

I. 課題名

「漁港漁場施設の性能規定化等技術検討」のうち
(5) 既存施設の機能維持のための設計手法

II. 実施機関名、部局名及び担当者名

独立行政法人水産総合研究センター 水産工学研究所
水産土木工学部水産基盤グループ

金田拓也
佐伯公康

一般社団法人水産土木建設技術センター
審議役

調査研究部

間辺本文 (H24-25)
吉塚靖浩 (H26)
内山裕三 (H26)
岡野崇裕 (H24-25)
武田真典 (H24-26)

III. 実施年度

平成 24～26 年度

IV. 緒言

平成 23 年度末に策定された「漁港漁場整備長期計画」では、「漁港施設の老朽化対策を計画的に実施することが可能な漁港の割合を 11% (平成 21 年度) からおおむね 100%に向上させる。」とあり、機能保全計画の策定とそれに基づく計画的な老朽化対策の実施が求められている。これを踏まえ、既存施設の機能維持の基本的考え方等を取りまとめた「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン (案)」と「機能保全計画策定の手引き (案)」の改訂版が平成 24 年 10 月に水産庁より発出された。また、水産庁事業である「水産物供給基盤機能保全事業」では、対象施設の管理者に対し、既存施設の機能維持に係る機能保全計画策定と保全工事を支援しているところである。

一方、平成 25 年 11 月 29 日のインフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議では「インフラ長寿命化基本計画」が策定された。これの基本計画に基づき、水産庁では水産インフラの維持管理・更新等を着実に推進するための中期的な取り組みの方向性を明らかにする「インフラ長寿命化計画」(行動計画)を策定したところである。

このような政府全体の取組み等を踏まえ、漁港及び漁場の施設についての機能診断方法や施設機能維持のための設計方法について検討し、現行の「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン (案)」と「機能保全計画策定の手引き (案)」を見直す必要がある。

特に、漁港施設の半数程度を占めるコンクリート建造物の機能診断は、目視・計測を主体に実施されているが、診断者による評価のばらつきや、コア抜き等既存の調査方法の煩雑さ等が課題となっている。このため、診断者に依存しない非破壊試験による定量的で簡便・迅速な機能診断手法の確立が必要である。

以上の課題に対応するため、下記の項目について実施することを目的とした。

- ① コンクリート建造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の提案
- ② 「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン (案)」及び「機能保全計画策定の手引き (案)」の見直し案の作成

V. 調査方法

1. コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の提案

コンクリート構造物が大部分である漁港施設に対して、適用性が高いと考えられる衝撃弾性波法による老朽化診断手法について、室内試験や現地試験を通じて検討し、具体的な調査手法を提案した。また、施設機能維持のための性能規定化・性能照査手法等についても検討した。

1.1 コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の改良（平成 24 年度）

1.1.1 調査方法や弾性波速度の補正方法の検討

1.1.2 ひび割れ・老朽化と伝搬速度の関係の検討

1.1.3 施設機能維持のための性能規定化・性能照査手法の検討

1.2 コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の検証（平成 25 年度）

1.2.1 老朽化状況の定量化の検討

1.2.2 老朽化予測の精度向上の検討

1.2.3 表面 P 波法を用いた機能診断手法の具体的な適用方法や実施方法の検討

1.2.4 施設機能維持の課題問題点の抽出

1.2.5 施設機能維持のための設計手法の検討

1.3 コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の提案（平成 26 年度）

1.3.1 測定距離及び測定回数の検討

1.3.2 老朽化状況の定量化の検討

1.3.3 老朽化予測の精度向上の検討

1.3.4 表面 P 波法を用いた機能診断手法の具体的な適用方法や実施方法の提案

2. 「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン（案）」及び「機能保全計画策定の手引き（案）」の見直し案の作成

現行の「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン（案）」（平成 24 年 10 月改訂）（以下「ガイドライン（案）」という。）及び「機能保全計画策定の手引き（案）」（平成 24 年 10 月）（以下「手引き（案）」という。）では、水産物供給基盤機能保全事業の対象とされた水域施設に関する解説や事例が不足していた。また、水産庁の行動計画策定のほか、海岸保全施設や港湾施設の維持管理に係る参考図書改訂の動向や、現行のガイドライン（案）に対する管理者の意見（特に、専門的技術者が少ない市町村の管理者）等を踏まえ、ガイドライン（案）及び手引き（案）の見直し案を検討、整理した。

2.1 既存の機能保全計画及び現地調査に基づく機能保全計画のモデル事例作成、整理・分析によるリスク管理手法の高度化（平成 24 年度）

2.1.1 既存の機能保全計画の整理・分析

2.1.2 機能保全計画のモデル事例の整理・分析

2.2 機能保全計画に関する分析・検討及び機能保全計画の策定に役立てるための技術資料の検討（平成 25 年度）

2.2.1 収集した機能保全計画の特徴把握

2.2.2 健全度の利用方法の検討

2.2.3 機能保全レベルと性能の関係性に対する基本的考え方の検討

2.2.4 老朽化度の写真事例集の作成

2.2 ガイドライン（案）及び手引き（案）の見直し案の作成（平成 26 年度）

2.3.1 ガイドライン（案）及び手引き（案）の見直しのポイント（視点）の整理

2.3.2 管理者の意見聴取（追加）と見直しの考え方の整理

2.3.3 ガイドライン（案）及び手引き（案）の見直し案の作成

VI. 結果及び考察

1. コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の提案

1.1 コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の改良（平成 24 年度）

1.1.1 調査方法や弾性波速度の補正方法の検討

現地調査や既存文献等の調査を行い、機能診断手法の改良の検討を行った。現地調査は、平成 24 年 9 月に D 漁港・A 漁港、平成 24 年 10 月に B 漁港・C 漁港において、表面 P 波法及び目視等の調査を行った。

調査手法を簡易化するため、1 スパン（概ね 6～9m 程度）において、1 回程度で調査が出来るよう表面 P 波法の調査間隔の検討を行った。

（1）スパン間隔の調査

（a）A 漁港－6.0m 岸壁

3m 間隔の表面 P 波速度の測定結果を図 1-1-1 に示す。同じ岸壁における 2 箇所（海側・陸側）で調査を行った。3m 間隔（0～3m、3～6m の位置での調査）でも表面 P 波速度が得られる結果となった。

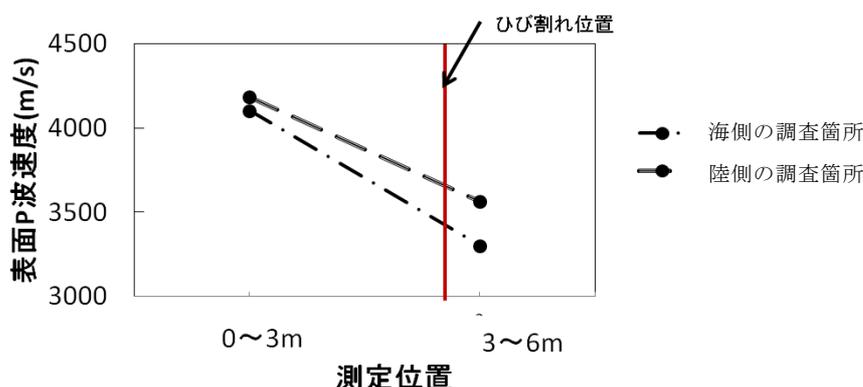


図 1-1-1 A 漁港の－6.0m 岸壁(H3)での 3m 間隔での調査結果

（b）B 漁港－2.5m 物揚場

3m 間隔（0～3mm、3～6m、6～9m）と 9m のスパンの比較を行った結果を図 1-1-2 に示す。ひび割れを跨いで計測した箇所が分かるようひび割れ位置を示す。概ね 3m 間隔の表面 P 波速度と同様の値であり、概ね 1 スパン（間隔 9m）でこの物揚場の状況を示す事ができることが分かった。

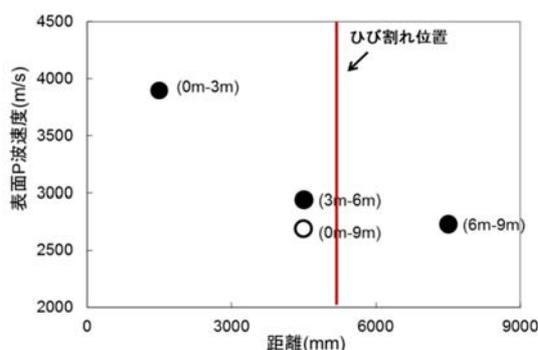


図 1-1-2 B 漁港－2.5m 物揚場 (NM2) での調査結果

(c) B 漁港西護岸

3m 間隔 (0~3m、3~6m、6~9m) と 9m のスパンの比較を行った結果を図 1-1-3 に示す。3m 間隔での一番悪い箇所の表面 P 波速度が 9m でも示されており、1 スパン 9m で物揚げ場の状況を示す事ができることが分かった。

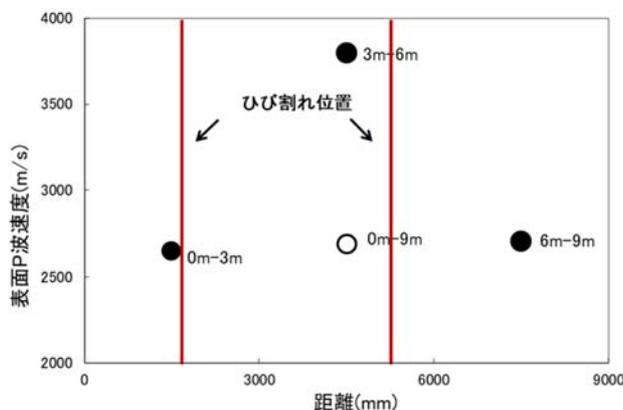


図 1-1-3 B 漁港西護岸 (NN3) での調査結果

(d) C 漁港北防波堤

3m 間隔 (0~3、3~6m) と 6m のスパンの比較を行った結果を図 1-1-4 に示す。3m 間隔での一番悪い箇所の表面 P 波速度が 6mm でも示されており、1 スパン 6m で防波堤の状況を示す事ができることが分かった。

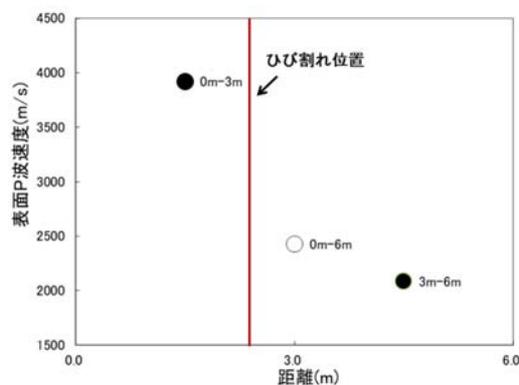
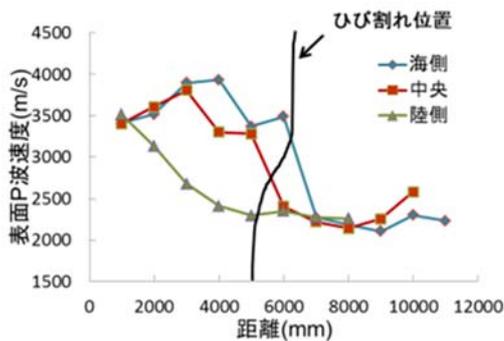


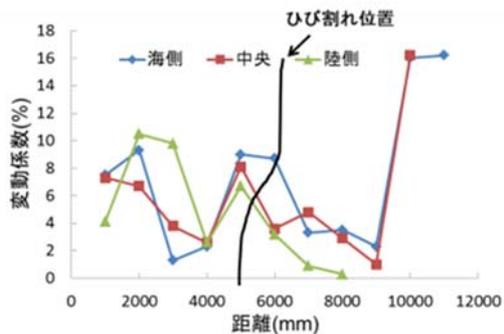
図 1-1-4 C 漁港北防波堤 (TB-1) での調査結果

(e) D 漁港岸壁

D 漁港では岸壁の 1 m 毎の表面 P 波速度の調査を実施した。それぞれの岸壁における表面 P 波速度及びその変動係数と距離との関係を図 1-1-5 に示す。陸側では顕著でなかったものの、海側と中央でひび割れ位置を越えると表面 P 波速度が顕著に下がる傾向があった。また、表面 P 波速度の変動係数と距離の関係を見ると、9m までは概ね変動係数が低い傾向が得られたが、10m を超えると変動係数が大きくなる結果が得られた。これにより、概ね 9m までは、安定した値が得られる結果が示された。



表面P波速度と距離との関係



表面P波速度の変動係数と距離との関係

図 1-1-5 D 漁港-4.5m 岸壁 (S2L3) の調査結果

(2) 計測箇所の研磨あり、なしでの比較

既存の漁港施設は、表面が磨耗等によって、劣化している場合が多く、計測箇所についてグラインダーで研磨している。調査手法の簡易化の為、グラインダーで計測箇所を研磨しない場合のデータの取り扱いを決めるため、検討した。D 漁港・C 漁港・B 漁港の各施設において、測定間距離が長い施設での研磨のあり、なしの結果は、表 1-1-1 の通りであった。研磨ありなしの差は、100~300m/s、平均すると 170m/s となった。

表 1-1-1 各漁港施設の研磨ありなしの比較

	測定間 距離	表面P波速度 (m/s)			受動係数 (%)	
		研磨前	研磨後	差	研磨前	研磨後
D漁港岸壁S2(I2)	5	3912	4027	115	0.9	3.9
C漁港北防波堤TB1(0-6・H)	6	2104	2427	323	6.7	0.6
B漁港2.5m物揚場(0-9・h)	9	2583	2689	106	7.8	8.3
B漁港西護岸(0-9・h)	9	1847	1999	152	10.2	6.4
平均		2612	2786	174	6.4	4.8

この結果より、研磨しない場合には、100~300m/s 程度、表面弾性波速度を補正すれば、研磨後の状況を推定できる可能性がある。また、同一時期に建設された等老朽化の度合や表面の状況が同じであれば、1 箇所研磨ありなしで測定し、この差から研磨ありの表面P波速度を算定することができる可能性がある。

(3) 調査実施箇所の絞り込み案の提示

(1) より表面P波法について岸壁等で1スパン(概ね10m以下)での調査実施が可能となる事が分かった。

こうした事から、調査実施箇所の絞り込み(案)として以下が考えられる。

対象：主に、目視では評価にバラツキが生じやすいコンクリートの劣化・損傷の調査（例：重力式防波堤上部工・重力式護岸本体工・重力式係船岸エプロン部等）

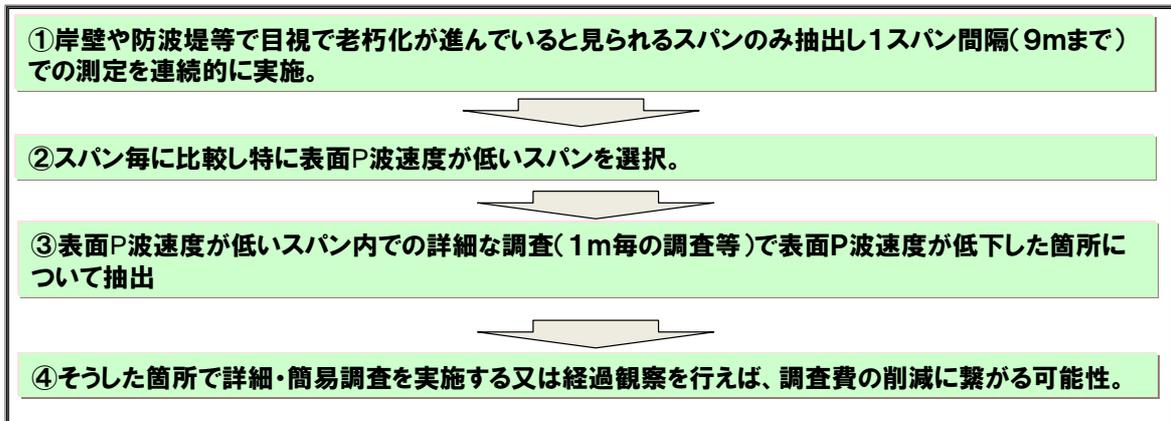


図 1-1-6 調査実施箇所の絞り込み（案）の提案

1.1.2 ひび割れ・老朽化と伝搬速度の関係の検討

(1) 室内試験結果

(a) H20~H21 の結果⁷⁾

①動弾性係数との関係：水セメント比 35, 50, 65%、150×150×900mm と φ100×200mm の円柱供試体、24h 封緘養生しその後 27 日水中養生（材齢 28 日）→動弾性係数が圧縮強度の累乗に比例する（表面 P 波速度が大きくなると動弾性係数も大きくなる）。

②含水率との関係：供試体条件は①と同じ、その後気中養生（材齢 90 日）、水中養生（材齢 93、94、95、97 日）、気中養生（材齢 97 日）し、強制乾燥（材齢 100 日）とそれぞれの含水率を変化→表面 P 波速度はコンクリートの含水率に比例する（大きくなる）。

③ひびわれ深さや本数、膨張作用との関係：水セメント比 50%、材齢 28 日まで水中養生、56 日まで気中養生し、人工的なひび割れを入れ、膨張材を一部使用（膨張性ひび割れの影響）→ひび割れ跨いだ場合表面 P 波速度が低下、ひび割れ深さに比例して表面 P 波速度が低下、ひび割れ本数が増えた場合、さらに表面 P 波速度が低下、加えて、膨張剤が増加するほどひび割れ密度は大きくなり、表面 P 波速度と動弾性係数が低下する結果（微細ひび割れを定量評価可能）

④ひび割れの閉口条件が及ぼす影響：供試体条件は③と同じ、材齢 56 日で引張荷重によるひび割れを誘発
→ひび割れ面に一定応力がある場合、表面 P 波速度の低下が抑制され、ひび割れない場合と同等となる。

⑤ハンマー質量の影響：供用期間約 2 年のコンクリート構造物で測定、ハンマー 18, 32, 112, 190g

→測定間隔 100~1,000mm の場合質量が大きいほど誤差が大きくなる。測定間隔 1,000mm 以上だと誤差が少なくなるが、18, 32, 112g のハンマーは測定困難。

(b) H22～23の結果⁸⁾

①内部空隙が及ぼす影響：水セメント比 50%、150×150×900mm の供試体内部に発泡スチロールを埋没 (5×75×100mm) させ、材齢 28 日まで水中養生、材齢 56 日まで気中養生、空隙深さを 10, 25, 50mm とした。

→表面 P 波速度 4, 200m/s が空隙深さ 10, 25, 50mm の順に 4, 000、3, 900、3, 800m/s 程度に低下した。

②表面の化学的劣化が及ぼす影響：供試体条件は①と同じ、その後希塩酸 3 日間→希塩酸処理したものは表面 P 波速度が増加し、研磨するとさらに増加した。凹凸の度合いが 3mm 程度、劣化前が 3, 900～4, 000m/s と比較的低かった。凹凸ができることでモルタル部の微破壊が影響を与えていると考察した。

→追加検討③。

③表面の打撃位置が及ぼす影響：骨材部とモルタル部を区別して表面 P 波速度測定

→骨材部を打撃するとモルタル部打撃より表面 P 波速度が 100m/s 程度低くなる傾向 (②の実験に影響を与えた根拠)。

(2) 既存文献より

岡田清ら (コンクリート工学ハンドブック, 1981)¹⁰⁾により、一定の配合条件下におけるコンクリートの圧縮強度と弾性波速度 (縦弾性波速度) の関係の概略が表 1-1-2 の通りと報告されており、表面 P 波速度により、構造物の概略をつかむ上で有効であると考えられる。

表 1-1-2 縦波速度とコンクリートの品質との関係
(コンクリートの単位体積重量：2, 400kg/m³)

縦波速度 V_p (ft/sec)	縦波速度 V_p (m/sec)	評価
15,000 以上	4,570 以上	優
12,000～15,000	3,660～4,570	良
10,000～12,000	3,050～3,660	やや良
7,000～10,000	2,130～3,050	不良
7,000 以下	2,130 以下	不可

また、會田和広 (「砂防施設の劣化診断と維持管理のあり方について」會田和広 東北地方整備局, 建設物価/2009・3月号) により、コンクリート製の砂防堰堤の評価として「良好 3, 300m/s 以上、概ね良好 2, 800～3, 300m/s、やや不良 2, 000～2, 800m/s、不良 2, 000m/s 未満」が示されている¹¹⁾。

(3) 過去実施した調査結果

(a) E 漁港（長崎県）の結果

図 1-1-7 は、E 漁港のひび割れを挟んだ位置での表面 P 波速度の関係を示したものである。ひび割れを挟むと急激に表面 P 波速度が低下しており、測定区間におけるひび割れ等の発生やその位置を推定できるものとする。

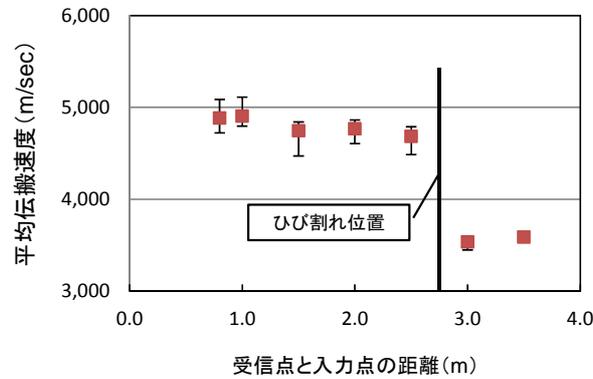


図 1-1-7 ひび割れを跨いだ表面 P 波速度の変化 (E 漁港)

(b) F 漁港（富山県）の結果

図 1-1-8 は、F 漁港での内部空洞によって、表面 P 波速度が急激に低下した結果を示したものである。表面 P 波速度の低下はひび割れだけでなく、内部空洞によっても見られることが分かった。

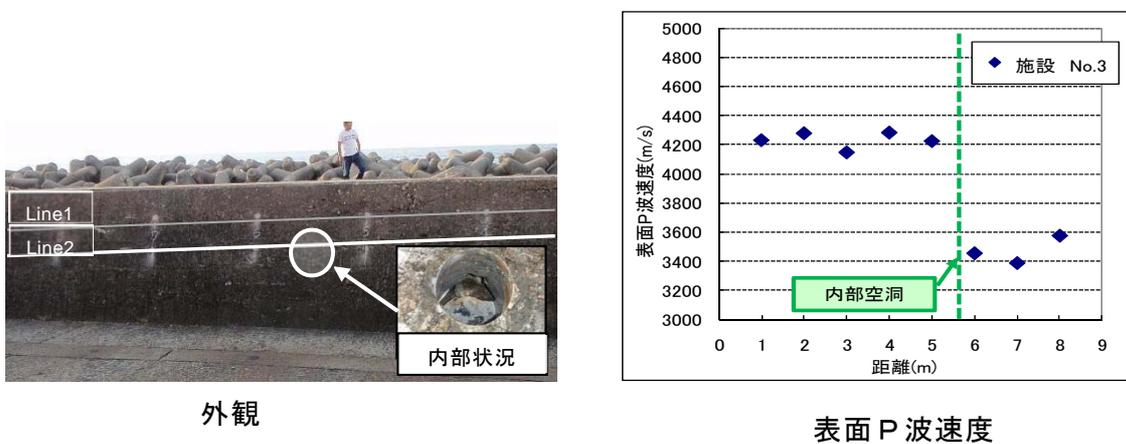


図 1-1-8 F 漁港（施設 No. 3）の状況

(4) 平成 24 年度の調査結果について

(a) 重力式防波堤上部工

①C 漁港北防波堤 (1980 年頃整備)



図 1-1-9 C 漁港北防波堤位置図

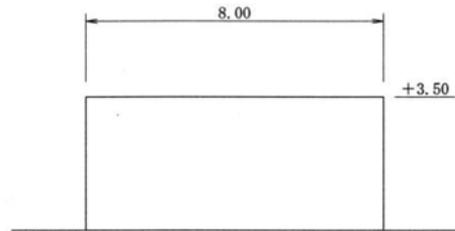
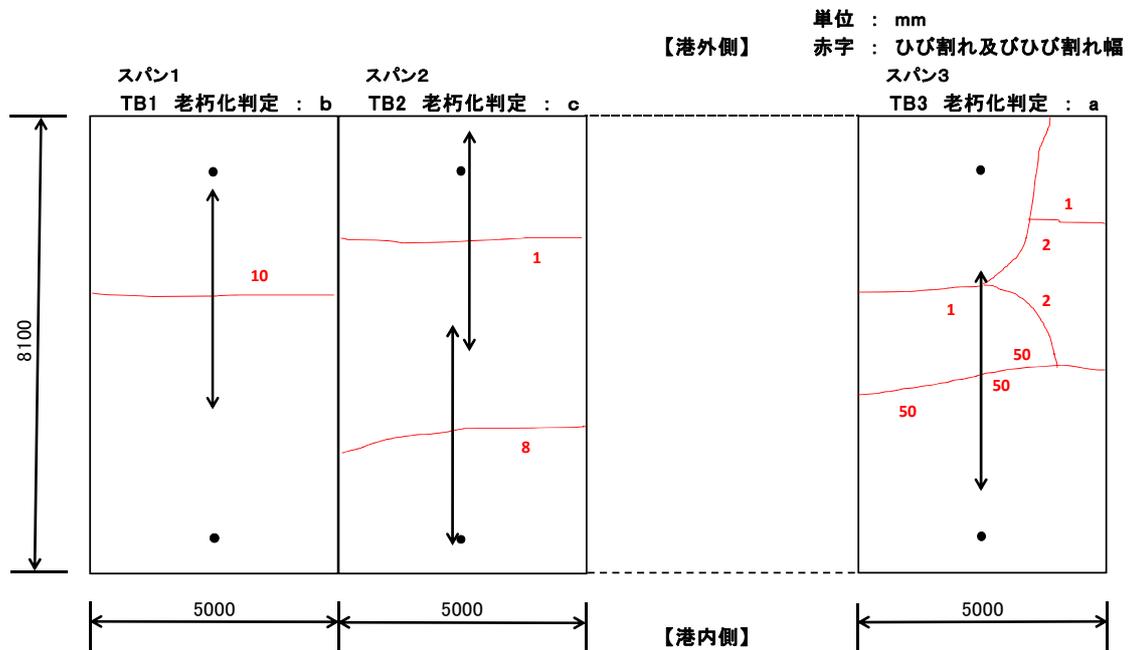


図 1-1-10 断面図



数字はひび割れ幅、 \updownarrow : ひび割れを中心とした 3m 間隔
● : 6m スパンで表面 P 波を測定した箇所

参考) 重力式防波堤上部工の判定は

- a 判定 : 防波堤の性能に影響を及ぼす程度の欠陥がある
- b 判定 : 幅 1cm 以上のひび割れがある等
- c 判定 : 幅 1cm 未満のひび割れがある
- d 判定 : 変状なし

図 1-1-11 C 漁港北防波堤調査地点、ひび割れ損傷図



写真 1-1-1 スパン 3 (TB3) のひび割れ (5.0 cm) の写真

老朽化判定と表面 P 波速度との関係を図 1-1-12 に示す。老朽化度が高いと表面 P 波速度が低下する関係が得られた。スパン 1 の b 判定の箇所は、ひび割れが 10mm 一本の箇所であったが、スパン 2 の c 判定の箇所については、ひび割れが 8mm と 1mm の 2 本あり、ひび割れの状況が異なった事から、b 判定の箇所よりも弾性波速度が低下したものと考えられる。

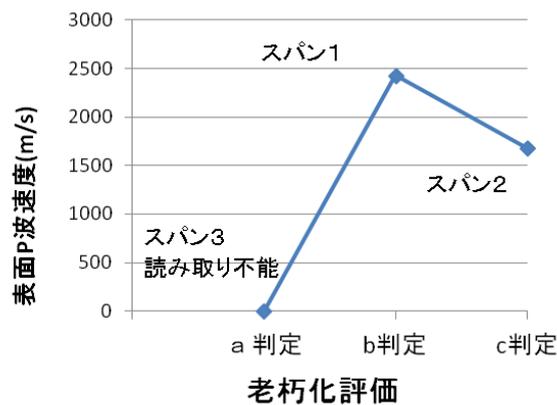


図1-1-12 C漁港北防波堤における老朽化評価と表面 P 波速度との関係

C 漁港北防波堤のひび割れ幅が 0、0.1、0.8、1.0、5.0cm の場所について、そのひび割れを中心として 3m 間隔で調査を行った。比較した結果を図に示す。ひび割れ幅が大きくなると表面 P 波速度が低下する等の相関関係があることが分かった。また、老朽化判定で判断した場合の判定ランクと表面 P 波速度の関係を示す。

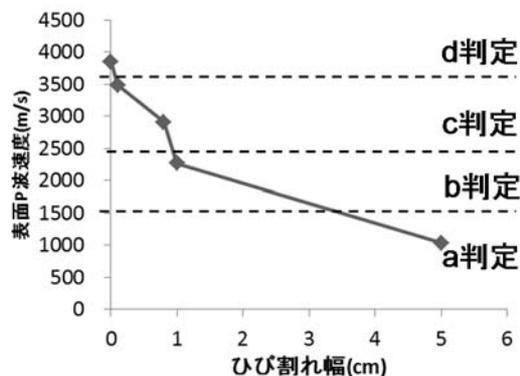


図 1-1-13 C 漁港北防波堤におけるひび割れ幅と表面 P 波速度・老朽化判定との関係 (ひび割れ幅を中心とした 3m 間隔で測定)

②C 漁港第3 防波堤（1960 年頃整備）及び重力式防波堤上部工の結果について



図 1-1-14 C 漁港第3 防波堤位置図

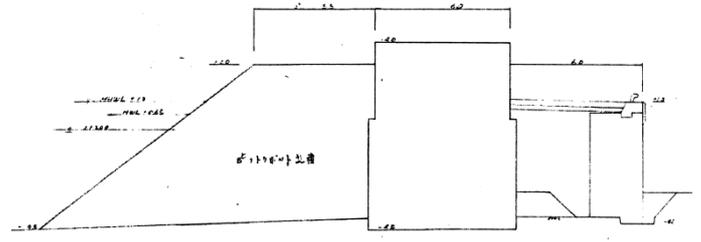


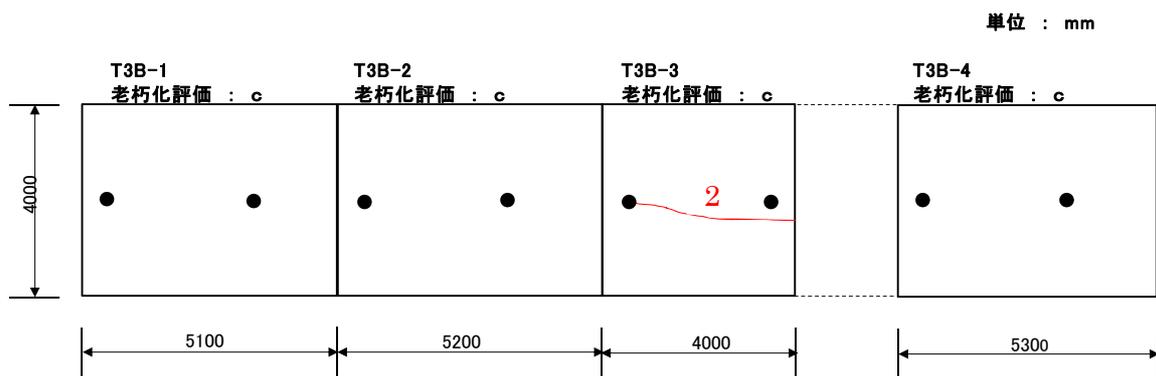
図 1-1-15 断面図



写真 1-1-2 C 漁港第3 防波堤（T3B-1）
における調査状況



写真 1-1-3 C 漁港第3 防波堤（T3B-2）
における調査状況



● : 3m スパンで表面 P 波を測定した箇所

図 1-1-16 ひび割れ損傷図

C 漁港第3防波堤は、表面がポップアウト及び 1cm 未満のひび割れを起こしており、c 判定とした。この結果及び C 漁港北防波堤の老朽化判定と表面 P 波速度との関係を図 1-1-17 に示す。概ね老朽化度が高いと、表面 P 波速度が低下する関係が得られた。

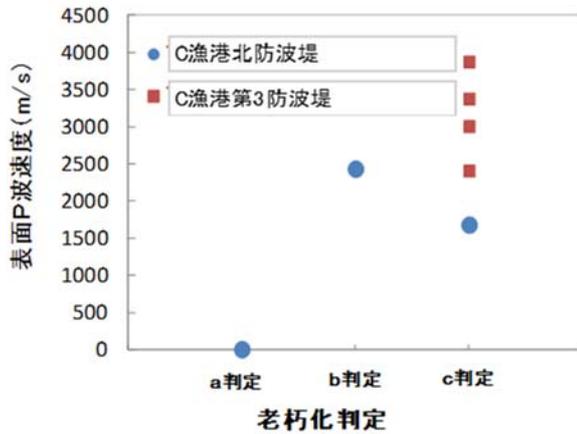


図1-1-17 重力式防波堤上部工における老朽化評価と表面 P 波速度との関係

(b) 重力式係船岸エプロン部

①B 漁港-2.5m 物揚場 (1995 年頃整備)



図 1-1-18 B 漁港-2.5m 物揚場位置図



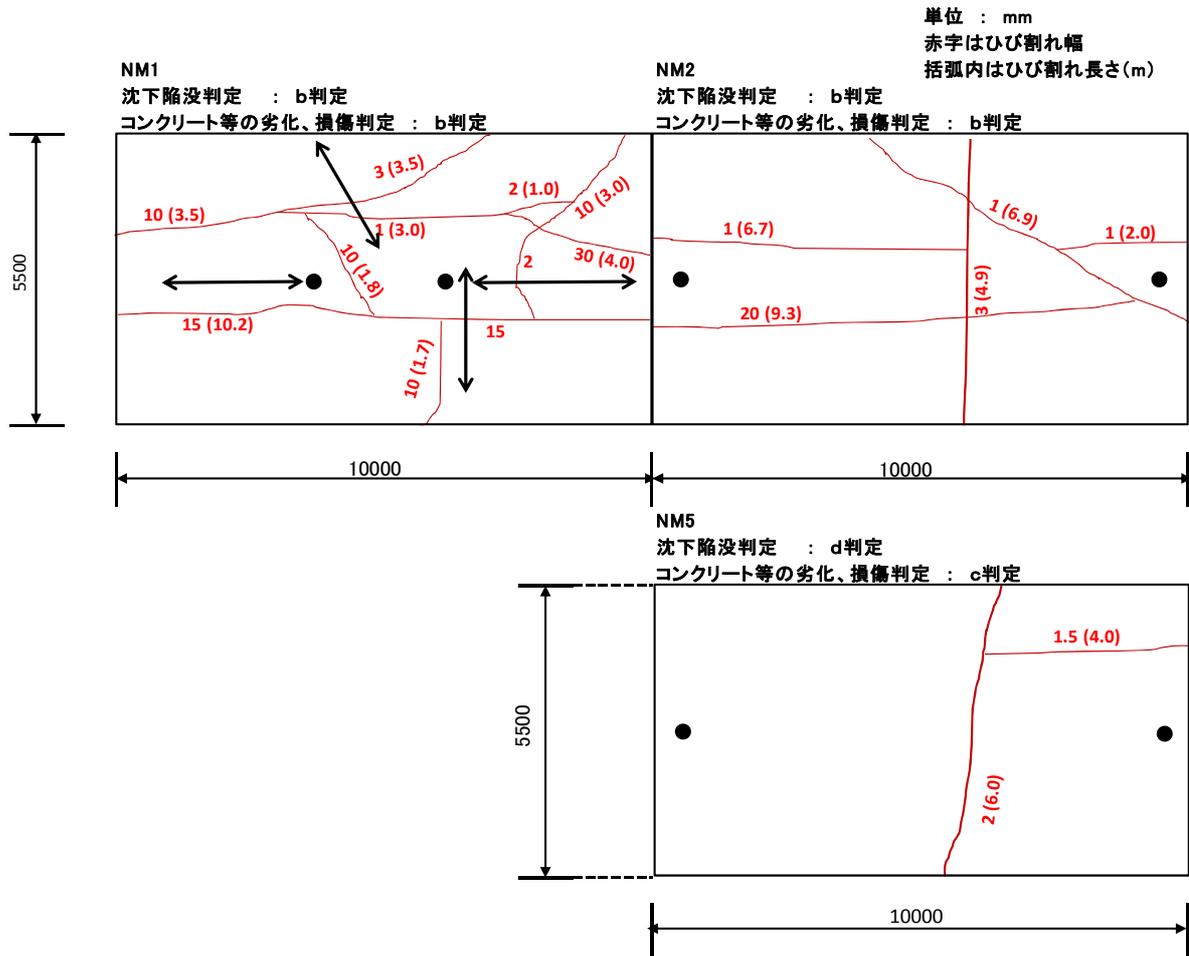
図 1-1-19 断面図



写真 1-1-4 B 漁港-2.5m 物揚場 (NM2) の状況



写真 1-1-5 B 漁港-2.5m 物揚場 (NM5) の状況



参考) 重力式係船岸エプロン部の「沈下陥没」による判定は

- a 判定 : 重力式本体背後のエプロンが陥没している等
- b 判定 : エプロンに 3cm 以上の沈下 (段差) がある等
- c 判定 : エプロンに 3cm 未満の沈下 (段差) がある等
- d 判定 : 変状なし

また、「コンクリート等の劣化、損傷」による判定は

- a 判定 : コンクリート舗装でひび割れ度が $2\text{m}^2/\text{m}^2$ 以上である等。
- b 判定 : コンクリート舗装でひび割れ度が $0.5 \sim 2\text{m}^2/\text{m}^2$ である等。
- c 判定 : 若干のひび割れが見られる。
- d 判定 : 変状なし

図 1-1-20 B 漁港-2.5m 物揚場のひび割れ損傷図

重力式係船岸エプロン部の「コンクリート等の劣化、損傷」による判定は、NM1、NM2において、ひび割れ後が $NM1 : 31.7m / (10m \times 5.5m) = 0.56$ 、 $NM2 : 29.8m / (10m \times 5.5m) = 0.558m$ となり、b判定となった。NM5は、若干のひび割れが見られる事からc判定とした。また、「沈下陥没」による判定は、NM1、NM2において、エプロンに3cm以上の沈下があることから、b判定、NM5は、沈下陥没は変状なしのため、d判定とした。「コンクリート等の劣化、損傷」の老朽化判定と表面P波速度との関係を図1-1-21に示す。概ね老朽化度が高いと表面P波速度が低下する関係を示す事が出来た。

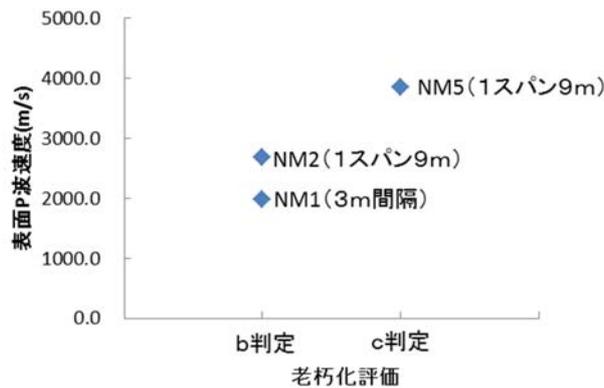


図1-1-21 B漁港-2.5m物揚場における老朽化評価と表面P波速度との関係

B漁港-2.5m物揚げ (NM1) のひび割れ幅が0、0.2、0.3、1.5cmの場所について、そのひび割れを中心として3m間隔で表面P波速度の調査を行った。その結果を図1-1-22に示す。概ね、ひび割れが大きくなると表面P波速度が低くなる関係を示す事ができた。

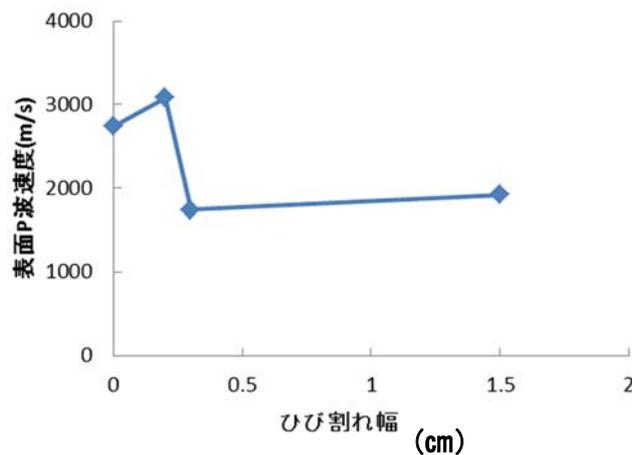


図1-1-22 B漁港-2.5m物揚場におけるひび割れ幅と表面P波速度との関係

③ 重力式係船岸エプロン工の結果について

A漁港岸壁 (3箇所)、D漁港岸壁 (3箇所)、B漁港-2.5m物揚場 (3箇所) の結果を図1-1-23に示す。概ね老朽化度が高いと表面P波速度が低くなる結果が得られた。

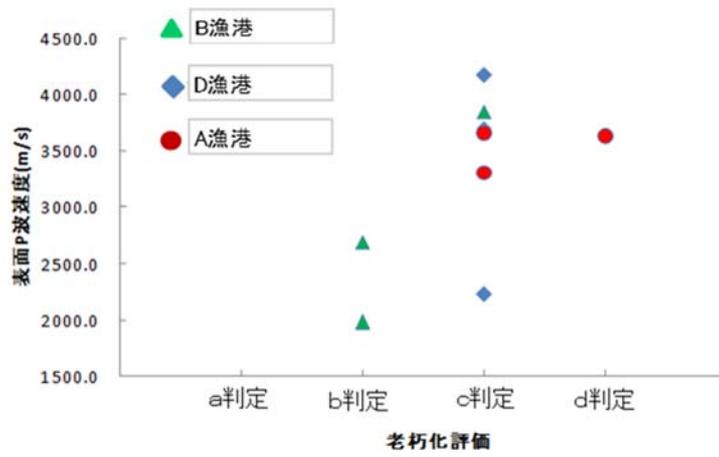


図1-1-23 重力式係船岸エプロンにおける老朽化評価と表面P波速度との関係

(c) 重力式護岸本体工について (B 漁港西護岸)

重力式護岸については、B 漁港西護岸の結果を示す。



図 1-1-24 B 漁港西護岸位置図

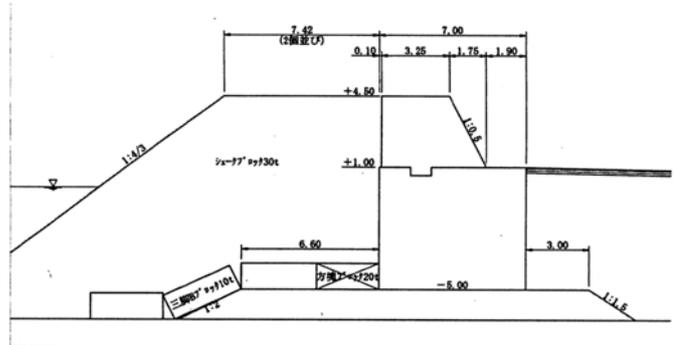
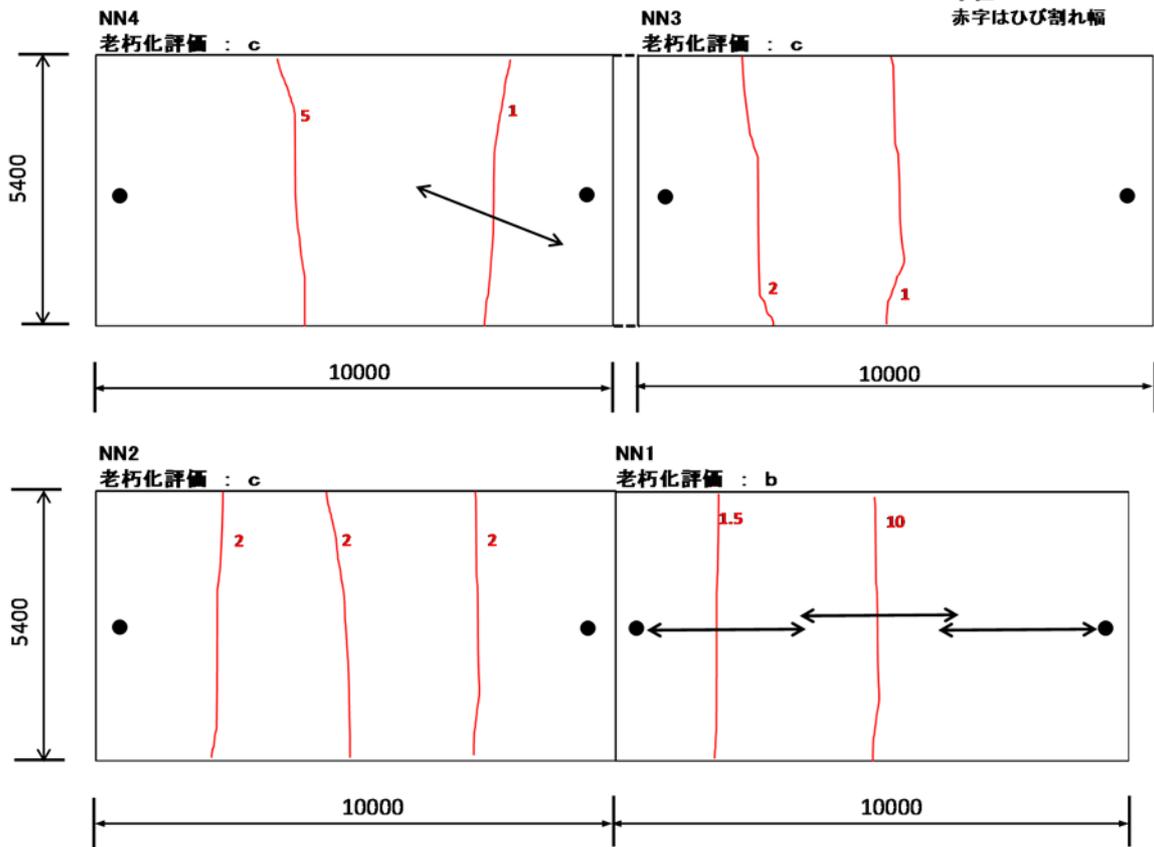


図 1-1-25 B 漁港西護岸断面図



数字はひび割れ幅、↑：ひび割れを中心とした 3m 間隔
●：9m スパンで表面 P 波を測定した箇所

- 参考) 重力式護岸本体工「コンクリートの劣化、損傷 (無筋の場合)」による判定は
- a 判定：性能に影響を及ぼす程度の欠陥がある。
 - b 判定：部材背面に達する幅 1cm 以上のひび割れがある。
 - c 判定：幅 1cm 未満のひび割れがある。
 - d 判定：変状なし。

図 1-1-26 B 漁港西護岸の調査地点及びひび割れ損傷図

NN1 について幅 1cm 以上のひび割れがあり、貫通していることから、b 判定とした。また、NN2, 3, 5 については、幅 1cm 未満のひび割れがあることから、c 判定とした。図 1-1-27 に老朽化判定状況とスパン毎の弾性波速度の関係を示す。

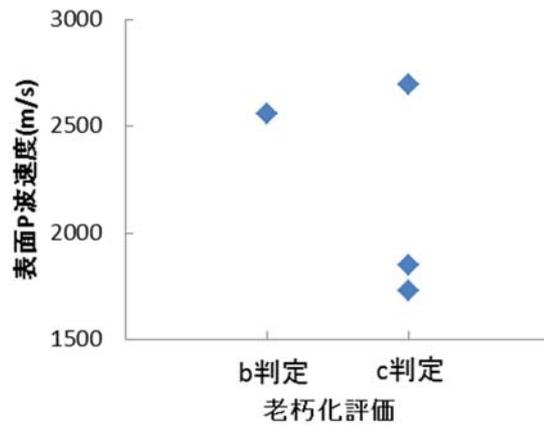


図1-1-27 重力式護岸本体工（B漁港西護岸）にける老朽化評価と表面P波速度との関係

護岸におけるひび割れ幅と 3m 間隔で測定した表面 P 波速度との関係を示した。また、老朽化評価との関係を参考までに示す。

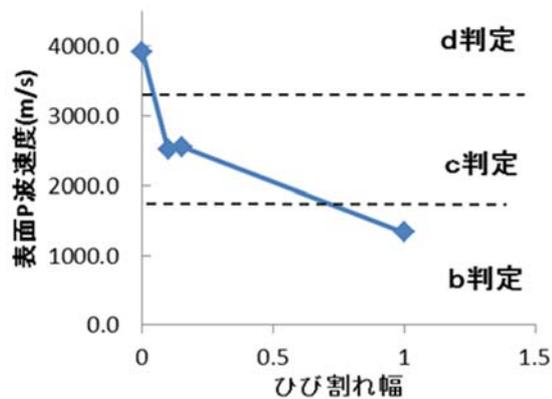


図1-1-28 重力式護岸本体工（B漁港西護岸）にけるひび割れ幅と 3m間隔で測定した表面P波速度との関係

(d) 老朽化判定と表面P波速度との関係

防波堤、岸壁、護岸での老朽化判定と表面P波速度との関係を図1-1-29に示す。概ね判定が悪くなると表面P波速度が下がる関係がある。

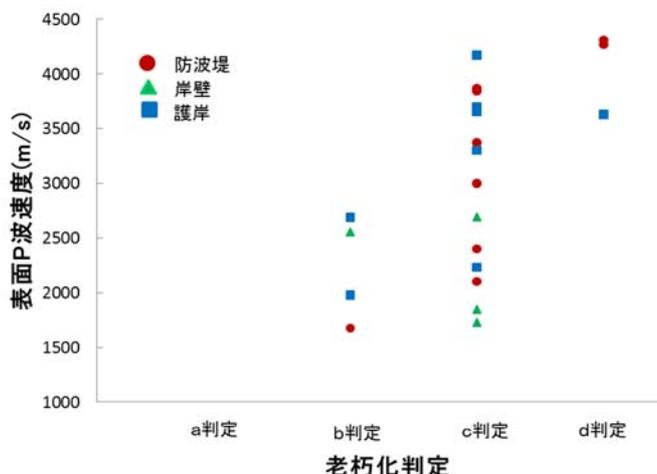


図1-1-29 今回調査した漁港における施設別の老朽化判定と表面P波速度との関係

(5) 老朽化判定における定量的な指標の提示

構造がそれぞれ異なる事、老朽化評価の考え方が、ひび割れ幅やひび割れ率で算出する等異なる事から、それぞれの構造別で提案を行う。

(a) 重力式防波堤上部工

老朽化判定が悪化及びひび割れ幅が大きくなるに従って表面P波速度の低下が見られた。これらの調査結果より、表面P波速度と老朽化判定の関係について以下を提案する。

- 1200m/s 以下 : a 判定 (部材の性能が著しく低下している状態)
- 1200~2500m/s : b 判定 (部材の性能が低下している状態)
- 2500~3900m/s : c 判定 (部材の性能低下はないが、変状が発生している状態)
- 3900m/s 以上 : d 判定 (変状が認められない状態)

但し、b判定の箇所とc判定の箇所について、表面P波速度の関係が逆転している箇所が見られるため、今後調査箇所数を増やし検討を行う必要がある。

(b) 重力式係船岸エプロン工

岸壁の老朽化判定と表面P波速度の関係は、d判定は明確でなく、a判定は事例がなかったため、関係性を示す事ができなかった。

- 3,000m/s 以下 : a・b 判定
- 3,000m/s 以上 : c・d 判定

(c) 重力式護岸本体工について

重力式護岸本体工は、b判定の箇所についてc判定の箇所と比較し、表面P波速度が

増加する関係が見られた。また、ひび割れ幅が大きくなるに従って表面P波速度の低下が見られた。こうした矛盾した結果が得られたため、今後調査箇所数を増やし検討を行う必要がある。

以上の定量的な指標については事例数が少ない事から、さらに調査を実施し調査データを蓄積し精度向上を図っていく必要がある。

(6) 老朽化予測の精度の向上の検討

(a) 過去の調査結果

1) Gjorv らがノルウェーで 30 年間暴露試験を行った結果

Gjorv は、1971 年に、ノルウェー工科大学で行われたコンクリートの海中における長期耐久性試験の結果について報告した⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。試験は、シリーズ 1 から 18 までの鉄筋コンクリートも含む試験体 2513 体について行われた。この論文では寸法が 10×10×75cm のシリーズ 1 から 4 までの供試体 1060 体 (53 配合) に関する試験結果について述べられている。供試体は、凍結を受けない海水循環プールに保存され、試験は材齢 30 年まで継続された。図 1-1-30 は各種セメントを用いたコンクリートの曲げ強度の経時変化であり、曲げ強度は 5~10 年で低下し始めている。一方、コンクリートの長期圧縮強度低下はみられなかったが、C3A (アルミン酸三カルシウム) の多いものでは質量損失が大きくなり、強度低下が著しかったことや水セメント比が大きいと強度の低下が著しかったことが報告されている。また、コンクリートの微細なひび割れ網を観察し、このようなひび割れが圧縮強度より曲げ強度に著しく影響することを指摘している。コンクリート中の空隙やひび割れ中に、エトリングライト、ブルーサイト、石膏、アラゴナイトなどの結晶も観察されている。

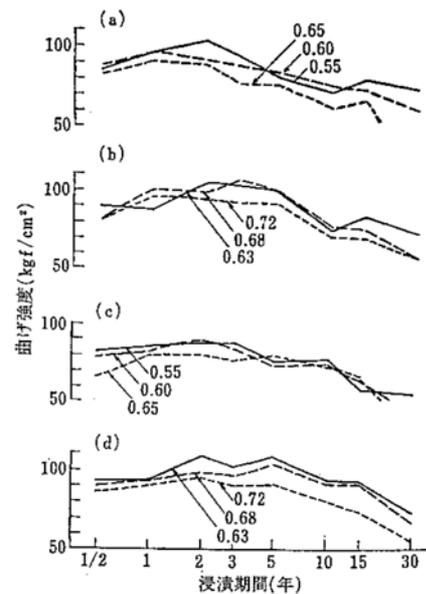


図 1-1-30 ノルウェー工科大学での長期海中浸漬と強度 (数字は水セメント比)

- (a) 材齢 2 日後海水浸漬、トラス無混和
- (b) 材齢 2 日後海水浸漬、トラス混和
- (c) 6 週間淡水養生後 6 週間空中養生その後海水浸漬、トラス無混和
- (d) 6 週間淡水養生後 6 週間空中養生その後海水浸漬、トラス混和

2) 港湾空港技術研究所福手らの実験 (実験当時は旧運輸省港湾技術研究所) について⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾

港湾空港技術研究所は、海洋環境の潮汐作用をシミュレートできる海水循環水槽を用いたコンクリートの耐久性試験を実施している。福手らは、それらの 20 年までの結果について報告している。コンクリートの供試体は $\phi 0.15 \times 0.3m$ であり、試験ではセメントの種類及びびねりませ水の影響が検討されている。図 1-1-31 に示すように、ほとんどの供試体において、材齢 5 年程度まではコンクリ

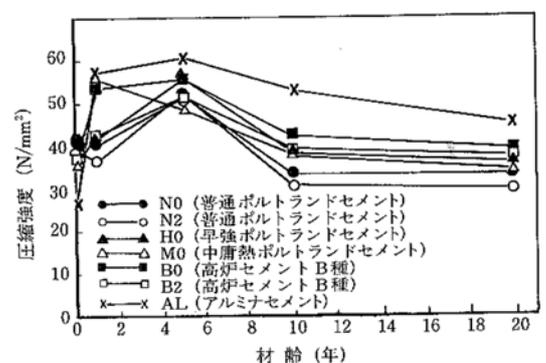


図 1-1-31 港湾空港技術研究所で行われた 20 年圧縮強度試験結果

ートの圧縮強度は増進し、材齢5年以降は序々に低下し、材齢20年では初期強度を下回る結果を示した。ポルトランドセメント系や高炉セメント系及びアルミナセメントを使用したコンクリートの強度低下の原因は、それぞれエトリングタイトの生成による膨張及び水和硬化体の組織の多孔化と説明されている。ポルトランド系セメントを使用したコンクリートの表面には、材齢20年で微少なひびわれ及び剥離が多数認められた。

(b) D 漁港-4.5m 岸壁及び導流堤の調査結果

1) 概要

-4.5m 岸壁は D 漁港の第 1 魚市場に面している岸壁で、現在はマグロの水揚げに利用されている。1970 年頃に整備された岸壁。岸壁及び導流堤とも平成 21 年に調査を実施し、平成 24 年 9 月に再度調査を実施したところである。

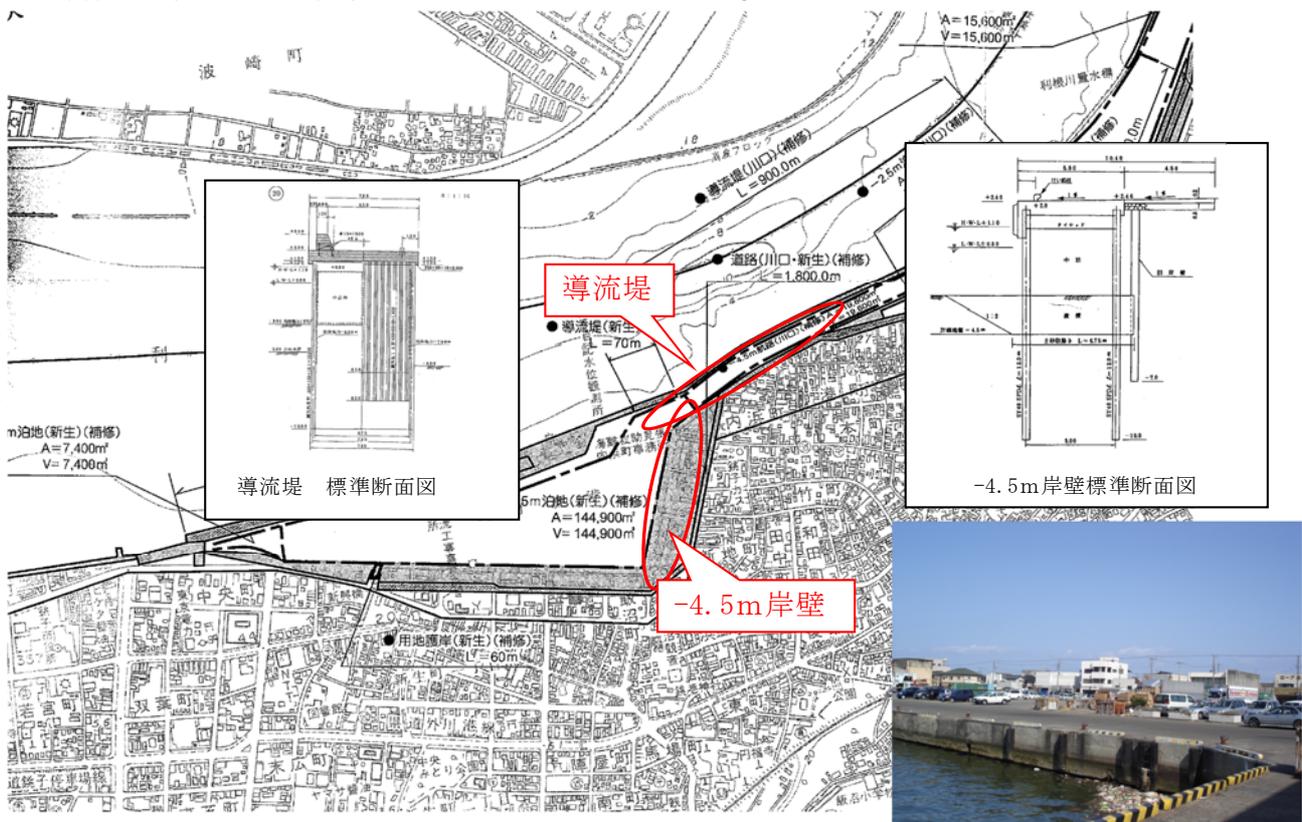


図 1-1-32 D 漁港調査箇所

2) 表面 P 波速度の経年変化

図 1-1-33 に岸壁、図 1-1-34 にひび割れがあった箇所の岸壁の 1 m おきの値、図 1-1-35、図 1-1-36 に導流堤における 3 年前との表面 P 波速度の比較を図に示す。岸壁の S2 については、研磨前しか計測していなかったが、同岸壁では、研磨前研磨後の表面 P 波速度の比較を行ったところ約 100m/s 研磨後の方が高いという結果が得られていたので、研磨前の結果に 100m/s を増加させた値で 2009 年の研磨後との比較を行った。

3 年前と比較し、岸壁について目視による比較ではひび割れの状況は変わっていないが、D 漁港岸壁 S1、S2 については、ひび割れの所で大きく速度が低下している。これについては、3 年の間に東日本大震災があった影響もあり、ひび割れ内部に何らかの空隙等が広がり表面 P 速度が下がった可能性があると考えられる。それ以外の岸壁 (S5) や同流堤については、概ね表面 P 波速度は横ばいか少し上がったところである。

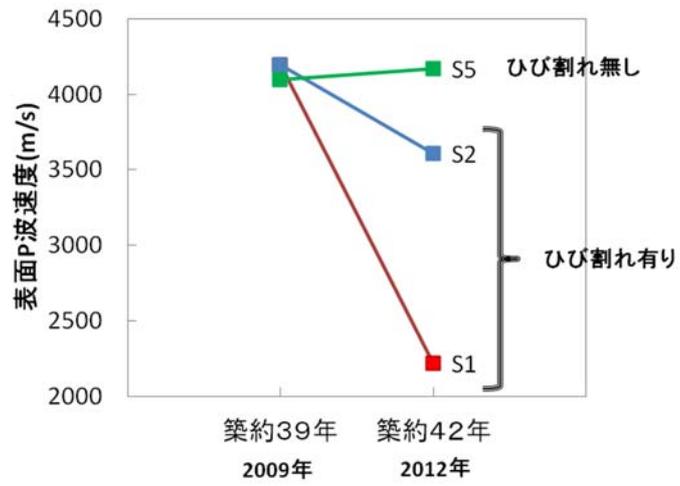


図 1-1-33 D 漁港岸壁での表面P波速度の比較

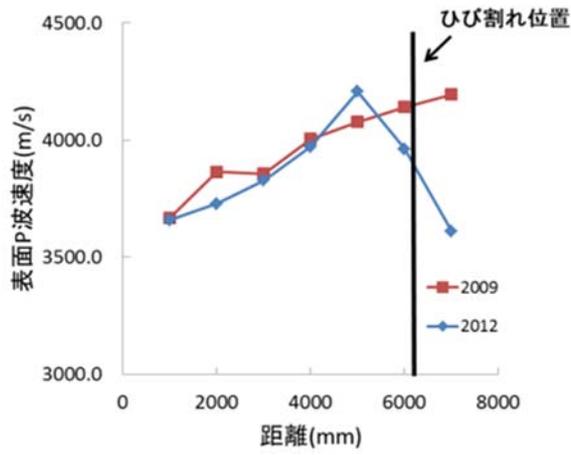


図 1-1-34 D 漁港岸壁 (S2) での比較

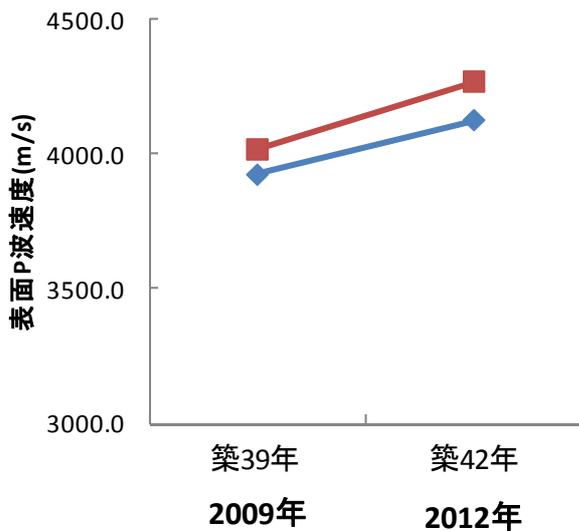


図 1-1-35 導流堤の築約 42 年目の箇所

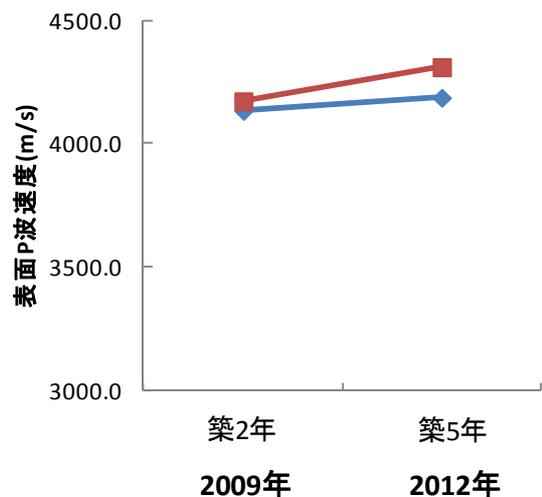


図 1-1-36 導流堤の築 5 年目の箇所

1.1.3 施設機能維持のための性能規定化・性能照査手法の検討

(1) 関係文献のレビュー

「漁港・漁場の施設の設計の手引き」（平成 15 年発刊）（以下「手引き」という）¹⁸⁾は、第 1 部第 1 編第 4 章施設の維持及び補修の項目において、施設の点検、評価、補修等の適切な維持管理を行う必要がある旨の記載があり、施設機能維持のための記載がされている。

手引き発刊後、平成 20 年度より、水産基盤施設の老朽化状況を調べる機能診断の実施及び機能診断結果に基づく機能保全計画の策定、並びに機能保全計画に基づく漁港施設の保全工事の実施を内容とする「水産物供給基盤機能保全事業（水産基盤ストックマネジメント事業）」が創設されたところである。それに併せ、手引き（案）¹⁾及びガイドライン（案）²⁾も水産庁より示されているところである。

また、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（平成 19 年発刊）¹⁹⁾（以下「解説」という）では維持管理について、表 1-1-13 のような項目で記載を行っており、維持管理計画等の記載がある（解説 p. 89～100 に記載）。

以上より、本手引きは、水産物供給基盤機能保全事業の創設にあわせ、機能保全計画等の記載について充実する必要があると考える。

表 1-1-3 港湾の施設の技術上の基準・同解説の維持管理に関する記載項目について

3.	技術基準対象施設の維持
3. 1	総説
3. 2	維持管理計画
3. 2. 1	維持管理計画
3. 2. 2	維持管理レベル
3. 2. 3	点検診断計画
3. 2. 4	総合評価
3. 2. 5	維持補修計画
3. 2. 6	専門技術者
3. 3	維持管理の実施
3. 3. 1	維持管理の実施
3. 3. 2	専門技術者
3. 4	危険防止に関する対策
3. 4. 1	専門技術者
3. 5	管理を委託する国集港湾施設
3. 6	共用を停止した施設に対する対策

(2) 漁港漁場施設の機能維持のための性能規定に係る手法の検討

「岸壁の設計手法」において、漁港岸壁の許容変形量の提示を行っている。そこでの検討では、岸壁の使用限界状態として、漁港岸壁の使用には車両、漁船、人の3要素が関係するため、それぞれの使用に関するデータを収集している。車両の通行に関わる使用性については、被災漁港の利用状況調査を行い、フォークリフトの走行は5cm程度の段差でも支障が出る。荷を積んだトラックの走行は10cm程度の段差でも支障がでる。また、漁船の係留に関わる使用性については、被災漁港の利用状況調査を行い、漁船の係留は80cm近くはらみ出したところや、ひび割れ幅や段差も10cm以上ある箇所でも係留を行っている。人間の往来に関わる使用性については、「高齢者身体機能データベース」より、一段段差を上がるときと降りるとき、高齢者がかなりの負担を感じずに済む高さは、20cm程度、段差について気をつけなくても超えられる幅は15cm程度となる旨の報告がある。

この中で、陸揚げ岸壁では、フォークリフトを利用する事が多い事から、フォークリフトの利用を想定した場合の岸壁の利用状況が維持管理の性能規定に関わってくると考えられる。

フォークリフトの利用については、聞き取り調査及び現地調査を行った。聞き取り調査より、「段差があるとフォークリフトに乗せている魚箱がバウンドし荷崩れを起こす危険がある。段差が5cmでは確実に問題となる。3~5cmの段差であったとしても厳しい状況である。イサダ(オキアミ)漁において、パレットの上に30kgのイサダのカゴを25個750kg載せるが底面がゆがんだ状態だとイサダのカゴが滑り段差があれば荷崩れを起こす可能性がある。」旨の話があった。現地調査において、フォークリフトの走行に支障のない事例、ある事例ではそれぞれ写真1-1-6、写真1-1-7の通りである。

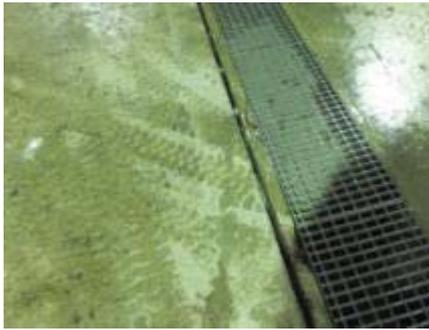


写真 1-1-6 フォークリフトの走行に支障のない事例（岩手県 K 漁港、段差 2cm）



写真 1-1-7 フォークリフトの走行に支障のある事例（岩手県 K 漁港、段差 3.5cm）

例えばイサダ漁のように場所や時期によっては、3cm 以下の沈下であっても利用上問題がある可能性もありうるが今回は調べられてはいない。

また、機能保全計画策定の手引き（案）（p. 3-16～p. 3-19）²⁾の係船岸の漁港施設簡易調査項目の「エプロン部」の「沈下、陥没」の調査項目において、老朽化度の判断基準として、「a：車両の通行や歩行に重大な支障がある等。b：エプロンに 3cm 以上の沈下（段差）がある等。c：エプロンに 3cm 未満の沈下（段差）がある等。d：変状なし」がある。

以上より、機能維持の岸壁の性能照査については、調査項目にあげられているエプロン部の沈下・陥没に着目し、検討を行えば良いと考えられる。

1.2 コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の検証（平成 25 年度）

1.2.1 老朽化状況の定量化の検討

（1）表面 P 波法の既往の研究

圧縮強度、ひび割れ深さと表面 P 波速度との関係について、既往の研究を整理した。

（a）圧縮強度との関係

目視では分からないコンクリートの圧縮強度について表面 P 波速度より推定することができる可能性がある。岩野らは 66 種類の配合のコンクリート円柱体で弾性波速度と圧縮強度を測定し、両者の関係式を提示した（式(1)）。その結果、同じ圧縮強度であったとしても、配合により弾性波速度は異なり、弾性波速度の増加に対する圧縮強度の変化率は配合による変化が小さいことが分かった。

$$f_c = 1.224 \times 10^{-17} \times V_p^{5.129} \quad (1)$$

また、以下の手順による既設構造物での圧縮強度の推定方法を示している。

- ① コアを採取する位置で表面 P 波速度を測定し、式(1)により暫定推定強度を求める。
- ② 暫定推定強度と採取したコアの圧縮強度から補正比率 ($k = \text{コア圧縮強度} / \text{暫定推定強度}$) を求める。
- ③ 任意の位置で表面 P 波速度を測定し、式(1)により暫定推定強度を求め 2) により求めた補正比率 (k) を乗じて補正する。

本手法により、漁港の既設構造物でもコア圧縮強度を調査すれば、強度が推定できることが分かった。

（2）現地調査の概要

（a）現地調査実施場所

実施場所は、新潟県 C 漁港・B 漁港、青森県 G 漁港、岡山県 H 漁港の防波堤、護岸、物揚場、船揚場等の 4 漁港 15 施設であった。これらの施設は構造形式から無筋コンクリート構造であることが推定された。

これら 4 漁港の施設を対象として、表面 P 波速度の計測とコア採取による圧縮強度の推定を行った。表面 P 波速度の計測は、ひび割れの無い 1m 間隔で実施した。コアは表面 P 波速度の計測を行った位置の中心部分で採取した。コアによるコンクリート圧縮強度試験は、JIS A 1108 に準拠して行った。

（b）現地調査での表面 P 波の計測方法

表面 P 波速度の調査は、衝撃弾性波測定装置を用いて測定した。測定の際コンクリート表面のセンサーで受信する受信点と、ハンマーで打撃する発信点（打撃点）について、漁港施設は波浪及び海水によってコンクリート表層部の劣化が生じやすいため、電動ディスク研磨機を用い平滑に研磨を行った。また、表面 P 波速度は同一点で 5 回測定したものを平均した。

（c）結果及び考察

現地調査における表面 P 波速度とコア圧縮強度の結果をもとに、それぞれの調査箇所において、暫定推定強度、補正比率 k を算定し、圧縮強度が $18(\text{N}/\text{mm}^2)$ となる表面 P 波速度を用いて推定した。測定した結果を表 1-2-1 に示す。推定した速度の平均値は

3,265(m/s) (標準偏差; 429(m/s)、変動係数; 13.1%)であった。この値、これまでの調査結果、及びコンクリートの品質の面や砂防堰堤の健全度評価も考慮して、設計基準強度が 18(N/mm²)の施設における、3,300(m/s)を対策が必要な値として、今回示すこととした。

内部空隙は、今回の調査では該当する箇所は見られず、表面P波速度の定量的な値と内部空隙との関係は不明であった。これより、圧縮強度のみに着目し、今回、対策が必要な施設の定量的な値を提示した。

なお、この値については、4漁港15施設の事例調査であるので、今後とも精度向上の検討を行う必要があると考える。

表 1-2-1 各施設別の 18 (N/mm²) の表面P波速度の推定

No.	漁港名・施設名	建設年次	表面P波速度(m/s)	コア圧縮強度(N/mm ²)	計算値(暫定推定強度)(N/mm ²)	補正比率k	18(N/mm ²)の表面P波速度の推定(m/s)
1	B漁港西護岸NN1	1988	4096	27.3	41.3	0.66	3777
2	B漁港西護岸NN3	1988	3782	24.3	27.4	0.89	3567
3	C漁港北防波堤TB1	1980	3747	23.3	26.1	0.89	3563
4	C漁港北防波堤TB3	1980	3271	22.0	13.0	1.69	3145
5	G漁港東防波堤no.1	1980	3390	42.3	15.6	2.71	2869
6	G漁港東防波堤no.29	1983	2949	26.0	7.7	3.40	2745
7	G漁港東防波堤no.40	1983	3169	23.4	11.1	2.11	3011
8	G漁港-2.0m物揚場no.1	1982	2454	25.2	3.0	8.45	2298
9	G漁港護岸B区間no.11	1982	3163	25.9	11.0	2.36	2946
10	H漁港東安倉護岸	1997	3444	27.2	16.9	1.61	3177
11	H漁港三郎1.5m物揚場	2010	3979	24.1	35.6	0.68	3759
12	H漁港三郎船揚場	1977	3652	18.9	22.9	0.83	3617
13	H漁港三郎セルラーブロック堤	1993	3874	27.5	31.0	0.89	3567
14	H漁港三郎3号防波堤(注1)	1967	4433	50.9	61.9	0.82	3620
15	H漁港中安蔵防波堤(注1)	不明	3534	25.1	19.4	1.30	3313
					全体平均		3265

注1)コア圧縮強度は、No.1~13は、2013年調査を実施。No.14,15は、2011年に調査を実施。

1.2.2 老朽化予測の精度向上の検討

平成22年度に調査を行った岡山県H漁港を対象に調査を実施した。

(1) 現地調査実施場所及び計測方法

表面P波速度の経年的な変化について検討するために、2010年に調査を実施しているH漁港の三郎3号防波堤上部工のスパン4、スパン5の上部と下部をスパン間隔5mで調査を行った(図1-2-1、1-2-2参照)。なお、スパン4はひび割れがなく、スパン5は幅1mmのひび割れがあり、ひび割れを跨いで計測を行った。ひび割れの状況は2010年調査時と変わらなかった。

また、計測方法は、前回と同様の方法とする。



図1-2-1 H漁港三郎3号防波堤調査箇所(2010年状況)

(左; 調査箇所全体、右; スパン5の状況)

(3) 老朽化試験

衝撃弾性波法では実供試体では短期間の実験となり、長期の弾性波速度の低下状況は分からない。こうしたことから、短時間の実験で、そうした弾性波速度の低下状況を把握するため、室内の促進試験を実施する事とする。

促進試験の実施は、硫酸マグネシウムが海水の成分の中でコンクリートの劣化に効くと言われている。この硫酸マグネシウム濃度について通常の海水であると 0.16% であり、今回飽和した硫酸マグネシウムの濃度は、20.4%と 127.5 倍となり劣化が促進される可能性がある。また、乾湿繰り返しコンクリートの劣化に効くとの文献もある。

こうしたことから、硫酸マグネシウムの溶液中及び硫酸マグネシウムの乾湿繰り返しの溶液中で、表面 P 波速度の状況を見て、将来的な弾性波速度の変化について検討を行う事とする。

実際の海域での劣化の状態との比較のため、港湾空港技術研究所の海水を用いた屋外暴露水槽においても老朽化試験を行い、実際の経年劣化との状況の比較を行う事とする。

以上より、水産工学研究所において劣化を促進させるため、硫酸マグネシウムの濃度を高め、乾湿繰り返しによる実験を行うとともに、港湾空港技術研究所暴露試験場において、干満体を模した屋外暴露水槽等で W/C を上げた (W/C=65%) 供試体を用い劣化を促進させる及びコントロール (W/C=50%) として実験を実施することとする。

(a) 実験実施内容

老朽化試験については以下の条件で実施した。

実験施設：水産工学研究所のコンテナ内

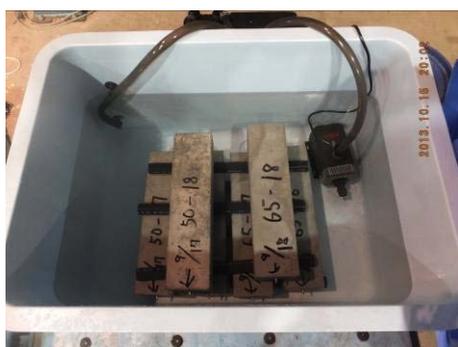
実験内容：硫酸マグネシウム濃度(海水は 0.16%)：①海水、②10%、③飽和溶液(20.4%程度)、④③の乾湿繰返(図 1-41 は実験開始時の状況を示したものである。)

注) ①は海水、②は海水に 10%濃度の硫酸マグネシウムを入れ、③は海水に飽和となる(20.4%)硫酸マグネシウムを入れ、コンテナ内に浸漬させたもの。④の乾湿繰返については、コンテナの飽和となる硫酸マグネシウム溶液(20.4%)の中で浸漬させ、11時～17時及び23時～5時までコンクリート供試体を硫酸マグネシウム溶液から引き上げ、扇風機を用い乾燥させたものである。

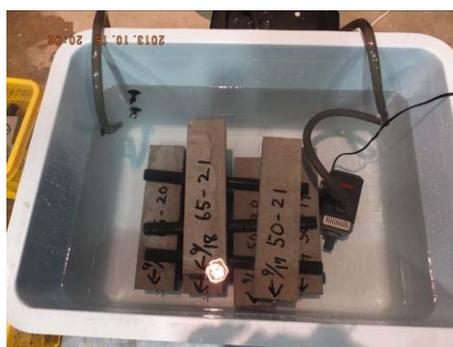
水セメント比：①65% (劣化促進の為)、②50% (通常)

温度：20度一定

計測項目：①外観目視観測、②表面 P 波速度、③動弾性係数、④重さ、⑤長さ



①海水中



②硫酸マグネシウム10%溶液中



③硫酸マグネシウム飽和溶液中



④乾湿繰り返し

図1-2-4 水産工学研究所実験開始時の状況(2013年10/15)

(b) 実験施設：港湾空港技術研究所の海水を導入した屋外暴露試験場等

実験内容：

条件：①海中②干満帯③飛沫帯④気中（以上屋外暴露試験場）

注）港湾空港技術研究所内の海水循環水槽の①海中及び②干満帯に暴露したものの海水循環水槽は、神奈川県久里浜湾の自然海水を貯留させ、強制的に水位変動（2回／日）を生じさせることが可能な施設。③飛沫帯は、海洋環境の飛沫帯を模した暴露試験場で1日2回、それぞれ約4時間合計1日8時間、自然海水を散布。④気中は、海辺に供試体を設置したもの。（図1-2-5は実験開始時の状況を示したものである。）

水セメント比：①65%（劣化促進の為）、②50%（通常）

計測項目：①外観目視観測、②表面P波速度、③動弾性係数、④重さ、⑤長さ



①海中



②干満体



③飛沫帯



④気中

図1-2-5 港湾空港技術研究所実験開始時の状況(2013年10/15)

(c) 実験スケジュール

- 9/17 W/C:50%供試体作成
- 9/18 W/C:65%供試体作成
- 10/14 初期値測定
- 10/15 設置
- 12/5・6 水産工学研究所供試体の浸漬後約2ヶ月後の調査実施

(d) 実験結果

老朽化促進試験を行った水産工学研究所の供試体の実験結果を示す。2ヶ月の結果であったが老朽化が促進されている状況が確認できた。現時点の状況を提示する。

【外観目視観察】

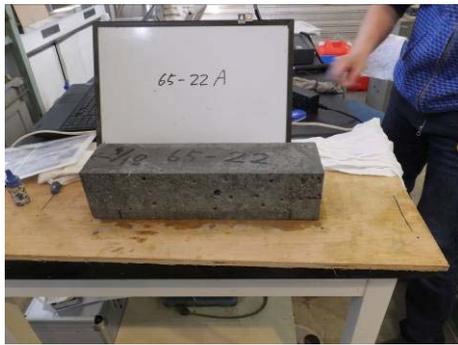
図1-2-6に2ヶ月後の外観の写真を示す。初期につけたマジックの痕について、①海水中や③硫酸マグネシウム10%溶液は残っているが、③硫酸マグネシウム飽和溶液はうっすらと見えるだけであり、④乾湿繰り返しについては見えない状況であった。③、④は供試体表面のコンクリートがはがれおり、また、図1-2-7に示すように、コンテナ内に砂が析出し劣化が表面からも分かる状態であった。



①海水中 (65-16)



②硫酸マグネシウム10%溶液中 (65-19)



③硫酸マグネシウム飽和溶液中 (65-22)



④乾湿繰り返し (65-25)

図1-2-6 2ヶ月後の水産工学研究所の供試体の状況 (w/c=65%)



図1-2-7 2ヶ月後の硫酸マグネシウム飽和溶液中の状況

1) 表面P波速度

図1-2-8に各条件別の表面P波速度の速度低下率を示す。特に硫酸マグネシウム10%溶液分が低下している。算出方法を式(4)に示す。

$$\Delta V_p = (V_{p(2\text{ヶ月後})} - V_{p(\text{当初})}) / V_{p(\text{当初})} \quad (4)$$

$V_{p(2\text{ヶ月後})}$: 2ヶ月後の表面P波速度

$V_{p(\text{当初})}$: 当初の表面P波速度

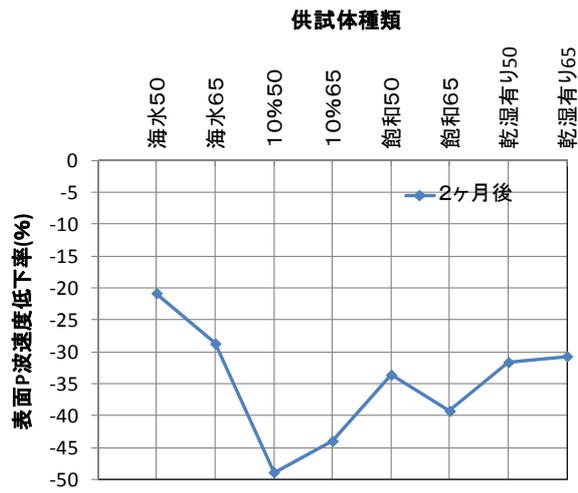


図1-2-8 各供試体毎の2ヶ月後の表面P波速度低下率

2) 相対動弾性係数

図 1-2-9 に各条件別の相対動弾性係数を示す。老朽化が促進しやすいと考えられ④乾湿繰り返しで w/c が 65% の供試体が最も低い結果となった。算出方法を式(5)に示す。老朽化すると低下傾向が見られると考えられる。促進しやすいと考えられる④乾湿繰り返しで w/c が 65% の供試体が最も低い結果となった。

$$\text{相対動弾性係数 (\%)} = f(2 \text{ヶ月後}) / f(\text{当初}) \quad (5)$$

f(2ヶ月後) : 実験開始前のたわみ振動の一次共鳴振動数 (Hz)

f(当初) : 2ヶ月後のたわみ振動の一次共鳴振動数 (Hz)

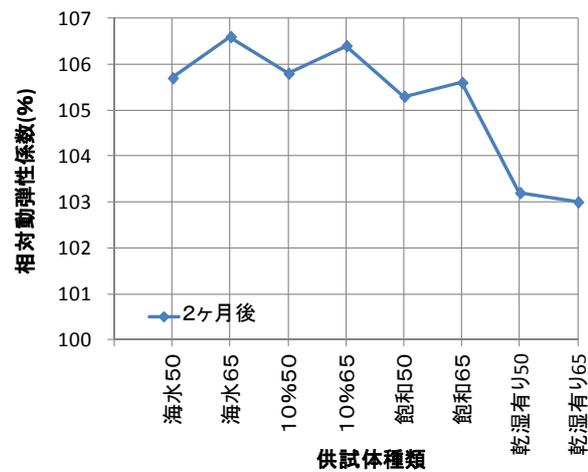


図1-2-9 各供試体毎の2ヶ月後の相対動弾性係数

3) 重さ

図 1-2-10 に重量変化率を示す。老朽化が促進しやすいと考えられる④乾湿繰り返しで w/c が 65% の供試体が最も低い結果となった。算出方法を式(6)に示す。

$$\text{質量減少率 (\%)} = (W_{(2\text{ヶ月後})} - W_{(当初)}) / W_{(2\text{ヶ月後})} \times 100$$

$W_{(2\text{ヶ月後})}$: 2ヶ月後の供試体の質量 (g)

$W_{(当初)}$: 当初の供試体の質量 (g)

老朽化すると砂が析出する等し、低下傾向が見られると考えられる。老朽化が促進しやすいと考えられる④乾湿繰り返しで w/c が 65% の供試体が最も低い結果となった。

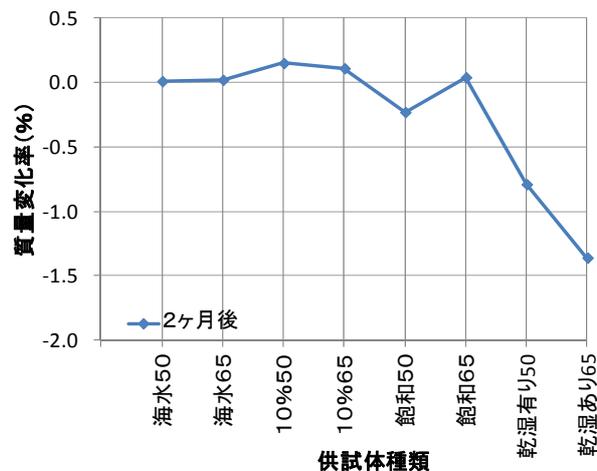


図1-2-10 各供試体毎の2ヶ月後の質量変化率

4) 長さ

図 1-2-11 に各条件別の長さ変化率を示す。老朽化が促進しやすいと考えられる④乾湿繰り返しで w/c が 65% の供試体が、最も膨張している結果となった。算出方法を式(7)に示す。

$$\Delta L = ((X_{\text{標準尺(当初)}} - X_{\text{供試体(当初)}}) - (X_{\text{標準尺(2ヶ月後)}} - X_{\text{供試体(2ヶ月後)}})) / \text{基長} \times 100$$

ΔL : 長さ変化率 (%)

$X_{\text{標準尺(当初)}}$ 、 $X_{\text{供試体(当初)}}$: それぞれ当初時点での、標準尺と供試体の測定値

$X_{\text{標準尺(2ヶ月後)}}$ 、 $X_{\text{供試体(2ヶ月後)}}$: それぞれ2ヶ月後時点での、標準尺と供試体の測定値

老朽化が促進すると長くなり、値がプラス（膨張）傾向になると考えられる。老朽化が促進しやすいと考えられる④乾湿繰り返しで w/c が 65% の供試体が、最も膨張している結果となった。

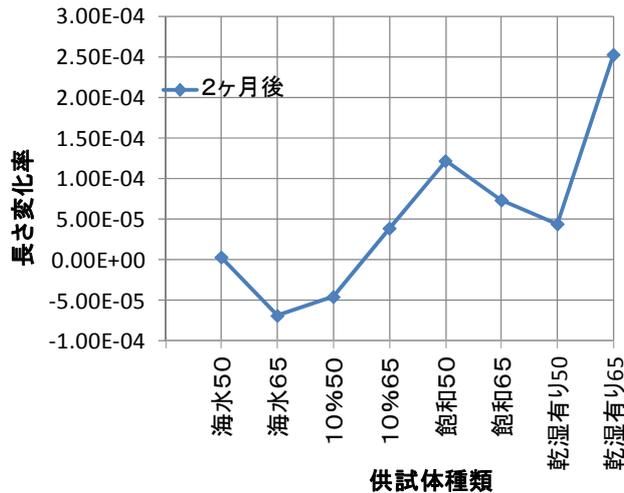


図1-2-11 各供試体毎の2ヶ月後の長さ変化率

1.2.3 表面P波法を用いた機能診断手法の具体的な適用方法や実施方法

(1) 適用対象

本手法は、コンクリート構造物の詳細調査の実施箇所の選定の為に行う(図1-2-12)。対象となるコンクリート構造物は、重力式防波堤の上部工や重力式係船岸のエプロン部、護岸上部工等について適用するものとする。

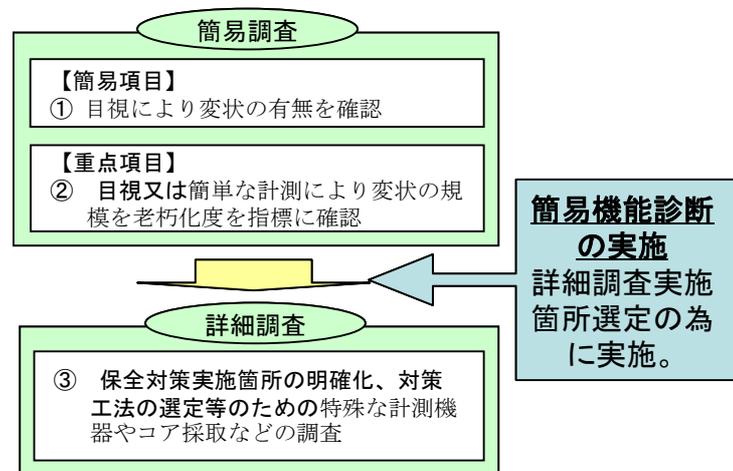


図1-2-12 機能診断において行う調査内容及びコンクリート構造物の機能診断フロー中における本手法の位置づけ

(2) 簡易機能診断手法の提案

簡易機能診断手法について、図1-2-13のフローを提案する。「(1)機能診断時または定期点検時の簡易調査時の結果から、詳細調査を実施する必要がある施設を対象」とする。

また、「その例として、保全対策を行うかどうかの判断が困難な箇所について、保全対策実施箇所の明確化のため実施」する。こうした場所において、「(2)漁港施設の1スパンを対象」、「(3)(2)のうちひび割れをまたがない場所を対象」とし、当該箇所

「(4)表面P波速度の調査」を実施する。「(5-1)表面P波速度が3,300(m/s)以上」の場合は、「(8-1)詳細調査の必要なし。例として、保全対策の必要なし」と判断する。その後「(9)定期点検時等に再調査」を実施する。その実施時期は、定期点検時等に行うが、過去に同一の箇所で、表面P波速度の調査を実施していた場合、直線近似で表面P波速度が3,300(m/s)になる時期に行うものとする。

「(5-2)表面P波速度が3,300m/s未滿」の場合は、「(6)詳細調査の必要あり。例として、コア圧縮強度の調査を実施」し、「(7-1)圧縮強度が18(N/mm²)以上」の場合には、「(8-2)例として保全対策の必要なし」。「(7-2)圧縮強度が18(N/mm²)未滿」の場合には、「(8-3)例として保全対策の必要あり」となり、その検討を行うこととする。

「(4)表面P波速度の調査」は、衝撃弾性波測定装置を用いて測定する。測定の際コンクリート表面のセンサーで受信する受信点と、ハンマーで打撃する発信点(打撃点)は、漁港施設は波浪及び海水によってコンクリート表層部の劣化が生じやすいため、電動ディスク研磨機を用い平滑に研磨を行う。また、表面P波速度は同一点で5回測定したものを平均する。

ひび割れ箇所におけるひび割れ深さの推定は、理論値からの推定となり、漁港施設への適用については、さらに検討の必要があると考える。

こうした調査により、保全対策を行うかどうかの判断が困難であり、詳細調査を実施する必要があるコンクリート構造物について、その評価が可能となる。これにより、詳細調査実施箇所や保全対策工事実施箇所を選定することができ、効率的・効果的な維持管理となると考える。

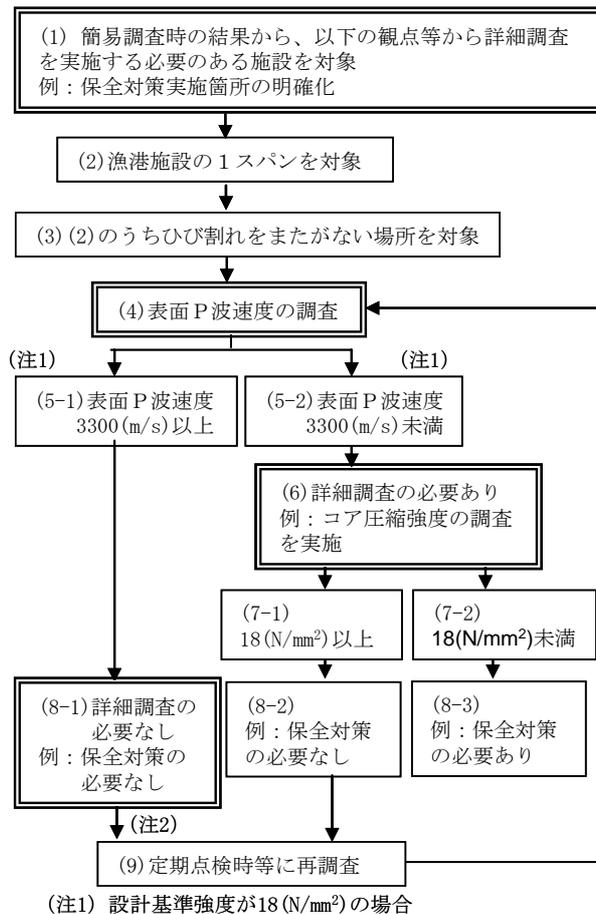


図1-2-13 簡易老朽化診断手法適用フロー図

(3) 簡易機能診断手法の現地への適用

本フローについて、H 漁港三郎 3 号防波堤上部工で適用を行った（図 1-2-14、1-2-15 参照）。本防波堤は、小規模な変状があったものの、施設の機能にかかわる変状はなかった。しかし、共用開始から 45 年が経過し、現時点で当該施設が所用の強度を有しているかを確認するため、詳細調査が必要な箇所として選定した。なお、2011 年に本防波堤のスパン 4 において、同趣旨でコア圧縮強度等の詳細調査が実施されており、詳細調査の必要な箇所として妥当な箇所であると考えられる。

表面 P 波速度の調査を、スパン 1～5 の 5m 間隔で行った。そのうちスパン 5 の 1～2m 区間のみ幅 1mm のひび割れが確認されたことから、スパン 5 については 1m 毎に表面 P 波速度を調査した。

図 1-2-14 にスパン毎の表面 P 波速度を示す。ひび割れのないスパン 1～4 は、表面 P 波速度が 3,300(m/s) 以上であり、保全対策の必要なしと判断した。2011 年にスパン 4 で調査したコア圧縮強度の結果では、50.9(N/mm²) となり、今回の保全対策が必要ないという結果と一致した。

図 1-2-15 にスパン 5 の 1m 間隔の表面 P 波速度を示す。ひび割れのある 1～2m の区間以外の各区間は 3,300(m/s) 以上であることから保全対策の必要がないと判断した。なお、スパン 5 のひび割れについて、ひび割れ深さを Tc-To 法により表面 P 波速度を用いて推定すると、32cm となった。本ひび割れは、幅 1mm のひび割れであるので構造体として問題ないと推定できた。

以上、H 漁港三郎第 3 防波堤に本簡易機能診断手法を適用したところ問題なく実施できた。今後、適用事例を増やし、本手法の妥当性について確認する必要があると考えられる。

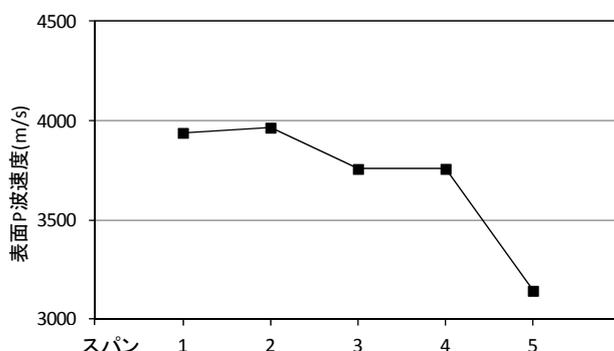


図 1-2-14 H 島漁港三郎第 3 防波堤のスパン毎の表面 P 波速度

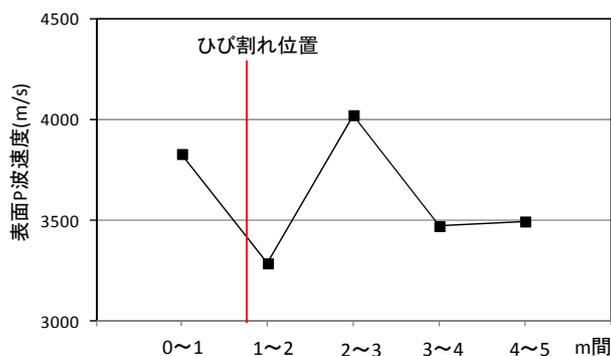


図 1-2-15 H 島漁港三郎第 3 防波堤スパン 5 の 1m 毎の表面 P 波速度

(4) 留意事項

表面P波速度の低下については、圧縮強度の低下以外に内部空隙も考えられるので、それに留意し詳細調査を実施する必要がある。

また、詳細調査については、図 1-2-13(1)の事例以外にも、目視や簡易な計測である簡易調査で、保全対策実施は決まっているが、老朽化要因が不明なため、どの保全対策を行うべきか判断が困難な箇所について、対策工法の選定のために行う例が考えられる。そうした場合には、図 1-2-13 (8-1)、(8-2)では、コア圧縮強度は健全であり、施設本体は健全で構造部材として利用できると推定される。そうした場合の対策工法検討例として、ひび割れ注入工法等の検討が考えられる。また、図 1-2-13(8-3)では、コア圧縮強度は不健全であり、施設本体は不健全で、構造部材としての利用ができないということとなり、対策工法検討例としては、本体工の全面打ち換え等の検討が考えられる。

本実施者はコンサルタントや都道府県や市町村職員の漁港管理者を想定している。本手法はP波の波形を読み取る必要があるものの、表面P波速度を自動的に算定し読み取りが簡易となる等の機器の開発が進むと、それら実施者に対して本手法の普及が進むものとする。

1.2.4 施設機能維持の課題問題点の抽出

事業実施主体等に聞き取り調査を行い以下の課題・問題点を抽出した。

(1) 維持管理全般

- ・機能保全事業で実施できる施設は限られている。単独費はあるが予算が足りていない。
- ・無筋コンクリートについて、b判定で欠損が10%未満とあるが、10%未満だからb判定だと言い切ることには出来ないのではないか。C判定で幅1cm未満のひび割れとあるがそうは言えないのではないか。
- ・鋼材について、劣化予測をして予防保全的に対応を行うが、コンクリートについて明らかに補修しなければならないもの等であれば劣化予測もしないし、そのままとなっている。
- ・維持管理計画について、スパンが5m間隔で作成されている。スパンを長くする必要がある。
- ・計画策定の際、手引きの記載例に則って行う。対策工法も記載例に書いてある工法で実施する傾向がある。
- ・水中部や沖防波堤は状況確認ができない。これらは詳細点検時に確認するしかない。
- ・維持管理費の予算の確保が困難であり、早急な対応ができない。
- ・市町村は維持管理計画策定の際、費用負担があるが、負担が大変である。
- ・漁港区域と施設が広範囲に及ぶため調査に時間が要する。
- ・漁港施設が古いため、図面資料がなく現況の状況把握が困難。
- ・機能保全計画策定にあたっての費用について、見積もりにより発注しているので標準歩掛を整備して欲しい。
- ・ガイドラインの参 21、22 に示されている被覆防食工法のペトロラタムと無機防食の耐用年数はそれぞれ20年、30年とあるが、鋼材の維持管理マニュアル p.59 ではペトロラタムの耐用年数は30年であり、30年を今回用いている。

- ・水産庁からの口頭での話では、維持管理計画について 100-300m のスパンのものが望ましいとあったが、判断がつかないので、10m スパンで作ったものがあがってくる。
- ・機能保全計画の更新の時期・方法について統一的な考え方を示す必要がある。
- ・臨港道路の簡易調査（重点項目）について、20m 1 スパンとして調査しているが、評価項目の一部分でも該当すれば評価することとなり、判断方法として疑問。段差、ひび割れ等面積の割合に対する指標を取り入れたらどうか。
- ・漁港の今後の方向性も考え維持管理計画を策定すべきである。
- ・市町村は土木系の技術者がいない。
- ・補助対象外の漁港について、費用がなく修繕は考えられない。
- ・浮き桟橋について、20 年の耐久性があるが、直すのか、更新するのか悩む。
- ・利用者からは修繕のスピードを求められている。単費についてはすぐ出せるが、軽微なものしか出来ない。

（２）機能診断

- ・評価について、評価表に定量的な評価値が出ており柔軟性がない。
- ・理解度や習熟度によって作成のバラツキが出ている。
- ・ひび割れ深さについては、目視で貫通か非貫通かの判断をしている。
- ・タイロッドや控え矢板は考慮していない。目視では見ることができない。土の中の鉄筋も不明である。
- ・無筋の重力式であれば、見た目が健全であり、沈下や傾きがなければ施設として機能があると判断している。内部の老朽化の判断が困難。
- ・機能診断としてはまず鉄ものを行っている。
- ・機能診断の変状の程度については、曖昧な表現はやめて全体的に何%以上、法線のはらみ出しは何 cm、さびの所は全体的と書いてあるのでどの程度か示した方が良い。
- ・年数で判断するしかないのか。
- ・石積み式について、評価手法がない。

（３）簡易機能診断法について（衝撃弾性波法の利用方法も含む）

- ・ひび割れの幅によって深さを推定している。
- ・ひび割れ深さによって、はつって対策を行うのか、目地注入とするのかわかればひび割れ深さに対する活用方法はあると考える。
- ・圧縮強度試験について、非破壊検査で圧縮強度の調査箇所を抽出し、コアの実施箇所を減らす事ができる。
- ・定期点検時に、自分たちでできるものであると使える。ただし買う必要があるため、それがどれだけ有効かが問題視される。
- ・計画策定時に実施するものであれば、それには使えると考える。
- ・非破壊検査について、行うケースや行う場所を明確にする必要がある。
- ・毎年の経年劣化を調べる事には使える。
- ・計測機器の購入や保有者からの貸し出しを容易にすると利用が進むと考える。
- ・事務所で使える機械であれば良い。
- ・ひび割れ深さについては、老朽化度の判定、工法に選定に役立てる可能性はある、そのためには、ひび割れ深さの違いによる老朽化度の指標やひび割れ深さの違いによる比較できる工法があれば良いと考える。

- ・圧縮強度について、劣化度を判断し、対策時期や工法選定に活用したい。
- ・表面P波速度について、ひび割れ箇所のおおよその目安がつくので詳細調査が必要な箇所を絞り込むことには活用できる。海岸施設等の長い構造物についても良いのではないか。
- ・地元の調査会社で使えるものであれば広がる。
- ・水中部で無筋コンクリートの劣化を判断できる調査があれば良い。
- ・判断基準の中に位置づけて、目視の判断をはっきりさせた方がよい。
- ・調査方法の指針があればよい、積算根拠や根拠資料があれば良い。使用事例を教えてください。
- ・水中部の鋼材の肉厚測定をおこなうのは手間。潜水士がケレンしなくても分かるものがあれば良いと考える。

(4) 機能保全対策や保全対策工事について

- ・劣化予測について無筋コンクリートはできないので、予防保全とはならない。壊れたら変えるという状況となっている。
- ・新規ではなく、部分的な補修となるので、既存施設との取り付けが難しい。
- ・県全体での工事の平準化の整理が必要であり、データベースの構築が必要である。
- ・ひび割れ注入工法等対策工法の耐用年数を一律30年としているが、本来工法により耐用年数に違いが生じるべきではないか。
- ・無筋コンクリートの劣化予測が不明である。
- ・防波堤上部工の断面修復部でひび割れが発生。既設コンクリートとの収縮具合の違いが原因。ひび割れ防止目地の施工等施工方法に関するマニュアルも整備できれば良いと考える。
- ・保全対策を行うが、構造物全体がこれでいいという技術的な判断をどうしたら良いのか。欠損した部分の耐久性について、あと10年のびるというのは本当にいえるのか不明。今後の施工事例で工事の耐久性を説明していくのか。
- ・鋼管に鋼板を溶接しているが、新しい事をする現場が戸惑っている。
- ・実施した事がない工事について、単価の取り方等標準積算を作成してもらえるとありがたい。

(5) 機能保全計画の策定に役立てるための技術資料の検討

これまでの成果を踏まえ、機能保全計画の策定に役立てるための技術資料の構成を検討した。その結果を以下に示した。また、現時点の知見に基づき、「漁港施設における表面P波法による簡易機能診断手法適用マニュアル(案)」を次頁以降に示した(略)。

機能保全計画の策定のための技術資料(仮称)

1. はじめに
2. 水産基盤施設の老朽化状況の特徴
 2. 1 保全対策が必要な施設の割合と建設後の経過年数の特徴
 2. 2 保全対策が必要な部位・部材の特徴
3. 水産基盤施設の保全対策の特徴
 3. 1 保全対策の実施時期の特徴
 3. 2 選定された保全対策と建設後の経過年数の特徴
4. 詳細調査手法の採用実績
5. 機能保全計画の策定によるコスト縮減効果
6. 機能保全計画の策定にあたっての留意点
 6. 1 対象施設の機能保全レベルの設定について
 6. 2 評価指標としての「健全度」の利用方法
 6. 3 保全対策の検討にあたってのシナリオ設定に対する基本的考え方
7. 漁港施設における表面P波法による簡易機能診断手法適用マニュアル(案)

1.2.5 施設機能維持のための設計手法の検討

漁港漁場設計参考図書の施設機能維持部分の検討について、これまで水産庁において作成されたガイドライン（案）や手引き（案）に準拠し、以下の骨子案を提示した。

（１）記載案

○施設の維持及び補修

〔基本的考え方〕

漁港及び漁場の施設は、施設が持つ機能を効果的かつ効率的に保全していくため、統一的な管理方針に沿った機能保全のための計画に基づき、計画的に実施する機能診断を踏まえ、補修・更新による保全対策を実施していく必要がある。

〔解説〕

漁港及び漁場の施設の長寿命化や更新コストの縮減を図るため、施設の老朽化が顕在化する前に保全対策を実施し、施設が保有している性能の低下を極力抑える「予防保全」を基軸とした維持及び修繕を行う必要がある。

施設の維持及び補修の実施にあたっては、機能保全の方針設定、現況把握、機能診断、機能保全対策の検討、という一連の検討過程を経て、機能保全のための計画の策定を行い、その計画に基づき、計画的な保全対策を実施する。また、計画的な点検による施設の老朽化のモニタリングを行い、一連のデータを蓄積・活用して効率的な維持・管理を行うことが重要である。必要に応じて計画の見直しを行うことも必要である。

機能保全の方針策定については、維持及び補修の目的、意義、管理方針を総括的に取りまとめるものである。機能診断については、部材の老朽化度や施設の健全度を簡易調査（簡易項目及び重点項目）で評価し、その後必要に応じて詳細調査を実施して、老朽化要因の特定や保全対策の必要性について検討するものである。簡易調査（簡易項目）は目視による老朽化の有無を確認するものであり、簡易項目の結果があれば次の簡易な計測器による調査である簡易調査（重点項目）を実施し、老朽化の程度を把握するものである。詳細調査は、簡易調査の結果を踏まえて、老朽化要因の特定や保全対策実施箇所のため実施するものである。

保全対策の検討については、施設に生じている老朽化状態や将来的な老朽化予測などを勘案するとともに、設定した機能保全レベルの範囲内において、工法や実施時期等が異なる複数のシナリオを選定し、ライフサイクルコストを比較・検討し決めることとする。なお、各構造物の機能を適切に保全するためには、構造物ごとの老朽化要因及び老朽化の進行度合を把握し、老朽化予測を踏まえて、対策工法及びその実施時期を推定する必要がある。

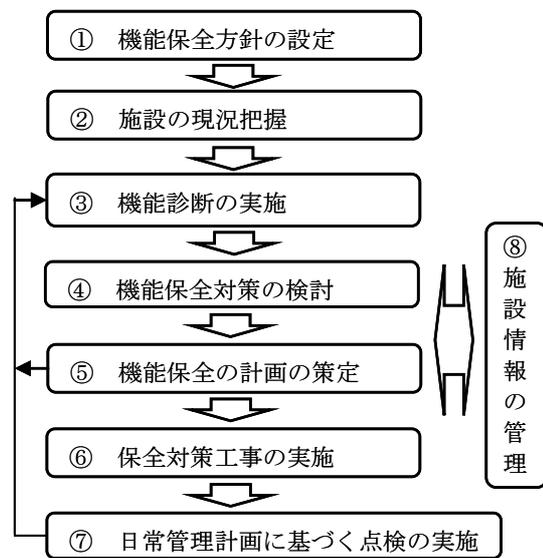


図1-2-16 漁港施設の維持及び補修の概要

施設の状態については、計画的な日常管理を通じて把握するとともに、管理記録などの履歴については、適切に整理、保存することとする。

漁港、漁場の施設の維持及び補修のための基本的な事項については、ガイドライン(案)、手引き(案)、「コンクリート標準仕様書〔維持管理編〕」及び「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」等を参考にすることができる。

1.3 コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の提案（平成 26 年度）

1.3.1 測定距離及び測定回数の検討

（1）現地調査の概要

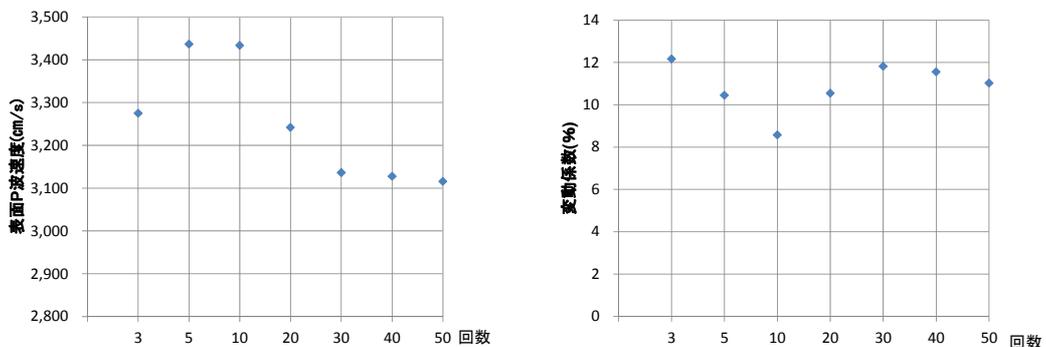
図 1-3-1 の I 漁港の既存の護岸の上部について、打撃回数を 3 回、5 回、10 回、20 回、30 回、40 回、50 回等と変えた場合の、測定距離を 1～9m と変えた場合の表面 P 波速度と変動係数の調査を行った。



図 1-3-1 I 漁港護岸調査箇所

（2）結果及び考察

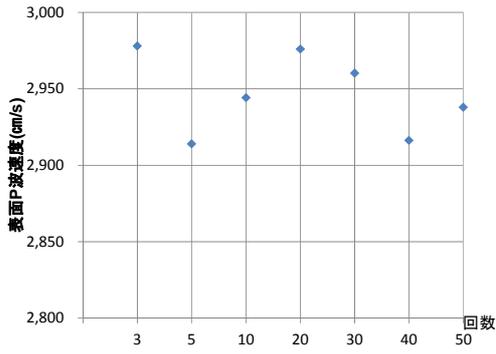
結果については、図 1-3-2 に示す。打撃回数については、それぞれの場合の変動係数を見ると変化がない状況であった。これより、打撃回数は、5 回程度で良いと考える。また、測定距離は、測定距離が 9m の場合も変動係数が適切な値で、表面 P 波速度が測定出来ており、測定距離が 9m における表面 P 波速度が問題ないことが分かった。



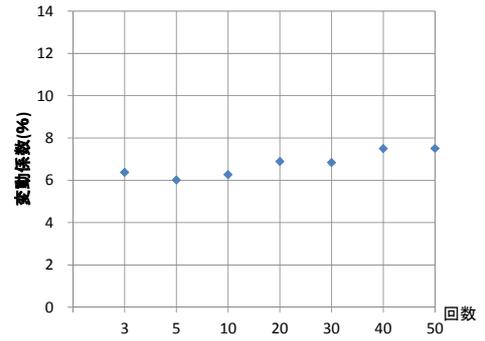
① 1m 間隔の表面 P 波速度

② 1m 間隔の変動係数

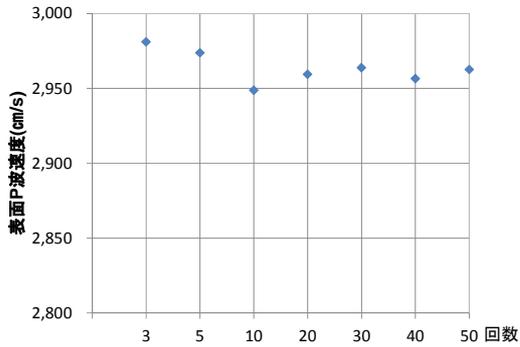
図 1-3-2 I 漁港護岸調査結果 (1/2)



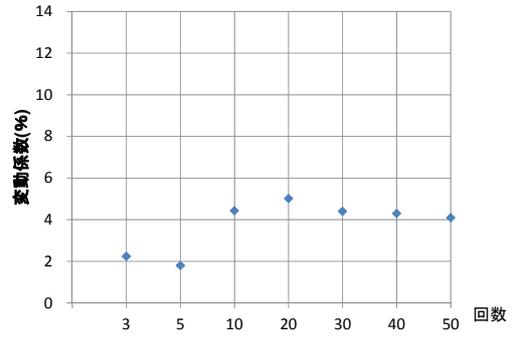
③3m 間隔の表面 P 波速度



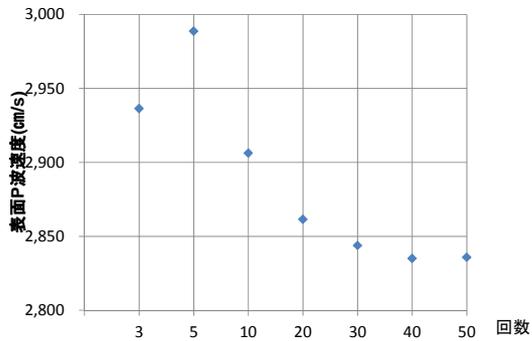
④3m 間隔の変動係数



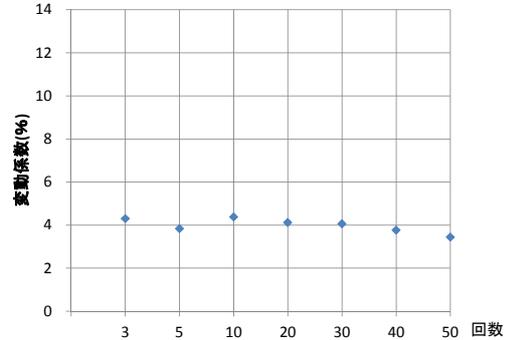
⑤5m 間隔の表面 P 波速度



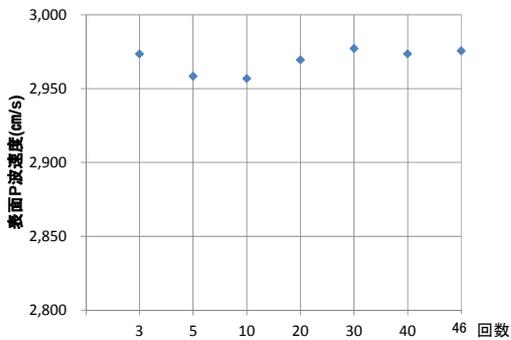
⑥5m 間隔の変動係数



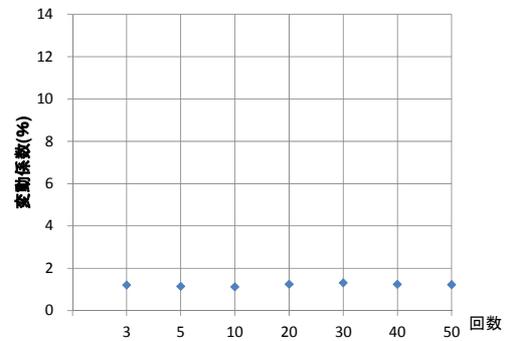
⑦7m 間隔の表面 P 波速度



⑧7m 間隔の変動係数



⑨9m 間隔の表面 P 波速度



⑩9m 間隔の変動係数

図 1-3-2 I 漁港護岸調査結果 (2/2)

1.3.2 老朽化状況の定量化の検討

(1) 現地調査の概要

(a) 現地調査実施場所

平成 25 年度実施場所は、C 漁港・B 漁港、G 漁港、H 漁港の防波堤、護岸、物揚場、船揚場等の 4 漁港 15 施設であり、本年度は更に I 漁港の 1 漁港 4 施設を調査した。これら 5 漁港 19 施設を対象として、表面 P 波速度の計測とコア採取による圧縮強度の推定を行った。表面 P 波速度の計測は、ひび割れの無い 1m 間隔で実施した。コアは表面 P 波速度の計測を行った位置の中心部分で採取した。コアによるコンクリート圧縮強度試験は、JIS A 1108 に準拠して行った。

(b) 現地調査での表面 P 波の計測方法

表面 P 波速度の調査は、衝撃弾性波測定装置を用いて測定した。測定の際コンクリート表面のセンサーで受信する受信点と、ハンマーで打撃する発信点（打撃点）について、漁港施設は波浪及び海水によってコンクリート表層部の劣化が生じやすいため、電動ディスク研磨機を用い平滑に研磨を行った。また、表面 P 波速度は同一点で 5 回測定したものを平均した。

(2) 結果及び考察

現地調査における表面 P 波速度とコア圧縮強度の結果をもとに、それぞれの調査箇所において、下記のコンクリート圧縮強度の推定強度に示した暫定推定強度、補正比率 k を算出し、圧縮強度が $18(\text{N}/\text{mm}^2)$ 及び $24(\text{N}/\text{mm}^2)$ となる表面 P 波速度を推定した。測定した結果を表 1-3-1 に示す。推定した速度の平均値はそれぞれ、 $3,362(\text{m}/\text{s})$ 、 $3,556(\text{m}/\text{s})$ 、標準偏差はそれぞれ $424.5(\text{m}/\text{s})$ 、 $449.0(\text{m}/\text{s})$ となった。

《コンクリート圧縮強度の推定強度》

岩野らは 66 種類の配合のコンクリート円柱体で弾性波速度と圧縮強度を測定し、両者の関係式を提示した（式(1)）。その結果、同じ圧縮強度であったとしても、配合により弾性波速度は異なるが、弾性波速度の増加に対する圧縮強度の変化率は配合による変化が小さいことが分かった。

$$f_c = 1.224 \times 10^{-17} \times V_p^{5.129} \quad (1)$$

また、以下の手順による既設構造物での圧縮強度の推定方法を示している。

- ① コアを採取する位置で表面 P 波速度を測定し、式(1)により暫定推定強度を求める。
- ② 暫定推定強度と採取したコアの圧縮強度から補正比率 ($k = \text{コア圧縮強度} / \text{暫定推定強度}$) を求める。
- ③ 任意の位置で表面 P 波速度を測定し、式(1)により暫定推定強度を求め②により求めた補正比率 (k) を乗じて補正する。

本手法により、漁港の既設構造物でもコア圧縮強度を調査すれば、強度が推定できる。

表 1-3-1 各施設別の 18 (N/mm²) 及び 24 (N/mm²) の表面 P 波速度の推定

No.	漁港名・施設名	建設年次	表面P波速度 (m/s)	コア圧縮強度 (N/mm ²)	計算値(暫定推定強度) (N/mm ²)	補正比率k	18(N/mm ²)の表面P波速度の推定 (m/s)	24(N/mm ²)の表面P波速度の推定 (m/s)
1	C漁港西護岸NN1	1988	4096	27.3	41.3	0.66	3777	3994
2	C漁港西護岸NN3	1988	3782	24.3	27.4	0.89	3567	3773
3	B漁港北防波堤TB1	1980	3747	23.3	26.1	0.89	3563	3769
4	B漁港北防波堤TB3	1980	3271	22.0	13.0	1.69	3145	3327
5	G漁港東防波堤no.1	1980	3390	42.3	15.6	2.71	2869	3035
6	G漁港東防波堤no.29	1983	2949	26.0	7.7	3.4	2745	2903
7	G漁港東防波堤no.40	1983	3169	23.4	11.1	2.11	3011	3185
8	G漁港-2.0m物揚場no.1	1982	2454	25.2	3.0	8.45	2298	2431
9	G漁港護岸B区間no.11	1982	3163	25.9	11.0	2.36	2946	3116
10	H漁港東安倉護岸	1997	3444	27.2	16.9	1.61	3177	3360
11	H漁港三郎1.5m物揚場	2010	3979	24.1	35.6	0.68	3759	3975
12	H漁港三郎船揚場	1977	3652	18.9	22.9	0.83	3617	3826
13	H漁港三郎セルラブロック堤	1993	3874	27.5	31.0	0.89	3567	3772
14	H漁港三郎3号防波堤(注1)	1967	4433	50.9	61.9	0.82	3620	3829
15	H漁港中安倉防波堤(注1)	不明	3534	25.1	19.4	1.3	3313	3504
16	I漁港西山防波堤(9-10)	1953	4346	28.6	55.9	0.51	3971	4200
17	I漁港西山防波堤(16-17)	1953	3935	19.3	33.6	0.58	3880	4104
18	I漁港城ヶ崎4号岸壁スパン1(1-2)	1961	4077	34.3	40.3	0.85	3595	3802
19	I漁港城ヶ崎4号岸壁スパン2(11-12)	1961	4078	41.6	40.3	1.03	3463	3663
					全体平均		3362	3556
					(標準偏差)		424.5	449

この結果をもとに、対策が必要な表面 P 波速度の検討を以下行う。

まず設計基準強度が 24 (N/mm²) の施設における対策が必要な値を検討する。

基準値について、平均値、平均値+標準偏差×0.25、平均値+標準偏差×0.5、平均値+標準偏差×0.75、平均値+標準偏差、平均値+標準偏差×1.25、平均値+標準偏差×1.5を抽出し、それぞれ検討を行う。それぞれの値については、十の桁数は四捨五入し、3,600(m/s)、3,700(m/s)、3,800(m/s)、3,900(m/s)、4,000(m/s)、4,100(m/s)、4,200(m/s)を検討対象とする。

表 1-3-2 に、基準値 24 (N/mm²) の表面 P 波速度推定値が、調査箇所数全体に対する基準値以下になる箇所の割合、コア圧縮強度が 24 (N/mm²) 未満の調査箇所数に対する基準値以下になる箇所の割合を示す。コア圧縮強度が 24 (N/mm²) 未満の箇所 5 箇所全体が基準値以下に入るのは 4,000(m/s)となる。こうしたことから、4,000(m/s)を基準値とする場合、今回現地で計測したコア圧縮強度が 24 (N/mm²) 未満の 5 箇所がすべて入っていること、24 (N/mm²) の推計値について、19 箇所中 17 箇所が入っていること、また、表 1-3-3 より、3,660~4,570(m/s)についてはコンクリートの品質としては優ではなく、良であるという事より、今回、設計基準強度が 24 (N/mm²) の、詳細調査の必要があるという基準値は、平均値+1 標準偏差とし、4,000(m/s)とすることとする。

表 1-3-2 設計基準強度が 24N/mm² の場合の表面 P 波速度の基準値の検討について

基準値	基準値の標準偏差との関係 (σ :標準偏差)	コア圧縮強度が 24N/mm ² 未満の 箇所が基準値以下になる割合		24N/mm ² 推定値 が基準値以下になる割合	
		箇所	割合	箇所	割合
3600	平均値	2/5	40%	8/19	42%
3700	平均値+0.25 σ	3/5	60%	9/19	47%
3800	平均値+0.5 σ	4/5	80%	11/19	58%
3900	平均値+0.75 σ	4/5	80%	15/19	79%
4000	平均値+1 σ	5/5	100%	17/19	89%
4100	平均値+1.25 σ	5/5	100%	17/19	89%
4200	平均値+1.5 σ	5/5	100%	19/19	100%

表 1-3-3 表面 P 波速度とコンクリートの品質（岡田ら）（コンクリート単位容積重量 2,400kg/m³）

表面 P 波速度 (m/s)	評価
4,570 以上	優
3,660~4,570	良
3,050~3,660	やや良
2,130~3,050	不良
2,130 以下	不可

次に設計基準強度が 18 (N/mm²) の施設における対策が必要な値を検討する。

基準値について、平均値、平均値+標準偏差×0.25、平均値+標準偏差×0.5、平均値+標準偏差×0.75、平均値+標準偏差、平均値+標準偏差×1.25、平均値+標準偏差×1.5を抽出し、それぞれ検討を行う。それぞれの値については、十の桁数は四捨五入し、3,400(m/s)、3,500(m/s)、3,600(m/s)、3,700(m/s)、3,800(m/s)、3,900(m/s)、4,000(m/s)を検討対象とする。

表 1-3-4 に、基準値 18 (N/mm²) の表面 P 波速度推定値が、調査箇所数全体に対する基準値以下になる箇所の割合、調査地点の実測値が基準値以下になる割合を示す。なお、今回 18 (N/mm²) 以下のコア圧縮強度が現地では採取できなかった。

設計基準強度が 24 (N/mm²) の施設の時に設定した基準値である平均値+標準偏差については、設計基準強度が 18 (N/mm²) の場合には、3,800(m/s)が与えられる。3,800(m/s)を基準値とする場合、圧縮強度が 18 (N/mm²) の推計値について、19 箇所中 17 箇所が入っていること、また、表 c より、3,660~4,570(m/s)についてはコンクリートの品質としては優ではなく、良であるという事より、今回、設計基準強度が 18 (N/mm²) の、詳細調査の必要があるという基準値は、3,800(m/s)とすることとする。

表 1-3-4 設計基準強度が 18N/mm² の場合の表面 P 波速度の基準値の検討について

基準値	基準値の標準偏差との関係 (σ :標準偏差)	コア圧縮強度が 18N/mm ² 未満の 箇所が基準値以 下になる割合		18N/mm ² 推定値 が基準値以下に なる割合	
		箇所	割合	箇所	割合
3400	平均値	なし		8/19	42%
3500	平均値+0.25 σ			9/19	47%
3600	平均値+0.5 σ			13/19	68%
3700	平均値+0.75 σ			15/19	79%
3800	平均値+1 σ			17/19	89%
3900	平均値+1.25 σ			18/19	95%
4000	平均値+1.5 σ			19/19	100%

1.3.3 老朽化予測の精度向上の検討

平成 23 年度に調査を行った I 漁港を対象に調査を実施する。

(1) 現地調査実施場所及び計測方法

表面 P 波速度の経年的な変化については、2011 年に調査を実施している I 漁港の西山防波堤上部工の 1m 間隔で調査を実施した。当該箇所は昭和 28 年築造され、2014 年時点で築 61 年となる施設である。コンクリート表面のひび割れ等の状況は 2011 年調査時と変化はなかった (図 1-3-3, 図 1-3-4)。



図1-3-3 I漁港西山防波堤調査箇所 (2014年状況)

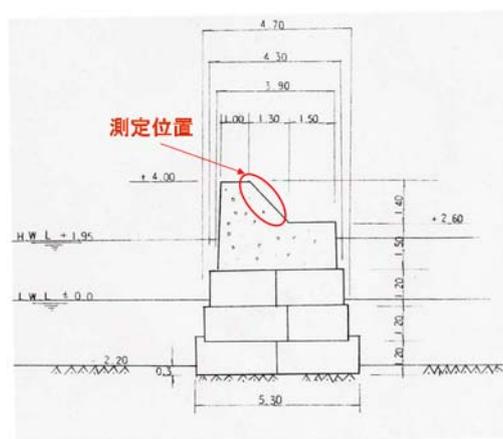


図1-3-4 H漁港三郎3号防波堤標準断面図

(2) 現地調査の結果及び考察

図1-3-5は、同一箇所における3年経過に伴う表面P波速度の変化を示したものである。0～1m間の一箇所のみ、表面P波速度が15(m/s)低下したものの、最大372(m/s)増加し、平均では174(m/s)の増加であった。

金田ら¹⁰⁾によると、D漁港の岸壁では、今回の調査結果と同様、表面P波速度の概ね横ばいか若干の増加の傾向が見られた箇所があり、その原因として測定時の条件の相違による可能性を示している。今回の調査箇所においても、測定時の条件の相違が考えられ、表面P波速度の若干の増加が引き起こされたと考える。ただし、表面P波速度の経年的な変化の傾向については、事例が少なく短期間(3年間)の調査であるため、今後とも調査を行う必要があると考える。

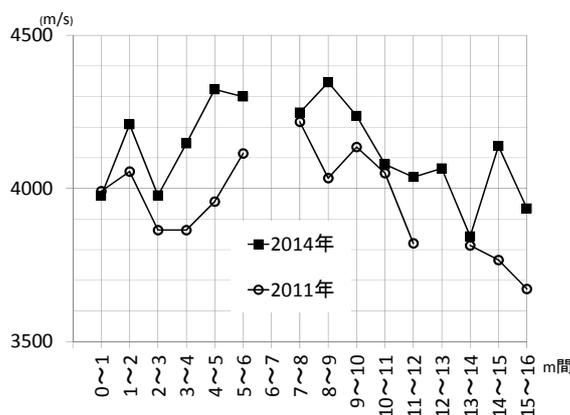


図 1-3-5 I 漁港西山防波堤の表面P波速度の経年変化

(3) 老朽化室内実験

実供試体による衝撃弾性波法の実験は、短期間のものであるため、長期の弾性波速度の低下状況は分かっていない。こうしたことから、長期間における弾性波速度の低下状況を把握するため、室内での老朽化促進試験を実施する事とする。

劣化促進試験には、コンクリートの劣化要因となり、海水の成分中にある硫酸マグネシウムを用いた。硫酸マグネシウム濃度は、通常海水で0.16%であり、今回の硫酸マグネシウム濃度は、20.4%と通常海水の127.5倍であり、より劣化が促進される可能性がある。さらに、乾湿繰り返ししがコンクリートの劣化要因になるとの報告もある。

こうしたことから、硫酸マグネシウムの溶液中及び硫酸マグネシウム溶液かつ乾湿繰り返しの条件下で、表面P波速度を調査し、長期間の弾性波速度の低下状況を把握することとした。なお、図1-3-6は、西林らが示した長期浸漬試験と劣化促進試験における動弾性係数の実測値である。

また、実際の海域での老朽化の状態を把握するため、港湾空港技術研究所の海水を用いた屋外暴露水槽においても老朽化試験を継続し、今後、これらの結果と室内試験結果を比較する事とした。

以上より、水産工学研究所において劣化を促進させるため、硫酸マグネシウムの濃度を高め、乾湿繰り返しによる実験を行うとともに、港湾空港技術研究所暴露試験場において、干満帯を模した屋外暴露水槽等でW/Cを上げた(W/C=65%)供試体を用い劣化を促進させる及びコントロール(W/C=50%)として実験を実施することとした。

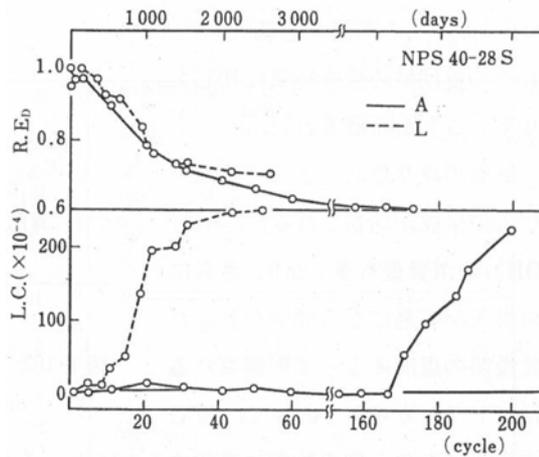


図 1-3-6 長期浸漬試験 (L) と促進試験 (A) との関係

(a) 実験実施内容

老朽化試験については以下の条件で実施する。

1) 実験施設：水産工学研究所のコンテナ内

○実験内容

硫酸マグネシウム濃度 (海水は 0.16%)：①海水、②10%、③飽和溶液 (20.4%程度)、
④③の乾湿繰返 (図 4-4-12 は実験開始時の状況を示したものである。)

注) ①は海水、②は海水に 10%濃度の硫酸マグネシウムを入れ、③は海水に飽和となる (20.4%) 硫酸マグネシウムを入れ、コンテナ内に浸漬させたもの。④の乾湿繰返については、コンテナの飽和となる硫酸マグネシウム溶液 (20.4%) の中で浸漬させ、11 時～17 時及び 23 時～5 時までコンクリート供試体を硫酸マグネシウム溶液から引き上げ、扇風機を用い乾燥させたものである。

水セメント比：①65% (劣化促進の為)、②50% (通常)

温度：20 度一定

○計測項目

①外観目視観測、②表面 P 波速度、③動弾性係数、⑤重さ、⑥長さ



①海水中



②硫酸マグネシウム10%溶液中



③硫酸マグネシウム飽和溶液中



④乾湿繰り返し

図1-3-7 水産工学研究所実験開始時の状況(2013年10/15)

2) 実験施設：港湾空港技術研究所の海水を導入した屋外暴露試験場等

○実験内容

条件：①海中②干満帯③飛沫帯④気中（以上屋外暴露試験場）

注）港湾空港技術研究所内の海水循環水槽の①海中部及び②干満帯に暴露したもの。海水循環水槽は、神奈川県久里浜湾の自然海水を貯留させ、強制的に水位変動（2回／日）を生じさせることが可能な施設。③飛沫帯については、海洋環境の飛沫帯を模した暴露試験場で1日2回、それぞれ約4時間合計1日8時間、自然海水を散布。④気中は、海辺に供試体を設置したもの（図1-3-8は実験開始時の状況を示したものである）。

水セメント比：①65%（劣化促進の為）、②50%（通常）

○計測項目

①外観目視観測、②表面P波速度、③動弾性係数、④重さ、⑤長さ



①海中



②干満体



③飛沫帯



④気中

図1-3-8 港湾空港技術研究所実験開始時の状況(2013年10/15)

3) 実験スケジュール

平成 25 年

- 9/17 w/c 50%作成
- 9/18 w/c 65%作成
- 10/14 初期値測定
- 10/15 港湾空港技術研究所、水産工学研究所設置
- 12/5・6 水産工学研究所供試体浸漬後約 2 ヶ月後の調査実施

平成 26 年

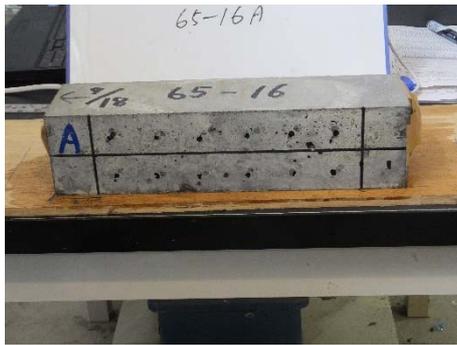
- 3/18・19 水産工学研究所分、5 ヶ月後の調査
- 3/27 港湾空港技術研究所分調査、5 ヶ月後の調査
- 5/26 港湾空港技術研究所分引き上げ(港湾空港技術研究所の暴露試験場について工事のため、供試体の引き上げ)
- 10/7・9 水産工学研究所分調査、1 年後の調査

(b) 実験結果

老朽化促進試験を行った水産工学研究所の供試体の実験結果を示す。水産工学研究所での 1 年後の結果であるものの、外観や質量等が低下しており、老朽化が促進されている状況が確認できた。現時点の状況を提示した。

1) 外観目視観察

図 1-3-9 に 2 ヶ月後の外観の写真を示す。初期につけたマジックの痕について、①海水中や③硫酸マグネシウム 10%溶液はうっすらと残っているが、③硫酸マグネシウム飽和溶液はポップアウト等あり、見えない状況であった。④乾湿繰り返しについてもポップアウト等あり、見えない状況であった。②、③、④は供試体表面のコンクリートがはがれおり、また、図 1-3-10、図 1-3-11 に示すように、コンテナ内に砂が析出し劣化が表面からも分かる状態であった。



①海水中 (65-16)



②硫酸マグネシウム10%溶液中 (65-19)



③硫酸マグネシウム飽和溶液中 (65-22)



④乾湿繰り返し (65-25)

図1-3-9 1年後の水産工学研究所の供試体の状況 (w/c=65%)



図1-3-10 1年後の硫酸マグネシウム飽和溶液中の状況



図1-3-11 1年後の硫酸マグネシウム乾湿繰り返しの状況

2) 表面 P 波速度

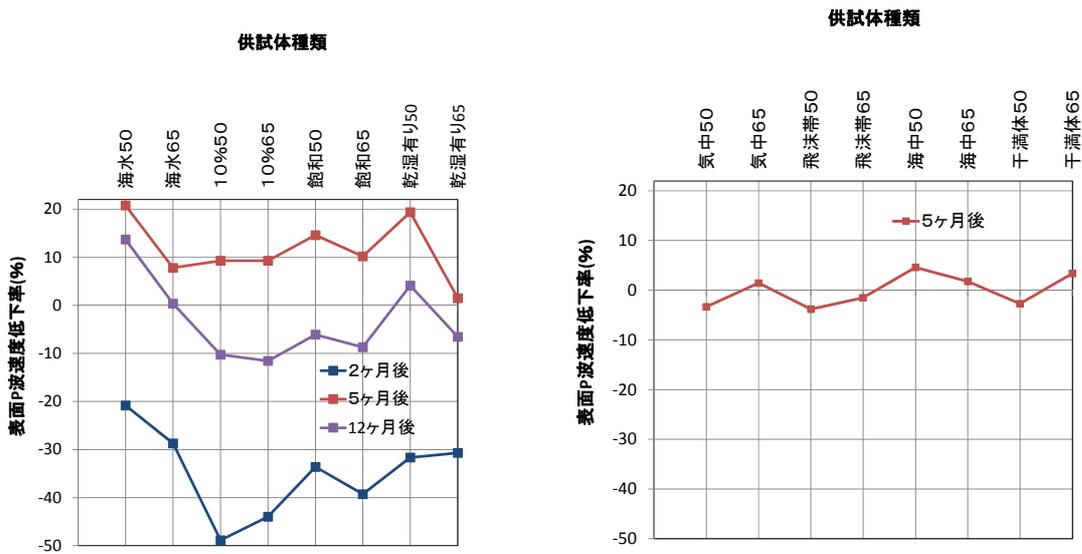
図 1-3-12 に各条件別の表面 P 波速度の速度低下率を示す。算出方法を式(4)に示す。

$$\Delta V_p = (V_{p(\text{〇ヶ月後})} - V_{p(\text{当初})}) / V_{p(\text{当初})} \quad (4)$$

$V_{p(\text{〇ヶ月後})}$: 〇ヶ月後の表面 P 波速度

$V_{p(\text{当初})}$: 当初の表面 P 波速度

老朽化すると低下傾向が見られると考えられる。しかしながら、今回は、特に硫酸マグネシウム 10%溶液分が低下していたところであった。



a) 水産工学研究所

b) 港湾空港技術研究所

図 1-3-12 各供試体毎の 12 ヶ月後までの表面 P 波速度

3) 相対動弾性係数

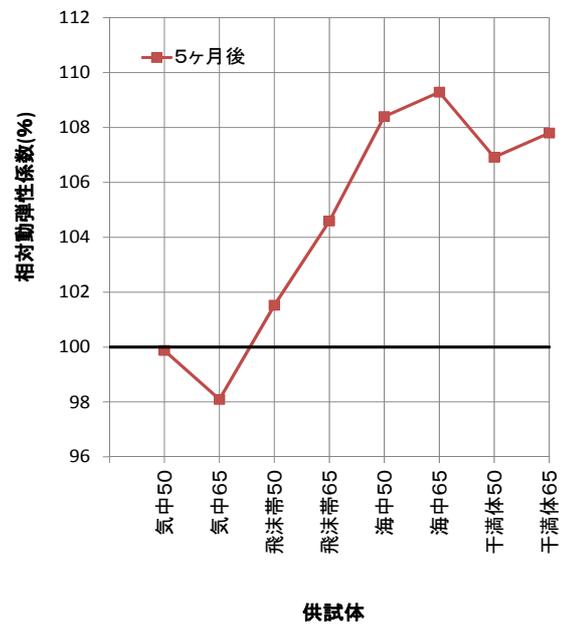
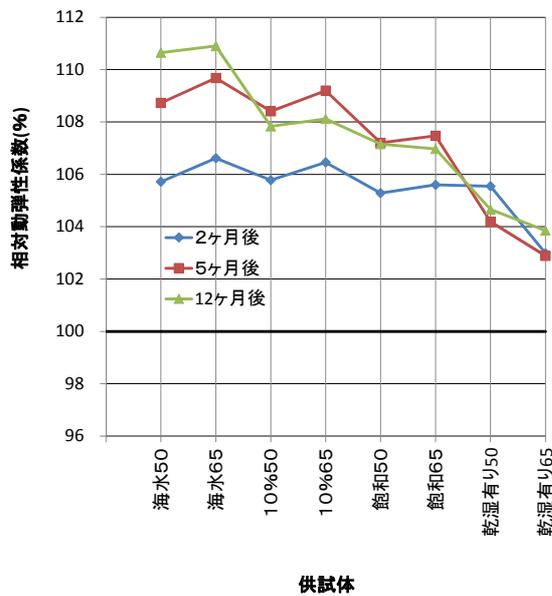
図 1-3-13 に各条件別の相対動弾性係数を示す。算出方法を式(5)に示す。

$$\text{相対動弾性係数 (\%)} = f_{(0\text{ヶ月後})}^2 / f_{(\text{当初})}^2 \quad (5)$$

$f_{(0\text{ヶ月後})}$: 実験開始前のたわみ振動の一次共鳴振動数 (Hz)

$f_{(\text{当初})}$: 2ヶ月後のたわみ振動の一次共鳴振動数 (Hz)

老朽化すると低下傾向が見られると考えられる。促進しやすいと考えられる④乾湿繰り返しで w/c が 65% の供試体が最も低い結果となった。



a) 水産工学研究所

b) 港湾空港技術研究所

図 1-3-13 各供試体毎の 12 ヶ月後までの相対動弾性係数

4) 重さ

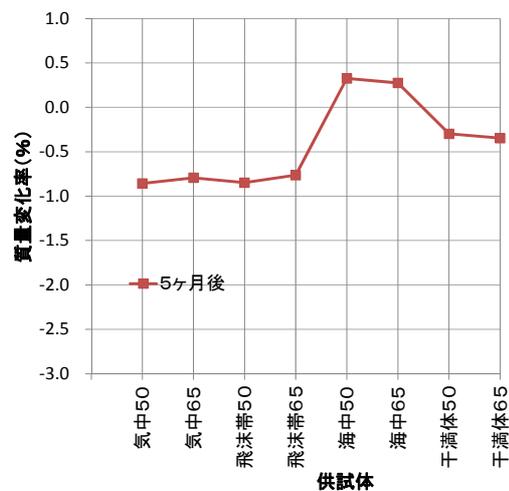
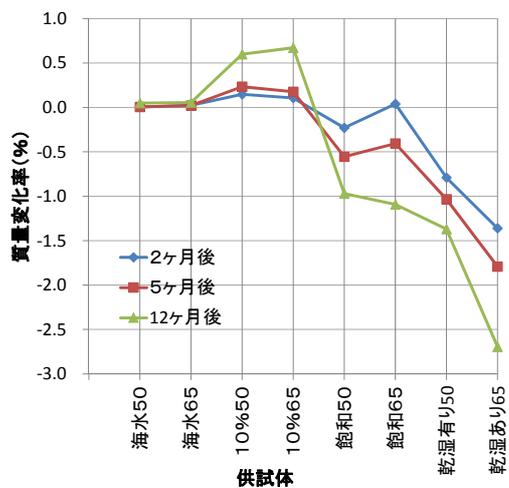
図 1-3-14 に重量変化率を示す。算出方法を式(6)に示す。

$$\text{質量減少率 (\%)} = (W_{(\text{〇ヶ月後})} - W_{(\text{当初})}) / W_{(\text{〇ヶ月後})} \times 100$$

$W_{(\text{〇ヶ月後})}$: 〇ヶ月後の供試体の質量 (g)

$W_{(\text{当初})}$: 当初の供試体の質量(g)

老朽化すると砂が析出する等し、低下傾向が見られると考えられる。老朽化が促進しやすいと考えられる④乾湿繰り返しで w/c が 65%の供試体が最も低い結果となった。



a) 水産工学研究所

b) 港湾空港技術研究所

図 1-3-14 各供試体毎の 12 ヶ月後までの重さ

5) 長さ

図 1-3-15 に各条件別の長さ変化率を示す。算出方法を式(7)に示す。

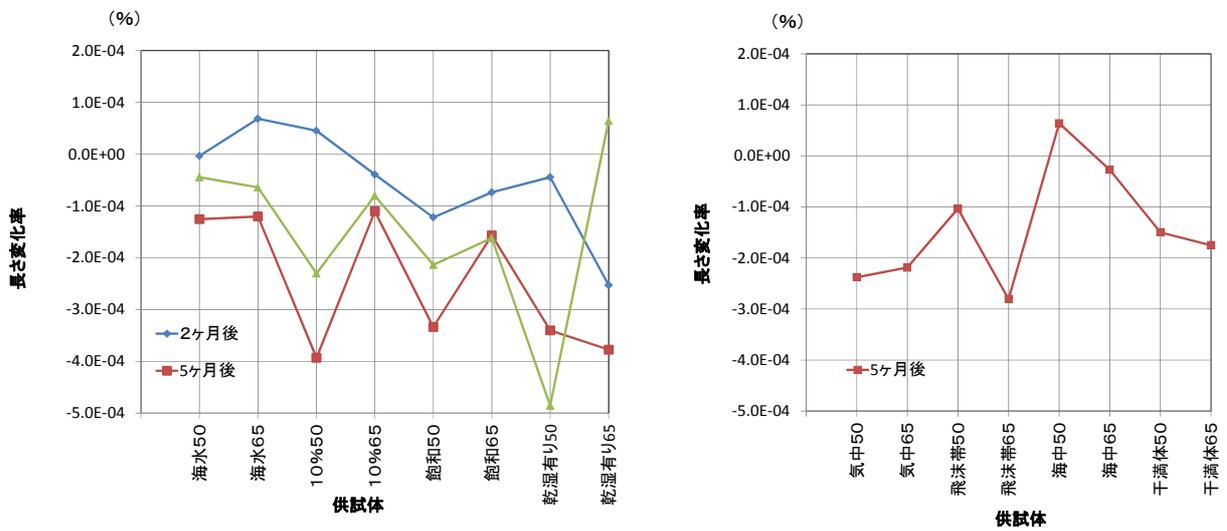
$$\Delta L = ((x_{\text{標準尺(当初)}} - x_{\text{供試体(当初)}}) - (x_{\text{標準尺(〇ヶ月後)}} - x_{\text{供試体(〇ヶ月後)}})) / \text{基長} \times 100$$

ΔL : 長さ変化率 (%)

$x_{\text{標準尺(当初)}}、x_{\text{供試体(当初)}}$: それぞれ当初時点での、標準尺と供試体の測定値

$x_{\text{標準尺(〇ヶ月後)}}、x_{\text{供試体(〇ヶ月後)}}$: それぞれ〇ヶ月後時点での、標準尺と供試体の測定値

膨張側が+、収縮側が-で示される。老朽化が促進しやすいと考えられる④乾湿繰り返しで w/c が 50% の供試体が、最も収縮している結果となったが、一概に傾向はいえず、今後も引き続き調査を実施する必要がある。



a) 水産工学研究所

b) 港湾空港技術研究所

図 1-3-15 各供試体毎の 12 ヶ月後までの長さ

1.3.4 表面P波法を用いた機能診断手法の具体的な適用方法や実施方法の提案

(1) 適用対象

現在の老朽化調査は図1-3-16の通り、目視や簡易な計測を行う簡易調査を行い、その後必要な箇所について詳細調査を実施する。

簡易調査において、現状では目視や簡単な計測調査が実施されている(図1-3-16)。本手法は、目視と比較して、調査するコストや時間がかかること等より、簡易調査の替わりとなるのは難しい。詳細調査は、調査実施箇所について、目視の結果等で選定しており、定量的な判断がなく、より適切な選定が求められている。本手法を用いることによって、表面P波速度という値でコンクリートを評価できるため、詳細調査実施箇所の限定や選別を行うことができ、コスト削減につながるものと考えられる。こうしたことから本手法は、コンクリート構造物の詳細調査の実施箇所の選定のために行う。

その際、1) 表面P波速度の標準値との比較、及び2) 表面P波速度の調査箇所間や過去データとの比較、を行う手法が考えられる。

また、適用箇所は、ハンマーで叩きやすく、センサーを設置しやすい構造物として、重力式防波堤の上部工や重力式係船岸の本体工の上部や係船岸のエプロン部、護岸上部工等があり、このようなコンクリート構造物に適用できると考えられる。

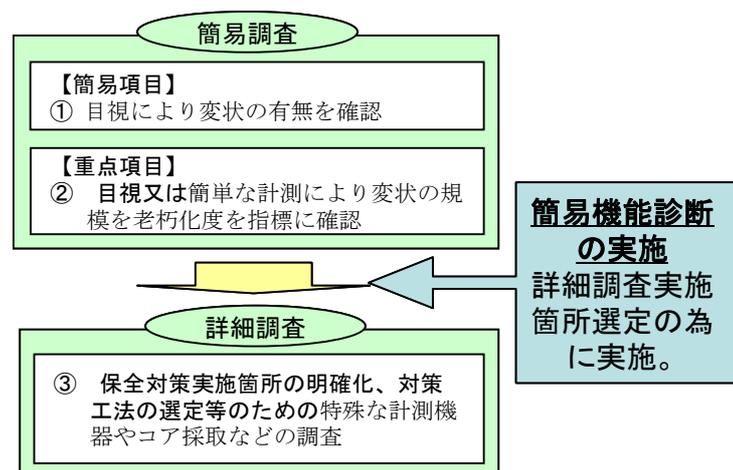


図1-3-16 本簡易機能診断手法の無筋コンクリート構造物の機能診断フロー中の位置づけ

(2) 簡易機能診断手法の提案

表面P波速度の調査については、衝撃弾性波測定装置を用いて測定する。測定の際コンクリート表面のセンサーで受信する受信点と、ハンマーで打撃する発信点(打撃点)は、波浪及び海水によってコンクリート表層部の劣化が生じやすいため、電動ディスク研磨機を用い平滑に研磨を行う。なお、表面P波速度は同一点で5回測定し、その平均値で評価する。

(a) 表面P波速度の標準値との比較

表面P波速度との標準値との比較により、詳細調査の実施の可否を判断するものである。標準値より、表面P波速度が上回っていれば、詳細調査の実施の必要なし、標準値より、表面P波速度が下回っていれば、詳細調査の実施の必要がありとするものである。

図 1-3-17 に簡易診断手法の概要を示す。「(1)機能診断時または定期点検時の簡易調査時の結果から、詳細調査を実施する必要がある施設を対象」とする。また、「その例として、保全対策を行うかどうかの判断が困難な箇所について、保全対策実施箇所の明確化のため実施」する。そうした場所において、「(2)漁港施設の 1 スパンを対象」、「(3) (2)のうちひび割れをまたがない場所を対象」とし、当該箇所で「(4)表面 P 波速度の調査」を実施する。

「(5-1)設計基準強度 18 (N/mm²) の場合、表面 P 波速度が 3, 800(m/s)以上、設計基準強度 24 (N/mm²) の場合、表面 P 波速度が 4, 000(m/s)以上」の場合は、「(8-1)詳細調査の必要なし、例として、保全対策の必要なし」と判断する。その後「(9)定期点検時等に再調査」を実施する。その実施時期は、定期点検時等に行うことができると考えられる。

また、「(5-2)設計基準強度 18 (N/mm²) の場合、表面 P 波速度が 3, 800(m/s)未満、設計基準強度 24 (N/mm²) の場合、表面 P 波速度が 4, 000(m/s)未満」の場合は、「(6)詳細調査の必要あり。コア圧縮強度の調査を実施」し、「(7-1)圧縮強度が 18 又は 24(N/mm²)以上」の場合には、「(8-2)例として保全対策の必要なし」。「(7-2)圧縮強度が 18 又は 24(N/mm²)未満」の場合には、「(8-3)例として保全対策の必要あり」となり、その検討を行う。

こうした調査により、詳細調査を実施する必要があるかどうか判断が困難なコンクリート構造物について評価が可能となる。これにより、詳細調査実施箇所を選定することができ、効率的・効果的な維持管理につながると考える。

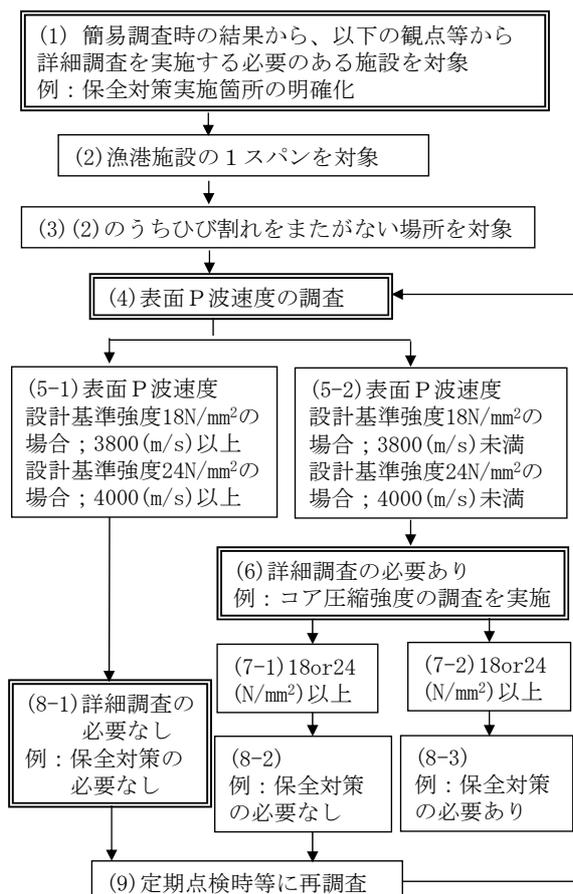


図1-3-17 表面 P 波速度の基準値との比較における簡易老朽化診断手法適用フロー図

(b) 表面P波速度の調査箇所間や過去データとの比較

調査箇所間や過去データの表面P波速度との比較により、詳細調査の実施の可否を判断するものである。

同じ品質のコンクリートについては、同じ表面P波速での圧縮強度は概ね一致すると言われている⁶⁾。こうしたことから、同一工種で整備時期が同一時期等のコンクリートの品質がほぼ同一と考えられるコンクリート構造物について、ひび割れのない箇所において、スパン毎や1m間隔等での調査を実施する。そのうち、表面P波速度の低い箇所について圧縮強度が低い可能性があることから、当該箇所の詳細調査を実施するものとする。

また、ひび割れ等も跨いだ箇所でも経年的に調査を実施する。そうした箇所において、経年的に急激に速度が低下した場合、ひび割れの拡大やコンクリートの強度の低下、内部空隙の発生等が考えられることから、詳細調査を実施するものである。場合によっては1m間隔でも調査を実施し、老朽化した箇所を限定するものとする。

(c) 簡易機能診断手法の現地への適用

A 漁港護岸上部工のスパン1～3に上記手法を適用した(図1-3-18参照)。スパン1～3はひび割れがないものの共用開始から61年が経過し、現時点で当該施設が所用の強度を有しているかを確認するため、詳細調査が必要な箇所として選定した。表面P波速度の調査を、スパン1～3の3m間隔で行った。調査結果を図1-3-19に示す。そのうちスパン3が3,650(m/s)と一番低い値となったので、1m間隔で調査した。その結果を図1-3-20に示す。スパン2～3において、3,500(m/s)程度となった。設計基準強度18(N/mm²)の場合、表面P波速度が3,800(m/s)未滿となる場合詳細調査の実施が求められることから、スパン当該箇所において、詳細調査の実施を行い、構造物の対策の要否を決める必要があると考える。

今後、適用事例を増やし、本手法の妥当性について確認する必要があると考える。



図1-3-18 I 漁港西山防波護岸上部工の状況

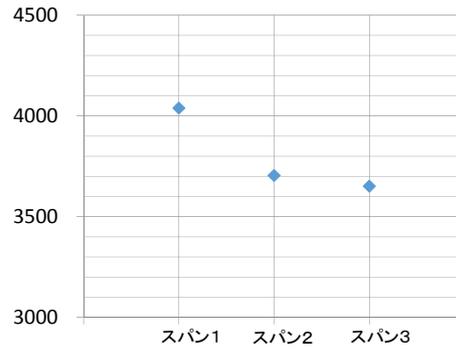


図 1-3-19 I 漁港防波護岸上部工のスパン毎の表面P波速度

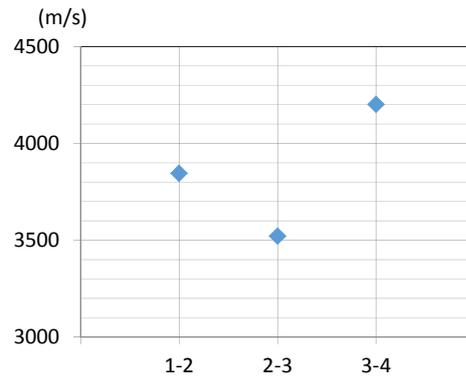


図 1-3-20 I 漁港西山防波護岸上部工のスパン3の1m毎の表面P波速度

(d) 「漁港施設における表面P波法による簡易機能診断手法適用マニュアル(案)」の提示

「漁港施設における表面P波法による簡易機能診断手法適用マニュアル(案)」の作成及び「漁港施設における機械インピーダンス法を用いたコンクリート強度推定運用マニュアル(案)」の改訂を行った。これらマニュアル作成にあたって、青森県の関係者、北海道大学大学院横田教授、土木研究所寒地土木研究所三上上席研究員のご指導を頂いた。

2. 「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン（案）」及び「機能保全計画策定の手引き（案）」の見直し案の作成

現行のガイドライン（案）及び手引き（案）では、水産物供給基盤機能保全事業の対象とされた水域施設の機能診断に関する解説や事例が不足している点に対応する必要がある。また、水産庁の行動計画策定のほか、海岸保全施設や港湾施設の維持管理に係る参考図書改訂の動向や、現行のガイドライン（案）に対する管理者の意見（特に、専門的技術者が少ない市町村の管理者）等を踏まえ、ガイドライン（案）及び手引き（案）の見直し案を検討、整理した。

2.1 既存の機能保全計画及び現地調査に基づく機能保全計画のモデル事例作成、整理・分析によるリスク管理手法の高度化（平成24年度）

2.1.1 既存の機能保全計画の整理・分析

（1）要保全対策施設数の特徴

機能保全計画書で対象となっている漁港施設は8,103施設であり、漁場施設については無かった。そこで、漁港施設を対象に分析した。

（a）保全対策が必要な漁港数

255漁港のうち、機能診断により保全対策が必要と判断された施設を有する漁港数は213漁港であった。計画策定した漁港の約84%は、保全対策が必要な漁港であることが把握された。

（b）保全対策が必要な施設数

収集した8,103施設のうち、機能診断により保全対策が必要と判断された施設は1,630施設であった。計画策定した施設の約20%で保全対策が必要とされる施設があることが把握された。

(2) 老朽化度の進行が顕著な施設や部材の適切な予見

保全対策が必要と判断された施設・部材の特徴を把握した。

(a) 保全対策が必要な施設

「外郭施設（護岸）」「外郭施設（防波堤）」「係留施設」「輸送施設」に分類し、保全対策が必要な施設の特徴を図 2-1-1 に示した。

これより、収集した各施設数に占める保全対策が必要な施設の割合が比較的多かった施設は、「係留施設」の約 38%、「輸送施設」の約 37%、「外郭施設（防波堤）」の約 28%であった。

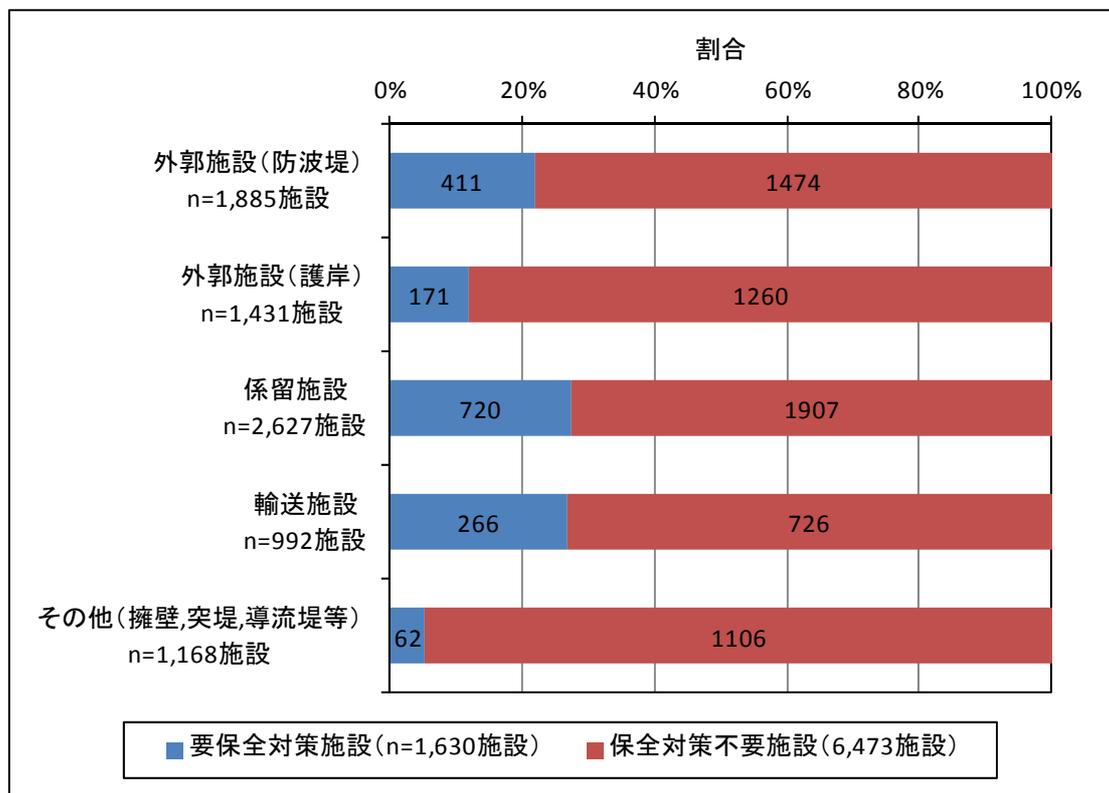


図 2-1-1 各施設に対する保全対策が必要な施設の割合

(b) 保全対策が必要な施設の構造形式

「外郭施設（護岸）」「外郭施設（防波堤）」「係留施設」「輸送施設」別に、保全対策が必要な構造形式の特徴について整理した。

1) 外郭施設

図 2-1-2 には、保全対策を要する外郭施設の構造形式の割合を示した。これより、防波堤及び護岸ともに、重力式構造物が各々の母数の約 75%を占めていた。

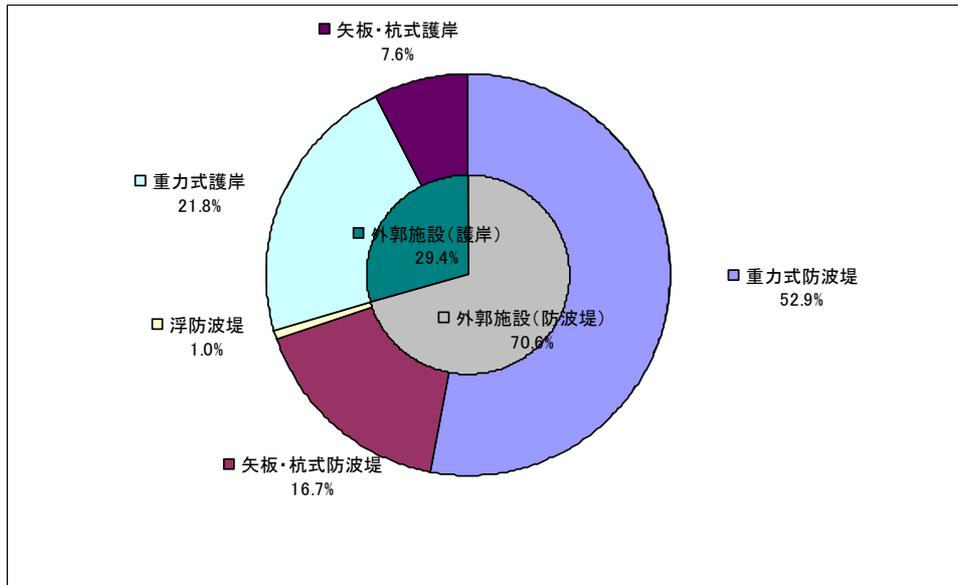


図 2-1-2 外郭施設における保全対策が必要な構造形式の割合

2) 係留施設

図 2-1-3 には、保全対策を要する係留施設の構造形式の割合を示した。これより、重力式係船岸が約 47%を占め、矢板式係船岸（約 30%）を上回った。

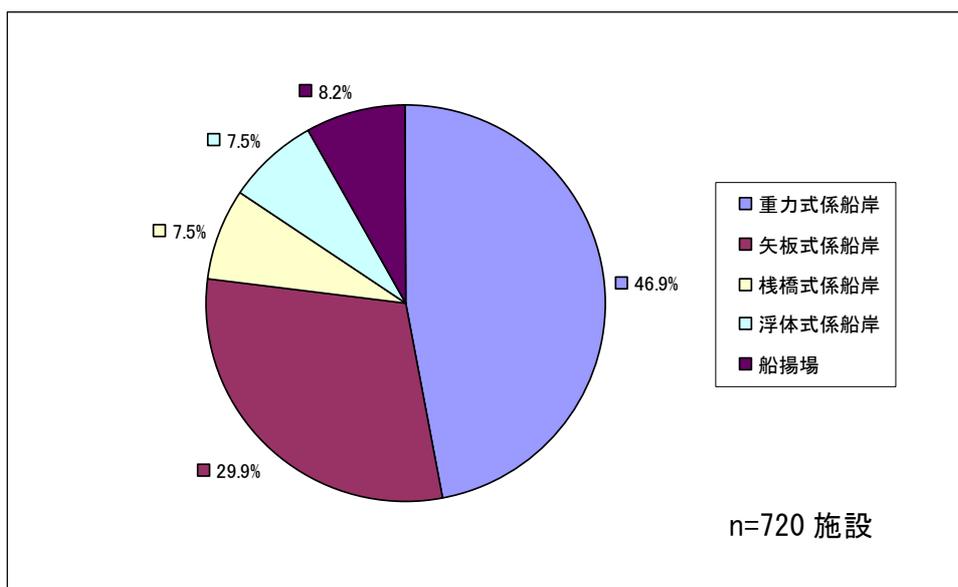


図 2-1-3 係留施設における保全対策が必要な構造形式の割合

3) 輸送施設

図 2-1-4 には、保全対策を要する輸送施設の構造形式の内訳を示した。輸送施設の大部分は道路であるため、保全対策が必要な構造形式の割合も道路が約 99%を占める結果であった。

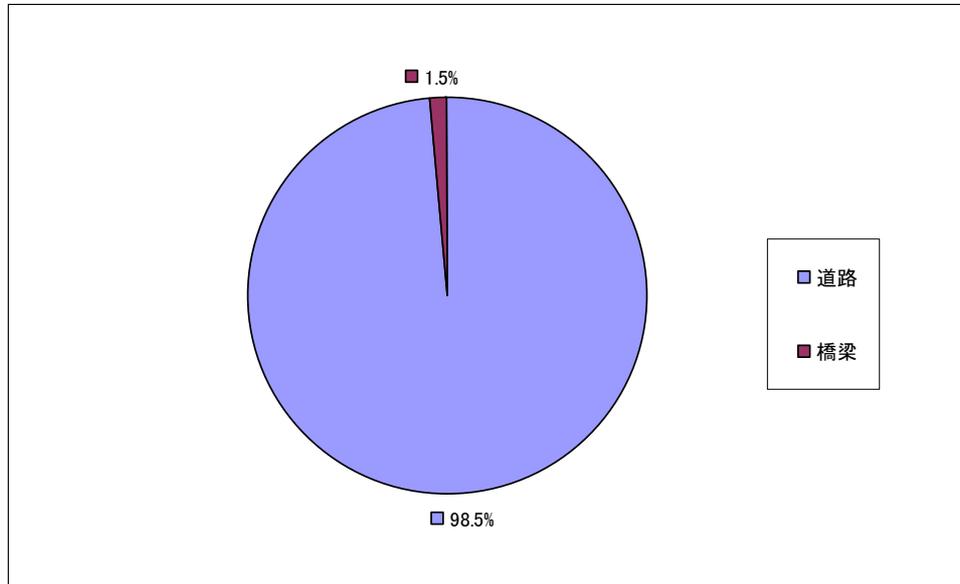


図 2-1-4 係留施設における保全対策が必要な構造形式の割合

(c) 保全対策が必要な部位

「外郭施設（護岸）」「外郭施設（防波堤）」「係留施設」「輸送施設」別に、保全対策が必要な部位について整理した。

1) 外郭施設

図 2-1-5 及び図 2-1-6 には、保全対策を要する外郭施設の部位の割合を示した。防波堤は上部工や本体工が全体の約 65%、護岸は上部工や本体工、護岸の背後、または本体が全体の約 65%を占めた。

一方、矢板や杭といった鋼材を用いた部材は防波堤及び護岸ともに約 17%を占め、主要な部位の一つであった。

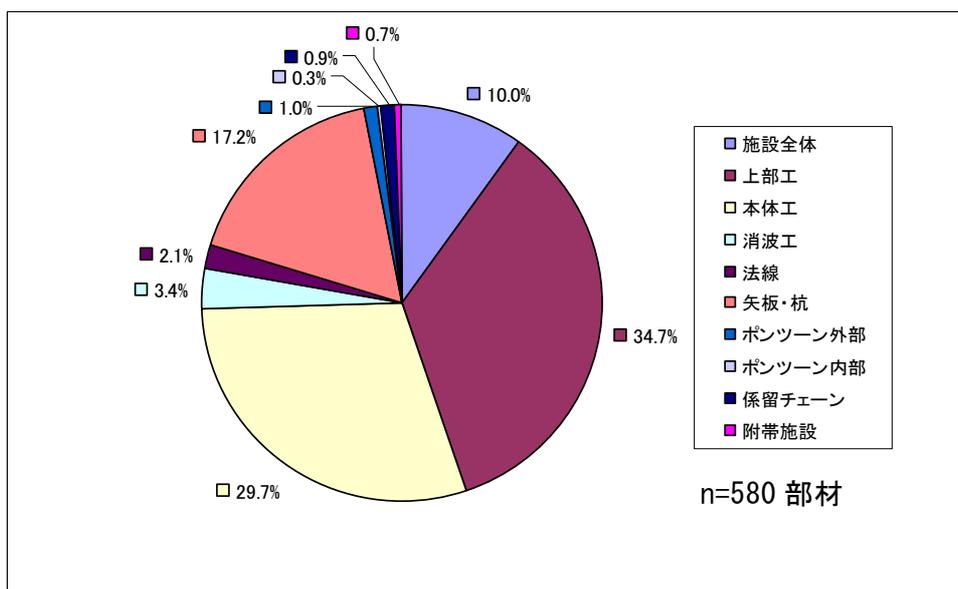


図 2-1-5 外郭施設（防波堤）における保全対策が必要な補修部材の割合

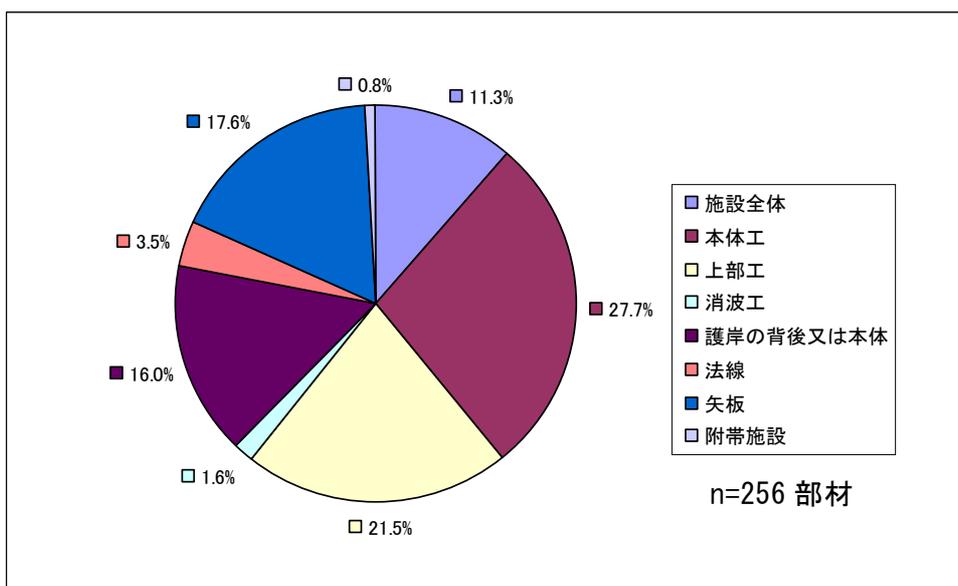


図 2-1-6 外郭施設（護岸）における保全対策が必要な補修部材の割合

2) 係留施設

図 2-1-7 には、保全対策を要する係留施設の補修部材の割合を示した。係留施設における主要な補修部材としては、エプロンや上部工、本体工が全体の約 56%と最も多くの割合を占めた。

一方、矢板・杭は全体の約 20%を占め、主要な補修部材の一つであった。

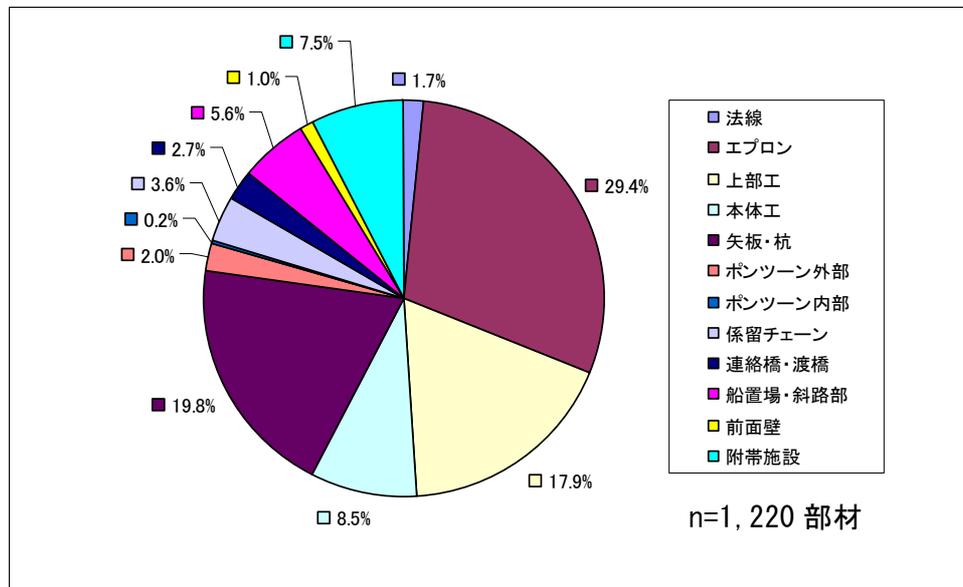


図 2-1-7 係留施設における保全対策が必要な補修部材の割合

3) 輸送施設

図 2-1-8 には、保全対策を要する輸送施設の補修部材の割合を示した。舗装部分が全体の約 96%を占めた。

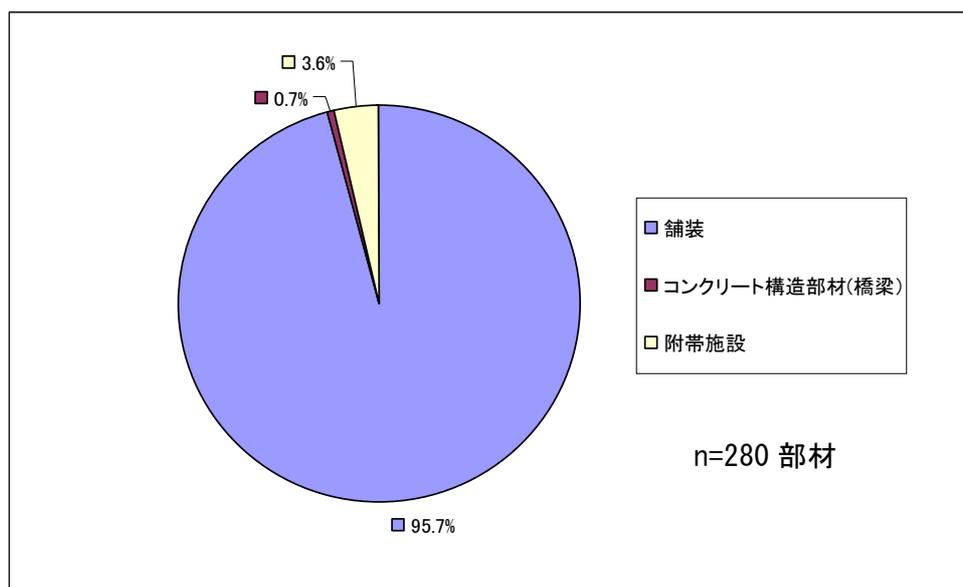


図 2-1-8 輸送施設における保全対策が必要な補修部材の割合

(d) 保全対策が必要な構成材料

漁港施設を「外郭施設（護岸）」「外郭施設（防波堤）」「係留施設」「輸送施設」に分類し、施設別にみた保全対策が必要な補修材料の特徴について整理した。なお、部材ごとに構成材料(有筋、無筋など)が特定できないものは除いて集計しているため、(d)と(e)の母数に差が生じている。

1) 外郭施設

図 2-1-9 及び図 2-1-10 には、保全対策を要する外郭施設の補修材料の割合を示した。これより、防波堤及び護岸は、無筋コンクリートが全体の約 60%以上を占め、最も多い補修材料であった。次いで鋼材（約 25%）、鉄筋コンクリート（約 15%）の順であった。鉄筋コンクリートや鋼材に比べて、経年劣化が生じにくいと考えられる無筋コンクリートに対する保全対策の割合が多い実態が把握された。

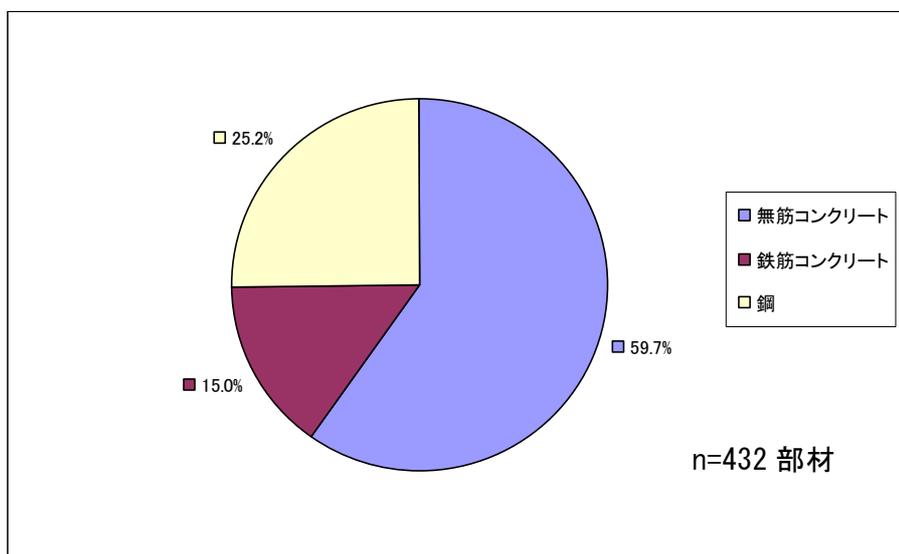


図 2-1-9 外郭施設（防波堤）における保全対策が必要な補修材料の割合

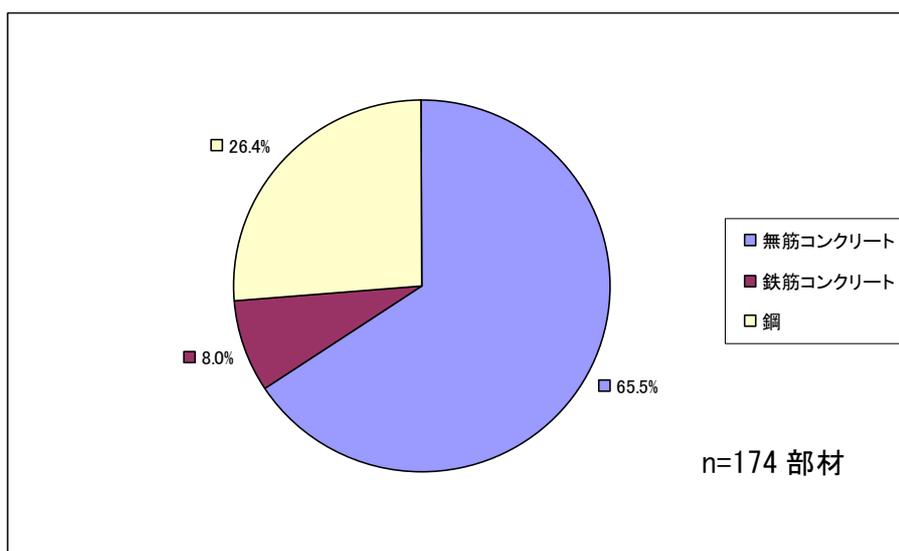


図 2-1-10 外郭施設（護岸）における保全対策が必要な補修材料の割合

次いで、保全対策が必要な各構成材料の建設後からの経過年数について整理したものを図 2-1-11 及び図 2-1-12 に示した。これより、下記の特徴が把握された。

- ・対策が必要となる経過年数のピークに着目すると、防波堤にあっては、無筋コンクリートで 41～50 年、鉄筋コンクリートで 31～40 年、鋼材で 21～30 年となった。護岸にあっては、無筋コンクリートで 21～40 年となった。鉄筋コンクリートではサンプル数が少ない影響もあり、目立ったピークは認められなかった。鋼材では 21～30 年となった。
- ・累積部材数が 5 割以上に達する時期に着目すると、防波堤及び護岸ともに、無筋コンクリートで 50 年未満、鉄筋コンクリートで 40 年未満、鋼材で 30 年未満となった。
- ・防波堤及び護岸ともに、無筋コンクリートは鋼材に比べ、建設後の経過年数が長い部材の割合が多かった。

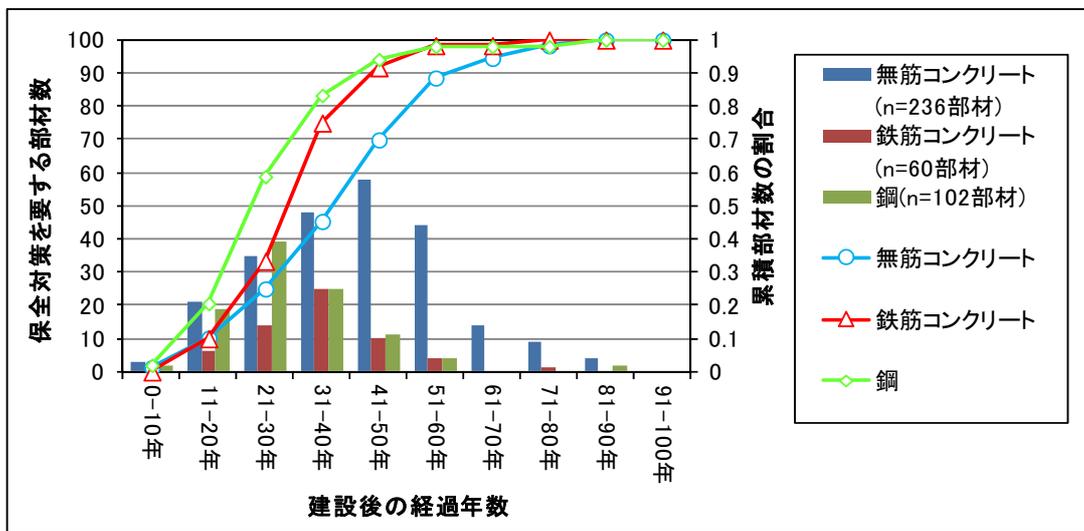


図 2-1-11 外郭施設(防波堤)における保全対策が必要な補修部材の経過年数割合

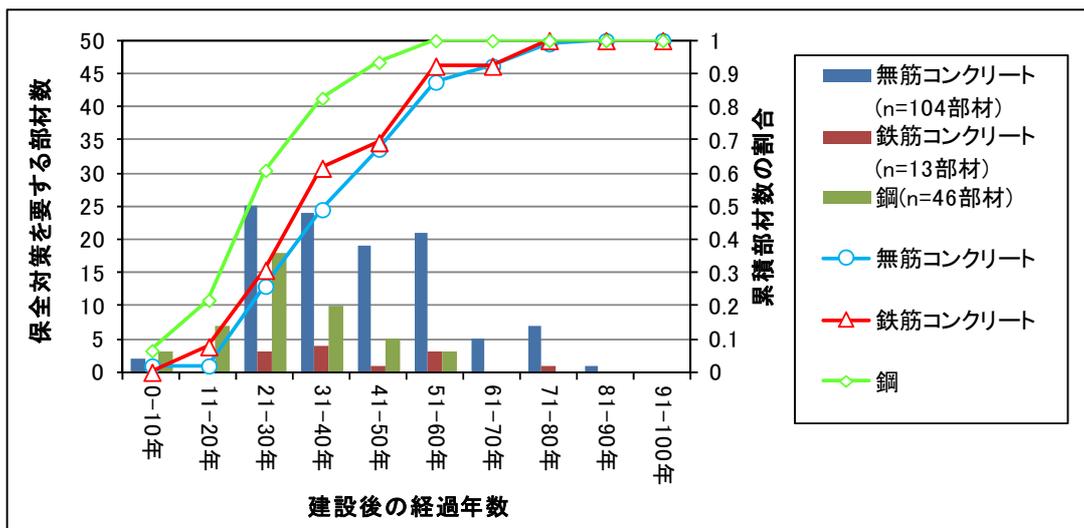


図 2-1-12 外郭施設(護岸)における保全対策が必要な補修部材の経過年数割合

2) 係留施設

図 2-1-13 には、保全対策を要する係留施設の補修材料の割合を示した。これより、外郭施設と同様に、無筋コンクリートが全体の約 65% を占め、最も多い補修材料であった。次いで鋼材（約 27%）、鉄筋コンクリート（約 8%）といった順であった。外郭施設と同様に、鉄筋コンクリートや鋼材に比べて経年劣化が生じにくいと考えられる無筋コンクリートに対する保全対策の割合が多い実態が把握された。

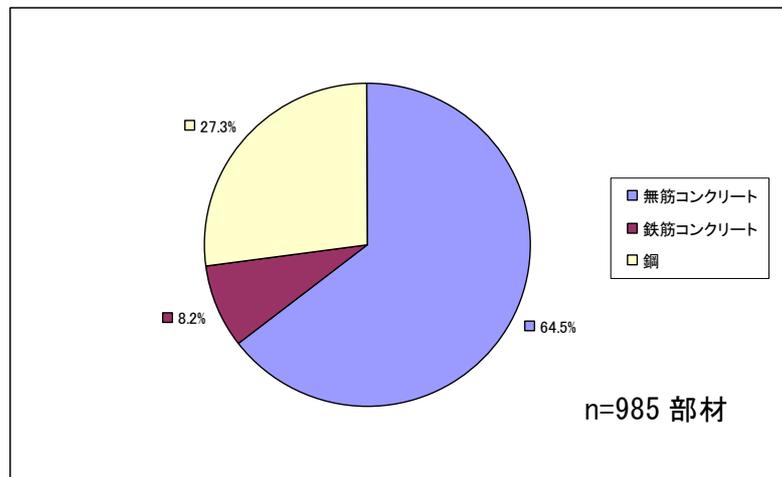


図 2-1-13 係留施設における保全対策が必要な補修材料の割合

次いで、保全対策が必要な各構成材料の建設後からの経過年数について整理したものを図 2-1-14 に示した。これより、下記の特徴が把握された。

- ・ 対策が必要となる経過年数のピークに着目すると、防波堤にあっては、無筋コンクリートで 31～40 年、鉄筋コンクリート及び鋼材で 21～30 年であった。
- ・ 累積部材数が 5 割以上に達する時期に着目すると、無筋コンクリートで 40 年未満、鉄筋コンクリートで 40 年未満、鋼材で 30 年未満であった。
- ・ 無筋コンクリートは鋼材に比べ、建設後の経過年数が長い部材の割合が多かった。
- ・ 防波堤を構成する無筋コンクリートに比べ、係留施設を構成する無筋コンクリートの方が早い時期に対策が講じられる傾向が窺えた。

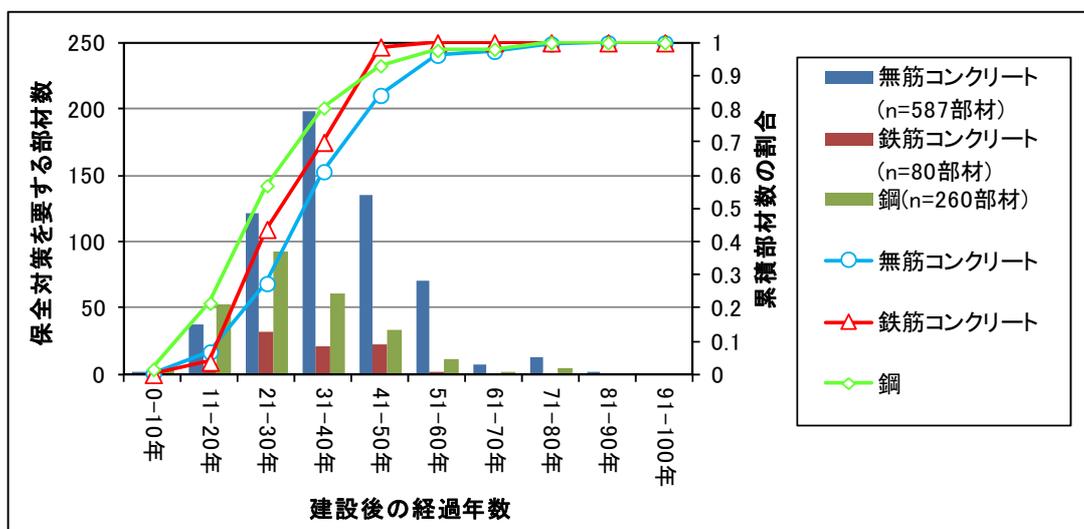


図 2-1-14 係留施設における保全対策が必要な補修部材の経過年数割合

3) 輸送施設

図 2-1-15 には、保全対策を要する輸送施設の補修材料の割合を示した。輸送施設の大部分はアスファルトであることから、保全対策が必要な補修材料の割合もアスファルトが全体の約 87% を占める結果となった。なお、収集した機能保全計画書からは保全対策が必要な鋼材(橋梁)の事例はなかった。

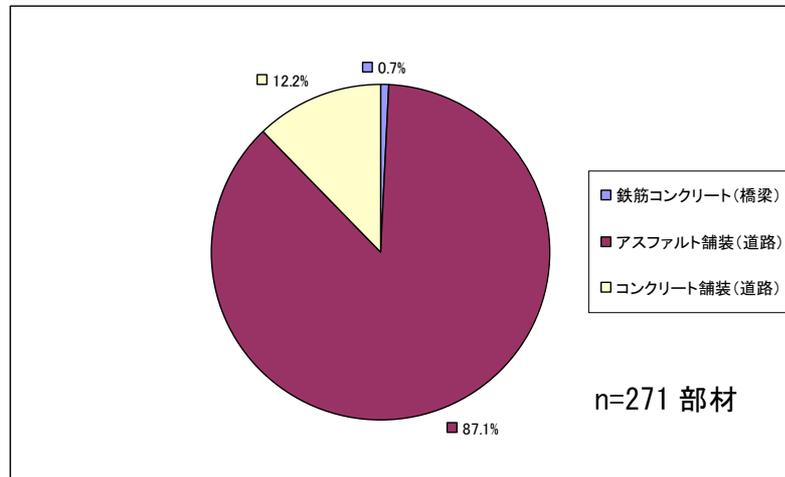


図 2-1-15 輸送施設における保全対策が必要な補修材料の割合

次いで、保全対策が必要な各構成材料の建設後からの経過年数について整理したものを図 2-1-16 に示した。これより、下記の特徴が把握された(サンプル数が少ない鉄筋コンクリートを除く)。

- ・対策が必要となる経過年数のピークに着目すると、アスファルト舗装で 21～30 年、コンクリート舗装で 41～50 年であった。
- ・累積部材数が 5 割以上に達する時期に着目すると、アスファルト舗装で 30 年以下、コンクリート舗装で 50 年未満であった。
- ・アスファルト舗装はコンクリート舗装に比べ、早い時期に対策が講じられる傾向が窺えた。

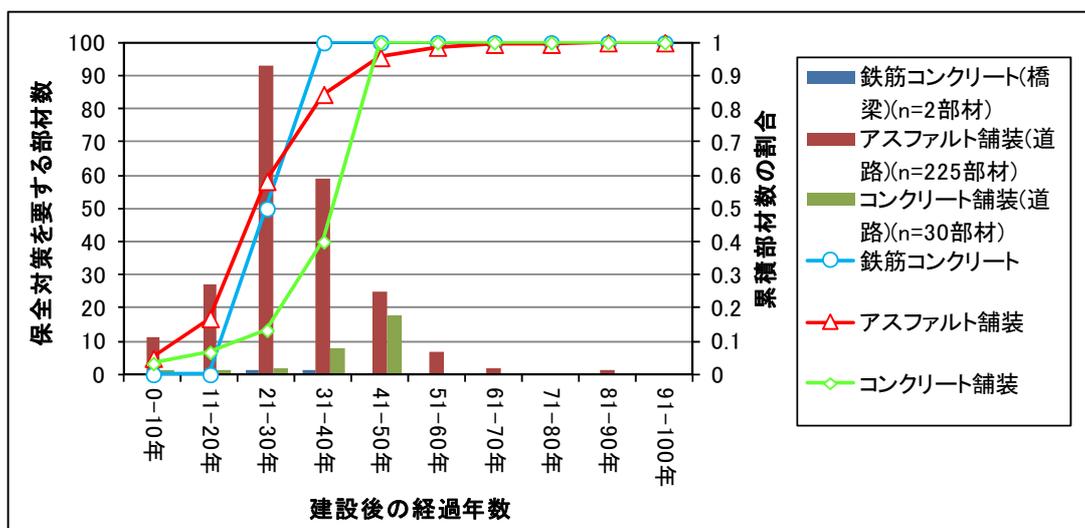


図 2-1-16 輸送施設における保全対策が必要な補修部材の経過年数割合

(e) 保全対策が必要な施設の経過年数

保全対策が必要と判断された施設の建設時からの経過年数について、構造形式別に図2-1-17に示した。なお、要保全対策施設数の母数が、(b)のa)、b)の母数(n=1、568施設)と異なるのは、建設年次が不明なものを除いているためである。

外郭施設及び係留施設において、鋼材が使われることが多い矢板・杭式構造物や浮体式構造物は、鉄筋コンクリートや無筋コンクリートにより構成される重力式構造物に比べて、早期に対策が必要となっている状況が把握された。

特に、浮体式係船岸にあつては約70%の施設が、20年未満で保全対策が必要とされる状況になっていることが特徴的であった。また、船揚場の保全対策時期は他の施設に比べ遅いことが特徴的であった。

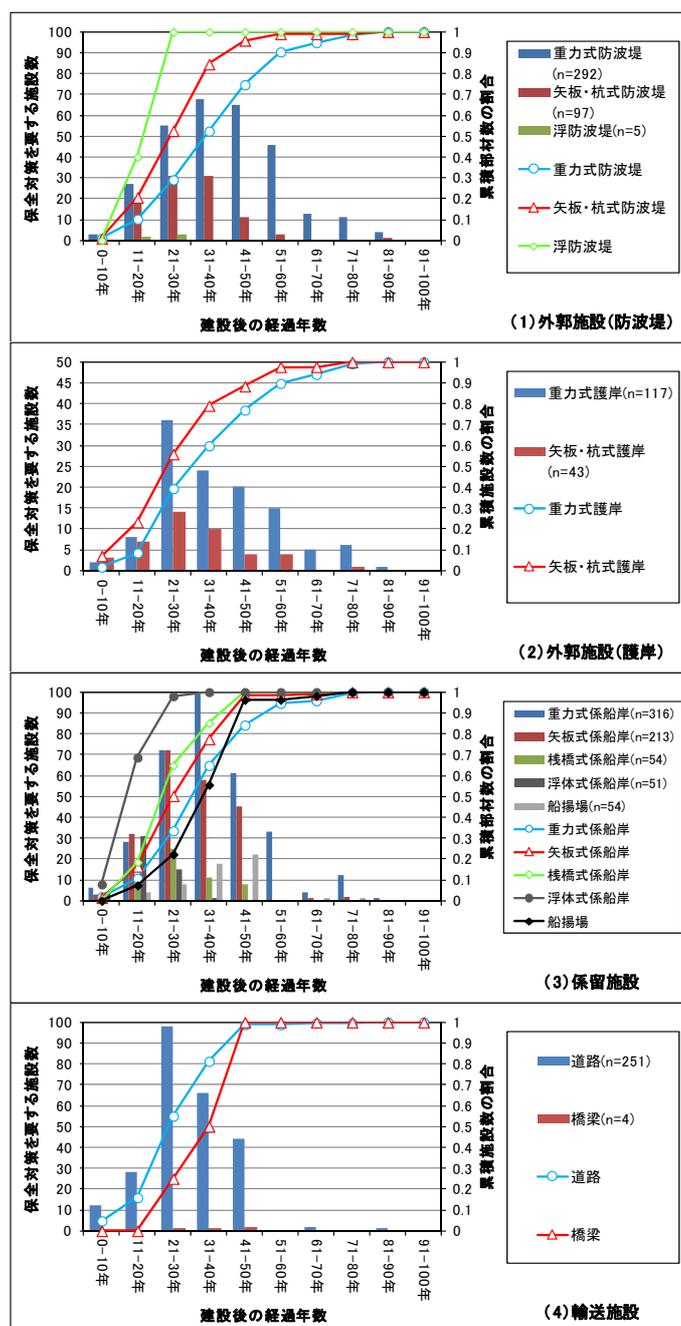


図 2-1-17 保全対策が必要な施設の建設時からの経過年数 (n=1、497 施設)

(f) 保全対策が必要な施設の老朽化度

保全対策が必要と判断された施設に対する老朽化度 a の割合（部位単位で全スパンに占める老朽化度 a の割合）について、構造形式別に図 2-1-18 に示した。なお、要対策部位とされていても付帯施設等は老朽化度が入力されていないため、集計から除いている。

浮防波堤、栈橋式係船岸、道路を除く大部分の施設では、老朽化度 a の割合が 2 割未満で保全対策が必要と判断している施設の割合が全体の約 60~80% を占めた。また、鋼材が使われる矢板・杭式防波堤、矢板・杭式護岸、矢板式係船岸は、無筋コンクリートや鉄筋コンクリートで構成される重力式防波堤、重力式護岸、重力式係船岸よりも、2 割未満で保全対策に至っている割合が僅かながら多くなっていた。

また、浮防波堤は 8~10 割のスパンが老朽化度 a となった状態で保全対策に至っている施設が全体の約 65% を占めた。施設延長が短く、スパン数が少ないことが影響している。

一方、道路は 8~10 割のスパンが老朽化度 a となった状態で保全対策に至っている施設が全体の約 40% を占めた。部分的な老朽化が認められても、相当程度のスパンで老朽化が認められないと保全対策には至らない可能性や、スパン間での老朽化の進行の違いが外郭施設や係留施設に比べ少なく、一体的に老朽化が進行している可能性が考えられた。

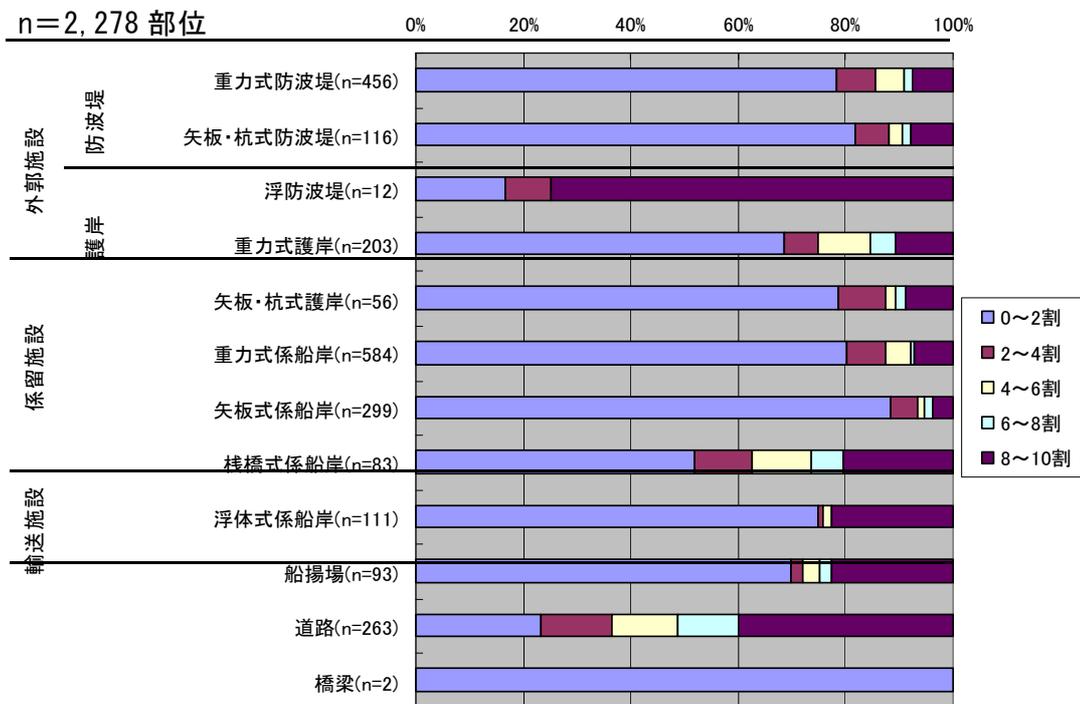


図 2-1-18 保全対策が必要な施設の老朽化度 a の割合

(3) 適切な老朽化予測手法の選定

機能保全計画書の策定にあたって適用された老朽化予測手法の特徴を把握するため、採用された予測手法の割合を構成材料別に表 2-1-1 に示した。

老朽化予測手法が相当程度確立されている鋼材での老朽化予測事例が大部分（459 例のうち 405 例）を占めた。適用された手法としては、肉厚測定に基づく腐食速度により予測を実施する事例と流電陽極方式電気防食の陽極の寿命予測を適用した事例があり、前者が大部分を占めた。

鉄筋コンクリートにあっては塩化物イオン濃度を指標とした鉄筋位置までの拡散予測を実施している事例と機能診断結果で得られた老朽化度を指標にマルコフ連鎖による確率論モデルを適用した事例があり、前者が大部分を占めた。

一方、無筋コンクリートにあっては、現状、老朽化機構に基づく有効な老朽化予測手法が無いことから、適用事例も 15 事例と少なく、その全てがマルコフ連鎖による確率論モデルを適用した事例であった。

表 2-1-1 採用された老朽化予測手法

	老朽化予測手法	内訳	合計
鉄筋コンクリート	塩化物イオン	38	39
	マルコフ	1	
無筋コンクリート	マルコフ	15	15
鋼	肉厚	353	405
	陽極	52	
計			459

〈注〉老朽化予測の数量については一つの部材に対して複数の予測が行われているケースが見られたため老朽化予測手法の数量を集計した(単位としては施設数、部材数は当てはまらない)。

ex. 矢板構造物に対して肉厚、陽極が行われている場合、老朽化予測手法数は 2 とした。

(4) 適切な保全対策の選定

保全対策が必要と判断された施設を対象に、採用された対策工法の特徴を分析した。なお、図中に示される「一部更新」とは施設の一部のスパンを対象に更新するものを示している。

(a) 構成材料別にみた保全対策

材料に着目し、それぞれで採用された対策工法の施設数を図 2-1-19 に示した。

鉄筋コンクリートで採用された対策工法としては、断面修復工法、打換工法、表面塗装工法が多かった。

無筋コンクリートで採用された対策工法としては、打換工法、断面修復工法、ひび割れ注入工法が多かった。

鋼材で採用された対策工法としては、電気防食工法、塗覆工法が大部分を占めた。

舗装面のうち、アスファルトに対して採用された対策工法としては、切削オーバーレイ工法、舗装打換工法が大部分を占め、コンクリートに対しては、舗装打換工法が多かった。

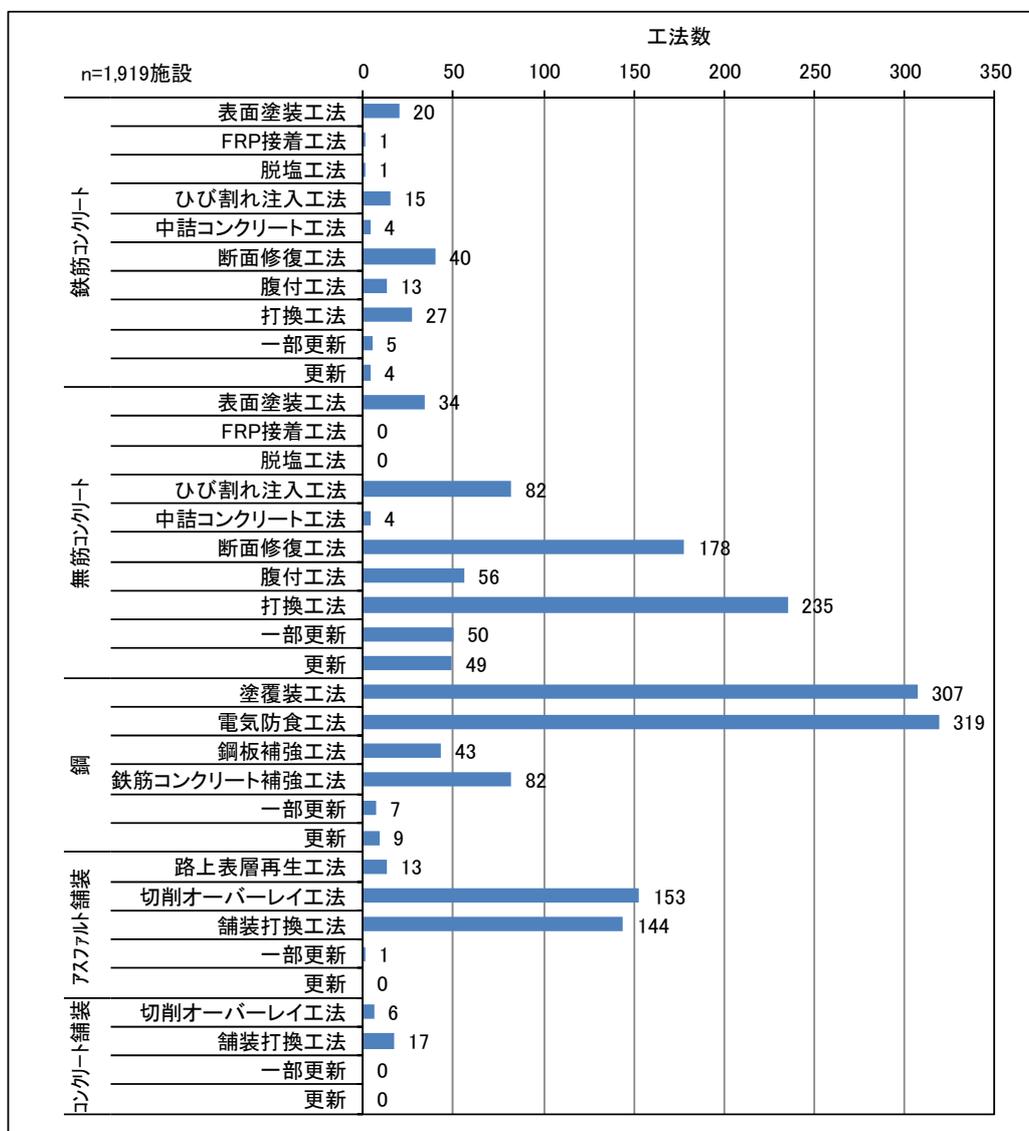


図 2-1-19 材料別にみた採用された保全対策工法

(b) 材料別にみた保全対策

(a) を漁港施設別に集計し、分析した。輸送施設は (a) と同様のため、割愛した。

1) 外郭施設 (防波堤)

外郭施設 (防波堤) に対して採用された対策工法を、材料別に整理した結果を図 2-1-20 に示した。

鉄筋コンクリートでは断面修復工法、無筋コンクリートでは断面修復工法が採用される施設が最も多かった。一方、鋼材では、電気防食工法及び塗覆装工法が採用される施設が多かった。

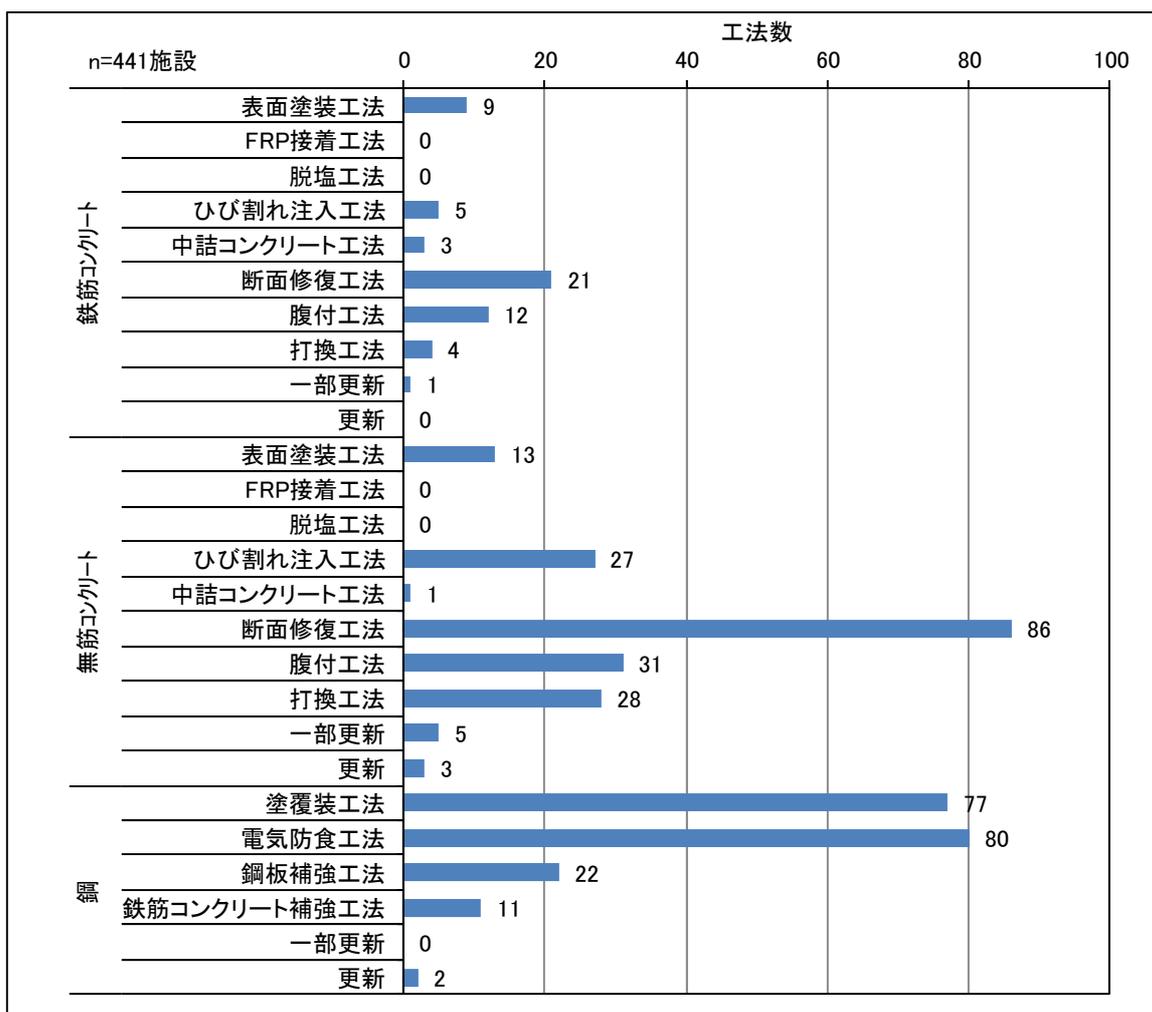


図 2-1-20 材料別にみた採用された保全対策工法 (外郭施設[防波堤])

2) 外郭施設（護岸）

外郭施設（護岸）に対して採用された対策工法を、材料別に整理した結果を図 2-1-21 に示した。

鉄筋コンクリートでは特徴的な傾向はなかった。無筋コンクリートでは打換工法や断面修復工法が採用される施設が比較的多かった。鋼材では、外郭施設（防波堤）と同様に、塗覆装工法や電気防食工法が採用される施設が多かった。

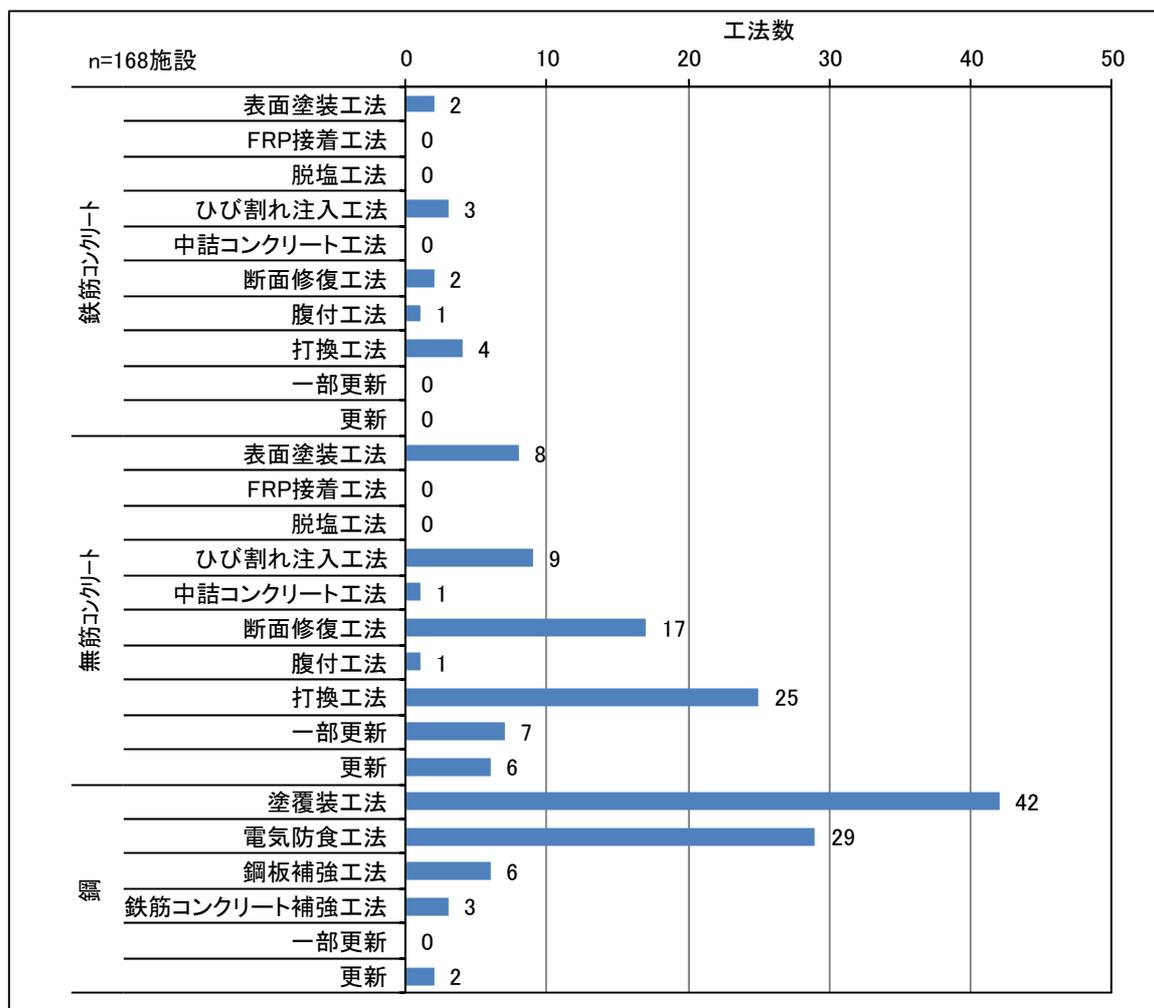


図 2-1-21 材料別にみた採用された保全対策工法（外郭施設〔護岸〕）

2) 係留施設

係留施設に対して採用された対策工法を、材料別に整理した結果を図 2-1-22 に示した。

鉄筋コンクリートでは打換工法及び断面修復工法が採用される施設が比較的多かった。無筋コンクリートでは打換工法が採用される施設が卓越して多かった。鋼材では、外郭施設と同様に、塗覆装工法や電気防食工法が採用される施設が多かったが、鉄筋コンクリート補強工法が採用される場合が比較的多いことが鋼材に見られる特徴的な傾向であった。

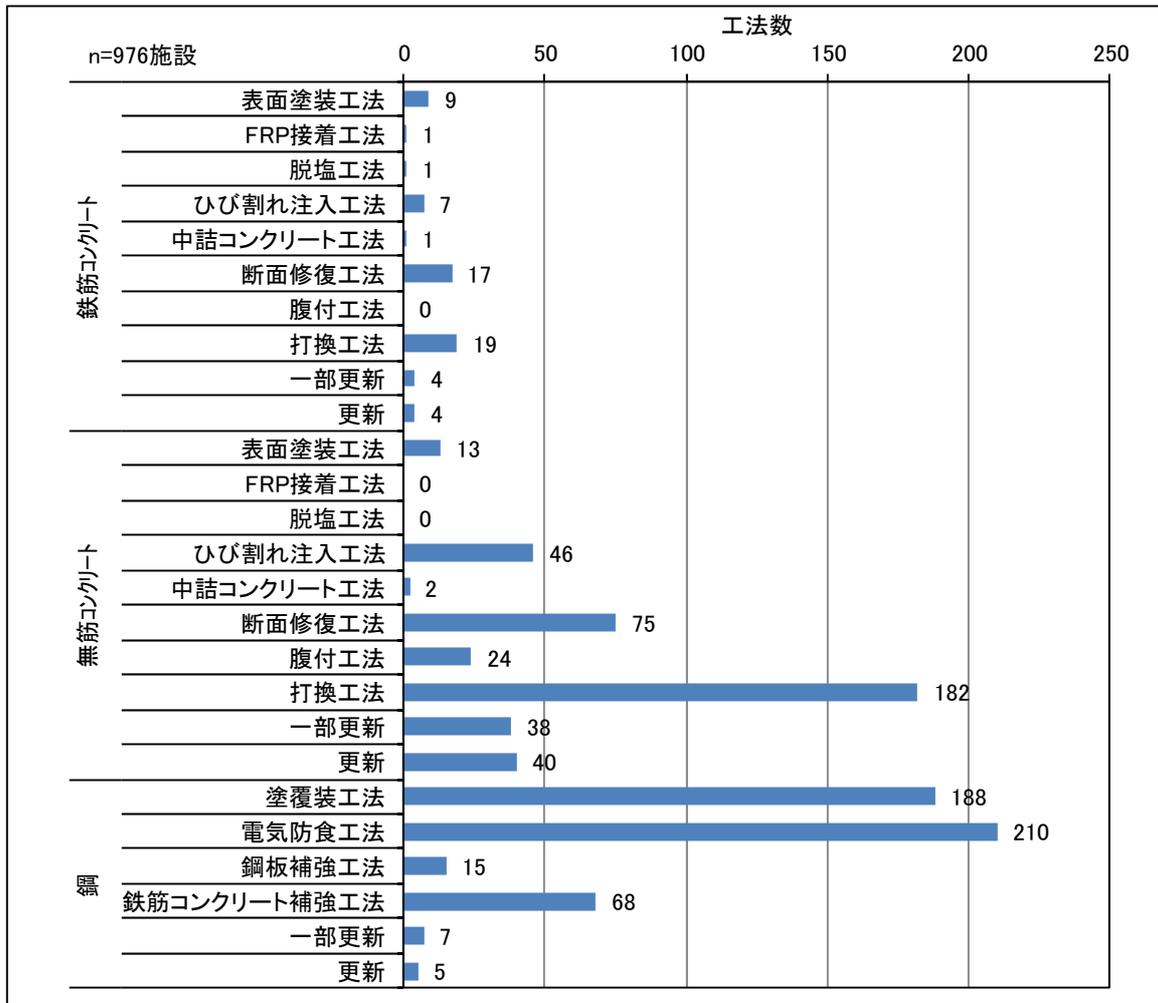


図 2-1-22 材料別にみた採用された保全対策工法（係留施設）

(c) 採用された対策工法と建設時からの経過年数との関係

採用された主要な対策工法と建設時からの経過年数との関係性について、材料別（鉄筋コンクリート、無筋コンクリート、鋼材に着目）に整理した結果を図 2-1-23 に示した。なお、施設別の母数の合計数（n=1, 818 工法）が、(a) の母数（n=1, 919 工法）と異なるのは、建設時からの経過年数が不明な施設があるためである。

鉄筋コンクリートや無筋コンクリートに着目すると、腹付工法は他の工法に比べ、建設後の経過年数が長い（30 年以上）施設へ適用される傾向が窺えた。腹付工法以外では特徴的差異は認められなかった。

鋼材に着目すると、鉄筋コンクリート補強工法は他の工法に比べ、建設後の経過年数が長い（30 年以上）施設へ適用される傾向が窺えた。鉄筋コンクリート補強工法以外では特徴的差異は認められなかった。

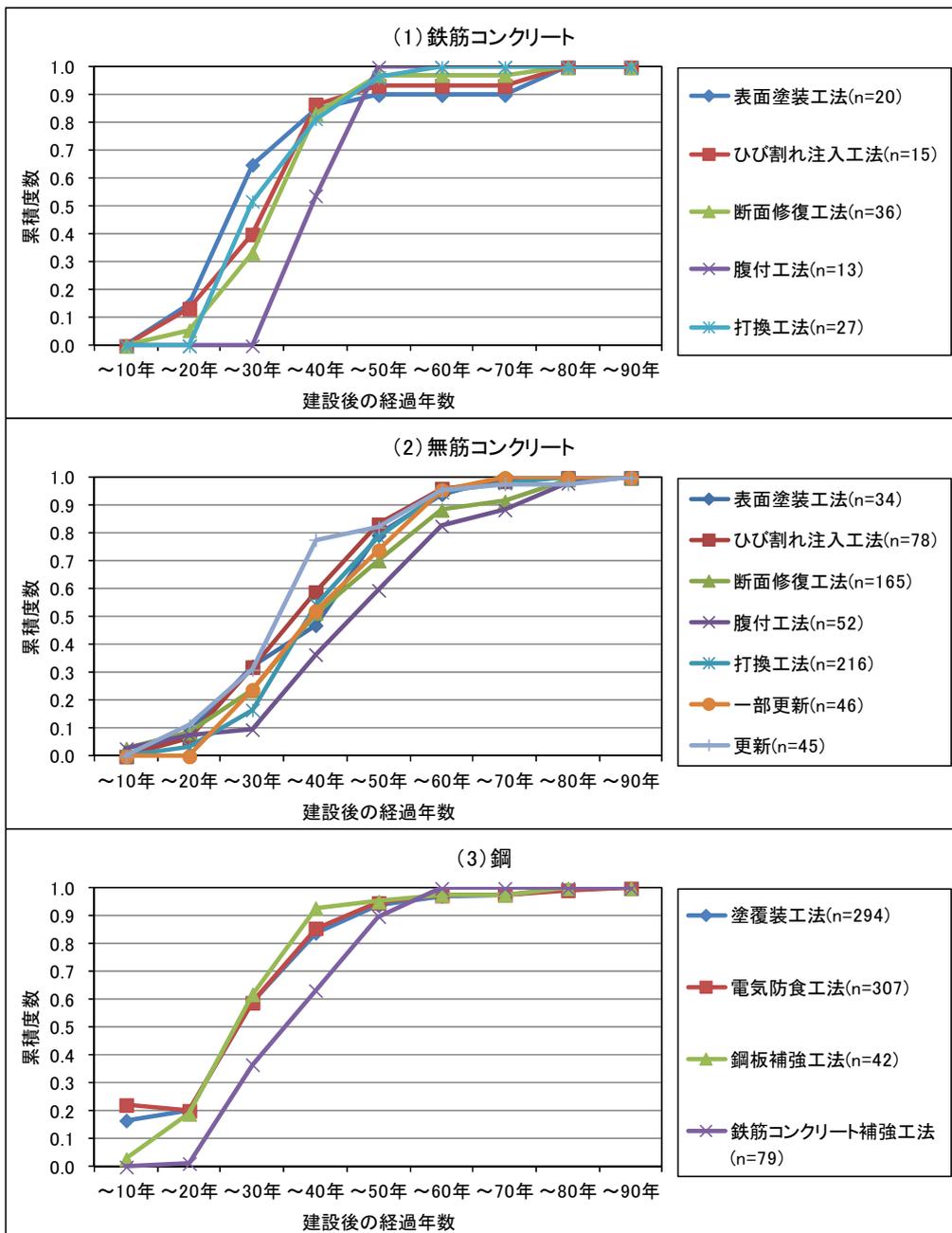


図 2-1-23 材料別にみた採用された対策工法と建設時からの経過年数

(d) 採用された対策工法と老朽化度の関係

採用された対策工法と施設の老朽化度 a の割合（施設を構成する全スパンのうち老朽化度が a と評価された割合）との関係性について、材料別に整理した結果を図 2-1-24 に示した。なお、施設別の母数の合計（n=1,816 工法）が、(a) の母数（n=1,919 工法）と異なるのは、老朽化度が入力されていないものを集計から除いたためである。

鉄筋コンクリートでは、サンプル数の少ない対策工法を除き、打換工法や腹付工法は他の工法に比べ、老朽化度 a の割合が多い施設に対して採用される傾向が窺えた。

無筋コンクリートでは、サンプル数の少ない対策工法を除き、腹付工法は他の工法に比べ、老朽化度 a の割合が多い施設に対して採用されている傾向が窺えた。

鋼材では、サンプル数の少ない対策工法を除き、鋼板補強工法は他の工法に比べ、老朽化度 a の割合が多い施設に対して採用されている傾向が僅かながら窺えた。

舗装面のアスファルトやコンクリートに対しては、特徴的な傾向は窺えなかった。

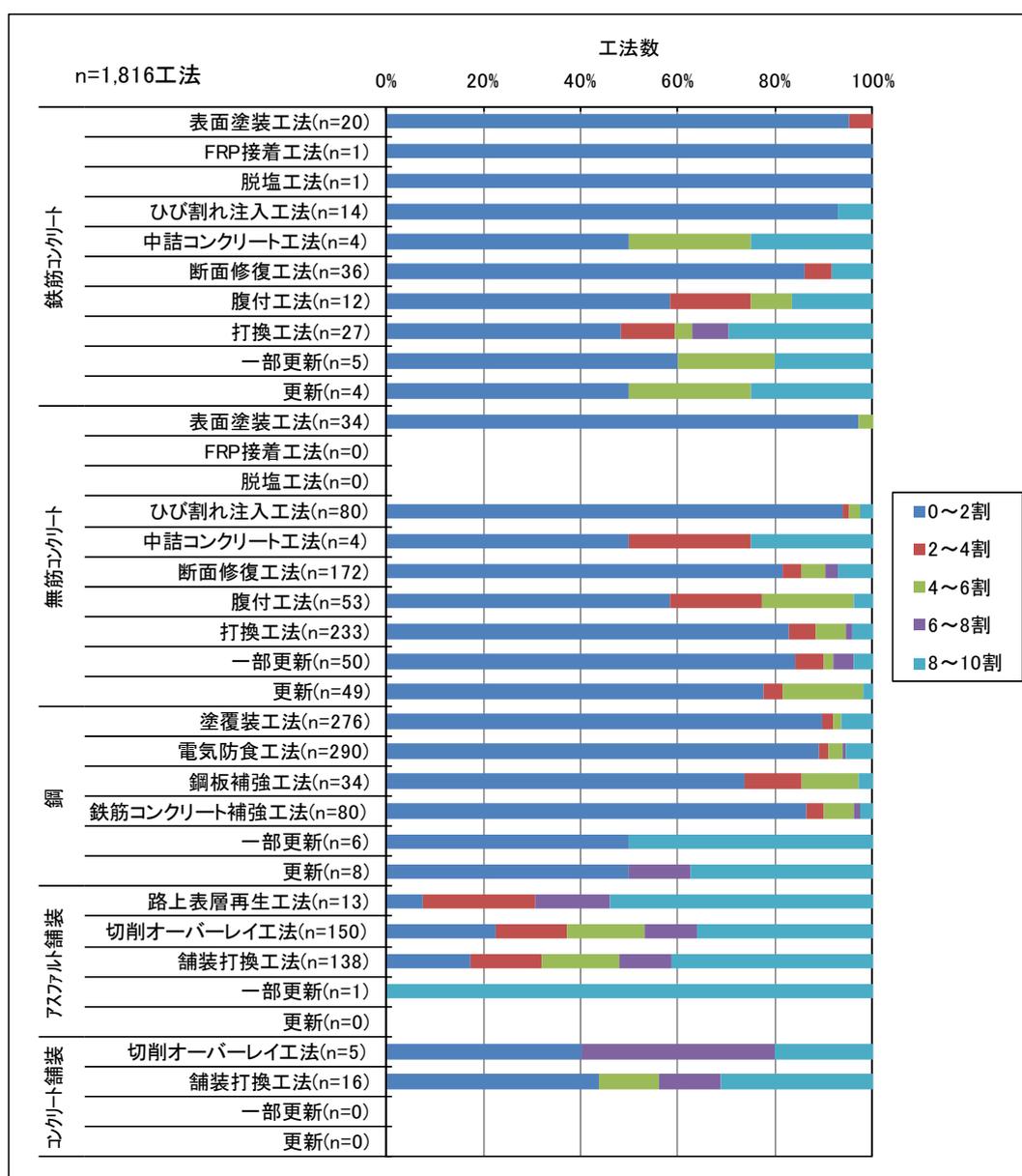


図 2-1-24 材料別にみた採用された対策工法と施設の老朽化度 a の割合

(e) 適切な日常管理計画の策定

1) 定期点検の頻度

日常管理計画において、点検頻度を設定している定期点検に着目し、保全対策が必要と判断された施設に対する定期点検の頻度について把握した。その結果を図 2-1-25 に示した。なお、母数が、(b) の a) や b) の母数 (n=1,568 施設) と異なるのは、点検頻度が入力されていない施設を集計から除いているためである。

これより、1年に1回としている事例が全体の約63%を占めた。これは同一施設にあっても保全対策を講じる対象外となった部位・部材の老朽化は改善されず、その老朽化状況の進展に留意する必要があるため、短い頻度設定がなされているものと考えられた。

一方で、最長10年に1回と頻度設定している事例も僅かながら把握され、頻度の設定に対しては漁港管理者の維持管理に対する実施体制等によってさまざまに設定されていることが把握された。

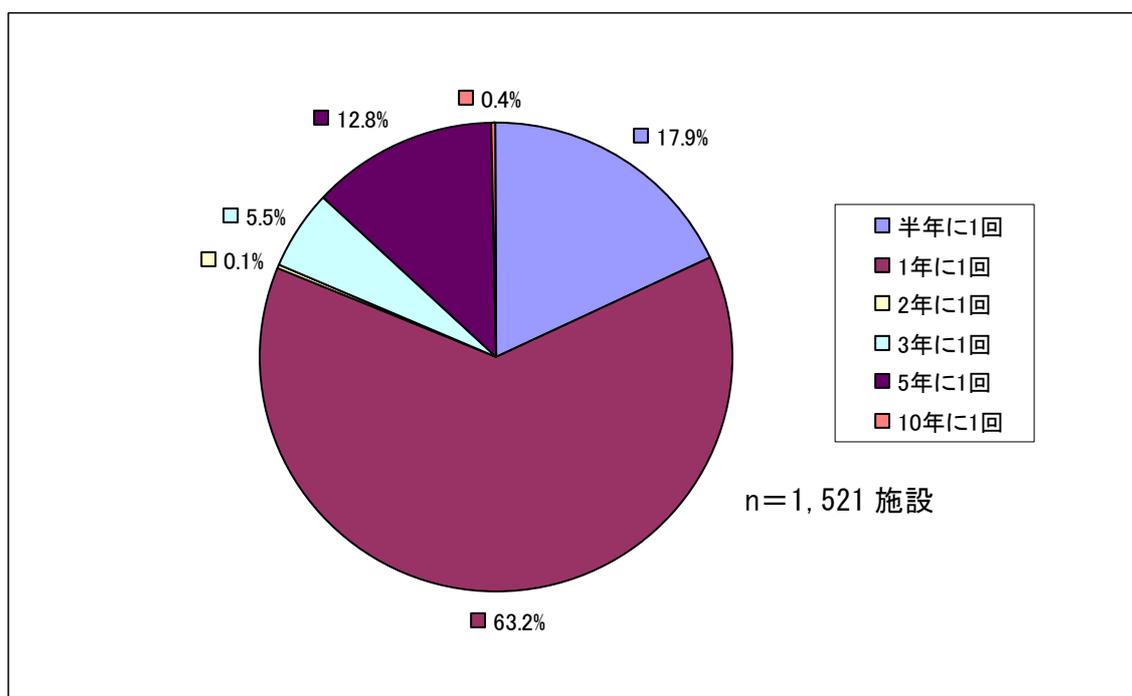


図 2-1-25 保全対策が必要な施設の定期点検の頻度の割合

(f) 適切な老朽度の判定（評価者による老朽化度判定のばらつき低減）

「機能保全計画策定の手引き（案）」に示される老朽化度の判断基準（様式 7）のうち、老朽化度のばらつく可能性のある判断項目の抽出等を行った。

1) 老朽化度がばらつく可能性のある判断基準

老朽化度のばらつく可能性のある判断基準を様式 7 から抽出した結果を表 2-1-2 に示した。いずれも定性的な表現がなされ、点検者による老朽化度の判定にばらつきが生じやすい部分になっているものと考えられた。

表 2-1-2 様式 7 の老朽化度の判断基準で定性的な表現がなされる項目

対象施設	調査項目		老朽化度の判断基準	
重力式防波堤	上部工	コンクリートの劣化、損傷	a	防波堤の性能に影響を及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。
	本体内	コンクリートの劣化、損傷	a	性能に及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。
矢板式または杭式防波堤	上部工	コンクリートの劣化、損傷	a	防波堤の性能を損なうような損傷がある。
重力式・矢板式護岸	上部工	コンクリートの劣化、損傷	a	護岸の性能を損なうような損傷がある。
重力式護岸	本体内	コンクリートの劣化、損傷	a	護岸の性能に影響を及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。
重力式・矢板式・棧橋式係船岸	上部工	コンクリートの劣化、損傷	a	係船岸の性能を損なうような損傷がある。
重力式係船岸	本体内	コンクリートの劣化、損傷	a	性能に及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。
船揚場	前面壁	コンクリートの劣化、損傷	a	性能に及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。

2.1.2 機能保全計画のモデル事例の整理・分析

手引き（案）において、機能保全計画の作成例の記載が5事例あり、老朽化予測の元に保全対策が検討された事例は、うち3事例ある（表2-1-3）。

これに対して、現段階で保全対策を要しないと判断された施設に対する検討事例として、不足する検討事例としては、マルコフ連鎖を適用した事例である。当該予測手法は、老朽化度の評価結果があれば構造形式によらず基本的には適用できる。ただし、遷移率の再現性があることが前提となるため、その適用性があるケースと、適用性がないケースとして下記の2事例が必要である。

- ・マルコフ連鎖モデルによる老朽化予測に基づく計画事例
- ・マルコフ連鎖モデルによる老朽化予測を実施しようとしたが遷移率の再現性が悪く、耐用年数法により老朽化予測した計画事例

そこで、これらのモデル事例を作成した。

表 2-1-3 手引き（案）における事例一覧

Case	構造形式	健全度	老朽化の要因	現段階での保全対策の要否	予測手法
1	ケーソン式防波堤 (鉄筋コンクリート構造物)	B	ASR	○	—
2			鉄筋の腐食	×	塩化物イオン浸透予測
3	重力式護岸 (無筋コンクリート構造物)	D	—	×	耐用年数法
4	矢板式岸壁 (鋼構造物)	B	鋼材の腐食	×	腐食速度
5	道路 (アスファルト舗装)	B	わだち掘れ	○	—

2.2 機能保全計画に関する分析・検討及び機能保全計画の策定に役立てるための技術資料の検討（平成 25 年度）

2.2.1 収集した機能保全計画の特徴把握

平成 24 年度に水産庁漁港漁場整備部整備課から収集・整理、分析した 335 漁港（平成 25 年 4 月 1 日現在）の機能保全計画書やそれ以降に提出された機能保全計画書を追加し、今後計画策定しようとする漁港管理者に役立つよう機能保全計画の実態を統計的に分析し、その特徴を把握した。

2.2.2 健全度の利用方法の検討

ガイドライン（案）では、健全度での評価方法を提示し、その利用方法として、以下の 3 つを挙げている。

①詳細調査を実施するか否かの判断材料として利用する

②保全対策の必要性を検討する際の判断材料として利用する

「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」において、老朽化度（港湾では劣化度と言う）に基づく施設全体としての健全度を評価する仕組みが導入されており、水産基盤施設においても健全度を導入するに至った背景としてあった。

※「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」

【健全度を評価する位置付け】

診断結果に基づく評価（保全対策の要否）は、実施主体の総合的な判断に委ねることを基本とするが、評価結果の客観性を確保する観点から、ある程度の目安を定めておく必要がある。各部位の劣化度の結果のみでは、対象施設の保全対策の要否を判断することができない。施設全体の性能を総合的に評価する健全度により評価することを標準とする。

ただし、現時点では、診断結果に基づく施設の性能を客観的に評価する方法に対する技術的知見は十分でないため、あくまで 1 つの暫定的な考え方として健全度は位置づけられている（絶対的な判断基準ではない）。

③機能保全レベルの水準として利用する

しかしながら、その具体的考え方については示されていない。

そこで、「健全度」の活用方法について、平成 26 年度に作成予定の漁港管理者向けの技術参考資料中に提示することを目的として、その利用上の課題・問題点を再整理し、活用方法のあり方について検討した。

2.2.3 機能保全レベルと性能の関係性に対する基本的考え方の検討

ガイドライン（案）では、機能保全計画の策定にあたり、対象施設の機能維持のための管理方針として、表 2-2-1 及び図 2-2-1 に示す機能保全レベルを設定することを求めている。

しかし、個々の施設に対する機能保全レベルを設定しようとするときに、これらだけでは、分かり難い部分がある。例えば、「事前対応型」の適用例として耐震強化岸壁が示される。考え方として「基本的に供用期間内の保全対策は行わない」としているが、それは設計段階における考え方（供用期間内の保全対策は行わなくて済むような設計をする）であり、維持管理段階における日常管理が不要ということではない。

そこで、対象施設に対する適切な機能保全計画レベルの設定が漁港管理者でなされるよう、4 タイプの機能保全レベルと性能との関係性に対する基本的考え方を検討し、事例を交えながら分かりやすく簡潔にとりまとめた。

表 2-2-1 ガイドライン（案）に示される機能保全レベルの概要

機能保全レベル	機能保全の考え方及び保全対策の内容	備考（適用例）
事前対応型	<ul style="list-style-type: none"> 機能保全レベルを要求性能限界*よりも高く設定する。設計段階で高水準の保全対策を行うことで性能低下を防止し、供用期間中の要求性能を維持する。 基本的に供用期間内に保全対策は行わない。 	耐震強化岸壁など
予防保全型	<ul style="list-style-type: none"> 機能保全レベルを要求性能限界よりも高く設定する。老朽化の程度が軽微な段階で保全対策することにより性能低下を予防し、要求性能を維持する。 要求性能限界を超えない範囲において、供用期間中に頻繁に小規模な保全対策を実施する。 	鋼構造物、鉄筋コンクリート構造物など
事後保全型	<ul style="list-style-type: none"> 機能保全レベルを要求性能限界程度に下げて設定する。ある程度の老朽化は許容した保全対策により要求性能を維持する。 要求性能限界を超えない範囲において、供用期間内に2～3回程度の大規模な保全対策を実施する。 	無筋コンクリート構造物など
観察保全型	<ul style="list-style-type: none"> 機能保全レベルを使用限界程度に下げて設定する。直接的に老朽化状態を把握できないため、要求性能限界を超える可能性もあるが、周辺の地盤や構造物の変状などを観察し間接的に性能の低下を把握することにより使用限界を維持する。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 機能保全レベルを安全限界程度に下げて設定する。安全限界を超えないように監視し、老朽化による第三者への影響など安全性のみ確保する。 	供用終了構造物など

※：要求性能限界；供用期間中に対象施設に要求している性能の下限値を示す。

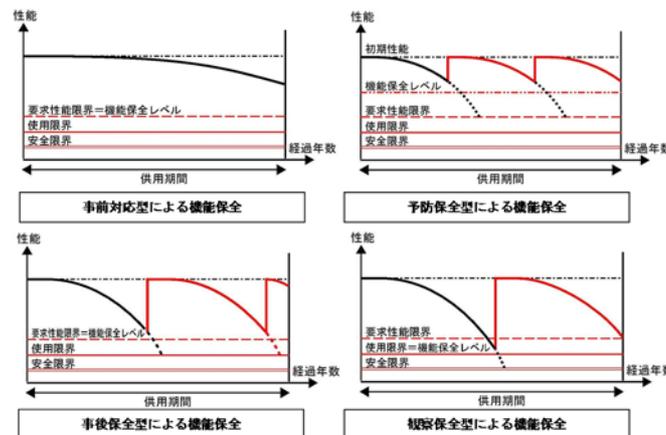


図 2-2-1 ガイドライン（案）に示される機能保全レベルの概念図

2.2.4 老朽化度の写真事例集の作成

機能診断における老朽化度は、手引き（案）に示される判断基準に応じて4段階（a、b、c、d）で評価するが、診断者による評価のばらつきが生じてしまう。その低減を図るため、平成24年度は手引き（案）に示される判断基準で曖昧な表現がなされるもの（表2-2-2）に着目し、収集した機能保全計画書を基に、どのような判断が実施されているかを漁港別に整理した。

平成25年度は、上記の資料をベースとして、新たに収集する機能保全計画書や保全工事のための事業基本計画書に示される老朽化状況を示す写真等を加味しながら、表2-2-2に示した判断基準や数値的に示されるものの評価者による判断にばらつきが生じやすい判断基準等に着目し、その老朽化度の判定に関する標準的な写真事例集を作成した（略）。

表2-2-2 24年度業務で抽出した曖昧な老朽化度の判断基準

対象施設	調査項目		老朽化度の判断基準	
重力式防波堤	上部工	コンクリートの劣化、損傷	a	防波堤の性能に影響を及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。
	本体内	コンクリートの劣化、損傷	a	性能に及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。
矢板式または杭式防波堤	上部工	コンクリートの劣化、損傷	a	防波堤の性能を損なうような損傷がある。
重力式・矢板式護岸	上部工	コンクリートの劣化、損傷	a	護岸の性能を損なうような損傷がある。
重力式護岸	本体内	コンクリートの劣化、損傷	a	護岸の性能に影響を及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。
重力式・矢板式・栈橋式係船岸	上部工	コンクリートの劣化、損傷	a	係船岸の性能を損なうような損傷がある。
重力式係船岸	本体内	コンクリートの劣化、損傷	a	性能に及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。
船揚場	前面壁	コンクリートの劣化、損傷	a	性能に及ぼす程度の欠損がある。
			b	小規模な欠損がある。

2.3 ガイドライン（案）及び手引き（案）の見直し案の作成（平成26年度）

2.3.1 ガイドライン（案）及び手引き（案）の見直しのポイント（視点）の整理

機能保全計画の策定や保全工事への補助を実施している水産物供給基盤機能保全事業の対象に、平成26年度水域施設（航路、泊地、サンドポケット等）が追加された。また、前年度実施した機能保全計画策定を積極的に進めている管理者等からのヒアリング調査結果から、ガイドライン（案）及び手引き（案）（以下「ガイドライン（案）等」という。）に対する課題が指摘されている。更に、社会資本の維持管理に係る政府全体の取り組みや、他分野の動向を踏まえ、現行のガイドライン（案）等の課題を整理した（図2-33参照）。当該整理を踏まえ、ガイドライン（案）等の見直しの観点を次の3点に整理した。

ガイドライン（案）等の見直しの視点（案）

○必ずしも専門技術を有する担当者の確保が十分にできない市町村管理の水産基盤施設においても、ストックマネジメントに対する理解の促進に寄与し、円滑に長寿命化対策が講じられるよう、写真や構造形式（コンクリート構造物、鋼構造物）に応じ解説内容を充実。

- ・解説等記載内容の充実（機能保全レベルと性能との関連性）
- ・写真等参考となる図表の追加
- ・簡易な現地調査手法事例の情報充実

等

○長寿命化対策に係る国の支援状況（補助対象の拡充）を適切に反映。

- ・平成26年度より新たに補助対象となった、水域施設及び漁港浄化施設に係る記載等の追加

等

○施設点検の効率化とともに、各漁港管理者等間における点検水準の均質化を確保するため、管理者による施設点検に対する国（水産庁）の基本的な考え方の明確。

- ・水産基盤施設の各管理者が行う点検の種類及び頻度の明示

等

○「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン（案）」等の課題		
	課題等	ガイドライン（案）の記述等
3.1 機能保全方針の設定 【ガイドライン(案)：12頁～】	(総論) ・市町村の担当者は専門の技術者が少ない。	『2. 機能保全レベルの設定 「機能保全レベルは、・・・(中略)・・・。水産基盤施設の重要性(利用状況等)や構造特性、施設の供用期間や保全対策工法の難易度等を踏まえた上で、水産基盤施設毎の機能保全レベルを設定する。 機能保全レベルの概要を表-3.1および機能保全レベルに応じた機能保全対策のパターン一例を図-3.1、主要施設における機能保全レベルの設定例を表-3.2に示す。機能保全レベルを上げれば予防保全型で対策を早期に実施することとなり、機能保全レベルを下げれば事後保全型となり、対策の時期は遅くなる。』
↓	(解説本文関係、12頁) ・機能保全レベルの設定について、解説や設定例が簡潔すぎるため、具体的な設定方法がわかりにくい。	
	(図-3.1 関係、13頁) ・各機能保全レベルの図に「要求性能限界」「使用限界」「安全限界」が図示されているが、これらの関係性がわかりにくい。 ・「安全限界」について、性能規定の下では該当する概念がない。	
		<p>図-3.1 機能保全レベルに応じた機能保全対策のパターン例</p>

	課題等	ガイドライン（案）の記述等														
3.2 機能診断 【ガイドライン(案)：14頁～】	(簡易調査関係、15頁) ・水中部や沖防波堤の状況確認が簡単にはできない。コストや時間がかかる。	<p>【計画策定の手引き(案)：3-47頁】</p> <p>漁港施設簡易調査（老朽度・健全度の評価）【様式9-10】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象施設</th> <th>調査項目</th> <th>調査方法</th> <th>実状</th> <th>老朽化の判断基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">道路</td> <td rowspan="4">舗装</td> <td rowspan="4">目録(シフト)等による計測(含む)</td> <td rowspan="4">段差、凹凸、わだち割れ、ひび割れ、凹陥</td> <td>走行車両に列し利用上、危険な段差、陥凹、わだち割れ、ひび割れなどがある。</td> </tr> <tr> <td>a 15mm以上の段差がある、50mm以上の凹凸がある、10mm以上のわだち割れがある、幅2mm以上のひび割れがある。</td> </tr> <tr> <td>b 10～15mmの段差がある、20～50mm未満の凹凸がある、幅2mm未満のひび割れがある、10mm未満の段差がある。</td> </tr> <tr> <td>c 20mm未満の凹凸がある、10mm未満のわだち割れがある、微小なひび割れがある。</td> </tr> <tr> <td>d 実状なし。</td> </tr> </tbody> </table>	対象施設	調査項目	調査方法	実状	老朽化の判断基準	道路	舗装	目録(シフト)等による計測(含む)	段差、凹凸、わだち割れ、ひび割れ、凹陥	走行車両に列し利用上、危険な段差、陥凹、わだち割れ、ひび割れなどがある。	a 15mm以上の段差がある、50mm以上の凹凸がある、10mm以上のわだち割れがある、幅2mm以上のひび割れがある。	b 10～15mmの段差がある、20～50mm未満の凹凸がある、幅2mm未満のひび割れがある、10mm未満の段差がある。	c 20mm未満の凹凸がある、10mm未満のわだち割れがある、微小なひび割れがある。	d 実状なし。
対象施設	調査項目		調査方法	実状	老朽化の判断基準											
道路	舗装		目録(シフト)等による計測(含む)	段差、凹凸、わだち割れ、ひび割れ、凹陥	走行車両に列し利用上、危険な段差、陥凹、わだち割れ、ひび割れなどがある。											
					a 15mm以上の段差がある、50mm以上の凹凸がある、10mm以上のわだち割れがある、幅2mm以上のひび割れがある。											
		b 10～15mmの段差がある、20～50mm未満の凹凸がある、幅2mm未満のひび割れがある、10mm未満の段差がある。														
		c 20mm未満の凹凸がある、10mm未満のわだち割れがある、微小なひび割れがある。														
d 実状なし。																
↓	・水産基盤施設に利用できる簡易な機能診断方法が十分確立されておらず、機能診断の実施（詳細調査）にあたり高度な技術や、高額な費用と時間を要する。															
	・非破壊の簡易試験方法について、使用方法や適用事例が整理できていると使いやすい。															
	・老朽化度のレベルが施設によって、過大と感じる部分がある。道路の評価に段差やひび割れの面積割合等を入れた方がいいのではないか。															
	・水域施設の維持浚渫の様式も検討して欲しい。															

図 2-3-1 ガイドライン（案）等の課題の整理

課題等		ガイドライン（案）の記述等																													
	(健全度の評価関係、18頁～)	<p>・健全度の利用として、詳細調査の実施の要否や保全対策の必要性が挙げられているが、その必要性がわかりにくい。</p>																													
		<p>表-3.5 健全度の判定基準</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="4">健全度</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th rowspan="2">安全性に及ばず影響度</th> <th>I</th> <td>「aが全数の2割以上」が占めており、既に漁漁の機能が低下している</td> <td>「aが全数の2割未満」かつ「b＋cが全数の2割以上」が占めており、対策を急ぎたいと漁漁の機能が低下が懸念される。</td> <td>A、B、D以外</td> <td>すべてのもの</td> </tr> <tr> <th>II</th> <td>「aが全数の5割以上」もしくは「b＋cが全数の5割以上」が占めており、既に漁漁の機能が低下している。</td> <td>「aが全数の5割未満」かつ「b＋cが全数の5割以上」が占めており、対策を急ぎたいと漁漁の機能が低下が懸念される。</td> <td>A、B、D以外</td> <td>すべてのもの</td> </tr> <tr> <th></th> <th>III</th> <td colspan="2">—</td> <td>D以外</td> <td>すべてのもの</td> </tr> </tbody> </table>				健全度						A	B	C	D	安全性に及ばず影響度	I	「aが全数の2割以上」が占めており、既に漁漁の機能が低下している	「aが全数の2割未満」かつ「b＋cが全数の2割以上」が占めており、対策を急ぎたいと漁漁の機能が低下が懸念される。	A、B、D以外	すべてのもの	II	「aが全数の5割以上」もしくは「b＋cが全数の5割以上」が占めており、既に漁漁の機能が低下している。	「aが全数の5割未満」かつ「b＋cが全数の5割以上」が占めており、対策を急ぎたいと漁漁の機能が低下が懸念される。	A、B、D以外	すべてのもの		III	—		D以外
		健全度																													
		A	B	C	D																										
安全性に及ばず影響度	I	「aが全数の2割以上」が占めており、既に漁漁の機能が低下している	「aが全数の2割未満」かつ「b＋cが全数の2割以上」が占めており、対策を急ぎたいと漁漁の機能が低下が懸念される。	A、B、D以外	すべてのもの																										
	II	「aが全数の5割以上」もしくは「b＋cが全数の5割以上」が占めており、既に漁漁の機能が低下している。	「aが全数の5割未満」かつ「b＋cが全数の5割以上」が占めており、対策を急ぎたいと漁漁の機能が低下が懸念される。	A、B、D以外	すべてのもの																										
	III	—		D以外	すべてのもの																										
<p>3.3 機能保全対策対策の</p> <p>【ガイドライン(案) : 22頁～】</p>	(総論)																														
	(保全対策の実施関係、24頁～、参18～22頁)	<p>・鋼材の対策工の記載が少なく、耐用年数も他マニュアルとの不整合がある（例えば、被覆防食工法のペトロラタムライニング工法）。</p>																													

図 2-3-1 ガイドライン（案）等の課題の整理（つづき）

2.3.2 管理者の意見聴取（追加）と見直しの考え方の整理

(1) 管理者の意見聴取（追加）

2.3.1 で整理した見直しの視点（案）に対し、有識者に諮ったところ、①管理者のガイドライン（案）等の活用状況の把握及び②ガイドライン（案）等を実際に活用する管理者の意見聴取の追加が必要である旨が指摘された。

このため、漁港等の管理者（都道府県及び市町村）に対しアンケート調査を実施し、上記①及び②の状況を把握した。

アンケート調査票（参考1参照）は、都道府県管理者に配布するとともに、都道府県を通じ市町村管理者への配布及び回収を行った。都道府県及び市町村の担当者332名から回答が寄せられた（参考2参照）。

アンケート調査のうち上記①のガイドライン（案）等の活用状況について、機能保全計画策定の進捗状況（図 2-3-3）を踏まえ整理したところ、機能保全計画策定が進んでいる都道府県では活用の頻度が高かったが、機能保全計画の策定が進んでいない市町村ではガイドライン（案）等の活用が図られていないことが明らかとなった（図 2-3-3）。

	都道府県管理	市町村管理
機能保全計画書策定済み(平成25年度末)	55%	31%

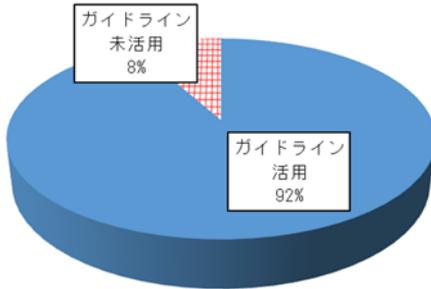
出典)水産庁調べ。岩手県、宮城県及び福島県を除く。漁港数の割合。

図 2-3-2 機能保全計画策定の進捗状況

○アンケート結果<ガイドライン等の活用状況(都道府県)>

回答者数：64名(37都道府県)	ガイドライン		手引き	
	活用	未活用	活用	未活用
機能保全計画策定着手済み	57	5	55	5
機能保全計画策定未着手(今年度)	1	0	1	0
機能保全計画策定未着手(時期未定)	0	1	0	1

機能保全計画策定着手済み(都道府県)



対象施設が漁場施設であり、類似の事例が記載されていないため。

平成26年4月より担当になったので、まだガイドラインを見る機会がない。

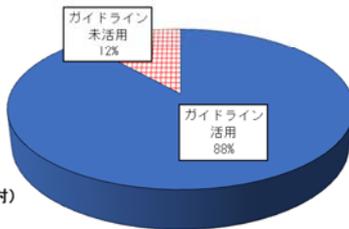
水産庁ガイドラインを参考に〇〇県版用に作成された資料にて進めたため。

※「手引き」未活用の理由も同じ。

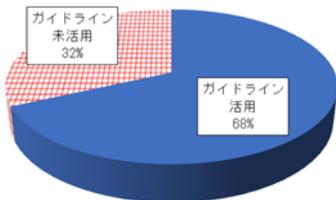
○アンケート結果<ガイドライン等の活用状況(市町村)>

回答者数：258名(255市町村)	ガイドライン		手引き	
	活用	未活用	活用	未活用
機能保全計画策定着手済み(①)	122	16	123	10
機能保全計画策定未着手(今年度)(②)	32	15	32	14
機能保全計画策定未着手(時期未定)(③)	24	48	21	48

①機能保全計画策定着手済み(市町村)



②機能保全計画策定未着手(今年度から)(市町村)



③機能保全計画策定未着手(時期未定)(市町村)

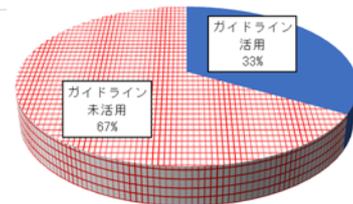


図 2-3-3 ガイドライン(案)の活用状況(管理者別)

(2) 見直しの考え方の整理

また、アンケート調査から把握した管理者（ガイドライン（案）等活用者）が考える現行のガイドライン（案）等への課題等を踏まえ、上記 2.3.1 の見直しの視点（案）について、具体的な見直し内容等「ガイドライン（案）等の見直しの考え方」として再整理した（図 2-3-4 参照）。

I 補助対象の拡充等に係る見直し。

【主な見直し内容（案）】

平成 26 年度より新たに補助対象となった水域施設及び漁港浄化施設等に係る見直し。

対象施設	主な指摘等	見直し（案）
水域施設	・ 水域施設に係る計画書の作成方法について、事例を挙げて掲載して欲しい。 等	・ <u>老朽化度判定基準の設定（関連資料 2）</u> ・ 機能保全計画策定の手引きへの事例の追加
漁港浄化施設（漁港や漁港内の水産加工施設等からの排水を処理する施設）		・ 類似施設の維持管理に係る文献を準用する。 （理由）
輸送施設（道路、橋りょう及びトンネル）等	・ 老朽化度評価基準の設定がない施設（トンネル、排水、連絡橋等）への対応等	① 漁港漁場施設の維持管理とは異なる考え方が必要。 ② 類似施設において維持管理に係る考え方が整理されている。

図 2-3-4 ガイドライン（案）等の見直しの考え方（その 1）

Ⅱ スtockマネジメントに対する理解促進等のための解説内容の見直し。

【主な見直し内容（案）】

事項	主な指摘等	見直し（案）
○解説等記載内容の充実（わかりやすく）		
用語の定義	<ul style="list-style-type: none"> ・「予防保全」の定義；高い維持管理水準ではないか 	<ul style="list-style-type: none"> ・「<u>予防保全</u>」の定義の見直し（<u>関連資料3</u>）
機能保全レベル	<ul style="list-style-type: none"> ・機能保全レベルがわかりにくい、具体例の不足 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>機能保全レベルの見直し</u>（<u>関連資料4</u>）
機能診断	<p>（老朽化度及び健全度評価）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>附帯構造物や被覆工の老朽化基準を設けて欲しい。</u> ・水中調査の必要性や調査のタイミングの判断に苦慮 ・点検に係るスパン割の考え方や、詳細調査の内容が不足 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>被覆工及び附帯設備並びに潜水調査（目視調査）に係る老朽化度評価基準の設定</u>（<u>関連資料5</u>） ・簡易調査等点検に係るスパン割から老朽化度健全度評価までの一連の流れを「参考資料」に追加する。 ・詳細調査について、構造形式（コンクリート構造と鋼構造）別に主要な調査手法・内容を説明。 特に、鋼構造に係る詳細目視調査や残存肉厚調査に係る説明を「参考資料」に追加する。

図 2-3-4 ガイドライン（案）等の見直しの考え方（その2）

Ⅲ 管理者による施設点検に対する国（水産庁）の基本的な考え方の明確化。

【主な見直し内容（案）】

1) 各管理者^{注1)}が行う点検の種類及び頻度の明示

点検の種類	目的・内容	頻度
日常点検	<ul style="list-style-type: none"> 簡易調査において把握された老朽化の進行状況の確認、新たな変状の発見のため。 簡易調査（簡易項目）に沿った目視（陸上）調査。 	<ul style="list-style-type: none"> 管理者の体制、点検対象の漁港数や位置等を踏まえ管理者が決定（概ね〇〇に1回以上^{注2)}）。
臨時点検	<ul style="list-style-type: none"> 台風による高波浪の来襲後、一定規模以上の震度の地震発生後や船舶の衝突等事案が発生した場合、施設の変状、損傷の有無等の把握のため。 簡易調査（簡易項目）に沿った目視（陸上）調査。 	<ul style="list-style-type: none"> 事案発生後可能な限り速やかに。 地震の規模については管理者で決定。
定期点検	<ul style="list-style-type: none"> 現行の機能保全計画書の見直しのため^{注1)}。 簡易調査（重点項目）を実施。必要に応じ詳細調査を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> 少なくとも概ね〇年に1回程度^{注3)}

注1) これらの点検は、管理者が実施することを予定。管理者が円滑に実施できるようマニュアルの整備や講習会の実施を行う。

注2) 管理者による点検に加え、漁業関係者からの情報提供（又は定期的な観察）等変状把握のための体制整備についてガイドラインに明示する。

注3) 定期点検の頻度については、既存の知見から算定する。また、全ての漁港を一斉に行うのではなく、毎年、数漁港（又は数施設）で点検を実施し、概ね〇年に1回一巡するよう計画的な定期点検の実施が望ましい旨解説を加える。

図 2-3-4 ガイドライン（案）等の見直しの考え方（その3）

2.3.3 ガイドライン（案）等の見直し案の作成

上記 2.3.2 の「ガイドライン（案）等の見直しの考え方」（図 2-3-4）を有識者に諮り、意見を聴取した上で、ガイドライン（案）等の見直し案を作成した。その概要は図 2-3-5 及び図 2-3-6 のとおり。ガイドライン（案）等は参考資料に示した（略）。

水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン改訂のポイント

- 昭和25年の漁港法制定以降、漁港施設のストック量が着実に増大。他方、老朽化とともに更新時期を迎える施設も増加し、施設の長寿命化や更新コストの平準化・縮減を図っていくことが重要。
- 予防保全の考え方に基づく水産基盤施設の維持管理を円滑に推進するため管理者に対し「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン」を提示。
- 水産物供給基盤機能保全事業の対象施設の拡充、ガイドラインの活用状況を踏まえ、ガイドラインを改訂し、解説や参考資料等を充実。管理者の理解促進と技術向上に資することで適切な維持管理を加速。

改訂後(平成27年3月)	改訂前(平成24年10月)
<p>1.総論</p> <p>1.1 ガイドラインの目的 【赤字：項目の追加】</p> <p>1.2 用語の定義 【赤字：内容の充実】 主な改訂点</p> <p>1.3 適用の範囲</p> <p>1.4 ガイドラインの活用方法</p> <p>1.5 ストックマネジメントに取り組むための技術上の課題</p> <p>2.水産基盤施設のストックマネジメントの考え方</p> <p>3.水産基盤施設ストックマネジメントの実施手順</p> <p>3.1 漁港等の概要整理</p> <p>3.2 機能保全方針の検討 1. 水産基盤施設の管理水準の再定義</p> <p>3.3 施設の現況把握</p> <p>3.4 機能診断 2. 機能診断対象施設の拡充等</p> <p>3.5 機能保全対策の検討</p> <p>3.6 機能保全計画の策定</p> <p>3.7 日常管理計画に基づく点検の実施 3. 日常点検の内容の充実</p> <p>3.8 機能保全対策の実施</p> <p>3.9 施設情報の管理</p> <p>4.各種構造物の詳細調査と老朽化予想の適用</p> <p>参考資料-1 老朽化度及び健全度評価の事例、老朽化写真事例</p> <p>参考資料-2 詳細調査の概要</p> <p>参考資料-3 非破壊試験手法 4. 参考資料の内容の充実等</p> <p>参考資料-4 老朽化予測事例</p> <p>参考資料-5 老朽化と対策工法</p> <p>参考資料-6 LCC算定事例</p> <p>参考資料-7 施設優先度の設定例</p> <p>参考資料-8 データベース事例</p>	<p>本ガイドラインの位置づけ</p> <p>用語の定義</p> <p>1.ガイドラインの目的と活用</p> <p>1.1ガイドラインの目的</p> <p>1.2ガイドラインの活用方法</p> <p>1.3ストックマネジメントに取り組むための技術上の課題</p> <p>2.水産基盤施設のストックマネジメントの考え方</p> <p>3.水産基盤施設ストックマネジメントの実施手順</p> <p>3.1機能保全方針の設定</p> <p>3.2機能診断</p> <p>3.3機能保全対策の検討</p> <p>3.4機能保全計画の策定</p> <p>3.5日常管理計画に基づく点検の実施</p> <p>3.6施設情報の管理</p> <p>4.各種構造物への詳細調査と老朽化予想の適用</p> <p>参考資料-1 機能診断事例</p> <p>参考資料-2 詳細調査項目</p> <p>参考資料-3 非破壊試験手法</p> <p>参考資料-4 老朽化予測事例</p> <p>参考資料-5 老朽化と対策工法</p> <p>参考資料-6 構造種類別対策工法</p> <p>参考資料-7 LCC算定事例</p> <p>参考資料-8 施設優先度の設定例</p> <p>参考資料-9 データベース事例</p>

図 2-3-5 ガイドライン（案）改訂のポイント（全体）

1 水産基盤施設の管理水準の再定義（「3.3」関連）

【課題】

- ・水産基盤施設の管理水準(=機能保全レベル)の名称や内容が分かりにくく、また、適切に語句が用いられていない
ex.「事後保全型」→ 予防保全手法の表現として矛盾
「使用限界」、「安全限界」→ 設計手法の定義との差異
- ・水産基盤施設の管理水準と老朽化診断結果の関係が不明瞭なため、対策を実施すべきかどうかについて、老朽化診断結果から判断しにくい

【改訂の考え方】(23～25頁、34頁)

- ・「老朽化」や「健全度(A,B,C,D)」の簡易調査結果と関係付けた機能保全レベルの区分に再整理
- ・併せて、予防保全と事後保全の適用の考え方を明確化

(関連)用語の定義:「予防保全」「事後保全」の見直し(8頁)

【予防保全】

旧:施設の老朽化が顕在化する前に保全対策を実施し、施設が保有している機能の低下を極力抑える。
新:施設の老朽化の進行が要求性能を下回ることがない状態で機能保全対策を講じる。

【事後保全】

旧:施設に損傷が生じる等、老朽化が顕在化した状態になった後に対策を講じる。
新:施設の老朽化が進行し、要求性能を下回った可能性がある状態で機能保全対策を講じる。

図 2-3-6(1) ガイドライン（案）改訂のポイント（主な改訂点1）

2 機能診断対象の拡充等（「3.4」関連）

【課題】

- ・新たに水産物供給基盤機能保全事業の対象となった水域施設等について、機能診断の考え方や事例の整理等が未対応。
- ・輸送施設等の解説は、他分野の見直し等を踏まえ改訂を検討しており、管理者への最新情報の提供等に遅れ生じる懸念。



【改訂の考え方】（26～34頁）

- ・水域施設（航路・泊地等）の機能診断の考え方や老朽化度及び健全度の評価基準を追加整理。（関連）
- ・本ガイドラインが対象とする施設の範囲や、他の参考図書との関係を明確化。（10～11頁）

図 2-3-6(2) ガイドライン（案）改訂のポイント（主な改訂点2）

3 日常点検の内容の充実（「3.4.4」「3.7」関連）

【課題】

- ・施設の日常の維持管理については管理者の判断に委ねる状況。管理者間で施設点検の水準にバラツキが生じる恐れ。



【改訂の考え方】（45頁、47～48頁）

- ・日常の維持管理に係る点検の種類、実施時期や使用する様式等を明示。点検水準の均質化を促進。
- ・維持管理体制の強化の観点から漁業者等関係者との連携を明示。
- ・点検時に確認された危険箇所に対する応急措置の実施等を明示。

図 2-3-6(3) ガイドライン（案）改訂のポイント（主な改訂点3）

4 参考資料の内容の充実等（参考資料関連）

【課題】

- ・ 現地での調査（簡易調査、詳細調査）は、管理者にとって一定の技術的知識が求められる。
- ・ 現地調査に係る費用は、管理者にとって負担。

【改訂の考え方】（参考資料）

- ・ 簡易調査（簡易項目）から健全度評価まで一連の解説を追加し、管理者の理解促進。
- ・ 専門性が求められる詳細調査について、基本的情報を追加・整理。
- ・ 調査費軽減に資する非破壊試験について、解説を充実。

図 2-3-6(4) ガイドライン（案）改訂のポイント（主な改訂点 4）

機能保全計画策定の手引き改訂のポイント

- 水産基盤ストックマネジメントの基礎となる機能保全計画について、管理者が円滑にその策定を行えるよう具体的な事例を示しながら、機能保全計画の取りまとめの要点等を解説した「機能保全計画策定の手引き」を提示。
- 水産物供給基盤機能保全事業の対象施設の拡充や「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン」の改訂を踏まえ、本手引きを改訂。管理者の円滑な機能保全計画策定に寄与。

改訂後（平成27年3月）

- I. 機能保全計画の考え方
 - 1-1. 機能保全計画について
 - 1-2. 機能保全計画の記載要領
 - (1) 漁港の概要
 - (2) 施設現況調査書
 - (3) 施設機能診断結果
 - (4) **機能保全対策**
 - II. 機能保全計画の作成例
 - 機能保全計画書**
 - 西防波堤（構造形式：ケーソン式防波堤）
 - 東防波堤（構造形式：ケーソン式防波堤）
 - 護岸（構造形式：コンクリート単塊式）
 - 3.5m岸壁（構造形式：矢板式係船岸）
 - 航路、泊地**
 - III. 資料編
- 【赤字：項目の追加
赤字：内容の充実】 主な改訂点
1. 日常管理計画の見直し
2. 対象施設拡充への対応

改訂前（平成24年10月）

- I. 機能保全計画の考え方
 - 1-1. 機能保全計画について
 - 1-2. 機能保全計画の記載要領
 - (1) 漁港の概要
 - (2) 施設現況調査書
 - (3) 施設機能診断結果
 - (4) 機能保全対策
- II. 機能保全計画の作成例
 - 機能保全計画書**
 - 西防波堤（構造形式：ケーソン式防波堤）
 - 東護岸（構造形式：コンクリート単塊式）
 - 3.5m岸壁（構造形式：矢板式係船岸）
 - 道路（構造形式：アスファルト舗装）**
- III. 資料編

【課題】

- ・ 水域施設についての対応が必要。
- ・ 日常の維持管理に関するガイドラインの改訂への対応が必要。

【改訂の考え方】

- ・ 水域施設の機能保全計画策定事例を追加。
- ・ ガイドラインに位置づけられた日常の維持管理に係る点検について解説を見直し。

図 2-3-6(5) 手引き（案）改訂のポイント（全体）

Ⅶ. 摘要

1. コンクリート構造物に対する非破壊試験を活用した機能診断手法の提案

漁港施設における表面P波速度とコアによるコンクリート圧縮強度試験の調査より、漁港施設毎に設計基準強度 18 (N/mm²) や 24 (N/mm²) にかかる表面P波速度の基準値を検討した。その結果から、設計基準強度が 18(N/mm²) の施設において、3,800 (m/s) を、設計基準強度が 24(N/mm²) の施設において、4,000 (m/s) を、表面P波速度の基準値として示した。これら基準値については、5 漁港 19 施設の事例調査の値であるので、必要に応じて今後とも精度向上の検討をおこなう必要がある。

現地調査を通じて、表面P波速度の経年変化の状況の調査を行った。表面P波速度の経年的な変化は、数事例の短期間（3年間）の調査であるので、今後、現地調査や実施している老朽化を促進する室内実験等によりその精度向上のための検討を行う必要がある。

3年間の検討を踏まえ、漁港施設に対する簡易機能診断手法を提案し、マニュアル(案)としてとりまとめた。この手法は、基準値との比較及び整備時期が同一等のコンクリートの品質が同一と考えられるコンクリート構造物において、表面P波速度が低下した箇所や、経年変化時に急激な低下が生じた箇所について、詳細調査を実施するものである。なお、この手法を神奈川県 I 漁港の漁港施設に適用したところ問題無く実施ができた。今回提案した方法について、今後、事業実施主体等に対し、普及啓発を図る必要がある。

2. ガイドライン（案）等の見直し案の作成

3ヵ年の検討を踏まえ、ガイドライン（案）等の見直し案を提示した。

機能保全計画策定の進捗が進んでいない市町村管理者では現行のガイドライン（案）等の活用が図られていないことが今回の調査であきらかになったことから、見直しされたガイドライン（案）等について各管理者へ周知し、水産基盤施設ストックマネジメントの浸透を図るとともに、円滑な機能保全計画策定と更新を図って促進していく必要がある。

また、現時点でも残された水産基盤施設ストックマネジメントに係る技術上の課題等について、研究・技術開発の進展や保全工事の実施状況等を踏まえ、見直し後のガイドライン等の点検と、必要に応じた見直しが必要である。

VIII. 引用文献

- 1) 水産庁漁港漁場整備部：水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン（案），平成 24 年 10 月.
- 2) 水産庁漁港漁場整備部：機能保全計画策定の手引き（案），平成 24 年 10 月改訂.
- 3) 水産庁漁港漁場整備部：水産基盤整備におけるストックマネジメント手法開発調査報告書，平成 21 年 3 月.
- 4) 水産庁漁港漁場整備部：漁港漁場施設の設計基準等検証調査（ストックマネジメント手法開発調査）報告書，平成 22 年 3 月.
- 5) 水産庁漁港漁場整備部：漁港漁場施設の設計基準等検証調査報告書，平成 23 年 3 月.
- 6) 水産庁漁港漁場整備部：漁港漁場施設の設計基準の構築報告書，平成 24 年 3 月.
- 7) 重松宏和：衝撃弾性波法による沿岸構造物の劣化診断に関する研究、東海大学大学院修士論文、平成 21 年度.
- 8) 船木涼：衝撃弾性波法による沿岸構造物の劣化診断に関する研究、東海大学大学院修士論文、平成 23 年度.
- 9) 三上ら：既設漁港コンクリート構造物の表層部劣化診断への衝撃弾性波の適用，コンクリート工学協会年次論文集，vol. 31, NO. 2, 2009.
- 1 0) 岡田清ら；コンクリート工学ハンドブック，1981
- 1 1) 「砂防施設の劣化診断と維持管理のあり方について」會田和広 東北地方整備局，建設物価／2009・3月号
- 1 2) 笠井芳夫等編著，コンクリートの試験方法，1993. 5, p. 168
- 1 3) O. E. Gjorve; Long-time durability of concrete in seawater, J. of ACI, vol. 68, No. 1, pp. 60~67, 1971. 1
- 1 4) 長瀧重義監修、技報堂出版，コンクリートの長期耐久性[小樽港百年耐久性試験に学ぶ]，1995. 11
- 1 5) 岡田清編，朝倉出版，コンクリートの耐久性、1986. 1, pp. 58~59
- 1 6) 長瀧重義監修、技報堂出版，コンクリートの長期耐久性[小樽港百年耐久性試験に学ぶ]，p. 26, 1995. 11
- 1 7) 福手等，海洋環境に 20 年間暴露されたコンクリートの耐久性に関する研究，土木学会論文集，No442, V-16, p. 43~52, 1992-2
- 1 8) (社) 全国漁港漁場協会（2003）：漁港・漁場の施設の設計の手引き
- 1 9) (社) 日本港湾協会（2007）：港湾の施設の技術上の基準・同解説
- 2 0) Mary Sansalone, Jiunn-Ming Lin, and William B. Streett, A Procedure for Determining P-Wave Speed in Concrete for Use in Impact-Echo Testing Using a P-Wave Speed Measurement Technique, ACI MATERIALS JOURNAL, pp. 531-539, 1997
- 2 1) 岩野聡史，森濱和正，渡部正：衝撃弾性波法と微破壊試験の併用による構造体コンクリートの圧縮強度推定方法の提案，土木学会論文集 E3(材料・コンクリート構造)，vol69, no2, pp138-153, 2013
- 2 2) 重松宏和，三上信雄，極壇邦夫，笠井哲郎：衝撃弾性波法による沿岸構造物の劣化診断に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文集，vol. 32No. 1, pp. 1703-1708, 2010. 6
- 2 4) 會田和広：砂防施設の劣化診断と維持管理のあり方について，建設物価 2009・3月

- 号, pp. 26-29, 東京, 2009
- 25) 藤田孝康, 岡野崇裕, 安藤 亘, 浅川典敬, 田根秀昭, 三上信雄: 漁港施設における効率的な維持管理のための老朽化診断手法に関する研究, 日本沿岸域学会 2011 年第 24 回研究討論会, 2011
- 26) 日本コンクリート工学会: コンクリート診断技術' 12[基礎編], pp113-114, 東京, 2012
- 27) 谷川恭雄監修: コンクリート構造物の非破壊検査・診断法, pp. 52, セメントジャーナル社, 東京, 2004
- 28) 福手勤, 濱田秀則, 山本邦夫, 海洋環境に 20 年間暴露されたコンクリートの耐久性に関する研究, 土木学会論文集, No442, V-16, pp. 43-52, 1992-2
- 29) 金田 拓也・ 間辺本文・ 藤田孝康・ 岡野崇裕・ 笠井哲郎・ 高橋涼・ 豊原俊 ; 衝撃弾性波法による沿岸構造物の経年劣化に関する基礎的研究, 平成 25 年度土木学会全国大会第 68 回年次学術講演会, pp1049-1050, 2012

IX・学会等への発表

- 岡野崇裕・藤田孝康・土屋正隆・浅川典敬・三上信雄: 漁港施設ストックマネジメントのためのガイドラインについて, 日本沿岸域学会 2012 (仙台), 研究討論会セッション 12-2.
- 岡野崇裕・間辺本文・藤田孝康・奥野裕明・金田拓也: 漁港施設の機能保全計画の策定実態について, 日本沿岸域学会 2013 (大阪), 研究討論会セッション 10-3.
- T. Fujita, T. Okano, Y. Yoshizuka, T. Kaneda, M. Fudo, S. Date: Features and Problems of Function Conservation Project in Fishing Port Facilities, IASIT international Journal of Engineering and Technology Vol. 6, No. 5, October 2014, ISSN:1973-8236.
- 藤田孝康・金田拓也・富川裕一・伊達重之: 漁港施設の維持管理における簡易的な老朽化診断手法の適用に関する研究, 第 36 回コンクリート工学年次大会 2014 (高松).
- 金田拓也・富川裕一・藤田孝康・笠井哲郎: 衝撃弾性波法による漁港構造物の簡易機能診断手法の提案, 東海大学工学部紀要, 工学部 54(1), 7-13, 2014.
- 金田 拓也・ 間辺本文・ 藤田孝康・ 岡野崇裕・ 笠井哲郎・ 高橋涼・ 豊原俊 ; 衝撃弾性波法による沿岸構造物の経年劣化に関する基礎的研究, 平成 25 年度土木学会全国大会第 68 回年次学術講演会, pp1049-1050, 2012.
- T. Kananeda, Y. Yoshizuka, T. Fujita, T. Okano, T. Kasai, S. Date: T. Nishizaki Proposed Method for simple deterioration diagnosis of existing fishing port facilities using impact-echo, IALCCE Fourth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering November 16-19, 2014. Tokyo. Japan.
- 金田拓也・富川裕一・藤田孝康・笠井哲郎: 漁港のコンクリート構造物に対する簡易機能診断手法の提案, 水産工学 52(1), pp. 61-67, 2015.

X・添付資料

本調査「性能照査手法の検討」のうち 4) 既存施設の機能維持のための設計手法」による成果品「漁港漁場施設的设计基準の構築 (3) 漁港漁場施設の維持管理手法の確立」

による成果品「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン（案）」（平成 27 年 3 月改訂）、「水産基盤施設機能保全計画策定の手引き（案）」（平成 27 年 3 月改訂）、
「漁港施設における表面 P 波法による簡易機能（老朽化）診断手法適用マニュアル（案）」
を本報告書とは別途提出する。