

平良港漲水地区岸壁改良工事について

光行忠司¹・野瀬晴生²

¹平良港湾事務所 整備保全課（〒906-0012 沖縄県宮古島市平良字西里7-21）

²平良港湾事務所 整備保全課（〒906-0012 沖縄県宮古島市平良字西里7-21）

平良港漲水地区第一埠頭岸壁は整備後20年以上が経過し、エプロン全長に渡って亀裂が発生していることや、一部陥没が見られ荷役作業を行うには危険な状態にあったことから、平成20年度より改良工事に着手したものである。

本報告は、平成21年度に実施した平良港漲水地区岸壁（-7.5m）2バース目の改良工事のうち、上部工、地盤改良工および舗装工について報告するものである。

キーワード：岸壁供用、プレキャスト上部工、地盤の緩み、地盤改良、プレキャストRC版

1. はじめに

本報告の対象施設は、図-1に示す漲水地区第1埠頭岸壁（-7.5m）L=133.05mである。

当岸壁は、整備後20年以上が経過しており、エプロン全長に渡り亀裂が発生していることや、一部が陥没も見られる状態のなかガス、セメントの荷役作業を行う状態にあった。

本工事では、安全で効率的な施設利用と既存ストックの有効活用を図る目的で、裏埋め土に対し地盤の緩みを解消することおよび吸出し防止の対策となるX-Jet工法と表層改良工法による地盤改良工、岸壁を供用しながらの工事となるため一部をプレキャスト化した上部工および早期供用のためプレキャストRC版を用いた舗装工を含む改良工事を実施した。

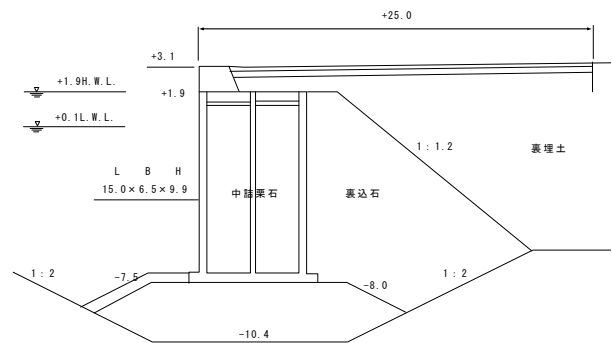


図-2 標準断面図



図-3 施工前の岸壁状況

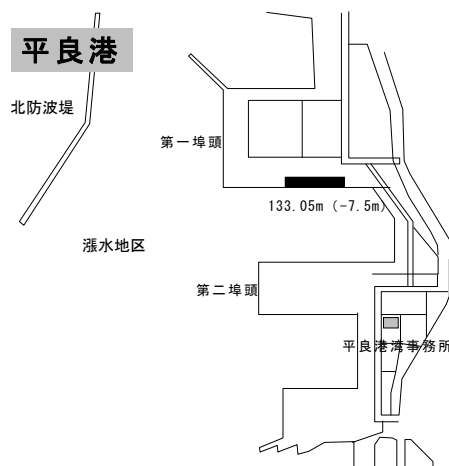


図-1 対象岸壁位置図

2. 工事内容

図-4に施工フローを示す。

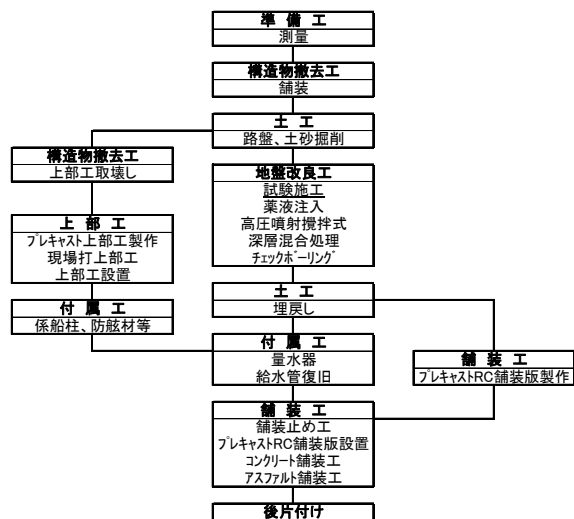


図-4 施工フロー

当該工事の施工にあたり，岸壁ではガス，セメントの荷役作業が行われ，圧送管を供用しながらの作業となる。

そのため，上部工および舗装工では荷役作業に影響を与えないことに加え早期供用を開始すること，地盤改良工では埋設されているガス，セメントの圧送管に影響を与えないことに留意した施工を行った。

(1) 上部工

上部工の施工は，前述のとおりガス，セメントの圧送管を供用しながらの施工となるため，上部工の一部をプレキャスト化して施工を行った。実施工程表を図-5に，上部工撤去・復旧および係船状況についての一例を図-6に示す。なお，プレキャスト上部工は上部工背後にマウンドを設置し，製作を行った。

工程は，はじめに11～13，15ブロックのプレキャスト上部工を製作後，10～12，15ブロックの上部工取壊しを行い，10ブロックを現場打にて製作した後，11，12，15ブロックのプレキャスト上部工の設置を行った。次に16，18ブロックのプレキャスト上部工製作を進めながら13，16，18ブロックの上部工取壊しをいった後13，16，18ブロックのプレキャスト上部工の設置を行った。最後に14，17ブロックの上部工を取壊し，現場打にて上部工を製作した。以上の工程により，荷役作業に支障をきたすことなく上部工を復旧させることが出来た。

工 種 名 称	平成21年			平成22年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
構造物撤去工						
上部工取壊し			⑩⑪⑫⑮		⑬⑭⑯	⑰⑱
上部工						
プレキャスト上部工製作		⑪⑫⑬⑮		⑯⑰		
現場打上部工製作			⑮			⑰⑱
プレキャスト上部工設置				⑩⑪⑫	⑬⑭⑮	

図-5 実施工程表

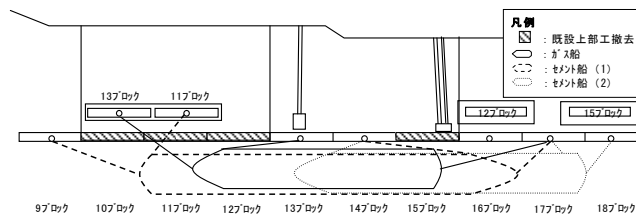


図-6 10～12，15ブロック撤去時係船状況



図-7 プレキャスト上部工



図-8 プレキャスト上部工据付状況

(2) 地盤改良工

地盤改良工は，平成19年度に行った実施設計において地盤緩み対策および吸出し対策として深層混合処理工法による施工を行うことにした。工法の選定過程では，施工性，経済性およびガス，セメントの圧送管への影響度を比較検討し，図-9に示す標準部においてCI-CMC工法（高速化対応深層混合処理工法），埋設物近傍においてはX-JET工法（交流噴射式高圧噴射攪拌工法）を選定した。

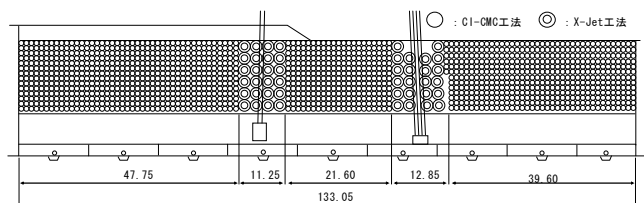


図-9 地盤改良平面図

表-1 地盤改良工法概要

工法	<p>標準部 高速回転式深層混合処理工法 (CS-CMG工法)</p>	<p>複層構造部「方丈・セメント管」 交差噴射式高圧液射攪拌工法 (方丈・セメント管)</p>
施工機関係	<p>位置決 改良材吐出・貫入攪拌 完了・移動</p> <p>改良材の露出</p>	<p>ジェットグリッド(交差噴射式高圧液射) φ300mm</p> <p>切羽スライム</p> <p>改良材の露出</p> <p>方丈 300MPa セメント 180t/分</p> <p>交差部</p> <p>硬化材噴出部</p> <p>硬化材噴出部</p>
工法概要	<p>施工方法にジェット吐出方式を用いることで改良材の露出を露状に吐出する方式を組み入れることにより、大径のメカセメント管を流通し、大断面積工法で</p>	<p>2本の空気を併せた総圧空を改良材の露状の上部に充填させ地盤中に固着して噴射することによって地盤を切削し、硬化材の充満により円柱状の鋼管枠を構成する。</p>
施工単位 (円・m)	<p>8,100円/m³</p>	<p>32,000円/m³</p>

CI-CMC工法およびX-JET工法の概要を表-1に示す。これに従い改良工事に先立つ試験施工のため標準部において攪拌翼を貫入したところ、路床から0.5～3.5mの深さにおいて異物に当たり攪拌翼を損傷する事態が発生し、施工続行が不可能な事態が生じた。この原因を確認すべくバックホウによって試掘を行った結果、琉球石灰岩の転石が確認された。随所でこの試掘を行ったところ、図-10に示す下幅約2m×上幅約1m×高さ約2.5mの巨石を含む多数の転石が掘り起こされた。この事態に対し、標準部においてCI-CMC工法で工事を進めることが困難になり、改めて地盤改良工の検討を行うことになった。

検討フローを図-11に示す.

転石の埋没状況調査方法についての比較検討表を表-2に示す。検討では、地中レーダ、表面波探査、電気探査の比較を行ったが、地中レーダについては地盤面から深さ3mまでの転石しか把握できないこと、表面波探査については2m未満の転石の把握が困難であること、電気探査については転石の分布状況が把握しにくいこと等の理由により転石の確認が困難であると判断し、埋没状況の調査を行うことは断念した。



図-10 出現した転石

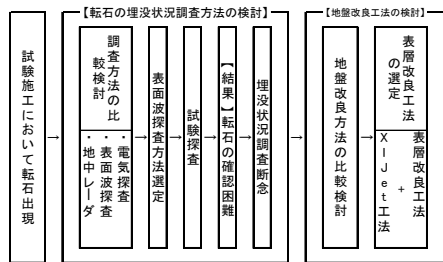


図-11 転石対する検討フロー

表-2 転石に伴う調査比較検討表

探査方法	地中レーダー	表面波探査	電気探査
使用物性値	電磁波	地震波	電気
断面図	電磁波の変化	S波速度分布	比抵抗断面図
探知能力	0～3m(最大6m)	3～約20m	0～200m
分解能力	30cm～1mの電磁波透過率差	1m以上の速度差	2m以上の比抵抗差
探査・解析 日数目安	1km/10日	1km/20日	1km/14日
コスト概算	150万円/km	250万円/km	200万円/km
	(×)	(△)	(×)
本現地状況 への適合性	・埋土内の水位が高いことが予想される状況において、水位以上の転石把握が出来ない。 ・地盤面から深さ3mまでの転石しか把握できない(3m以上の転石はわからない)。	・2m未満の転石が多いと推定されるが、これより大きな転石しか探査できないため、殆どの転石は把握困難である。 ・地盤面下～3m間の転石は把握できない。	・詳細な分解能力がなく、転石分布が把握し難い。

表-3 転石に伴う施工比較検討表

対策案 概要	案1-X-Jet工法	案2-X-Jet工法+表層改良工法
	<p>「ケーソン裏込め法面および背後地を全てX-Jet工法にて改良する。 ・転石にあたった場合は、打ち抜くことに対応</p>	<p>「ケーソン裏込め法面をX-Jet工法で施工し、背後地については、表層改良工法を併用する。 ・表層改良工法では、セメントを腐蝕の内にバックホウで混合する。 ・転石にあたった場合は、打ち抜くことに対応</p>
概要図		
数量	X-Jet工法: 8,500m ³	X-Jet工法: 3,500m ³ 表層改良工法: 3,000m ²
工期	約170日	約100日
工費	a)裏込め法面: 約148億円	a)裏込め法面(X-Jet工法): 約148億円
	b)一般削: 約2.2億円	b)一般削(表層改良工法): 約0.1億円
	合計 約150億円	合計 約17.7億円
評価	○	◎

次に表-3に示す転石に対応した地盤改良工法の検討を行い、案-1 (X-Jet工法) と案-2 (X-Jet工法+表層改良工法) を抽出した。

この2案は長所、短所が互いに異なっており改良効果では案-1、経済性では案-2が著しく優位にある。さらに、案-2はX-Jet工法により発生する廃泥を表層改良の際に有効活用でき廃泥処理費用が不要となりコスト削減を図ることが出来る。これらを総合的に判断し、案-2により施工を行った。

X-Jet工法および表層改良工法による地盤改良工の平面図、断面図および施工状況を図-12～15に示す。X-Jet工法による施工は、H鋼と足場板で組み立てた架台を設置し、その上に高圧噴射攪拌機を配置して行った。この足場を設置することで攪拌機の設置面が高くなり、施工に伴う廃泥に対し影響を受けることなく施工することが出来た。

また、安全対策としてガス圧送管付近での施工の際にはガス検知器によってガス漏れがないことを確認しながら施工を行った。

次に、X-Jet工法による地盤改良効果を検証する目的で行ったチェックボーリングは、図-12に示すように標準部において9箇所、ガス圧送管理設部において3箇所およびセメント圧送管理設部において3箇所実施した。効果を検証するための供試体は上部、中部、下部の3つ採取しその平均をもって効果の確認を行った。

結果として、表-4に示すように全ての箇所において設計値を満足する結果が得られた。

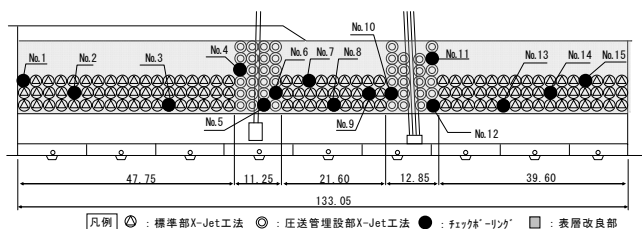


図-12 地盤改良平面図（実施）

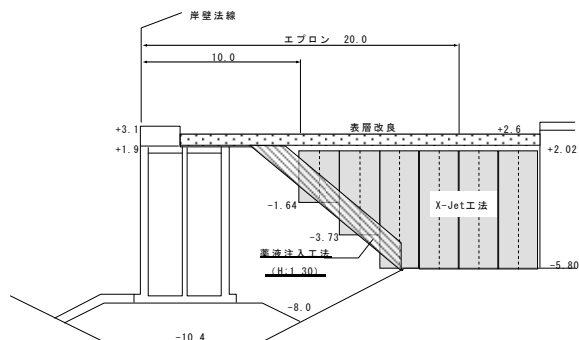


図-13 地盤改良断面図（実施-圧送管近傍）

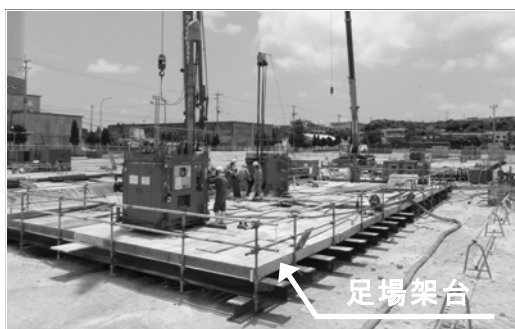


図-14 施工状況（X-Jet工法）



図-15 施工状況（表層改良工法）

表-4 チェックボーリング結果

施工箇所	No.	改良下端 (DL)	改良天端 (DL)	改良長 (DL)	σ ₂₈ 一軸圧縮強度試験(kN/m ²)				合格	参考
					上部	中部	下部	平均		
標準部	1	-5.800	-2.700	3.100	4125.1	3875.1	4318.8	4106.3	合	設計値 300kN/m ²
	2	-3.730	-0.630	3.100	3837.6	4043.8	4106.4	3995.9	合	
	3	-1.640	0.860	2.500	4225.1	4175.1	4018.8	4139.7	合	
ガス 圧送管 埋設部	4	-5.800	1.600	7.400	3825.1	3396.2	3050.1	3423.8	合	
	5	-1.640	1.600	3.240	3306.3	2374.8	1892.3	2524.5	合	
	6	-3.730	1.600	5.330	3637.6	3201.9	3868.8	3569.4	合	
標準部	7	-5.800	-2.700	3.100	4253.4	3877.7	4008.6	4046.6	合	
	8	-1.640	0.860	2.500	3168.8	3057.8	3475.1	3233.9	合	
	9	-3.730	-0.630	3.100	3941.3	4123.0	3656.0	3906.8	合	
セメント 圧送管 埋設部	10	-3.730	1.690	5.420	3314.7	3753.3	4012.6	3693.5	合	
	11	-5.800	1.690	7.490	3051.5	3333.5	3606.3	3330.4	合	
	12	-1.640	1.690	3.330	2993.8	2406.1	2857.3	2752.4	合	
標準部	13	-1.640	0.860	2.500	3837.6	3628.3	4102.2	3856.0	合	
	14	-3.730	-0.630	3.100	3668.8	3678.2	3940.1	3762.4	合	
	15	-5.800	-2.700	3.100	3350.1	3450.1	3643.3	3481.2	合	

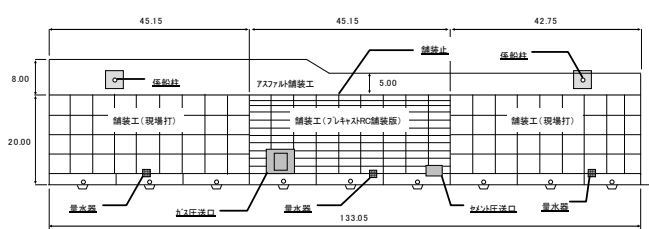


図-16 舗装工平面図（完成）



図-17 プレキャストRC版設置状況

(3) 舗装工

舗装工を施工するに当たり、当岸壁ではLPGガス運搬船、セメント運搬船がそれぞれ月に2、3回入港することから養生に1ヶ月程度必要な現場打ちコンクリートでは施工は不可能であった。それに伴いガス、セメント圧送管の埋設部近傍をRCプレキャスト舗装にすることで工期短縮を図ると共に岸壁を供用しながらの施工を行った。

舗装工の完成平面図を図-16に示す。

3. 結論

本工事では、ガス、セメントの圧送管を供用しながらの施工であったため上部工の一部をプレキャスト化することや、舗装工の一部にRCプレキャスト版を用いた施工を行った。また、地盤改良工においては転石の出現により一時中断という事態に直面したものの、改めて行った施工方法の検討に従い施工を行った。

このような施工により岸壁を供用しながらという現場条件および転石の出現という事態に見舞われながらも施工方法の工夫により無事故無災害で工事を完成させることが出来た。

4. 今後の課題

今回、地盤改良工において現場不一致による工法変更に伴いタイムロスが生じた。これについて、今後の課題として事前調査時の不可視部分の調査方法の検討ということが挙げられる。



図-18 完成写真