

コンクリート製プレキャスト残置型枠工法について — 東日本大震災漁港復旧工事の事例 —

(一社) 全日本漁港建設協会 長野 章
牛田久喜
那須将弘

目 次

- 1. はじめに
 - 1-1 海の工事におけるプレキャスト材の利用
- 2. 残置型枠工法の概要
- 3. 実施状況
 - 3-1 災害復旧工事における優位性
 - 3-2 実施工事
- 4. 設計施工上の課題
 - 4-1 一体性について
 - 4-2 一体性の照査法
 - 4-3 施工性 (施工者報告より)
 - 4-4 棲取り部の施工
- 5. 今後の展開
 - 5-1 コンクリート製プレキャスト工法の事例
 - 5-2 多重防護への応用
 - 5-3 機能保全計画の実施への応用
 - 5-4 ガイドラインの策定
- 6. おわりに

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震・津波は、広範囲の沿岸部に甚大な被害を及ぼし、多くの漁港施設が未曾有の被害を受けた。これらの漁港施設復旧では、復旧箇所が多さ、人手と資材の不足、人件費と資材価格の高騰などの理由から、多くの事業で大幅な遅延や入札不調が発生し、供用がままならない箇所も多い。

当協会は、これらの状況を改善し効率的な施設復旧に寄与するため、現地の踏査や関係者聞き取りを行い、改善提案をまとめた要望書を作成した。これまでに国及び県に5回提出し、状況は徐々に改善されつつあると考えている。

本稿では、要望の一つとして提案した「コンクリート製プレキャスト残置型枠工法」について、平成25年度の復旧事業で適用した事例を報告する。

また本年7月に当協会の維持補修管理研究会内に残置型枠工法委員会を設置し、産学官の専門家による活発な議論を開始した。本工法は既存施設の機能保全や補強事業に資する技術であり、今後の効率的な活用と普及が重要となる。

委員会では、実施の事例検証による課題抽出と解決策の検討、これらを踏まえた「設計・施工ガイドライン (仮称)」の策定を予定しており、概要を紹介する。

1-1 海の工事におけるプレキャスト材の利用

(公社)日本コンクリート工学会、および(一社)セメント協会の資料より、欧米と日本のセメント出荷量に占めるプレキャスト製品 (以下PCa製品) の率^{1) 2)}を表-1に示す。

表-1 セメント出荷量に占めるPCa製品の率^{1) 2)}

国名	(%)	国名	(%)
デンマーク	49	スウェーデン	28
オランダ	48	ベルギー	24
フィンランド	42	ドイツ	24
オーストリア	33	チェコ	23
アイルランド	29	日本	13

注: 日本は2013年、他国は1994年調べ

ここでは、工場であらかじめ製造されたセメントコンクリート製部材をPCa製品と定義して

いる。表から解るように、日本の PCa 製品の使用率は欧米諸国と比べて非常に低い。残念ながら、日本の海の工事における PCa 製品の使用率が整理された資料は確認することができなかったが、漁港施設の工事一つを見ても解るように、多くは現場で鋼製型枠等を建て込みコンクリート打設する「現場打ち施工」が主流であると思われる。

PCa 製品は、構造物施工における工期短縮と品質管理に優位性がある。民間の高層建築等では一般的に用いられており、これらの優位性を活かした施工の効率化が図られている。

昨今、先に示した様な人手や資材不足、価格高騰、少子高齢化に起因する分野的な人材不足など、従来の施工技術だけでは解決できない課題が増えており、解決策の一つとして、漁港施設等の工事においても、PCa 製品を用いた施工の合理化が必要と考える。

2. 残置型枠工法の概要

本工法は、従来工法で用いている鋼製型枠を PCa 製の残置型枠に置き換え、岸壁等の機能保全や回復、強化工事を迅速かつ安全に行うものである。

現場施工条件等に応じ、残置型枠は数タイプ用意されている。規格寸法は高さ 1.0～1.5m、延長 5.0m、控え幅 0.5～1.0m 程度、また質量は 2.6～4.5t/個程度である。残置型枠外観を写真-1、2 に示す。



写真-1 残置型枠外観



写真-2 残置型枠外観

施工の概要を図-1、状況を写真-3 に示す。

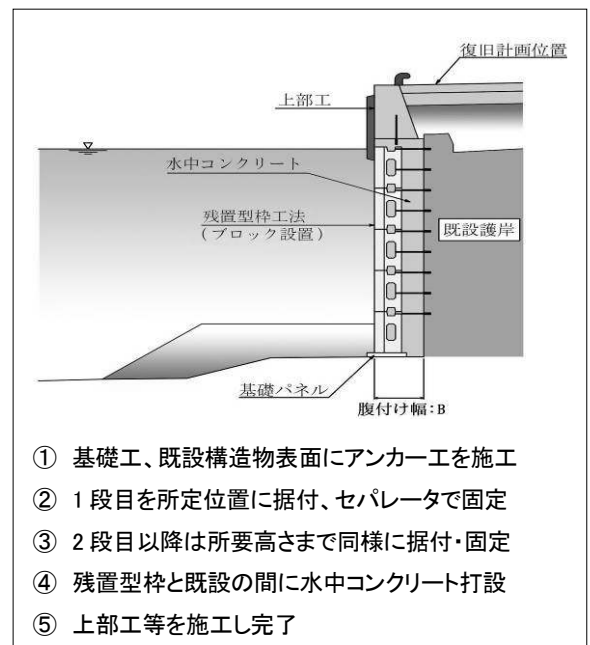


図-1 施工概要(腹付工)



写真-3 施工状況(基礎部)

3. 実施状況

3-1 災害復旧工事における優位性

従来工法は広く一般的に行われており実績も豊富だが、今次地震・津波の災害復旧事業においては特に以下の課題が指摘されていた。

従来の施工概要を図-2、課題を図-3 に示す。

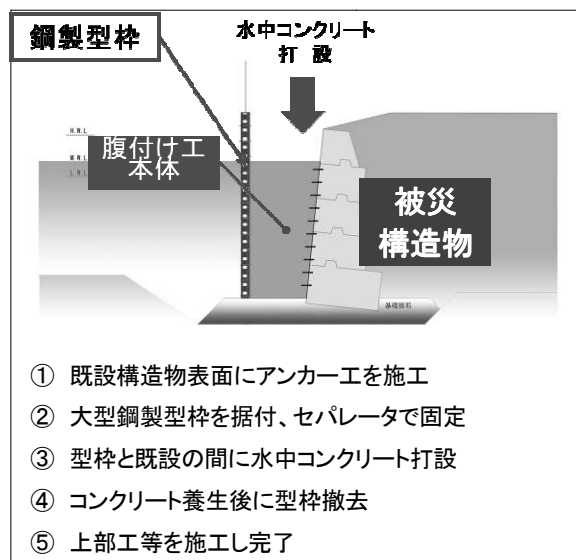


図-2 施工概要(腹付工)

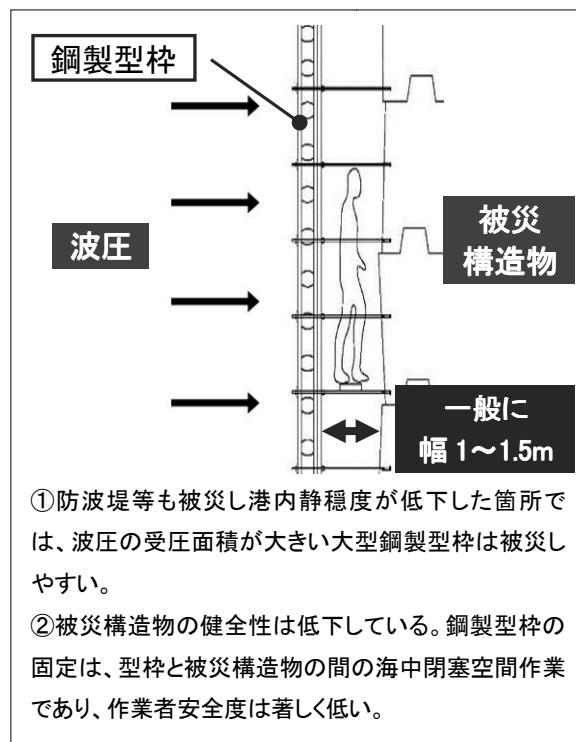


図-3 課題

海の工事では通常時でも海象条件等は無視できない課題である。加えて今次地震では、その後の余震も度々発生し、工事中の二次災害の危険性も懸念された。このような作業環境下では、計画的な施工と作業者の安全度確保は容易ではない。鋼製型枠の施工状況を写真-4、被災状況を写真-5 に示す。



写真-4 施工状況



写真-5 被災状況

また、人手や資材不足による度々の作業中断は、その間の被災確率を更に高めることになる。

課題を踏まえた残置型枠工法の開発コンセプトを表-2 に示す。

表-2 開発コンセプト

PC製品へ転換	①現場資材の低減 生コンの所要量低減 使用重機の小型化
	②技能労働者の省力化 型枠工等の削減
	③水中作業時の安全性向上 海中閉塞空間作業の削減

残置型枠工法は、従来工法の課題改善を開発コンセプトとしている。本工法により想定される効果を表-3に示す。

表-3 効果

項目	内容
① 日当り施工量の増加	PCa 製品の据付・固定作業がシステム化され、計画的かつ効率的な高速施工が可能となる。
② 作業工程の合理化	PCa 製品は残置型枠となる。型枠組立撤去作業は削減され、型枠工は不要となる。
③ 作業安全度の向上	潜水土は型枠内に入る必要がなく、各段の PCa 製品上部から固定作業が行える。
④ 経済性の向上	型枠内の作業スペースは必要なく、構造上の所要腹付け幅が 1.5m 未満等であっても施工が可能となる。

3-2 実施工事

宮城県が管理する漁港の事例を紹介する。本件では、防波堤が今次地震・津波により沈下または倒壊しており、港内静穏度が低下していた。施工者は、波浪等の影響や人手と資材供給が不安定で工程管理に苦慮するなか、本工法を採用し工事の進捗や品質、安全性を確保した。本件物揚場の沈下冠水状況を写真-6に示す。

工事名：寄磯漁港東 A 防波堤外災害復旧工事
 箇所：宮城県石巻市寄磯浜字大松地先外
 工期：平成 24 年 10 月～平成 26 年 10 月
 岸壁：-3.0m 岸壁



写真-6 物揚場の冠水状況

本件では、図-1 の様に基礎部に平板パネルを使用して不陸調整を行った。また施工協議により、残置型枠を延長方向に 1 段設置し、コンクリート供給量に応じて水中コンクリートを打設する工程となった。

この工程では、水中コンクリート打ち継ぎが発生し、品質確保が課題であったが、レイタンス除去を適正に実施することで解消された。従来工法と本工法の工期比較を図-4に示す。

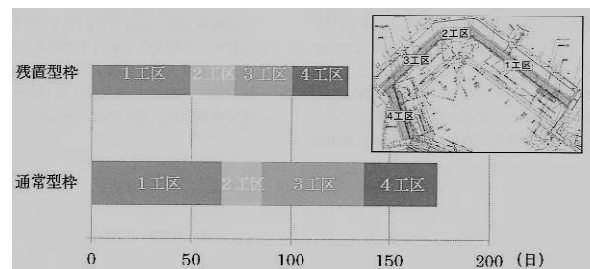


図-4 工期比較

本件では、従来工法は 175 日、本工法は 125 日で 30%程度の工期短縮効果が認められ、施工条件や人手と資材不足による工事遅延の解消に貢献し、一定の評価が得られた。

4. 設計施工上の課題

4-1 一体性について

本工法の構造概念図を図-5に示す。中込コンクリートと既設は、①既設面に施工されたアンカーにより一体性が確保される。また残置型枠と既設は、②セパレータが中込コンクリートを貫く状態で一体性が確保される。しかし③残置型枠と中込コンクリートの一体性は間接的となっており、委員会の検討課題としている。

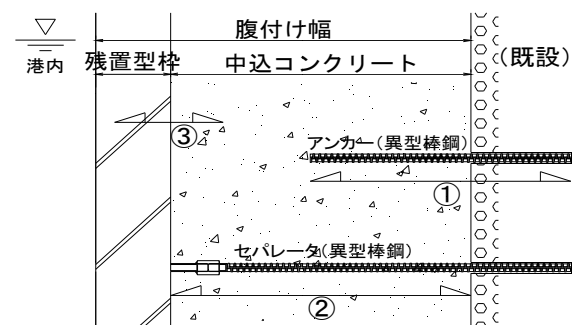


図-5 構造概念図

4-2 一体性の照査法

実設計における腹付部と既設の一体性確認は、一般に下記の照査方法が用いられている。一体性を担保する前述①のアンカー所要性能はこれらの方法により算定される。

本工法のガイドライン（案）でも照査方法を精査のうえ、記載することとしている。

(1) 地震時慣性力による引張抵抗力の照査

主に地震動の作用により新規腹付部に発生する水平慣性力を用いて算定する方法であり、不足抵抗をアンカー等に持たせ一体性を確保する。

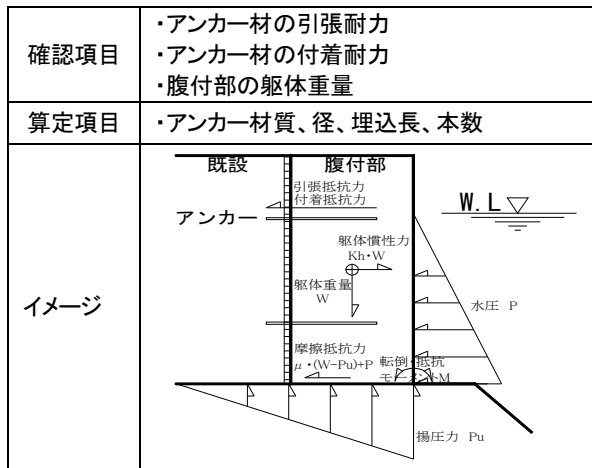


図-6 引張抵抗力照査

(2) 端趾圧によるせん断抵抗力の照査

主に土圧力、負の波力の作用により、堤体底面に発生する端趾圧力を用いて算定する方法であり、不足抵抗をアンカー等に持たせ一体性を確保する。

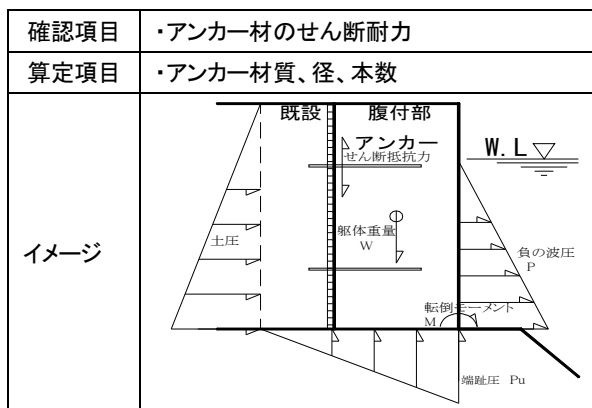


図-7 せん断抵抗力照査

4-3 施工性(施工者報告より)

本工法は既に数件の施工実績がある。委員会には、実際に使用した施工者から施工性に関する指摘と要望が出されており、適宜改善していく予定である。指摘等の抜粋を表-4に示す。

表-4 指摘と要望

①水中コン	打継ぐ場合の条件と処理方法の整理。関係者周知の徹底。
②高さ調整	各段で微調整がし易い構造とすること。
③製品固定	水中溶接によらない構造とすること。
④端部施工	延長5m未満の箇所も施工できること。
⑤棲型枠	脱型不要なメッシュ枠等を取り付けられる構造とすること。
⑥製品重量	小型重機施工が可能な重量とすること。
⑦製品連結	製品同士の連結機構を設けること。
⑧製品内面	水中コンクリートと付着を高めるため、粗面にすること。

4-4 棲取り部の施工

表-4の「③棲型枠」について、従来工法を図-8、解決案を図-9に示す。

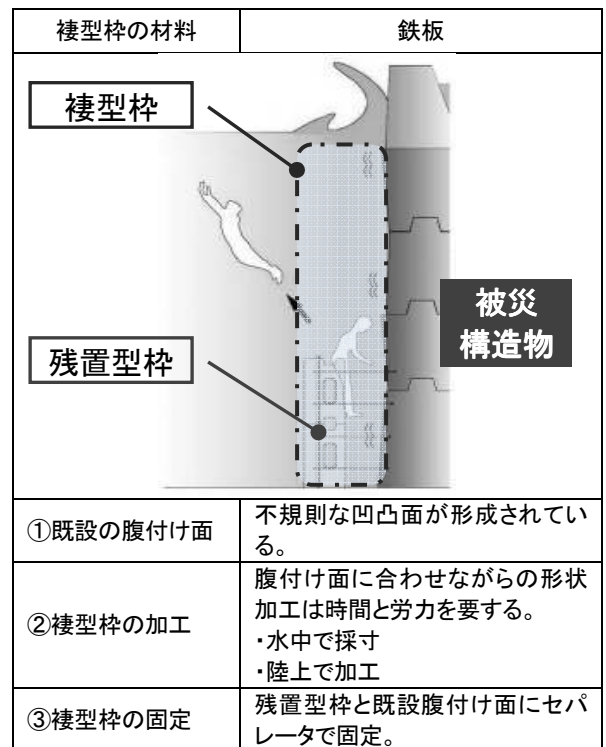


図-8 従来工法

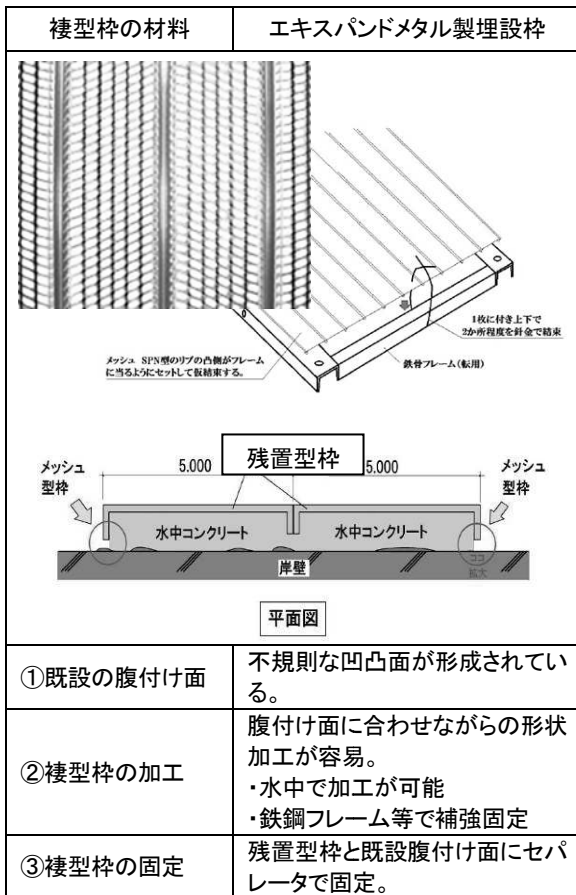


図-9 解決案

5. 今後の展開

5-1 コンクリート製プレキャスト工法の事例

本工法以外で、海の工事で活用できる PCa 製品を用いた工法例を写真-7~10 に紹介する。



写真-7

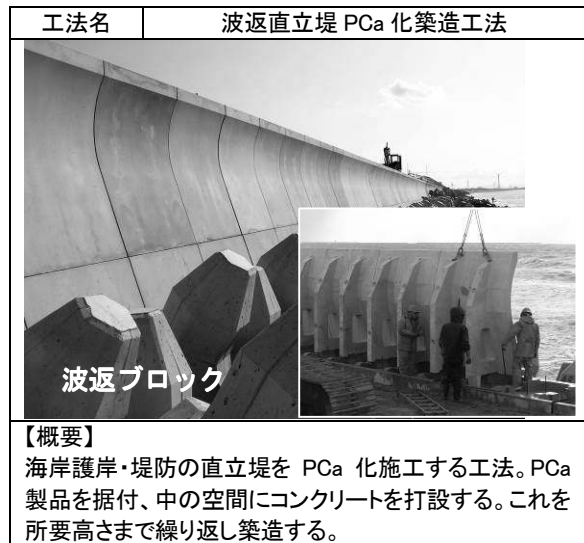


写真-8



写真-9



写真-10

5-2 多重防護への応用

PCa 製品を用いて効率的に腹付工を施工する残置型枠工法は非常に汎用性が高く、陸上の構造物では一般的に用いられている。現在は岸壁や物揚場の工事を対象に、PCa 製品と工法の検証を進めており、将来的には、防波堤や波除堤などの沖合施設への応用も視野にいたした検討を進めていく予定としている。

5-3 機能保全計画の実施への応用

社会資本として様々な分野に蓄積されているコンクリートは 100 億 m³ 程度とも言われている。コンクリートは様々な要因で劣化し、その構造物性能は低下していく。漁港施設等も例外ではなく、毎年、全国の多くの施設で機能保全対策事業が行われており、さらに増加していく傾向にあると思われる。冒頭でも示したように、このような機能保全事業を効率的に進めていくには、本工法は有用であると考えられる。

5-4 ガイドラインの策定

使用者が本工法の趣旨や内容を十分に理解し、適切かつ効率的な活用と普及に資することを目的として、「設計・施工ガイドライン（仮称）」の策定を予定している。

目次素案を表-5 に示す。

表-5 ガイドライン目次素案

1. 総則	本書の趣旨や範囲を規定	
	1.1 目的	1.4 準拠指針等
	1.2 用語定義	1.5 特記事項
	1.3 適用範囲	
2. 構成部材及び材料	構成部材の概要と使用材料の下限値を規定	
	2.1 構成部材	2.4 セパレータ
	2.2 コンクリート	2.5 アンカー
	2.3 鉄筋	2.6 特記事項
3. 設計	設計に関する考え方とその方法を規定	
	3.1 設計手順	3.4 性能照査
	3.2 設計荷重	3.5 特記事項
	3.3 許容応力度	
4. 施工	施工に関する考え方とその方法を規定	
	4.1 施工手順	4.4 残置型枠設置工
	4.2 基礎工	4.5 水中コンクリート工
	4.3 アンカー工	4.6 特記事項
5. 参考資料		
6. 施工事例		

6. おわりに

委員会では、本工法の検証とともにガイドライン（案）の策定を平成 27 年度に予定している。本工法の活用と普及により、既存施設の機能保全や補強事業が効率的に進められ、関係者の負担が軽減されるようになれば幸いである。

最後に、本工法の検証に関係いただいた多くの方々に謝意を表するとともに、工法確立に向け、今後ともご協力をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 社団法人 日本コンクリート工学協会：プレキャスト製品の設計と利用研究委員会報告書，2009.
- 2) 一般社団法人 セメント協会：2013 年会計年度 都道府県別需要部門別販売高，2014.
- 3) 渡邊、中島、不動、長野、三輪、牛田、佐々木：平成 26 年度日本水産工学会学術講演会発表論文「災害復旧工事における漁港工事の効率的な施工方法について－残置型枠工法－」，2014.
- 4) 牛田：第 15 回太平洋セメントグループ技術発表会発表論文「岸壁腹付ブロックの施工事例」，2014.
- 5) 一般社団法人 全国漁港建設協会 維持補修管理研究会 残置型枠工法委員会：第 1 回委員会資料，2014.