

分割した長大スパン ST 板の狭小地における施工

— 淑徳大学東京キャンパス新校舎 —

東京建築支店	工事部	岩元和敏
東京建築支店	工務部	熊谷知紘
建築本部	構造設計部	片江拡
建築本部	構造設計部	寺島涼珠

概要：淑徳大学東京キャンパス新校舎建設工事では、住宅地に位置する新校舎の講義室において、PC 床板を用いた大規模空間が構築された。狭い道路が続く住宅地への搬入を考慮し部材を 3 分割とし、架設完了後にポストテンション方式のプレストレスにより圧着一体化する計画である。ST 板のリブ形状は大きな船を意識した曲面形状が採用されており、3D モデリングや 3D プリンタを活用することで、部材製作における高い精度管理を可能とした。施工において、曲面を有する難易度の高い部材形状にも柔軟に対応し、架設精度管理を徹底した。本報告は今後の同様のプロジェクトに資することを目的としている。

Key Words：ST 合成床板，部材分割，曲面形状

1. はじめに

本建物は、淑徳大学東京キャンパスの学部移転に伴う講義棟の新築計画である。新校舎の設計コンセプトは、①街に調和する建物、②周辺環境に調和する建物、③講義室の空間を確保する舟形天井という 3 点である。計画地は住宅地の一角にあり、落ち着いた街並みの中に位置しており、地域住民のプライバシー保護や景観への配慮が必要であった。そのため大きな窓による開放的な構成とするのは難しく、採光と開放的な空間の構築が課題であった。

プライバシー保護を目的として、校舎の外壁は窓のない目隠し壁で包み込み、近隣と適切な距離を確保、採光が必要な講義室は目隠し壁の内側に開口部を設けた二重構成とし、間接光による自然光を確保できる計画とされた。さらに、ゆとりある天井高と広がりのある内部空間を創出するために、講義室に構造体である ST 板を現しとする計画が採用された。ST 板の形状は、大乘仏教の考え方である大きな舟を意識した曲面形状が特徴である。写真-1 に ST 板による舟形天井、写真-2 に建物外観を示す。ST 板そのものの形状に意匠性を持たせることで、構造とデザインを融合させた空間演出がなされている。



写真-1 舟形天井



岩元和敏



熊谷知紘



片江拡



寺島涼珠

2. 工事概要

2.1 建築概要

工 事 名 称 : 淑徳大学東京キャンパス新校舎建設工事
 建 築 主 : 学校法人 大乘淑徳学園
 所 在 地 : 東京都板橋区前野町 2-46-9, 12, 13, 14
 設計・監理 : 株式会社佐藤総合計画
 施 工 者 : 大成建設株式会社東京支店
 P C 施 工 : ピーエス・コンストラクション株式会社
 構 造 : S 造, 一部 RC 造
 用 途 : 大学
 建 築 面 積 : 864.94m²
 延 べ 面 積 : 2,572.78m²
 階 数 : 地下 1 階, 地上 3 階
 最 高 高 さ : 16.11m



写真-2 建物外観

2.2 PC 工事概要

PC 工事は 1・2・3・R 階の講義室エリアに用いられた ST 板の架設および緊張工事である。ST 板の配置図を図-1 に示す。施工場所が住宅街に位置しており、幅の狭い道路に面しているため、大型部材の搬入が困難であった。そのため、ST 板 1 部材を 3 分割して製作・搬入する計画とした。現場において部材架設後にポストテンション方式によるプレストレスを導入し圧着接合する構造が採用された。架設後の緊張であり、ST 板端面からの緊張ができないため、PC 緊張・固定端は部材の端部上端に配置した。PC 鋼材は 9-15.2mm が 2 ケーブル配線されており、導入緊張力は約 3,200kN である。プレストレスを導入することで、約 14m という長スパンに対してリブせいは 900mm および 1,150mm に抑えた。

部材幅は、運搬上の制約を考慮し 2,395mm に設定した。リブ幅は中央で 600mm であるが、端部に向かい曲面状に拡幅することで定着体を部材内に納めた。断面形状の変化を図-2、中央の断面リストを図-3 に示す。

ST 板は鉄骨梁に支承するが、鉄骨梁天端が ST 板の支承部よりも上に位置する範囲があった。しかし、ST 板を分割したことで鉄骨梁の下フランジに支承することが可能となり、ST 板よりも高い鉄骨梁レベルに対応できた。下フランジに架設した ST 板のトップコン内スラブ主筋は、鉄骨梁のウェブに溶接することで定着された。支承部詳細図を図-4 に示す。

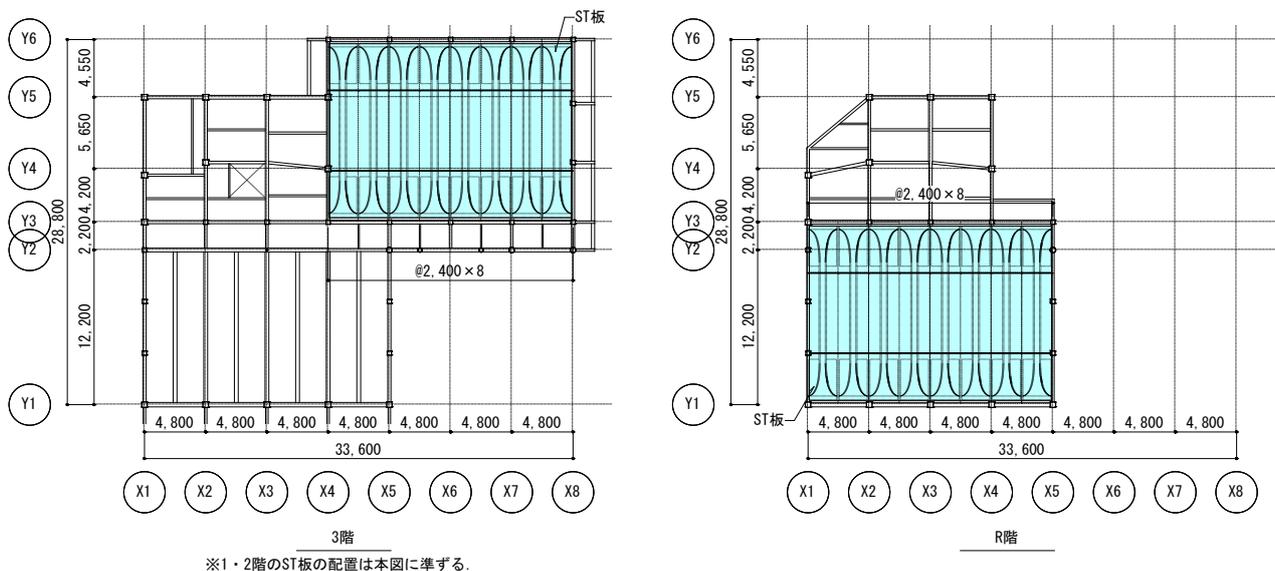


図-1 ST 板配置図

ST板の端部はプレストレスが導入されないため、RC造としてトップコン内のスラブ主筋により長期の曲げモーメントを負担する設計となる。通常は14mスパンのスラブをRC造として設計することは困難であるが、施工手順を工夫することで端部の曲げモーメントを低減させた。すなわち、分割部材をプレストレス導入し圧着接合した後に分割位置で部材を支持していたサポートを開放し単純梁状態とすることで、トップコンまでの躯体重量による曲げモーメントを端部に生じさせない設計とした。端部においては躯体完成後の仕上・積載荷重のみによる曲げモーメントを負担させることで、RC造での設計を可能とした。施工手順による曲げモーメント図を図-5に示す。

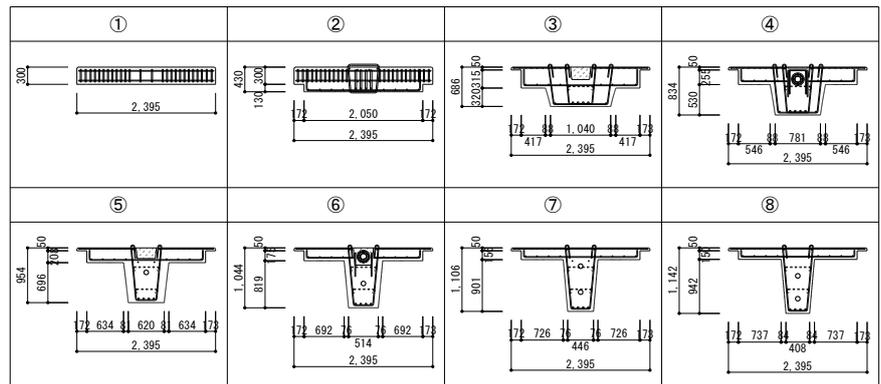
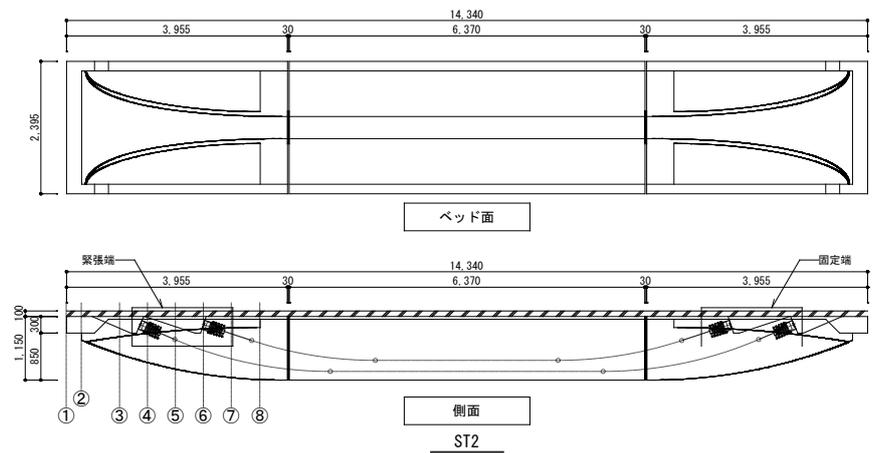


図-2 部材形状

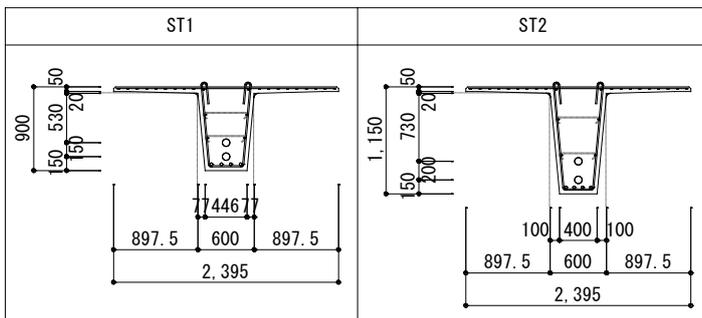


図-3 断面リスト

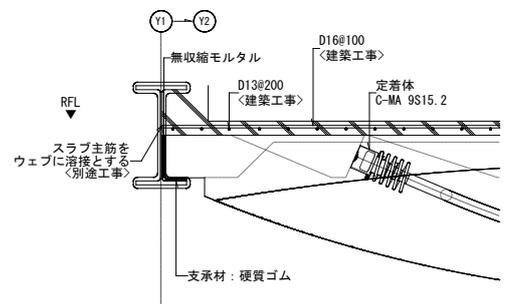


図-4 鉄骨支承部詳細図

圧着目地位置においてはプレストレス設計レベルをフルプレストレス設計とした。PC鋼材は圧着目地を斜めに配線されるため、圧着目地位置にプレストレスの鉛直成分によるせん断力が生じるが、このせん断力に対してはプレストレスの水平成分による摩擦抵抗力により負担できることを確認した。その上で、フェイルセーフとして小口面にコッターを設けた。

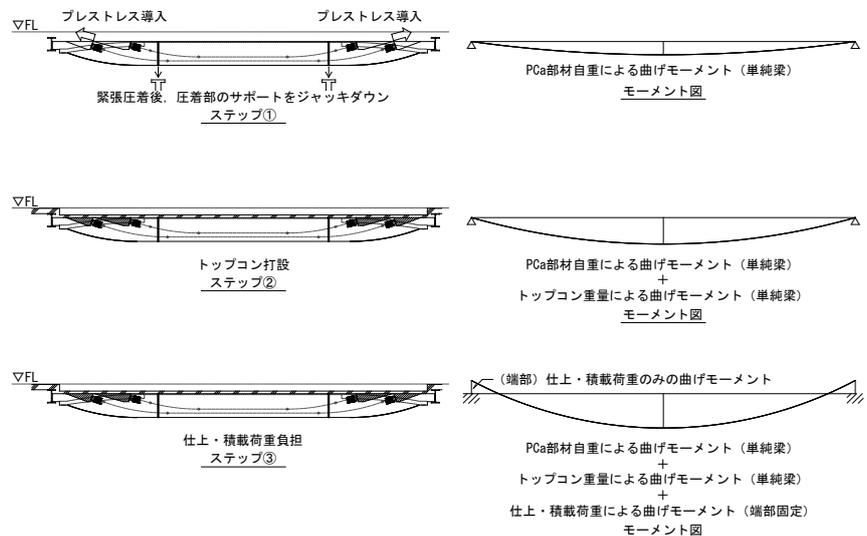


図-5 施工手順による曲げモーメント図

3. 部材製作

3.1 製作図

端部部材の形状が 2 次元で表現できない曲面で構成されているため、2 次元図面ではボリュームや重心位置を算出することが困難であった。そのため「AutoCAD (Autodesk)」により 3D モデルを作成し、ボリュームや重心位置の確認、安全な吊り位置の検討に活用した。また、部材形状図について、3D モデルを@250 毎にスライスして得られる部材断面図を作図することで、複雑な部材形状を定量的に管理した。これにより、型枠製作や製品形状の精度を上げることができた。3D モデルを図-6 に示す。さらに、曲面形状の型枠製作のために 3D モデリングソフト「Rhino (McNeel)」を用いて 3D データの展開図を作成した。また、3D プリンタにより出力した縮尺模型を用いて形状の確認を行った。作成した展開図を図-7 に示す。

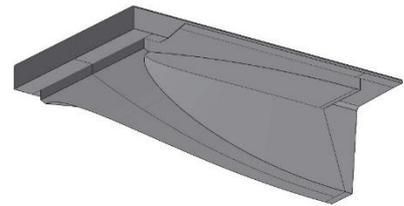


図-6 3D モデル

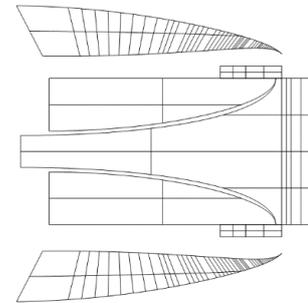


図-7 展開図

3.2 部材製作

本工事における部材製作は、ピー・エス・コンクリート (株) 茨城工場にて実施した。全体で 30P×3 分割=計 90P を約 3 か月間にわたって製作した。

型枠は端部部材用および中央部材用の 2 種類を作成し、リブせいの差異には底上げ枠を用いることで対応した。これにより型枠の転用が可能となり、効率的な製作が実現できた。

3 次元曲面を有する部材であることから、型枠形状の検査は事前に作成した前節記載の展開図を基に原寸図をプロッタで出力し、実際の型枠と重ね合わせる方法により実施、所定の形状であることを確認した。検査の様子を写真-3 に示す。



写真-3 型枠検査状況

端部部材は天井板と取り合う必要があり、曲線と直線を多用した段差形状が生じ、複雑な形状であった。端部形状を写真-4 に示す。このため、直線と曲線の交点において型枠間の隙間が生じないように、型枠製作では高い精度が求められた。通常、側面の型枠の脱型は一体で一度に行うが、本件では形状が複雑で欠けのリスクが高いため、型枠を一体とせず細分化し、パーツごとに脱型を行うことで対策した。パーツを細分化したことにより、ノロ漏れリスクが高まるため、ノロ漏れテープおよびコーキング材を適切に使用し、十分な対策を講じて部材製作を行った。



写真-4 端部形状

端部部材の運搬に関して、連結側においてはね部が 70mm と薄く支持出来ないことから支承部側に傾け積載し、クッション材を用いることで振動や車体の制動に起因する部材の損傷を防止した。荷姿を写真-5 に示す。



写真-5 運搬荷姿

4. 施工計画

分割した部材の最大重量は 10.9t であるが、敷地制限により 120t 移動式クレーンを用いて架設を行った。架設計画図を図-8 および図-9 に示す。作業順序として、端部は鉄骨梁の下フランジに架設する必要があるため、ST 板の両端の部材を架設し、その後に中央の部材を架設する手順とした。部材の据え付け位置については、幅方向および長さ方向はトランシットを用い、高さ方向はレベルによって各

部材を測定し、確認を行った。すべての部材について施工誤差±5mm以内であることを確認した上で、緊張による部材の挙動を考慮しながら慎重に施工を進めた。

支承部には、部材架設前に硬質ゴムを設置し、その上に部材を架設した。架設後、幅方向のずれ防止対策として、各部材にあらかじめね部の先端に埋め込まれた4か所のプレートを用い、隣り合う部材同士にプレートを仮溶接することで固定した。その結果、緊張作業やトッピングコンクリートの施工時にも部材位置

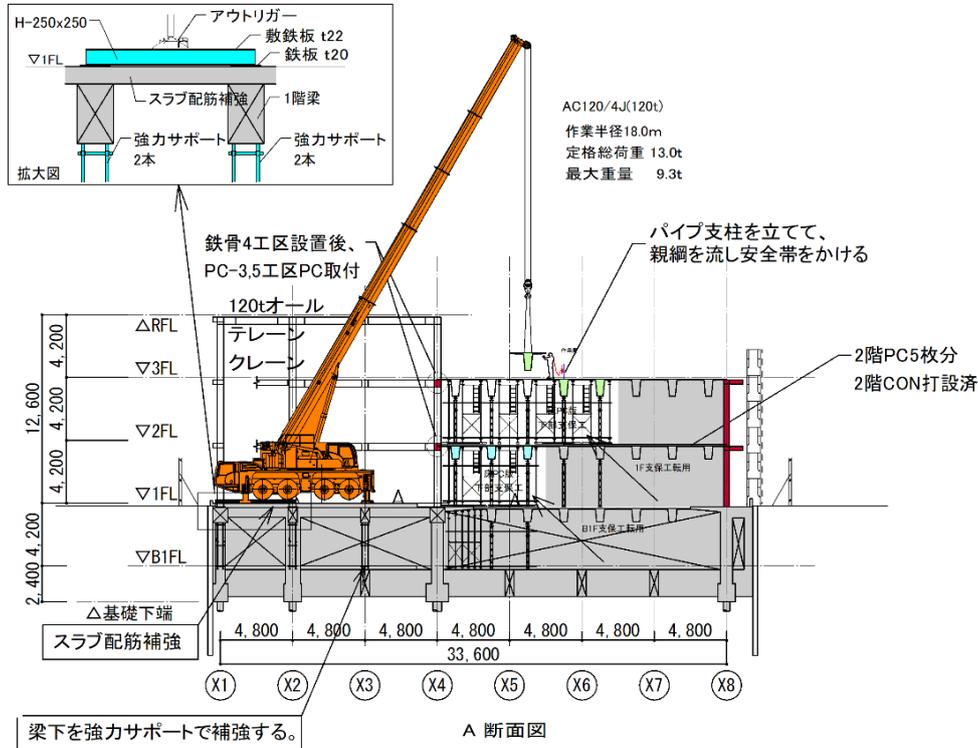


図-8 架設計画図 (立面図)

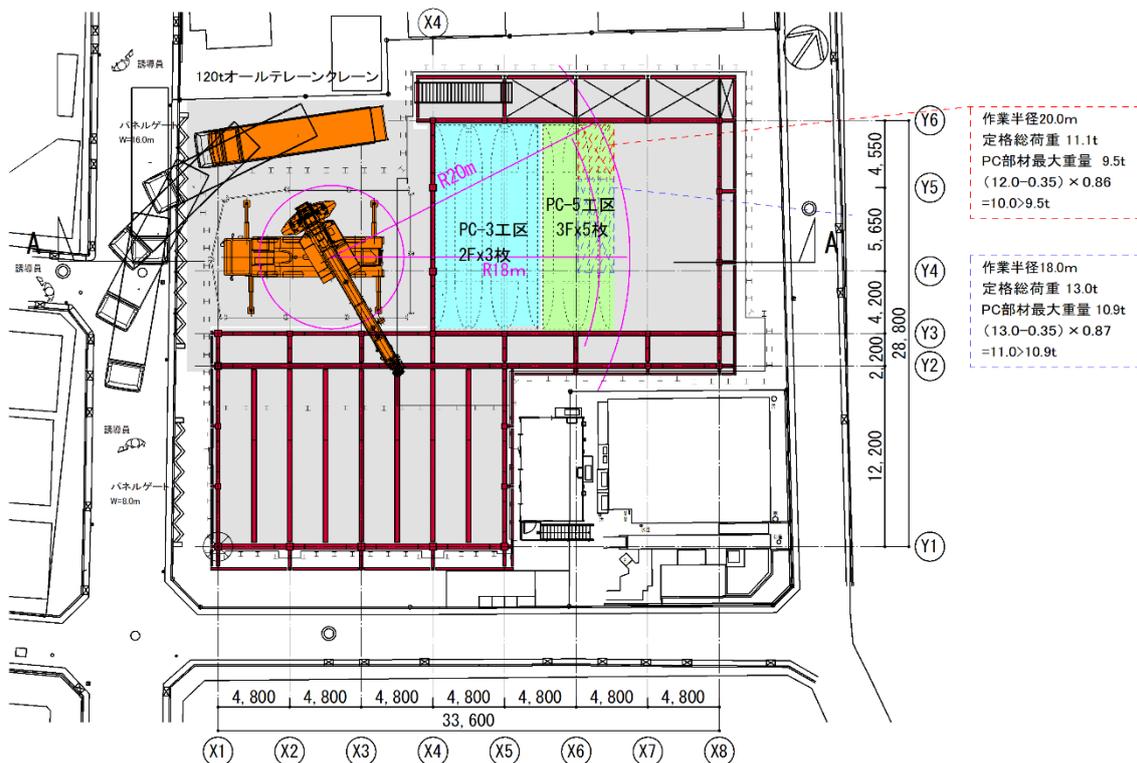


図-9 架設計画図 (平面図)

がずれることなく、精度を確保できた。図-10 に作業手順、写真-6 に架設状況を示す。

また目地処理に関して、隣接する部材間の目地については、トッピングコンクリート打設時に生じるノロ

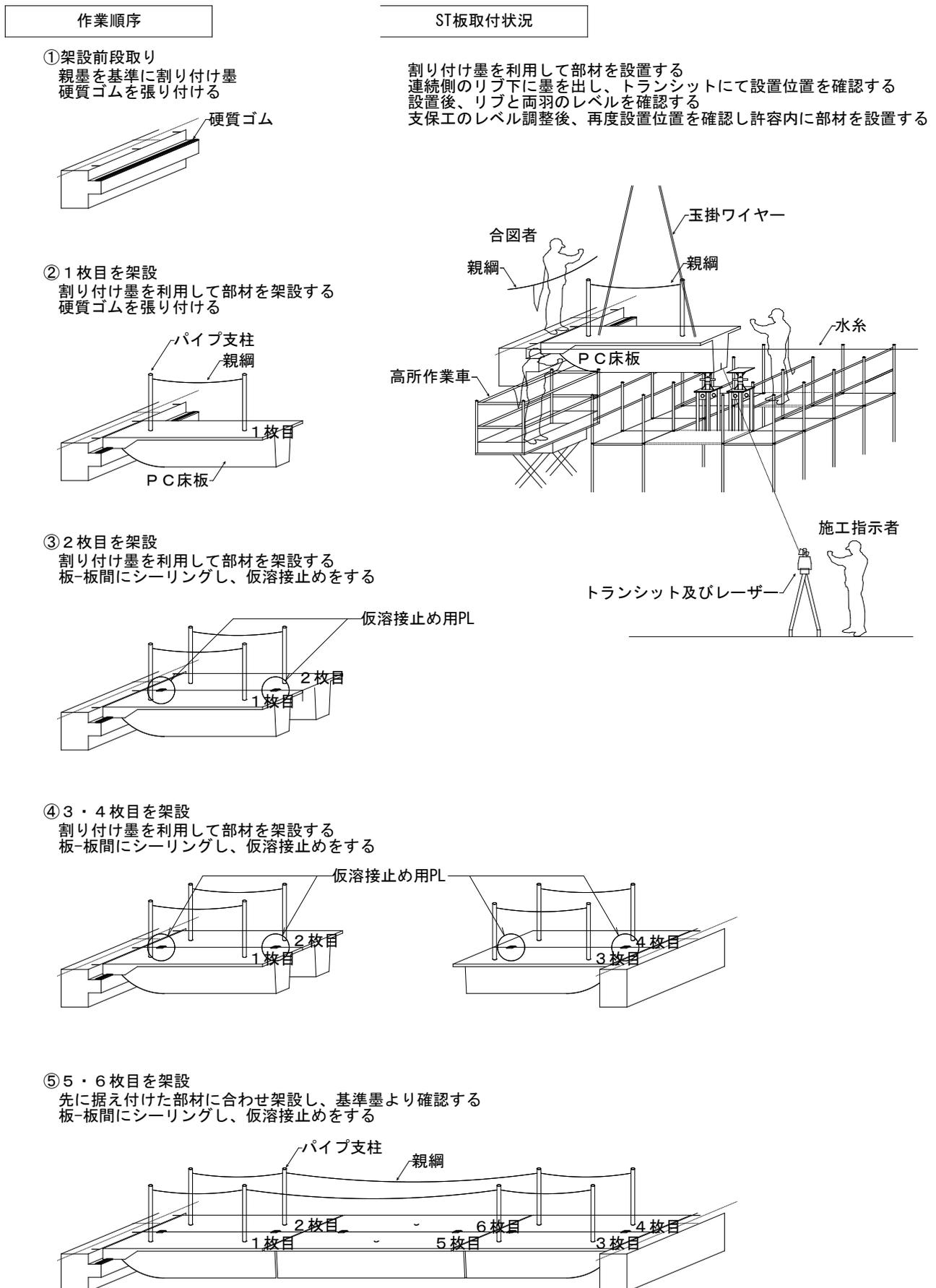


図-10 作業順序



写真-6 部材架設状況

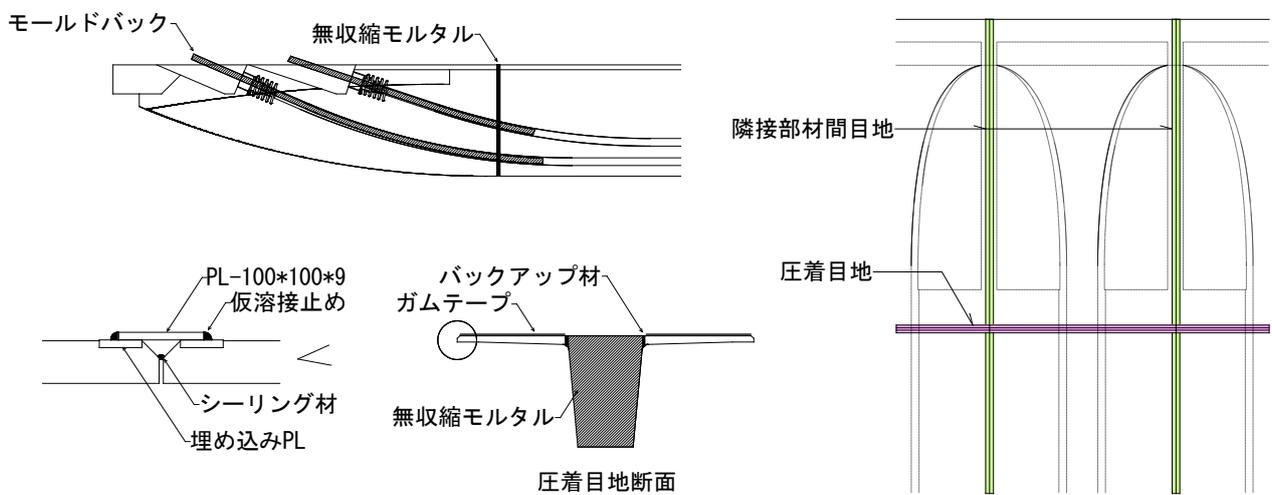


図-11 目地施工概要

漏れを防止するため、シーリング材を充填した。分割部材の圧着目地については、部材上端においてアングル材により分割部材間の目地幅を保持し、無収縮モルタルを充填・強度発現を確認後にプレストレスを導入した。通常であれば飛出シースを用いてシース管への無収縮モルタルの流入を防止するが、本工事においてはシース管の曲線配置部分が圧着目地にかかり、シース管が小口面に対して斜めに取り合うため、飛出シースを使用できなかった。そのため代替措置として、モールドバックを用いる計画とした。モールドバックをシース管内の圧着目地位置まで挿入し、モールドバックにエアを注入することでシース管内への無収縮モルタルの流入を防止した。なお、圧着目地における ST 板のはね部については、板厚が 70mm 程度と薄く無収縮モルタルが剥落することが危惧されたため、リップ部分に限定して無収縮モルタルを打設した。目地の施工概要を図-11 に示す。

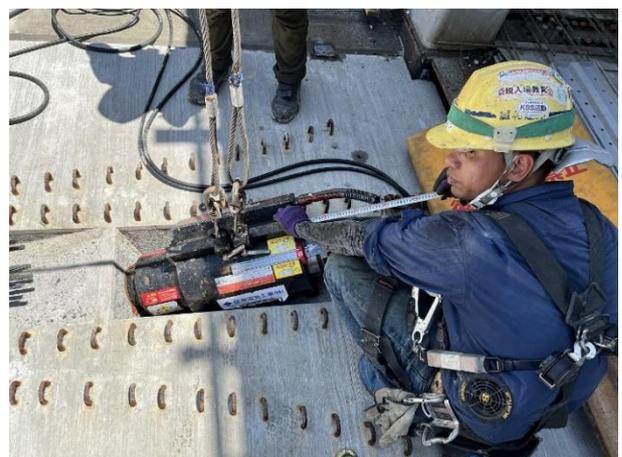


写真-7 緊張状況

部材間の目地施工が完了し、圧着目地の無収縮モルタルの強度発現を確認後、PC 緊張作業を行った。緊張端部が部材の天端に位置しており、ST 板上での作業であったため、通常の建物外周の足場上での作業に対して、比較的作業性の良い環境での通線および緊張が可能であった。緊張作業を写真-7 に示す。

5. まとめ

本工事は狭小地という敷地条件により大型部材の架設が困難であった。そのため部材を 3 分割することで運搬・架設を可能とし、架設後にプレストレスにより圧着することで狭小地における大スパンの PC 部材を実現した。部材製作では 3D モデリングや 3D プリンタを駆使することで、複雑な曲面形状への対応と精度確保を実現した。現場施工においても、3D モデルを有効に活用し、正確な重心位置を出すことで安定性をもって施工することが可能となった。

謝辞

ご協力いただいた関係者各位に、この紙面をお借りして心よりお礼申し上げます。