

平成23年度

# 小樽港北防波堤本体(斜塊部)の健全度について

小樽開発建設部 小樽港湾事務所 計画課 ○本田 達也  
中村 誠  
第1工務課 井元 忠博

小樽港北防波堤は、廣井勇博士の指揮のもと、スローピングブロックシステムにより築造された第1線防波堤である。この施設は1897～1908年に施工されて以来、大きな被災を受けることなく現在に至っている。平成15年にマルチビームによって、北防波堤の現況を計測した結果、港内外で捨塊の飛散が確認されたことから、詳細な現況調査（捨塊、斜塊、上部工）を平成17年から実施している。本報告では、平成19～22年に行った水中ビデオ撮影による映像解析を用いた本体斜塊部の調査が完了したので報告する。

キーワード：健全度、斜塊、歴史的構造物

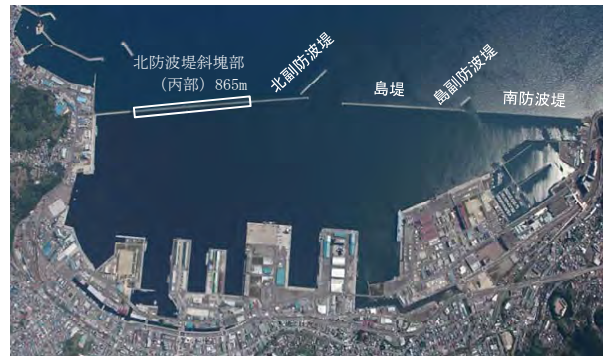
## 1. はじめに

小樽港北防波堤（1897～1908年施工）は、廣井勇博士の指揮のもと、スローピングブロックシステムにより築造された第1線防波堤である（写真－1、図－1）。

北防波堤の特徴は、堤体前面に階段状に方塊を配置することによって、堤体に作用する波力を減少させている点にある。しかしながら、マルチビームによって、現況を計測した結果、港内外で捨塊の飛散が確認されたため、北防波堤の改良を前提とした捨塊部、本体斜塊部、および上部工を平成17年から、各部毎に詳細な調査を実施している（表－1）。

北防波堤の健全度については、早川ら<sup>1)</sup>により報告されているが、全長865mにわたる詳細なものではない。

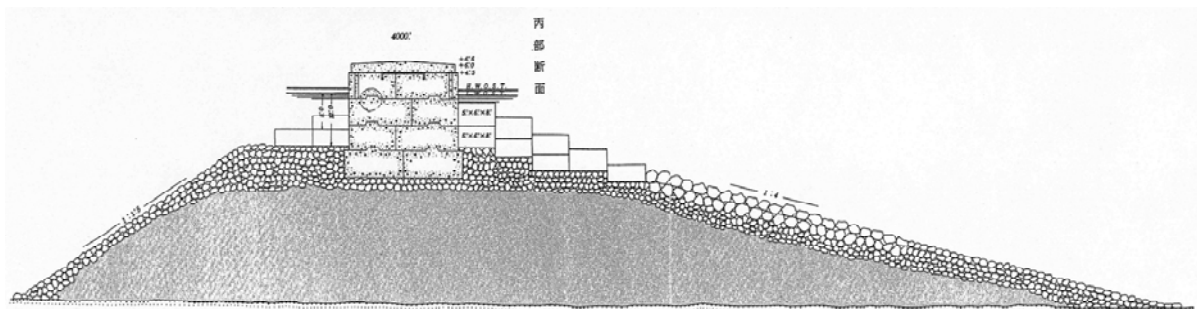
本報告では、本体斜塊部を水中ビデオにより撮影した詳細な調査に基づき、斜塊の健全度について報告する。



写真－1 小樽港

表－1 北防波堤各部毎の調査スケジュール

	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
捨塊現況調査								
斜塊現況調査								
上部工調査								



図－1 北防波堤丙部

## 2. 本体斜塊部の構造

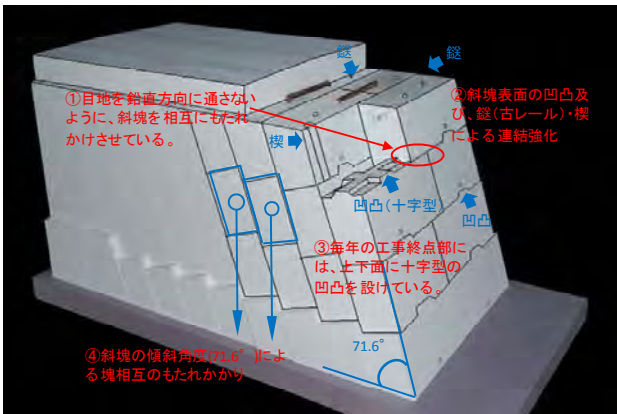
北防波堤本体斜塊部は、写真－2に示すとおり積畳機により建設された。



写真－2 積畳機（通称タイターン）による斜塊の据付

特徴は、据え付けた斜塊が堤体重量および上載荷重による捨石マウンドの形成に順応できること、および斜塊の傾斜によって斜塊相互の連結を強化できることにある。

さらに一体性を確保するため、写真－3に示す工夫がなされている。



写真－3 本体斜塊部模型

## 3. 斜塊現況調査

### (1) 調査期間

本体斜塊部の調査は、表－2に示すとおり、平成19年から20年度及び平成22年度に実施したものである。

表－2 本体斜塊部調査履歴

年次	調査範囲	調査内容
H19d	SP200～400	撮影のみ
H20d	SP0～200, SP400～600	撮影のみ
H21d	SP0～600	映像解析・側面図作成・健全度評価
H22d	SP600～846	映像解析・側面図作成、斜塊全体の評価

### (2) 調査方法

今回の調査は、斜塊ひとつひとつの状況を把握し、北防波堤本体全体の健全度を確認するのが目的である。

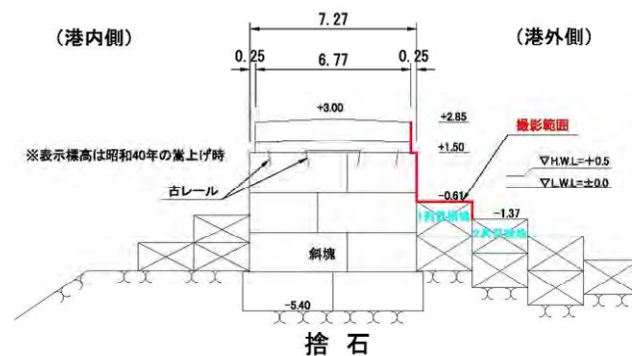
調査対象となる北防波堤本体斜塊部の全長は865mである。潜水士による水中調査では、多大な労力を伴うことから、労力の軽減、詳細なデータ取得を容易にする水中ビデオによる調査方法とした。

調査手法として、撮影用台車が乗るためのレールを、上部工に設置して行った。

撮影時の注意点として、

- ① 透明度の良い時間帯（AM5時開始）に撮影を行う。
- ② カメラの傾斜防止
- ③ カメラと防波堤との距離・正対
- ④ クレーンの揺れ
- ⑤ 水面・水中のゴミなどの浮遊物の除去

以上の項目に留意して、図－2の範囲を水上・水中撮影を行った（写真－4、写真－5）。



図－2 撮影範囲

撮影は、正確な側面図作成のため、移動撮影と静止撮影の2種類を実施した。

台車を90秒間で30m移動し撮影を行った後に、出発地点に戻り、1.3m毎（斜塊幅）に90秒間静止撮影を行った（図－3）。

静止撮影時には、歪み補正のため、スケール入りの撮影も行った。



写真-4 撮影状況

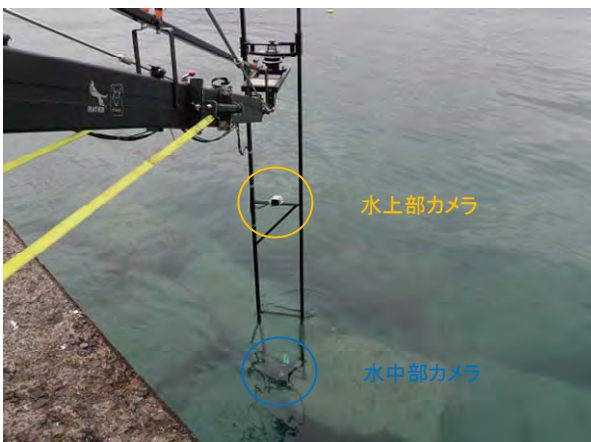


写真-5 水上・水中のカメラ位置

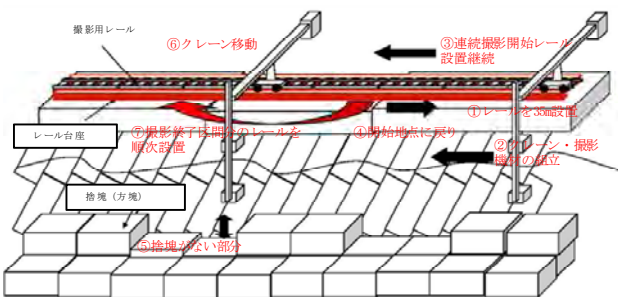


図-3 撮影範囲

(3) 映像解析

映像解析の手順として、あらかじめ、防波堤堤体側面に距離と高さを有する標点を、一定間隔（15m）でマーキングし撮影することにより、スケールを有する画像を作成できるようにした（図-4 ①②）。

次に、スケールを有したパノラマ画像に、構造物の線・クラック等をトレースし、捨塊などの情報を加えてCAD図を作成した（図-4 ③④）。

Tatsuya Honda, Makoto Nakamura, Tadahiro Imoto

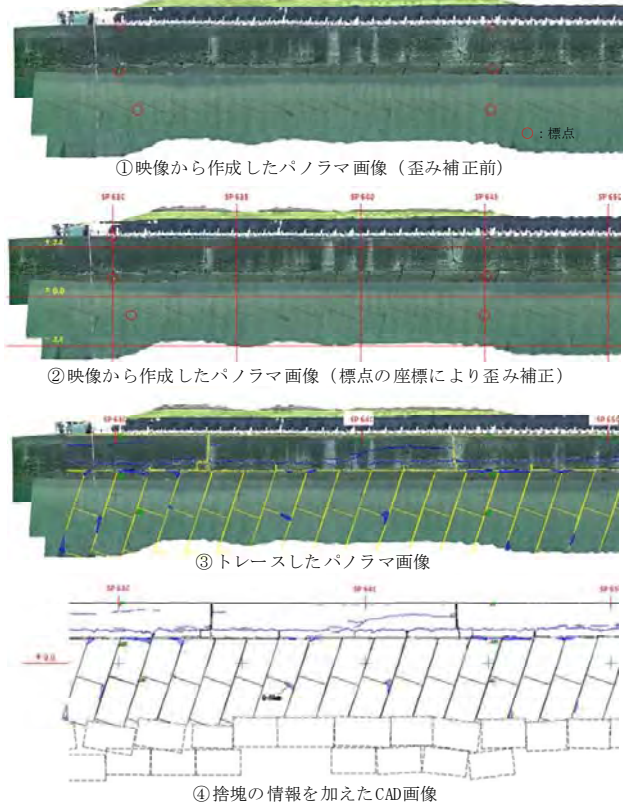


図-4 側面図作成までの流れ SP630～650地点

(4) 点検項目及び判断基準

「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」<sup>2)</sup>には各種構造の点検項目、点検手法、判定基準が掲載されている。しかし、斜塊ブロックについては、非常に珍しい構造であるため網羅はされていない。そのため、集計する単位として表-3のとおり設定した。

表-3 検診断および評価の実施単位

施設名	点検診断 (a, b, c, d)	評価 (A, B, C, D)
小樽港北防波堤	10m ごと	1施設ごと

表-4 本體工（斜塊）の判定基準

点検項目	点検方法	判定基準	分類
本體工（斜塊式） コンクリートの劣化、損傷	目視 ・ひび割れ、損傷、欠損 ・劣化の兆候 など	a □斜塊ブロックの傾斜角に異常が認められる。 □楔または凹凸が完全に欠落している。 □錠の定着長に及ぶ欠損がある。	I
		b □楔または凹凸に到達する欠損がある。 □断面を貫通するひび割れがある。	
		c □楔または凹凸に到達しない程度の欠損がある。 □表面上のひび割れがある。	
		d □変状なし。	

表－5 評価結果の導出方法

スキーム	点検項目	評価結果			
		A	B	C	D
【1】	I類	「a」が1個から数個の項目があり、既に施設の性能が低下している	「a」または「b」が1個から数個の項目があり、そのまま放置すると施設の性能が低下する恐れがある	A, B, D以外	全てdのもの
【2】	II類	「a」が多数を占めている項目、「a+b」がほとんどを占めている項目があり、既に施設の性能が低下している	「a」が数個ある項目、「a+b」が多数を占めている項目があり、そのまま放置すると施設の性能が低下する恐れがある	A, B, D以外	全てdのもの
【3】	III類	-		D以外	全てdのもの

表－6 評価結果の分類

評価	施設の状態
A	施設の性能が低下している状態
B	放置した場合に、施設の性能が低下する恐れがある状態
C	施設の性能にかかわる変状は認められないが、継続して観察する必要がある状態
D	異常は認められず、十分な性能を保持している状態

判定基準については、「2. 本体斜塊部の構造」で記した斜塊ブロックの特徴を元に表－4のとおり設定した。

判断基準にしたがい評価結果をまとめ分類するのにあたり「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」（表－5、表－6）をもとに判断した。

(5) 調査結果

① 斜塊の外観

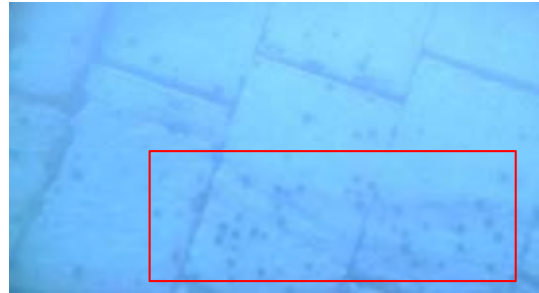
映像記録、側面図、写真台帳を元に斜塊の状況を確認した結果、85ブロック中、83ブロックがc評価であり、全体の97.6%を占めることとなった。内容としては、特に損傷の見られないもの（写真－6）、細かい欠損（写真－7）、何かにこすられてできた損傷等（写真－8）といった軽微なものが大部分である。細かい欠損については、施工当時に製作・据付時に欠けたと思われる。こすられた痕についても、捨塊等の散乱もあることから、捨塊が斜塊に沿って移動してできたものと思われる。いずれも、健全度に支障をきたすレベルのものではない。



写真－6 斜塊ブロック (SP721.55)



写真－7 斜塊ブロック (SP252.51)



写真－8 斜塊ブロック (SP535.36)

しかしながら、残る2ブロックについてはb評価であり、内容として表－4の「楔または凹凸に到達する欠損がある。」（写真－9）と「断面を貫通するひび割れがある。」（写真－10）に該当するものである。

だが、この欠損は、施工止め（毎年の工事終点部）の箇所であることから、施工当時の斜塊ブロック据付において、発生したものと思われ、後年において発生したものではないと推測される。なお、年次毎の調査箇所を図－5に示す。



写真－9 斜塊ブロック (SP370付近)  
D=90cm

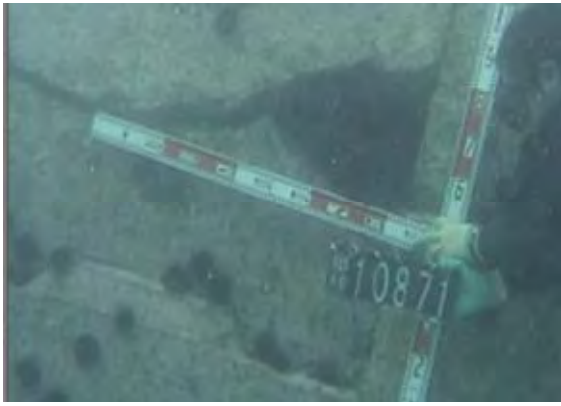


写真-10 斜塊ブロック (SP270付近)  
D=31cm

② 斜塊の傾斜角度

傾斜角度については、平成15年の調査で100m間隔で港内側の8地点を計測している。(写真-11)



写真-11 簡易傾斜計を用いた測定状況

平成15年調査の結果では、70.5° ~72.5° の範囲であり、設計上の傾斜角度71.6° に対して約±1° の範囲にとどまっている。今回、映像解析を行って作成したCAD図をもとに、斜塊の傾斜角度(港外側)を計測した結果71.51° ~71.7° であった。現地測定の数値ではないとはいえ、ビデオ映像を元に、スケールを合わせて解析し作成したものであり、その計測値については十分な信頼性がある。

斜塊製作時の誤差、据付時の誤差を考えると、現在でも殆ど設計で想定した構造を保っていると判断できる。

4. 本体斜塊部の健全度評価

本体斜塊部の健全度評価として、

- ・斜塊の欠損・ひび割れ等については、当時の施工段階もしくは捨塊等の散乱によってできたものと想定される。
- ・斜塊の一部が損傷されたとしても、構造的に一体性を確保するべく多重に対策が施されている。
- ・斜塊の傾斜角度については、大幅な変状はなく、ほぼ設計で想定した値となっている。

Tatsuya Honda, Makoto Nakamura, Tadahiro Imoto

以上により、当該施設の健全度はC(施設の性能にかかわる変状は認められないが、継続して観察する必要がある状態)と評価した。

100年経過してもなお、小樽港北防波堤斜塊部は健全な状態を保ち続けている。

5. おわりに

現在、北防波堤上部工の調査を実施している。これまでに、

- ① 外観上の劣化・損傷にかかわる評価
- ② 上部工の安定性・一体性に視点を置いた評価基準の策定
- ③ 効率的な調査のため、各スパン毎に評価した外観劣化度のグループわけ
- ④ 昭和上部工の水平クラック、昭和上部工と明治上部工の密着性を確認するための非破壊試験

を行ってきた。

④についてはまだ調査・解析中であり、その結果において、外観劣化度と非破壊試験結果との関連性・整合性が確認でき次第、上部工の具体的な改良方針について検討する予定である。

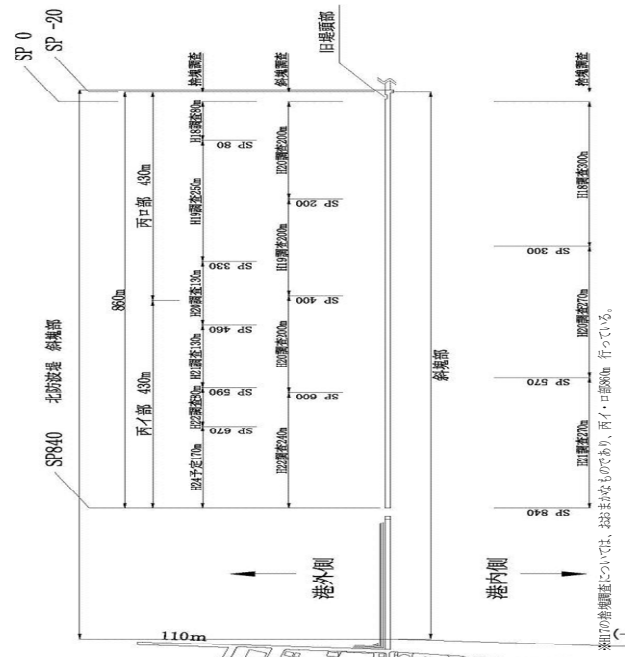


図-5 各調査年次詳細図

参考文献

- 1) 早川篤・井元忠博・飯田純也・窪内篤：小樽港北防波堤の健全度調査および改修、海洋開発論文集 VOL. 21 P25、2005
- 2) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の維持管理技術マニュアル、(財)沿岸技術研究センター、2007. 10

