

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1023

March 2018

港湾における施設の劣化傾向に関する分析

鈴木達典・井山繁・菅原法城

Analysis of the Deterioration Trend of Port and Harbor Facilities

Tatsunori SUZUKI, Shigeru IYAMA, Noriki SUGAHARA

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

港湾における施設の劣化傾向に関する分析

鈴木達典*・井山 繁**・菅原法城***

要 旨

他のインフラと同様に港湾施設は高度成長期に集中的に整備されたため、近年、老朽化した港湾施設が急激に増加している。また、それに伴い、各地で港湾施設の劣化によるエプロンの沈下や陥没等が多発している。一方で対策も進められており、維持管理に関する法改正、手引きやガイドライン等が整備されるとともに、維持管理情報データベースの改良も進み、情報が蓄積されつつある。

そこで、本研究ではこれまでに蓄積された維持管理計画書等の情報を網羅的に抽出し、港湾施設の諸元や部材等の違いによる劣化傾向をより客観的に分析することにより、効率的な点検診断や不具合が起こった際の迅速な対応策の判断に役立つものである。

キーワード：港湾施設，維持管理，維持管理計画書，点検診断，劣化傾向，維持管理情報データベース

*港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室 交流研究員（東洋建設株式会社）
**港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室 室長
***港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室 研究官

〒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

Analysis of the Deterioration Trend of Port and Harbor Facilities

Tatsunori SUZUKI*
Shigeru IYAMA**
Noriki SUGAHARA***

Synopsis

Like other infrastructure, port and harbor facilities were constructed intensively in Japan's high-growth period, and consequently aging port facilities are rapidly increasing in recent years. Due to this, subsidences and collapses of aprons occur frequently in various places due to this deterioration of port facilities. On the other hand, laws and guidelines for maintenance of port facilities have been revised and the maintenance database has been improved and information has been accumulated.

In this research, we exhaustively extracted registered data, such as "proposal of maintenance plan" and objectively analyzed deterioration due to differences in structural types of elements, etc. This analysis helps us with efficient inspection and diagnosis of corresponding malfunctions.

Key Words : port and harbor facilities, maintenance, proposal of maintenance plan, inspection and diagnosis, deterioration trend, maintenance database

- * Exchanging Researcher, Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department, NILIM. (TOYO CORPORATION)
- ** Head, Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department, NILIM
- *** Researcher, Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department, NILIM

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. 維持管理計画書を用いた分析データの概要	1
2.1 分析対象とする抽出項目の概要	1
2.2 対象施設の概要	5
3. 係留施設と防波堤の劣化傾向に関する分析	6
3.1 対象施設の構造形式別の劣化傾向の比較	6
3.2 栈橋の劣化傾向	8
3.3 矢板式係船岸の劣化傾向	12
3.4 重力式係船岸の劣化傾向	15
3.5 重力式防波堤の劣化傾向	17
4. まとめ	17
5. おわりに	18
謝辞	18
参考文献	18
付録A	20
付録B	22
付録C	24
付録D	26

1. はじめに

港湾施設は高度成長期に集中的に整備されており、特に港湾の主要な施設である係留施設は、建設後50年以上経過している施設の割合が2014年の約10%から20年後の2034年には約60%に急増すると見込まれている¹⁾。また、港湾施設は塩害などの厳しい環境下におかれることや海中部等では容易に劣化・損傷状況を把握できない部分も多く、海中部の鋼矢板や鋼管杭、栈橋上部工の下面部などの劣化や損傷が見逃されやすい。近年、各地で港湾施設の劣化によるエプロンの沈下や陥没が多発し、また、コンクリートの剥離、鋼管杭の腐食等も進行している。このように大事故に繋がりがかねない事態も発生しているため、適切な維持管理による安全・安心の確保が重要である。

一方で対策も進められており、維持管理に関する法改正、手引きやガイドライン等が整備されるとともに、維持管理情報データベースの改良も進み、情報が蓄積されつつある。

制度面に関しては、港湾施設の計画的かつ適切な維持管理を推進するため、平成19年4月に「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」（以下、「基準省令」という。）が改正され、維持に関する事項が明記された。また、基準省令の改正を補足する形で、「技術基準対象施設の維持管理に関し必要な事項を定める告示」（以下、「維持告示」という。）が新たに制定され、当該施設の設置者による維持管理計画書の策定が標準化された。その後、平成24年末に発生した笹子トンネル天井板落下事故をきっかけに、社会インフラの安全性確保や適切な点検の実施など、維持管理の重要性がより強く認識されることとなった。平成25年6月には港湾法が改正され、技術基準対象施設の点検が義務化されたことを受けて、平成25年11月に基準省令が、平成26年3月に維持告示が改正された。この改正では、維持管理計画書等にこれまで法令等で明記されていなかった点検頻度等が規定された。

また、上述の制度面の改正等に併せて、平成19年10月に「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」²⁾と「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き」³⁾が発刊された。

「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」では、港湾施設の維持管理に係る基本的な考え方等について、「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き」では、維持管理計画書を策定しようとする施設の設置者等に対する技術的な支援のため、維持管理計画書の作成例と作成にあたっての留意点等について取りまとめられた。さらに、平成25年6月の港湾法の改正等に伴って、「港湾の施設の維

持管理技術マニュアル」で提案された点検診断の項目を精査して取りまとめられた「港湾の施設の点検診断ガイドライン」⁴⁾が平成26年7月に発刊、平成27年4月には「港湾の施設の維持管理計画策定ガイドライン」⁵⁾が発刊された。これらは、維持管理計画を策定する上で必要となる情報や新規施設と既存施設の維持管理計画を策定する手引きとなるものである。

港湾施設の維持管理情報データベースは、従来は国有施設のみが対象で港湾管理者が維持管理等のデータを提出し、入力作業を行っていたが、平成27年度までにシステムの改良が行われ、平成28年度から港湾施設の維持管理情報データベースとして運用が開始され維持管理計画書等の情報が蓄積されてきている。

また、平成25年度に国土交通省港湾局により国有施設に対して、港湾施設の老朽化による機能不全等に適切に対応するために集中点検が実施された。この集中点検結果を用いて、坂田ら⁶⁾や高野ら⁷⁾によって港湾施設の変状の要因や関連性等の研究が行われた。しかし、集中点検は、その対象が著しく老朽化が進行した施設に絞られているとともに、点検項目も限られたものであった。

上記を踏まえ、本研究では効率的な点検診断の実施や施設に不具合が起こった際の効果的な対応策の判断等に資することを目的に、収集した維持管理計画書の情報を網羅的に抽出して整理・分析をすることにより、施設のより客観的な劣化傾向をとりまとめた。

2. 維持管理計画書を用いた分析データの概要

2.1 分析対象とする抽出項目の概要

(1) 維持管理計画書の概要

維持管理計画は、港湾施設が供用期間中に要求性能を満たさなくなる状態に至らないように、計画的かつ適切に維持されるために作成されるものである。また、維持管理をより効率的かつ的確に実施するために、施設の維持についての基本的な考え方、点検診断等の時期、内容、頻度、手順等の基本的な手順に沿って維持を行うよう、維持管理計画を定める必要がある。

港湾法第56条の2の2第1項では、「技術基準対象施設は、他の法令の規定の適用がある場合において当該法令の規定によるほか、技術基準対象施設に必要とされる性能に関して国土交通省令で定める技術上の基準に適合するように、建設し、改良し、又は維持しなければならない」とされている。また、基準省令第4条第1項に、「技術基準対象施設は、供用期間にわたって要求性能を満足するよう、維持管理計画等（点検に関する事項を含

む)に基づき適切に維持されるものとする。」とある。

維持管理計画は維持管理の手順に沿った形で、計画的かつ適切に実施すべき維持管理上の事項について維持管理計画書として明確化しておくことを標準としており、維持管理計画書には、施設の維持についての基本的な考え方、点検診断および維持工事等の時期、方法、頻度、手順を示している。

維持管理計画書は次の構成となっている。（「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き（増補改訂版）」⁸⁾より）

- I 総論
 - II 点検診断計画
 - III 総合評価
 - IV 維持補修計画
- 参考資料

総論において、維持管理の基本的な考え方や施設が置かれる諸条件等を示している。点検診断計画において、点検診断の時期、方法および対象とする部材等を定めている。総合評価において、点検診断結果で得られた施設の変状に対する工学的知見・判断に基づく評価および計画的かつ適切な維持工事等に向けた現場的・行政的判断に基づく評価を示している。維持補修計画において、施設の安全性、重要性、補修の難易度や実現性、効果の持続性、補修に係わる費用等を考慮して、補修の時期や方法を定めている。参考資料には、使用材料特性や施工図面、点検診断および補修の履歴等が含まれている。

(2)維持管理計画書からの抽出項目

維持管理計画書に記載されている中から、施設の構造や自然条件、利用状況等の施設の諸元（表-2.1）と初回点検診断結果を本研究に用いるデータとして抽出した。

表-2.1 抽出諸元項目一覧

項目	詳細項目
構造特性	構造形式、構造概要、計画水深、設計水深、延長、施工履歴
設計供用期間	供用開始年、供用終了年
自然条件	潮位、設計震度、気温
利用条件	対象船舶、上載荷重、船舶の接舷速度、取扱貨物 等
材料特性	コンクリート、セメント、鉄筋、鋼管杭、矢板、防食、裏込石、裏埋土、舗装、附帯設備 等の規格
その他	補修履歴 特記事項 等

a)初回点検診断の概要

点検診断の種類には、初回点検診断、日常点検、定期点検診断、臨時点検診断があり、初回点検診断は維持管理計画書等の策定にあたって、施設の初期状態を把握するために実施するものである。初回点検診断における点検診断内容は、一般定期点検診断（以下「一般点検」という。）および詳細定期点検診断（以下「詳細点検」という。）に準ずるものとなっている。また、初回点検結果として、新規施設は建設あるいは改良直後の点検診断結果、既存施設の場合は維持管理計画書の策定段階における点検診断結果を記載することとなっている。

ここで、一般点検とは構造物の部材毎に行うものであり、目視による変状を把握し、適切な基準により劣化度を判定することを標準とする。また、電気防食工を施している鋼部材については、電位測定を行うことを標準とする。詳細点検とは潜水士等により水中部の変状を把握し、適切な基準により劣化度の判定を行うことを目的として実施する。その際、定量的なデータを得るため、機器等を用いた測定を行う場合がある。なお、定期点検診断の実施時期を表-2.2に示す。

表-2.2 定期点検診断の実施時期の考え方

点検診断の種類	通常点検診断施設	重点点検診断施設
一般定期点検診断	・5年以内ごとに少なくとも1回	・3年以内ごとに少なくとも1回
詳細定期点検診断	・供用期間中の適切な時期に少なくとも1回 ・供用期間延長時	・10～15年以内ごとに少なくとも1回 ・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

b)初回点検診断からの抽出項目

初回点検診断結果からの抽出項目を点検項目一覧表（表-2.3）に示す。一般点検項目の中からは全て、詳細点検項目の中からは点検診断結果があるものとした。点検項目一覧表には一般点検項目と詳細点検項目の劣化度の判定可能な点検診断の項目を抽出しており、詳細点検項目のデータ収集や劣化進行予測等で使用する点検診断の項目は除いている。また、一覧表には抽出した項目を○で示し、今回の本文や表、図で表すときの名称を示している。

表-2.3 点検項目一覧表

一般定期点検診断

構造形式 ※1	分類	点検診断の項目		点検 方法	抽出 項目	名称※2
棧	I類	棧橋法線	凹凸、出入り	目視	○	棧橋法線
矢、重		岸壁法線	凹凸、出入り	目視	○	岸壁法線
防		移動		目視	○	本体移動
防		沈下		目視	○	本体沈下
棧、矢、重		エプロン	沈下、陥没	目視	○	エプロン沈下
棧		上部工(下面部)(PCの場合)	コンクリートの劣化、損傷	目視	○	上部工下面部※3
棧		鋼管杭	鋼材の腐食、亀裂、損傷	目視	○	鋼管杭
棧		土留部	土留部の形式に従って適切に行う	目視	○	土留部状態※4
矢		鋼矢板等	鋼材の腐食、亀裂、損傷	目視	○	矢板
重		本体(ケーソン等)	側壁の劣化・損傷、コンクリートの劣化・損傷	目視	○	本体工
防	本体(ケーソン等)	側壁の劣化・損傷、コンクリートの劣化・損傷	目視	○	本体水上	
棧、矢、重	II類	エプロン(通常の場合)	コンクリート又はアスファルトの劣化、損傷	目視	○	エプロン劣化※5
棧、矢、重		エプロン(コンテナターミナル等 利用制限が厳しい場合)	舗装等の段差、わだち掘れ、ひび割れ	目視	○	エプロン劣化※5
棧		上部工(下面部)(RCの場合)	コンクリートの劣化、損傷劣化、損傷	目視	○	上部工下面部※3
棧		上部工(上・側面部)	コンクリートの劣化、損傷	目視	○	上部工上側面部
矢、重、防		上部工	コンクリートの劣化、損傷	目視	○	上部工
棧、矢		鋼管杭、鋼矢板等	被覆防食工	目視	○	被覆防食
棧、矢		鋼管杭、鋼矢板等	電気防食工	電位 測定	○	電気防食
棧		渡版	本体の損傷、塗装	目視	○	渡版
防		消波工	移動・散乱・沈下	目視	○	消波移動散乱
防		消波工	損傷	目視	○	消波損傷
棧、矢、重	III類	係船柱及び係船環	本体の劣化、損傷、腐食、塗装のはがれ等の状態	目視	○	係船柱
棧、矢、重		防衝設備(防舷材等)	本体の損傷、破壊、取付金具の腐食等の状態	目視	○	防舷材
棧、矢、重		車止め	本体の損傷、塗装、腐食	目視	○	車止め
棧、矢、重		はしご	本体の損傷、塗装、腐食	目視	○	はしご

詳細定期点検診断

構造形式 ※1	分類	点検診断の項目		点検 方法	抽出 項目	名称※2
棧	I類	土留部背後エプロン	吸出し、空洞化	機器※6	○	土留部背後吸出し
棧、矢、重		エプロン	吸出し、空洞化	機器※6	○	エプロン吸出し
棧		鋼管杭	鋼材の腐食、亀裂、損傷	潜水 調査	※7	—
矢		鋼矢板等	鋼材の腐食、亀裂、損傷	潜水 調査	※7	—
矢、重		本体(ケーソン等)	コンクリートの劣化、損傷	潜水 調査	※7	—
防		本体(ケーソン等)	コンクリートの劣化、損傷	潜水 調査	○	本体潜水
棧		土留部	土留部の形式に従って適切に行う	潜水 調査	※7	—
棧、矢、重、防		海底地盤	洗掘、堆積	潜水 調査	○	海底地盤
棧、矢		鋼管杭、鋼矢板等	被覆防食工、電気防食工	潜水 調査	※7	—
防		被覆工	移動、散乱、沈下	潜水 調査	○	被覆移動散乱
防	II類	根固工	移動、散乱、沈下	潜水 調査	○	根固移動散乱
防		消波工	移動、散乱、沈下	潜水 調査	※7	—

※1: 棧橋は「棧」、矢板式係船岸は「矢」、重力式係船岸は「重」、重力式防波堤防は「防」と略す。

※2: 本文や表、図での呼び名を示す。

※3: 上部工(下面部)のPCの場合とRCの場合の性能低下度評価は、まとめて分析している。

※4: 土留部の点検項目は、まとめて評価している。

※5: エプロンの通常の場合とコンテナターミナル等利用が厳しい場合の性能低下度評価は、まとめて分析している。

※6: 機器とは電磁波レーダ、削孔による目視確認等を示す。

※7: 今回使用した点検診断結果は、同じ点検診断の項目で一般点検は目視、詳細点検は潜水調査となっているものは、目視と潜水調査が区別出来ないの
一般点検の項目として分析している。

(3)劣化度の判定および性能低下度の評価の方法

- 手順① 点検診断の項目毎に各部材の劣化度の判定
- 施設をブロックに分け、各部材を表-2.4の基準により、点検診断の項目毎の劣化度の判定を行う。
- 手順② 点検診断の項目毎の性能低下度の評価
- 手順①で判定した劣化度を点検診断の項目毎に、表-2.5の基準により、表-2.6を参考にして評価を行う。
- 手順③ 施設の性能低下度の評価
- 手順②で求めた点検診断の項目毎に評価された性能低下度のうち、最も厳しく判定されたものを施設の性能低下度と評価する。

表-2.4 点検診断における部材の劣化度の判定基準

部材の劣化度	部材の劣化度の判定基準
a	部材の性能が著しく低下している状態
b	部材の性能が低下している状態
c	変状はあるが、部材の性能の低下がほとんど認められない状態
d	変状が認められない状態

表-2.5 点検診断における性能低下度の評価基準

性能低下度	性能低下度の評価基準
A	施設の性能が相当低下している状態
B	施設の性能が低下している状態
C	変状はあるが、施設の性能の低下がほとんど認められない状態
D	変状は認められず、施設の性能が十分に保持されている状態

表-2.7 点検診断の項目の分類

点検診断の項目の分類		
I 類	施設の性能(特に構造上の安全性)に直接的に影響を及ぼす部材に対する点検診断の項目	施設全体の移動や沈下、上部工、本体工、基礎工あるいは消波工等の変状に対するもので、構造上直接的に施設の性能(特に、構造上の安全性)に影響を及ぼすものに対する点検診断の項目である。
II 類	施設の性能に影響及ぼす部材に対する点検診断の項目	鋼部材の防食等のように、その性能が低下により、直接的に直ちに施設の性能が低下するわけではないが、長期間その状態を放置すると施設の性能に影響を及ぼすものに対する点検診断の項目である。
III 類	附帯設備等に対する点検診断の項目	防舷材、係船柱、船舶役務用施設等のように施設の利用に影響を及ぼすおそれのあるもの、あるいは、車止め、安全柵、はしご等のように損傷等を放置した場合に人命に関わる重大な事故や災害につながるおそれがあるものに対する点検診断の項目である。

表-2.6 性能低下度の評価方法

点検診断の項目の分類※	点検診断の項目ごとの性能低下度				性能低下度
	A	B	C	D	
I 類	「aが1個から数個」の点検診断の項目があり、施設の性能が相当低下している状態	「aまたはbが1個から数個」の点検診断の項目があり、施設の性能が低下している状態	A、B、D以外	すべてd	点検診断の項目毎に評価された性能低下度のうち、最も厳しく判定されたもの
II 類	「aが多数またはa+bがほとんど」の点検診断の項目があり、施設の性能が相当低下している状態	「aが数個またはa+bが多数」の点検診断の項目があり、施設の性能が低下している状態	A、B、D以外	すべてd	
III 類	—	—	D以外	すべてd	

※点検診断の項目の分類とは、表-2.7で示す。

2.2 対象施設の概要

平成28年度から運用を開始した港湾施設の維持管理情報データベースに蓄積された維持管理計画書から対象施設を抽出した。抽出した対象施設は、主要施設である栈橋（134施設）、矢板式係船岸（292施設）、重力式係船岸（515施設）を合わせた係留施設（941施設）と重力式防波堤（322施設）の全1,263施設である。ここで、抽出した維持管理計画書の中で初回点検結果のデータがなかった施設については対象施設から除いている。

対象施設の構造形式別の施設数の割合を図-2.1に示す。重力式係船岸の施設数が一番多く、係留施設の半数以上を占めている。栈橋の施設数が一番少ない。

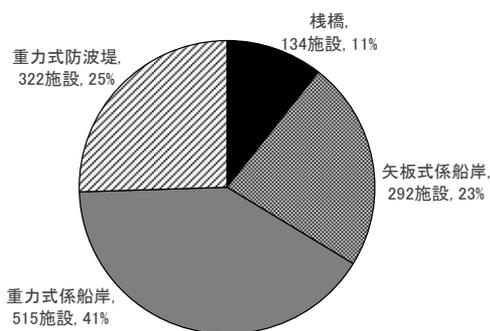


図-2.1 対象施設の構造形式別の施設数の割合

対象施設の構造形式別の地域別施設数を表-2.8、対象施設の構造形式別の地域別施設数の割合を図-2.2に示す。

係留施設全体の対象施設数に対する地域別施設数の割合は、九州地方整備局管内が25%と一番高く、続いて北海道開発局が20%、東北地方整備局が13%である。

栈橋の対象施設数に対する地域別施設数の割合は、九州地方整備局が22%と一番高く、続いて関東地方整備局が18%、北陸地方整備局が13%であり、地域による偏りは小さい。

矢板式係船岸の対象施設に対する地域別の割合は、東北地方整備局が22%と一番高く、続いて北陸地方整備局が21%、北海道開発局が16%である。また、近畿地方整備局が2%、中国地方整備局が3%、四国地方整備局が2%と比較的低い。

重力式係船岸の対象施設数に対する地域別施設数の割合は、九州地方整備局が31%と一番高く、続いて北海道開発局が26%、近畿地方整備局が9%である。関東地方整備局の1%は非常に低い。

重力式防波堤の対象施設数に対する地域別施設数の割合は、北海道開発局が47%と一番高く、続いて中部地方整備局が13%、近畿地方整備局が9%であり、北海道開発

局が非常に高い。

今回、抽出した維持管理計画書の中には沖縄総合事務局がない。

表-2.8 対象施設の構造形式別の地域別施設数

管轄	係留施設全体	栈橋	矢板式係船岸	重力式係船岸	重力式防波堤
北海道開発局	191	9	46	136	150
東北地方整備局	120	13	65	42	19
関東地方整備局	49	24	20	5	0
北陸地方整備局	115	17	61	37	22
中部地方整備局	80	14	40	26	41
近畿地方整備局	61	10	7	44	28
中国地方整備局	50	11	8	31	16
四国地方整備局	44	7	6	31	23
九州地方整備局	231	29	39	163	23
沖縄総合事務局	0	0	0	0	0
合計	1,263	134	292	515	322

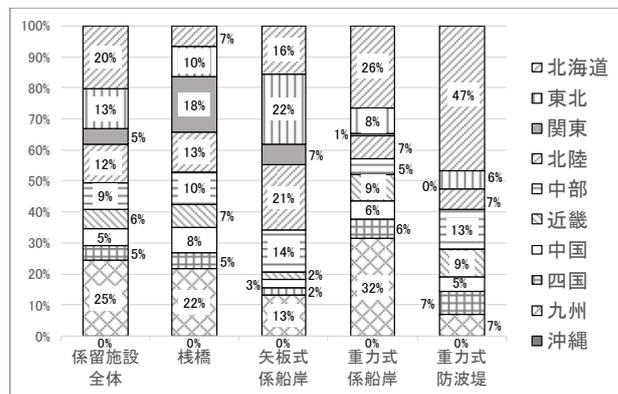


図-2.2 対象施設の構造形式別の地域別施設数の割合

参考までに、対象施設の構造形式別の経過年数の平均を表-2.9に示す。ここで、経過年数は建設終了年度または補修等があった場合は補修終了年度（補修履歴不明施設有り）から維持管理計画書の策定のために実施された初回点検実施年度までの年数である。係留施設全体の平均経過年数は27.9年、重力式防波堤の平均経過年数は26.7年である。矢板式係船岸の平均経過年数30.5年であり、他の構造形式の平均経過年数より約4年多い。

表-2.9 対象施設の構造形式別の平均経過年数

構造形式	平均経過年数(年)
係留施設全体	27.9
栈橋	26.8
矢板式係船岸	30.5
重力式係船岸	26.3
重力式防波堤	26.7

3. 係留施設と防波堤の劣化傾向に関する分析

3.1 対象施設の構造形式別の劣化傾向の比較

(1) 性能低下度別分類

構造形式別の各性能低下度の施設数を図-3.1, 各性能低下度の施設数の割合を図-3.2に示す。

係留施設全体の各性能低下度の施設数の割合は、性能低下度Aが29.8%, 性能低下度Bが33.4%である。性能低下度Aと性能低下度Bの割合合計（以下、「性能低下度A+B」という。）が63.2%と係留施設全体の半数以上を占め、性能低下している施設が多いことがわかる。

性能低下度A+Bの割合は栈橋が66.4%, 重力式係船岸が69.6%であり、構造形式別の中では高く、施設の性能低下が進んでいる。特に栈橋では性能低下度Aが44.8%と非常に高く、施設の性能低下が著しい。重力式係船岸の性能低下度Aが22.3%, 重力式防波堤の性能低下度Aが23.6%と同じくらいの割合である。性能低下度Bの割合が重力式防波堤は低いので、性能低下度A+Bの割合は重力式防波堤が一番低い。

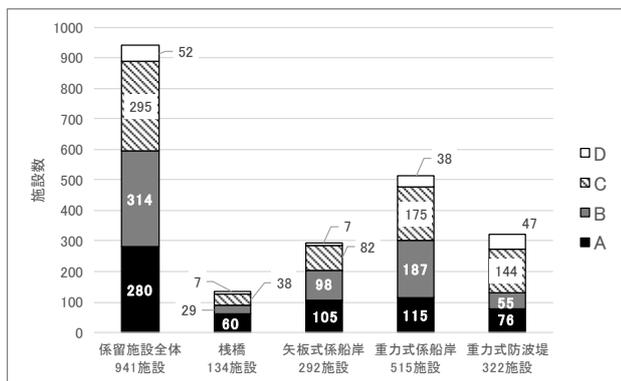


図-3.1 構造形式別の各性能低下度の施設数

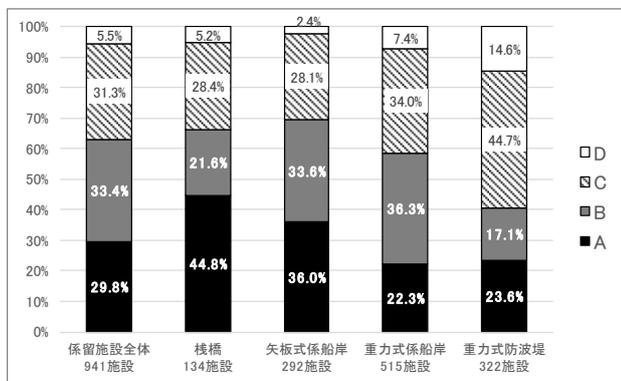


図-3.2 構造形式別の各性能低下度の施設数の割合

(2) 経過年数別分類

構造形式別の経過年数5年毎の各性能低下度の施設数の割合を図-3.3～図-3.6に示す。

栈橋は経過年数0～9年まで性能低下度Aがなく、経過年数10～14年で発生し、経過年数が増えるにつれて性能低下度Aの割合も増える傾向にある。経過年数50年以上になると全て性能低下度Aとなる。

矢板式係船岸は経過年数5～9年から性能低下度Aが発生し、その割合は経過年数によらず増減している。経過年数45～49年は性能低下度Aの割合が一番高く、続いて経過年数40～44年である。

重力式係船岸は経過年数5～9年で性能低下度Aが発生し、その割合は経過年数によらず増減している。経過年数50年以上では性能低下度Aの割合が一番高く、続いて経過年数25～29年である。

重力式防波堤は経過年数0～4年で性能低下度Aが発生し、その割合は経過年数20～24年から増加している。経過年数50年以上では性能低下度Aの割合が一番高く、続いて経過年数35～39年である。経過年数50年以上のみ性能低下度Aの割合が6割と非常に高い。

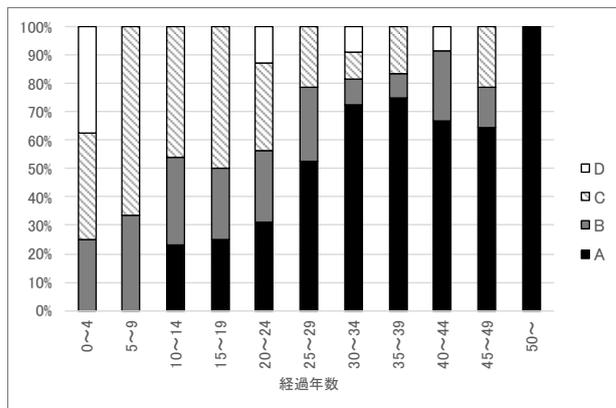


図-3.3 栈橋の経過年数5年毎の各性能低下度の施設数の割合

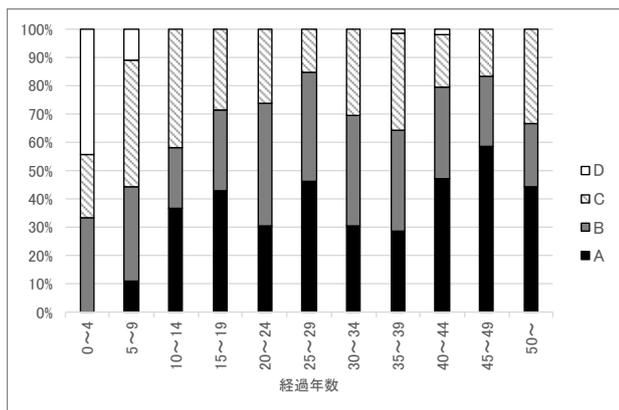


図-3.4 矢板式係船岸の経過年数5年毎の各性能低下度の施設数の割合

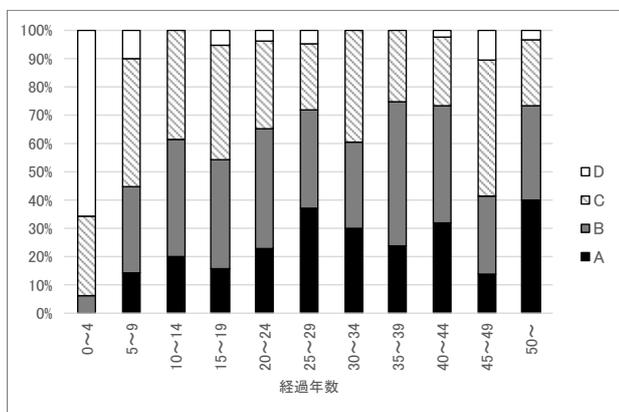


図-3.5 重力式係船岸の経過年数5年毎の各性能低下度の施設数の割合

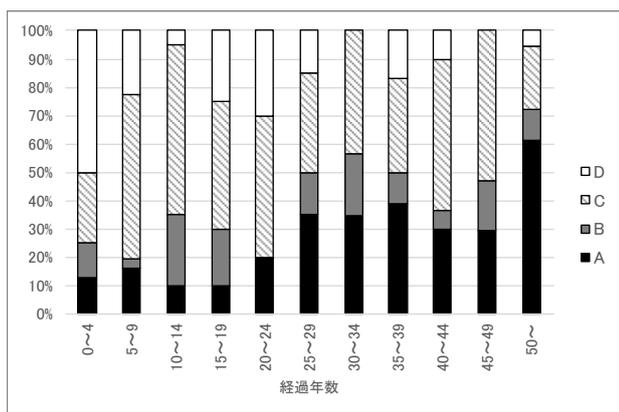


図-3.6 重力式防波堤の経過年数5年毎の各性能低下度の施設数の割合

さらに、上記に示した構造形式別の経過年数5年毎の各性能低下度A+Bの数を施設数で割ったもの（以下、「性能低下度(A+B)/Σ」という。）を各年代の施設

の平均経過年数にプロットし散布図を描き、対数曲線で近似した（図-3.7～図-3.10）。各構造形式の近似曲線の係数と決定係数を比較する。近似曲線の係数は、栈橋が0.21、矢板式係船岸が0.14、重力式係船岸が0.14、重力式防波堤が0.12であり、栈橋が最も大きい。決定係数は、栈橋が0.83、矢板式係船岸が0.70、重力式係船岸が0.70、重力式防波堤が0.50であり、栈橋が最も大きい。

このことから、全ての構造形式で経年劣化傾向を示しており、特に栈橋は対数近似で表すと他の構造形式と比較して最もよく説明でき、施設の性能低下の経年劣化の影響が最も大きい。また、近似曲線の係数より、栈橋は性能低下の進行も早いことが想定される。

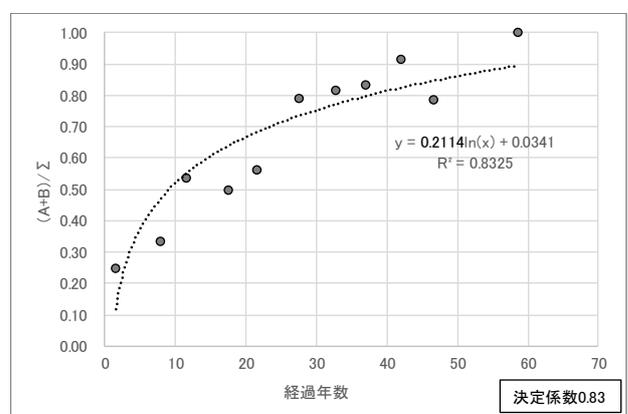


図-3.7 栈橋の経過年数5年毎に対する性能低下度(A+B)/Σの関係図

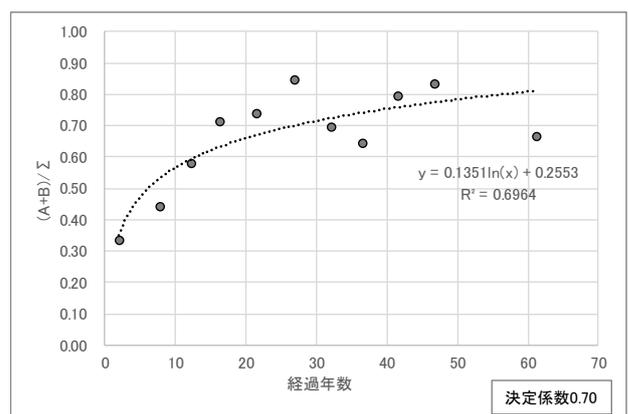


図-3.8 矢板式係船岸の経過年数5年毎に対する性能低下度(A+B)/Σの関係図

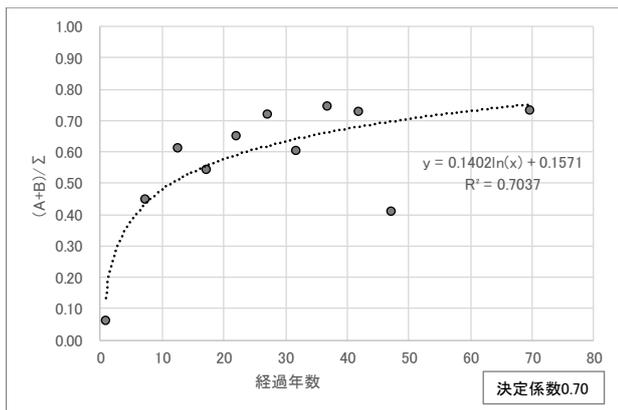


図-3.9 重力式係船岸の経過年数5年毎に対する性能低下度(A+B)/Σの関係図

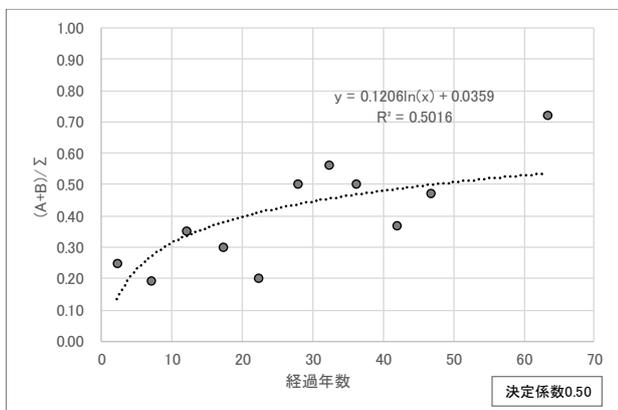


図-3.10 重力式防波堤の経過年数5年毎に対する性能低下度(A+B)/Σの関係図

3.2 栈橋の劣化傾向

(1) 点検率

栈橋の対象施設数(134施設)に対する点検項目毎の点検数の割合を(以下、「点検率」という。),一般点検項目を図-3.11に,詳細点検項目を図-3.12に示す。一般点検項目は栈橋法線の点検率が一番高く,続いて上部工下面部である。被覆防食,電気防食,はしごが5割程度の点検率である。渡版と土留部状態の点検率は3割強と低い。

土留部状態については土留部の構造形式に従って,矢板式係船岸や重力式係船岸の点検要領に準ずることになっているが,土留部を点検するには,船舶や潜水士を使って栈橋下部奥に進入する必要があるため,点検が実施されにくいと思われる。また,栈橋の点検診断なので栈橋の上部工や下部工に焦点が当てられ,土留部の点検診断が見落とされている可能性も考えられる。しかし,同じ栈橋下部へ進入して行う上部工下面部の点検率が高く

なっているのは,上部工下面部の重要性が高いからと認識される。

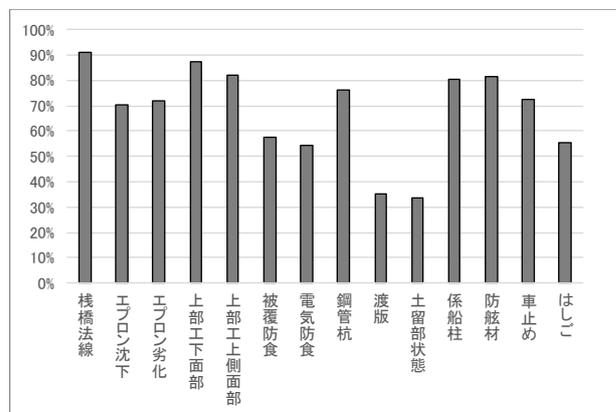


図-3.11 一般点検項目毎の点検率(栈橋)

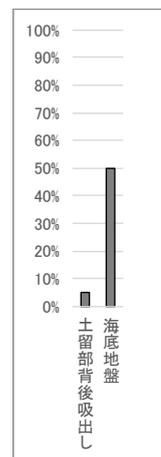


図-3.12 詳細点検項目毎の点検率(栈橋)

(2) 点検項目別分類

a) 施設全体

点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-3.13に示す。栈橋法線とエプロン沈下は性能低下度Aがない。性能低下度A+Bの割合が1割以下の項目は栈橋法線,土留部状態,海底地盤である。エプロン沈下の性能低下度Aはないが,性能低下度Bのみで2割となる。上部工下面部を見ると性能低下度A+Bが48%と半数近くあり,その内,性能低下度Aが36%と非常に高い。さらに,性能低下度Aが全体45%に対して上部工下面部での割合が36%と高い。鋼管杭,被覆防食,鋼管杭を見ると性能低下度A+Bの割合がどれも2割強となっており,上部工下面部に次いで高い割合である。

このことから,栈橋の施設の性能低下は,上部工下面部の性能低下に大きく影響され,続いて鋼管杭,被覆防

食，電気防食の下部工に影響されていると想定される。

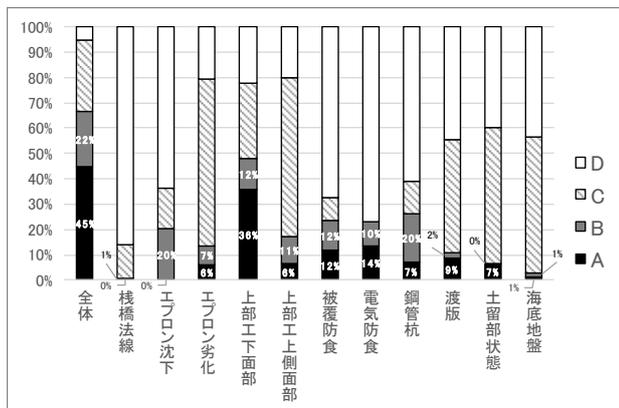


図-3.13 点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

※性能低下度AとBのみ%を表示

点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合をさらに経過年数10年毎に分けて比較した (図-3.14~図-3.18) . 経過年数0~9年 (図-3.14) は性能低下度Aがなく，上部工下面部，上部工上側面部，被覆防食，鋼管杭で性能低下度Bが発生している。経過年数10~19年 (図-3.15) は上部工下面部，上部工上側面部，被覆防食，鋼管杭，渡版，土留部状態，海底地盤で性能低下度Aが発生している。上部工下面部に着目すると，経過年数0~9年 (図-3-14) を除いた年代で常に上部工下面部の性能低下度Aの割合および性能低下度A+Bの割合が一番高く，次いで下部工 (鋼管杭，被覆防食，電気防食) が高い。さらに，経過年数が増えるにつれて上部工下面部と下部工 (鋼管杭，被覆防食，電気防食) の性能低下度A+Bの割合も増えていく傾向にある。他の項目は性能の低下が少なく経年劣化傾向が弱い。

このことから，いずれの年代も上部工下面部の性能低下が施設の性能低下に最も強く影響している可能性が高い。また，上部工下面部に次いで下部工 (鋼管杭，被覆防食，電気防食) の性能低下が大きいので，栈橋では上部工下面部と下部工 (鋼管杭，被覆防食，電気防食) が施設の性能低下の要因と考えられる。

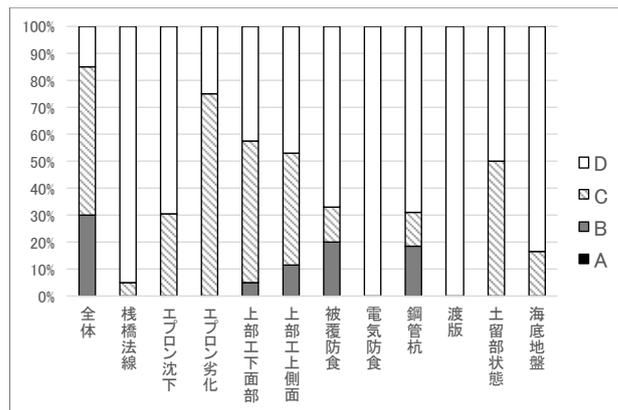


図-3.14 経過年数0~9年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

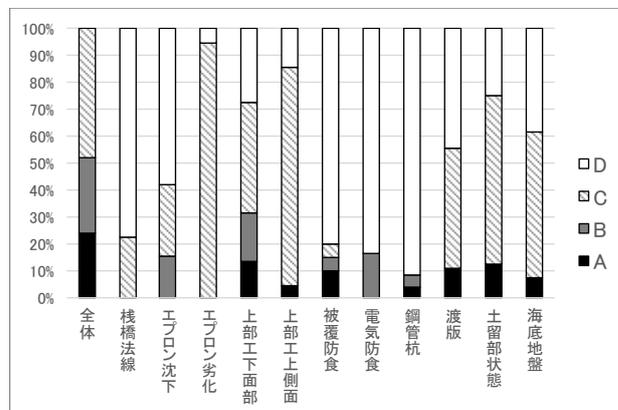


図-3.15 経過年数10~19年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

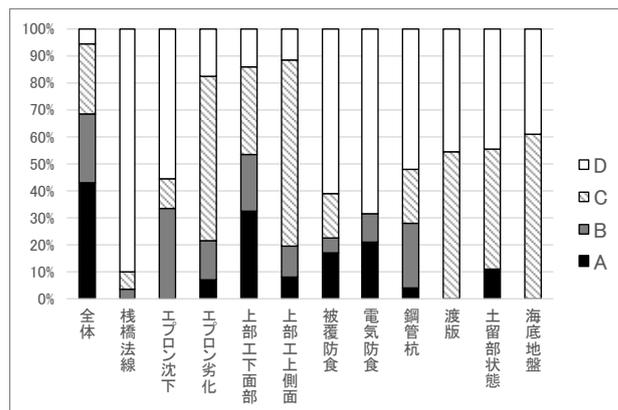


図-3.16 経過年数20~29年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

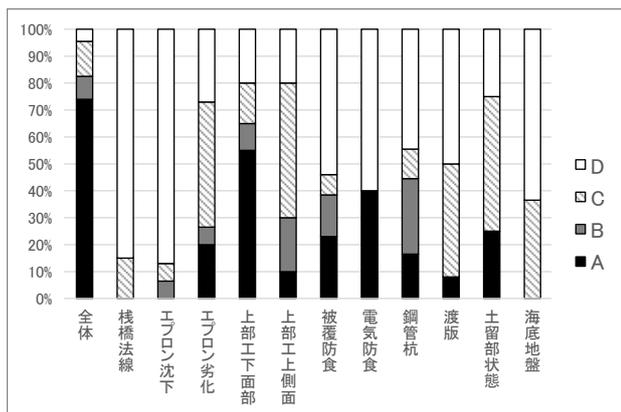


図-3.17 経過年数30～39年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（栈橋）

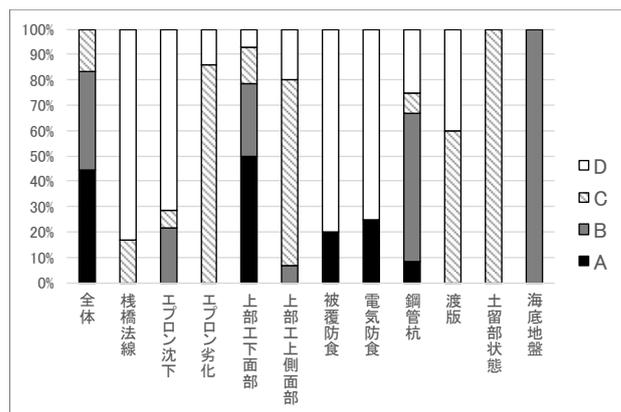


図-3.19 水深-4.5m未満の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（栈橋）

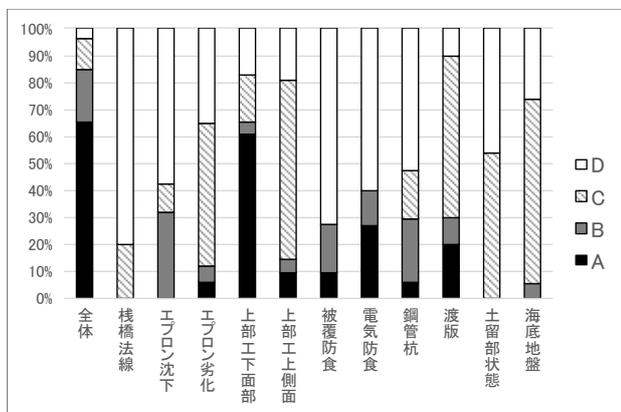


図-3.18 経過年数40～49年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（栈橋）

※経過年数50年以上は施設数が少ないため除く。

b) 水深

点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を水深（水深-4.5m未満，水深-4.5m以上-10m未満，水深-10m以上）に分けて比較した（図-3.19～図-3.21）。上部工下面部の性能低下度A+Bの割合が常に一番高く，水深-4.5m未満で約8割，水深-4.5m以上-10m未満で約5割，水深-10m以上で約3割となっており，水深が深いほど，割合が低くなる。他の項目については一定の傾向が見られない。ここで，水深-4.5m未満の海底地盤は対象が1施設のため参考値とする。

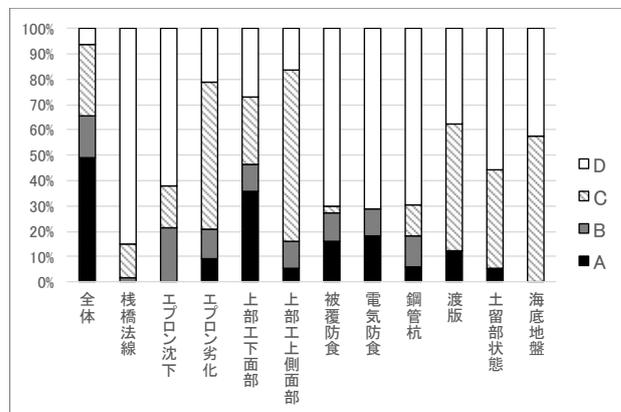


図-3.20 水深-4.5m以上-10m未満の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（栈橋）

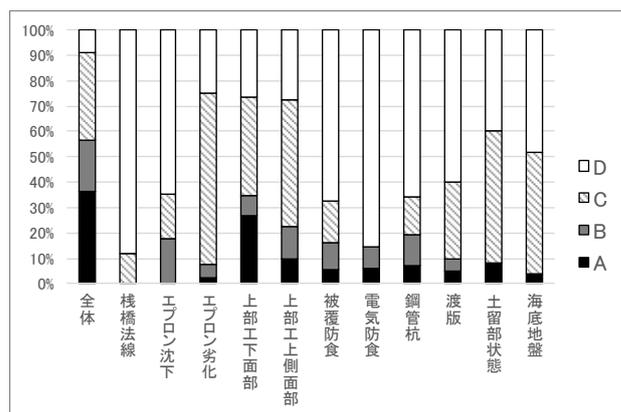


図-3.21 水深-10m以上の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（栈橋）

さらに水深別の上部工下面部に着目して経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合を比較した（図-3.22～図-3.24）。

水深-4.5m未満の上部工下面部の性能低下度A+Bの割合は経過年数0~19年はなく、経過年数20~29年から約6割となり、経過年数30~39年で10割となる。また、経過年数50年以上では性能低下度Aの割合も10割となる。

水深-4.5m以上-10m未満の上部工下面部では性能低下度A+Bの割合は経過年数0~9年はなく、経過年数20~29年で3割を超え、その後徐々に増え、経過年数50年以上では性能低下度Aの割合で10割となる。

水深-10m以上の上部工下面部は経過年数0~9年から性能低下度Bが発生し、経過年数20~29年で5割を超え、経過年数40~49年で約6割となる。経過年数が増えるにつれて性能低下度A+Bの増加割合が、水深が深いほど、緩やかになっていることがわかる。

このことから、水深が深い施設は対象船舶の規格が大きいため施設の構造も大きくなり、上部工下端高も高くなる場合が多い。このため、上部工下端高と水面との離隔距離が大きくなることで、海水の飛沫による塩害の影響も少なくなって劣化の進行が小さくなる結果となった可能性があるとして推測される。一方で、上部工下端高と水面との離隔距離に関係の深い潮位差の違いで分析したところ、今回は同様の傾向は把握できなかった。

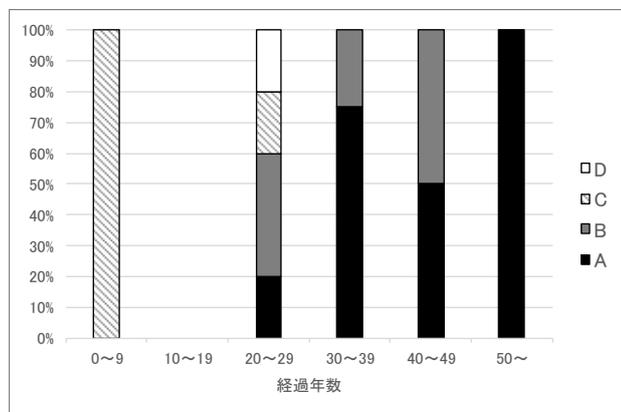


図-3.22 水深-4.5m未満の上部工下面部の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合（栈橋）
※経過年数10~19年は該当施設なし

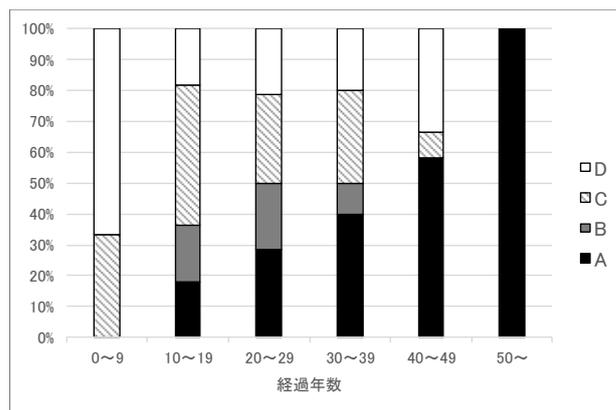


図-3.23 水深-4.5m以上-10m未満の上部工下面部の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合（栈橋）

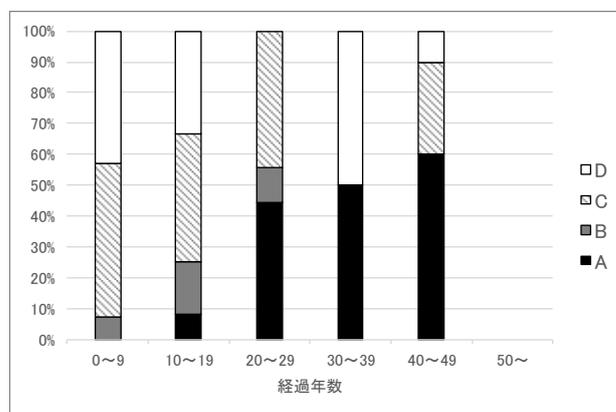


図-3.24 水深-10m以上の上部工下面部の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合（栈橋）
※経過年数50年以上は該当施設なし

(3) 上部工下面部の各部材の劣化度

a) 劣化度判定方法

通常、栈橋の上部工下面部の劣化度判定方法は、梁や床版の各部材毎に劣化度の判定を行い、各部材毎の劣化度を集計し、その割合から1ブロックの劣化度を判定するが、今回は簡易的に集計し、判定を行った。各部材毎の判定は通常通り劣化度a, b, c, dで判定する。次に1ブロックを海側、中央、陸側の3つに分け、区分した範囲内の各部材の劣化度の中で最も高いもので区分毎に劣化度の判定を行う。例えば、海側の区分内に劣化度aが1つでもあればa判定、劣化度aがなく劣化度bが1つでもあればb判定とした。

b) 劣化度集計および判定

a)の方法で集計、判定を行った結果を表-3.1に示す。

集計結果を見ると、梁と床版では梁の方が、劣化度 a が非常に多い。梁では劣化度 a が海側に一番多く、続いて陸側、最後に中央となる。劣化度 b は陸側が一番多く、続いて海側、中央となる。床版では劣化度 a が少ないが、陸側と中央で同じ、続いて海側となる。劣化度 b および劣化度 c も少なく、ほとんどの部材で劣化度 d である。

このことから、梁と床版を比較すると、海水面に近い梁の方が塩害の影響で劣化の進行が早いことが想定される。また、梁の中では大きな波が当たりやすい海側の梁の劣化の進行が一番早く、次に栈橋下部に進入した波が土留部で跳ね返り、その波しぶきがあたる陸側の梁の劣化の進行が早いと想定される。これは、既存文献⁹⁾からも海側と陸側の梁は中央に比べて表面塩化物イオン濃度が高いことが示されている。床版の中では場所によらずほとんどの部材で劣化度 d であるので、床版は部材の場所の違いによらず梁と比べて劣化進行が遅い結果になった。

表-3.1 上部工下面部の各部材の劣化度集計表

部材	ブロック	a	b	c	d
梁	陸	15	12	17	14
	中央	6	6	25	21
	海	28	7	14	9
床版	陸	6	0	4	49
	中央	6	1	2	47
	海	3	2	5	49

3.3 矢板式係船岸の劣化傾向

(1) 点検率

矢板式係船岸の対象施設数(292施設)に対する点検項目毎の点検数の割合を、一般点検項目を図-3.25に、詳細点検項目を図-3.26に示す。一般点検項目は上部工の点検率が一番高く、続いて岸壁法線である。一方で、被覆防食と電気防食、はしごの点検率が5割前後と低くなっている。詳細点検項目は海底地盤の点検率が約6割と、詳細点検項目としては高い数値である。海底地盤については港湾管理者等が重要視していることが1つの要因と思われる。

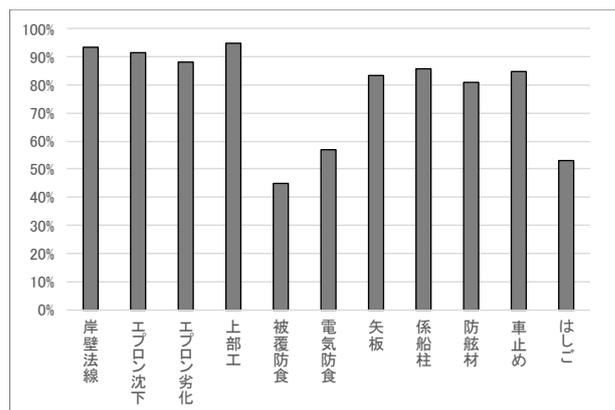


図-3.25 一般点検項目毎の点検率(矢板式係船岸)

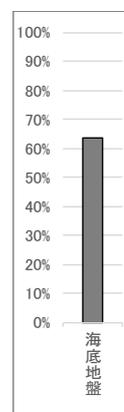


図-3.26 詳細点検項目毎の点検率(矢板式係船岸)

(2) 点検項目別分類

a) 施設全体

点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-3.27に示す。性能低下度Aの割合は電気防食が20%と一番高く、続いて矢板が11%である。その他の項目は1割未満で岸壁法線は性能低下度Aがない。性能低下度Bの割合はエプロン沈下が35%と一番高く、続いて電気防食が14%である。特にエプロン沈下が他の項目と比べて非常に高い。性能低下度A+Bの割合はエプロン沈下が40%と一番高く、続いて電気防食が34%である。上部工、矢板、海底地盤が2割前後であり、岸壁法線は性能低下がほとんどない。

また、鋼矢板式係船岸の変状連鎖¹⁰⁾の一部を図-3.28に示す。変状連鎖図では陽極の脱落や消耗が鋼矢板の腐食に繋がり、鋼矢板の開孔を招くことにより裏込土を吸出し、エプロン下の空洞化を発生させるという流れとなっている。以上から、電気防食の性能低下が矢板の性能低下に影響しており、矢板が腐食することにより吸出し空洞化の影響でエプロン沈下が進行していると考えられ

る。

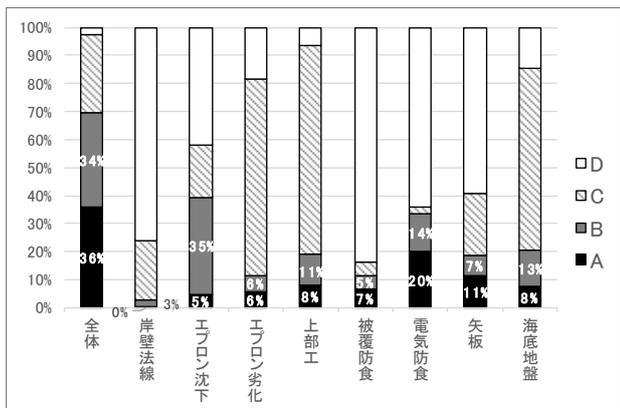


図-3.27 点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)
※性能低下度AとBのみ%を表示

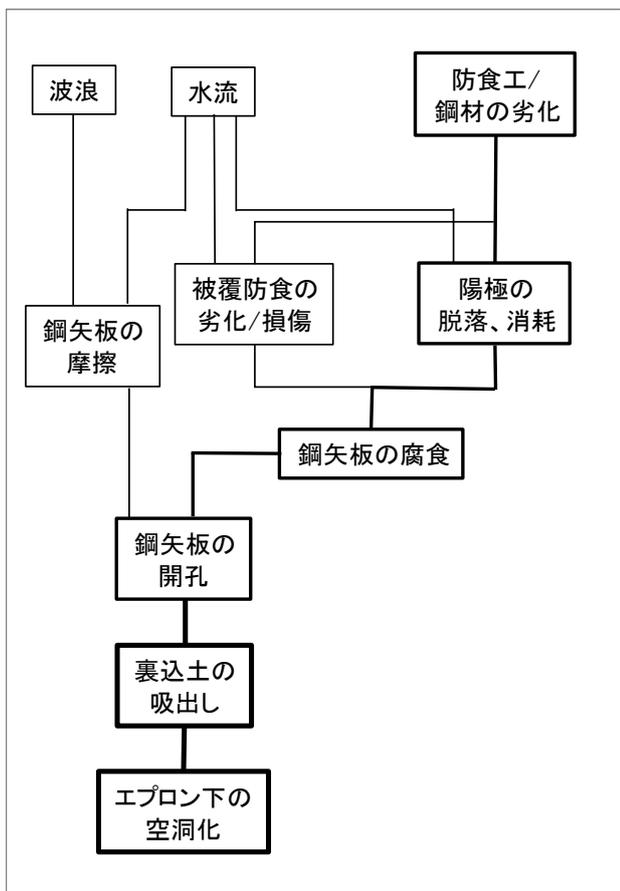


図-3.28 鋼矢板式係船岸の変状連鎖 (抜粋)

さらに、矢板と電気防食に着目し、経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合を比較した(図-3.29, 図-3.30)。矢板と電気防食の経過年数10年毎の性能低下度A+Bの割合を比較すると、性能低下度A+Bの経過年数

による割合の増減が矢板と電気防食ともに同じ傾向を示している。

このことから、電気防食の性能低下が矢板の性能低下に大きく影響していると確認できる。

また、図-3.27のエプロン沈下と矢板と電気防食の性能低下度A+Bの割合が高い関係と、図-3.29, 図-3.30の矢板と電気防食の経過年数による性能低下度A+Bの割合の推移の関係から、図-3.28の鋼矢板式係船岸の「陽極の脱落、消耗」, 「鋼矢板の腐食」, 「鋼矢板の開孔」, 「裏込土の吸出し」, 「エプロン下の空洞化」の一連の変状連鎖とも整合していることがわかる。

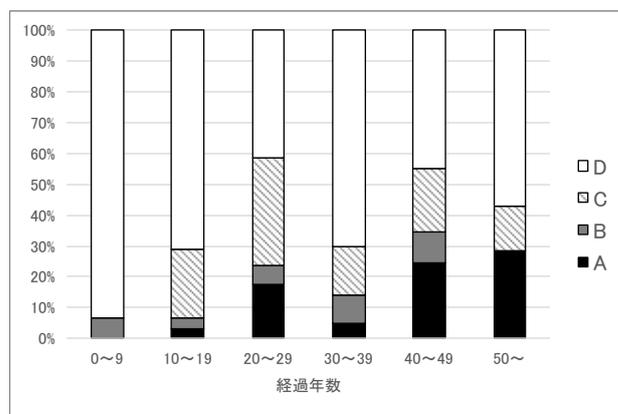


図-3.29 矢板の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

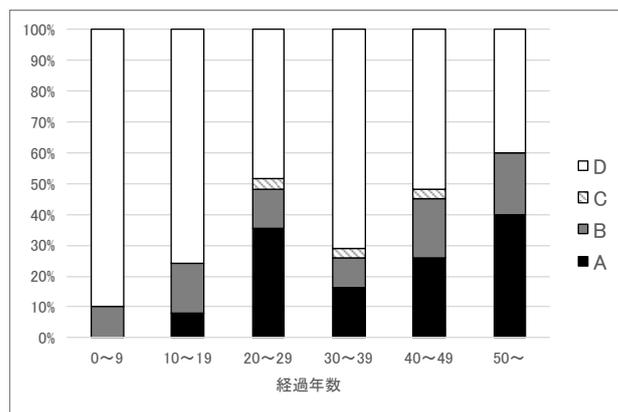


図-3.30 電気防食の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

b) 海底地盤

海底地盤に着目し、経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合を図-3.31に示す。性能低下度Bは経過年数0~9年から発生し、その後の割合は増減している。性能低下度Aは経過年数10~19年から発生し、その後の割合

は増減している。性能低下度A+Bの割合は横ばい傾向である。

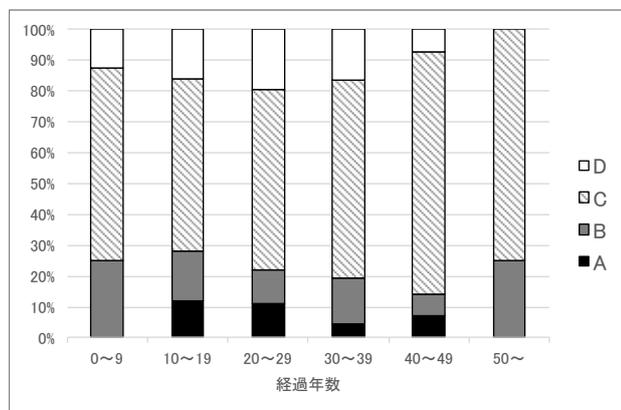


図-3.31 海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

海底地盤をさらに対象船舶の大きさと潮位差に分けて比較した。まず、対象船舶の大きさ (10,000D/W未満, 10,000D/W以上) で比較した (図-3.32, 図-3.33)。対象船舶10,000D/W未満の性能低下度A+Bの割合は、経過年数10~19年と経過年数30~39年で約2割, 経過年数40~49年で約1割である。対象船舶10,000D/W以上の性能低下度A+Bの割合は経過年数0~9年で約5割, その後徐々に減少し, 経過年数40~49年で2割弱である。経過年数50年以上は性能低下度A+Bはない。対象船舶10,000D/W以上の方に性能低下が多く見られた。

このことから、対象船舶の大きい方が、船舶プロペラが大きくなるので、船舶プロペラによる洗掘の影響を受けやすいことが考えられる。なお、洗掘は施設の経過年数に関係なく、発生する場合は初期段階で発生し、ほとんど劣化が進行しない(または逆に進行する)ことから、特定の対象船舶の影響等が想定される。

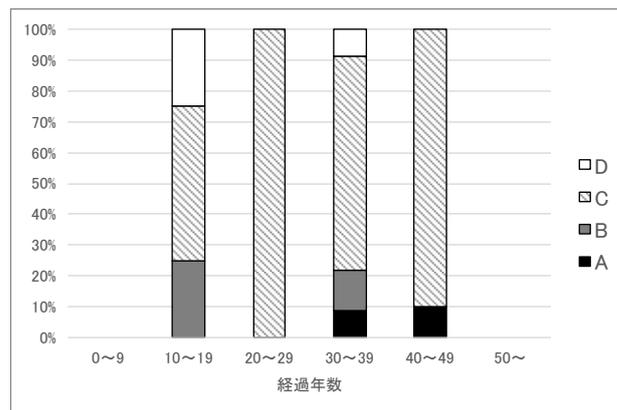


図-3.32 対象船舶10,000D/W未満の海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

※経過年数0~9年と50年以上は該当施設なし

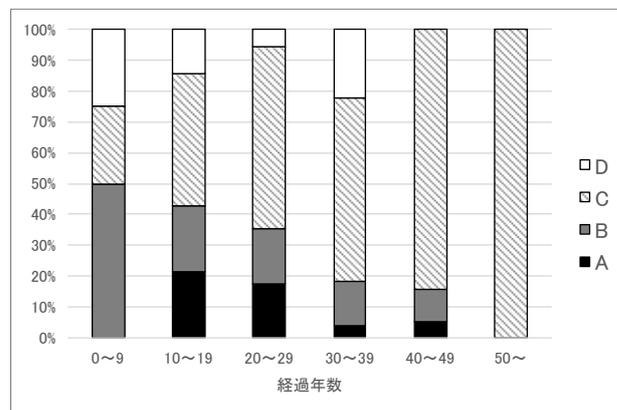


図-3.33 対象船舶10,000D/W以上の海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

次に、潮位差 (1m未満, 1m以上2m未満, 2m以上) で比較した (図-3.34~図-3.36)。潮位差1m未満は性能低下度Aが経過年数20~29年のみに発生している。性能低下度Bの割合は経過年数0~9年で7割近くあり、徐々に減少し、経過年数40~49年でなくなる。潮位差1m以上2m未満は経過年数0~19年では性能低下はなく、性能低下度Aの割合は経過年数20~29年のみで2割弱である。性能低下度Bは経過年数20~29年で発生し、経過年数50年で5割程度である。潮位差2m以上は経過年数10~49年で性能低下度Aが発生している。性能低下度Aの割合は潮位差1m未満ではほとんどないが、潮位差2m以上で高くなる。

このことから、潮位差が大きい施設の方が干潮時に船舶プロペラが海底地盤の近くなり、洗掘の影響を受け

やすいことが考えられる。なお、経過年数における性能低下については、対象船舶の大きさの分析と同様の理由で、当初の劣化状態が継続する傾向があると想定される。

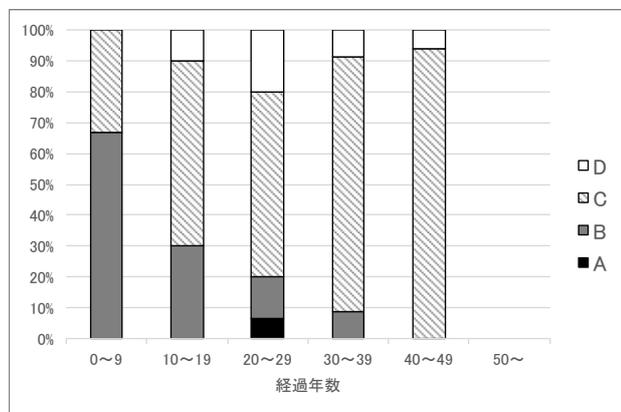


図-3.34 潮位差 1 m 未満の海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)
※経過年数50年以上は該当施設なし

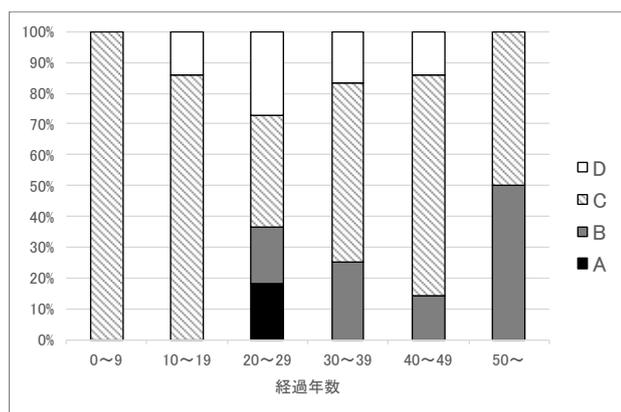


図-3.35 潮位差 1 m 以上 2 m 未満の海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

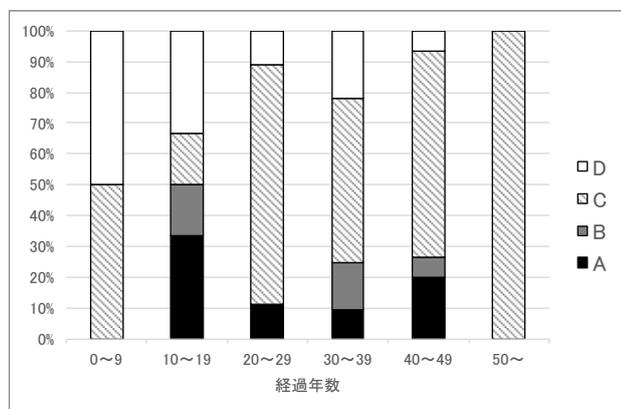


図-3.36 潮位差 2 m 以上の海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

3. 4 重力式係船岸の劣化傾向

(1) 点検率

重力式係船岸の対象施設数(515施設)に対する点検項目毎の点検数の割合を、一般点検項目を図-3.37に、詳細点検項目を図-3.38に示す。一般点検項目ははしごが他の項目と比べて点検率が低い、その他は全体的に高い傾向である。詳細点検項目はエプロン吸出しが他の項目より点検率が低い。エプロン吸出しの点検率が低いのは地中の空洞を測定するための専用の機器が必要なため、点検が実施されにくいと推測される。

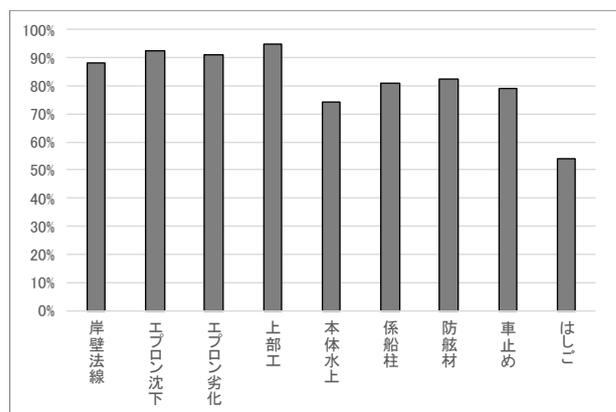


図-3.37 一般点検項目毎の点検率 (重力式係船岸)

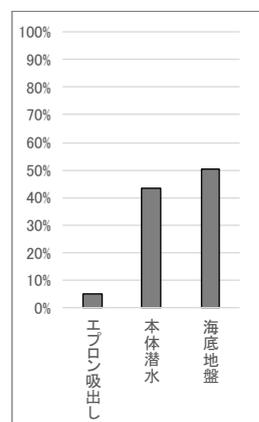


図-3.38 詳細点検項目毎の点検率 (重力式係船岸)

(2) 点検項目別分類

a) 施設全体

点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-3.39に示す。性能低下度Aの割合は全ての点検項目で1割以下と大きな違いが見られない。性能低下度Bの割合はエプロン沈下が32%と一番高く、続いてエプロン吸出しが16%であり、エプロン沈下の性能低下度Bの割合が他の点検項目と比べて非常に高い。

このことから、重力式係船岸の性能低下は特定の部材の影響が小さいと想定される。また、エプロン沈下の性能低下度Bの割合が高い要因は、既存文献¹¹⁾からも本土工目地からの吸出しの影響が大きいと想定される。

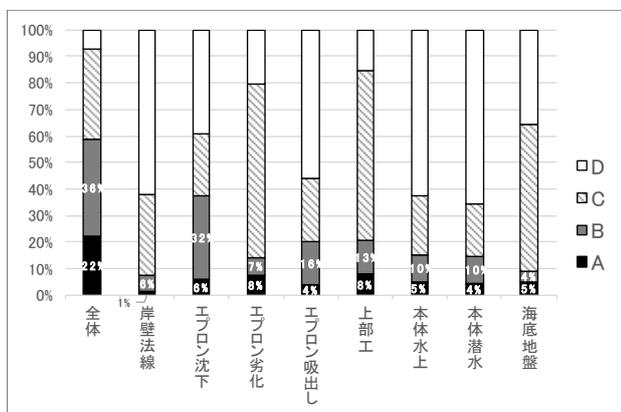


図-3.39 点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)
※性能低下度AとBのみ%を表示

b) 海底地盤

海底地盤に着目し、経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合を図-3.40に示す。性能低下度A+Bは経過年数0~9年ではなく、経過年数10~49年で1割前後、経過年数50年以上で3割弱となる。全体的に性能低下度A+Bの割合や割合の増加が少ない。

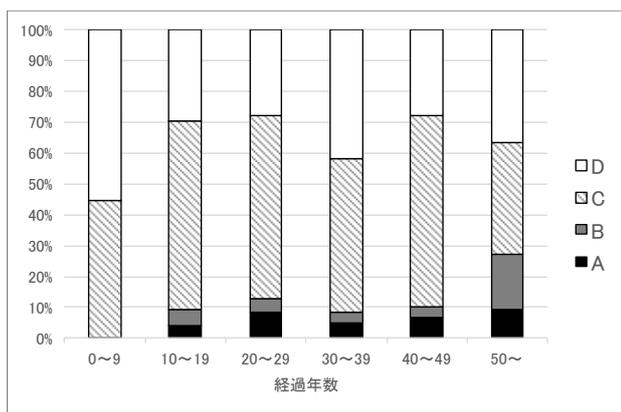


図-3.40 海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

海底地盤をさらに対象船舶の大きさ(10,000D/W未満, 10,000D/W以上)で比較した(図-3.41, 図-3.42)。対象船舶10,000D/W未満は経過年数10~19年で性能低下度Bが発生しているが、他の年代は性能低下度AおよびBがなく、性能低下がほとんど見られない。対象船舶10,000D/W以上は経過年数10~19年で性能低下度Bのみ、経過年数20~29年で性能低下度A+Bが約2割、経過年数30~39年で性能低下度A+Bが約1割である。

このことから、矢板式係船岸と同様に対象船舶の大きい方が、船舶プロペラが大きくなり、船舶プロペラによる洗掘の影響を受けやすいことが考えられる。一方で、既存文献⁷⁾からも重力式係船岸は一般的に基礎マウンドが設置されているため、矢板式係船岸ほど性能低下が見られないことが確認できる。また、矢板式係船岸では潮位差が大きいほど洗掘される傾向があったが、重力式係船岸では同様の傾向は把握できなかった。

このことから、矢板式係船岸と同様に対象船舶の大きい方が、船舶プロペラが大きくなり、船舶プロペラによる洗掘の影響を受けやすいことが考えられる。一方で、既存文献⁷⁾からも重力式係船岸は一般的に基礎マウンドが設置されているため、矢板式係船岸ほど性能低下が見られないことが確認できる。また、矢板式係船岸では潮位差が大きいほど洗掘される傾向があったが、重力式係船岸では同様の傾向は把握できなかった。

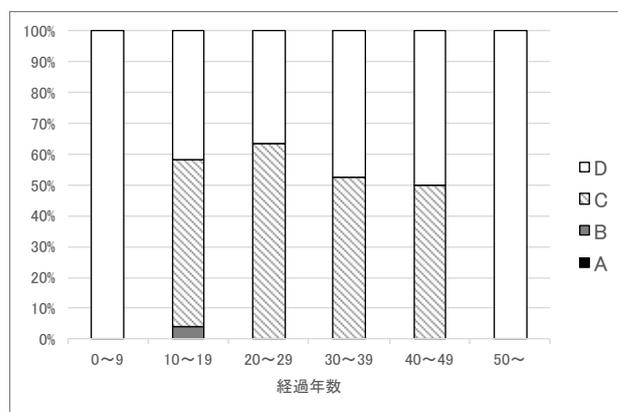


図-3.41 対象船舶10,000D/W未満の海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

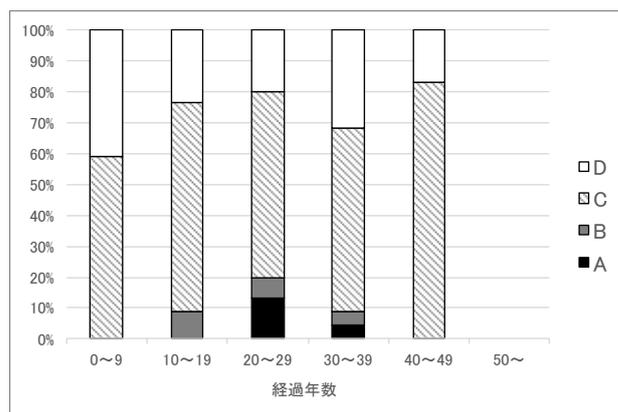


図-3.42 対象船舶10,000D/W以上の海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

※経過年数50年以上は該当施設なし

3. 5 重力式防波堤の劣化傾向

(1) 点検率

重力式防波堤の対象施設数(322施設)に対する点検項目毎の点検数の割合を、一般点検項目を図-3.43に、詳細点検項目を図-3.44に示す。一般点検項目は消波移動散乱と消波損傷の点検率が5割前後と他の項目と比べて低い。詳細点検項目は海底地盤の点検率が3割を超えているが、他の点検項目は2割前後と低い。係留施設では詳細点検項目にも関わらず海底地盤の点検率が高いが、重力式防波堤の点検率は低い。これは、防波堤が沖にあることに加え、消波工の存在により点検がより困難になっていることが原因と推測される。

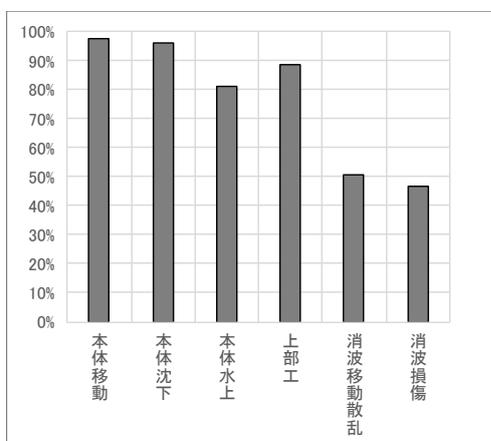


図-3.43 一般点検項目毎の点検率 (重力式防波堤)

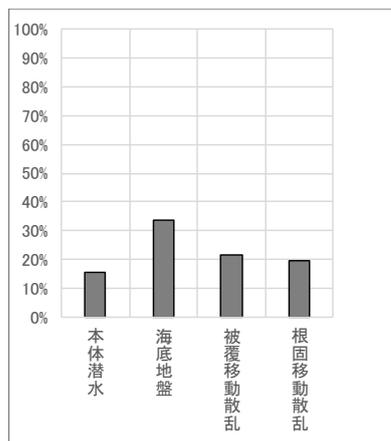


図-3.44 詳細点検項目毎の点検率 (重力式防波堤)

(2) 点検項目別分類

点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-3.45に示す。性能低下度Aの割合は上部工が22%と一番高く、続いて本体潜水が8%である。上部工以外は全て1割以下である。性能低下度A+Bの割合は上部工が33%と一番高く、続いて本体潜水が18%、本体水上が13%である。

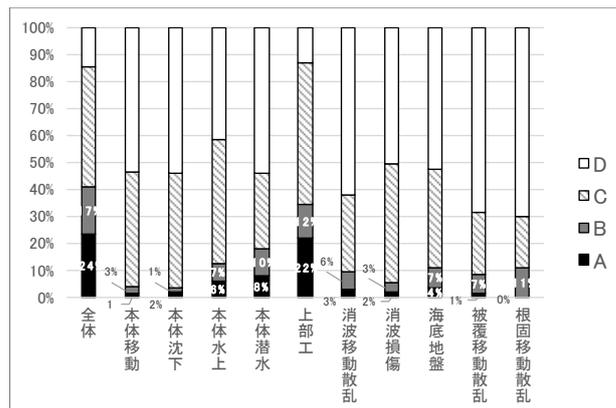


図-3.45 点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式防波堤)

※性能低下度AとBのみ%を表示

上部工に着目して、上部工の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合を図-3.46に示す。性能低下度A+Bは経過年数0~9年から発生し、経過年数が増えるにつれて性能低下度A+Bの割合がほとんどの年代で増えている。

このことから、重力式防波堤は上部工の経年劣化が施設全体の性能低下に大きく影響していると想定される。

なお、今回の点検結果からは坂田ら⁶⁾によってまとめられた消波ブロック被覆堤の本体工側壁の変状連鎖の関係は確認できなかった。

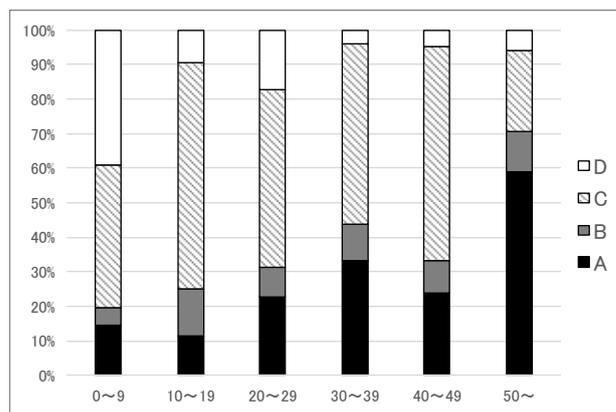


図-3.46 上部工の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式防波堤)

4. まとめ

今回、維持管理情報データベースに蓄積された維持管理計画書を用いて、記載されている施設の構造や自然条件、利用状況等の施設の諸元と初回点検診断結果を抽出

して、劣化傾向の分析を行うことで以下のことがわかった。

①対象施設全体の傾向

- ・性能低下度A+Bの割合と経過年数の関係から、栈橋は他の構造形式より経年劣化の影響が非常に大きく、施設の性能低下の進行も早い。
- ・栈橋の施設の性能低下度Aの割合が5割近くあり、他の構造形式と比べて非常に高い。

②栈橋の傾向

- ・上部工下面部の性能低下が非常に著しく、次に下部工（鋼管杭、被覆防食、電気防食）の性能低下が多い。また、両者ともに経年劣化傾向が著しい。
- ・水深が大きくなるほど、上部工下面部と水面との離隔距離が大きくなり、海水の飛沫による塩害が進行しにくいことが想定された。
- ・上部工下面部では床版より梁の劣化の進行が早く、梁では海側、陸側、中央の順で劣化することが想定された。
- ・一般点検項目の中で土留部の点検率が低い。

③矢板式係船岸の傾向

- ・性能低下度Aの割合は電気防食が一番高く、性能低下度Bはエプロン沈下が一番高く、また、矢板と電気防食の劣化傾向が類似している。

④重力式係船岸の傾向

- ・性能低下度Aの割合がどの点検項目でも1割程度であり、性能低下度Bの割合がエプロン沈下のみ3割を超えている。

⑤重力式防波堤の傾向

- ・上部工の性能低下が施設全体の性能低下に影響している。

上記の結果から、栈橋、矢板式係船岸、重力式係船岸、重力式防波堤の点検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。

①対象施設全体の留意点

- ・他の構造形式と比べて栈橋の点検を重視する。

②栈橋の留意点

- ・栈橋の点検は上部工下面部を最も優先し、続いて下部工（鋼管杭、被覆防食、電気防食）の関連部材を優先に点検する。
- ・上部工下面部と水面との離隔距離が小さい施設ほど、劣化が進行している可能性が高いので注意が必要である。
- ・上部工下面部では特に海側の梁と陸側の梁の劣化が進行している可能性が高いので注意が必要である。
- ・栈橋の土留部は矢板式係船岸や重力式係船岸と類似の

構造であるため、エプロン沈下・陥没への配慮から、土留部や土留部背後のエプロンの点検率を上げる必要がある。

③矢板式係船岸の留意点

- ・劣化割合の大きいエプロン沈下を念頭に、電気防食から矢板、矢板からエプロン沈下の変状連鎖に照らして点検を実施する。

④重力式係船岸の留意点

- ・部材や経年的な特徴は確認困難であったが、エプロンが劣化している施設が多かったのでエプロンの点検を重視する。

⑤重力式防波堤の留意点

- ・上部工が劣化している施設が多かったので上部工の点検を重視する。

5. おわりに

本研究では、維持管理情報データベースに蓄積されている維持管理計画書から施設の諸元や初回点検診断の項目を抽出し、栈橋、矢板式係船岸、重力式係船岸の係留施設と重力式防波堤の劣化傾向の分析を行った。しかし、これはまだ一部分の分析であり、各部材毎の劣化度の分析や諸元別等の多様な分析が必要である。また、今回抽出した中には情報量が少ない項目や点検率の低い点検項目もあり、さらには点検結果のない維持管理計画書もあった。今後は点検率の向上や維持管理計画書の登録数の増加を推進する必要がある。

今回の対象施設数は全国の係留施設や防波堤の数からするとまだまだ少ない。維持管理情報データベースは平成28年度から運用が開始され、まだ2年足らずであり、現在も日々情報が更新されている。また、維持管理情報データベースには定期点検結果等も登録されているので、今後、蓄積されたデータを用いて分析することで精度の高い結果が得られると思われる。

(2018年2月14日受付)

謝辞

最後に本研究にあたって、港湾施工システム・保全研究室の坂田憲治主任研究官、鈴木啓介施工システム第一係長、吉田英治交流研究員には、貴重なご意見を頂きました。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：港湾施設の維持管理の現状と課

題，平成26年度 港湾施設の維持管理に関する技術講習会資料，2015.

- 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，財団法人 沿岸技術研究センター，2007.
- 3) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き，財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター，2007.
- 4) 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.
www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr5_000051.html
 2018年2月7日アクセス
- 5) 国土交通省港湾局：港湾の施設の維持管理計画策定ガイドライン，2015.
www.mlit.go.jp/kowan/kowan_fr5_000051.html
 2018年2月7日アクセス
- 6) 坂田憲治，井山繁，藤井敦，宮田正史：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外側壁の変状傾向に関する一考察，国土技術政策総合研究所資料 第918号 2016.
- 7) 高野向後，井山繁，坂田憲治，藤井敦，宮田正史，西岡悟史：港湾施設の点検診断結果を踏まえた維持管理における配慮事項に関する検討，国土技術政策総合研究所資料 第921号 2016.
- 8) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き（増補改訂版），財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター，2008.
- 9) 網野貴彦，大即信明，斎藤豪，羽瀧貴士：栈橋上部工の空間的位置の違いが塩化物イオン浸透性状および鉄筋の腐食速度に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 32，No. 1，2010.
- 10) 加藤絵万，川端雄一郎，岩波光保，横田弘，山路徹，藤井敦，内藤英春，北澤壮介，井上博士，柏原裕彦，末岡英二，吉田倫夫，山本修司，中野則夫，稲田勉：係留施設の変状連鎖と点検診断に関する一考察，港湾空港技術研究所資料，No. 1328，2016
- 11) 佐藤徹，加藤絵万，川端雄一郎，岡崎慎一郎：港湾施設の空洞化調査に関する報告，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol. 70，No. 2，2014.

付録A 栈橋の分析の補足

(1) 上部工下面部，鋼管杭，被覆防食，電気防食の経過年数毎の性能低下度

上部工下面部，鋼管杭，被覆防食，電気防食の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合を図-A. 1～図-A. 4に示す。

3. 2 (2) a) 図-3. 14～図-3. 18の補足資料とする。

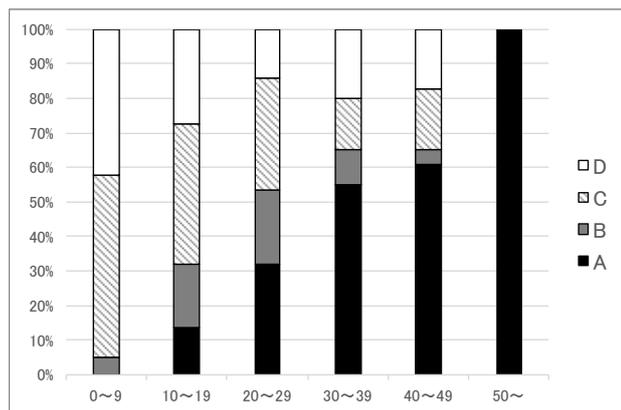


図-A. 1 上部工下面部の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

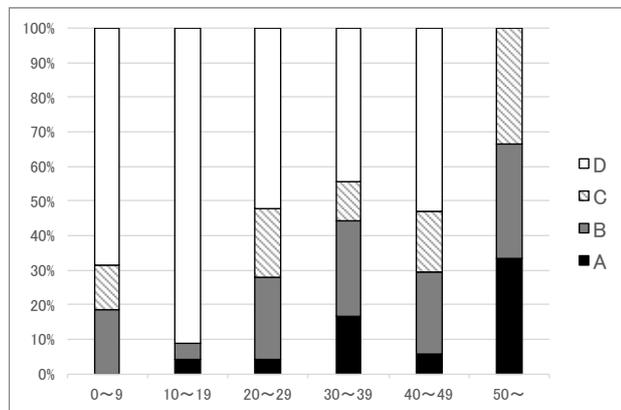


図-A. 2 鋼管杭の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

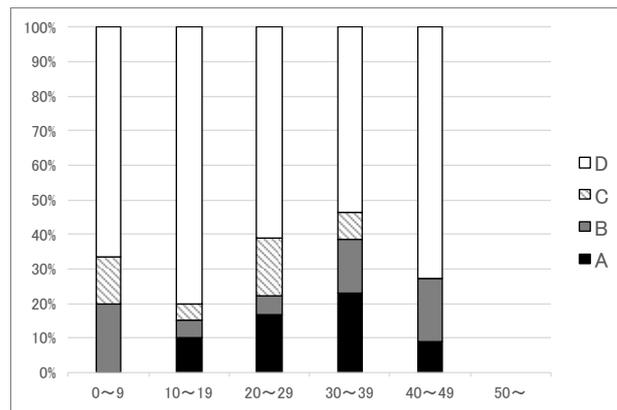


図-A. 3 被覆防食の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)
※経過年数50年以上は該当施設なし

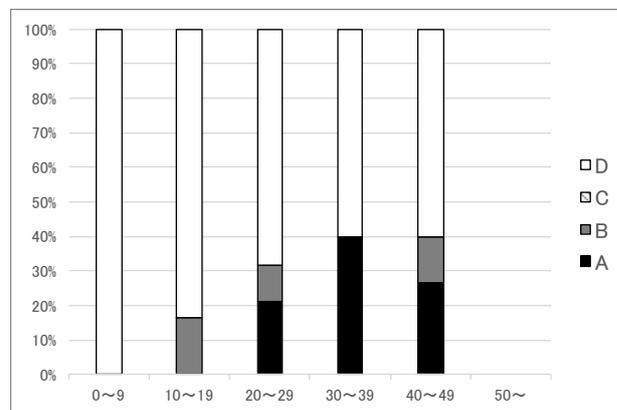


図-A. 4 電気防食の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)
※経過年数50年以上は該当施設なし

(2) 潮位差別の上部工下面部の経過年数毎の性能低下度
潮位差別の上部工下面部の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合を図-A. 5～図-A. 7に示す。3. 2 (2) b) 図-3. 22～図-3. 24の補足資料とする。潮位差の違いでは同様な傾向は見られない。

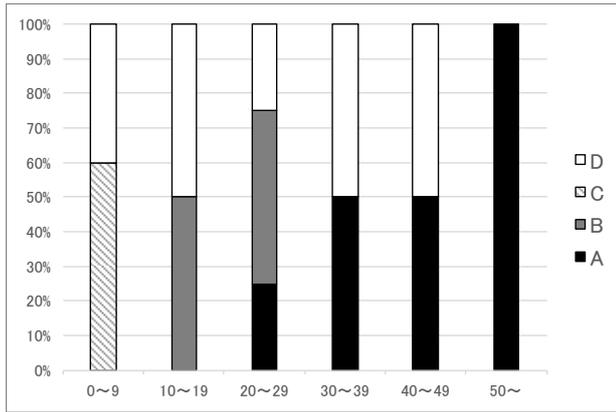


図-A.5 潮位差 1 m未満の上部工下面部の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

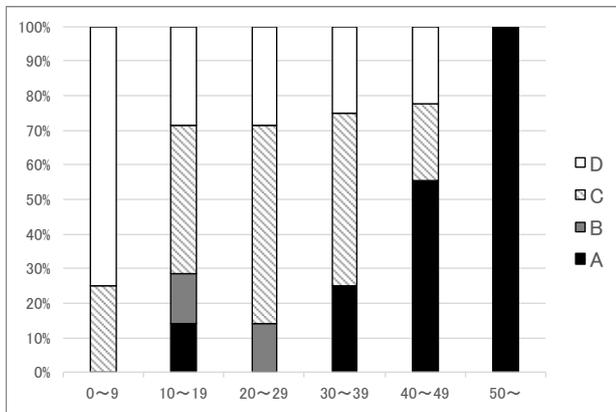


図-A.6 潮位差 1 m以上 2 m未満の上部工下面部の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

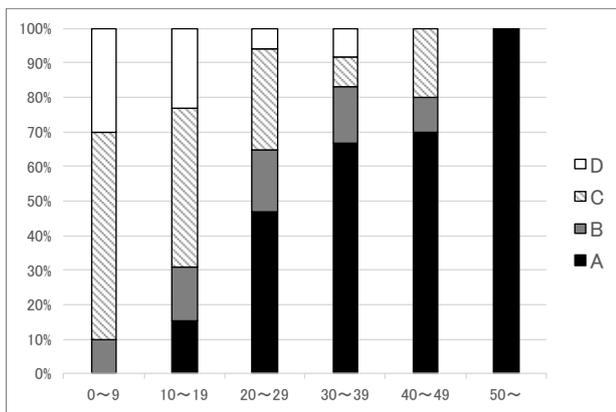


図-A.7 潮位差 2 m未満の上部工下面部の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

(3) 海底地盤の経過年数毎の性能低下度

海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の

割合を図-A.8に示す。3.3 (2) b) 図-3.31, 3.4 (2) b) 図-3.40との比較資料とする。経過年数10~19年で性能低下度Aの割合が1割弱と経過年数40~49年で性能低下度Bの割合が1割弱であり、ほとんど性能低下が見られない。

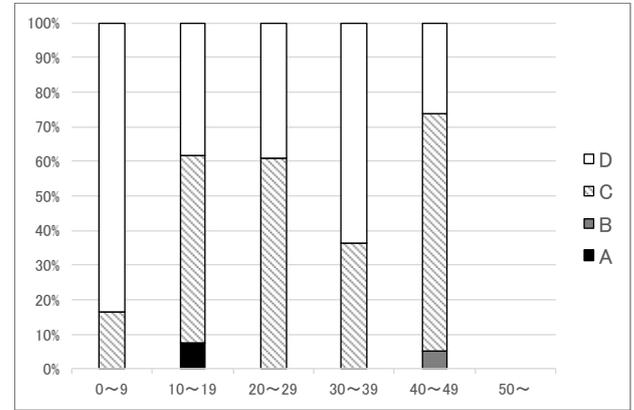


図-A.8 海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合 (栈橋)

※経過年数50年以上は該当施設なし

付録B 矢板式係船岸の分析の補足

(1) 経過年数別の点検項目毎の性能低下度

経過年数10年別の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-B.1～図-B.6に示す。3.3(2) a) 図-3.27の補足資料とする。特徴的な傾向は見られない。

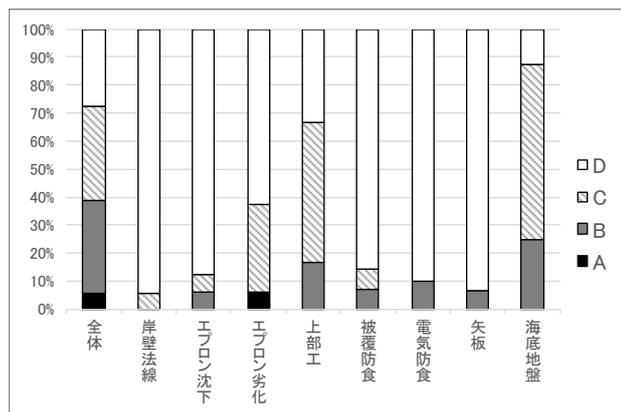


図-B.1 経過年数0～9年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

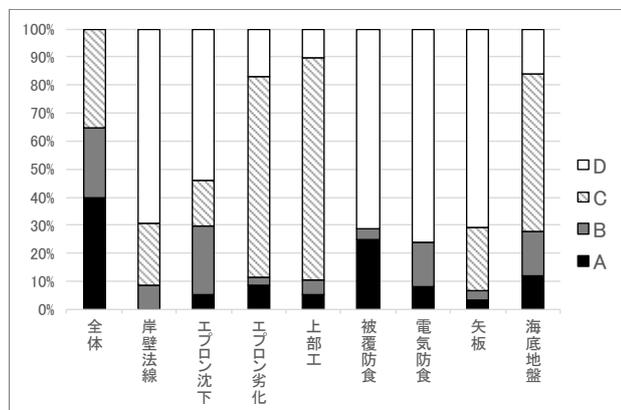


図-B.2 経過年数10～19年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

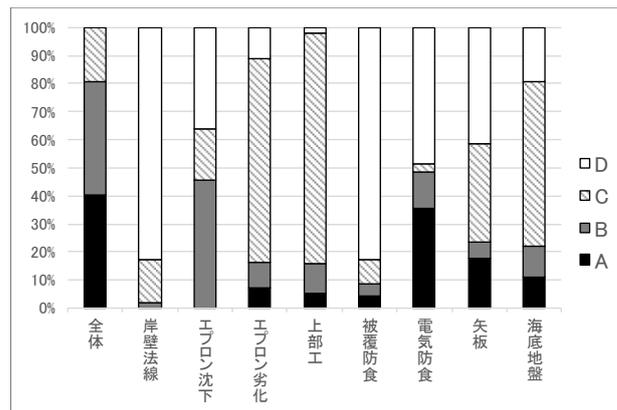


図-B.3 経過年数20～29年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

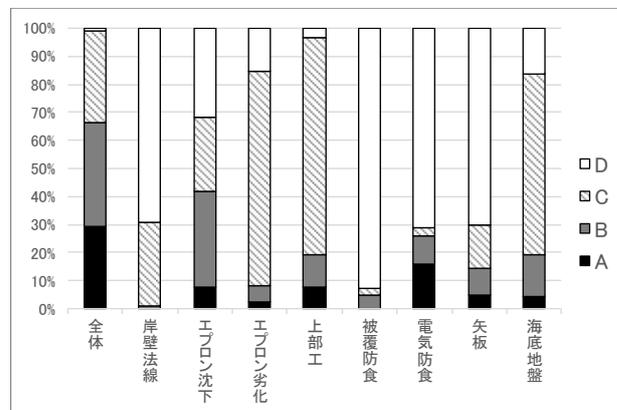


図-B.4 経過年数30～39年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

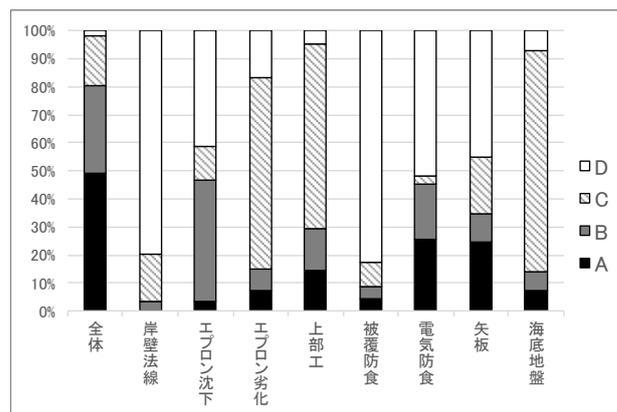


図-B.5 経過年数40～49年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

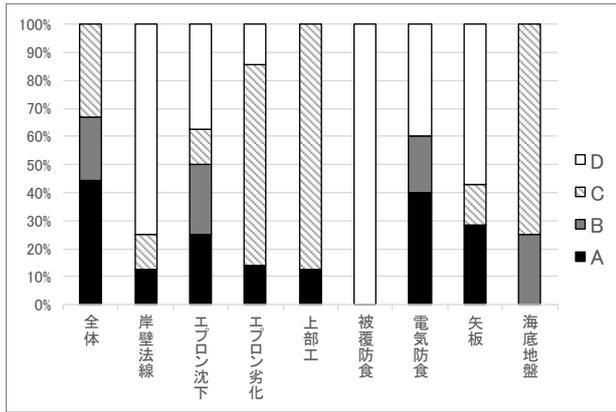


図-B.6 経過年数50年以上の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

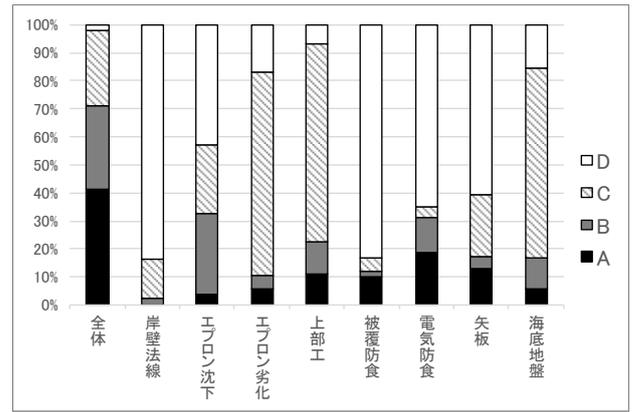


図-B.8 水深-4.5m以上-10m未満の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

(2) 水深別の点検項目毎の性能低下度

水深別の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-B.7～図-B.9の示す。3.2(2) b) 図-3.19～図-3.21との比較資料とする。水深の違いによる性能低下の特徴は見られない。

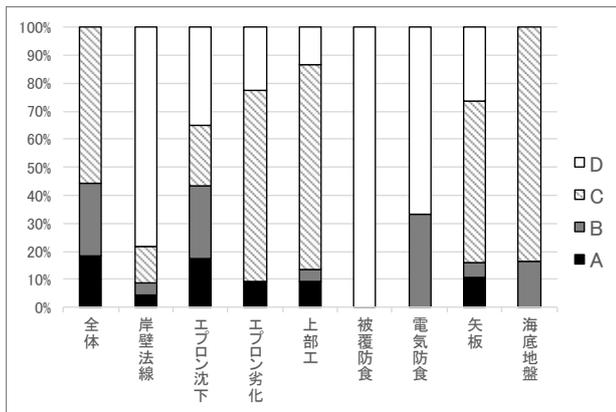


図-B.7 水深-4.5m未満の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

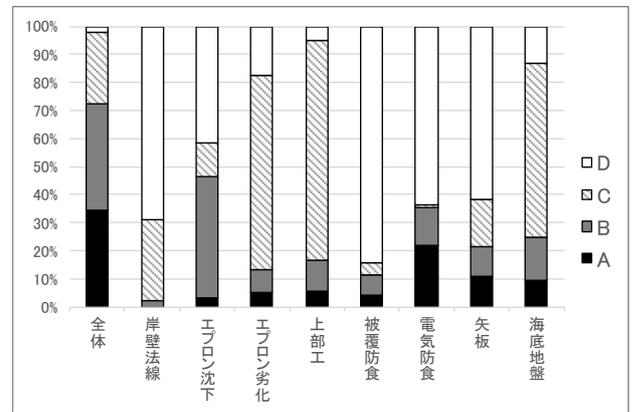


図-B.9 水深-10m以上の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (矢板式係船岸)

付録C 重力式係船岸の分析の補足

(1) 経過年数別の点検項目毎の性能低下度

経過年数10年別の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-C.1～図-C.6に示す。3.4(2) a) 図-3.39の補足資料とする。特徴的な傾向は見られない。

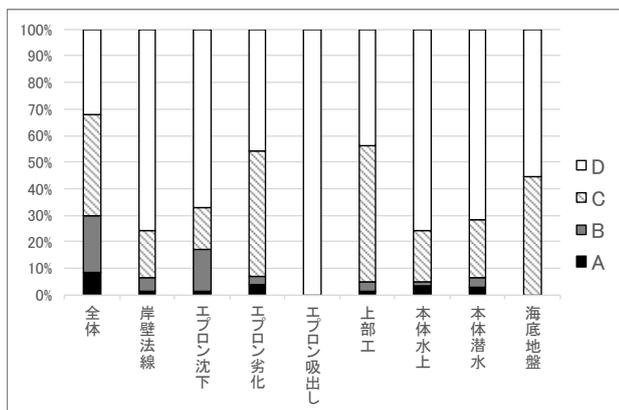


図-C.1 経過年数0～9年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

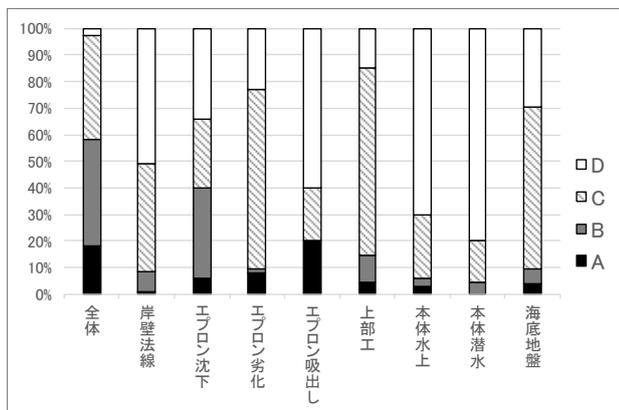


図-C.2 経過年数10～19年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

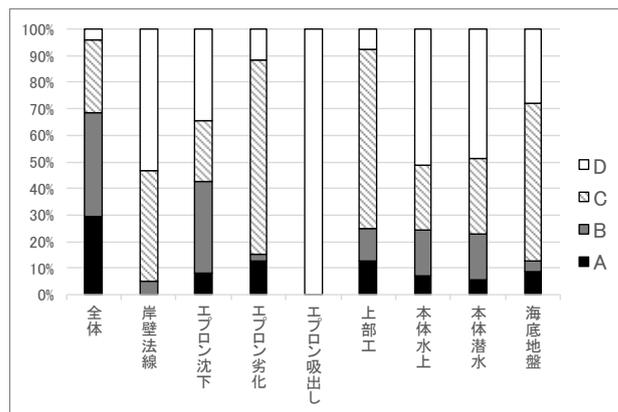


図-C.3 経過年数20～29年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

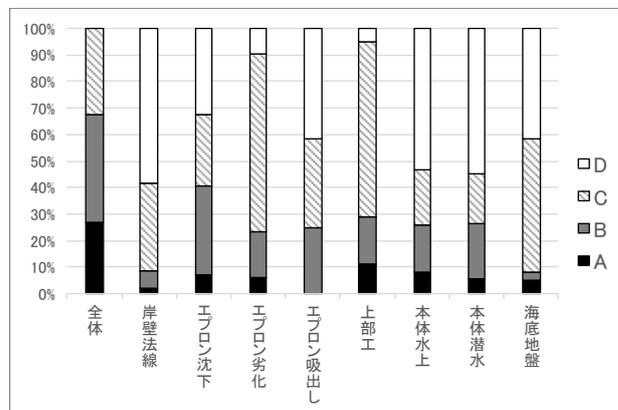


図-C.4 経過年数30～39年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

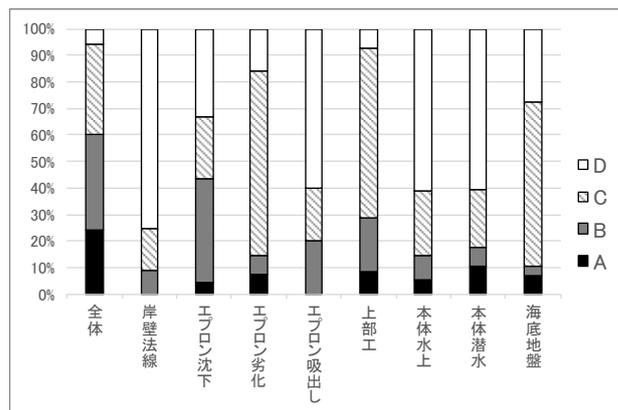


図-C.5 経過年数40～49年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

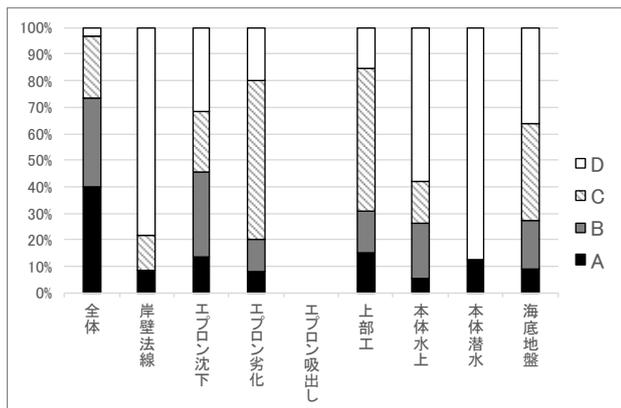


図-C.6 経過年数50年以上の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（重力式係船岸）
※エプロン吸出しの点検結果なし

(2) 水深別の点検項目毎の性能低下度

水深別の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-C.7～図-C.9に示す。3.2(2)b)との比較資料とする。水深の違いによる性能低下の特徴は見られない。

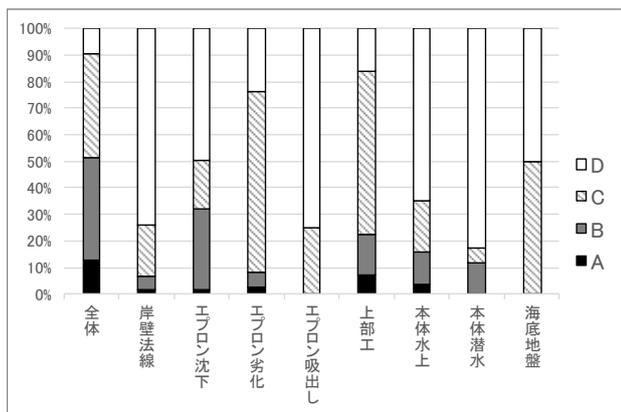


図-C.7 水深-4.5m未満の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（重力式係船岸）

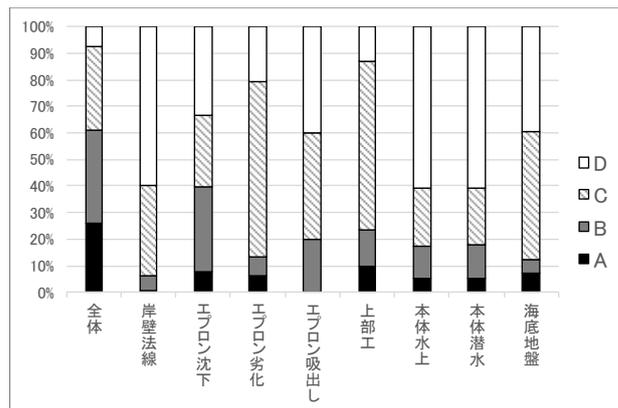


図-C.8 水深-4.5m以上-10m未満の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（重力式係船岸）

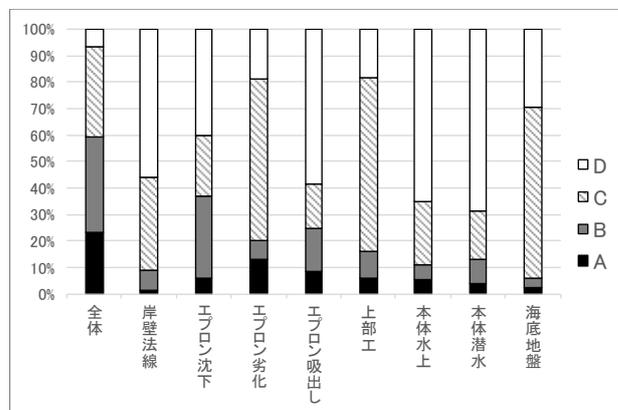


図-C.9 水深-10m以上の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合（重力式係船岸）

(3) 潮位差別の海底地盤の経過年数毎の性能低下度

潮位差別の海底地盤の経過年数10年毎の各性能低下度の施設数の割合を図-C.10～図-C.12に示す。3.4(2)b)の補足資料とする。潮位差の違いによる性能低下の特徴は見られない。

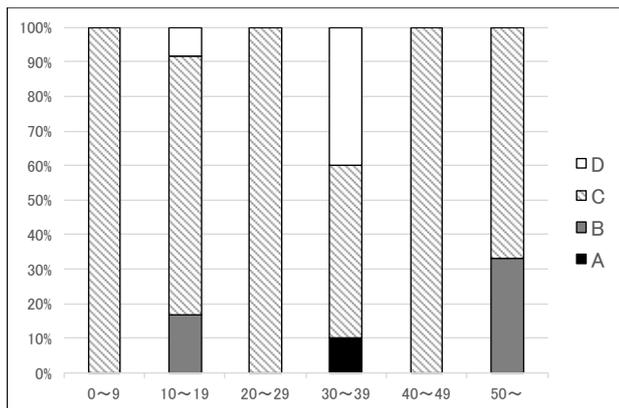


図-C.10 潮位差 1 m 未満の海底地盤の経過年数毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

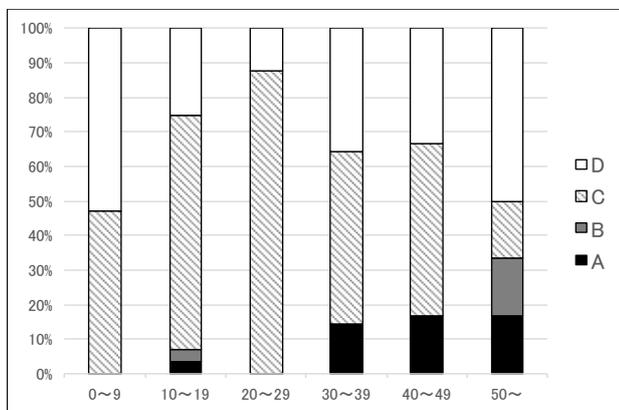


図-C.11 潮位差 1 m 以上 2 m 未満の海底地盤の経過年数毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

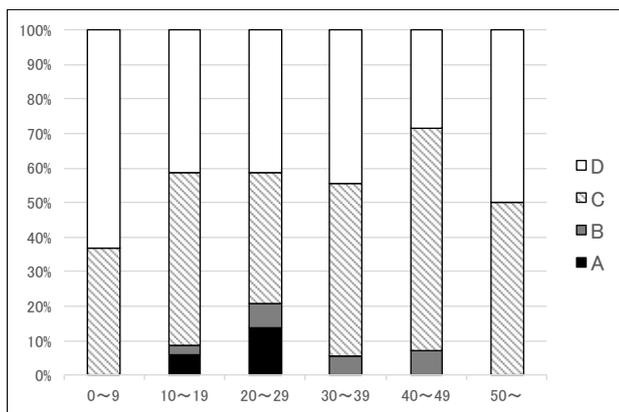


図-C.12 潮位差 2 m 以上の経過年数毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式係船岸)

付録D 重力式防波堤の分析の補足

(1) 経過年数別の点検項目毎の性能低下度

経過年数10年別の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合を図-D.1~図-D.6に示す。3.5(2) b) 図-3.45の補足資料とする。特徴的な傾向は見られない。

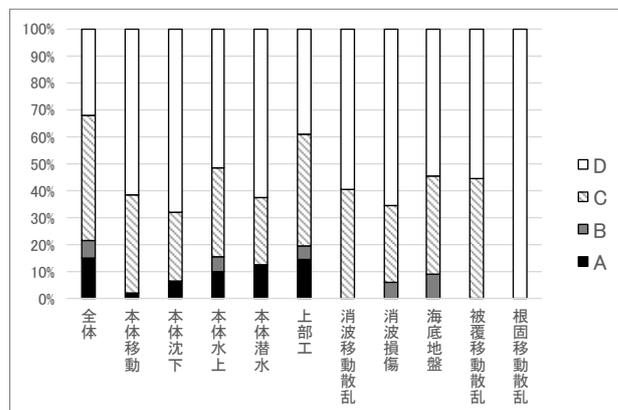


図-D.1 経過年数0~9年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式防波堤)

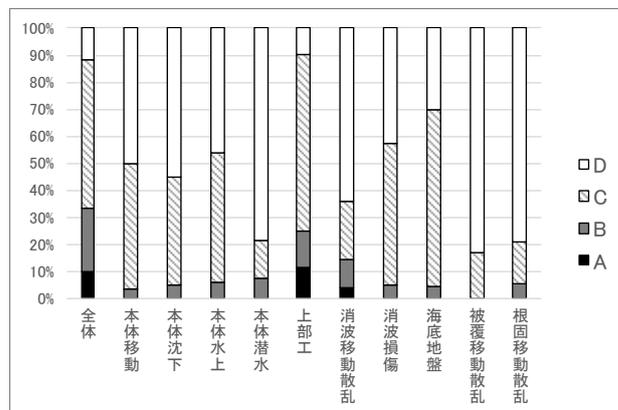


図-D.2 経過年数10~19年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式防波堤)

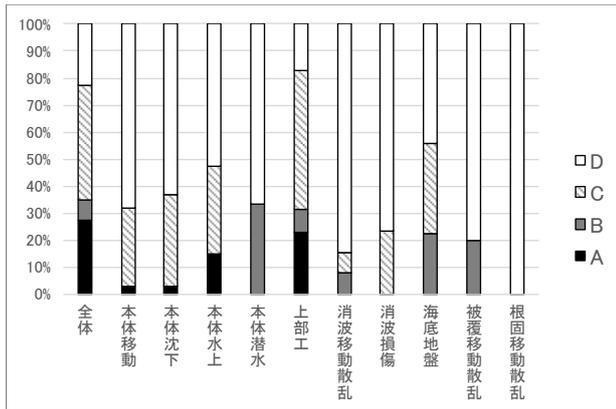


図-D.3 経過年数20～29年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式防波堤)

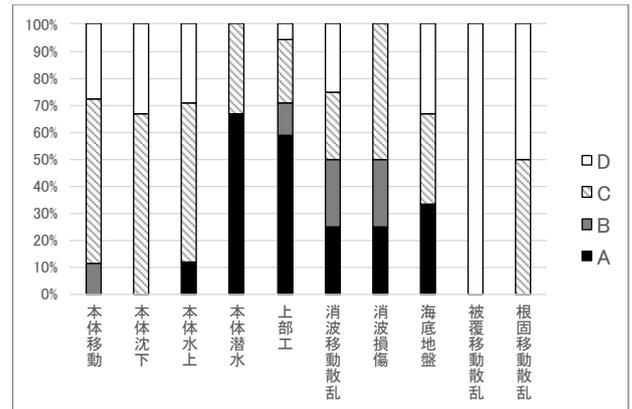


図-D.6 経過年数50年以上の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式防波堤)

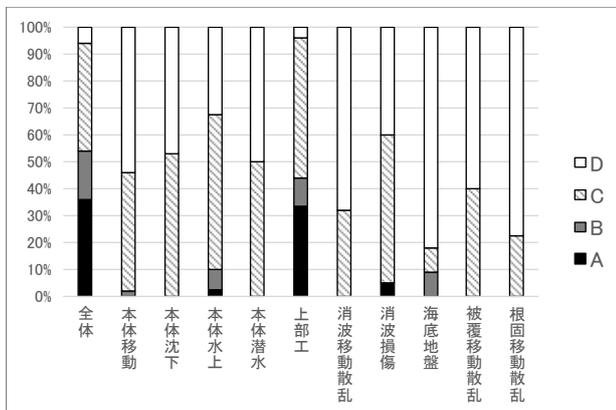


図-D.4 経過年数30～39年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式防波堤)

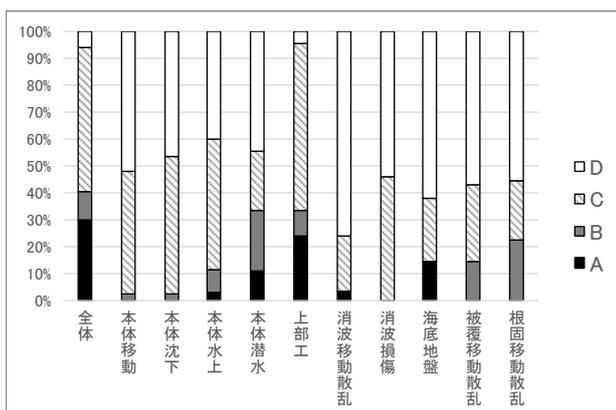


図-D.5 経過年数40～49年の点検項目毎の各性能低下度の施設数の割合 (重力式防波堤)

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1023 March 2018

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