

日の出岸壁被覆工事における問題点と対策・工夫について

【工事概要】

〈工事名〉	平成30年度清水港日の出岸壁（-12m）被覆工事	
〈発注者〉	国土交通省 中部地方整備局 清水港湾事務所	
〈施工箇所〉	静岡市清水区日の出地区岸壁（-12m）新1号岸壁	
〈工期〉	平成30年6月13日 ～ 平成31年3月27日まで	
〈請負金額〉	¥233,928,000	
〈工事内容〉	床堀工	（グラブ床堀） 534 m <sup>3</sup>
	浚渫工	（グラブ浚渫） 3790 m <sup>3</sup>
	土捨工	（土運船運搬・揚土土捨） 4324 m <sup>3</sup>
	土工	（土砂等積込・運搬） 4324 m <sup>3</sup>
	構造物撤去工	（土砂撤去） 1196 m <sup>3</sup>
	被覆工	（被覆石投入） 1131 m <sup>3</sup>
	被覆工	（被覆石均し） 1178 m <sup>2</sup>
	雑工	（大型土嚢製作・設置） 168 m

〈工事の目的〉 現在、清水港においては、2017年7月の「国際旅客船拠点形成港湾」指定を機に更なる大型客船対応の充実が求められている。その一方で、同港における客船の受入れ拠点である日の出地区は、岸壁の供用から30年余りが経過しており、老朽化の進行や大型客船の更なる寄港増への対応が課題となっている。以上のことから日の出地区岸壁において

- （1）老朽化した施設の更なる長期的利用
- （2）大型客船の2隻同時受入れ等、客船の受入れ拠点としての対応能力向上

の2点を目的とした改良工事を行っている。  
本工事は上記事業の一環として、清水港日の出地区岸壁新1号岸壁において現在の-10mから-12mまで増深する工事を行ったものである。

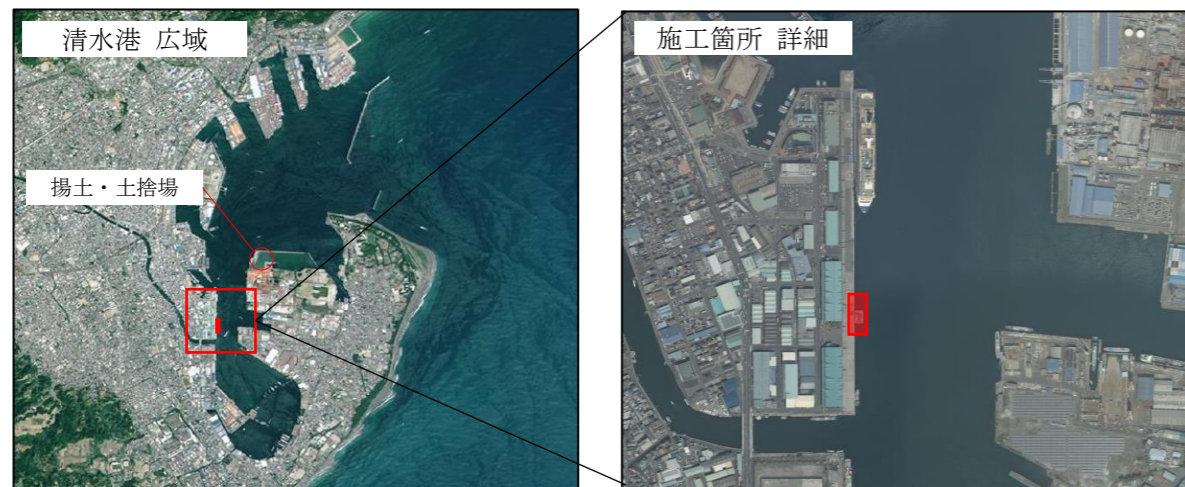


図1. 施工箇所位置図

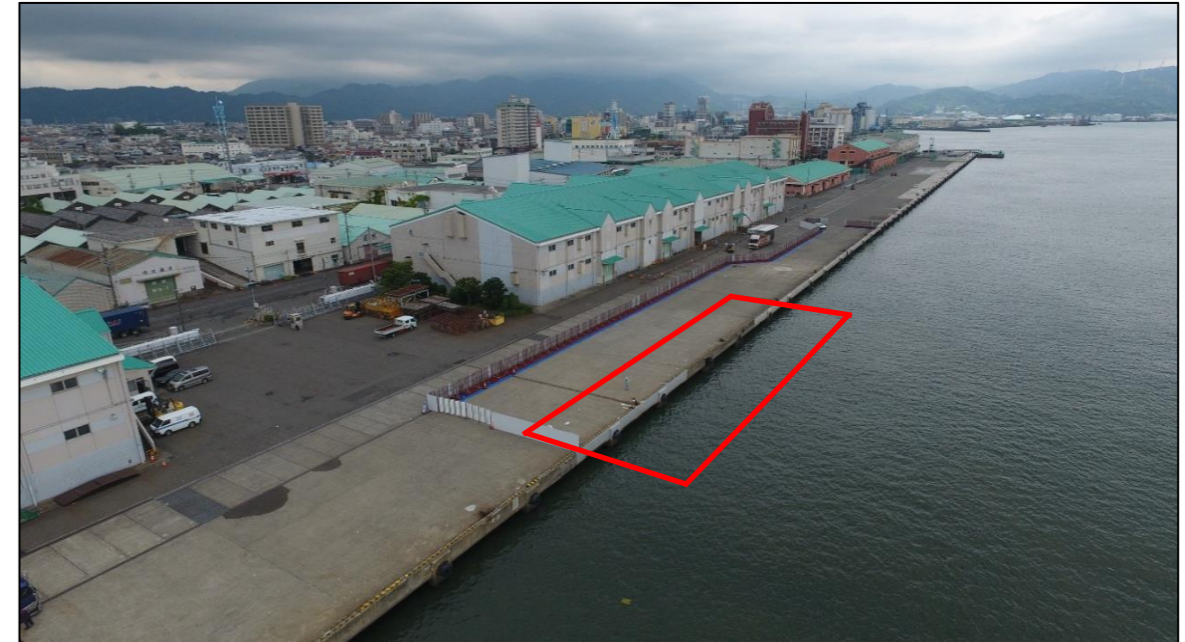


図2. 施工箇所空中写真

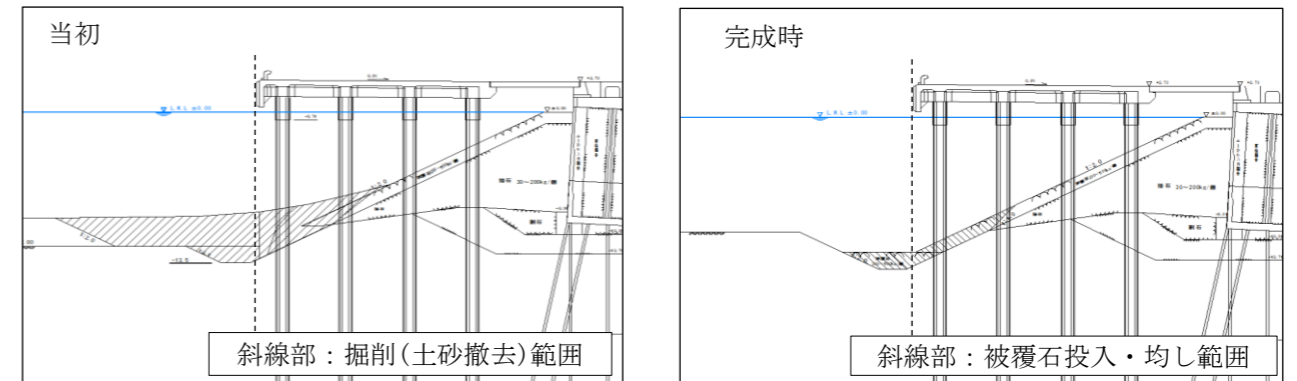


図3. 当初(左)及び完成時(右)の標準横断面図

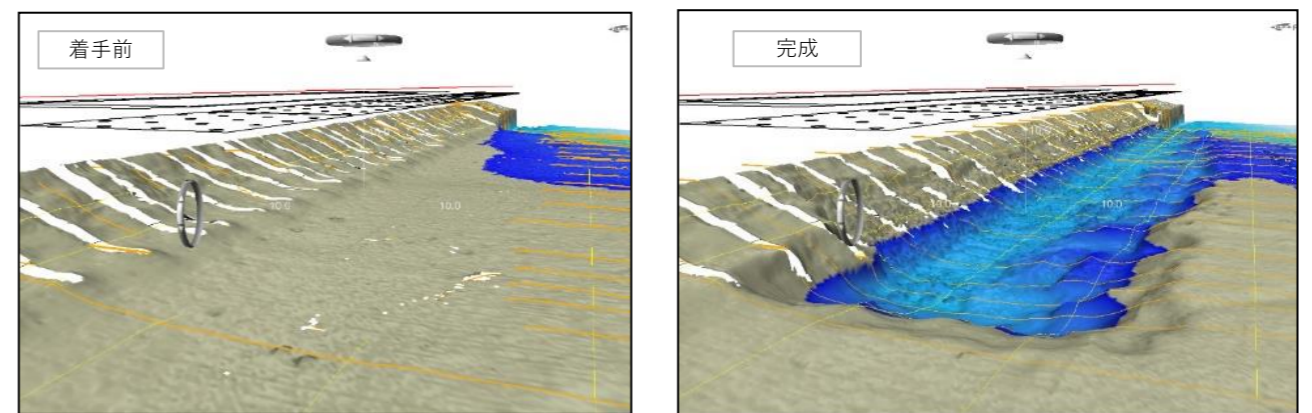


図4. 着手前(左)及び完成時(右)のマルチビーム深浅測量結果

【本工事の施工方法について】

本工事施工箇所である岸壁は栈橋方式となっており、岸壁前面を増深するのに合わせ、栈橋下の法面被覆工も延長する必要がある。岸壁前面については、グラブ浚渫船による浚渫・床堀、潜水土船による底面の被覆石均しと通常よく行われる工法で施工した。しかし、栈橋下の構造物撤去(土砂撤去)及び法面の被覆石投入・均しは通常の工法では施工できないため、潜水土船で均した底面の被覆石を重機足場として、水中バックホウを使用し施工した。

※水中バックホウとは(施工業者ホームページより抜粋)

水中バックホウとは陸上の多くの整地・掘削作業に用いるバックホウをベースマシンとして、水中環境で稼働できるように改造した機械である。陸上機と水中バックホウとの一番の違いは、ディーゼルエンジンの代わりに水中モーター(AC440V)で動力源となる油圧ポンプを動かし、水中で動くことを可能にしたことである。図5のように船上(陸上)に可搬式発電機、支援ユニットを配置し、動力ケーブルを介して電動モーターを駆動させる。

水中バックホウの操縦はダイバーが水中で直接搭乗して行い、電源の「入・切」やケーブルの繰り出し巻き取りなどは船上(陸上)に配置した支援員が行う。

現在、水中バックホウの機械耐水深は、-50mまで施工可能で、ダイバーの目視確認により陸上バックホウと同等の精度で施工を行うことが出来る。

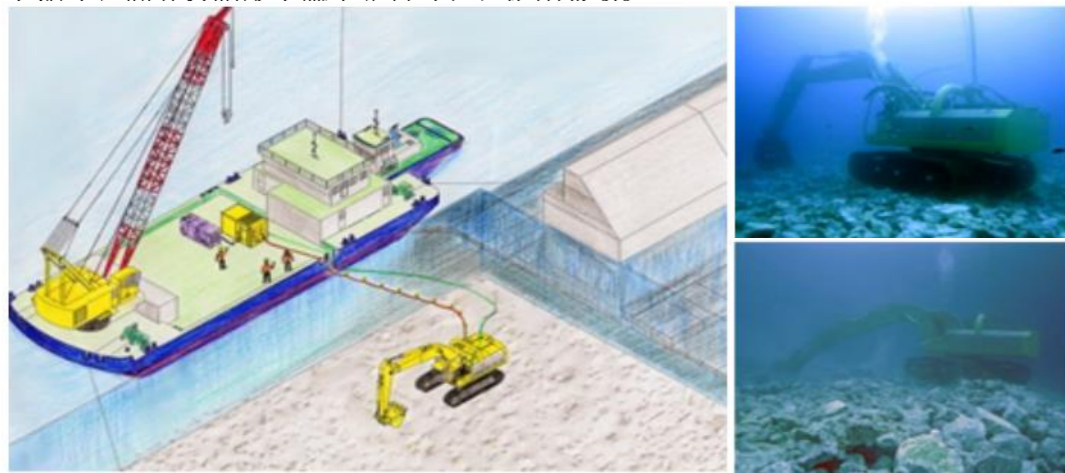


図5. 水中バックホウ稼働イメージ図(施工業者ホームページより)

〈施工箇所の区分〉

図6のとおり、橙色部分をグラブ浚渫船・潜水土船で、赤色部分を水中バックホウで施工した。

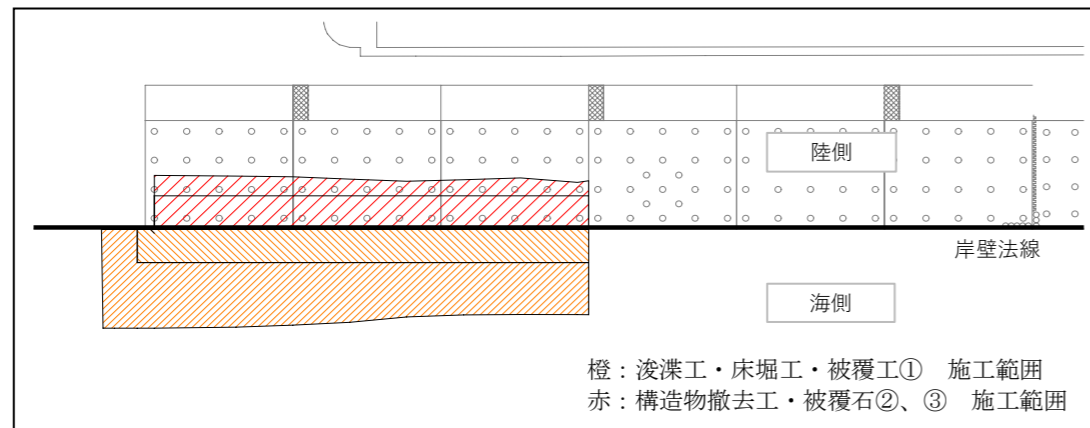
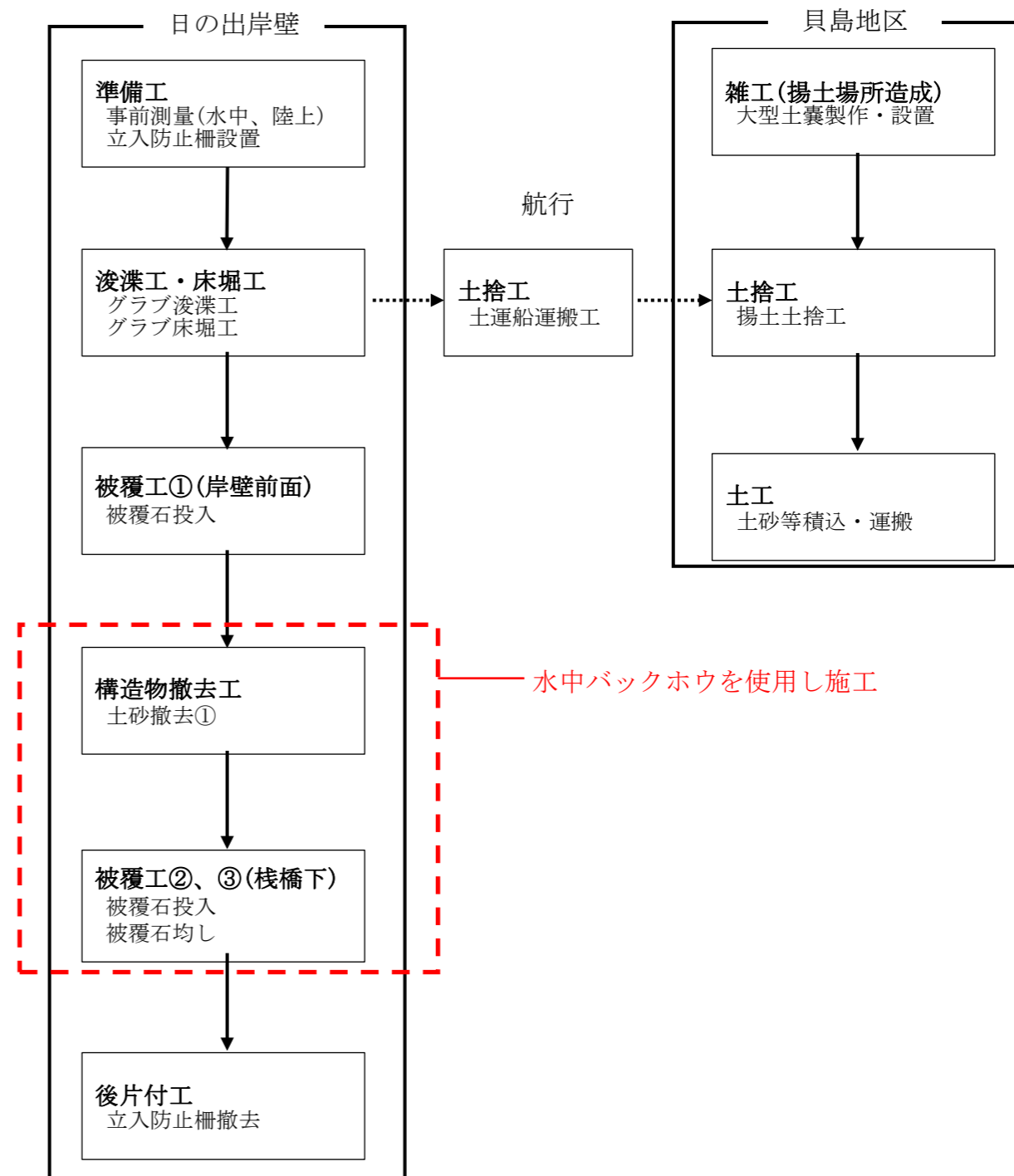
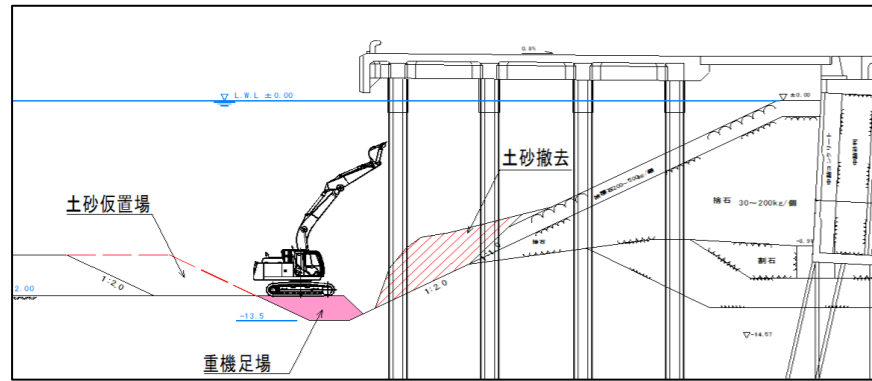


図6. 施工箇所平面図(施工箇所の区分)

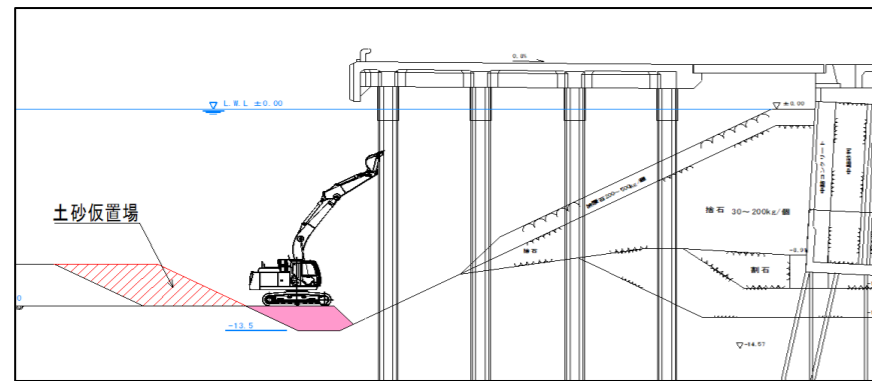
〈本工事施工フロー〉



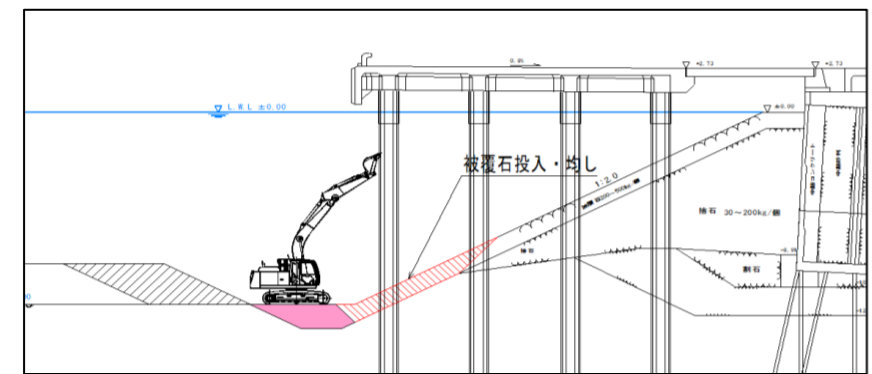
〈水中バックホウ施工時の各段階ごとの断面図〉



①構造物撤去工 栈橋下の土砂を撤去、背面に仮置き



②構造物撤去工完了 撤去工完了、被覆石投入前



③構造物撤去工 被覆石投入、均し

〈施工状況写真〉

浚渫・床掘状況



土運船運搬状況



被覆石① 投入状況(左)、均し状況(右)



水中バックホウ投入



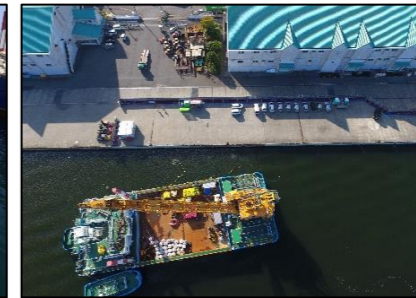
水中BHによる施工状況  
構造物撤去状況



被覆石②、③投入均し状況



水中BH施工時の空撮



貝島地区  
揚土土捨状況



土砂等積込状況



土砂等運搬状況

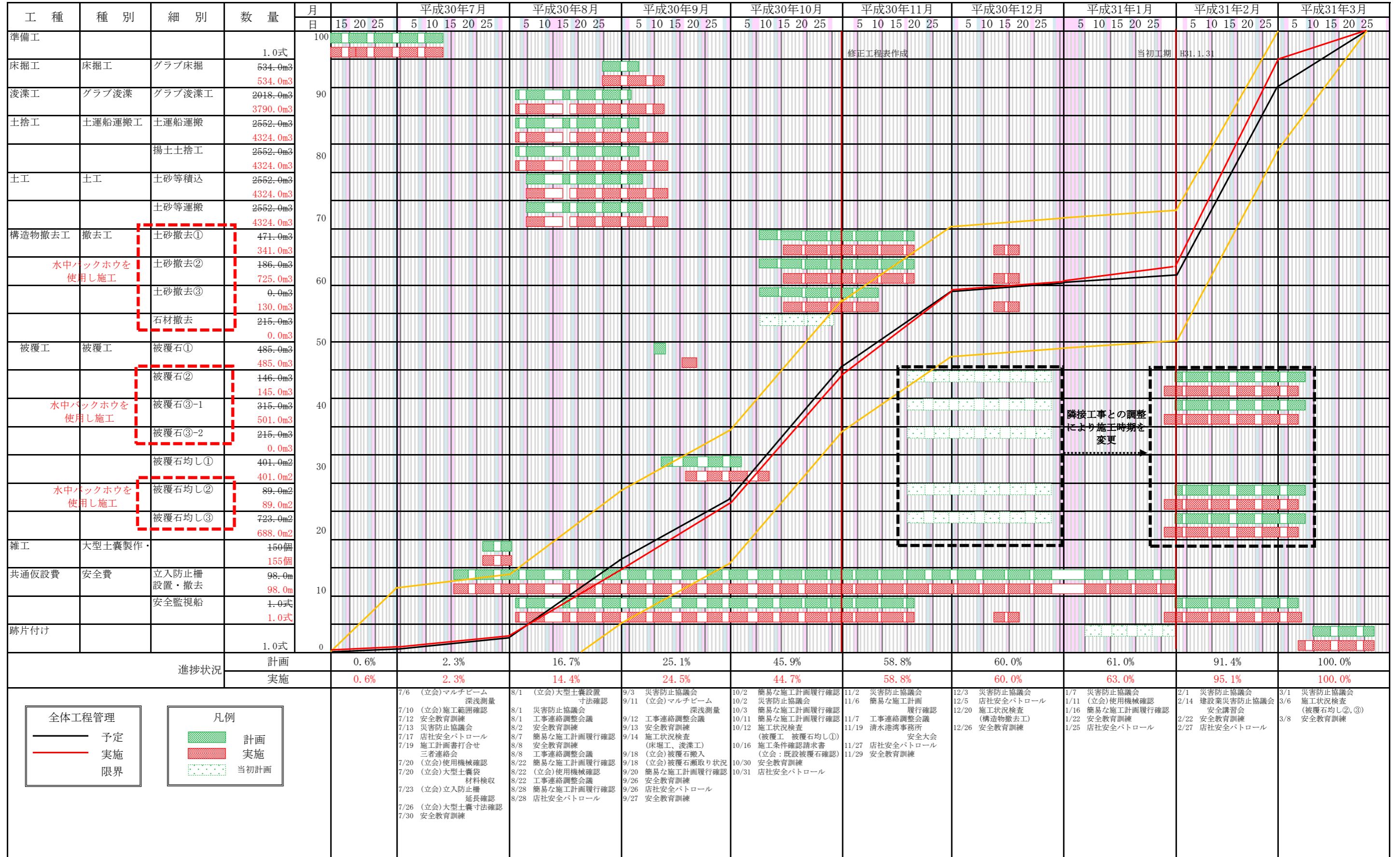


# 実施工程表

工事名：平成30年度 清水港日の出岸壁(-12m)被覆工事

工期：自 平成30年6月13日 至 平成31年3月27日

受注者：鈴与建設株式会社



【水中バックホウ施工時における問題点と対策】

問題点〈1〉 水中での視界の確保が出来ないこと

1) 問題点の内容

日の出岸壁は清水港の中でも奥まった場所に位置しており、また近くに巴川の河口があることから透明度が低く施工する水深約12m付近においては、普段の視界は約20cm程度であった。施工業者と施工前の打合せを行った際、水中バックホウのオペレーターからは施工箇所やバケットは見えないため、操作の誘導(合図)をする潜水士を配置する、とのことであった。誘導する潜水士はバケットのすぐそばで指示を行うため接触・挟まれ事故の可能性は高く危険な作業になると考えられた。また、工程を確保するため施工延長76mとそれほど広い範囲に2台の水中バックホウを同時に稼働させる必要があり、他方の水中バックホウによる接触事故の可能性もあった。よって、本工事では水中バックホウ施工時における安全対策を第一の問題点として対策を講じた。

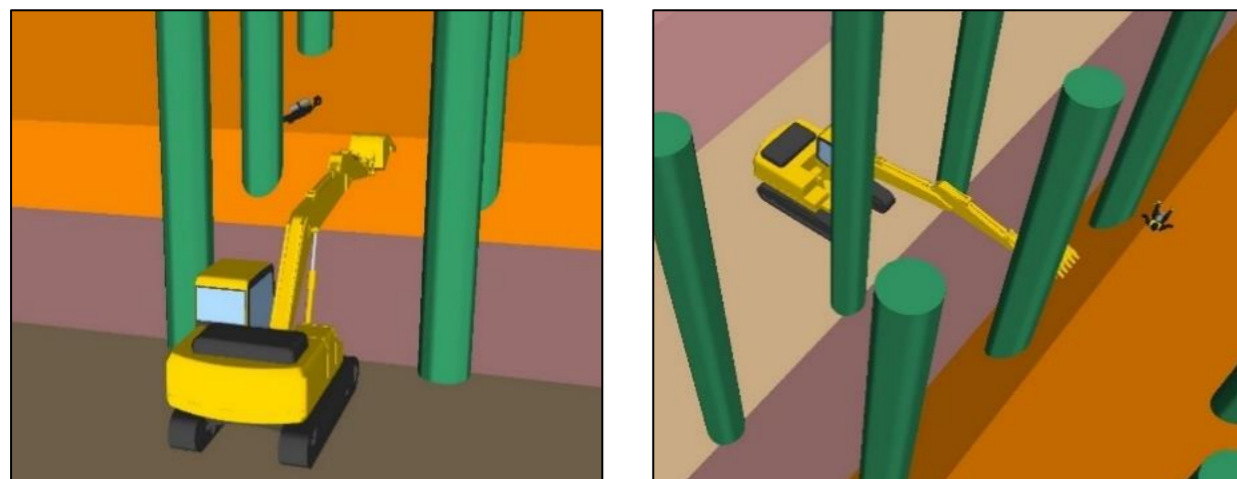
2) 対応策と結果

陸上の連絡員からだけでなく水中においても水中バックホウのオペレーターと連絡員がお互いの状況を目視確認できず、また、もう一方の水中バックホウの状況も把握できないことから、「施工状況のイメージを全員で共有すること」、「それぞれの状況を把握すること」が重要であり、これにより安全性は大幅に向上すると考えられた。そこで、この2点を解決するため行った対策は以下の通りである。

2) - 1 3次元モデルを使用した施工打合せ

施工箇所の3次元モデルを作成し、事前の施工方法の打合せに使用した。水中バックホウのオペレーターと誘導潜水士はそれぞれの状況がわからない中、声の合図のみを頼りに作業を行うため、このモデルを元に基本的な施工順序やその時の誘導潜水士の退避方法、退避場所の確認を行った。

平面図や断面図のみを使用した場合に比べ、現場を立体的にイメージすることができ、掘削時の退避位置の確認や杭背面の掘削方法等をより具体的に打合せることが出来た。また、陸上の作業員もこのモデルを参考にすることで、陸上から水中への指示や連絡、水中から陸上への連絡や報告をスムーズに行うことが出来た。

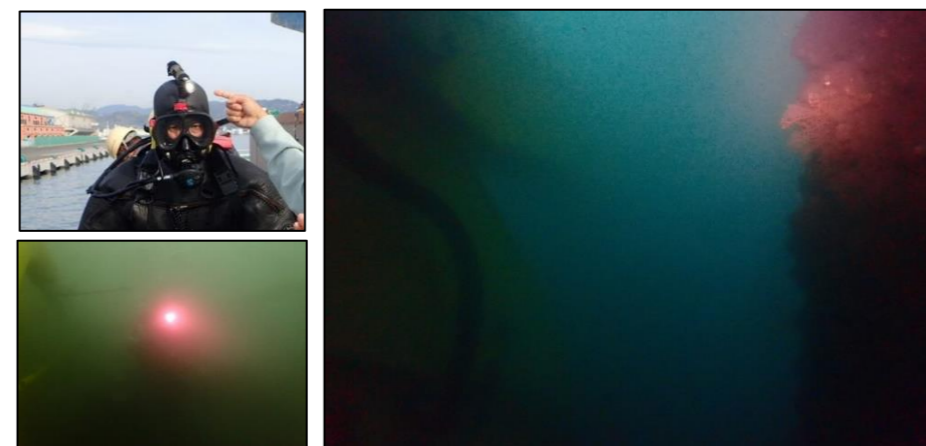


施工箇所 3Dモデルの一例：背面からの視点(左)と上からの視点(右)

2) - 2 水中ライトの携行及び水中バックホウのブーム等への点滅灯の設置

水中バックホウによる施工時、誘導潜水士は水中ライトを携行することで視界を広げ既設構造物や水中バックホウのバケット等の位置を把握する。また、水中バックホウのブームや運転席に点滅等を設置することで誘導潜水士はその位置を把握し、既設構造物やバケット等との接触事故を防止する。

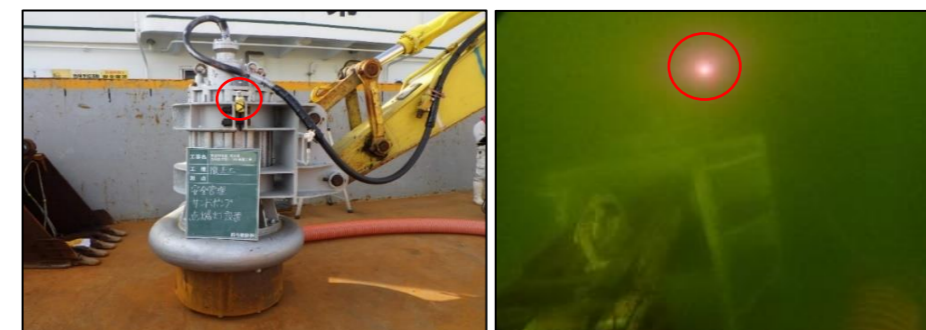
水中ライトを携行することで視界が広がり既設構造物やバケットの位置関係を把握することができた。また、重機に点滅灯を設置することで、誘導潜水士は実物を目視するよりも遠い場所からバケットやブームの位置を把握でき、的確な誘導をすることができた。



水中ライトの携行状況(左)と水中ライトによる構造物確認(右)



水中バックホウ運転席とブームへの点滅灯設置(左)と水中の点滅状況(右)



サンドポンプ(アタッチメント)への点滅灯設置(左)と水中の点滅状況(右)

2) - 3 合図の復唱の徹底

水中バックホウのオペレーターからは施工箇所(バケット付近)が見えないため、誘導潜水士の合図以外の操作は行わない。そこで、水中バックホウ操作時は、「右旋回」等の誘導潜水士からの合図をオペレーターが復唱することを徹底した。勘違いや操作ミス、聞き違い等のヒューマンエラーを防止するのに効果があったと考えられる。なお、水中バックホウの作業時には潜水士(オペレーター・誘導潜水士)と陸上連絡員の三者同時通話機能を備えた水中電話を使用し、水中の合図を陸上からも確認でき、万一の場合に対応できるようになっている。



水中電話と三者同時通話相關図(左)と水中バックホウ支援室(陸上連絡員詰所)

2) - 4 作業計画書による日々の打合せの徹底

水中バックホウによる施工は繰り返し作業となるが、作業計画書(作業員全員の配置及び施工内容を記載)は毎日作成し、KY活動前に打合せ及び指示を行った。クレーンの旋回方向やワイヤモッコの降し場所等を細かく記載することで全員の意思統一を図り、思い込みや勘違い等による事故の防止に大きく役立った。また、毎日、一定の時間を設けて打合せを行うことで、どのタイミングでどういった問題があるか等、作業員からも積極的に意見(例えば「水中からモッコを巻き上げるときに石が引っ掛かっていたことがあったので、巻き上げ前の確認を徹底したほうがよい」等)が出るようになり、翌日以降の施工時に反映させるなど、各々の安全意識の向上にも繋がったと考えられる。

移動式クレーン (クレーン等安全規則 第66条の2)		作業計画書(単一型)		
工事名	平成30年度 清水港日の出岸壁(12m)復旧工事	作成者	井上工業 松田 健作	
使用機械	型 式	起重機台数 巻籠	最大作業半径時の定格荷重	9.0m 210t (吊り、昇降等の重量等)
	最大吊上げ荷重	210 t	クレーン所有会社	高栄建設株式会社
	最大地上揚程	40 m	クレーン運転者	清水港 清水建設株式会社
作業期間	H31年 2月 12日 ~ 年 月 日			
選任・指名	作業指揮者 (指定された氏名)	作業指揮者 (指定された氏名)	作業指揮者 (指定された氏名)	
	合図者 (指定された氏名)	合図者 (指定された氏名)	合図者 (指定された氏名)	
	玉掛責任者 (指定された氏名)	玉掛責任者 (指定された氏名)	玉掛責任者 (指定された氏名)	
吊り荷重	名称・形状・寸法	横置き 200t x 500mm x 1000mm		
	重量・員数	200t x 500mm x 1000mm		
作業方法	玉掛け	玉掛けワイヤロープ等 ■ワイヤロープ(吊り) ■ベルトスリング ■チェーン ■その他		
	玉掛け方法	□手 ■点吊 □目直し吊( ) □吊冷機( ) □介鉄ロープ		
合図の方法		□手 □音 □無線 □その他( )		
	口地盤改良 □良質土盛替 □敷鉄板 □鋼板 □その他( )			
転倒防止	上層互回体間内立入禁止措置	□バリアード □ロープ □カラーコーン ■警報機 ■その他(旋回方向の人払い)		
	および	クレーン移動時内立入禁止措置 □バリアード □ロープ □カラーコーン □警報機 □その他( )		
危険防止	法 規 順 守 防 止 対 策	■該当なし □あり( )		
	地下埋設物防護対策	■該当なし □あり( )		
作業内容	水中バックホウ、他資材の吊下 (台船～日の出岸壁前海中)			
安全対策	玉掛け7.7tに送る際は吊り確認しながら確認してから送る。また、吊り直下の人払い。			
指示・指導事項	合図の復唱を徹底 吊り直下の人払い。			
作業所長	現場監督職員	関係請負人(協力業者)職長	*職長は、関係労働者に作業計画を周知する。	
職長および関係者 清水港 清水建設株式会社 清水港 清水建設株式会社 清水港 清水建設株式会社				

実際に使用した作業計画書(作業日: H31. 2. 13)



作業打合せ状況

問題点〈2〉 台船上に被覆石の積み込みスペースが十分に確保できないこと

1) 問題点の内容

当初設計では、栈橋下の被覆石の投入は起重機船上から当日必要な分を水中に投入することになっていた。工程確保のため2台の水中バックホウを艀装していることもあり、台船上には約150m<sup>3</sup>程度しか被覆石を積み込めるスペースはなかった。設計数量643m<sup>3</sup>(ロス率1.3:約840m<sup>3</sup>)の施工を行うには、積み込めない分を別の場所に仮置きし、台船が空になるたび取りに行かなければならなかった。台船上に水中バックホウを艀装しているため、この間は、投入・均し作業を止めなければならず、工程のロスが多くなってしまうことが問題であった。



水中BH台船上艀装時の被覆石積み込み可能範囲

〈対応策とその結果〉

水中バックホウを施工箇所の栈橋上に艀装し、台船上の全面に被覆石を積み込むことで被覆石の別の場所への仮置きを無くすことはできないか検討した。岸壁上に水中バックホウを艀装するには以下の2点を解決する必要がある。

- a. 輻輳工事との調整 . . . . . 施工箇所は隣接して同様の工事を行っている業者と、本工事施工範囲内で栈橋下の鋼管杭の補強工事を行っている業者の2社と輻輳して工事を進めていた。
- b. 岸壁の接地圧確認 . . . . . 岸壁管理者からは、艀装予定範囲は工事範囲内であることから岸壁利用の予定はなく接地圧さえ問題がなければ岸壁への艀装をしてもよい、とのことであった。

a. の解決策： 輻輳工事からは艀装箇所が施工の邪魔になった場合、艀装箇所の移動を行うことで許可を頂いた。(水中バックホウのケーブルは100m程度繰り出せるためその範囲内で移動する。)

b. の解決策： 施工箇所岸壁の接地圧は2.0t/m<sup>2</sup>であった。艀装する資機材の接地圧を調べたところ、水中バックホウの接地圧が2.0t/m<sup>2</sup>をオーバーしていた。そこで、水中バックホウ艀装箇所に敷鉄板3枚を配置し、接地面を分散させることで接地圧を確保した。

以上により岸壁への艀装が可能になり、発注者からの許可を得て水中バックホウを岸壁に艀装した。これにより、台船内に設計数量の被覆石を積み込むことができ、別の仮置き場所を探す手間や被覆石を取りに行く手間がなくなり工程のロスを省くことが出来た。



岸壁上への水中バックホウ艀装状況

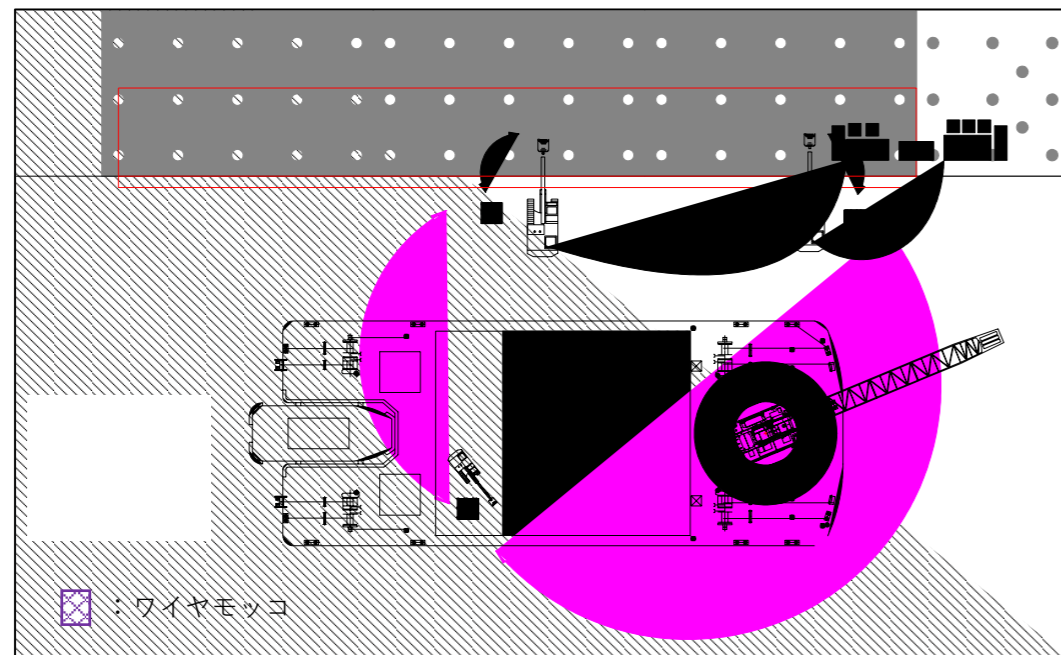


台船上への被覆石積み込み状況

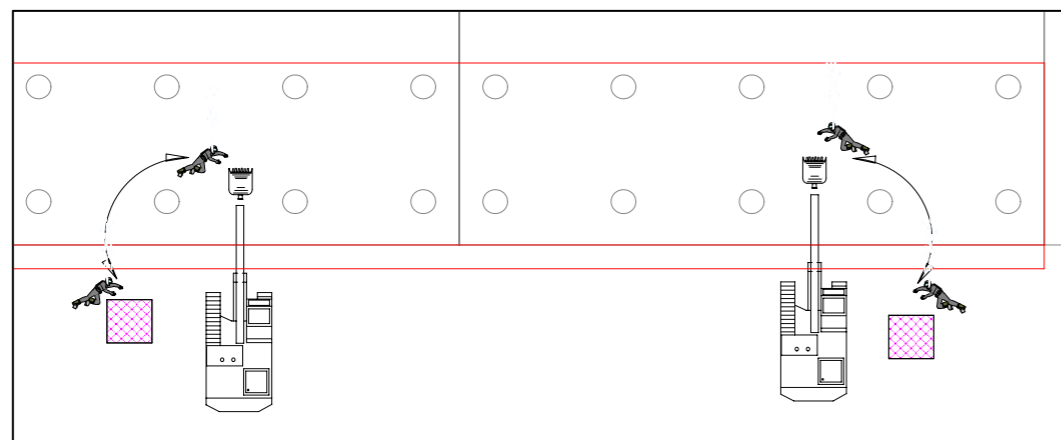
【現場で実施した工夫】

〈1〉 栈橋下に使用する被覆石の台船上から水中への供給方法

課題でも記載した通り施工箇所の視界は非常に悪く、水中へ直接被覆石を供給した場合、すでに完了している被覆石①と供給した被覆石との違いが判らず、仕上げ面を痛めてしまう可能性がある。（もしくは供給した被覆石を残してしまい-12mの出来形確保が出来なくなってしまう。）そこで、被覆石の供給はワイヤモックを使用してその都度行い、ワイヤモック上の被覆石を水中バックホウで栈橋下に投入し、空になったらワイヤモックを陸上に吊り上げる、という作業を繰り返すことで被覆石①の仕上げ面を痛めることなく施工を進めるようにした。



ワイヤモックによる被覆石の供給 施工イメージ図  
(旋回方向を変えることで2か所に交互に供給)



水中バックホウ付近詳細  
(被覆石供給時は誘導潜水士は栈橋下へ退避)



ワイヤモックによる被覆石供給状況(上空より)

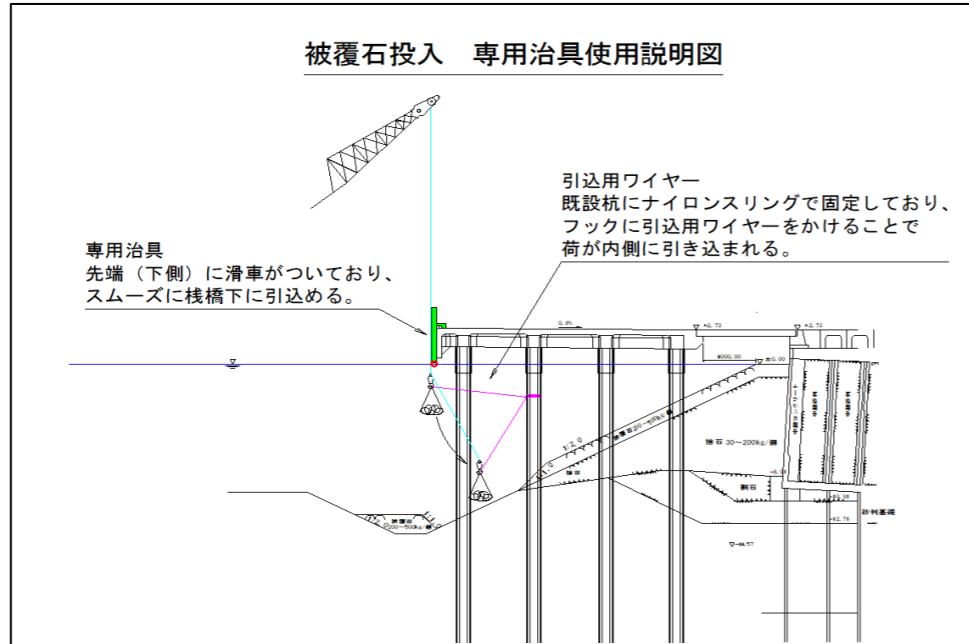


スタッフを利用したワイヤモック荷下ろし箇所の明示



〈2〉 栈橋下への被覆石投入作業における専用治具の使用

ワイヤモックによる被覆石投入時に当該施工専用で作成した治具を使用し、ワイヤモックを直接栈橋下に引き込み投入した。この方法により、全体数量の約半分を水中バックホウを稼働させることなく栈橋下に投入でき、水中バックホウによる災害リスクが大幅に軽減した。また、工期短縮にも効果があった。



被覆石投入専用治具 システム説明図



被覆石投入 専用治具



治具を使用した投入状況①



治具を使用した投入状況②



治具を使用した投入状況③

〈3〉 地域とのコミュニケーションに関する工夫

1) クルーズ船歓迎の横断幕設置と周囲の色調に合わせた立入防止柵

施工箇所がクルーズ船を係留する岸壁に隣接しているため、隣接工事と協力して立入防止柵に横断幕を設置し、大型客船で寄港された方々を歓迎した。また、立入防止柵は周囲の景観との調和を図り白色のものを使用した。



クルーズ船係留岸壁(赤)と施工範囲(黄)



横断幕設置状況



クルーズ船と横断幕①



クルーズ船と横断幕②



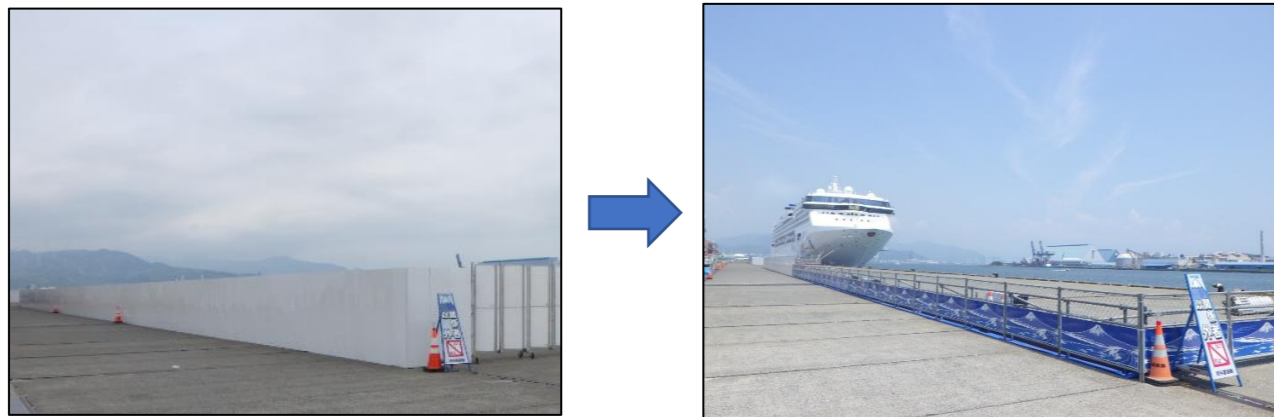
立入防止柵設置状況

## 2) 清水みなと祭り花火大会開催時の立入防止柵の変更

清水みなと祭りの花火大会開催時、現場周辺は一般に開放することになっていたが、現場を2mの立入防止柵で囲っているため花火の全景が見えなくなってしまっていた。そこで、みなと祭り開催期間のみ、立入防止柵の高さを2mから1.2mに変更し、より花火を見やすくすることで花火大会に協力した。なお、変更するフェンスは、周囲の景観に合わせ青色とし富士山柄のものをを使用した。



花火大会開催時の立入防止柵の変更 H=2.0m→H=1.2m



フェンス変更後の視界の変化

### 【終わりに】

今回の工事は、国内でもそれほど台数の多くない水中バックホウを使用した工事であり、私自身も初めての経験であった。施工業者も栈橋下の土砂撤去、被覆石投入・均しという今回のような施工方法の実績は少なかったため、打合せを密に行い、常に最善の方法を求めて施工を進めた。なかでも視界が20cmというほぼ何も見えない状況で施工するため、安全管理には特に気を使った。大掛かりな安全対策を施したわけではないが、基本的なことを確実に行った結果が、無事故無災害での完工に繋がったと考えられる。今回のように実績の少ない工法でも、難しく考えるのではなく、まずは初心に帰り、基本的なことを確実に行うことが大事であると感じた。



最後に、工事にご協力頂いた発注者を始め、関係機関や協力業者の皆様方に心より感謝申し上げます。