

平成25年度

北海道の第3種及び第4種漁港における漁港施設の長寿命化対策について

農業水産部 水産課
○小川 瑛司
中島 秀行
伊藤 徹也

我が国の社会資本は高度経済成長期に集中的に整備され、施設の老朽化が進む中、戦略的な維持管理・更新を推進することが求められる。北海道の第3種及び第4種漁港についても建設後30年以上経過する施設が10年後には5割を超える見込みであり、これらの維持管理・更新にかかるコストが課題となっている。本論文は、漁港施設の長寿命化対策を行うにあたり、当該漁港が有する構造物の特性を踏まえた施設点検や補修工法の選定など、対策の有効性について報告するものである。

キーワード：長寿命化、維持・管理、調査・計画

1. 社会資本の長寿命化対策

我が国の社会資本整備は高度経済成長期にピークを迎え、経済成長や生活水準の向上を支える基盤として大きな役割を担ってきた。今後、これら社会資本の高齢化が加速度的に進行することが見込まれており、社会資本ストックの老朽化に伴う事故が懸念されるとともに、維持管理費・更新費の急増が想定されている。このため国の政策において、平成25年6月14日閣議決定された「日本再興戦略」に基づき、安全・便利で経済的な次世代インフラを構築するためのインフラの長寿命化対策を推進することとなった。

北海道開発局においても「第7期北海道総合開発計画中間点検報告書（平成24年12月）」の点検結果を踏まえ、更なる重点化を図る施策として「社会資本の戦略的維持管理」が位置付けられており、的確な巡視・点検の実施により、社会資本ストックの損傷等の発生に適切に対応しつつ、計画的な補修・更新による予防保全対策の実施等、社会資本ストックの長寿命化対策を推進することとなっている。

2. 漁港施設の長寿命化対策を巡る動き

漁港施設についても、耐用年数の経過に伴い、更新を必要とする施設が増加してきている現状を踏まえ、平成24年3月に見直された水産基本計画において「水産物の安定供給の基盤となる漁港機能の保全・強化」が施策に位置付けられ、同時に見直された漁港漁場整備基本方針においても「既存ストックの長寿命化対策の推進」が基本的な方向として定められた。また、当該方針に則して

平成24年から平成28年の5年間に重点的に取り組む課題として、「既存漁港施設の長寿命化対策の推進」が漁港漁場整備長期計画に位置付けられ、実施目標を達成するため事業量として、おおむね600漁港で漁港施設の機能保全計画を策定することが掲げられた。

一方、北海道の漁港施設も同様な現状にあり、北海道開発局が整備を行っている第3種及び第4種漁港では、建設後30年以上経過する施設が10年後には5割を超えることが見込まれている。

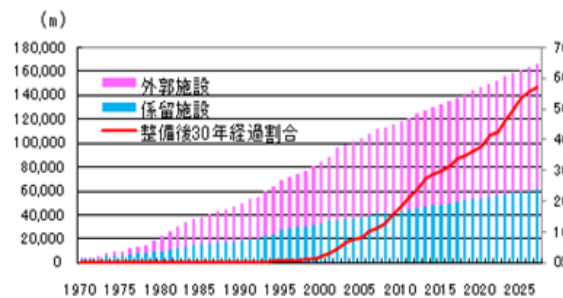


図-1 北海道の第3種及び第4種漁港における施設ストック量

北海道は全国の水産物生産量の約3割を占める我が国最大の生産拠点であり、北海道の第3種及び第4種漁港については、全国的な漁船利用及び水産物の流通拠点として重要な役割を担っている。このため、統一的な施設管理と中長期的に必要な予算を見通すことで、効果的な事業推進に資することを目的として、北海道の第3種及び第4種漁港全38漁港の内37漁港を対象に「北海道第3種及び第4種漁港地区」として施設補修に係る事業を一地区にまとめ、新たな特定漁港漁場整備事業計画を策定（平

成25年6月)し、漁港施設の長寿命化対策を効率的・効果的に推進することとした。

3. 長寿命化対策と機能保全計画

漁港施設の長寿命化を図る上では、既存施設の機能を将来にわたり適切に保つ必要があり、管理手法としてストックマネジメントを実践していかなければならない。加えて、厳しい財政状況を勘案しつつ、既存施設の機能を維持していくためには、計画的(予算配分等)な対策が必要となる。各漁港においては、これらを踏まえた的確な機能保全計画を策定することとなった。

機能保全計画とは、既存施設の機能を保全するために必要な日常管理や保全対策・更新工事を盛り込んだ計画であり、効率的な維持管理、既存施設の長寿命化、LCC(ライフサイクルコスト)の縮減および対策コストの平準化を図ることを目的として取りまとめた計画である。このため、施設の老朽化が顕在化する前に対策を実施し、施設が保有している性能の低下を極力抑える、いわゆる「予防保全」対策が重要である。機能保全計画は、これまでの「事後保全」中心の維持管理から、「予防保全」対策を積極的に取り入れた戦略的な維持管理への転換を図る計画となっている。

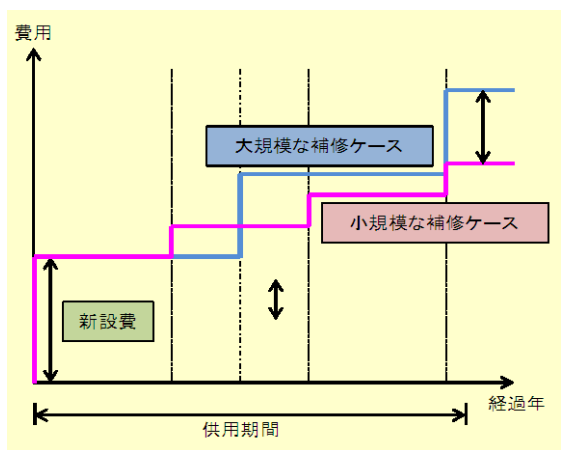
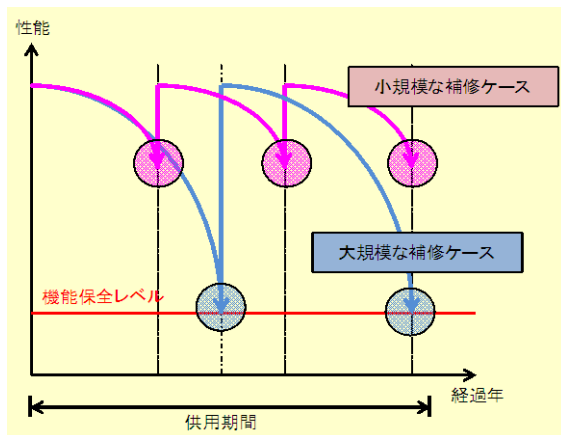


図-2 機能保全によるLCC縮減イメージ

4. 機能保全計画の策定

機能保全計画の策定にあたり参考となるのが、水産庁漁港漁場整備部が取りまとめた「機能保全計画策定の手引き(案)」¹⁾(以下、手引きとする)及び「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)」²⁾(以下、ガイドラインとする)であるが、北海道における漁港施設の特性を踏まえ、各検討段階における考え方を補足することで、より効果的で実効性のある機能保全計画とするための検討を行った。

(1) 老朽化調査と着眼点

北海道の第3種及び第4種漁港における施設の構造形式は、図-3のとおり重力式構造物(主として無筋コンクリート構造)が大半を占めていることから、施設点検や補修工法の選定については、本構造の特徴を踏まえる必要がある。

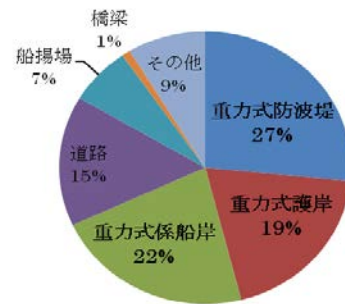


図-3 北海道の第3種及び第4種漁港における施設構造形式の割合

まず、既存施設が十分な機能を保全しているかどうかを把握するための老朽化調査が必要となる。

老朽化調査は、定期点検として行われる陸上からの目視による簡易調査(簡易項目)と、簡易な計測による簡易調査(重点項目)の2段階の調査を行い、老朽化度の評価を行う。なお、施設の安全性に及ぼす影響が大きい本土工や海底地盤の変状など、簡易調査で判別できない事象の補足など、老朽化度等の判定が困難な場合に行われる詳細調査を細分化し「詳細調査A」として、陸上からの目視が困難な水中部の潜水調査および岸壁エプロンなどの空洞化調査を行う。また、定期点検で施設の機能にかかわる変状が認められた場合は「詳細調査B」として、老朽化要因や老朽化箇所・範囲の特定のための調査を行うこととし、これらの詳細調査は必要に応じて実施するものとした。

また、施設の損傷状況を記録する上で、施設の着目すべき部位・部材を把握することが重要であるため、施設点検の際の着眼点を整理することとした。これは、各施設の上部工や本土工等の各部材毎に必要な点検項目とそれに対する着眼点を示したもので、以下の表-1に重力式防波堤における着眼点を示す。

表-1 重力式防波堤における着眼点

防波堤全体	
点検項目	法線の出入り、上部工の移動、傾斜、沈下量
着眼点	本土工・上部工の傾斜等により法線に出入りが生じ、規模が大きくなると耐波性能・安定性に支障が出る。原因としては、波圧、地震等によるものがある。
上部工	
点検項目	コンクリートの劣化・損傷
着眼点	上部工の劣化・損傷の拡大により、波圧に対する安定性、伝達波の低減効果に支障が出る。原因としては、想定以上の波圧作用、繰り返し荷重による地盤変形、現地盤の沈下、地震による液状化などがある。
本土工	
点検項目	コンクリートの劣化・損傷
着眼点	本土工の側壁等の劣化・損傷等が進行すると、中詰材の流出等により施設の安定性に支障が出る。原因としては、コンクリートの劣化、本土工の沈下、漂流物の衝突等によるものがある。
消波工	
点検項目	消波ブロックの沈下や散乱、損傷や亀裂
着眼点	消波ブロックの沈下や散乱が生じると、本体に作用する波力が大きくなり、本体が滑動（移動）することにより法線等に支障が出る。
海底地盤（被覆工、根固工含む）	
点検項目	洗掘、土砂の堆積、被覆、根固ブロックの移動、散乱、沈下
着眼点	被覆および根固ブロックの移動や散乱により基礎捨石の洗掘等が発生すると、本土工の沈下や傾斜など施設の安定性に支障が出る。原因としては、波圧、地震動、地盤沈下などがある。
変状の特徴	
コンクリート構造物のため、材料劣化のスピードは緩やかである。だが、重量物であるため地震動や地盤沈下の影響から、本土工の沈下・傾斜に伴う法線のゆがみやマウンドの変状が発生する恐れがある。また、各部材の変状が進行すると施設の安定性の低下と繋がる。	

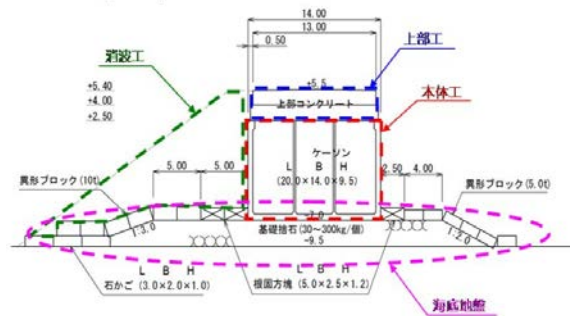


図4 重力式防波堤における各部材の区分

(2) 機能診断の実施

機能診断は、図-5のように段階的な手順を踏まえ、老朽化度及び健全度を評価し、老朽化要因や保全対策の必要性について検討する。

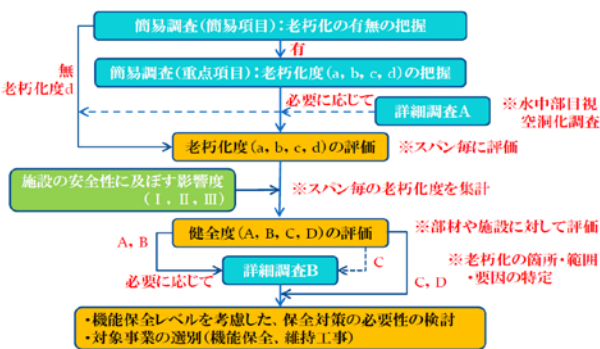


図-5 機能診断の実施フロー

老朽化度 (a, b, c, d) は、調査結果により、施設毎の調査項目に応じた老朽化の程度を評価するものであり、健全度 (A, B, C, D) は、施設の総合的な老朽化状態（施設の機能性の程度）を推定し、保全対策の必要性を検討するものである。なお、これらの評価はスパン毎に行うものである。

表-2 老朽化度及び健全度

老朽化度 (a, b, c, d)		
悪	老朽化度	
↑	a	部材の性能が著しく低下している状態
	b	部材の性能が低下している状態
	c	部材の性能低下はないが変状が発生している状態
	d	変状が認められない状態
良		
健全度 (A, B, C, D)		
悪	健全度	
↑	A	施設の主要部に大きな老朽化が発生しており、施設の機能が低下している状態。
	B	施設の主要部に老朽化が発生しており、対策を施さないと施設の機能の低下が懸念される。
	C	施設の機能に関わる老朽化は認められず、機能を保持している状態。（今後、機能が低下する可能性もある状態）
	D	施設に老朽化はほぼ認められず、十分な機能を保持している状態。（当面、機能の低下の可能性がない状態）
良		

老朽化の状態が施設の安全性能に及ぼす影響の程度を、部材単位で分類（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3つに区分）したものを表-3に示す。なお、表はガイドラインに掲載されている項目に、移動や沈下および海底地盤の状況等の項目及び該当する調査（簡易調査もしくは詳細調査A）を追加したものである。部材によっては老朽化度が即座に機能低下に結びつく訳ではないことから、老朽化度と安全性能に関する影響度の相関性を考慮し、部材毎に設定した安全性能に及ぼす影響の分類に応じて、高い老朽化度（aまたはb）の占有率から健全度を判定することを基本とする。表-4は安全性能に及ぼす影響を踏まえた健全度の判定基準を示したものである。

表-3 施設の安全性に及ぼす影響度（外郭施設の場合）

施設	部材	施設の安全性に及ぼす影響度	備考
外郭施設	○移動	Ⅰ	
	○沈下	Ⅱ	
	◎本土工（コンクリート単塊、方塊ブロック等）	Ⅰ	
	◎本土工（ケージン、セルラーブロック、L型ブロック）	Ⅰ	
	●本土工（鋼管杭、鋼管矢板、鋼矢板）	Ⅰ	
	●本土工（被覆防食工）	Ⅱ	
	◎本土工（電気防食工）	Ⅱ	
	○上部工（上部工）	Ⅱ	
	○エプロン工（水叩き）(1)	Ⅰ	吸い出し、空洞化、沈下・陥没
	○エプロン工（水叩き）(2)	Ⅱ	舗装の劣化・損傷
	◎消波工	Ⅱ	
	○付帯工（車止め、係船環等）	Ⅲ	
	○排水工（排水設備）	Ⅲ	
	●海底地盤	Ⅰ	
	●根固工	Ⅱ	
●被覆工	Ⅱ		

※1：エプロン工については、変状の形態別に調査項目を「Ⅰ」、「Ⅱ」に区分する。
 ※2：上表の分類については、「港湾の施設の維持管理技術マニュアル、平成19年10月」等を参考に設定した。

○：簡易調査で点検可能な項目
 ◎：簡易調査もしくは詳細調査Aで点検可能な項目
 ●：詳細調査Aで点検可能な項目
 肉厚等の詳細調査は、詳細調査Bで行っても良い。

表4 健全度の判定基準

		健全度			
		A	B	C	D
安全性に及ぼす影響度	I	「aが全数の2割以上」を占めており、既に施設の機能が低下している。	「aが全数の2割未満」、かつ「a+bが全数の2割以上」占めており、対策を施さないと施設の機能の低下が懸念される。	A、B、D 以外	すべてdのもの
	II	「aが全数の5割以上」、もしくは「a+bが全数の8割以上」占めており、既に施設の機能が低下している。	「aが全数の5割未満」、かつ「a+bが全数の5割以上」占めており、対策を施さないと施設の機能の低下が懸念される。	A、B、D 以外	すべてdのもの
	III	-		D以外	すべてdのもの

(3) 変状連鎖による影響予測

重力式構造物は劣化の進展が軽微と判定されるケース

が多いが、的確な施設点検等を行わず放置した場合、劣化に伴う施設変状が直接的に施設機能の低下に繋がることから、将来の施設変状の進展予測とともに、現在の変状の原因を知ることが大変重要である。

変状予測については、変状連鎖をたどり、要因を確認しておくことが効果的であり、例として図-6にケーソン式混成堤における変状連鎖フローを示す。波浪が発生した場合の施設変状から、その後の連鎖を示しているが、合せて詳細調査A,Bにより確認可能な項目等を記載し、長寿命化対策の際の目安となるよう整理している。

これにより、点検及び機能診断の際、現在の状況が変状連鎖におけるどの段階なのか確認が可能となり、将来的にどのように変状していくかを意識しつつ、対策の要否、時期について考慮することが可能となる。

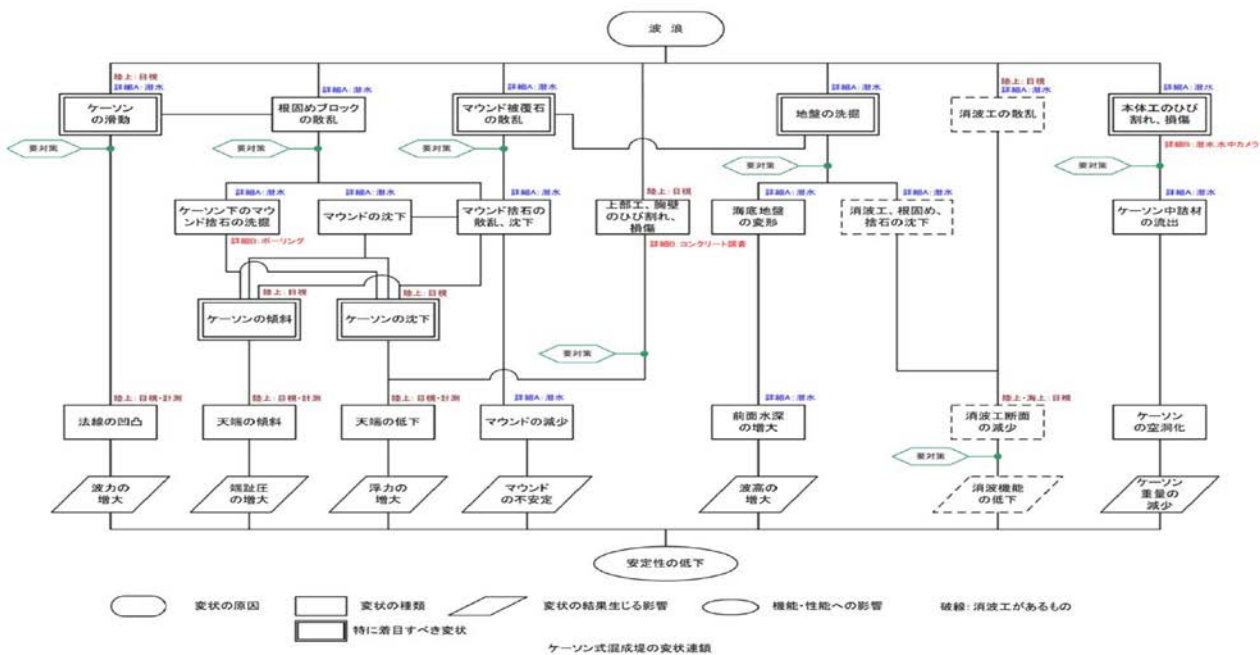


図-6 ケーソン式混成堤における変状連鎖フロー

(4) 機能保全レベルの設定

長寿命化対策の検討にあたっては、機能保全レベルの設定が必須である。機能保全レベルは、施設が保持すべき水準を示すものであり、施設の重要性（利用状況等）や構造特性、供用期間や保全対策工法の難易度等を勘案した上で「事前対応型」、「予防保全型」、「事後保全型」、「観察保全型」と4つのレベルに分類する。機能保全レベルの概念（表-5）はガイドラインにより示されているが、施設単位であり、部材毎に分類されていないことから、効率的かつ効果的な対策とすべく、施設構造における各部材の重要度、劣化の進行度合を考慮し、各部材における機能保全レベルの設定（表-6）を行った。ただし、漁業活動上、重要な施設など、必要に応じて設定レベルを柔軟に上下させることも必要である。

表-5 機能保全レベルの概念

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	・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	・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、供用期間中に頻り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	・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	・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。 ・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。

表-6 部材の区分および機能保全レベルの設定

種類	区分	機能保全レベル	部材名
係留施設	主要部材	事前対応型	本体工（耐震強化岸壁など）
		予防保全型	本体工（RCの場合）、鋼構造物
		事後保全型	本体工（無筋の場合）、棧橋上部工、係留杭・係留チェーン
	その他部材	事後保全型	上部工、渡版、エプロン、斜路工、海底地盤（基礎捨石、被覆ブロック、根固方塊など含む）、ポンツーン外部（ローラー部）、アンカーブロック
	附帯設備	事後保全型	防眩材、車止め、係留柱、はしご、排水設備、照明施設、連絡橋、渡橋
外郭施設	主要部材	予防保全型	本体工（RCの場合）、鋼構造物、堤防本体
		事後保全型	本体工（無筋の場合）
	その他部材	事後保全型	上部工、波返工、消波工、海底地盤（基礎捨石、被覆ブロック、根固方塊など含む）、水叩き（裏込・裏込材を含む）
	附帯設備	事後保全型	はしご、排水設備
輸送施設（道路等）	主要部材	事後保全型	コンクリート床版、コンクリート構造部材、鋼床版、鋼構造部材、下部構造
	その他部材	事後保全型	舗装、伸縮装置、支承、地覆
	附帯設備	事後保全型	ガードレール、高欄、排水施設、照明施設、その他

(5) 補修工法の選定

補修工法の選定にあたっては、適用可能とされる複数の対策工法（シナリオ）について、比較検討を行う。経済比較を行うだけでなく、対策時期毎の補修パターンを考慮し、比較を行う。

事例として、重力式防波堤における工法の選定を示す。施設機能診断結果については、表-7に示すとおり、対象施設に対して簡易調査（重点項目）及び詳細調査Aの結果から老朽化度および健全度の評価を行っている。本体工（側壁部）に広範囲に亘り鉄筋露出を伴う欠損が確認されており、健全度評価は「B」と判定された。

予防保全型である本体工において健全度評価「B」と判定されたことから、今後も老朽化の進行を放置した場合、欠損が進行し、大規模な対策が必要となる恐れがあるため、早期の現地着手を前提に詳細調査Bを実施することとする。

表-7 簡易調査（重点項目）及び詳細調査Aの考察

点検項目		調査結果・考察等	
施設全体	移動	水平移動	移動は認められず、十分な機能を保持している状態である。【評価D】
	沈下	目地のずれ、段差	顕著な段差は認められず、十分な機能を保持している状態である。【評価D】
本体工	コンクリートの劣化、損傷	ケーソンの側壁に鉄筋露出を伴う欠損が認められた。対策を施さない場合、施設の機能が低下する恐れがある状態である。【評価B】	
上部工	コンクリートの劣化、損傷	胸壁部に広範囲の欠損が認められた。既に施設の機能が低下している状態である。【評価A】 上部工天端部にひび割れ及び欠損が認められた。既に施設の機能が低下している状態である。【評価A】	
消波工	移動・散乱・沈下	マウンド法先部において消波ブロックの沈下が認められた。既に施設の機能が低下している状態である。【評価A】	
海底地盤	洗掘、土砂の堆積	被覆工は散乱しているものの、洗掘は認められず、十分な機能を保持している状態である。【評価D】	
根固工	移動・散乱・沈下	根固ブロックに散乱が確認された。マウンドが露出しており、既に部材の機能が低下している状態である。【評価A】	
被覆工	移動・散乱・沈下	被覆石に散乱が確認された。マウンドが露出しており、既に部材の機能が低下している状態である。【評価A】	

詳細調査Bにより、老朽化要因、老朽化箇所及び範囲の特定を行ったところ、状況は剥離・鉄筋露出であることが確認された。本体工に対して既に対策が必要な段階であると判断し、施設の補修が必要と判定される。具体的な補修工法については、変状の程度により工法を選定しており（表-8）、軽微な変状であれば、コンクリートの欠損部をはつり、鉄筋は錆の除去及び防錆処理を行い、樹脂系補修材等で断面復旧を行うこととしている。

表-8 補修工法一覧表

補修パターン	補修パターン1	補修パターン2
補修工法	防錆処理+断面補修工法(水中パテ)	防錆処理+断面補修工法(モルタル注入:厚100mm)
変状写真(例)		
変状状況(劣化判定)	一方向に3mm程度のひび割れ 局部的な鉄筋露出 (劣化判定c)	複数方向に3mm程度のひび割れ 広範囲に亘る鉄筋露出 (劣化判定b)
補修工法概略図		
工法の概要	コンクリート欠損部の脆弱部をはつり、鉄筋は錆取り・防錆処理を行う。欠損部は、樹脂系補修材等で断面を復旧する。	コンクリート欠損部の脆弱部をはつり、鉄筋は錆取り・防錆処理を行う。型枠を設置し、モルタルを注入する。
コスト	20,000円/ブロック	150,000円/ブロック

対策工法の比較についても表-9に示す。シナリオ1については、前述した補修工法を組み合わせ、長寿命化対策を策定年から5年以内に実施するものとしている。対策時期の設定については、鉄筋コンクリート構造物の塩害は潜伏期があり、外観上変状がない状態から急激に劣化が進行する可能性も過去に確認されており、老朽化度合いを的確に捉えるためにも、橋梁や港湾施設と同様に5年を基本とするのが妥当とした。なお、5年サイクルは、施設規模や点検における老朽化度合い等を勘案した上で、サイクルを短縮するなど、臨機な対応が必要と考えている。

シナリオ2については、本体工の健全度評価が「A」と判定される時期を老朽化予測により推定し、対策工を検討したものである。

表-9 対策工法一覧表

シナリオ	シナリオ 1	シナリオ 2 (参考)
対策工法	劣化 b (2割) : 補修パターン 2 劣化 c (5割) : 補修パターン 1	劣化 a (2割) : 補修パターン 2 劣化 b (4割) : 補修パターン 2 劣化 c (4割) : 補修パターン 1
対策時期	策定年 (平成 24 年) から 5 年以内	策定年 (平成 24 年) から 14 年後
シナリオ設定条件	■現時点で評価 B と判定されたため、対策を実施した場合 ・劣化 b の変状を補修することを基本とし、合せて劣化 c の変状も補修する。	■現時点で対策を行わず、評価 A となる段階で対策を実施した場合 ・劣化 a 及び b の変状を補修することを基本とし、合せて劣化 c の変状も補修する。 ・マルコフ連鎖の劣化進行予測による評価 A となる段階での劣化判定 a、b、c の割合から補修数量を算定。
コスト	1,185 (千円)	2,820 (千円)

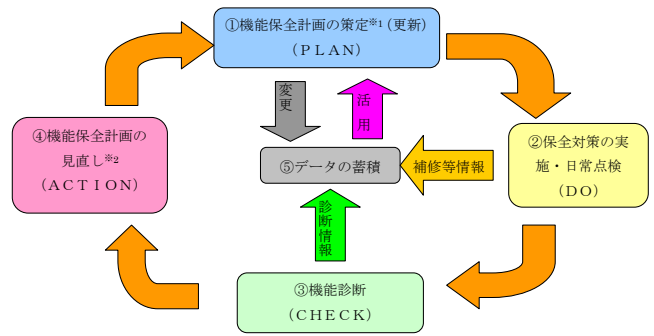
5. PDCAサイクルによる取組の継続

機能保全計画は、将来的な施設の老朽化や性能低下について、一定の不確実性を許容した上で予測したシナリオに基づくものとしている。また、一度策定すれば終わりではなく、施設が存在する限り、施設点検を繰り返しつつ、その都度見直しを図り永続されるものである。

このため、現場では、老朽化等の実態を確認しつつ対応を図っていく必要があり、計画内容を点検・再評価出来る仕組みが必要である。

PDCAサイクルは、現状をフィードバックさせながら、順応的に対応するマネジメント手法であり、機能診断結果に基づく機能保全計画の策定（若しくは更新）（PLAN）、機能保全計画に基づく保全対策の実施・日常点検（DO）、施設の状況を継続的に把握するための定期的な機能診断（CHECK）、機能診断に基づいて機能保全計画を見直すか否かの確認（ACTION）のそれぞれについて、ステップアップにより取組を進めていくものである。

北海道開発局では、漁港管理者等と連携・情報の共有を図りつつ、継続的に本サイクルに取り組むとともに、施設情報の蓄積・保存を適切に行っていく。



※1：ここでの「策定」は、当初の機能保全計画の策定を意味する。

※2：ここでの「見直し」は、変更する必要があるか否かを点検することを意味する。

図-7 PDCAサイクルのイメージ

6. おわりに

本報告では、北海道の第3種及び第4種漁港における施設の長寿命化対策を推進するため、施設構造の大半を占める重力式構造物の施設点検や補修工法の選定に係る考え方を示してきた。

施設における部材毎のレベルの設定、詳細調査の細分化及び変状連鎖フローなど、施設の現状や将来的な劣化変状を把握する上でこの考え方は有効である。

今後は、具体的な補修工法について、新たな知見・事例の収集を積極的に行い、その他の各種情報と合せてデータベース化を図るなど、さらなる漁港施設の長寿命化対策を効果的かつ計画的に図りたい。

参考文献

- 1) 水産庁：機能保全計画策定の手引き（案）
- 2) 水産庁：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）