

PCaPC 造梁と S 造梁を接続させたハイブリッド梁の設計・施工

— 日亜化学工業諏訪技術センター —

東京建築支店	PC 建築部	高橋基之
東京建築支店	建築設計部 PC 設計グループ	今村雅泰
東京建築支店	PC 建築部 PC 工事グループ	中澤和崇
東京建築支店	PC 建築部 PC 工事グループ	早川諒

概要： PC 造の特長を活かし、PCaPC 造梁と S 造梁を接続したハイブリッド梁とすることで、空中に浮遊したダイナミックでシンボリックな建物を実現した。また、本工事では躯体をブロック分割した PCa 部材とすることによって、敷地条件に対する課題を解決すると共に、寒冷地における躯体工事において、施工効率や品質の向上、および省人化を図った。以上の功績が認められ、本建物は平成 28 年度プレストレストコンクリート工学会賞作品部門を受賞している。

Key Words： ハイブリッド梁，寒冷地での施工，省人化

1. はじめに

本建物は LED に関して世界のトップシェアである日亜化学工業（株）の 60 周年を記念した建物として、長野県諏訪湖北東岸に建てられた。研究者たちが自然豊かな地域環境のなかで、良好な研究環境づくりと知的生産性を向上させることを目的として、空中に浮遊したダイナミックでシンボリックな技術センターを創造した（写真-1、および写真-2）。躯体にはプレキャスト・プレストレストコンクリート造（以下、PCaPC 造）を採用することにより、構造部材数と断面を最小限とした。また、2 棟の PCaPC 造による建物を鉄骨梁（以下、S 梁）にて接続しており、異種構造を適材適所に組合せることで、建物自重の軽減ならびに、寒冷地での施工効率や品質の向上、および労務者の不足を改善した。



写真-1 外観写真



写真-2 内観写真



高橋基之



今村雅泰



中澤和崇



早川 諒

2. 建築概要

2.1 建築計画

建築計画におけるデザインコンセプトは、「良好な研究環境づくり」および「知的生産性の向上」であった。そのため、周囲の豊かな自然環境を取り込むため、執務室を諏訪湖の眺望が確保できる2階に設けた。執務室を2階にワンフロアとして集約することで、研究者たちが相互に関係性をもてる空間を構築した。1階の④～⑦通り間は、敷地を南北へと抜ける外部空間として使用され、周囲の自然環境と繋がるように解放されたピロティ形式を採用した。

建物名称：日亜化学工業諏訪技術センター	用途：技術センター
建築主：日亜化学工業株式会社	建築面積：2,625.44m ²
設計者：株式会社竹中工務店	延床面積：4,002.86m ²
施工者：株式会社竹中工務店	建物規模：地下1階，地上2階
PC工事：株式会社ピーエス三菱	最高高さ：15m
所在地：長野県諏訪郡下諏訪町	構造種別：PCaPC造，RC造，S造

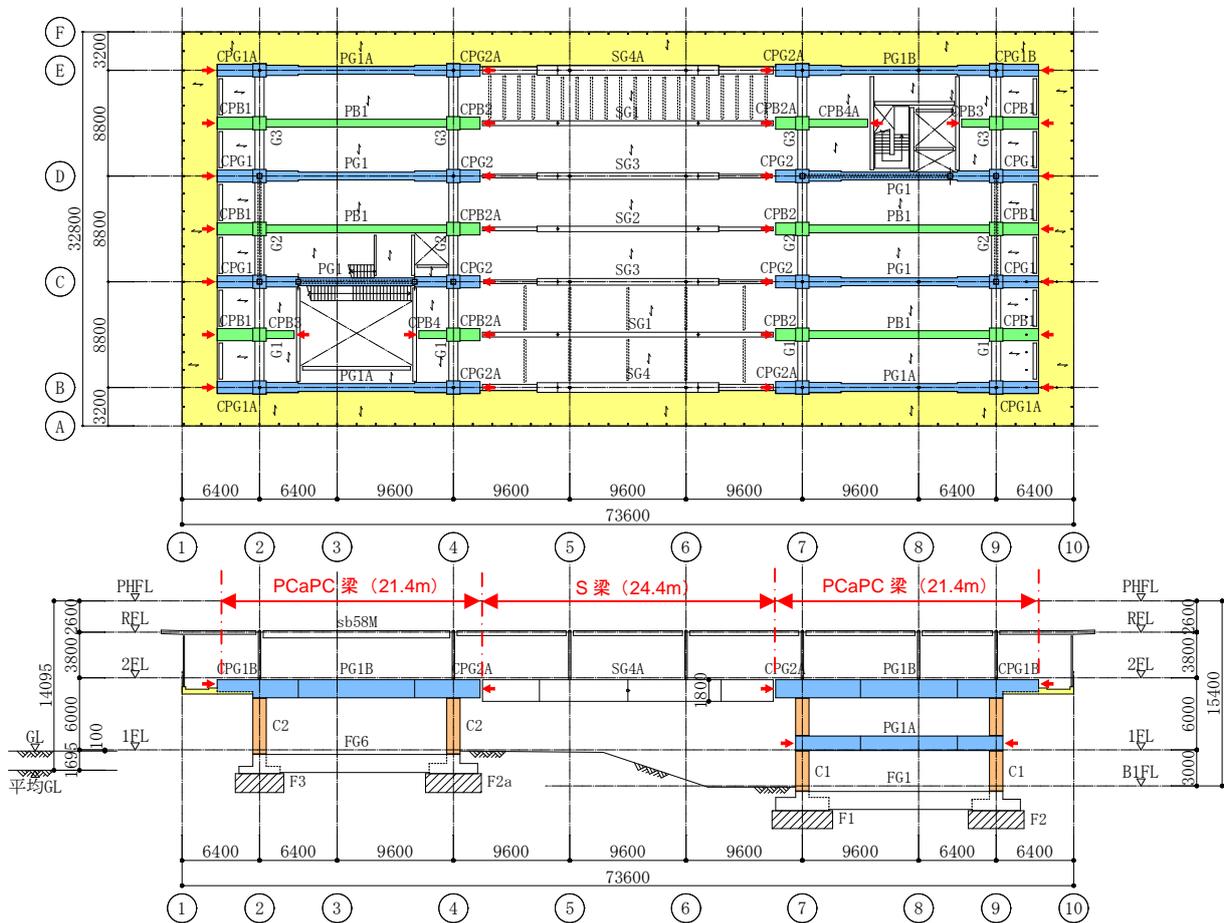


図-1 基準階伏図および軸組図

2.2 構造計画

基準階伏図および軸組図を図-1示す。

空中に浮遊した建物を実現するため、2階に設けられた執務室は開放的で軽快なイメージとした(写真-2)。また、執務室を支持するB1階および1階は、東西に分けられた2棟のコアで構成した。

構造計画として、2棟のコアは部材数を減らし断面を最小にすることで、フレキシブルな空間を実現するために、PC造を採用することとした。また、2階では東西のコアを結ぶ④～⑦通り間を全長24.4mのS梁とし、建物自重の軽量化を図った。PC梁とS梁とはピン接合とし、ゲルバー橋の考え方を採用することで、大スパン架構を構築した。また、冬期での施工が予想されたことから、寒冷地における現場作業を軽減する

ため、PCaPC造とすることを決定した。

柱は $D_x \times D_y = 1,100\text{mm} \times 1,100\text{mm}$ の RC 造による PCa 部材とし、モルタル充填式機械式継手（スプラインスリーブ）を用いて上階の柱と接続した。

PC 梁の設計では架構を構築するために、以下の 3 項目について解決する必要があり、その解決策として PC 圧着レンコン方式が最適であると判断した。

1) 曲げ応力に対する設計

②および⑨通りから両側に跳ね出した PCaPC の片持ち梁は、外周に設けられた跳ね出し長さ 6.4m の片持ちスラブによる応力が作用する。また同様に、④および⑦通りにおいても、東西のコアを結ぶ S 梁による曲げ応力が作用する。そのため PCaPC 梁は、柱梁接合部と片持ち梁を一体化したレンコン部材とすることで、②、④および⑦、⑨通りの危険断面の曲げ応力に対する設計において、PC ケーブルだけではなく梁主筋も曲げ抵抗要素として期待できた。

2) 不静定応力からの解放

一般的に、PC 梁のプレストレスによる不静定応力は、柱では長期応力を相殺する方向に生じるため、柱の設計では有利となる。本建物では 2 階の床部分を床下空調など設備用のスペースとして用いるため、PC 梁は逆梁としている。そのため設計段階において、プレストレスによる不静定応力が、柱の長期応力を増大させる方向に生じた。この問題を解決するために施工手順を検討し、柱部材とレンコン部材の目地を施工する前に、PC ケーブルを緊張することにより、不静定応力を生じさせない設計とした。

3) 部材重量の制限

全長 21.4m（重量 65t）の PCaPC 梁は $B \times D = 650\text{mm} \times 1,500\text{mm}$ の断面が必要であり、計画段階より敷地が狭く大きな重機を使用できないこと、また搬入路において部材重量の制限（重量 25t 以下）があった。その制限を解決するため、PCaPC 梁は 3 ブロックの分割部材とし、現場にてポストテンション方式により圧着接合した。

Y 方向の桁梁については、スパンが 8.8m であり比較的スパンが短いことや、当初は耐震壁を設ける計画であったため、場所打ち RC 梁として計画した。

2 階より上部構造は S 造とし、開放的な執務室を実現するとともに、下部構造の負担荷重を低減した。

3. 工事概要

3.1 PCa 部材の製作

部材の形状、および配置は図-1に示すとおりである。また、部材数量表を表-1に示す。

表-1 部材数量表

階-工区	部位	部材数 (P)	部材重量 (t)	総重量(t)
B1F-東	柱	8	7.75~10.04	63.96
1F-西	柱	8	14.16~15.05	115.71
1F-東	柱	8	9.52~10.16	78.72
1F-東	PG梁	12	9.91~20.05	162.42
2F-西	PG梁	12	15.80~24.13	236.26
2F-西	PB梁	8	13.70~19.34	130.22
2F-東	PG梁	12	15.80~24.13	236.26
2F-東	PB梁	9	4.6~19.34	135.33
2F-東	床	11	5.06~ 8.51	63.22
2F-西	床	11	5.14~ 8.51	68.63
2F-南	床	12	4.73~ 6.27	60.21
2F-北	床	12	4.72~ 6.27	59.89

PCa部材の製作は、PCaPC梁部材をピー・エス・コンクリート(株)茨城工場、PCa柱部材を川岸工業(株)筑波工場、PCa床部材を(株)ヤマックス埼玉工場にて行った。

PCaPC梁部材は柱梁接合部が一体化したレンコン部材として、型枠数の転用を考慮して大梁(PG)と小梁(PB)の部材が同じ形状となるよう設計時に配慮した。

PCa柱部材は、1層目の部材に意匠として東西面に突起形状が設けられているため(写真-3)、打設方向を北面側に統一した。

PCa床部材は隅部の片持ち床部材が6.4m×3.2mと大きく、また2辺に立ち上がりが設けられている。そのため、脱枠時に部材が傾くことから、特殊な治具を用いて脱枠を行った。なお、この治具は部材の建て方時にも使用した(写真-4)。



写真-3 柱部材の突起形状



写真-4 PCa床部材吊り治具

3.2 PCa 部材の建て方

架設計画図を図-2に示す。

敷地条件として、施工現場前の搬入路に架かる橋の耐荷重量が25tであること、敷地の南側に中央本線が敷設されていること、また、東西の敷地に3mの高低差があることが、PCa部材の建て方計画で解決しなければならない課題であった。

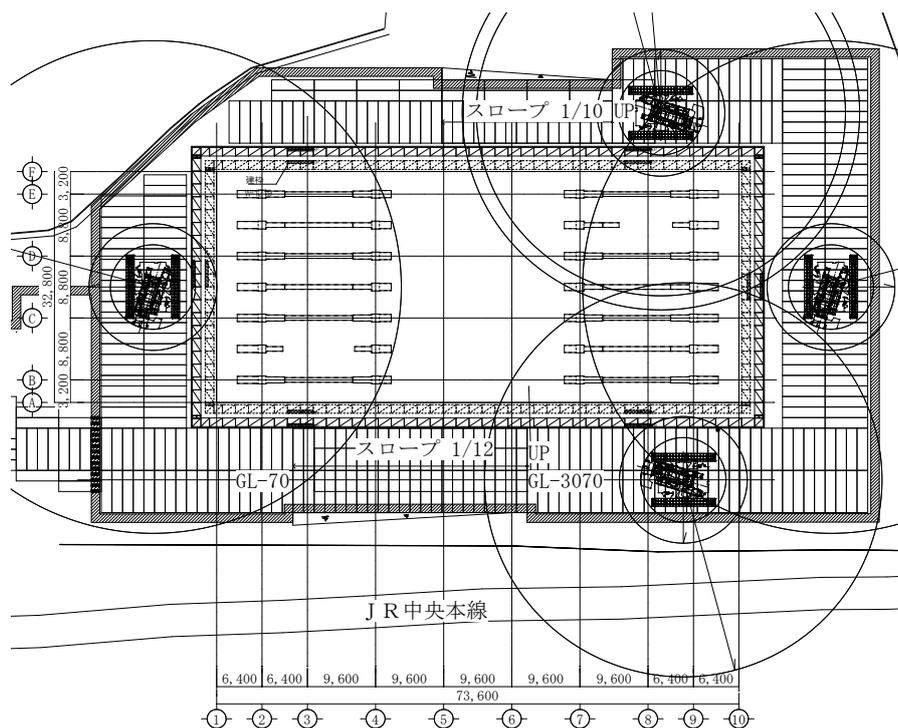


図-2 架設計画図

搬入路の耐荷重量制限に対しては、全長21.4m（約65t）となるPCaPC梁を設計段階において、3分割のブロック分割として設計したため、1部材の重量は25t以下として計画することができた（表-1参照）。

南側の中央本線に対しては、主なPCa部材の架設を東西側から行い、南側からの架設は、施工する部材数および架設時間帯を制限することにより中央本線への影響を最小限とした。

東西の敷地の高低差に対しては、クレーンの走行路に1/10～12勾配のスロープを設けることで、クローラクレーンが東西に移動できるよう計画した。

上記の計画を行うことで、能力200tクローラクレーンの1台のみで本建物の建て方を実現した。

各部材の建て方手順は、①PCa柱部材架設、②PCa柱脚目地モルタル注入、③PCaPC梁部材架設、④PCaPC梁目地モルタル注入、⑤PCケーブルの緊張、⑥PCa柱頭目地モルタル注入、⑦桁方向場所打ちRC梁打設、および床の施工、⑧PCa床板敷設、⑨トッピングコンクリート打設、とした。構造計画に示した通り、⑥PCa柱頭目地モルタル注入の前に、⑤PCケーブルの緊張を行うことによって、プレストレスによる不静定応力を生じさせない施工を行った。

3.3 PCa柱のモルタル強度管理

PCa柱の柱脚にはモルタル充填式機械式継手を用いた。機械式継手のモルタルと目地モルタルは同じ材料（SSモルタル）を用いており、モルタルの強度が30N/mm²以上確保された後に、PCaPC梁の架設を行うことが制限された。なお、PCa部材の建て方工事は3月であり、長野県諏訪郡の3月の平均気温は3.4℃であった（写真-5）。そのため、材齢1日のモルタルの発現強度は10N/mm²以下となり、モルタルの強度発現がPCa部材建て方工程のクリティカルになることが予想された。また、モルタルの凍結も懸念されたため、PCa柱脚目地内に温度センサーを埋設し、モニタリングを行った。なお、凍結防止処置としては、モルタル充填後に目地部分に直接外気が当たらぬようシートで覆い採暖養生を行った（写真-6）。

温度センサーによるモニタリング結果をもとに、打設時間から任意時間後の平均温度を測定し、推定圧縮強度が30N/mm²以上であることを確認した。さらに、圧縮強度確認用のモルタル供試体による圧縮強度を確認することで、目地モルタルの強度管理を行った。



写真-5 冬期の現場風景



写真-6 PCa柱脚部採暖養生

3.4 PCaPC 梁の緊張工事

PCaPC梁部材は内法スパンの1/4の位置でブロック分割しており、架設時には支保工にて支持した。前述のように、プレストレスによる不静定応力を生じさせないように、柱頭の目地モルタルを注入する前にPCケーブルを緊張するため、計画段階においてプレストレスによる変形により、計算上柱頭部が内側に3.3mm移動すると予想された。そのため、PCaPC梁部材は柱頭部分で外側に3mmずらして架設した。

また、PCaPC梁部材とPCa柱頭部の目地には、複層に分けた鋼製ライナーを用い摩擦を低減することにより、プレストレスによる変形を拘束しないように対処した。その他、PCaPC梁の目地位置に設けた支保工が、緊張時にプレストレスによる変形を拘束しないよう注意した。以上の対策により、緊張後の部材の建て方精度は±5mm以下で行い、後述する鉄骨部材の取り付けにおいても精度を確保することができた。

なお、緊張工事は床の施工前に行うことから、施工時荷重と設計時荷重とで応力状態が大きく変わる。圧着目地部は内法スパンの1/4点としていたため、応力の変化は少ないが、複数のケーブルを配置していることから、緊張順序により圧着目地部に過度な引張応力度が発生しないよう配慮した。

3.5 PCaPC 梁と鉄骨部材の取り合い

2FLにおいて、東西のPCaPC造による2棟は約24mの鉄骨梁で接続した。PCaPC梁の緊張端部では、鉄骨梁と取り合うためにPCaPC梁部材にアンカーボルトを埋設した (図-3)。

アンカーボルトを埋設する端部には、緊張用の定着体を設けているため、定着体を避けた位置にアンカーボルトを配置し、ベースプレートおよびガセットプレートを取り付けた。アンカーボルトは部材の製作時に鋼製枠に固定したため、製作精度±5mm以下で施工することができた (写真-7)。

また、2FLから立ち上がる鉄骨柱のアンカーボルトもPCaPC梁部材に埋設し、精度よく架設を行った。

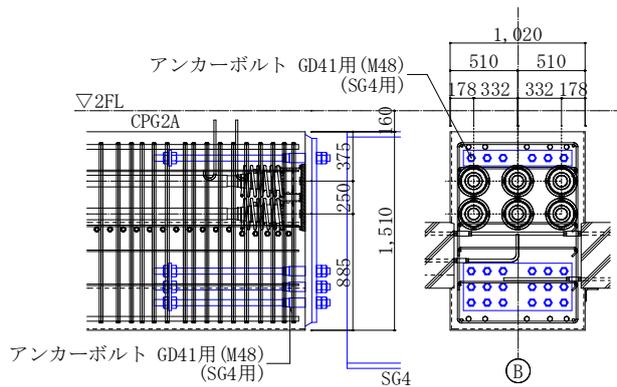


図-3 アンカーボルト収まり図



写真-7 PCaPC梁と鉄骨部材の取り合い

3.6 PCaPC 梁とPCa床部材の取り合い

2FLでは、建物外周部に配置したPCa床部材を片持ち床としてPCaPC梁に接続した。東西に配置したPCa片持ち床は、PCaPC梁部材の下端に配置しており、PCaPC部材の下端に設けられたジベル筋を介して支持した (図-4)。なお、PCa部材の下端 (ベッド面) にジベル筋を設けるために、PCaPC梁には機械式継手を埋設し、架設前に地組みにてジベル筋を取り付け加工した。PCa片持ち床の定着筋もユニット化し、ジベル筋の取り付けと同時に定着筋を挿入したPCaPC部材を架設することで、現場の作業を軽減した (写真-8、および写真-9)。

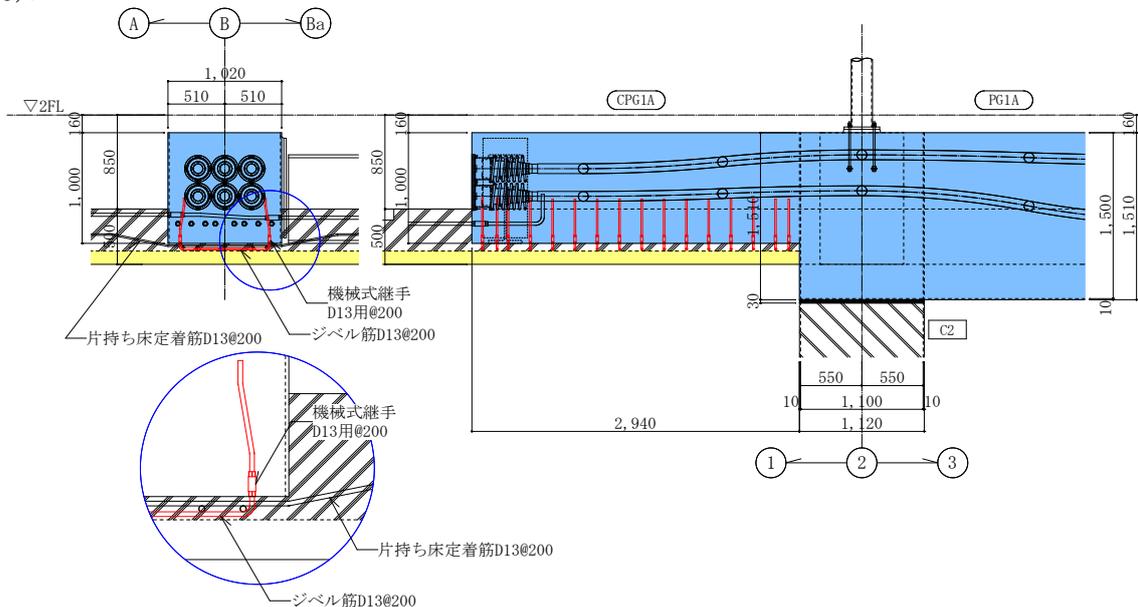


図-4 PCaPC片持ち梁とPCa床部材の収まり図

また、南北に配置したPCa片持ち床の上端の定着筋は、PCaPC梁の側面に100mm以下の間隔で配置した(写真-10)。PCケーブルは曲線配置しているため、定着筋と干渉することから、定着筋の設けられる位置を事前に確認し、下端の定着筋についてはPCa片持ち床のトラス筋およびボイドとの干渉も避けるよう計画を行った。

この2FLの外周に敷設した6.4mのPCa片持ち床板は、施工時においてPCケーブルの挿入や緊張時の足場を利用できるとともに(写真-11)、完成時には設備スペースとなる。また完成後には、化粧打ち放しによるPCa片持ち床板の裏面が、浮遊した執務室を演出した(写真-1)。



写真-8 PCaPC梁下端の定着筋



写真-9 床板配筋全景



写真-10 PCaPC梁側面の定着筋



写真-11 PCケーブルの挿入状況

4. まとめ

本建物はPCaPC造の特性を活かし、適材適所においてS造とのハイブリッド構造とすることで、フレキシブルな空間を実現した。また、大スパンによるダイナミックな架構と外周部に跳ね出したスラブによる水平ラインによって、空中に浮遊した外観を表現できた。

施工面においてはPCaPC工法を採用することで、長野県という厳しい冬期の積雪時の現場作業を軽減し、労務不足の解消にも貢献した。

謝辞

本工事では発注者の日亜化学工業株式会社様ならびに、設計・施工に関しては、株式会社竹中工務店様に多大なご支援および、貴重なご助言をいただきました。この場を借りて、本工事の建設に関係されたすべての方々に心より御礼申し上げます。