

## 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。

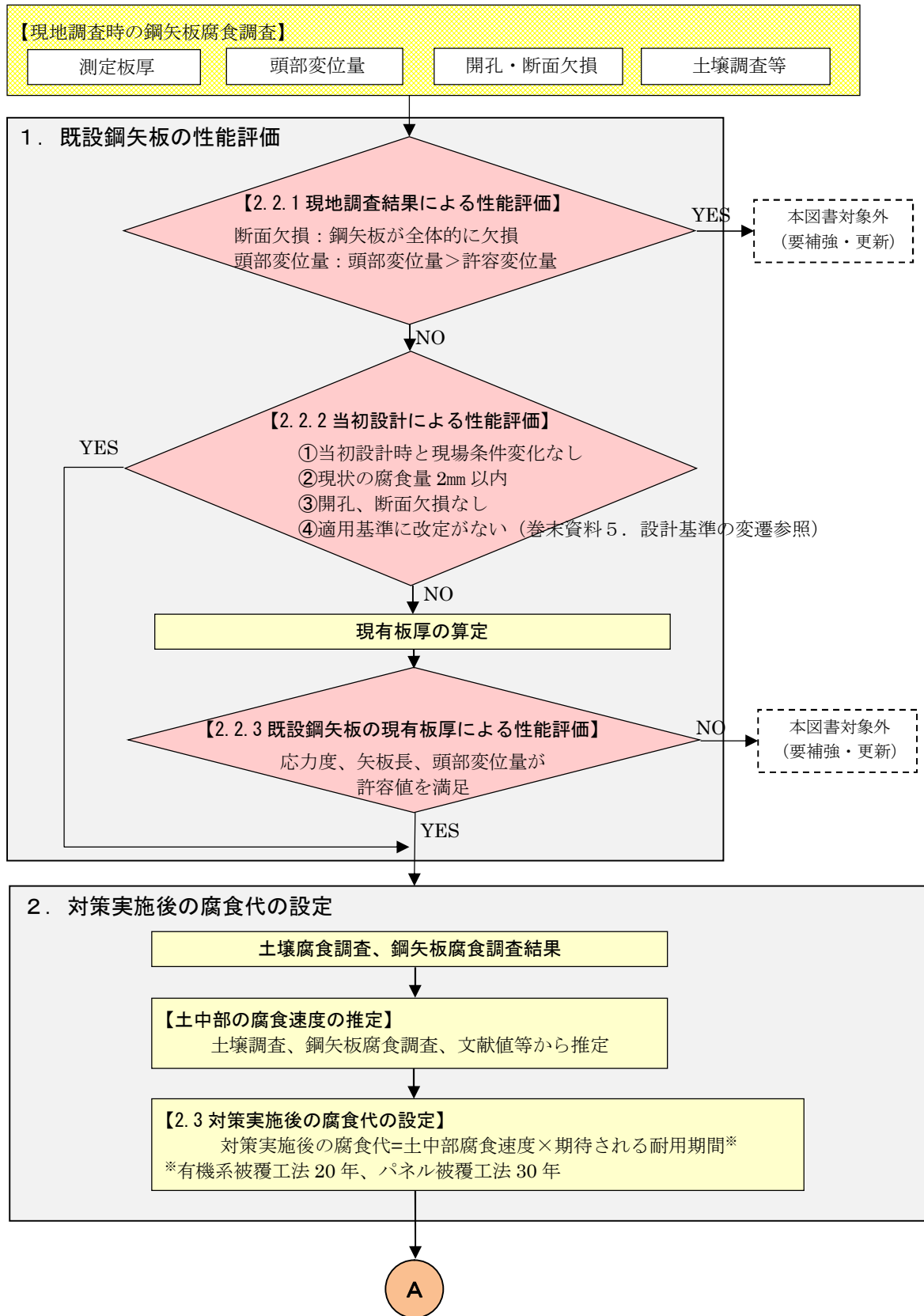


図 2.1-1 鋼矢板の腐食に関する性能評価フロー (1/2)

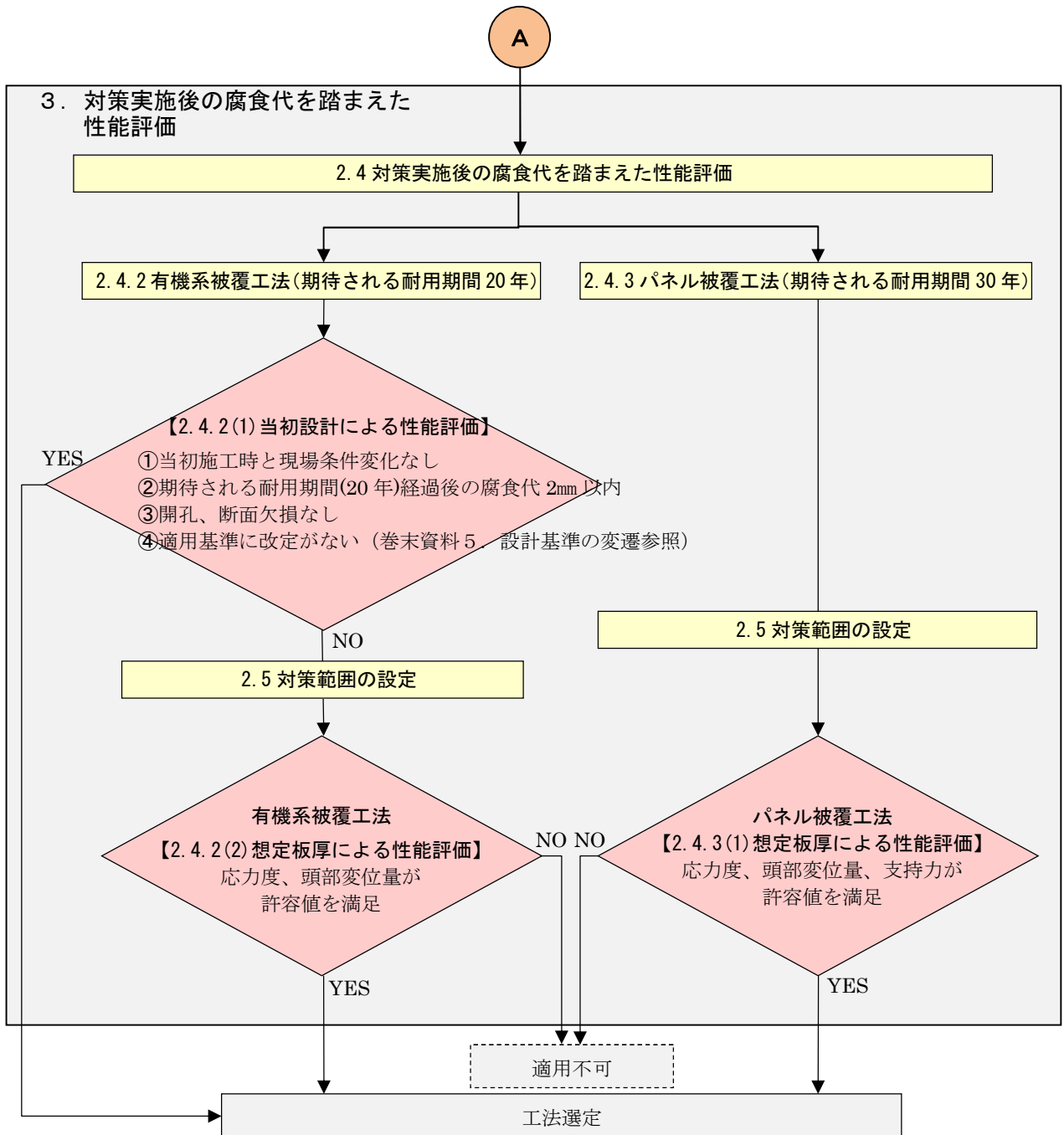


図 2.1-1 鋼矢板の腐食に関する性能評価フロー (2/2)

## 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、ウェブの状態を判断する。



写真 2.2-1 断面欠損（例）

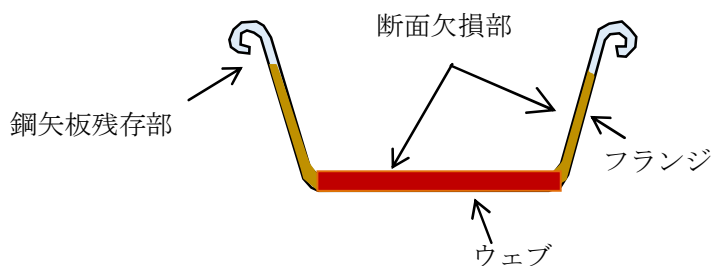


図 2.2-1 鋼矢板のウェブが全体的に断面欠損のイメージ

## (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。

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

$\sigma_s$  : 曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 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 (mm<sup>3</sup>/m)

$\alpha$  : 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。

$\sigma_{sa}$  : 許容曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

(軽量鋼矢板：140N/mm<sup>2</sup>、鋼矢板：180N/mm<sup>2</sup>)

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。

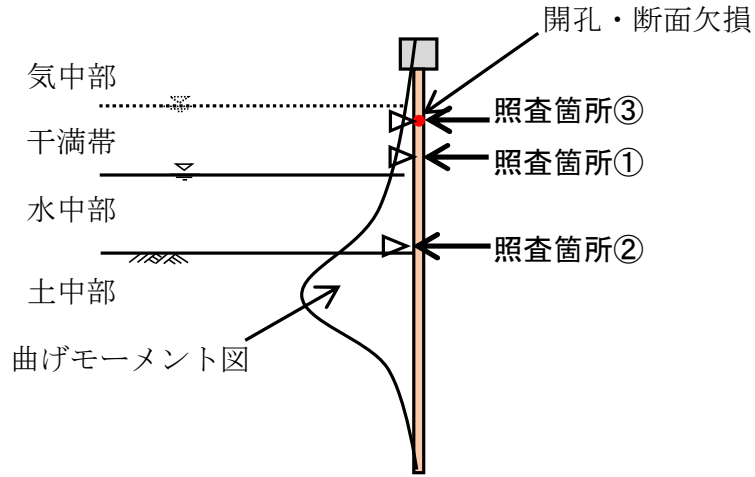


図 2.2-2 照査箇所

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。

照査箇所が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）。

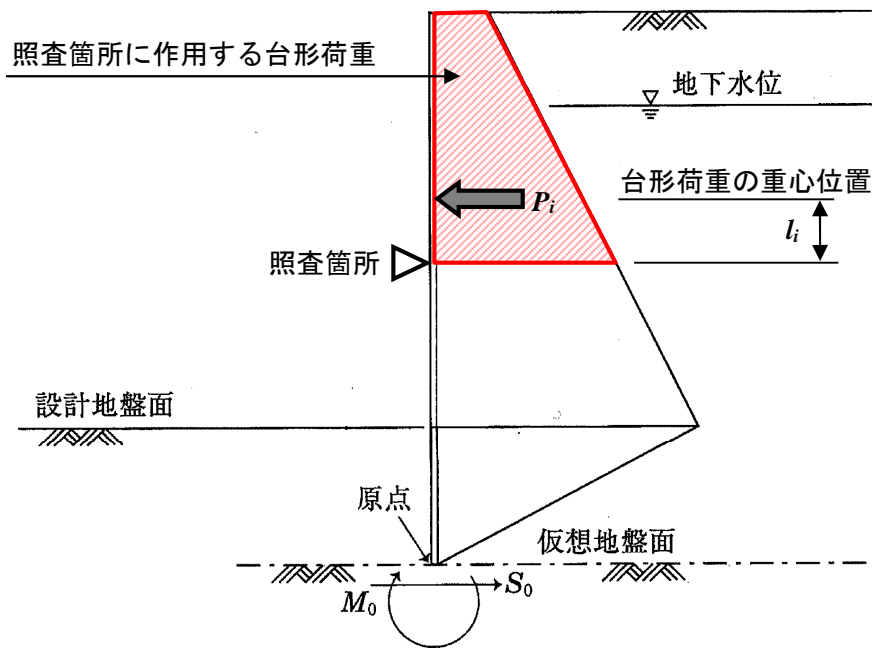


図 2.2-3 照査箇所のモーメント算定



## 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 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ )

$Z_a$  : 腐食深さを考慮した腐食後の断面係数 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ )

※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 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ )

※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 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ )

$Z_0$  : 腐食前の鋼矢板断面係数 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ )

$\eta$  : 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 ( $t_1$ ) とし、 $t_1$  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 ( $\eta$ ) 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 ( $\eta$ ) 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 ( $\eta$ ) 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、 $\alpha$  の値が変化しても腐食後の鋼矢板断面性能低減率 ( $\eta$ ) 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  $t_1$  は表裏合せた腐食深さの 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。

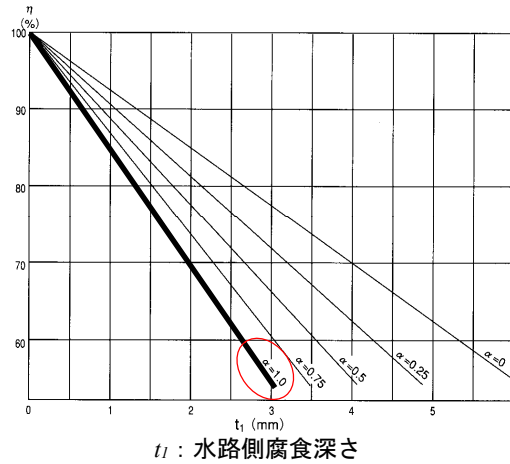


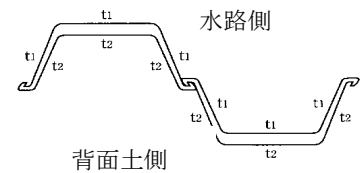
図 2.2-4 腐食時断面性能 ( $Z_a$ ,  $I_a$ ) 算定図の例 (SP-Ⅲの場合)

$t_1$ ,  $t_2$  : 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

$\alpha$  :  $t_2$  と  $t_1$  の比  $\alpha = t_2 / t_1$

※ここでの  $\alpha$  は、継手効率の  $\alpha$  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 ( $\text{mm}^3/\text{m}$ )

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

$D_b$  : 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。

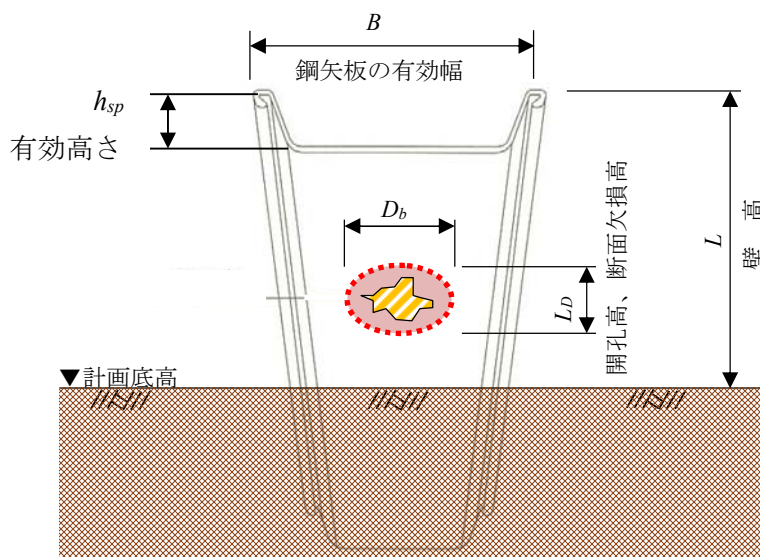
$B$  : 鋼矢板の有効幅 (m)

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。



【凡例】

- (黄斜線) : 実際の開孔部、断面欠損部
- (赤点線) : 設定した開孔部、断面欠損部
- (赤実線) : 板厚減少により板厚が著しく薄い部分  
又は亀裂が生じている部分

図 2.2-5 開孔部、断面欠損部を有する鋼矢板

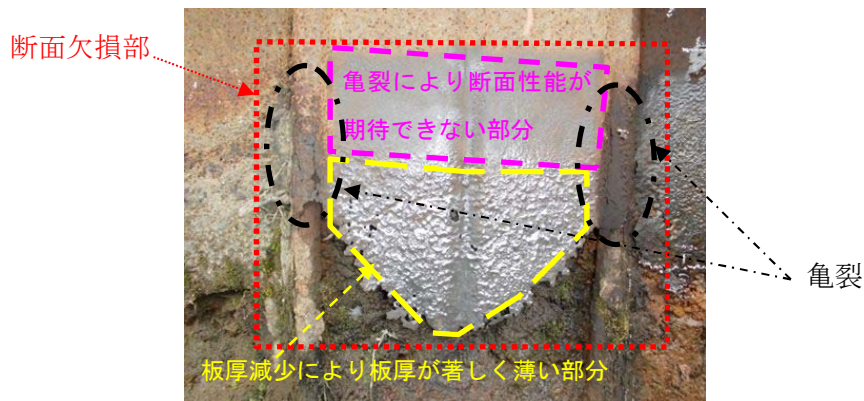


写真 2.2-2 断面欠損と判断する板厚状況 (例)

## (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。

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

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

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

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

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

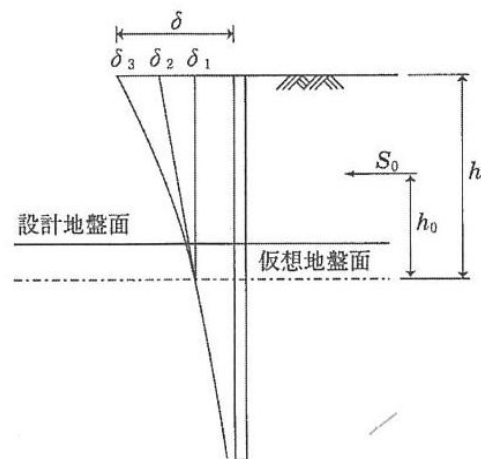


図 2.2-6 矢板頭部変位量の照査

$\delta$  : 自立式鋼矢板の頭部変位量 (m)

$\delta_1$  : 仮想地盤面での変位量 (m)

$\delta_2$  : 仮想地盤面での傾きによる頭部変位量 (m)

$\delta_3$  : 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)

$\beta$  : 特性値 (m<sup>-1</sup>)

$K_h$  : 水平方向地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

※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

$\beta'$  : 特性値 ( $\text{m}^{-1}$ ) (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 ( $\text{kN/m}^2$ )

$I_{12}$  : 土中部の鋼矢板の断面二次モーメント ( $\text{m}^4/\text{m}$ ) ※表 2.2-3 参照

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

$\alpha$  : 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 ( $\delta_1$ )」、「仮想地盤面での傾きによる頭部変位量 ( $\delta_2$ )」及び「仮想地盤面を固定端とした片持梁の変位量 ( $\delta_3$ )」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 ( $\delta_3$ )」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
$\delta_1$	土中部の鋼矢板の断面二次モーメント $I_{12}$
$\delta_2$	土中部の鋼矢板の断面二次モーメント $I_{12}$
$\delta_3$	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 ( $I_{12}$ ) ( $\delta_1$ 、 $\delta_2$ 算定用)

土中部の鋼矢板の断面二次モーメント  $I_{12}$  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 ( $I_3$ ) ( $\delta_3$  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 ( $\text{m}^4/\text{m}$ )

$I_a$  : 腐食深さを考慮した腐食後の断面二次モーメント ( $\text{m}^4/\text{m}$ )

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

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

$D_b$  : 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 ( $\eta$ ) 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（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。

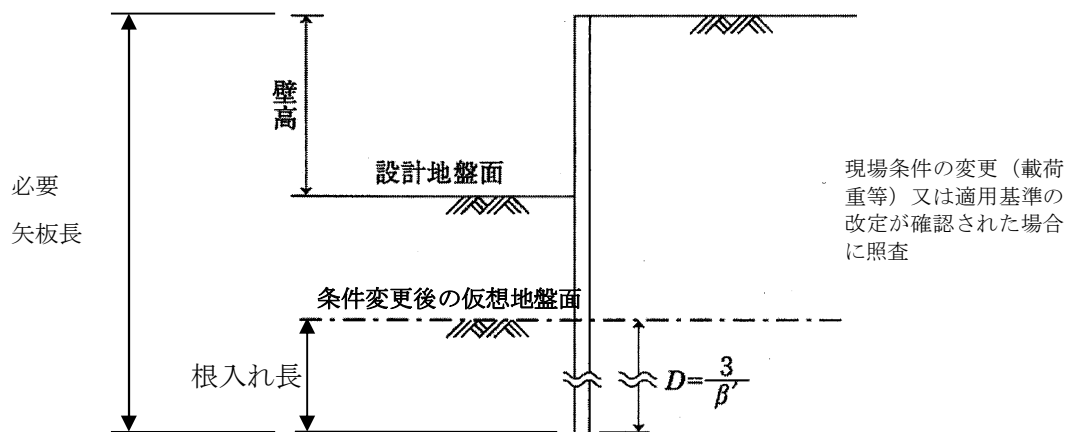


図 2.2-7 鋼矢板の根入れ長と必要矢板長

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

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

$D$  : 根入れ長 (m)

$\beta'$  : 特性値 ( $\text{m}^{-1}$ )

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

$\alpha$  : 継手効率 (表 2.2-2 参照)

$E$  : 鋼矢板の弾性係数 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$K_h$  : 水平方向地盤反力係数 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

$B$  : 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

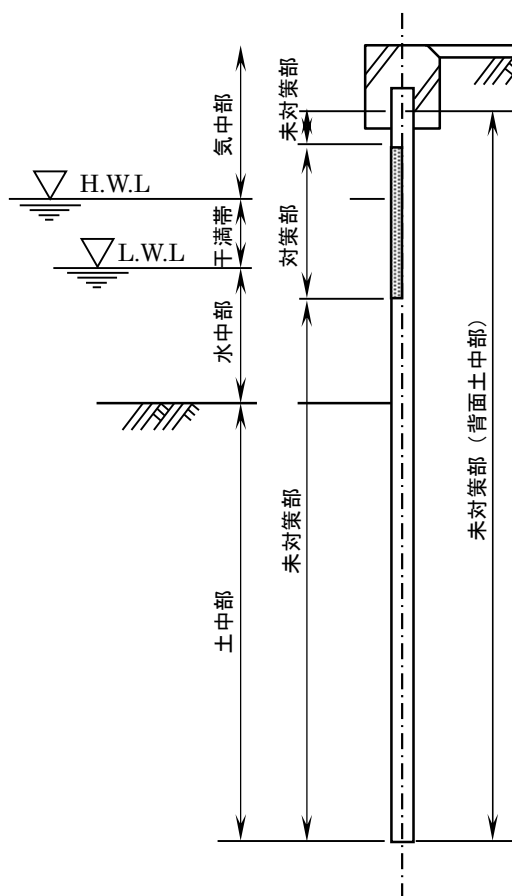
なお、矢板長の照査に使用する鋼矢板の断面二次モーメントは、安全側に考慮し設計基準「水路工」と同様に製品板厚による鋼矢板の断面二次モーメントを使用することとしているが、現場条件の変更又は適用基準の改定によって矢板長が不足する結果となった場合は、腐食後の断面二次モーメントに基づき照査を実施しても良い。

## 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。



#### 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。

図 2.3-1 未対策部の範囲 (例)

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

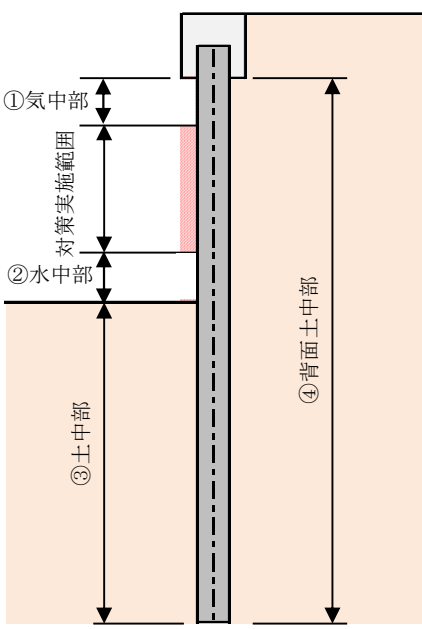
出典：「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）H19.4」（公社）日本港湾協会

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 ( $\Omega$ -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】



- ・ 対策工法の期待される耐用期間：20 年
- ・ 板厚調査結果（供用 40 年）
  - ① 気中部（両面）：1.6mm÷40 年=0.04mm/年
  - ② 水中部（両面）：1.2mm÷40 年=0.03mm/年
  - ③ 土中部（両面）：0.8mm÷40 年=0.02mm/年
- ・ 腐食速度の設定
  - ③ 土中部腐食速度及び④背面土中部腐食速度  
土中部での板厚測定結果より、供用 40 年で 0.8mm の板厚減少が確認されたことから、  
腐食速度=0.8mm/40 年/2（両面）  
=0.01mm/年
  - ① 気中部腐食速度=気中部（両面）-背面土中部  
=0.04mm/年-0.01mm/年=0.03mm/年
  - ② 水中部腐食速度=水中部（両面）-背面土中部  
=0.03mm/年-0.01mm/年=0.02mm/年

・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。

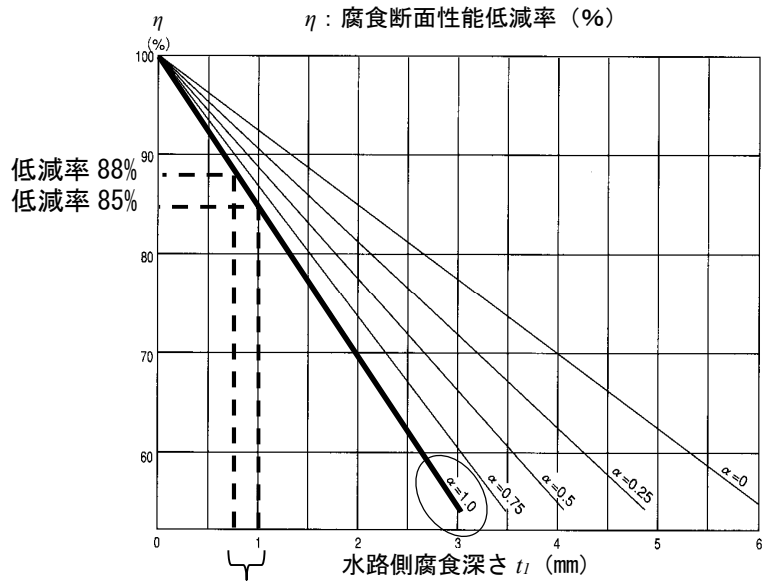
想定板厚による性能評価では、対策実施後の腐食形態（腐食深さ、開孔・断面欠損）を考慮した断面性能に基づく構造計算により①応力度、②頭部変位量の照査を行い、有機系被覆工法の適用の可否を判断する。

#### 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。



対策実施後に進行する腐食量 0.5mm

(対策実施後の水路側腐食量  $t_f=(1.5\text{mm}+0.5\text{mm})\times 1/2=1.0\text{mm}$ )

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。

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  $\Delta M$  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  $\Delta M$  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

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

$\Delta M$  : 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)

$\gamma_{pc}$  : パネル材と裏込めコンクリートの単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$H_p$  : パネル被覆工の壁高 (m)

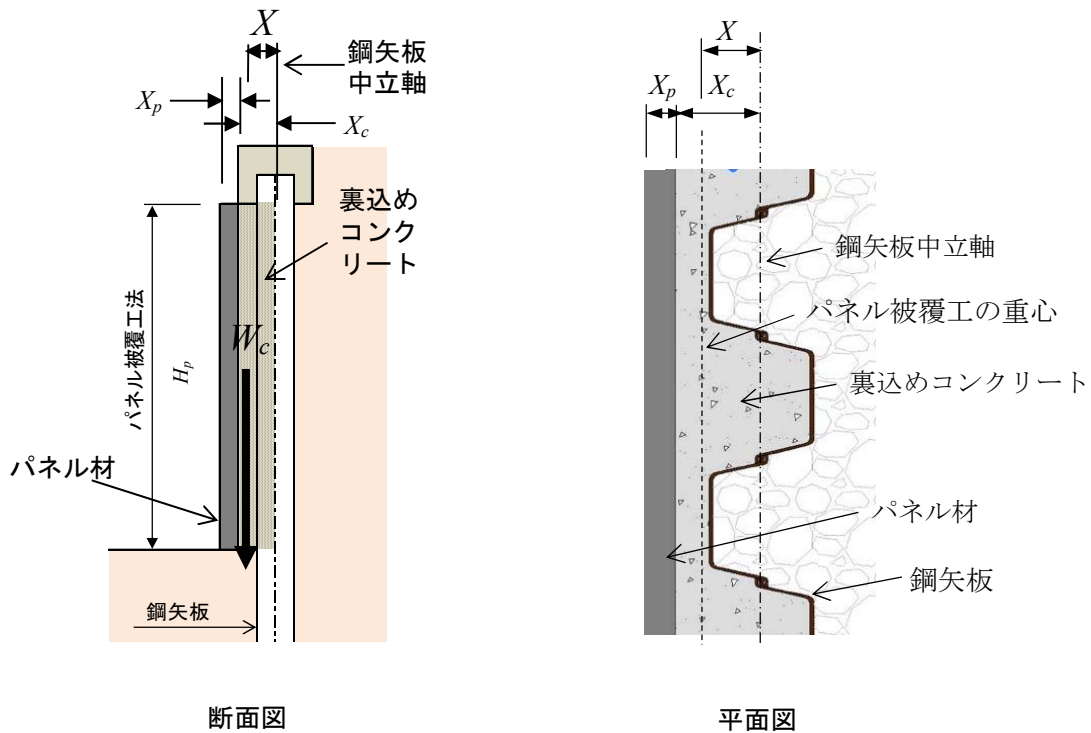


図 2.4-2 パネル被覆工法により発生する曲げモーメント

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。

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

$\sigma_s$  : 曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 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)

$\Delta M$  : 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 (mm<sup>3</sup>/m)

$\alpha$  : 継手効率 (表 2.2-2 参照)

$\sigma_{sa}$  : 許容曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

(軽量鋼矢板 : 140N/mm<sup>2</sup>、鋼矢板 : 180N/mm<sup>2</sup>)

## 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。

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

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

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

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

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

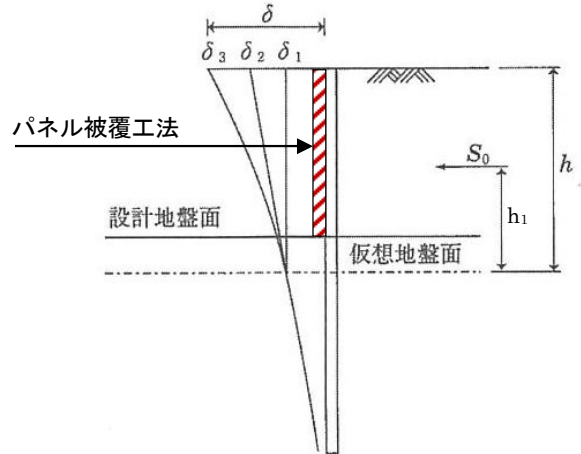


図 2.4-3 パネル被覆工法設置後の自立式鋼矢板のたわみ

$\delta_1$  : 仮想地盤面での変位量 (m)

$\delta_2$  : 仮想地盤面での傾きによる頭部変位量 (m)

$\delta_3$  : 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)

$\beta$  : 特性値 ( $\text{m}^{-1}$ )

$K_h$  : 水平方向地盤反力係数 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

※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 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$I_{12}$  : 土中部の鋼矢板の断面二次モーメント ( $\text{m}^4/\text{m}$ ) ( $\delta_{1\sim 2}$  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 ( $\text{m}^4/\text{m}$ ) ( $\delta_3$  算定用)

(背面土中部の平均腐食深さを考慮した値)

$\alpha$  : 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。



$$h_1 = \frac{M + \Delta M}{S_0}$$

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

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

$h_1$  : 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)

$B$  : 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)

$\ell_i$  : 仮想地盤面から各水平力の作用点までの高さ (m)

$\Delta M$  : パネル被覆工法により発生する曲げモーメント (kN・m)

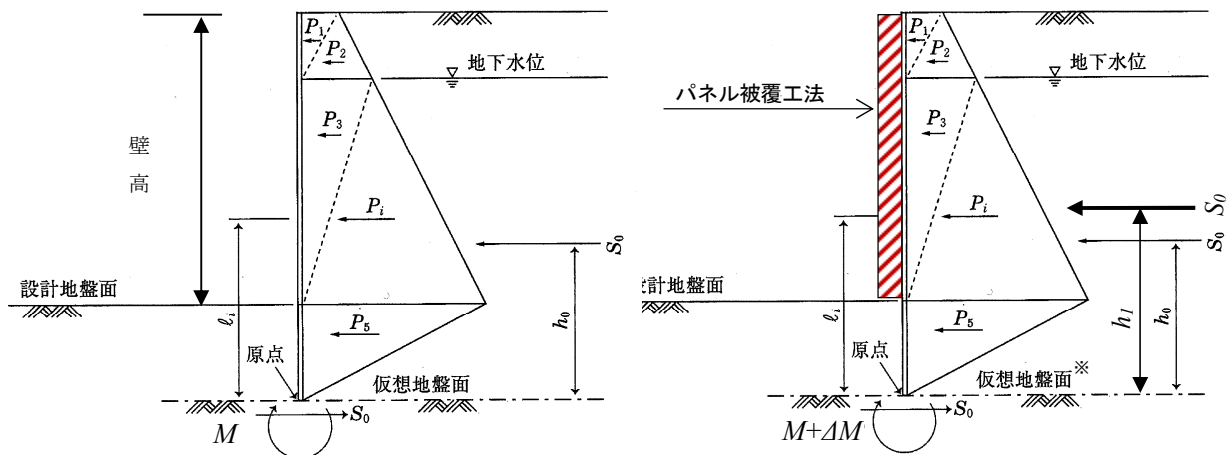


図 2.4-4 パネル被覆工法設置前後の土圧による全水平力の作用位置

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/m<sup>2</sup>)
- $A$  : 鋼矢板の先端面積 (m<sup>2</sup>)
- $U$  : 鋼矢板の周長 (m) で土と接する部分
- $\ell_i$  : 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/m<sup>2</sup>)
- $W$  : 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。

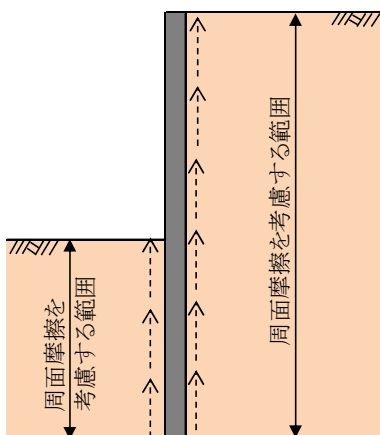


図 2.4-5 周面摩擦を考慮する範囲

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

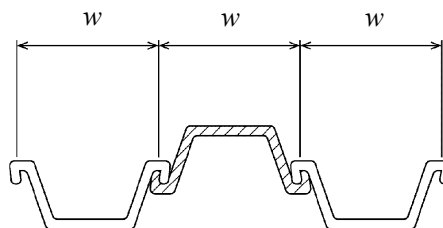


図 2.4-6 鋼矢板の先端断面積と周長

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。

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

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

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

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

$k_b$  : 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/m<sup>2</sup>) で 150kN/m<sup>2</sup> を上回る場合は 150kN/m<sup>2</sup> 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)

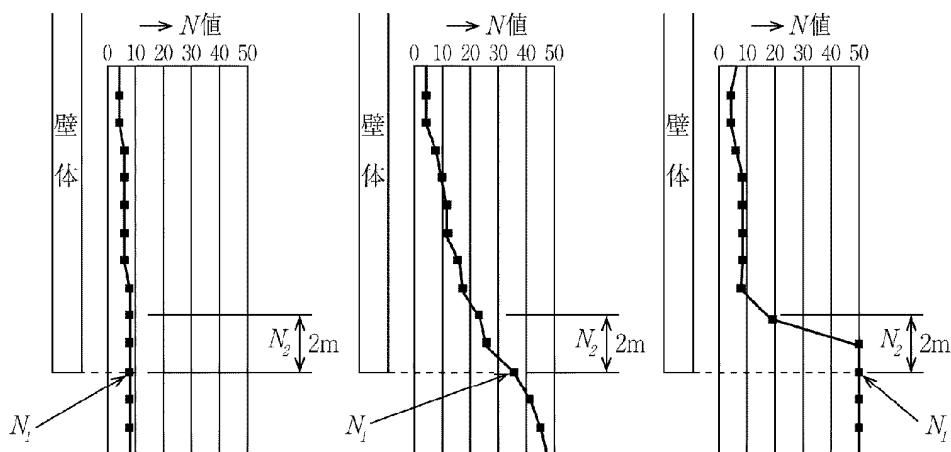


図 2.4-7  $N_1$ 、 $N_2$ のとり方

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。

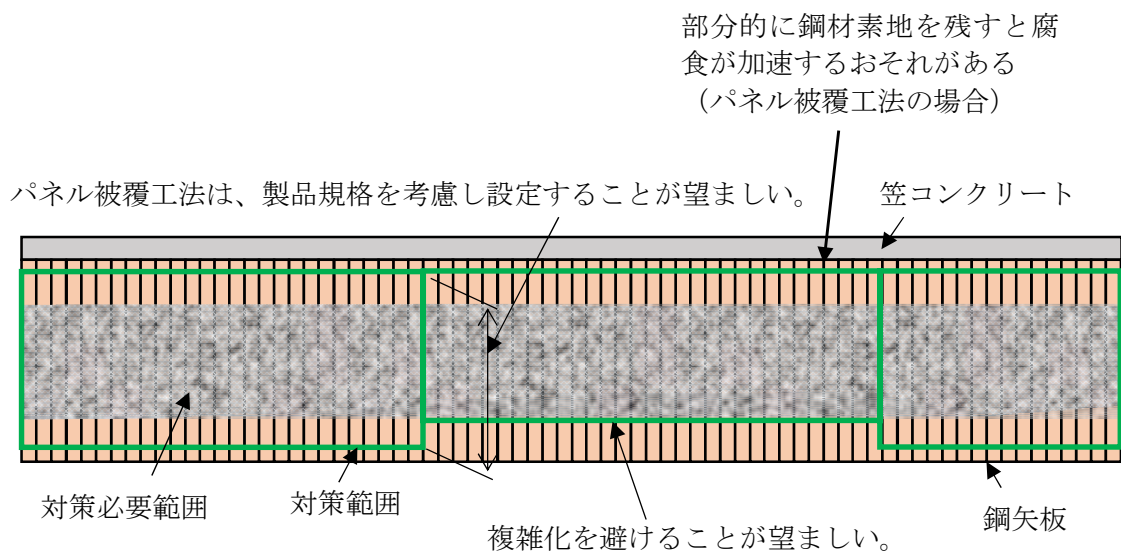


図 2.5-1 対策範囲の決定のための参考図