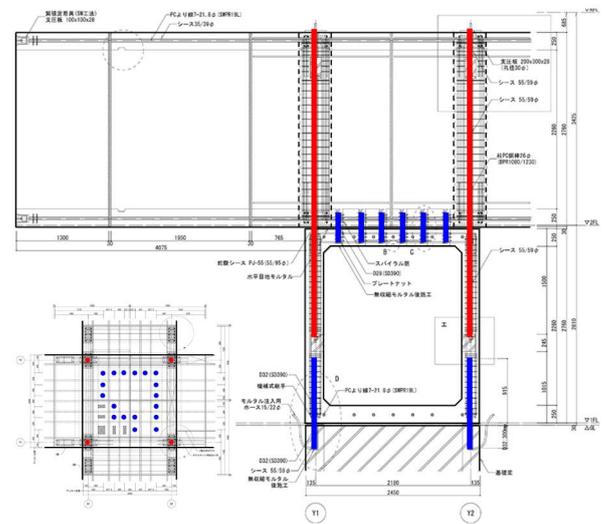


図 14 上下階接続部

7. 片持ち部

最大で約 6.5m となる 2 階の片持ち部分について、地震時の上下動により井桁交差部に生じる応力および変形を把握するために FEM 解析を行った(写真 5、6、図 15)。

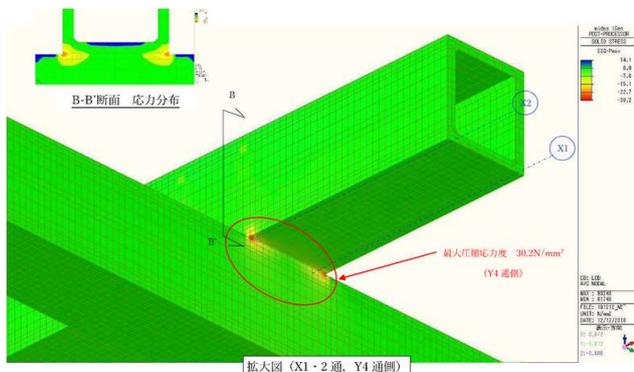
また、片持ち部分に水平力が作用した場合に上下階接続部に生じるせん断力および曲げモーメントに対して構造安全性に問題ないことを確認した。



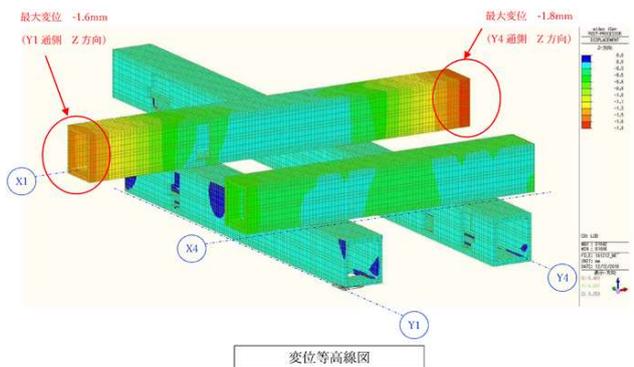
写真5 片持ち部



写真6 架設状況



応力図



変位図

図15 FEM解析

8. 鉄骨屋根

中央の吹抜け上部には鉄骨屋根を採用し、外周部を薄く見せたいという意匠要望に応えるために変断面のH形鋼をX型に配置した(図16、17、写真7)。

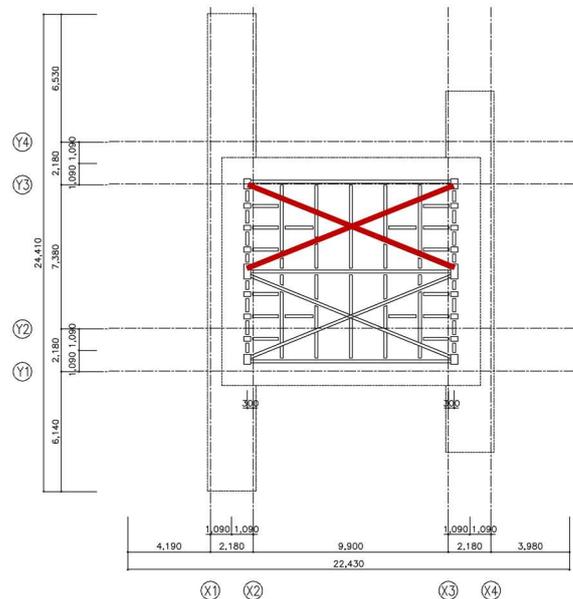


図16 屋根伏図

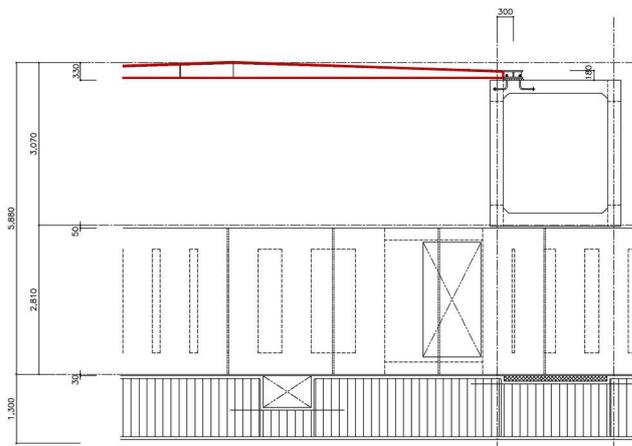


図17 断面図



写真7 鉄骨屋根

9. 施工概要

敷地が狭く、周辺のアカマツを極力残すことに配慮したため搬入経路に制限があり、設計段階からクレーン配置および架設順序を検討し、その施工手順をPC鋼材の配線計画に反映させた(図18)。図中の赤枠が1階、青枠が2階のPCa部材を示す。



図18 架設計画

施工時のPCa部材の建て起こし、架設状況および緊張状況を示す(写真8、9、10)。部材内の緊張にはスペースに限りがあるため、ボルトテンショナーを採用した(写真11、12)。



写真8 建て起こし



写真9 架設状況



写真10 緊張状況(通常ジャッキ)



写真13 上空写真



写真11 緊張状況(ボルトテンショナー)



写真14 外観



写真12 ボルトテンショナー



写真15 内観(吹抜け部)

10. おわりに

本建物は、2022年7月に無事竣工を迎えた。形状としては4本のボックスカルバートで構成するシンプルな発想でありながら、個性的な建物が完成した(写真13、14、15、16)。

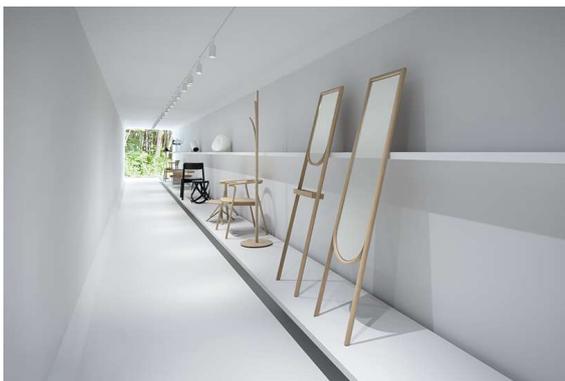


写真16 内観(ボックスカルバート内)