

ICT 建設機械使用による捨石工の工程短縮への挑戦

工 事 名 : 五十里副離岸堤(No120)工事
 請 負 者 : 株式会社 飯作組
 現場代理人 : 中陳 渉
 ○監理技術者 : 倉堂 克大

1. はじめに

本工事は入善町五十里地先において、背後地への浸水被害を防ぎ、波浪減殺効果を高めることを目的とした新設副離岸堤を築堤する工事である。全ての構造物に当てはまる事であるが、強固な構造物を築堤する為に、本体工を支える「基礎工」は重要な工種である。離岸堤工事においては特に重要と考え、本文は海域堤基礎工の『捨石工』の施工に特化し、弊社が工夫・実施した点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 名 : 五十里副離岸堤(No120) 工事
- (2) 工事箇所 : 富山県 下新川郡 入善町 五十里 地先
- (3) 工 期 : 令和 4 年 2 月 10 日 ~ 令和 4 年 9 月 20 日 (223 日間)
- (4) 主要工種 : 海域堤防 (天端延長 L=70.5m)

・海域堤基礎工

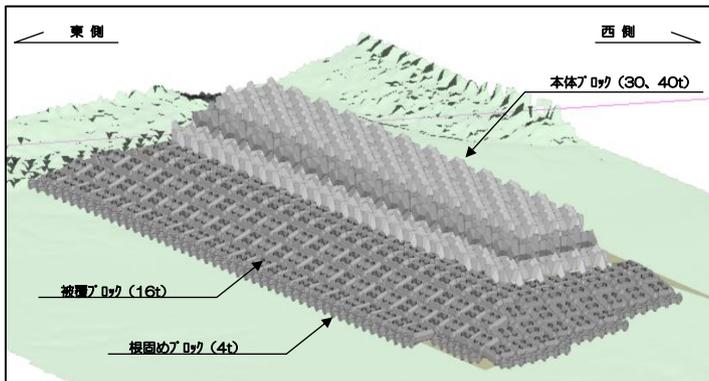
捨石工	捨石(海上)	岩石 200~1,000 kg/個	7,076 m ³
	捨石均し	荒均し (±30 cm)	3,320 m ²
洗堀防止工	海岸コンクリートブロック工	異形ブロック 3~20t	258 個
	アスファルトマット	t=9 cm	1,441m ²

・海域堤本体工

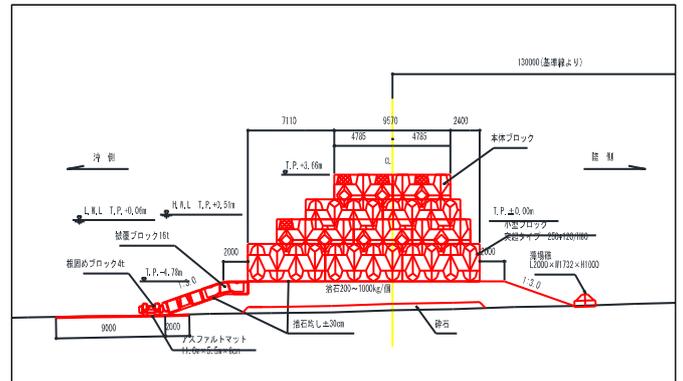
海岸コンクリートブロック工	運搬・据付	本体ブロック 30t,40t	169 個
---------------	-------	----------------	-------

・付属物施設工

藻場設置工	藻場礁、小型ブロック設置	1.0 式
有脚式離岸堤工	電気防蝕補修	1.0 式



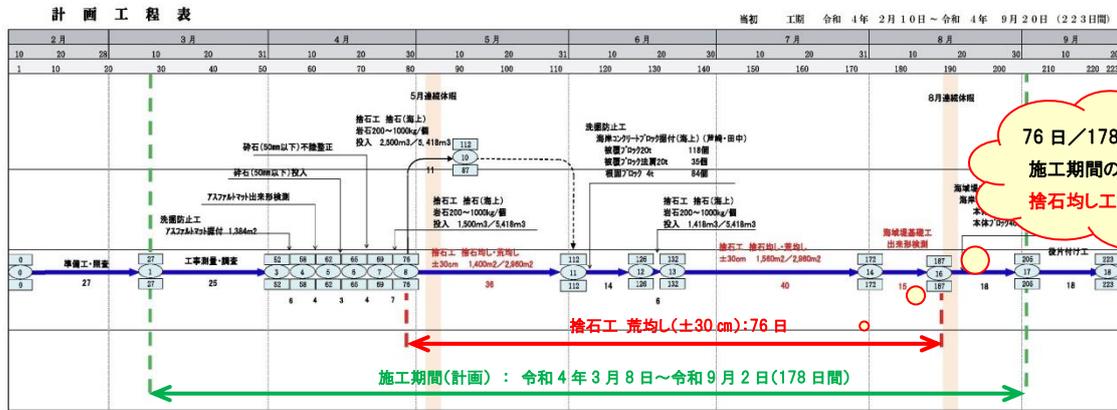
【 海域堤防全体図 】



【 標準断面図 】

3. 着目点及び現場条件（捨石工の施工における問題点と対応策）

離岸堤工事の工程管理において、『捨石均し作業』は常にクリティカルパスとなり、且つ工程の大半を占める工種となる。よって近年増加傾向である「大型台風」の発生や、富山湾特有の「寄り回り波」発生の可能性がある下新川海岸での施工は、被災リスクを低減するため『捨石均し作業』の生産性を向上し、工程を短縮することは必須項目であり、海岸工事において常に技術課題となる項目である。



しかしながら、「i-Construction」の導入による生産性向上が恒常化となりつつある建設業界において、海岸工事は測量技術等が向上しているものの、『捨石均し作業』自体は、昭和の時代からほぼ変化はしていないのが現状であり、工程の短縮は困難となる工種である。

また現場条件として、本工事の捨石マウンド天端高は、T.P-3.10mと離岸堤工事としては比較的浅い基準高である。天端高が浅いと下記の理由により捨石均しの作業効率が低下する。

捨石マウンド基準高さが浅いと・・・

- ☑ **高波の影響を受けやすい。**
 - ・ 多少の高波でも捨石マウンド均し箇所が被災を受けやすくなる。
- ☑ **捨石均し効率が低減する。**
 - ・ 潜水土船からのワイヤー長が短くなるので、遠心力が働かず船舶の移動が多くなる。
- ☑ **ガット船による捨石投入が困難となる。**
 - ・ ガット船船底と捨石マウンド（被覆ブロック）が接触する恐れがある。

以上から、捨石マウンド天端高が浅いと捨石均しの作業効率においてデメリットとなる部分が多いが、それらを解消して生産性を向上するために、ICT建設を使用して施工が出来ないかと考えた。本工事にて実践した項目について下記に示す。

4. ICT建設機械を使用した捨石工の施工に関する実践項目

(1) 作業船及びバックホウの選定

作業船は、基本的に4本の操船ウインチ又はアンカーウインチロープであらゆる方向に移動して作業を行うものだが、海上に浮いているのでどうしても多少の揺れが発生する。ICTバックホウを使用するには、しっかりとした固定が必要なので、作業船はスパッド搭載型の海上バックホウ浚渫船（空船時喫水 T.P-0.9m）とした。またICTバックホウの規格は、捨石マウンド高さ（T.P-3.11m）と作業船からの最大掘削半径を考慮して1.4m³級とした。



【海上バックホウ浚渫船（スパッド搭載型）】

(2) ICT バックホウによる施工

1) 捨石 (200~1,000 kg/個) 投入作業 (以下捨石投入)

ICT バックホウによる捨石投入作業は、最も浅い水深である堤体部 (TP-3.11m) を対象として行った。捨石投入作業は、捨石均しの作業効率に大きく影響する重要な工程である。ガット船による通常の捨石投入は、潜水士が測深具を使用して極度の凹凸が発生しないように施工をするが、使用するバケットが大きいいため、どうしても凹凸が発生してしまい、捨石均し作業にロスが出るのが実情である。

スパッド台船による捨石投入は喫水が浅いため船底と接触する事がない安全性と、通常のカット船による投入作業と比較し作業時間はかかるものの、投入高さをシステム画面で確認しながら確実に投入作業ができるので結果的に作業効率は向上したと思われる。又、バックホウのバケットは異物や小粒径の岩石が混入しないようスケルトンバケットを使用した。



【 捨石瀝取状況 (ガット船⇒スパッド台船) 】

捨石が海中に落下しないよう転落防止ネットを設置



【 捨石投入状況 (ICTバックホウ使用) 】

異物が混入しないようにスケルトンバケットを着用!

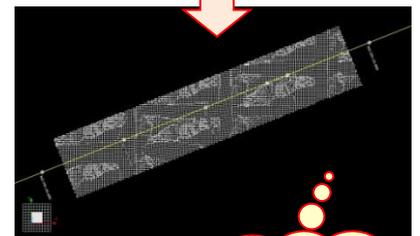
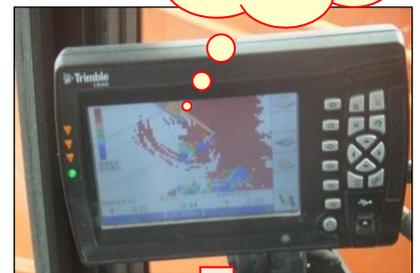
2) 捨石荒均し (±30 cm) 作業 (以下捨石均し)

通常の捨石荒均し作業は、捨石投入完了後、丁張を設置して潜水士船によりチェーンで捨石を1個毎吊り上げ、潜水士が高さを確認しながらの作業となるが、ICT バックホウによる捨石均し作業は、水中部であるため、オペレーターから直接視認できないので、マシンガイダンスにより建設機械の操縦席のモニター画面のガイドを確認しながら施工する。モニター画面には、施工する部分の基準高さとバックホウの刃先位置が表示されるとともに、所定の高さの範囲内に均された箇所が点群データとなって着色されるよう設定されており、全ての面が着色されるように施工を行った。



【 ICTバックホウ 操縦席モニター画面 】

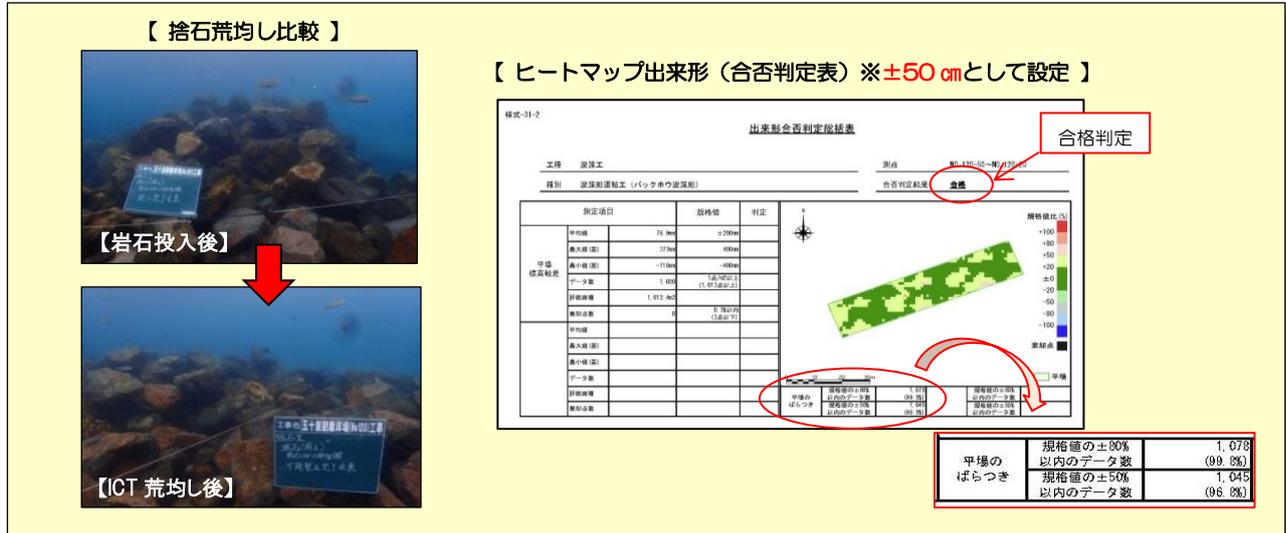
所定の高さに均された箇所から着色される



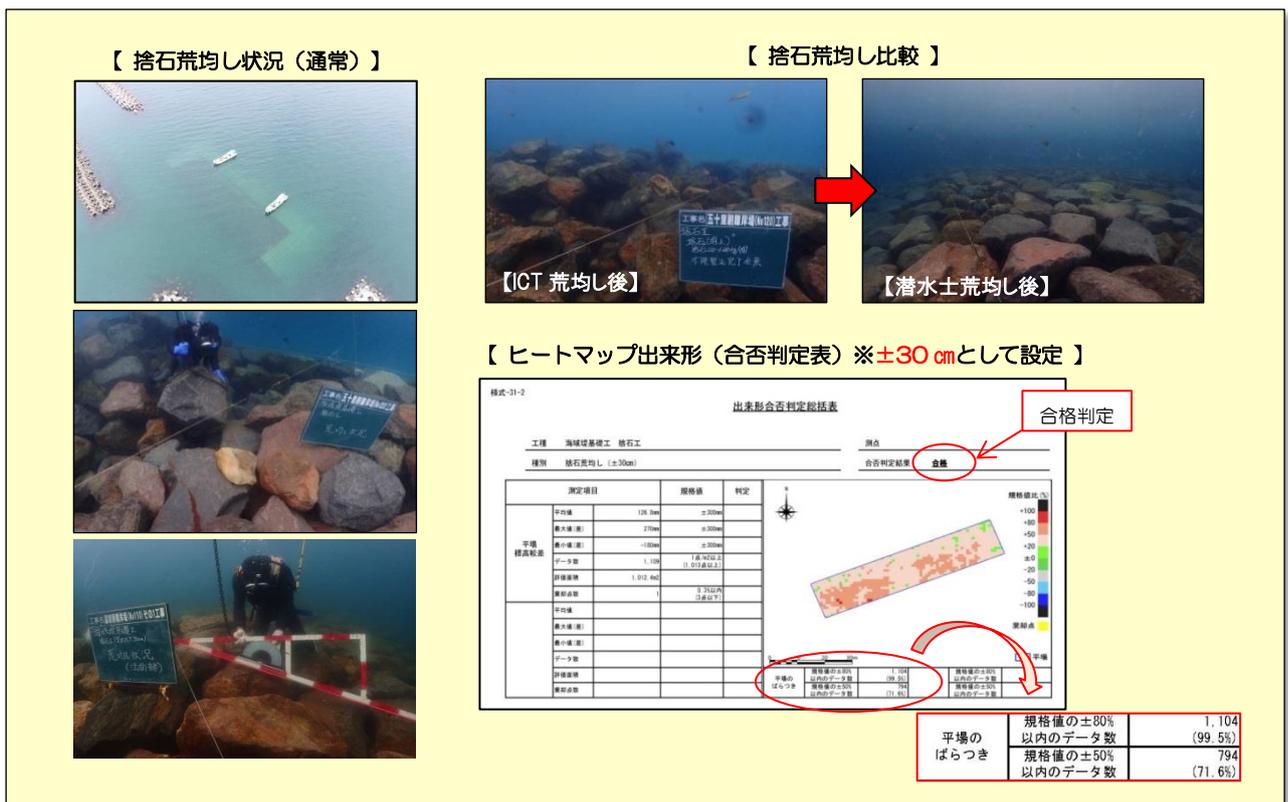
均された箇所は点群データとして管理

5. ICT バックホウを使用した結果と今後の課題について

本工事で使用する岩石は、規格が 200~1,000 kg/個であり、1 辺あたり 40 cm~70 cm 程度となる。整形する対象物が土砂ではなく岩石であるため、1 個岩石を移動させれば 50 cm 程度はすぐに変化してしまう。また、捨石均し面をオペレーター視認できないことを考慮して、捨石均しの規格値は (±30 cm) であるが ICT バックホウを使用した荒均しは (±50 cm) と設定した。実践した結果は下図のとおりとなった。



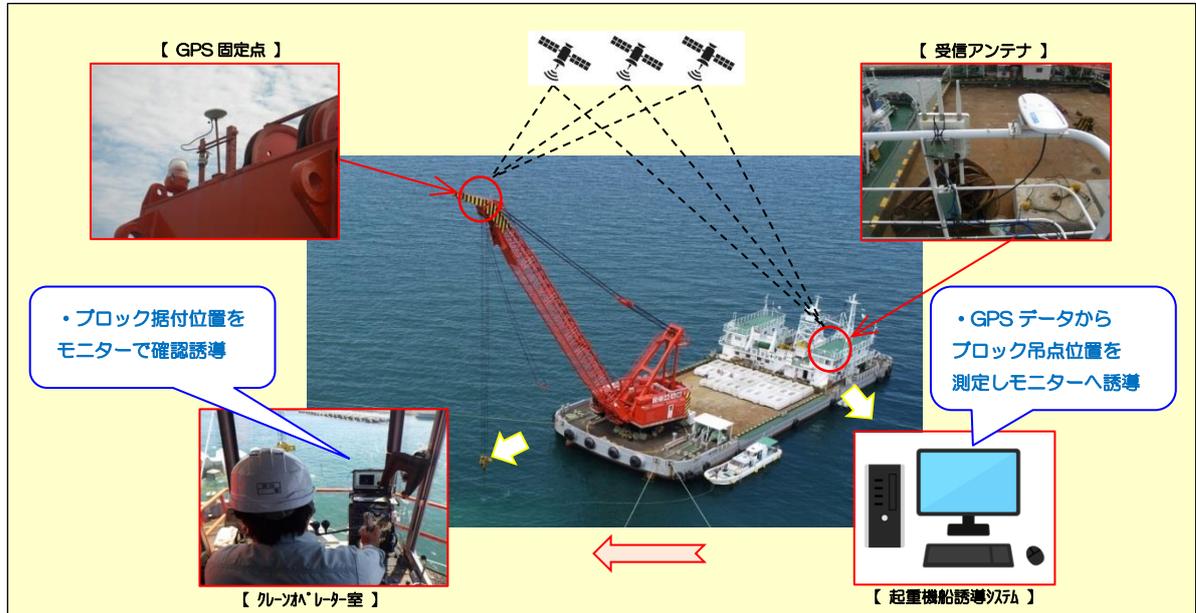
規格値を (±50 cm) に設定すれば、点群データからヒートマップ図を作成しても許容値内となる。おそらく本体ブロックが乱積施工となる工事では、この状態でも据付施工は可能かもしれない。しかし本工事は層積施工であり、本体ブロックの据付精度を向上する為には (±10 cm) 程度に施工する必要がある。それと共通仕様書に明記してある「捨石基礎の施工にあたっては、大小の石で噛み合わせ良く、均し面にゆるみがないよう施工しなければならない。」という項目はバックホウでは達成が困難であると判断し、最終的な仕上げは通常の潜水士による荒均しとした。



6. その他海域堤基礎工における生産性向上実施項目

(1) 被覆ブロック据付作業（『ブロック据付支援システム』の活用）

水中施工となる被覆ブロックの据付は、起重機船オペレーターから据付位置を視認しにくいいため、『ブロック据付け支援システム』を活用した。同システムを活用したことにより、潜水士への安全性が向上するとともに、正確なブロック据付位置の確認を行うことができ、1日当たりの据付個数が増加した。

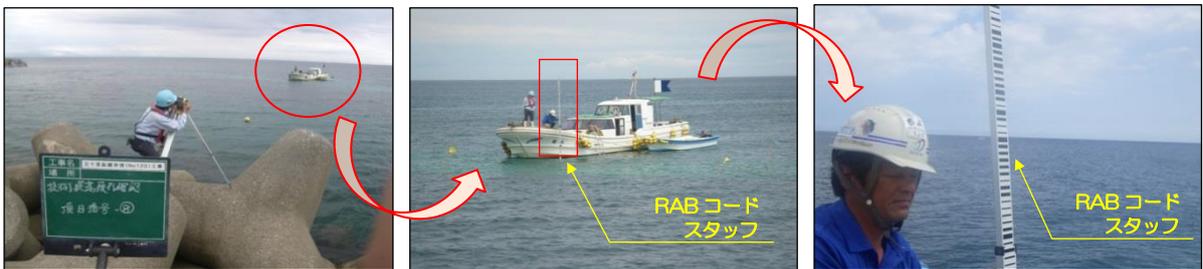


【ブロック据付け支援システム概要図】

(2) 測量作業・出来形精度確認作業

1) 基準高測量（『デジタルレベル』の活用）

捨石均し丁張等の基準高測定は、『デジタルレベル』を活用し行った。『デジタルレベル』とはRABコードスタッフを用いて光波で測定するレベルであり、ウェービング機能が搭載されているため、スタッフの「揺れ」が懸念される海岸での基準高測定においても最小値を読み取ってくれるので、測定者による測定誤差を低減され正確な測定をすることが出来た。



【基準高測定状況（デジタルレベル使用）】

2) 水中部出来形確認作業（『水中ドローン』の活用）

水中部の作業において、出来形や進捗状況の確認は潜水士による説明や水中写真でしか判断出来なかったが、『水中ドローン』を活用したことにより、潜水士の作業に支障がなく水中部の状況を確認することができ、潜水士との打合せが円滑となり、不可視部における手抜き作業の防止にも活用した。

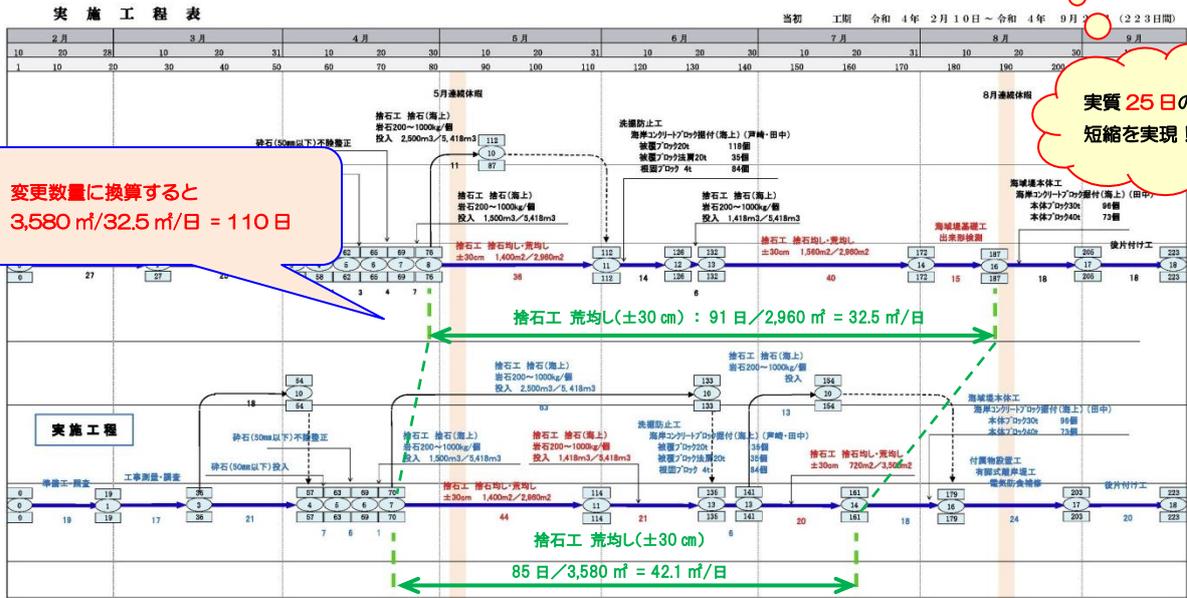


【工事進捗状況確認（水中ドローン使用）】

7. 結果・まとめ

今後の課題はあるが、ICT バックホウを使用した捨石均しや、その他様々な場面において生産性向上に関する取り組みを実践した結果、深浅測量結果により捨石均し面積が増工となったにも関わらず、計画工程より早期に完了し、目標であった捨石均しの工程を、実質<25日>短縮することが出来た。

【当初計画】 : $2,960 \text{ m}^3 / 91 \text{ 日} = 32.5 \text{ m}^3 / \text{日}$ \Rightarrow $3,580 \text{ m}^3 / 32.5 \text{ m}^3 / \text{日} = 110 \text{ 日}$
 【実施工程】 : $3,580 \text{ m}^3 / 42.1 \text{ m}^3 / \text{日} = 85 \text{ 日}$
 【差】 : -25 日



ただ生産性を向上し、工程を短縮しただけではなく品質・出来形面においても向上しているのが確認できる。工事が完成し、完成検査を控えた令和4年9月21日、発達した低気圧の影響により警戒基準を超える高波（最高波高7.3m、有義波高4.2m）が発生した。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。これらは強固な基礎工の上に適切に本体ブロックが据付されている証明であると思われる。



【高波発生状況（令和4年9月21日）】

8. おわりに

当初、ICT バックホウによる施工を検討していた時、周囲からは『海岸工事では難しいのでは・・・』とか『前例が無いから無理ではないか』という意見が多かった。確かにそのとおりである。初めての試みであることに加え、水中で使用できる ICT バックホウは限られているし、搭載する作業船も調達が困難である。それでも当社は『面白い。やってみよう』と言ってきて、課題を一つずつクリアしていき実現することが出来た。

担い手不足である建設業において、潜水作業従事者は特に深刻であると思う。『前例が無いから無理』ではなく『前例が無いからこそ可能性がある』と考え、今後も現状に満足することなく情報のアンテナを張り、より良い作業環境を整えたいと思う。

