

水門工事におけるプレキャストカーテンウォールの施工について

Construction of precast curtain wall in floodgate construction

小穴信太郎*

Shintaro Oana

工藤 崇*

Takashi Kudou

持増 政明*

Masaaki Mochimasu

松永 健**

Ken Matunaga

要 約

当該工事は、東日本大震災復興計画に基づき関口川河口部の津波対策として防潮堤水門を新規に築造するものである。水門において、津波時及び高潮時にゲートと一体となって堤防の効果を果たすカーテンウォールは一般的に現場打ち施工である。しかし、本構造物は、施工の効率化・工場製作による品質確保・断面形状の縮小・現場における工程短縮を目的として、当初設計からプレキャストセグメント構造が採用されていた。そのため、製品の出来形精度が現場における出来形に直結するため、マッチキャスト工法のロングライン方式で製造を行った。また、セグメントが大型なため運搬から荷下ろし、架設までの詳細な施工方法の検討を行った。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. セグメントの製作方法
- § 3. カーテンウォール施工方法の確立
- § 4. 堰柱コンクリートの品質向上と工期短縮
- § 5. 成果
- § 6. まとめ

§ 1. はじめに

本工事は、東日本大震災復興計画に基づき関口川河口部の津波対策として防潮水門を新規に築造するものである。本稿では、カーテンウォールの製造方法から施工までについて報告する。

カーテンウォールとは、津波時及び高潮時にゲートと一体となって堤防の効果を果たすものであり一般的に現場打ち施工である（図-1）。

一方、本構造物は、当初設計より施工の効率化・工場製作による品質確保・断面形状の縮小・現場における工程短縮を目的としてプレキャストセグメント構造が採用されている。また、設計波圧、支間長（ $L=26.0$ m）及び壁高（ $H=7.6$ m）より、PC 構造となっている。構造概要を表-1、図-2 に示す。

表-1 カーテンウォール構造概要

形式	2 径間単純 PC ポステン箱桁
構造	中空構造の PC セグメント
主要寸法	径間長 $L=27.3$ m（25 BL+両端部現場打）高さ 7.6 m、幅 3.0 m、重量 30 t/基

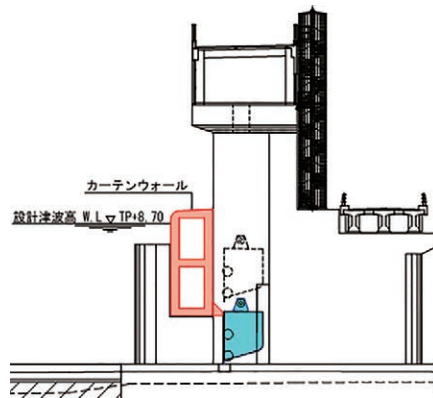


図-1 カーテンウォール一般図

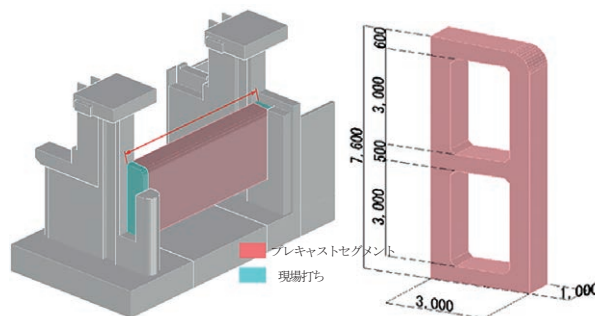


図-2 カーテンウォール正面・断面図

* 北日本（支）関口（出）

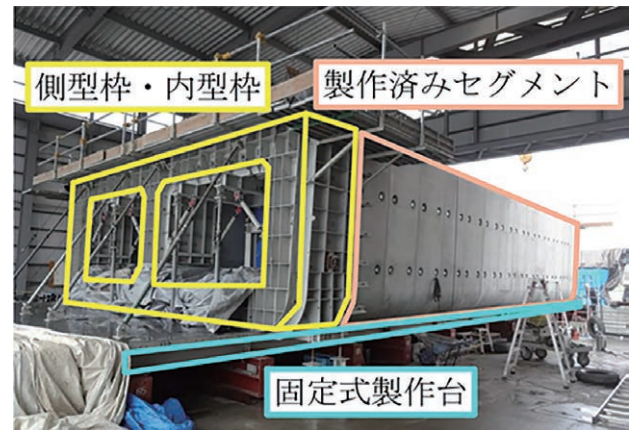
** 土木設計部設計一課

§2. セグメントの製作方法

一般的にセグメントの工場製作は、単体で製造するため隣接セグメント同士の接合面の出来形管理が困難である。本工事のようにPCボステンション方式の場合、緊張時の局所的な支圧によって製品の破損や、セグメント同士で段差が発生し美観を損ねる可能性がある。そのため、製品の接合面の高度な密着精度が要求される。そこで、製品製造において出来形管理が容易であるマッチキャスト工法で製作を行った。

マッチキャスト工法とは、すでに製作されたセグメントの端面を型枠として隣接セグメントを製作する工法であり、架設時にセグメント同士の形状が確実に合致するため、応力伝達、出来形管理の両面において優れている。型枠形式には、下表に示すロングライン方式とショートライン方式がある（表－2）。

当現場では、製作コストがいずれの型枠形式でもほぼ同じであるので、カーテンウォール1径間を製作できる用地を確保し、架設完了時の出来形精度が確保できるロングライン方式を採用した（写真－1）。



写真－1 セグメント製作状況

表－2 マッチキャスト工法 型枠形式比較表

比較項目	ショートライン方式	ロングライン方式
概略図		
製造方法	1セグメント分の型枠を用いて、同じ位置で隣接セグメントを妻型枠として1つずつ製作する方法。	半径間～全径間分の固定式製作台を用意し、型枠を移動しながらセグメントを連続的に製作する方法。
特徴	・製作台設備の規模、用地が小さくて済む ・精密な出来形管理、品質管理のためには、非常に精密な製作設備と、綿密な作業計画、手順が必要。 ・隣接セグメントの位置固定が出来形形状に直接影響する。	・製作台設備の用地がショートラインに比べ大きくなる。 ・脱型後、すぐに既設セグメントを移動する必要がない。 ・セグメント製作時の出来形管理が比較的容易である。
総合評価	製作設備、用地は小さくて済むが、製作時の出来形管理が難しい。そのため、架設完了時の出来形に影響を及ぼす可能性がある。	製作設備、用地はショートラインより大きくなるが、製作時の出来形管理が容易であり、半径間の製作台を使用するため、架設完了時の出来形精度が確保される。
	△	○

§3. カーテンウォール施工方法の確立

セグメント1基が大型で約30tもの製品であることから、運搬時の転倒等を考え、製品を横（寝かした状態）にして運搬することとした。そのため、セグメントの荷降ろしから架設までの施工方法（吊り作業手順）および架設完了後の支保工の解体方法を検討し施工を行った。

3-1 セグメントの荷降ろしから縦起こし

荷下ろしから縦起こしまでの手順を以下に示す。着目点としては、製品破損を防ぐため接地させないように考慮することである（図-3）。

- ①横積みされたセグメントを50tクレーン、160tクレーン2台使用して荷下ろしを行う。
- ②セグメントを空中で横起こしするため2台のクレーンで回転させる。その際に玉掛ワイヤー、吊り治具が接触するため吊り天秤の使用、木材等で養生を行い15tチェーンブロックを使用し160tクレーン4点吊りにてセグメント荷重を受け替える。
- ③チェーンブロックにてセグメントを垂直に吊り、仮置き架台上に仮置きする。仮置き台は横起こし完了後の転倒防止のため使用した。
- ④仮置き台に横起こしされたセグメントを上部側を160tクレーン、下部側を50tクレーンで揚重し縦起こしをするため回転させる。その際に横起こし時同様に玉掛ワイヤー等が接触するため養生を行った。
- ⑤15tチェーンブロックを使用し160tクレーン4点吊りにてセグメント荷重を受け替える。
- ⑥チェーンブロックにてセグメントを垂直に吊り縦起こし完了。

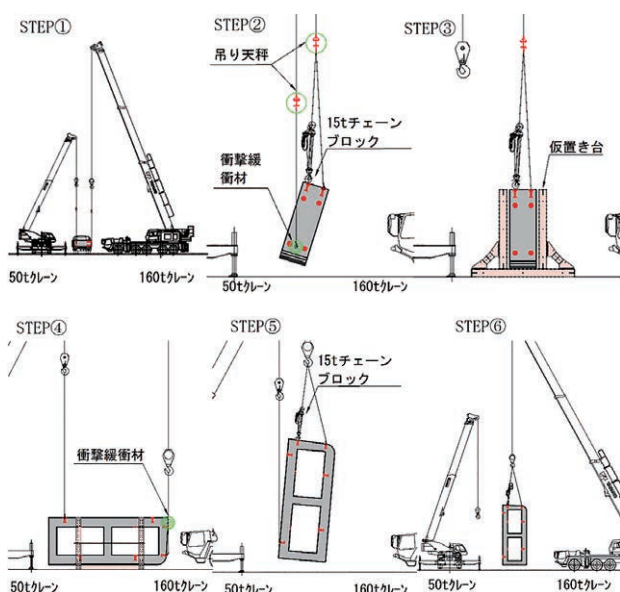


図-3 施工手順概要図（荷下ろし～縦起こし）

3-2 架設

縦起こし後、160tクレーンで所定の位置にセグメントを架設する。全体のPC緊張作業前にセグメントの密着性を確保するため、PC鋼棒を使用し仮緊張を行った（図-4、写真-2）。

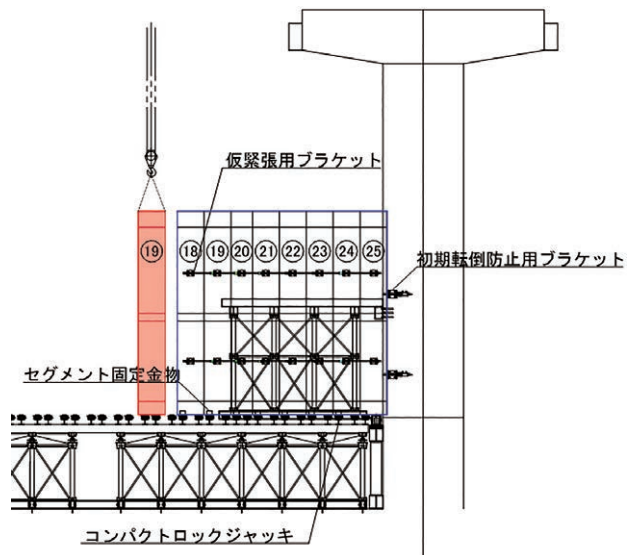


図-4 カーテンウォール架設図



写真-2 引き寄せ状況

引き寄せ後、コンパクトロックジャッキ4基でセグメントを受け替え高さの微調整を行った。架設後のセグメント転倒・ズレ防止対策として、控えワイヤーと鋼材を使用してストッパーを設置した（図-5、写真-3）。

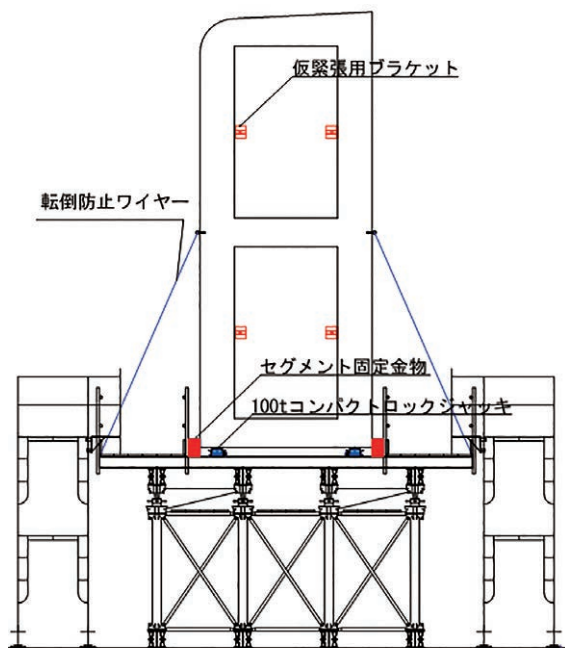


図-5 カーテンウォール架設断面図



写真-3 引き寄せ状況

3-3 上げ越し・支保工解体

計画では、カーテンウォール自重によるたわみ量は0.79 mm（下向き）、プレストレス導入によるたわみ量は0.54 mm（上向き）、合計たわみ量は0.25 mm（下向き）とごくわずかな値である。今回は、河道幅を確保するため支承高さ出来形規格値 ± 5 mmの80%である4 mmを上げ越し量とした。

支保工解体には、コンパクトロックジャッキに作用する荷重を除去する必要があるため、支保工両端部に設置した4基の300 tジャッキでカーテンウォールの荷重（約800 t）を受け替え、たわみ量分のジャッキアップを行いコンパクトロックジャッキの撤去、支保工の解体を行う計画とした（図-6）。

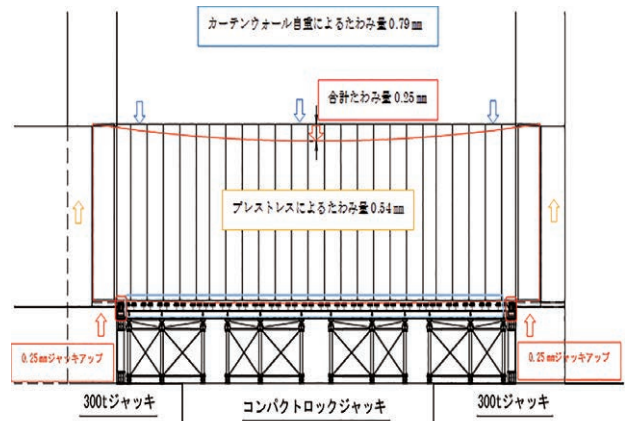


図-6 支保工解体計画図

§ 4. 堰柱コンクリートの品質向上と工期短縮

4-1 当初案

当初設計では、堰柱下部の構築（TP+2.0 m）、カーテンウォール施工、堰柱上部、張出し部の構築の施工手順であったが、以下に示す施工上の問題により施工手順を変更することにした（表-3）。

- ・足場の組立・解体による工程遅延
- ・コンクリートの長期打ち止めに伴う下部拘束による躯体のひび割れ
- ・寒中コンクリートによる品質低下リスクの増大。

表-3 施工方法比較表

比較項目	当初案	変更案
施工概要図		
施工手順	足場組立 → 堰柱下部構築 → 足場解体 → カーテンウォール施工 → 完了 足場支保工組立 → 堰柱上部構築 → 足場支保工解体 → 完了	足場支保工組立 → 堰柱構築 → 足場支保工解体 → カーテンウォール施工 → 完了
施工性・品質	足場の組立解体作業が2回行わなければならない。全てのセグメントをクレーンで直接架設が可能。コンクリートを長期打ち止めに伴う下部拘束によるひび割れが懸念される。堰柱上部の施工が寒中コンクリートの施工となる。	足場の組立解体作業が1回で済む。一部のセグメントが堰柱上部に干渉する。コンクリートの打ち止め期間が短い。施工時期が10月中に終わるため、寒中コンクリートの施工にならない。
総合評価	クレーンでの直接架設が可能だが、足場の組立解体による工程遅延、コンクリート打ち止めによるひび割れ及び寒中コンクリート施工となる問題がある。	一部クレーンでの直接架設が出来ないが、足場の組立解体が一回による工程短縮、打ち止めが発生しない事、寒中コンクリート施工にならないので品質向上に繋がる。

4-2 変更案

変更案では、堰柱張出し部にクレーンが干渉してしまい直接架設が出来ない。そのため、干渉しない位置で横移動装置を設置しセグメントを横移動し架設を行った(図-7)。横移動装置は、セグメントに設置したブラケットにチルトタンクを取り付けベント上を移動させる構造とした(図-8、写真-4)。

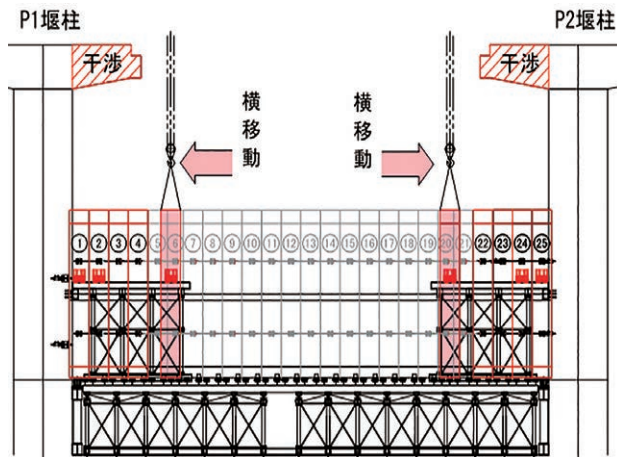


図-7 横移動による架設計画図

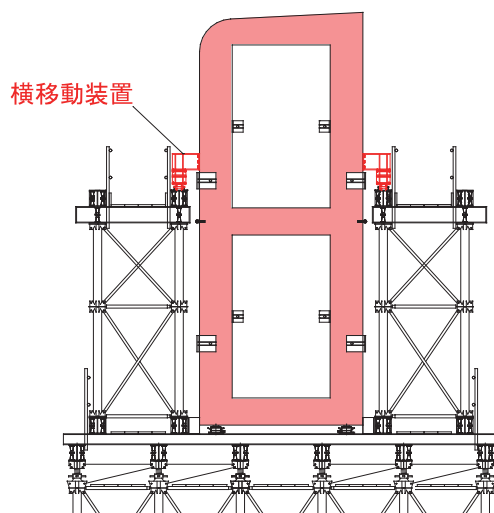


図-8 横移動装置



写真-4 横移動装置

§ 5. 成果

5-1 セグメントの製作方法

マッチキャスト工法のロングライン方式でセグメントを製作したことにより、接合面の不陸等が無くPC緊張後の製品のかけ、ひび割れは発生しなかった。セグメント同士の段差もなく大変きれいな仕上がりになった。セグメント及び架設完了後の出来形は、すべての項目で規格値を満足することができた(表-4、図-9)。

一方、セグメント製作時の形状がそのまま現場で再現されるため、据付け時に一度ずれが生じると調整が困難であり、架設完了時の出来形を常に予測しながら施工することが重要であった。

表-4 出来形管理表

出来形管理項目	規格値	社内規格値	実測値
桁長	±22mm	±17mm	±0mm
横方向最大タワミ	21mm	17mm	14mm
基準高	±20mm	±16mm	+4mm

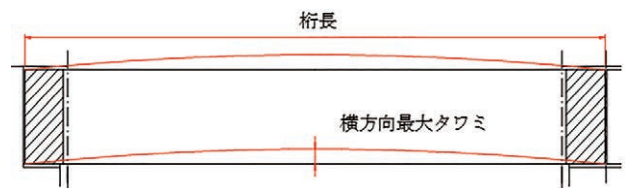


図-9 桁変形概念図

5-2 カーテンウォール施工方法の確立

運搬から荷下ろし、架設まで事前に検討した手順通りに施工できた。製品の接触による破損防止を目的とした吊り天秤や緩衝材を用いたことで製品事故なく架設完了することができた。支保工解体では300tジャッキで受け替え計画通り解体できた。

今回、大型プレキャスト製品の架設を行い、横起こしから縦起こし作業に計画の2倍近くの時間がかかってしまった。横起こしから縦起こし作業での時間短縮のための改善策を検討する必要がある。

5-3 堰柱コンクリートの品質向上と工期短縮

横移動装置を使用することで、張出支障部の架設を行うことが出来た。また、本施工方法を採用したことにより、当初計画に比べ堰柱本体の打ち止め期間を約4.5ヶ月短縮でき、ひび割れの抑制に効果があったと推察する。さらに、足場の組立解体作業を削減したことにより約10日程度の工程短縮に繋がった。

§ 6. まとめ

PC 構造のプレキャスト製品の場合は、接合面の製品精度が重要であるため、マッチキャスト工法での製造は有効である。製造時に架設完了時を再現できるロングライン方式を採用することで、架設完了時の出来形精度を確保できる。

また今回のような大型なプレキャスト製品の施工では、

製品事故防止、出来形精度を確保するためには運搬から荷下ろし、架設完了まで施工方法や注意点等の事前検討が大変重要である。

横移動装置を使用しての架設方法は、施工時に直接架設できないという点はあったが、コンクリートの品質及び工期短縮に繋がった。

施工計画を立てる際には、当該工種の比較だけでなく影響を受ける他工種も含めた比較が重要である。