

小断面プレキャストコンクリート構造物の 設計・施工における留意点

－暴露試験架台の製作－

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム ○島多 昭典
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 佐藤 義臣
株式会社旭ダンケ 生産部 技術グループ 石井 剛

コンクリート工における生産性向上方策としてプレキャスト化が注目されているが、オーダーメイドの部材について、接合部を考慮した鉄筋配置や型枠製作、組立方法等、事前の配慮によって施工性や耐久性の向上に繋がるノウハウが多い。部材断面の小さい暴露試験架台の更新にあたり、3D モデルを用いた鉄筋配置の照査・再検討や、既存構造物の劣化状況、建設当時の状況確認等を通じて判明した留意点について報告する。

キーワード：プレキャストコンクリート、BIM/CIM、接合部、耐久性

1. はじめに

寒地土木研究所 寒地保全技術研究グループ 耐寒材料チームでは、コンクリート部材の劣化進行や耐久性を確認するため、気象条件の異なる各地に暴露実験場を所有し、各種試験体を置いて調査を継続している。その一つである増毛暴露実験場は、増毛町阿分の一般国道 231 号の路側駐車帯と海岸擁壁に挟まれた留萌開発建設部の管理地を借りているものであり、昭和 46 年に留萌市沖見町に設置され、平成 8 年に現在地に移転して今に至っている。特に冬期間、日本海からの季節風や海水の飛沫の影響を受ける過酷な環境であることから、塩害と凍害の複合劣化の進行や、その対策の有効性を検証する役割を果たしており、近年は、つくばの土木研究所で管理している本州や沖縄の暴露実験場との相互利用や、大学等の他機関との共同研究による検証においても活用している。

実験場の中央部海側に位置する暴露架台(写真-1)は移転時に新設されたものであり、基礎が現場打ちの RC 構造で 8 基あり、これに載っている上部工 3 基の骨格はプレキャスト部材で構成された RC 構造で、両側面の三角形部である架台部材 2 つを梁部材 3 本で接合しており、この接合部は、現場打ちコンクリートとなっている。両側面の架台部材の上に、試験体を置くための PC 版の棚が各 11 枚×3 基=33 枚設置されている。

PC 版は平成 19 年に更新しているものの、骨格部は完成後 30 年近くが経過し、写真-2 のように接合部の現場打ちコンクリート部を中心に、ひび割れや鉄筋腐食が進行していることから、暴露試験への影響も考慮して同じ場所での更新が計画された。

更新架台の製作に際し、受注した(株)旭ダンケにおい

て BIM/CIM による照査を行い、小断面のプレキャストコンクリート構造物特有の課題も明らかになったことから、将来に向けた留意点と併せて以下にまとめる。



写真-1 暴露架台での調査の様子



写真-2 現場打ちコンクリート部の劣化状況

2. 設計

(1) 既存架台の設計

現在の架台の構造設計は、平成4年度に実施されており、成果品は保管されていた。材料の暴露試験を行うための架台という特殊な構造物であるため、基本となる標準図や設計要領等は存在しておらず、昭和46年から留萌市沖見町に設置されていた試験架台などを参考に設計されたものと推測される。暴露試験体を直接載せるためのPC版11枚×3基全体にコンクリート試験体を配置した場合を想定して平時および地震時、強風時の架台の状況に対して必要な断面を決定していた。

ただし、平成8年当時に上部工のプレキャストの部材をどのようにして組み立てたのかが残っている資料から分からず、当時の記録から施工会社に問い合わせをした。当時、担当していた技術者が今も勤務されており、記憶からプレキャスト部材の製造会社・工場の場所や施工時の様子など多くの情報を得たが、組立方法については不明確な部分もあった。また、当時の留萌開発事務所の監督員にも確認したが、やはり詳細はわからなかった。さらに、プレキャスト部材の製造会社にも問い合わせたが、こちらは当時の担当者が誰も残っていなかった。特殊な形状のプレキャスト部材については、型枠の製造に時間と費用がかかるため、型枠があると部材の製作が効率的になるが、型枠はもちろん図面等の資料も一切残っていないとのことであった。

(2) 新架台の設計

今回の更新架台の設計においても参考とすべき資料は他に無く、既存架台を解体して同じ場所での更新という方針や予算面、時間面の制約もあり、平成4年の設計成果を最大限活用して照査しながら発注することとした。発注時の一般図(図-1)、配筋図(図-2)および鉄筋加工図(図-3)の例を示す。なお、更新後に既存架台と同様に鉄筋の腐食が進行することを未然に防ぐため、コンクリートの設計基準強度を $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ から 30N/mm^2 に上げ、鉄筋については全てエポキシ樹脂鉄筋を用いることとした。

なお、プレキャスト部材の組立などの施工は、施工者が立案した任意の方法によって行われるものであるが、参考資料なしで複数の建設会社に工事の見積を依頼したところ、特殊な構造物であるため施工方法がわからないと見積が提出できない、との回答もあった。

3. 架台製作輸送

当初、現存の架台の取り壊しから基礎の構築、架台上部の製作輸送、組立と同じ敷地内の管理棟の屋根の修繕を一体で発注する手続きを進めたが、2回不落札となり、内容を分けて発注した。

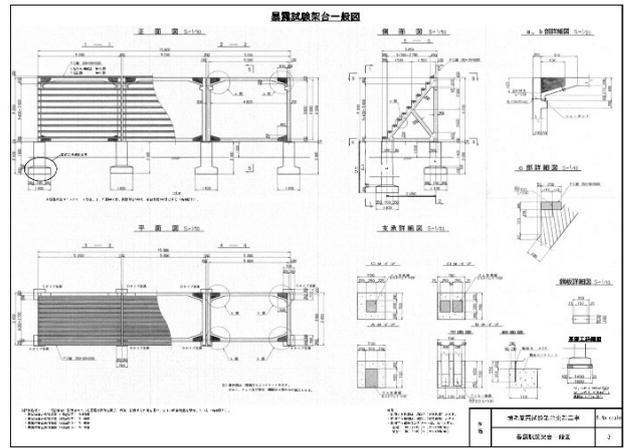


図-1 一般図(当初)

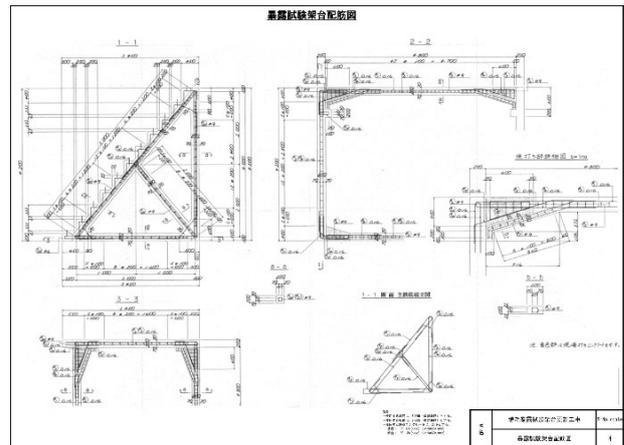


図-2 配筋図(当初)

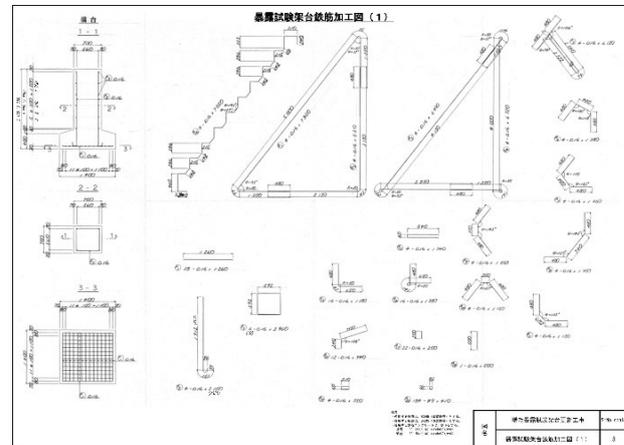


図-3 鉄筋加工図(当初)

その中の架台製作輸送は、工場でのプレキャスト部材の製作と現地までの輸送を含んでいる。一般競争入札の結果、(株)旭ダンケが受注し、早速、プレキャスト部材の設計をBIM/CIMを用いて照査したところ、以下のような課題が明らかになり、受発注者間で協議のうえ設計を変更することになった。

なお、BIM/CIMによる照査は、(株)旭ダンケで用いているAutoCADによって行っているが、今回の発注は平成4年の設計成果を基にしていたため、必要なデータは全て新たに入力した。

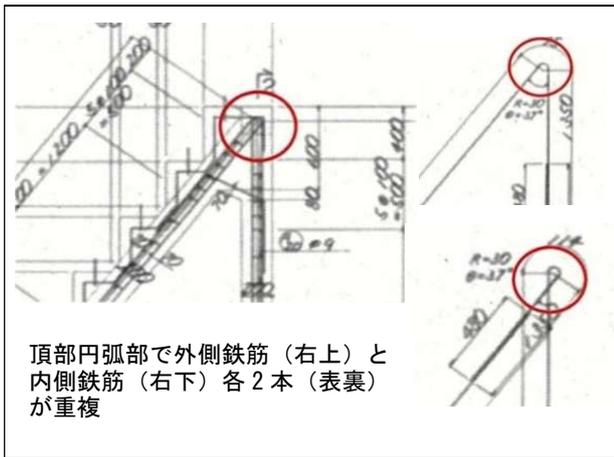


図-4 頂部鉄筋配筋(当初・抜粋)

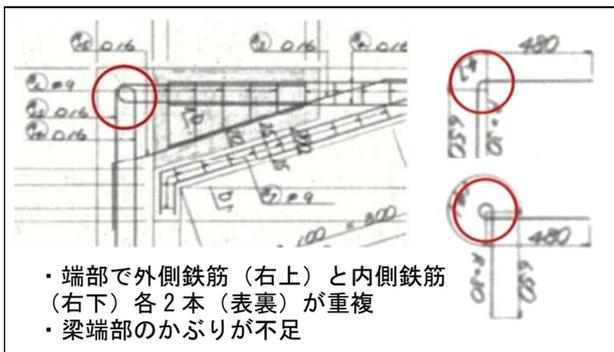


図-5 梁端部鉄筋配筋(当初・抜粋)

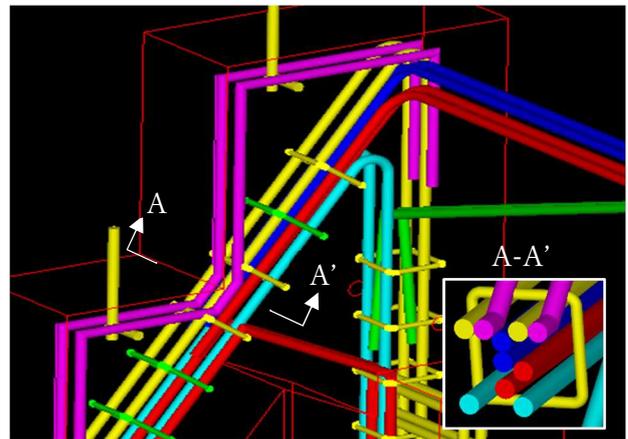


図-6 3Dモデルによる過密鉄筋の状況

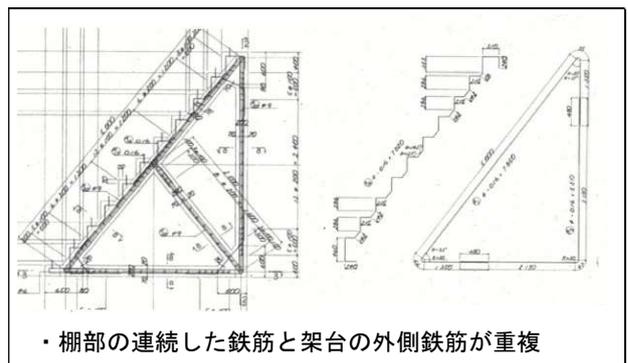


図-7 棚部分鉄筋配筋(当初・抜粋)

(1) 過密鉄筋の解消

照査の結果、架台部材や梁部材の断面が小さい(200×200mmを基本)うえ、塩害対策としてかぶり70mmを確保すると鉄筋を配置する空間が60×60mmとなる中で、当時の設計では鉄筋径が考慮されておらず、また現在では行われない鉄筋加工形状があり、このままでは鉄筋を適切な位置に配置できず、コンクリートの打ち込みに支障となる箇所が複数あることが明らかになった。このため、構造計算書を確認し、定着長や被りを極力確保しつつ重ね継手位置、鉄筋形状を変更するなどの対策をとることとした。

図-4は、両側面の三角形の部材の頂部を示しており、左が配筋図、右が対応する鉄筋加工図である。1部材に対して右の上下の鉄筋が表裏で各2本必要になり、赤丸で囲った鉄筋の円弧部は4本が重なることになる。また、右下のような鉄筋加工自体が現在では行われていないことから、この形状を上鉄筋と同様の形状に変更することで鉄筋のあきを確保した。図-5の梁端部の鉄筋も同様にこのままでは赤丸で囲った部分で配筋できない状況であったため、内側に配筋される右下の鉄筋の加工形状を変更した。

鉄筋加工を変更し、鉄筋の重複を考慮した配筋状態を3Dモデルで再現すると図-6のように鉄筋の過密状況が一目瞭然であり、被りを考慮した60×60mmの空間にφ16mmが10本(A-A')配筋される箇所もあり、鉄筋加工

の変更のみではコンクリートの充填性に問題があることが明らかとなった。

図-7は、PC版の棚を支える部分のひび割れを抑制する鉄筋であるが、連続していると外側鉄筋との重複部が過密になるため、棚ごとに分割し、外側鉄筋の上面に接合させることとした。

図-5で示した架台部と梁部を接合する鉄筋は、架台主鉄筋に重ね継手で取り出されていることから、角部が過密状態の原因となっている。よって、架台主鉄筋と梁部の主鉄筋を直接接合部で重ね合わせるように変更することで角部の過密鉄筋と架台内部での主鉄筋の重ね継手箇所を減らし鉄筋のあきを確保した。また、梁部材の端部においてかぶりが大きく不足しているため、強度を確保しつつ配筋を変更して断面の中央に配置することで一定程度のかぶりを確保したほか、構造計算上の主鉄筋以外の鉄筋はφ16mmからφ13mmに変更した。

以上の変更を反映した鉄筋加工図が図-8、3Dモデルで確認した配筋状況が図-9、図-10であり、コンクリートの充填性が確保されたことが容易に確認できる。

(2) 補強鋼材と組立方法の提案

前述のように既存架台の組立方法は不明であり、組立を受注した施工者に任せる考えであるが、仮に地組してから全体を吊り上げる工法を採用する場合、あらかじめこれを想定した金具等を組み込んでおく必要があること

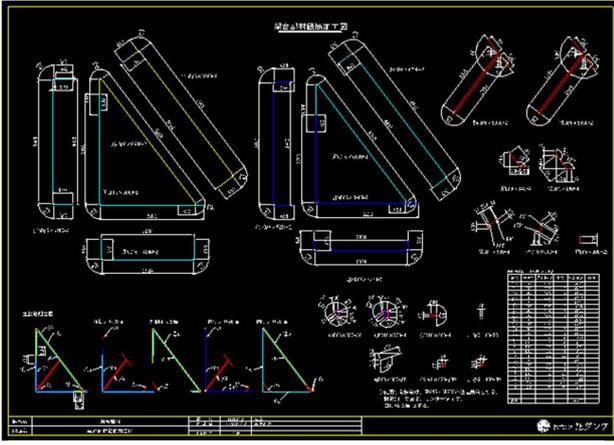


図-8 改良後の鉄筋加工図

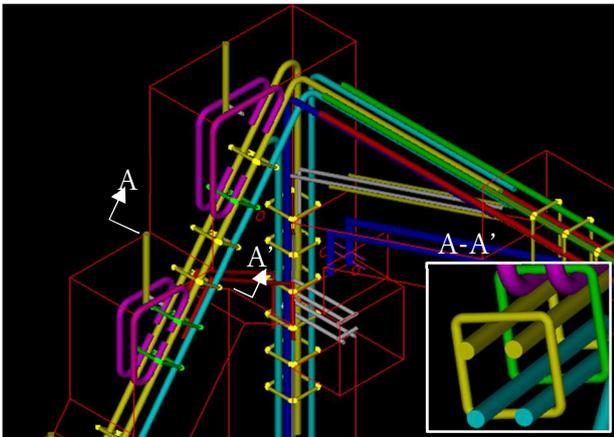


図-9 3D モデルによる改良後の配筋状況(頂部)

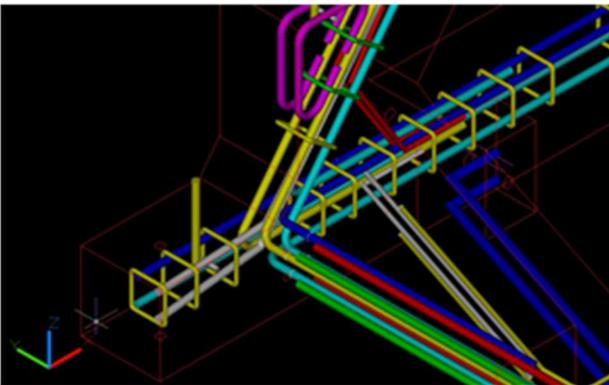


図-10 3D モデルによる改良後の配筋状況(梁端部)

から、補強しながらプレキャスト部材を地組して1基全体をクレーンで吊り上げて設置する場合を想定し、補強鋼材を準備することとした(図-11)。これは、地組している間の各途中段階において部材同士を接合して安定させるためにも必要であるほか、地組せずに各部材を基礎の上で組み立てる場合でも役立つものである。

4. まとめ

今回の設計・施工を通じて得られた教訓は以下の通りである。

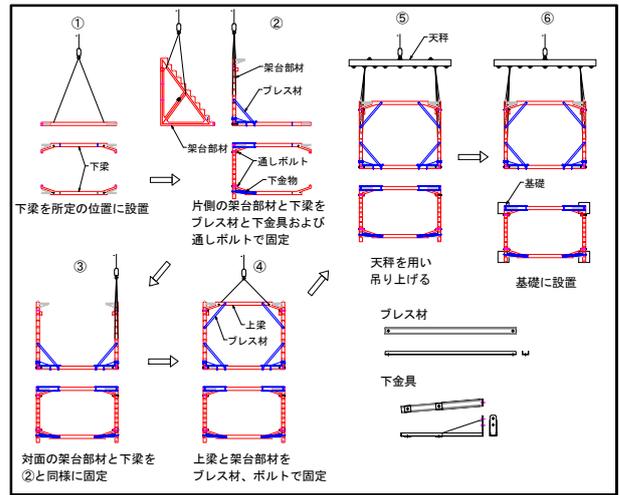


図-11 架台組立図(地組案)



写真-3 現地施工状況

- ・設計・施工の記録は、特殊な構造物であるほど後の維持管理や更新の際に重要な資料となる。
- ・小規模な構造物であっても、設計条件によっては鉄筋が過密になる場合があり、その照査・検討には BIM/CIM が有効である。
- ・BIM/CIM の活用に際しては、設計段階の電子データが活用できるか否かで作業の手間や時間が大きく異なるため、維持管理まで含めた 3D データの一元管理や互換性の確保が重要である。
- ・プレキャストの構造物は、完成形だけではなく、施工計画が重要であり、特殊な形状のものや、現場打ちから変更する場合には特に慎重な検討が必要である。

なお、架台製作輸送と並行して架台基礎工事を発注しており、堀松建設工業株式会社が現場打ち RC 構造の基礎 8 基を中心に施工を進めている(写真-3)。今回の架台部分の設計変更にあたり、現地での合同での立会等を通じて現場条件を踏まえた建設会社としてのアドバイスをいただくなど多大な協力をいただいたことに感謝する。

今後、完成した RC 部材の輸送や別途発注している PC 版の搬入、今後の架台設置工事により、更新架台の完成、既存試験体の移設を着実に進めてまいりたい。