

# 地方港湾の整備事業における建設コンサルタントの役割

新垣健二、宮永和明、賀数博一

<sup>1</sup> (株) 沖縄建設技研 (沖縄県浦添市字前田 1124 番地)

キーワード：港湾計画、産業用岸壁、セルラーブロック式、深層混合処理工法

## 1. はじめに

沖縄県には大小 41 の港湾が整備されており、特に離島の地方港湾は、地域の社会経済活動の中心で大きな役割を担っている。当報文では、地方港湾の産業用の岸壁 (-5.5m) を対象とした港湾計画、実施設計および施工管理の事例について報告し、各段階における建設コンサルタントの役割について述べる。



写真-1 対象港の全景(google Earth)

## 2. 港湾計画

### 2.1 港湾計画における課題

対象の地方港湾は、人口約 8 千人の沖縄県の離島に位置しており、沖縄本島との間を 2 便/日で定期フェリーが運航している。取扱貨物量は約 24 万 t/年、船舶乗降人員は 5 万人/年の利用がある。

写真-1 に示すとおり、対象港は定期フェリーが利用する A 地区、小型船が利用する B 地区、産業物資を取り扱う C 地区(以下、産業バースと称す)に分かれており、C 地区を対象とした港湾計画を検討した。

近年、対象の離島では、世界的にも注目されている海洋深層水を活用した事業が活発に行われており、その影響もあって、海洋深層水を利用した飲料水が販売され、日本国内や中国などのアジアへも活路が広がっている。

一方で、現状の産業バースは、延長 190m を有し、うち 90m はガソリンや灯油の危険物取扱専用として利用され、残り 100m はバラ貨物、石材等の建設資材と合わせて、飲料水を輸送するコンテナが利用しており、写真-2 に示すように煩雑な利用状況にある。



写真-2 既設産業バースの利用状況

さらに、将来的に飲料水の取扱量も拡大する見込みで、飲料水を入れたコンテナだけで産業バースが占有されてしまうと、他産業へ影響を及ぼす可能性があ

る。そのため、将来の増大する需要に対応した産業バースを計画することが課題であった。

## 2.2 解決策

産業バースの増設を計画するため、将来の需要を予測し、必要面積を算定する必要があった。そこで、飲料水の販売会社や他産業の事業計画を整理した。その結果、飲料水が産業バースを最も多く利用する可能性が高いことから、飲料水のコンテナを対象として、利用予測を検討した。

飲料水を販売する事業者の計画では、コンテナ取扱ピーク時は、20ftの実入りコンテナ 80 本および、空コンテナ 80 本、合計 160 本/週が計画されていた。

しかし、図-1 に示すとおり、既設産業バースに隣接して防波堤が整備されており、その影響から、単純に既設岸壁の法線を延伸した増設を検討すると、操船性に劣り、さらに、港湾施設用地は約 2,100m<sup>2</sup>しか確保できず、現状と同様に、産業バースの大部分は、飲料水に占用されてしまう可能性があった。

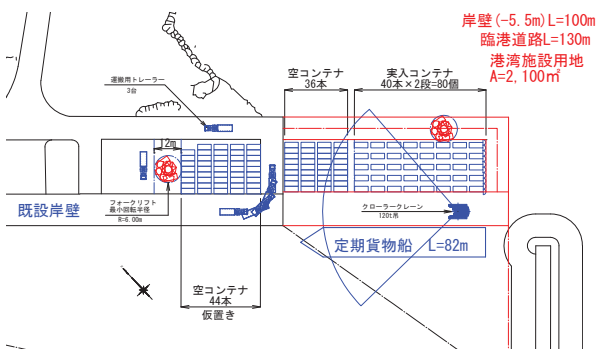


図-1 既設産業バースの法線を延伸した案

そこで、図-2 に示すように既設産業バースの法線を 45° 沖合に曲げることで、操船性の向上と共に、港湾施設用地の面積は約 4,600m<sup>2</sup>を確保することができ、増設する産業バースのみで飲料水の

コンテナを荷捌きすることが可能となる。

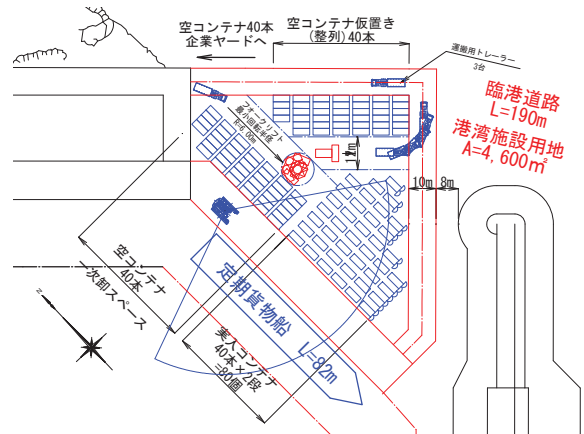


図-2 法線を 45° 曲げた案

以上の整備にかかる事業費は約 6.2 億円を要すると推計した。他方、産業バースが増設されない場合は、定期フェリーを利用した輸送方法が想定され、コストは約 5.0 億円/年に上る。

産業バースを増設した場合の輸送コストは 2.3 億円/年と試算され、これにより年間の輸送費削減額は 2.7 億円で、費用対便益 (B/C) は 9.55 となり、十分な投資効率性を有すると判断した。

## 2.3 港湾計画時における建設コンサルタントの役割

地方港湾の利用目的は、対象地域の社会経済活動に応じて、日々刻々と変化している。対象地域の要望に応えるためには、確実な将来の利用予測を把握する必要があり、建設コンサルタントは、利用者および発注者等と細かい意見交換の場を持ち、利用者のニーズに応じた計画を提案することが重要と考える。

さらに、港湾計画は、今後の事業執行を大きく左右するものであるため、十分な検討と、次段階の実施設計へ確実に引き継ぐため、理解しやすい成果を取りまとめることが重要である。

### 3. 実施設計

#### 3.1 概要

実施設計は、港湾計画で決定した図-3に示す岸壁(-5.5m)の施設配置計画を元に、これらの施設の工事設計図書の作成を行うものである。これらの施設は、写真-3に示すように海域を埋立して整備されるものであり、別途業務にて、埋立の免許取得に向けた作業も実施しているが、ここでは、岸壁(-5.5m)の設計に絞って、報告する。



写真-3 現況状況 (google Earth)

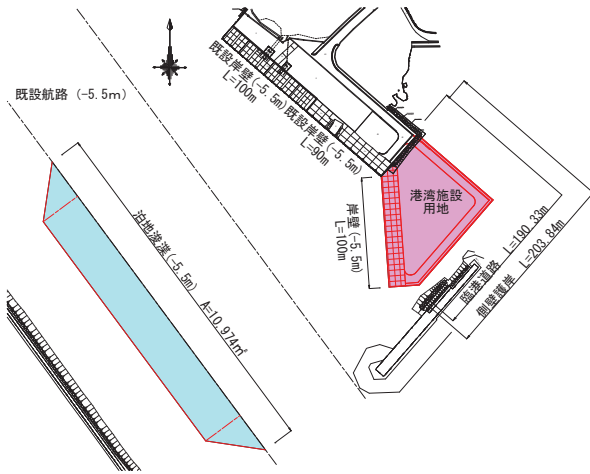


図-3 施設配置平面図

#### 3.2 実施設計時の課題

本業務において、土質調査を岸壁部の3箇所で実施した結果、図-4に示すように、変化の大きな地盤を有していた。そのため、実施設計では、良質な地盤と軟弱地盤の双方に対応した断面設定が課題であった。

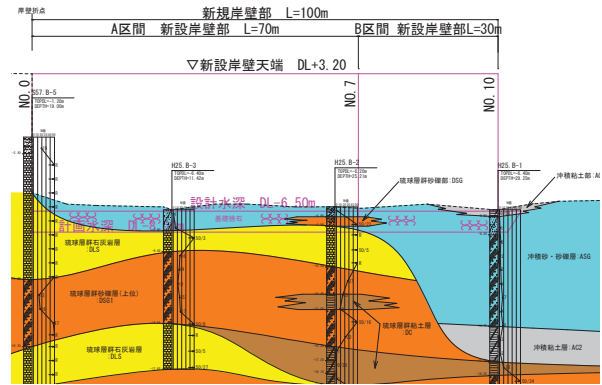


図-4 土質推定土層図

#### 3.3 設計条件の設定

岸壁施設の設計に際して、主な設計条件を表-1に示す。なお、材料等の一般条件は割愛する。

表-1 設計条件

- ・設計潮位：H.W.L+2.1m、M.L.W.L+0.60m、L.W.L±0.00m
- ・岸壁規格：バース延長=100m、計画水深=DL-5.5m、設計水深=DL-6.5m
- ・対象船舶：貨物船2,000DWT
- ・計画天端高：DL+3.40
- ・牽引力：250 KN (0.529×2,000DWT=1,058GT相当)
- ・上載荷重：永続状態 10KN/m<sup>2</sup>、変動状態 5 KN/m<sup>2</sup>
- ・設計水平震度：kch=0.05

#### 3.4 基本設計

##### (1) 検討区間割

図-4のとおり、本現場は、地盤変化が大きいことから、NO.0～NO.7の基礎の底版よりも下が良質な地盤をA区間、NO.7～NO.10の軟弱地盤をB区間にわけ、区間別で有効な断面を決定するための比較検討を行った。

##### (2) 検討方針

断面検討方針として、A区間においては、施設の規模から想定できる構造形式を選定し、経済比較を実施した。また、B区間では、異なる3種類の構造形式と地盤改良を含めた経済比較を実施した。

検討の流れを図-5のフロー図に示す。

##### (3) A区間の断面検討

数多くある係留施設の構造形式から、施設の規模、施工実績、経済性を勘案し

て、表-2 に示す種類から比較対象として重力式構造のうち、図-6 のセルラーブロック式と図-7 のケーソン式を選定した。

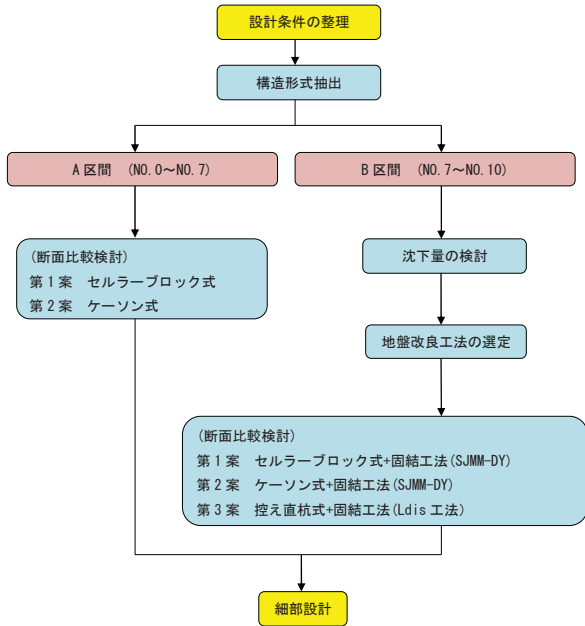


図-5 検討フロー

表-2 構造形式一覧

係留施設 大別	係船岸				
	重力式	矢板式	柵式	セル式	栈橋
分類	<ul style="list-style-type: none"> <li>ケーソン式</li> <li>セルラーブロック式</li> <li>L型ブロック式</li> <li>ブロック式</li> <li>場所打コンクリート式</li> <li>直立消波式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>矢板式(控え有)</li> <li>自立矢板式</li> <li>斜め控え矢板式</li> <li>前方斜め支え杭矢板式</li> <li>二重矢板式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>柵式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>置きセル式</li> <li>根入れセル式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>杭式</li> <li>円筒又は角筒式</li> <li>橋脚式</li> </ul>
選定	○	○	×	×	×

選定した構造形式をもとに断面性能照査を行って断面幅を設定した後、経済性を重視した比較検討を行い、図-6 に示す「セルラーブロック式」が安価となることからこれを採用した。

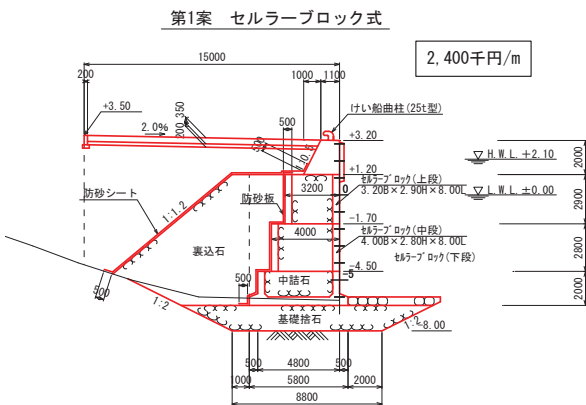


図-6 A区間 比較断面図-1

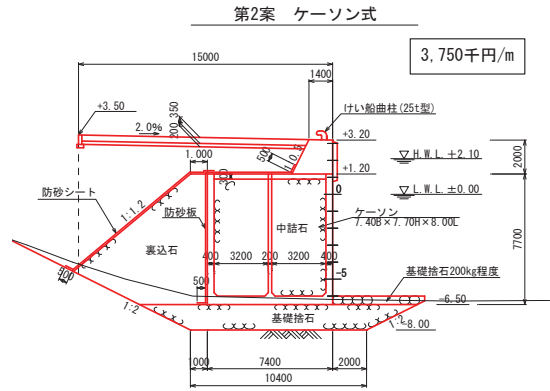


図-7 A区間 比較断面図-2

#### (4) B区間の断面検討

次にB区間の断面検討内容について記す。B区間の構造形式には、表-2 から、A区間と同様に、図-6 のセルラーブロック式と図-7 のケーソン式および、図-8 に示す矢板式が考えられる。これらの構造形式を軟弱地盤上で適用するためには、構造物下の地盤を強固に改良する必要がある。また、矢板式においても盛土部の沈下が想定されることから、その対策が求められる。そのため、土質調査で採取した試料による圧密試験結果を用いて、圧密沈下量の計算を行った。検討に際して、沈下量と軽量盛土の適用性を見るため、普通土砂の盛土と軽量盛土の2種類について検討した。その結果、表-3 に示すとおり、圧密沈下量は、普通土砂の盛土で53cm、軽量盛土で約47cmであった。これらのことから、軽量盛土を用いても沈下を防ぐことは困難であることから、鋼矢板式の軟弱地盤対策は地盤改良を対象に考えることとした。

表-3 圧密沈下量の計算結果

荷重	地層名	計算結果(mm)			
		Δe法	mv法	Cc法	平均値
盛土	沖積砂・砂礫層	285	252	441	326
	沖積粘土層	153	148	171	157
	琉球層群粘土層	40	40	61	47
	合計沈下量	478	440	673	530
軽量盛土	沖積砂・砂礫層	253	226	399	293
	沖積粘土層	135	131	151	139
	琉球層群粘土層	35	34	54	41
	合計沈下量	423	391	604	473

第3案 控え矢板式

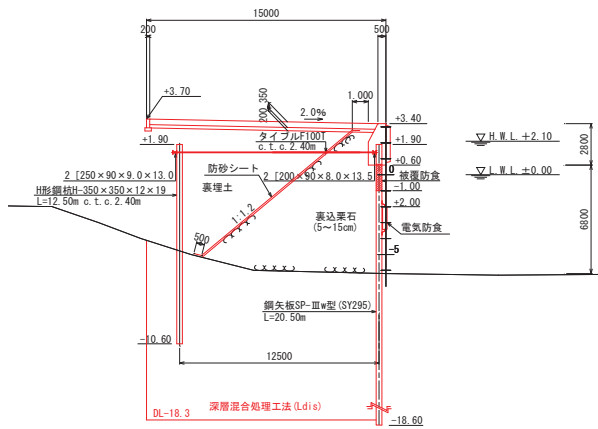


図-8 B 区間 比較断面図-3

次に、地盤改良工法を選定する。軟弱地盤の強度を増加させる改良工法には、大別して表-4のような種類があるが、海上施工および層厚 10m 程度という現地状況から、締固め工法である「サンドコンパクションパイル工法」と固結工法である「深層混合処理工法」を選定した。

表-4 地盤改良工法の種類と効果

区分	工法		工法の主たる効果
	大分類	小分類	
表層の改良	表層処理工法	表層排水工法等	地盤表層部の含水比低下、強度増加促進
軟弱層そのものの改良	置換工法	置換掘削工法	非圧縮化、せん断変形の抑制等
	圧密促進工法	パーチカルドレーン工法	圧密促進、強度増加
		盛土荷重載荷工法(プレロード工法)	
	締固め工法	サンドコンパクションパイル工法	非圧縮化、せん断変形の抑制、液状化防止
固結工法	深層混合処理工法	非圧縮化、せん断変形の抑制、振動性改良	
	薬液注入工法	不透化、せん断変形の抑制、非圧縮化等	
盛土構造の改良	荷重軽減工法(軽量盛土工法)	荷重軽減	

また、深層混合処理には数多くの工法があるが、本現場は仮設構台を築造して台上からの施工となるため、仮設の支持杭部に未改良部を残さない配慮が必要となる。以上から、高圧噴射工法でかつ NETIS(新技術活用システム)で実績の多い工法を選定し、表-5 に示す経済性を比較した結果、重力式には安価な SJMM-dy 工法を選定し、鋼矢板式には矢板に変位を与えない LDis-dy 工法を選定した。

表-5 固結工法(高圧噴射)経済比較

分類	工法名	改良形状	改良体1.0㎡当りの単価(円/㎡)	工法選定上の主要条件			
				低変位	簡易足場	経済性	
機械攪拌併用型工	非排土方式	SJMM	φ1.2m	21,000	×	◎	× Dyの方が安価
		SJMM-Dy	φ1.5m	15,400	×	◎	◎ (安価)
	排土方式(低変位)	FTJ-N	φ0.9m	52,300	○ (排泥)	×	×
	排土方式(低変位)	LDis	φ1.2m	23,200	◎	◎	△ Dyの方が安価
		LDis-Dy	φ1.5m	19,600	◎	◎	◎ (控え直杭に敵)
高圧噴射攪拌工	非排土方式	CCP	φ0.5m	84,600	×	◎	×
		SMM	φ0.7m	32,200	×	◎	×
		SMM-Dy	φ0.9m	27,900	×	◎	○

※改良体は対象土質が粘性土:c≤50kN/m<sup>2</sup>と考慮して設定している。  
 ※現場条件に対する判定は各工法の技術資料より設定している。  
 ※単価(材工一括)は改良長L=10.0mと考慮して算出している。(削孔長L=20.0m)  
 ※単価の算出においては、各工法の技術資料に準じて算出している。

◎: 適用可能  
 ○: 条件付きで適用可  
 △: 条件付きで適用不可  
 ×: 適用不可能

選定した地盤改良工法を加え、表-6 に示す断面の経済比較を行った結果、「セルラブロック式+固結工法(SJMM-DY 工法)」が安価となった。

表-6 B 区間 断面比較検討

名称	経済性	評価
第1案 セルラブロック式+固結工法 (SJMM-DY 工法)	4,657 千円/m	推奨
第2案 ケーソン式+固結工法 (SJMM-DY 工法)	6,005 千円/m	
第3案 控え直杭式+固結工法 (Ldis-DY 工法)	5,944 千円/m	

以上の結果から、NO.0~10の区間において、構造物は、図-6 に示す「セルラブロック式」を採用し、内 NO.7~10の区間については、地盤を「SJMM-DY 工法(深層混合処理の機械攪拌併用高圧噴射攪拌工法(ボーリング系))」で改良することとした。

### 3.5 実施設計における建設コンサルタントの役割

港湾計画により事業化された施設配置を元に、供用期間中に要求性能を満足する構造物を設計する。実施設計は施設の性能を左右する重要な役割を担っており、技術力はもちろんのこと、ミスが許されないことから、企業の十分な照査体制の確立が求められる。

## 4. 施工管理

### 4.1 概要

施工管理は、岸壁(-5.5m)の実施設計を基に発注された工事を対象にした現場技術業務である。

ここでは、岸壁本体工のセルラーブロックの製作と地盤改良工事について報告する。

### 4.2 施工管理時の課題

ブロック製作工事は、当初、C地区の埋立部での製作を予定していたが、予算等の理由によって施工順序が変更され、A地区の施設用地で製作することとなった。

ブロック製作に使用するクローラークレーンは、当初、C地区の埋立部での施工であれば大きな作業半径が必要ないと考え、100t吊クレーンを予定していた。

しかし、製作および仮置場所が当初予定と異なり、設計時のブロック重量では200t吊クレーンが必要となることから、ブロック重量の見直しが必要となった。

また、地盤改良については、設計業務時の土質調査結果から、No. 7～No. 10区間を地盤改良範囲としていたが、施工時の鉛直磁気探査結果から、琉球層群石灰岩層の分布が終点側に張り出していることが想定された。そのため、チェックボーリングを行い、琉球層群石灰岩層の分布を修正し、地盤改良範囲を変更する必要がある。

### 4.3 課題への対応

上記の課題に対応するため、ブロック重量については、当初設計時の半分の重量となるよう修正設計を行い、図-9に示す位置にて、100t吊クレーンで製

作・運搬できるよう配慮した。

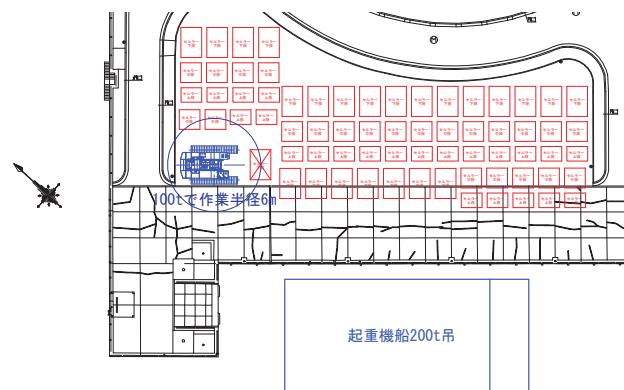


図-9 ブロック製作箇所(A地区)

また、地盤改良範囲については、鉛直磁気探査の掘進状況やチェックボーリングの結果から、No. 8+5.0m付近で石灰岩の層頭が急激に変化しており、断層の可能性があると考え、安全側に配慮して、No. 8+5.0～No. 10までを改良範囲として対応した。

### 4.4 施工管理における建設コンサルタントの役割

施工管理業務は、設計業務で想定し得なかった状況に迅速に対応しつつ、品質、価格、工期等を管理して、適切な成果を得るために重要な役割を担う。

## 5. おわりに

今回、港湾計画、実施設計および、施工管理と事業の一連を実施した事例を報告し、各段階における建設コンサルタントの役割について考察した。地方港湾の整備における建設コンサルタントの役割は、利用価値の高いインフラ施設を利用者へ提供することが目的である。今後もインフラ整備を通して、地元沖縄県の発展に貢献したいと考える。

### 参考文献

- 1) (一社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成19年7月)