

プレキャスト型枠を用いた矢板式岸壁上部工の 施工上の工夫と留意点について ～石狩湾新港-12m岸壁で北海道初の施工～

小樽開発建設部 小樽港湾事務所 第1工務課

○遠藤 稜己

名久井責成

岩倉建設株式会社

西亦 惠介

石狩湾新港東地区-12m岸壁は貨物需要の増加に伴い利用者から早期供用を求められているが、日本海特有の冬季における厳しい海象条件のため、従来工法では要請に応えることが困難であった。このため、矢板上部工に北海道で初めてプレキャスト型枠工法を採用し、冬季施工の安全性向上、現場作業の効率化・省人化、工期の短縮を実現した。本稿は、本工法の採用経緯、当該現場における施工上の工夫と留意点を取りまとめたものである。

キーワード：プレキャスト型枠工法、冬季施工、効率化・省人化、工期短縮

1. はじめに

石狩湾新港は、北海道の日本海側に臨む石狩湾沿岸中央部に位置し、道内の政治・経済の中心である札幌圏を背後に有する重要港湾である。平成15年4月には重量物輸送が可能な「港湾物流特区」に認定され、静脈物流ネットワークの拠点となる「リサイクルポート」にも指定されている。

本港東地区で取り扱われる鉄スクラップは、近年、東南アジア等への輸出が増加傾向にあるが、北海道から安定的に輸出するためには、大型船による輸送コストの削減が不可欠である。しかし、鉄スクラップを取り扱うことができる既存岸壁の最大水深は10mであり、船舶の大型化に対応できないことから、喫水調整による非効率な物流を余儀なくされている。また、大量のバルク貨物を取り扱う用地も整備されていない。これらの問題を解消するため、本港東地区においては-12m岸壁（写真-1、



写真-1 石狩湾新港東地区 施工箇所

図-1) を核とした国際物流ターミナルの整備を進めている。

一方、本港は、冬季に日本海特有の卓越した季節風の影響を受け、工事の安全性が低下するほか、-10°Cを下回る気温に加え降雪及び波しぶきによる着氷により上部工の施工に支障を来すことが懸念された。このため、従来の現場打ちコンクリート工法を前提とした施工では工程の確保や品質確保の面で課題が大きく、これに代わる合理的な施工手法の検討が必要であった。

本国際物流ターミナル整備においては、こうした課題への対応策の一つとして、上部工のプレキャスト（以下、「PCa」という。）化に着目し、設計段階から現場打ちコンクリート工法（以下、「現場打ち」という。）との比較検討を行った。その際、経済性にとどまらず、施工性、施工期間、品質確保、維持管理性等を総合的に評価するため、Value For Money（以下、「VFM」という。）の概念を適用した。

本稿は、地域性や現場特性を踏まえ、従来工法に代わ

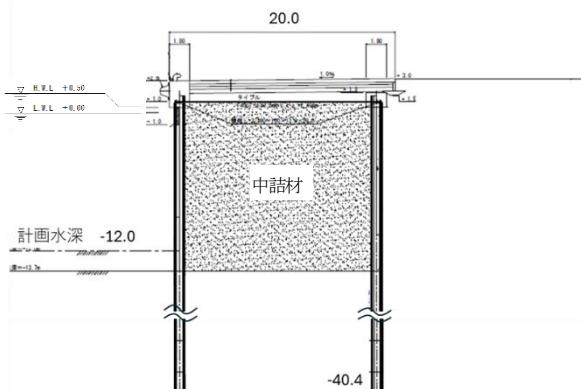


図-1 -12m 岸壁 標準断面図

る施工手法として、北海道で初めて鋼管矢板上部工にPCa型枠工法を採用した経緯と、その施工上の工夫及び留意点についてとりまとめたものである。

2. PCa型枠工法の採用経緯

(1) 設計段階での検討

一般にPCa部材の採用の効果として、施工期間の短縮や冬季施工におけるリスクの低減、品質の均一化などが挙げられる。しかし、従来工法である現場打ちと比較して部材製作費や輸送費、据付に必要な大型クレーン等の使用により初期コストが高くなるため、コストのみならずこれらの効果を総合的に評価することが課題であった。このため、国土交通省港湾局では、VFMを適用した「港湾工事におけるプレキャスト工法導入検討マニュアル(試行版)」¹⁾(以下、「マニュアル」という。)を策定した。

本施設においては、設計段階において、マニュアルに基づき、現場打ち工法とPCa型枠工法(図-2)の比較評価を行った。

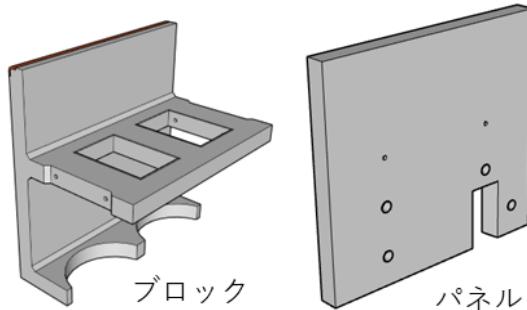


図-2 PCa型枠工法の型枠ブロック

(2) 現場打ち工法とPCa型枠工法の比較評価

マニュアルに基づき、評価項目を①費用比較、②省人化・省力化、③出来形・品質確保の優位性、④工期、⑤維持管理、⑥施工への影響、⑦第3者への影響、計7項目に分け現場打ち工法とPCa型枠工法の比較評価を行った。その結果により、PCa型枠工法は費用以外のすべてにおいて有利と評価された。各評価の詳細は、次のとおりである。

①費用比較

PCa型枠工法は、現場打ち工法に比べ費用が約1.9倍となり、現場打ち工法が有利となった。

②省人化・省力化

PCa型枠工法は、熟練工・労働者数の確保が困難になっている現状に対し、現地作業が単純化されたことにより省人化を実現しているほか、現場打ち工法より少ない

労働者数で同等以上の品質を確保した構造物が構築出来る。

③出来形・品質確保の容易性

PCa型枠工法は、高強度のコンクリートを使用するため、現場打ち工法より耐久性能が高く、耐波浪性を持ち得ている。また、工場製作のため鉄筋のかぶりを確保しやすく塩害も起こりにくい。

④工期

PCa型枠工法は、型枠作業の短縮化及びそれに伴う自然条件悪化の際に生じる休止回数の減少、潮位待ち作業の省略、整備期間短縮による工程管理の容易さなど、最も恩恵がある。

⑤維持管理

現場打ちでは、経年劣化による撤去・打ち直しなど大がかりな補修が必要となるケースが多いが、PCa型枠工法はブロック自体の耐久性に優れていることに加え、ブロック毎に補修・修繕を行うことが可能であり、維持管理が容易である。

⑥施工への影響

PCa型枠工法は、現地作業の単純化による安全性の向上、型枠作業短縮による工事実施の確実性・週休2日の実現性の向上のほか、耐波浪性の向上による被災リスクの低下が見込まれる。

⑦第3者への影響

PCa型枠工法は、剥離剤不使用のため施工による水質汚濁、濁水発生等のリスクや、周辺への漁業活動への影響が小さい。

上記7項目の総合的評価によりPCa型枠工法の配点が54.4点となり、現場打ちでは50.0点となった。これらの結果により、評価点で優位性が認められたことからPCa型枠工法を採用した。

3. PCa型枠工法の施工方法

図-3は、PCa型枠による上部工断面図である。

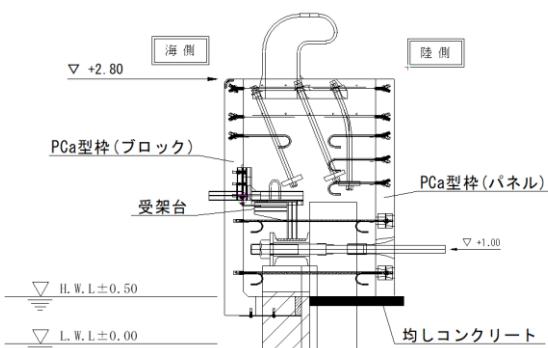


図-3 PCa型枠による上部工断面図

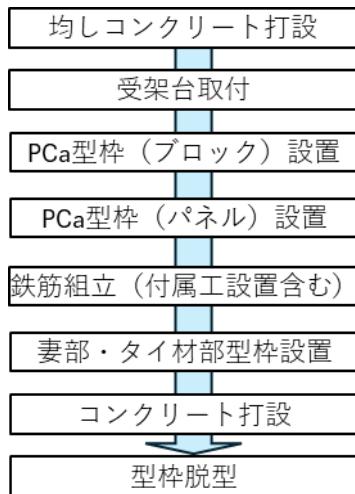


図-4 PCa型枠による上部工の施工フロー



PCa型枠による上部工は、図-4に示す作業手順により施工を行う。

写真-2は、PCa型枠による上部工の施工状況を示している。まず、PCa型枠設置前に鋼管矢板の中詰材天端面に均しコンクリートを打設し、底面の不陸整正を行う（写真-2①）。次に、PCa型枠の据付時の受台として腹起し上に受架台を取り付ける（写真-2②）。その後、PCa型枠（ブロック、パネル）を設置（写真-2③、④）し、鉄筋組立（写真-2⑤）後にコンクリート打設（写真-2⑥）を行う。

4. 工事実施上の課題と工夫

(1) 海象条件による課題と工夫

冬季においては西高東低の気圧配置となり、北西から

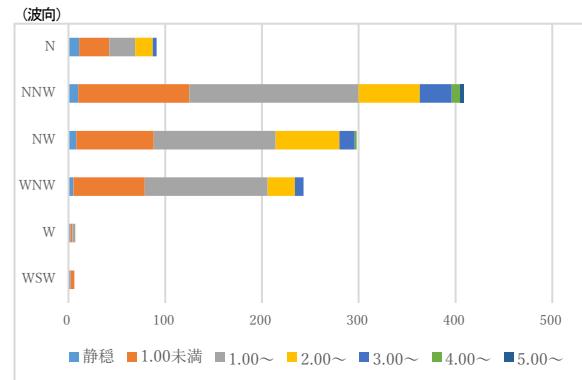
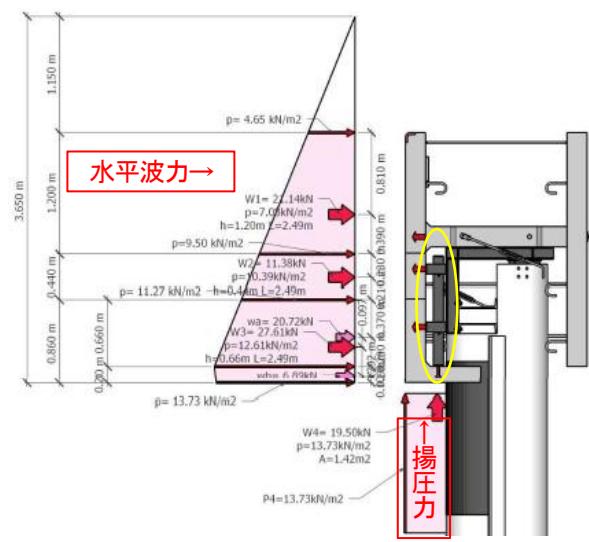


図-5 波向別波浪出現頻度（石狩湾新港 2022年冬季）



強い風が吹き込むため、石狩湾新港は常態的に北北西から西北西の波が来襲する（図-5）。また、冬季に頻繁に発生する石狩湾小低気圧は、強風をもたらし、波高を増幅させるため、時化の際には鋼管矢板を越波する状況が発生していた（写真-3）。このため、波浪の影響を考慮した施工を行うことが課題であった。

本工事で使用するPCa型枠ブロックの受架台は、静穏度が高い港内で使用することを前提に設計されたものであり、海象条件の悪い冬季の施工においては波浪による被災の可能性が高く、困難が予想された。このため、受架台の構造を見直し、水平波力及び揚圧力への反力部材（黄囲い箇所）を施した構造（図-6）に変更した。



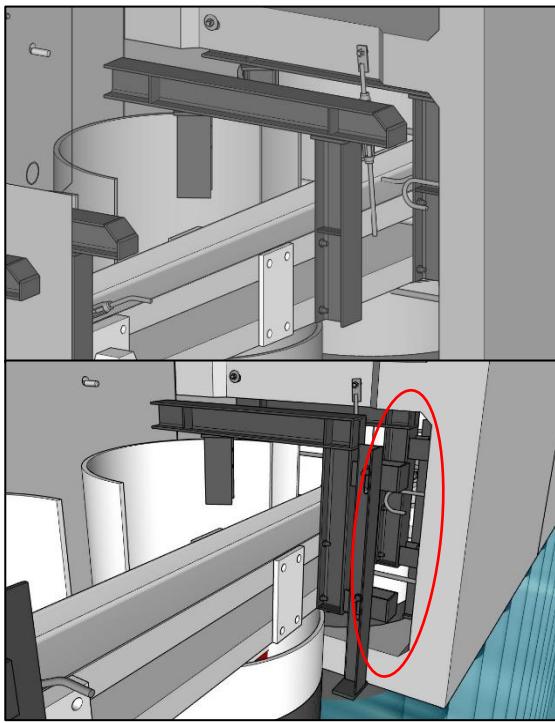


図-7 受架台（上：夏用、下：冬用）

図-7は、静穏時に用いる夏用受架台（上）と波浪を考慮した冬用受架台（下）の立体図である。夏用受架台は、鉛直方向のPCa型枠ブロックの重量を支えるのみの形状であるのに対し、冬用受架台はPCa型枠ブロックの重量を支えることに加え、水平波力と揚圧力に対応するための反力鋼材（赤囲い箇所）を追加している。これにより、安全性が確保され、波浪の影響下においても施工が可能となった。

（2）工事実施上の課題と工夫

a) 施工方法の教育

PCa型枠工法は、従来の現場打ちとは異なり、現場作業従事者にとって経験がないため、作業従事者が共通のイメージをもって作業に臨む必要があった。そこで、本工事においては「プレキャスト式上部工施工一連要領」を作成し、3Dモデルを活用しながら、作業従事者への教育を行った（写真-4）。



写真-4 作業従事者への教育

b) 変位への対応

本岸壁の上部工の施工において、PCa型枠ブロック製作に4ヶ月要するため、中詰材投入前の測量成果に基づきPCa型枠ブロックを製作する必要があった。このため、中詰材投入後の中詰材の土圧による鋼管矢板頭部の変位の影響は避けられない。この変位は、後のPCa型枠ブロック据付精度に大きな影響を及ぼすため適切な対処を施す必要があった。

PCa型枠ブロック据付前において、鋼管矢板の変位が大きい場合は、PCa型枠側での調整を行った。

PCa型枠ブロック据付時は、ICTを活用した測量管理システムを使用し、設計CADデータを取り込み、トータルステーションと連動してリアルタイムに型枠の座標値及び高さの誤差をミリ単位で数値化し、モバイル端末上で可視化することで精度向上に取り組んだ。また、コンクリート打設前にPCa型枠ブロックが波圧の影響により変位しないよう、ターンバックルで固定した（図-8）。

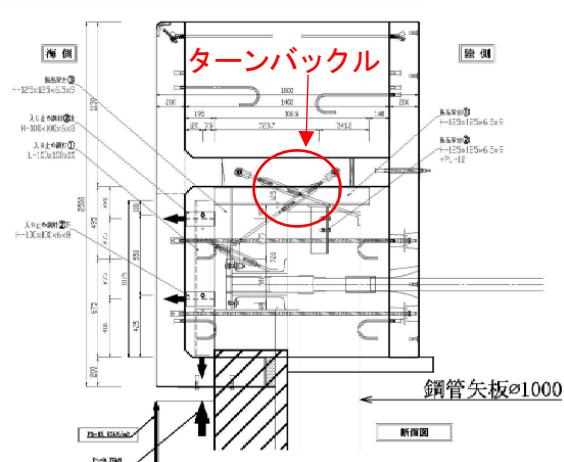


図-8 ターンバックルによる固定

（3）その他の工夫

PCa型枠ブロックは受注製作であるため、破損させた場合、再調達まで時間を要することになる。このため、製作～運搬～施工において破損防止に務める必要がある。そこで、ブロック運搬時の破損防止のため、固定方法の工夫や端部の養生を行い、角欠け防止に努めた。また、ブロック吊上時には、スリングベルトを用いることでブロックの欠けを防止した。

（4）留意点

矢板式岸壁上部工にPCa型枠を用いる際に留意すべき点は、一般に矢板との一体性の確保、据付精度管理、充填コンクリートの品質確保、受架台の構造検討、施工中の変位・変形を防ぐための入念な仮設計画などが挙げられる。本工事においては、それに加え、冬季波浪への対応が必要となった。

このほか、以下の事項に留意する必要がある。

- ・冬季においては、鋼管矢板内の残留水が凍結することが懸念されるため、PCa型枠据付前に鋼管矢板頭部の中詰コンクリートを打設する必要がある。
- ・施工に適した安全設備（足場・通路）の検討・設置が必要である。
- ・破損した際に代りは無く製作に4ヶ月要するため、二次製品の取り扱いに慎重を要する。
- ・PCa型枠内は、受架台や腹起材等で複雑な構造となっているため、コンクリート打設時に隅々まで充填されているかを確認する必要がある。
- ・冬季用受架台は、波浪を考慮する必要があり、使用する鋼材のランクアップ及び補強材の追加が必要となる。また、施工については各々形状や取付位置も異なることから、材料費と施工の手間が増加する。
- ・PCa型枠ブロックの施工精度は、鋼管矢板の出来形と施工中の変位の影響を受ける。
- ・PCa型枠ブロックの据付を円滑に行うためには、受架台を精度良く設置する必要があるほか、PCa型枠ブロック据付時には波浪の影響を受けるため、コンクリート打設前までの波浪・気象状況の把握を確実に行う必要がある。

5. PCa型枠工法採用の効果.

(1) 定量的な効果

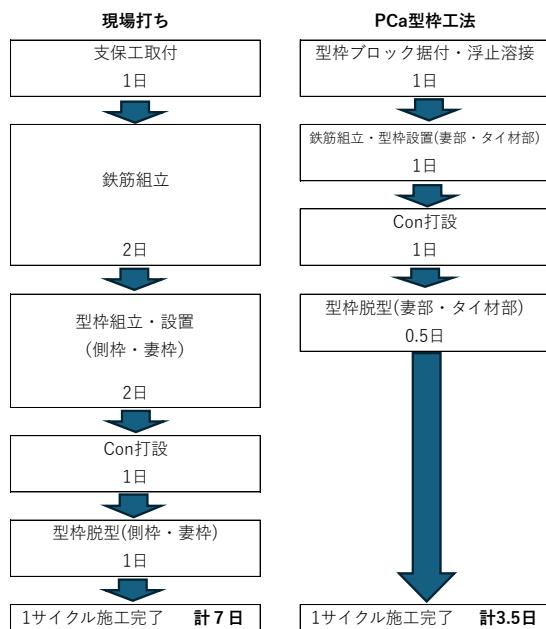


図-9 現地施工日数の比較

図-9は、現場打ち工法とPCa型枠工法の現地施工日数を比較である。現場打ち工法では、日数で比較すると1スパン当たり7日間要するのに対し、PCa型枠工法では1ス

パン当たり3.5日間で施工が可能となる。4スパンの施工では、計14日間の短縮となった。ただし、この日数は滞りなく施工を行えた場合の日数である。現場打ち工法においては、波浪等の外的影響を大きく受ける支保工取付、鉄筋組立の手戻り・遅延発生のリスクが極めて高く、実際の施工においては連続した静穏日数を確保する必要がある。PCa型枠工法はこれらの懸念点を排除出来ることから、PCa型枠工法を採用することで上記の日数以上の工期短縮に繋がる。

省人化に関しての分析では、必要とされている人数を比較した結果、現場打ち工法で1スパン当たり16人(型枠工3名、作業員4名、鉄筋工4名、溶接工2名、潜水士1名、送気員・見張員2名)要するのに対し、PCa型枠工法は1スパン当たり10人(型枠工1名、作業員4名、溶接工2名、潜水士1名、送気員・見張員2名)に低減され、約37%の省人化に成功している。更に特筆すべき事項としては、作業員の確保に関する安定化が挙げられる。PCa型枠工法であれば最初から最後まで同じ作業員で施工が可能である。型枠工、鉄筋工、潜水士など、確保が困難な作業員の固定化がされていたことから、こちらも数字以上の省人化が実現されている。

また、付属工の係船柱及び縁金物並びに防舷材及び車止のアンカーは、PCa型枠ブロックの製作段階で設置されているため、施工の手間が減少している。

(2) 定性的な効果

本工事において、以下の定性的効果が認められた。

a) 安全性向上

- ・従来工法では底版型枠の設置の際に潜水士を長時間拘束する必要があったが、PCa型枠工法の採用により底版補強用金具の取付(図-10)のみとなり、拘束時間は大幅に短縮された。これにより、水中作業による事故のリスクが著しく低下した。
- ・PCa型枠ブロックが側面と底面が一体となっており重量と強度があるため、波浪条件下においても安定しており、被災リスクが低下した。

b) 省力化・省人化

- ・側枠の型枠製作・解体作業がないため省人化に寄与した。



図-10 底版補強金具取付状況

- ・防舷材のアンカー及び縁金物がPCa型枠ブロックに配置されるため、現地施工の省力化に寄与した。
- ・専門職種による作業工程が少ないとから作業員の人員が確保し易い。

c)労働環境の改善

- ・PCa型枠工法は、潮位の影響を受ける支保工取付、型枠組立・解体の作業が無く、鉄筋組立は現場打ちに比べ配筋量が少ない。このため潮位の影響を受けにくく、潮待ちによる夜間作業や休日作業がなくなることで労働環境が改善され、ワークライフバランスの向上に繋がる。

6. おわりに

本事例は、矢板上部工にPCa型枠ブロックを適用することで、冬季施工リスクの低減と工期短縮、省人化を実現したものであり、北海道で初めての適用事例である。これは、石狩湾新港に限らず、同様の寒冷地港湾における岸壁整備に対し、従来工法に依存しない新たな施工の選択肢を提示するものであり、今後の港湾整備において有用な知見となれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省 港湾局：港湾工事におけるプレキャスト工法導入検討マニュアル(試行版)