

# 河川管理施設における施設延命化について

## —汽水域矢板式低水護岸の維持管理の一例—

留萌開発建設部 留萌開発事務所 ○南 尚志

三佐川 剛昌

岡田 昌俊

汽水域である留萌川市街部の矢板式低水護岸において、施工後の経年変化による老朽化や護岸ブロック直下の空洞化の規模・範囲や地盤の緩み状況を把握し、今後の維持管理手法検討のための基礎資料とするため、矢板式低水護岸背面の地下レーダー探査や護岸ブロック削孔による直接的及び間接的な空洞化調査、水中部では鋼矢板露出部の目視観察や肉厚調査等の現地調査を行った。今回、現地調査の結果を基に、供用中の鋼矢板が施工後の経年変化により劣化する状況を評価し、維持管理上の許容値から施設の維持管理手法及び延命化を図る検討を行うものである。

キーワード：維持管理、施設延命化

### 1. はじめに

留萌川下流に位置する矢板式低水護岸区間では、護岸の健全度を評価することを目的として、約10年間隔にて現地調査及び評価を実施している。

本報告では、図-1に示す平成21年度(左岸SP600~1800)及び平成22年度(右岸SP2000~3000)に実施した現地調査結果及び解析結果を用い、当該地における維持管理と施設の延命化に関する一考察を行った。

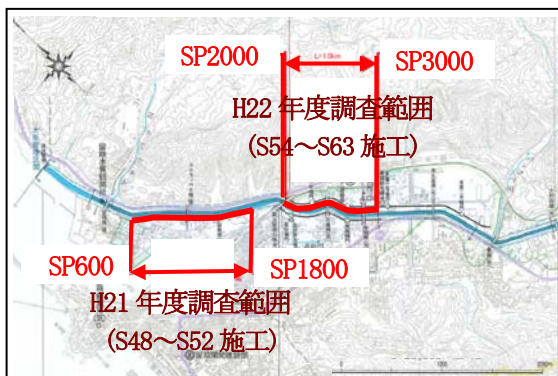


図-1 調査地位置図

の利用形態等の現地状況を把握、整理した。

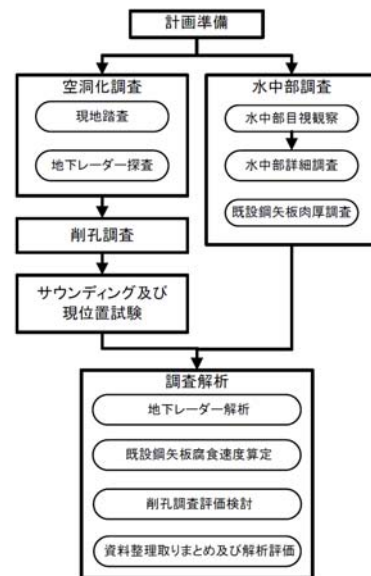


図-2 調査及び取り纏めフロー図

#### b) 地下レーダー探査

空洞化の規模・範囲や地盤の緩み状況を連続的に把握するため、地下レーダー探査(写真-1参照)を実施した。

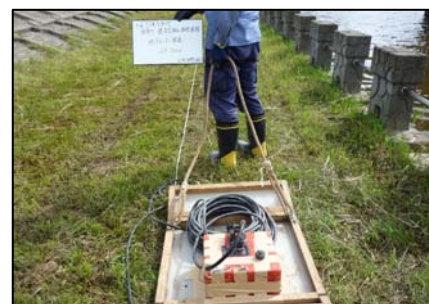


写真-1 地下レーダー実施状況

### 2. 調査内容

#### (1) 空洞化調査

##### a) 現地踏査

現地状況を把握するため、既往調査資料を参考に現地踏査を行い、現況施設及び周辺の河川状況、調査地の地質地盤状況、近接構造物及び土地利用状況・河川

(2) 水中部調査

a) 水中部目視観察

水中に露出している既設鋼矢板の亀裂や損傷の有無等を把握するため、下記の点に留意して観測・記録した。

- ・ 亀裂や損傷の有無、範囲
- ・ 赤橙色の発錆箇所の有無、範囲
- ・ 集中腐食発生の有無、位置
- ・ 孔食(腐食孔)発生の有無、位置、形状
- ・ 付着物の有無、状況
- ・ 船舶や漂流物等の衝突痕跡の有無、位置、形状

b) 水中部詳細調査

「水中部目視観察」により、亀裂・損傷・赤橙色の発錆・孔食(腐食孔)・付着物・衝突痕跡などの異常が確認された箇所については、異常箇所の計測及び状況撮影を詳細に実施した。

c) 既設鋼矢板肉厚調査

超音波厚み計を用いて肉厚調査を実施した。

1 測線当たり凹部・凸部の各 3 深度(上中下)で、測定範囲は約 10cm×約 10cm 内で 5 点実施し、腐食の局所的なばらつきを平均化するため 5 地点の平均値を算出した。(図-3 参照)

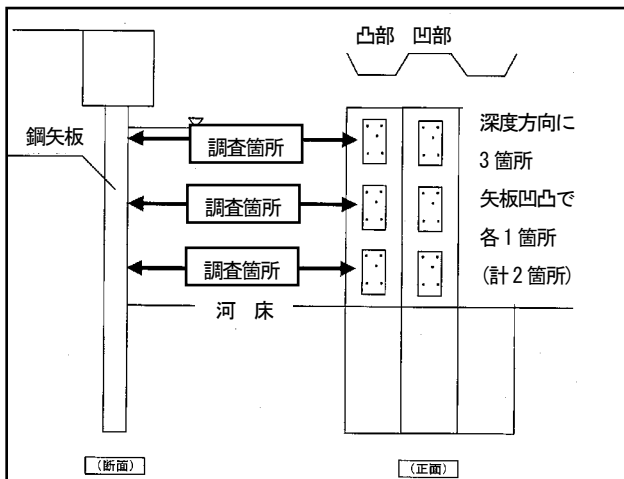


図-3 既設鋼矢板肉厚調査 位置図

(3) 削孔調査

既設護岸ブロック下の空洞観察を行うため、コアカッターにより既設護岸を削孔し、空洞状況の計測及び観察、写真撮影を実施した。

(4) サウンディング及び現位置試験

「削孔調査」で削孔した孔において地盤の緩み状況を確認するため、オランダ式二重管コーン貫入試験(以下、「ダッチコーン」と称す。)を実施した。

(5) 調査解析

a) 地下レーダーデータ解析

データ解析は「物理探査適用の手引き 2000.3 (社)物理探査学会」<sup>1)</sup>における典型的な反射パターンを参考に、空洞と推定される反射パターンを抽出した。図-4に示すように、地下に埋設管や空洞など周囲と異なる物質が存在すると、連続した反射記録の途切れや、局部的に強い反射が得られた場合など、記録上の異常箇所として他の無変状区間との区別が可能となる。

なる物質が存在すると、連続した反射記録の途切れや、局部的に強い反射が得られた場合など、記録上の異常箇所として他の無変状区間との区別が可能となる。

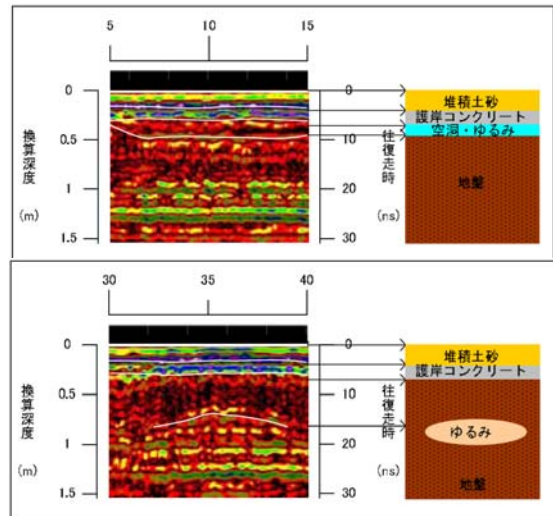


図-4 地下レーダー反射パターンイメージ

b) 既設鋼矢板腐食速度算定

「既設鋼矢板肉厚調査」の調査結果と初期肉厚の差より腐食量、および鋼矢板の施工年より腐食速度の算定を実施した。

c) 削孔調査評価検討

図-5に示す調査内容の結果をとりまとめ、調査区間の護岸下の空洞化・緩みについての比較評価検討を行った。削孔調査で空洞化を確認した箇所については、ダッチコーン結果による地盤の緩みの状況、現地踏査及び水中部調査の結果などを含めて、空洞化の原因や範囲について検討を実施した。

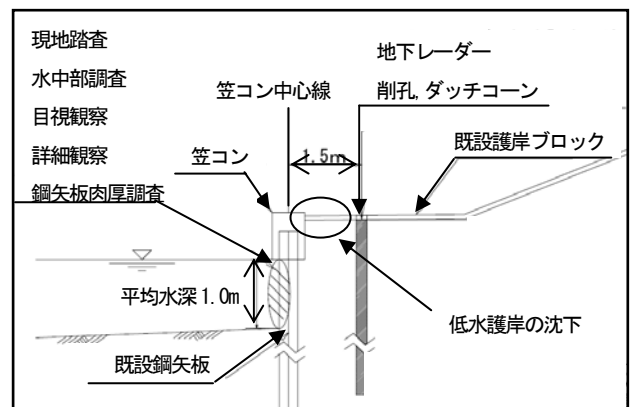


図-5 調査実施箇所 横断位置図

(5) とりまとめ及び評価

調査解析結果から、既設鋼矢板背面及び既設鋼矢板自体の状況を取りまとめ整理した(図-2フロー図参照)。また、自立式鋼矢板護岸の想定腐食量に対する安定性について、「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル 2009 年版平成 21 年 11 月 (財)沿岸技術研究センター」<sup>2)</sup>(以下、「防食・補修マニュアル」という。)に基づき検討を行った。

### 3. 調査結果

平成 21 年度及び平成 22 年度に維持管理を目的とし実施した調査結果の要約を以下に示した。

#### (1) 空洞化調査結果

##### a) 現地踏査結果

○平成 21 年度調査(左岸 SP600～1800)

- ・ SP755～761 間にて低水護岸の沈下 11cm 確認
- ・ SP1028 にて低水護岸の沈下 12.5cm 確認
- ・ 浄化センター樋門(SP1400)にて門柱と護岸の接合部に開き確認

○平成 22 年度調査(右岸 SP2000～3000)

- ・ PS2500 にて低水護岸の沈下 10cm 確認(写真-2 参照)
- ・ 根茎が護岸下部に侵入し、水みち形成



写真-2 現地踏査結果 状況写真

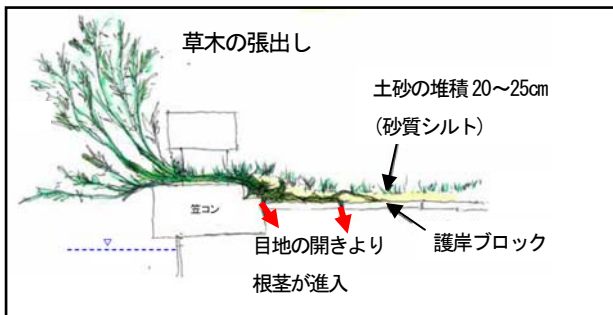


図-6 現地踏査結果 スケッチ図

##### b) 地下レーダー探査結果

低水護岸ブロック背面の空洞や緩みの状況把握を目的に実施した。

護岸ブロック直下に大きな空洞は存在しないことが判明したが、深度 0.5m～0.7m 程度において、平成 21 年度調査(左岸 SP600～1800)では調査範囲の半分、平成 22 年度調査(右岸 SP2000～3000)では調査範囲の 1 割程度の範囲で緩みや空隙の生じている可能性があることがわかった。

#### (2) 水中部調査結果

##### a) 水中部目視観察結果

既設鋼矢板に対して、水中に露出している範囲を潜水士による目視観測を実施した。

○平成 21 年度調査(左岸 SP600～1800)

9 箇所で矢板に損傷劣化や浮き錆が確認された。

その内、8 箇所 (SP1100 以降) は平成 19 年度報告で指摘されていた箇所で、かつ 5 箇所は平成 3 年度に損傷が既に確認されており、補修(背面に矢板の増し打ち)が実施された箇所である。

○平成 22 年度調査(右岸 SP2000～3000)

水中部目視観察の結果、つり穴やウィーブホールは多数確認されたが施工時の加工と判断される。鋼矢板の劣化によると判断される新たな破損は確認されなかった。

##### b) 水中部詳細調査結果

水中部目視観察により把握された異常箇所を対象として詳細調査を実施した。

平成 21 年度調査(左岸 SP600～1800)、平成 22 年度調査(右岸 SP2000～3000)とも水中部目視観察の結果、新たな損傷は確認されなかった。

##### c) 既設鋼矢板肉厚調査結果

「防食・補修マニュアル」<sup>2)</sup>に準拠し、H21 年度調査(左岸 SP600～1800)で 25 測線、H22 年度調査(右岸 SP2000～3000)で 20 測線の計 45 測線実施した。測定結果として、現段階で設計腐食代 2mm を越える箇所が 3 測線確認された。



写真-3 既設鋼矢板 損傷状況

#### (3) 削孔調査結果

地下レーダー探査等により空洞・緩みの可能性が高いと判定された箇所において、護岸ブロックを削孔し、空洞の有無について調査した。平成 22 年度調査(右岸 SP2000～3000)にて護岸ブロック下に最大で厚さ 20 mm 程度の空洞が確認された。

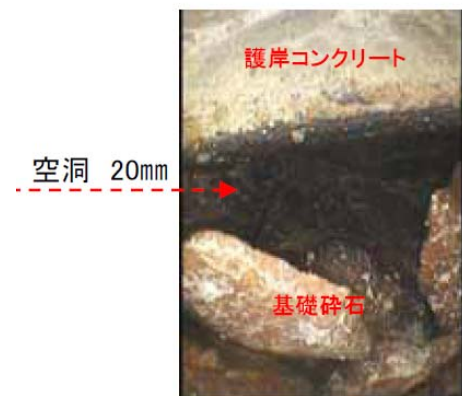


写真-4 護岸下の空洞化状況



(4) サウンディング及び現位置試験結果

ダッチコーンを削孔調査実施箇所において実施した。調査数量は平成 21 年度調査(左岸 SP600~1800)、平成 22 年度調査(右岸 SP2000~3000) 区間を対象とした、25 箇所である。河川構造物(既設鋼矢板式護岸)周辺の緩みの目安としては、「河川構造物漏水調査のてびき 昭和 61 年 3 月 土木試験所河川研究室」<sup>3)</sup>を引用し以下の基準を用いた。

- qc=0.0 ~ 0.1 MN/m<sup>2</sup> : 空洞化それに近い状態
- qc=0.1 ~ 0.3 MN/m<sup>2</sup> : 相当な緩み状態
- qc=0.3 ~ 1.0 MN/m<sup>2</sup> : 緩み状態

調査を実施した結果、25 箇所 中 22 箇所の調査地点において、計画河床以浅に qc=0.3~1.0MN/m<sup>2</sup>の「緩み状態」である砂質土が確認された。また、図-7 に示す右岸 SP2700-4m の GL-0.6~1.0m 区間では「相当な緩み状態」を示す砂質土が確認された。同箇所では酸化によると思われる護岸碎石の赤褐色化が確認されており、局所的に形成された水みちの影響により緩んだ状態になったと判断される。なお、「空洞化それに近い状態」を示すような状況の砂質土は確認されておらず、空洞化は発生していないと判断される。

粘性土では 1.0 MN/m<sup>2</sup>以下の緩い qc 値が多く確認されているが、仮に既設鋼矢板に腐食孔などがあっても、土質特性上、吸出しは生じていないと判断される。

る腐食状況及び安定性の確認に分類できる。

H21 年度調査(左岸 SP600~1800)、H22 年度調査(右岸 SP2000~3000) 区間の結果を取りまとめ、以下に示した。

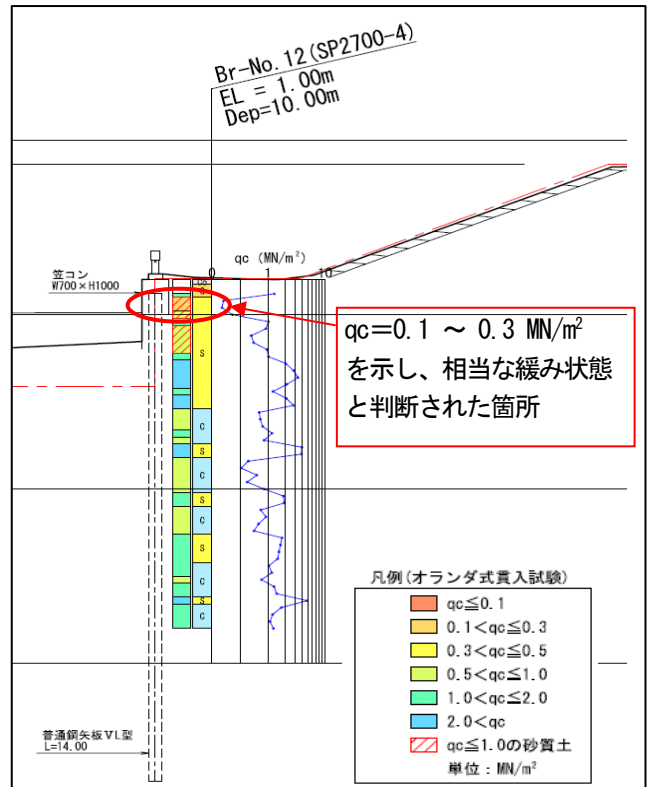


図-7 ダッチコーンによる護岸背面の強度状況

(5) 取り纏め及び評価

今回実施した調査は、主に既設鋼矢板背面を対象とする空洞化状況の確認と既設鋼矢板そのものを対象とす

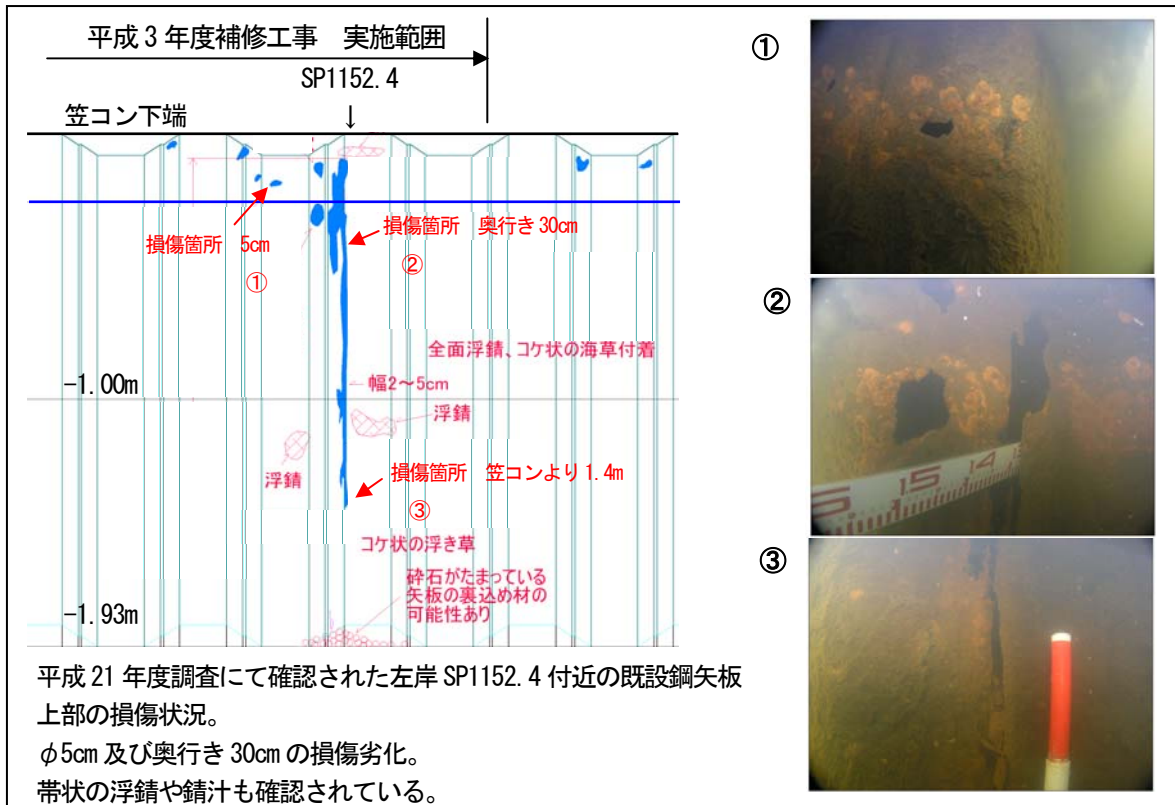


図-8 既設鋼矢板 損傷状況 取り纏め図

a) 既設鋼矢板背面に関する評価

ダッチコーンと削孔調査の結果、護岸下の地盤にやや緩みがあるものの、護岸ブロック直下に明瞭な空洞は確認されなかった。

これらの結果より、2 ヶ年で実施した調査対象区間においては、今後継続的に確認する必要があるが、早急な補修等実施の必要性はないと考える。

b) 既設鋼矢板に関する評価

水中目視観察による多数の損傷劣化がみられたことと(図-8 参照)、既設鋼矢板肉厚測定で局所的に腐食が進行していることが確認された。今回調査を実施した45 測線を対象とし、腐食速度を算出した結果、0.006 ~ 0.112mm/y が得られた。

最も腐食速度の速い箇所でも、0.112mm/y であり、表-1 に示す標準値の範囲内を示していることから、腐食の進行が早い箇所は見られない。

表-1 港湾における鋼材の腐食速度の標準値  
(「防食・補修マニュアル」<sup>2)</sup>)

腐食環境	腐食速度 (mm/y)
1) H.W.L.以上	0.3
2) H.W.L.~L.W.L.-1.0m	0.1~0.3
3) 海水中	0.1~0.2
4) 海底土中部	0.03
5) 背面土中部	
a. 残留水位より上	0.03
b. 残留水位より下	0.02

また、現段階で設計腐食代 2mm を越える腐食量を、左岸 SP1150, SP1400, 右岸 SP2529 の 3 測線にて確認された。この内、左岸 SP1150, SP1400 測線は、平成 3 年に補修工事が実施された箇所である。

左岸 SP1150, 右岸 SP2529 の 2 測線は、設計腐食代 2mm を超過していることから、自立式鋼矢板護岸の安定性検討を実施し、現状の安全度に対する評価を実施した。

検討の結果、両地点とも安定性を確保できることを確認できた。

これまでに示した調査結果より、調査対象である左岸 SP600~1800 及び左岸 SP2000~3000 の状態を取り纏め以下に示した。

- ・既設鋼矢板背面の護岸ブロック下の状況は、現段階で問題はない。
- ・部分的に既設鋼矢板護岸の損傷は確認されており、緊急性は低いが補修を行う必要がある。
- ・既設鋼矢板護岸自体の安定性は、既設鋼矢板の腐食状況を考慮した状態でも確保されている。

4. 維持管理手法

平成 21 年度及び平成 22 年度に実施した調査では、既設鋼矢板に早急に対応が必要と判断される異常は見られず、安定計算上も問題ない評価となった。

ただし、供用中の鋼矢板が維持管理上の許容値を下回らないように、今後も定期的に点検を行い、管理していかなければならない。

防食・補修マニュアルに示されている部材劣化と維持管理の関係図を図-9 に示した。また、各維持管理レベルの内訳を以下に示した。

- ・維持管理レベル I は、高い水準の損傷劣化対策を行うことで、設計供用期間において要求性能を維持していく。
- ・維持管理レベル II は、軽微な損傷を許容するものの、小規模な対策を頻繁に行うことにより、設計供用期間において要求性能を維持していく。
- ・維持管理レベル III は、要求性能が満たされる範囲である程度の損傷劣化を許容し、設計供用期間において 1 ~ 2 回程度の大規模な対策をおこなうことで、損傷劣化に事後的に対処するものである。

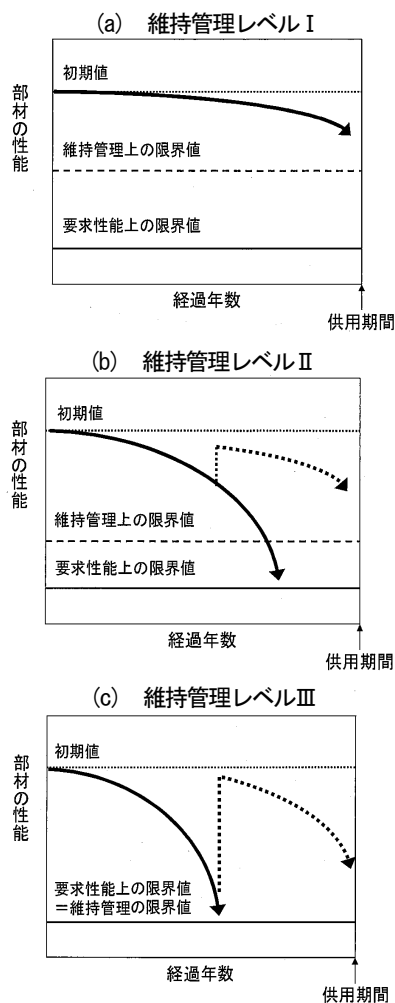


図-9 部材の劣化に基づく維持管理  
(「防食・補修マニュアル」<sup>2)</sup>)

留萌川の調査対象区間の場合、維持管理レベルⅡまたはⅢに該当している。維持管理レベルⅢの場合、対策のタイミングを誤ると要求性能を下回ることとなる。

現時点の評価であれば、「維持管理上の限界値」及び「要求性能上の限界値」も満足しており、かつ、両限界値に到達するには供用期間を満足する想定となっている。

ただし、平成3年に補修工事を実施しており、補修箇所は、左岸SP920, SP1160, SP1265, PS1345, SP1400～1430, SP1630である。

補修工法は、既設矢板背面に矢板(Ⅲ型)を打ち込み、防砂シートで被覆し、背面を砕石(80mm級)で埋め戻している。

このように、局所的ではあるが既設鋼矢板に損傷が発生しており、修復の必要性があることはこれまでの経緯及び今回の調査結果でも明らかである。

定期点検の実施間隔を10年と設定している当河川の既設矢板護岸区間に関しては、点検年度ごとの要注意箇所を抽出し、点検結果の蓄積を行い、定期的な点検に反映させる必要がある。

図-10には補修実施も考慮した維持管理計画(案)のフローチャートを示した。維持管理に必要と考える点検項目は、これまで示した調査内容及び現地条件に対応した対策工実施に対する判断基準の作成である。

この判断基準の設定には、「点検結果データベース」の作成が必要である。過去の変状経緯を整理し、傾向を分析する必要がある。また、点検結果を反映させた「定期点検計画の検討」も重要となる。

経済的かつ効率的な点検計画の作成は、点検対象となる構造物の特徴や現地条件を十分に加味し、点検計画を作成する必要がある。

また、適正な調査計画の立案は、調査点検費用の節約にもなり、維持管理費用の削減効果も期待できる。

## 5. 今後の展開

本発表の主旨として、維持管理上の許容値から施設の維持管理手法及び延命化を図る検討を行うと示しているが、これまで実施した点検結果からは、部分的な補修作業のみ必要と判断され、ライフサイクルコストの検討に至る症状は確認されず、健全な構造物と判断される。

ただ、これまで実施されている点検区間は、既設鋼矢板護岸8.4km中2.2kmであり全体を評価し、維持管理手法の方針を決定するには点検情報が未整備である。

そこで、平成23年度の調査実施により全ての既設鋼矢板区間の調査を終了させ、長期的な構造物健全性確保に向けた施設延命化の検討が必要となると考える。

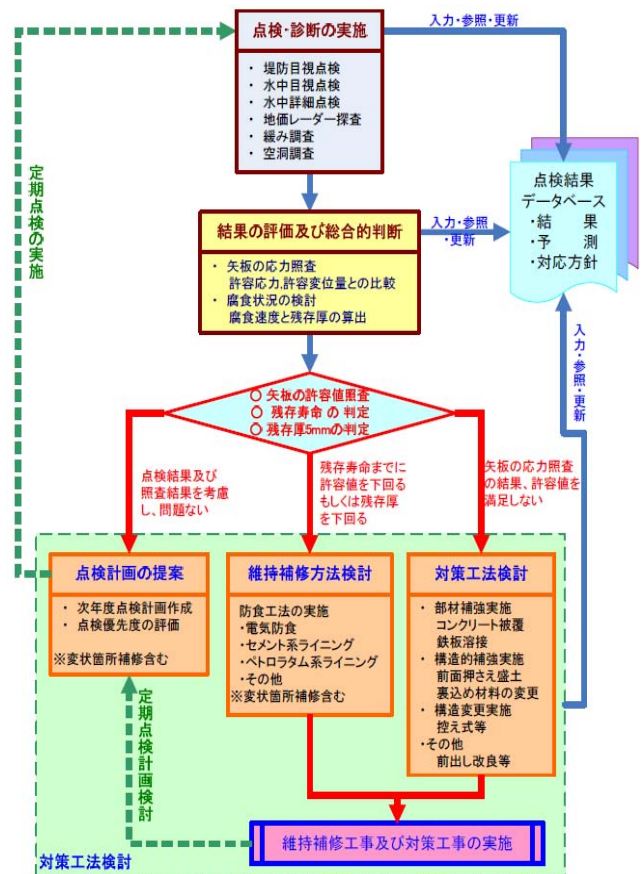


図-10 維持管理計画(案)のフロー図

## 6. おわりに

現在の経済状況や社会情勢を考慮した場合、河川改修等の維持管理コストを含んだ公共事業費は、削減される傾向が予想される。よって、今後の維持管理を主体とした事業実施においては、効率的・効果的な維持管理手法の評価及びコスト縮減について検討を進め取り組んでいく所存である。

引用文献：

- 1) (社)物理探査学会：「物理探査適用の手引き 2000.3」P25, 26, P140～148
- 2) (財)沿岸技術研究センター：「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル 2009年版 平成21年11月」P3～5, P9～15, P275～279, P285～289
- 3) 土木試験所河川研究室：「河川構造物漏水調査のてびき 昭和61年3月」P11