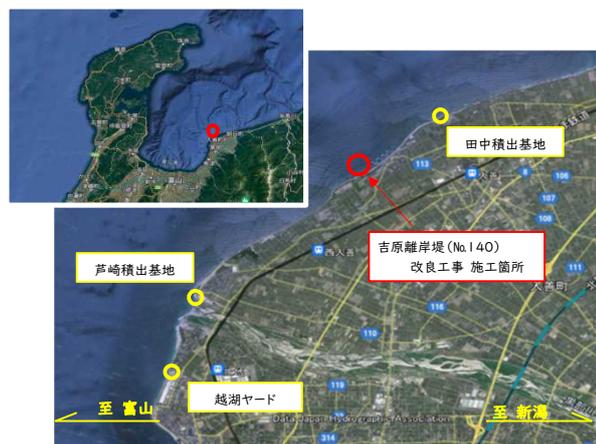


ICT技術導入による技術力の向上について

工 事 名 : 吉原離岸堤 (No140) 改良工事
 請 負 者 : 株式会社 飯作組
 現場代理人 : 道腰 健吾
 ○監理技術者 : 倉堂 克大

1. はじめに

本工事は入善町吉原地先において、高波浪により被災をうけた既設離岸堤を改良する工事である。過去に施工した既設離岸堤は、近年大型化している台風や長年にわたり受けてきた高波浪の影響により、竣工後の原型を留めている構造物はほぼ皆無である。それらにより既設離岸堤の改良工事は、当初設計通りに施工できる事が稀であり、施工を行うにあたり『変更協議』を行うことは必須項目となる。本文は円滑な施工を行う為に実施した効果的な『協議方法』について報告するものである。



【 施工箇所位置図 】

2. 工事概要

- (1) 工事箇所 : 富山県 下新川郡 入善町 吉原 地先
- (2) 工 期 : 令和 5 年 2 月 21 日 ~ 令和 5 年 11 月 22 日 (275 日間)
- (3) 主要工種 : 海域堤防 (天端延長 L=100.0m)

◀ 海域堤基礎工 ▶

捨石工	捨石 (海上)	岩石 200~1,000 kg/個	2,755 m ³
	捨石均し	荒均し (±30、50 cm)	3,450 m ²
洗堀防止工	海岸コンクリートブロック工	異形ブロック 4~12t	338 個
	アスファルトマット	t=9 cm	29 枚(1,607m ²)

◀ 海域堤本体工 ▶

海岸コンクリートブロック工	運搬・据付	本体ブロック 40t	278 個
----------------------	-------	------------	-------

◀ 海岸構造物撤去工 ▶

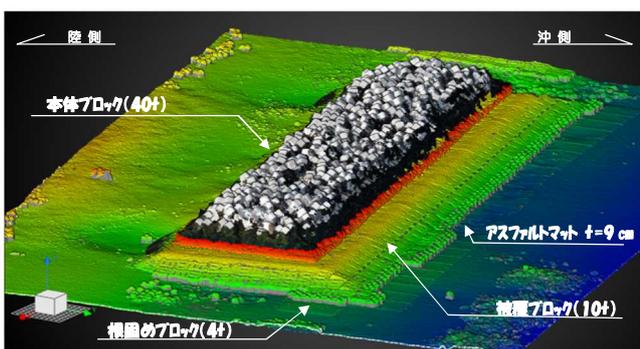
構造物撤去工	撤去・仮置・再据付	既設ブロック 4~20t	634 個
取壊し・運搬処理工			1.0 式

◀ 侵食対策工 ▶

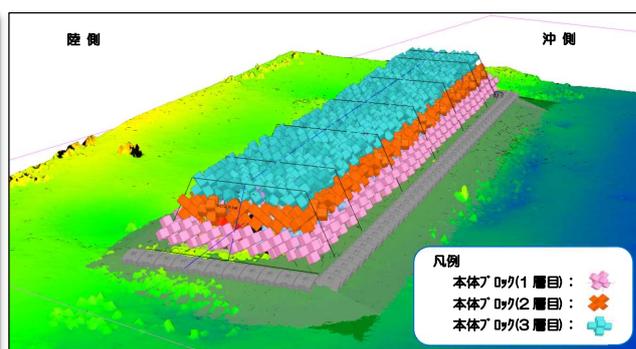
基礎工・本体工	捨石工 (岩石・玉石)、異形ブロック 4t 運搬据付	1.0 式
----------------	----------------------------	-------

◀ 付属物施工工 ▶

藻場設置工	藻場礁ブロック移設	1.0 式
--------------	-----------	-------



【 海域堤防完成 (3 次元点群データ) 】



【 本体ブロック据付 (3 次元モデル) 】

3. 本工事の特徴について

本工事の特徴として以下の2点が挙げられる。

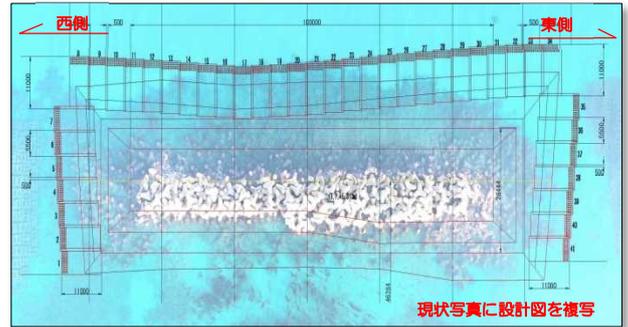
- ① ICT活用工事としての施工管理の実施
- ② 設計図書との差異(既設ブロック及び岩石等の飛散)による大幅な構造変更

構造変更を行うには当然『協議』を行うが、改良工事は想定外な事項が多く、円滑に協議事項を処理しなければ現場の進捗がストップしてしまう。そこで協議を円滑に行う為、構造変更の協議をICT技術を活用した『提案型協議』を実践したのでその過程を以下に示す。

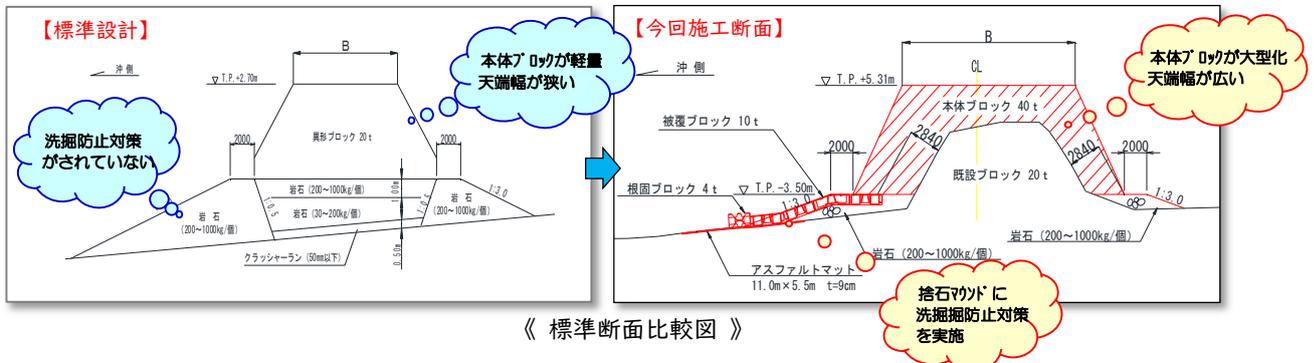
4. 断面構造変更の過程について

(1) 着工前現況調査

右図は着手前に UAVにて施工箇所を撮影したものである。既設離岸堤の本体ブロックや捨石マウンドが損傷し、各所に散乱しているのが確認できる。このような状況となった背景として、近年、大型化している低気圧による高波浪に既設離岸堤の構造が耐えられなくなったものであり、捨石マウンドが崩れ、その後、本体ブロックが崩れ落ち、離岸堤周辺に飛散している状況と推測される。今回施工する構造は、捨石マウンドに被覆ブロックやアスファルトマットを設置し、洗掘防止対策により基礎工が強化され、本体ブロックの大型化や基準高や天端幅が拡幅されることで本土工も構造が強化されている。設計断面比較図からも本工事を施工する必要性を感じた。



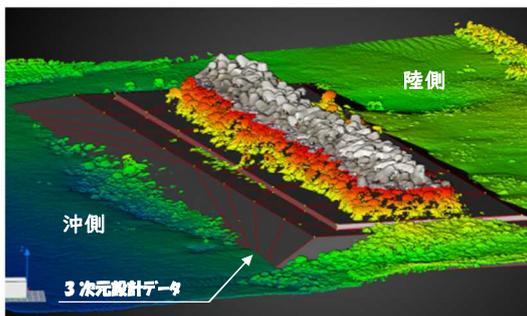
《 着工前写真(上空より望む) 》



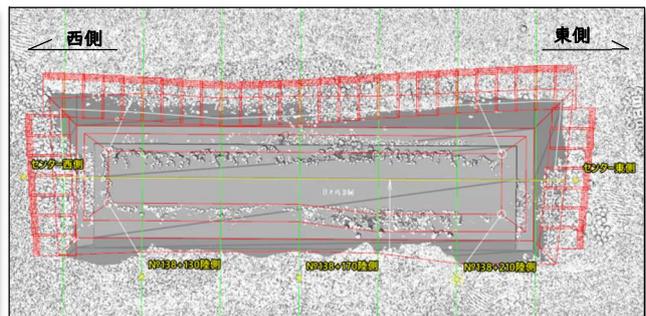
(2) 深浅測量結果からの考察

飛散した既設ブロック撤去完了後、ナローマルチビーム測深システムを活用し、水中部の3次元点群データを取得した。設計図書から3次元設計データを作成し合成させたものが下図となる。

飛散して締固まった岩石や、それらにより埋まり撤去できない既設ブロック等が施工箇所に飛散し施工に支障となっていることが目視で確認できる。従来、水中部は『不可視部』であったが3次元点群データを活用することで『可視部』となり、施工上の問題点が以下のとおり明確となった。



《 3次元点群データ(設計データ合成) 》

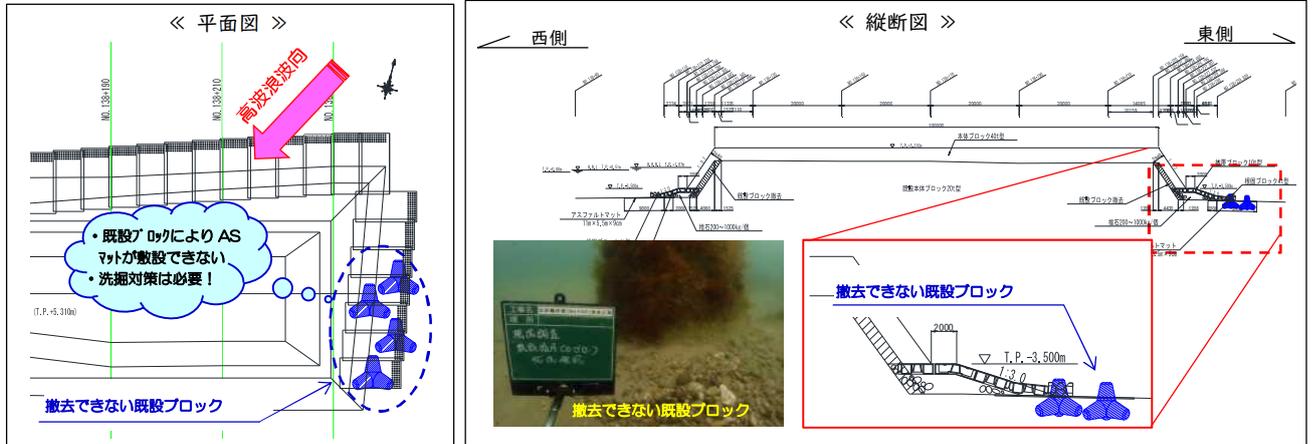


《 3次元点群データに設計図を合成 》

① アスファルトマットの設置について（堤体東側端部）

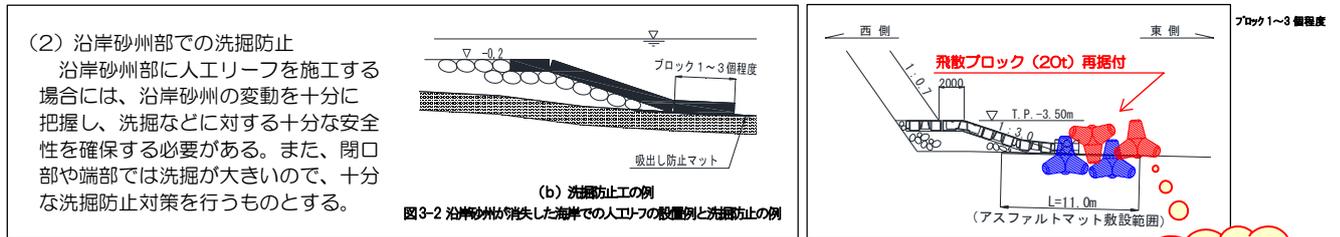
《 懸案事項 》

アスファルトマット敷設箇所にて飛散岩石等により埋まって撤去できない既設ブロックが飛散していた。その既設ブロックが支障となり、アスファルトマットの一部が敷設できない状態であった。特に離岸堤東側は寄り回り波等、高波浪の波向であることから、洗掘防止対策が重要である。



《 懸案事項に対する対応策 》

アスファルトマットは捨石マウンドの洗掘を防止する目的で設置する重要な構造物である。人工リーフ設計の手引き（改訂版）によれば、法尻現況地盤にブロックを1～3個設置することで洗掘防止対策として有効であると明記されていることから、代替案として被覆ブロック法先からアスファルトマット敷設範囲をブロックの乱積により1段から2段設置し洗掘防止対策として対応することとした。使用するブロックは飛散していた既設本体ブロック（20t）とした。



《参考文献：人工リーフ設計の手引き（改訂版）》

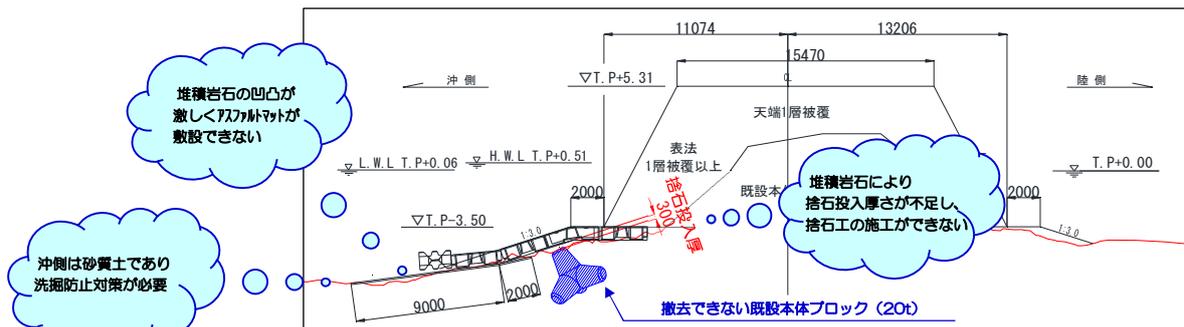
《洗掘防止対策（縦断面）》

② 捨石工及び洗掘防止工の施工について（堤体沖側）

《 懸案事項 》

現状はバケットでの掘削が困難なほど岩石や玉石、飛散ブロック等が締固まった状態であった。

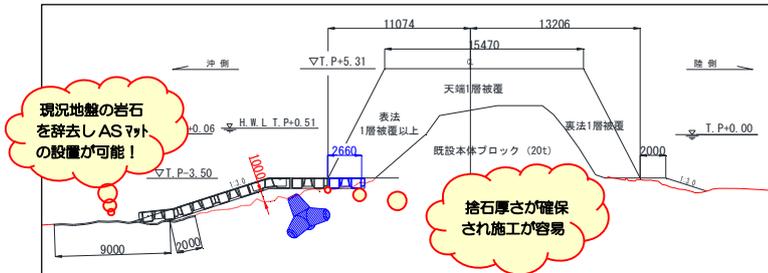
- 1) アスファルトマットの大半は捨石法面上に敷設する構造となっているが、飛散岩石の凹凸が激しく正しい箇所への設置や重ね幅が確保できない。
- 2) 現状の法面が転石等で締固まった状態であり、設計断面で施工すると捨石投入厚さが不足しているため捨石投入、捨石荒均し作業ができない。（投入厚さ最大 300 mm）
- 3) 離岸堤沖側は砂質土であるため、洗掘防止対策（アスファルトマット設置）は必要である。



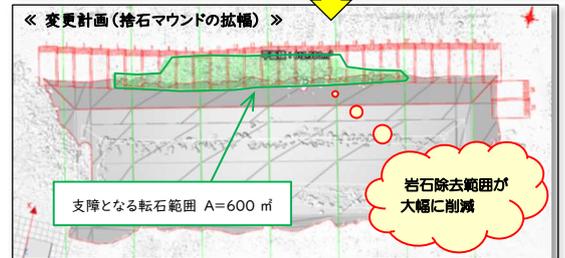
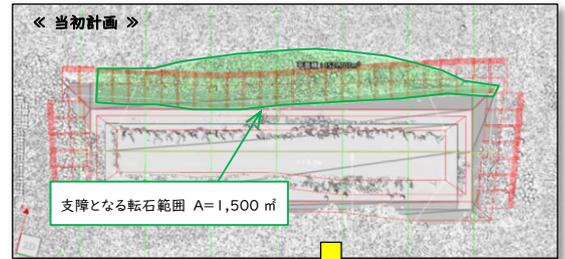
《 懸案事項（標準断面図） 》

《懸案事項に対する対応策》

捨石マウンドを沖側へ被覆ブロック1個分 (w=2.66m) 拡幅することとした。拡幅したことで捨石厚さが1.0m (岩石2個程度) 確保されるとともにアスファルトマットも現況地盤上に飛散している岩石を取り除くことにより敷設が可能となった。



《 海域堤基礎工変更(捨石マウンドの拡幅) 》



《 着工前写真(上空より望む) 》

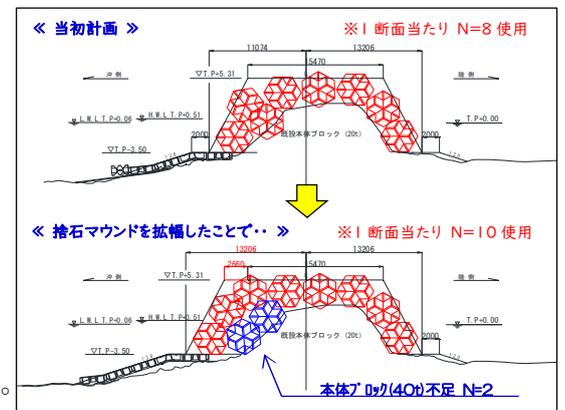
③ 本体ブロックの設置について

《 懸案事項 》

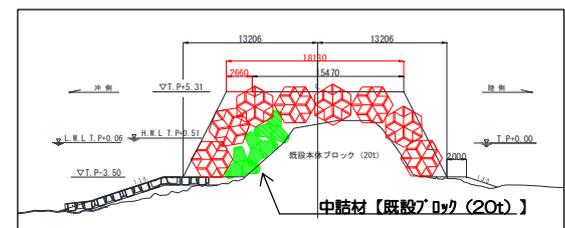
本工は、既設本体ブロック (20t) を覆うように新設本体ブロック (40t) を1層被覆以上据付する構造であった。海域堤基礎工の施工が困難であったことから前項で捨石マウンドを被覆ブロック1個分 (w=2.66m) 沖側へ拡幅したことにより新設本体ブロック (40t) の数量不足が懸念された。本体ブロックは既に製作が完了しており、数量増加に伴う製作の追加は不可能であった。

《懸案事項に対する対応策》

捨石マウンド拡幅による新設本体ブロック (40t) の不足分は、飛散していた既設本体ブロック (20t) を中詰め材として再据付することで対応することとした。この断面では本体ブロック「1層被覆」であり、当初計画である「1層被覆以上」ではなくなるが、離岸堤の安定計算実施により問題がない事を確認した。



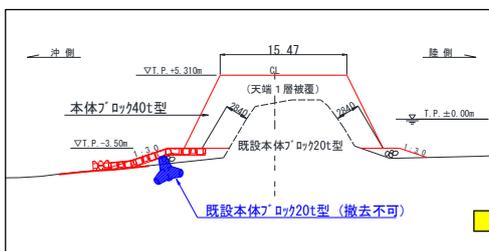
《 本体ブロック(40t)配置計画 》



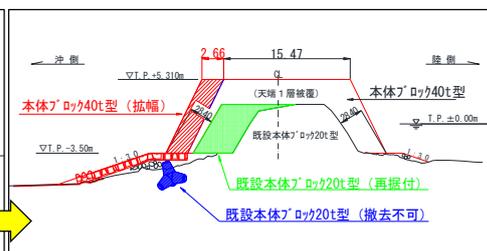
《 海域堤本体内工施工(案) 》

(3) 構造変更の協議について

ICT技術(3次元データ)を活用し、事前に明確となった問題点を解決していった結果、海域堤防を下記のとおり構造へと変更を提案した。また、協議を提案型で行うことにより効果的に協議は進み、発注者の施工方針の判断も速やかにしていただき、工程の遅延もなく円滑に現場を進捗することができた。



《 当初設計図 》



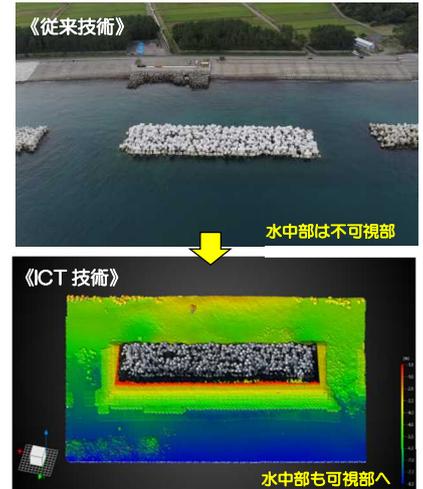
《 変更設計図(捨石マウンド拡幅) 》



《 協議提案状況 》

5. ICT 施工導入の効果

『協議』が円滑に行われた背景として、やはり今年度から海岸工事が ICT 活用工事となった効果大きい。海岸工事である離岸堤の大半が水中部となることから従来は「不可視部」であったものが ICT (3次元) の導入により「可視部」として対応することができるので、断面変化が複雑な「改良工事」の現況を容易に把握できるのは特に効果があった。海岸工事における ICT 実施項目は、建設機械の調達が困難である「ICT 建設機械による施工」を除き、以前から実施している他工種と同様に全面活用を実施している。本工事の施工において、従来技術と比較し、ICT 技術を活用した効果を以下に示す。



(1) 工程の短縮

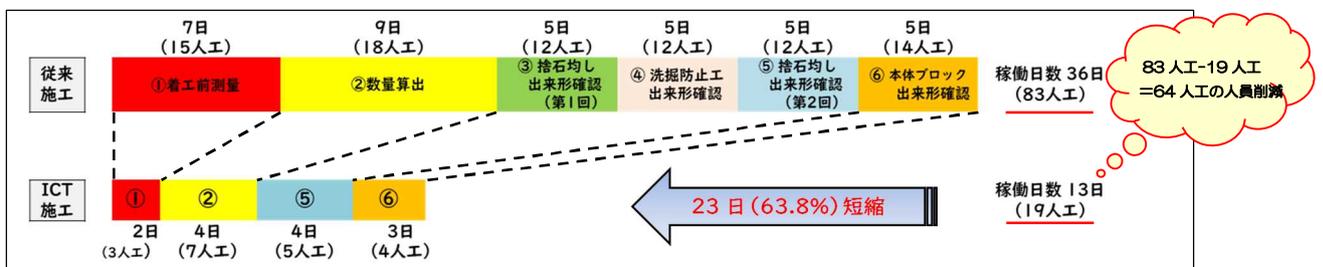
着工前深浅測量から出来形検測まで、ICT 技術を活用した 6 項目 (右図参照) において従来技術と比較した場合、実働で **16 日の短縮** が図れた。海上工事は作業不稼働係数が 1.8 と高いため、実質 **23 日** (16 日×1.8) の**工程短縮** 効果が得られたことになる。下新川海岸工事において、施工の最盛期である 3 月から 8 月上旬を中心として工程を短縮できたことは非常に効果が高いものであった。本工事は設計図書との差異が多く、施工数量が大幅に増加した工事であったが、工期内に余裕をもって完成できたのは、やはり ICT 技術を活用した効果が非常に大きかった。

(2) 作業の簡素化 (作業従事者の削減)

前項と同様に右図の 6 項目において従来技術と比較した場合、延べ作業人員 (技術者、作業員含む) で「**64 人**」の**人員削減**となった。ナローマルチビームによる深浅測量の実施等、外注業者に依頼する項目が増えたものの、工程が短縮しただけでなく作業人員が大幅に削減され、生産性の向上、作業の軽減が確認できた。

作業項目	管理項目	所用日数		短縮日数 (実働)	短縮稼働日数 (実働×係数1.8)
		従来施工	ICT施工		
① 着工前深浅測量	浮橋設置作業	1.0		1.0	1.8
	深浅測量		1.0		
	現地調査	1.0		1.0	1.8
	既設ブロック確認		1.0		
	ナローマルチビーム測量		1.0	-1.0	-1.8
	橋梁作成作業	1.0		1.0	1.0
② 数量計算	立面作成	1.0		1.0	1.8
	3次元設計データ作成	3.0		3.0	3.0
	図面チェック		3.0	-3.0	-3.0
③ 捨石工 捨石均し (第1回) 検体等	数量算出	6.0		6.0	6.0
	計算書作成		1.0		
	出来形写真撮影	1.0		1.0	1.8
④ 洗掘防止工 海岸COブロック工	出来形検測	1.0		1.0	1.0
	出来形検測作成 (管理図・写真整理)	1.0		1.0	1.0
	段階確認実施	1.0		1.0	1.8
⑤ 捨石工 捨石均し (第2回) 検体等	出来形写真撮影	1.0		1.0	1.8
	出来形検測	1.0		1.0	1.0
	出来形検測作成 (管理図・写真整理)	1.0		1.0	1.0
⑥ 本体ブロック 本体ブロック工	出来形検測	1.0		1.0	1.8
	出来形検測作成 (管理図・写真整理)	1.0		1.0	1.0
	出来形検測	1.0		1.0	1.8
計		25.0	11.0	16.0	23.2

《 所用日数比較図 》

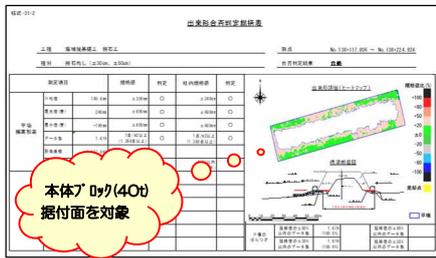


《 従来施工と ICT 施工との比較 》

(3) 出来形管理の精度向上

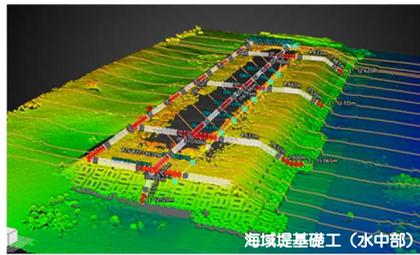
本体ブロックの据付精度は捨石均し精度に比例する。よって捨石工の本体ブロック据付面を対象とした 3 次元出来形 (ヒートマップ) の実施は、従来の「点」ではなく「据付面全体」の平坦性を確認できることは本体ブロック各層の据付精度が向上し、施工の手戻りがなく安定した据付基準高

を確保することができた。また、ヒートマップ図対象外である法長等の寸法確認は、3次元点群データを活用し測定した。従来は潜水士による水中写真等で寸法を確認していたが、水中部は不可視部であり悪く言えば「誤魔化し」が可能であったが、可視部となった事により信頼性の高い測定となった。

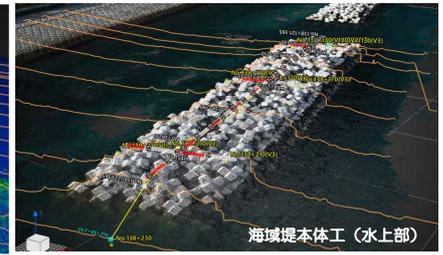


本体ブロック(40t) 据付面を対象

《ヒートマップ出来形図》



海域堤基礎工 (水中部)



海域堤本体工 (水上部)

《3次元点群データを活用した出来形検測》

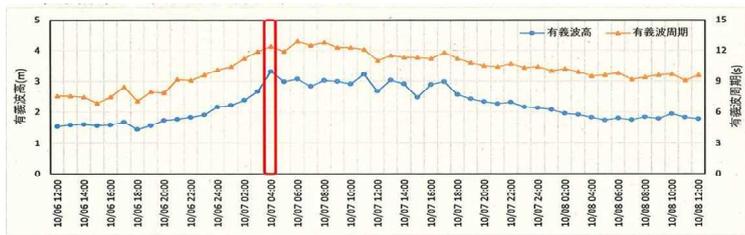
6. まとめ

全ての工種が完了し、完成検査を控えた令和5年10月7日、発達した低気圧の影響により警戒基準を超える高波（有義波高3.3m、周期12.4s）が発生した。『この高波は周辺観測所の状況から富山湾特有の「寄り回り波」であることが推測される。』

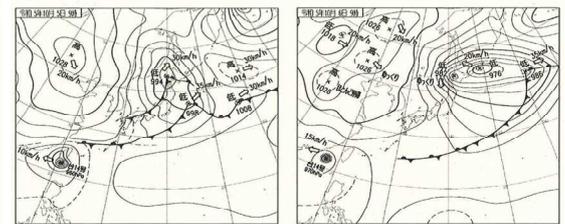
高波の影響により、本体ブロックの沈下や傾斜が懸念されたが高波発生後に測定した結果、多少の沈下は確認されたが全て規格値内に収まっており、外観もほぼ変化はない状態であった。これらは適切な離岸堤構造となっている証明となった。



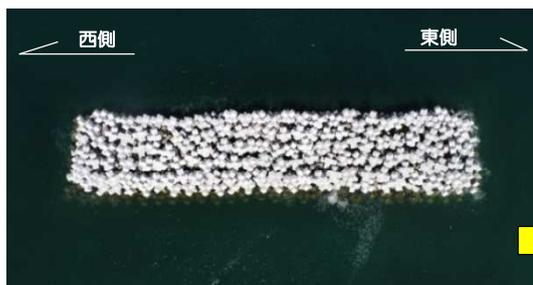
《高波浪発生状況(令和5年10月7日)》



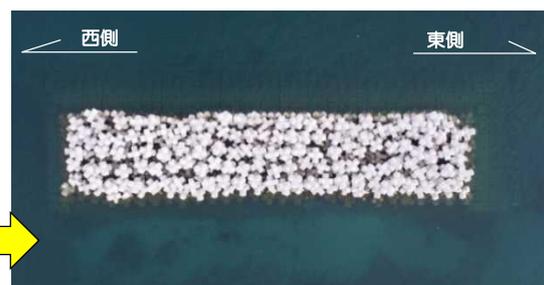
《有義波高と有義波周期の経時変化》



《高波浪来週前の天気図》



《高波浪発生前(令和5年9月30日撮影)》



《高波浪発生後(令和5年10月13日撮影)》

7. おわりに

現地調査結果を踏まえた構造変更の協議を『提案型』で行う事は、円滑に施工を進めていく上で有効な手段ではあるが、当然『責任』がついてくる事を忘れてはならない。『提案型』で行うことにより構造物の安定計算や根拠立証等の『知識』が必要となるし、顧客（発注者）に対する『説明力』が求められる。又、提案した事項について「結果と過程の効果検証」はセットとして考え『脱・やりっぱなし』を常に意識することは重要であると感じた。これらを実践していく事によって、『技術者』として必要な能力が自然と身につくと思うし、自分自身も技術力の向上が図られたことを実感した。海岸工事もICT活用工事となったことで、更なる有効活用方法を模索し生産性の向上や重作業の軽減に取り組んでいきたい。

