

防潮堤工事の型枠・コンクリートの施工実績

場所打ち擁壁工（縦壁部）の施工における CF（Compsite Form Method）工法の採用

宇佐美 克 則

東日本大震災により被災した防潮堤の復旧を行うため、延長約1.8 kmに及ぶ防潮堤の建設にCF（Compsite Form Method）工法（以下、本工法という）を採用した。本工法は、近年、橋脚等の鉛直方向に高さのある躯体工の型枠・コンクリートに採用されてきた実績があり、品質向上、工程短縮、コストダウンにつながるものとされてきた。防潮堤工事のように延長方向に長い連続する躯体工で本工法を採用するのは初めての試みである。本稿では、本工法の施工方法とその実施効果について報告する。

キーワード：防潮堤、躯体工、型枠、コンクリート、品質向上、工程短縮

1. はじめに

陸前高田市は岩手県南東部、宮城県との県境に位置し、太平洋に面する町である。2011年の東日本大震災が引き起こした大津波では市役所庁舎を含む市中心部が壊滅し、市の全世帯のうち7割以上が被害を受けた。本市の犠牲者数は、人口24,246人に対し1,757人（行方不明者含む。人口比で7.2%）で石巻市に次いで2番目、岩手県では最大である。現在も津波の再来に備えた防潮堤建設や土地かさ上げに加えて、損壊した市庁舎や駅を含む施設の移転など都市機能の再建や産業復興が進められている。本稿では、東日本大震災により被災した脇之沢漁港海岸の防潮堤の場所打ち擁壁工（縦壁部）の施工にあたり工期の短縮と品質向上を目的として採用した本工法の施工方法と実施効果について報告する。

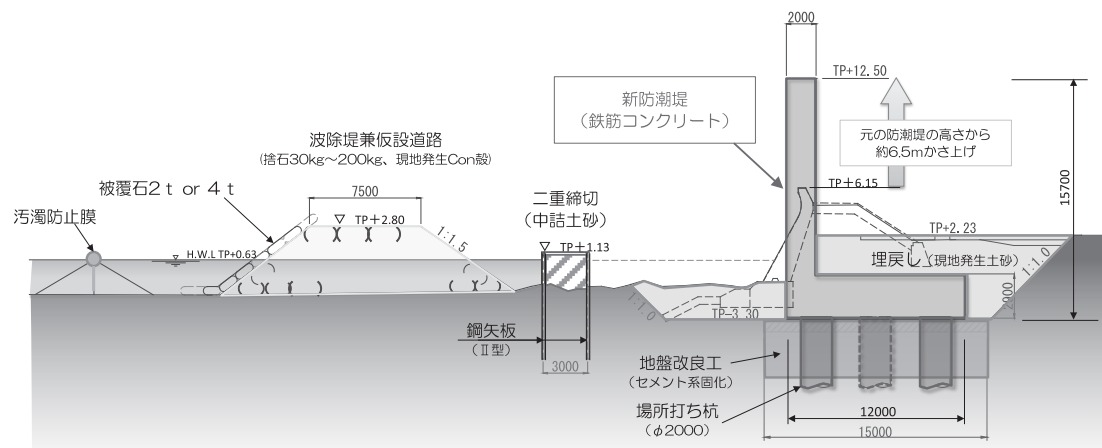
2. 工事概要および施工上の問題点

(1) 工事概要

防潮堤本体は、総延長L=1,859 m（図—1）、天端高TP+12.5 mの場所打ち擁壁となっており、その構造は大きく2つに分かれ、図—2のL型擁壁タイプ、



図—1 全体図



図—2 L型擁壁タイプ

図—3の逆T擁壁タイプであり、被災した旧防潮堤より約6.5m高くなっている。基礎部は大部分が場所打ち杭(φ2,000)となっており、一部区間は液状化対策として地盤改良を施工している。復旧する防潮堤は、被災した防潮堤と同じ法線上に構築することから、海象の影響を受けるため、防潮堤の海側に二重締切堤を設け、ドライアップした状態で施工を行った。

(2) 施工上の問題点

(a) 工程

当初の計画工程では、防潮堤175ブロックを30か月(5.9スパン/月)で完成させるものであった。通常、6ブロック完成まで3.5か月を要する。工期内に施工を行うために、工事全体を工区分けし、施工業者を分割させる必要があった。当時、震災復興工事は最盛期であり、人手不足に加えて人件費が高騰していたため、各施工業者とも工程通りに工事を完了させることに難色を示していた。

(b) 品質

防潮堤のコンクリート(堅壁部:幅2.0m×延長10.0m×高さ12.8～13.4m)はマスコンクリートであり、セメント水和熱および自己収縮に起因した体積変化による温度ひび割れの発生が懸念された。温度応力解析を行った結果、L形擁壁タイプでは、換算平均ひび割れ指数が照査基準1.20を上回っていたが、逆T擁壁タイプでは照査基準1.20以下の結果であった。尚、防潮堤で使用するセメントの種類は、当初設計では普通ポルトランドセメントであったが、塩害に対する耐久性の照査を行った結果、普通ポルトランドセメントでは防潮堤施工後18～23年程度で鉄筋の腐食が始まるのに対し、高炉セメントB種は防潮堤施工後

55～70年程度で鉄筋の腐食が始まることから、高炉セメントB種に変更するものとした。

(3) 問題点の解決策

問題点を解決するため、型枠・コンクリート打設の工程短縮及びコンクリートの品質向上に効果があるとされる本工法の事前検討を開始した。事前検討結果は、以下のとおりであった。

(a) 工程

工程が6ヶ月短縮(7.6ブロック/月)可能と想定される。同時に工程短縮に伴う歩掛向上が見込まれる(従来工法であればH=12.8mの堅壁を3ロットに分けて施工するが、1ロットで行うため)。

(b) 品質

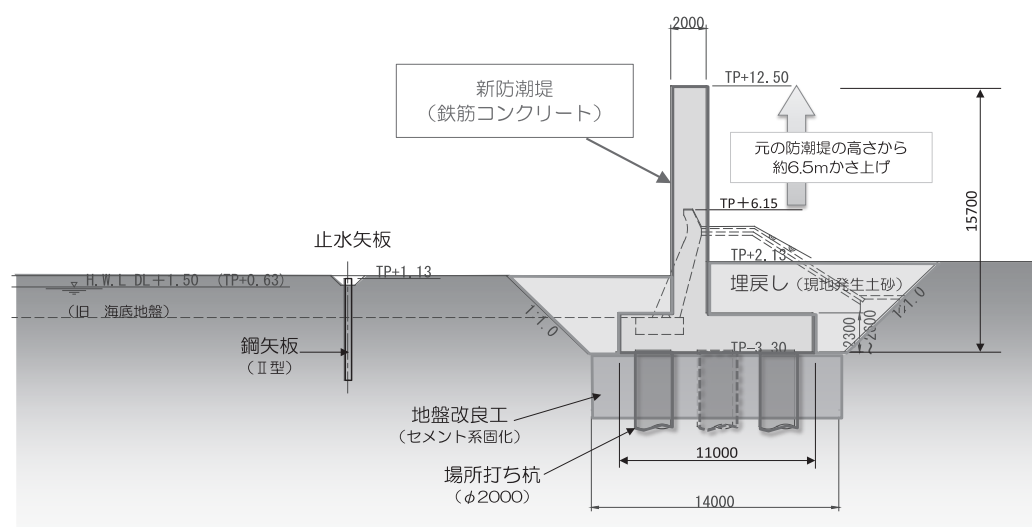
温度応力解析結果におけるひび割れ発生確率の低下(3層パネルによる高い断熱効果および打設回数の減少のため)が明らかとなった(表—1)。

以上の事前検討結果から本工法を採用するものとした。

3. 本工法の特徴及び施工方法

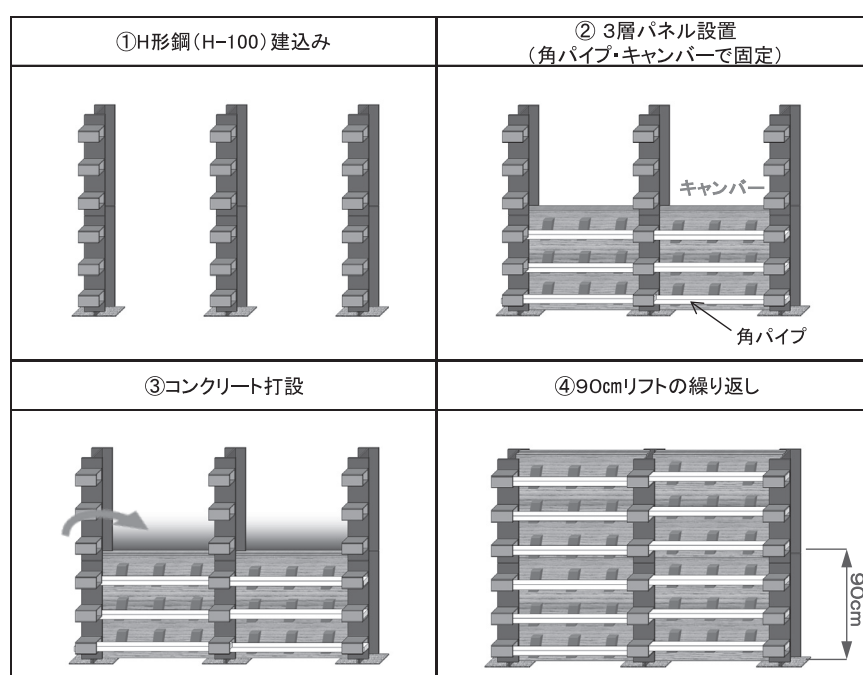
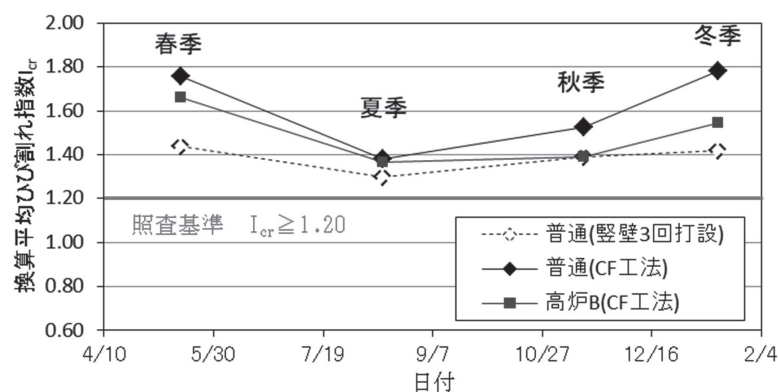
本工法とは、規格製品化された3層のベニヤパネルと定型のH形鋼を用いて、型枠を短時間に容易に組立・設置し、高リフトのコンクリート打設を1日で可能とする工法である。本工事の堅壁コンクリート(高さ12.8～13.4m)施工時、従来工法であれば鉄筋組立・型枠組立・コンクリート打設の1サイクルを3回程度に分けて施工しなければならないが、本工法では1サイクルを1回で施工が可能である。

本工法(型枠)の施工手順は、堅壁コンクリート外



図—3 逆T擁壁タイプ

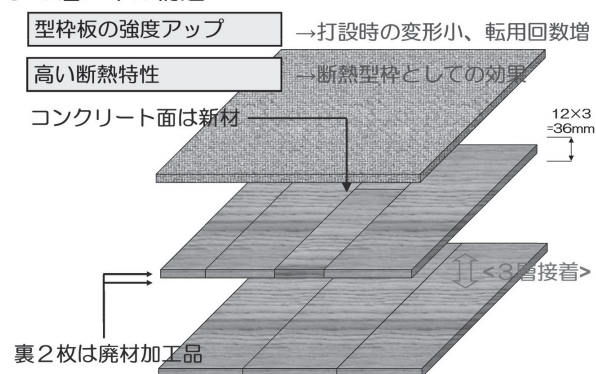
表一 L型擁壁タイプにおける換算平均ひび割れ指数比較表



図一 4 本工法施工フロー図

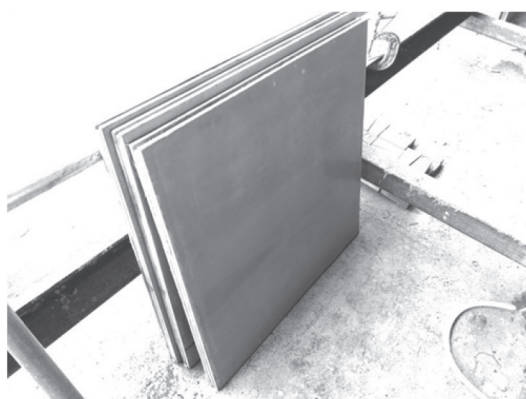
周にH形鋼を建込み後、型枠となる3層パネルをH形鋼間に設置し、3層パネルを横バタとなる角パイプと木製のくさび（キャンバー）で固定するだけである（図一4, 5, 写真一1）。また、コンクリート打設の際は、コンクリートポンプ車を使用しての施工となるが、従来工法の場合は、圧送ホースを型枠天端より鉛直方向に型枠内に挿入するが、本工法の場合は、水平方向から型枠内に挿入するため、生コンの落下高は、常に本工法パネルの1枚の高さである90cm以下となる。このことによりコンクリート落下による材料分離の低下を図れるものとなっている（図一6, 写真一2）。コンクリート養生に関しては、3層パネルの高い断熱効果（熱伝導率は、発泡スチロール（厚さ20mm）相当である）で、コンクリート内部と表面の温度の差を抑えることができる。さらに、型枠設置期間をコント

● 3層パネル構造

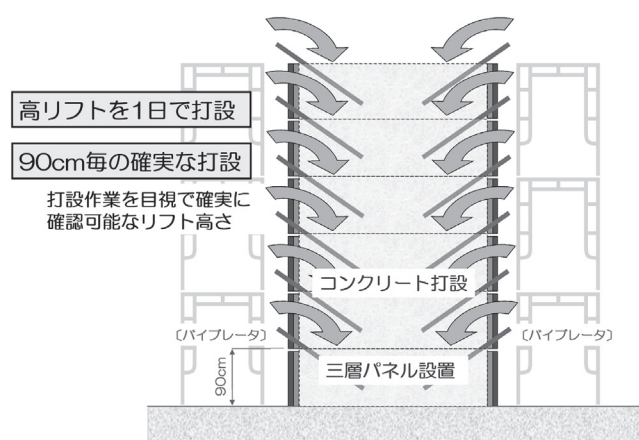


図一 5 3層パネル構造

ロールすることで、ひび割れの発生確率を低減できる。また、本工法の特徴として、コンクリート表面に一定間隔でH形鋼の跡が残る、縦スリットの模様が



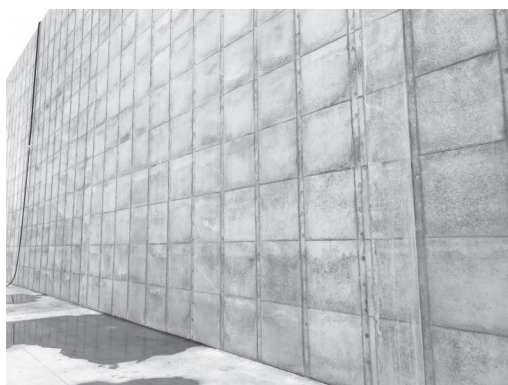
写真—1 本工法 型枠構造



図—6 コンクリート打設方法



写真—2 コンクリート打設状況 (圧送ホースの水平挿入)



写真—3 コンクリート仕上がり面 (縦スリット)

入る。従来の一般型枠の平坦な表面と比較し、景観的に連続性があり、飽きのこないデザインとなる（写真—3）。

4. 本工法の実施効果検証

(1) 工程

全体工程としては、現在も施工中であるため確定はできないが、既に完了した1工区32ブロック施工の工程は当初21か月を想定したのに対し、本工法を採用したことにより、表—2に示す通り、約5.5か月の工程短縮をすることができた。第1期の12ブロックは従来工法とほぼ変わらない進捗であったが、この原因は、施工業者が初めて目にする工法であり、戸惑い・不慣れ・不安等があり、思うように進まなかったためである。しかし、第2期ブロックに移ってからは本工法に慣れ、戸惑いや不安が取り除かれるようになってからは、見違えるように進捗が向上し、余裕ができた分第3期と重複しながら施工できたことにより、工程の短縮を図れた。型枠工としての歩掛りに関しては各工区で施工業者によりバラツキはあったが、ある1工区を例にとって比較する。表—3に示すとおり一人当たりの型枠施工量を従来工法（水門部施工時の歩掛）と比較すると効率よく施工でき、歩掛りが45%向上した。さらに、移動式クレーンやコンクリートポンプ車の移動回数・使用期間についても、当初配置計画よりも低減できたため、コストダウンにつながった。

(2) 品質

175ブロック中140ブロック完了時点で縦壁にひび割れが確認されたのは、3ブロックのみである。うち補修を必要とする0.2mm以上のひび割れは1ブロックのみであった。また、冬季の施工もあり、寒中コンクリートとしての給熱養生をしなければならなかった

表一 2 実施工程表

実施工程表																									
月別		2018年												2019年											
施工箇所		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
第1期：12ブロック																									
第2期：12ブロック																									
第3期： 8ブロック																									
		— ： 従来工法工程（想定）												← 約5.5か月の工期短縮 →											
		— ： CF工法実施工程																							

表一 3 型枠組立解体歩掛比較表

工法	位 置	型枠面積 (m ²)	人・日	m ² /人・日 (平均)
CF 工法	先行スパン	307	45.36	7.4
	後行スパン	256	30.52	
従来工法	水門部	390	76.40	5.1

が、本工法を採用した堅壁部に関しては、3層パネルの高い断熱効果もあり、コンクリート天端付近の給熱養生のみで対応できた。

(3) 本工法における留意点

(a) コンクリート打設の長時間化

堅壁コンクリート（256 m³/ブロック）を1日で打設する際、通常の堅壁であれば1.5 m/時間の打ち上げが可能であるが、本工法の場合は45分/90 cmと、打ち上げ速度に制限がある。さらに、コンクリート打設終了時間が遅くなるため、天端の均しが深夜になるため、作業員や職員の配置に配慮が必要である。

(b) 足場上の資材仮置きによる安全上の課題

3層パネルを建込みながらのコンクリート打設作業のため、作業終了時までパネルやキャンバー等の資材が足場上に仮置きされた状態となる。そのため足場通

路上の資材での躓き転倒や飛来落下等が懸念されるため、足場上の整理整頓、小物資材の袋収納等の工夫を必要とする。

5. おわりに

本稿では、防潮堤工事に採用した本工法 CF 工法の実施効果について報告した。本工法を大規模防潮堤工事に採用したのは、この現場が初めてであり、最初は期待より不安が大きかったが、進捗が増すごとに不安要素が取り除かれ、事前検討時の想定とほぼ同等の結果が得られた。本工事では、防潮堤陸間や水門等の型枠支保工を必要とする構造物には採用しなかったが、今後さまざまなコンクリート構造物に応用できると考えている。

J C M A

【筆者紹介】
宇佐美 克則（うさみ かつのり）
東亜建設工業(株)
陸前高田脇之沢工事事務所
所長

