

平成 2 2 年度

仙台塩釜港（仙台港区）外港湾施設等被災状況調査

概 要 版 報 告 書

平成 23 年 8 月

国土交通省 東北地方整備局

芙蓉海洋開発株式会社・五洋建設株式会社設計共同体

# 目次

1. 業務概要	1
1.1. 業務名	1
1.2. 業務目的	1
1.3. 履行期間	1
1.4. 業務場所	1
1.5. 調査内容および数量	2
2. 被災状況調査結果の概要	3
2.1. 潮位観測	3
2.1.1. 仙台塩釜港（仙台港区）	3
2.1.2. 石巻港	3
2.2. 構造物陸上の形状調査	4
2.2.1. 仙台塩釜港（仙台港区）	4
2.2.2. 石巻港	6
2.3. 構造物陸上の形状調査（2）	7
2.3.1. 仙台塩釜港（仙台港区）	7
2.3.2. 石巻港	8
2.4. 構造物水中部の形状調査	9
2.4.1. 仙台塩釜港（仙台港区）	9
2.4.2. 石巻港	10
2.5. エプロン部の空洞化調査	11
2.5.1. 業務場所	11
2.5.2. 結果概要	11
2.6. 矢板式岸壁の目地部の確認	12
2.6.1. 業務場所	12
2.6.2. 結果概要	12
2.7. 岸壁の土質調査	13
2.7.1. 仙台塩釜港（仙台港区）	13
2.7.2. 石巻港	15
2.8. 海象観測装置点検・調査業務	17
2.8.1. 仙台塩釜港（仙台港区）	17
2.8.2. 石巻港	18
2.9. 水域施設の状況確認	19
2.9.1. 仙台塩釜港（仙台港区）	19
2.9.2. 潜仙台塩釜港（仙台港区）	20
2.10. 潜水目視調査	21
2.10.1. 仙台塩釜港（仙台港区）	21
2.10.2. 仙台塩釜港（仙台港区）	22
2.11. 岸壁健全度調査	23
2.11.1. 業務場所	23
2.11.2. 結果概要	23
2.12. 栈橋式岸壁の潜水目視調査	26
2.12.1. 業務場所	26
2.12.2. 結果概要	26
2.13. ケーソン式岸壁の潜水目視調査	26
2.13.1. 業務場所	26
2.13.2. 結果概要	26

# 1. 業務概要

## 1.1. 業務名

平成 22 年度 仙台塩釜港（仙台港区）外港湾施設等被災状況調査

## 1.2. 業務目的

本業務は、東北地方太平洋沖地震及び津波で被災した港湾施設を対象に、被害状況調査を行い、地震または津波による被災原因の究明及び施設復旧設計の基礎資料とするものである。

## 1.3. 履行期間

自：平成 23 年 3 月 25 日

至：平成 23 年 8 月 31 日

## 1.4. 業務場所

・仙台塩釜港（仙台港区）

・石巻港

(図 1.4-1 業務範囲図参照)

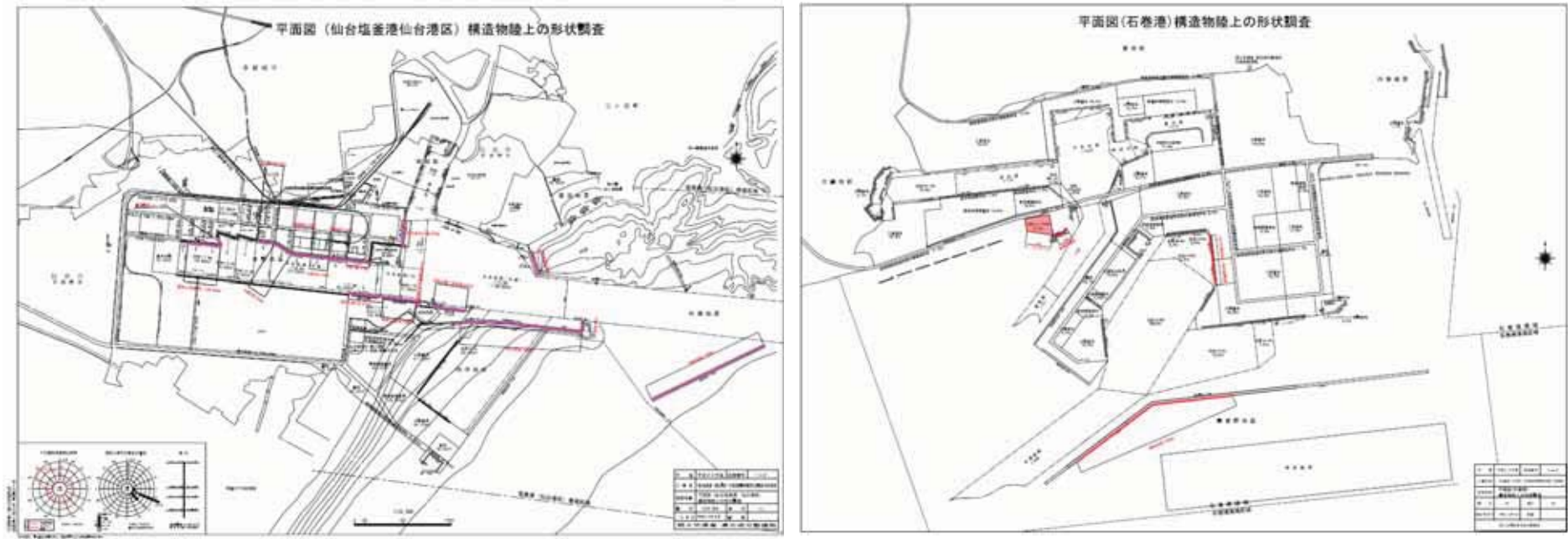


図 1.4-1 業務範囲



## 2. 被災状況調査結果の概要

### 2.1. 潮位観測

被災により使用できる水準点がないことが想定されるため、32昼夜の潮位観測の実施もしくは観測結果の提供を受け、調和分解を行うことで最低水面（工事用基準面）を求めて高さの基準面を求めた。

#### 2.1.1. 仙台塩釜港（仙台港区）

工事基準面としての最低水面を下記の算出式にて求めた。

$$\begin{aligned} \text{【仙台港区】工事基準面} &= \text{平均水面} - Z0 \\ &= 2.41\text{m} - 0.93\text{m} \\ &= 1.48\text{m} \end{aligned}$$

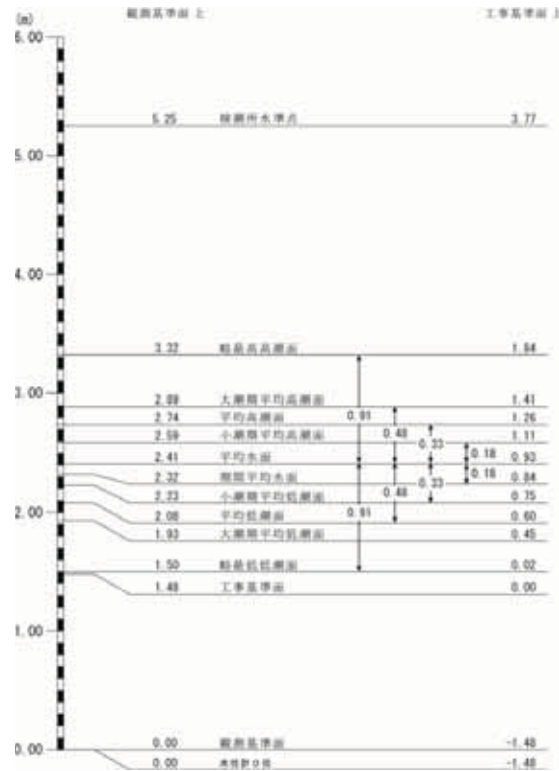


図 2.1-1 仙台港潮位関係図

#### 2.1.2. 石巻港

工事基準面としての最低水面を下記の算出式にて求めた。

$$\begin{aligned} \text{【石巻港】工事基準面} &= \text{平均水面} - Z0 \\ &= 4.30\text{m} - 0.90\text{m} \\ &= 3.40\text{m} \end{aligned}$$

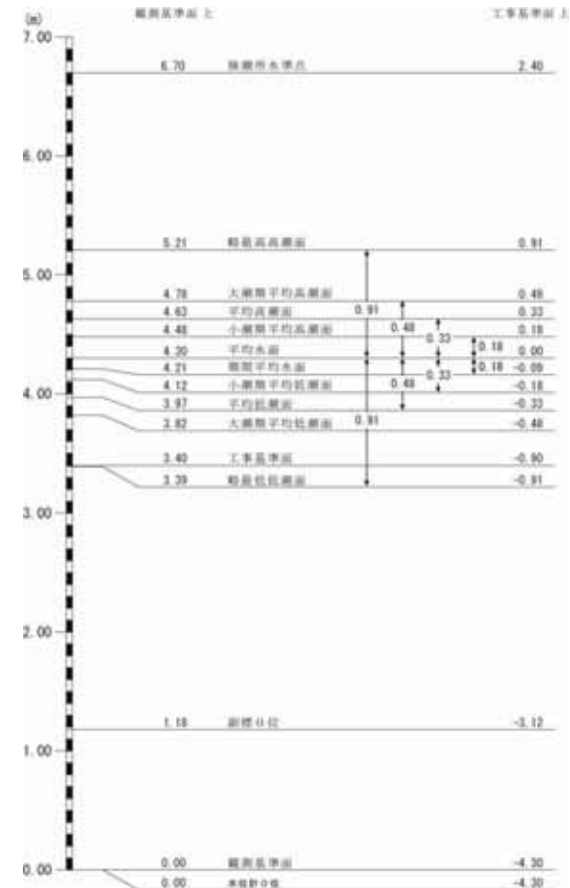


図 2.1-2 石巻港潮位関係図

## 2.2. 構造物陸上の形状調査

構造物の変位量を把握するために上部工または本体工を対象に位置及び高さの測量を実施した。

### 2.2.1. 仙台塩釜港（仙台区）

#### (1) 概略調査及び詳細調査

施設全域において沈下していることが確認された。

ふ頭護岸では、特に高砂2号岸壁および東護岸においてエプロン部の大きな倒壊が見られた。

防波堤では、沖防波堤、北防波堤において、消波ブロックの倒壊、流失が確認された。南防波堤では上部工が一部流失していた。C防波堤の先端部は概略調査後の大きな余震により、ケーソンが倒壊した。そのため概略調査と詳細調査では、ケーソンの形状が大きく異なっている。

#### (2) 補足測量

##### ・高さ確認測量

水準測量結果を下表に示す。仙台区については、潮位観測結果から求めた高さ（DL）からの測量結果と、既報告結果との高さの差は0.043mであった。

これらは、今回の測量にあたり、震災後地盤が大きくずれていたこと、水準点や電子基準点が正常に使用できなかったことなどから、10cm以内の誤差であれば許容範囲であるとされていた範囲に入っていることがわかった。

なお、塩釜港の水準点、塩釜1および仙台区の基準点1については客先立ち会い者のご指示により水準測量を行い、その結果を報告するものである。

表 2.2-1 水準測量結果

単位：m

	測点	測量結果 杭高(DL)	既報告値 (DL)	差	備考
塩釜港	水準点	2.630			海上保安庁H23.7.22公表
	塩釜1	1.750			
仙台区	水準点NO.1	2.140			海上保安庁H23.7.22公表
	13-1	2.503	2.460	0.043	
	基準点1	2.521			

注) 仙台区の測量結果は海上保安庁がH23.7.22に公表した高さを基準とした。

##### ・高砂レール測量

高砂ふ頭 1号岸壁と比較し、2号岸壁のレールの平面移動量が大きく、最大平面移動量は海側レールで0.62m、陸側レールで0.63mとなっており、いずれも基線に対して海側に移動している結果となっていた。

##### ・基準点確認測量

観測結果及び初期値からの変動量を下表に示した。

表 2.2-2 観測結果及び変動量

単位(m)

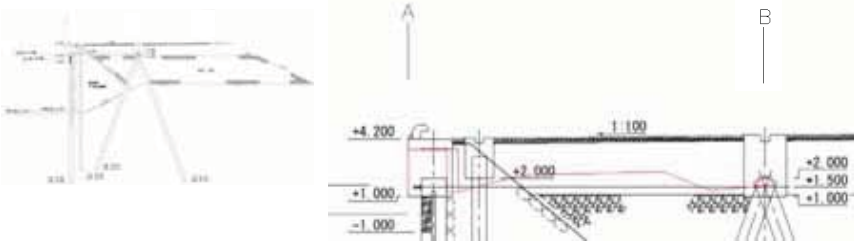
名称	XYZ	H23.4	H23.8	変動量
10-2	X	-191890.615	-19890.647	-0.032
	Y	16466.968	16467.006	+0.038
	Z	1.469	1.464	-0.005
12-1	X	-191682.714	-191682.736	-0.022
	Y	14490.240	14490.228	-0.012
	Z	1.638	1.709	+0.071

平成23年4月の測量結果と比較し、平成23年8月の観測結果では、Xで-0.022~-0.032m、Yで-0.012~+0.038m、Zで-0.005~+0.071mの変動が確認された。

今後も引き続き同一点において継続的な観測が重要であると考えらる。

被災断面写真(高砂ふ頭2号岸壁)

Sect.351.2 (逆方向から撮影)



撮影日 平成23年6月1日

被災状況写真 中野ふ頭1号岸壁

クラック



撮影日 平成23年5月31日

被災断面写真 南防波堤

Sect.105.3



撮影日 平成23年5月16日

全景写真

逆方向から撮影

仙台塩釜港 仙台区 沖防波堤

延長 L=1304.12m



撮影日 平成23年7月14日

## 2.2.2. 石巻港

### (1) 概略調査及び詳細調査

施設全域において沈下、目地部の開き、施設損傷が確認された。

南防波堤において、消波ブロックの倒壊、流失が確認された。

### (2) 補足測量

#### ・高さ確認測量

水準測量結果を下表に示す。石巻港については、潮位観測結果から求めた高さ (DL) からの測量結果と、既報告結果との高さの差は 0.075~0.099m であった。

これらは、今回の測量にあたり、震災後地盤が大きくずれていたこと、水準点や電子基準点が正常に使用できなかったことなどから、10cm 以内の誤差であれば許容範囲であるとされていた範囲に入っていることがわかった。

表 2.2-3 水準測量結果

単位：m

	測点	測量結果 杭高(DL)	既報告値 (DL)	差	備考
石巻港	基準点3	3.690			海上保安庁H23.7.22公表
	K-1	3.725	3.800	-0.075	
	K-4	3.331	3.430	-0.099	
	KBM	3.324			潮位観測で使用したKMB

注) 石巻港の測量結果は海上保安庁が H23. 7. 22 に公表した高さを基準とした。

#### ・基準点確認測量

観測結果及び初期値からの変動量を下表に示す。

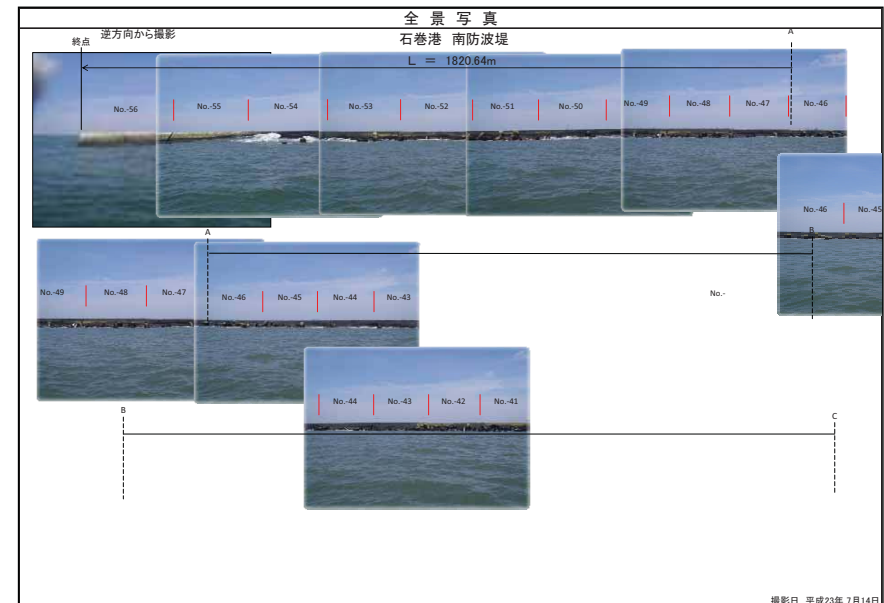
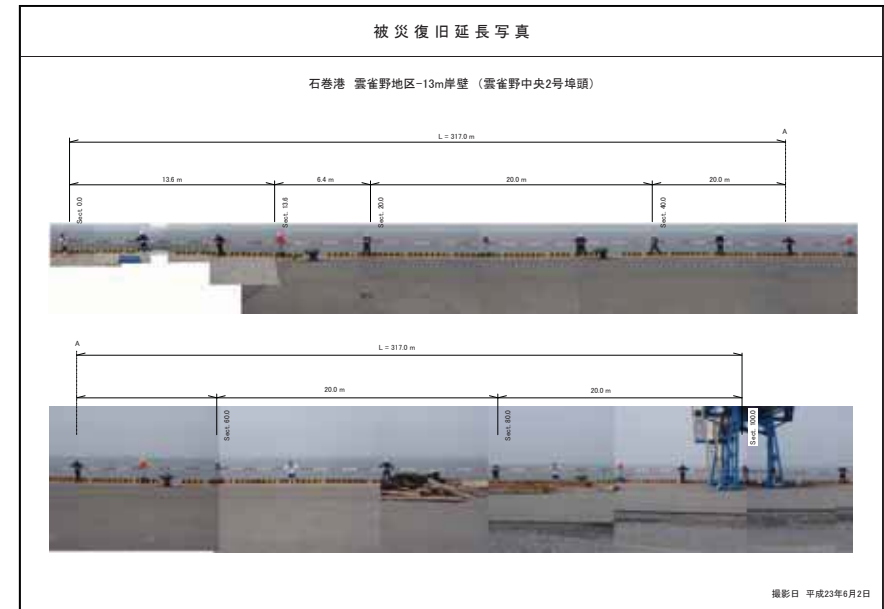
表 2.2-4 観測結果及び変動量

単位 (m)

名称	XYZ	H23. 4	H23. 8	変動量
TC4	X	-176665. 748	-176665. 751	-0. 003
	Y	39488. 988	39488. 990	+0. 002
	Z	1. 583	1. 597	+0. 014
TC4-1	X	-176778. 528	-176778. 533	-0. 005
	Y	39510. 359	39510. 371	+0. 012
	Z	1. 667	1. 659	-0. 008

平成 23 年 4 月の測量結果と比較し、平成 23 年 8 月の観測結果では、X で -0. 003~-0. 005m、Y で +0. 002~+0. 012m、Z で -0. 008~+0. 014m の変動が確認された。

今後も引き続き同一点において継続的な観測が重要であると考えらる。





## 2.3. 構造物陸上の形状調査（2）

構造物の変位量を把握するために防潮堤等を対象に位置及び高さの測量を実施した。

### 2.3.1. 仙台塩釜港（仙台港区）

#### (1) 栄地区南護岸

計画天端高+2.60m に対し、左側天端高（海側）は+1.97～+3.00m であった。海側階段部に地震による地盤沈下によって発生したクラックが数カ所見られた。また、スパン No.5 から No.13 及びスパン No.60 から No.68 のエブロン部に地震による液状化によって発生したと推測される目地の段差及び沈下が見られた。

#### (2) 栄地区東A護岸

計画天端高+3.10m に対し、左側天端高（海側）は+1.75～+4.64m であった。スパン No.1 から No.18 にかけて地震による液状化によって構造物基礎部の空洞化が発生したと推測される沈下が見られた。また、スパン No.8 の付帯施設である梯子に津波の引き波により漂流物が衝突し折れ曲がったと推測される損傷が見られた。

#### (3) 栄地区東B護岸

計画天端高+5.20m に対し、左側天端高（海側）は+1.75～+6.24m であった。スパン No.5 の波返工に地震による地盤沈下によって発生したと推測される大規模なクラックが見られた。また、スパン No.5 から No.20 及びスパン No.43 から No.54 の背後地に地震による液状化によって構造物基礎部の空洞化が発生したと推測される沈下が見られた。

#### (4) 栄地区東C護岸

計画天端高+5.20m に対し、左側天端高（海側）は+2.55～+4.75m であった。起点に地震による液状化によって構造物基礎部が空洞化し、津波の引き波により舗装等がめくれ土砂が流出したと推測される大規模な決壊及び洗掘が見られた。また、スパン No.21 から No.29 にかけて津波によりめくれ上がったと推測される舗装剥離が見られた。

#### (5) 湊浜地区親水護岸

計画天端高+6.30m に対し、左側天端高（海側）は+5.39～+5.45m であった。スパン No.1 から No.44 にかけて地震によりインターロッキングブロックが緩み、津波によって流されたと推測される剥離が見られた。また、スパン No.18 から No.50 にかけて津波の引き波が集中したために土砂が流出したと推測される大規模な決壊及び洗掘が見られた。



## 2.3.2. 石巻港

### (1) 雲雀野地区防潮堤

計画天端高+4.50mに対し、左側天端高（海側）は+3.11～+3.48mであった。

波返工に地震による地盤沈下によって発生したクラックが多数見られた。クラックは波返工の海側から陸側まで繋がって一本線状に発生していた。また、スパン No.1 から No.7、スパン No.45 から No.60、スパン No.72 から No.126 及びスパン No.155 から No.165 の背後地に津波の引き波によって発生したと推測される土砂流出及び土間コンクリート欠損が見られた。

スパン No.9 及びスパン No.17 から No.21 の波返工に崩壊箇所が見られたが、既に新たな消波ブロックと盛土で借復旧作業が完了していた。

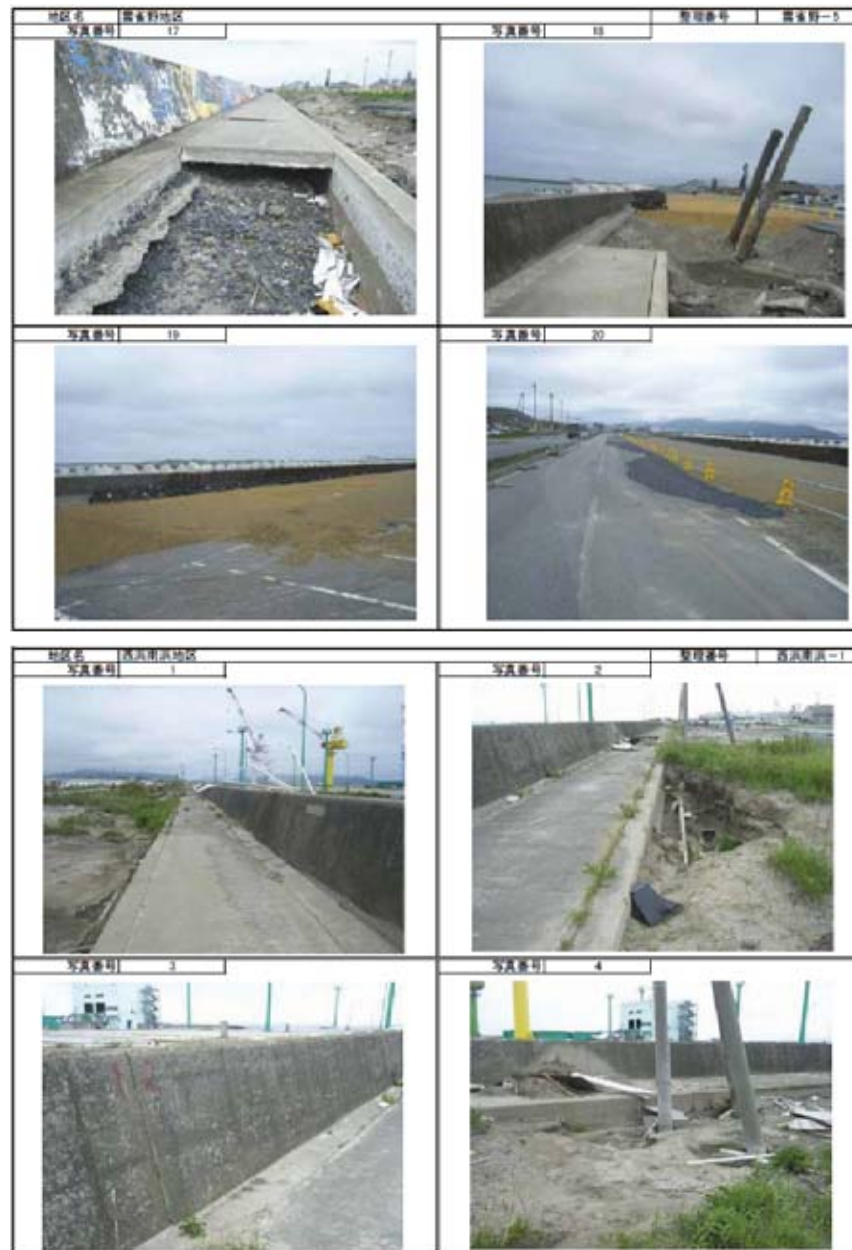
### (2) 西浜湊浜地区防潮堤

スパン No.1 から No.204 までの計画天端高+4.90mに対し、左側天端高（海側）は+3.95～+4.51mであった。また、スパン No.205 から No.246 までの計画天端高+5.60mに対し、左側天端高（海側）は+4.76～+4.88mであった。

スパン No.1 から No.27 の波返工天端部フェンスに津波による漂流物によって陸側に転倒したと推測される損傷が見られた。また、波返工に地震による地盤沈下によって発生したクラック及び欠損が数カ所見られた。

スパン No.2 から No.5 及びスパン No.10 の背後地に地震による液状化と津波の引き波により土砂が流出したと推測される洗掘が見られた。また、No.206 から No.240 の背後地に地震による液状化と津波の引き波により土砂が流出したと推測される大規模な土砂流出及び土間コンクリート欠損が見られた。

スパン No.225 から No.227 及びスパン No.241 から No.245 の波返工に崩壊箇所が見られたが、既に新たな消波ブロックと盛土で借復旧作業が完了していた。



## 2.4. 構造物水中部の形状調査

水中部構造物の変状把握のために本体工および基礎工を対象にナローマルチビームにより、面的深浅測量を実施した。

### 2.4.1. 仙台塩釜港（仙台区）

#### (1) 沖防波堤

沖防波堤周辺には港湾施設や資材等と思われる異常物が散在していた。防波堤（北）内側には消波ブロックの散乱も確認できた。

#### (2) 南・C防波堤

防波堤ケーソンの消失部付近の海底に、消失したケーソンと思われる残骸が散在している状況を確認した。一方、C防波堤先端部では港内側に筋状に深く掘られたような地形が見られた。

#### (3) 北防波堤

北防波堤先端部分の根固方塊ブロックと被覆石と思われる部分が整然としており、震災や津波の影響が少なかったものと思われる。しかし、作業船による測深作業が不可能であった防波堤基部については、消波ブロックが崩れている状況を目視にて確認しており、大きな津波被害となっていた。

#### (4) 高松ふ頭前

岸壁直近では水深 12m より浅くなっており、およそ 11.5m であった。破損による影響や港湾施設、資材等の散乱も見られなかった。

#### (5) 中野ふ頭前

中野ふ頭は中野 1 号前が水深 12m であり、中野 2～6 号前が水深 10m と設計されている。

中野 1 号前の水深値は規定水深をほぼ満たしているが、それ以外の岸壁は一樣ではなく起伏がある結果になっていた。特に中野 4～6 号の間では海底が掘られ周囲より深くなっているところが見られた。

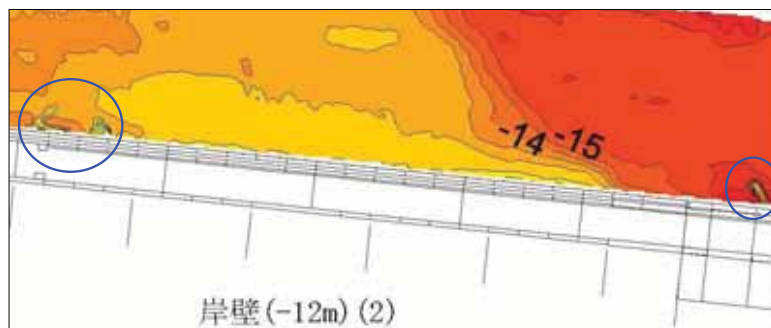
#### (6) 雷神ふ頭前

雷神ふ頭前はほぼ規定水深を満たしており、破損による影響や港湾施設、資材等の散乱も見られなかった。

#### (7) 高砂ふ頭前

高砂ふ頭前では、岸壁直近の土砂堆積が見られた。この部分は高砂 1 号岸壁前に位置し、周辺よりも浅くなっていた。

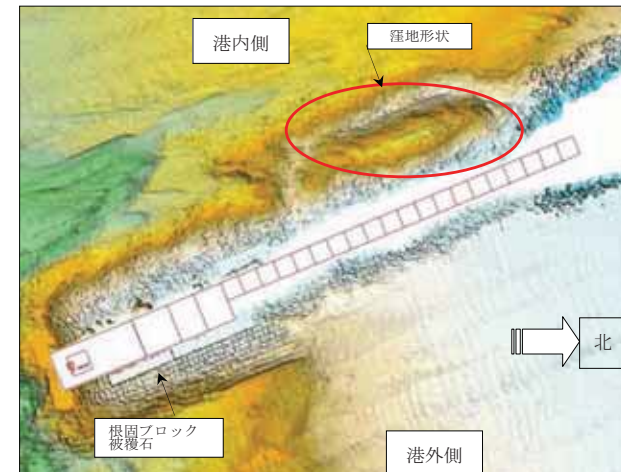
高砂ふ頭前 吸出し現象と見られる岸壁直近の土砂堆積



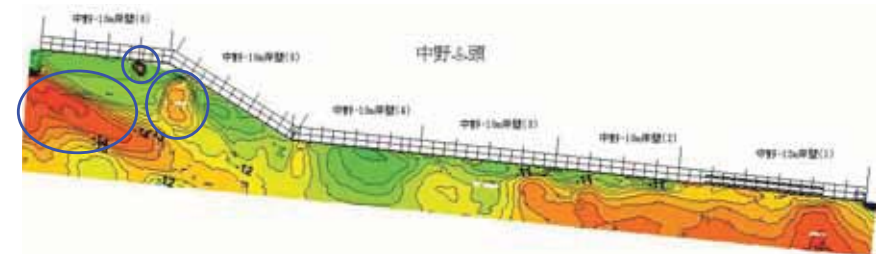
南防波堤屈折部 ケーソンの散乱



北防波堤 港内側に窪地のような形状の地形



中野ふ頭前 すり鉢状に深く掘られたような地形



## 2.4.2. 石巻港

### (1) 南防波堤

南防波堤は石巻港沖合部に位置し、東～南西方向へ延びる「へ」の字型の防波堤である。測量当時（4月4～7日）は防波堤周辺には多数の浮遊物が存在し、計画線上の測量が困難な箇所があった。さらに、防波堤内側（港内側）では海水が非常に濁っており音波が散乱あるいは減衰しナローマルチビームの性能が一時的に低下した。

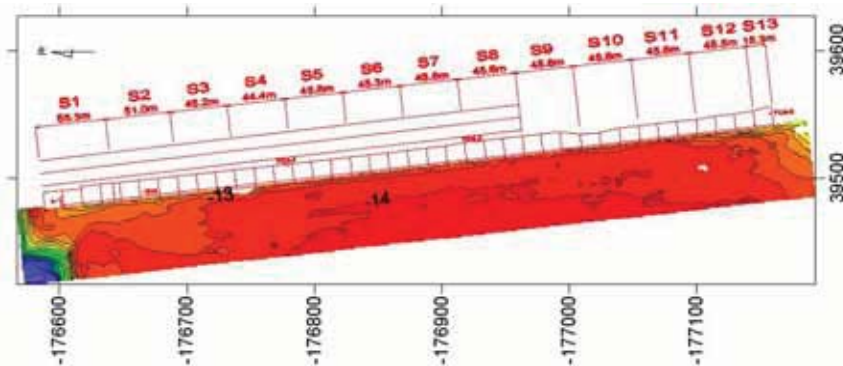
石巻南防波堤俯瞰図（仙台側）をみると防波堤終端部付近に深く掘られた痕跡が見受けられる。

いずれも防波堤両端付近に周辺よりも深く掘られたような地形が見られたが、津波による影響でこのような地形になったかは震災前の地形詳細図がないため比較することはできなかった。

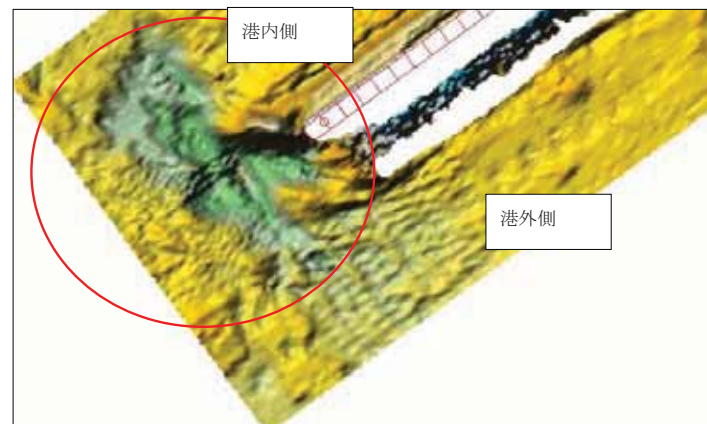
### (2) 雲雀野ふ頭前

ふ頭前は概ね水深13.5m～14mであるが北端部周辺は水深約12m前後と周辺より浅くなっていた。北端部は現在埋め立て工事中であったため工事に伴う埋め立て土砂により周辺が浅い水深になっていたものと思われる。

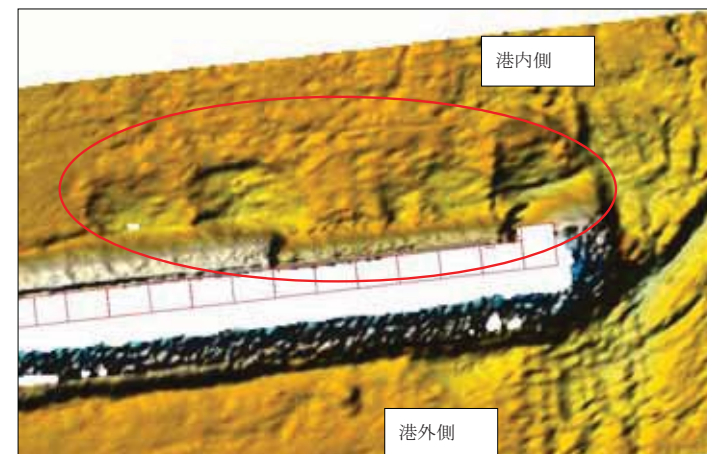
雲雀野ふ頭前 水深の状況



南防波堤終端部分（仙台側）



南防波堤終端部分（北上側）



## 2.5. エプロン部の空洞化調査

岸壁背後のエプロンの空洞化実態把握のためにレーダー探査等により、空洞化の調査を実施した。

### 2.5.1. 業務場所



図 2.5-1 業務範囲（仙台塩釜港（仙台港区））

#### 対象施設

仙台塩釜港（仙台港区）

雷神ふ頭、フェリーふ頭（1号・2号）、中野ふ頭（1号～6号）、高松木材ふ頭、  
高砂ふ頭（1号・2号）、向洋ふ頭、  
計6施設

### 2.5.2. 結果概要

雷神埠頭の空洞化は大きい範囲のものが2箇所、小さい範囲のものが6箇所であった。

中野3号については、空洞部分は大きくても10cm程度しかない状態であった。

高砂-14m岸壁の背後は大きく液状化し、沈下しているため、空洞化調査実施の意味がないものと判断した。

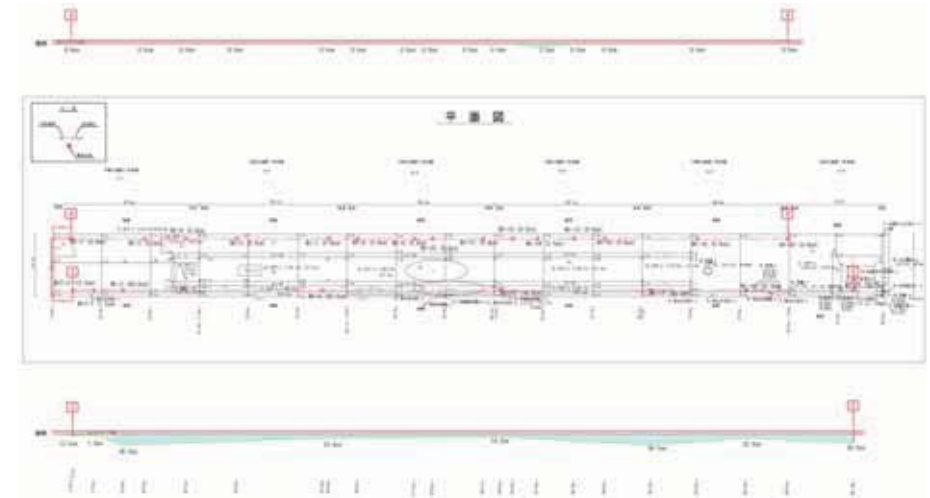
高砂-12m岸壁については法線の変状は全くなく、エプロンについてもほとんど沈下等は見られず、供用可能と考えられる状態であった。

向洋岸壁の背面は石炭や重機、ブロック等が散乱しており空洞調査ができる範囲は僅かであった。

向洋栈橋については取付部を中心に行ったが、空洞は多かった。向洋栈橋の背後に最大78cm厚の空洞が見つかった。向洋栈橋の先端側取付部は、空洞が大きく危険な状態であった。

高松埠頭では全く空洞が見られなかった。

#### 中野1号ふ頭



#### 中野2号ふ頭



2.6. 矢板式岸壁の目地部の確認

矢板式岸壁の水中部の変状把握のために潜水目視により調査を実施した。

2.6.1. 業務場所

・仙台塩釜港（仙台港区）（図 2.6-1 業務範囲図参照）

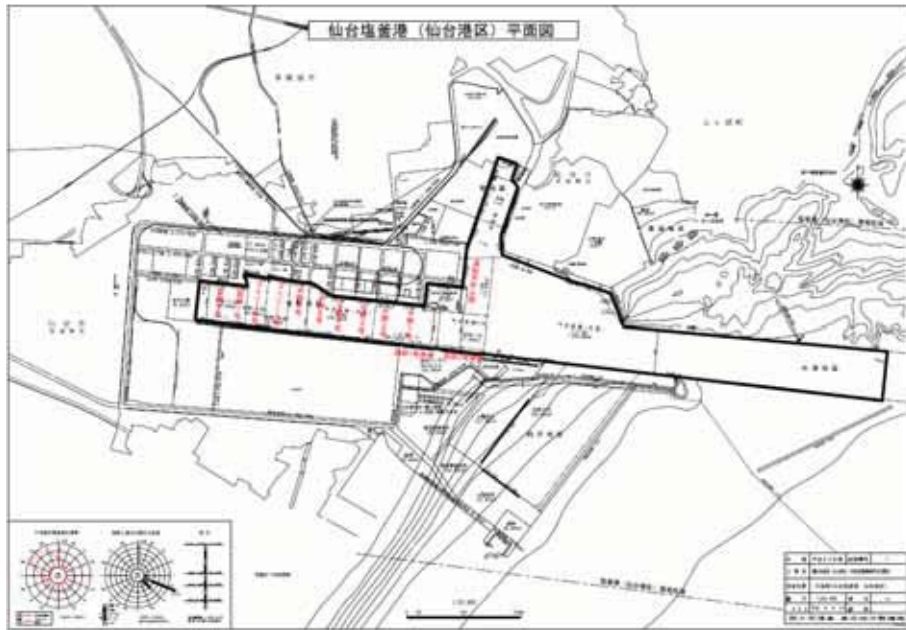


図 2.6-1 業務範囲（仙台塩釜港（仙台港区））

対象施設

仙台塩釜港（仙台港区）

雷神ふ頭、フェリーふ頭（1号・2号）、中野ふ頭（1号～6号）、高松木材ふ頭、

高砂ふ頭（1号・2号）

計5施設

2.6.2. 結果概要

(1) 矢板岸壁の目地部の確認

表 2.6-1 矢板式岸壁の目地部の確認結果

施設名	損傷箇所	損傷の様子
中野4号ふ頭	0m地点	岸壁下部コンクリートが剥離・鉄筋露出、内部より水音有り。矢板には損傷無し。
	10m地点	岸壁下部コンクリートが剥離・空洞有り、内部より水音有り。矢板には損傷無し。
中野6号ふ頭	130m地点	矢板に船舶等が衝突し変形した可能性有るが変形箇所に着物有り。よって、今回の被災とは関係が無いと考えられる。
フェリー2号ふ頭C	11.3m地点	砕石流出箇所有り。矢板には損傷無し。
雷神ふ頭C	0m地点	矢板水面付近に湧水箇所有り。
高砂ふ頭1号岸壁	310.8m地点	陽極取付部破損有り。矢板には損傷無し。
高砂ふ頭2号岸壁	100m地点	陽極取付部破損有り。矢板には損傷無し。
	144.5m地点	補強物の溶接箇所剥離。矢板には損傷無し。

(2) 矢板傾斜の確認

表 2.6-2 雷神ふ頭・高砂ふ頭矢板傾斜結果

岸壁名	構造形式	測線No.	上部工天端から海面までの距離	海底面の水深	水中				陸上									
					測定位置：上部		測定位置：中部		測定位置：下部		岸壁前面							
					高さ (m)	角度 (°)	高さ (m)	角度 (°)	高さ (m)	角度 (°)	高さ (m)	角度 (°)						
雷神ふ頭	第2パース	直立消波ブロック	2段タイロッドあり	1	フェンス残骸等により、潜水調査が危険なため調査不可能													
				S-1	2	11.70	-8.6	-3.1	92	-5.4	88	-7.6	88	89				
				S-2	1	11.80	-8.7	-3.1	88	-5.2	90	-7.7	92	89				
				2	11.90	-8.8	-3.0	88	-5.2	90	-7.6	90	89					
				3	11.80	-8.7	-2.9	88	-4.9	90	-7.7	90	90					
				S-3	1	11.70	-8.6	-2.8	88	-4.8	90	-7.4	88	90				
				2	11.60	-8.5	-2.9	88	-5.7	90	-8.1	90	90					
				3	11.70	-8.6	-3.1	88	-5.6	90	-8.5	90	89					
				S-4	1	12.20	-9.1	-3.1	88	-5.7	90	-6.5	90	90				
				2	11.60	-8.5	-3.1	90	-4.7	90	-8.3	90	90					
				3	11.90	-8.8	-3.0	90	-5.7	90	-8.6	90	89					
				S-5	1	11.60	-8.5	-3.2	88	-5.7	90	-6.3	90	90				
				2	11.50	-8.4	-2.9	90	-5.5	90	-8.3	90	88					
				S-6	1	11.70	-8.6	-2.9	88	-5.7	90	-8.4	90	90				
				2	11.90	-8.8	-1.1	88	-5.1	89	-8.6	90	90					
				3	12.10	-9.0	0.7	90	-5.4	90	-8.8	90	89					
				高砂ふ頭	第1パース	直立消波ブロック	2段タイロッド無し	S-7	1	12.10	-9.0	-2.1	90	-5.0	88	-6.0	90	89
								2	10.60	-7.5	0.7	88	-3.2	88	-6.7	88	89	
3	10.30	-7.2	0.6					88	-3.2	90	-6.4	90	89					
S-8	1	10.80	-7.7					0.3	90	-3.2	90	-6.7	90	89				
2	10.90	-7.8	0.5					88	-4.8	91	-7.0	86	90					
3	10.70	-7.6	0.6					88	-3.6	90	-6.8	84	88					
S9-1	1	10.60	-7.5					0.1	87	-3.3	89	-7.3	90	88				
検核	1	10.70	-7.6					-0.6	87	-3.9	90	-7.4	90	88				
2	10.60	-7.5	0.2					88	-3.7	90	-7.2	89	89					
34沖削	1	-1.0m	87					-4.5m	87	-9.5m	86							

※水深は岸壁天端を+4.2mとして計測  
 ※角度90° 以上は陸側への傾き、90° 以下は海側への傾きを示す(次頁参照)。  
 ※赤字は、設計(90°)から3° 以上変質している値を示す。

(3) 腹起しの確認

調査の結果、対象施設に損傷は見られなかった。