

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.918

June 2016

## 点検診断の劣化度判定結果による 消波ブロック被覆堤本体工側壁の変状傾向に関する一考察

坂田 憲治・井山 繁・藤井 敦・宮田 正史

A Study on Damage of Caisson Breakwaters Covered with Wave-dissipating Blocks  
Using Deterioration Grade Result of Inspection and Diagnosis

Kenji SAKATA, Shigeru IYAMA, Atsushi FUJII, Masafumi MIYATA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan



# 点検診断の劣化度判定結果による 消波ブロック被覆堤本体工側壁の変状傾向に関する一考察

坂田憲治\*・井山 繁\*\*・藤井 敦\*\*\*・宮田正史\*\*\*\*

## 要 旨

消波ブロック被覆堤では、本体工側壁に穴あき損傷が生じることにより、中詰材の流出を招き、防波堤の機能低下に至るケースがある。点検診断等を通じ早期発見し、対策することが重要である。一方、点検実施が可能な範囲に限られる等の問題から、変状を発見するのは容易でない。また、防波堤全延長の点検診断には時間等も要する。したがって、変状が発生し構造物の性能低下へと進行していく過程（変状連鎖）等を考慮しながら、効率的に点検診断していくことが必要である。

しかし、実際には必ずしも変状連鎖等を考慮しながら点検診断が行われていない。また、これまで、劣化度aの穴あき損傷事例を対象に発生箇所の傾向分析等は種々行われてきたが、鉄筋露出等（劣化度b～d）の変状も含めた劣化度判定結果に着眼した本体工側壁の変状に関する分析はほとんど行われていない。

したがって、本研究では、効率的な点検診断に資することを目的に、平成25年度に全国で実施された集中点検の劣化度判定結果等を用いて、本体工側壁とその他部材の変状の関連性や変状位置・大きさの発生傾向等を分析した。

**キーワード**：消波ブロック被覆堤，本体工側壁，点検診断，劣化度，変状連鎖

---

\*港湾研究部主任研究官  
\*\*港湾研究部港湾施工システム・保全研究室長  
\*\*\*元・港湾研究部港湾新技術研究官（現・管理調整部長）  
\*\*\*\*港湾研究部港湾施設研究室長  
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所  
電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

# A Study on Damage of Caisson Breakwaters Covered with Wave-dissipating Blocks Using Deterioration Grade Result of Inspection and Diagnosis

**Kenji SAKATA\***

**Shigeru IYAMA\*\***

**Atsushi FUJII\*\*\***

**Masafumi MIYATA\*\*\*\***

## Synopsis

In caisson breakwaters covered with wave-dissipating blocks, the outer walls of the caisson may experience a local failure. A local failure induces drainage of the filling in the caisson and leads to functional decline. In existing facilities, it is important to immediately find damage through inspection diagnosis and maintenance. But it is not easy to do so because there is only a small space between the outer walls and wave-dissipating blocks. And it takes a lot of time to inspect and diagnose the walls. Hence, it is necessary to consider changes related to damage to inspect and diagnose the walls efficiently.

But inspection and diagnosis activities are not always implemented while considering performance degradation chain. There are many cases of analysis about deterioration grade a, such as local failure, but there are few analysis about deterioration grade b, c and d, such as exposed rebars.

For this analysis, we examined the relation between an outer wall's damage and damage to other element and the size of the outer wall's damage for the purpose of having efficient inspection and diagnosis.

**Key Words** : caisson breakwaters covered with wave-dissipating blocks, outer wall, inspection and diagnosis, deterioration grade, performance degradation chain

---

\*Senior Researcher, Port and Harbor Department

\*\*Head of Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department

\*\*\*Former Research Coordinator for Advanced Port Technology, Port and Harbor Department (current Director Administrative Coordination Department)

\*\*\*\*Head of Port Facilities Division, Port and Harbor Department

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-46-844-5019 Fax : +81-46-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

## 目 次

1. はじめに.....	1
2. 消波ブロック被覆堤における変状連鎖.....	1
2.1 消波ブロック被覆堤における変状連鎖の概要.....	1
2.2 変状連鎖を考慮した点検診断項目の実施状況.....	3
3. 消波ブロック被覆堤本体工側壁における変状傾向に関する分析.....	5
3.1 分析対象施設.....	5
3.2 分析方法.....	5
3.3 本体工側壁の劣化度と消波ブロックの劣化度の関連性.....	8
3.4 消波ブロックの劣化度と海底地盤の劣化度の関連性.....	8
3.5 本体工側壁の劣化度と海底地盤の劣化度の関連性.....	9
3.6 本体工側壁の変状の連続性および消波ブロックの変状の連続性.....	9
3.7 本体工側壁の劣化度と上部工の劣化度の関連性.....	11
3.8 本体工側壁の劣化度と消波ブロックの重量の関連性.....	11
3.9 本体工側壁の変状の大きさと消波ブロックの重量の関連性.....	12
4. まとめ.....	14
5. あとがき.....	14
謝辞.....	14
参考文献.....	14
付録 A 本体工側壁の変状の形状の傾向等.....	16
付録 B 消波ブロック B および C の各重量における本体工側壁の函数分布および割合分布.....	19



## 1. はじめに

港湾施設の老朽化等による機能不全等に適切に対応するとともに、既存港湾施設の将来に亘る効率的・効果的な維持・更新を計画的に進めるため、平成25年度に港湾施設の集重点検が実施された。国有港湾施設の集重点検については、老朽化の進展した施設を中心とした810施設について地方整備局等が集重点検を実施し<sup>1)</sup>、そのうち消波ブロック被覆堤では近接目視等による本体工側壁調査等が行われた。

消波ブロック被覆堤は、衝撃砕波力や消波ブロック等の衝突によって損傷等(図-1)を生じ、中詰め材の流出、防波堤の機能低下に至るケースがあるため、既存施設では本体工側壁調査等を通じて変状を早期に発見することは重要である。しかし、一方で点検の際、消波ブロックが障害となり本体工側壁の変状状況を確認することは困難な場合があり、また防波堤の延長によっては点検に大幅な時間、費用等を要する場合がある。したがって、可能な限り、変状が生じやすい環境条件や変状連鎖等を踏まえた上で、効率的、効果的に本体工側壁調査を実施することが必要である。しかし、実際には必ずしも変状連鎖等を考慮した点検診断が実施されていない。

また、これまで、重力式防波堤本体工側壁の穴あき損傷が生じる主な原因は、高橋ら<sup>3)</sup>によってまとめられており、表-1のように高マウンド・急勾配海底斜面による衝撃砕波力、消波ブロック端部や消波ブロックの施工時などの不完全消波部における衝撃砕波力、消波ブロック端部や消波ブロック沈下箇所における消波ブロックの衝突などがあげられている。また、有川ら<sup>4)</sup>によって、被災15事例をもとに穴あき損傷は消波ブロックの重量が大きいものによるものが多いことなどがあげられている。これら劣化度aの穴あき損傷を対象とした既往研究は様々あるが、劣化度a以外の鉄筋の露出やひび割れ等(劣化度b~d)の変状も含めた事例分析はほとんど行われていない。鉄筋の露出やひび割れ等の変状は穴あき損傷につながる恐れがあるため、それらの変状も含めた発生傾向等を把握することは重要である。

したがって、本研究では、上記国有港湾施設の集重点検で実施された消波ブロック被覆堤の劣化度判定結果等を用いて、本体工側壁とその他部材の変状の関連性や変状位置・大きさの発生傾向等を分析した。

本研究の構成は次のとおりであり、2章では、消波ブロック被覆堤における変状連鎖の概要や変状連鎖を考慮した点検診断項目の実施状況について述べる。そして、3章では、消波ブロック被覆堤本体工側壁における変状傾向に関する分析として、本体工側壁の劣化度と消波ブロックの劣化度の関連性、消波ブロックの劣化度と海底地盤の劣化度の関連性、本体工側壁の変状の連続性等について分析を行い、4章では、まとめを示す。



図-1 消波ブロック被覆堤における穴あき損傷(左写真)と鉄筋の露出(右写真)<sup>2)</sup>

表-1 重力式防波堤本体工側壁の穴あき損傷の主な原因<sup>3)</sup>

—	衝撃砕波力(高マウンド, 急勾配, 消波工端部)
—	消波ブロックの衝撃(消波工端部, 消波工沈下)
—	その他(ケーソンの衝突, 蓋コンの破壊等)

## 2. 消波ブロック被覆堤における変状連鎖

### 2.1 消波ブロック被覆堤における変状連鎖の概要

変状の原因、変状の発生、変状がもたらす影響、そして施設の性能低下へと変状が進行していく過程を変状連鎖と呼び、消波ブロック被覆堤を包むケーソン式混成堤における変状連鎖は図-2<sup>5)</sup>で示されている。ケーソン式混成堤の代表的な変状の発生・進行過程は、①マウンド被覆石あるいはマウンド捨石が散乱・沈下し、本体工の傾斜・沈下へと進行していくもの、②上部工、胸壁のひび割れや損傷によって天端高が低下するもの、③消波ブロックなどが本体工側壁に衝突し、側壁が損傷して中詰め材が流出するものがあげられている<sup>5)</sup>。

また、消波ブロックの衝突による消波ブロック被覆堤の本体工側壁の損傷の要因とメカニズムに関しては、図-3<sup>6)</sup>でさらに詳しく示されている。消波ブロックの衝突を発生させる要因として、⑦消波ブロックの重量不足やかみあい不足等から消波ブロックが動きやすい状態にあること、⑧消波ブロックの移動しやすい空隙空間が形成されること、⑨海底地盤に洗掘や吸い出しによる消波ブロックの沈下が進行して、表層ブロックが本体工側壁に隣接することで損傷を受けやすい位置関係になること、⑩高波浪の波力と流れの作用等があげられている。また、鈴木ら<sup>7)</sup>は、波による洗掘が消波ブロックの沈下を引き起こす過程を実験で示している。

可能な限り、上記変状連鎖を踏まえた上で効率的、効果的に本体工側壁調査を実施することが重要である。なかでも変状連鎖のうち、表-2に示すとおり、海底地盤の洗掘、消波ブロックの沈下および本体工側壁の損傷は、消波ブロック被覆堤の一般定

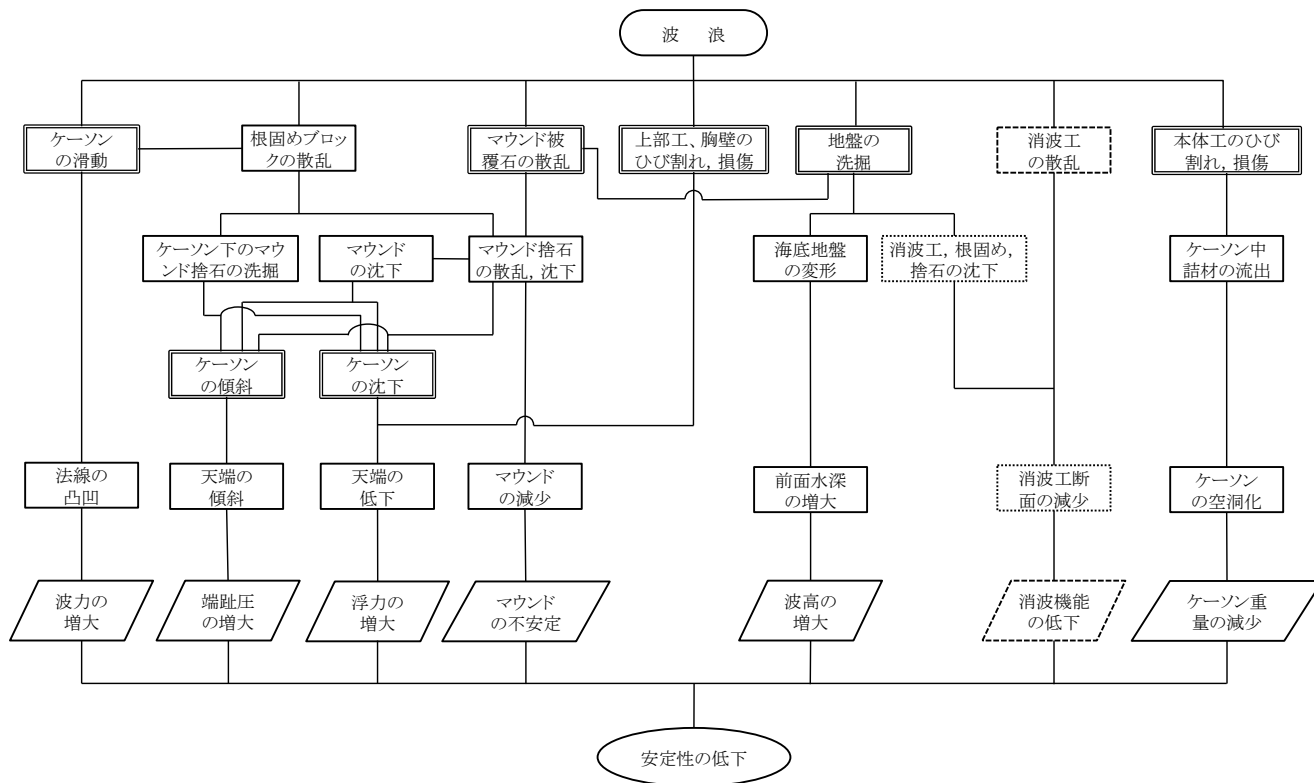


図-2 ケーソン式混成堤における変状連鎖<sup>5)</sup>

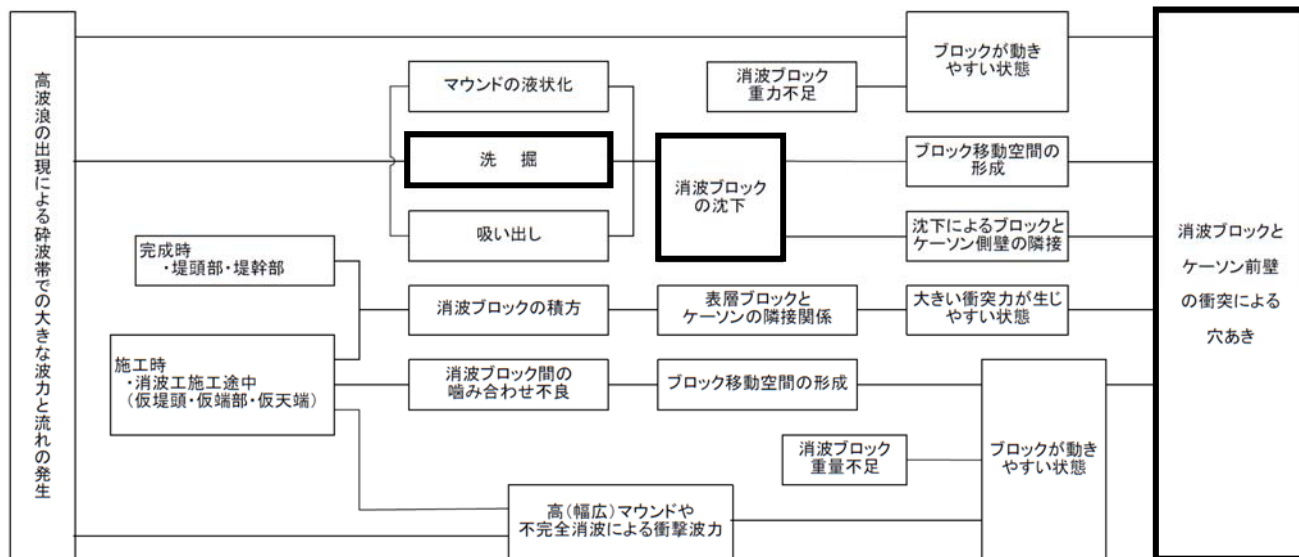


図-3 消波ブロックの衝突による本体工側壁の損傷の要因とメカニズム<sup>6)</sup>



期点検診断または詳細定期点検診断時に一般的に実施される点検診断項目であるため、上記④の変状連鎖を踏まえると、これらの連鎖については少なくとも点検診断時に考慮すべきであると考える。

表-2 ケーソン式防波堤の点検診断の項目<sup>2)</sup>より作成

点検診断の項目		点検方法
一般定期点検診断の項目	移動	目視(メジャー等による計測を含む、以下同じ) ・水平移動量
	ケーソン	コンクリートの劣化、損傷 目視 ・ひび割れ、剥離、損傷、欠損 ・鉄筋露出 ・劣化の兆候等
	沈下	目視 ・(目地ずれ、)段差
	上部工	コンクリートの劣化、損傷 目視 ・ひび割れ、損傷、欠損 ・劣化の兆候等
	消波工	移動、散乱、沈下 目視 ・消波工の天端、法面、法尻等の変形 ・消波ブロックの移動や散乱 損傷、欠損 目視 ・消波ブロックの損傷、亀裂 ・欠損ブロックの個数
詳細定期点検診断の項目	ケーソン	コンクリートの劣化、損傷 潜水調査 ・ひび割れ、剥離、損傷、欠損 ・鉄筋の露出 ・劣化の兆候等
	海底地盤	洗掘、堆積 潜水調査 ・海底面の起伏 ・洗掘傾向か堆積傾向か 水中部形状調査(ナローマルチビーム)等
	被覆工	移動、散乱、沈下 潜水調査 ・法面、法尻、法尻等の変形 ・石やブロックの移動や散乱状況 水中部形状調査(ナローマルチビーム)等
	根固工	移動、散乱、沈下 潜水調査 ・法面、法尻、法尻等の変形 ・石やブロックの移動や散乱状況 水中部形状調査(ナローマルチビーム)等
	消波工	移動、散乱、沈下 潜水調査 ・法面、法尻、法尻等の変形 ・ブロックの移動や散乱状況 水中部形状調査(ナローマルチビーム)等

## 2.2 変状連鎖を考慮した点検診断項目の実施状況

平成 25 年度に全国で実施された国有港湾施設の集中点検時に、消波ブロック被覆堤等の本體工側壁調査は、施設の性能低下度 A (表-3) の老朽化の進展した施設を中心とした 65 施設で実施され、穴あき損傷が生じていた施設が確認されると共に、鉄筋の露出やひび割れ等の変状を生じていた施設が多数確認された。

一般的に、消波ブロック被覆堤の本體工側壁調査の実施方法は、港内側と港外側で異なり、港内側での実施方法には海上からの目視調査と潜水による目視調査等の方法があり、港外側の実施方法には防波堤天端から水中カメラを利用して本體工側壁の変状状態を目視調査する方法と、消波ブロック端部などの潜水可能な範囲を潜水目視で調査する方法等がある。平成 25 年度の国有港湾施設の集中点検時には、港外側の本體工側壁は全施設で水中カメラによる目視調査が実施され、一部施設で潜水目視が実施された。また、水中カメラによる目視調査の点検対象範囲は、本體工天端高から L.W.L までの範囲を対象としている場合がほとんどであった。

今回、本體工側壁調査が実施された施設のうち、各ブロックの劣化度判定結果等の詳細データを点検診断結果等から把握できた、消波ブロック被覆堤の構造形式を有する防波堤 60 施設を分析対象とした。図-4 に、平成 25 年度時点における 60 施設の防波堤供用後の経過年数を示す。経過年数 10~19 年および 20~29 年の施設がそれぞれ全体の約 30% ずつを占め、また経過年数 50 年以上の施設も数施設あった。

消波ブロック被覆堤の本體工側壁などのように、海上部の目視点検が可能な範囲が限られていたり、また部材自体が海中に没している等の理由から点検が困難な部材では、変状連鎖等を踏まえた上で、効率的、効果的に点検診断を実施することが必要である。

平成 25 年度の港湾施設の集中点検時に本體工側壁調査を実施した上記 60 施設におけるその他の点検診断項目の実施状況を表-4 に示す。表-4 より、本體工側壁調査が実施された 60 施設のうち、消波ブロックの目視調査が実施された施設は 31 施設あり、残りの 29 施設、割合にすると全体の約 50% の施設が消波ブ

表-3 点検診断における性能低下度の評価基準<sup>5)</sup>

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	異状は認められず、十分な性能を保持している状態

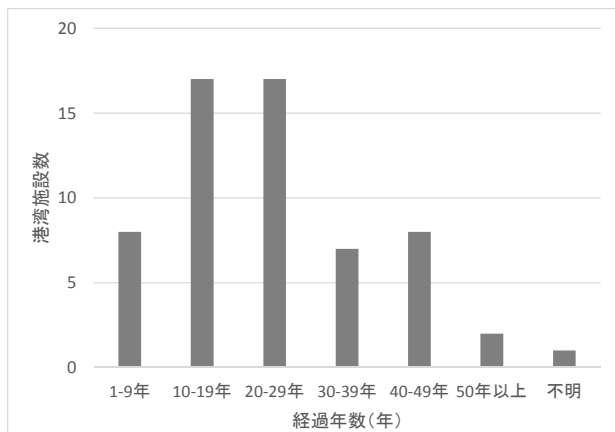


図-4 本分析対象施設の供用後の経過年数 (H25 年度時点)

表-4 平成 25 年度集中点検時の本体工側壁調査実施施設における本体工側壁調査以外の点検診断項目の実施状況

	調査実施施設数	本体工側壁調査の実施施設(60施設)に対する割合
消波ブロックの目視調査	31	52%
水中部形状調査(マルチビーム)	53	88%
上部工の目視調査	30	50%
堤体の測量(移動量)	10	17%
堤体の測量(沈下量)	23	38%

ロックの目視調査を実施されていないことがわかる。2.1 で示した消波ブロックの衝突による本体工側壁の損傷に関する変状連鎖を踏まえると、消波ブロックの目視調査を実施した上で、本体工側壁調査を実施した方が、効率的な点検診断が可能となると考えられる。

なお、本体工側壁調査が実施された 60 施設のうち、水中部形状調査(海底地盤)が実施された施設は 53 施設あり、割合にすると全体の約 90%であった。海底地盤の洗掘と本体工側壁の損傷の変状連鎖を踏まえた効率的な点検診断が可能であったと言える。ただし、水中部形状調査は、一般的には詳細定期点検調査に分類され、表-5 に示すように、一般定期点検診断に分類される本体工側壁調査(目視調査)と点検診断の実施頻度が異なる。そのため、今回のように本体工側壁調査と水中部形状調査が同時期に実施される可能性は、通常それほど高くないと考える。

表-5 定期点検診断の実施時期の考え方<sup>2)</sup>

点検診断の種類		通常点検診断施設	重点点検診断施設
定期点検診断	一般定期点検診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 年以内ごとに少なくとも 1 回</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 年以内ごとに少なくとも 1 回</li> </ul>
	詳細定期点検診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>供用期間中の適切な時期に少なくとも 1 回</li> <li>供用期間延長時</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10~15 年以内ごとに少なくとも 1 回</li> <li>主要な航路に面する特定技術基準対象施設等は、10 年以内ごとに少なくとも 1 回</li> </ul>

### 3. 消波ブロック被覆堤本体内側壁における変状傾向に関する分析

#### 3.1 分析対象施設

平成 25 年度に全国で実施された国有港湾施設の集中点検時に本体内側壁調査が実施された重力式防波堤 65 施設のうち、各ブロックの劣化度判定結果等の詳細データを点検診断結果等から把握できた、消波ブロック被覆堤の構造形式を有する防波堤 60 施設を分析対象とした。消波ブロック被覆堤の港外側の本体内側壁調査は、消波ブロック端部等の潜水調査が可能な一部区間を除き、水中カメラによる目視調査で実施され、また水中カメラによる目視調査の点検対象範囲は、本体内側壁天端高から L.W.L までの範囲である。

また、消波ブロック被覆堤における劣化度判定は、文献 2) で標準的な実施単位として 1 函毎に実施する旨が示されており、今回全ての施設で 1 函毎に実施されていた。そのため、1 函毎の劣化度判定結果を分析対象単位とした。上記防波堤 60 施設の整備局毎の内訳を表-6 に示す。北海道開発局管内の施設数が 35 施設と多く、全体の約 60% を占めている。なお、北海道管内で

表-6 本分析対象である消波ブロック被覆堤の構造形式を有する防波堤の整備局毎の内訳

整備局	港湾施設数	本体内側の函数
北海道	35	2,743
東北	13	775
関東	2	238
北陸	6	574
中国	2	345
四国	2	109
計	60	4,784

防波堤の穴あき損傷が多数発生していることを示しているわけではないことに留意されたい。また、表-6 における本体内側の函数は消波ブロック被覆堤以外の構造形式によるものも含まれている。

#### 3.2 分析方法

本体内側壁の変状を、図-5 に示すように平面位置および変状の大きさの観点に分け、その他部材（消波ブロック、海底地盤、上部工）の変状との関連性や変状位置・大きさの傾向等を把握、分析した。

具体的には、後述する 3.3~3.5 では、図-3<sup>6)</sup> に示す海底地盤の洗掘、消波ブロックの沈下および本体内側壁の損傷の連鎖を点検診断の劣化度判定結果から把握するため、港外側の本体内側壁（以下、本体内側壁という。）の劣化度とその前面に設置された消波ブロックの劣化度（移動、散乱、沈下）の関連性、消波ブロックの劣化度と海底地盤の劣化度（洗掘）の関連性および本体内側壁の劣化度と海底地盤の劣化度の関連性を 1 函単位で整理、分析した。分析に用いた消波ブロック、海底地盤の劣化度は、本体内側壁調査と同様に消波ブロックの目視調査、水中形状調査（ナローマルチビーム）で 1 函毎に点検診断された判定結果である。また、消波ブロックの劣化度は、一般的に移動、散乱、沈下に関する判定と損傷、欠損に関する判定があるが、本分析で用いる消波ブロックの劣化度は移動、散乱、沈下に関する判定に限る。

また、3.6 では、隣接する本体内側壁同士の変状の連続性（図-6）を把握するため、X 番目の本体内側壁に隣接する X-1 番目および X+1 番目の本体内側壁の劣化度 a~d の割合を、X-1 番目および X+1 番目の本体内側壁の劣化度 a~d の関数から算出し分析した。また、同様に消波ブロック間の変状の連続性（図-7）を把握するため、Y 番目の本体内側壁前面に位置する消波ブロックに隣接する Y-1 番目および Y+1 番目の本体内側壁の消波ブロックの劣化度 a~d の割合を、Y-1 番目および Y+1 番目の消波ブロッ

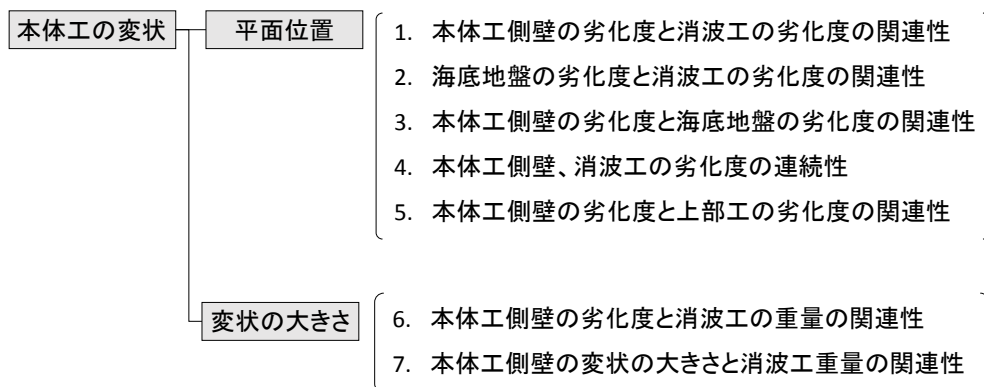
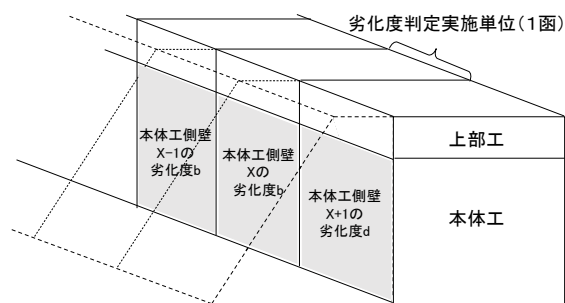


図-5 本体内側壁の変状に関する分析項目一覧

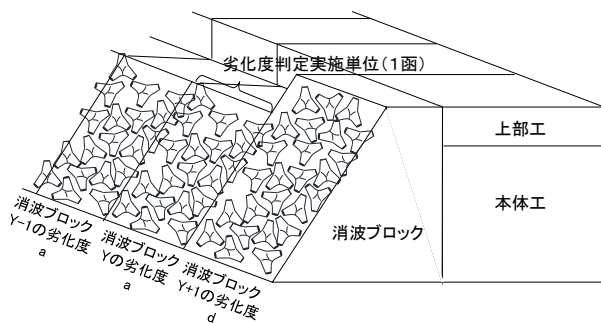
クの劣化度 a~d の函数から算出し分析した。なお、点検診断に用いられる本体工側壁、消波ブロック等の標準的な劣化度判定基準は後述する。

さらに、3.7 では、本体工側壁の変状に対する上部工の変状の影響を把握するため、本体工側壁の劣化度とその上部に設置された上部工の劣化度の関連性を 1 函単位で整理、分析した。分析に用いた上部工の劣化度は、目視点検調査で 1 函毎に点検診断された判定結果である。



・本体工側壁Xと本体工側壁X-1の劣化度は、共にbで連続している。

図-6 本体工側壁の劣化度の連続性のイメージ



・消波ブロックYと消波ブロックY-1の劣化度は共にaで連続している。

図-7 消波ブロックの劣化度の連続性のイメージ

最後に、3.8 および 3.9 では、本体工側壁の変状と消波ブロックの重量との関連性を把握するため、本体工側壁の劣化度とその前面に設置された消波ブロックの重量の関連性を 1 函単位で整理、分析し、また、本体工側壁の変状の面積と消波ブロックの重量の関連性を整理、分析した。変状の面積は、本体工 1 函単位ではなく、本体工の変状 1 箇所単位で整理しており、例えば本体工 1 函に 2 箇所の変状があった場合、2 箇所別々に整理した。また、変状の面積自体は、①点検診断結果に記載されている面積を引用、②点検診断結果に記載されている変状の幅および高さから算出、③点検診断結果に記載されている変状図より変状の幅および高さを計測した上で 10cm 単位で算出、のいずれかの方法で算出した。さらに、今回対象とした施設の消波ブロックの種類は 3 種類 (以下、消波ブロック A、消波ブロック B および消波ブ

ロック C とする。) あり、種類または重量が不明な消波ブロックは対象外とした。

上記分析方法を踏まえて、分析対象施設 60 施設の点検診断結果を再整理すると、表-7 に示すとおり、本体工側壁調査で港外側の本体工側壁の劣化度を把握できる施設数は 60 施設中 36 施設であり、またそのうち消波ブロックの目視調査を実施している施設数は 15 施設であった。この 15 施設の劣化度判定結果を 3.3 の分析に用いた。なお、60 施設中残りの 24 施設は、本体工側壁調査で港内側の本体工側壁の劣化度と港外側の本体工側壁の劣化度がまとめて記録されていたため、今回の分析に用いなかった。同様に、3.4~3.9 には、表-7 に示すように 11 施設 (消波ブロックの目視調査および水中形状調査の両方に丸印がある施設)、16 施設、36 施設と 15 施設、10 施設、18 施設、9 施設 (消波工の重量および本体工変状の形状の両方に丸印がある施設) の劣化度判定結果等を分析に用いた。

なお、その他の分析として、本体工側壁の変状の形状の傾向を把握するため、本体工側壁の変状の高さおよび幅を変状 1 箇所単位で整理、分析した。ここで用いる本体工側壁の変状の高さおよび幅は、①点検診断結果に記載されている変状の幅および高さを引用、②点検診断結果に記載されている変状図より変状の幅および高さを計測し 10cm 単位で算出、のいずれかの方法で算出した。また、本体工側壁の変状に対する堤体の移動および堤体の沈下の影響を把握するため、本体工側壁の劣化度と堤体の移動量の関連性、本体工側壁の劣化度と堤体の沈下量の関連性を 1 函単位で整理した。さらに、文献 6) や文献 8) などで穴あき損傷は静水面付近で発生しやすいとされており、本体工側壁の変状の高さ位置に関する傾向を把握するため、本体工側壁の変状の本体工天端高からの距離および L.W.L. からの距離を整理した。最後に、日本海側に位置する施設と太平洋側に位置する施設で波浪の影響等により本体工側壁の劣化度に違いがあるか把握するため、36 施設を日本海側と太平洋側に分類し、劣化度の分布の違いを整理した。これらその他分析の結果は付録 A に記載している。

表-7 本分析対象施設の点検診断項目実施

施設 No.	本体内側壁調査(※1)		本体内側壁調査(港内外の区別あり)実施施設のうち、以下点検診断項目の劣化度判定を実施した施設			本体内側壁調査(港内外の区別あり)実施施設のうち、以下データを把握できた施設	
	港内外の区別あり	港内外の区別なし	消波ブロックの目視調査	水中部形状調査	上部工の目視調査	消波ブロックの重量	本体内側壁の形状
1	○						
2	○					○	○
3	○						
4	○						
5	○					○	○
6	○						○
7	○						○
8	○		○			○	
9	○			○		○	
10	○			○			
11	○					○	
12	○					○	
13	○					○	
14	○		○			○	○
15	○						○
16	○		○		○	○	○
17	○		○	○	○	○	
18	○		○	○	○		
19	○						
20	○				○		
21	○		○	○	○	○	○
22		○					
23		○					
24		○					
25		○					
26		○	(※2)				
27		○					
28		○					
29		○					
30		○					
31	○			○			
32	○		○	○	○		
33	○			○		○	
34	○			○	○		
35	○		○	○	○	○	○
36		○	(※2)				
37	○		○		○		○
38		○	(※2)				
39		○					
40	○		○	○		○	
41		○					
42		○					
43		○	(※2)				
44		○					
45		○					
46		○					
47	○						
48	○						
49		○					
50		○					
51		○	(※2)				
52		○					
53		○					
54		○					
55	○		○	○		○	○
56	○		○	○			○
57	○		○	○		○	○
58	○		○	○		○	○
59	○		○	○		○	
60	○				○		
計(※3)	36施設 1897函	24施設 744函	15施設 1178函	16施設 1079函	10施設 359函	18施設 1345函	14施設 579箇所

(※1) 本体内側壁調査の点検診断結果が、施設によって港内と港外に区別して記録されている場合と区別されずまとめて記録されている場合がある。

(※2) 消波ブロックの目視調査等を実施している施設はあるが、今回分析対象としないため省略する。

(※3) 各函数は、防波堤延長のうち、構造形式が消波ブロック被覆堤の区間における各点検診断項目が実施された函数を示す。

### 3.3 本体工側壁の劣化度と消波ブロックの劣化度の関連性

港外側の本体工側壁の劣化度とその前面にある消波ブロックの劣化度の関連性について、図-8は、各劣化度の消波ブロックにおける本体工側壁の劣化度を函数で示した図であり、図-9は、その函数分布を割合分布に変換した図である。なお、点検診断に用いられる本体工側壁および消波ブロックの標準的な劣化度判定基準を表-8および表-9に示す。また、複数の判定基準を有する劣化度は、いずれかの判定基準を該当すれば当該劣化度と判定されることとなる。

図-8および図-9より、本体工側壁の劣化度と消波ブロックの劣化度に定性的に正の相関関係があることがわかる。具体的には、図-9の割合分布をみると、本体工側壁の劣化度aの割合が、消波ブロックの変状が劣化度dから劣化度aに進行するに伴い、増加しており、本体工側壁の劣化度bの割合も同様に、消波ブロックの変状が大きくなるに伴い増加していることがわかる。逆に、本体工側壁の劣化度dの割合は、消波ブロックの変状が大きくなるに伴い減少している。

このことから、消波ブロックの変状が本体工側壁の損傷に影響を及ぼしていることが両部材の劣化度判定結果の関連性から把握することができる。

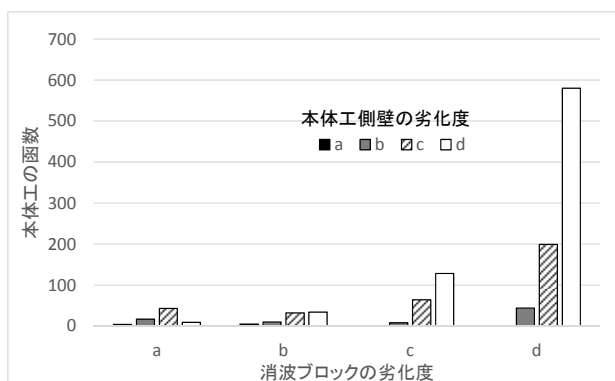


図-8 本体工側壁と消波ブロックの各劣化度の函数

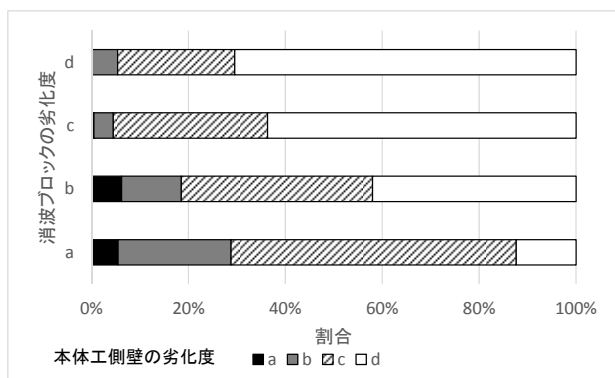


図-9 本体工側壁と消波ブロックの劣化度の割合分布

表-8 劣化度判定基準 (本体工側壁の変状)<sup>5)</sup>

劣化度	判定基準
a	<input type="checkbox"/> 中詰材が流出するような穴開き、ひび割れ、欠損がある。
b	<input type="checkbox"/> 複数方向に幅3mm程度のひび割れがある。 <input type="checkbox"/> 広範囲に亘り鉄筋が露出している。
c	<input type="checkbox"/> 1方向に幅3mm程度のひび割れがある。 <input type="checkbox"/> 局所的に鉄筋が露出している。
d	<input type="checkbox"/> 変状なし。

表-9 劣化度判定基準 (消波ブロックの移動, 散乱, 沈下)<sup>5)</sup>

劣化度	判定基準
a	<input type="checkbox"/> 点検単位長に亘り、消波工断面がブロック1層分以上、減少している。
b	<input type="checkbox"/> 点検単位長に亘り、消波工断面が減少している。(ブロック1層未満)。
c	<input type="checkbox"/> 消波ブロックの一部が移動(散乱・沈下)している。
d	<input type="checkbox"/> 変状なし。

### 3.4 消波ブロックの劣化度と海底地盤の劣化度の関連性

図-10は、各劣化度の海底地盤における消波ブロックの劣化度を函数で示した図であり、図-11は、その函数分布を割合分布に変換した図である。なお、点検診断に用いられる海底地盤の標準的な劣化度判定基準を表-10に示す。

図-10および図-11より、消波ブロックの劣化度と海底地盤の劣化度に正の相関関係の可能性があることがわかる。具体的には、図-11の割合分布をみると、消波ブロックの劣化度bの割合が、海底地盤の変状が大きくなるに伴い増加し、逆に消波ブロックの劣化度dの割合が、海底地盤の変状が大きくなるに伴い減少している。ただし、消波ブロックの劣化度aに関しては、対象施設11施設中1施設、海底地盤の劣化度cのみで生じており、海底地盤の劣化度の関連性を把握することはできなかった。

以上から、海底地盤の変状が消波ブロックの変状に影響を及ぼしている可能性があることを両部材の劣化度判定結果の関連性から把握することができた。

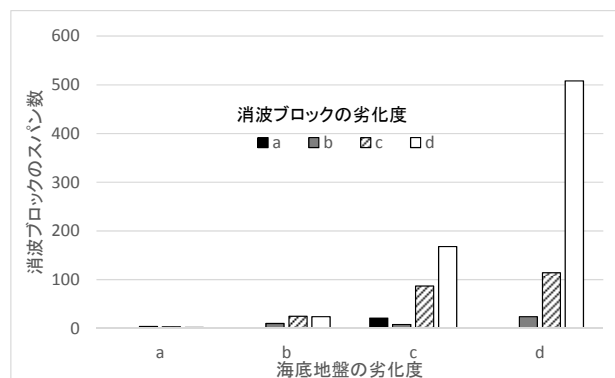


図-10 消波ブロックと海底地盤の各劣化度の函数

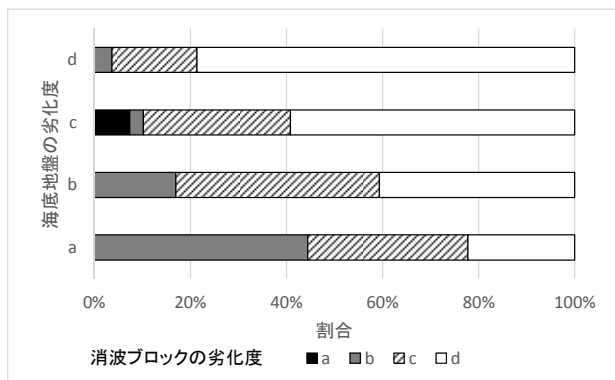


図-11 消波ブロックと海底地盤の各劣化度の割合分布

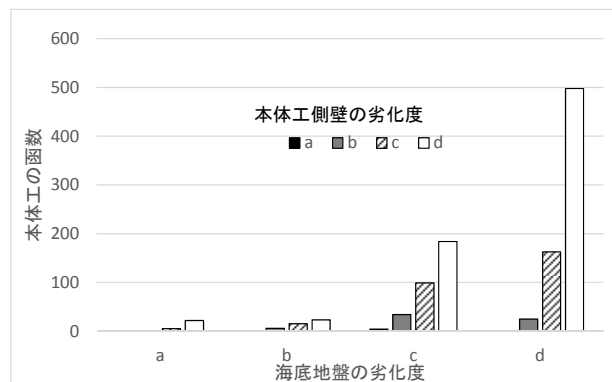


図-12 本体工側壁と海底地盤の各劣化度の函数

表-10 劣化度判定基準 (海底地盤の洗掘, 堆積) <sup>5)</sup>

劣化度	判定基準
a	<input type="checkbox"/> 捨石マウンドの法尻前面で深さ 1m 以上の洗掘がある。 <input type="checkbox"/> 洗掘に伴い、マウンド等や堤体ケーソンへの影響が見られる。 <input type="checkbox"/> 洗掘防止マットが損失している。又は、しわ寄せ状態になっている。
b	<input type="checkbox"/> 捨石マウンド法尻前面で深さ 0.5m 以上 1m 未満の洗掘がある。 <input type="checkbox"/> 洗掘防止マットが 50% 程度に亘り損傷している。
c	<input type="checkbox"/> 深さ 0.5m 未満の洗掘又は堆積がある。 <input type="checkbox"/> 洗掘防止マットが 10% 程度に亘り損傷している。
d	<input type="checkbox"/> 変状なし。

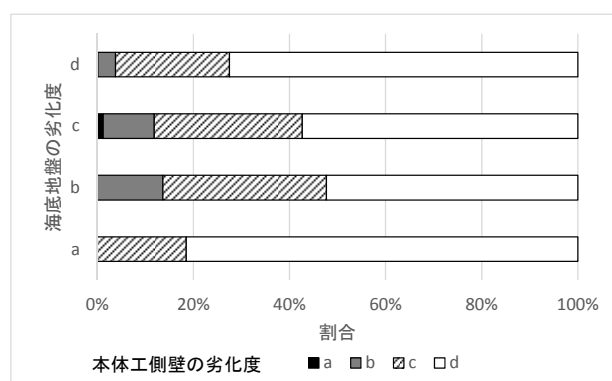


図-13 本体工側壁と海底地盤の劣化度の割合分布

### 3.5 本体工側壁の劣化度と海底地盤の劣化度の関連性

図-12 は、各劣化度の海底地盤における本体工側壁の劣化度を函数で示した図であり、図-13 は、その函数分布を割合分布に変換した図である。

図-12 および図-13 より、本体工側壁の劣化度と海底地盤の劣化度に正の相関関係の可能性があることがわかる。具体的には、図-13 の割合分布をみると、海底地盤の劣化度 a を除いて、本体工側壁の劣化度 b の割合が、海底地盤の変状が大きくなるに伴い増加し、逆に、本体工側壁の劣化度 d の割合が、海底地盤の変状が大きくなるに伴い減少している。なお、海底地盤の劣化度 a は 2 施設で生じており、そのうち 1 施設では港外側ではなく、港内側に洗掘が生じていた。残りの 1 施設については、港外側に洗掘が生じていたが、平成 21 年点検診断時点の消波ブロックの変状はほとんどみられなかった。

以上から、海底地盤の変状が本体工側壁の損傷に影響を及ぼしている可能性があることが両部材の劣化度判定結果の関連性から把握することができた。

また、これまでの 3.3~3.5 および既往の図-3 等から、ケーソン式混成堤における変状連鎖において、図-14 に示すように、消波工の散乱と本体工のひび割れ、損傷の間、また消波工、根固

め、捨石の沈下と本体工のひび割れ、損傷の間の変状連鎖が生じていることがわかった。図-2 が掲載されている文献 5) の本文中には、消波ブロックなどが本体工側壁に衝突し、側壁が損傷して中詰材が流出する旨が従前から記載されており、図-14 はその知見にも合致することとなる。

### 3.6 本体工側壁の変状の連続性および消波ブロックの変状の連続性

隣接する本体工側壁の劣化度の連続性について、図-15 は、各劣化度の X 番目の本体工側壁における X+1 番目の本体工側壁の劣化度を割合で示した図である。X 番目の本体工側壁が劣化度 a の時、X+1 番目の本体工側壁が劣化度 a である割合は 11% であり、劣化度 b を含めても 44% である。同様に各劣化度の X 番目の本体工側壁における X-1 番目の本体工側壁の劣化度の割合分布を図-16 に示す。X 番目の本体工側壁が劣化度 a の時、X-1 番目の本体工側壁が劣化度 a である割合は上記の X+1 番目の本体工側壁の割合とほぼ変わらず 10% である。

次に隣接する消波ブロックの劣化度の連続性について、図-17 は各劣化度の Y 番目の本体工前面の消波ブロックにおける Y+1

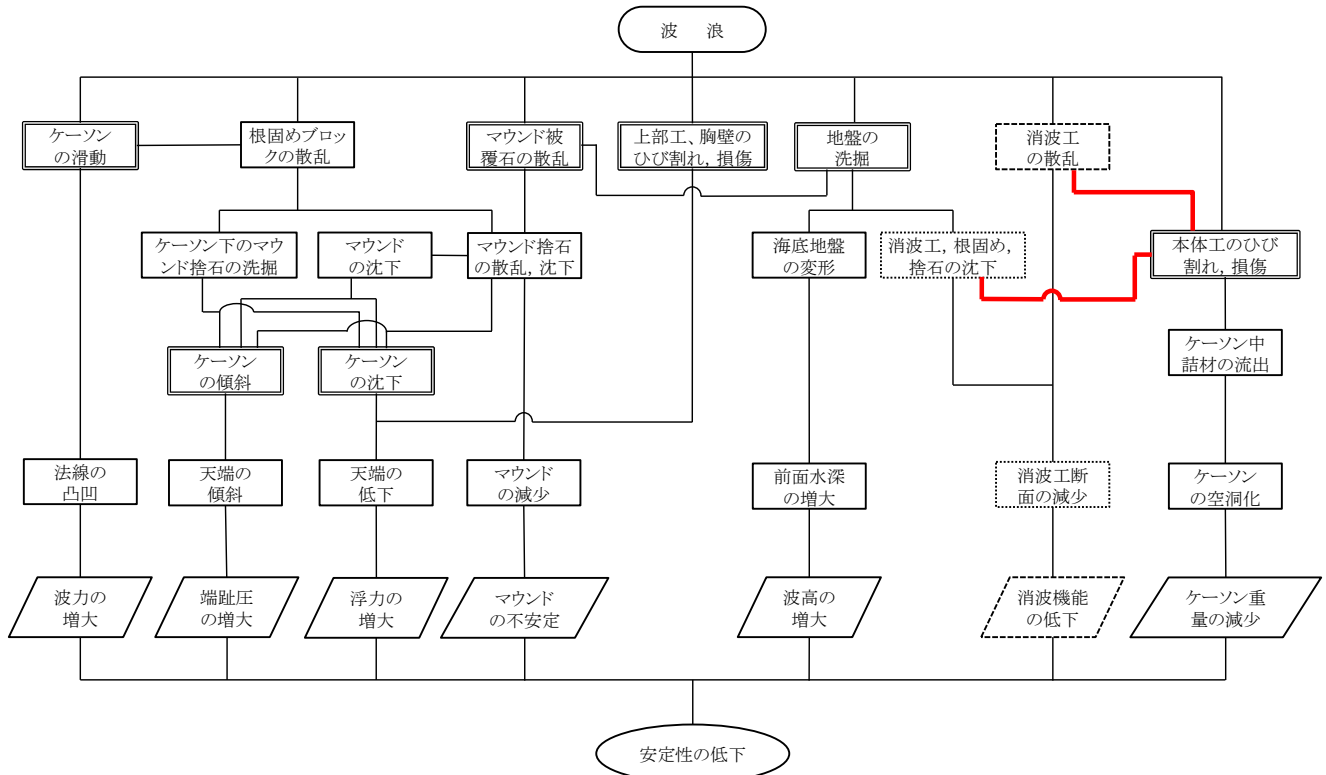


図-14 ケーソン式混成堤における変状連鎖図における消波工の変状と本体工側壁の損傷の連鎖

番目の本体工前面の消波ブロックの劣化度を割合で示した図である。Y番目の本体工前面の消波ブロックが劣化度aの時、Y+1番目の本体工前面の消波ブロックが劣化度aである割合は80%であり、劣化度bを含めると91%にもなる。また、劣化度aの消波ブロックが連続する函数は、図-18より本分析では平均5.4函、最大20函であることがわかる。文献9)では、海上部分における消波ブロックの断面残存率(H.W.Lより上方の海上部分で消波ブロックが残存する断面積を消波ブロックの原断面積で除したものとすると)60%を下回る区間が約200m程度続く事例が示されており、沈下した消波ブロックの連続性が示されている。さらに、Y番目の本体工前面の消波ブロックの劣化度b~dにおけるY+1番目の本体工前面の消波ブロックが同劣化度になる割合も高く、劣化度bとなる割合は71%、劣化度cとなる割合は75%、劣化度dとなる割合は94%である。なお、各劣化度のY番目の本体工前面の消波ブロックにおけるY-1番目の本体工前面の消波ブロックの劣化度の割合分布は図-19に示す。Y番目の本体工前面の消波ブロックが劣化度aの時、Y-1番目の本体工前面の消波ブロックが劣化度aである割合は上記のY+1番目の本体工前面の割合とほぼ変わらず79%である。

以上より、消波ブロックの変状が隣接する消波ブロックに連続して発生する割合は、本体工側壁の変状の連続する割合に比べて非常に高く、また本分析では平均5.4函、最大20函の劣化度aの消波ブロックが連続していることがわかる。本体工側壁の変

状を予防するため、消波ブロックの変状の連続性を踏まえた対策を実施することが重要であると考える。

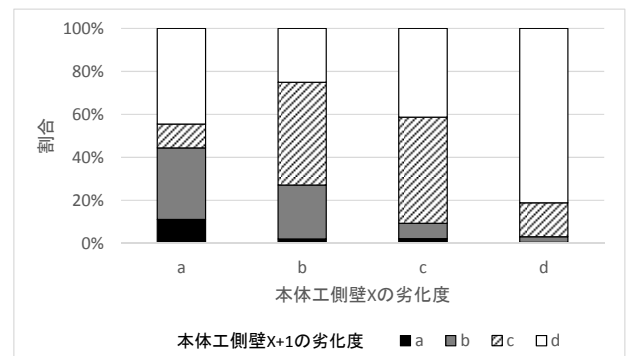


図-15 隣接する本体工側壁の劣化度の連続性 (X+1)

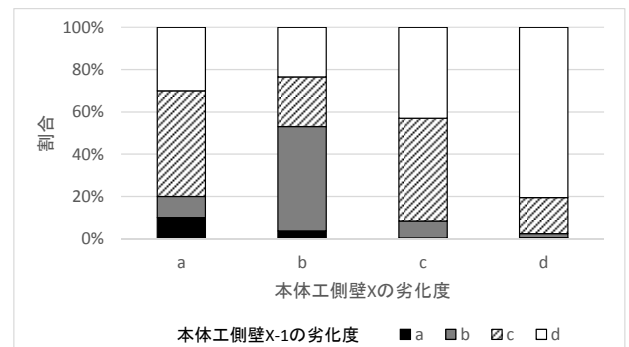


図-16 隣接する本体工側壁の劣化度の連続性 (X-1)



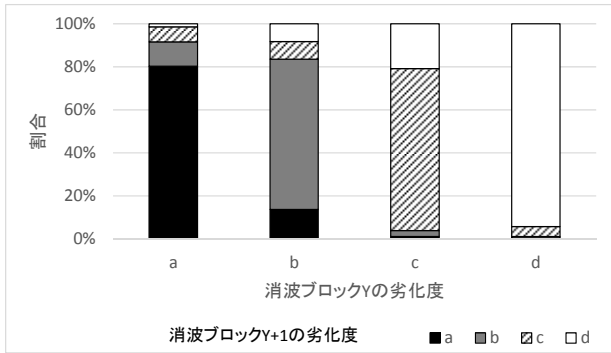


図-17 隣接する消波ブロックの劣化度の連続性 (Y+1)

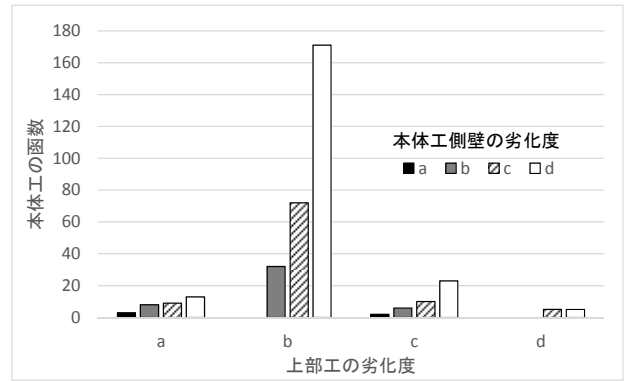


図-20 本体工側壁と上部工の各劣化度の函数

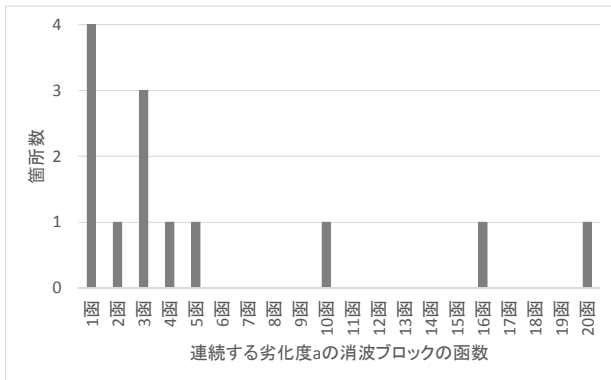


図-18 連続する劣化度 a の消波ブロックの函数

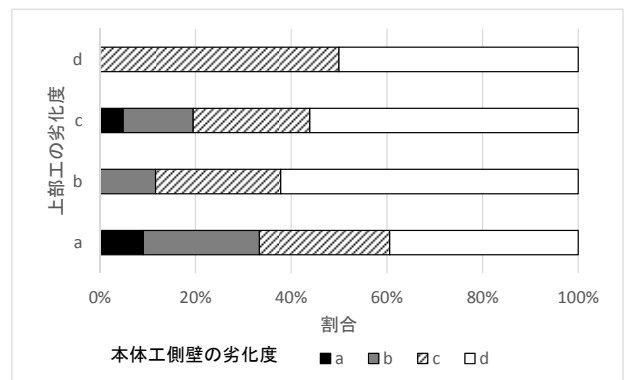


図-21 本体工側壁と上部工の劣化度の割合分布

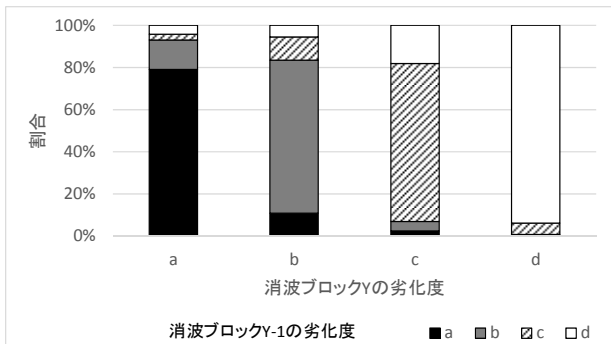


図-19 隣接する消波ブロックの劣化度の連続性 (Y-1)

### 3.7 本体工側壁の劣化度と上部工の劣化度の関連性

本体工側壁の劣化度とその上面に位置する上部工の劣化度の関連性について、図-20 は、各劣化度の上部工における本体工の劣化度を函数で示した図であり、図-21 は、その函数分布を割合分布に変換した図である。なお、点検診断に用いられる上部工の標準的な劣化度判定基準を表-11 に示す。

図-21 より、本体工側壁の劣化度 a および劣化度 b の割合は、上部工の劣化度 a で最も高く、上部工の劣化度 d では全くないことがわかる。また、本体工側壁の劣化度 c の割合は、上部工の劣化度 d で最も高く、劣化度 a~c で同程度に低いことがわかる。

表-11 劣化度判定基準 (上部工の変状)<sup>5)</sup>

劣化度	判定基準
a	□防波堤の性能に影響を及ぼす程度の欠損がある
b	□幅 1 cm 以上のひび割れがある。 □小規模な欠損がある。
c	□幅 1 cm 未満のひび割れがある。
d	□変状なし。

しかし、上部工の劣化度と本体工側壁の劣化度に相関関係等を見いだすことはできず、上部工の変状が大きい箇所では本体工側壁の変状も大きくなる場合があるという結果であった。

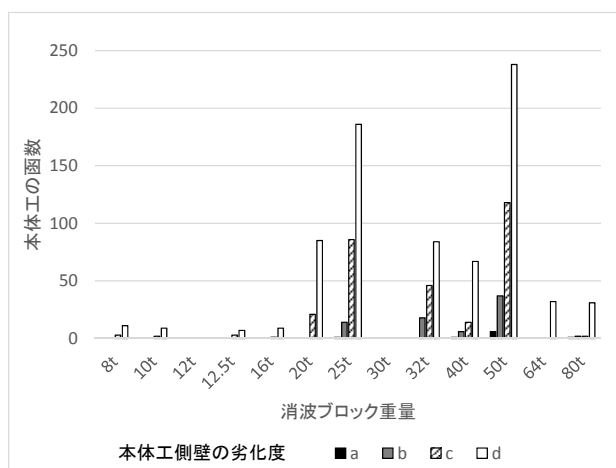
### 3.8 本体工側壁の劣化度と消波ブロックの重量の関連性

図-22 は、消波ブロック A の各重量における本体工側壁の劣化度を函数で示した図であり、図-23 は、その函数分布を割合分布に変換した図である。

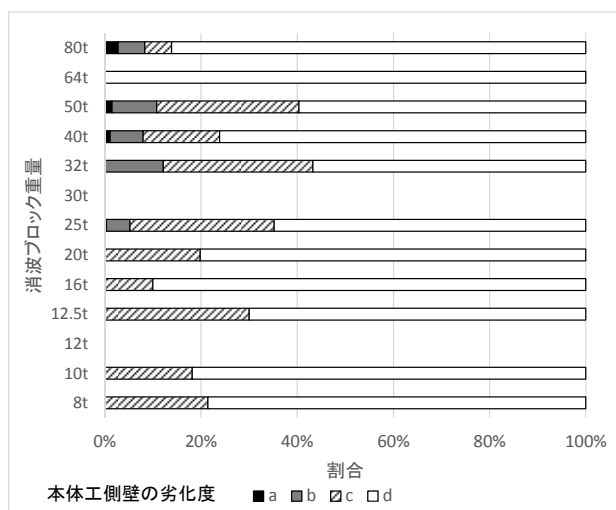
図-22 および図-23 より、本体工側壁の劣化度 a および劣化度 b の割合は、重量 32t~80t の消波ブロック A において各々 8%~12% を占めていることがわかる。一方、重量 8t~20t の消波ブロック A においては、本体工側壁の劣化度 a および劣化度 b は全くみられない。また、劣化度 a または劣化度 b の本体工側壁

における消波ブロックの質量について、ハドソン式<sup>10)</sup>による算定質量と比較したところ、**図-24**より、劣化度判定実施単位の86箇中33箇所(38%)の消波ブロックの実質量がハドソン式による算定質量より小さいことがわかった。なお、その他の消波ブロックBおよびCの各重量における本体工側壁の函数分布および割合分布を**付録B**に示す。ただし、消波ブロックAと異なり、消波ブロックBおよびCに関しては、重量に応じた本体工側壁の劣化度の割合の傾向を把握することはできなかった。

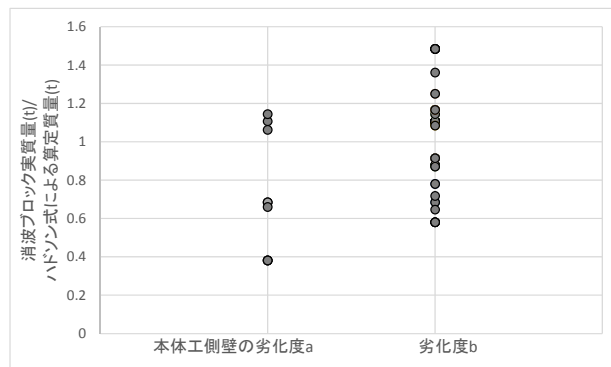
以上のことから、海洋環境が厳しく、消波ブロックの重量が大きい箇所では、本体工側壁の変状が生じやすい可能性があることが劣化度判定結果から把握することができた。有川ら<sup>3)</sup>も被災事例をもとに穴あき損傷は消波ブロックの重量が大きいものによるものが多いことを述べている。



**図-22** 消波ブロックAの重量に応じた本体工側壁の劣化度



**図-23** 消波ブロックA重量に応じた本体工側壁の劣化度の割合分布



**図-24** 消波ブロック実質量/ハドソン式による算定質量に関する函数分布

### 3.9 本体工側壁の変状の大きさと消波ブロックの重量の関連性

本体工側壁の変状の面積(平均値および最大値)とその前面にある消波ブロックAの重量の関連性を**図-25**および**図-26**に示す。**図-25**より、本体工側壁の変状の面積(平均値)は、消波ブロックAが大きくなるに伴いやや増加していることがわかる。また、**図-26**より、本体工側壁の変状の面積(最大値)についても同様に、消波ブロックAの重量が大きくなるに伴いやや増加していることがわかる。ここで、消波ブロックの重量16tにおける本体工側壁の変状面積は1箇所が生じた変状によるものであり、また、消波ブロックの重量20tにおける本体工側壁の変状面積には、1施設に生じた本体工天端高付近の幅2~5mに及ぶ劣化度cの本体工の欠損が複数含まれていた。

次に、本体工側壁の変状の面積(平均値および最大値)とその前面にある消波ブロックBの重量の関連性を**図-27**および**図-28**に示す。消波ブロックAの場合と同様に、本体工側壁の変状の面積(平均値)および変状の面積(最大値)共に、消波ブロックBの重量が大きくなるに伴いや増加していることがわかる。

以上から、変状が生じた際、消波ブロックの重量が大きい箇所ほど本体工側壁の変状面積も大きくなりやすいことが把握できた。

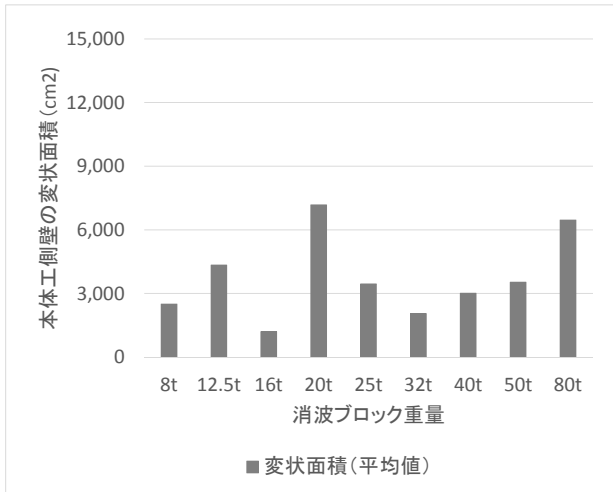


図-25 本体工側壁の変状面積(平均値)と消波ブロックAの重量

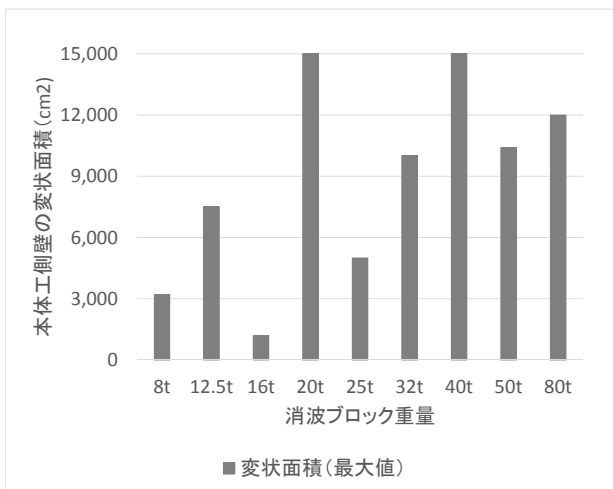


図-26 本体工側壁の変状面積(最大値)と消波ブロックAの重量

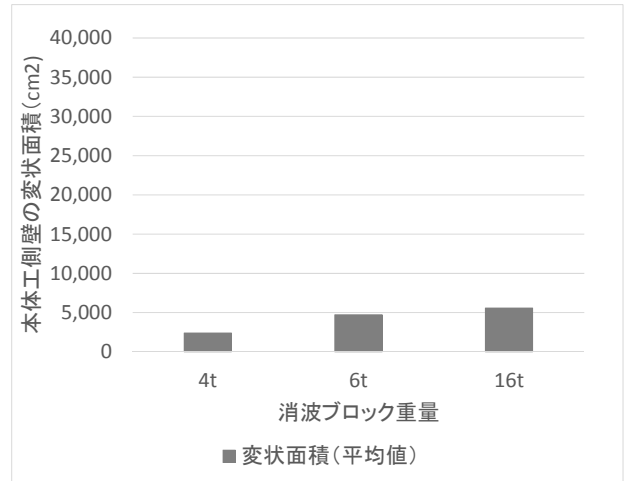


図-27 本体工側壁の変状面積(平均値)と消波ブロックBの重量

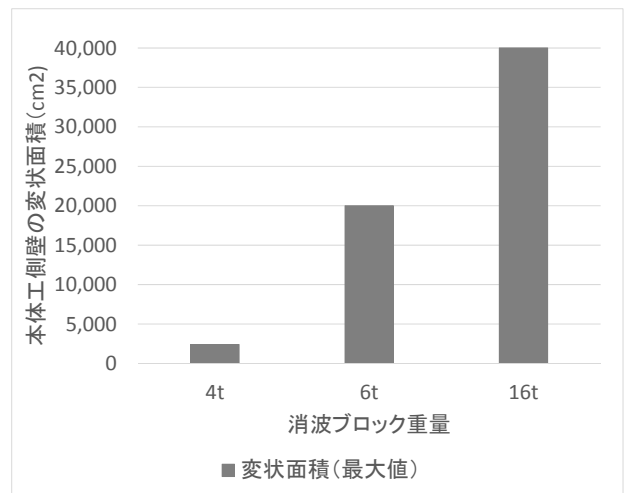


図-28 本体工側壁の変状面積(最大値)と消波ブロックBの重量

#### 4. まとめ

今回、平成25年度に全国で実施された国有港湾施設の集中点検の劣化度判定結果等を用いて、本体工側壁とその他部材の変状の関連性を分析することで、本体工側壁の損傷等に関する変状連鎖について以下のことがわかった。

- ・本体工側壁の劣化度と消波ブロックの劣化度に定性的に正の相関関係があることがわかり、消波ブロックの変状が本体工側壁の損傷に影響を及ぼしていることを把握することができた。
- ・消波ブロックの劣化度と海底地盤の劣化度に正の相関関係の可能性があることがわかり、海底地盤の変状が消波ブロックの変状に影響を及ぼしている可能性があることを把握することができた。
- ・上記と同様に、本体工側壁の劣化度と海底地盤の劣化度に正の相関関係の可能性があることがわかり、海底地盤の変状が本体工側壁の損傷に影響を及ぼしている可能性があることを把握することができた。

また、次に本体工側壁の変状位置・大きさの発生傾向等を分析することで、以下のことがわかった。

- ・消波ブロックの変状が隣接する消波ブロックに連続して発生する割合は、本体工側壁の変状の連続する割合に比べて非常に高く、劣化度aの消波ブロックが連続する函数は本分析では平均5.4函、最大20函であった。
- ・消波ブロックの重量が大きい箇所では、本体工側壁の損傷が生じやすいことを把握することができた。
- ・変状が生じた際、消波ブロックの重量が大きい箇所ほど本体工側壁の変状面積も大きくなりやすいことが把握できた。

上記結果から、消波ブロック被覆堤の本体工側壁調査を効率的に実施していくために、以下を踏まえながら行うことが有効であると考えます。

- ・消波ブロックの目視点検を事前に実施し消波ブロックの変状を把握した上で、本体工側壁調査を実施する。
- ・海底地盤の点検診断結果がある場合は、その結果を踏まえながら、本体工側壁調査を実施する。
- ・消波ブロックの重量に着目しながら、本体工側壁調査を実施する。

#### 5. あとがき

今後、老朽化した施設のさらなる増加に伴い、ますます効率的な点検診断を通じた維持管理が求められる。今回、本体工側壁の劣化度と消波ブロックの劣化度における正の相関関係等を把握することができ、変状連鎖を踏まえた効率的な点検診断の実施

に寄与する1つの成果が得られたと考える。しかし、分析対象範囲は本体工天端高～L.W.Lに限られ、L.W.L以深の変状は消波工端部等の区間を除き、ほとんど対象とすることができなかった。L.W.L以深の変状は、水中ビデオカメラによる目視調査ではほとんど把握されず、また潜水調査でも消波ブロック端部などの潜水可能な一部区間でしか把握することができず、把握そのものが困難な場合が多い。しかし、L.W.L以深における穴あき損傷事例は過去に生じており、決して無視することはできない。上部工に点検孔を設置するなどして、L.W.L以深の穴あき損傷を把握できるよう対策を実施すると共に、鉄筋露出等の段階での変状を把握できる技術開発や穴あき損傷を未然に防止する設計等が今後求められる。

また、今回本体工側壁調査結果の記録の仕方について、港外側と港内側の劣化度を区別して記録している場合と、区別せずに統合して記録している場合があることがわかった。消波ブロックの変状による本体工側壁の損傷への影響等を点検結果から後日把握するためには、今回分析したように港外側と港内側の劣化度が区別された判定結果が必要となる。したがって、今後は、可能な限り港外側と港内側の劣化度を区別して記録した方が望ましいと考える。

さらに、点検診断の種類には通常期に実施する日常点検や定期点検診断（一般定期点検診断、詳細定期点検診断）があるが、地震や台風等の災害時の直後には、突発的な変状が発生・進行する恐れがあるため、臨時点検診断（一般臨時点検診断、詳細臨時点検診断）を実施することは重要であり、適切に実施することが望ましいと考える。

(2016年5月31日受付)

#### 謝辞

本研究にあたって、国土交通省の各地方整備局、北海道開発局に調査データをご提供いただきました。また、国土技術政策総合研究所港湾研究部や港湾空港技術研究所 LCM 支援センター加藤絵万氏をはじめ、多くの方々にご助言を頂きました。末尾ながらここに記して深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省港湾局：港湾施設の集中点検結果について、  
[http://www.mlit.go.jp/report/press/port05\\_hh\\_000061.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/port05_hh_000061.html).
- 2) 国土交通省港湾局：港湾の施設の点検診断ガイドライン、2014、  
[http://www.mlit.go.jp/kowan/kowan\\_fr5\\_000051.html](http://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr5_000051.html).
- 3) 高橋重雄、津田宗男、下迫健一郎、横田弘、清宮理：防波堤

ケーソン壁の破壊と衝撃碎波力について, 海岸工学論文集,  
vol. 45, 1998, pp. 751-755.

- 4) 有川太郎, 池辺将光, 大寄菜々子, 黒田豊和, 織田朋哉, 下迫健一郎: 消波ブロックによるケーソン壁面押し抜きせん断破壊に関する研究, 港湾空港技術研究所報告, vol. 44, No. 1, 2005, pp. 43-83.
- 5) 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, 財団法人沿岸技術研究センター, 2007.
- 6) 国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所: 防波堤ケーソンの損傷対策に関する技術マニュアル (案) -消波ブロック衝突による側壁損傷対策-, 2007, p. 27.
- 7) 鈴木高二朗, 高橋重雄, 高野忠志, 下迫健一郎: 砂地盤の吸い出しによる消波ブロック被覆堤のブロックの沈下被災について-現地調査と大規模実験-, 港湾空港技術研究所報告, vol. 41, No. 1, 2002, pp. 51-90.
- 8) 市村正春, 志賀正夫: 消波ブロック衝突による防波堤ケーソンの損傷対策技術の開発, 沿岸センター技術論文集, No. 5, 2005, pp. 13-90.
- 9) 宮田正史: 消波ブロック被覆堤の累積補修費を考慮した維持管理手法に関する基礎的研究, 国土技術政策総合研究所資料, No. 552, 2009, pp. 1-9.
- 10) 国土交通省港湾局監修: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 日本港湾協会, 2007, pp. 551-561.

## 付録A 本体工側壁の変状の形状の傾向等

### (1) 本体工側壁の変状の形状

本体工側壁の変状の形状(幅, 高さ)を図-A.1に示す。図-A.1より, 本体工側壁の変状の多くが高さより幅の方が長く, 横長の形状を有していることがわかる。また, 特に本体工側壁の劣化度cの変状に関しては, 幅数百cm, 高さ数十cmの横長の形状の変状が複数発生していることがわかる。これは, 本体工天端高付近で生じた本体工の欠損等によるものである。なお, 幅600cm, 高さ30cm地点の劣化度aの変状は, 同一本体工側壁に穴あき損傷が生じているために劣化度a判定になっているだけであり, この変状自体は穴あき損傷等ではなく鉄筋露出である。

### (2) 本体工側壁の劣化度と堤体の移動, 沈下の関連性

本体工側壁の劣化度と堤体が移動した距離の関連性を図-A.2, 図-A.3に示す。堤体の移動量および沈下量は測量調査で1函毎に計測された判定結果である。図-A.2より, 港内側に移動している1函(0.1m港内側に移動)で, 本体工側壁の劣化度aが生じていることがわかる。また, 図-A.2, 図-A.3より, 港外側に移動している函においても本体工側壁の劣化度bが生じていることがわかる。

本体工側壁の劣化度と堤体が沈下した距離の関連性を図-A.4, 図-A.5に示す。図-A.5より, 沈下量0.9m未満では, 沈下量が増すに伴い, 本体工側壁の劣化度bの割合が増加し, 劣化度cおよび劣化度dの割合が減少していることがわかる。ただし, 沈下量0.9m以上では, 同様の傾向を把握することはできなかった。

### (3) 本体工側壁の変状の本体工天端, L.W.Lからの距離

本体工側壁の変状の本体工天端からの距離を図-A.6に示す。分析対象とする高さ範囲は, 水中カメラによる本体工の目視調査が実施された本体工天端高からL.W.Lまでの範囲とし, また, 本体工の変状の高さ位置は, 変状の中心の高さ位置とすることとした。図-A.6より, 本体工側壁の変状は, 本体工天端付近に多いことがわかる。

また, 本体工側壁の変状のL.W.Lからの距離を図-A.7, 図-A.8に示す。文献6)や文献8)などで穴あき損傷は静水面付近で発生しやすいとされているが, 本研究ではその傾向を把握することはできなかった。

### (4) 消波ブロック被覆堤が位置する地域の違い(日本海側または太平洋側)による本体工側壁の劣化度の違い

図-A.9は, 消波ブロック被覆堤が日本海側または太平洋側に位置するかの違いによる本体工側壁の劣化度の違いを関数で示した図であり, 図-A.10は, その関数分布を割合分布に変換し

た図である。

図-A.9より, 太平洋側に位置する本体工の方が日本海側に位置する本体工より本体工側壁の劣化度dの関数が159函多く, また, 図-A.10より本体工側壁の劣化度dの割合も7%程度高いことがわかる。しかし, 本体工側壁の劣化度aおよび劣化度bの割合はほとんど差はなく, 地域の違いによる劣化度aおよび劣化度bが生じる割合の違いを把握することはできなかった。

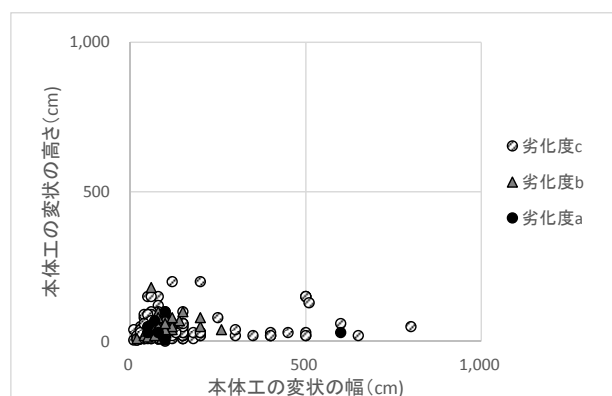


図-A.1 本体工側壁の変状の形状

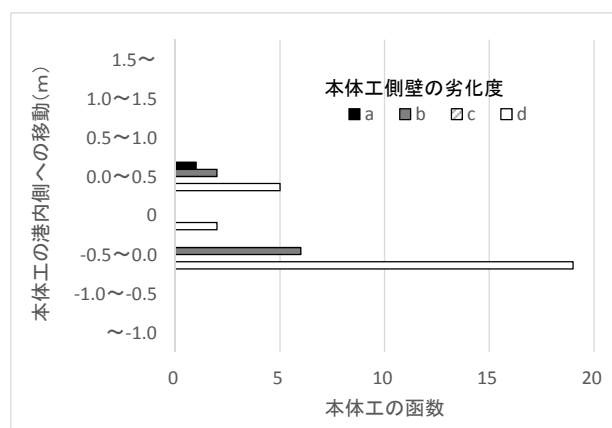


図-A.2 本体工側壁の劣化度と堤体の移動

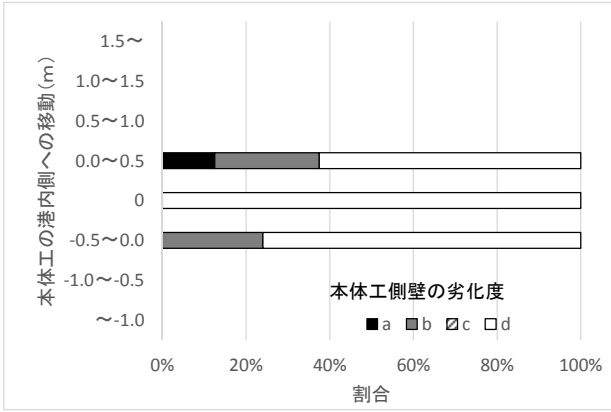


図-A.3 本体工側壁の劣化度と堤体の移動の割合分布

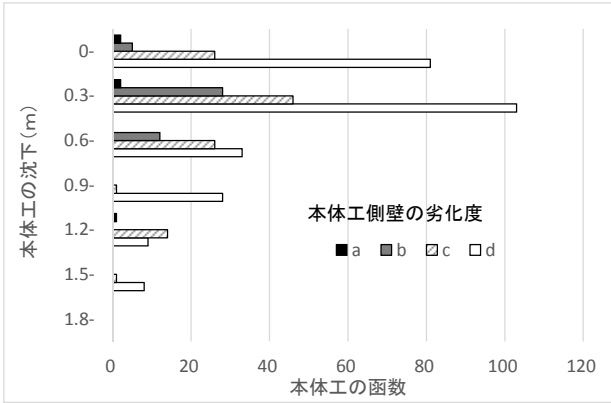


図-A.4 本体工側壁の劣化度と堤体の沈下

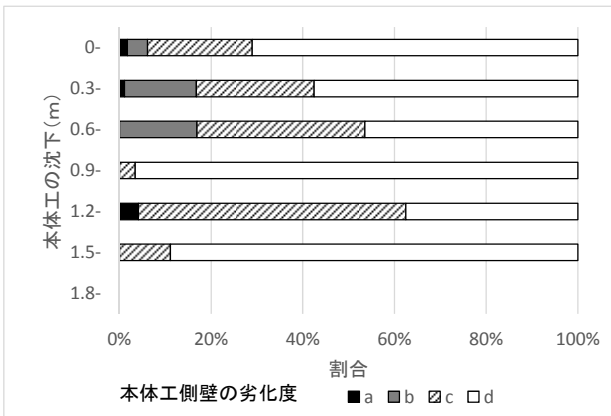


図-A.5 本体工側壁の劣化度と堤体の沈下の割合分布

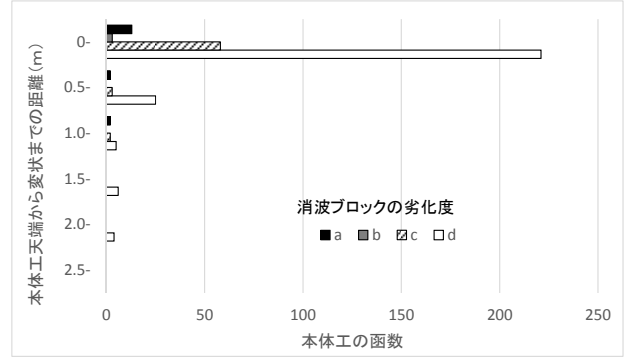


図-A.6 本体工側壁の変状の本体工天端高さからの距離

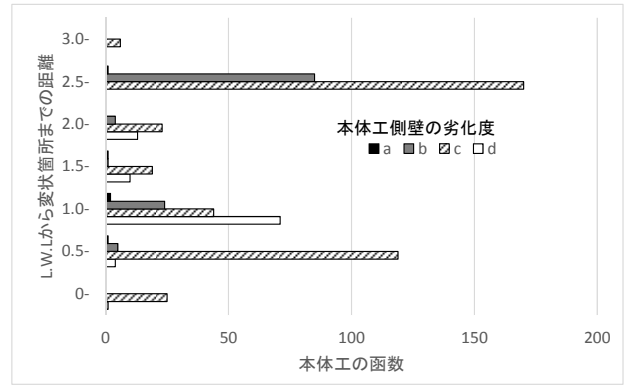


図-A.7 本体工側壁の変状のL.W.Lからの距離

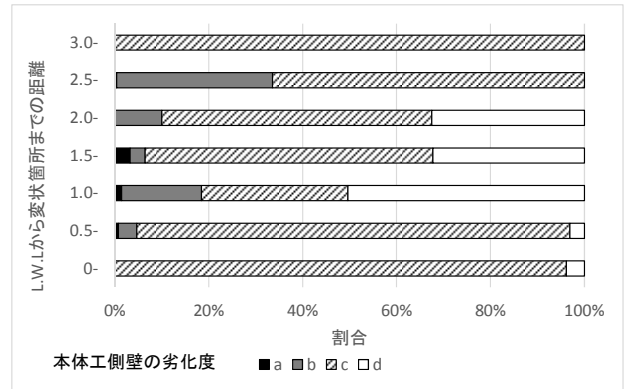
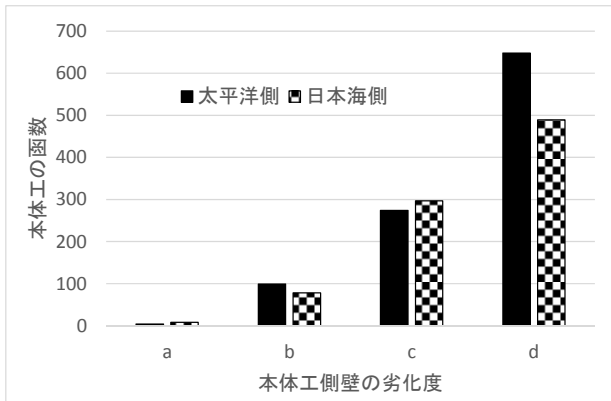
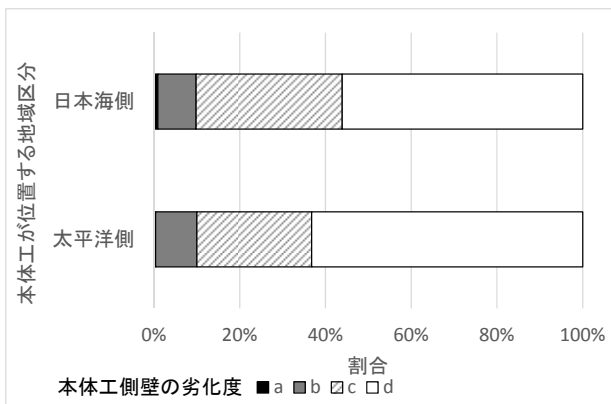


図-A.8 L.W.Lからの距離に応じた本体工側壁の劣化度の割合分布



図—A.9 地域区分別（日本海側または太平洋側）による本体工側壁の各劣化度の函数



図—A.10 地域区分別（日本海側または太平洋側）による本体工側壁の各劣化度の割合分布



付録B 消波ブロック B および C の各重量における本体工側壁の函数分布および割合分布

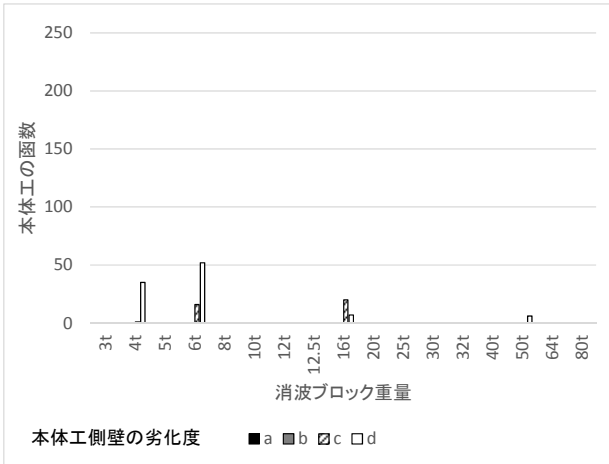


図-B.1 消波ブロック B の重量に応じた本体工側壁の劣化度

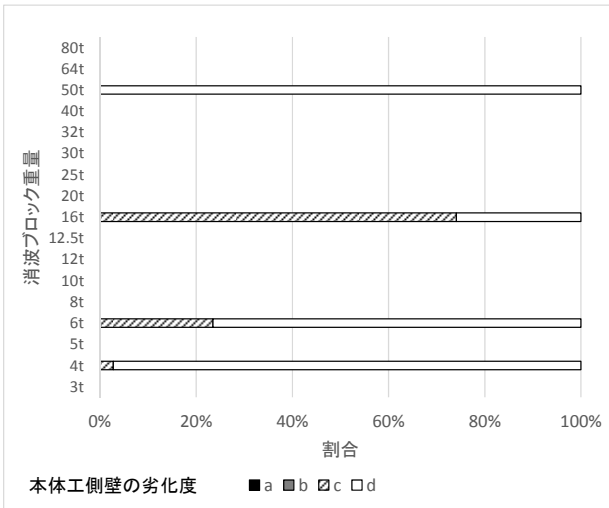


図-B.2 消波ブロック B 重量に応じた本体工側壁の劣化度の割合分布

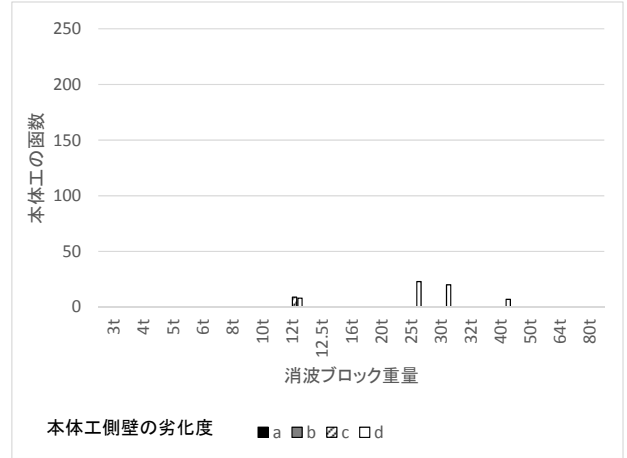


図-B.3 消波ブロック C の重量に応じた本体工側壁の劣化度

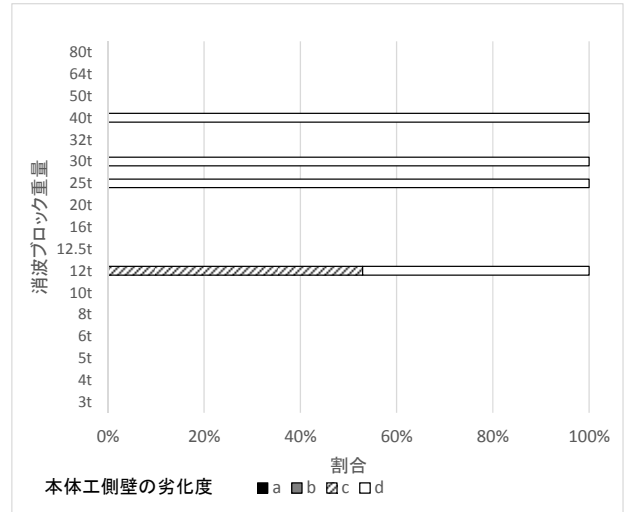


図-B.4 消波ブロック C 重量に応じた本体工側壁の劣化度の割合分布

---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 918

June 2016

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写のお問い合わせは  
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1  
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕  
E-mail:ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp