

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル

【鋼矢板水路腐食対策(補修)編】

(案)

令和元年9月

農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室

まえがき

新たな土地改良長期計画（平成 28 年 8 月 24 日閣議決定）では、農業水利施設について「インフラ長寿命化基本計画に基づき、機能診断・保全計画の策定の加速化、機能診断結果や補修履歴等の施設情報の共有化、新技術の開発と現場への円滑な導入等を推進」が改めて位置づけられたところです。今後、国営土地改良事業等で機能保全対策が本格化するに伴い、既存の水利ストックを活かす補修・補強工事に関する技術指針の迅速な整備や技術支援等に対する各方面からの要請に応えていく必要があることから、鋼矢板水路の腐食に関する補修工事の施工管理等に関する技術図書として、本書を策定しました。

本書は、鋼矢板水路の調査、補修工法の体系分類や補修の要求性能とそれを踏まえた材料の照査試験や規格値案等を取りまとめたものであり、既設鋼矢板の施設条件や劣化状況等に照らし合わせ、参考にして頂くものです。また、鋼矢板の腐食特性や一般化されていない腐食調査手法、鋼矢板の腐食状態を考慮した性能評価手法等を参考資料として例示しています。策定に当たっては、北陸農政局土地改良技術事務所において、平成 28 年度から鋼矢板水路の腐食対策工事に資するマニュアル策定に向け、学識経験者による技術検討委員会を設置して技術的な審議を重ねて参りました。

本書の策定に当たっては、技術検討委員会の指導・助言の下、鋼矢板水路の腐食や補修材料・工法等に関する研究論文、他分野の鋼矢板や鋼構造物における規定及び既存の技術図書等を参考に取りまとめておりますが、鋼矢板水路の腐食は、構造や水理条件の他、地域特性等、様々な要因によって異なるものであり多様です。故に、調査手法、補修に求められる性能等も多様であり、本書の記載事項は、現時点で得られている知見を基に取りまとめたものであり、今後、多くの現場データに基づいた持続的な研究・開発の成果を得ながら、段階的に整備、充実を図っていくべきものと考えております。よって、本書を案の段階から活用することにより、鋼矢板水路の腐食対策技術の普及・定着を図る一方で、実証から得られる実水路でのデータや、材料及び工法に関する技術開発の進展を的確に反映させ、将来的な基準化に繋げていきたいと考えております。

この場を借りまして、本書の策定にご協力頂いた検討委員及び幹事各位、並びに関係者の全ての方々に対して深く感謝の意を表します。

検討技術検討委員会に参画された学識経験者のメンバーは次のとおりです。

【技術検討委員会】

委員長 森井 俊廣

委 員 鈴木 哲也、中嶋 勇、西村 俊弥、森 丈久

（順不同・五十音順、学識経験者のみを記載）

また今後、本書に示す腐食調査手法、性能評価手法、品質管理方法等が現場で実践され、運用上の課題や新たな知見が得られれば、その内容を検討し、本書を改定していくこととしているため、関係者からご意見・ご提案をいただければ幸いです。

最後に、土地改良施設の保全管理に携わる多くの方が本書を活用いただき、農業水利施設の補修・補強技術を育む先駆的な取組みに協働して頂くことを切に期待するものです。

令和元年 9 月

農村振興局整備部設計課施工企画調整室長

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル

【鋼矢板水路腐食対策（補修）編】

（案）

目 次

【本編】

第 1 章 総則	1- 1
1.1 本図書策定の背景と目的	1- 1
1.2 図書の内容と適用範囲	1- 6
1.3 用語の定義	1-19
1.4 用語の解説	1-20
第 2 章 長寿命化対策検討のための調査・情報整理	2- 1
2.1 基本的事項	2- 1
2.2 施設基本条件の整理	2- 2
2.3 現況施設の確認	2- 5
2.4 既設鋼矢板の性能評価	2- 7
第 3 章 鋼矢板水路補修工法の概要	3- 1
3.1 補修の目的	3- 1
3.2 鋼矢板水路の補修工法	3- 3
3.2.1 補修工法の種類	3- 3
3.2.2 有機系被覆工法	3- 4
3.2.3 パネル被覆工法	3- 9
3.3 鋼矢板水路の補修工法比較	3-13
第 4 章 補修の要求性能及び材料・工法の品質規格	4- 1
4.1 補修に求められる性能	4- 1
4.1.1 要求性能の特徴	4- 3
4.1.2 要求性能ごとの品質規格	4- 6
4.2 補修工法別の品質規格	4- 7
4.2.1 有機系被覆工法	4- 7
4.2.2 パネル被覆工法	4-12
4.3 材料・工法の選定	4-18

第5章 補修工法の施工	5- 1
5.1 補修工法の施工概要	5- 1
5.1.1 準備工	5- 2
5.1.2 素地調整工	5- 4
5.1.3 開孔処理工	5- 8
5.2 補修工法の施工	5- 9
5.2.1 有機系被覆工法	5- 9
5.2.2 パネル被覆工法	5-15
第6章 対策工事の施工管理と完成検査	6- 1
6.1 施工計画	6- 1
6.1.1 施工計画書	6- 2
6.1.2 材料の承諾	6- 3
6.1.3 材料の保管及び搬送・搬入	6- 5
6.1.4 対策範囲の確認	6- 5
6.2 施工管理	6- 6
6.2.1 出来形管理	6- 7
6.2.2 品質管理	6- 9
6.2.3 安全・衛生管理	6-10
6.2.4 環境対策	6-12
6.3 有機系被覆工法の施工管理	6-13
6.3.1 有機系被覆工法の材料の承諾及び保管管理	6-13
6.3.2 有機系被覆工法の出来形管理及び品質管理	6-14
6.4 パネル被覆工法の施工管理	6-16
6.4.1 パネル被覆工法の材料の承諾及び保管管理	6-16
6.4.2 パネル被覆工法の出来形管理及び品質管理	6-17
6.5 完成検査	6-19
第7章 対策後のモニタリング	7- 1
7.1 モニタリング	7- 1
7.2 着目すべき変状	7- 1
7.3 有機系被覆工法のモニタリング	7- 2
7.4 パネル被覆工法のモニタリング	7- 6

参考① 鋼矢板の腐食特性と腐食調査	参①- 1
1.1 鋼矢板の腐食特性	参①- 1
1.1.1 鋼矢板水路の構造性能の低下機構	参①- 2
1.1.2 鋼矢板の腐食メカニズム	参①- 4
1.1.3 鋼矢板の腐食形態	参①- 5
1.1.4 鋼矢板の腐食環境	参①- 6
1.1.5 腐食速度	参①- 9
1.2 現地調査時の鋼矢板腐食調査	参①-11
1.2.1 調査地点の選定	参①-13
1.2.2 板厚測定箇所を選定	参①-14
1.2.3 板厚測定点の選定	参①-16
1.2.4 孔食及び開孔・断面欠損の測定	参①-17
1.2.5 板厚の測定方法	参①-18
1.2.6 変位量の測定方法	参①-21
1.2.7 その他の測定	参①-22
 参考② 鋼矢板の性能評価	 参②- 1
2.1 基本的事項	参②- 1
2.2 既設鋼矢板の性能評価	参②- 5
2.2.1 現地調査結果による性能評価	参②- 5
2.2.2 当初設計による性能評価	参②- 6
2.2.3 既設鋼矢板の現有板厚による性能評価	参②- 7
2.3 対策実施後の腐食代の設定	参②-16
2.4 対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価	参②-18
2.4.1 性能評価項目と評価の考え方	参②-18
2.4.2 有機系被覆工法	参②-20
2.4.3 パネル被覆工法	参②-22
2.5 対策範囲の設定	参②-28
 参考③ 対策後の施設監視	 参③- 1
3.1 基本的事項	参③- 1
3.2 日常点検	参③- 4
 参考④ 補強その他工法の事例紹介	 参④- 1
4.1 鋼矢板水路の補強工法	参④- 1
4.1.1 補強の目的	参④- 1
4.1.2 補強工法の種類	参④- 2
4.1.3 補強工法の特徴	参④- 3
4.2 その他の補修工法	参④- 5

4.2.1 ステンレスパネル被覆工法の特徴	参④- 5
-----------------------	-------

巻末資料 **巻末- 1**

1. 施工管理項目等参考例	巻末- 1
(1) 有機系被覆工法	巻末- 2
① 直接測定による出来形管理	巻末- 2
② 撮影記録による出来形管理	巻末- 3
③ 施工管理様式	巻末- 4
④ 品質管理（案）	巻末- 5
(2) パネル被覆工法	巻末- 6
① 直接測定による出来形管理	巻末- 6
② 撮影記録による出来形管理	巻末- 8
③ 施工管理様式	巻末- 9
④ 品質管理（案）	巻末-10
2. 鋼矢板及び軽量鋼矢板の断面性能及び製品規格図	巻末-11
(1) 鋼矢板	巻末-12
(2) 軽量鋼矢板	巻末-23
3. 開孔が断面性能に与える影響	巻末-36
4. 土壌腐食性調査の例	巻末-38
5. 設計基準の変遷	巻末-43

第1章 総則

1.1 本図書策定の背景と目的

全国に展開する農業水利施設は、老朽化の進行とともに更新時期を迎えるものが増加傾向にあり、施設の長寿命化を図りライフサイクルコスト（以下「LCC」という）を低減させるため、変状要因に応じた適切な補修・補強工事の実施が求められている。

「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【鋼矢板水路腐食対策（補修）編】（案）」（以下「本図書」という。）は変状主要因を鋼矢板の腐食と判断した鋼矢板水路に対する補修の実施に当たり、鋼矢板の調査・情報整理、材料・工法の品質規格、施工管理、施設監視等に関する考え方や留意すべき事項を取りまとめたものであり、鋼矢板水路の長寿命化や戦略的な保全管理の推進を目的としている。

【解 説】

(1) 背景

基幹的水利施設の相当数は、戦後から高度成長期にかけて整備されており、近年標準的な耐用年数を超過する施設が増加し、突発事故や施設の性能低下が懸念されている（図1.1-1、図1.1-2 参照）。



図 1.1-1 耐用年数を迎える基幹的水利施設

出典：「農林水産省農村振興局調べ」

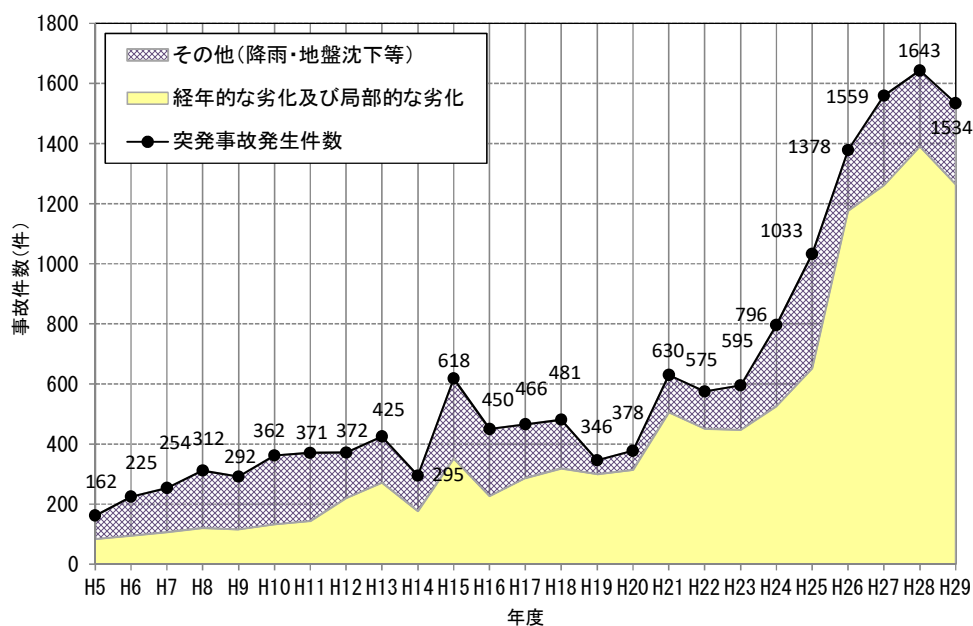


図 1.1-2 突発事故の発生状況

出典：「農林水産省農村振興局調べ」

現在、農業水利ストック情報データベースに登録(平成 29 年 5 月時点)されている全国の国営造成施設の開水路(排水路)は約 5,349km である。その内、鋼矢板水路は、約 6% の 298km に及んでいる(図 1.1-3 参照)。

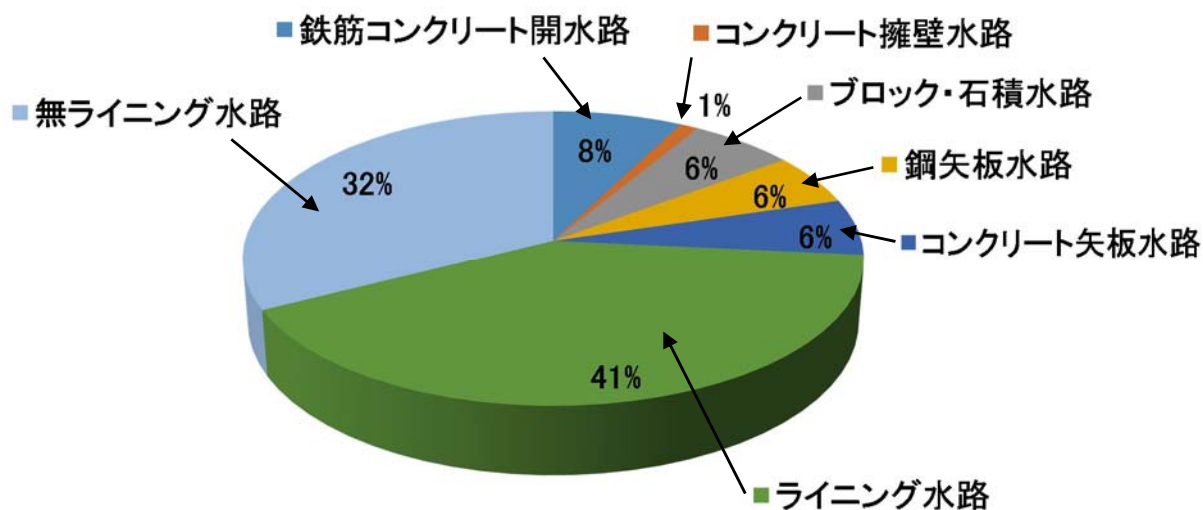


図 1.1-3 排水施設の構造形式別延長割合

資料：「農業水利ストック情報データベースシステム」

鋼矢板水路は、一般的に無防食であるため、年数の経過とともに腐食が進行する。そのため、施設の性能低下を引き起こし、その結果構造的に不安定となる事例も報告されている。

これまでは、耐用年数を迎えた施設に対し全面的な改築を行ってきたが、機能診断評価・施設監視等によるリスク管理を行いつつ劣化の状況に応じた補修・補強を計画的に行うことにより、施設の長寿命化とLCCの低減を図る戦略的な保全管理の推進が必要とされている。

一方、農業水利施設の長寿命化対策に係る材料・工法については、他分野も含め多種多様な対策技術（材料・工法）が開発されているところである。

鋼矢板水路においては、その主要な変状である腐食に対し、耐久性の向上を目的とした補修対策の適用が増えている状況にあるが、現状では各工法の要求性能及びその照査方法と品質規格等は製造業者が独自に設定しているため、本図書にて、補修工事の要求性能に応じた品質規格、施工管理基準等の設定を図るものである。

また、鋼矢板の傾倒や折損・損傷など、腐食以外の変状に対する補修実績は少なく、今後も継続して情報を蓄積していく必要がある。

なお、鋼矢板の種類と工法は下記のようなものがある。

【参考 鋼矢板の種類、工法、名称】

①鋼矢板の種類

鋼矢板は、鋼矢板及び軽量鋼矢板に分類される。

【鋼矢板】

- ・ 反復使用・施工性を重視して開発された標準型（Ⅱ型、Ⅲ型、Ⅳ型、Ⅴ_L型、Ⅵ_L型）
- ・ 経済性を重視して開発された改良型（Ⅰ_A型、Ⅱ_A型、Ⅲ_A型、Ⅳ_A型）
及び広幅鋼矢板（Ⅱ_W、Ⅲ_W、Ⅳ_W）
- ・ 施工性、経済性を追求したハット形鋼矢板 900（10H, 25H）

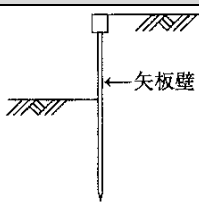
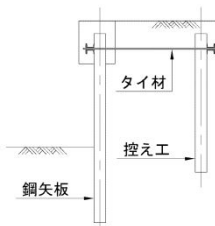
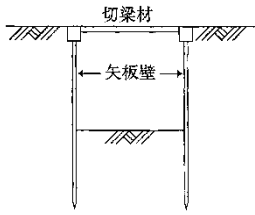
【軽量鋼矢板】

- ・ 鋼帯（コイル）の冷間成形により製造される A～E 型

②工法

鋼矢板の工法を構造形式から分類すると次のとおりであり、このうち水路護岸として一般に多く用いられているのは自立式矢板工法及び切梁式矢板工法である。

表 1.1-1 鋼矢板工法の概要

工法区分	概 要
自立式矢板 工法	・ 矢板に控えや切梁を設けない形式のもので、根入れ地盤の横方向支持力と矢板の曲げ剛性だけによって土圧等を支えているものである。 
アンカー式 (控え式) 矢板工法	・ 矢板の上部においてタイロッド、タイロープ等のタイ材で控え工をとり、根入れ地盤とタイ材を支承として矢板壁を安定させる工法である。矢板の背面に壁高の 2～3 倍のスペースが必要で、地質条件により変わるが、一般に壁高 3m 以上での採用例が多い。 
切梁式 矢板工法	・ 切梁式矢板工法は、水路の両側に矢板壁を設け、矢板の上部に切梁をとり、根入れ地盤と切梁取付け点を支承として、矢板壁を安定させる工法であり、一般に水路幅 10m 程度以下の排水路での施工例が多い。 

③名称

本図書で用いる鋼矢板の名称は次のとおりである。

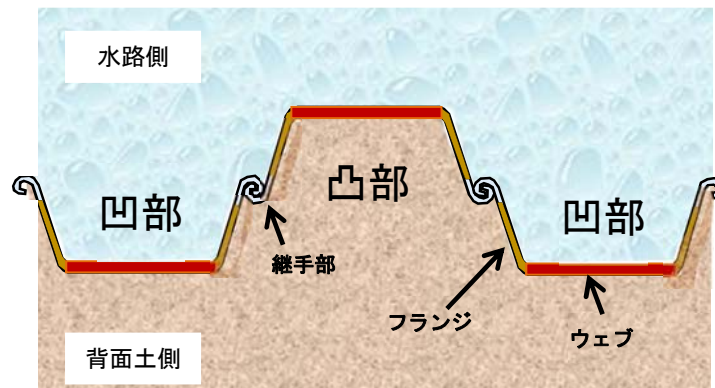


図 1.1-4 鋼矢板の名称

(2) 図書の目的

本図書は、鋼矢板水路の性能低下状況や、当該分野の研究成果等を踏まえて、鋼矢板水路の腐食を対象とした対策工事の品質向上や施設のLCC低減に資することを目的としており、調査・情報処理、材料・工法の品質規格、施工管理、対策実施後の施設監視等の留意事項を取りまとめたものである。

1.2 図書の内容と適用範囲

本図書は、腐食が原因で低下した鋼矢板水路の耐久性能を向上させるための補修工法のうち、国営事業等で施工実績のある工法について、主として工法適用時の調査、施工、供用の各段階における技術的に留意すべき事項について取りまとめたものである。

適用範囲は、鋼矢板水路の予防保全として補修を行う場合を対象とする。

【解 説】

(1) 図書の内容

本図書は、以下の項目について関連の基礎知識と実務の進め方をまとめたものである。

◇既設鋼矢板水路の調査・情報整理

◇対策工法の概要（種類・特徴）

◇対策工法に求められる性能に応じた品質規格（照査方法と品質規格値）

◇対策工法の施工手順

◇対策工事の施工管理及び完成検査

◇対策後の施設監視

なお、対策区分は「農業水利施設の機能保全の手引き」によると表 1.2-1 のように分類される。

表 1.2-1 対策区分

対策区分	内 容
補 修	主に施設の耐久性を回復又は向上させること。
補 強	主に施設の構造耐力を回復又は向上させること。
更 新	施設又は設備を撤去し新しく置き換えること。

出典：「農業水利施設の機能保全の手引き H28. 8」

本図書で扱う対策工法は、国営事業等の施工実績から鋼矢板水路の腐食による劣化に対する耐久性を向上させるもので、対策区分は「補修」とする。また、「補強」については、参考資料として工法概要のみを紹介している。

本図書では、鋼矢板水路の腐食による劣化に対する耐久性の向上のための補修のうち国営事業等や国営造成水利施設ストックマネジメント推進事業（旧：ストックマネジメント技術高度化事業）において施工実績が多い被覆防食工法（有機系被覆工法とパネル被覆工法）を対象とする。

また、本図書で取り上げた対策工法は、鋼矢板水路の補修実績として期待される耐用期間（20 年：有機系被覆工法、30 年：パネル被覆工法）を経過している実績がない。

このため、本図書は現時点で得られている知見等を基に取りまとめた試行案である。

したがって、本図書については、今後、多くのモニタリング結果に基づいた持続的な研究・開発の成果を得ながら、段階的に内容の見直しや充実を図っていく必要がある。

なお、以下に示す内容は現時点では鋼矢板水路における施工実績が極めて少なく、その手法や考え方も一般化されていないため、現在把握している知見を基に整理した内容を「参考資料」として位置づけ、巻末に掲載している。

参考①と参考②は既設鋼矢板の補修に係る設計の考え方を示し、参考③は対策後の施設監視の方法を示し、参考④は補強とその他の工法を示す。

参考①：鋼矢板の腐食特性と腐食調査

腐食代を考慮して設計された鋼矢板の構造機能を確認するためには、腐食特性（鋼矢板の腐食メカニズム、鋼矢板の腐食形態など）を理解し適切に腐食状態を調査する必要がある。

また、補修における適否判定の基礎資料となる鋼矢板腐食調査は、対象となる鋼矢板水路に生じている腐食の程度、施設の構造形式、施設状態に応じて個別に調査項目や調査精度、調査範囲を設定する必要がある。参考①に考え方の一例を示す。

参考①については、基礎的事項を網羅しているため、マニュアル活用の際に、事前に確認されたい。

参考②：鋼矢板の性能評価

補修の適否の判定に当たっては、鋼矢板の腐食特性を踏まえた腐食調査結果、及び構造計算による性能評価を踏まえ、各現場において適切に判断する必要がある。しかし、鋼矢板水路における実績は極めて少ない。参考②に考え方の一例を示す。

参考②については、既設鋼矢板の性能評価（構造性能の低下状況の把握、応力度、変位量などの照査）、対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価（補修の適否判定）の詳細を詳述しているため参照されたい。

参考③：対策後の施設監視

対策後の施設監視は、対策工法の施工後に、当該工法が備えるべき性能を確認することを目的とし、施設管理者が実施する目視を主体とした日常点検と、施設造成者が実施するモニタリングを対象としている。

対象となる対策工法の防食機構を把握し、防食効果を発現するために必要となる性能、外観上の変状程度等を対象とし、対策工法を適切に評価するための点検例を示しているため参照されたい。

なお、モニタリングについては第 7 章に示す。

参考④：補強その他工法の事例紹介

構造耐力を回復又は向上させる補強工法は、各鋼矢板水路においてそれぞれ異なる構造耐力の低下状況に応じて工法の内容を決めなければならない。現段階では、鋼矢板水路における補強工法の施工実績は極めて少ない。他方、新たな材料を用いた補修工法も開発されていることから、工法の概要を紹介する。

これらの工法は、技術的な知見が十分得られていないことから、本図書では、これらの工法の概要のみを「参考④補強その他工法の事例紹介」に整理している。

なお、本工法の採用に際しては、性能評価、要求性能、期待される耐用期間を検討する必要がある。

本図書の各章の構成と記載内容を図 1.2-1 (1/2) (2/2) に示す。

また、鋼矢板の腐食調査や性能評価及び補修工法の施設管理を実施する際に、活用する資料として施工時の有機系被覆工法とパネル被覆工法における施工管理項目参考例、鋼矢板及び軽量鋼矢板の断面性能及び製品規格図、開孔が断面性能に与える影響、土壌腐食性調査の例、設計基準の変遷を巻末資料に示す。

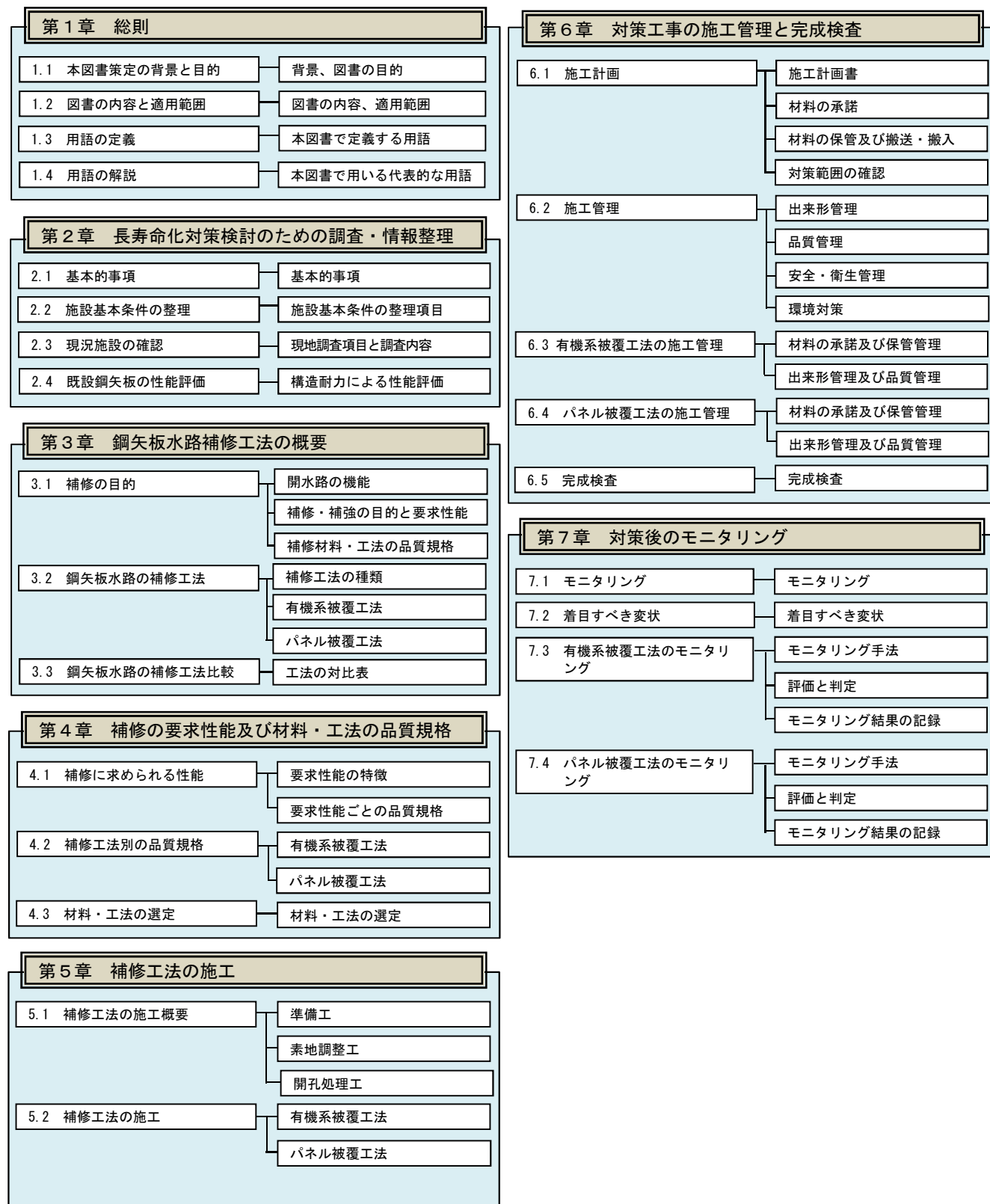


図 1.2-1 本図書の構成と内容 (1/2)

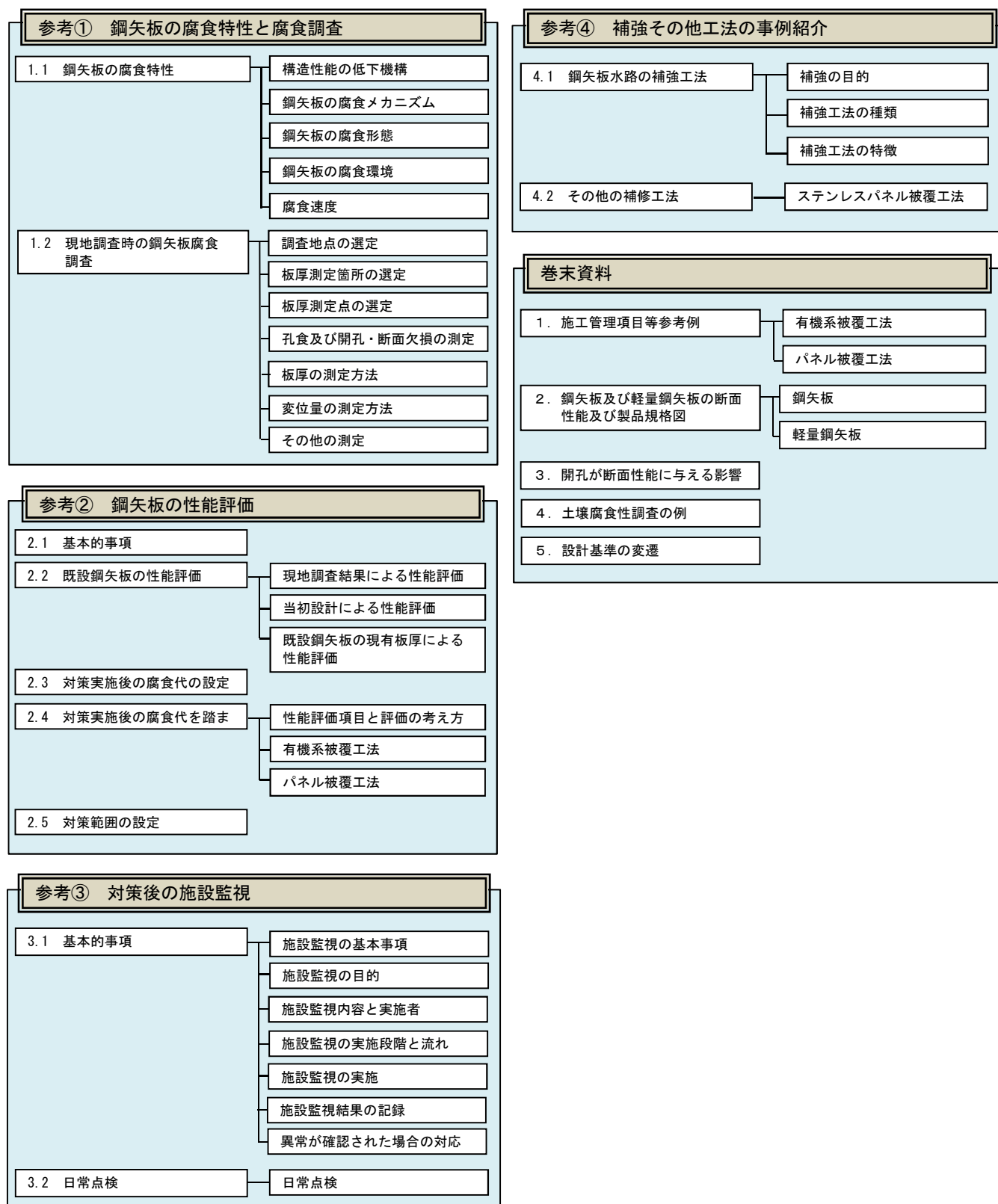


図 1.2-1 本図書の構成と内容 (2/2)

(2) 図書の適用範囲

1) 図書を適用する鋼矢板水路の状態

本図書は、変状主要因が腐食と判断され、鋼矢板のウェブに全体的な断面欠損がなく、又は腐食代が残存する鋼矢板水路（写真 1.2-1 参照）に対して、予防保全のために補修を行う場合に適用する。

ただし、開孔、断面欠損あり（写真 1.2-2、写真 1.2-3 参照）又は腐食代以上に腐食が進行した鋼矢板水路に対しては別途、現場条件を反映した性能評価により、補修の適用が可能と判断される場合は本図書を適用することを妨げない。なお、性能評価の例示は、「参考②鋼矢板の性能評価」に記載している。

また、ウェブ全体的に断面欠損が生じた鋼矢板（写真 1.2-4 参照）は本図書の適用対象外とする。

① 本図書の適用対象



写真 1.2-1 腐食代が残存する鋼矢板水路の例



写真 1.2-2 開孔がある鋼矢板の例



写真 1.2-3 断面欠損した鋼矢板の例

② 本図書の適用外



写真 1.2-4 ウェブが全体的に断面欠損した鋼矢板の例

【参考 鋼矢板水路に生じる変状】

機能診断調査・評価に基づき何らかの対策が必要と判断された鋼矢板水路は S-3 又は S-2 と評価され、腐食をはじめ、矢板の折損・損傷、切梁・腹起こしの座屈、漏水・湧水・土砂の吸出し等、多種多様な変状が含まれている。

「農業水利施設の機能保全の手引き（開水路）」に示される矢板型開水路の施設状態評価表を参考に、鋼矢板水路に生じる主な変状を抽出すると下表のように整理できる。

表 1.2-2 鋼矢板水路の変状

部位	変状種別
鋼矢板	腐食
	折損・損傷
	天端の沈下・ズレ
	土砂の吸出し
笠コン	ひび割れ、鉄筋露出、損傷
切梁・腹起こし	たわみ、座屈
水路底面	侵食、洗掘
周辺地盤	背面土の空洞化
	陥没、ひび割れ

なお、平成 22～24 年度に実施された国営造成水利施設保全対策指導事業における機能診断結果（図 1.2-2 参照）によると、鋼矢板水路において発生する変状（S-3 以下）としては腐食が最も多く、これらの施設では腐食の進行により孔食が生じている。

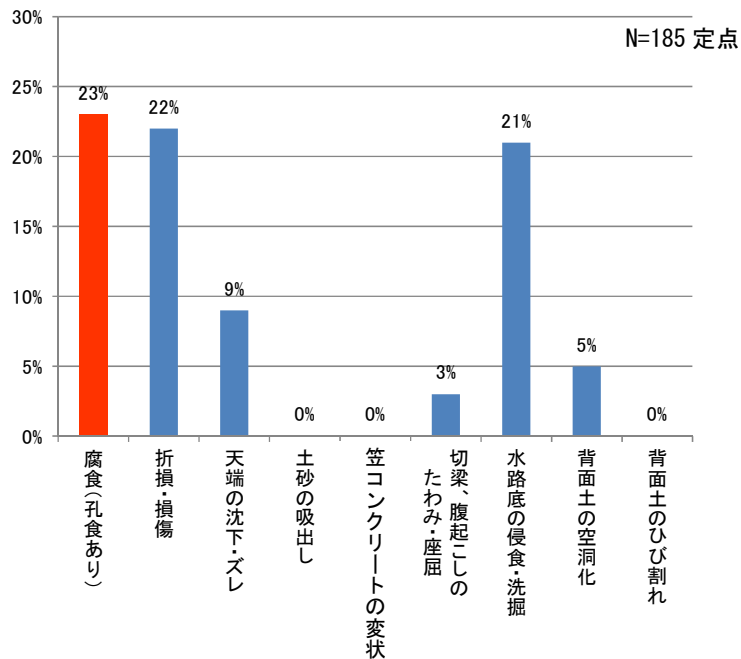


図 1.2-2 指導事業（平成 22～24 年度）における鋼矢板水路の変状発生割合

2) 図書を適用する段階

本図書は、鋼矢板水路の調査・情報整理、材料・工法の品質規格、施工管理、対策実施後の施設監視を包括している。このため本図書は、農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」に基づき機能診断調査・評価が実施され、機能保全計画が立案された鋼矢板水路について、対策工事の実施設計着手段階や施工時、施工後の施設監視時において適用する。ただし、機能保全計画や長寿命化計画の策定及び計画の見直しに係る対策工法の検討において、本図書を参考とすることを妨げるものではない。

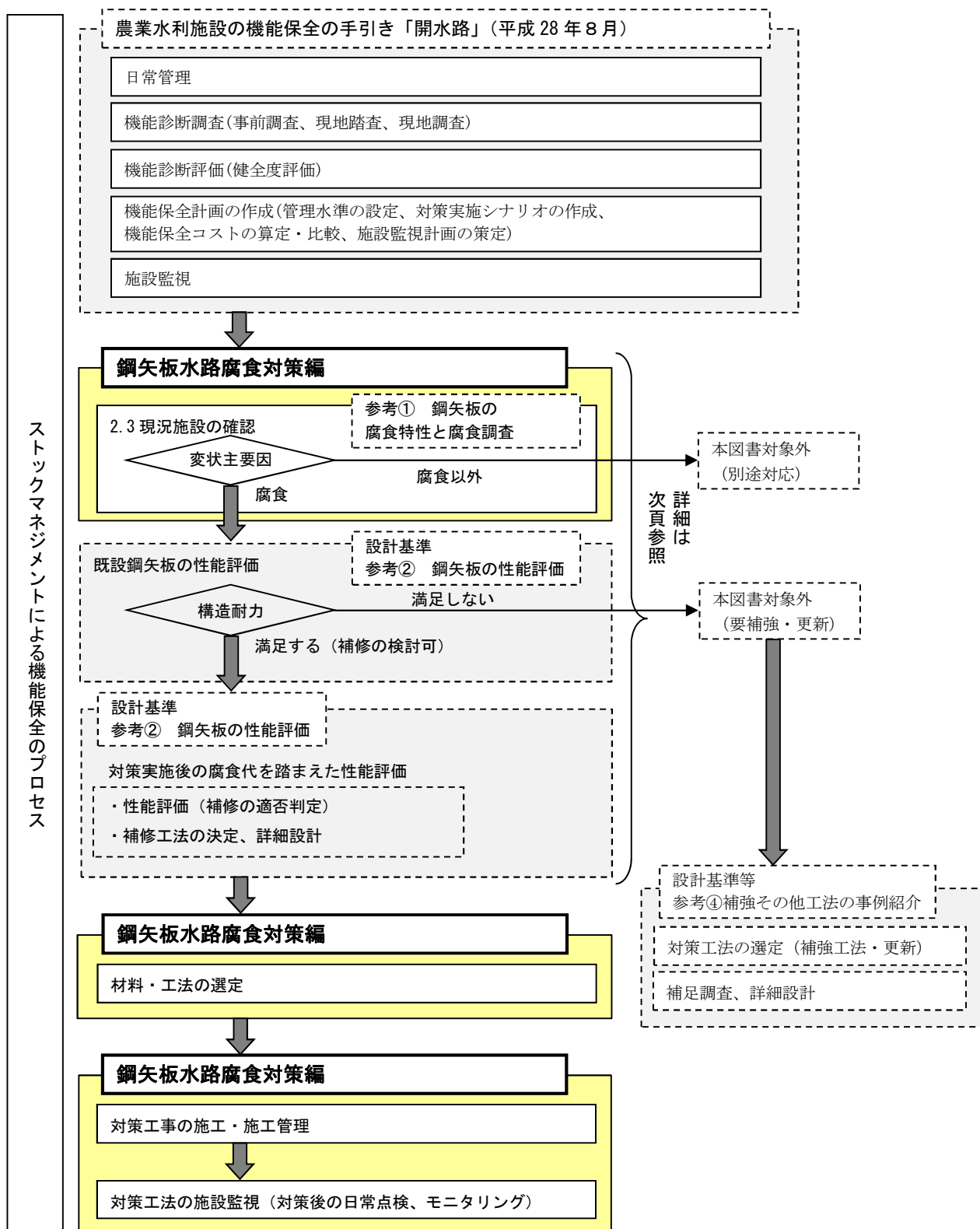
実施設計着手段階とは現況施設の確認（現地調査）時を指し、調査・情報整理によって機能診断調査結果において不足している情報を補足し、適切な設計を行うことを目的としている。

本図書は、現地調査で得られた板厚、変位量、局部腐食等のデータを基に腐食対策を検討するもので、腐食以外の変状については適用対象外としている。

ストックマネジメントによる機能保全の各プロセスにおける本図書と「農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」」（平成 28 年 8 月）との関係を図 1.2-3 に、対策工法検討の流れを図 1.2-4 に示す。

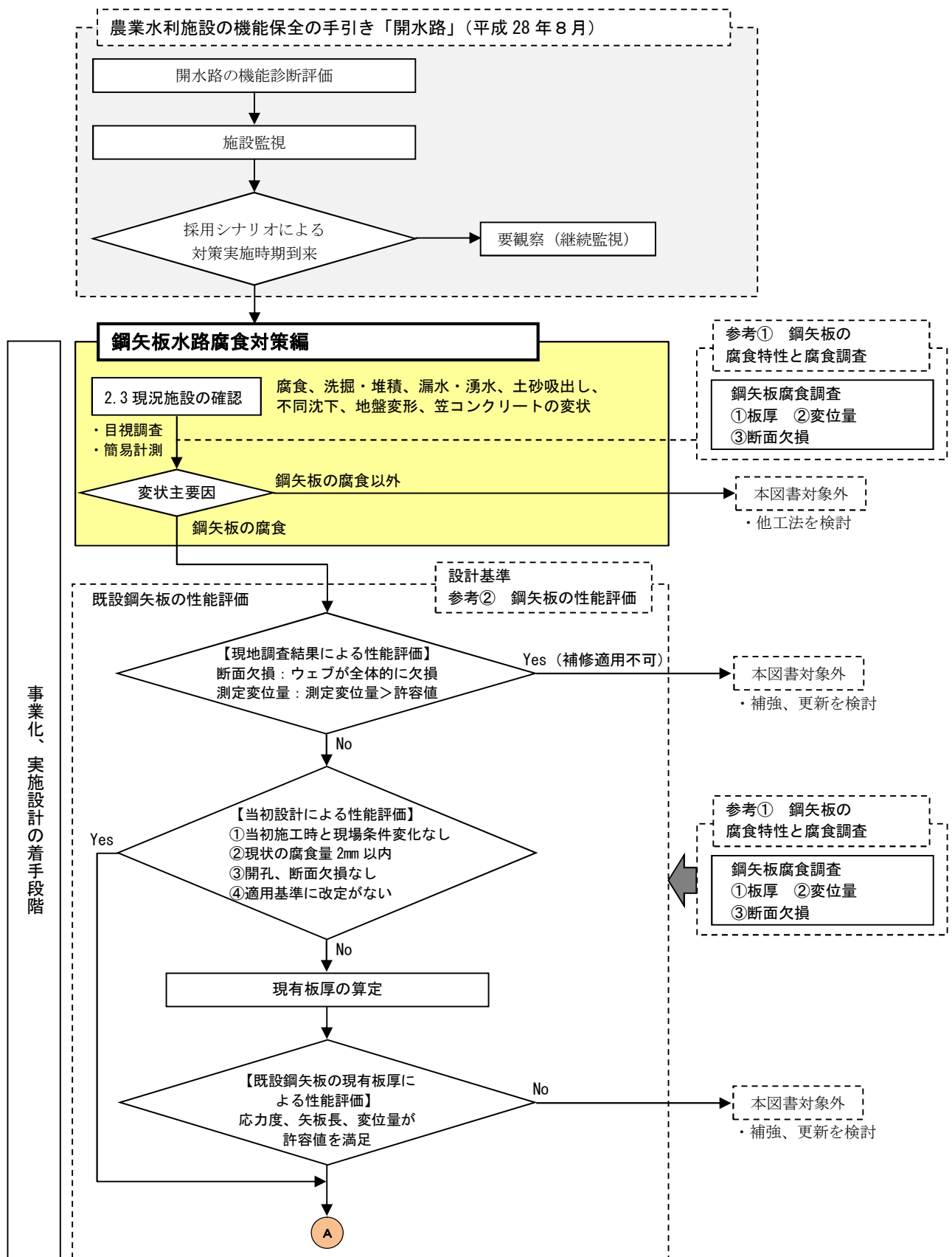
なお、図 1.2-3、図 1.2-4 の黄色着色部分は、本図書本編が適用可能な検討項目である。また、破線で示している検討項目は、本図書本編の適用対象外であることを示している。

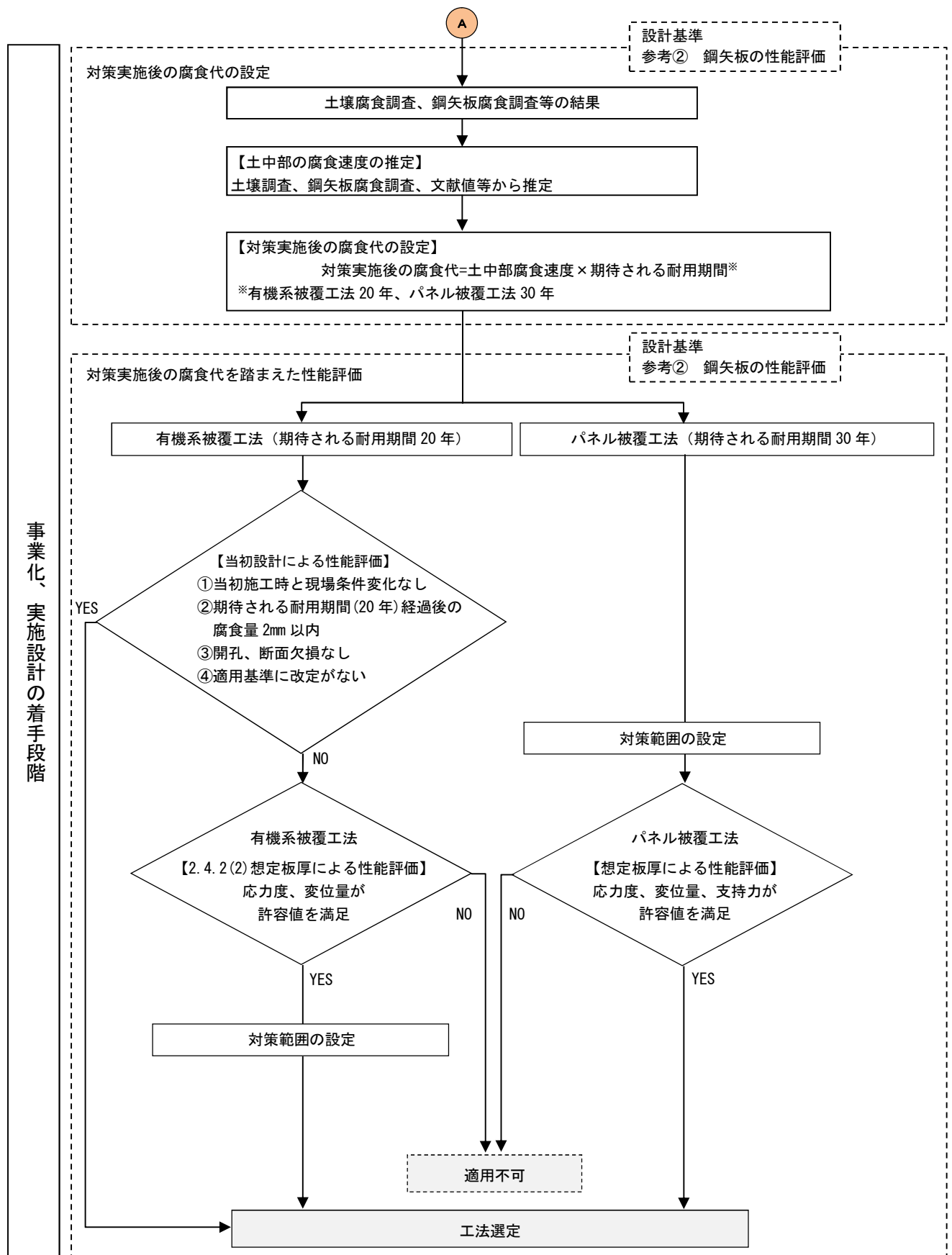
本図書本編対象外の主な検討項目は、「参考①鋼矢板の腐食特性と腐食調査（鋼矢板の腐食特性、現地調査時の鋼矢板腐食調査）」、「参考②鋼矢板の性能評価（既設鋼矢板の性能評価、対策実施後の腐食代の設定、対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価、対策範囲の設定）」、「参考③対策後の施設監視（基本的事項、日常点検）」及び「参考④補強その他工法の事例紹介（鋼矢板水路の補強工法、その他の補修工法）」であり、これらの検討の際には、本図書参考資料の内容等を参考に、対象施設や地区の実情を踏まえ設計基準等の図書を適用するものとする。



：本図書本編が適用可能な検討項目

図 1.2-3 スtockマネジメントによる機能保全のプロセスと本図書の関係





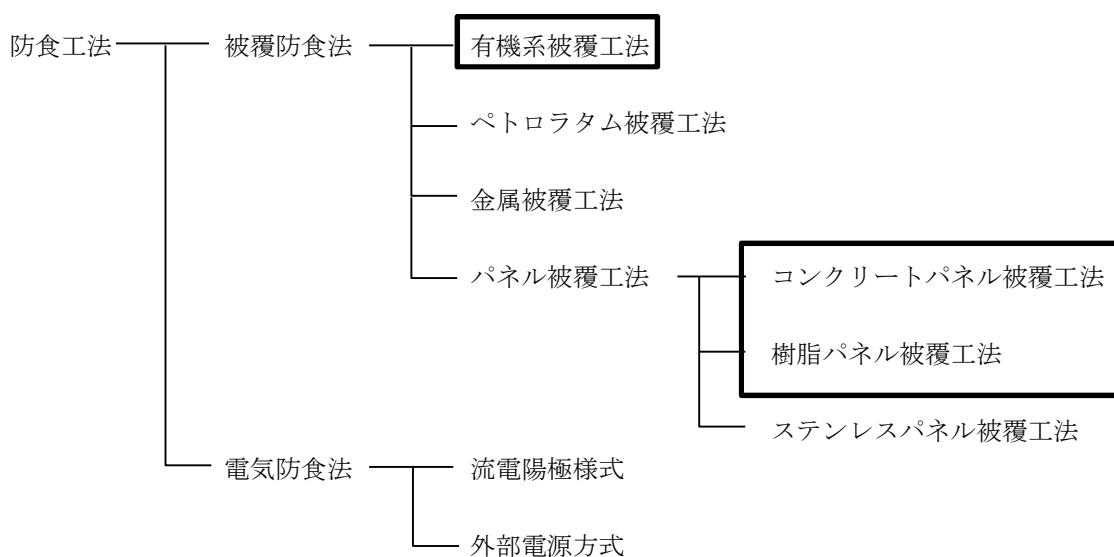
事業化、実施設計の着手段階

図 1.2-4 対策工法検討の流れ（2/2）

3) 図書を適用する補修工法

一般に鋼構造物に適用される腐食対策工法（防食工法）は、電気防食工法と被覆防食工法に大別される。

電気防食工法と被覆防食工法は、使用する材料種別や防食方式により図 1.2-5 に示されるように細分化されるが、本図書が対象とする防食工法は、国営事業等において採用実績を有する有機系被覆工法とパネル被覆工法を対象としている。



【凡例】 □は、本図書の対策工法を示す。

図 1.2-5 防食工法の分類

参考：「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（2009 年版）」を基に一部修正

1.3 用語の定義

本図書では、次のように用語を定義する。

腐食 食：鋼矢板がそれを取り囲む環境物質によって、化学的又は電気化学的に侵食される現象³⁾

局部腐食 食：鋼矢板表面の腐食が均一でなく、局部的に集中して生じる腐食²⁾

干満帯 帯：洪水時を除き季節的、日常的な通水量の変化により水位が変動する部分

孔食 食：鋼矢板内部に向かって孔状に進行する局部腐食

開孔 孔：孔食が進行して鋼矢板を貫通した形態

断面欠損 損：腐食が進行し一定の広がりをもって鋼矢板を貫通した形態

初期欠陥 陥：施設の計画・設計・施工に起因する欠陥¹⁾

損傷 傷：偶発的な外力により矢板に生じる欠陥¹⁾

劣化 化：腐食を含め時間の経過とともに施設の性能低下をもたらす部材・構造等の変化¹⁾

変状 状：初期欠陥、損傷、劣化を合せたもの¹⁾

要求性能 能：材料や工法が果たすべき機能や目的を達成するために必要とされる性能⁴⁾

品質規格値 値：工事に使用する材料・工法の品質を確認するための上限あるいは下限値⁴⁾

耐腐食性 性：水や酸素など腐食因子の鋼材への侵入に対する抵抗性

耐候性 性：紫外線、温度等に起因する劣化に対する抵抗性⁴⁾

付着性 性：補修後に補修材が鋼矢板から分離しない性能⁴⁾

一体化性 性：補修後に補修材が鋼矢板から分離しない性能、また樹脂パネル材と裏込めコンクリートの界面に亀裂や分離が生じない性能

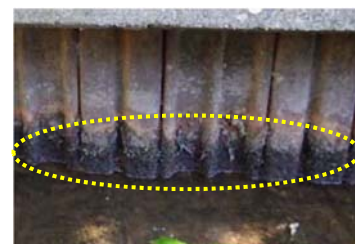
耐衝撃性 性：補修後の補修材が流下物等の衝撃を受けても破壊されにくい性能

中性化抑止性 性：中性化の原因である二酸化炭素の侵入を抑制する性能⁴⁾

耐凍害性 性：寒冷地等における凍結融解作用に対する抵抗性⁴⁾

通水性 性：計画通水量を安全に流下できる性能⁴⁾

有機系被覆工法 法：腐食因子である水分、酸素等の侵入の抑制を目的とし、有機系の塗料又は被覆材、主として熱硬化性エポキシ樹脂塗料やポリウレタン樹脂被覆材等を塗布して鋼矢板の表面（露出面）を被覆防食する工法である。



局部腐食



孔食



開孔



断面欠損

パネル被覆工法：型枠材兼カバー材（保護材）としてパネルを鋼矢板前面に設置し、その間にコンクリートを充填することにより、鋼矢板の表面を強アルカリ性のコンクリートで被覆防食する工法である。

施設監視：施設監視計画等に基づき行う施設の監視（施設管理者は通常、日常管理の一環として行う）

日常点検：目視や打音調査により、補修材料や鋼矢板の変状の有無を把握すること。

モニタリング：補修工法の劣化度を評価し、補修工法の要求性能を保持しているか判定すること。

1.4 用語の解説

本図書で用いる代表的な用語について解説する。

素地調整：防食被覆材の付着性とその防食効果を高めるために、防食被覆に先立って行う鋼材素地表面の処理。代表的な素地調整の方法には、ブラスト処理工法（サンドブラスト、高圧洗浄等）、や動力工具処理工法（ディスクサンダー等）によるものがある。

開孔処理：腐食による開孔や局所的な断面欠損が認められた箇所を当て板等により修復すること。

止水処理：既設鋼矢板水路の継手部等からの漏水を止めるため、止水セメントや弾性シーリング材等を充填すること。

導水処理：既設鋼矢板水路の継手部等から漏水が見られる、又は想定される場合に打込式ウィープホールや弾性シーリング材（又は水中ボンド）により背面からの浸出水の排除等を行うこと。

端部処理：有機系被覆工法において、被覆防食工法の上下方向及び延長方向の被覆材端部から、水や酸素等の腐食因子が侵入するのを防止するため、弾性シーリング材等の充填を行うこと。

プライマー（下塗り）：素地又は防食下地との付着を確保し、腐食因子の浸入を抑制するために鋼材素地又は防食下地に塗布する材料

防食下地：鋼材よりもマイナス側の電位を持つ金属亜鉛末などの犠牲防食作用により鋼材の腐食を防ぐ材料

中塗り：プライマー（下塗り）材に塗布する材料で、プライマー（下塗り）と上塗りとの付着性を確保する部分、又はこの部分を塗布すること。なお、色相調整による下塗りの隠ぺい性を確保する機能も有している。

上塗り（仕上げ）：中塗りの耐候性の向上、仕上げ面の着色、光沢の付与等を目的として仕上げ面に塗布する材料。又はこの部分を塗布すること⁵⁾。

熱膨張係数：温度の上昇によって物体の長さや体積が膨張する割合を1℃当たりで示したものの。

相対動弾性係数：JIS A1127「共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数及び動ポアソン比試験方法」によって計測されるたわみ振動の一次共鳴振動数の劣化を受ける前の値に対する劣化後の値の比を百分率で表したものの⁴⁾。

用語の定義及び用語の解説 参考文献

- 1) 農業農村整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き、平成 27 年 5 月
- 2) 一般財団法人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、平成 26 年 8 月
- 3) 農業土木事業協会九州支部：腐食防食マニュアル、平成 10 年 7 月
- 4) 農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】(案)、平成 27 年 4 月
- 5) 土木学会：表面保護工法設計施工指針(案)、平成17年4月

第2章 長寿命化対策検討のための調査・情報整理

2.1 基本的事項

長寿命化対策の検討のための調査・情報整理は、設計・施工に必要な情報を得るため、調査設計段階の資料を活用するほか、不足する情報を補うために実施する。

【解 説】

長寿命化対策の設計や施工の検討をするためには、既存資料に基づく「施設基本条件の整理」と、不足する情報を補うための現地調査による「現況施設の確認」が不可欠である。

「現況施設の確認」については、現地において施設の現状を確認した上で、長寿命化対策の工法選定のために鋼矢板の板厚や変位量等の変状発生状況の調査を実施する。また、過年度の当該施設の健全度評価結果や対策方針等の機能保全計画の内容についても必要に応じて見直す。

2.2 施設基本条件の整理

長寿命化対策の検討における基本条件の整理においては、農業水利ストック情報データベース等を活用し、施設諸元、過年度の機能診断調査データ、事故履歴及び補修歴等を収集する。また、施設の運用状況について、施設管理者等への問診調査を行う。

【解 説】

施設基本条件の整理項目を表2.2-1に示す。特に以下の事項について確認する。

① 施設・施工諸元

長寿命化対策の設計において必要な基本図面を竣工図書等から収集・整理する。既存の図面がない場合は、現地実測によって図面の復元を検討する。

鋼矢板水路の性能低下状態の評価や対策工法の検討において、既設水路の矢板長や形式を正確に把握しておくことは必要不可欠である。特に、竣工図面と実際に設置されている鋼矢板の諸元が異なっていないかなど十分に留意する必要がある。

実際に設置されている矢板形式等が竣工図面と異なっている場合、対策工法自体が変わることや、それに伴い適切な対策実施時期も変わるケースがある。

このため、鋼矢板水路の基本諸元や断面構造については、設計図書や現地調査により規格や仕様を確実に確認する。

② 施設の重要度評価

施設の重要度とは、農業面では農業への影響度や復旧の難易度（費用・期間）等であり、農業以外の面では、住宅地、公共機関等の周辺施設の立地条件を考慮したときに、事故が起こった場合のそれら周辺施設に対する被害額等で示される。評価の考え方については、「農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」（平成28年8月）を参照する。

③ 設計条件の変更の有無

営農状況や自然・社会環境の変化によって、鋼矢板水路に求められる性能や背面荷重の増減による耐荷性の過不足が生じていないことを確認する。

④ 性能上及び施設管理上の課題

長寿命化対策の検討段階では、供用中の施設について、その性能上及び施設管理上の課題を施設管理者等への問診調査により把握しておく必要がある。

⑤ 事故履歴・補修歴

既往資料の収集・整理、施設管理者等への問診調査により、対象施設の過去の事故履歴・補修歴を把握する。

⑥ 既存の機能診断調査・施設監視の結果

既往の機能診断調査・施設監視の結果に係る資料の収集・整理、施設管理者等への問診調査により、対象施設の変状の有無・種別・程度を把握する。

特に事故が発生した施設と同一系統や同時期に築造された近傍路線等は、将来同様の事故が発生する可能性も考えられるため、事故の発生要因や変状の状態等の情報を収集し、整理しておくことが重要である。また、対象施設の変状発生要因を確定するためには、施工条件や使用環境条件の類似する施設についての情報収集と、その変状発生要因の分析を行うことも有効である。

⑦ 施設の周辺環境

道路条件、対策工事、粉塵・騒音等に係る制約条件を把握する。

なお、調査計画段階の機能診断調査は、事前調査や現地踏査で得られた結果及び施設の重要度や経過年数等を踏まえて、調査範囲（定点）を設定して実施しているものであり、対策が必要な範囲に対して、設計・施工のために必要な調査が全て実施されているとは限らないことに留意する必要がある。特に、現場条件（断水や水位低下が困難など）によっては、現地調査の実施が困難で、水面下の調査を実施していない場合もある。

設計・施工段階では、基本的に対策を行う（又は行う必要があると想定される）範囲の全体に対して、既設水路の状態を把握し、適切な対策を検討する必要がある。調査計画段階の資料で不足する情報については、適宜、現況施設の確認を行って情報を収集する必要がある。特に鋼矢板の板厚や変位量については、対策工法の選定に大きく影響することから、施設管理者等と調整を図り可能な限り水路の水位低下や断水を行った上で調査を実施する。

表 2.2-1 施設基本条件の整理項目

調査項目	調査手法（例）
施設施工諸元 （造成年、供用開始年、水路形式（自立式/切梁式）、鋼矢板規格、鋼矢板長、施工区間、施工延長、平面・縦断線形、設計流量、設計水位、荷重条件（背面盛土、地下水位、上載荷重、その他荷重）、水質・土質、標準断面、地盤条件等）	・農業水利ストック情報 DB ・設計図書 ・施工・完成検査記録 ・既往の機能診断調査結果 ・水質・土質調査
施設の重要度評価 （倒壊事故等による施設周辺環境に与える影響）	・設計図書 ・現地踏査 ・施設管理者等への問診調査 ・既往の機能診断調査結果
設計条件の変更の有無 （営農状況や社会環境の変化に伴う、水質の変化、設計水量や荷重条件の変更）	・設計図書 ・現地踏査 ・施設管理者等への問診調査 ・既往の機能診断調査結果
性能上及び施設管理上の課題 （排水量の不足）	・施設管理者等への問診調査
事故履歴・補修歴 （倒壊事故履歴等の確認、背面空洞部の埋戻、切梁設置等の補修歴）	・施設管理者等への問診調査
既存の機能診断調査・施設監視の結果 （最新の機能診断調査結果等による施設状態や性能低下要因の把握）	・既往の機能診断調査結果 ・施設管理者等への問診調査
施設の周辺環境 （道路条件、作業帯の制約条件、粉塵・騒音等に係る制約条件の把握）	・既往の機能診断調査結果 ・施設管理者等への問診調査

2.3 現況施設の確認

適切な長寿命化対策の検討に当たっては、変状の発生要因や程度を踏まえた対策の要否判定や工法選定、対策が必要な範囲を確定することが重要である。このため、長寿命化対策の実施設計着手段階においては、これらの確定に必要な項目について現地調査を実施する。

【解 説】

長寿命化対策を経済的かつ効果的に実施するためには、対策対象施設全体の変状発生状況とその要因を特定することが重要である。

現況施設の確認では、施設基本情報の整理結果を有効に活用しつつ、既存資料では不足する情報を把握するため、現地調査を実施する。

(1) 現地調査の実施時期

調査の実施時期は、設計前が基本であるが、供用期間中に調査が実施できない箇所は、施工段階で現地調査を行うことも検討する。

(2) 現地調査項目

標準的な現地調査項目を表 2.3-1 に示す。なお、鋼矢板の腐食に対する調査手法は、本図書参考資料編（参考①鋼矢板の腐食特性と腐食調査）に詳述しているため参照されたい。

表 2.3-1 に示す標準的な現地調査項目に加え、現況の通水量を実測しておくこと、対策検討及び対策後の水理機能の検証に有効である。

表 2.3-1 標準的な現地調査項目と調査内容

区分	調査項目		調査手法	記録手法
水路全体の 変状	水路の変形	鋼矢板護岸部	目視による有無、簡易計測（下げ振り、ポール、傾斜計等）	定量記録、写真記録、図化
		背面部	目視による有無、簡易計測（ポール等）	〃
	洗掘、堆積	水路底部	簡易計測（ゴム長、ゴムボート、ポール、スケール等）	〃
	漏水・湧水土 砂の吸出し	鋼矢板護岸部	目視による有無、欠損部は簡易計測（スケール、板厚計等）	〃
		背面部	目視による有無、簡易計測（スケール等）	〃
	不同沈下	鋼矢板護岸部	目視による有無、簡易計測（レベル等）	〃
		背面部	目視による有無、簡易計測（レベル、スケール等）	〃
	水路周辺の 変状	背面土の空洞化	目視による有無、突き棒等による調査、打音調査	〃
		周辺地盤の陥没・ひび割れ	目視による有無、簡易計測（スケール等）	〃
護岸本体の 変状	水路の腐食	鋼矢板の腐食	目視による腐食状況調査（腐食の有無と程度）、簡易計測（板厚計、水質計等）、打音調査（ハンマー等）	〃
		切梁の腐食	目視による腐食状況調査（腐食の有無と程度）、簡易計測（板厚計）	〃
	笠コンクリートの 変状	破損、欠損、ひび割れ	目視による有無、定量調査（スケール、クラックスケール等）	〃
		摩耗・すりへり	目視による有無、簡易計測（デプスゲージ等）	〃
		目地の劣化	目視による有無、簡易計測（スケール等）	〃

※ 水面下の調査に当たっては、干満帯より腐食が進行していない場合が一般的である。このため、調査結果により判定できる事実に対し、コストの縮減やリスクの軽減といった効果に見合った調査費用であるか等の観点から、実施するか否かを検討した上で調査を行う必要がある。

参考：「新潟県 鋼矢板水路の施設状態評価表の区分と調査項目」

2.4 既設鋼矢板の性能評価

適切な長寿命化対策の検討に当たっては、現地調査等により得られた既設鋼矢板腐食に関連する板厚や開孔の状態等を基に、既設鋼矢板水路が有する構造耐力及び選定した対策工法に期待される耐用期間経過後の既設鋼矢板が有する構造耐力を適切に評価することが重要である。

【解 説】

適切な長寿命化対策の検討のために必要な既設鋼矢板水路の構造耐力の評価については、現地調査等により得られた板厚や開孔の状態等を基に実施する。

測定された板厚減少が腐食代（一般に表裏あわせて 2mm）以内である場合や、開孔の程度が極めて小さい場合は、必要な構造耐力を有していると判断される場合が多い。

しかし、既設鋼矢板背面からの腐食進行や、パネル被覆工法においてはその自重が新たな荷重として加わることなどに留意し、現場条件や採用する長寿命化対策に応じて既設鋼矢板の構造耐力を適切に評価することが重要である。

なお、既設鋼矢板の性能評価（応力度、変位量などの照査による構造性能の低下状況の把握）、対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価（補修の適否判定）の詳細は、本図書参考資料編（参考②鋼矢板の性能評価）に詳述されているため参照されたい。

第3章 鋼矢板水路補修工法の概要

3.1 補修の目的

- (1) 鋼矢板水路の補修は、それ自体に求められる役割、性能だけでなく、補修後の鋼矢板水路が有する機能を十分考慮した上で実施しなければならない。
- (2) 本図書は鋼矢板水路の補修を対象としており、主に鋼矢板の腐食進行を抑制することにより施設の耐久性を向上させることを目的として行う。

【解 説】

(1) 開水路の機能

開水路は、農業用水及び農用地等からの排水を流送する目的を果たす機能を有し、これらの機能は水利用機能、水理機能、構造機能等に分類される。農業水利施設の目的は、水利用機能の発揮であり、水理機能、構造機能は、水利用機能の発揮を支える関係にある。また、これらの機能のほかに自然災害や事故等におけるリスクなどに対する安全性・信頼性や経済性、環境性といった社会的機能がある。これらの機能を発揮する能力が性能であり、指標として具体的な数値等で表すことができる。

開水路（用水路）の機能と性能の種類の例を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 開水路（用水路）の機能・性能の種類の例

機 能		性能の例		指標の例
本 来 的 機 能	1) 水利用機能	水利用に対する性能 (水利用性能)	送配水性 送配水弾力性 保守管理・保水性	送配水効率、用水到達時間、自由度、調整時間、調整容量、保守管理頻度(費用)、容易性、スペース(管理用地・管理用道路等の有無)
	2) 水 理 機 能	水理に対する性能 (水理性能)	通水性 水位制御性 分水制御性	通水量、漏水量、粗度係数、水位、水面動揺、水位・流量の制御、分水量・水位の制御
	3) 構 造 機 能	構造に対する性能 (構造性能)	使用性 耐久性 安全性	ひび割れ幅、変形量、摩耗量、鉄筋腐食量、不同沈下、周辺地盤の沈下や陥没、断面破壊に対する安全性、転倒、滑動、基礎地盤の支持力、浮上に対する安定性
社会的機能			安全性・信頼性 経済性 環境性	漏水・破損事故履歴(率・件数)、補修履歴、耐震性、建設費、維持管理経費、景観、親水性、歴史的価値、自然環境

出典：「農業水利施設の機能保全の手引き H28.8「開水路」」

(2) 補修・補強の目的と要求性能

「農業水利施設の機能保全の手引き」における補修及び補強の定義は以下のとおりである。

< 補修及び補強の定義 >

補修 : 主に施設の耐久性を回復又は向上させること 補強 : 主に施設の構造耐力を回復又は向上させること

出典：「農業水利施設の機能保全の手引き H28. 8」

補修・補強は、施設の機能を発揮するために必要な性能を回復又は向上させるため行う。

本図書で取り扱う鋼矢板水路の補修は、鋼矢板水路の構造機能を対象とし、鋼矢板水路の耐久性を向上させることを目的として行うものと考え、補修に求められる性能を規定した。補修工法は主に被覆防食工法とし、表面を補修材料で被覆することにより腐食の進行を抑制する工法と位置づけることとする。なお、性能の規定に当たっては、現時点では主に鋼矢板水路の腐食に対する耐久性の向上に着目し、腐食以外の劣化に関しては技術情報の蓄積を行い、適宜、本図書への反映を検討していくこととする。詳細は、後述「4.1 補修に求められる性能」を参照されたい。

< 本図書に定める『補修に求められる性能』 >

◇鋼矢板水路の構造機能のうち、耐久性を向上させる性能。

(3) 補修材料・工法の品質規格

品質規格は、補修後、要求性能を確保するため補修材料・工法が備えておくべき特性であり、材料を採用する時点における性能の照査指標である。本図書に定める品質規格は、鋼矢板水路の劣化や補修材料・工法に関する研究論文、他分野の防食・補修における規定及び技術図書を参考に規定している。詳細は、後述「4.1.2 要求性能ごとの品質規格」及び「4.2 補修工法別の品質規格」を参照されたい。

< 本図書に定める『補修に用いる材料・工法が具備すべき品質規格』 >

◇鋼矢板水路の耐久性を向上させる性能に関する照査指標と規格値

3.2 鋼矢板水路の補修工法

3.2.1 補修工法の種類

鋼矢板水路の変状は腐食、洗掘、土砂の吸出し等様々であるが、本図書では、鋼矢板水路の腐食対策として有機系被覆工法及びパネル被覆工法を対象とする。

【解 説】

鋼矢板水路の腐食対策としての補修工法を材料や施工の違い等を考慮して、表 3.2-1 のとおり有機系被覆工法及びパネル被覆工法に区分し、これらを補修工法として取り扱う。

表 3.2-1 補修工法の分類

補修内容	工 法
腐食対策	有機系被覆工法
	パネル被覆工法

※鋼矢板の補修箇所で腐食による開孔が見つかった場合は、適宜、開孔に対する処置を行う。

補修工法を施工する場合の模式断面図を図 3.2-1、図 3.2-2 に例示する。

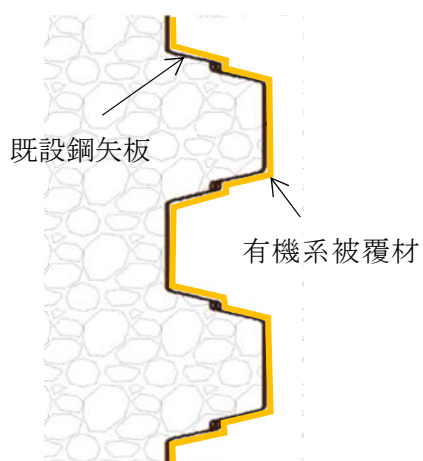


図 3.2-1 有機系被覆工法例

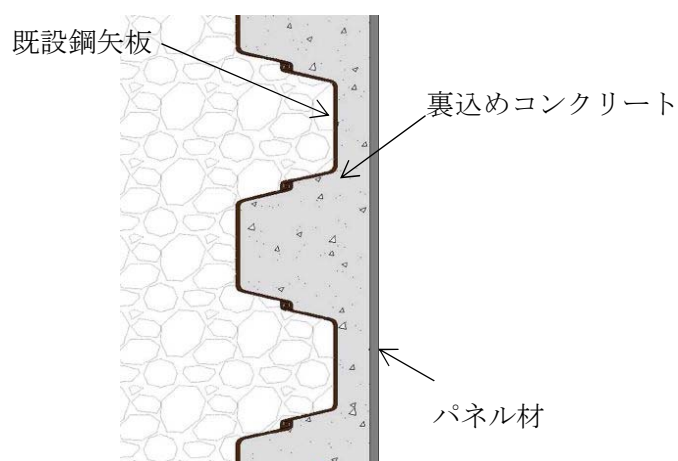


図 3.2-2 パネル被覆工法例

3.2.2 有機系被覆工法

有機系被覆工法は、腐食因子である水分、酸素等の侵入の抑制を目的とし、有機系の塗料又は被覆材に主として熱硬化性のエポキシ樹脂塗料やポリウレタン樹脂被覆材等を塗布して鋼矢板水路の表面（露出面）を被覆防食する工法である。

【解 説】

(1) 被覆構成

有機系被覆工法は、一般的に図 3.2-3 に例示する構成（仕様）で被覆層が形成されており、被覆層全体で要求性能を発揮することができる。なお、被覆層の構成は、使用材料の種類や工法によって異なる場合がある。

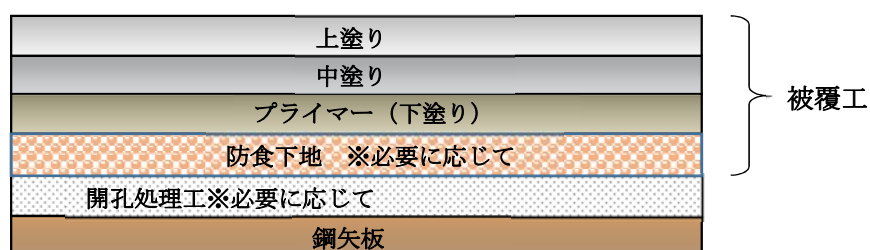


図 3.2-3 有機系被覆工法の被覆構成例

被覆層を形成する各層の機能等は以下のとおり。

1) 防食下地

防食下地は、鋼材よりもマイナス側の電位を持つ金属亜鉛末などの犠牲防食作用や、亜鉛腐食生成物の緻密化による腐食因子の遮断、アルカリ性保持等の腐食抑制機能を有する。

このため、防食下地を有する被覆層は一般的な被覆層に対しより長期の耐久性を有する。

防食下地には無機ジंकリッチペイント、有機ジंकリッチペイント等がある。無機ジंकリッチペイントと有機ジंकリッチペイントについては表 3.2-2 に示す特徴があり、その特徴から既設鋼矢板に対する有機系被覆工法に適用できるのは、有機ジंकリッチペイントとなる。

表 3.2-2 防食下地（ジンクリッチペイント）の特徴

項 目	一般的な特徴
無機 ジンクリッチペイント	・亜鉛とケイ酸塩を主成分とする塗料である。 ・乾燥塗膜中に80%以上の金属亜鉛が含まれ、亜鉛の犠牲防食作用による強い防錆力を有し、鋼材と接する第一層に使用される。 ・さびや塗膜とは密着しないため、施工面（素地調整における除錆度、表面粗度、湿度、膜厚（塗膜が厚すぎると割れ、剥がれが生じる））での制約があるため、塗替え塗装に適用するのは難しく工場塗装に適用される。
有機 ジンクリッチペイント	・亜鉛とエポキシ樹脂から成り、エポキシ樹脂を主成分とする塗料である。 ・無機ジンクリッチペイントに比べて防錆効果はやや劣るが、付着性が良く、素地調整1種又は2種の鋼材に対して適用が可能であるため、塗替え塗装に適用される。

参考：「鋼道路橋防食便覧」、「重防食塗装－防食原理から設計・施工・維持管理まで」

2) プライマー（下塗り）

鋼材素地又は防食下地に塗布する材料で、鋼材素地又は防食下地とその上層塗膜との付着性を確保し、腐食因子の侵入を抑制する機能を有する。

有機系プライマーとして使用される材料には、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ビニルエステル樹脂等がある。

有機系被覆工法の主要な材料（プライマー（下塗り））としては、常温硬化型の熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂やポリウレタン樹脂、ポリウレア樹脂、ビニルエステル樹脂などが使用されている。また、材料（プライマー（下塗り））が紫外線劣化するのを防止するために、アクリルウレタン樹脂やふっ素樹脂塗料などの耐候性塗料を中塗り及び上塗りとして使用する場合がある。（表 3.2-3 参照）

表 3.2-3 有機系被覆工法の主要な材料（プライマー（下塗り））の特徴(例)

項 目	一般的な特徴
エポキシ樹脂	エポキシ樹脂は、分子中にエポキシ基を 2 個以上もった化合物(主剤)と分子中に活性水素を 2 個以上持った硬化剤とが付加反応重合して硬化したもので、塗膜は硬質のものが多く、耐水性、付着力、耐摩耗性に優れる。
ポリウレタン樹脂	ポリウレタン樹脂は、イソシアネート基を 2 個以上もつ化合物と水酸基を 2 個以上持つポリオール樹脂からなる無溶剤形ポリウレタン樹脂で、塗膜は柔軟なものが多く、速硬化性に優れる。
ポリウレア樹脂	ポリウレア樹脂は、イソシアネート基を 2 個以上もつ化合物とアミン樹脂からなる無溶剤形ポリウレア樹脂で、塗膜は柔軟なものが多く、速硬化性に優れる。
ビニルエステル樹脂	使用される樹脂としては、塩化ビニルと酢酸ビニルの共重合体が代表的であり、塩化ビニル樹脂の容溶性、可塑性、付着性等を兼ね備えている。

3) 中塗り

プライマー（下塗り）材に塗布する材料で、プライマー（下塗り）と上塗りとの付着性を確保し、腐食因子の浸透を抑制する機能を有する。

また、色相調整で上塗り塗料の隠蔽性を確保する機能も有する。

4) 上塗り（仕上げ）

仕上げ面に塗布する材料で、紫外線、温度等に起因する劣化に抵抗する機能を有する。

(2) 施工

1) 施工の概要

有機系被覆工法の施工方法は、刷毛・ローラー等を用いる塗付け型、吹付け機を用いる吹付け型に分類される（表 3.2-4 参照）。

表 3.2-4 施工方法による分類

施工工法	概 要	特 徴
塗付け型	材料に応じて刷毛、ローラー等により塗付け作業を行う施工方法	各工程間の塗り重ね間隔はあらかじめ定められており、選定した施工方法に応じて十分な塗り重ね間隔を確保する必要がある。
吹付け型	材料に応じた専用塗装機を用いて吹付け作業を行う施工方法	可使時間の短い樹脂にも適用が可能。専用塗装機の管理が必要

①塗付け型

刷毛やローラー等を用いて、施工面に被覆材を塗付けて塗膜を形成する工法、エポキシ樹脂塗装を行う場合に用いられることが多い施工方法である。（写真 3.2-1 参照）。

②吹付け型

各製品に応じた専用の吹付け機を使用して施工面に被覆材を吹付けて塗膜を形成する工法で、塗付け型に比較して、塗装回数が少なく施工速度が速い場合が多い。ポリウレタン樹脂系及びポリウレア樹脂系の被覆工法は、樹脂の硬化が速く、厚付け施工が求められるため、吹付け型による施工が一般的である（写真 3.2-2 参照）。

なお、鋼矢板水路の腐食進行により鋼材に開孔がある場合、鋼材等の当て板溶接等によって開孔部を塞いで施工することできる。



写真 3.2-1 有機系被覆工法
（塗付け型）施工状況



写真 3.2-2 有機系被覆工法
（吹付け型）施工状況

2) 施工手順

有機系被覆工法の基本的な施工手順は、鋼矢板表面の素地調整工を行った後、被覆工として防食下地、プライマー（下塗り）、中塗り、上塗りを実施し、それぞれの工程で必要な期間の養生工を行う。その他に鋼矢板の腐食進行によって、母材に断面欠損や開孔がある場合は、パテ材による不陸修整又は当て板による開孔部の閉塞により施工が可能となる。中塗りと上塗りは、工法あるいは施工条件によっては、施工しない場合がある。

3) その他の特徴

有機系被覆工法の大きな特徴として、塗膜の欠損、剥がれが生じた場合、部分補修が可能となることである。

また、有機系被覆材は、水分や酸素等の腐食因子の侵入に対して、優れた遮断性能を有している。上塗り工としては、ふっ素樹脂などの高耐候性の樹脂からなる着色上塗りを塗布し、景観に配慮した仕上げとすることができる。

ほかに、直接火にさらすと燃焼し、変色や変形が生じるため、施工箇所付近で火気を使用する場合は、被覆材に直接火が接しないよう注意が必要である。

また、補修後の被覆表面が部分的に欠損すると腐食が進行するため、水路内での清掃作業や浚渫作業を行う際は、鋭利な道具等で傷つけないよう配慮が必要である。

3.2.3 パネル被覆工法

パネル被覆工法は、型枠材兼カバー材（保護材）としてのパネル材を鋼矢板前面に設置し、その間にコンクリートを充填することにより、腐食因子である水分、酸素等の侵入を抑制することで被覆防食する工法である。パネル材と鋼矢板は、固定材により一体化されている。

【解 説】

(1) 材料

鋼矢板水路のパネル被覆工法における主な使用材料（例）を表 3.2-5 に示す。

パネル材としては、無機系のコンクリートパネル及び有機系の樹脂パネルがあるが、いずれも工場生産であるため品質が安定しており、各種の強度特性に優れていると言える。

なお、現時点でパネル被覆工法に使用されているパネル材の諸元を表 3.2-6 に示す。

また、裏込コンクリートの参考強度等を表 3.2-7 に示す。

表 3.2-5 パネル被覆工法の主な使用材料（例）

項 目	使 用 材 料
パネル材	コンクリートパネル材 樹脂パネル材
固定材	接続金具 棒鋼
パネル目地材	樹脂系目地材等
裏込材	コンクリート

表3.2-6 パネル材料の諸元（例）

パネル材	試験方法	参考強度 (N/mm ²)	パネル厚 (mm)
コンクリートパネル材 (JIS A 5372 相当)	JIS A1108	圧縮強度 30 以上	25mm～60mm 程度
樹脂 パネル材	JIS K7171	曲げ強度 20 以上	10mm 以上

表3.2-7 裏込めコンクリートの参考強度等（例）

名 称	設計基準強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	部材厚
コンクリート	18 以上	12	製品により異なる

1) パネル材

パネル材は工法に応じてコンクリートパネル材と樹脂パネル材があるが、いずれも裏込めコンクリート打設時の型枠材となっている。また、裏込めコンクリートの乾燥収縮抑制等のため、カバー材（保護材）としても機能している。

2) 固定材

固定材は、棒鋼と接続金具により構成され、既設鋼矢板とパネル材を接続し、パネル被覆工法の一体化性を保持する重要な材料である。パネル被覆工法施工後は、高いアルカリ性を有する裏込めコンクリート内に配置されるが、固定材までの裏込めコンクリート厚が極めて薄くなる箇所が生じるため、裏込めコンクリートが中性化した場合、固定材が腐食する可能性がある。このため、採用する対策工法に応じて、固定材に防錆処理を講ずることが望ましい。

3) 裏込めコンクリート

腐食因子である水分、酸素等の侵入を抑制する重要な材料である。

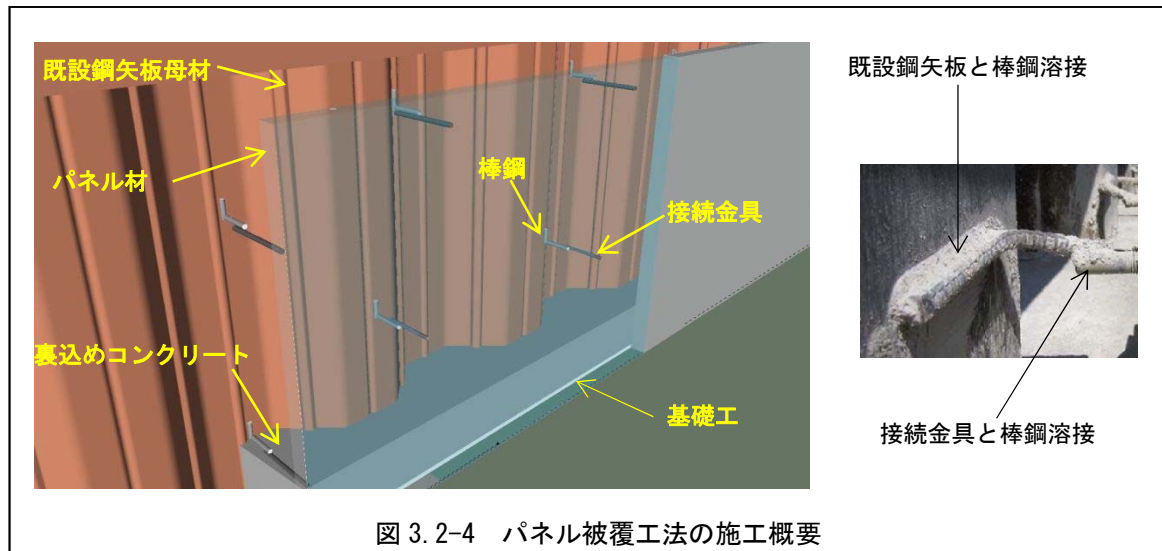
また、裏込めコンクリートにより、鋼材表面が強アルカリ性に保持されていれば防食効果が期待できる。

(2) 施工

1) 施工の概要

パネル被覆工法は鋼矢板水路の表面にパネル材を固定材により設置し、その間を裏込材により充填する工法である。

標準的な施工概要を図 3.2-4 に示す。



2) 施工手順

鋼矢板の素地調整後に基礎工を敷設し、パネルを組立て、目地を設置した後、固定材で鋼矢板に設置し、パネル材と鋼矢板水路躯体の間に裏込めコンクリートを充填し、養生工を行う。

3) その他の特徴

パネル材ごとに難燃性や耐火性が異なるため、施工場所において火気を使用するおそれがある場合は、各パネルの特徴を確認のうえ採用する必要がある。

パネル材は裏込めコンクリートを外力（衝撃）から保護する機能を持ち、補修の効果が期待される耐用期間は、裏込めコンクリートが鋼矢板の表面に接する構造となっている。

なお、裏込めコンクリートにひび割れ等が発生した場合、鋼矢板表面への水分、酸素等の侵入抑制の効果が低下する可能性があることから、適宜モニタリングを行う等、変状に注意する。

3.3 鋼矢板水路の補修工法比較

補修工法の検討に当たっては、鋼矢板の腐食程度とその範囲を把握した上で、総合的な検討を行い、工法を選定することが重要である。

【解 説】

補修工法の検討に当たっては、鋼矢板の腐食状況を詳細に調査し、工法に要求する性能（補修の効果が期待される耐用期間、品質規格値等）のみならず、水路の断水・減水期間、施工性、経済性、仮設の規模、周辺環境への影響や補修後の維持管理にも配慮する必要がある。

また、採用可能な工法の効果が期待される耐用期間のほか、補修後に想定される施設の劣化や経済性（仮設費を含む工事費、維持管理費等）を評価し、より適した工法及び材料を選定することが望ましい。

総合的な検討を行うに当たり工法選定の参考とするため、工法の対比表を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 対策工法の対比表

項目	細 目	有機系被覆工法	パネル被覆工法
工法選定	期待される耐用期間	20年	30年
	開孔・断面欠損の対応	パテ埋めと当て板溶接により対応可能。	構造計算上かつ施工上支障がない開孔・断面欠損に対しては未処理で施工可能であるが、開孔部及び断面欠損が固定材にある場合は当て板溶接を行う。 当て板溶接を行った箇所には、極力接統金具の溶接を行わないことが望ましい。
	被覆材の重量による影響	軽量のため影響しない。	パネル材と裏込め材の重量の増加に対し、既設鋼矢板の構造性能に与える影響を照査する必要がある。
	工法の長所	通水断面に与える影響がない。	湿潤状態での施工が可能、また水中コンクリートを使用することで水中施工が可能な工法もある。 通水断面は減少するが、粗度係数が改善されたため流下能力への影響は小さい。
	留意する環境	漏水、浸透水の処理が不十分な環境、炎天下等で被覆面の温度が上昇する環境に留意する。	特になし。
	母材の腐食状態の把握	被覆材表面に見られる錆汁等で想定が可能。	目視による鋼矢板（母材）の確認はできないが、自然電位測定が実施可能な場合は腐食状態の把握が可能。
供用時	施設監視（日常点検、モニタリング）	被覆材の剥がれ、膨れ、錆汁の有無等を目視により把握する	パネル材のひび割れ、欠損、錆汁の有無を目視により把握する。 鋼矢板の傾き、沈下の有無を簡易計測により把握する。
	再対策の要否	既設鋼矢板が構造性能を保持している場合、再対策可能。	再対策としての同工法の施工は不可能であるため、再対策不可。更新とする。 有機系パネル材のみパネル材の取替えは可能。
	軽微な補修	変状部を対象に部分的な再補修が可能。	パネル材のひび割れ補修やパネル欠損部の断面修復が可能。
施工	素地調整	1 種程度（IS08501-1）Sa2 1/2相当。	3 種程度（IS08501-1）St2相当。
	浸出水対策	継手部に弾性シーリング材の充填を行う（止水処理）。 打込み式ワイプホールを設置する（導水処理）。	裏込めコンクリートの打設に支障がある流水状の漏水がある場合のみ導水処理を行う。
	仮設工	素地調整時の飛散防止、温度・湿度管理等の対策として養生が必要。	素地調整時の飛散防止、温度・湿度管理等の対策として養生が必要。
	環境対策	粉塵対策、濁水処理。	濁水処理。

第4章 補修の要求性能及び材料・工法の品質規格

4.1 補修に求められる性能

(1) 要求性能

補修に際しては、その目的に応じて要求性能を明確にしなければならない。

鋼矢板水路の主に腐食による劣化に対する耐久性の回復又は向上を目的として補修を行う場合の補修には、以下に示す性能が求められる。

1) 鋼矢板水路の構造機能に関する性能

- ①耐腐食性
- ②中性化抑止性
- ③耐候性
- ④付着性
- ⑤一体化性
- ⑥耐衝撃性
- ⑦耐凍害性

2) 鋼矢板水路の水力機能に関する性能

- ①通水性

(2) 要求性能の分類

要求性能は、標準的な工事に共通して求められる「基本的性能」と施工条件や環境条件などにより個々の工事に個別的に求められる「個別的性能」として示すものとする。

【解 説】

(1) 要求性能

要求性能とは、施設や補修が果たすべき機能や目的を達成するために必要な性能をいう。

補修に用いる材料・工法は、補修後に補修の目的を達成し、補修の効果が期待される耐用期間、求められる性能を維持することができるか事前に照査したうえで用いる必要がある。よって、補修の要求性能を明らかにし、補修材料・工法が必要な品質を有するか照査するための具体的な性能項目を設定するものとする。

鋼矢板水路の補修工事における適用事例等を踏まえ、本図書に鋼矢板水路の耐久性に関する補修の要求性能を定めた。各要求性能の詳細を「4.1.1 要求性能の特徴」に示す。

本図書に示す要求性能は、鋼矢板水路の主に腐食による劣化に対して補修を行う場合に求められる性能である。海水（塩分）の影響を受ける環境に起因する腐食に対する補

修は対象としていないが、変状の程度、補修の目的等を勘案のうえ検討し、準用することは妨げない。

(2) 要求性能の分類

補修の要求性能のうち、材料・工法の照査手法（品質規格）を定めたものを一覧表に整理し、「基本的性能」と「個別的性能」に分類した。（表 4.1-1 参照）

基本的性能は、鋼矢板水路の補修工事に標準的に求められる性能である。一方、個別的性能は、工法や地区の特性などに応じて個々の工事ごとに求められる性能である。

個別的性能の例としては、寒冷地におけるパネル被覆工法の耐凍害性、同一断面で計画通水量が増加となる場合の通水性などがあり、工事別に必要な個別的性能を検討しなければならない。

表 4.1-1 本図書における補修工法別の基本的性能と個別的性能

基本的性能（○）：標準的な工事に共通して求められる性能。
個別的性能（□）：施工条件や環境条件などにより個々の工事ごとに求められる性能。当該工法に求めない性能（－）

要求性能項目		有機系 被覆工法	パネル被覆工法	
			コンクリートパネル 材使用	樹脂パネル材使用
構造 機能	耐 腐 食 性	○		
	中性化抑止性	－	○	○
	耐 候 性	○		○
	付 着 性	○	－	－
	一 体 化 性	－	○	○
	耐 衝 撃 性	○		
	耐 凍 害 性		□	
機 水 能 理	通 水 性	□	□	□

※照査方法が未確立であり、現時点においてこれらを明確に整理することができない項目は空欄として
いる。

4.1.1 要求性能の特徴

(1) 構造機能

1) 耐腐食性

水や酸素など腐食因子の鋼材への侵入に対する抵抗性。

【解 説】

鋼矢板水路の干満帯付近では、鋼矢板の接する周辺環境（水・酸素など）の影響を受けて腐食が進行する。腐食が進行すると健全な鋼材が消耗され腐食生成物（さび）が生じ、構造耐力の低下などを引き起こす。

よって補修には、効果が期待される耐用期間、酸素や水など腐食因子の鋼材への侵入を抑制することが求められる。

2) 中性化抑止性

中性化の原因である二酸化炭素の侵入を抑制する性能。

【解 説】

コンクリートは二酸化炭素の影響により pH が低下し、これがコンクリート中の鋼材位置付近に達することにより鋼材腐食が発生する。鋼材腐食が進行するとパネル被覆工法の裏込めコンクリートのひび割れや分離などを引き起こす。

よって補修には、効果が期待される耐用期間、中性化の原因となる二酸化炭素の侵入を抑制することにより部材の中性化進行を抑制することが求められる。

3) 耐候性

紫外線、温度等に起因する劣化に対する抵抗性。

【解 説】

自然環境下に置かれる鋼矢板水路を補修すると、有機系補修材料に紫外線や温度等に起因する劣化が生じる。

よって補修には、効果が期待される耐用期間、紫外線や温度による品質変化が小さく、有害な膨れ、ひび割れ、剥がれ等が生じないことが求められる。

4) 付着性

補修後に補修材が鋼矢板から分離しない性能。

【解 説】

有機系被覆工法によって形成される被膜等は、鋼矢板に付着した状態ではじめてその性能を発揮することができる。鋼矢板水路は一般に屋外にあり、日常的な水位変動による乾湿の繰返し、また、年間を通じた気候変動による温冷の繰返しが作用する。

よって補修には、効果が期待される耐用期間、そのような環境条件下で鋼矢板に付着することが求められる。

5) 一体化性

補修後に補修材が鋼矢板から分離しない性能、また樹脂パネル材と裏込めコンクリートの界面に亀裂や分離が生じない性能。

【解 説】

パネル被覆工法を採用する場合、既設鋼矢板にパネル材と裏込めコンクリートが接続されることになり、荷重の作用条件が変化する。

よってパネル被覆工法は、補修の効果が期待される耐用期間、対策工法による自重の増加後も分離や耐久性に影響を与えるひび割れを生じることなく、既設鋼矢板に安定的に保持することが求められる。

また、樹脂パネル材を使用するパネル被覆工法では、裏込めコンクリートとパネル材の熱膨張係数が大きく異なる場合、その特性から熱膨張によりパネル材と裏込めコンクリートの界面に亀裂が生じる可能性がある。

よって、樹脂パネル材には、コンクリートと同等の熱膨張係数を有するパネル材を使用し、亀裂や分離を生じさせないことが求められる。

なお、既設鋼矢板と補修材の一体化により、腐食因子である水分、酸素等の侵入を抑制すること、また、裏込めコンクリートによる強アルカリ環境に維持されることにより既設鋼矢板の防食が図られるため、本性能は補修工法の耐腐食性を担保する性能であるとも言える。

6) 耐衝撃性

補修後の補修材が流下物等の衝撃を受けても破壊されにくい性能。

【解 説】

鋼矢板水路は、水路の立地条件や洪水の流下から、市街地等でのごみの掃流や、小規模な礫、転石等が流下し、これらが水路面に衝突することも想定される。

よって補修には、効果が期待される耐用期間中、流下物等の衝突に対して過度な損傷がないことが求められる。

7) 耐凍害性

寒冷地等における凍結融解作用に対する抵抗性。

【解 説】

凍害は、寒冷地等でコンクリート中の水分の凍結と融解が繰り返され、凍結膨張圧によりコンクリートにひび割れやスケーリング等が発生する現象である。

よって寒冷地においてコンクリートパネル被覆工法を使用する場合には、補修の効果が期待される耐用期間、コンクリートパネル材が凍結融解作用の繰り返しで劣化しないことが求められる。

(2) 水理機能

1) 通水性

計画最大通水量を安全に流下させる性能。

【解 説】

通水性は水利システム全体で水利用機能を確保するために重要であり、鋼矢板水路は補修後、その効果が期待される耐用期間、計画最大通水量を安全に流下させることが求められる。

有機系被覆工法やパネル被覆工法を採用する場合、補修後の通水断面が縮小されるものの、一般的に既設の鋼矢板より粗度係数が改善される。しかし、表面粗度の改善を期待して同一断面を利用して計画最大通水量を増加させる場合等もあるため、設計段階において、施設ごとに対象区間の表面粗度のほか、水路の湾曲及び屈折、断面形状の変化、附帯施設（スクリーン等）の有無などの施設条件などを考慮し、水利用の観点から適切に照査できるように検討しておく必要がある。

4.1.2 要求性能ごとの品質規格

(1) 品質管理

施工に際して補修の性能を照査するため、要求性能ごとに使用する材料・工法の品質規格を設定しなければならない。

(2) 品質管理の適合

使用する材料・工法は、設定した品質規格に適合していなければならない。

(3) 期待される耐用期間

使用する材料・工法による補修の腐食性能が期待される耐用期間は、有機系被覆工法については20年、パネル被覆工法については30年を想定している。

【解 説】

(1) 品質管理

本図書では、様々な鋼矢板の変状や補修に関する研究成果のほか、他機関等で採用されている同種の材料・工法に関する規定や試験結果を参考に、鋼矢板水路の補修に求められる性能ごとに補修材料・工法の品質規格（照査方法及び品質規格値）を設定した。

本図書に示す品質規格は、主に腐食に対する既設鋼矢板水路の耐久性の回復又は向上を目的として行う補修の要求性能を対象としている。既設鋼矢板水路の変状と要因や程度の他、補修の目的等を検討のうえ、適切に準用されたい。

(2) 品質管理の適合

使用する材料・工法は、あらかじめ設定した品質規格に適合しているかどうか確認のうえ、用いなければならない。工法分類ごとの品質規格を後述の表4.2-1、表4.2-3に例示する。補修に使用する材料・工法には多種多様なものがあり、新たな材料・工法も開発されている。本図書に示す品質規格や期待される耐用期間がそぐわない場合は、別途検討のうえ、必要に応じて品質規格や工法に期待される耐用期間を定め、照査を行い、工法を選定する必要がある。

(3) 期待される耐用期間

補修材料・工法は鋼矢板水路に適用されてからまだ歴史が浅く、補修の効果が期待される耐用期間はまだ実証により明らかにされてはいない。

よって本図書では、後述の表4.2-1、表4.2-3に示す品質規格に適合する材料・工法は、その試験結果を根拠として、補修の効果が期待される耐用期間を有機系被覆工法については20年、パネル被覆工法については30年と想定している。

パネル被覆工法の期待される耐用期間は、「一般財団法人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）」に基づき、これまでの実績から30年と設定している。

なお、補修材料・工法の品質規格や期待される耐用期間は、今後の研究成果や補修後の維持管理情報の蓄積によって見直しを行うものである。

4.2 補修工法別の品質規格

4.2.1 有機系被覆工法

有機系被覆工法に使用する材料・工法は、表 4.2-1 の品質規格を満足しなければならない。

表 4.2-1 有機系被覆工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法		品質規格値(案)
基本的性能	耐腐食性	鋼材の腐食 塗膜の変状	JIS K5600-7-9「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第9節：サイクル腐食試験方法」 (サイクルD×360サイクル)		さび、膨れ、割れ、剥がれがないこと
	耐候性	鋼材の腐食 塗膜の変状	JIS K5600-7-7「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第7節：促進耐候性及び促進耐光性(キセノンランプ法)」 (キセノン2,000時間 ^{*1})		膨れ、割れ、剥がれがないこと
	付着性	付着強度 塗膜の変状	JIS K5600-5-7 又は JIS H8300	標準条件 耐液体性試験後 ^{*2} 耐湿潤冷熱繰返し試験後 ^{*3}	付着強度 1.5N/mm ² *2 及び *3 の試験後の供試体にさび、膨れ、割れ、剥がれがないこと
	耐衝撃性	塗膜の変状	JIS K5600-5-3 (デュボン式)		割れ、剥がれがないこと

^{*1} 補修の効果が期待される耐用期間を20年とした場合の例を示す。

^{*2} JIS K5600-6-2により耐液体性試験実施後(JIS K0557 グレードA2、試験期間28日間)の供試体を使用する。

^{*3} JIS K5600-7-4により耐湿潤冷熱繰返し試験実施後(条件2：10サイクル)の供試体を用いて実施する。

【解 説】

(1) 品質項目

補修の効果が期待される耐用期間、有機系被覆工法の要求性能が保持されるよう、有機系被覆工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとし、表 4.2-1 に例示する。

ここに示す品質規格は、腐食により劣化が生じている鋼矢板水路の耐久性の回復又は向上を目的として行う有機系被覆工法の要求性能を対象としている。既設鋼矢板の変状等を検討のうえ、適切に準用されたい。

(2) 品質規格

1) 耐腐食性

鋼矢板水路では、年間を通じて通水位が変動し、常時排水位の上部では酸素と水の供給により既設鋼矢板が腐食しやすい環境にある。鋼矢板水路に対する補修工法の主目的は腐食因子の侵入を抑え、腐食に対する耐久性を向上させることである。したがって、効果が期待される耐用期間、腐食の進行を抑止する必要がある。

① 照査方法

耐腐食性の照査は、実環境に近似した試験結果が得られると言われている JIS K5551「構造物用さび止めペイント」の塗膜の長期耐久性でも規定される JIS K5600-7-9「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第9節：サイクル腐食試験方法」に基づくものとする。

試験板は JIS K5600-1-4「塗料一般試験方法-第1部：通則-第4節：試験用標準試験板」に規定する磨き鋼板とし、試験板の寸法は 100mm×70mm 以上とする。

供試体は JIS K5600-1-6「塗料一般試験方法-第1部：通則-第6節：養生並びに試験の温度及び湿度」に基づき温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\pm 5\%$ の状態で 16 時間以上乾燥させる。

照査条件は、「構造物施工管理要領」NEXCO（平成 29 年 7 月）の厚膜系エポキシ樹脂塗料下塗及び厚膜系変性エポキシ樹脂塗料下塗における塗装系の照査条件を引用し、サイクル D×360 サイクル（2,160 時間）とする。

【サイクル D】

①塩水噴霧（ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、0.5 時間）、②湿潤（ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $95\pm 3\%\text{RH}$ 、1.5 時間）、③乾燥（ $50\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、2 時間）、④温風乾燥（ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、2 時間）（①～④のサイクルで 6 時間）

② 品質規格値

サイクル腐食試験実施後、さび、膨れ、割れ、剥がれがないことを照査する。

なお、JIS K5551 に基づき試験片の周辺約 10 mm 以内及び塗膜に付けた傷の両側それぞれ 4 mm 以内の塗膜は評価の対象から外し、錆汁による汚れも評価の対象外とする。

2) 耐候性

鋼矢板水路では、時期によって異なるが、太陽光による紫外線を受けた状態で供用される部位もあり、紫外線や温度変化等に起因する有機系材料の劣化が生じる。したがって、有機系を主体とした材質の材料を用いる場合、補修後の効果が期待される耐用期間中、紫外線等による品質の変化が小さいことが要求される。

① 照査方法

耐候性の照査は、野外で使用される材料の品質や劣化の傾向を迅速に評価することができ、野外で使用された後に観察される材料の変化に近似した状態を再現できる JIS K5600-7-7「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第7節：促進耐候性及び促進耐光性（キセノンランプ法）」で行うものとする。

試験板は JIS K5600-1-4 に規定する磨き鋼板とし、試験板の寸法は試験槽のホルダに収まるよう適切な大きさとする。供試体は JIS K5600-1-6 に基づき 16 時間以上乾燥させる。

キセノン式は、紫外線から可視領域の分光分布が太陽光に非常に近似していることに加え、長時間点灯できること、屋外曝露試験との相関が良いことから、広く利用されている。補修の効果が期待される耐用期間を 20 年間とし、促進耐候性試験の試験時間を算定する。

キセノン式による促進耐候性試験の試験時間と屋外曝露試験の 1 年の相当について、ポリエチレンフィルムの試験結果では、約 900～1,100 時間の促進耐候性試験が屋外曝露試験の 1 年に相当するという報告(表 4.2-2)が「促進曝露試験ハンドブック」にある。この結果を基に試験時間を算定する。

表 4.2-2 ポリエチレンリファレンス試験片による実験光源曝露と
屋外曝露試験^{*1}の関係の一例

光 源	カルボニルインデックス ^{*3} による比較
キセノンアークランプ ^{*2}	900～1,100 時間

^{*1} 銚子 1 年の積算カルボニルインデックス値：9.3 とした。

^{*2} キセノンアークランプ 60 時間の積算カルボニルインデックス値：0.6～0.5 とした。

^{*3} このポリエチレンフィルムは、分子鎖中に二重結合を導入したもので、光酸化反応が容易に起こりカルボニル基が生成する。このカルボニル基の生成量（カルボニルインデックス：ベースライン法による 1715 cm⁻¹ 付近の吸光度と 2020 cm⁻¹ 付近の吸光度の比）を曝露環境の紫外線と熱の作用の指標とする。

出典：「(一財)日本ウエザリングテストセンター 促進曝露試験ハンドブック[1]促進耐候性試験 (H21) 表 4-1」

＜照射期間補正＞

排水路の場合、常時水位と洪水時水位があり、通水位が高い場合は紫外線による劣化が殆どないことから、紫外線の照射期間補正を行う。ただし、個々の排水路に応じて通水位とその期間は様々であるため、ここでは補正值として「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル 開水路補修編（案）」の値を引用し、1/3 とする。

＜照射角度補正＞

鋼矢板水路の側壁は直立しており、照射量が南面 30 度の屋外曝露試験より少なくなるので、その補正として、照射角度補正值（曝露試験は南面 30 度で、開水路側壁の南面 90 度との年間露光量の比）は、2/3 とする。

＜現地補正值＞

紫外線による劣化は、気温に大きく影響されるうえ、立木や家屋等の影の影響を受けるので、冬季の気温の影響と立木等による影の影響（現地補正值）は、1/2 とする。

これらの補正值を用いて、補修の効果が期待される耐用期間 20 年に相当する試験時間を算定すると以下のとおり。

促進耐候性試験時間：900 時間×1/3×2/3×1/2×20 年＝2,000 時間

② 品質規格値

品質規格値は、促進耐候性試験後、膨れ、割れ、剥がれがないこととする。

3) 付着性

多様な環境条件で供用される鋼矢板水路では、水分・温度等の変化を受けるため、施工初期の付着性のみならず、補修の効果が期待される耐用期間、既設鋼矢板との付着性の確保が要求される。

① 照査方法

照査方法は、下記のいずれかとする。

【照査方法 1】

付着性の評価は、JIS K 5600-5-7「塗料一般試験方法-第 5 部：塗膜の機械的性質-第 7 節：付着性（プルオフ法）」に基づき実施する。

試験条件は、鋼矢板水路の供用環境を考慮し同試験方法の標準条件、水中条件（JIS K5600-6-2 耐液体性試験（JIS K0557 グレード A2、試験期間 28 日間）後の供試体を使用）、温冷繰返し条件（JIS K5600-7-4 耐湿潤冷熱繰返し試験（種別 2：10 サイクル）後の供試体を使用）を対象とする。

試験板は JIS K5600-1-4 に規定する磨き鋼板とし、供試体は、JIS K5600-1-6 に基づき 16 時間以上乾燥させる。

【照査方法 2】

付着性の評価は、重防食鋼矢板製品仕様書において規定されている JIS H8300「亜鉛、アルミニウム及びそれらの合金溶射」の「付属書 A 密着性試験方法（引張密着強さ試験：A 法）」に基づき実施する。

試験条件は、鋼矢板水路の供用環境を考慮し同試験方法の標準条件、水中条件（JIS K5600-6-2 耐液体性試験（JIS K0557 グレード A2、試験期間 28 日間）後の供試体を使用）、温冷繰返し条件（JIS K5600-7-4 耐湿潤冷熱繰返し試験（種別 2：10 サイクル）後の供試体を使用）を対象とする。試験片は JIS H8300 に規定するものとする。

② 品質規格値

品質規格値は、上記の照査方法 1、照査方法 2 とともに標準条件、水中条件、湿潤冷熱繰返し条件いずれの場合も、 1.5N/mm^2 以上とする。

4) 耐衝撃性

鋼矢板水路では、流下物の衝突により有機系被覆が損傷することも想定される。これを有機系被覆工法が物体の衝撃を受けても破壊されにくい性能と評価し、本性能に該当すると想定される耐衝撃性を照査する。

① 照査方法

有機系被覆工法の耐衝撃性は、JIS K5600-5-3「塗料一般試験方法-第 5 部：塗膜の機械的性質-第 3 節：耐おもり落下性」に基づくものとし、試験の種類はデュポン式とする。操作は 300mm の高さから $500 \pm 1\text{g}$ のおもりを落とすものとする。

試験板は JIS K5600-1-4 に規定された磨き鋼板とし、試験板の寸法は $200\text{mm} \times 100\text{mm} \times 0.6\text{mm}$ とする。供試体は JIS K5600-1-6 に基づき 16 時間以上乾燥させる。

② 品質規格値

300mm の高さから落としたおもりの衝撃により、膨れ、割れ、剥がれが生じないものとする。

4.2.2 パネル被覆工法

パネル被覆工法に使用する材料・工法は、表 4.2-3 の品質規格を満足しなければならない。

表 4.2-3 パネル被覆工法に使用する材料・工法の品質規格(例)

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値(案)
基本的性能	中性化抑止性 ^{*1}	中性化速度	コンクリート標準示方書(設計編)の中性化速度予測式による	効果が期待される耐用期間の裏込めコンクリートの中性化残りが 10mm 以上となる中性化速度
	耐候性 ^{*2}	有機系パネル材の変状	JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」 (キセノン 3,000 時間 ^{*3} 又はサンシャイン 1,800 時間 ^{*3})	有機系パネル材の膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこと
	一体化性 ^{*4*5}	固定材の溶接強度	計算による照査	パネル 1 枚当たりの自重(パネル＋裏込めコンクリート)によるせん断強度 ≤ パネル 1 枚当たりの溶接強度
		有機系パネル材の熱膨張係数	JIS K6911「熱硬化性プラスチック一般試験方法」	熱膨張係数 $2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下
個別的性能	耐凍害性 ^{*6}	相対動弾性係数	JIS A1148 (A 法 300 サイクル)	85%以上
		パネル材作成に使用するフレッシュコンクリートの空気量	JIS-A1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法-空気室圧力方法」	パネル材作成に使用するフレッシュコンクリートの空気量が 4.5～6.0%
	通水性 ^{*5}	計画最大通水量	水理計算	計画最大通水量を安全に流下できること

*1 裏込めコンクリートに対する要求性能項目を示す。

*2 パネル材に有機系の材料を使用している工法の要求性能項目を示す。

*3 補修の効果が期待される耐用期間を 30 年とした場合の例を示す。右欄に示す品質規格値(案)も同じ。

*4 既設鋼矢板＋裏込めコンクリート＋パネル材の接続に対する要求性能項目を示す。

*5 設計で求められる品質規格を示す。

*6 パネル材に無機系の材料を使用している工法の要求性能項目を示す。

【解 説】

(1) 品質項目

補修の効果が期待される耐用期間、パネル被覆工法の要求性能が保持されるよう、パネル被覆工法の材料・工法が有すべき品質規格を設定するものとする。

ここに示す品質規格は、腐食により変状が生じている鋼矢板水路の耐久性の回復又は向上を目的として行うパネル被覆工法の要求性能を対象としている。既設鋼矢板水路の変状等を検討のうえ、適切に準用されたい。

(2) 品質規格

1) 中性化抑止性

パネル被覆工法はパネル材、裏込めコンクリート、目地材により構成される。このうち、目地材はパネル被覆工法の効果が期待される耐用期間に紫外線による劣化や脱落等の変状が生じる可能性があり、この場合、中性化は目地部背後の裏込めコンクリートから進行することが想定される。

以上より、パネル被覆工法の裏込めコンクリートにはパネル被覆工法の効果が期待される耐用期間において、中性化速度を考慮した中性化抑止性が要求される。

なお、中性化抑止性は、施工後の環境条件に依存するが、裏込めコンクリートの材料特性と被膜厚さによって異なる。

① 照査方法

中性化抑止性の試験方法は、2017 年制定コンクリート標準示方書「設計編：標準」に示される「中性化速度予測式」に基づくものとする。

中性化速度予測式は下式により示される。

$$y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \cdot \sqrt{t}$$

y_d : 中性化深さの設計値 (mm)

γ_{cb} : 中性化深さの設計値のバラツキを考慮した安全係数
(一般に 1.15、高流動コンクリートは 1.1)

α_d : 中性化速度係数の設計値 (mm/√年)

$$= \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c$$

α_k : 中性化速度係数の特性値 (mm/√年)

$$= -3.57 + 9.0 \cdot W / (C_p + k \cdot A_d)$$

W : 単位体積当たりの水の質量 (kg/m³)

C_p : 単位体積当たりのポルトランドセメントの質量 (kg/m³)

k : 混和剤の種類により定まる定数

(フライアッシュの場合 0、高炉スラグ微粉末の場合 0.7)

A_d : 単位体積当たりの混和材の質量 (kg/m³)

β_e : 環境作用の程度を表す係数 (一般に 1.6)

γ_c : コンクリートの材料係数 (一般に 1.0)

t : 中性化に対する耐用年数 (パネル被覆工法：30 年)

出展：「(公社)土木学会 2017 制定コンクリート標準示方書「設計編：標準」3.1.3.4(3.1.6)、
3.1.3.5【解説】(解 3.1.5)」

② 品質規格値

品質規格値は、2017 年制定コンクリート標準示方書「設計編：標準」に基づき、パネル被覆工法の効果が期待される耐用期間内の裏込めコンクリートの中性化残りが、裏込めコンクリートの被覆厚が鋼矢板に対し最も薄くなる箇所で 10mm 以上となる中性化速度とする。

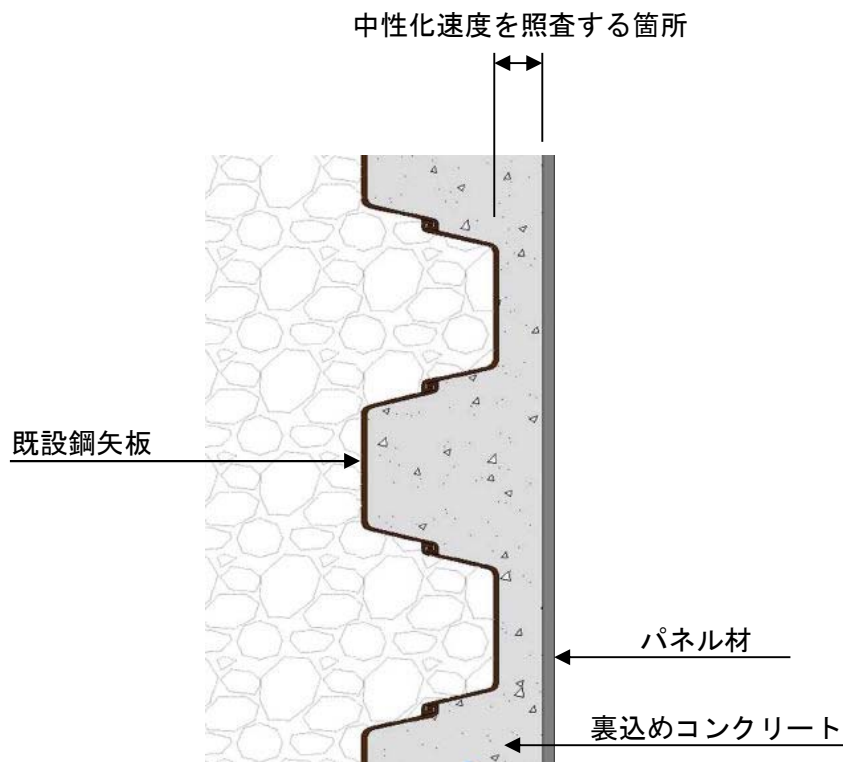


図 4.2-1 中性化抑止性の照査箇所

海洋環境のような塩化物イオンの侵入を制限する必要がある環境においては、コンクリート標準示方書等に基づき別途検討を行う必要がある。

2) 耐候性

鋼矢板水路では、時期によって異なるが、太陽光による紫外線を受けた状態で供用される部位もあり、紫外線や温度変化等に起因する有機系材料の劣化が生じる。

したがって、有機系パネル材を用いたパネル被覆工法を採用する場合、効果が期待される耐用期間、紫外線等による品質の変化が小さいことが要求される。

① 照査方法

耐候性の照査は、野外で使用される材料の品質や劣化傾向を迅速に評価することができ、野外で使用された後に観察される材料の変化に近似した状態を再現できる JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」(促進耐候性試験)により行う。

JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」では、光源としてキセノンアークランプ式(キセノン式)又はサンシャインカーボンアーク灯式(サンシャイン式)を規定している。

<キセノンアークランプ式(キセノン式)>

キセノン式については、「4.2.1 有機系被覆工法」を参照されたい。

なお、補正值を用いて、補修の効果が期待される耐用期間 30 年に相当する試験時間を算定すると以下のとおり。

促進耐候性試験時間：900 時間×1/3×2/3×1/2×30 年＝3,000 時間

<サンシャインカーボンアーク灯式(サンシャイン式)>

サンシャイン式は、太陽光の紫外線部の立ち上がりに近似した分光分布を有し、キセノン式の 1,000 時間がサンシャイン式の 600 時間に相当するという試験時間の例(表 4.2-4)があることから、上記のキセノン式 3,000 時間に対してサンシャイン式では 1,800 時間が補修の効果が期待される耐用期間を 30 年に相当する促進耐候性試験時間となる。

表 4.2-4 キセノン式とサンシャイン式の試験時間の例

JIS 番号	規格名称	試験時間
JIS K 6718-1	プラスチック-メタクリル樹脂版-タイプ、寸法及び特性-第 1 部：キャスト板	キセノン 1,000 時間又はサンシャイン 600 時間
JIS K 6718-2	プラスチック-メタクリル樹脂版-タイプ、寸法及び特性-第 2 部：押出板	キセノン 1,000 時間又はサンシャイン 600 時間

出典：「(一財)日本ウエザリングテストセンター 促進曝露試験ハンドブック[1]促進耐候性試験(H21) 表 3-2」

② 品質規格値

有機系パネル材の膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこと。

3) 一体化性

パネル被覆工法を採用する場合、固定材と既設鋼矢板を溶接することによりパネル材及び裏込めコンクリートと既設鋼矢板が接続（一体化）される。この一体化により、腐食因子である酸素と水の侵入が抑制される。また、鋼材表面がアルカリ性に保持されていれば既設鋼矢板の防食が図られる。

よってパネル被覆工法は、補修の効果が期待される耐用期間、分離や耐久性に影響を与えるひび割れを生じることなく、既設鋼矢板に安定的に一体化される（溶接強度を有する）ことが求められる。

【既設鋼矢板＋裏込めコンクリート＋パネル材の接続に対する品質規格】

① 照査方法及び②品質規格値

パネル被覆工法施工後のパネル 1 枚当たりの自重（パネル材＋裏込めコンクリート）によるせん断強度が、既設鋼矢板と接続する固定材の溶接強度以下であることを照査する。

【樹脂パネル材に対する品質規格】

樹脂パネル材を用いるパネル被覆工法では、裏込めコンクリートの熱膨張係数とパネル材の熱膨張係数が大きく異なる場合、熱膨張によりパネル材と裏込めコンクリートの界面に亀裂が生じる可能性がある。

よって、有機系パネル材には、コンクリートと同等の熱膨張係数を有するパネル材を使用し、亀裂や分離を生じさせないことが求められる。

① 照査方法

JIS K 6911「熱硬化性プラスチック一般試験方法」により、有機系パネル材の熱膨張率を照査する。なお、熱膨張の割合算出の温度は-20℃～60℃とする。

② 品質規格値

東・中・西日本高速道路株式会社の「構造物施工管理要領（H25.7）」を参考に熱膨張係数 $2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下とする。

4) 耐凍害性

コンクリートパネル材に使用するコンクリートは、樹脂パネル材と比較して吸水しやすいため、寒冷地では凍害による劣化が生じやすい。

このため、凍害のおそれのある地域では、パネル被覆工法のコンクリートパネル材に耐凍害性が要求される。

① 照査方法

照査方法は、下記のいずれかとする。

【照査方法 1】

JIS A1148「コンクリートの凍結融解試験方法」(A 法、300 サイクル)に基づき、凍結融解作用に関する照査を行う。

【照査方法 2】

JIS-A1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法-空気室圧力方法」に基づき、パネル材に作成に使用するフレッシュコンクリートの空気量に関する照査を行う。

② 品質規格値

品質規格値は、下記のいずれかとする。

【品質規格値 1】

土木学会「2017 年制定コンクリート標準示方書[設計編]」の凍害に関するコンクリート構造物の性能を満足するための凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値を参考に、鋼矢板水路の設置環境として、①気象条件として、凍結融解がしばしば繰り返される場合、②構造物の露出状態として、連続してあるいはしばしば、水で飽和される場合、③断面が薄い（断面の厚さが 20cm 程度以下）場合に相当するとして、相対動弾性係数 85%以上とした。

【品質規格値 2】

パネル材作製に使用するフレッシュコンクリートの空気量が 4.5～6.0%とする。

4.3 材料・工法の選定

(1) 品質規格

補修に使用する材料・工法は、補修に求められる性能を満足する品質のものをを用いなければならない。

(2) 条件

補修に使用する材料・工法は、特徴や適用における条件等を十分に理解したうえで、用いなければならない。

(3) 留意事項

以上の他に、施工条件、周辺環境への影響及び維持管理の容易性など現場の実情にも配慮する必要がある。

【解 説】

(1) 品質規格

補修に使用する材料・工法は、施工対象となる鋼矢板水路における補修の目的と要求性能を明確にし、施工後にこれを満足するものをを用いなければならない。

特に、有機系被覆工法に使用する材料は、表 4.2-1 に示す品質規格を満足する材料を用いなければならない。

(2) 条件

補修に使用する材料・工法は、あらかじめその特徴や、適用における現場条件や施工条件等を確認し、適切に用いる必要がある。

有機系被覆工法では、湿潤状態にある既設鋼矢板面に補修材料を塗装又は被覆すると、補修材料の粘度が増大し、硬化不足等により本来の性能が発揮されず分離等が生じる場合がある。

このため、既設鋼矢板継手部の背面地下水の浸み出し等が認められた場合は、浸出水処理工や導水工、ジェットヒーター等の養生等の処置を行う。

(3) 留意事項

補修に使用する材料・工法における維持管理等の留意事項の例を表 4.3-1 に示す。

表 4.3-1 維持管理等の留意事項(例)

留意すべき性能項目		留意事項
維持管理性	耐擦傷性	水路の清掃をする際に重機やスコップ等を使用する場合は、清掃作業に耐えられる材料を検討する。施設管理者等と意見交換を行って水路清掃の実態を調査し、維持管理の支障とならない材料・工法を用いる。
	難燃性	鋼矢板水路の周辺で野焼きが行われる場合、熱や炎に耐えられる材料や耐火性のある材料を検討する。施設管理者等と意見交換を行って野焼きの実態を調査し、維持管理の支障とならない材料・工法を用いる。
社会・環境性	景観適合性	既存の水利構造物と色調の統一を図り、景観に違和感を与えないよう配慮する。
	水質適合性	有害物質が溶出しない材料・工法を用いる。

第5章 補修工法の施工

5.1 補修工法の施工概要

- (1) 鋼矢板水路の補修は、各段階における工法を適切な手順で施工しなければならない。
- (2) 図 5.1-1 に有機系被覆工法とパネル被覆工法の施工手順例を示す。

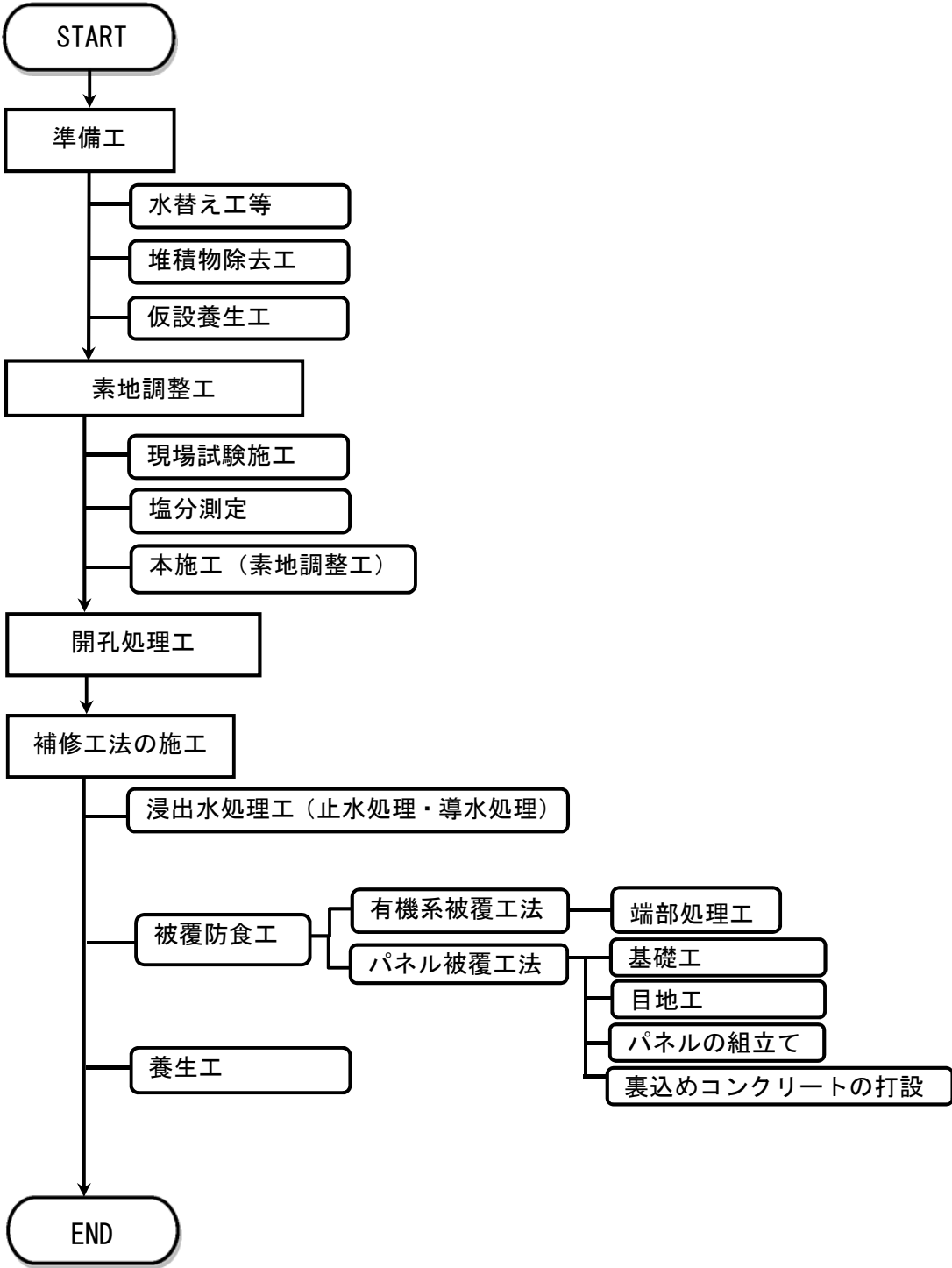


図 5.1-1 鋼矢板水路の補修の手順例

5.1.1 準備工

鋼矢板水路の補修に際して、適切な準備を行う。

【解 説】

鋼矢板水路に対する補修工を行う際、準備工として、主に次の作業を行う。

なお、必要な準備工は、補修工法や現場条件により異なるため、現場ごとに検討のうえ実施する。

(1) 水替え工等

既設鋼矢板水路の補修に際しては、仮締切工による施工区間への流入水の遮断や、水中ポンプによる水替え工、仮廻し水路工による流水の排除を効率的に実施し、既設排水路内での施工場所を確保する必要がある。

仮締切工は、大型土のう等を利用し施工性が確保できるように流水の遮断、迂回措置を施す。なお、突発的な集中豪雨による水位の上昇等を事前に検討する必要がある。

水替え工は、事前に釜場を設置し、揚程区分、排水量区分に応じた水中ポンプにより実施する。

流水の排除は、既設鋼矢板水路の通水断面が大きい場合には水路内に仮廻し水路を設置することが想定される。この場合、水路中央に大型土のうを設置し片側ずつ施工することが想定されるが、計画排水量によっては、鋼製の組立式仮設水路等を水路中央に設置し、両側の施工を同時に行うことも可能である（写真 5.1-1 参照）。



写真 5.1-1 鋼製組立式仮設水路の設置（例）

なお、降雨時に背面盛土から水路内に雨水が流入しないよう、側壁背面に側溝を設ける等、必要な対策を行う。

(2) 堆積物除去工

水路底に堆積している土砂やゴミ等を、バックホウやスコップ等により計画底高まで除去する。

施工に支障となる流木や草、泥土等が存在する場合、作業の支障とならないよう、事前に処理を行う。

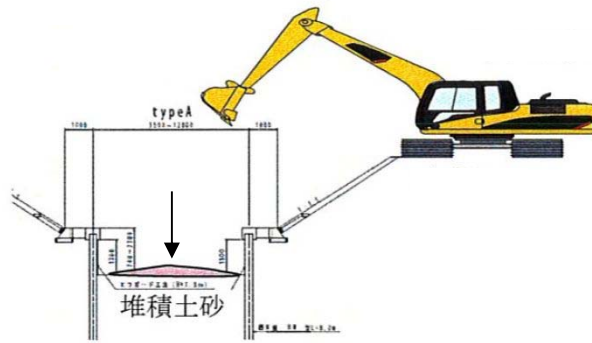


図 5.1-2 水路底版の土砂上げ（例）

(3) 仮設養生工

降雨や降雪対策、素地調整材や被覆防食材の飛散防止、養生温度の確保、飛来塩対策等のため、必要に応じ、水路上部にビニールシートなどによる養生工を設置する。



写真 5.1-2 養生工の設置（例）

5.1.2 素地調整工

既設鋼矢板水路への被覆を行う際には、補修工法・材料の性能を確実に発揮させるために、より確実な素地調整を行うことが重要である。

【解 説】

(1) 素地調整の要求性能

素地調整は、補修工法の防食性及び耐久性を確保するために重要な工程である。

有機系被覆工法を採用する場合は、素地調整が塗膜の耐久性に与える影響は大きく、その寄与率は(社)日本鋼構造協会によると 50%と示されている。このため、素地調整の程度は、防食性能を確保するため 1 種とすることが望ましい。

なお、都市部でブラストに対する粉塵対策等の仮設が施せない場合等で、上記の素地調整が困難な場合には、仕上げ程度 2 種を適用することも考慮するが、素地調整程度 1 種に比べ塗膜の耐久性が劣るため、別途耐用期間等の検討が必要となる。

パネル被覆工法を採用する場合は、裏込めコンクリートにより高アルカリ環境が保持されることにより腐食が抑制されるため、有機系被覆工法と異なり、素地調整の程度が補修工法の耐久性に与える影響は、小さいことが想定される。このため、素地調整の程度は、3 種を基本とする。一方、溶接部においては確実に溶接が行えるよう、溶接箇所では清浄な鋼材面を確実に露出させなければならない。

なお、IS08501-1 規格では、素地の状態をさびの程度と鋼材表面状態から 4 区分（A～D）したうえで、区分に応じた除錆度の代表写真を提供しているため、それらの見本により除錆度の評価を行う。

表 5.1-1 補修工法と適用する素地調整程度

補修工法	素地調整程度	金属面の除錆度	IS08501-1 による除錆度の区分
有機系被覆工法	1 種	さび、その他付着物を全て除去し、清浄な金属面とする。	Sa2 1/2 相当
	2 種	さび、その他付着物を全て除去する。	Sa2、St3 相当
パネル被覆工法	3 種	浮き錆、その他付着物を全て除去する。	St2 相当

なお、既設鋼矢板の状態によっては、素地調整作業により鋼矢板を破損等する可能性もあることから、素地調整工法の選定に当たっては留意すること。

(2) 現場試験施工

鋼矢板の汚れや腐食状況は、個々の施設や部位においてそれぞれ異なるため、1種が困難な場合、工事発注後の現場試験施工により詳細な素地調整の方法を決定する。現場試験施工は、路線ごとに1か所を目安とするが、詳細調査の結果、既設鋼矢板の施設状態が異なる場合は、施設状態の程度に応じて施工箇所を追加することも考慮する。

現場試験施工は、仕様書に定められた方法により行う。

＜現場試験施工の例＞

- ・ 高圧洗浄工法により素地調整を行う場合は、高圧(20～50MPa)と超高压(70～300MPa)から3種類程度の圧力により試験を行う。試験時間は1分単位で設定することが望ましい。
- ・ 1か所における試験部位は両側壁とし、面積は各々1m²程度を目安とする。
- ・ 試験における品質確認の方法は、素地調整後の鋼矢板表面の汚れや除錆度の状態について、JIS Z 0313 「素地調整用ブラスト処理面の試験及び評価方法」に基づき目視で確認する。



写真 5. 1-3 現場試験施工前 (例)



写真 5. 1-4 試験状況(素地調整) (例)



写真 5. 1-5 試験状況(素地調整完了) (例)



写真 5. 1-6 目視確認状況 (例)

(3) 塩分測定

海風や凍結抑制剤等により鋼矢板表面に塩分付着の疑いがある場合は、塩分測定を行い、塩分量が $50\text{mg}/\text{m}^2$ (NaCl 換算) 以上付着している場合は、表面の塩分除去を行わなければならない。

鋼矢板表面に付着した塩分の測定方法には、ガーゼによって拭き取り塩化物イオン探知管を用いて測定する方法のほかに、ISO 規格にあるブレッセル (BRESLE) 法やポータブル表面塩分計で測定可能な電導度法 (SSM) がある。

各測定方法の詳細については、「鋼道路橋防食便覧 平成 26 年 3 月」(公益社団法人日本道路協会) に記載されている。

(4) 本施工 (素地調整工)

素地調整工は、現場試験施工で決定した方法により処理する。

ブラスト処理工に用いるブラスト処理機は、ブラスト種別や機種によりブラスト材の吐出量や施工圧力等が異なることがあるため、本施工において試験時と異なる機種を用いる場合、同等以上であることを事前に確認する。



写真 5.1-7 素地調整前



写真 5.1-8 素地調整後
(オーブンブラスト)

高圧洗浄工法に用いる洗浄機は、機種により吐出量や施工圧力等が異なることがあるため、本施工において試験時と異なる機種を用いる場合、同等以上であることを事前に確認する。



写真 5.1-9 素地調整前



写真 5.1-10 素地調整後
(高圧洗浄工法)

素地調整完了後、両側壁の目視による素地調整程度（除錆度）により施工品質を確認する。

5.1.3 開孔処理工

既設鋼矢板水路に腐食による開孔、断面欠損が生じている場合は、必要に応じて開孔の処理を行う必要がある。

【解 説】

腐食により鋼矢板に一定の面積を有する孔食、開孔や断面欠損が生じている場合には、補修工法の施工に支障が生じる。また、鋼矢板背面から腐食因子が侵入してくるため、パテ埋めや当て板溶接等により孔食、開孔や断面欠損部の処置を行う。その処置事例を写真 5.1-11 に、また、そのイメージを図 5.1-3 に示す。

なお、当て板溶接に必要な既設鋼矢板の最低板厚は 3～4mm 程度と想定され、このように板厚が薄い場合には溶接作業に熟練性が求められる。孔食、開孔、断面欠損部周辺で実施した既設鋼矢板の板厚測定結果を踏まえ、当て板溶接が適用可能な場所を事前に決定しておく必要がある。

また、開孔処理工に使用するパテ材は、硬化性に優れるエポキシ樹脂系等、湿潤面でも優れた接着性を有する材料を使用することが望ましい。

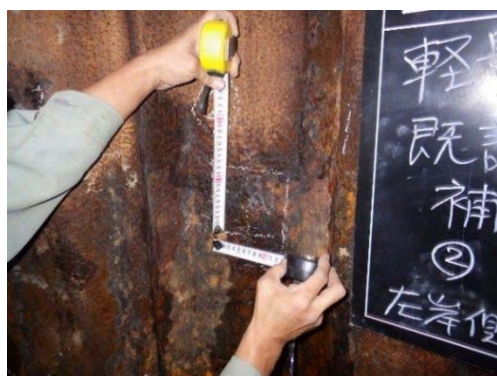


写真 5.1-11 当て板溶接による
開孔処理（例）

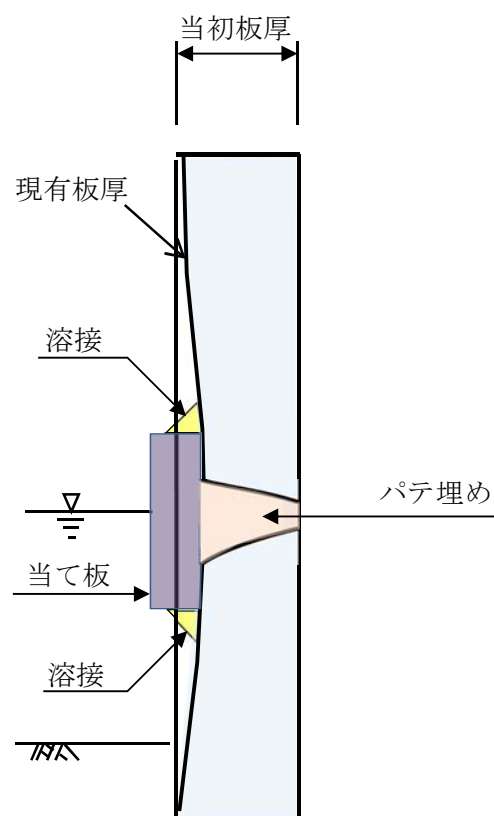


図 5.1-3 開孔処理のイメージ

5.2 補修工法の施工

5.2.1 有機系被覆工法

有機系被覆工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法によって、施工手順が多少異なる場合がある。

- (1) 準備工
- (2) 素地調整工
- (3) 開孔処理工
- (4) 浸出水処理工
- (5) 被覆防食工
- (6) 端部処理工
- (7) 養生工

【解 説】

(1) 準備工

準備工については、「5.1.1 準備工」を参照されたい。

表面塗装・被覆材の計量、練り混ぜ及び塗布作業を行う施工現場では、あらかじめシート等で養生して作業を行う。特に、吹付け工法では、ミストの飛散が多いため養生により周辺環境への配慮が必要である。



写真 5.2-1 ビニールシート養生設置（例）



写真 5.2-2 ビニールシート養生設置（例）

(2) 素地調整工

素地調整工については、「5.1.2 素地調整工」を参照されたい。

(3) 開孔処理工

開孔処理工については、「5.1.3 開孔処理工」を参照されたい。

(4) 浸出水処理工

素地調整を行うことで、鋼矢板水路の表面のさび、黒皮は除去されるが、継手部はその構造特性からさびを完全に除去することが困難である。さらに、継手部には空隙があるため地下水位が高い場合、背面から水が供給され、腐食が進行することで塗膜の膨れ、剥がれ等が生じる可能性がある。

よって、既設鋼矢板水路の継手部等から浸出水が見られる、又は想定される場合は、事前に止水処理又は導水処理を行う。

継手部背面からの浸出水が想定される場合は、弾性シーリング材を充填する止水処理工、打込式ウィープホールや弾性シーリング材（又は水中ボンド）を活用した背面水の排除を行う導水処理工が考えられるが、止水処理工を行うことで新たな場所で浸出水が発生することがあるため、対象施設の状態に応じて適宜検討する必要がある。



写真 5. 2-3 継手部への弾性シーリング材の充填（例）

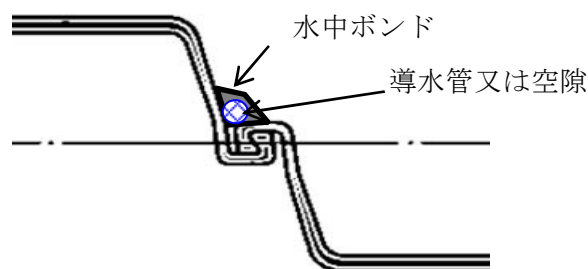


図 5. 2-1 水中ボンドを活用した継手部に沿った導水処理（例）

浸出水処理工に使用する材料・工法（打込み式ウィープホールを除く）に関する現場での適用実績が少ないことから、現時点で品質規格を定めることは困難であるが、付着性、止水性や長期耐久性に優れた材料を選定することが望ましい。

(5) 被覆防食工

有機系被覆工法による被覆防食工には、塗付け工法と吹付け工法の２種類がある。

用いる工法によって使用する材料が異なるため、施工仕様（設計・工法の特徴）を確認する。

① 気象条件の把握

気温が低い場合は、乾燥までの時間を要し、腐食性物質の付着や気象の急変などによる影響を受けやすくなる。また、補修材料の粘度が増大し、施工性も低下する。

湿度が高い場合は、結露が生じやすく、結露した面に補修材料を塗装又は被覆すると、分離等の原因になりうる。なお、結露は気温、湿度、既設鋼矢板の鋼材面温度の関係が露点条件を満たす時に生じるため、施工着手時及び施工中、これらの測定又は把握を行い、結露の可能性を予知する必要がある。

以上のことを考慮し、次に示す条件となる場合には補修工法の施工を行ってはならない。

- i) 塗料ごとに許容される気温・湿度・鋼材温度を外れるとき
- ii) 塗装表面が結露しているとき、又は結露のおそれがあるとき
- iii) 風が強いとき又は塵埃が多く、かつ防護施設を設けていない場合
- iv) 塗料の乾燥前に降雪、降雨、降霜又は霧のおそれがある場合

また、併せて補修工法の施工を行う既設鋼矢板の鋼材面が乾燥状態であることを確認しておく。鋼材面が湿潤状態である場合、ジェットヒーター等により乾燥状態にする必要がある。

② 防食下地工

防食下地（有機ジンクリッチペイント）は、素地調整後直ちに塗装する。刷毛・ローラー、スプレーにより施工されるが、工法により推奨される施工方法、施工機種、塗装間隔時間が異なる。



写真 5.2-4 防食下地材の塗布（例）

③ プライマー工（下塗り工）

工法の仕様により、既設鋼矢板と塗装・被覆材の付着力を確保するため、専用のプライマーを使用する。なお、工法によって各工程の標準使用量や施工方法が異なることがあるため、十分な注意が必要である。

また、プライマーを塗布するに当たり、既設鋼矢板表面をブローア等で乾燥させる。



写真 5.2-5 プライマー工（例）

④ 中塗り工

i) 配合及び練り混ぜ

主材、硬化材及び粉体などの配合は、製造業者の仕様を遵守する。材料の練り混ぜは、ハンドミキサー等を用い、気泡の巻き込みが少ないように注意しながら混合する。

なお、吹付け工法で塗装機を用いて施工する場合は、塗装機の設定は材料製造業者の仕様を遵守する。

ii) 中塗り材塗布

塗付け工法では、表面塗装・被覆層は塗に残し、ピンホール、気泡、ムラが生じないようにローラー、金ゴテ、専用塗装機等で入念に塗布する。また、設計膜厚に応じて塗装回数を調整する。

吹付け工法では、専用塗装機を用いて吹付ける。表面塗装・被覆層を吹付けで膜厚を均一に施工するため、実施箇所を区割りし、これに要する表面塗装・被覆材の量を算出して区割り塗装する等の施工管理が必要である。

表面塗装・被覆材の塗り重ね時間間隔は、製造業者の仕様を遵守する。



写真 5. 2-6 塗付け（例）



写真 5. 2-7 吹付け（例）



写真 5. 2-8 吹付け用専用塗装機（例）

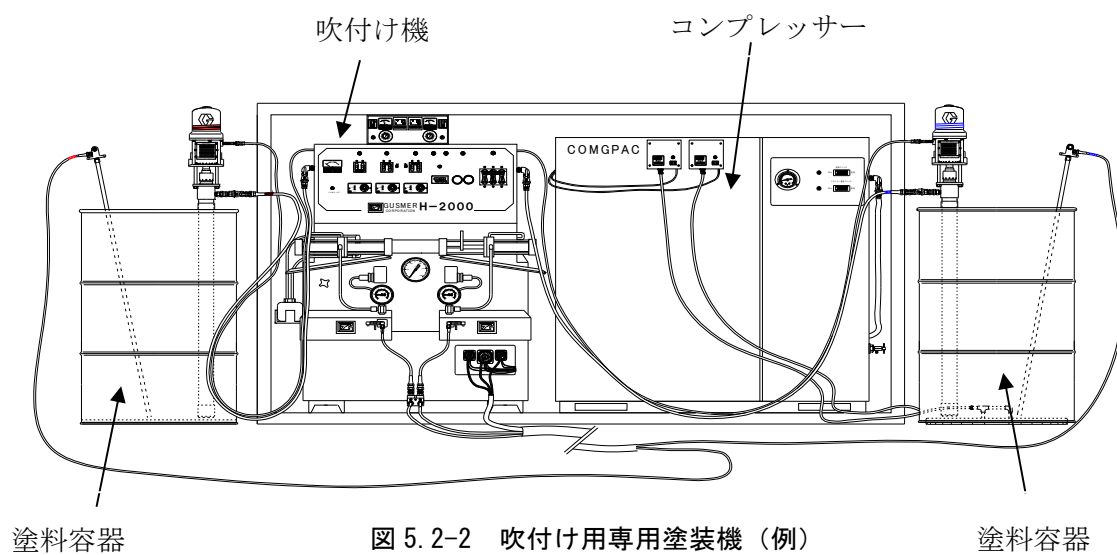


図 5. 2-2 吹付け用専用塗装機（例）

⑤ 上塗り工、仕上げ工

上塗りに当たって、被塗装面、塗膜の乾燥及び清掃状態を確認したうえで行わなければならない。

海岸地域、大気汚染の著しい地域などの特殊環境における塗装については、素地調整終了から上塗り完了までを速やかに行わなければならない。

工法の仕様により上塗り材、仕上げ材を塗布する。



写真 5.2-9 上塗り材塗布（例）

(6) 端部処理工

鋼矢板水路の腐食は水と酸素の影響が大きいことから、水位変動部での変状の程度が大きく、その上下では小さいことが多い。このため、有機系被覆工法の施工範囲を水位変動部付近に限定して行う場合もある。

このような場合、弾性シーリング材等により被覆防食材端部を保護することも考慮する。材料の選定に当たっては、水中環境に曝されるため、長期耐水性及び止水性を有した適切な材料とすることが重要である。

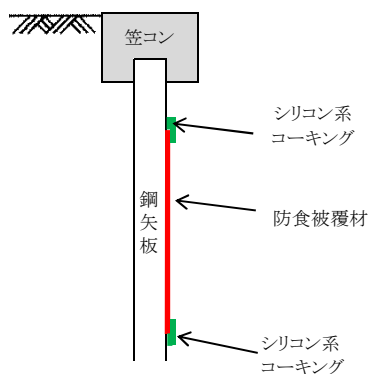


図 5.2-3 端部シーリング模式図



写真 5.2-10 端部のシーリングによる保護（例）

(7) 養生工

表面塗装・被覆工の後、表面被覆層が使用に耐える状態になるまで、表面塗装・被覆層が雨や結露等の影響を受けることがないように適切に養生する。

養生工については、「5.1.1 準備工 (3) 仮設養生工」を参照されたい。

5.2.2 パネル被覆工法

パネル被覆工法の標準的な施工手順を次に示す。

なお、材料・工法の相違によって、施工手順が多少異なる場合がある。

- (1) 準備工
- (2) 素地調整工
- (3) 開孔処理工
- (4) 浸出水処理工
- (5) 基礎工
- (6) パネルの組立て
- (7) 目地工
- (8) 裏込めコンクリートの打設
- (9) 養生工

【解 説】

(1) 準備工

準備工については、「5.1.1 準備工」を参照されたい。

(2) 素地調整工

素地調整工については、「5.1.2 素地調整工」を参照されたい。

(3) 開孔処理工

開孔処理工については、「5.1.3 開孔処理工」を参照されたい。

(4) 浸出水処理工

鋼矢板の継手部には空隙があるため、地下水位が高い場合、背面から水が供給される場合がある。

パネル被覆工法の場合、浸出水により既設鋼矢板が湿潤状態であった場合でも裏込めコンクリートの打設が可能である（打設時の側圧により止水される）。このため、裏込めコンクリートの打設に支障がある流水状の漏水を対象に導水工を行う。

導水処理は打込式ウィープホールや弾性シーリング材（又は水中ボンド）を活用した（5.2.1 (4)を参照）背面水の排除等の対応が考えられるが、対象施設の状態に応じて適

宜検討する必要がある。



写真 5. 2-11 ウィープホールによる導水処理（例）

(5) 基礎工

パネル及び裏込めコンクリート設置のため、基礎材（再生クラッシャーラン等）を敷きならし、コンパクターで充分締固め、所定の厚さと幅に仕上げる。

材料分離が発生しないよう均しコンクリートを打設・養生する。

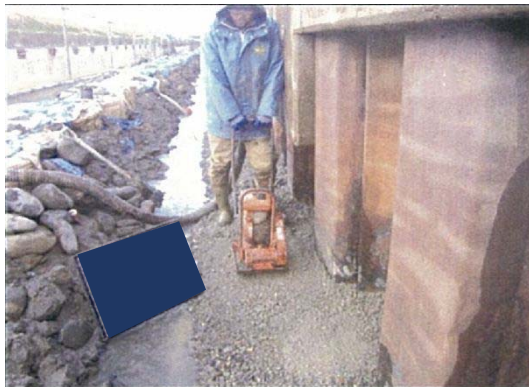


写真 5. 2-12 基礎碎石工（例）



写真 5. 2-13 均しコンクリート工（例）

(6) パネルの組立て

製品専用の連結治具を用いてパネルを組立て、接続金具の溶接により鋼矢板に固定する。接続金具の溶接長は、製造業者の仕様を遵守する。また、溶接部は必要な溶接長を計測確認し、目視・打音等により溶接部が確実に接続されていることを確認する。



写真 5. 2-14 パネルの組立て（例）



写真 5. 2-15 接続金具の溶接（例）



写真 5. 2-16 接続金具の溶接（例）

(7) 目地工

パネル被覆工法に使用する目地は、既設笠コンクリートの目地とズレがあるとパネルにひび割れが発生しやすくなるため、既設笠コンクリートの目地と同位置に設けることが望ましい。

また、目地から水・酸素が侵入すると既設鋼矢板が腐食し、パネルや裏込めコンクリートにも悪影響を与える危険性があることから、止水性や付着性、伸縮追従性等の性能を有した適切な目地材を用いることが重要である。

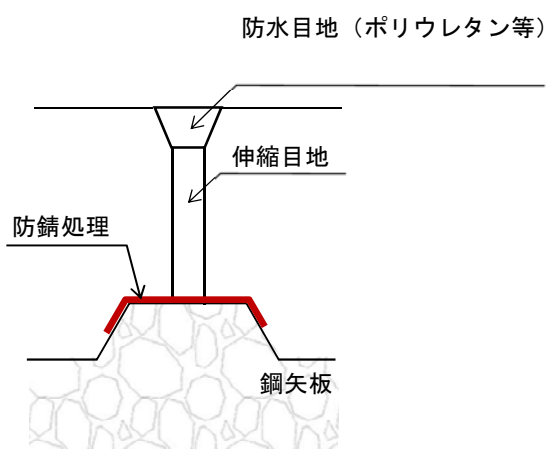


図 5. 2-4 目地の設置例



写真 5. 2-17 伸縮目地の設置状況

(例)

(8) 裏込めコンクリートの打設

上部のコンクリート投入口からパネルと鋼矢板の隙間にコンクリートを打設する。なお、コンクリート投入口が確保できない場合は、既設笠コンクリートを削孔し、裏込めコンクリートを打設する。削孔部は無収縮モルタル等で復旧する。

<裏込めコンクリート打設の一般的な留意点>

- ・ひび割れ防止のため、コンクリートの打ち重ね位置は、パネルの継目付近に合わせる。
- ・既設笠コンクリートを削孔して裏込めコンクリートを打設する場合、鋼矢板とパネル材の接続金具がバイブレータを用いた締固め作業の支障となり充填不良となることが懸念される。この場合は、削孔間隔や高流動コンクリートを使用することを検討する。
- ・なお、パネル材は施工上の型枠としての機能を有し、裏込めコンクリートの充填に伴いパネル材に側圧が発生することから、打設高さ等に応じた固定材の強度に留意する必要がある。



写真 5.2-18 上部のコンクリート投入口からの打設（例）



写真 5.2-19 笠コンクリート削孔部からの打設（例）

(9) 養生工

コンクリート打込み後、低温、乾燥、急激な温度変化による有害な影響を与えないこと、また、硬化中に振動、衝撃及び荷重を加えないように適切に養生する。

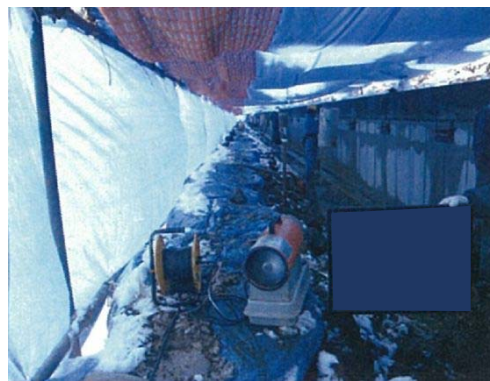


写真 5.2-20 ジェットヒーターによる養生工（例）

第6章 対策工事の施工管理と完成検査

6.1 施工計画

鋼矢板水路の対策工法に求められる要求性能を満足する品質及び出来形を確保するため、施工過程の各段階において各々の品質を確認することが重要である。施工計画時には施工計画書、材料承諾書、保管管理、対策範囲の確認を行う。

【解 説】

対策工事実施時に施工計画書、材料承諾書、保管管理、対策範囲について、良質な工事目的物を完成させるために必要な事項を確認する。対策工事の施工前に必要となる主な事項を図 6.1-1 に示す。

	内容	根拠規定等
施工計画書	1) 工事概要 2) 計画工程表 3) 現場組織表 4) 主要機械 5) 主要資材 6) 施工方法 7) 施工管理計画 8) 緊急時の体制及び対応 9) 交通管理 10) 安全管理 11) 仮設備計画 12) 環境対策 13) 再生資源の利用の促進と建設副産物適正処理方法 14) その他	土木工事共通仕様書第1-1-5条に規定
材料承諾書	材料の見本又は資料の提出	土木工事共通仕様書第2-1-2条に規定 特別仕様書に規定
	材料の試験及び検査	土木工事共通仕様書第2-1-3条に規定 特別仕様書に規定
保管管理	工事に使用する材料を、受入検査確認後現地で貯蔵保管する際は、品質規格を満足する性能を維持できるように保管しなければならない。	土木工事共通仕様書第2-1-4条に規定
対策範囲の確認	対策範囲は設計図書により、対策工法等を行う位置及び範囲を確認する。 設計図書に記載のない、変状等の対象範囲が確認された場合は、図面・写真等に整理し、その対応について協議する。	土木工事共通仕様書第1-1-3条に規定

図 6.1-1 施工前に必要となる主な事項

6.1.1 施工計画書

工事着手前に、工事目的物を完成させるために必要な手順や工法等を記載した施工計画書の内容を確認する。また、施工中においては、記載内容の遵守を確認する。

【解 説】

施工計画とは、図面・仕様書などに定められた工事目的物をどのような施工方法・段取りで所定の工期内に適正な費用で安全に施工するか、工事途中の管理をどうするかなどを定めるものであり、工事の施工及び施工管理の最も基本となるものである。

補修工事においても、施工計画は工事施工全般の基本となるものであり、工事の内容・契約条件・現場の状況などを十分調査・把握し、工事目的物の品質の確保（出来形管理・品質管理）、工期の厳守（工程管理）、費用の軽減（原価管理）、安全の確保（安全管理）などについて工事目標を達成させることを念頭において計画を作成しなければならない。

土木工事共通仕様書 第 1-1-5 条に、施工計画書の提出義務と記載内容について、次のように規定されている。

1-1-5 施工計画書

1. 受注者は、工事着手前に工事目的物を完成するために必要な手順や工法についての施工計画書を監督職員に提出しなければならない。

受注者は、施工計画書を遵守し工事の施工に当たらなければならない。この場合、受注者は、施工計画書に次の事項について記載しなければならない。また、監督職員がその他の項目について補足を求めた場合には、追記するものとする。ただし、簡易な工事においては、監督職員の承諾を得て記載内容の一部を省略することができる。

- | | |
|----------------|---------------------------------|
| (1) 工事概要 | (9) 交通管理 |
| (2) 計画工程表 | (10) 安全管理 |
| (3) 現場組織表 | (11) 仮設備計画 |
| (4) 主要機械 | (12) 環境対策 |
| (5) 主要資材 | (13) 再生資源の利用の促進と建設
副産物適正処理方法 |
| (6) 施工方法 | (14) その他 |
| (7) 施工管理計画 | |
| (8) 緊急時の体制及び対応 | |

2. 受注者は、施工計画書の内容に重要な変更が生じた場合、変更に関する事項について、その都度当該工事に着手する前に変更施工計画書を提出しなければならない。
3. 受注者は、監督職員が指示した事項について、さらに詳細な施工計画書を提出しなければならない。

出典：「土木工事共通仕様書 第 1 編共通編 第 1 章総則 1-1-5 施工計画書」

6.1.2 材料の承諾

(1) 見本・資料の提出

対策工事に使用する材料（工法）は、見本、カタログ、試験成績書等により、使用前に要求性能を満足していることを確認した後承諾するものとする。また、原則として写真撮影等の自主検査を行うものとする。

(2) 材料（工法）の品質試験

工事に使用する材料（工法）の要求性能は、適正に実施された試験の結果により確認しなければならない。

【解 説】

(1) 見本・資料の提出

鋼矢板水路の対策工事に使用する材料（工法）は、設計図書に示す品質規格を満足するものでなければならない。設計図書が示すものについては、土木工事共通仕様書「2-1-2 材料の見本又は資料の提出」に基づき、使用前に、見本、カタログ、試験成績書等を提出し、監督職員の承諾を得るものとする。また、現場搬入時、受注者において検査を実施し、記録に残すものとする。

なお、設計図書及び監督職員が指示するものについては、土木工事共通仕様書「2-1-3 材料の試験及び検査」に基づき、使用前に監督職員立会いの下、検査又は試験を行い、その結果を記録、報告しなければならない。

表 6.1-1、表 6.1-2 に材料の試験及び検査の例を示す。

表 6.1-1 有機系被覆工法における材料の試験及び検査の例

材料名	試験及び検査	時期
素地調整用研削材	品名・製造番号・製造年月・材質（ミルシート試験成績書等）・外観・数量	承諾時 現場搬入時
被覆材 （塗装用樹脂）	品名・製造番号・製造年月・材質（試験成績書等）・外観・数量	

表 6.1-2 パネル被覆工法における材料の試験及び検査の例

材料名	試験及び検査	時期
パネル材 (二次製品コンクリート板、 レジンコンクリート板)	品名・製造番号・製造年月・材質（試験成績書等）・外観・形状・寸法	承諾時 現場搬入時
固定材料 (接続金具、棒鋼)	品名・製造番号・製造年月・材質（試験成績書等）・外観・形状・数量・寸法	
裏込材 (コンクリート材)	材料（セメント、骨材、混和剤）・規格（強度、スランプ、水セメント比等）	
パネル目地材 (樹脂系目地材等)	品名・製造番号・製造年月・材質（ミルシート等）外観・形状・寸法	

(2) 材料（工法）の品質試験

適正な試験結果を得るためには、適切に管理された試験体制と試験機器により、日本工業規格（JIS）等の規格書に基づき、正しい手順で試験を行う必要がある。

対策工法に使用する材料（工法）の品質規格は、公的機関等の第三者機関において実施される試験、又は立会試験により照査された結果で確認するものとする。

公的機関などの第三者機関とは、ISO/IEC17025 の要求事項を満たす JNLA 登録試験所、大学、農研機構農村工学研究部門、土木研究所などの試験機関を示す。

材料・工法の品質試験のうち、JIS や JSCE 等に規格化されている試験を引用、もしくは準用しているものについては、ISO/IEC 等に基づき試験機関としての一定の水準を満たした機関で実施するものとする。

立会試験とは、試験開発機関又は工事発注機関の立会いの下に行う試験とし、適正に校正された計測機器により行わなければならない。

立会試験は、補修材料の品質試験のうち JIS 及び JSCE 等に規格化されていない試験を想定しており、試験の開発機関の監修のもと整備した試験方法（案）により実施するものや、試験条件が未整備なもの、その他、監督職員が必要に応じて行う確認を想定している。

6.1.3 材料の保管及び搬送・搬入

(1) 材料の保管

受注者は、対策工事に使用する材料を受入検査確認後、現地で貯蔵保管する際は、補修の要求性能を満足する品質規格を維持できるように十分留意しなければならない。

(2) 材料の搬送・搬入

受注者は、対策工事に使用する材料を使用箇所に搬送・搬入する際、補修の要求性能を満足する品質規格を維持できるように十分留意しなければならない。

【解 説】

(1) 材料の保管

対策工事に使用する材料は、雨水や湿気による吸湿及び温度変化や直射日光の照射により品質が劣化するおそれがある。このため、土木工事共通仕様書「2-1-4 材料の保管管理」に基づき、材料の特性に留意して保管しなければならない。

(2) 材料の搬送・搬入

対策工事に使用する材料を、工事現場内において使用箇所に搬送・搬入する際は、吸湿や温度変化及び衝撃による損傷等が生じないように留意して行わなければならない。

6.1.4 対策範囲の確認

受注者は、対策位置図等の設計図書により、対策位置及び範囲を確認する。

【解 説】

土木工事共通仕様書「1-1-3 設計図書の照査等」に基づき、設計図書と現地の照査を行うものとする。設計図書に記載のない、腐食等の劣化が確認された場合には、図面・写真等に整理し、その対応について監督職員と協議するものとする。

鋼矢板水路の対策工事においては、非かんがい期に実施する 경우가多く、施工期間に制約がある場合が多いため、工事の全容を早期に把握することにより、工程管理に反映させる必要がある。

6.2 施工管理

(1) 施工管理

施工管理は、鋼矢板水路の対策工法に求められる要求性能を満足する品質及び出来形を確保するよう、各工法の特性を踏まえ、適切に行わなければならない。そのため、施工過程の各段階において適切な管理を実施しなければならない。

(2) 施工管理の記録

施工後の維持管理及び将来の保全のために、施工管理の記録を保持しなければならない。

【解 説】

(1) 施工管理

施工管理の基本構成は、図 6.2-1 に示すとおりである。

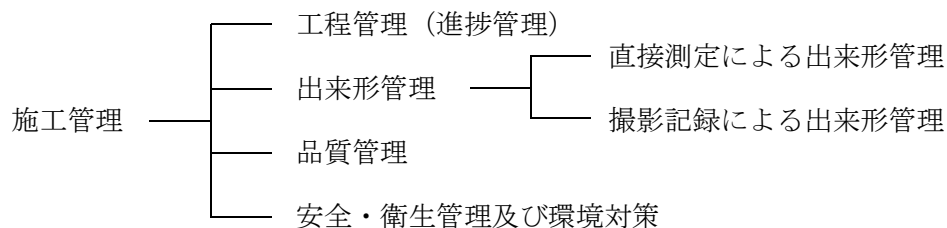


図 6.2-1 施工管理の基本構成

鋼矢板水路の対策工法には、各工法の特性があり、要求性能を満足する施工品質及び出来形を確保するため、材料及び工法の特徴や施工における留意事項を理解し、適切に施工しなければならない。

その際、表 6.2-1 に示す基準等のほか、発注契約における特別仕様書等に基づき、適切な施工管理を行う必要がある。

表 6.2-1 補修工事の施工管理において準拠すべき基準等

基準等	備 考
土木工事共通仕様書	農林水産省農村振興局 制定
土木工事施工管理基準	農林水産省農村振興局 制定

(2) 施工管理の記録

対策工事の施工の際、適宜、施工管理の記録を残すものとする。施工後における施設の維持管理の情報は、モニタリングにより得られた情報と併せて蓄積し、将来の保全管理に役立てるため、適切に記録し、必要なタイミングで活用できるように記録を保管しておくことが重要である。

6.2.1 出来形管理

(1) 直接測定による出来形管理

工事の出来形を把握するため、工作物の寸法、基準高等の測定項目を施工順序に従い直接測定し、その都度、結果を管理方法に定められた方式により記録し、常に適正な管理を行うものとする。

(2) 撮影記録による出来形管理

出来形測定、品質管理を実施した場合、又は、施工段階（区切り）及び施工の進行過程が確認できるよう撮影基準等に基づいて行い、常に適正な管理を行うものとする。

【解 説】

(1) 直接測定による出来形管理

出来形管理は、工事で施工された目的物が、発注者の意図する契約条件に対して、どのように施工されているかを調べ、条件に不満足なものを早期に発見し、原因を追求して改善を図ることを目的とする。

鋼矢板水路の対策工事における直接測定による出来形管理は、工作物の形状寸法等を施工の順序に従い直接測定して設計値と実測値を対比・記録し、測定の都度、管理図表、結果一覧表又は構造図に朱記、併記等を行う。なお、測定値は管理基準値に対するバラツキの度合いを管理し、バラツキが大きい場合は適切な是正措置を講じるものとする。

以上から、土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における測定基準、管理基準値及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。

1) 管理を行う測点の選定

施工計画書に定める管理測点は、現場条件を考慮した上で選定する。

2) 管理基準値

管理基準値は、測定値が規格値の範囲内に収まるよう、受注者が実施する施工管理の目標値とするものである。

3) 規格値

規格値は、設計値と出来形測定値、試験値との差の限界値であり、測定・試験値は全て規格値の範囲内にななければならない。

4) 管理方式

出来形管理は、規格値に対する“ゆとり”と出来形数量確認の2つの目的で実施され、工事完成後において目的物を発注者に引き渡すためのデータとして不可欠なものである。管理方式は、以下のように分類される。

管理方式	{	管理図表によるもの……………	管理値が 20 点（測定数）以上の場合
		結果一覧表によるもの……………	管理値が 20 点（測定数）未満の場合
		構造図に朱記するもの……………	管理値が箇所単位の場合
		記録を要しないもの……………	管理基準の測定項目になっていない場合

(2) 撮影記録による出来形管理

対策工事の撮影記録による出来形管理は、施工完了後、確認できない箇所の出来形・出来高数量、施工の状態等、施工段階ごとの進行過程を写真により確認するために行う。

よって、撮影記録による出来形管理箇所は、原則として直接測定による出来形管理の場合と同一箇所を選定するものとする。

土木工事施工管理基準及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、各施工段階における撮影基準、撮影箇所等を定め、これに従って管理しなければならない。そのほか、以下の点に留意し、工事写真の保管と管理を適切に行うものとする。

1) 撮影内容の表示

撮影に当たっては、形状・寸法及び位置が判明できるよう黒板とスタッフ、ノギス等を目的物に添えるものとする。黒板には、撮影日、測点、設計寸法、実測寸法及び略図を記入する。

2) 拡大写真

ある箇所の一部分を拡大して撮影する必要がある場合は、その箇所の全景を撮影した後、拡大撮影する部分の位置が確認できるように撮影する。

6.2.2 品質管理

工事の品質を確保するため、材料の品質及び施工段階での品質について、試験を実施し、その都度、成果を管理方法に定められた方式により記録し、常に適正な管理を行うものとする。

【解 説】

品質管理は、施工管理の一環として、工程管理、出来形管理と併せて行い、統計的手法を応用して問題点や改善の方法を見だし、所期の目的である工事の品質、安定した工程及び適切な出来形を確保するものである。

鋼矢板水路の対策工法では、使用する材料・工法の材料品質や現場における施工段階ごとの施工品質について、各々の試験（測定）の試験項目、試験方法、試験基準、規格値、測定値の管理手法等を定め、それに従って管理を行うことや、上記の試験基準等を守るために、施工における作業方法や手順、注意事項等に関する規定を定めることも含まれる。

上記から、土木工事施工管理基準、土木工事共通仕様書及び特別仕様書に基づき、あらかじめ施工計画書に、材料品質及び各施工段階における施工品質の試験基準及び規格値を定め、これに従って管理しなければならない。

なお、品質管理における試験及び測定値は全て、上記により定めた規格値の範囲内にななければならない。

6.2.3 安全・衛生管理

労働災害はもとより、物件損害等の未然防止に努めるため、関連仕様書の定めるところに従い、その防止に必要な措置を行うものとする。

(1) 鋼矢板水路対策工法における安全管理

- 1) 有資格者の適正配置
- 2) 作業に適した保護具の着用
- 3) 施工前の安全対策（情報収集）
- 4) 施工時の安全対策
- 5) 周辺環境への対策
- 6) 災害防止

(2) 供用中の施工における排水対策

(3) 安全に関する研修、訓練

【解 説】

(1) 鋼矢板水路対策工法における安全管理

1) 有資格者の適正配置

- ① 塗料等の取り扱い等作業主任者（工法による）

2) 作業に適した保護具の着用

- ① 素地調整等の作業時は、必ず保護服、保護メガネ、防塵マスクを着用する。
- ② 塗料等の化学薬品を使用する場合は、化学防護手袋、保護服、保護メガネ等を着用し、作業時に化学薬品に直接触れることや化学薬品の飛散による労働災害を防止する。
- ③ 溶接の作業時は、労働安全衛生法によって定められた溶接等の業務に係る特別教育を受講する必要がある。溶接作業の内容に応じ、適切な保護具の装着が義務付けられている。

3) 施工前の安全対策（情報収集）

- ① 施工路線への排水流入及び上流部に位置するポンプ場等の施設の有無を把握する。
また、ポンプ場がある場合は、管理者の協力を得て停止処置を行う。
- ② 当日の気象情報を天気予報等より把握し、排水路への流入量を把握しなければならない。仮設水路等から越水する危険がある場合は作業を行わない。

4) 施工時の安全対策

- ① 作業ヤードへの浸入水等の異変を確認した場合又は予想される場合には、直ちに作業を中断し、避難する。

5) 周辺環境への対策

- ① 素地調整材や被覆材の飛散防止を図る。

6) 災害防止

① 緊急時に備え救出用装備、救出方法等の訓練を実施する。

(2) 供用中の施工における排水対策

水路内で作業をする場合は、たとえ短時間の作業でも、直前の調査や情報確認、緊急退避方法の周知徹底等を行わないで作業員が水路内に入ることや、増水の予想されるときに作業を行うことを強行しない。

作業中も常時緊密に連絡を取り合う体制を確保する。また、現場状況に応じて救命胴衣を着用し、安全帯や作業範囲をカバーできる長さの命綱の設置を行う。

(3) 安全に関する研修、訓練

労働安全関係法令に基づく安全活動の実施とともに、現場作業の安全を確保するため、「KYK」（危険予知活動）や「TBM」（ツールボックスミーティング）の励行を求める。

なお、安全に関する研修、訓練としては、下記のとおり考えられる。

- 1) 安全活動のビデオ等視聴覚資料による安全教育
- 2) 工事内容等の周知徹底
- 3) 土木工事等施工技術安全指針等の周知徹底
- 4) 工事における災害対策訓練
- 5) 工事現場で予想される事故対策
- 6) その他、安全・訓練等として必要な事項

6.2.4 環境対策

施工時における環境対策に関する管理事項は、以下のとおりである。

- (1) 粉塵対策
- (2) 臭気対策
- (3) 騒音・振動対策

【解 説】

(1) 粉塵対策

清掃・素地調整等には、シート等にて施工箇所を囲うとともに粉塵、ケレンかすを飛散させないように必要な措置を行う。

(2) 臭気対策

材料に使われる塗料による臭気については、十分な対策・処置を行うものとする。

(3) 騒音・振動対策

作業に当たっては、騒音規制法、振動規制法、労働安全衛生法及びその他条例、基準を遵守する。

なお、届け出が必要な場合、あらかじめ関係官公庁に所定の様式により届出資料を提出し、騒音・振動の発生を抑える機種を採用や防音対策等の対策を実施する必要がある。

工事区域と民家及び公共施設の距離を測定し、必要に応じて作業時間の制限や騒音・振動を測定させる。

6.3 有機系被覆工法の施工管理

6.3.1 有機系被覆工法の材料の承諾及び保管管理

使用材料は、監督職員の承諾を得ることとする。材料種別ごとに、現行の設計図書に示す品質規格を満足していることを確認する。また、適正に保管管理を行う。

【解 説】

(1) 材料の承諾

塗料品質の確認は、塗料製造業者の規格試験成績書によって行うことができる。なお、使用する塗料が複数の製造ロットにわたる場合は、製造ロットごとに規格試験成績書が必要である。

(2) 材料の保管及び搬送・搬入

塗料は、塗料缶内に密封されているので品質の変化は生じ難いが、保管期間が長期にわたる場合は、品質の変化が生じるおそれがあるので注意が必要である。

その他、保管に当たっては、以下の内容に留意する。

- ・ 塗装材に引火の危険性がある可燃性物質や有害物質が含まれている場合には、運搬や保管に際して爆発や中毒をおこさないように関連法規を遵守し、安全管理に十分配慮しなければならない。
- ・ 塗装材は、直射日光を避け、ゴミ、雨などを避けることができる保管場所を確保し、保管する。

6.3.2 有機系被覆工法の出来形管理及び品質管理

有機系被覆工法の施工管理においては、次の項目について確認を行う。

(1) 出来形管理

出来形管理は、製造業者の施工要領に従い、素地調整程度、仕上がり厚さ、外観、面積等の管理を行う。

(2) 品質管理

品質管理は、付着強度試験を行う。

【解 説】

既設鋼矢板に施工する有機系被覆工法は、施工対象箇所の変状の全てが同一であるとは限らないため、全ての箇所が異なった状態にあると考えて対処することが必要である。製造業者の施工要領に示された施工方法の限界を考慮・検討し、関係者間の連絡を緊密に行い、承諾の下で最適な方法で施工するために、施工管理を行うことが必要である。

(1) 出来形管理

工事の出来形を確保するため、直接測定による出来形管理として、素地調整の除錆度、塗膜厚、工作物の寸法、基準高、数量及び外観等を確認する。

記録は誤りのないように写真とともに保管する。

巻末資料に、①直接測定による出来形管理と②撮影記録による出来形管理の方法を示す。

(2) 品質管理

所定の施工サイクルが適切に遂行されることに加え、目的である防食が遂行されたか否かを確認するために付着強度試験を行う。

付着強度試験は、JIS K 5600-5-7 塗膜の機械的性質-付着性（プルオフ法）により評価する。測定位置を清浄にした後、接着剤を用いて治具を貼り付け、端子周辺の塗膜に切り込みを入れる。そして、引張試験機を用いて、端子が分離した際の張力を計測する。



写真 6.3-1 付着強度試験による品質管理（例）

(参考) 有機系被覆工法の施工管理概要

施工工程	施工管理の内容
準備工	品質管理 材料の品質を試験成績表で確認する。
↓	
素地調整工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 JIS Z 0313「素地調整用ブラスト処理面の試験及び評価方法」に基づき、記録する。
↓	
開孔 処理工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
浸出水処理工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
被覆防食工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
端部処理工	出来形管理 仕上がり状況を施工箇所・部位ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
養生工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 養生期間を測定し、材料ごとの指定期間以上であることを点検し、記録する。 品質管理 頻度を設けて付着強度を測定し、記録する。
↓	
完成	

6.4 パネル被覆工法の施工管理

6.4.1 パネル被覆工法の材料の承諾及び保管管理

使用材料は、監督職員の承諾を得ることとする。材料種別ごとに、設計図書に示す品質規格を満足していることを確認する。また、適正に保管管理を行う。

【解 説】

(1) 材料の承諾

1) 材料の品質確認

パネル材、接続金具の品質確認は、パネル製造業者の規格試験成績書によって行うことができる。また、目地材については、設計図書に示す品質規格を満足するもので、裏込めコンクリートの膨張収縮に順応し、かつ耐久性に優れたものとする。

(2) 材料の保管及び搬送・搬入

1) パネル材

パネルの保管に当たっては、以下に留意する。

- ・パネルの荷下ろしは、衝撃等で傷つけないようにシート等で保護する。
- ・パネルの保管は、不陸のない平坦な保管場所を選び、危険が及ばない程度に積み重ねる。保管中は損傷を防止するため、シート等で保護することを推奨する。

2) 裏込めコンクリート

裏込めコンクリートの運搬は、トラックアジテータによることを原則とし、練混ぜから打設終了の時間を確認する。以下に運搬時間の限度の目安を示す。

表 6.4-1 運搬時間の限度の目安

練混ぜから打設終了までの時間	
外気温が 25℃を超えるとき	1.5 時間
外気温が 25℃以下のとき	2.0 時間

出典：「土木工事共通仕様書」

6.4.2 パネル被覆工法の出来形管理及び品質管理

パネル被覆工法の施工管理においては、次の項目について確認を行う。

(1) 出来形管理

出来形管理は、製造業者の施工要領に従い、仕上がり厚さや寸法、外観等の確認を行う。

(2) 品質管理

品質管理は、一体化性の確認のために溶接長の確認等を行う。

【解 説】

既設鋼矢板に施工するパネル被覆工法は、施工対象箇所の変状の全てが同一であるとは限らないため、全ての箇所が異なった状態にあると考慮して対処することが必要である。製造業者の施工要領に示された施工方法の限界を考慮・検討し、関係者間の連絡を緊密に行い、関係者の承諾の下で最適な方法で施工するために、施工管理を行うことが必要である。

(1) 出来形管理

工事の出来形を確保するため、直接測定による出来形管理として、素地調整工の程度、工作物の寸法、基準高、数量及び外観等を確認する。

記録は、誤りのないように写真とともに保管する。

巻末資料に、①直接測定による出来形管理と②撮影記録による出来形管理の方法を示す。

(2) 品質管理

接続金具固定方式では、製造業者より示された所定の溶接強度の品質管理のため、必要な溶接長を計測確認し、目視・打音等により溶接部が確実に接続されていることを確認する。

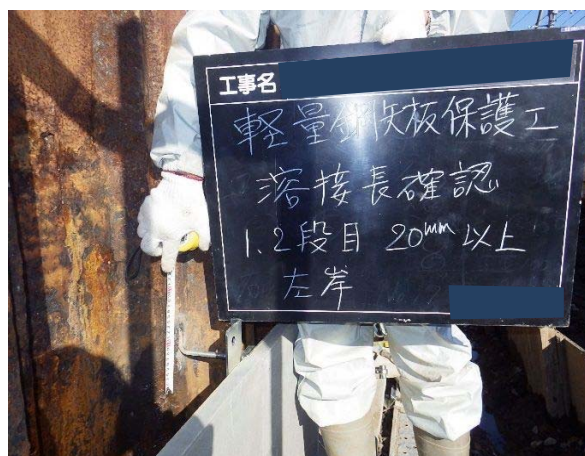


写真 6.4-1 溶接長確認による品質管理（例）

(参考) パネル被覆工法の施工管理概要

施工工程	施工管理の内容
準備工	品質管理 材料の品質を試験成績表で確認する。
↓	
素地調整工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 JIS Z 0313「素地調整用ブラスト処理面の試験及び評価方法」に基づき、記録する。
↓	
開孔 処理工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
浸出水処理工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
基礎工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
パネルの組立て	出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。 品質管理 溶接部は溶接長さの測定、接続金具は設置数等を、記録する。
↓	
目地工	出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
裏込めコンクリートの打設	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
養生工	施工環境 最低・最高気温、湿度を記録する。 養生期間を測定し、材料ごとの指定期間以上であることを点検し、記録する。 出来形管理 仕上がり状況を施工箇所ごとに測定又は目視点検し、記録する。
↓	
完成	

6.5 完成検査

工事後、関係書類に基づき、工事の実施状況、出来形及び品質について検査を実施するものとする。

【解 説】

工事の出来形及び品質の検査は、位置、出来形寸法、品質及び出来栄えについて、仕様書、図面その他関係図書と対比して行うものとする。

第7章 対策後のモニタリング

7.1 モニタリング

モニタリングは、施工後の状況変化、当初品質の維持状況を継続的に把握し、対策後の施設状態等を検証するものである。

モニタリングは、各対策工法の性能の発揮状況を確認できる調査及び外観目視を行うことで対策工法の要求性能を保持しているか否かの判定を行う。

【解 説】

本項では、有機系被覆工法とパネル被覆工法を対象にモニタリング手法、モニタリング結果の評価と判定例について記載する。

7.2 着目すべき変状

対策工法に生じる変状の形態や想定される発生要因は、工法・材料の特性により異なることから、モニタリングに当たっては、対象となる対策工法に特化した変状に着目する必要がある。

【解 説】

対策工法の要求性能の検証や、進行の有無、今後の再対策の必要性を検討するためには、対策工法に生じる変状形態と発生要因等を踏まえ、モニタリング時の着目点を明確にする必要がある。

既往の補修事例やモニタリング等の情報から、モニタリング時の参考として対策工法ごとに想定される変状形態と発生要因等について表 7.2-1、表 7.2-2 のとおり整理した。

表 7.2-1 有機系被覆工法の想定される変状形態と発生要因等（例）

変状形態	変状の状態	想定される変状要因
被覆の膨れ	被覆材が盛り上がって膨らんだ状態	接着不良や施工時の空気の巻き込み等の施工不良、湿潤面での施工による水分の気化、裏面からの被圧水
被覆の割れ	被覆材に裂け目・割れ目や欠損部がある状態	流下物（礫、流木等）の衝突等の物理的外力 紫外線による劣化
被覆の変色	被覆材が変色している状態	紫外線による劣化、苔や微生物の付着
被覆の剥がれ	浮き、膨れの状態であった被覆が母材から剥がれる状態	被覆材の変状に伴う付着力の低下や腐食因子の侵入
錆汁	母材である鋼矢板が腐食している状態	

表 7.2-2 パネル被覆工法の想定される変状形態と発生要因等（例）

変状形態	変状の状態	想定される変状要因
パネル材の欠損、ひび割れ	パネル材に欠損やひび割れがある状態	流下物（礫、流木等）の衝突等の物理的外力、笠コン目地位置等による応力集中
パネル材の摩耗	パネル材表面のコンクリートがすり減っている状態	流水や流下物（礫等）の衝突による摩耗
パネル材の分離、剥落	パネル材が裏込めコンクリートから一部又は完全に剥がれた状態	接続金具の溶接強度低下
目地部の劣化	目地材が硬化し、欠損やひび割れ、脱落が生じた状態	紫外線による劣化、裏込めコンクリートの伸縮、水掛かり
目地部の段差	目地部で段差やズレが生じている状態	局所的な土質不良、溶接強度低下
錆汁	母材である鋼矢板が腐食している状態	腐食因子の侵入

7.3 有機系被覆工法のモニタリング

有機系被覆工法のモニタリングは、目視及び簡易計測により実施する。また、モニタリング結果の評価は、モニタリングにより把握された変状度及び簡易計測結果に基づき判定する。

【解 説】

(1) モニタリング手法

有機系被覆工法のモニタリング手法は、目視と簡易計測（打音調査）のほか、必要に応じ付着力及び膜厚を測定する。

(2) 評価と判定

有機系被覆工法のモニタリング結果は、被覆材の変状程度と母材の腐食の有無に着目し表 7.3-1 の5段階に分類する。

また、要求性能を保持しているか否かの判定は、鋼材面の露出状況と母材の腐食状況に着目し、変状度に応じて実施する。

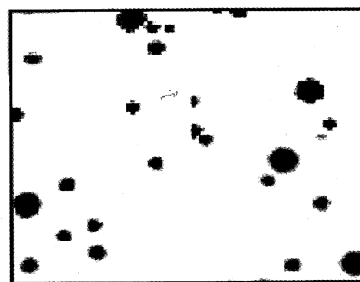
必要に応じて行う付着力及び膜厚に対する判定と評価方法は、表 7.3-2 及び表 7.3-3 のとおりである。

表 7.3-1 有機系被覆工法のモニタリング結果の判定と評価（例）

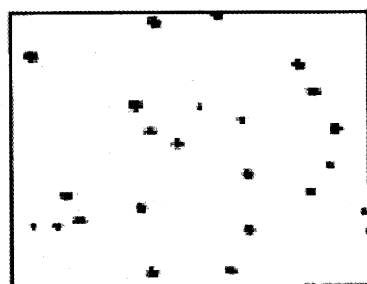
変状度	モニタリング（目視）結果	判 定	対応例
a	全面的に被覆の変状が著しく、鋼材が腐食している状態（錆汁あり） 変状面積率が10%以上である。	要求性能を保持していない（要求性能が著しく低下、又は低下している状態）。	必要に応じてモニタリング計画を見直す（モニタリング頻度を見直す。性能低下の原因究明の詳細調査を検討する。）。
b	局所的に被覆の変状が著しく、鋼材が腐食している状態（錆汁あり） 変状面積率が0.3%以上10%未満である。		
c	局所的に鋼材まで達する被覆の変状が生じ、鋼材面が露出している、又は鋼材の腐食が認められる。 変状面積率が0.03%以上0.3%未満である。	要求性能を保持している。	モニタリング計画に基づきモニタリングを継続する（従来とおり。）。
d	軽微な変状が局所的に見られるが、健全な状態 変状面積率が0.03%未満である。		
e	初期状態と殆ど変化なく、健全な状態		



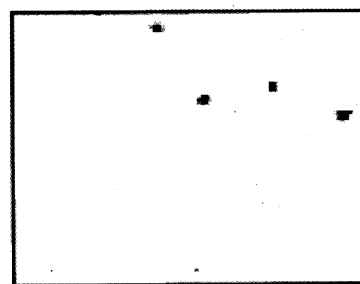
（変状面積率＝10％）



（変状面積率＝3％）



（変状面積率＝0.3％）



（変状面積率＝0.03％）

※変状面積率は、港湾鋼構造物腐食・補修マニュアル（2009年版）を参照し、一部修正。

図 7.3-1 変状面積率の評価基準

表 7.3-2 簡易計測結果（付着力）の判定と評価（例）

付着力	判 定	対応例
1.5N/mm ² 未満	要求性能を保持していない。	必要に応じてモニタリング計画を見直す（モニタリング頻度を見直す。性能低下の原因究明の詳細調査を検討する。）。
1.5N/mm ² 以上	要求性能を保持している。	モニタリング計画に基づきモニタリングを継続する（従来とおり。）。

※付着力の値は、有機系被覆工法の付着性の品質規格値を目安。試験方法は JIS K 5600-5-7 を参照する。

表 7.3-3 簡易計測結果（膜厚）の判定と評価（例）

膜厚	判 定	対応例
設計膜厚未満	設計膜厚を満たしていない。	必要に応じてモニタリング計画を見直す（モニタリング頻度を見直す。性能低下の原因究明の詳細調査を検討する。）。
設計膜厚以上	設計膜厚を満たしている。	モニタリング計画に基づきモニタリングを継続する（従来とおり。）。

(3) モニタリング結果の記録

モニタリング結果は表 7.3-4 に示すモニタリング結果記録様式に記録し、各有機系被覆工法の性能発揮状況を確認するための情報として適切に整理、保存する。

表 7.3-4 モニタリング結果記録様式（例）（有機系被覆工法）

基本情報				
モニタリング実施者	〇〇土地改良調査管理事務所			
地 区 名	△△市××地先			
施 設 名	〇〇排水路			
鋼矢板護岸の型式、延長	自立型、鋼矢板、Ⅱ W型 〇〇m			
施設規模（B×H）	〇〇×〇〇			
対策実施前の写真				
適用工法	工法名称	有機系被覆工法		
	施工年月	令和 〇〇年〇月〇〇日	メーカー名	〇〇建設
	要求性能	変状 c 以上（変状 c、 d 、e）		
モニタリングの実施の有無				
有機系被覆工法の外観		☒ 目視 ☐ 打音調査		
モニタリング結果（付着力）※実施する場合のみ記録する				
実施段階	実施年月日	測定値	要求性能に対する判定	
施工時	令和 〇年〇月〇日	1.8 N/mm ²	☒ 保持 ☐ 保持しない	
供用中	令和 〇年〇月〇日	1.8 N/mm ²	☒ 保持 ☐ 保持しない	
モニタリング結果（膜厚）※実施する場合のみ記録する				
実施段階	実施年月日	測定値	設計膜厚に対する判定	
施工時			☐ 満たす ☐ 満たさない	
供用中			☐ 満たす ☒ 満たさない	
モニタリング結果（外観）				
実施段階	写 真		初期欠陥の有無	
施工時			☐ 塗膜の膨れ ☐ その他の変状	
			【塗膜の膨れ以外に確認された変状種別】 特になし	
実施段階	写真（全景）	変状度	要求性能に対する判定	
供用中		☐ a ☐ b ☐ c ☒ d ☐ e	☒ 保持 ☐ 保持しない	
	写真（変状部の近景） 		所 見 さびや膨れが点在し、軽微な変状が局所的に見られるが健全な状態である。要求性能を保持している。このため、今後も施設監視を継続し、関係者間で情報を開示、共有する。	

※表 7.3-1 に基づき変状度の評価を行う。

7.4 パネル被覆工法のモニタリング

パネル被覆工法のモニタリングは、目視及び簡易計測により実施する。また、モニタリング結果の評価は、モニタリングにより把握された変状度及び簡易計測結果に基づき判定する。なお、詳細調査（自然電位測定）は可能な場合に実施する。

【解説】

(1) モニタリング手法

パネル被覆工法のモニタリング手法は、目視及び簡易計測（補修材の変位と沈下の計測）を基本とする。なお、詳細調査（自然電位測定）は、モニタリングに要する費用や装置の管理等を考慮し、実施可能な場合に行う。

(2) 評価と判定

1) 目視による評価と判定

パネル被覆工法のモニタリング結果は、パネル被覆工法の変状程度と母材の腐食の有無に着目し表 7.4-1 の5段階に分類する。

また、要求性能を保持しているか否かの判定は、パネルの変状の有無と母材の腐食状況に着目し、変状度に応じて実施する。

表 7.4-1 パネル被覆工法のモニタリング（目視）結果の判定と評価（例）

変状度	モニタリング（目視）結果	判 定	対応例
a	パネルが全体的に脱落し、露出した裏込めコンクリートの分離、剥落、ひび割れが生じ、鋼材が腐食している状態（錆汁あり）	要求性能を保持していない（要求性能が著しく低下、又は低下している状態）。	必要に応じてモニタリング計画を見直す（モニタリング頻度を見直す。性能低下の原因究明の詳細調査を検討する。）。
b	パネルが部分的に脱落し、露出した裏込めコンクリートの分離、剥落、ひび割れが生じ、鋼材が腐食している状態（錆汁あり）		
c	パネルが部分的に脱落し、露出した裏込めコンクリートにひび割れが生じている状態（鋼材の腐食は生じていない。）	要求性能を保持している。	モニタリング計画に基づきモニタリングを継続する（従来とおり。）。
d	パネル材の軽微な変状が局所的に見られるが、健全な状態		
e	初期状態と殆ど変化なく、健全な状態		

部分的か全体的かの判断は、図 7.4-1 に示すように、ブロック間隔が等分になるよう、概ね 1m 幅を目安にブロック化し、それぞれのブロックにパネル材の脱落が生じているかを判定する。

パネル材の脱落が生じているブロックが全体の 50% 以上の場合を全体的、50% 未満の場合を部分的と判断する。

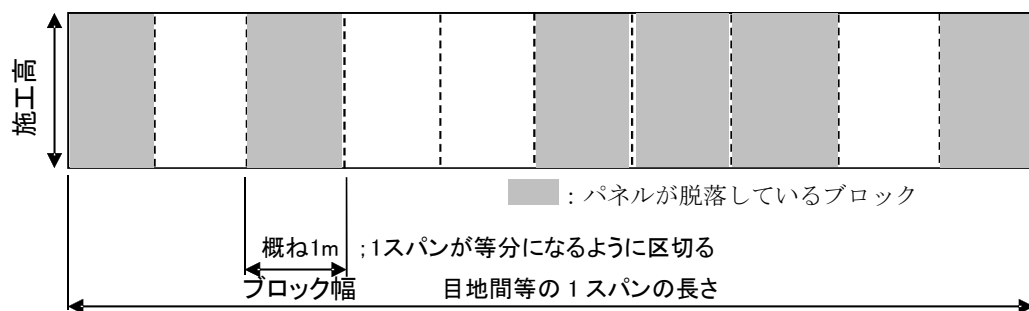


図 7.4-1 全体的、部分的の考え方

2) 簡易計測による評価と判定

パネル被覆工法の簡易計測によるモニタリング結果は、表 7.4-2 及び表 7.4-3 に基づき判定する。

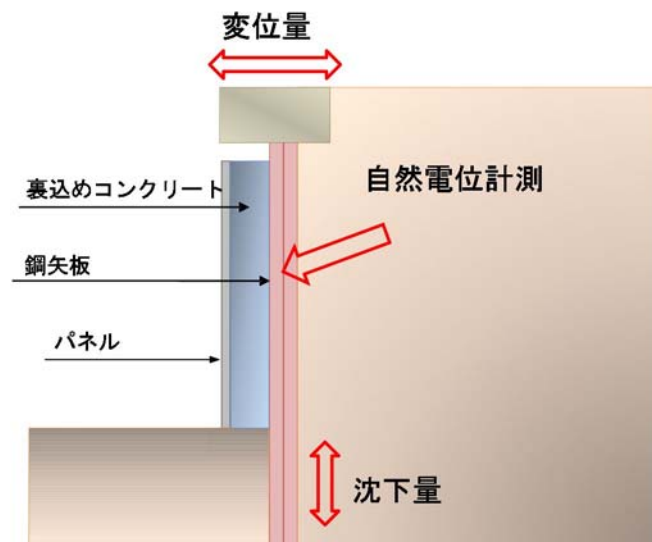


図 7.4-2 簡易計測イメージ

表 7.4-2 簡易計測結果（変位）の判定と評価（例）

変 位	判 定	対応例
進行性あり	鋼矢板の構造耐力は保持されていない。	必要に応じてモニタリング計画を見直す（モニタリング頻度を見直す。性能低下の原因究明の詳細調査を検討する。）。
進行性なし	鋼矢板の構造耐力は保持されている。	モニタリング計画に基づきモニタリングを継続する（従来とおり。）。

表 7.4-3 簡易計測結果（沈下）の判定と評価（例）

変 位	判 定	対応例
進行性あり	鋼矢板の構造耐力は保持されていない。	必要に応じてモニタリング計画を見直す（モニタリング頻度を見直す。性能低下の原因究明の詳細調査を検討する。）。
進行性なし	鋼矢板の構造耐力は保持されている。	モニタリング計画に基づきモニタリングを継続する（従来とおり。）。

3) 詳細調査（自然電位測定）による評価と判定

パネル被覆工法の自然電位測定によるモニタリング結果は、表 7.4-4 に基づき判定する。

表 7.4-4 詳細調査（自然電位測定）結果の判定と評価（例）

自然電位 (E)	判 定	対応例
$E \leq -350\text{mV}$	90%以上の確率で 腐食あり	必要に応じてモニタリング計画を見直す（モニタリング頻度を見直す。性能低下の原因究明の詳細調査を検討する。）。
$-350\text{mV} < E \leq -200\text{mV}$	不確定	再対策は不要だが、多少劣化が始まった時期のため、以降のモニタリング時期を早めるなどの対応をとる。
$-200\text{mV} < E$	90%以上の確率で 腐食なし	モニタリング計画に基づきモニタリングを継続する（従来とおり。）。

資料：「ASTM C876 による自然電位の鋼材腐食の評価基準」

【参考 自然電位測定】

健全なコンクリートは強アルカリ性を示し、内部の鋼材が不動態化するため $-100 \sim -200\text{mV}$ の電位を示すが、腐食が進行すると電位はマイナス側に変化する。

自然電位測定は、上記の鋼材腐食と電位の関係を利用し、コンクリート中の鋼材の電位を測定することによって腐食状態を推定する手法である。

パネル被覆工法の施工後の鋼矢板の自然電位は $-100 \sim -200\text{mV}$ 程度となることが予測される。このため、対策実施時の値（初期値）に対し、継続的に自然電位を計測し、電位の低下が認められなければ腐食の進行は無いと言える。

3) モニタリング結果の記録

モニタリング結果は、表 7.4-5 に示すモニタリング結果記録様式を参考に記録し、各パネル被覆工法の性能発揮状況を確認するための情報として適切に整理、保存する。

表 7.4-5 モニタリング結果記録様式（例）（パネル被覆工法）

基本情報				
モニタリング実施者	〇〇土地改良調査管理事務所			
地 区 名	△△市××地先			
施 設 名	〇〇排水路			
鋼矢板護岸の型式、延長	自立型、普通鋼矢板、Ⅱ W型 〇〇m			
施設規模（B×H）	〇〇×〇〇			
対策実施前の写真				
適用工法	工法名称	有機系被覆工法		
	施工年月	令和 〇〇年〇月〇〇日	メーカー名	〇〇建設
	要求性能	変状度 c 以上（変状度 c、 d e） ※実施する場合は自然電位-350mV以上		
モニタリングの実施の有無				
パネル被覆工法の外観		☐ 実 施	☐ 未実施	
簡易計測（変位量、沈下の有無）		☒ 実 施	☐ 未実施	
自然電位計測		☐ 実 施	☒ 未実施	
モニタリング結果（変位量、沈下計測）※実施する場合のみ記録する				
実施段階	実施年月日	計測値	鋼矢板の構造性能に対する判定	
施工時	令和 〇〇年〇月〇〇日	変位量：0mm 沈下量：0mm	☐ 保持 ☐ 保持しない	
供用中	令和 〇〇年〇月〇〇日	変位量：0mm 沈下量：0mm	☒ 保持 ☐ 保持しない	
モニタリング結果（自然電位計測）※実施する場合のみ記録する				
実施段階	実施年月日	測定値	要求性能に対する判定	
施工時			☐ 保持 ☐ 保持しない	
供用中			☐ 保持 ☐ 保持しない	
モニタリング結果（パネル被覆工法の外観）				
実施段階	写真		初期欠陥の有無	
施工時			☒ パネル材のひび割れ、はらみ出し ☐ その他の変状	
			【確認された変状種別】 特になし	
実施段階	写真	変状度	要求性能に対する判定	
供用中		☐ a	☒ 保持	
		☐ b	☐ 保持しない	
		☐ c	所 見	
		☒ d ☐ e	ひび割れがあり、軽微な変状が局所的に見られるが健全な状態である。要求性能を保持している。このため、今後も施設監視を継続し、関係者間で情報を開示、共有する。	

※表 7.4-1 に基づき変状度の評価を行う。

参考① 鋼矢板の腐食特性と腐食調査

1.1 鋼矢板の腐食特性

鋼矢板の構造性能を確認するためには、腐食特性を理解し適切に腐食状態を調査する必要がある。

【解 説】

農業用水路の鋼矢板は、土地改良事業計画設計基準「水路工」や土地改良事業標準設計「排水路」（昭和 61 年 5 月制定、平成 13 年 2 月廃止）に示されている腐食代（一般に表裏あわせて 2mm）を考慮して設計されている。

鋼矢板の設計に関する基準については、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」と土地改良事業標準設計 第 9 編「擁壁工」との 2 系統があり、これらの改訂時期によっては、同じ設計年度でも両者の基準が違う場合があることに留意を要する。なお、「擁壁工」については平成 22 年 4 月をもって廃止されている。

また、両者の設計基準の変遷と主な内容は「**巻末資料 5. 設計基準の変遷**」に示す。

特に、「H5.5 土地改良事業標準設計 第 9 編 擁壁」の制定により、壁面摩擦角、継手効率、許容変位量などの重要な項目が改正されていることに留意を要する。

しかし、近年、腐食代以上に腐食が進行した施設が見受けられるようになり、鋼矢板の防食及び補修・補強の対策が必要となっている。

本項では、長寿命化対策検討に必要となる基本的な知識として、鋼矢板の腐食メカニズムや腐食環境等について説明する。



写真 1.1-1 鋼矢板の腐食状況（例）

なお、本項の解説に当たっては、主として港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（2009 年）平成 26 年 8 月（一般財団法人 沿岸技術研究センター）を参考としている。

1.1.1 鋼矢板水路の構造性能の低下機構

鋼矢板水路の構造性能が低下する要因の一つに鋼矢板の腐食があり、その低下機構を理解し適切に腐食状態を調査する必要がある。

【解 説】

鋼矢板水路の腐食に起因する構造性能の低下機構は、以下のとおりであると推察される(図 1.1-1 参照)。まず、①鋼矢板の表面側では、気中部や干満帯上部において、水及び酸素の供給による湿食が発生する(大気中の腐食)。流下する排水中には多量の溶存酸素が含まれるため、この湿食は干満帯下部や水中部においても発生する(淡水中の腐食)。また同時に、干満帯上部をカソード部(+極)、干満帯下部をアノード部(-極)とするマクロセル腐食電池が形成され(局所的な腐食)、②干満帯上部及び干満帯下部においてそれぞれ腐食が進み、浮き錆へと進展する。また、③残存する板厚が小さくなった際に荷重が作用した場合は、鋼矢板の破断、割れ、湧水といった変状を生じるようになる。その後、④干満帯上部及び干満帯下部ではさらに湿食が進み、開孔・断面欠損へと進展する。開孔・断面欠損を生じた箇所では、排水が背面側にも流入するため、背面側からの腐食も発生する。実際には、これらの過程に、気中部における乾湿繰返し、水中部におけるエロージョン(摩耗)、表面の付着物に起因する通気差腐食などが複合的に作用しているものと推測される。⑤開孔・断面欠損が拡大した箇所では、背面土が吸い出され、また、構造的安定性が失われて、荷重が作用した際に⑥傾倒・倒壊に至るものと考えられる。

出典：「石神暁郎(2017) 北海道における鋼矢板腐食実態と排水路性能低下の特徴、鋼矢板水路の腐食実態と補修・補強対策」

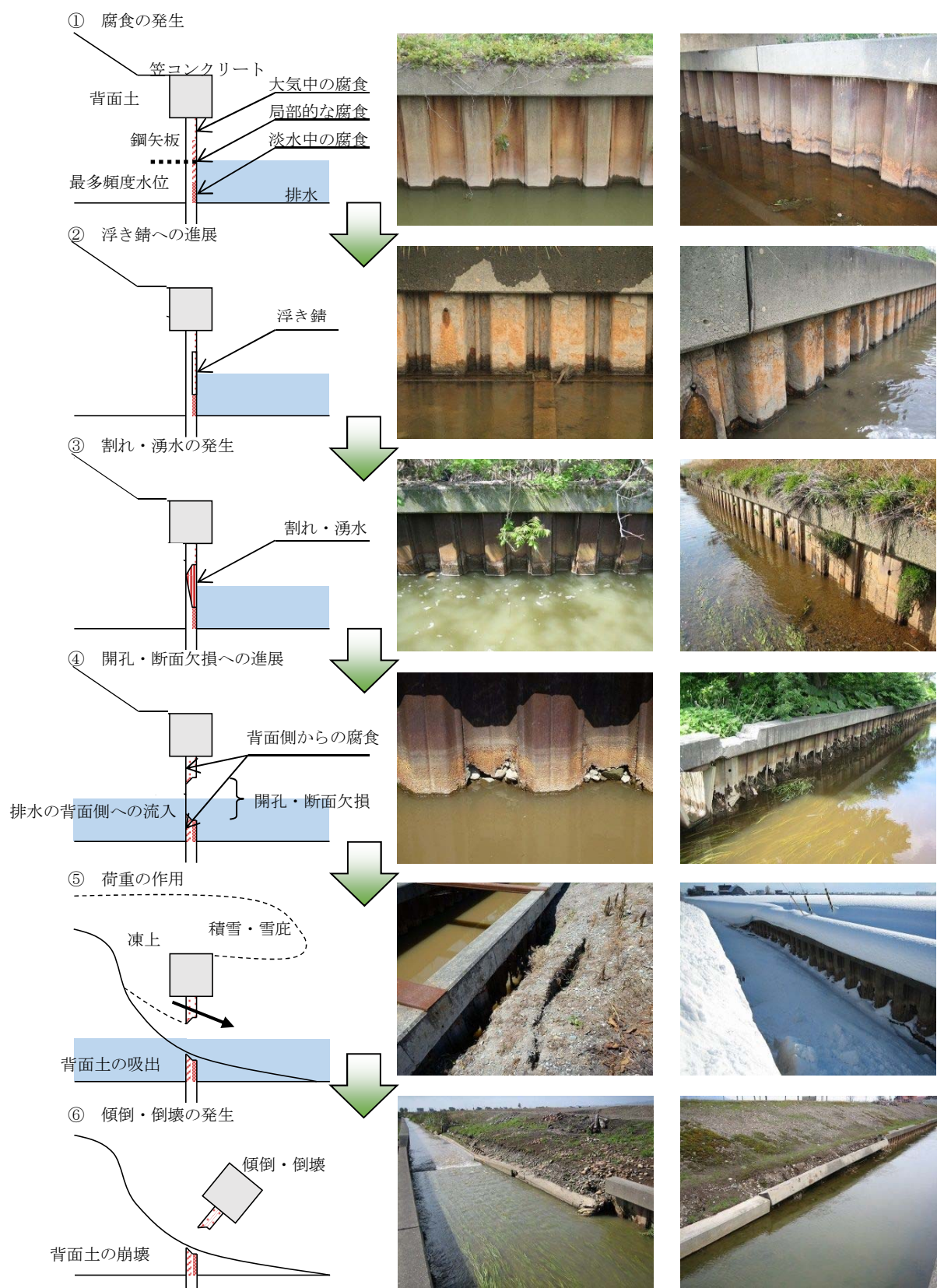


図 1.1-1 鋼矢板水路の構造性能の低下機構

出典：「石神暁郎（2017）北海道における鋼矢板腐食実態と排水路性能低下の特徴」を基に修正

1.1.2 鋼矢板の腐食メカニズム

鋼矢板の腐食は電気化学的反応により進行する。

【解 説】

鋼矢板の腐食には、全て中性の水と酸素が関与している。水や酸素の供給状況は、設置環境によって異なるため、それに応じて、腐食の速さや状況が異なるが、鋼に水と酸素が反応して「さび」を形成する反応は同じである。鋼材を中性の水溶液に浸すと、その表面には種々の理由から陽極（アノード）と陰極（カソード）が存在し、局部電池（腐食電池）を形成する。このアノードとカソードでは相互に電子を授受しながら式(1.1.1)及び式(1.1.2)で表される反応が進行する。



式(1.1.1)のアノード反応では鉄の溶解、また、式(1.1.2)のカソード反応では酸素の還元が発生し、鋼の腐食反応は、式(1.1.1)と式(1.1.2)をまとめた式(1.1.3)で表せる。



式(1.1.3)で表されるように $\text{Fe}(\text{OH})_2$ （水酸化第1鉄）が生じ、この $\text{Fe}(\text{OH})_2$ がさらに酸素と反応し、水の結合離脱が生じて、 FeOOH （オキシ水酸化鉄）、 Fe_3O_4 （マグネタイト）及び非晶質物質などからなる「さび」に変化する。なお、図1.1-2にさびの生成模式図を示す。

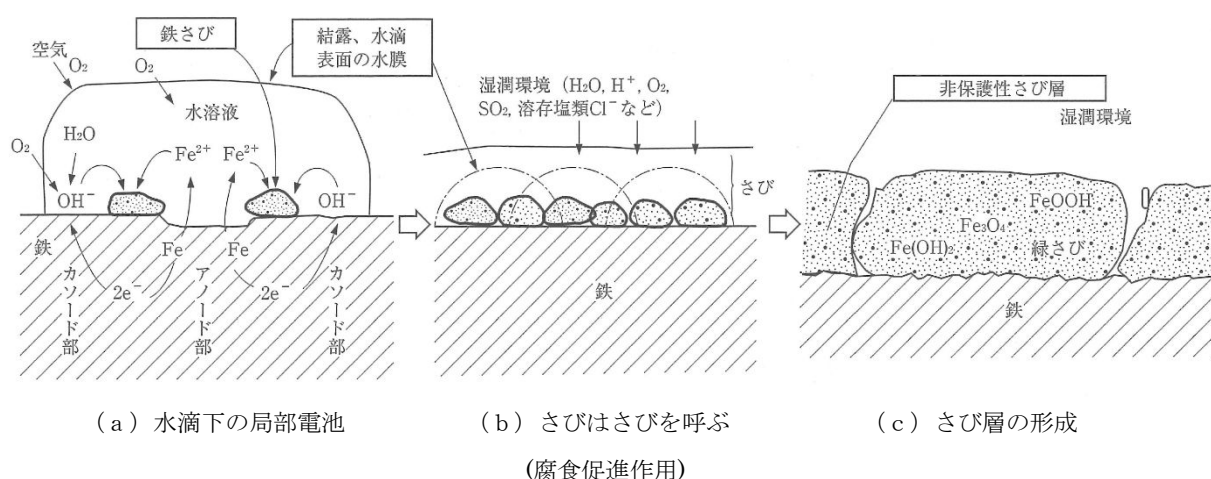


図 1.1-2 さびの生成模式図

出典：「鋼矢板 設計から施工まで（2014.10）」（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会

1.1.3 鋼矢板の腐食形態

鋼材に発生する腐食は、全面腐食と局部腐食に分けられる。

【解 説】

鋼材の腐食形態は、使用される環境や条件により異なるが、その分類基準や定量的表示方法はまだ確立されていない。しかし、鋼矢板水路に発生する腐食の種類や形態はそれほど多くない。図 1.1-3 は、腐食の分類及び形態を示す。鋼材の腐食形態は、大きく全面腐食と局部腐食の 2 種類に分かれる。全面腐食は、腐食環境にさらされた鋼材がほぼ均一に減肉する腐食であり、局部腐食は、腐食環境中にある鋼材の特定の部位に深い侵食を発生させる腐食を意味する。鋼矢板水路の場合は、局部腐食の形態を示す。

A. General Corrosion (全面腐食)	
1) Even (腐食面がほぼ平坦)	
2) Uneven (腐食面が凹凸)	
B. Local Corrosion (局部腐食)	
1) Even (限られた腐食面内が平坦)	
2) Uneven (限られた腐食面内が凹凸)	
3) Pitting (孔食)	a. Wide (広がり／深さ ≤ 6) b. Medium (広がり／深さ ≤ 1) c. Narrow (広がり／深さ $\leq 1/4$)
4) Cracking (割れ)	

略号	腐 食 形 態		
Ge		even general corrosion 比較的平坦な全面腐食	
Gu		uneven general corrosion 凹凸の激しい全面腐食	
Le		even local corrosion 比較的平坦な局部腐食	
Lu		uneven local corrosion 凹凸の激しい局部腐食	
W		wide pits 広口の孔食	
M		medium pits 普通の孔食	
N		narrow pits 深い孔食	
K		cracking 割れ	
曝露面(影の部分は腐食面)			断面(中心線に沿って)

図 1.1-3 腐食の形態

出典：「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（2009 年版）」（一財）沿岸技術研究センター

1.1.4 鋼矢板の腐食環境

農業用排水路に設置された鋼矢板の腐食環境は、気中部、干満帯、水中部、土中部、背面土中部の 5 つに区分される。

【解 説】

鋼矢板の腐食環境は、図 1.1-4 に示すとおり、気中部、干満帯、水中部、土中部、背面土中部の 5 つに区分できる。それぞれの区分ごとに環境及び腐食に特徴がある。

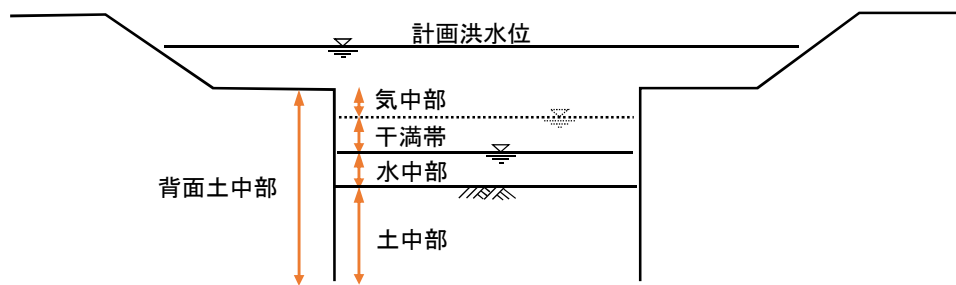


図 1.1-4 腐食環境区分

1) 気中部

気中部の範囲は、平水位から上部の部分で、洪水時及び降雨以外は水に触れない箇所を指す。

気中部における大気腐食は、水と酸素の存在下で進行する電気化学反応である。酸素は大気から供給され、水は降雨、結露などにより鋼材表面に水膜として存在し、腐食はその水膜下で進行する。腐食の進行には、気温、湿度、降雨・降雪のほかに、海水飛沫に由来する飛来塩分や、冬季に散布される凍結防止剤に由来する塩化物イオンなどが関与する。

1) 気中環境における腐食因子

① 気温

腐食速度は、乾湿が繰り返される環境下では、気温の影響を受ける。温度が上昇すると、電気化学反応が促進されて腐食速度が大きくなる。

② 湿度

腐食に影響を与える水分の供給源としては、相対湿度 100%以下で発生する大気中の水分の吸着凝縮と、気温の急激な変化などにより大気中の水蒸気が凝縮した結露がある。

乾湿が繰り返されることにより、電気化学反応の進行と酸素の供給が繰り返されて腐食は促進される。

③ 降雨・降雪

鋼材面への水の供給として、大気中に含まれる水分以外にも降雨や降雪がある。降雨は、多量の水を供給するが、一方で鋼材表面に付着した汚染物質や腐食生成物を洗い流す作用があり、雨が直接あたる部位の腐食を低減させる効果もあるため、構造物の形状や部位によって腐食速度は異なる。

(2) 干満帯

干満帯の範囲は、季節的、日常的な通水量の変化により水位が変動する箇所を示す。

干満帯における腐食は、酸素の存在下で進行する電気化学反応である。酸素は大気から供給され、水は常時、水路から供給されるため、腐食が進行しやすい環境にあり、他の部位より腐食速度が速いのが一般である。

1) 干満帯環境における腐食因子

① 水と酸素

腐食に重要な役割を果たす水と酸素が十分に存在する環境であり、他の部位より腐食速度が大きい。

② 気温

腐食速度は、乾湿が繰り返される環境下では、気温の影響を受ける。温度が上昇すると、電気化学反応が促進されて腐食速度が大きくなる。

(3) 水中部

水中部は常時、鋼矢板が水中にあり、大気には触れない箇所を示す。

淡水環境中で鋼材の腐食進行に影響を与える因子としては、溶存酸素、pH、水温、塩化物イオンなどがある。表 1.1-1 に示す調査事例によると、水中部では塩化物イオンの影響が大きく、塩水遡上する排水路において腐食が著しく、塩化物イオンの影響が少ない排水路では、腐食の進行は遅い結果となっている。

表 1.1-1 鋼矢板水路の腐食調査事例

番 号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	腐食傾向
路線名		A排水路	B排水路	C排水路	D排水路	E排水路	F排水路	G排水路	H排水路	I排水路	J排水路	
鋼矢板形式		軽量3型	軽量3型	軽量3型	本鋼ⅡA型	本鋼ⅡA型	本鋼ⅡA型	本鋼ⅠA ～軽量3型	軽量5型	軽量5型	軽量3型	
施工年度		1977年	1976年	1984年	1988年	1989年	1998年	1998年	1999年	1994年	1978年	
供用年数		36年	37年	29年	25年	24年	15年	15年	14年	19年	35年	供用20年以上
基礎地盤		緩く浅い砂	締まった 浅い砂	-	締まった 浅い砂	締まった 浅い砂	-	緩い 粘性土	締まった 浅い砂	-	-	
健全度	目 視	欠損部 多数	欠損部 多数	欠損部 少数	錆層分離	錆層分離	健全	健全	浮き錆	健全	錆層分離	
	腐食厚 (mm)	2.6	2.8	2.3	3.5	2.3	0.0	0.8	0.5	1.7～0.4	1.6	2mm以上
腐食速度 (mm/年)		0.07	0.08	0.08	0.14	0.1	0.0	0.05	0.04	0.02 ～0.09	0.05	0.06mm/年以上
塩化物イオン (mg/l)	1 月	2,300	300	150	170	33	54	41	77	89	130	100mg/l以上
	10月	1,600	220	360	340	140	12	18	54	55	28	
	平均値	1,950	260	255	255	87	33	30	66	72	79	
大地 抵抗率 (Ω・m)	深度 5mまで	56.2	41.7	81.0	111.3	146.8	58.2	44.5	146.5	424.3	137.3	100Ω・m以下
	深度 10mまで	44.3	48.8	87.9	102.3	180.3	59.0	46.4	131.4	325.8	110	
	平均値	50.3	45.3	84.5	106.7	163.6	58.6	45.5	139.0	375.1	123.7	

※ 腐食傾向の目安を超えるもの

出典：「峰村雅臣他 鋼矢板水路の腐食特性へ及ぼす外部環境の影響評価

H25 農業農村工学会大会講演会講演要旨集」

(4) 土中部

土中部は、鋼矢板水路の計画底高以深の鋼矢板が常時土中にある箇所を示す。

土中部で鋼材の腐食進行に影響を与える因子としては、通気性、抵抗率、溶解塩の種類、濃度、水分、土の酸度、土のアルカリ度などがある。土中部は常時地下水面下にあるため、一般的には腐食は殆ど見られないが、腐食性土壌の場合は、腐食が進行することに留意する。

なお、土壌の腐食性判定のための評価手法には主に「DIN50929（ドイツ規格協会）」と「ANSI A 21.5-2010（米国国家規格協会）」の評価方法がある。いずれの手法も複数の調査を実施し、各調査結果に応じて点数評価を行い総合点に基づき土壌の腐食性を評価するものである。DIN50929 では－5 点以下、ANSI A 21.5-2010 では 10 点以上で腐食性土壌であると判断できる。詳細は「巻末資料 4 土壌腐食性調査の例」（巻末-38～42）参照。

(5) 背面土中部

背面土中部は、鋼矢板の天端以深の背面側の箇所を示す。

背面土中部での鋼矢板の腐食は、他の環境と比較すると軽微である。この環境に設置されたタイロッドでは、腐食の報告事例が殆どない。ただし、背面土中部でも腐食性を有する土壌が存在する場合や、水抜き工・サイドドレーンの上部、笠コンクリートの下部など酸素や水の供給がある場合、背面からの腐食が進行することに留意する。

1.1.5 腐食速度

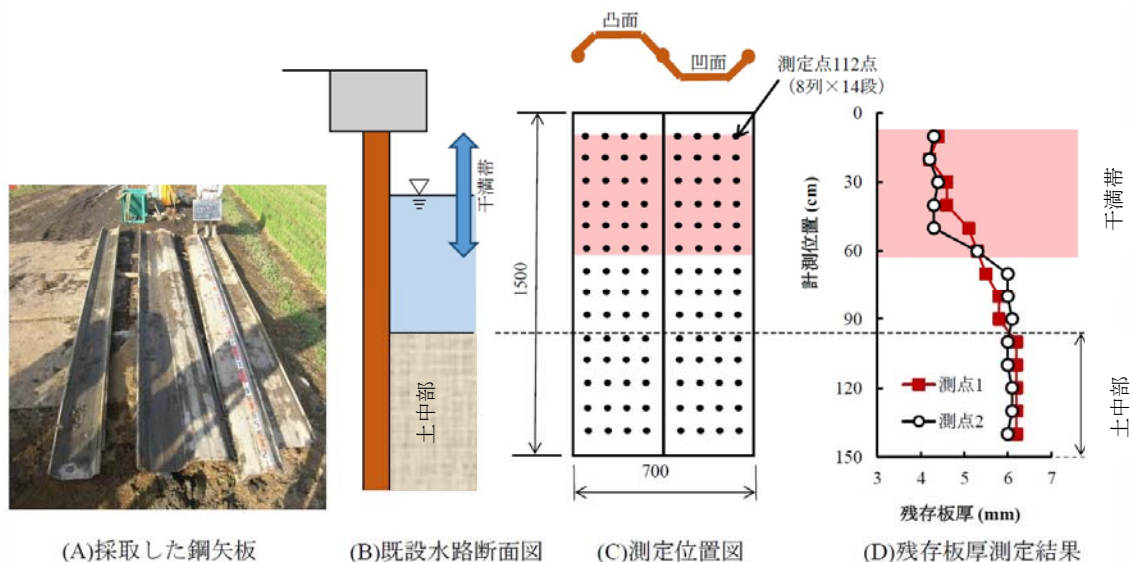
鋼矢板水路の腐食速度は、腐食環境によって異なるが、干満帯が特に著しく腐食する。

【解 説】

鋼矢板の腐食速度は、対策範囲を決める上で重要な項目であり、腐食因子や腐食環境により異なる。このことから、腐食速度を推定するために必要な板厚測定に当たっては、腐食環境を事前に調査し現地を十分確認したうえで、測定範囲を決める必要がある。

図 1.1-5 に供用開始後 30 年経過した農業排水路において板厚測定を実施した事例を示す。この排水路の概要は、勾配 1/3,000、幅 2.65m、壁高 1.50m、最大計画流量 2.831m³/s である。

板厚調査事例（図 1.1-5 参照）によると、干満帯では腐食が著しく 2mm 程度進行している一方、土中部での腐食は殆ど進行していない。



残存板厚：鋼矢板 2 枚 1 組の横 8 列の平均板厚

図 1.1-5 農業排水路における板厚測定の調査事例

参考として、表 1.1-2 に河川における鋼矢板の腐食速度と水質の関係を調査した事例を示す。

表 1.1-2 河川における腐食速度と水質の調査事例

河 川 名	腐食速度 (mm/y)		水 質		
	全面腐食 (平均値)	局部腐食 (最大値平均)	溶存酸素 (mg/l)	電気伝導率 ($\mu\Omega/\text{cm}$)	塩分濃度 ($\text{Cl}^- \text{mg/l}$)
A 河川最上流域 (河口より 15km 以上)	0.035	0.136	0.6 ~ 1.8	600	(100 以下)
B 河川	0.054	0.101	1.05 ~ 1.70	600	100 ~ 150
C 河川	0.057	0.228	2.3 ~ 0.6	450	55 ~ 65
D 河川	0.076	—	0.55 ~ 1.93	400	40 ~ 80
E 河川	0.077	0.237	2.15 ~ 2.6	660	50 ~ 90

注) 塩分濃度の () 内は、電気伝導率との関係曲線より推定した値

出典：「東京都建設局 鋼矢板腐食調査（隅田川外 13 河川）報告書」

1.2 現地調査時の鋼矢板腐食調査

現地調査時に行う鋼矢板の腐食に関する調査は、鋼矢板の腐食状況、補修・補強工法の種類などに応じて調査項目や調査範囲を適切に定めて実施するものとする。

【解 説】

現地調査は、本図書本編「2.3 現況施設の確認」に基づき行うが、「鋼矢板の腐食に関する調査」の具体的な調査項目、調査範囲及び調査方法については、本項を一つの事例として各現場において適切に定めるものとする。

現地調査は補修・補強工法の選定、補修・補強工法を施す範囲の決定、補修・補強断面の設計などを行うために必要なデータを取得することを目的に、より広範囲に詳細に調査を行うことを基本とする。

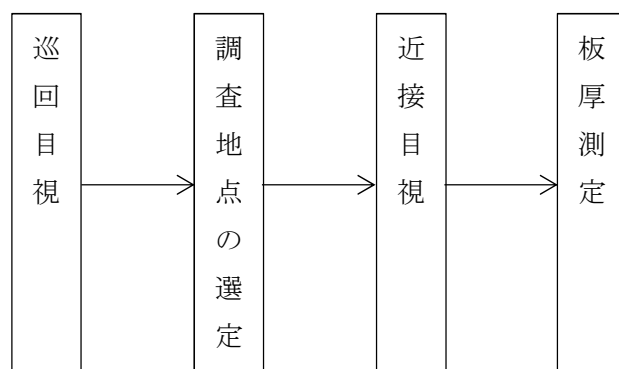
一方、現地調査時に行う鋼矢板の腐食に関する調査においては、腐食の状態、施設の構造形式、想定される補修又は補強の対策工法などに応じて調査項目や調査範囲を十分検討し、調査箇所ごとに調査計画を策定する必要がある。特に板厚の測定については、その目的が鋼矢板の「健全性の確認」と「対策範囲の決定」であるため、適切に実施するものとする。

また、鋼矢板は、笠コンクリート下部や土質の変化点、水質、土壌、水位、水抜き工などにより特定の位置において腐食を引き起こすことがある。このため、腐食の発生要因とその状況を把握することも念頭に調査を行う。

対策として、腐食して板厚が減少した鋼矢板断面を補修・補強後の断面として設計する場合や、鋼矢板に当て板等を溶接する場合もあることから、こうした対策を見込む場合は該当地点の鋼矢板の板厚をより詳しく調べる必要がある。

なお、性能評価の結果、構造耐力が不足すると判断された場合は、「補強」又は「更新」が必要となるため、本図書適用対象外となるが、この場合であっても腐食が要因の一つと考えられる場合は、本図書の腐食に関する調査は有効である。

以下に鋼矢板腐食調査の手順をフローに示す。



(1) 巡回目視

巡回目視は、鋼矢板の腐食状態の概略を把握するとともに、近接目視箇所、板厚測定箇所を選定するために行うものであり、下記項目について行うものとする。異常が認められた場合は状況を記録するとともに、必要に応じて写真撮影を行う。

- ① 発錆箇所の範囲 ② 局部腐食発生の有無
- ③ 孔食及び開孔・断面欠損の発生の有無 ④ 付着物の状況
- ⑤ 流下物等の衝突の痕跡の有無 ⑥ 鋼矢板変位状況 ⑦ 鋼矢板傾倒・倒壊状況

巡回目視の結果を基に、近接目視箇所及び板厚測定箇所を選定する。

(2) 調査地点の選定

調査地点は、巡回目視結果に基づき鋼矢板水路に生じている変状の程度を踏まえ選定する。詳細は後述の「1.2.1 調査地点の選定」に示す。

(3) 近接目視

近接目視は、選定した調査地点において鋼矢板表面付着物を部分的に除去し、腐食状態を詳細に把握するために行うものであり、目視及び簡易計測により下記項目について行うものとする。異常が認められた場合は状況を記録するとともに、必要に応じて写真撮影を行う。

- ① 発錆箇所の範囲
- ② 局部腐食発生の有無・位置
- ③ 孔食及び開孔・断面欠損の発生の有無・箇所・形状・寸法
- ④ 鋼矢板変位量
- ⑤ 土壌調査等（つば掘り等）

腐食性土壌の疑いがある場合（水路底面付近の水中部で測定した板厚が減少している場合等）は、つば掘り等により水路底面以深や背面土中部の腐食状況を確認することが有効である。

(4) 板厚測定

板厚測定は、選定した調査地点において、水位環境や曲げモーメントの発生箇所等を踏まえ測定箇所を選定し超音波厚さ計等を用いて実施する。詳細は後述の「1.2.2 板厚測定箇所の選定」～「1.2.5 板厚の測定方法」に示す。

1.2.1 調査地点の選定

調査地点は、過去の機能診断調査の結果や詳細調査時に実施する巡回目視により、板厚の減少や変位が著しいと推定される箇所を重点的に選定する。

【解 説】

「健全性の確認」のための調査地点は、巡回目視により選定した測定箇所を縦断的に表した点のことで、腐食の状況を表すとともに、性能評価を行う場合の構造物を代表する点であるので、適切に選定されるよう配慮する必要がある。

選定に当たっては、機能診断調査及び現地調査時に実施する近接目視の結果に基づき、開孔や孔食の発生状況、さびの範囲などの腐食状況、構造物建設後の経過年数、鋼矢板や切梁・腹起しの初期板厚などを考慮して、腐食や変位が著しく対策が必要と推定される箇所を重点的に行う。

巡回目視の結果より、腐食状態が縦断方向にかなりの区間にわたってほぼ一様であると判断される場合は、縦断方向に約 100m ごとに 1 調査地点を選定する。ただし、水路の同一断面区間では、最低でも 2 調査地点について行うことが望ましい。

その他、素地調整等が終わった段階で腐食環境を考慮し、適宜調査地点を追加するなど、今後の効率的な調査方法の検証のためのデータを収集し、今後の調査に役立てるものとする。

一方、「対策範囲の決定」のための調査地点は、巡回目視の結果等により、縦断的な腐食状況の変化を考慮し適切に設定するものとするが、水路の同一断面のうち最低でも 2 調査地点について行うことが望ましい。また、着工時には、現地調査時に水面下で調査できなかった箇所を追加で調査し、適切に対策範囲を決定する。

1.2.2 板厚測定箇所の選定

板厚測定箇所は、既設鋼矢板の健全性の確認（性能評価）や対策範囲の決定、腐食代の設定など重要な項目に使用することから、適切に選定する必要がある。

【解 説】

(1) 健全性の確認のための測定箇所

「健全性の確認」のための測定箇所は、性能評価（応力度、変位量等の照査）に使用する重要なデータとなるため、鋼矢板の腐食状況や曲げモーメント等を十分把握した上で設定する。

測定箇所は、鋼矢板の腐食状態を十分に考慮し、目視調査の結果に基づき最適な位置を確認した上で位置を選定する。腐食が進行している鋼矢板については、危険な状態を見落とすことのないように入念な調査を行い記録する必要がある。

図 1.2-1 に標準的な「健全性の確認」のための測定箇所を示す。

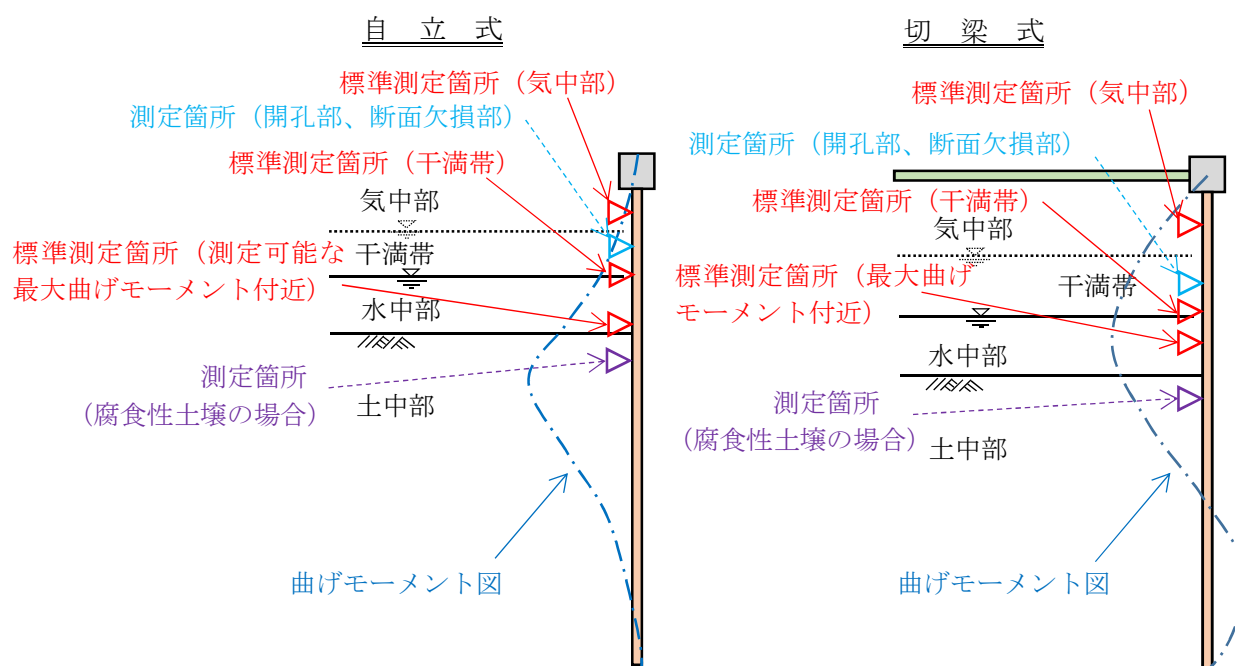


図 1.2-1 「健全性の確認」のための測定箇所の標準

※標準測定箇所と開孔・断面欠損部は、同一箇所となる場合もある。

なお、図 1.2-1 において、標準測定箇所は、既設鋼矢板の現有板厚による性能評価を行うため、最大曲げモーメント発生付近で測定可能な水路底付近、腐食速度が大きい干満帯、気中部で腐食を受けにくい水路天端の3か所としている。

開孔部・断面欠損部がある場合「1.2.4 孔食及び開孔・断面欠損の測定」を参照する。

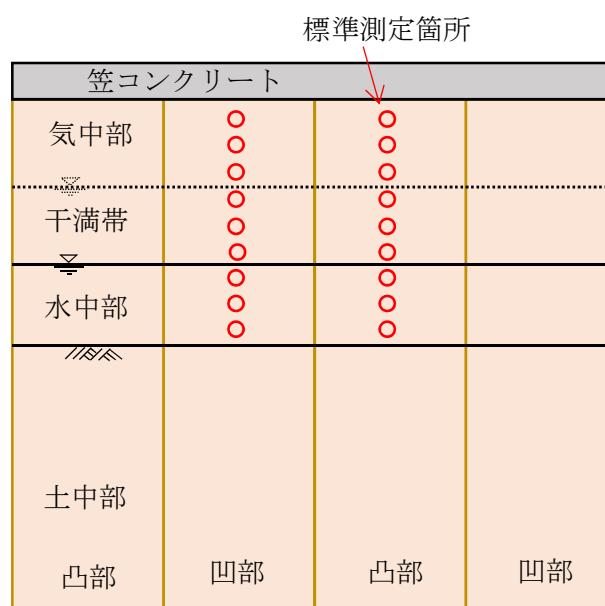
その他対策後の腐食代の設定に当たり、腐食性土壌の疑いがある場合（計画底高付近の水中部で測定した板厚が減少している場合等）は、つぼ掘り等により計画底高以深の板厚を測定することが有効である。

(2) 対策範囲の決定のための測定箇所

「対策範囲の決定」のための測定箇所は、鋼矢板の鉛直方向での板厚を測定する箇所を示す位置を表した点のことで、鋼矢板の鉛直方向の腐食の分布状態を把握し必要な対策範囲を設定する点である。鉛直方向の測定間隔は、腐食状況等に応じてなるべく密に行うことが望ましい。図 1.2-2 のとおり、標準測定箇所を鋼矢板の凹部と凸部にしたのは、一般的に凸部が凹部より腐食が進行している傾向にあり、正確な板厚状態を把握するためである。

また、鉛直方向の測定間隔は壁高のほか、著しい局部腐食を受けている可能性の高い干満帯の範囲等については、腐食状況により各現場において適切に設定する必要がある。実際には 50cm 程度としている場合が多いが、気中部と水中部についても、対策実施の境界線に当たる場合が多いので、適切に測定間隔を設定する必要がある。

標準測定箇所



笠コンクリート			
気中部	○	○	
干満帯	○	○	
水中部	○	○	
土中部			
凸部	凹部	凸部	凹部

図 1.2-2 「対策範囲の決定」のための標準測定箇所

1.2.3 板厚測定点の選定

板厚測定点は、鋼矢板の形状を考慮して選定する。

【解 説】

鋼矢板の板厚測定点は、鋼矢板の同一断面内で板厚を測定する点のことで、図 1.2-3 に示す各板厚測定点においては、図 1.2-4 に示すように公称板厚が一様な約 10cm×10cm の範囲内で数点に超音波厚さ計の探触子を当てて板厚を測定することを標準とする。約 10cm×10cm の範囲を選定することが無理な場合には、必ずしもこれによる必要はない。しかし、測定点数を増やすなどして測定精度の向上を図ることが必要である。

測定箇所における部材の水平断面形状を把握するためには、水平面内で密に板厚を測定することがよいが、図 1.2-3 及び図 1.2-4 に示すように板厚測定点及び超音波厚さ計の探触子を当てる点を選定すれば、構造設計に必要な腐食の状態をほぼ把握できることから、図 1.2-3 に示す位置を標準とした。これらの図を参考に、腐食の状態や性能評価方法によって適宜測定点を定めるものとする。

板厚測定点においては、数点に超音波厚さ計の探触子を当てて板厚を測定し、それらの平均値をその板厚測定点の板厚とする。腐食量は局所的にはバラツキがあるが、それを詳細に表現するよりは平均値を扱ったほうが性能評価を考慮すると現実的であることから、ある範囲内での測定値の平均値を求めるため、数点に厚さ計の探触子を当てて測定することとする。探触子を当てる点は、標準的には図 1.2-4 のように 5 点を選定する。

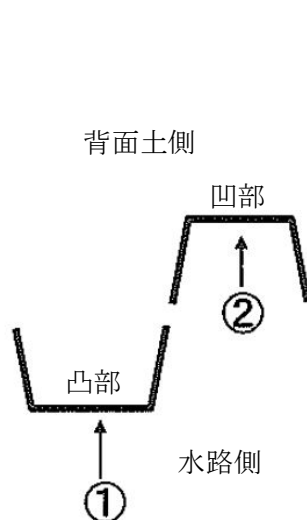


図 1.2-3 板厚測定点の標準

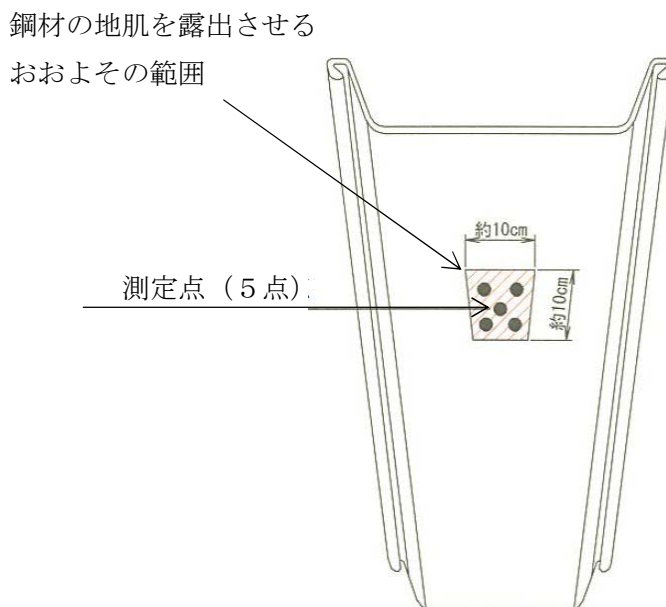


図 1.2-4 板厚測定点

1.2.4 孔食及び開孔・断面欠損の測定

板厚測定において局部腐食による孔食及び開孔・断面欠損が発見された場合、既設鋼矢板の性能評価と対策工法検討のために孔食及び開孔・断面欠損を測定し、既設鋼矢板の実態を把握する。

【解 説】

腐食した鋼材表面には、ほぼ一様に腐食が進行した平坦な部分と、大小の孔食が多数点在している部分がある。また、局部腐食が進行すると開孔や断面欠損が生じる。既設鋼矢板の性能評価精度を上げるためには、この開孔や断面欠損部の状態を調査し、実態を把握することが重要である。

孔食及び開孔・断面欠損部の実態把握の目的は、鋼矢板の「性能評価」と「対策工法の検討」である。

「性能評価」のための調査は、既設鋼矢板の構造耐力を評価することを目的とし、板厚だけではなく孔食及び開孔・断面欠損の状況等を測定・記録する。この場合、笠コンクリートの目地を単位とした1スパンで鋼矢板が傾倒・倒壊するケースが多いことから、1スパン当たりで整理・記録することが望ましい。なお、開孔の程度が断面性能に与える影響の目安を「巻末資料3 開孔が断面性能に与える影響」(巻末-35～36)に示しているので現地で測定した開孔・断面欠損と比較し判断指標の参考とされたい。

また、「対策工法の検討」のための調査では、孔食及び開孔・断面欠損部の周辺の板厚測定を行い溶接の可否等を判断する。

なお、板厚測定において孔食(概ね深さ3mm以上のもの)が発見された場合、超音波厚さ計による現有最小板厚の測定は困難なことが多いため、型を取ったり、デプスゲージなどで深さを測定し現有最小板厚を把握するとともに、腐食の形状などを記録に残す必要がある。孔食が多数ある場合には、目視上で孔食が大きいと判断される5か所程度を選定し、孔食の深さを測定することが望ましい。

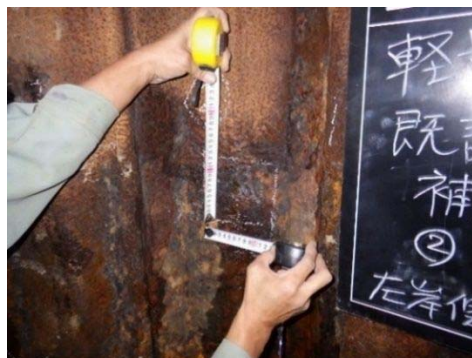


写真 1.2-1 孔食及び開孔の状況(例)

1.2.5 板厚の測定方法

鋼矢板の残存板厚は、超音波厚さ計により測定する。

【解 説】

超音波厚さ計とは、鋼材の表面に当てた探触子から鋼材面に放射した超音波パルスが鋼材裏面で反射され、探触子に戻るまでの時間が超音波の通過する距離に比例することを利用して鋼材の厚さを測定するものである。

板厚測定点では、ほぼ 10cm 四方をハンマーやスクレーパーなどで付着物を除去し、金剛砥石やエアーサンダなどで鋼材面を研磨し、鋼材の地肌を露出させる。この際、鋼材面地肌を過度に削り取らないように注意しなければならない。サンダを用いる場合は特に注意が必要である。

超音波厚さ計の探触子は、定められた測定点に当てて測定する。その際、異常と思われる数値が示されたときは、再度測定するなどの対応が必要である。

また、板厚測定と同時に、板厚測定点の鋼材表面の状態を調査するとともに、写真撮影しておくことが望ましい。



写真 1.2-2 板厚測定状況（例）



写真 1.2-3 超音波厚さ計による測定状況（例）

鋼矢板の残存板厚を測定する方法は、前述のように超音波厚さ計を用いるのが一般的であるが、この方法では鋼材表面を露出させ、探触子を鋼材表面に直接押し当てる必要があること、また、得られるデータは探触子を押し当てた「点」の情報だけであり、「線」あるいは「面」として板厚を把握したいときには、測定点を増やす必要があることに留意する。

板厚測定の留意点として、腐食が著しい鋼矢板表面には凹凸が発生していることがあり、この場合、板厚の測定精度が落ちるため注意を要する。特に探触子では凸部で測定してしまうケースが多いので、表面の凹凸を考慮し適切に板厚を評価するとともに、既設鋼矢板の性能評価における該当部鋼矢板の取扱いについて検討する。

また、測定面と探触子の間には、空気の層が入らないように、粘度の高い接触媒質を十分に塗布する。塗布量が少ない場合や、粘度の低い接触媒質を使用した場合は、測定面と探触子の間に空気の層ができ、超音波が測定物に透過しないため測定ができない。

なお、詳細調査時に水面下の板厚測定を行うことは、設計の手戻り等を防止するためにも重要な作業であることから、施設管理者等と調整を行い水位低下や断水により調査を行うことが望ましい。水位低下や断水が困難な場合は、水中計測用の超音波厚さ計により、できる限り板厚測定を行う対応を検討する。

【腐食が著しい部分の測定時の注意点】

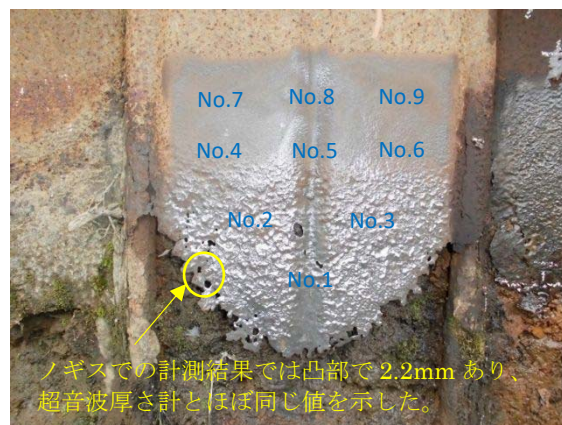


写真 1.2-4 腐食鋼矢板の凹凸発生状況（例）

○板厚調査(mm)

測定 No.	測定値	測定 No.	測定値	測定 No.	測定値	測定 No.	測定値
1	2.63	4	4.17	7	4.63	10	4.26
2	2.95	5	4.05	8	4.42	11	4.41
3	2.95	6	3.78	9	2.96	12	4.17
平均値	2.84	平均値	4.00	平均値	4.00	平均値	4.28
腐食深さ	2.16		1.00		1.00		0.72

腐食による大きな凹凸が発生している No. 1～No. 3 の平均板厚は 2.84mm である。しかし、測定結果の板厚は凸部の板厚と思われ、実際の板厚はさらに薄いことが想定される。グラインダー等の前処理を行い、超音波厚さ計等により測定することが困難な場合は、デプスゲージ等により凹部の深さを測定するなど適切に板厚を評価することが重要である。さらに、開孔や断面欠損部周辺で著しく板厚が減少している箇所や亀裂が生じている箇所等、既設鋼矢板の性能評価において残存板厚として評価できないと判断される場合には、開孔・断面欠損部として評価する。

表 1.2-1 超音波厚さ計による板厚調査の留意点

事 例	前 処 理 の 概 要
測定面に腐食によるさび、浮いたスケール、異物の付着があり、凹凸がある場合	探触子を接触させる面は、平滑でないと測定精度が確保できない。よって、左記の場合、ワイヤーブラシ等により、黒皮又は鋼材表面が現われるまで除去し、サンドペーパー等で表面を平滑に処理する。なお、ブラシ等で除去できない場合は、電動グラインダーにより除去し、探触子が設置できる面を確保する。

出典：「附属物（標識、照明施設等）点検要領 国土交通省道路局国道・防災課」

1.2.6 変位量の測定方法

鋼矢板の変位量の測定は、下げ振りや傾斜計を用いることを標準とする。

【解 説】

変位量の測定は、頭部変位量が許容変位量を超えているかどうかを判断するために行い、その測定方法は下げ振りや傾斜計等により行う。また、必要に応じ兩岸の笠コンクリート間の距離なども計測する。しかし、これは土中部の傾斜状況が測定できないことや、鋼矢板打設時の管理基準値（ $\pm 65\text{mm}$ ）が許容変位量に対して大きいことなどから、測定精度が低下することに留意する必要がある。



写真 1.2-5 下げ振りによる測定状況（例）



写真 1.2-6 傾斜計による測定状況（例）

1.2.7 その他の測定

鋼矢板腐食に係る構造耐力の評価や対策の検討・実施に当たり、鋼矢板の形式等を正確に把握する必要がある。

【解 説】

鋼矢板の形式等については、図面等と相違がある場合も想定されることから、現地調査時にも確認することが望ましい。鋼矢板形式については、気中部等の露出部において確認可能であり、矢板長についても根入れ深さ測定装置等により確認することが望ましい。なお、鋼矢板の規格及び断面性能については、巻末資料に示す。

参考② 鋼矢板の性能評価

2.1 基本的事項

鋼矢板の性能評価は、鋼矢板の腐食状態を考慮して、鋼矢板に求められる性能を保持しているかどうかを検討する。

【解 説】

本項に示す性能評価の手法は、一つの例示であり、各現場において適切に評価手法を定め実施するものとする。

鋼矢板の性能評価は、既設鋼矢板の性能評価、対策実施後の腐食代の設定、対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価に大別される。

既設鋼矢板の性能評価では、施設基本条件、現地調査結果に基づき、現在の鋼矢板の構造性能の低下状況を明らかにする。

対策実施後の腐食代の設定では、検討する対策工法の期待される耐用期間中に進行する腐食を想定し、腐食代を設定する。

対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価では、設定した腐食代に基づき対策工法の期待される耐用期間経過後の構造性能を評価し、対策工法（補修）の適否を判断する。

パネル被覆工法を採用した場合、既設鋼矢板に裏込めコンクリートとパネル材を設置するため、形状の変化に伴う断面係数の変化や、複合部材としての断面性能の向上が想定されるが、本図書におけるパネル被覆工法は補修であり、鋼矢板とパネル被覆工法の複合部材としての効果を期待していないことから、いずれの値も鋼矢板単体の値を使用することとしている。

なお、パネル被覆工法を補強として適用する場合、本図書の適用対象外とし、別途検討する必要があることに留意する。

具体的な検討項目は表 2.1-1 に示すとおり。

表 2.1-1 鋼矢板の性能評価の検討項目

区 分	検討項目
既設鋼矢板の 性能評価	①現地調査結果による性能評価 ②当初設計による性能評価 ③現有板厚による性能評価
対策実施後の 性能評価	①当初設計による性能評価 ②想定板厚による性能評価

※各検討項目の詳細は次頁以降の解説を参照

なお、本項では現地調査等で得られた板厚、開孔、断面欠損等の状態を反映した構造計算により、既設鋼矢板の応力度、頭部変位量、矢板長などについて評価を行い、必要な構造耐力を備えているかを判断する。この場合の板厚は、現地調査結果で得られた値を用いることから、調査で得られた腐食深さが、設計基準「水路工」で一般的に適用される腐食深さ 2mm 以内の場合には当初設計時よりも安全側になる場合もある。

有機系被覆工法とパネル被覆工法では、開孔部・断面欠損部に P.5-8 の写真 5.1-11 のように当て板が溶接される場合もある。この当て板は、補強を目的としていないため、「参考②鋼矢板の性能評価」では、断面係数の評価等で考慮していない。

既設鋼矢板を対象とした性能評価フローを図 2.1-1 に示す。板厚計により測定して得られた板厚を「測定板厚」、腐食による減肉（測定板厚）及び開孔・断面欠損を考慮して現在有している断面性能を板厚に換算したものを「現有板厚」、現有板厚から対策実施後の腐食代を差し引いた板厚を「想定板厚」とそれぞれ定義している。

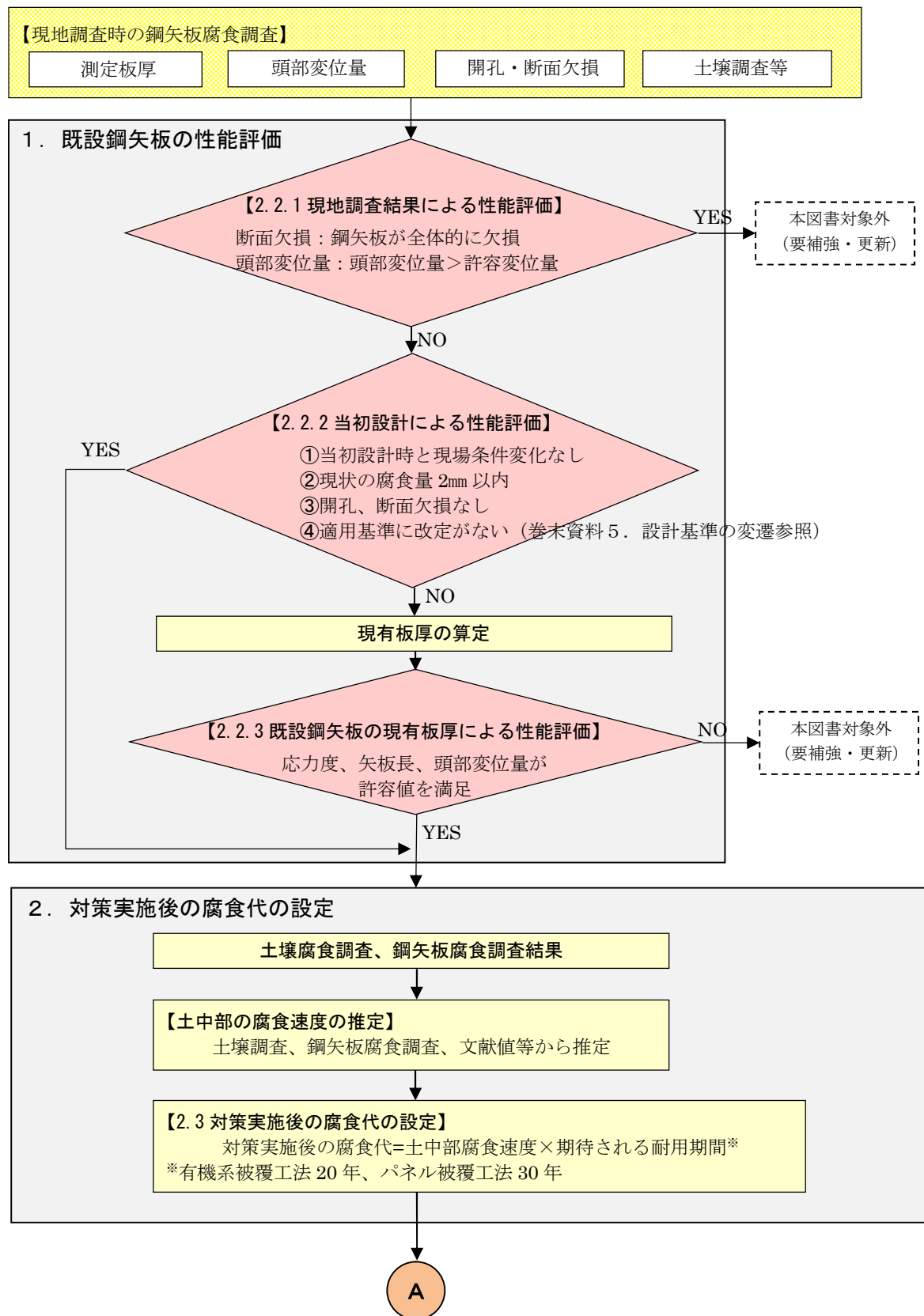


図 2.1-1 鋼矢板の腐食に関する性能評価フロー（1/2）

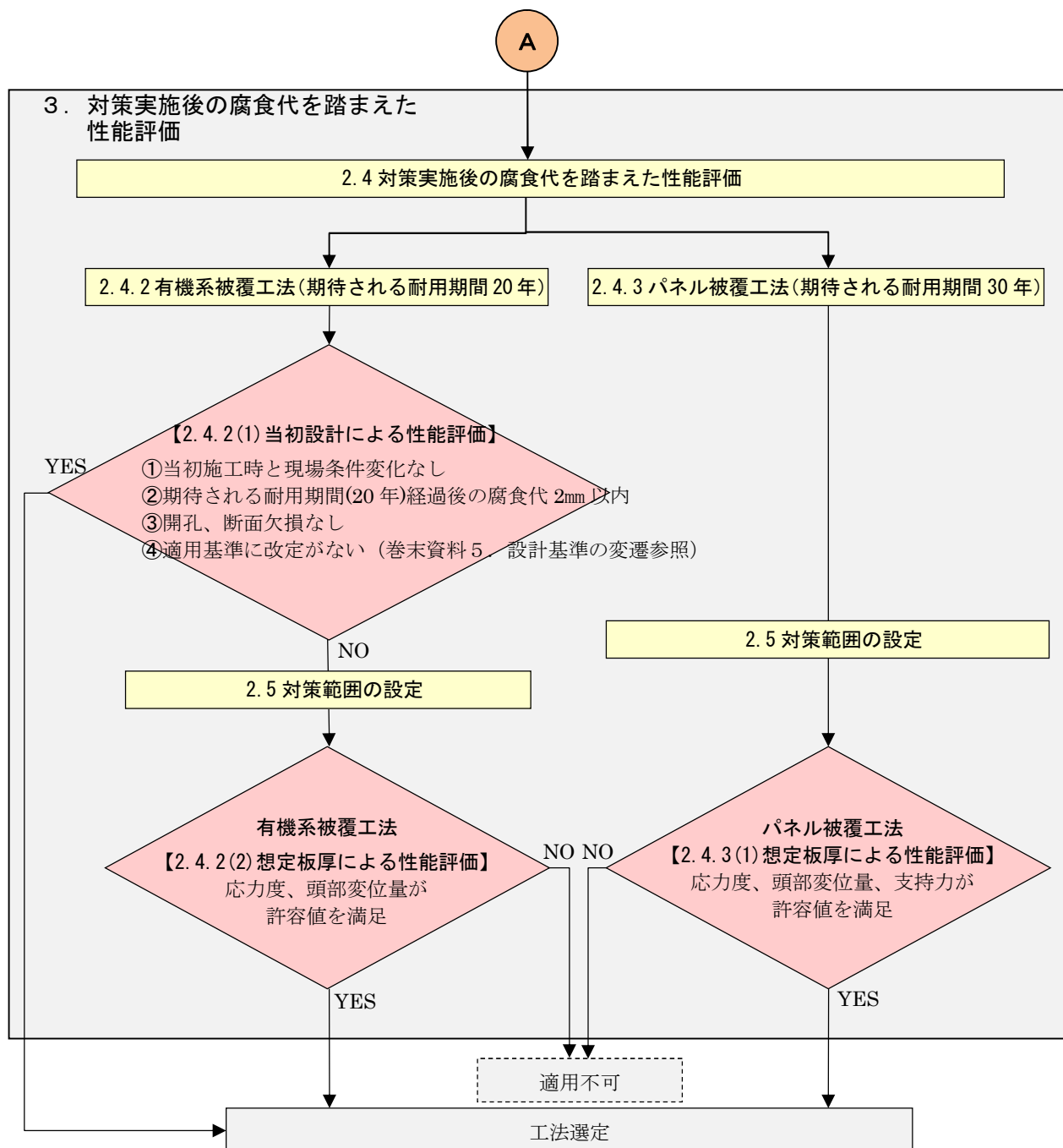


図 2.1-1 鋼矢板の腐食に関する性能評価フロー (2/2)

2.2 既設鋼矢板の性能評価

既設鋼矢板の性能評価では、現地調査結果による性能評価、当初設計による性能評価、現有板厚による性能評価（構造計算）を実施し、更新又は補強の必要性を判断する。

【解 説】

本項では、既設鋼矢板の性能評価に係る考え方や検討手法、判断基準を示す。

2.2.1 現地調査結果による性能評価

現地調査結果等で得られた断面欠損の程度、頭部変位量により必要な構造耐力の有無を判断する。

【解 説】

(1) 断面欠損等の評価

腐食により鋼矢板に開孔や断面欠損が生じている場合には、その影響度合を適切に評価する必要がある。鋼矢板の開孔や断面欠損が生じている箇所では応力集中や疲労破壊の危険性が増すので注意が必要である。

鋼矢板全体的に断面欠損が発生している場合（写真 2.2-1、図 2.2-1 参照）は、鋼矢板に必要な断面性能が不足すると判断する。この場合は本図書の適用対象外とし、断面欠損部の連続性、断面欠損部周辺の残存板厚の状況、施工性、経済性等を考慮し、補強対策や更新を検討する。

断面欠損の有無は、ウェブの状態で判断する。



写真 2.2-1 断面欠損（例）

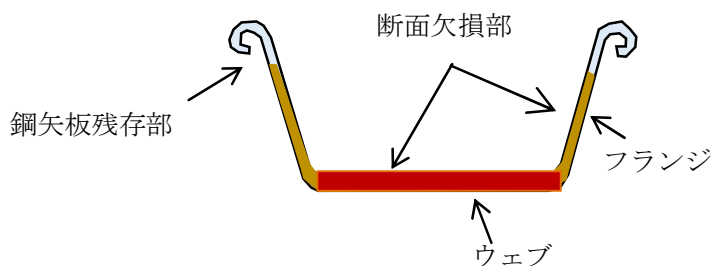


図 2.2-1 鋼矢板のウェブが全体的に断面欠損のイメージ

(2) 頭部変位量の評価

現地調査等で得られた鋼矢板水路の頭部変位量の評価は、許容変位量との比較により行い、明らかに許容変位量を超過している場合は、本図書の適用対象外とし、別途その原因究明を行い必要な対策を検討する。

なお、許容変位量については、設計基準「水路工」に基づき周辺に与える影響等を考慮し適切に設定するものとするが、一般には表 2.2-1 の値を目安とする。

表 2.2-1 自立式鋼矢板の許容変位量

壁高 (m)	許容変位量 (m)
$0 < H \leq 4.0$	$H / 40$
$4.0 < H$	0.10

出典：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」H26.3

2.2.2 当初設計による性能評価

当初設計による性能評価では、現場条件、現状の腐食量、開孔、断面欠損、適用基準を指標に、「現有板厚による性能評価」の必要性を判断する。

【解 説】

当初設計による性能評価では、長寿命化対策検討のための調査・情報整理（本図書「第 2 章」参照）結果等から、既設鋼矢板の当初設計の内容が把握できる場合で、次の①～④の条件を全て満足する場合は、現状の腐食状態が当初設計範囲内となり安全側であると判断し、「2.2.3 既設鋼矢板の現有板厚による性能評価」による検討は省略可能とする。

- ①当初設計時と現場条件（荷重条件等）の変化がない
- ②現状の腐食量が 2mm 以内
- ③開孔、断面欠損がない
- ④当初設計時に適用していた基準等に改定がない

上記①～④のうち 1 項目でも条件を満足しない場合、又は当初設計の条件が不明な場合は現有板厚による性能評価を実施する。

2.2.3 既設鋼矢板の現有板厚による性能評価

既設鋼矢板の腐食に関する性能評価は、現在の現場条件等を反映した上で、現状における鋼矢板の応力度、頭部変位量、矢板長などを対象に実施する。

【解 説】

既設鋼矢板の腐食に関する性能評価は、腐食後の現有板厚を考慮する。また、当初設計時・施工時と適用基準や現場条件等が違う場合は、現在の条件を反映したもので評価する必要がある。

現有板厚による性能評価では、現状の腐食形態（腐食深さ、開孔・断面欠損面積）を考慮した断面性能に基づく構造計算により以下の照査を行い、必要な構造性能を満足しているか判断する。

(1) 応力度の照査

既設鋼矢板の応力度の照査は、下式により行う。

$$\sigma_s = \frac{M}{Z_{ab} \cdot \alpha} \leq \sigma_{sa}$$

σ_s : 曲げ応力度 (N/mm²)

M : 照査断面に発生する曲げモーメント (N・mm/m)

Z_{ab} : 腐食深さ、開孔、断面欠損を考慮した断面係数 (mm³/m)

α : 継手効率 (表 2.2-2 参照)

表 2.2-2 継手効率

	断面二次モーメント		断面係数	
	腐食前	腐食後	腐食前	腐食後
根入れ長の計算	1.0	—	—	—
矢板応力の計算	—	0.8	—	1.0
変位量の計算	—	0.8	—	—

※ハット形鋼矢板、軽量鋼矢板（区分 D、E）の場合、いずれの場合も継手効率は 1.0 とする。

σ_{sa} : 許容曲げ応力度 (N/mm²)

(軽量鋼矢板：140N/mm²、鋼矢板：180N/mm²)

出典：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」H26.3

なお、照査箇所は以下の 3 か所とする。

- ① 鋼矢板腐食調査の結果、干満帯等最も腐食が進行している箇所（断面係数が最小となる箇所）
- ② 計画底高付近（測定範囲内で曲げモーメントが最大となる箇所）

③開孔部、断面欠損部

※①と③は同一箇所となる場合もある。

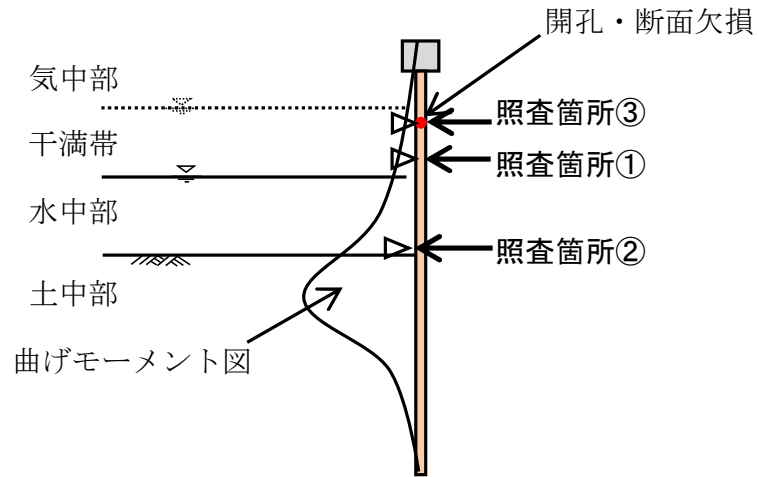


図 2.2-2 照査箇所

構造計算では図 2.2-3 に示すように仮想地盤面を境界として鋼矢板を上下に分割することにより上側（地上部）では「分布荷重（土圧、水圧等）を受ける片持ち梁」、下側（根入れ部）では「地盤の弾性反力を受ける梁」として設計することが可能である。

照査箇所に生じる曲げモーメントは、照査箇所の上側に作用する台形荷重を台形の図心に作用する集中荷重 (P_i) に置き換え、 P_i とアーム長（集中荷重 (P_i) 作用位置から照査箇所までの距離： l_i ）を乗じて算出する（図 2.2-3 参照）。

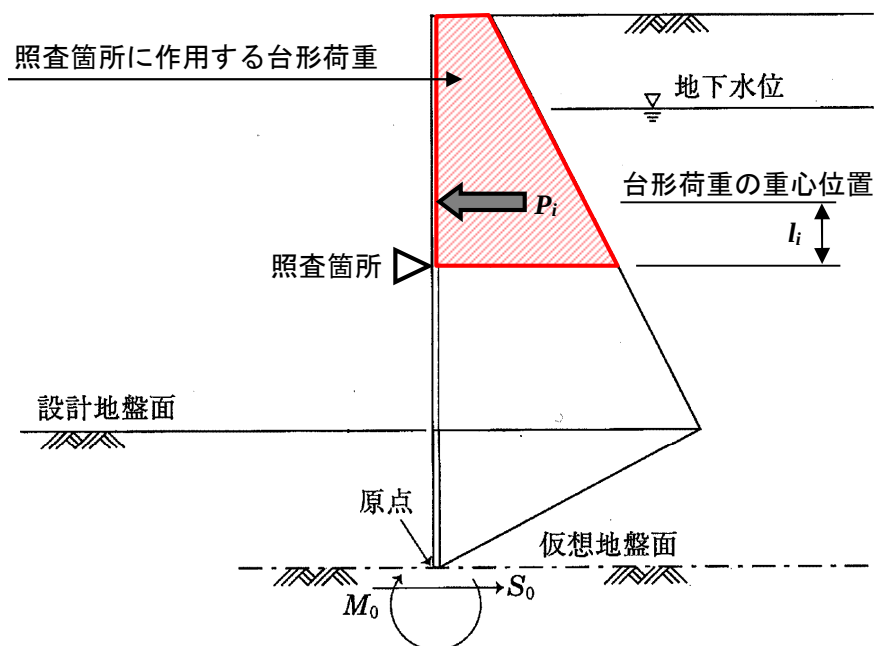


図 2.2-3 照査箇所のモーメント算定

1) 現有板厚による断面係数 (Z_{ab}) の算定

照査箇所における腐食深さ、開孔、断面欠損を考慮した鋼矢板の断面係数 Z_{ab} は、板厚測定調査、開孔及び断面欠損測定結果を踏まえ下式により算出する。

$$Z_{ab} = Z_a - Z_b$$

Z_{ab} : 腐食深さ、開孔、断面欠損を考慮した断面係数 (mm^3/m)

Z_a : 腐食深さを考慮した腐食後の断面係数 (mm^3/m)

※開孔、断面欠損がある場合は、その周辺で測定した平均板厚から平均腐食深さ (t_0) を求めたうえ算出する。

Z_b : 開孔、断面欠損部に該当する欠損断面係数 (mm^3/m)

※開孔、断面欠損が無い場合は 0 とする。

出典：「鋼矢板 Q&A (H29.3)」(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会

2) 腐食後の断面係数 (Z_a) の算定

腐食深さを考慮した腐食後の断面係数 (Z_a) は、以下の手順①～③で算定する。

$$Z_a = Z_0 \cdot \eta / 100$$

Z_a : 腐食後の鋼矢板断面係数 (mm^3/m)

Z_0 : 腐食前の鋼矢板断面係数 (mm^3/m)

η : 腐食後の鋼矢板断面性能低減率 (%)

- ①照査箇所における板厚測定などにより得られる腐食深さ (表裏合わせた腐食深さ) の 1/2 を水路側腐食深さ (t_l) とし、 t_l から腐食時断面性能算定図 (図 2.2-4 参照) の $\alpha=1$ の直線を用いて腐食後の鋼矢板断面性能低減率 (η) を読み取り、%単位に丸める (小数点以下を四捨五入)。
- ②丸めた腐食後の鋼矢板断面性能低減率 (η) に腐食前の断面係数 (Z_0) を乗じる。
- ③腐食後の鋼矢板断面性能低減率 (η) を乗じて得られた値を有効数字 3 桁に丸め (4 桁目を四捨五入)、腐食後の鋼矢板断面係数 (Z_a) の値とする。

なお、腐食時断面性能算定図において、 α の値が変化しても腐食後の鋼矢板断面性能低減率 (η) の違いはそれほど大きくないことや、現地で測定した板厚から t_1 と t_2 を設定するのが難しいことから、 $\alpha=1$ の直線を用いて低減率を求めることとする。この場合、腐食時断面性能算定図の水路側腐食深さ t_l は表裏合わせた腐食深さの 1/2 となる。また、腐食深さを考慮した腐食後の断面二次モーメント (I_a) も同様に図 2.2-4 を用いて算定できる。

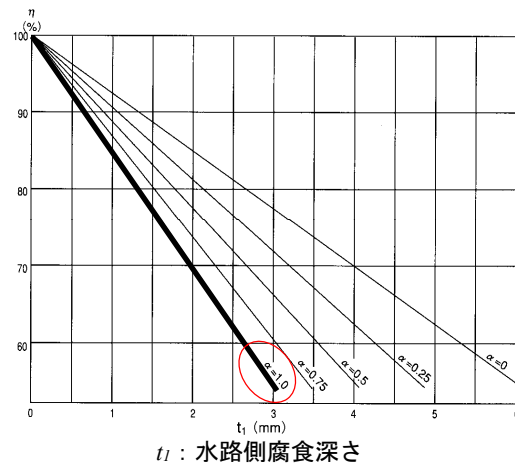


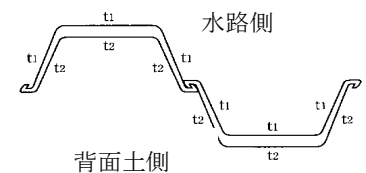
図 2.2-4 腐食時断面性能 (Z_a 、 I_a) 算定図の例 (SP-Ⅲの場合)

t_1 、 t_2 : 板厚測定結果等に基づく鋼矢板各面の腐食深さ (mm)

t_1 : 水路側腐食深さ、 t_2 : 背面土側腐食深さ

α : t_2 と t_1 の比 $\alpha = t_2 / t_1$

※ここでの α は、継手効率の α と異なることに留意。



出典：「鋼矢板 設計から施工まで (2014.10)」(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会

※鋼矢板、軽量鋼矢板の規格ごとの腐食時断面性能算定図は、「巻末資料 2 鋼矢板及び軽量鋼矢板の断面性能及び製品規格図」を参照。

3) 開孔、断面欠損部の欠損断面係数 (Z_b) の算定

開孔、断面欠損部に該当する欠損断面係数 Z_b を下式により算定する。なお、使用する鋼矢板の厚さ t は、該当する鋼矢板の開孔部、断面欠損部周辺で測定した平均板厚とする。

$$Z_b = \frac{I_b}{h_{sp}} = \frac{\frac{D_b \cdot t^3}{12} + D_b \cdot t \left[h_{sp} - \frac{t}{2} \right]^2}{B \cdot h_{sp}}$$

Z_b : 開孔、断面欠損部に該当する欠損断面係数 (mm^3/m)

I_b : 開孔、断面欠損部に該当する欠損断面二次モーメント (mm^4/m)

D_b : 開孔、断面欠損幅 (mm) (図 2.2-5 参照)

t : 鋼矢板の厚さ (mm)

※腐食後の開孔部、断面欠損部周辺で測定した平均板厚とする。

h_{sp} : 鋼矢板の有効高さ (mm) (図 2.2-5 参照)

※ハット形 (軽量鋼矢板区分 D、E を含む) の場合、有効高さの 1/2 とする。

※U 形（軽量鋼矢板区分 A、B、C を含む）の場合、2 枚組み合わせた時の有効高の 1/2 とする。

B : 鋼矢板の有効幅 (m)

出典：「鋼矢板 Q&A (H29.3)」(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会

なお、現地調査結果に基づき開孔、断面欠損部の断面係数 (Z_b) を算出するに当たり、以下の点に留意する。

- ・ 上式では、鋼矢板の有効幅 (B) で割ることにより、開孔・断面欠損 (幅 D) が生じている鋼矢板 1 枚あたりでの欠損断面二次モーメント (I_b) を壁幅 1m あたりの値に換算している。
- ・ 断面係数算定に用いる開孔又は断面欠損の幅と高さは、開孔、断面欠損部の最大値を満足するように設定する。
- ・ 開孔や断面欠損部周辺で著しく板厚が減少している箇所や亀裂が生じている箇所は、開孔、断面欠損部として取り扱う。

※いずれも図 2.2-5、写真 2.2-2 参照。

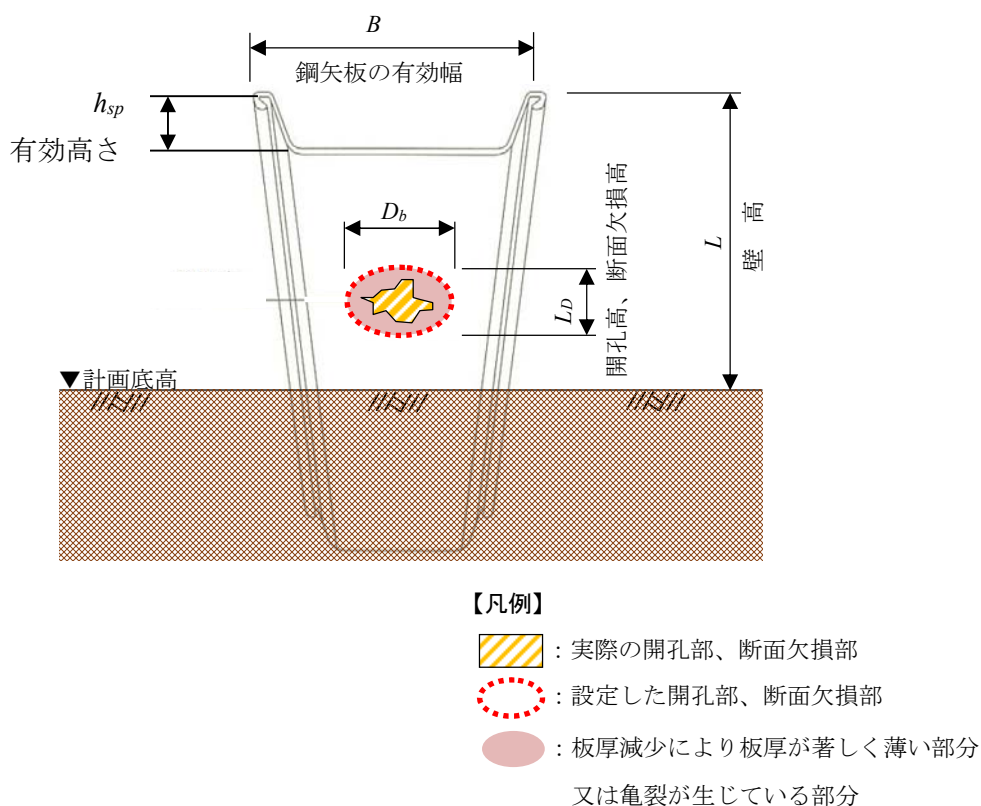


図 2.2-5 開孔部、断面欠損部を有する鋼矢板

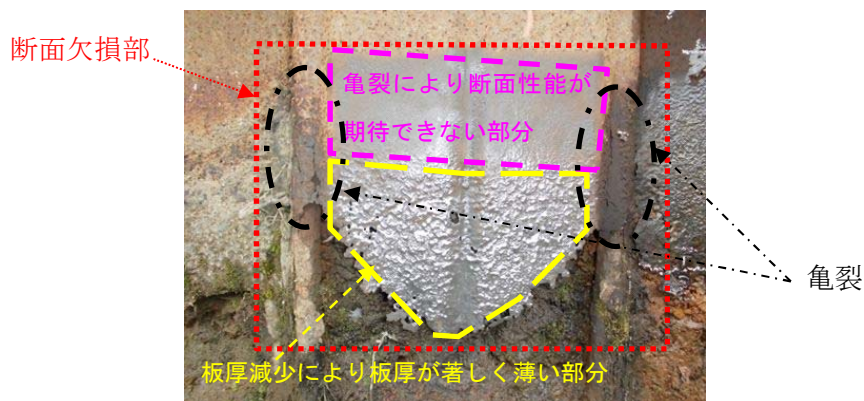


写真 2.2-2 断面欠損と判断する板厚状況 (例)

(2) 頭部変位量の照査

既設鋼矢板の矢板頭部変位量の照査は、以下のように実施する。なお、許容変位量は表 2.2-1 を参照する。

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \leq \text{許容変位量}$$

$$\delta_1 = \frac{1 + \beta \cdot h_0}{2\beta^3 \cdot E \cdot I_{12} \cdot \alpha} S_0$$

$$\delta_2 = \frac{1 + 2\beta \cdot h_0}{2\beta^2 \cdot E \cdot I_{12} \cdot \alpha} S_0 \cdot h$$

$$\delta_3 = \frac{S_0 \cdot h_0^2 (3h - h_0)}{6E \cdot I_3 \cdot \alpha}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot B}{4E \cdot I_{12} \cdot \alpha}}$$

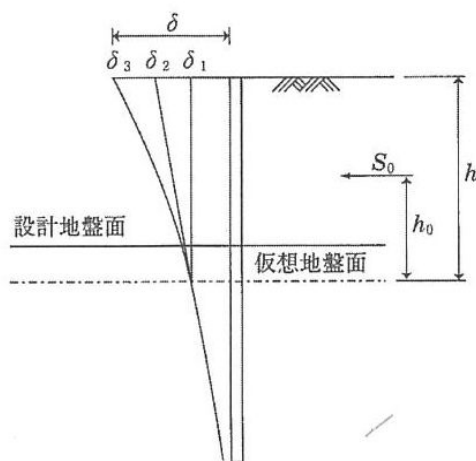


図 2.2-6 矢板頭部変位量の照査

δ : 自立式鋼矢板の頭部変位量 (m)

δ_1 : 仮想地盤面での変位量 (m)

δ_2 : 仮想地盤面での傾きによる頭部変位量 (m)

δ_3 : 仮想地盤面を固定端とした片持梁の 頭部変位量 (m)

S_0 : 全水平力 (kN)

h_0 : 全水平力作用位置と仮想地盤面との距離 (m)

h : 仮想地盤面から天端までの高さ (m)

β : 特性値 (m⁻¹)

K_h : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

※横方向水平載荷試験による実測値から求めることが望ましいが、実測値が得ら

れない場合は下式により求めてよい。

$$K_h = 0.691 N^{0.406} \cdot 10^4 \quad (\text{kN/m}^3)$$

N : 仮想地盤面から $1/\beta'$ までの平均 N 値

β' : 特性値 (m^{-1}) (腐食前の鋼矢板の断面二次モーメント (I') による特性値であり次項の「(3) 矢板長の照査」参照)

E : 鋼矢板の弾性係数 (kN/m^2)

I_{l2} : 土中部の鋼矢板の断面二次モーメント (m^4/m) ※表 2.2-3 参照

I_3 : 壁部の鋼矢板の断面二次モーメント (m^4/m) ※表 2.2-3 参照

α : 継手効率 (表 2.2-2 参照)

B : 矢板幅 (1.0m)

自立式鋼矢板の許容変位量は、表 2.2-1 のとおりである。

設計基準「水路工」では、自立式矢板の頭部変位量を「仮想地盤面での変位量 (δ_1)」、「仮想地盤面での傾きによる頭部変位量 (δ_2)」及び「仮想地盤面を固定端とした片持梁の変位量 (δ_3)」の合計としている。

一般的に干満帯部において鋼矢板の腐食が最も進行していることを考慮すると、鋼矢板の腐食による影響は「仮想地盤面を固定端とした片持梁の変位量 (δ_3)」と考えられる。このことから、頭部変位量算定に用いる鋼矢板の断面二次モーメントを表 2.2-3 のように設定する。

表 2.2-3 算定する変位量と適用する断面二次モーメント

変位対象	断面二次モーメント I の適用
δ_1	土中部の鋼矢板の断面二次モーメント I_{l2}
δ_2	土中部の鋼矢板の断面二次モーメント I_{l2}
δ_3	壁部の鋼矢板の断面二次モーメント I_3

1) 鋼矢板の断面二次モーメント

①土中部の鋼矢板の断面二次モーメント (I_{l2}) (δ_1 、 δ_2 算定用)

土中部の鋼矢板の断面二次モーメント I_{l2} は、試掘調査による背面の腐食状況の確認や土壌調査等に基づき適切な腐食代を設定し、腐食時断面性能算定図 ($\alpha=0$ の直線) より土中部での腐食深さを考慮した値を決定する (腐食時断面性能算定図は「巻末資料 2 鋼矢板及び軽量鋼矢板の断面性能及び製品規格図」を参照)。

なお、板厚調査による腐食深さの設定が困難な場合は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に示される鋼材の腐食速度の標準値 (表 2.3-1 参照) 又は「鋼矢板 設計から施工まで」に示される土中の平均年間腐食量 (表 2.3-2 参照) を参考に、対象施設の供用年数から土中部の腐食深さを算定し、腐食時断面性能算定図 ($\alpha=0$ の直線) より土中部での腐食深さを考慮した断面二次モーメントの値を決定する。

②壁部の鋼矢板の断面二次モーメント (I_3) (δ_3 算定用)

壁部の鋼矢板の断面二次モーメント I_3 の算出式を下記に示す。

なお、断面欠損又は開孔がある場合は、断面欠損部の長さ (L_D) と断面欠損が無部分の長さ ($L - L_D$) にて、断面二次モーメントを比例配分計算して求める。

$$I_3 = I_a \quad \dots \text{断面欠損又は開孔がない場合}$$

$$I_3 = \frac{(I_a - I_b) L_D + I_a (L - L_D)}{L} \quad \dots \text{断面欠損又は開孔がある場合}$$

I_3 : 壁部の鋼矢板の断面二次モーメント (m^4/m)

I_a : 腐食深さを考慮した腐食後の断面二次モーメント (m^4/m)

I_b : 開孔部、断面欠損部に該当する欠損断面二次モーメント (m^4/m)

$$I_b = \frac{\frac{D_b \cdot t^3}{12} + D_b \cdot t \left[h_{sp} - \frac{t}{2} \right]^2}{B}$$

D_b : 開孔、断面欠損幅 (m)

t : 鋼矢板の厚さ (m)

(開孔部、断面欠損部周辺で測定した平均板厚から算出)

h_{sp} : 鋼矢板の有効高さ (m)

L_D : 開孔高さ、断面欠損高さ (m)

L : 鋼矢板水路の壁高 (m)

B : 鋼矢板の有効幅 (m)

図 2.2-5 参照

腐食深さを考慮した腐食後の鋼矢板の断面二次モーメント (I_a) は、現地調査結果に基づき気中部、干満帯、水中部の腐食深さを設定し、これらの平均腐食深さから腐食時断面性能算定図 ($\alpha=1$ の直線) より腐食深さを考慮した腐食後の鋼矢板の断面二次モーメント (I_a) の値を決定する。

$$I_a = I_0 \cdot \eta / 100$$

なお、腐食後の鋼矢板の断面二次モーメント (I_a) の具体的な算定方法は、腐食後の断面係数 (Z_a) と同様、腐食後の鋼矢板断面性能低減率 (η) を腐食前の断面二次モーメント (I_0) に乗じて算定する (P. 参②-9~10 参照)。

(3) 矢板長の照査

矢板長は、壁高、設計地盤面から仮想地盤面までの深さ、根入れ長に基づき決定する。この際、鋼矢板の断面二次モーメントは、腐食前の鋼矢板の断面二次モーメント (製品板厚による断面二次モーメント) I' を用いて計算する。このため、現場条件に変更又は適

用基準の改定がない限り、矢板長の照査は不要である。現場条件の変更（载荷重等）又は適用基準の改定が確認された場合のみ、設計基準「水路工」に基づき照査を行う。

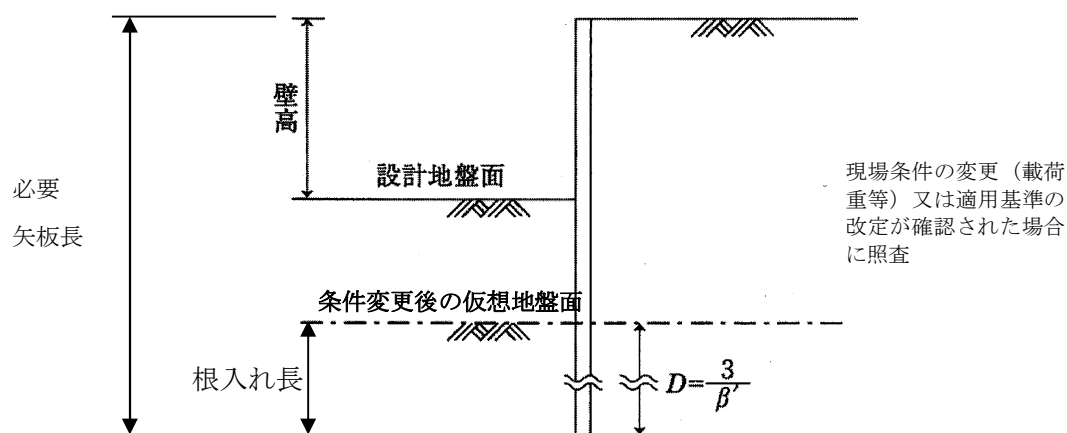


図 2.2-7 鋼矢板の根入れ長と必要矢板長

$$D = \frac{3}{\beta'}$$

$$\beta' = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot B}{4E \cdot I' \cdot \alpha}}$$

D : 根入れ長 (m)

β' : 特性値 (m^{-1})

I' : 腐食前の鋼矢板の断面二次モーメント (m^4/m)
(製品板厚による断面二次モーメント)

α : 継手効率 (表 2.2-2 参照)

E : 鋼矢板の弾性係数 (kN/m^2)

K_h : 水平方向地盤反力係数 (kN/m^3)

B : 矢板幅 (1.0m)

出典：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」H26.3

なお、矢板長の照査に使用する鋼矢板の断面二次モーメントは、安全側に考慮し設計基準「水路工」と同様に製品板厚による鋼矢板の断面二次モーメントを使用することとしているが、現場条件の変更又は適用基準の改定によって矢板長が不足する結果となった場合は、腐食後の断面二次モーメントに基づき照査を実施しても良い。

2.3 対策実施後の腐食代の設定

対策実施後の腐食代は、板厚調査結果又は文献等を参考に土壌中の腐食速度 v (mm/年) を設定し、腐食速度 v (mm/年) $\times$ 対策工法の期待される耐用期間により算定する。

【解 説】

対策実施後の腐食代は、対策工法の効果が期待される耐用期間に進行する腐食深さを表し、図 2.3-1 に示す未対策部で考慮する。

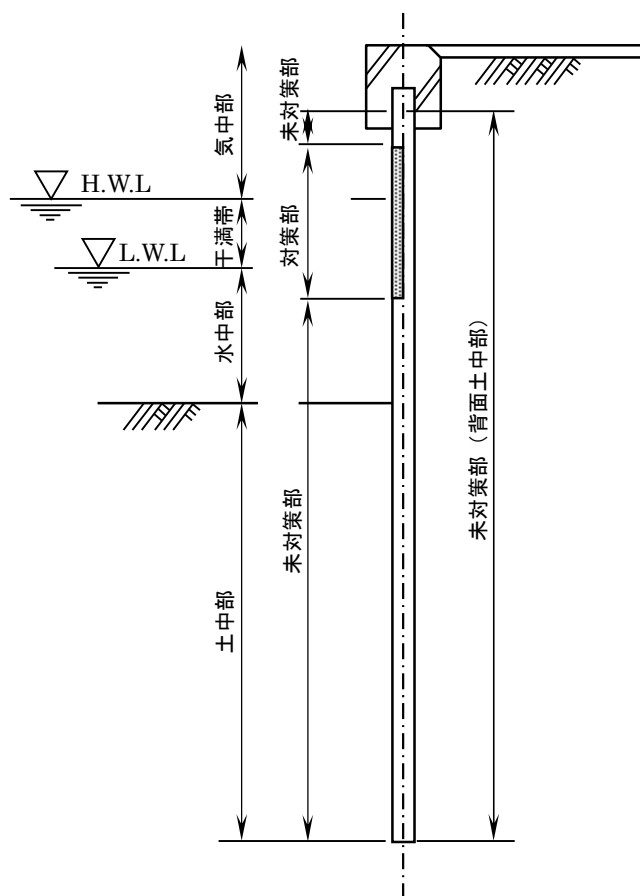


図 2.3-1 未対策部の範囲 (例)

①対策部

補修工対策部では、期待される耐用期間中は防食性能を発揮するため、腐食による板厚は減少しないものとする。

②未対策部

対策を実施していないため、期待される耐用期間中も腐食が進行すると想定される。現地調査又は文献等を参考に対策実施後の腐食代を設定する。

なお、土中部及び背面土中部では、土壌等による腐食のおそれがなく、腐食の進行が確認されていない場合は、対策実施後の腐食代を「0mm」としてもよい。

現地調査 (板厚調査) による未対策部の腐食量の設定が困難な場合は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に示される鋼材の腐食速度の標準値 (表 2.3-1) 又は「鋼矢板 設計から施工まで」に示される土中の平均年間腐食量 (表 2.3-2) 等を参考に腐食速度 v (mm/年) を決定する。腐食代は次式により算定する。

$$\text{腐食代 (mm)} = \text{腐食速度 } v \text{ (mm/年)} \times \text{対策工法の期待される耐用期間 (年)}$$

表 2.3-1 鋼材の腐食速度の標準値

腐食環境		腐食速度 (mm/年)
海側	H.W.L.以上	0.3
	H.W.L.～L.W.L.-1m まで	0.1～0.3
	L.W.L.-1m～海底部まで	0.1～0.2
	海底泥層中	0.03
陸側	陸上大気中	0.1
	土中 (残留水位以上)	0.03
	土中 (残留水位以下)	0.02

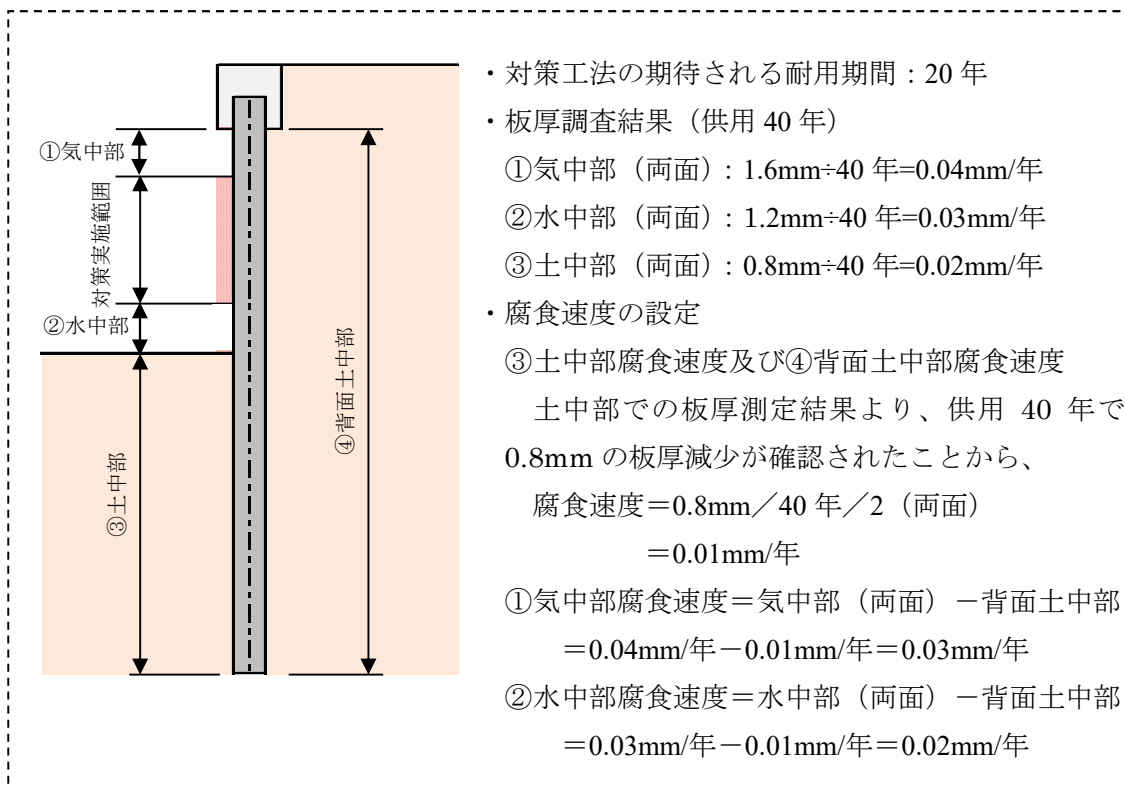
出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）H19.4」（公社）日本港湾協会

表 2.3-2 土中の平均年間腐食量

項 目		地表より 1～2m 区間または 地下水位付近 30cm (mm/y)	左記以外 (mm/y)
土 質	土壌比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)		
良 質 な 砂	6,000 以上	0.04～0.05	0.01～0.02
砂 質 土 礫まじり土 シルト質	1,000～6,000	0.05～0.07	0.01～0.03
粘 土	1,000 以下	0.10～0.15	0.03～0.05

出典：「鋼矢板 設計から施工まで（2014.10）」（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会

【参考 板厚測定値による腐食代の設定例】



・腐食代の設定

①気中部腐食代 $=0.03 \text{ mm/年} \times 20 \text{ 年} = 0.6 \text{ mm}$

②水中部腐食代 $=0.02 \text{ mm/年} \times 20 \text{ 年} = 0.4 \text{ mm}$

③土中部腐食代 $=0.01 \text{ mm/年} \times 20 \text{ 年} = 0.2 \text{ mm}$

④背面土中部腐食代 $=0.01 \text{ mm/年} \times 20 \text{ 年} = 0.2 \text{ mm}$

以上より、最大値を一律代表値として

水路側腐食代 $= 0.6 \text{ mm}$

背面側腐食代 $= 0.2 \text{ mm}$ と設定する。

2.4 対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価

対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価では、当初設計に基づく性能評価（有機系被覆工法のみ）、想定板厚による性能評価を実施し、補修工法の適否を判断する。

【解 説】

本項では、対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価に係る考え方や検討手法、判断基準を記載する。

2.4.1 性能評価項目と評価の考え方

対策実施後の腐食代を踏まえた性能評価は、主として応力度、頭部変位量、矢板長、支持力（沈下）に対する照査があり、検討する対策工法や設計・現場条件を踏まえて適宜実施する。

【解 説】

対策後の鋼矢板水路の性能評価は、採用する対策工法の期待される耐用期間に応じた想定板厚（腐食による減肉、開孔、断面欠損及び対策実施後の腐食代を考慮した板厚）の有する断面性能に基づき、表 2.4-1、表 2.4-2 に示すとおり実施する。

表 2.4-1 有機系被覆工法を採用した場合の性能評価項目と内容

項 目	有機系被覆工法を採用した場合の性能評価の考え方
応力度	・鋼矢板の想定板厚が有する断面性能に基づき、曲げ応力度を算定し、許容曲げ応力度を満足するか照査する。
変位量	・鋼矢板の想定板厚が有する断面性能に基づき、頭部変位量を算定し、許容変位量を満足するか照査する。
矢板長	・腐食前の鋼矢板の断面性能に基づき、現場条件の変更（載荷重等）や適用基準の改定があった場合のみ必要矢板長を算定し、現有矢板長で満足するか照査する。ただし、既設鋼矢板の性能照査で実施済みであるため、ここでは省略可能とする。
支持力 (沈下)	・有機系被覆工法の自重による影響は極めて小さいため、支持力（沈下）の性能評価は省略可能とする。

表 2.4-2 パネル被覆工法を採用した場合の性能評価項目と内容

項 目	パネル被覆工法を採用した場合の性能評価の考え方
応力度	・鋼矢板の想定板厚の有する断面性能に基づき、パネル材と裏込めコンクリートの重量増に伴って部材に生じる曲げモーメントの増加を考慮した曲げ応力度を算定し、許容曲げ応力度を満足するか照査する。
変位量	・鋼矢板の想定板厚の有する断面性能に基づき、頭部変位量を算定し、許容変位量を満足するか照査する。
矢板長	・腐食前の鋼矢板の断面性能に基づき、現場条件の変更（載荷重等）や適用基準の改定があった場合のみ必要矢板長を算定し、現有矢板長で満足するか照査する。ただし、既設鋼矢板の性能照査で実施済みであるため、ここでは省略可能とする。
支持力 (沈下)	・パネル材と裏込めコンクリートにより増加する鉛直荷重（鋼矢板自重、笠コンクリート自重等を含む）と許容鉛直支持力を算定し、鉛直荷重が許容鉛直支持力を満足するか照査する。

2.4.2 有機系被覆工法

対策工法として有機系被覆工法を検討する場合、当初設計に基づく性能評価、想定板厚による性能評価を実施し、有機系被覆工法の適用の可否を判断する。

【解 説】

(1) 当初設計による性能評価

当初設計による性能評価では、長寿命化対策検討のための調査・情報整理の結果、既設鋼矢板の当初設計の内容が把握可能であり、次の条件を全て満足する場合は、対策実施後の腐食状態が当初設計よりも安全側であると判断し、「(2) 想定板厚による性能評価」による検討は省略可能とする。

- ①当初設計時と現場条件（荷重条件等）の変化なし
- ②期待される耐用期間（20 年）経過後の腐食代が 2mm 以内
- ③開孔、断面欠損がない
- ④当初設計時に適用していた基準等に改定がない

上記①～④のうち 1 項目でも条件を満足しない場合、又は当初設計の条件が不明な場合は想定板厚による性能評価を実施する。

(2) 想定板厚による性能評価

想定板厚による性能評価では、対策後の腐食代を考慮した想定板厚を使用する。また、当初設計時・施工時と適用基準や現場条件等が違う場合は、現在の条件を反映したもので評価する必要がある。

対策実施後の腐食は、水中部、土中部、背面土中部などの未対策部で進行する（「2.3 対策実施後の腐食代の設定」参照）。このため、有機系被覆工法を検討する場合の想定板厚による性能評価は、未対策部の腐食が想定される場合（未対策部の板厚計測結果で腐食による板厚減少が確認されている場合、又は文献値に基づき腐食速度を想定した場合）のみ実施する。

想定板厚による性能評価では、対策実施後の腐食形態（腐食深さ、開孔・断面欠損）を考慮した断面性能に基づく構造計算により①応力度、②頭部変位量の照査を行い、有機系被覆工法の適用の可否を判断する。

1) 応力度の照査

応力度の照査は「2.2.3 既設鋼矢板の現有板厚による性能評価」に示す手法と同様に実施する（参②-7～11 参照）。想定板厚は、現有板厚から対策実施後の腐食代（対策工法の期待される耐用期間末までの腐食量）を差し引いた板厚である。このため、対策実施後に進行する腐食深さを断面係数の算定に反映する（図 2.4-1 参照）。断面係数の算定手法は、参②-9～10 に示すように、現有板厚で評価する箇所を想定板厚（現有板厚－対策実施後の腐食代）に置き替えて実施する。

【参考 計算例】

対策工の検討時に鋼矢板の現有板厚（腐食深さ 1.5mm、 $\alpha=1$ として $t_f=1.5\text{mm}\times 1/2=0.75\text{mm}$ ）から断面係数が製品板厚による断面係数の 88%であったとする。加えて、対策実施後の 20 年後の腐食代が 0.5mm と想定された場合、想定板厚が有する断面係数は図 2. 4-1 から製品板厚による断面係数 $\times 85\%$ となる。

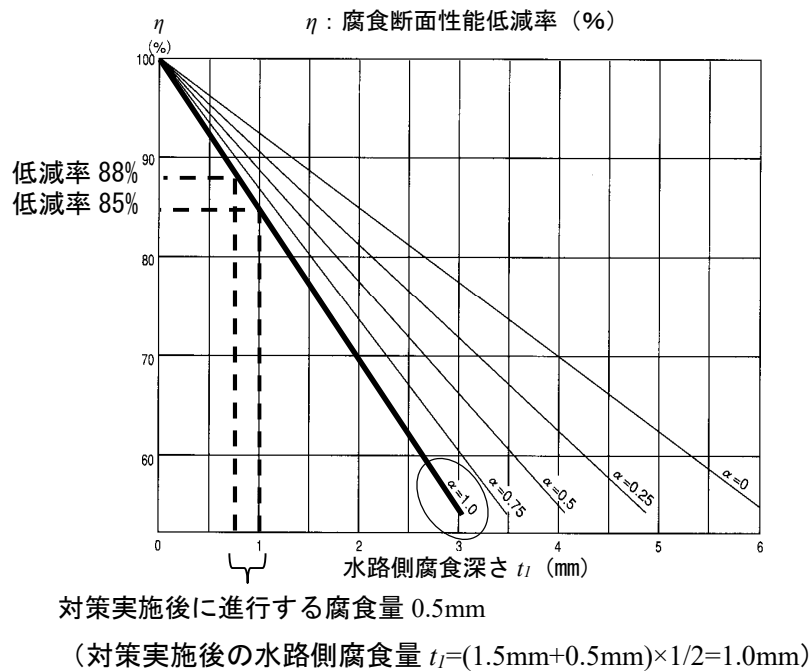


図 2. 4-1 想定板厚を考慮した断面係数の算定例

2) 変位量の照査

変位量の照査は、対策実施後に進行する腐食深さ（対策実施後の腐食代）を断面二次モーメントの算定に反映し、「2. 2. 3 既設鋼矢板の現有板厚による性能評価」に示す手法と同様に実施する（参②-12～14 参照）。

2.4.3 パネル被覆工法

対策工法としてパネル被覆工法を検討する場合、想定板厚による性能評価を実施し、パネル被覆工法の適用の可否を判断する。

【解 説】

(1) 想定板厚による性能評価

対策後の想定板厚による性能評価では、対策後の腐食度を考慮した想定板厚を使用する。また、当初設計時・施工時と適用基準や現場条件等が違う場合は、現在の条件を反映したもので評価する。

なお、パネル被覆工法を採用する場合、パネル材と裏込めコンクリートの自重作用位置が鋼矢板壁の前面側になるため、パネル材と裏込めコンクリートにより鋼矢板に作用する曲げモーメント ΔM が発生し、これを考慮した性能評価を実施する必要がある。

パネル被覆工法により発生する曲げモーメント ΔM の考え方は、図 2.4-2 に示すとおりである。

パネル被覆工法により発生する曲げモーメント

$$\Delta M = W_c \cdot X$$

ΔM : パネル被覆工法により発生する曲げモーメント (kN・m/m)

X : アーム長 (鋼矢板中立軸からパネル被覆工法重心までの距離) (m)

$$X = (X_c + X_p) / 2$$

$$W_c = (X_c + X_p) \times \gamma_{pc} \times H_p$$

W_c : パネル材と裏込めコンクリートの重量 (kN/m)

X_c : 鋼矢板中立軸から裏込めコンクリート端部までの距離 (m)

X_p : パネル材の厚さ (m)

γ_{pc} : パネル材と裏込めコンクリートの単位体積重量 (kN/m³)

H_p : パネル被覆工の壁高 (m)

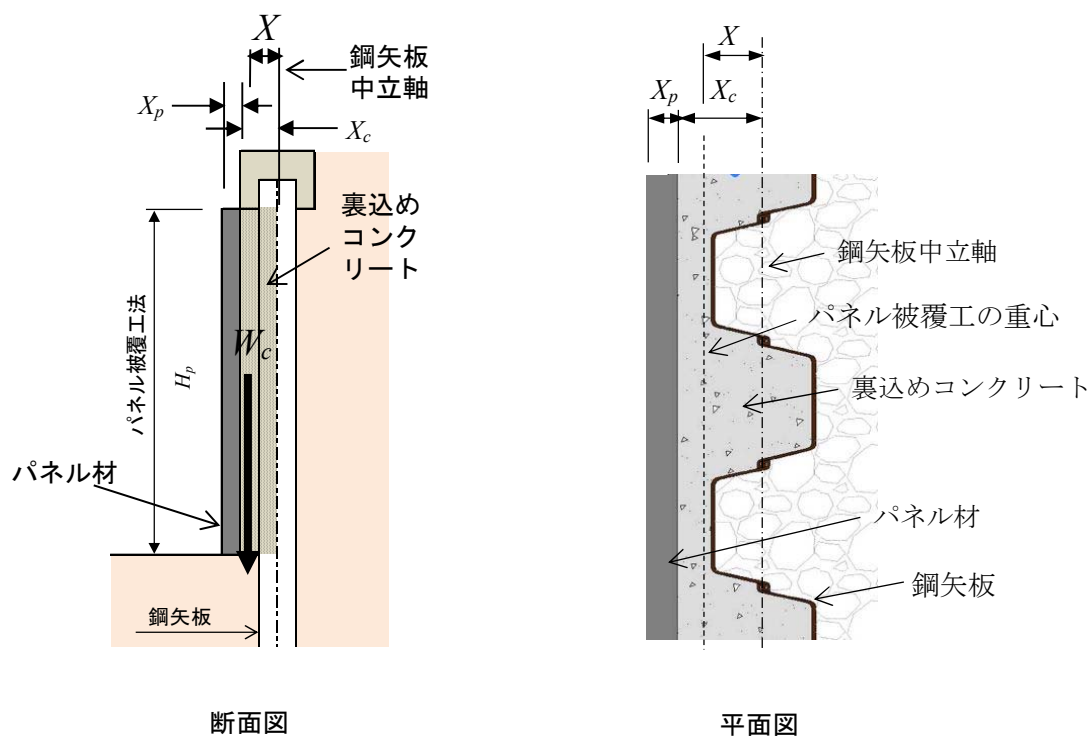


図 2.4-2 パネル被覆工法により発生する曲げモーメント

想定板厚による性能評価では、対策実施後の腐食形態（腐食深さ、断面欠損面積）を考慮した断面性能に基づく構造計算により①応力度、②頭部変位量、③支持力（沈下）の照査を行い、パネル被覆工法適用の可否を判断する。

1) 応力度の照査

応力度の照査は、「2.2 既設鋼矢板の性能評価」に示す手法と同様に実施するが、パネル被覆工法により増加する曲げモーメントを考慮し以下のように実施する。

$$\sigma_s = \frac{M + \Delta M}{Z_{ab} \cdot \alpha} \leq \sigma_{sa}$$

σ_s : 曲げ応力度 (N/mm²)

M : 土圧や水圧等によって照査断面に生じる曲げモーメント (N・mm/m)

ΔM : パネル被覆工法により発生する曲げモーメント (N・mm/m)

Z_{ab} : 腐食深さ、開孔、断面欠損を考慮した断面係数 (mm³/m)

α : 継手効率 (表 2.2-2 参照)

σ_{sa} : 許容曲げ応力度 (N/mm²)

(軽量鋼矢板 : 140N/mm²、鋼矢板 : 180N/mm²)

2) 変位量の照査

変位量の照査は、「2.2 既設鋼矢板の性能評価」に示す手法と同様に実施するが、パネル被覆工法により発生する曲げモーメントを考慮し以下のように実施する。

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \leq \text{許容変位量}$$

$$\delta_1 = \frac{1 + \beta \cdot h_1}{2\beta^3 \cdot E \cdot I_{12} \cdot \alpha} S_0$$

$$\delta_2 = \frac{1 + 2\beta \cdot h_1}{2\beta^2 \cdot E \cdot I_{12} \cdot \alpha} S_0 \cdot h$$

$$\delta_3 = \frac{S_0 \cdot h_1^2 (3h - h_1)}{6E \cdot I_3 \cdot \alpha}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot B}{4E \cdot I_{12} \cdot \alpha}}$$

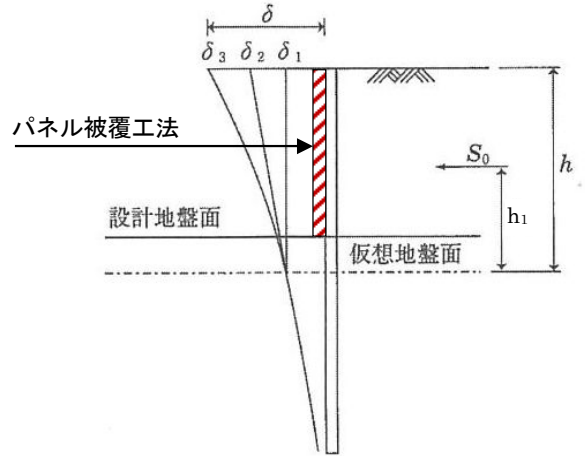


図 2.4-3 パネル被覆工法設置後の自立式鋼矢板のたわみ

δ_1 : 仮想地盤面での変位量 (m)

δ_2 : 仮想地盤面での傾きによる頭部変位量 (m)

δ_3 : 仮想地盤面を固定端とした片持梁の頭部変位量 (m)

S_0 : 全水平力 (kN)

h_1 : パネル被覆工法設置後の全水平力作用位置と仮想地盤面までの距離 (m)

(図 2.4-3 及び図 2.4-4 参照)

h : 仮想地盤面から天端までの高さ (m)

β : 特性値 (m⁻¹)

K_h : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

※横方向水平載荷試験による実測値から求めることが望ましいが、実測値が得られない場合は参②-13 の式により求めてよい。

B : 矢板幅 (1.0m)

E : 鋼矢板の弾性係数 (kN/m²)

I_{12} : 土中部の鋼矢板の断面二次モーメント (m⁴/m) ($\delta_1 \sim \delta_2$ 算定用)

(土中部の板厚調査結果又は文献値に基づく腐食深さを考慮した値)

I_3 : 壁部 (腐食後) の鋼矢板の断面二次モーメント (m⁴/m) (δ_3 算定用)

(背面土中部の平均腐食深さを考慮した値)

α : 継手効率 (表 2.2-2 参照)

パネル被覆工法設置後の全水平力作用位置と仮想地盤面との距離 h_1 は、図 2.4-4 を参考に下式により算定する。

$$h_l = \frac{M + \Delta M}{S_0}$$

$$M = B \cdot \sum (P_i \cdot \ell_i)$$

$$S_0 = B \cdot \sum P_i$$

h_l : パネル被覆工法設置後の全水平力作用位置と仮想地盤面までの距離 (m)

B : 矢板幅 (1.0m)

S_0 : 全水平力 (kN)

M : 土圧や水圧等によって生じる全曲げモーメント (kN・m)

P_i : 土圧や水圧等によって生じる水平力 (kN/m)

ℓ_i : 仮想地盤面から各水平力の作用点までの高さ (m)

ΔM : パネル被覆工法により発生する曲げモーメント (kN・m)

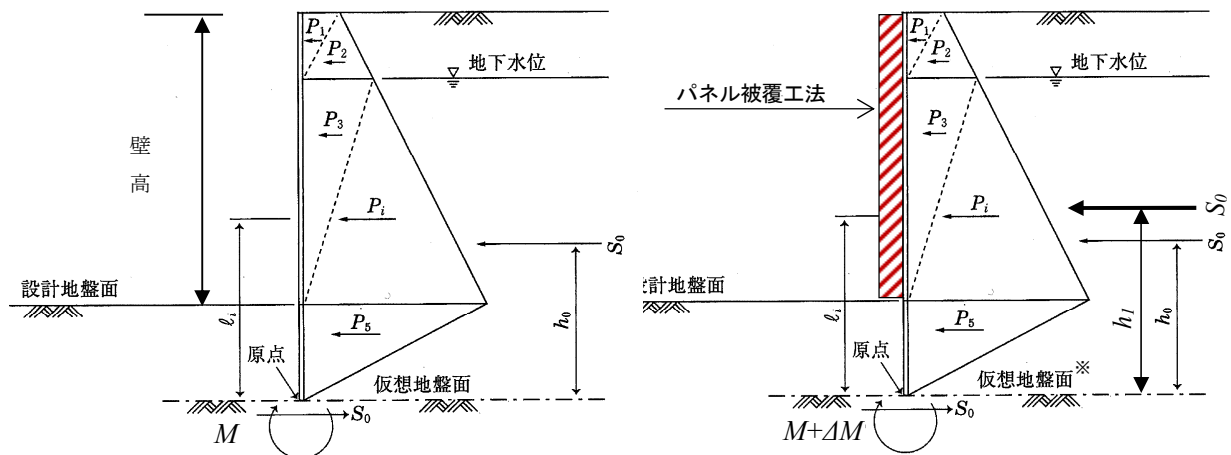


図 2.4-4 パネル被覆工法設置前後の土圧による全水平力の作用位置

なお、以上の式からパネル被覆工法の影響を考慮することにより、鋼矢板の頭部変位量は増加する。この結果、根入れ部において地盤の弾性反力の増加をもたらすが、パネル被覆工法では僅かであるため、仮想地盤面の深さは変化しないものとする。

3) 支持力（沈下）の照査

支持力（沈下）の照査は、下式により行う。

$$R_a = \frac{1}{n} \cdot R_u \geq W$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \sum (\ell_i \cdot f_i)$$

R_a : 許容鉛直支持力 (kN)

n : 安全率 (n=3) (本設の構造物の常時の安全率として設定)

R_u : 地盤から求まる鋼矢板の極限支持力 (kN)

- q_d : 鋼矢板先端地盤の極限支持力度 (kN/m²)
 A : 鋼矢板の先端面積 (m²)
 U : 鋼矢板の周長 (m) で土と接する部分
 ℓ_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)
 f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/m²)
 W : パネル被覆工法を考慮した鉛直荷重 (kN) (パネル材、裏込めコンクリート、鋼矢板及び笠コンクリートの自重等により生じる鉛直荷重)

出典：「道路土工 仮設構造物指針 (H11.3)」(公社) 日本道路協会

① 鋼矢板の先端断面積と周長

鋼矢板の周面摩擦力を考慮する範囲は、図 2.4-5 に示す範囲とする。

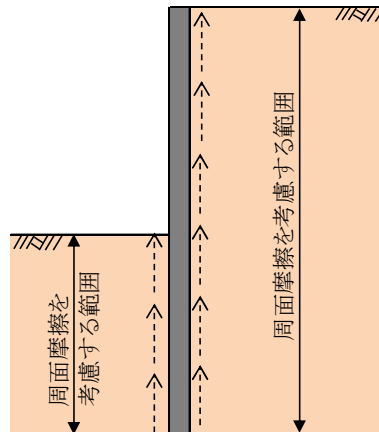


図 2.4-5 周面摩擦を考慮する範囲

鋼矢板の先端断面積は、図 2.4-6 に示す純断面積（斜線部）とする。また、周長 (U) は以下のように設定する。

掘削底面以深： $U=2w$

掘削底面上部： $U=w$

w : 鋼矢板の有効幅

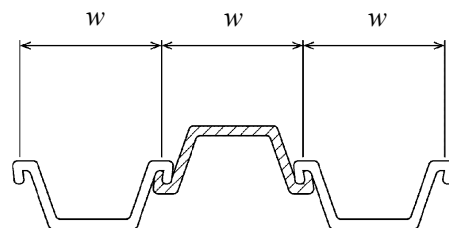


図 2.4-6 鋼矢板の先端断面積と周長

出典：「道路土工 仮設構造物指針 (H11.3)」

② 鋼矢板の先端地盤の極限支持力度と最大周面摩擦力度

鋼矢板の先端地盤の極限支持力度 (q_d) と最大周面摩擦力度 (f_i) は、下式より算出する。

$$q_d = 200 k_b \cdot N \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$f_i = 2 k_c \cdot N_s \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad : \text{砂質土の場合}$$

$$f_i = 10 k_c \cdot N_c \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad : \text{粘性土で } N \text{ 値より算出する場合}$$

$$f_i = k_c \cdot c \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad : \text{粘性土で粘着力 } c \text{ (kN/m}^2\text{) より算出する場合}$$

k_b : 施工条件による先端支持力度の係数 (1.0)

k_c : 施工条件による周面摩擦力度の係数 (1.0)

※新設の設計に当たっては、施工方法に応じて係数が異なるが、長期供用後の鋼矢板の場合、地盤の状態が安定していると想定されるため、 k_b 、 k_c ともに1.0とした。

N : 先端地盤の N 値 (40 を上回る場合には 40 とする。)

N_s : 砂質土の N 値 (各層の平均 N 値で、50 を上回る場合には 50 とする。)

N_c : 粘性土の N 値 (各層の平均 N 値)

c : 粘着力 (kN/m²) で 150kN/m² を上回る場合は 150kN/m² とする。

③先端地盤の N 値の考え方

先端地盤の N 値は、以下のように設定する。

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_1 : 鋼矢板先端地盤の N 値 (図 2.4-7 参照)

N_2 : 鋼矢板先端から上方へ 2m の範囲における平均 N 値 (図 2.4-7 参照)

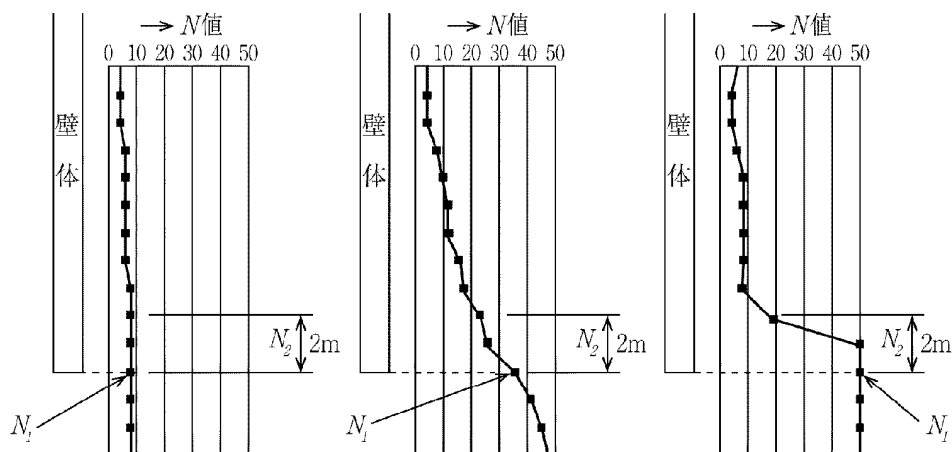


図 2.4-7 N_1 、 N_2 のとり方

出典：「道路土工 仮設構造物指針 (H11.3)」(公社) 日本道路協会

2.5 対策範囲の設定

対策工法の範囲は、腐食範囲の程度、採用する対策工法の製品規格、未対策部への影響、施工性を考慮し設定する。

【解 説】

対策範囲の設定に当たっては、以下の点に留意し設定する。

- ①対策必要範囲は、長寿命化を図る期間中に、腐食の進行により必要な板厚を確保できないと想定される範囲を基本とする。
- ②未対策部の発錆進行が対策必要範囲に影響を与えないよう、発錆状況等を考慮し余裕を持たせて対策範囲を決定する。
- ③パネル被覆工法の場合は、製品規格（特にパネルの縦長さ）を考慮し設定することが望ましい。
- ④水路の縦断方向には、施工ミス等を防止するため、断面の複雑化を避けることが望ましい。
- ⑤パネル被覆工法については、笠コンクリートの間に鋼材素地を部分的に残した場合に鋼材素地の腐食を加速するおそれがあることから、その場合には笠コンクリート部まで施工するなど、鋼材素地を残さないように対策範囲を工夫することが望ましい。

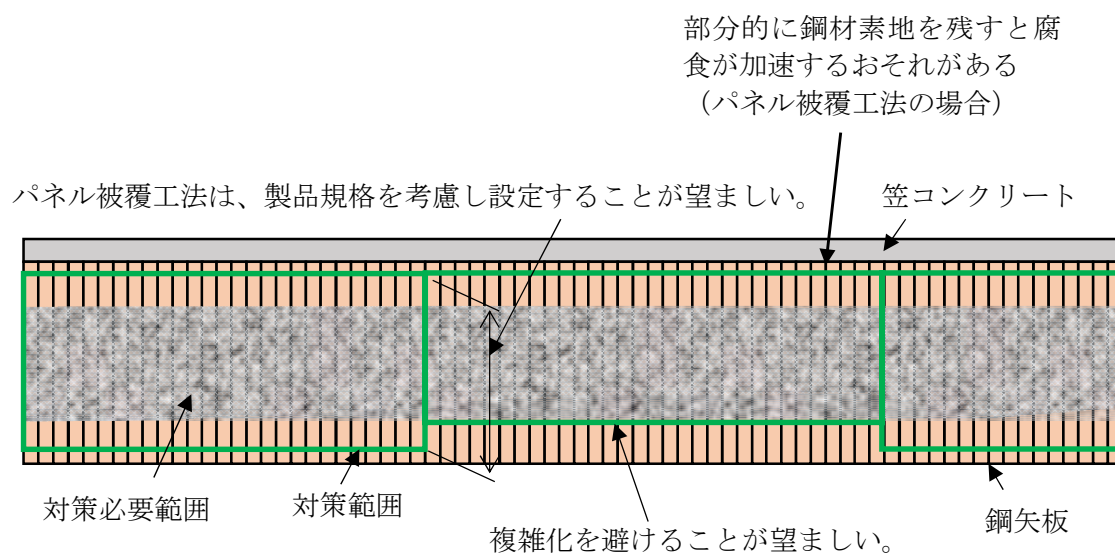


図 2.5-1 対策範囲の決定のための参考図

参考③ 対策後の施設監視

3.1 基本的事項

対策工法の施設監視は、当該工法が備えるべき性能を確認することを目的とし、必要に応じ施工時及び供用時を対象に対策工法に応じた施設監視計画を立案し、それに基づき実施する。

対策後の施設監視は、施設管理者が実施する目視を主体とした日常点検と、施設造成者が実施するモニタリングを対象とする。

【解 説】

(1) 施設監視の基本事項

施設監視は、対策工法を対象に実施するものであり、日常点検とモニタリングが該当する。

なお、モニタリングの詳細に関しては、「第7章 対策後のモニタリング」を参照されたい。

施設監視計画は、対策工法を適切に評価するため、対象となる対策工法の防食機構を把握し、防食効果を発現するために必要となる性能、又は外観上の変状の程度等を対象に策定する。

施設監視結果は、対象施設の基本情報（施設基本情報・補修工法情報）や周辺状況写真・水路状況写真と併せて記録様式に整理を行い、農業水利ストック情報データベース等に蓄積し、施設造成者や施設管理者等の関係者がこれらの情報を共有することでリスク管理を行う。

(2) 施設監視の目的

施設監視は、対策工法の施工後に、供用開始後の状況変化、当初品質の維持状況を継続的に把握し、対策後の施設状態を把握することを目的として実施する。

対策工法の施設監視は、技術的かつ経済的に可能な範囲において調査項目を設定し、継続的に実施することが重要である。今後、鋼矢板水路の対策工法を実施した区間は、下記2項目について、施設監視のデータを蓄積し、日常点検とモニタリング結果の記録を踏まえて内容の充実と精度の向上を図る。

①対策工法の品質規格値の検証と検証結果の反映

②再対策の要否検討のための技術情報収集

(3) 施設監視の内容と実施者

施設監視には、変状発生の有無を把握するための日常点検と、変状の発生程度や進行性を把握するためのモニタリングがある。

日常点検は、施設管理者の日常業務の範囲内で実施し、モニタリングは、施設造成者

が対策工法の施工後計画的に実施する。また、モニタリング等で確認された変状の程度に応じて、その後の実施時期等を適宜再設定する。

(4) 施設監視の実施段階と流れ

施設監視の実施段階は、「対策工法の施工時」と「供用時」の2段階に区分することができる。

「対策工法の施工時」の施設監視は、今後継続して実施する施設監視データの初期値を把握するために実施する。なお、初期値は、対策工法施工時の性能発揮状況を把握するとともに、今後の性能低下傾向を把握するための基準値となる。

「供用時」の施設監視は、対策工法の変状の程度や進行性を把握し、対策工法の効果を適切に評価することを目的として実施する。

1) 施設監視のための事前調査

施設監視のための事前調査では、既存資料（表 3.1-1 参照）の収集整理により、対策を実施した鋼矢板水路について、施設基本情報、施設状態情報、対策工法情報を把握する。

既存資料が十分に収集できない場合は、施設管理者等への聴き取り調査を実施し内容を把握する。

把握した内容を基に、施設監視計画を立案する。

表 3.1-1 施設監視のために必要な収集資料（例）

情報区分	収集資料	把握内容	
施設基本 情報	工事誌、土地改良区パンフレット	基本情報	造成年次（経過年数）、施設構造 等
	設計書、出来形図面、施設管理台帳	諸元	通水諸元、既設鋼矢板水路の施設諸元（施設構造、施設規模等）
施設状態 情報	既往調査資料、対策工事施工記録、聴き取り	変状情報	対策実施前の変状種別、変状要因、変状程度 施設の補修履歴、素地調整の程度、 対策実施後の施設状態（不具合の有無等）
対策工法 情報	工法パンフレット、対策工事施工記録	基本情報	対策工法種別（有機系被覆工法、パネル被覆工法） 対策工法名称、工法選定理由、対策工法の要求性能
	製造証明書等	材料情報	品質試験結果

2) 施設監視計画の立案

表 3.1-2 施設監視計画記載項目（例）

検討項目	備 考
施設監視対象施設の概要	・ 事前調査で把握した基本情報（施設基本情報・対策工法情報）、施設状況写真（対策施工完了時の写真）を示す。
施設監視対象範囲 （位置）	・ 原則として対策工法が実施された範囲を調査対象とし、位置図と測点等の位置情報を添付する。 ・ 施工延長が長い場合は、定点を設けて調査を行う。 ・ 定点は対策前の鋼矢板の状態、重要施設等近接箇所や調査しやすい箇所等を考慮し設定する。
施設監視項目	・ 施設監視対象の対策工法に応じて適宜設定する。
施設監視手法	・ 施設監視項目に応じた施設監視手法を設定する。
施設監視頻度	・ 日常点検は1年に1回程度、モニタリングは計画的に実施するが、モニタリングで確認された変状の程度に応じて適宜再設定する。
施設監視実施者	・ 施設管理者、施設造成者、専門技術者等、実施者を明記する。
留意事項	・ 施設の通水条件や施設変状の有無、運用状況等について施設管理者に確認し、工法や材料の特性、施工状況などを施工業者や製造業者に確認し、施設監視時に留意すべき事項があれば記載する。

(5) 施設監視の実施

対策工法に応じた施設監視を実施する（詳細は「3.2 日常点検」「第7章 対策後のモニタリング」を参照）。

(6) 施設監視結果の記録

実施した施設監視結果は、所定の記録様式に整理し、対策工法の効果検証や施設監視計画にフィードバックする。

(7) 異常が確認された場合の対応

施設管理者は、日常点検により異常が確認された場合、速やかに施設造成者に連絡する。連絡を受けた施設造成者は、情報収集に努め、施設管理者等関係機関と連携して、新たに該当箇所の施設監視計画を定め、補修対策の検討を行うなどの必要な対応を行う。

3.2 日常点検

日常点検は、対策工法の効果の発現性や持続性、母材の変状の有無を把握することを目的に、施設管理者が実施する調査であり、目視・打音等の簡易な調査を基本として実施する。

【解 説】

日常点検は、施設管理者が特殊な装置や技能によらず、変状の有無や進行を監視できる範囲で実施する。その際、安価で多大な労力を必要とせずに、対策工法の変状や性能低下の早期発見を可能とすることが重要である。

日常点検における調査手法の例を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 日常点検手法（例）

項 目	内 容	参考規格・基準
目視調査	・全体を確認し、目視で確認できる変状（欠損損傷、割れ、分離、膨れ、段差・ズレ、錆汁（鋼材の腐食））を記録する。 ・変状が認められた箇所は、変状箇所全景、変状箇所近景について写真撮影を行う。 ・全景写真は、変状発生場所がわかるように、ポールやスタッフと一緒に撮影する。 ・有機系被覆工法において変状が確認された場合、変状近傍で打音調査を実施し、変状の範囲を推定する。	JIS K 5600-7-1～6:1999
打音調査	・有機系被覆工法について、テストハンマーや打診棒により変状発生箇所周辺の打音を確認する。 ・打音間隔は 10～20cm 程度とする。 ・他の場所と打音が異なる箇所は、さらに打音間隔を密にし、変状範囲を推定する。推定した範囲はチョーキングし、写真撮影を行う。	

日常点検結果は、表 3.2-2、表 3.2-3 に示す日常点検結果記録様式に記録し、定期的に実施するモニタリングや機能診断の基礎的な情報として適切に整理、保存する。

表 3.2-2 日常点検結果記録様式（例）（有機系被覆工法）

施設名	〇〇排水路		点検場所	△△市××地先	
点検日時	[今回]	令和 〇〇年〇〇月〇〇日	[前回]	令和 〇〇年〇〇月〇〇日	
点検者	〇〇土地改良区 氏名		施設情報	造成年〇〇年、供用年〇〇年、施工〇〇年、対策〇〇年	
構造・規模	自立型、普通鋼矢板、Ⅱ W型		対策情報	有機系被覆工法	

種別	点検項目	点 検 内 容	異常の有無	位置その他(※1)	
有機系被覆工法	塗膜の状況	剥れがある	☐ 有 ☒ 無		
		裂け目や欠損部がある	☐ 有 ☒ 無		
		剥がれが生じている	☒ 有 ☐ 無	No.〇〇～	
		ひび割れが生じている	☐ 有 ☒ 無		
		変色や苔、微生物の付着が認められる	☐ 有 ☒ 無		
		その他の変状が認められる	☐ 有 ☒ 無		
	母材の状況	塗膜表面に錆汁が生じている	☐ 有 ☒ 無		
		その他の変状が認められる	☐ 有 ☒ 無		
	日常点検	撮影位置:	撮影位置:		
写 真 状 況					
変状種別		剥がれ	変状種別		
所 見	局所的な剥がれが発生している。				
特記事項 (※2)	今後も施設監視を継続し、関係者間で情報を開示、共有する。				

※1: 位置情報(住所又は〇〇橋近傍の左岸)と合せ、前回点検時からの水位・ひび割れ・外観等の変化などを記載。枠内に収まらない場合は別紙にて整理。
 ※2: 異常が確認された場所の対応(要観察、関係部局へ連絡し対策を検討など)などを記載。異常が確認された場合は、本点検票と合せ、異常箇所の状況を写真にて記録・整理し保存しておくこと。

表 3.2-3 日常点検結果記録様式（例）（パネル被覆工法）

施設名	〇〇排水路		点検場所	△△市××地先	
点検日時	[今回]	令和 〇〇年〇〇月〇〇日	[前回]	令和 〇〇年〇〇月〇〇日	
点検者	〇〇土地改良区 氏名		施設情報	造成年〇〇年、供用年〇〇年、施工〇〇年、対策〇〇年	
構造・規模	自立型、普通鋼矢板、Ⅱ W型		対策情報	パネル被覆工法	

種別	点検項目	点 検 内 容	異常の有無	位置その他(※1)	
日常点検	パネル被覆工法	パネルの状態	欠損、ひび割れがある	☒ 有 ☐ 無	
			錆汁が生じている	☐ 有 ☒ 無	
			パネル材表面に摩耗が生じている	☐ 有 ☒ 無	
			剥離、剥落が生じている	☐ 有 ☒ 無	
			その他の変状が認められる	☐ 有 ☒ 無	
			目地部の状態	欠損やひび割れ、脱落が生じている	☐ 有 ☒ 無
	錆汁が生じている	☐ 有 ☒ 無			
	段差やズレが生じている	☐ 有 ☒ 無			
	その他の変状が認められる	☐ 有 ☒ 無			
	母材の状態	腐食が生じている(目視可能箇所がある場合が対象)		☐ 有 ☒ 無	
		その他の変状が認められる		☐ 有 ☒ 無	
	写 真 状 況	撮影位置:		撮影位置:	
					
変状種別		ひび割れ	変状種別		
所 見	局所的なひび割れが発生している。				
特記事項 (※2)	今後も施設監視を継続し、関係者間で情報を開示、共有する。				

※1: 位置情報(住所又は〇〇橋近傍の左岸)と合せ、前回点検時からの水位・ひび割れ・外観等の変化などを記載。枠内に収まらない場合は別紙にて整理。
 ※2: 異常が確認された場所の対応(要観察、関係部局へ連絡し対策を検討など)などを記載。異常が確認された場合は、本点検票と合せ、異常箇所の状況を写真にて記録・整理・保存しておくこと。

参考④ 補強その他工法の事例紹介

構造耐力を回復又は向上させる補強工法は、各鋼矢板水路においてそれぞれ異なる構造耐力の低下状況に応じて工法の内容を決めなければならない。また、新たな材料を用いた補修工法も開発されつつあることから、「参考④ 補強その他工法の事例紹介」として鋼矢板水路での試験的な施工も含め、実績のある補強工法と補修工法を紹介する。

4.1 鋼矢板水路の補強工法

4.1.1 補強の目的

- (1) 鋼矢板水路の補強は、それ自体に求められる役割、性能だけでなく、補強後の鋼矢板水路が有する機能を十分考慮した上で実施しなければならない。
- (2) 鋼矢板水路の補強は、主に鋼矢板水路の構造耐力を回復又は向上させることを目的として行うものであり、本図書においては参考資料として工法の概要のみを記載する。

【解 説】

鋼矢板水路の補強は、主に鋼矢板水路の構造耐力（力学的安全性能）を回復又は向上させることを目的として行う（図 4.1-1 参照）ものであるが、現時点において、構造耐力に関する技術的な知見が十分得られていないことから、本図書では補強対策については参考資料として整理し、求められる性能については規定していない。

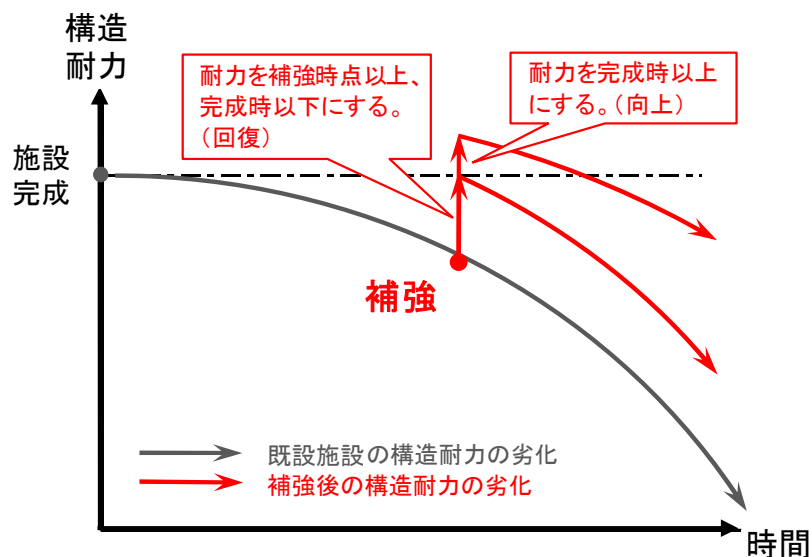


図 4.1-1 補強の概念

4.1.2 補強工法の種類

鋼矢板の補強工法には、切梁補強工法、継矢板補強工法、鉄筋コンクリート被覆工法、当て板溶接工法、パネル被覆工法等がある。

【解 説】

鋼矢板水路の補強工法は、既設鋼矢板が受け持つ断面力を低減する工法と、腐食した部材の断面性能を回復又は向上する工法に大別され、表 4.1-1 のように区分される。

表 4.1-1 補強工法の分類

	区 分	工 法	腐食による断面性能の低下に対する有効性
補強 工法	既設鋼矢板が受け持つ断面力を低減する工法	切梁補強工法	△
		継矢板補強工法	○
	腐食した部材の断面性能を回復又は向上する工法	鉄筋コンクリート被覆工法	○
		当て板溶接工法	○
		パネル被覆工法	○

各工法の概要は「4.1.3 補強工法の特徴」を参照。

構造耐力を回復又は向上させる鋼矢板水路の補強は、一律に適用できるものではなく、各鋼矢板水路においてそれぞれ異なる構造耐力の低下状況に応じて工法の内容を決めなければならない。

現段階では、補強に関する技術は農業用水路における施工実績が少なく、一般化できるような段階になっていないため、工法概要の記述にとどめるものとする。

なお、本図書で補修工法として取り扱っているパネル被覆工については、補強工法としての適用が研究されている。補強工法として既設鋼矢板とパネル被覆工法を「複合材」として機能させる場合には、パネル被覆工が有する構造耐力や補強の効果及びその期待される耐用期間等について十分検討する必要がある。また、「合成材」として機能させる場合は、合成材としての構造耐力、補強の効果、期待される耐用期間中の一体化、パネル被覆工下部の鋼矢板の現況耐力、根入れ長等についても十分検討した上で採用する必要がある。

4.1.3 補強工法の特徴

鋼矢板水路の補強工法は、対象とする鋼矢板自体の耐力、施工上の制約条件や施工環境などを考慮して、設計・施工を行う必要がある。

【解 説】

(1) 切梁補強工法

切梁補強工法は、鋼矢板の腐食による断面性能の低下や、周辺地盤の影響によって水路側に傾倒する等の変状に対して、既設鋼矢板水路の笠コンクリート部又は水路底部を切梁で押さえる工法である。自立式の場合に適用し、背面の土圧等を受ける部材として対面の護岸との間に切梁を設置して構造耐力の向上を図ることを目的とする。なお、設置の間隔や位置については維持管理に支障とならないよう配慮する必要がある。

(2) 継矢板補強工法

継矢板補強工法は、腐食により断面性能が低下した鋼矢板を引き抜き、局部腐食、断面欠損や著しく腐食した部分を切断し、他の現場で発生した鋼矢板と既設鋼矢板を溶接し必要な長さを確保した後に再度打ち込みすることで鋼矢板の断面性能を回復させる工法である。継ぎ矢板工法を採用する場合、壁体としての応力集中を避ける意味で、隣接する溶接箇所は鉛直方向に 1m 以上の離隔を確保した千鳥配置とする。また、施工の際には、打ち込み機械のヤード確保が前提となることに留意する。

(3) 鉄筋コンクリート被覆工法

鉄筋コンクリート被覆工法は、構造耐力が低下した鋼矢板水路に対して、前面に鉄筋を溶接しコンクリートで被覆する工法である。構成材料である被覆コンクリート及び鉄筋と既設鋼矢板の合成断面として、必要な強度を保持する必要がある。

(4) 当て板溶接工法

当て板溶接工法は、鋼矢板の腐食により断面性能が低下した箇所に当て板を溶接し、水路断面を補強する工法である。当て板の形状が複雑になるため、水路の現場状況に合わせた施工となる。

(5) パネル被覆工法

補強工法として適用可能なパネル被覆工法の研究、開発が進められているが、現段階では確立されていないため、今後、補強工法としての考え方の整理や品質規格の設定等が必要とされている。

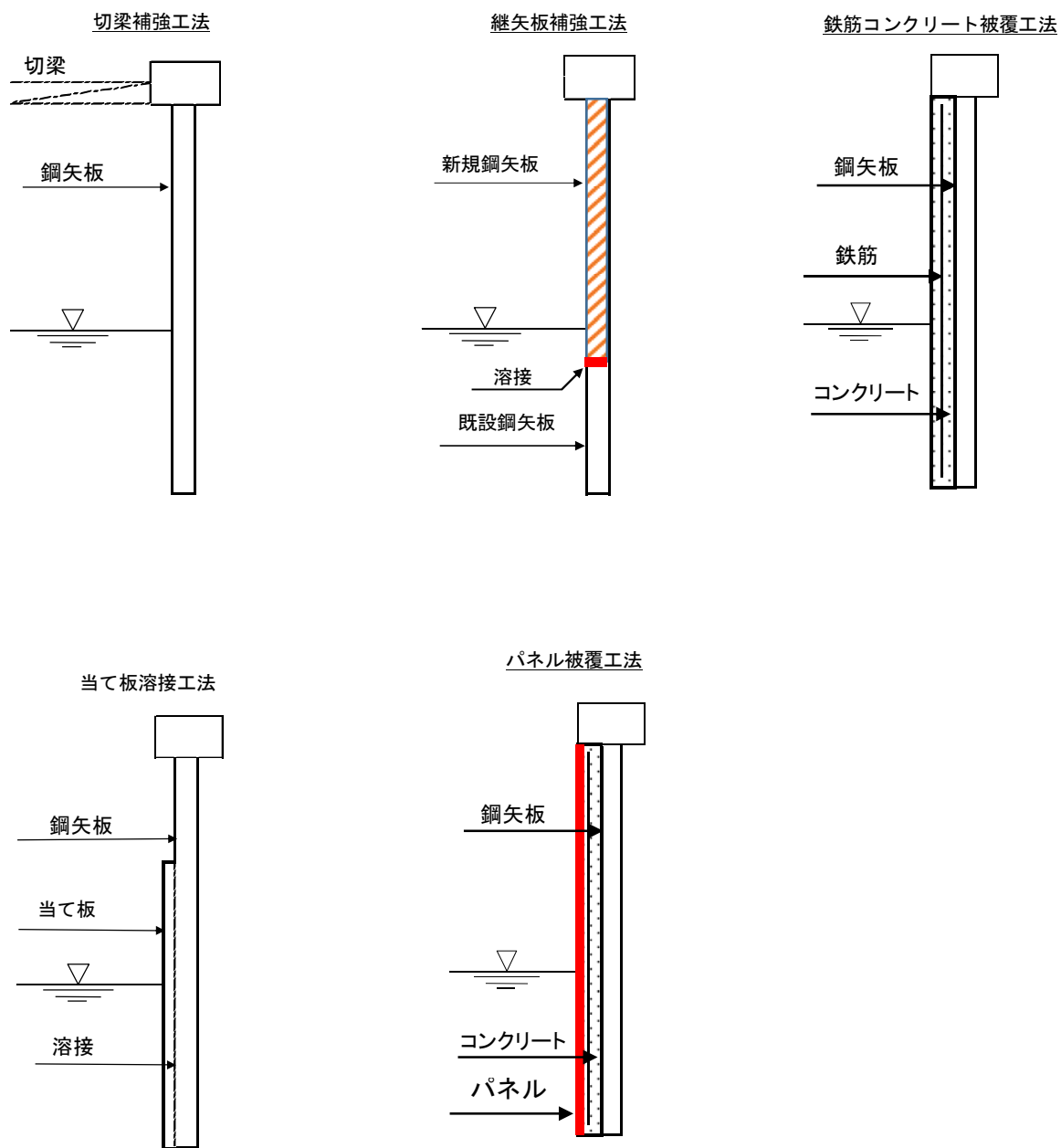


図 4.1-2 補強工法 (例)

4.2 その他の補修工法

4.2.1 ステンレスパネル被覆工法の特徴

ステンレスパネル被覆工法は、腐食因子である水分、酸素等の侵入の抑制を目的として、鋼矢板前面にカバー材（保護材）としてのステンレスパネルを固定材により設置し、その間を裏込めコンクリートで充填し被覆防食する工法であり、パネルは型枠材としての機能も兼ねている。

【解 説】

(1) 近年の取組実績

近年の取組事例として、ステンレスパネル被覆工法を鋼矢板水路に適用した事例がある。今後も鋼矢板水路に適用される可能性があるため、参考として当該工法について概要を記載する。

(2) 工法

ステンレスパネル被覆工法は、鋼矢板水路の表面にステンレスパネル材を固定材により設置し、その間を裏込め材により充填する工法である。

標準的な断面例を図 4.2-1 に示す。

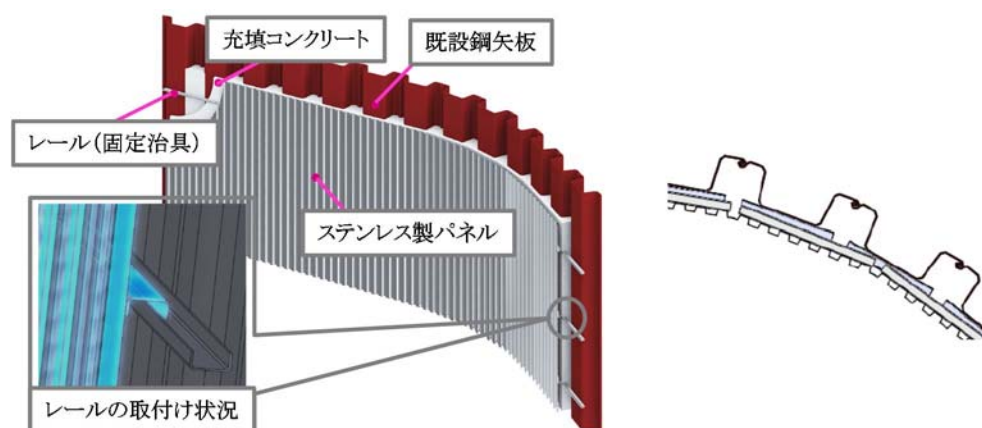


図 4.2-1 ステンレスパネル被覆工法の断面（例）

出典：「日鉄建材(株) CABA 工法カタログ」

(3) その他の特徴

ステンレスパネル材は軽量（7.4kg/枚～14.0kg/枚）であり、現場での据え付けに当たり、作業員一人でも運搬が可能であるため、施工性に優れている。また、パネル1枚当たりの幅が650mmであり、これらを組み合わせることで鋼矢板水路の湾曲部への適用も可能である。

卷末資料

1. 施工管理項目等参考例

(1) 有機系被覆工法

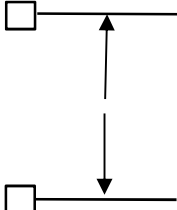
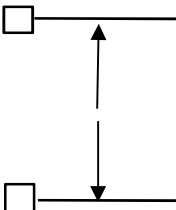
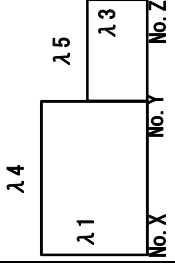
- ① 直接測定による出来形管理
- ② 撮影記録による出来形管理
- ③ 施工管理様式
- ④ 品質管理（案）

(2) パネル被覆工法

- ① 直接測定による出来形管理
- ② 撮影記録による出来形管理
- ③ 施工管理様式
- ④ 品質管理（案）

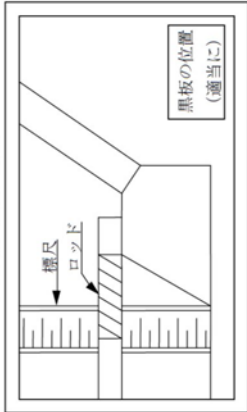
(1) 有機系被覆工法

① 直接測定による出来形管理

工 種	項 目	管理基準値	規格値（参考）	測定基準	管理方式		測定箇所標準図	適 用
					管理図表（土木施工管理基準別表第4の様式2-1, 2-2）によるもの	管理図表（土木施工管理基準別表第4の様式3-1）によるもの		
素地調整工	除錆度	除錆度判定写真帳等と比較し、設計図書以上の除錆度となっているかを確認する。	同左	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未満は2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	—	—		
	被覆工	塗膜厚平均値が設計膜厚以上かつ測定値の最小値が設計膜厚の70%以上	同左	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未満は2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	測定値20点以上	測定値20点未満		
	面積（A）	—	施工面積≧設計面積	全施工面積について、断面が変化することとに展開図又はその他の方法により測定する。	—	断面ごとの施工面積		λn：側線
	外観	施工面に塗りむら、膨れ、亀裂、ピンホール、凹凸等がないこと 下塗りの塗膜が透けて見えないこと 広範囲に著しいたれがないこと	同左	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未満は2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	—	—		

管理基準値……………管理基準値は、「規格値」の範囲内に収まるよう、受注者が実施する施工管理の「目標値」として示したものである。
規格値……………規格値は、設計値と出来形測定値、試験値との差の限界値であり、測定・試験値は全て規格値の範囲内になければならない。

② 撮影記録による出来形管理

工 種		撮 影 基 準	撮 影 箇 所	撮 影 方 法	適 用
共 通 工 事	1. 一般	「土木工事施工管理基準」(平成17年3月28日付け16農振第2232号農村振興局長通知)別表第2 ～ 省 略 ～			
	2. 素地調整工	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未満は2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	施工前後の素地表面の状況、施工状況、使用機械、施工時の洗浄圧力、除錆度(色見本と素地表面の比較)、その他必要箇所を撮影する。	写真例(基礎の高さ) 	
	3. 被覆工	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未満は2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	施工状況、使用機械、塗料の配合状況、被覆厚(必要に応じて塗装構成ごと)、仕上がり状況、寸法、その他必要箇所を撮影する。		
		全1回	材料(塗装材、シーリング材等)の総使用量が分かるもの(空缶等)を撮影する。		施工後
鋼 矢 板 水 路 補 修 工					

③ 施工管理様式

施工管理記録（例）（有機系被覆工法 外観）

施工年月日： 令和 年 月 日

工事名：

受注会社名：

測定者：

天候及び 屋外環境	[天候]：		[気温]：最高 ℃ 最低 ℃		
	[測定年月日]： 令和 年 月 日		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
施工 工程名	＜記入例＞ 有機系被覆工法		管理結果及び処置の位置・内容		
素地調整程度 (ISO8501-1 による除錆度の区分)			相当		
塩分測定 ※1			mg/m2 (NaCl 換算)		
管理種目	管理項目		測点：(例)No. ○～No. ○ 部位：(例)右岸側壁	測点： 部位：	測点： 部位：
施工管理	外観	むら	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		流れ	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		剥がれ	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		浮き	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		ひび割れ	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		硬化不良	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		その他 (空欄に具体的な 内容を明記)	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()

※外観の欄において、むら、流れ、剥がれ、浮き、ひび割れ、硬化不良等が「有」となった場合は、下段()に処置位置・内容を記入する。

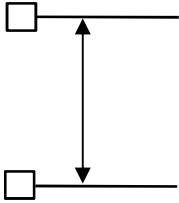
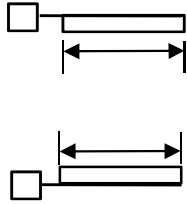
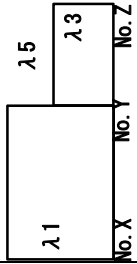
※1 塩分量が 50mg/m2 (NaCl 換算) 以上付着している場合は、表面の塩分除去を行わなければならない。

④ 品質管理（案）

工種	項目	区分	試験（測定）項目	照査方法	試験基準	（参考）規格値	管理方式	処置
鋼矢板水路補修工	有機系被覆工法	材料	耐腐食性試験	JIS K5600-7-9「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第9節：サイクル腐食試験方法」（サイクルD×360サイクル）	工法の性能、材料の配合や構造等が変わるごとに実施 被覆後 500㎡ごとに1箇所（左右側壁各1点）、1点当たりの試験数は3個。ただし、工法の性能、材料の配合や構造等が変わるごとに実施	さび、膨れ、割れ、剥がれないこと	—	(1) 試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2) 規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
				JIS K5600-5-7 又は JIS H8300		付着強度 1.5N/mm ² 以上 ※試験後の供試体にさび、膨れ、割れ、剥がれないこと		
			付着性試験 標準条件 耐液体性試験後※ 耐湿潤冷熱繰返し試験後※	JIS K5600-7-7「塗料一般試験方法-第7部：塗膜の長期耐久性-第7節：促進耐候性及び促進耐光性（キセノンランプ法）」（キセノン 2,000 時間）		さび、膨れ、割れ、剥がれないこと		
				JIS K5600-5-3（デュボン式）		割れ、剥がれないこと		
		施工	付着強度試験	JIS K5600-5-7 又は JIS H8300		個々の値が 1.5N/mm ² 以上	—	—

(2) パネル被覆工法

① 直接測定による出来形管理

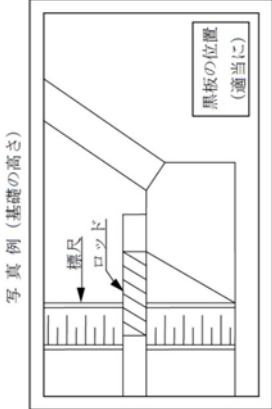
工 種	項 目	管理基準値	規格値（参考）	測定基準	管理方式		測定箇所標準図	適 用
					管理図表（土木施工管理基準別表第4の様式 2-1, 2-2）によるもの	管理図表（土木施工管理基準別表第4の様式 3-1）によるもの		
素地調整工	除錆度	除錆度判定写真帳等と比較し、設計図書以上の除錆度となっているか確認する。	同左	施工延長概ね 50m につき 1 か所の割合で撮影する。上記未満は 2 か所撮影する。両側壁を施工した場合は 1 か所につき、左右側壁の 2 点を撮影する。	—	—		
	溶接長（脚長）※	指定脚長を下回ってはならない。 ただし、1 溶接線の長さの 5% 以下で -1.0mm までは認める。	同左	施工延長概ね 50m につき 1 か所の割合で撮影する。上記未満は 2 か所撮影する。両側壁を施工した場合は 1 か所につき、左右側壁の 2 点を撮影する。	測定値 20 点以上	測定値 20 点未満		※すみ肉溶接の場合
	施工延長		-0.1% ただし、延長 150m 未満の場合には -150mm 以内					
	側壁高さ（H）	±15mm	-25mm	施工延長概ね 50m につき 1 か所の割合で撮影する。上記未満は 2 か所撮影する。両側壁を施工した場合は 1 か所につき、左右側壁の 2 点を撮影する。	測定値 20 点以上	測定値 20 点未満		
	面積（A）	—	施工面積 > 設計面積	全施工面積について、断面が変化することにより展開図又はその他の方法により測定する。		断面毎の施工面積		λn：側線

工 種	項 目	管理基準値	規格値（参考）	測定基準	管理方式		測定箇所標準図	適 用
					管理図表（土木施工管理基準別表第4の様式2-1, 2-2）によるもの	管理図表（土木施工管理基準別表第4の様式3-1）によるもの		
パネル被覆工	裏込めコンクリートの厚さ(T)	+20mm、-13mm	-20mm	施工延長概ね 50m につき 1 か所の割合で撮影する。上記未満は 2 か所撮影する。面側壁を施工した場合は 1 か所につき、左右側壁の 2 点を撮影する。	測定値 20 点以上	測定値 20 点未満		

管理基準値……………管理基準値は、「規格値」の範囲内に収まるよう、受注者が実施する施工管理の「目標値」として示したものである。

規格値……………規格値は、設計値と出来形測定値、試験値との差の限界値であり、測定・試験値は全て規格値の範囲内になければならない。

② 撮影記録による出来形管理

工 種		撮 影 基 準	撮 影 箇 所	撮 影 方 法	備 考
共 通 工 事	1. 一般	「土木工事施工管理基準」（平成17年3月28日付け16農振第2232号農村振興局長通知）別表第2			
		～ 省 略 ～			
鋼 矢 板 水 路 補 修 工	2. 素地調整工	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未满是2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	施工前後の素地表面の状況、施工状況、使用機械、施工時の洗浄圧力、除錆度（色見本と素地表面の比較）、その他必要箇所を撮影する。		
	3. 被覆工 （パネル被覆 工法）	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未满是2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	施工状況、外観検査、その他必要箇所を撮影する。		
	接続金具溶接	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未满是2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	施工状況、溶接本数（パネル単位当たり溶接本数）、溶接長、その他必要箇所を撮影する。		
	裏込コンクリート打設	施工延長概ね50mにつき1か所の割合で撮影する。上記未满是2か所撮影する。両側壁を施工した場合は1か所につき、左右側壁の2点を撮影する。	施工状況、厚さ（表4.2-1中性化速度の品質規格値以上）、その他必要箇所を撮影する。		

③ 施工管理様式

施工管理記録（例）（パネル被覆工法 外観）

施工年月日： 令和 年 月 日

工事名：

受注会社名： 測定者：

天候及び屋外環境	[天候]：		[気温]：最高℃最低℃		
	[測定年月日]： 令和 年 月 日		[測定時間]： 時 分 ～ 時 分		
施工 工程名	＜記入例＞ パネル被覆工法		管理結果及び処置の位置・内容		
素地調整程度 (IS08501-1 による除錆度の区分)			相当		
塩分測定 ※1			mg/m2 (NaCl 換算)		
管理種目	管理項目		測点： (例)No. ○～No. ○ 部位： (例)右岸側壁	測点： 部位：	測点： 部位：
施工 管理	パネル外観	欠損	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		ひび割れ	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		膨れ	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		たわみ	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		アンカー設置	良・否 ()	良・否 ()	良・否 ()
	目地外観	充填	良・否 ()	良・否 ()	良・否 ()
		むら	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		剥がれ	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		浮き	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		ひび割れ	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		硬化不良	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
		段差	無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()
	裏込めコンクリート打設	充填	良・否 ()	良・否 ()	良・否 ()
	水抜き工外観	水抜き設置	良・否 ()	良・否 ()	良・否 ()
		目地充填	良・否 ()	良・否 ()	良・否 ()
	その他 (空欄に具体的な内容を明記)				
			無・有 ()	無・有 ()	無・有 ()

外観の欄において、欠損、浮き、ひび割れ、膨れ、たわみ、ひび割れ等が「否」もしくは「有」となった場合は、下段 () に処置位置・内容を記入する。

※1 塩分量が 50mg/m² (NaCl 換算) 以上付着している場合は、表面の塩分除去を行わなければならない。

④ 品質管理（案）

工種	項目	区分	要求性能	試験（測定）項目	照査方法	試験基準	（参考）規格値	管理方式	処置
鋼矢板水路補修工	パネル被覆工法	材料	基本的性能	中性化抑止性試験	コンクリート標準示方書（設計編）の中性化速度予測式による	工法の性能、材料の配合や構造等が変わる毎に実施。	30年後の中性化残りが10mm以上となる中性化速度	—	(1)試験報告書記載の試験内容、試験結果を確認し、必要に応じて立会検査を行う。 (2)規格値の範囲に収まらない材料は使用してはならない。
				耐候性試験	JSCE-K 511「表面被覆材の耐候性試験方法(案)」 (ギセノン3,000時間又はサンシャイン1,800時間)		有機系パネル材の膨れ、ひび割れ、剥がれ、変形がないこと		
				一体化性試験 有機系パネル材の熱膨張係数	JIS K6911「熱硬化性プラスチック一般試験方法」		熱膨張係数 $2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下		
			個別的性能	耐凍害性	JIS A1148 (A法 300 サイクル)	—	85%以上	—	—
					JIS-A1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法-空気室圧力方法」	—	パネル材作成に使用するフレッシュコンクリートの空気量が4.5～6.0%	—	—
				通水性	水理計算	—	計画最大通水量を安全に流下できること	—	—

巻末資料

2. 鋼矢板及び軽量鋼矢板の断面性能及び製品規格図

(1) 鋼矢板

- ① U型鋼矢板（ラルゼン系）
- ② U型鋼矢板（ラカワナ系）
- ③ ハット形鋼矢板

(2) 軽量鋼矢板

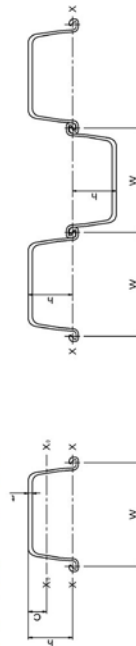
(1) 鋼矢板

① U 型鋼矢板（ラルゼン系）

表 U 型鋼矢板（ラルゼン系）断面性能一覧表

鋼矢板の 形式	種類	寸法		質量		断面積		表面積		重心位置 C mm	腐食前			腐食後 (2mm)	
		W mm	h mm	t mm	1枚当り kg/m	壁幅1m当り kg/m ²	1枚当り cm ²	壁幅1m当り cm ² /m	1枚当り m ²	壁幅1m当り m ² /m	断面係数 1枚当り cm ³	壁幅1m当り cm ³ /m	断面係数 1枚当り cm ³	断面係数 壁幅1m当り cm ³ /m	断面係数 壁幅1m当り cm ³ /m
SP-II	FSP-II	II	100	10.5	48.0	120	61.18	153.0	1.33	1.66	1240	8740	152	874	708
	SKSP-II														
	MKSP-II														
SP-III	FSP-III	III	125	13	60.0	150	76.42	191.0	1.44	1.80	2220	16800	223	1340	1140
	SKSP-III														
	MKSP-III														
SP-IV	FSP-IV	IV	130	13	60.0	150	76.40	191.0	1.45	1.81	2320	17400	232	1340	-
	SKSP-IV														
	MKSP-IV														
SP-I A	FSP-I A	I A	85	8	35.5	88.8	45.21	113.0	1.21	1.51	598	4500	88.0	529	402
	SKSP-I A														
	MKSP-I A														
SP-II A	FSP-II A	II A	120	9.2	43.2	108	55.01	137.5	1.34	1.68	1460	10600	160	880	686
	SKSP-II A														
	MKSP-II A														
SP-III A	FSP-III A	III A	150	13.1	58.4	146	74.40	186.0	1.44	1.80	2790	22800	250	1520	1280
	SKSP-III A														
	MKSP-III A														
SP-IV A	FSP-IV A	IV A	185	16.1	74.0	185	94.21	235.1	1.57	1.96	5300	41600	400	2250	1960
	SKSP-IV A														
	MKSP-IV A														
SP-V L	FSP-V L	V L	200	24.3	105	210	133.8	267.6	1.75	1.75	7960	63000	520	3150	2870
	SKSP-V L														
	MKSP-V L														
SP-VI L	FSP-VI L	VI L	225	27.6	120	240	153.0	306.0	1.83	1.83	11400	86000	680	3820	3510
	SKSP-VI L														
	MKSP-VI L														
SP-II W	FSP-II W	II W	130	10.3	61.8	103	78.7	131.2	1.71	1.43	2110	13000	203	1000	810
	SKSP-II W														
	MKSP-II W														
SP-III W	FSP-III W	III W	180	13.4	81.6	136	103.9	173.2	1.90	1.58	5220	32400	376	1800	1530
	SKSP-III W														
	MKSP-III W														
SP-IV W	FSP-IV W	IV W	210	18	106	177	135.3	225.5	1.98	1.65	8630	56700	539	2700	2380
	SKSP-IV W														
	MKSP-IV W														

※網掛け部は、平成29年3月末現在、製造が中止されている



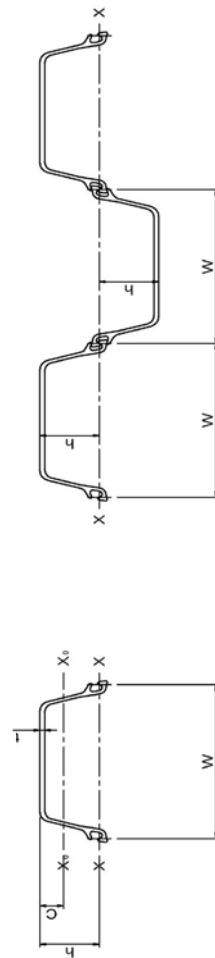
出典：「鋼矢板 Q&A (H29.3)」(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会

② U 型鋼矢板（ラカワナ系）

表 U 型鋼矢板（ラカワナ系）断面性能一覧表

種類	寸法			質量		断面積		表面積		重心位置	断面二次モーメント		断面係数	
	W mm	h mm	t mm	1枚当り kg/m	壁幅1m当り kg/m ²	1枚当り cm ²	壁幅1m当り cm ² /m	1枚当り m ²	壁幅1m当り m ² /m	C mm	1枚当り cm ⁴	壁幅1m当り cm ⁴ /m	1枚当り cm ³	壁幅1m当り cm ³ /m
YSP-I	400	75	8.0	36.5	91.2	46.49	116.2	1.15	1.44	26.4	429	3820	66.4	509
YSP-II MKSP-II	400	100	10.5	48.0	120	61.18	153.0	1.24	1.55	36.2	986	8690	121	869
YSP-III MKSP-III	400	125	13.0	60.0	150	76.42	191.0	1.33	1.66	47.2	1920	16400	196	1310
YSP-IV MKSP-IV	400	155	15.5	76.1	190	96.99	242.5	1.47	1.84	58.5	3690	31900	311	2060
YSP-V	420	175	22.0	105	250	134.0	319.0	1.59	1.99	61.5	5950	55200	433	3150
YSP-U ₅ MKSP-U ₅	400	80	7.6	35.5	88.8	45.21	113.0	1.17	1.47	27.8	454	4220	64.7	527
YSP-U ₉ MKSP-U ₉	400	110	9.3	43.2	108	55.01	137.5	1.29	1.61	38.6	1070	9680	120	880
YSP-U ₁₅ MKSP-U ₁₅	400	150	12.2	58.4	146	74.40	186.0	1.43	1.78	57.1	2700	22800	238	1520
YSP-U ₂₃ MKSP-U ₂₃	400	175	14.7	74.0	185	94.21	235.5	1.56	1.94	65.1	4380	39400	330	2250

※網掛け部は、平成29年3月末現在、製造が中止されている



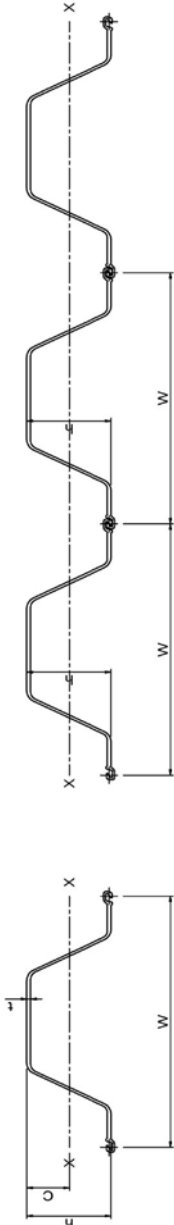
出典：「鋼矢板 Q&A (H29.3)」(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会

③ ハット形鋼矢板

表 ハット形鋼矢板断面性能一覧表

鋼矢板の 形式	種類	寸法			質量		断面積		表面積		重心位置	断面二次モーメント		断面係数		腐食前		腐食後 (2mm)	
		W mm	h mm	t mm	1枚当り kg/m	壁幅1m当り kg/m ²	1枚当り cm ²	壁幅1m当り cm ² /m	1枚当り m ²	壁幅1m当り m ² /m	C mm	1枚当り cm ⁴	壁幅1m当り cm ⁴ /m	1枚当り cm ³	壁幅1m当り cm ³ /m	断面係数	断面二次モーメント	壁幅1m当り cm ³ /m	断面係数
SP-10H	NSP-10H	900	230	10.8	86.4	96.0	110.0	122.2	2.42	1.34	116.1	9430	10500	812	902			8300	713
	SKSP-10H																		
SP-25H	NSP-25H	900	300	13.2	113	126	144.4	160.4	2.73	1.51	148.3	22000	24400	1450	1610			20000	1320
	SKSP-25H																		

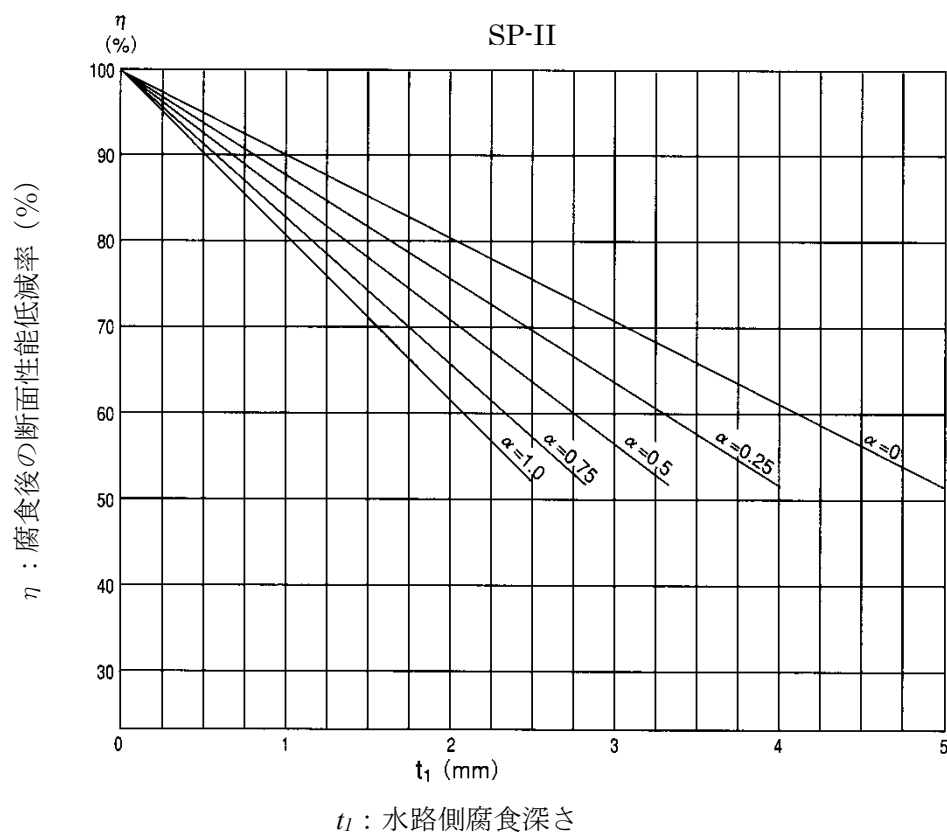
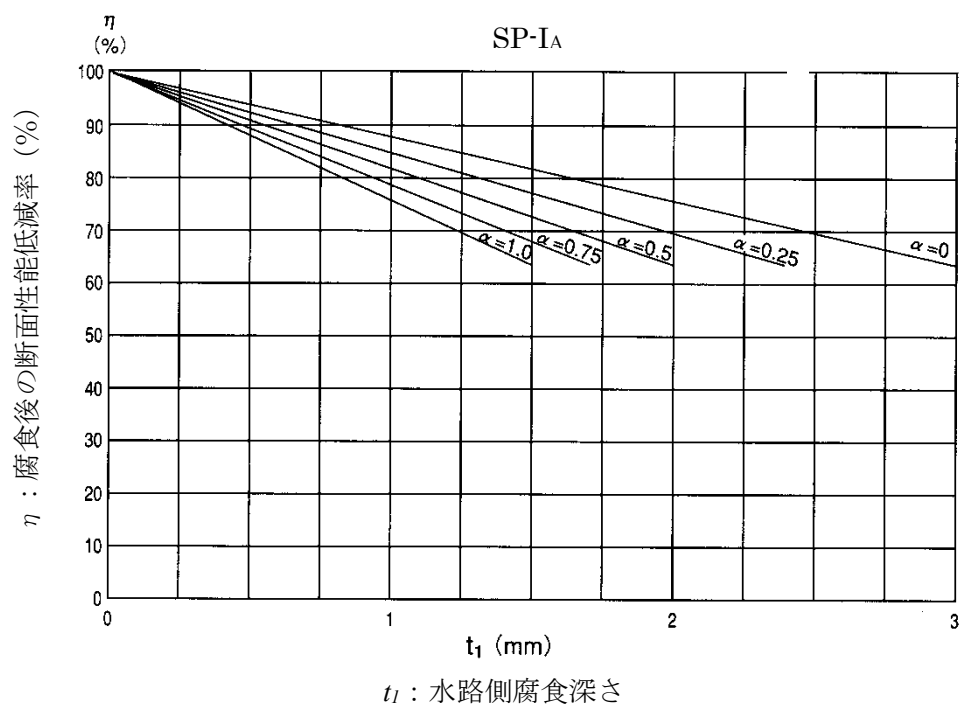
※網掛け部は、平成 29 年 3 月末現在、製造が中止されている。



出典：「鋼矢板 Q&A (H29.3)」 (一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会

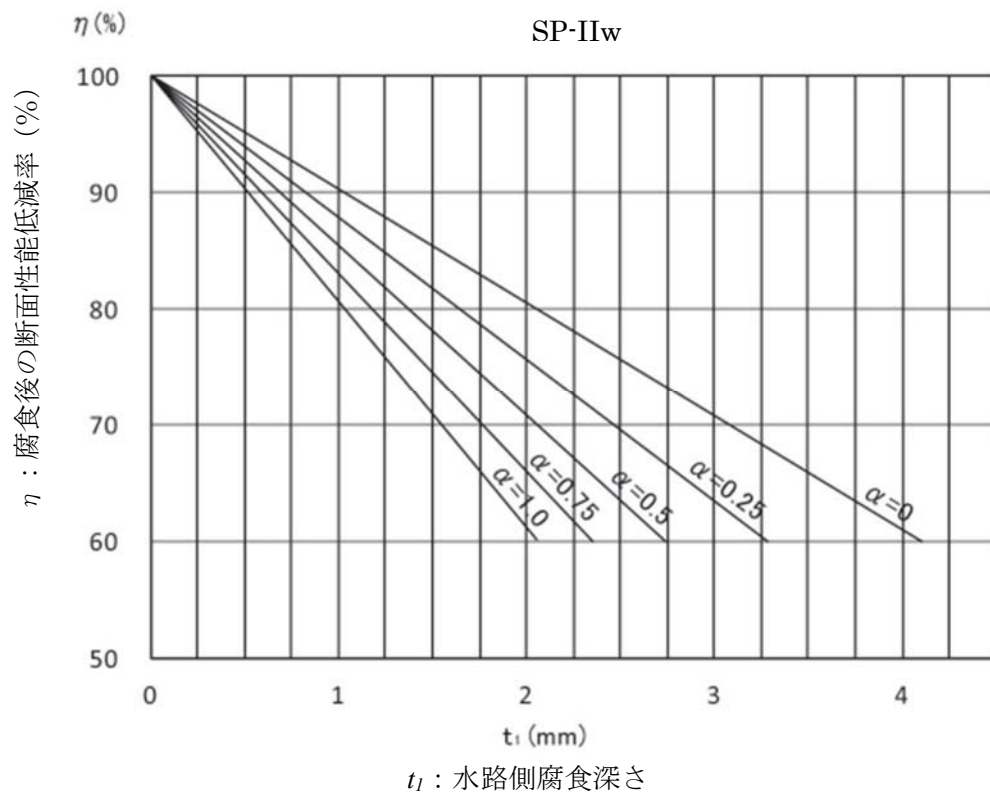
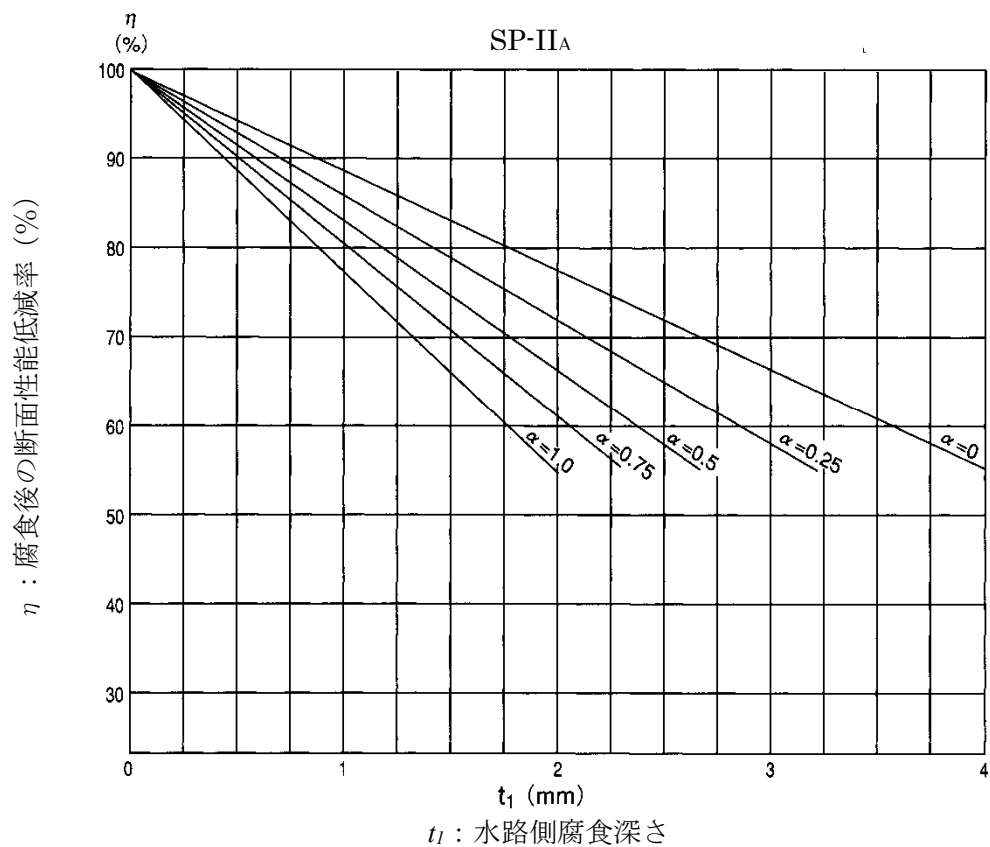
腐食時の断面性能算定図（鋼矢板）

出典：「鋼矢板 設計から施工まで（2014.10）」「鋼矢板 設計から施工まで（2000.3）」
（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会



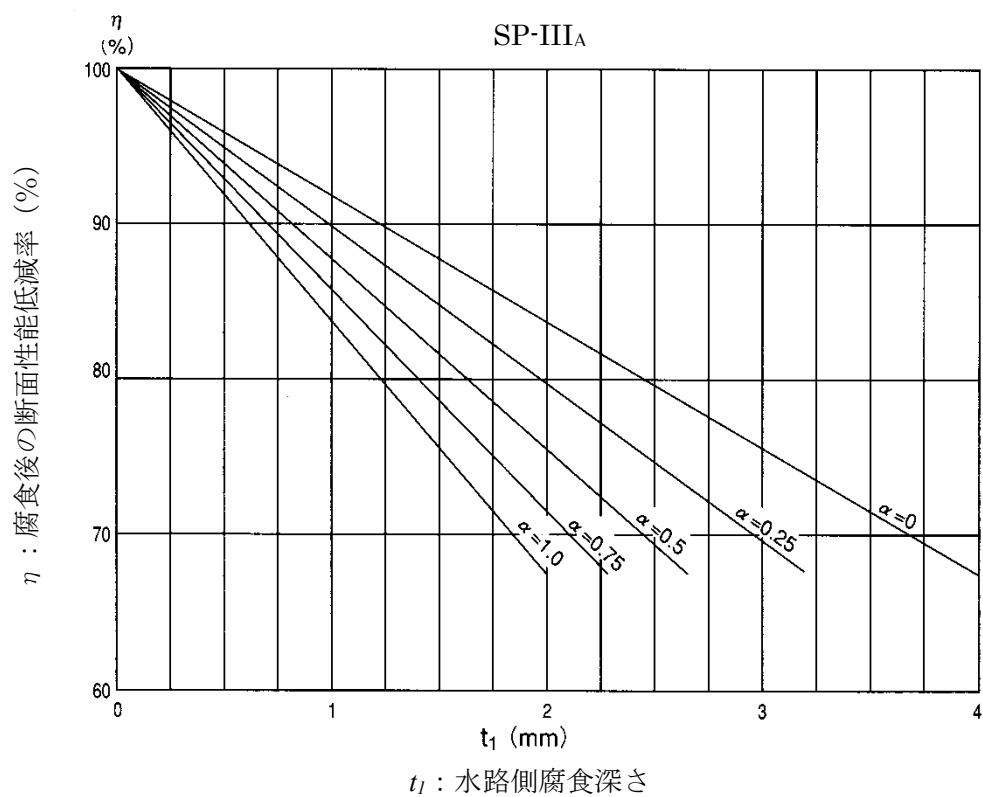
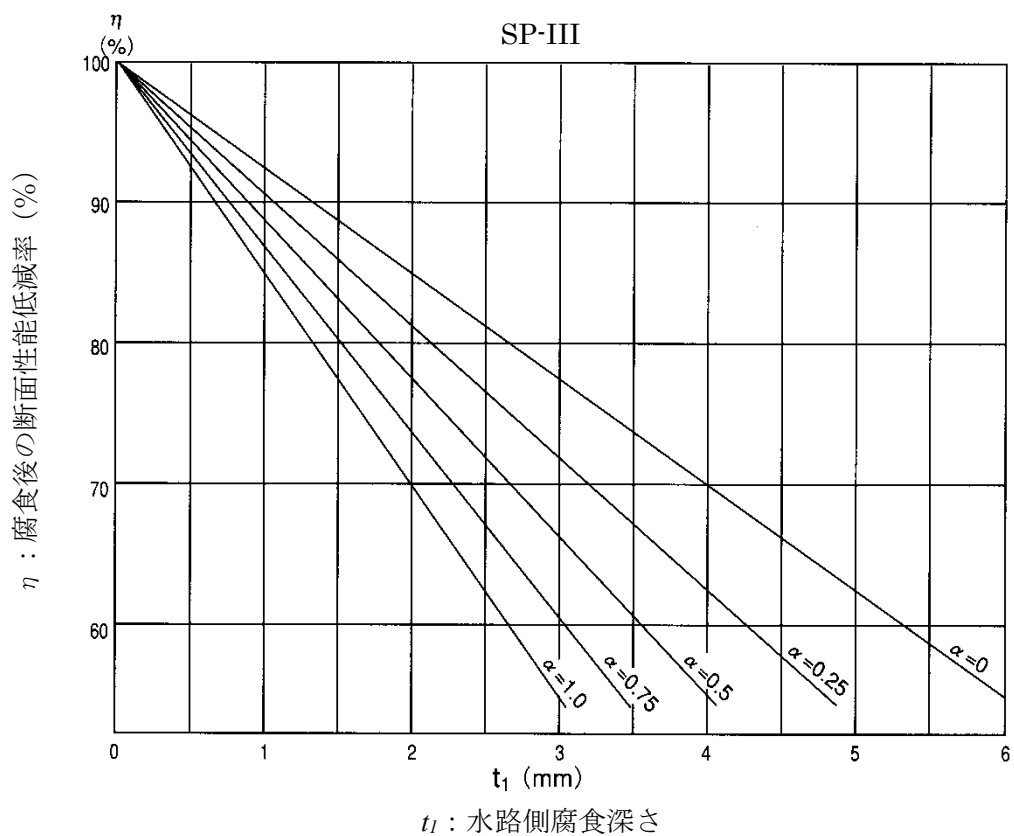
注 1) $\alpha = 1.0$ の直線で予測することとする。

注 2) $\alpha = \text{背面土側腐食深さ } (t_2) / \text{水路側腐食深さ } (t_1)$ であり、 $\alpha = 1.0$ では $t_1 = t_2$ となるため、 t_1 は表裏合わせた腐食深さの 1/2 である。



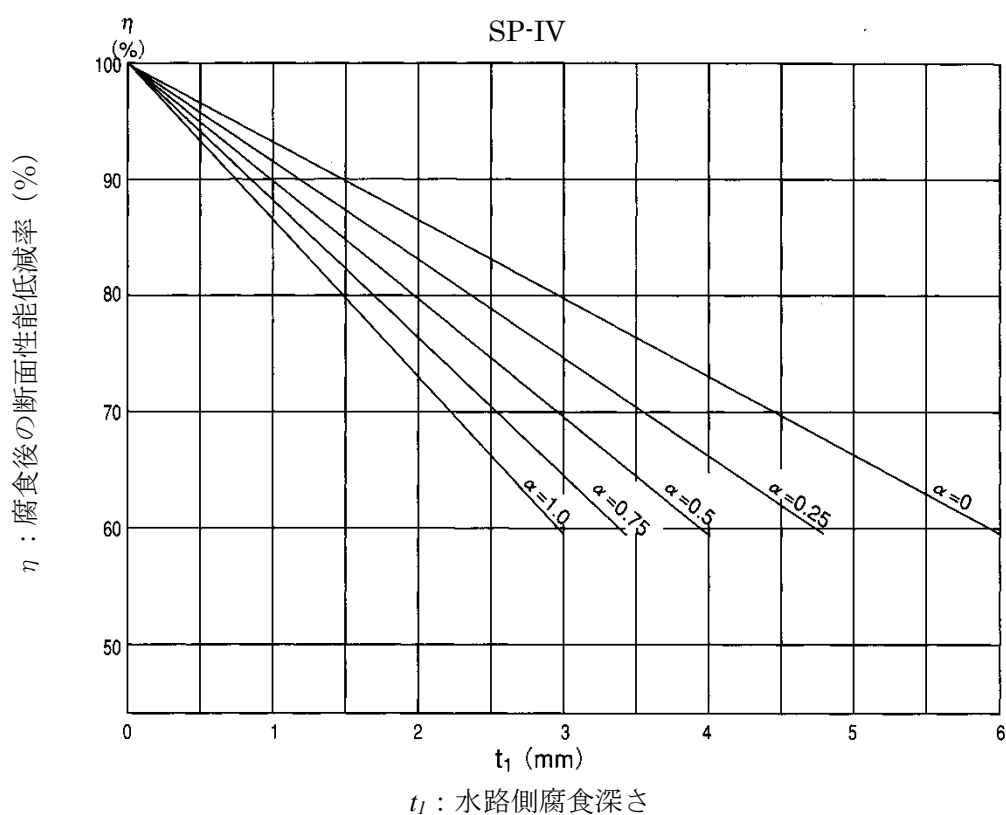
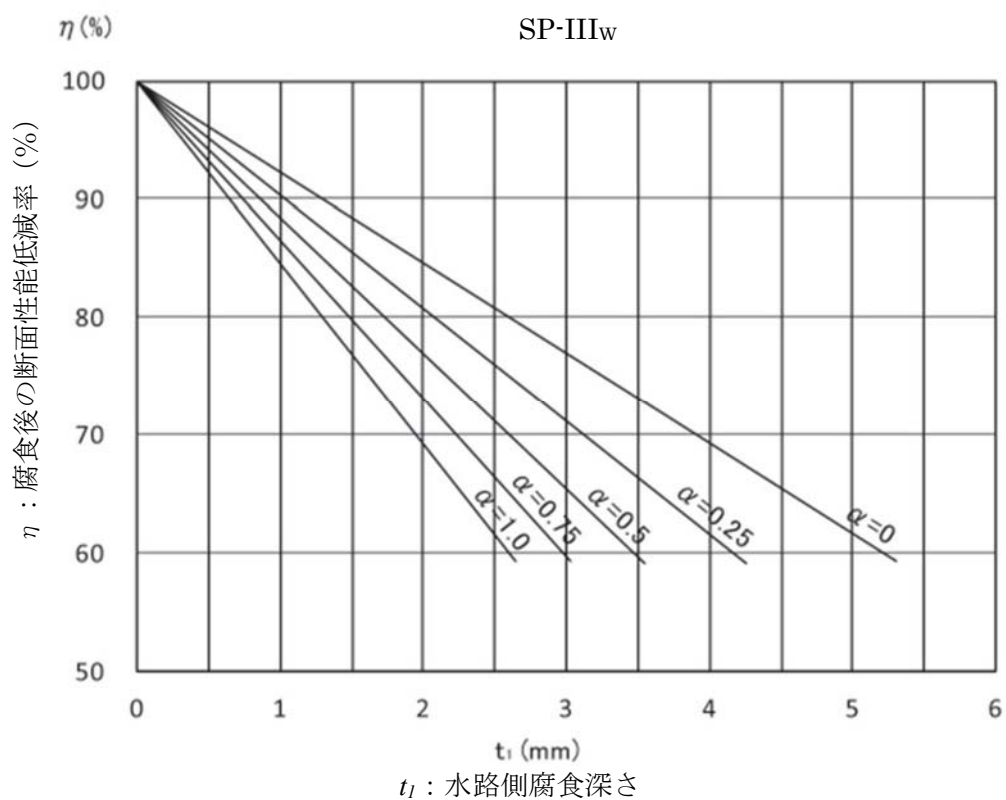
注 1) $\alpha = 1.0$ の直線で予測することとする。

注 2) α = 背面土側腐食深さ (t_2) / 水路側腐食深さ (t_1) であり、 $\alpha = 1.0$ では $t_1 = t_2$ となるため、 t_1 は表裏合わせた腐食深さの 1/2 である。



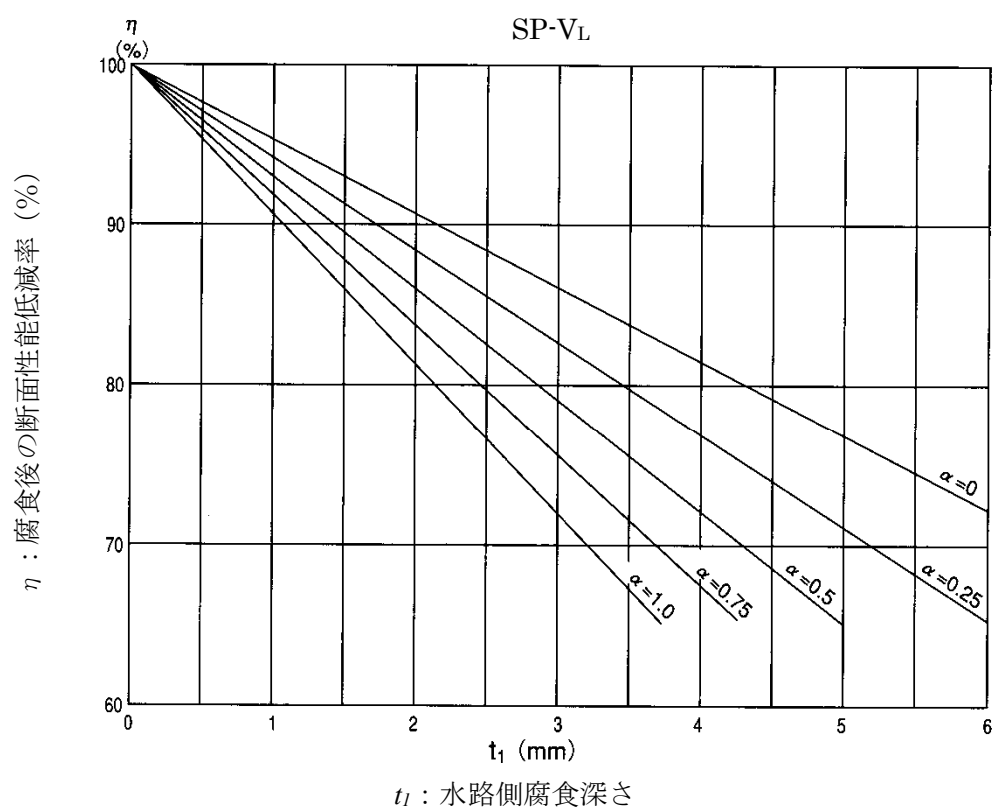
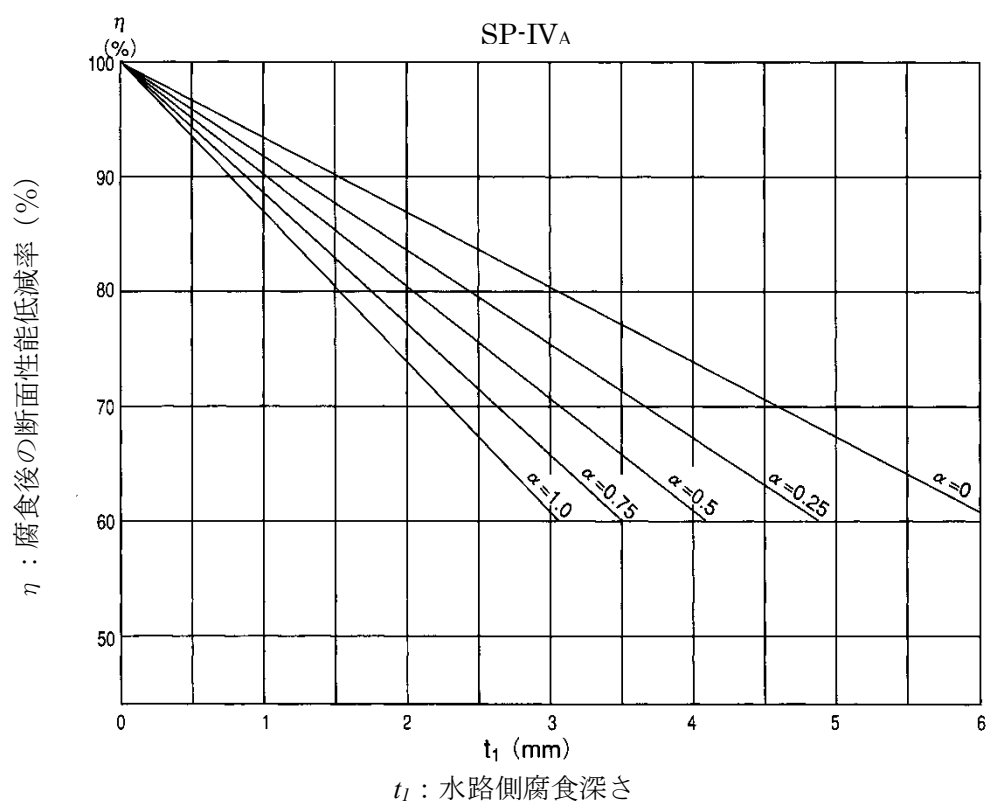
注 1) $\alpha = 1.0$ の直線で予測することとする。

注 2) $\alpha =$ 背面土側腐食深さ (t_2) / 水路側腐食深さ (t_1) であり、 $\alpha = 1.0$ では $t_1 = t_2$ となるため、 t_1 は表裏合わせた腐食深さの 1/2 である。



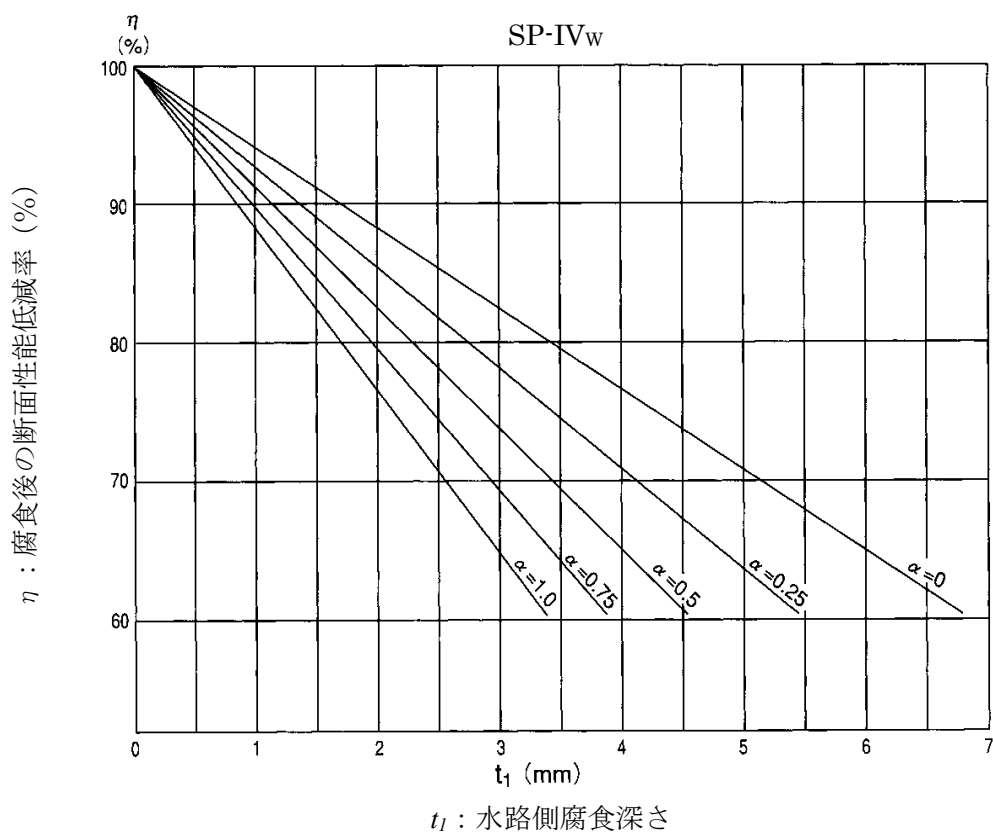
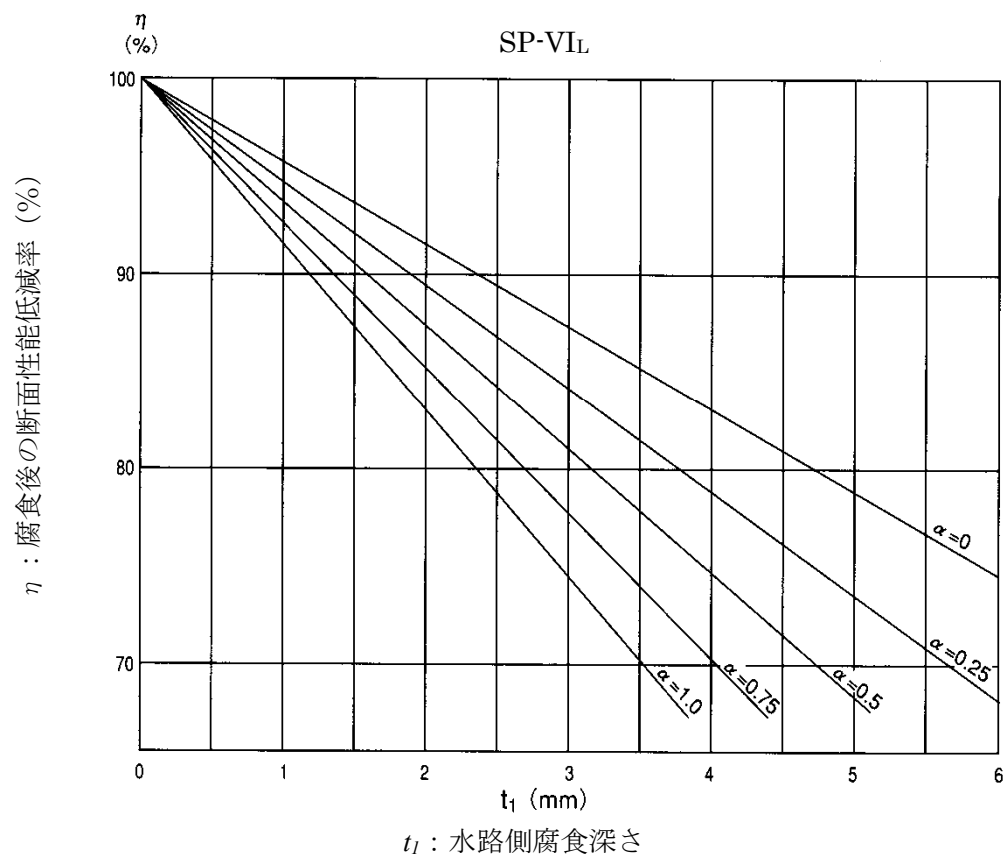
注 1) $\alpha = 1.0$ の直線で予測することとする。

注 2) $\alpha =$ 背面土側腐食深さ (t_2) / 水路側腐食深さ (t_l) であり、 $\alpha = 1.0$ では $t_l = t_2$ となるため、 t_l は表裏合わせた腐食深さの 1/2 である。



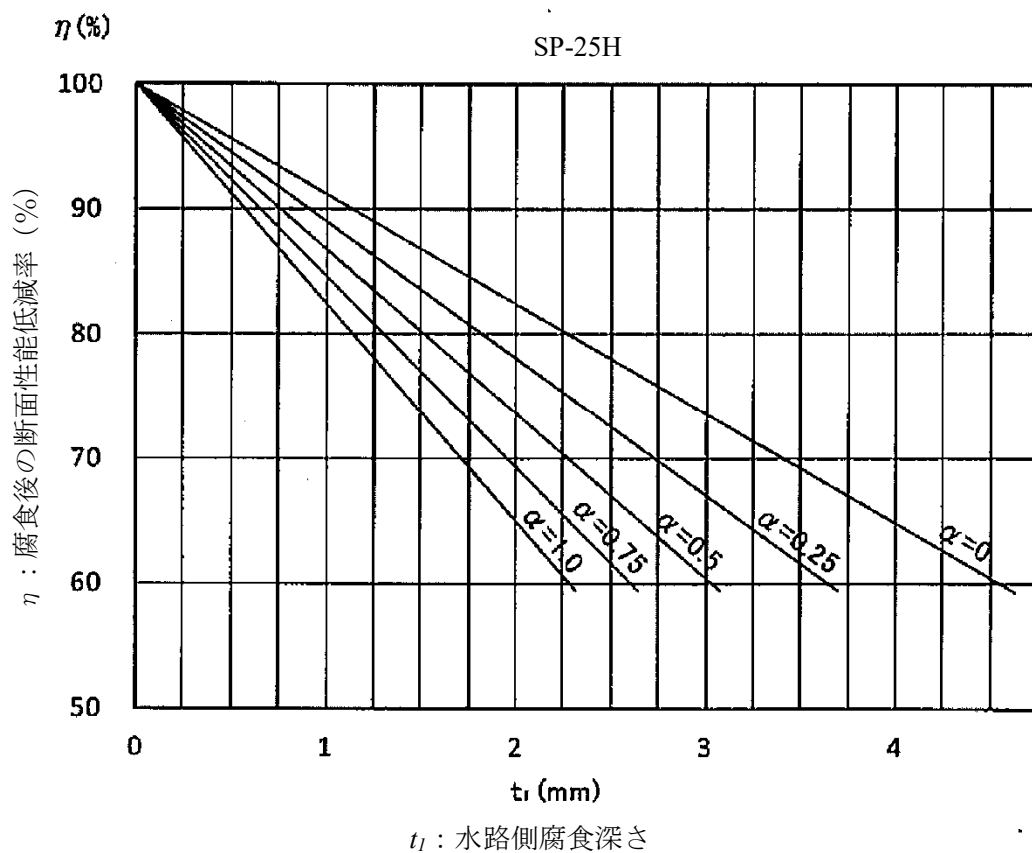
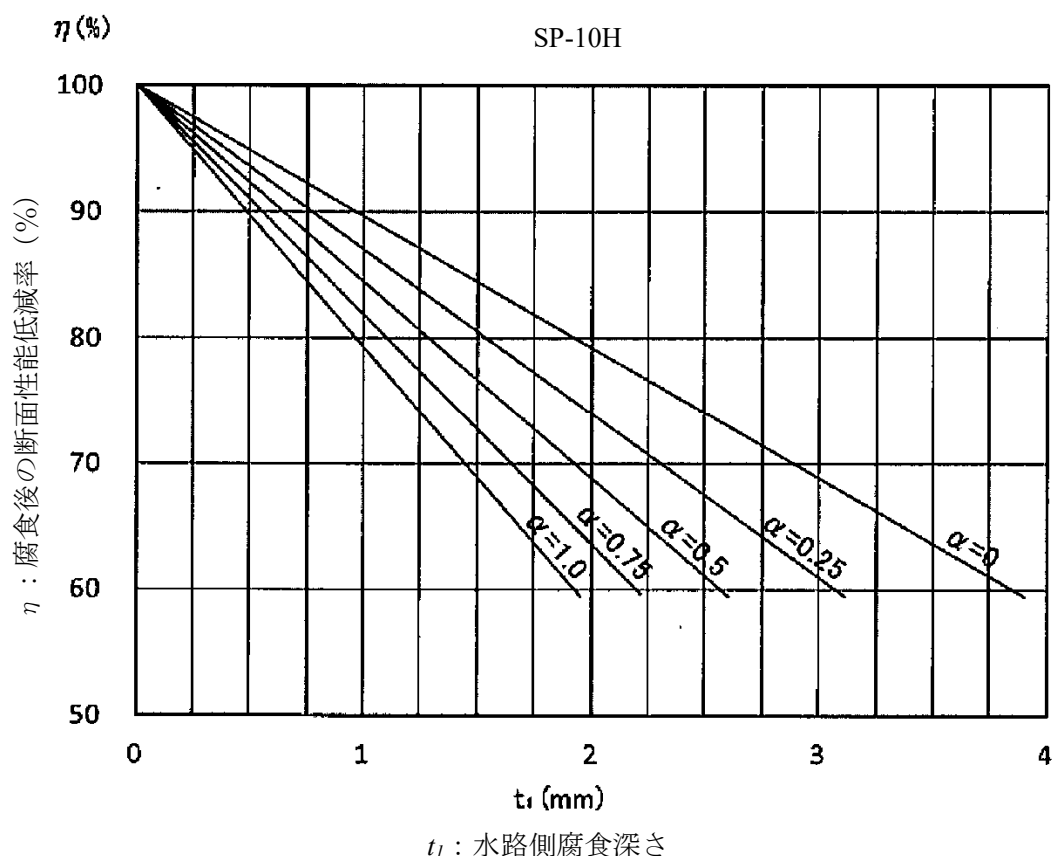
注 1) $\alpha = 1.0$ の直線で予測することとする。

注 2) $\alpha = \text{背面土側腐食深さ } (t_2) / \text{水路側腐食深さ } (t_l)$ であり、 $\alpha = 1.0$ では $t_l = t_2$ となるため、 t_l は表裏合わせた腐食深さの $1/2$ である。



注 1) $\alpha = 1.0$ の直線で予測することとする。

注 2) α = 背面土側腐食深さ (t_2) / 水路側腐食深さ (t_1) であり、 $\alpha = 1.0$ では $t_1 = t_2$ となるため、 t_1 は表裏合わせた腐食深さの 1/2 である。



注 1) $\alpha=1.0$ の直線で予測することとする。

注 2) α = 背面土側腐食深さ (t_2) / 水路側腐食深さ (t_l) であり、 $\alpha=1.0$ では $t_l=t_2$ となるため、 t_l は表裏合わせた腐食深さの 1/2 である。

(2) 軽量鋼矢板

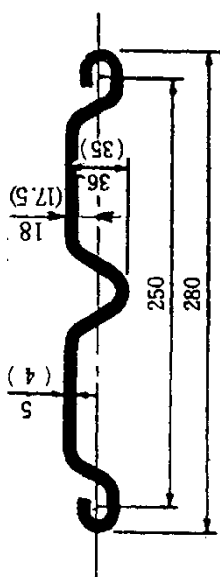
軽量鋼矢板一覧表

型式 (区分)	板厚 (mm)	有効幅 (mm)	記 号 (型 式)				
			LSP-2	SN-II	NL-2N	- KL-2B	KLS-2
A	4	250					
	5	250					
B	4	333	LSP-3A	SN-II U	NL-2U	KL-2	-
	5	333					
	6	333	-	-	-		
C	5	333	LSP-3D	SN-III U	NL-3U	KL-3	KLS-3
	6	333					
D	5	333	LSP-3B	SN-III	NL-3	-	-
	6	333					
E	5	500	LSP-5	SN-V U	NL-5N	KL-5	-
	6	500					
	7	500					
次項以降に該当する断面性能一覧表			(1/5)	(4/5)	(2/5)	(3/5)	(5/5)

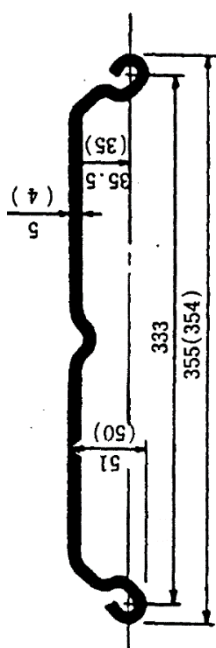
表 軽量鋼矢板断面性能一覧表 (1/5)

型式	区分	寸 法			矢板1枚につき				壁幅1mにつき			
		板 厚	有効幅	高 さ	断面積	質 量	断面二次モーメント	断面係数	断面積	質 量	断面二次モーメント	断面係数
		t (mm)	B (mm)	h (mm)	A (cm ²)	W (kg/m)	I x (cm ⁴)	Z x (cm ³)	A (cm ²)	W (kg/m ²)	I x (cm ⁴)	Z x (cm ³)
LSP - 2	A	4	250	35	15.08	11.8	18.3	8.33	60.32	47.2	85.1	48.6
		5	250	36	18.85	14.8	22.9	10.2	75.4	59.2	107.0	59.7
LSP - 3A	B	4	333	50	18.09	14.2	48.2	13.1	54.27	42.6	404.0	115.0
		5	333	51	22.76	17.9	59.8	15.9	68.28	53.7	510.0	144.0
LSP - 3B	D	5	333	74	27.51	21.6	212	57	82.53	64.8	636.0	171.0
		6	333	75	33.01	25.9	254	68	99.03	77.7	762.0	204.0
LSP - 3D	C	5	333	85	24.6	19.3	212	39	73.8	57.9	2000.0	272.0
		6	333	87	29.66	23.3	255	45.8	88.98	69.9	2480.0	330.0
LSP - 5	E	5	500	160	42.85	33.6	1,810	226	85.7	67.2	3620.0	452.0
		6	500	161	51.42	40.4	2,180	270	102.8	80.8	4360.0	540.0
		7	500	162	59.99	47.1	2,540	313	120	94.2	5080.0	626.0
												452.0

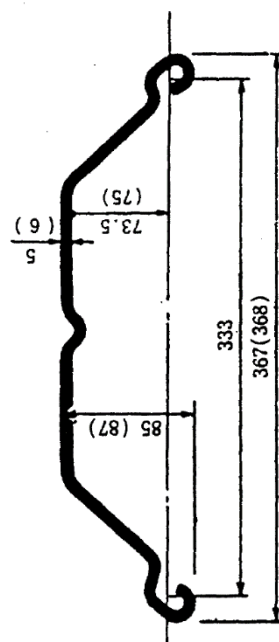
注 1) 巻末-24～35 の図表は、軽量鋼矢板技術協会より提供



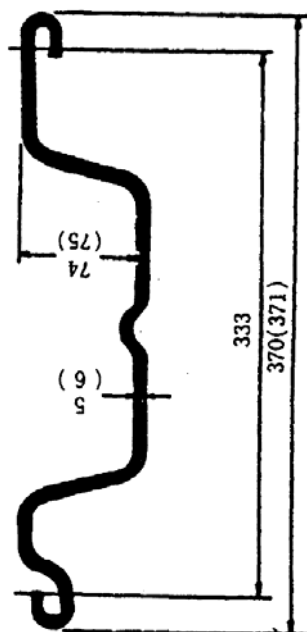
LSP-2 型 () 内の値は 4mm の場合を示す



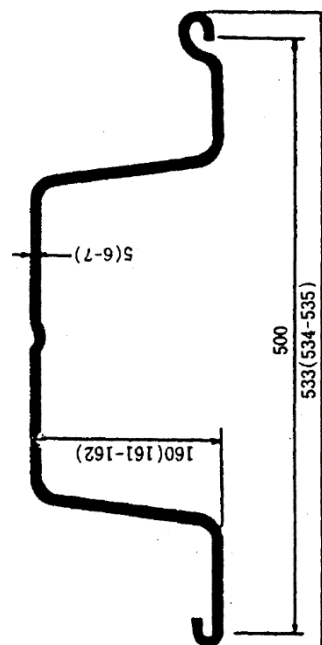
LSP-3A 型 () 内の値は 4mm の場合を示す



LSP-3D 型 () 内の値は 6mm の場合を示す



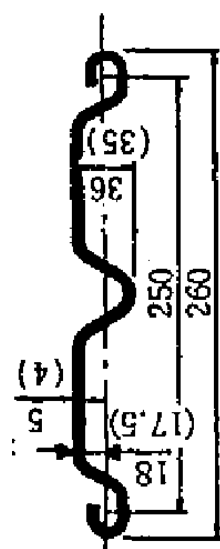
LSP-3B 型 () 内の値は 6mm の場合を示す



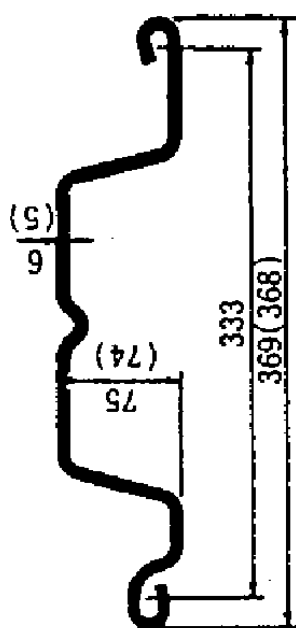
LSP-5 型 () 内の値は 6mm・7mm の場合を示す

表 軽量鋼矢板断面性能一覧表 (2/5)

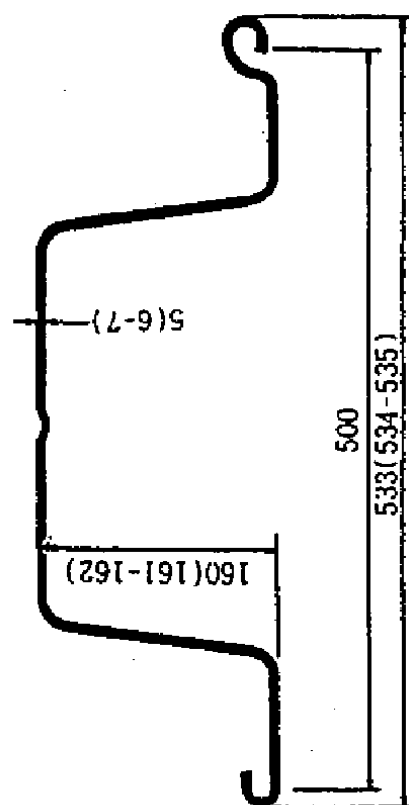
型式	区分	寸 法			矢板1枚につき				壁幅1mにつき			
		板 厚	有効幅	高 さ	断面積	質 量	断面二次モーメント	断面係数	断面積	質 量	断面二次モーメント	断面係数
		t (mm)	B (mm)	h (mm)	A (cm ²)	W (kg/m)	I x (cm ⁴)	Z x (cm ³)	A (cm ²)	W (kg/m ²)	I x (cm ⁴)	Z x (cm ³)
NL -2N	A	4	250	36	15.08	11.8	18.3	8.33	60.32	47.2	85.1	48.6
		5	250	37	18.85	14.8	22.9	10.2	75.4	59.2	107	59.7
NL -2U	B	4	333	50	18.09	14.2	48.2	13.1	54.27	42.6	404	115
		5	333	51	22.76	17.9	59.8	15.9	68.28	53.7	510	144
NL -3	D	5	333	74	27.51	21.6	212	57	82.53	64.8	636	171
		6	333	75	33.01	25.9	254	68	99.03	77.7	762	204
NL -3U	C	5	333	85	24.6	19.3	212	39	73.8	57.9	2,000	272
		6	333	87	29.66	23.3	255	45.8	88.98	69.9	2,480	330
NL - 5N	E	5	500	160	42.85	33.6	1,810	226	85.7	67.2	3,620	452
		6	500	161	51.42	40.4	2,180	270	102.8	80.8	4,360	540
		7	500	162	59.99	47.1	2,540	313	120	94.2	5,080	626
											3,620.0	452.0



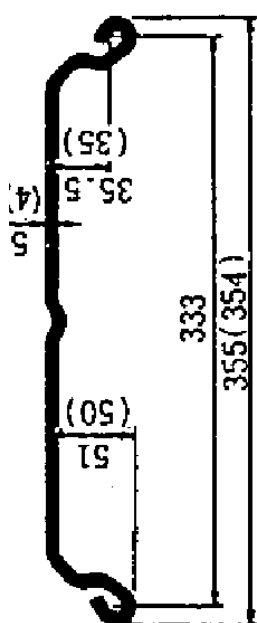
NL-2N 型 () 内の値は 4mm の場合を示す



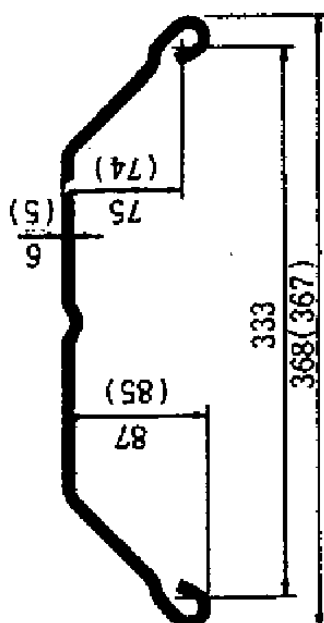
NL-3 型 () 内の値は 5mm の場合を示す



NL-5 型 () 内の値は 6mm ・ 7mm の場合を示す



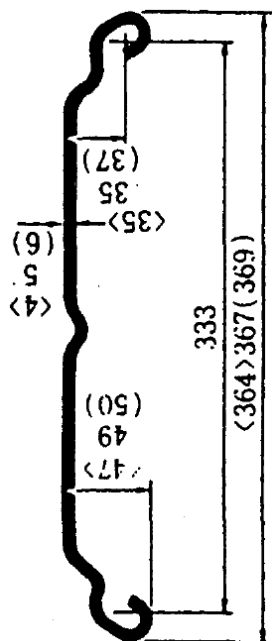
NL-2U 型 () 内の値は 4mm の場合を示す



NL-3A 型 () 内の値は 5mm の場合を示す

表 軽量鋼矢板断面性能一覧表 (3/5)

型式	寸 法			矢板1枚につき				壁幅1mにつき					
	板 厚 t (mm)	有効幅 B (mm)	高 さ h (mm)	断面積 A (cm ²)	質 量 W (kg/m)	断面二次 モーメント I x (cm ⁴)	断面係数 Z x (cm ³)	断面積 A (cm ²)	質 量 W (kg/m ²)	腐食前		腐食後(2mm)	
										断面二次 モーメント I x (cm ⁴)	断面 係数 Z x (cm ³)	断面二次 モーメント I x (cm ⁴)	断面 係数 Z x (cm ³)
KL-2	4	333	47	18.15	14.2	37.1	10.6	54.45	42.6	404	115	202.0	59.2
	5	333	49	22.86	17.9	49	13.6	68.58	53.7	510	144	298.0	86.0
	6	333	50	27.57	21.6	60.3	16.4	82.71	64.8	636	171	425.0	118.0
KL-2B	5	250	37	18.85	14.8	22.9	10.2	75.4	59.2	107	59.7	62.0	36.6
KL-3	5	333	86	24.6	19.3	212	39	73.8	57.9	2,000	272	1,190.0	164.0
	6	333	87	29.7	23.3	255	45.8	89.1	69.9	2,480	330	1,580.0	214.0
	5	500	160	42.85	33.6	1,810	226	85.7	67.2	3,620	452	2,180.0	274.0
KL-5	6	500	161	51.42	40.4	2,180	270	102.8	80.8	4,360	540	2,900.0	364.0
	7	500	162	59.99	47.1	2,540	313	120	94.2	5,080	626	3,620.0	452.0



KL-2B 型

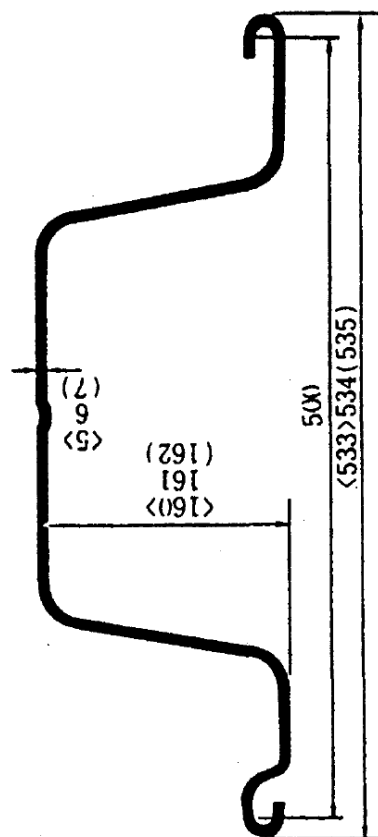
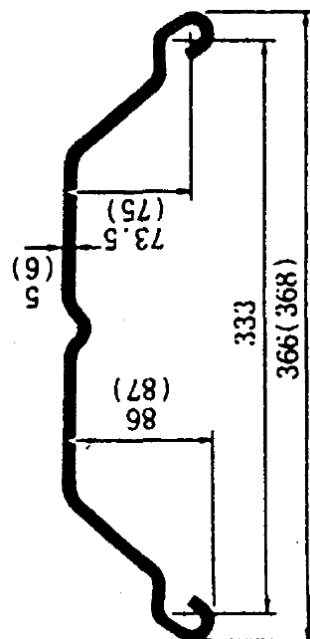
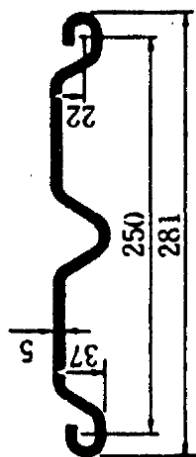
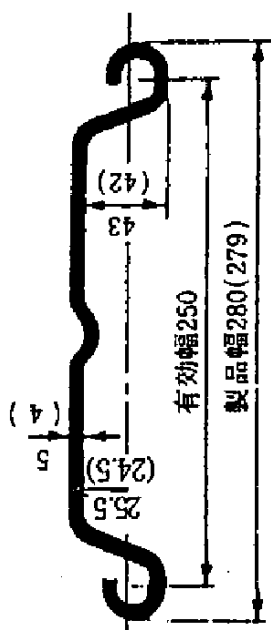
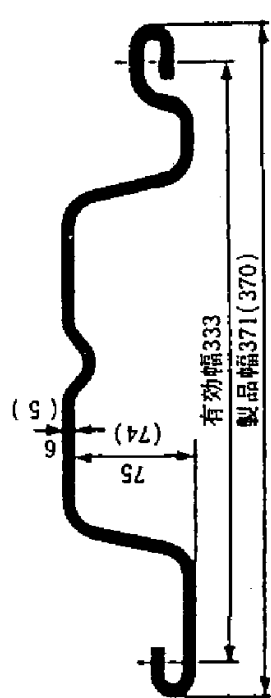


表 輕量鋼矢板断面性能一覽表 (4/5)

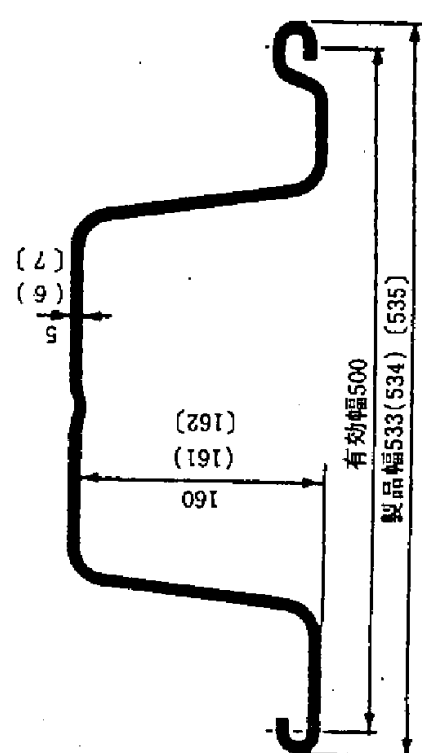
型式	区分	寸 法			矢板1枚につき				壁幅1mにつき					
		板 厚	有効幅	高 さ	断面積	質 量	断面二次 モーメント	断面係数	断面積	質 量	腐食前		腐食後(2mm)	
											断面二次 モーメント	断面 係数	断面二次 モーメント	断面 係数
		t	B	h	A	W	I x	Z x	A	W	I x	Z x	I x	Z x
		(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)	(kg/m)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ²)	(kg/m ²)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ³)
SN-II	A	4	250	42	15.08	11.8	18.3	8.33	60.32	47.2	85.1	48.6	44.1	24.9
		5	250	43	18.85	14.8	22.9	10.2	75.4	59.2	107	59.7	62.0	36.6
SN-II U	B	4	333	47	18.15	14.2	37	10.8	54.45	42.6	404	115	202.0	59.2
		5	333	48	22.86	17.9	46.6	13.3	68.58	53.7	510	144	298.0	86.0
SN-III	D	5	333	74	27.51	21.6	212	57	82.53	64.8	636	171	378.0	104.0
		6	333	75	33.01	25.9	254	68	99.03	77.7	762	204	507.0	138.0
SN-III U	C	5	333	85	24.6	19.3	212	39	73.8	57.9	2,000	272	1,190.0	164.0
		6	333	87	29.66	23.3	255	45.8	89.1	69.9	2,480	330	1,580.0	214.0
SN-V U	E	5	500	160	42.85	33.6	1,810	226	85.7	67.2	3,620	452	2,180.0	274.0
		6	500	161	51.42	40.4	2,180		102.8	80.8	4,360	540	2,900.0	364.0
		7	500	162	59.99	47.1	2,540	270	120	94.2	5,080	626	3,620.0	452.0



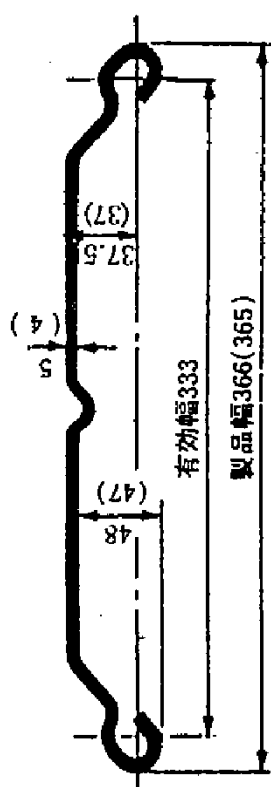
SN-II 型 () 内の値は 4mm の場合を示す



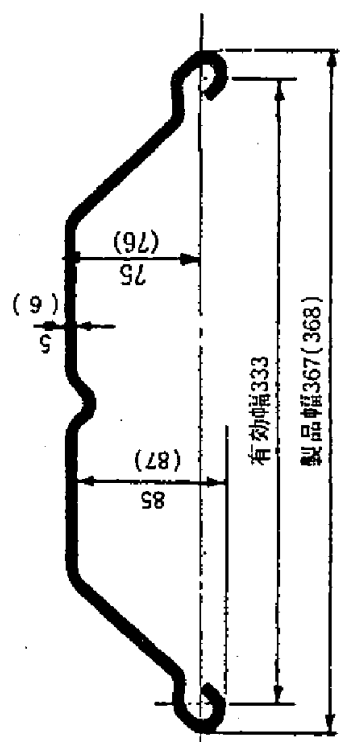
SN-III 型 () 内の値は 5mm の場合を示す



SN-VU 型 () 内の値は 6mm の場合を示す
[] 内の値は 7mm の場合を示す



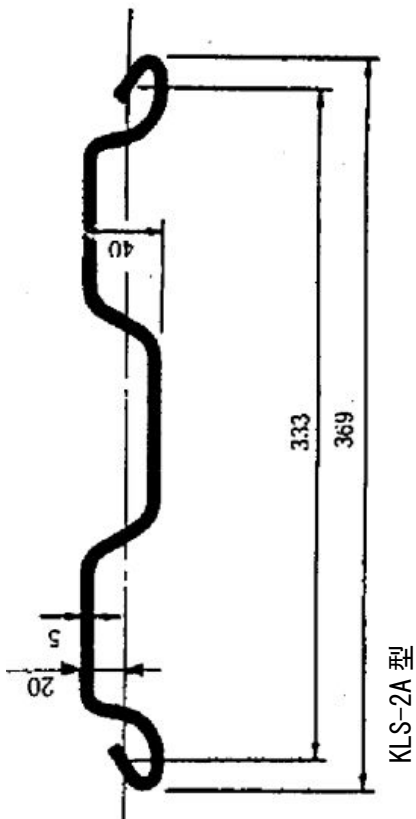
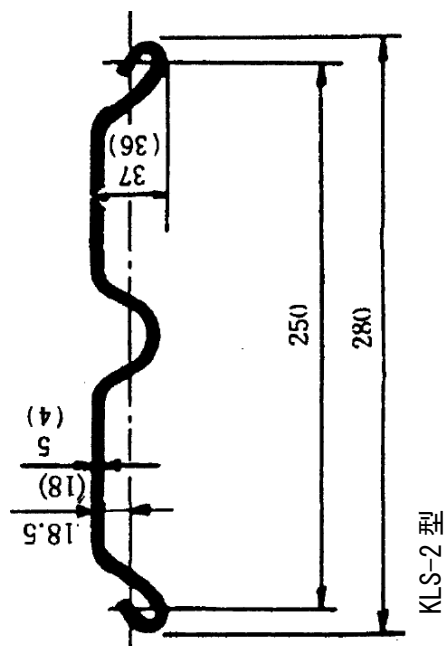
SN-IIU 型 () 内の値は 4mm の場合を示す



SN-IIIU 型 () 内の値は 6mm の場合を示す

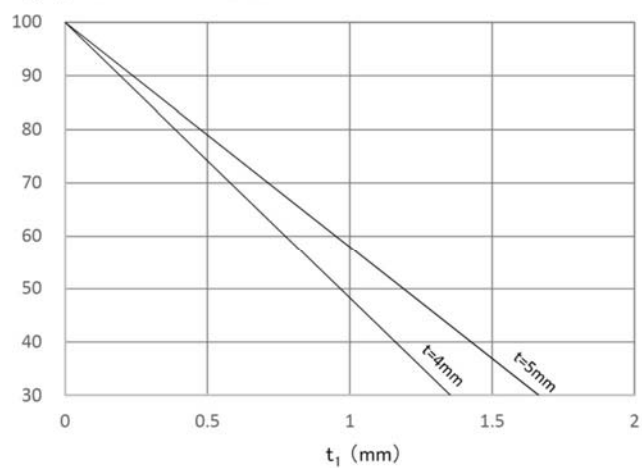
表 軽量鋼矢板断面性能一覧表 (5/5)

型式	区分	寸 法			矢板1枚につき				壁幅1mにつき			
		板 厚	有効幅	高 さ	断面積	質 量	断面二次モーメント	断面係数	断面積	質 量	断面二次モーメント	断面係数
		t (mm)	B (mm)	h (mm)	A (cm ²)	W (kg/m)	I x (cm ⁴)	Z x (cm ³)	A (cm ²)	W (kg/m ²)	I x (cm ⁴)	Z x (cm ³)
KLS-2	A	4	250	36	15.08	11.8	18.3	8.33	60.32	47.2	85.1	48.6
		5	250	37	18.85	14.8	22.9	10.2	75.4	59.2	107	59.7
		5	333	85	24.6	19.3	212	39	73.8	57.9	2,000	272
KLS-3	C	6	333	87	29.7	23.3	255	45.8	89.1	69.9	2,480	330
											1,580.0	214.0

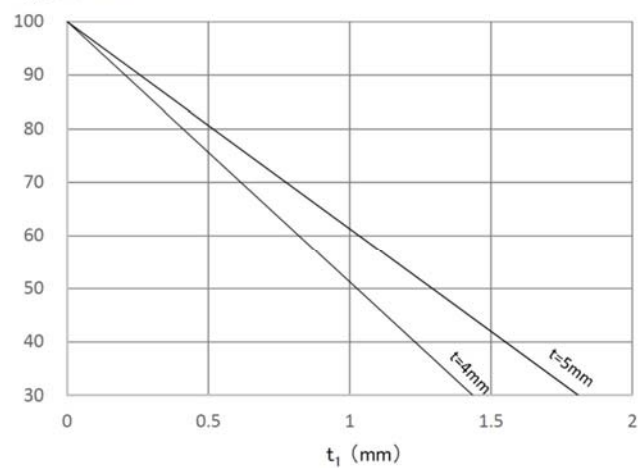


腐食時の断面性能算定図（軽量鋼矢板）

η_I (%) 断面二次モーメントの低減率

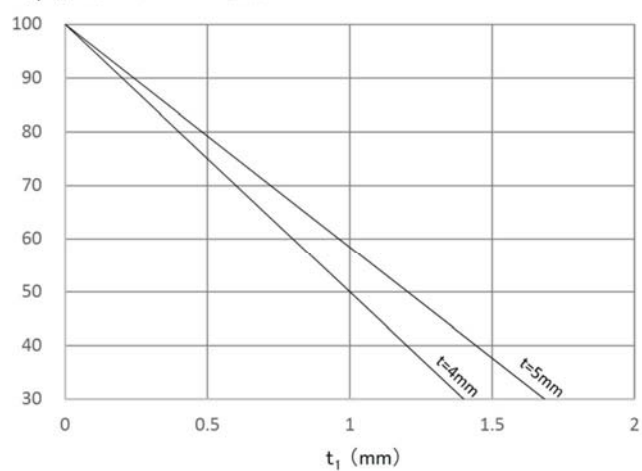


η_Z (%) 断面係数の低減率

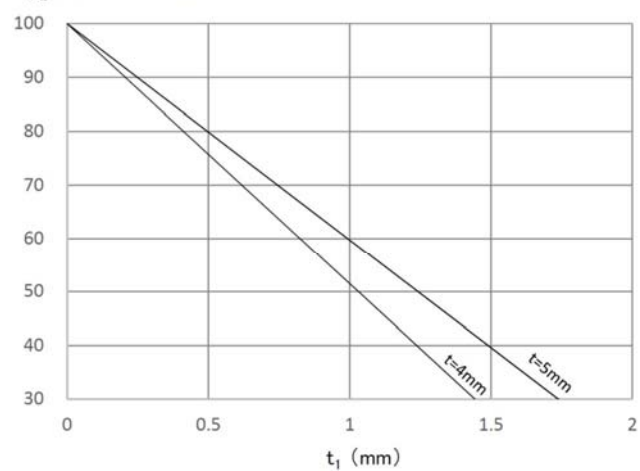


腐食時の断面性能算定図(型式A、 $\alpha=t_2/t_1=1$)

η_I (%) 断面二次モーメントの低減率



η_Z (%) 断面係数の低減率



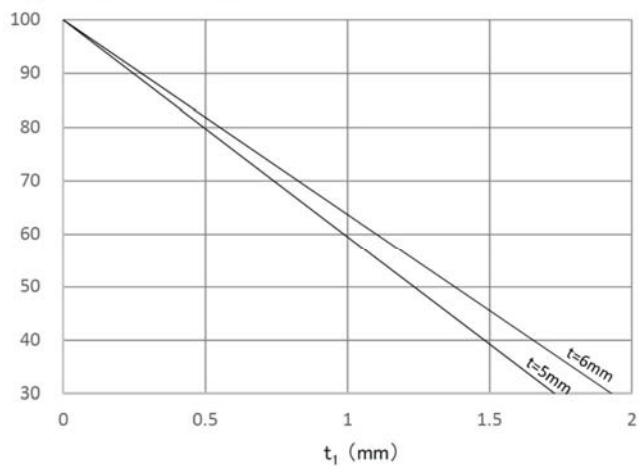
腐食時の断面性能算定図(型式B、 $\alpha=t_2/t_1=1$)

t : 製品板厚

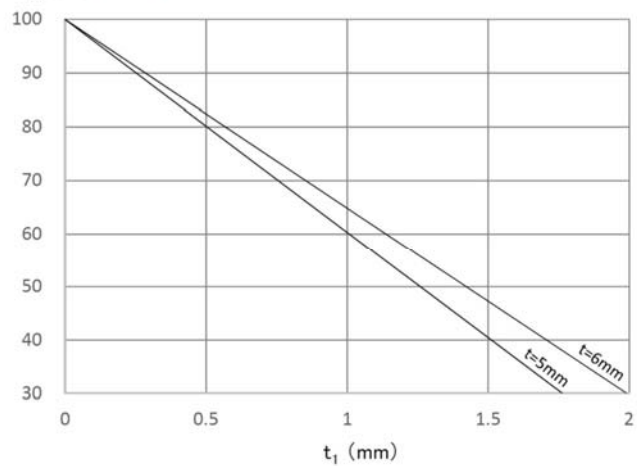
t_I : 水路側腐食深さ

t_2 : 背面土側腐食深さ

η_1 (%) 断面二次モーメントの低減率

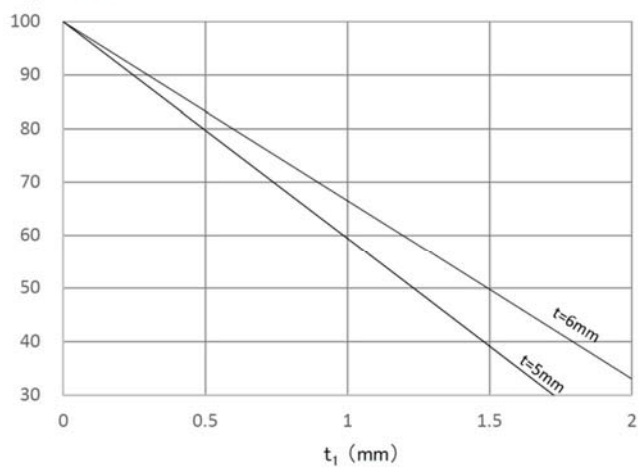


η_z (%) 断面係数の低減率

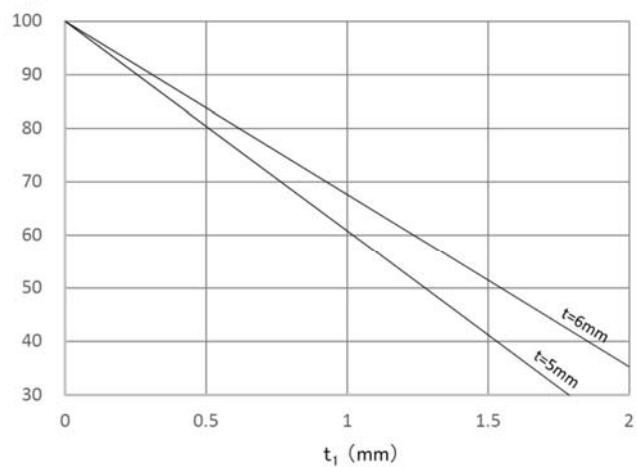


腐食時の断面性能算定図(型式C、 $\alpha=t_2/t_1=1$)

η_1 (%) 断面二次モーメントの低減率

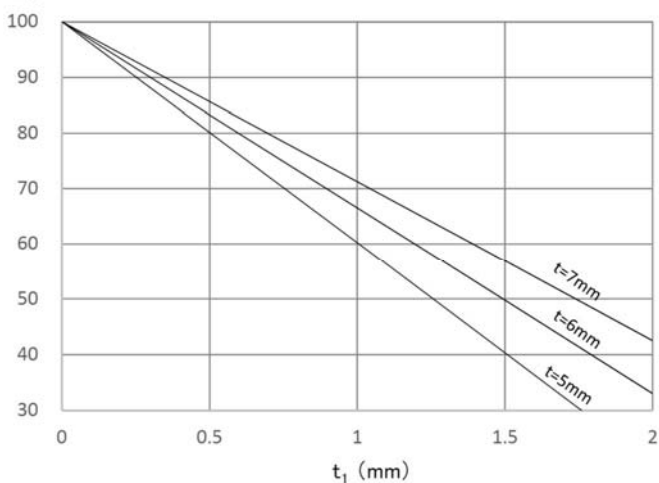


η_z (%) 断面係数の低減率

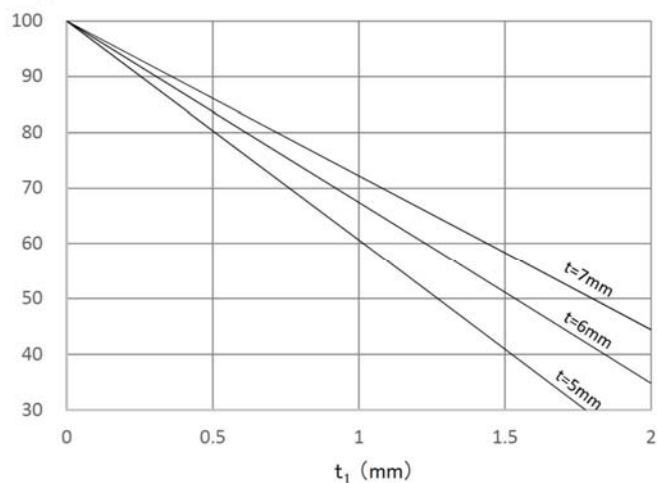


腐食時の断面性能算定図(型式D、 $\alpha=t_2/t_1=1$)

η_1 (%) 断面二次モーメントの低減率



η_z (%) 断面係数の低減率



腐食時の断面性能算定図(型式E、 $\alpha=t_2/t_1=1$)

t : 製品板厚

t_1 : 水路側腐食深さ

t_2 : 背面土側腐食深さ

卷末資料

3. 開孔が断面性能に与える影響

開孔が断面性能に与える影響の目安

- ・本表は、腐食により開孔が生じた場合を想定し、腐食量 1mm 及び 2mm 相当に該当する開孔幅を「2.2.3 既設鋼矢板の現有板厚による性能評価」で使用している算定式（参②-10）に基づき算定した結果である。
- ・開孔部以外の鋼矢板の板厚は、製品板厚として試算した。

鋼矢板

単位：mm

型式	寸 法			腐食量相当の開孔幅(D _b)		備 考
	t	B	H	1mm腐食	2mm腐食	
SP-I _A	8.0	400	85	41	81	平均厚2mmの腐食により低下した断面性能(断面係数、断面二次モーメント)と幅81mmの開孔により低下した断面性能とがほぼ同じとなる。
SP-II	10.5	400	100	37	70	
SP-II _A	9.2	400	120	38	75	
SP-II _W	10.3	600	130	48	92	
SP-III	13.0	400	125	25	54	
SP-III _A	13.1	400	150	27	54	
SP-III _W	13.4	600	180	38	72	
SP-IV	15.5	400	170	26	52	
SP-IV _A	16.1	400	185	23	43	
SP-IV _W	18.0	600	210	28	56	
SP-V _L	24.3	500	200	18	33	
SP-VI _L	27.6	500	225	14	27	
SP-10H	10.8	900	230	71	150	
SP-25H	13.2	900	300	71	143	

軽量鋼矢板

単位：mm

型式	寸 法			腐食量相当の開孔幅(D _b)		記 号				
	t	B	H	1mm腐食	2mm腐食					
A	4	250	35	51	102	LSP - 2	SN - II	NL - 2N	-	KLS-2
	5	250	36	40	79				KL-2B	
B	4	333	50	74	148	LSP - 3A	SN - II U	NL - 2U	KL-2	-
	5	333	51	62	123					
	6	333	50	49	97					
C	5	333	85	52	104	LSP - 3D	SN - III U	NL - 3U	KL-3	KLS-3
	6	333	87	46	93					
D	5	333	74	68	136	LSP - 3B	SN - III	NL - 3	-	-
	6	333	75	56	112					
E	5	500	160	118	236	LSP - 5	SN - V U	NL - 5N	KL-5	-
	6	500	161	98	195					
	7	500	162	83	166					

注 1：開孔幅 (D_b) は、参考②「2.2.3 既設鋼矢板の現有板厚による性能評価」で使用している式（参②-10）により算定

注 2：この目安は、開孔部以外の板厚は製品板厚（腐食無）により算定

注 3：フランジ部の開孔には適用できない

注 4：軽量鋼矢板の有効高 (h_{sp}) は、「LSP」を使用している。ただし、B 型 t=6mm は「KL」を使用

注 5：表中の「H」は、鋼矢板では 1 枚当たりの有効高さ、軽量鋼矢板では 1 枚当たりの製品高さを示す。

$$Z_b = \frac{I_b}{h_{sp}} = \frac{\frac{D_b \cdot t^3}{12} + D_b \cdot t \left[h_{sp} - \frac{t}{2} \right]^2}{B \cdot h_{sp}}$$

$$D_b = Z_b \cdot B \cdot h_{sp} \div \left[\frac{t^3}{12} + t \left[h_{sp} - \frac{t}{2} \right]^2 \right]$$

Z_b：開孔部に該当する欠損断面係数

I_b：開孔部に該当する欠損断面二次モーメント

D_b：開孔幅

h_{sp}：鋼矢板の有効高さ

B：鋼矢板の有効幅

t：鋼矢板板厚（ウェブ部）

巻末資料

4. 土壌腐食性調査の例

土壌腐食性調査とは、土壌の化学的性状を把握し、その結果から土壌の腐食環境を評価するものである。

一般に土壌腐食の進行は比較的穏やかで、質量減少量から求められる平均腐食速度は、残留水位以上の土中で 0.03mm/年、残留水位以下の土中で 0.02mm/年程度と言われている。

しかし、土壌の各種環境（抵抗率、pH、酸化還元電位（Redox 電位）、含水率（地下水）、土質、可溶性塩基（ $\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 等）、硫化物の有無等）が一般的な土壌環境とは異なる場合、鋼矢板が激しく腐食する場合がある。このため、これらの土質性状に着目し土壌腐食性調査を行うことが重要である。

鋼矢板背面土の腐食評価は、土壌抵抗率やその他の土壌特性値及び埋設環境を基に、土壌の腐食性を定量的に評価する代表的な方法として「DIN50929（ドイツ規格協会）」と「ANSI A 21.5-2010（米国国家規格協会）」の評価方法がある。以下に「DIN50929」と「ANSI A 21.5-2010」による土壌の腐食性評価法を記載する。

(1) DIN50929 による評価

1) 調査要領

DIN50929 は、単独の測定ではなく土質、土壌抵抗率、含水率、pH 値等の複数の調査結果を個々に数値化し、その総合評価結果によるランクに応じて土壌の腐食性評価を行うものである。

調査項目は「2) 判定基準」参照。

2) 判定基準

DIN50929 では表 1 に示す各項目について評価を行い、表 2 に示す判定区分に当てはめ土壌の腐食性を評価する。

なお、表 2 に基づき土壌の腐食性を評価した結果、「腐食性が中」以上と判定された場合は腐食性土壌であると想定される。

表 1 DIN50929 による土壌の腐食性評価（項目別評価）

土 壌 資 料 の 評 価	No.	環境因子	単位	測定値又は特徴	評点
	1	土質			Z1
		a 粘土・粘土分 含有量	重量 %	≤ 10	+4
				10～30	+2
				30～50	0
				50～80	-2
				≥ 80	-4
		b 泥炭・沼沢地土壌 粘土・塩沢地土壌 腐食土	重量 %	> 5	-12
		c 汚染物質の有無 炭ガラ・炭灰・コー クス・鉱滓・ごみ・ がれき・下水等			-12
	2	土壌の比抵抗	Ω cm	$> 50,000$	Z2
				20,000～50,000	+4
				5,000～20,000	+2
				2,000～5,000	0
				1,000～2,000	-2
				$< 1,000$	-4
	3	含水率	重量 %	≤ 20	Z3
				> 20	0
	4	pH値		> 9	-1
				5.5～9	0
				4～5.5	+2
				< 4	-3

土 壌 環 境 要 因 の 評 価	No.	環境因子	単位	測定値又は特徴	評点
	5	アルカリ度 (pH14.8での)	mol/kg	< 200	Z5
				200～1,000	0
				$> 1,000$	+1
					+3
		酸度 (pH7.0での)	mol/kg	< 2.5	0
				2.5～5	-2
				5～10	-4
				10～20	-6
				20～30	-8
	> 30	-10			
	6	硫化物 (S^{2-})	mg/kg	< 5	Z6
				5～10	0
				> 10	-3
	7	塩類(水溶性) $\text{C}(\text{Cl}^-)+2\text{C}(\text{SO}_4^{2-})$	mol/kg	< 3	-6
				3～10	Z7
				10～30	0
				30～100	-1
				> 100	-2
	8	硫酸塩(塩酸抽出) (SO_4^{2-})	mol/kg	< 2	-3
				2～5	Z8
				5～10	0
				> 10	-1
	9	埋設位置での地下水	地下水がない 地下水がある 地下水が変動する		-2
					0
					-1
10	土の均質性(水平方向) ※埋設物に接した土の 土壌の比抵抗が隣同士 で異なる場合その差 Δ Z2		$ \Delta Z2 < 2$	Z9	
			$2 \leq \Delta Z2 \leq 3$	0	
			$ \Delta Z2 > 3$	-2	
11	土の均質性(垂直方向) a 配管の埋戻し土		砂又は周囲と同一の土壌 で埋め戻されているとき	-4	
			周囲と異なった土壌で埋め 戻されているとき	Z10	
				0	
	b 異なった土壌の比抵抗をもつ土で層状に埋め 戻されている場合その差 Δ Z2		$2 \leq \Delta Z2 \leq 3$	6	
			$ \Delta Z2 > 3$	-1	
				-2	

表 2 DIN50929 による土壌の腐食性評価（総合評価）

B0 値 ($\Sigma Z1 \sim Z9$) 又は B1 値 (B0+Z10+Z11)	土壌の腐食性
≥ 0	腐食性なし
-1 ~ -4	腐食性 弱
-5 ~ -10	腐食性 中
< -10	腐食性 強

(2) ANSI A 21.5-2010 による評価

1) 調査要領

ANSI A 21.5-2010 についても、DIN50929 と同様に単独の測定ではなく土壌抵抗率、pH 値、酸化還元電位等の複数の調査結果を個々に数値化し、その総合評価結果によるランクに応じて土壌の腐食性評価を行うものである。

調査項目は「2) 判定基準」参照。

2) 判定基準

ANSI A 21.5-2010 では、表 3 に示す各項目について評価を行う。評価した結果、評価点が「10 点以上」となった場合腐食性が著しいと評価され、腐食性土壌であると想定される。

表 3 ANSI A 21.5-2010 の土壌の腐食性評価

測定項目	測定結果	点数	測定項目	測定結果	点数
土壌の比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	<1500	10	酸化還元電位 (Redox 電位) (mV)	>100	0
	1500~1800	8		50~100	3.5
	1800~2100	5		0~50	4
	2100~2500	2		<0	5
	2500~3000	1	水 分	排水悪い、常に湿潤	2
	>3000	0		排水かなり良好 一般に湿っている	1
pH 値※	0~2	5		排水良好 一般に乾燥している	0
	2~4	3	硫化物	あり	3.5
	4~6.5	0		微量	2
	6.5~7.5	0※		なし	0
	7.5~8.5	0			
	>8.5	3			

※pH 値が 6.5~7.5 の場合で硫化物が存在し、かつ、酸化還元電位が低い場合は 3 点減ずる。

なお、「JDDA T11 埋設管路の腐食原因とその防食について H28.7」((社) 日本ダクタイル鉄管協会) によると、図 1 のように ANSI による評価点が 10 点以上の場合、海成粘土、淡水成粘土、泥炭、腐植土等の腐食性土壌に該当することが示されている(図 1 参照)。

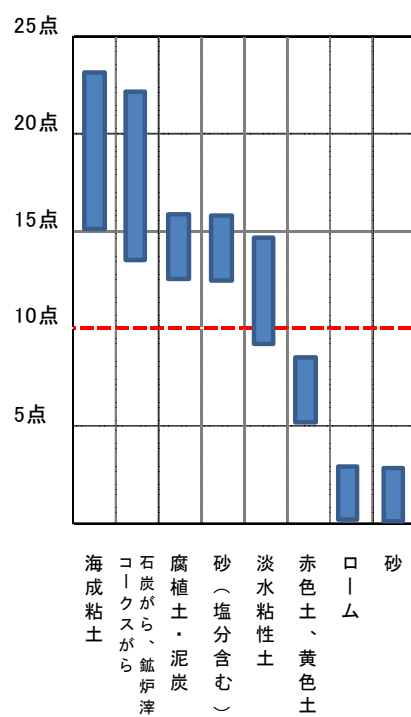


図1 ANSI A 21.5-2010による土壌腐食性評価点

巻末資料

5. 設計基準の変遷

(1) 基本的事項

鋼矢板の設計に関する基準については、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」と土地改良事業標準設計 第9編「擁壁工」との2系統があり、これらの改訂時期によっては、同じ設計年度でも両者の基準が違う場合があることに留意を要する。なお、「擁壁工」については平成22年4月をもって廃止されている。

また、両者の設計基準の変遷と主な内容は表1のとおりである。

特に、「H5.5 土地改良事業標準設計 第9編 擁壁」の制定により、壁面摩擦角、継手効率、許容変位量などの重要な項目が改正されていることに留意を要する。

〔水路工系統〕

- S49. 9 土地改良事業標準設計〔Ⅲ〕 矢板護岸工（土留工）
- S54. 4 土地改良事業標準設計（その1）水路工 擁壁工
- S61. 5 土地改良事業標準設計 第6編 排水路（解説書）
- H13. 2 土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」（H26.3 廃止）
- H26. 3 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」

〔擁壁工系統〕

- S54. 4 土地改良事業標準設計（その1）水路工 擁壁工（S57.11 廃止）
- S57.11 土地改良事業標準設計 第9編 土留工（解説）（擁壁工のみ H5.5 廃止）
- H 5. 5 土地改良事業標準設計 第9編 擁壁
- H11. 3 土地改良事業標準設計 第9編 擁壁工（H13.3 一部改正、H22.4 廃止）

なお、上述以前の以下に示す基準書については、鋼矢板に関する記述がないことから、昭和49年9月に標準設計が制定される以前は、各事業地区において他の基準や文献等を基に鋼矢板の設計を行っていたものと思われる。

- ・ S29.12 土地改良事業計画設計基準 第3部設計 第5編 水路工
- ・ S31.12 土地改良事業計画設計基準 第3部設計 第9編 擁壁
- ・ S48. 3 土地改良事業標準設計（その1）のうち「擁壁工」

表 1 鋼矢板に関する設計基準の変遷と主な内容

基 準	S49.9	S54.4	S57.11	S61.5	H5.5	H11.3	H13.2	H26.3																				
水路工	矢板護岸工（土留工）	（その1）水路工 擁壁工	第6編 排水路（解説書） 基準 設計「水路工」 基準及び運用・解説 設計「水路工」																									
擁壁工		第9編 土留工（解説）			第9編 擁壁	第9編 擁壁工																						
壁面摩擦角	—	$\delta = 0$			$\delta = 15$ （計算例）	$\delta = \pm 15$																						
継手効率	—	当面 1.0		<table><tr><td rowspan="4">根入長</td><td rowspan="4">断面二次モーメント</td><td colspan="2">断面係数</td></tr><tr><td>腐食前</td><td>腐食後</td></tr><tr><td>1.0</td><td>—</td></tr><tr><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td>矢板応力</td><td>—</td><td>0.8</td><td>—</td><td>1.0</td></tr><tr><td>変位量</td><td>—</td><td>0.8</td><td>—</td><td>—</td></tr></table>					根入長	断面二次モーメント	断面係数		腐食前	腐食後	1.0	—	—	—	矢板応力	—	0.8	—	1.0	変位量	—	0.8	—	—
根入長	断面二次モーメント	断面係数																										
		腐食前	腐食後																									
		1.0	—																									
		—	—																									
矢板応力	—	0.8	—	1.0																								
変位量	—	0.8	—	—																								
根入長	$EI \leq 10^{12} \text{kgcm}^2/\text{m} : 3/\beta$ $EI > 10^{12} \text{kgcm}^2/\text{m} : 2.5/\beta$	π/β	$3/\beta$																									
矢板長	—			0.5m単位に切り上げ																								
腐食代	・ 鋼矢板：重要度に応じて腐食代を設定。その場合の腐食代は 2mm ・ 軽量鋼矢板：腐食代を考慮しない。	腐食代を考慮（計算例では 2mm）	一般に、曲げモーメントが最大となる位置での腐食速度（港湾基準）×耐用年数	腐食代を考慮（計算例では 2mm）	一般に表裏あわせて 2mm																							
許容変位量	—	概ね $y=H/20$ 又は $y \leq 20\text{cm}$ の小さい値			（目安） $0 < H \leq 4.0\text{m} : H/40、4.0\text{m} < H : 0.1\text{m}$																							