

囲い込み工の検討

1 囲い込み工の設置目的

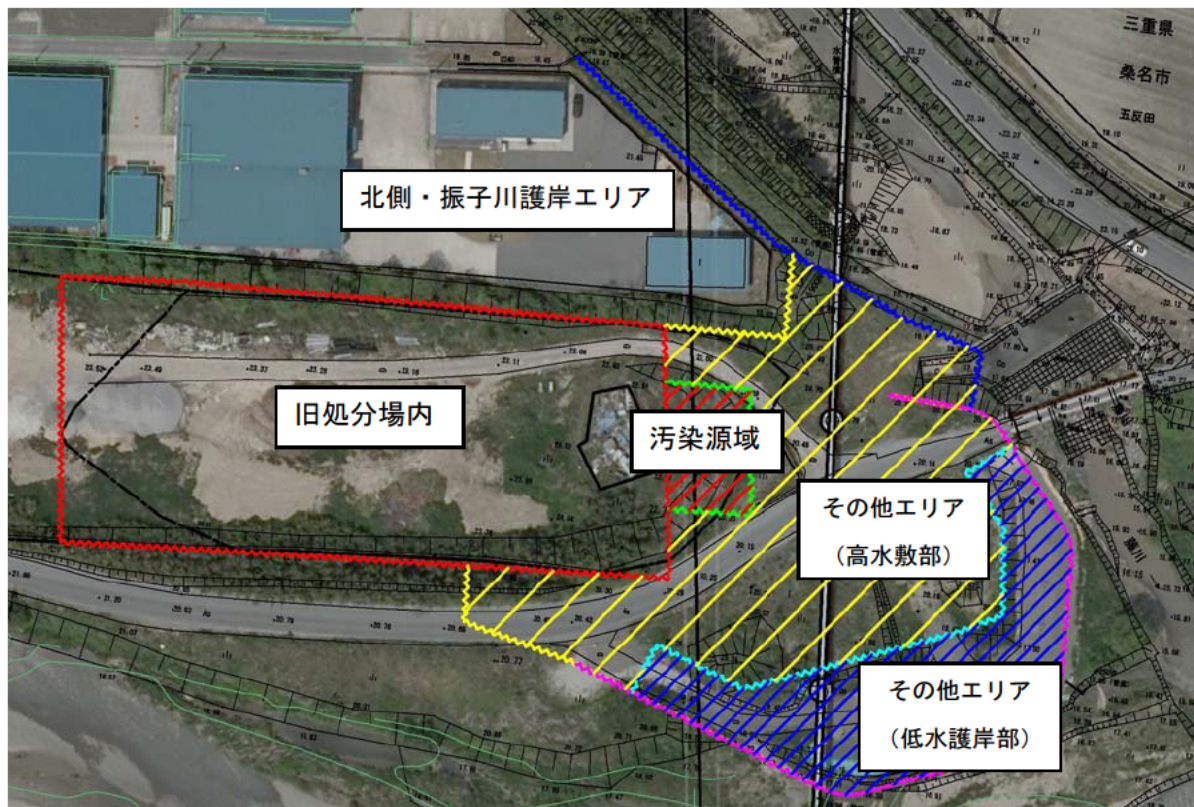
囲い込み工は、Step 2 までの汚染対策を完了するために、当面必要となる油の移動・拡散の防止を主な目的として設置する。

ここでは、囲い込み工の範囲設定および工法等の検討を行ったが、油回収の一方策である土壌（PCB を含む油が付着した土壌）の掘削除去時の土留めも具備すべき要件として検討した。

2 囲い込み工の設置範囲の設定

囲い込み工の設置範囲は、油相が確認される範囲とし、大略して「旧処分場内」と「旧処分場外」に区分する。「旧処分場外」は PCB の汚染度合いから「汚染源域」と「その他エリア」に区分し、さらに対策の優先度から「その他エリア」を「高水敷部」と「低水護岸部」と設定する。

囲い込み工の設置範囲（平面図）を図-1 に、各対策区域の面積を表-1 に示す。



旧
処
分
場
外

汚 染 源 域：不法投棄されたコンデンサ素子等の投棄物及び高濃度の PCB が留まっていると想定される区域

その他エリア：低濃度の PCB が留まっていると想定される区域

- ・ 高 水 敷 部：計画高水位以下の区域で、過去 10 年間水没していない区域

- ・ 低 水 護 岸 部：計画高水位以下の区域で、年間数回程度の水没が想定される区域

図-1 囲い込み工範囲の平面図

表-1 各対策区域の面積

対策区域		面積 (m ²)
旧処分場内		5,500
旧処分場外	汚染源域	370
	その他エリア (高水敷部)	4,100
	その他エリア (低水護岸部)	1,900
計		6,370
北側・振子川護岸エリア		2,300
合計		14,170

3 囲い込み工に求められる機能

囲い込み工に求められる機能は、主として油分の移動・拡散防止であるが、対策区域によっては付帯すべき機能がある。

囲い込み工の区分を図-2に、囲い込み工の区分ごとの求められる機能を表-2に示す。

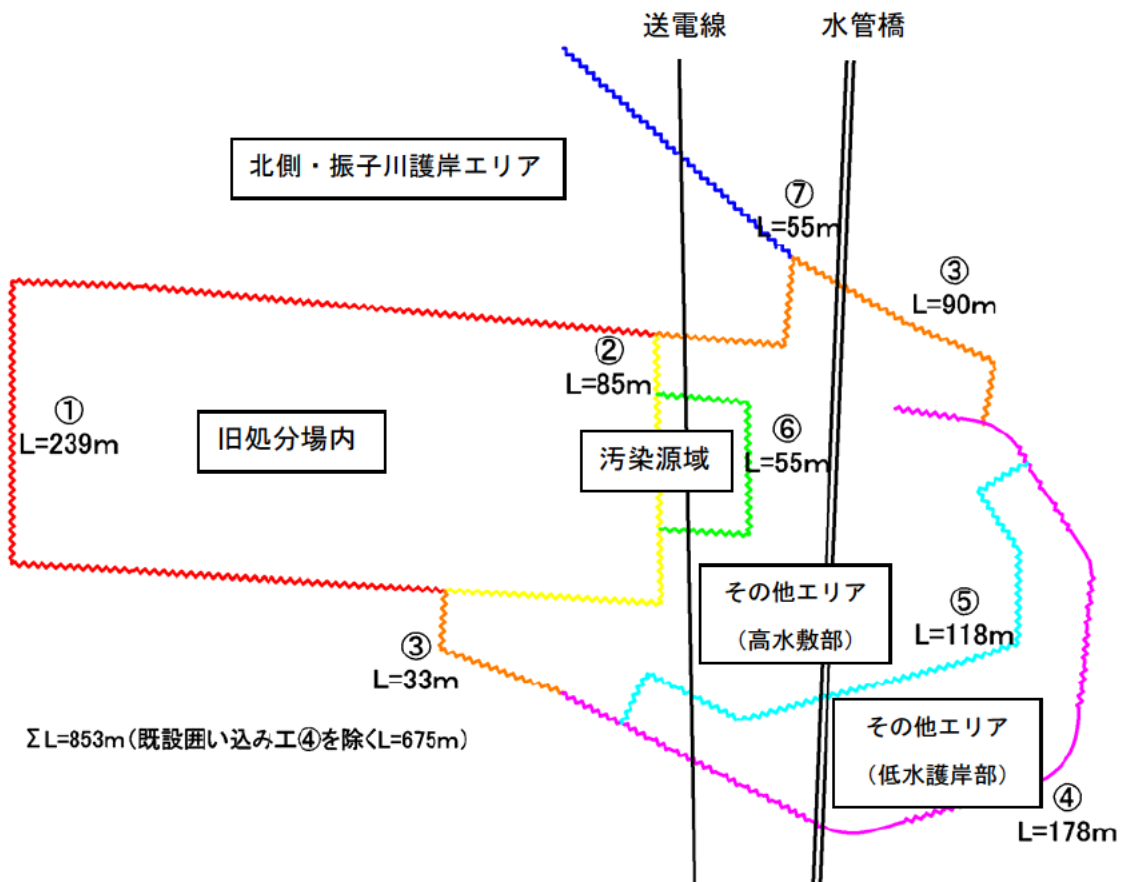


図-2 範囲ごとの囲い込み工

表-2 囲い込み工の区分ごとに求められる機能

区分	延長 (m)	求められる機能	備考
①	239	・油分の移動および拡散防止機能	
②	85	・油分の移動および拡散防止機能 ・油回収の一方策である土壌 (PCB を含む油が付着した土壌) の掘削除去時の土留め機能	既設鋼矢板
③	123		
④	178		
⑤	118		
⑥	55		
⑦	55		
合計	853 (既設鋼矢板を除いた合計 L=675m)		

4 囲い込み工の検討

4.1 囲い込み方式について

囲い込み方式は、地下水面上にある油の移動・拡散を防止できるものとする必要がある。

囲い込み方式には、「浮き型」と「根入れ型」があり、特性比較表を表-3 に示す。

表-3 囲い込み方式の特性比較表

工法名称	浮き型	根入れ型
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・不透水層までの根入れは行ない囲い込み工である。 ・地下水の移動はあるが、地下水面上の油の移動を制限することが可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・不透水層までの根入れを行う囲い込み工である。 ・地下水の移動を制限できる。 ・根入れ型においては、地下水位の管理が重要となる。
概要図		
設置深さ	10m~15m程度	25m以上 (不透水層まで)
油移動の制限	○	○
施工の確実性	○	△ (不透水層の確実な把握が必要)
維持管理	○	△ (揚水管理が必要)
経済性	○	△
施工速度	○	△
壁内の掘削	○ (必要に応じ補助工法が必要)	○ (必要に応じ補助工法が必要)
主な適用技術	鋼矢板	・地中連続壁 ・ソイルセメント固化壁
実績	あり	あり

4. 2 囲い込み工法について

囲い込み工の工法は、種々あるが、ここでは表-2に示した機能を担保することができる工法を対象にし、課題を整理した上で、特に当現場での適用性について工法比較を行った。

(1) 課題の整理

囲い込み工の設置に係る課題は、表-4に示すとおりである。

表-4 囲い込み工の設置に係る課題

区分	内容
空頭制限下による施工	水管橋・送電線下は空頭制限となる。そのため、対応可能な重機での施工が必要である。
土留め工としての利用	旧処分場外の掘削においては、囲い込み工を土留め工として利用する必要がある。
砂礫・玉石に対する対応	現地地盤は、砂礫や玉石が多い。そのため、対応可能な重機での施工が必要である。
発生する廃棄物や汚染土壌について	囲い込み工設置に際し、発生する廃棄物や汚染土壌の保管・処分について留意する必要がある。
地下水位の高い場合の施工	本事案現場は、河川区域内であり、地下水位が高い状況が考えられる。そのため、地下水位の高い場合の施工の可否を検討する必要がある。
無振動施工	隣接する工場に影響を与えないため、無振動施工を行う必要がある。

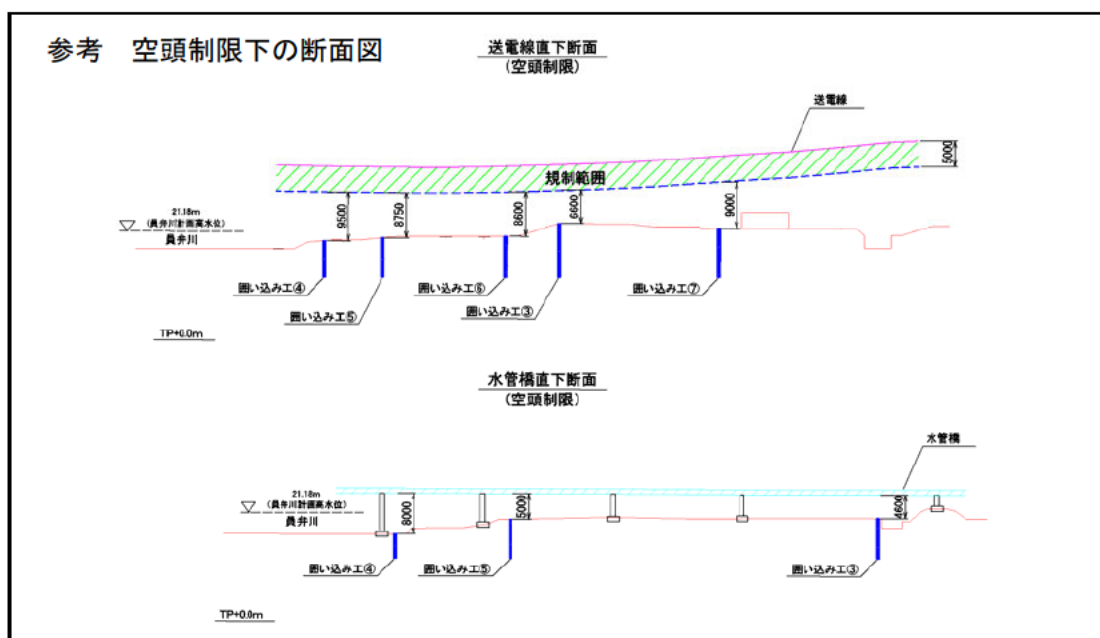


図-3 空頭制限下の断面図

(2) 囲い込み工法の比較検討

表-4に示した課題を踏まえ、各工法の比較検討を行った。特性比較表を表-5に示す。

表-5 囲い込み工法の特性比較表

区分	既設品		地中通細壁 (完全置換)		ノイールセメント固化壁	
	鋼矢板工法	RC透水壁工法	RC透水壁工法	ノイールセメント 固化壁工法	ノイールセメント 固化壁工法+芯材	
略図						
工法の説明	鋼矢板を接続しながら打設し、連続した壁を構築する工法	地中を溝状に先行掘削し、鉄筋籠を挿入後コンクリートを打設して連続壁を構築する工法	現地壁とセメント系配合液を混合して連続した固化壁を構築する工法	現地壁とセメント系配合液を混合して連続した固化壁を構築する工法	ノイールセメント透水壁とH鋼や鋼矢板との併用工法	
施工イメージ						
透水性能 (期待できる透水係数)	1×10 ⁻⁶ cm/sec程度		1×10 ⁻⁷ cm/sec程度	1×10 ⁻⁶ cm/sec程度	1×10 ⁻⁶ cm/sec～1×10 ⁻⁷ cm/sec程度	
	25m程度		150m程度	45m程度	45m程度	
空頭制限下の適用	水管機 (4.6m～5.0m)	◎	○ (1m程度の壁下げが必要)	△	△	
	送電線 (6.6m～9.5m)	◎	○	○	○	
現場での適用性	対応重機					
	土留め工としての利用	◎ 土留め工としての利用は可能(ただし約3mを超える掘削に際しては、タイロッド工法や切梁・腹起し等の補助工法が必要となる。)	◎ 剛性の高い鉄筋を入れることで、十分な土留め工としての利用が可能	△	◎ 土留めとしての利用は可能。必要に応じ、補助工法が必要。	
発生する廃棄物・汚染土壌等	概 要	◎ 廃棄物・汚染土壌はほとんど発生しない。	△ 完全置換のため、大量の廃棄物・汚染土壌が発生し、適正な保管が必要となる。	△ PCB廃棄物としての適正な保管が必要	◎ TRD掘削機：6.5m (日本に2～3台程度)	
	発生量 (延長400m深度25mと想定)	-	-	約9,700m ³	約3,600m ³	
地下水の高い場合の施工	◎ 地表付近に地下水位があっても施工可能である。河川・港湾での実績多い。	◎ 地表面付近に地下水位があっても施工可能である。河川・港湾での実績多い。	○ 孔内は、周辺地下水位と孔内水位の水位差により保護するため、周辺地下水は孔内地下水位より約2m程度低い必要がある。	○ 孔内は、周辺地下水位と孔内水位の水位差により保護するため、周辺地下水は孔内地下水位より約2m程度低い必要がある。	○ 孔内をセメントミルック(比重1.6程度)満たすため、周辺土壌と比重差が無く、表面付近に地下水があっても施工は可能となる。	
無振動施工	○ 無振動施工が可能(硬質地盤クリアー工法)	△ 無振動施工が可能(硬質地盤クリアー工法)	△ 困難	△ 困難	困難	
その他留意点	◎ 継手部における漏水(油)対策が必要である。ウオータージェットによる打設は、油の拡散を招く可能性がある。低水護岸部は頻繁に水没するため、機械設置は十分な検討が必要となる。	◎ 継手部における漏水(油)対策が必要である。ウオータージェットによる打設は、油の拡散を招く可能性がある。低水護岸部は頻繁に水没するため、機械設置は十分な検討が必要となる。	○ 低水護岸部は頻繁に水没するため、機械設置は十分な検討が必要となる。	○ 低水護岸部は頻繁に水没するため、機械設置は十分な検討が必要となる。	○ 腐植土に対しては、セメント固化材の水和反応を阻害するおそれがあり、十分な遮水性を担保できない可能性がある。低水護岸部は頻繁に水没するため、機械設置は十分な検討が必要となる。	
工期 (施工速度)	◎ 90m ³ /日程度	◎ 90m ³ /日程度	○ 60m ³ /日程度	○ 80m ³ /日程度	○ 70m ³ /日程度	
	単体	2.5万円/m ² 程度	13万円/m ² 程度	4万円/m ² 程度	8万円/m ² 程度	
経済性	◎ 土留めの補助工法	◎ 1.5万円/m ² 程度	△ -	◎ -	○ 2万円/m ² 程度	
	計	4万円/m ² 程度	13万円/m ² 程度	4万円/m ² 程度	10万円/m ² 程度	
施工実績	多数あり (既設囲い込み工は、鋼矢板である。)					
メリット	◎ 補助工法を用いれば、土留め工としての利用ができる。発生する汚染廃棄物・汚染土壌がほとんどない。経済性に優れている。施工速度が速い。	◎ 補助工法を用いれば、土留め工としての利用ができる。発生する汚染廃棄物・汚染土壌がほとんどない。経済性に優れている。施工速度が速い。	◎ 土留めとして利用ができる。	△ 比較的経済性に優れている。	◎ 補助工法を用いれば、土留め工としての利用ができる。	
デメリット	◎ 25mを超える深度の施工は困難	◎ 25mを超える深度の施工は困難	◎ 大量の廃棄物・汚染土壌が発生するため、保管・処理の検討が必要。	◎ 大量の廃棄物・汚染土壌が発生する。対象地盤が腐植土の場合、十分な遮水性を担保できない可能性がある。空頭制限下(水管機)での対応が困難。空頭制限下(送電線)での対応は可能であるが、対応重機が日本に2～3台であるため不透明である。	◎ 汚染廃棄物・汚染土壌が比較的大量に発生する。対象地盤が腐植土の場合、十分な遮水性を担保できない可能性がある。空頭制限下(水管機)での対応が困難。空頭制限下(送電線)での対応は可能であるが、対応重機が日本に2～3台であるため不透明である。	

5 囲い込み工の設置深度の設定

囲い込み工の区分ごとの設置深度は、表-2 に示した機能から設定することができる。

また、求められる機能が複数ある場合には、より深い設置深度とする必要があると想定され、既設鋼矢板の設置深度 (TP+12.3m) も考慮して、設置深度を設定することが肝要と考えられる。

5. 1 油分の移動・拡散防止機能から想定される設置深度

油分の移動・拡散防止機能を確保するためには、油膜判定による汚染範囲下端の深度以上の囲い込み工を設置する必要があると考えられる。油分の移動・拡散防止機能から想定される深度設定は、囲い込み工近傍の油膜判定による汚染範囲下端より 1.0m深い範囲と設定する。

油分の移動・拡散防止機能から想定される深度設定を表-6 に示す。

表-6 油分の移動・拡散防止機能から想定される設置深度

区 分	設置深度	備 考
囲い込み工①	TP+12.0m	囲い込み工①の近傍は、TP+13.0m付近で油膜検出が確認されているため、TP+12.0mの設置深度としている。
囲い込み工②	TP+10.0m	
囲い込み工③	TP+12.0m	
囲い込み工④	TP+12.3m	既設矢板の設置深度
囲い込み工⑤	TP+12.0m	
囲い込み工⑥	TP+9.0m	囲い込み工⑥の近傍は、TP+10.0m付近で油膜検出が確認されているため、TP+9.0mの設置深度としている。
囲い込み工⑦	TP+12.0m	

5. 2 掘削時の土留め工としての機能から想定される設置深度

油回収の一方策である土壌（PCB を含む油が付着した土壌）の掘削除去時の土留め工として必要な設置深度を表-7 に示す。

表-7 掘削時の土留め工の機能から想定される設置深度

区 分	想定される設置深度	備 考
囲い込み工①	-	-
囲い込み工②	TP+11.0m	深度は、タイロッド式鋼矢板の計算より算出
囲い込み工③～⑦	TP+12.3m	自立鋼矢板の計算より算出

5. 3 囲い込み工の設置深度

以上より、囲い込み工の区分ごとの設置深度は、次に示す設置深度以上とすることが考えられる。

表-8 囲い込み工の設置深度

区 分	設置深度
囲い込み工①	TP+12.0m
囲い込み工②	TP+10.0m
囲い込み工③	TP+12.0m
囲い込み工④	TP+12.3m
囲い込み工⑤	TP+12.0m
囲い込み工⑥	TP+9.0m
囲い込み工⑦	TP+12.0m

表-9 囲い込み工の設置深度

対策エリア 区分	旧処分場内										旧処分場外				北側・振子川護岸エリア			
	汚染源域					その他エリア					低水護岸部							
調査地点 孔口標高	No. 22-06 24.04	No. 22-07 24.01	No. 22-08 23.48	No. 22-09 23.21	No. 22-10 23.30	No. 22-11 23.22	No. 22-12 23.04	No. 22-13 22.84	No. 22-14 20.30	No. 22-15 20.78	No. 22-16 20.44	No. 22-17 19.93	No. 22-18 20.04	No. 22-19 17.45	No. 22-20 19.71	No. 22-21 19.91	No. 22-22 21.69	No. 23-01 21.52
23.0	①																	
22.0		100																
21.0		N.D.	N.D.	110,000	70,000	N.D.	N.D.											
20.0		N.D.	100															
19.0		400		N.D.	21,000	48,000	85,000	9,300										
18.0		N.D.	16,000															
17.0		N.D.	4,500	130,000	200	8,800	160,000	24,000	100,000	52,000	12,000	2,100	3,700	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
16.0		N.D.	800															
15.0		N.D.		3,200	58,000	1,200	1,100											
14.0		N.D.		500	23,000	200												
13.0		N.D.		100	200	N.D.	100	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
12.0																		
11.0																		
10.0																		
9.0																		
8.0																		
7.0																		
6.0																		

: 汚泥系物主体の廃棄物
 : 焼却灰主体の廃棄物
 : 油膜検出
 数値 : TPH濃度 (mg/kg)
 N.D. : TPH濃度 (100mg/kg未満)
 - : TPH試験なし

: 地下水位 (濁水期)
 : 地下水位 (曇水期)
 : 油膜判定による汚染範囲
 : TPH \geq 1,000mg/kg (=POB \geq 10mg/kg)による汚染範囲

: 囲い込み工
 ※番号①~⑦は囲い込み工を示す
 : 地表面



※囲い込み工④は、既設矢板であり、TP+12.3mまでの深度である。

6 鋼矢板継手部での漏油防止措置

6. 1 鋼矢板継手部での漏油防止措置

鋼矢板は、連続した鋼材で構成されており、それ自体は漏油し難い材料である。

しかし、継手部は打設性の観点から、適当な余裕代が必要であり、継手部を無処理のまま打設すると漏油することが想定される。そのため、継手部には油分の移動・拡散防止効果を高める措置が必要であり、膨潤性材料の塗布による対策が考えられる。

<参考：膨潤性材料を塗布した鋼矢板>

膨潤性材料は、塗布後に硬化し、ゴム弾性を持つ生成物となる。鋼矢板打設後、周囲の地下水を吸収して膨張し、継手の隙間に充填する。また、膨潤性遮水材は特殊ポリウレタンを主成分とし、水を吸収して3倍～20倍程度まで膨張する。図-4に膨潤性材料を塗布した継手部状況を示す。

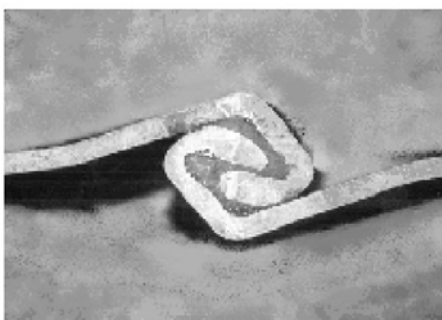


図-4 膨潤性材料を塗布した継手部状況

6. 2 鋼矢板の耐久性

鋼矢板の耐久性は、鋼矢板の腐食代により設定することが妥当と考えられる。腐食代の基準は表-10に示すとおりである。

当現場の場合、鋼矢板の腐食代は表裏合わせて2mm（片面1mm）を想定し、土中の腐食速度を0.02～0.03mm/年と設定すれば、設計耐久年数は約30年～50年となると考えられる。

表-10 鋼矢板の腐食代及び防食法に関する基準

区別	基準名称	腐食代	防食法																
港湾関係	港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成11年4月）（日本港湾協会）	鋼材の腐食速度は、環境条件によって異なるので、当該施設のおかれた条件を考慮して適切に決定するものとする。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>腐食環境区分</th> <th>腐食速度 (mm/y)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H.W.L～以上</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>海 H.W.L～L.W.L - 1.0m</td> <td>0.1～0.3</td> </tr> <tr> <td>潮 L.W.L - 1.0m～海底</td> <td>0.1～0.2</td> </tr> <tr> <td>海底泥層中</td> <td>0.03</td> </tr> <tr> <td>陸 陸上大気中</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>潮 土中（残留水位上）</td> <td>0.03</td> </tr> <tr> <td>潮 土中（残留水位下）</td> <td>0.02</td> </tr> </tbody> </table>	腐食環境区分	腐食速度 (mm/y)	H.W.L～以上	0.3	海 H.W.L～L.W.L - 1.0m	0.1～0.3	潮 L.W.L - 1.0m～海底	0.1～0.2	海底泥層中	0.03	陸 陸上大気中	0.1	潮 土中（残留水位上）	0.03	潮 土中（残留水位下）	0.02	(1) 電気防食 適用範囲平均干潮面以下 (2) 被覆材による防食 適用範囲期望平均干潮面以下1m以浅セメント硬化体、塗装、有機質ライニング、金属ライニング (3) 干満帯および海中においては腐食しろによる防食は用いないことを原則とする。ただし、仮設構造物の場合は腐食しろによる防食の考え方を適用してもよい。
	腐食環境区分	腐食速度 (mm/y)																	
H.W.L～以上	0.3																		
海 H.W.L～L.W.L - 1.0m	0.1～0.3																		
潮 L.W.L - 1.0m～海底	0.1～0.2																		
海底泥層中	0.03																		
陸 陸上大気中	0.1																		
潮 土中（残留水位上）	0.03																		
潮 土中（残留水位下）	0.02																		
	漁港の技術指針（1999年版）（全国漁港協会）	腐食代は、30年分を考慮することを標準とする 鋼材の腐食速度（片面）の標準値は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」と同じ	鋼材の防食方法の実施例として ①腐食代による方法 ②被覆防食と腐食代の併用による方法 ③被覆防食と電気防食の併用による方法 ④被覆防食および電気防食と腐食代の混合による方法がある。																
河川関係	建設省事務連絡（昭和54年4月10日）護岸用鋼矢板の選定について 災害復旧工事の設計要領	表裏合わせて2mmただし特に腐食が著しいと判断される場合は現地に適合した腐食代を見込む 一般河川 表裏合わせて2mm																	