

## 第2回 遮水機能の解除に係る工法等の検討WG

日時 令和3年5月27日（木）14時00分～

### I. 開会

### II. 審議・報告事項

1. 第1回 遮水機能の解除に係る工法等の検討WGの報告
2. 遮水機能の解除に係る現場条件の整理
3. 遮水壁及び新設鋼矢板の引抜き工法の整理
4. 引抜き・削孔併用案における施工手順の検討

### III. その他

1. 現場管理の考え方「止水鋼矢板除去の方法（松島座長提案）」

### IV. 閉会

## 第1回 遮水機能の解除に係る工法等の検討WGの報告

### 1. 経緯

遮水機能の解除方法に関する検討では、第9回フォローアップ委員会(R2.8.28開催)において、複数案に対して地下水浄化の観点から検討することが了承された。

複数案としては、遮水壁鋼矢板の引抜きあるいは削孔とし、第11回から第13回の地下水検討会にかけて審議し了承された水収支モデルを用いて地下水位の上昇量等の推定を行うこととした。これを受けて、第14回地下水検討会(R2.10.25開催)で検討結果を報告し、審議・了承されたことから、その結果を踏まえた遮水機能の解除方法について、廃棄物対策豊島住民会議と協議を進めることとした。

第11回フォローアップ委員会(R3.3.25Web開催)では、廃棄物対策豊島住民会議からの意見や要望等を踏まえたうえで、引抜き・削孔併用案を提案し、審議を受けた。その結果、引抜き・削孔併用案により遮水機能を解除し、具体的な実施方法については、遮水機能の解除に係る工法等の検討ワーキンググループ(以下、「遮水機能解除工法検討WG」とする。)を設置して検討を行うこととされた。

ここでは、現地視察を中心に行った第1回遮水機能解除工法検討WGの検討状況について報告する。

### 2. 第1回WG現地視察の実施状況

第1回遮水機能解除工法検討WGの審議にあたり、遮水機能の解除に関する課題や配慮事項を確認するため、事務局並びに豊島住民会議も同行して、遮水壁及びその近傍の現地視察を行った。

現地視察の実施概要を表1に、視察ルートを図1に示す。

表1 第1回WG現地視察の実施概要

実施日	R3.4.27
場 所	豊島処分地(遮水壁上部及び側面部)
調査実施者	松島座長、平田委員
調査立会	豊島住民会議

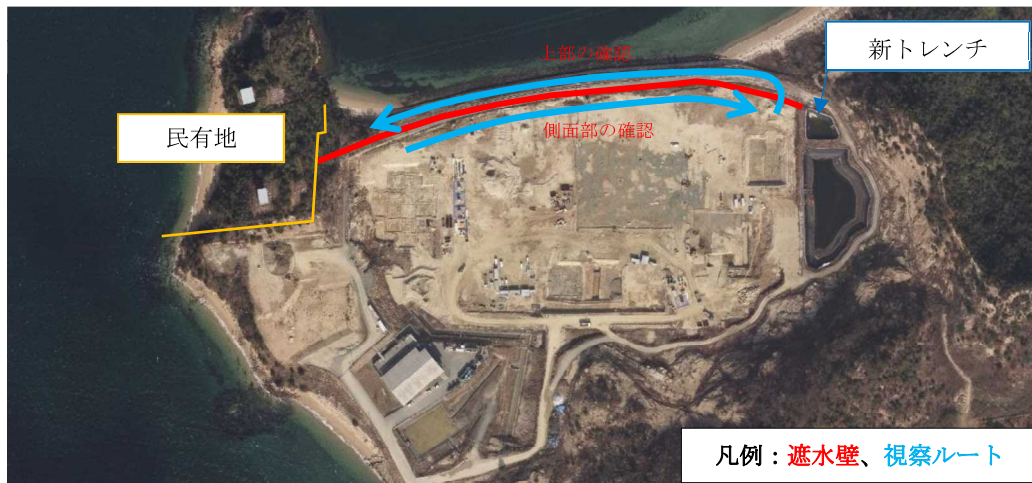


図1 現地視察ルート

現地視察では、表2のとおり意見等があった。  
 現地視察の状況を写真1～6に示す。

表2 現地視察での意見等

	意見・質問・要望等
松島 座長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全体的に笠コンクリート及び遮水壁の変状はほぼ無い。</li> <li>・県が行っている鋼矢板の肉厚測定は地上部であるため、朔望平均満潮位と朔望平均干潮位の間位置まで掘削し、3か所程度追加の肉厚測定を行うこと。</li> <li>・笠コンクリートに1個所、乾燥収縮と思われるひび割れがある(写真5, 6)(FG測線の間付近)ので、目地間の距離とひび割れ幅を確認しておくこと。また、ここについては最後に引き抜くなど施工順序を検討すること。</li> <li>・遮水壁東端部には貯留トレンチ、西端部の近傍には民有地があることから、隣接地等に配慮した施工方法を検討すること。</li> </ul>
平田 委員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・西側端部は斜面に近いため、施工性だけでなく、工事中の崩落など、工事作業員の安全性にも配慮した工法を考えること。</li> </ul>
豊島住 民会議	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大きな変状は無いようで、安心した。出来るだけ早く、引抜き工事に取り掛かれるよう、進めていただきたい。</li> </ul>



写真1 遮水壁側面部



写真2 遮水壁上部



写真3 遮水壁西端部



写真4 遮水壁東端部



写真5 笠コンのひび割れ状況（全景）  
（FG 測線の間近付）

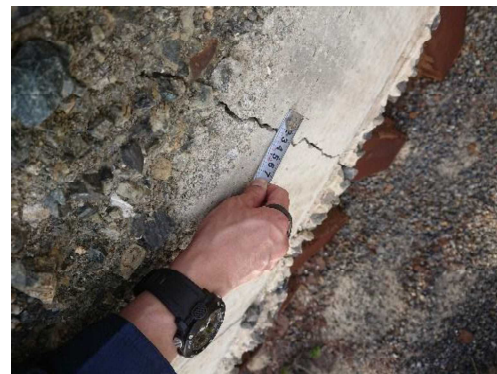


写真6 笠コンのひび割れ状況（近景）  
（FG 測線の間近付）

## 遮水機能の解除に係る現場条件の整理

### 1. 概要

遮水機能の解除に係る工法等の検討にあたっては、地盤条件等の周辺環境や遮水壁の強度等、現地条件を整理する必要がある。ここでは、現場にて行った測定結果や既往調査資料等に基づく条件整理の結果を報告する。

### 2. 現場条件の整理

#### (1) 遮水壁等の設置状況

遮水壁鋼矢板は暫定的な環境保全措置工事により、平成 13 年 3 月～5 月にかけてバイプロハンマ工法により打設しており、約 20 年が経過している。また、廃棄物等掘削時の遮水壁倒壊防止のため、遮水壁端部には、平成 27 年 12 月～平成 28 年 2 月にかけて遮水壁の海側に打設した新設鋼矢板がある。(表 1)

なお、遮水壁及び新設鋼矢板ともに止水機能を高めるため、継手部分に止水材が塗布されている。

表 1 遮水壁等の打設状況の概要

対象※1	打設工法	鋼矢板の規格	総枚数	最短長さ	最長長さ	止水材※2の塗布	打設期間	経過年数
遮水壁鋼矢板	バイプロハンマ工法	Ⅳ型	861 枚	2.5m	18.0m	有	平成 13 年 3 月～5 月	約 20 年
新設鋼矢板	ダウンザホールハンマ工法※3とクラッシュパイラー工法※4の併用	Ⅲ型 Ⅳ型 Ⅴ型	226 枚	9.0m	14.0m	有	平成 27 年 12 月～平成 28 年 2 月	約 5 年

※ 1 平面図、展開図は、別紙 1 のとおり。

※ 2 ・遮水壁鋼矢板：ケミガード U-1 (三洋化成工業㈱)、本設用、主成分 特殊ポリウレタン、標準使用量 200g (両爪/m)、水膨張 約 5 倍

・新設鋼矢板：パイルロック NS-v (日本化学塗料㈱)、本設用、主成分 特殊ポリウレタン、標準使用量 200g (両爪/m)、水膨張 約 6 倍

使用した止水材は本設用とされており、経年変化状況を把握した資料は無い(メーカー聞き取り)。

※ 3 ダウンザホールハンマの打撃により岩及び土砂の地盤を掘削した後に、鋼矢板等を立て込む工法

※ 4 鋼矢板先端に取り付けたオーガドリルにより、硬質地盤を先行掘削し、鋼矢板等を圧入する工法

#### (2) 地質条件

遮水壁付近の地質は、G 測線 (ボーリング No. 2) 付近に粘性土が多くみられるものの、主に砂地盤である。別紙 2

#### (3) 遮水壁の腐食状況と腐食速度の設定

遮水壁の腐食状況の確認については、地上部及び地中部 (H. W. L. (朔望平均満潮位) と L. W. L. (朔望平均干潮位) の中間位置 (TP+0.75m 付近)) で 3 箇所ずつ、調査を行った。

別紙 3

調査の結果、全体的に表面に錆は見られるもののスポット的な著しい腐食は確認されず、

腐食が進んでいる箇所でも 0.03 (mm/年) (片側) 程度の腐食速度であった。これは、鋼材の腐食速度の標準値 (「港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻)」平成 11 年 4 月 P322)<sup>※5</sup> に示された土中 (残留水位以上) の腐食速度と同値であり、本処分地における遮水壁等の腐食は、標準値と同程度の速度で進行しているものと推察される。

そこで、遮水機能の解除工法の検討にあたっては、遮水壁等の腐食速度を鋼材の腐食速度の標準値と同値に設定した (表 2)。

※ 5 陸側 土中 (残留水位以上) 0.03mm/年 (片側)、土中 (残留水位以下) 0.02mm/年 (片側)

表 2 矢板腐食速度の設定

検討ケース	経過年数	腐食環境	腐食速度(片側)	腐食厚さ
遮水壁	20年	地上部	0.03mm/年	片側0.60mm (両側1.2mm)
		H. W. L. ~L. W. L. 付近	0.03mm/年	片側0.60mm (両側1.2mm)
		土中 (L. W. L. 以下)	0.02mm/年	片側0.40mm (両側0.8mm)
新設鋼矢板	5年	地上部	0.03mm/年	片側0.15mm (両側0.3mm)
		H. W. L. ~L. W. L. 付近	0.03mm/年	片側0.15mm (両側0.3mm)
		土中 (L. W. L. 以下)	0.02mm/年	片側0.10mm (両側0.2mm)

#### (4) 遮水壁の歪み等

第 1 回 WG 現地調査で頭部コンクリートを全面にわたり調査し、1 箇所頭部コンクリートに引張りひび割れが発生していたことから、現地視察後にひび割れ幅を確認し、はらみ出しの推定を行った。目地間の延長は L=9.55m、ひび割れ幅は約 0.4cm であり、(写真 1, 2) ははらみ出しは最大でも 4~6 cm と推定された。

遮水機能の解除にあたり、大きな影響はないと考えるが、鋼矢板の歪みにより継手抵抗が大きくなることが想定されるため、当該箇所は引抜きを最後に実施するなど、配慮が必要と考える。



写真 1 全景 (FG 測線中間付近)

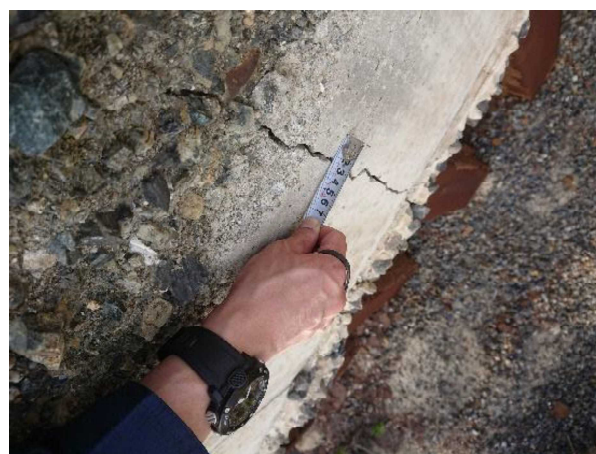


写真 2 ひび割れ幅の状況

#### (5) その他の現場条件等

遮水壁の処分地側は、廃棄物等を除去したことにより、地盤高はおよそ TP+3.0m 程度となっており、遮水壁の天端高約 TP+6.0m と比べ、3m 程度の段差が生じている。

また、端部については、遮水壁東端部に新貯留トレンチがあり、遮水壁付近を掘削する必

要が生じた場合、新貯留トレンチの取壊しが必要となること、西端部の近傍には私有地があり、斜面も近く工事中の崩落・落石の防止など工事作業員の安全確保が必要なことなど、施工時に配慮が必要である。現地の状況を写真3、4に示す。



写真3 西側端部の状況



写真4 東側端部の状況

# 平面図

遮水壁

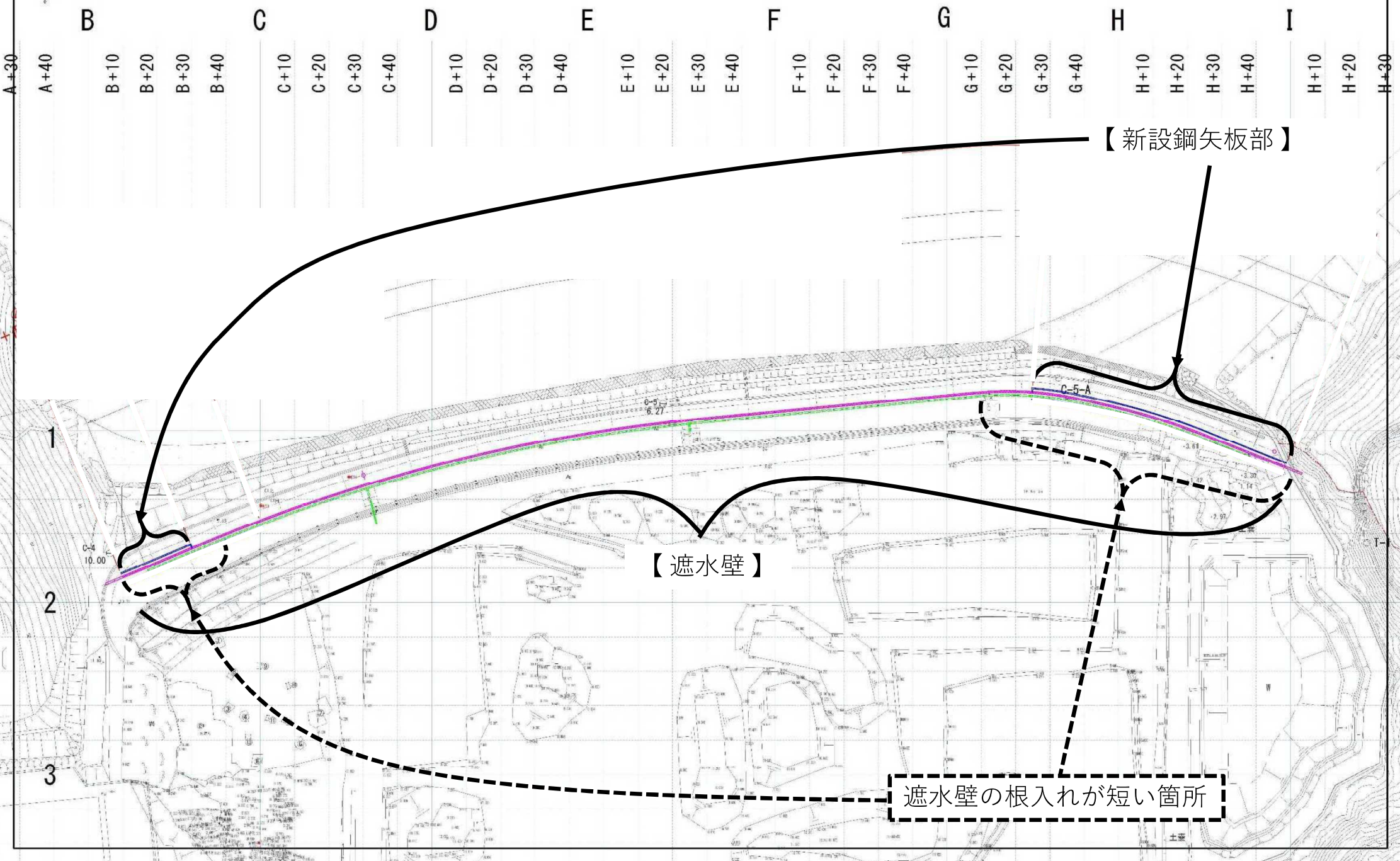
測戸内海



年度	
南河川名等	
工事名	
座標系	世界測地系 IV 系
図面名	平面図
縮尺	1:2000 図面番号
測量年月日	
会社名	
事業名	



北海岸遮水壁  
廃棄物掘削計画平面図  
(S=1/1000 A3)



【新設鋼矢板部】

【遮水壁】

遮水壁の根入れが短い箇所

A+30

A+40

B+10

B+20

B+30

B+40

C

C+10

C+20

C+30

C+40

D

D+10

D+20

D+30

D+40

E

E+10

E+20

E+30

E+40

F

F+10

F+20

F+30

F+40

G

G+10

G+20

G+30

G+40

H

H+10

H+20

H+30

H+40

I

H+10

H+20

H+30

1

2

3

C-4  
10.00

C-5  
6.27

C-5-A

-3.61

5.30

1.14

-2.97

土壌

# 北海岸遮水壁展開図 廃棄物掘削計画

④新設鋼矢板  
+仮設矢板自立掘削  
22.1m

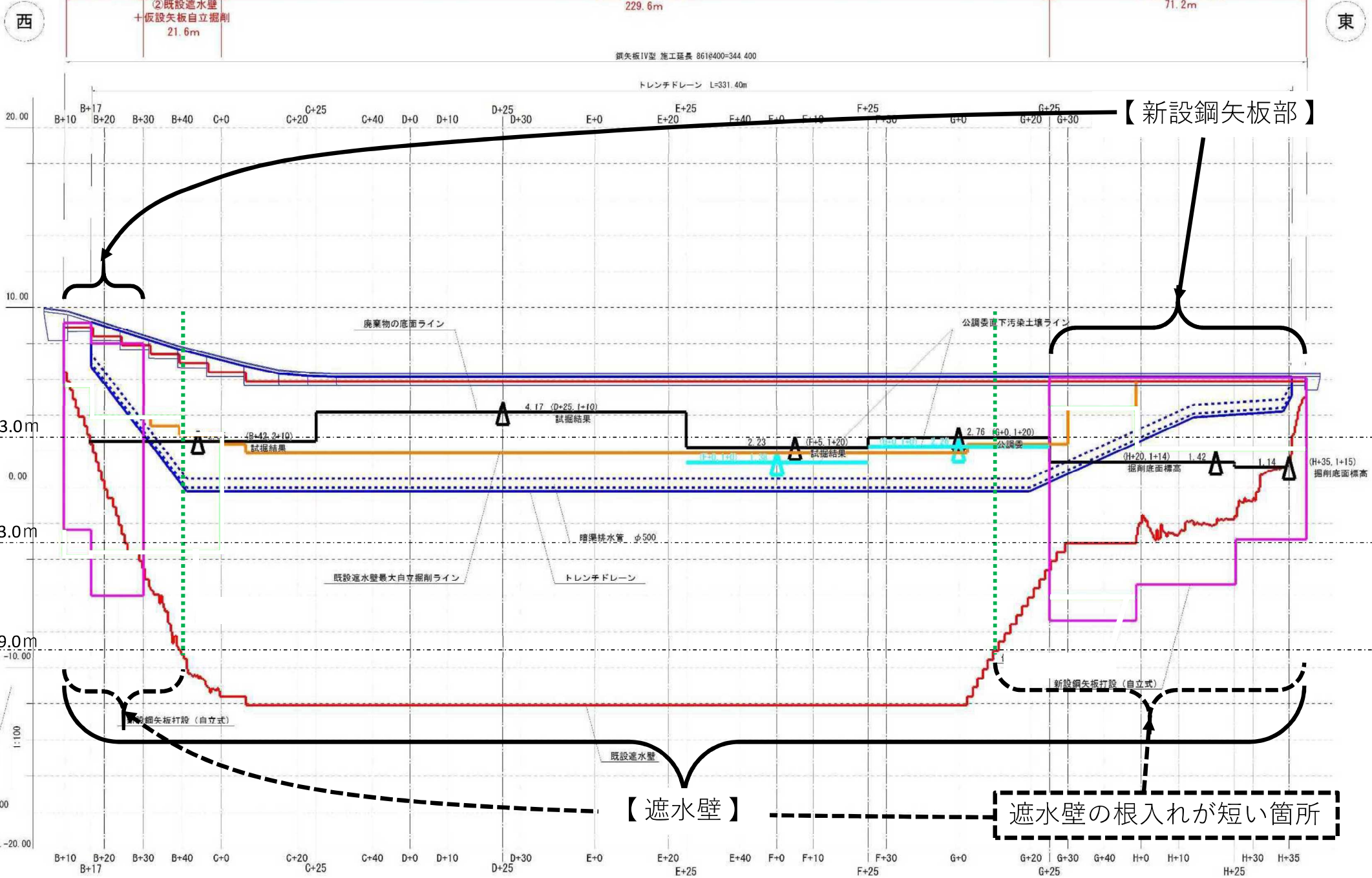
②既設遮水壁  
+仮設矢板自立掘削  
21.6m

①既設遮水壁自立掘削  
229.6m

④新設鋼矢板  
+仮設矢板自立掘削  
71.2m

鋼矢板IV型 施工延長 861@400=344.400

トレンチドレーン L=331.40m



【新設鋼矢板部】

【遮水壁】

遮水壁の根入れが短い箇所

TP+3.0m

TP-3.0m

TP-9.0m

T.P. -20.00

1:100

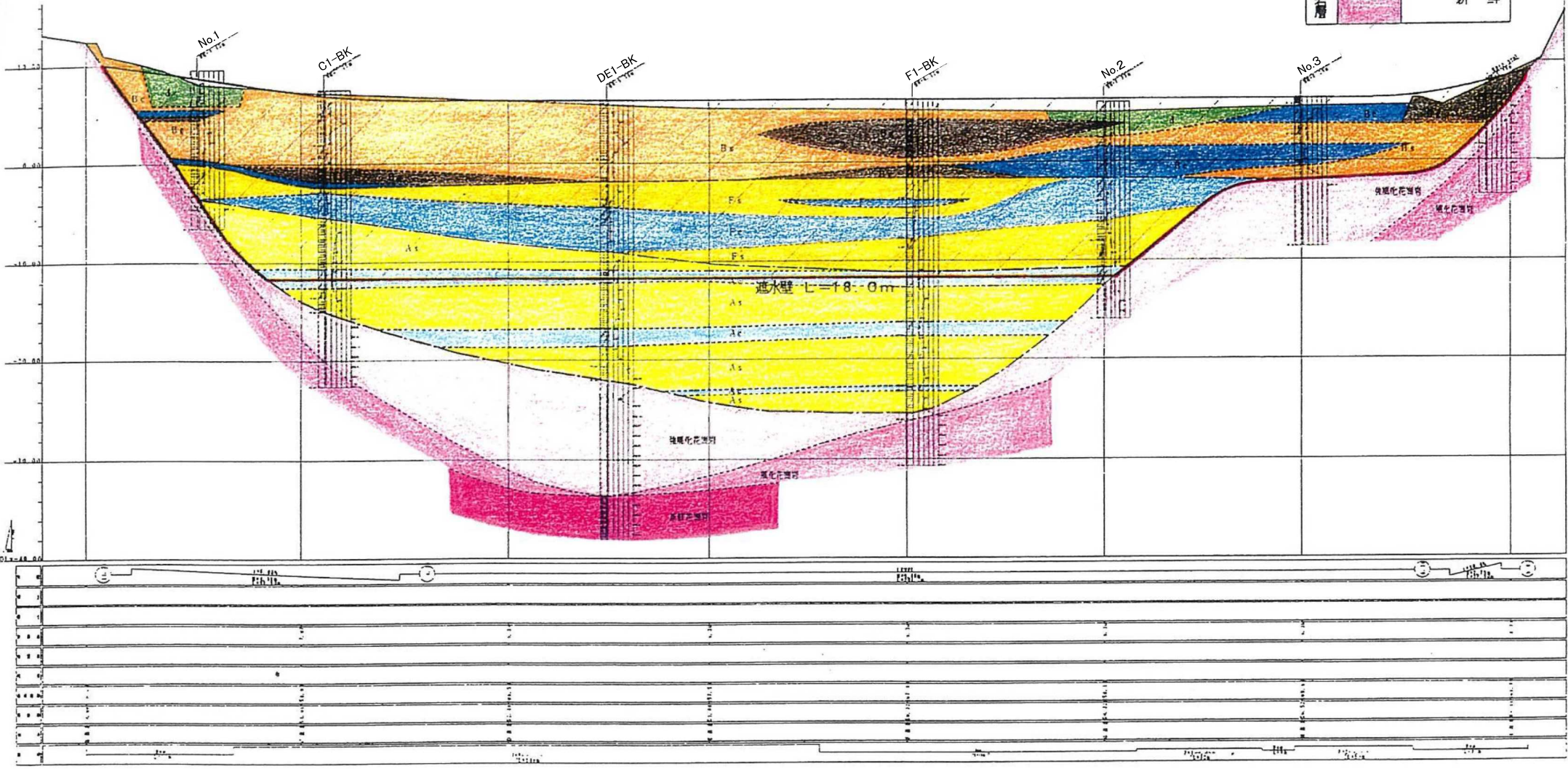
1:500

B+10 B+17 B+20 B+30 B+40 C+0 C+20 C+25 C+40 D+0 D+10 D+25 D+30 E+0 E+20 E+25 E+40 F+0 F+10 F+25 F+30 G+0 G+20 G+25 G+30 G+40 H+0 H+10 H+25 H+30 H+35

図-2.5 地質断面図(北海岸の遮水壁)

縮尺：H≒1/1540, V≒1/615

	記号	主な構成物
廃棄物層	d	シュレッター・ダスト
	s	紙さい
	a	燃え殻
盛土層	Bc	粘性土
	Bs	砂質土
	Bg	砂礫
埋立土層	Fc	粘性土
	Fs	砂質土
	Fg	砂礫
沖積層	As	砂質土
	Ac	粘性土
花崗層	Gr	強風化 新鮮



# 鋼矢板の肉厚測定結果

## 遮水壁（鋼矢板）暴露部の肉厚測定結果（R2.3 実施）

表面に錆は見られるものの、著しく腐食している箇所はなく全体的に健全であると考えられる。調査位置を図1、測定結果を表1に示す。



図 1 測定箇所図

表 1 肉厚測定結果表

地点 No.	深度 (m)	凹 凸	測定点	探触 子点	元厚 T1mm	測定値 T2mm				現有肉厚 T2 mm	肉厚減少量 (T1-T2)mm	腐食速度 mm/yr
						1回目	2回目	3回目	平均			
No.6		凸		1	15.5	14.80	14.80	14.80	14.80	14.93	0.57	0.03
				2		14.90	14.80	14.80	14.83			
				3		15.00	15.10	15.00	15.03			
				4		15.20	15.10	15.20	15.17			
				5		14.80	14.90	14.80	14.83			
				平均		平均値(T2mm)			14.93			
				中間			凸		1			
2	14.90	15.00	15.00		14.97							
3	15.00	15.00	15.00		15.00							
4	15.00	14.90	14.90		14.93							
5	14.90	15.00	14.90		14.93							
平均	平均値(T2mm)				14.97							
No.42		凸			1				15.5	14.80	14.80	14.80
				2	15.10	15.10	15.10	15.10				
				3	15.20	15.10	15.10	15.13				
				4	15.10	15.10	15.10	15.10				
				5	15.00	15.00	15.10	15.03				
				平均	平均値(T2mm)			15.03				



写真1 肉厚測定箇所-研磨前 (No. 6)



写真2 肉厚測定箇所-研磨後 (No. 6)



写真3 肉厚測定箇所-研磨前 (中間)



写真4 肉厚測定箇所-研磨後 (中間)



写真5 肉厚測定箇所-研磨前 (No. 42)



写真6 肉厚測定箇所-研磨後 (No. 42)

### 遮水壁（鋼矢板）地中部の肉厚測定結果（R3.5実施）

令和3年5月12日にH.W.L.（朔望平均満潮位）とL.W.L.（朔望平均干潮位）の中間位置（TP+0.75m付近）で3箇所、追加調査を行った。なお、調査位置は遮水壁の歪みが懸念される箇所（FG測線の中間付近）を含め、遮水壁の長さが18mある区間から等分になるよう設定し、調査深度は遮水壁外（F1西）の水位変動がTP+0.0m～+1.5m程度であることから、その中間値とした。

追加調査の結果、調査地点では、表面に錆は見られるものの、スポット的な著しい腐食も確認されず、全体的に健全であると考えられる。

調査位置を図2、測定結果を表2、現地の状況を写真7～12に示す。



図2 測定箇所図

表2 肉厚測定結果表

地点 No.	深度 (m)	凹 凸	測定点	探傷 子点	元厚 T1mm	測定値 T2mm				現有肉厚 T2mm	肉厚減少量 (T1-T2) mm	腐食速度 mm/y
						1回目	2回目	3回目	平均			
D測 付近	TP +0.75 付近	凸		1	15.5	15.30	15.20	15.30	15.27	15.15	0.35	0.02
				2		14.90	15.00	15.00	14.97			
				3		15.30	15.20	15.30	15.27			
				4		15.10	15.10	15.20	15.13			
				5		15.10	15.10	15.10	15.10			
				平均		測定値(T2mm)						
E測 付近	TP +0.75 付近	凸		1	15.5	14.20	14.20	14.20	14.20	14.40	1.10	0.06
				2		14.50	14.50	14.50	14.50			
				3		14.30	14.30	14.30	14.30			
				4		14.40	14.40	14.40	14.40			
				5		14.60	14.60	14.60	14.60			
				平均		測定値(T2mm)						
FG測 付近	TP +0.75 付近	凸		1	15.5	14.80	14.80	14.80	14.80	14.88	0.62	0.03
				2		14.80	14.80	14.80	14.80			
				3		14.80	14.90	14.80	14.83			
				4		15.10	15.10	15.10	15.10			
				5		14.90	14.80	14.90	14.87			
				平均		測定値(T2mm)						



写真7 肉厚測定箇所-掘削状況 (D 測線付近)



写真8 肉厚測定箇所-研磨後 (D 測線付近)



写真9 肉厚測定箇所-掘削状況 (E 測線付近)



写真10 肉厚測定箇所-研磨後 (E 測線付近)

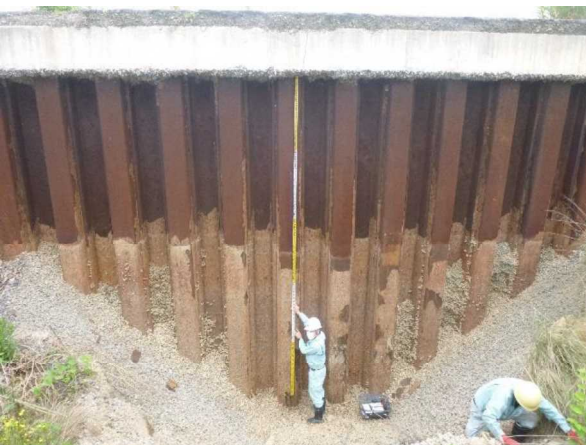


写真11 肉厚測定箇所-掘削状況 (FG 中間付近)



写真12 肉厚測定箇所-研磨後 (FG 中間付近)

## 遮水壁及び新設鋼矢板の引抜き工法の整理

### 1. 概要

遮水機能の解除の方法として鋼矢板の引抜き工法について整理するとともに、考えられる補助工法を検討したので、その内容を報告する。

### 2. 遮水壁鋼矢板の引抜き工法の整理

#### 2. 1 引抜き工法の検討

##### (1) 引抜き工法の選定

引抜き工法は、現場条件を踏まえ、土木工事仮設設計ガイドブック (I) (H23.3) ((財)日本建設情報総合センター編 P199) の引抜き施工法選定フローに基づき選定することが一般的である。

この選定フローでは、騒音や振動等の環境対策の必要性・重要性が主な考慮要件となっている。しかしながら本件処分地での遮水壁鋼矢板の引抜きにあたっては、こうした環境対策への配慮は特段必要ないため、上記に掲げられた鋼矢板の引抜きの 3 つの工法、すなわち (a) 電動式・普通型バイブロハンマ、(b) 油圧式・可変超高周波型バイブロハンマ、(c) 油圧圧入引抜き工を検討対象とし、工法の選定においては、止水材が塗布されていることや、打設後約 20 年が経過していることなどの特殊な要因に配慮することとする。

各工法の概要を表 1 に示す。

表 1 引抜き工法の概要

工 法		概 要
動的 工法	バイブロハンマ工法	鋼矢板を通じて鋼矢板に接する地盤に振動を加え、地盤に流動化現象等を起こさせて鋼矢板の引抜きを容易にする工法
	(a) 電動式・普通型バイブロハンマ	電動モータで 2 軸偏心の振り子を回転させ振動を発生させて鋼矢板の引抜きを行う工法
	(b) 油圧式・可変超高周波型バイブロハンマ	油圧モータにより起振機の起動・停止を行い、シリンダーの往復運動等により振動を発生させて鋼矢板の引抜きを行う工法
静的 工法	(c) 油圧圧入引抜き工 (サイレントパイラー)	既設鋼矢板上に圧入引抜き機を設置後、クランプ部で既設鋼矢板を挟み込み固定し、既設鋼矢板を反力として油圧シリンダーの伸縮により鋼矢板を引き抜く工法

##### (2) 使用資機材の設定

比較検討にあたっては、各工法における使用資機材の規模を設定する必要がある。このため、引抜き抵抗力(F)と鋼矢板強度の制約条件( $P_{11}$ )を求め(別紙 4)、適用範囲が F 以上、 $P_{11}$  未満となる機材のうち、最大の引抜き力を有する機材を選定した。

引抜き抵抗力(F)と鋼矢板強度の制約条件( $P_{11}$ )の定義を以下に示し、選定した機材を表



2に掲げる。

i) 引抜き抵抗力 (F)

$$F = F_e + F_s + W_p$$

ここで F : 引抜き抵抗力 (kN)

$F_e$  : 鋼矢板と土の摩擦力 (kN)

$F_s$  : 鋼矢板の継手摩擦抵抗力 (kN)

$W_p$  : 鋼矢板の重量 (kN)

ii) 鋼矢板強度の制約条件 ( $P_{li}$ )

$$P_{li} = \min (P_{k1}, P_{k2})$$

鋼矢板の引き抜き力  $P_T$  は、 $P_{li}$  以下であること : [ $P_T < P_{li}$ ]

ここで  $P_{k1}$  : 引抜チャックでの鋼矢板の強度

$P_{k2}$  : 腐食した矢板断面の引張強度

表 2 各工法における選定条件と選定機材

引抜き工法	選定条件	選定機材
(a) 電動式・普通型 バイブロハンマ	$F = 40 \sim 230 \text{ kN}$ $P_{li} = 469 \sim 888 \text{ kN}$	出力 : 60kW 起振力 : 461~480kN (振動周波数 : 17~21Hz)
(b) 油圧式・可変超高周波型 バイブロハンマ	$F = 40 \sim 230 \text{ kN}$ $P_{li} = 469 \sim 888 \text{ kN}$	出力 : 235kW 起振力 : 473kN (振動周波数 : 20~60Hz)
(c) 油圧圧入引抜工 (サイレントパイラー)	$F = 300 \sim 850 \text{ kN}$ $P_{li} = 1,315 \sim 2,485 \text{ kN}$	出力 : 147 kW 引抜き力 : 1100kN (最大規格値)

(3) 引抜き工法に関する比較検討の結果

引抜き工法ごとに、「地下水浄化の効果」、「作業性」、「作業の安全性」、「周辺環境への影響」、「現場条件への対応」、「工期」並びに「経費」等を整理し、比較検討を行った。結果を表 3 (巻末 A3 表) に示す。

本処分地での作業スペースは広く、想定される振動・騒音であれば周辺環境への特別な配慮は必要でないことから、「作業の安全性」、「周辺環境への影響」については、3案に優劣は無い。「工期」は、(a)と(b)は変わらないが、(c)は2割程度長くなり、「経費」は、(a)が最も安価であり、(b)、(c)の順で高くなる。「作業性」としては、(a)は長時間の連続運転時に電動機の焼損リスクがあるため配慮が必要である。

「現場条件への対応」としては、止水材が塗布されていることや、打設後 20 年が経過していることなど、想定より高い負荷がかかる可能性があり、抵抗が増大した場合の対応として、(a)と(b)は想定する2倍程度の起振力での施工が可能であるほか、2枚同時に引きあがった場合でも2枚引抜きが実施可能なことや後段の「2. 2 補助工法及び施工時の工夫等の整理」に示す事前押し込みが対応可能など、現場対応が容易に行える。(c)は引抜き力に十分な余裕がなく、2枚同時引抜きなどの現場対応も行えない。また、作業時の安全面では、西側端部の斜面が

らの落石防止等対策として、施工時における振動を低減しておくことが望ましいため、(b)又は(c)の低振動工法を採用することが望ましい。

## 2. 2 補助工法及び施工時の工夫等の整理

補助工法として、打込み時に周辺地盤の摩擦力を低減する補助工法であるアースオーガ工法やウォータージェット工法の適用性について、整理を行った。また、継手の縁切り方法として考えられる事前押し込み（打撃やバイブロハンマによる押し込み）も合わせて整理を行った。

補助工法等の比較検討結果を表4（巻末A3裏）に示す。

アースオーガ工法やウォータージェット工法は、引抜き時の鋼矢板と土の摩擦力を低減することができるが、遮水壁付近の地質は主に砂質土であり、N値も50未満であることから、バイブロハンマ工法のみで十分であり、併用するメリットは低い。

継手の縁切り方法として考えられる事前押し込みのうち、打撃は確実性が不明であり、また、衝撃により鋼矢板が歪むなどのおそれがあるため採用できないものとする。なお、バイブロハンマによる押し込みについては、同工法を引抜きで採用した場合は、現場対応が可能である。

また、施工時の工夫として、鋼矢板周辺を掘削して周辺地盤の摩擦力を低減するとともに、掘削部の鋼矢板を切断することにより継手抵抗についても低減する方法が考えられる。本方法についても、周辺土工事で使用する施工機械を主体としていることから、現場状況に応じて対応が可能なものと考えられる。

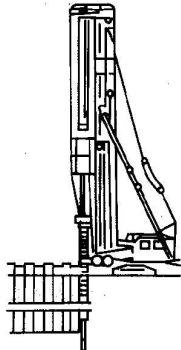
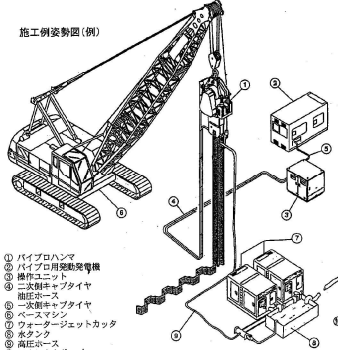
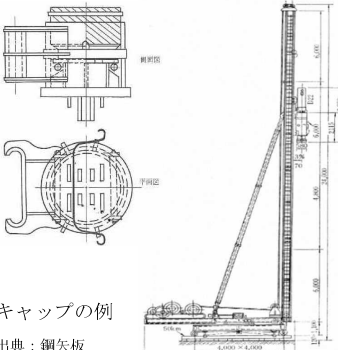
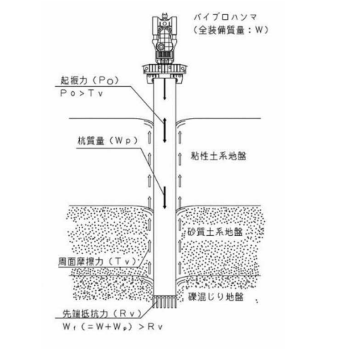
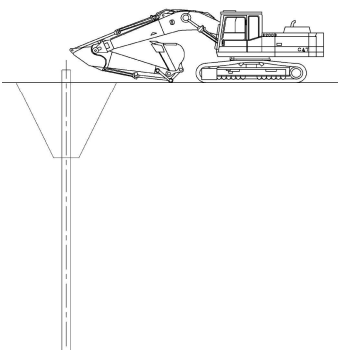
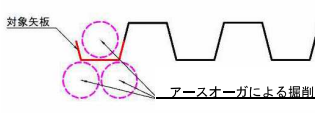
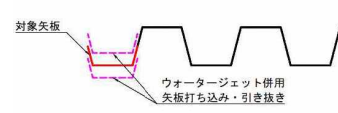
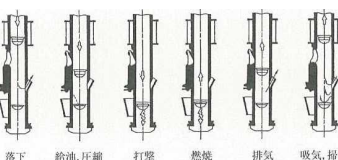
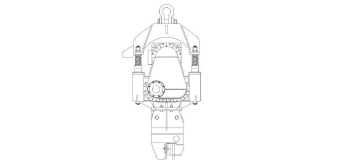
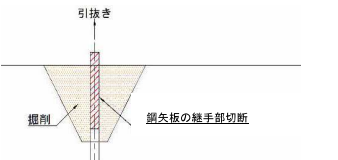
なお、継手の縁切り方法としては、他に全周回転障害物撤去工法\*が考えられるが、一度行えば隣接する矢板に歪みが生じるおそれがあり、その場合、残り全てを同工法で行う必要が生じることや、施工性が劣り工事が長期化すること、経済性が明らかに劣ることからも、採用し難い工法と考える。

※ 先端にビットを取り付けたケーシング管を全周回転することで、転石層、砂礫層、地中障害物（鋼矢板等）などを切断・掘削し、取り除く工法

表3 比較表 (矢板引抜き工法)

	動的方法					静的方法										
	(a) 電動式バイプロハンマ		(b) 油圧式バイプロハンマ			(c) 油圧圧入引抜機 (サイレントバイラー)										
工事概要図																
	出典：基礎機械レンタルカタログ(AKT10), 土木施工の実際と解説		出典：最新型振動バイロハンマ紹介(調和工業資料)			出典：土木施工の実際と解説										
工法イメージ	鋼矢板を通じて鋼矢板に接する地盤に振動を加え、地盤に流動化現象等を起こさせて鋼矢板の引抜きを容易にする工法である。					上図に示す鋼矢板を掴んだチャックの上下のストローク幅は85cmである。チャックの上下動を繰り返して引抜く工法である。無振動・無騒音・無削孔(プレボーリング不要)工法である。										
工法概要・特徴	環境(振動)対策が必要ない場合に適用できる工法 電動式起振機振動数：600cpm(10Hz)～1,200cpm(20Hz)		環境(振動)対策が必要な場合に適用できる工法 油圧式起振機振動数：2,000cpm(33Hz)～2,400cpm(40Hz)			既設鋼矢板上に圧入引抜機を設置後、クランプ部で既設鋼矢板を挟み込み固定し、既設鋼矢板を反力として油圧シリンダーの伸縮により鋼矢板を引き抜く工法である。										
選定条件	F = 40～230kN、P <sub>11</sub> = 469～888kN		F = 40～230kN、P <sub>11</sub> = 469～888kN			F = 300～850kN、P <sub>11</sub> = 1,315～2,485kN										
選定した資機材	適用範囲 引抜長：25m以下 バイプロハンマ規格：60kW(起振力 461～480kN(47～49t)) クローラークレーン：排ガス対策型(第1次) 油圧駆動式ウインチ・ラチスジブ型、50～55t吊		適用範囲 引抜長：25m以下 バイプロハンマ規格：235kW(起振力 473kN(48t)) ラフテレーンクレーン：排ガス対策型(第1次) 油圧伸縮ジブ型、25t吊			適用範囲 引抜長：25m以下 油圧圧入引抜機引抜力 1100kN(110t) ※最大規格値 ラフテレーンクレーン：排ガス対策型(第1次) 油圧伸縮ジブ型、25t吊										
地下水浄化の効果	全て引き抜けた場合、大きな差は無い。															
作業性	電動出力を定格の2.5～3倍程度大きくすることで、瞬発力を必要とする矢板の引抜きや、長尺矢板の引抜き作業への適用性は高い。ただし、長時間の連続運転や電圧不足等によりコイル温度の上昇やコイルの断線等により電動機の焼損リスクがある。		油圧力を一定の大きさに制限して使用するため、長時間使用できる。ただし、給油する作動油の油温が上がると漏れ量が多くなり引抜き能力が減退する。			無振動・無騒音、更に大型の施工機械が不要であり、狭い作業スペースでの施工が可能である。										
作業の安全性	本施工場所での現場制約はなく、どの工法を用いても安全に作業することが出来る。															
評価	○															
周辺環境への影響(振動・騒音)	高い ← 振動・騒音レベル → 低い					○										
	電動式可変モーメント型		油圧式可変モーメント													
	低周波型	180～480kW	高周波型	45～120kW	高周波型	328kW	超高周波型	190～235kW								
	周波数≦20Hz		20Hz<周波数			20Hz≦周波数<60Hz		60Hz≦周波数								
評価	△					○										
現場条件への対応	継手部の固着や歪みにより抵抗が増大した場合でも、想定する2倍程度の起振力で施工できる(2×F<P <sub>11</sub> )。2枚同時に引きあがった場合でも、アタッチメントを取り換えることにより、引抜きを実施することが可能である。事前押込みも現場対応は可能である。振動が油圧式に比べ大きく、法面近接部での安全面で劣る。					継手部の固着や歪みにより抵抗が増大した場合でも、想定する2倍程度の起振力で施工できる(2×F<P <sub>11</sub> )。2枚同時に引きあがった場合でも、アタッチメントを取り換えることにより、引抜きを実施することが可能である。事前押込みも現場対応は可能である。振動が電気式に比べ小さく、法面近接部での安全面で勝る。					継手部の固着や歪みにより抵抗が増大した場合、バイプロハンマ工法に比べ、引抜き力に十分な余裕がない。2枚同時に引き抜くなどの対応はできない。振動はほとんどなく、法面近接部での安全面に優れている。					
評価	○					◎					△					
工期	引抜長	9m以下	12m以下	15m以下	19m以下	23m以下	9m以下	12m以下	15m以下	19m以下	23m以下	9m以下	12m以下	15m以下	19m以下	23m以下
	日施工量	58枚/日	50枚/日	43枚/日	38枚/日	33枚/日	58枚/日	50枚/日	43枚/日	38枚/日	33枚/日	48枚/日	40枚/日	34枚/日	30枚/日	25枚/日
評価	◎					◎					△					
経済性(手間のみ/枚)	9m以下	12m以下	15m以下	19m以下	23m以下	9m以下	12m以下	15m以下	19m以下	23m以下	9m以下	12m以下	15m以下	19m以下	23m以下	
	4,400	5,200	6,000	6,800	7,800	5,400	6,300	7,300	8,200	9,400	11,300	14,400	17,600	21,100	24,700	
評価	◎					○					△					
適用性	遮水壁付近の地質は主に砂地盤であり、振動により土との摩擦を軽減できる。チャック部の耐力に余裕があり、抵抗が増大した場合でも想定する2倍程度の起振力で施工できるなど、現場での対応面に優れている。振動が油圧式に比べ大きく、法面近接部での安全面で劣る。日施工量は油圧式と変わらないが、施工費が多少安い。					遮水壁付近の地質は主に砂地盤であり、振動により土との摩擦を軽減できる。チャック部の耐力に余裕があり、抵抗が増大した場合でも想定する2倍程度の起振力で施工できるなど、現場での対応面に優れている。振動が電気式に比べ小さく、法面近接部での安全面で勝る。日施工量は電動式と変わらないが、施工費が多少高い。					チャック部の耐力に余裕がなく、また、施工機械の最大引抜き力にも余裕がないため、抵抗の増大に対しての対応面に劣る。振動はほとんどなく、法面近接部での安全面に優れている。バイプロハンマ工法に比べて、日施工量、施工費ともに劣る。					
本事業での評価	○					○					△					

表4 比較表（補助工法）

	周辺地盤の摩擦の低減		事前押込み		施工時の工夫
	アースオーガ	ウォータージェット	打撃	パイプロハンマ	鋼矢板周辺掘削および継手部切断
工事概要図	 <p>出典：鋼矢板 設計から施工まで</p>	 <p>出典：鋼矢板 設計から施工まで</p>	 <p>出典：杭打ち工法(コンクリートジャーナル)</p>	 <p>出典：パイプロハンマ工法技術研究会 WEB</p>	
工法イメージ	 <p>対象矢板 アースオーガによる掘削</p>	 <p>対象矢板 ウォータージェット併用 矢板打ち込み・引き抜き</p>	 <p>落下 給油、圧縮 打撃 燃焼 排気 吸気、掃気 ハンマー機構</p>		 <p>引抜き 掘削 鋼矢板の継手部切断</p>
工法概要・特徴	<p>矢板周辺の地盤をアースオーガで緩め、周面摩擦を低減する方法。オーガの配置は、矢板内側1本～周辺3本程度が考えられる。</p>	<p>鋼矢板先端部から土中にウォータージェットを噴射することで、矢板先端及び周面の地盤抵抗を一時的に低減させる工法。既存矢板にホースが設置されていないため、別途矢板を用いて既存矢板の前後でジェットを用いた打設引拔を行う。</p>	<p>引き抜きに際して鋼矢板にハンマーの打撃を加え、衝撃により周面摩擦および継ぎ手抵抗の縁切りを図る方法。クレーン引き抜き等、押込みができない工法の補助工法として用いられる。</p>	<p>引き抜きに際して、パイプロにて押し込むことにより、周面摩擦および継ぎ手の抵抗の縁切りを図る方法。</p>	<p>鋼矢板周辺を掘削して周辺摩擦を低減するとともに、鋼矢板の継手部分を切断することで継ぎ手の抵抗の低減を図る方法。</p>
施工性	13枚/日～4.3枚/日 (1孔/枚～3孔/枚)	6.6枚/日～3.3枚/日 (片側～両面)	22枚/日 <sup>※1</sup>	54枚/日 <sup>※1</sup>	5.6枚/日 <sup>※2</sup>
経済性 (手間のみ)	30千円/枚～90千円/枚 (1孔/枚～3孔/枚)	53千円/枚～106千円/枚 (片側～両面)	7千円/枚 <sup>※1</sup>	5千円/枚 <sup>※1</sup>	12千円/枚 <sup>※2</sup>
適用性	<p>引き抜けない原因が継手抵抗の場合は効果が低い。 ただし、施工性及び経済性においては同様の補助工法であるウォータージェットに対して優れる</p>	<p>引き抜けない原因が継手抵抗の場合は効果が低い。 同様の補助工法であるアースオーガに対して施工性および経済性が劣る。</p>	<p>確実性は不明。また衝撃により鋼矢板が歪む等、引き抜けなくなる恐れもある。 基本的には押込みができない工法における補助工法であり、押込み可能なパイプロハンマを使用する当地での必要性は低い。</p>	<p>打撃と同様に確実性は不明。 ただし、引き抜きで使用する施工機械を用いて実施可能である点に優位性がある。</p>	<p>掘削及び切断した範囲の抵抗力は軽減できる。 周辺土工事で使用する施工機械を用いて実施可能である点に優位性がある。</p>
本事業での評価 (パイプロハンマによる施工の場合)	<p>遮水壁付近の地質は主に砂質土であり、N値も50未満であることから、パイプロハンマ工法のみで十分であり、併用するメリットは低い。</p>		<p>確実性が不明であり、また、衝撃により鋼矢板が歪むなどのおそれがあるため採用できないものとする。</p>	<p>確実性は不明であるが、パイプロハンマ工法では現場対応は可能である。</p>	<p>確実性は不明であるが、土工事が主体であり現場対応は可能である。</p>

※1：L=2m以下の打ち込みと同等作業と考えた場合

※2：周辺掘削および鋼矢板切断の場合

i) 引抜き抵抗力 (F) の算出

$$F \text{ (kN)} = F_e + F_s + W_p$$

表 1 引抜き抵抗力の算出根拠

引抜き工法	Fe : 鋼矢板と土の 摩擦力 (kN)	Fs : 鋼矢板の継手摩擦抵抗力 (kN) (①~②の間にあるものと仮定)		Wp : 鋼矢板 の重量 (kN)
		①一般値	②止水材考慮	
(a) 電動式・普通型 バイプロハンマ	動周面摩擦抵抗力 Tvで推定する*1。	次の経験式で推定す る*1。 Sv = T/10	継手間抵抗力を算出する一 般的な手法は無く、メーカ ーヒアリング結果より、次 の式で推定する。 Fs = c × w (片側) ここで	m 当り重量 に鋼矢板の 長さを乗じ る*1。
(b) 油圧式・可変超 高周波型バイプロ ハンマ				
(c) 油圧圧入引抜き工 (サイレントパイラー)	静的な周面摩擦力 Tで推定する*1。	バイプロハンマ工法 のようなマニュアル 等による目安は無い。	c : 止水材の付着力 (kN/m2) =5.2kg/cm2 (=510kN/m2) w : 止水材の付着幅 (m) ※片側2cmと想定	

※ 1 出典 : 「バイプロハンマ設計施工便覧, 平成 27 年 10 月, バイプロハンマ工法技術研究会」

試算結果

「2. 遮水機能の解除に係る現場条件の整理」で整理した事項のほか、上記、推定値等を基にした試算結果を図 1, 2、表 2, 3 に示す。

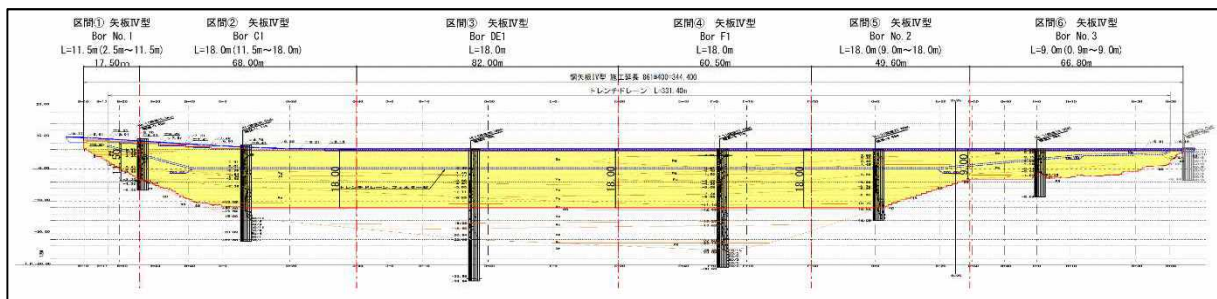


図 1 検討位置 (遮水壁)

表 2 引抜き抵抗力試算結果一覧 (遮水壁)

引抜き工法	検討区間	地盤モデル	矢板仕様	引抜き抵抗力 (kN)					
				周面摩擦力	継手抵抗力 (片側)		鋼矢板の重量	合計	
					一般値	止水材考慮		継手抵抗 一般値	継手抵抗 止水材考慮
バイプロ ハンマ工法	①	No. 1	SP-IV, L=11.5m	16.1	24.2	117.3	8.6	48.8	141.9
	②	C1	SP-IV, L=18.05m	25.1	36.1	184.1	13.5	74.7	222.7
	③	DE1	SP-IV, L=18m	13.3	17.0	183.6	13.4	43.8	210.3
	④	F1	SP-IV, L=18m	20.5	29.6	183.6	13.4	63.5	217.5
	⑤	No. 2	SP-IV, L=18m	29.6	31.2	183.6	13.4	74.2	226.6
	⑥	No. 3	SP-IV, L=9m	32.2	33.6	91.8	6.7	72.4	130.7

引抜き工法	検討区間	地盤モデル	矢板仕様	引抜き抵抗力 (kN)					
				周面摩擦力	継手抵抗 (片側)		鋼矢板の重量	合計	
					一般値	止水材考慮		継手抵抗 一般値	継手抵抗 止水材考慮
油圧圧入工法	①	No. 1	SP-IV, L=11.5m	242.0	-	117.3	8.6	-	367.9
	②	C1	SP-IV, L=18.05m	361.0	-	184.1	13.5	-	558.5
	③	DE1	SP-IV, L=18m	170.4	-	183.6	13.4	-	367.4
	④	F1	SP-IV, L=18m	295.7	-	183.6	13.4	-	492.8
	⑤	No. 2	SP-IV, L=18m	311.7	-	183.6	13.4	-	508.7
	⑥	No. 3	SP-IV, L=9m	335.6	-	91.8	6.7	-	434.1

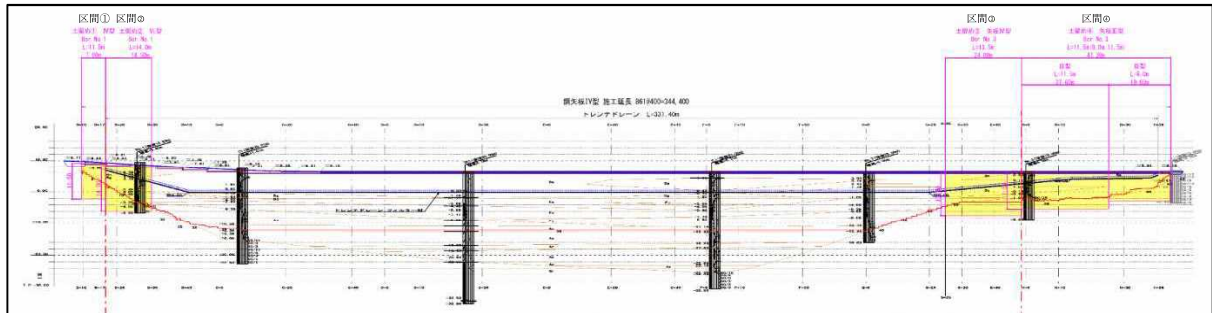


図2 検討位置(新設鋼矢板)

表3 引抜き抵抗力試算結果一覧(新設鋼矢板)

引抜き工法	検討区間	地盤モデル	矢板仕様	引抜き抵抗力(kN)					
				周面摩擦力	継手抵抗力(片側)		鋼矢板の重量	合計	
					一般値	止水材考慮		継手抵抗一般値	継手抵抗止水材考慮
バイブロハンマ工法	①	No. 1	SP-IV, L=11.5m	11.5	16.8	117.3	8.6	36.9	137.4
	②	No. 1	SP-V, L=14.0m	28.7	48.5	142.8	14.4	91.6	185.9
	③	No. 3	SP-IV, L=13.5m	51.7	69.5	137.7	10.1	131.3	199.5
	④	No. 3	SP-III, L=11.5m	43.5	53.4	117.3	6.8	103.6	167.5

引抜き工法	検討区間	地盤モデル	矢板仕様	引抜き抵抗力(kN)					
				周面摩擦力	継手抵抗力(片側)		鋼矢板の重量	合計	
					一般値	止水材考慮		継手抵抗一般値	継手抵抗止水材考慮
油圧圧入工法	①	No. 1	SP-IV, L=11.5m	167.7	-	117.3	8.6	-	293.6
	②	No. 1	SP-V, L=14.0m	484.8	-	142.8	14.4	-	642.0
	③	No. 3	SP-IV, L=13.5m	694.9	-	137.7	10.1	-	842.6
	④	No. 3	SP-III, L=11.5m	533.9	-	117.3	6.8	-	657.9

ii) 鋼矢板強度の制約条件 (P<sub>li</sub>)

$$P_{li} = \min(P_{k1}, P_{k2})$$

表4 鋼矢板強度の制約条件の算出根拠

引抜き工法	P <sub>k1</sub> : 引抜チャックでの鋼矢板の強度	P <sub>k2</sub> : 腐食した鋼矢板断面の引張強度
(a) 電動式・普通型 バイブロハンマ	許容せん断応力度未満で引き抜けること。 $\tau_0 \geq \tau_v$ $\tau_0$ : 許容せん断応力度	腐食による鋼矢板の断面性能低減率を使用。 許容引張強度未満で引き抜けること。 $P_{k2} = \sigma_0 \times A'$
(b) 油圧式・可変超 高周波型バイブロ ハンマ	((a), (b)は振動を継続して受けるため疲労を 考慮して常時(鋼矢板SY295: $180N/mm^2 / \sqrt{3}$ = $104N/mm^2$ ), (c)は短期(鋼矢板SY295: $270N/mm^2 / \sqrt{3} = 155N/mm^2$ )を用いる。)	$\sigma_0$ : 鋼矢板SY295の許容引張応力度(N/mm <sup>2</sup> ) ((a), (b)常時 $180N/mm^2$ , (c)短期 $270N/mm^2$ ) $A'$ : 腐食後の鋼矢板断面積(mm <sup>2</sup> ) $A' = A \times \eta$
(c) 油圧圧入引抜工 (サイレントパイラー)	$\tau_v$ : せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	$A$ : 鋼矢板断面積(mm <sup>2</sup> ) $\eta$ : 腐食による低減率

試算結果

上記、算出根拠を基にした試算結果を表5に示す。

表5 鋼矢板強度から制約される引き抜き力

鋼矢板 規格	(a), (b) バイブロハンマ工法						(c) 油圧圧入引抜工					
	遮水壁鋼矢板			新設鋼矢板			遮水壁鋼矢板			新設鋼矢板		
	P <sub>k1</sub>	P <sub>k2</sub>	P <sub>li</sub>	P <sub>k1</sub>	P <sub>k2</sub>	P <sub>li</sub>	P <sub>k1</sub>	P <sub>k2</sub>	P <sub>li</sub>	P <sub>k1</sub>	P <sub>k2</sub>	P <sub>li</sub>
Ⅲ型	-	-	-	469	1,348	469	-	-	-	1,315	2,022	1,315
Ⅳ型	529	1,606	529	562	1,711	562	1,481	2,409	1,481	1,574	2,566	1,574
V <sub>1</sub> 型	-	-	-	888	2,386	888	-	-	-	2,485	3,577	2,485

## 引抜き・削孔併用案における施工手順の検討

### 1. 概要

引抜き・削孔併用案による遮水機能の解除においては、以下の手順で実施する。

- ① 先ず、引抜きを東西端部の鋼矢板から開始する（図 1、2）。
- ② 引き抜くことができないと判断した鋼矢板について、取り敢えずそのまま残し、次の鋼矢板の引き抜きを行う。
- ③ 全鋼矢板について引き抜きを試みた後、水収支モデルによるシミュレーション計算等を行って引き抜き不可の鋼矢板について遮水機能解除上必要と認める場合には、削孔を行う。

以上の概要手順に基づく施工手順（案）を作成したので、結果を報告する。

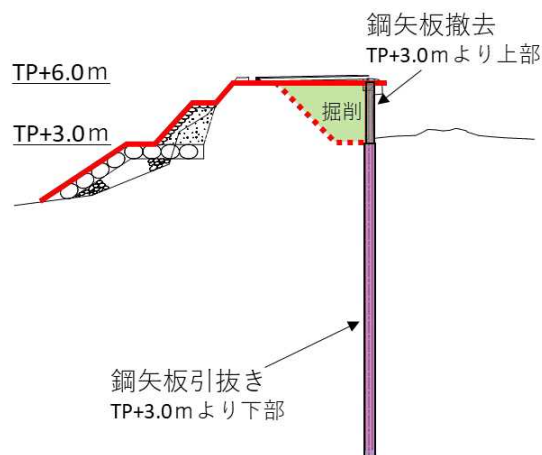


図 1 引抜き案のイメージ図

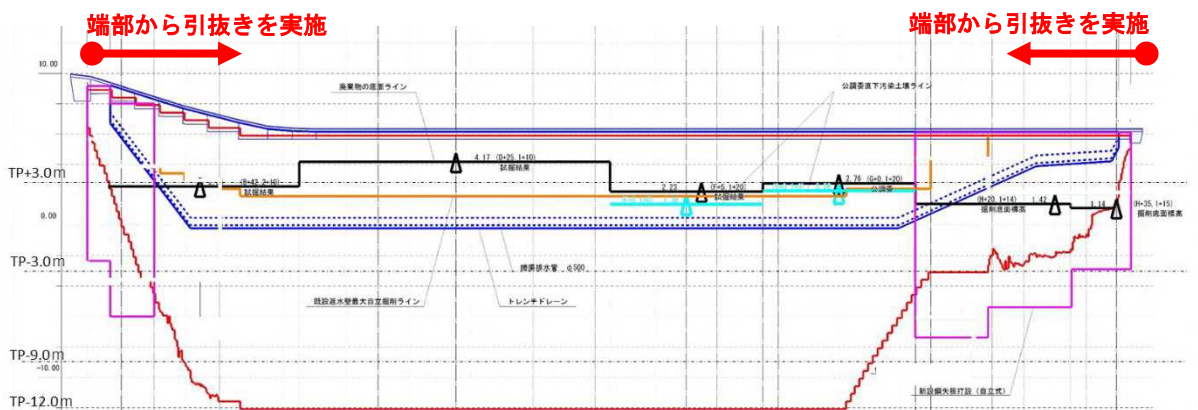


図 2 引抜きの実施イメージ

## 2. 引抜き・削孔併用案における施工手順の検討

引抜き・削孔併用案における施工フローを図3に、引抜き実施時のイメージを図4、5に、項目ごとの内容を後段に示す。

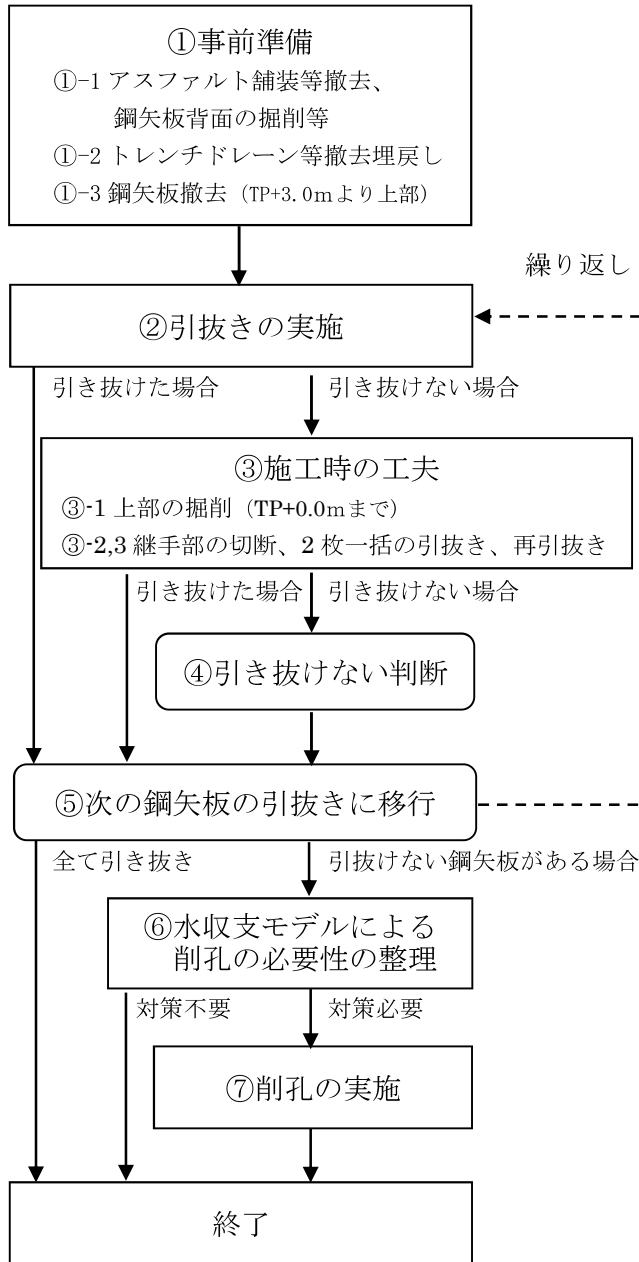


図3 引抜き・削孔併用案における施工フロー

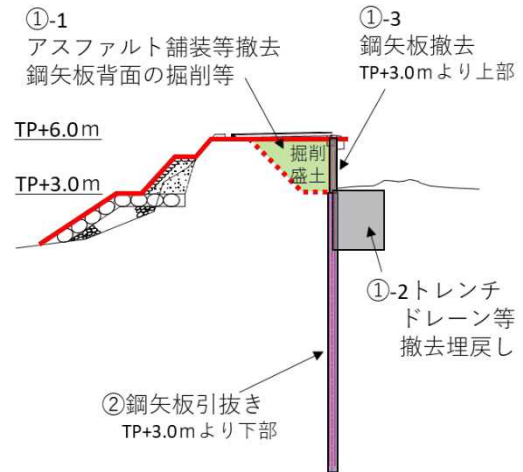


図4 事前準備、引抜き実施のイメージ

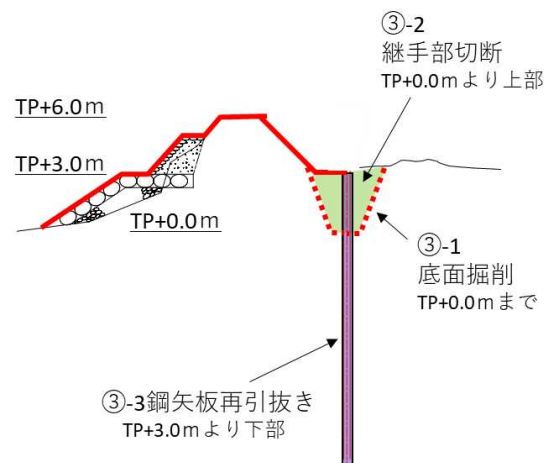


図5 施工時の工夫のイメージ

### ①事前準備

施工基面を処分地側と同じTP+3.0m程度に揃えるため、北海岸土堰堤上部のアスファルト舗装等を撤去し、遮水壁背面を掘削する(①-1)。また、引抜き工事の実施に支障となる北揚水井やトレンチドレーン等を事前に撤去する(①-2)。

その上で、引抜きに必要なチャック長(掘み代)を残して、遮水壁等を切断する(①-3)。



なお、遮水壁東端部には貯留トレンチ、西端部の近傍には民有地があることから、必要に応じて処分地側を盛土・整形するなど施工性及び安全性に配慮して、施工基面を遮水壁北側の高さに揃えるなどの事前準備を行う。

## ②引抜きの実施

「3. 遮水壁及び新設鋼矢板の引抜き工法の整理」に基づき選定した機材を用いて、東西端部から引抜きを実施する。

## ③施工時の工夫

引抜きが困難な場合（④の状態）の抵抗は、遮水壁付近の地質は主に砂質土であることや、遮水壁の打設・トレンチドレーン設置時の仮設矢板の引抜きが問題なく行えたという施工実績から、土との摩擦ではなく、継手部の摩擦によるものと想定できる。

その対策としては、バックホウにより容易に掘削可能な範囲（施工基面から概ね3m程度）まで掘削を行い、鋼矢板の露出部の継手部を切断したうえで、再度、引抜きを実施する。

具体的には、端部から引き抜きを実施する場合、引抜き済み側から掘削を行い、TP+0.0m付近まで掘削する（③-1）。その上で、露出した隣接する鋼矢板との継手部を切断し（③-2）、再度、引抜きを実施する（③-3）。

これにより、引抜き抵抗を2割程度<sup>※1</sup>、低減することが可能となる。

また、継手部の抵抗が大きく、2枚同時に引き上がる場合の対応としては、パイプロハンマ工法であれば、アタッチメントを取替えることで、2枚同時引抜きが可能となる。

※1 鋼矢板18m区間の場合、①-3で切断した残りの引抜き長15m分（TP+3m～TP-12m）の引抜き抵抗力が、3m分の掘削除去（周面摩擦力の減）と継手部の切断（継手間抵抗力の減）により、12m分（TP+0m～TP-12m）まで低減できる。 $12/15 \div 80\%$

## ④引抜き不可の判断

引抜き抵抗力のうち、継手抵抗は止水材の影響で不確定な要素があることや、継手に砂が噛む、鋼矢板が歪むなど定量的な評価が難しい増加分も想定される。

引抜き抵抗力は初期状態（静摩擦時）が最も大きく、必要な引抜き力を加えても鋼矢板が動かない場合は、引抜きは困難と判断できる。

このため、鋼矢板が破断しない範囲での最大引抜き力<sup>※2</sup>を加え、10分継続<sup>※3</sup>しても引抜けない状態を引抜き不可と判断する。

※2 施工機械の最大出力未満とする。

※3 電動式パイプロハンマの運転時間の制限（制限電流値で10分）を参考とした。

## ⑤次の鋼矢板の引抜きに移行

端部から引抜きを実施し、引抜きの成否に係わらず、全ての鋼矢板の引抜きを実施する。

## ⑥水収支モデル等による削孔の必要性の判断

全ての鋼矢板の引抜き実施後に引抜き不可の鋼矢板が生じた場合は、水収支モデルを用いて地下水位の上昇や、地下水浄化の観点から確認を行う。

その結果、引き抜けなかった鋼矢板が地下水位の上昇や地下水浄化の観点から処分地内に大きな影響を及ぼすものではない場合は削孔を行わないものとする。

また、豪雨時に遮水壁がない状態と比較して、処分地内の撤去事業に関する作業に対し、大きな支障が生じない範囲であることを確認する。

### ⑦削孔の実施

削孔方法としては、TP0.0m～-3.0m付近に透水性の高い層が確認されていることを考慮し、TP-3.0mより上部を削孔する。工法としては、①仮設矢板による人力削孔、②ボーリングマシンによる機械削孔の2案があり、端部の遮水壁が浅い箇所については安全性を担保するため、ボーリングマシンによる機械削孔により、遮水機能を解除する必要がある。

人力削孔のイメージを図6に、ボーリングマシンによる削孔のイメージを図7に示す。

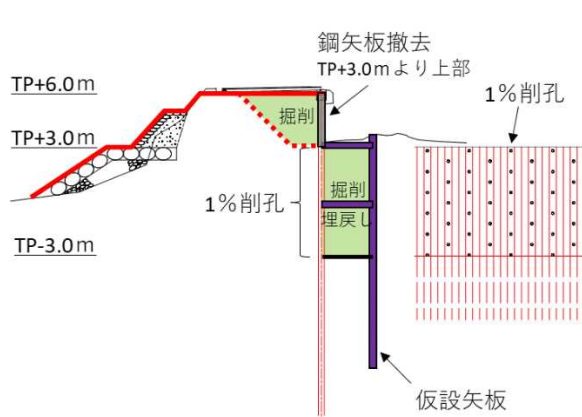


図6 削孔案のイメージ図（人力削孔）

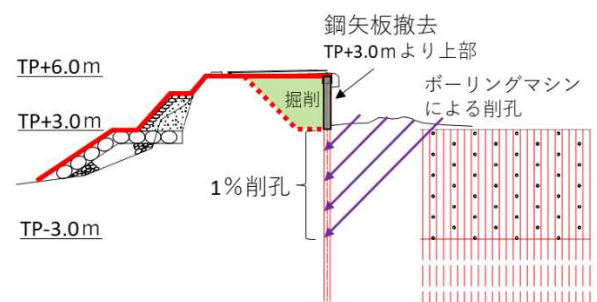


図7 削孔案のイメージ図（ボーリング削孔）

# 止水鋼矢板除去の方法

---

香川大学創造工学部  
松島 学

## 鋼矢板除去工事の問題点

---

- ・ どのような工法により止水鋼矢板を除去するのか？
- ・ 除去工事の施工手順と管理方法(情報化施工)をどうするのか？

# 除去工法の選定

## 鋼矢板の引き抜き工法の条件

- (1) 砂質土で、水位が高いことを考慮する。
- (2) 18mの深さの鋼矢板が対象である。
- (3) 約20年の年月が経過している。
- (4) 引き抜きでの引抜きチャック部が弱いので、その耐力 $P_T$ 以下で引き抜きできる工法を選択する。
- (5) 鋼矢板の腐食しろを考慮して、引抜力の上限值 $P_c$ を決める。



最適な工法の選択

# 除去工法の選定

## (2) 周辺環境の制約条件

- ① 地下水位が高く、砂地盤である。
- ② 18mの深さの矢板が対象である。
- ③ 約20年の年月が経過している。

## (1) 鋼矢板強度の制約条件

$$P_{li} = \min(P_{k1}, P_{k2})$$

$P_{li}$ 以下の荷重で矢板を引き抜ける必要がある。

$$P_{li} > P_T$$

- ① 引抜チャックでの鋼矢板の強度  $P_{k1}$
- ② 腐食した鋼矢板断面の引張強度  $P_{k2}$



## 条件下での最適工法の選択

		制約条件の満足度			
		$P_{li} > P_T$	...		...
工法の種類	A工法	○	◎		
	B工法		○		
	C工法	◎	△		
	D工法	×	×		

最適工法の選択

# 鋼矢板の情報化施工の考え方

止水鋼矢板除去の施工手順は、次のとおりである。

引抜き力から等価せん断応力度を求め、次の引き抜き力を求め、これを繰り返す。



Step1 鋼矢板No. 1を引き抜く。  
鋼矢板No. 1の等価せん断応力度  $\tau_1 = P_{ue1}/A_1$  を求める。

Step2 鋼矢板No. 2の引抜き力  $P_{uc2}$  を推定する。  
鋼矢板No. 2の引抜き力の推定値  $P_{uc2} = A_2 \cdot \tau_1$

Step3 鋼矢板No. 2を引き抜く。  
等価せん断応力度  $\tau_2 = P_{ue2}/A_2$  を求める。

Step4 鋼矢板No. 3の引抜き力  $P_{uc3}$  を推定する。  
鋼矢板No. 3の引抜き力の推定値  $P_{uc3} = A_3 \cdot \tau_2$

ここで、

$P_{uci}$  : 鋼矢板No. iの引抜き耐力の推定値

$P_{uei}$  : 鋼矢板No. iの引抜き耐力の実測値

$A_i$  : 鋼矢板No. iの面積

# 鋼矢板の情報化施工の流れ

