

第3回 遮水機能の解除に係る工法等の検討WG

日時 令和3年6月26日（土）14時00分～

I. 開会

II. 審議・報告事項

1. バイブロハンマ工法（電動式・油圧式）の整理
2. 鋼矢板引抜き時の留意事項の作成
3. 引抜き不可の判断の手順に関する検討
4. 遮水機能の解除に係る工法等の検討結果
（豊島事業関連施設の撤去等検討会への答申（案））

III. 閉会

バイブロハンマ工法（電動式・油圧式）の整理

1. 概要

「遮水壁及び新設鋼矢板の引抜き工法の整理」(㊦ 第 2 回 II / 3) において、より引き抜ける可能性が高いと考えられるバイブロハンマ工法の 2 案 ((a) 電動式・(b) 油圧式) に絞り込み、詳細な比較検討を行った結果、遮水壁の引抜き工事においては大きな違いはないことを確認した。

2. バイブロハンマ工法（電動式・油圧式）の比較検討

(1) バイブロハンマ種別と周波数等

バイブロハンマ工法は、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（動的方法）であり、選定機材の規格により周波数等の違いがある。

選定機材における一般的な仕様例を表 1, 2 に示す。

表 1 (a) 電動式バイブロハンマの仕様例

	出力 (kW)	偏心 モーメント (kg・m)	周波数 (Hz)	起振力 (kN)	空転運転 時の振幅 (mm)	寸法			本体 質量 (kg)	振動部 質量 (kg)	備考
						全高 (m)	全幅 (m)	全奥行 (m)			
A 社	60	0~36	18.3	0~477.6	0~7.0	3.52	1.71	1.18	6,300	5,145	標準チャック
B 社	60	30~43	18.3	377~465	7.0~10.0	3.50	1.48	1.08	5,020	4,300	〃
C 社	60	0~36	18.3	0~475.5	0~7.6	3.31	1.65	1.27	5,670	4,740	〃

出典：バイブロハンマ設計施工便覧

表 2 (b) 油圧式バイブロハンマの仕様例

出力 (kW)	偏心 モーメント (kg・m)	周波数 (Hz)	起振力 (kN)	寸法			本体 質量 (kg)	備考
				全高 (m)	全幅 (m)	全奥行 (m)		
235	0~7.5	20~60	0~474	3.48	1.10	0.72	6,500	環境対策型

出典：バイブロハンマ設計施工便覧（偏心モーメントは、カタログ値）

(2) 対象土質による必要振幅及び振動加速度等

バイブロハンマ設計施工便覧（発行：バイブロハンマ工法技術研究会）によると、鋼矢板の打込み・引抜きには、経験的に最低必要な振幅量と振動加速度量が存在し、バイブロハンマの設定振動数と地盤条件により、経験的に一定の目安となる値が示されている。そこで、選定機材における振幅量と振動加速度を求め(別紙)、目安値と比較するとともに周辺摩擦力の低減率の確認を行った(表 3, 4、図 1)。

確認の結果、(a) 電動式・(b) 油圧式バイブロハンマのいずれも必要な振幅量と振動加

速度を満たしていること、周辺摩擦力の低減率に大きな違いはないことを確認した。ただし、(a)電動式バイブロハンマについては、振動加速度の低下に応じて摩擦力が上昇しやすいため、電動式に比べて余裕のある(b)油圧式バイブロハンマの方がより引き抜ける可能性が高いと考える。

なお、止水材を塗布した鋼矢板の継手抵抗力の低減効果については、メーカーにヒアリングを行ったが、振幅量と振動加速度の違いによる知見はないとの回答があった。

表3 振幅と振動加速度の最低必要量 (目安)

地盤条件 (N 値) 周波数	砂質土				粘性土					
	ゆるい 10 以下	中位 10 ~ 30	密な 30 ~ 50	極密 50 以上	軟弱 1 以下	やわらかい 2 ~ 4	中位 4 ~ 8	固い 8 ~ 15		
振幅 (A_m : mm)	$f \leq 15$	3	5	7	8	4	5	6	7	電動式 油圧式
	$15 < f \leq 25$	3	4	5	6	2	3	4	5	
	$25 < f \leq 60$	0.8	1.0	1.5	2.0	0.5	0.8	1.2	1.5	
振動加速度 (γ_m : m/sec^2)	$f \leq 15$	30	40	40	40	20	30	40	40	電動式 油圧式
	$15 < f \leq 25$	30	40	50	50	30	40	50	50	
	$25 < f \leq 60$	40	50	60	60	40	50	60	60	

A_m : バイブロハンマで材料を打込む時の経験的な最低必要振幅 (mm)

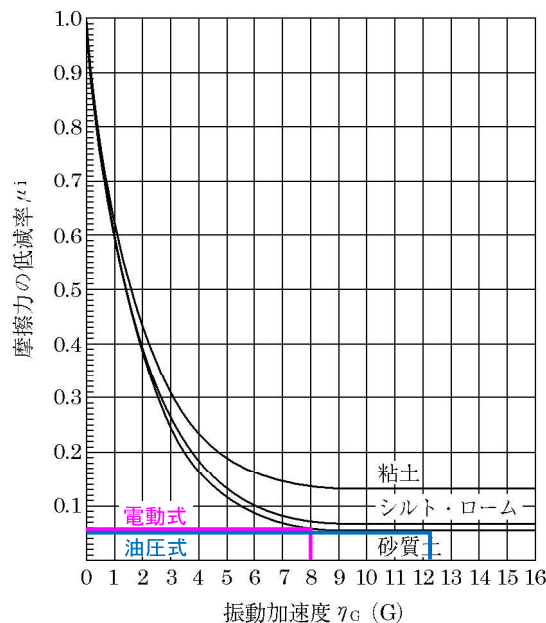
γ_m : バイブロハンマで材料を打込む時の経験的な最低必要振動加速度 (m/sec^2)

出典: バイブロハンマ設計施工便覧

表4 振幅と振動加速度の試算結果

	(a) 電動式バイブロハンマ		(b) 油圧式バイブロハンマ	
	試算結果	目安値	試算結果	目安値
振幅 (mm)	5.9	> 3~4	1.9	> 0.8~1.0
振動加速度 (m/sec^2)	78	> 30~40	30~270	> 40~50
振動加速度 (G)	8.0	-	12.3	-

※鋼矢板IV型 L=18m の場合



出典: バイブロハンマ設計施工便覧

図1 振動加速度と摩擦力の低減率との関係

(3) 法面近接部での安全性への対応

西側端部の斜面からの落石防止対策としては、施工時における振動を低減しておくことが望ましく、低振動工法である(b)油圧式バイブロハンマを採用する方が望ましいとされていたが、メーカーに確認したところ、(a)電動式バイブロハンマであっても出力を落とした対応を行うことにより振動を低減した状態で引抜きを実施することは可能であるとのことであった。

ただし、想定より引抜き抵抗力が大きく、大きな引抜き力が必要となる場合は、そのような対応はできない。

(4) 連続運転への対応

当該処分地における引抜き実施にあたっては、想定より引抜き抵抗力が大きく、大きな引抜き力を継続して加える状態が想定されること、また、引き抜けない判断の確認の際に、鋼矢板が破断しない範囲での最大引抜き力を加え、10分継続することを想定していることから、引抜き工法には連続運転への対応能力があることが求められる。

(a)電動式バイブロハンマには、長時間の連続運転で電動機の焼損リスクがあり、運転時間の制限(制限電流値で10分)が設けられているため、長期間の連続運転の観点からは(b)油圧式バイブロハンマが有利と判断される。

3. まとめ

当該処分地周辺は主に砂地盤であり、想定される緩い砂質土層に対する必要な振幅および加速度は、(a)電動式・(b)油圧式バイブロハンマいずれも施工機械の性能範囲内であり、また、周面摩擦力の低減率についても大きな違いはなかった。ただし、(a)電動式については、振動加速度の低下に応じて摩擦力が上昇しやすいため、電動式に比べて余裕のある(b)油圧式の方がより引き抜ける可能性が高いと考える。

法面近接部の安全性としては、(a)電動式バイブロハンマであっても出力を落とした対応を行うことにより振動を低減した状態で引抜きを実施することは可能であるものの、想定より引抜き抵抗力が大きかった場合の現場対応が難しくなることも想定されるため、(b)油圧式バイブロハンマを採用する方が望ましいと考える。

また、継手抵抗力が大きく、長時間連続して運転する可能性も考慮すると、対応能力がある(b)油圧式バイブロハンマを採用する方が望ましいと考える。

以上より、引抜き工法としては、より引き抜ける可能性が高く、また、引抜き時の作業の安全面や連続運転が可能な面からも、(b)油圧式バイブロハンマの方が、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、本件処分地の特殊な要因から採用が望ましいものとする。

i) バイブロハンマの仕様例

表1 (a) 電動式バイブロハンマの仕様例

	出力 (kW)	偏心 モーメント (kg・m)	周波数 (Hz)	起振力 (kN)	空転運 転時の振 幅 (mm)	寸法			本体 質量 (kg)	振動部 質量 (kg)	備考
						全高 (m)	全幅 (m)	全奥行 (m)			
A社	60	0~36	18.3	0~477.6	0~7.0	3.52	1.71	1.18	6,300	5,145	標準チャック
B社	60	30~43	18.3	377~465	7.0~10.0	3.50	1.48	1.08	5,020	4,300	〃
C社	60	0~36	18.3	0~475.5	0~7.6	3.31	1.65	1.27	5,670	4,740	〃

出典：バイブロハンマ設計施工便覧

表2 (b) 油圧式バイブロハンマの仕様例

出力 (kW)	偏心 モーメント (kg・m)	周波数 (Hz)	起振力 (kN)	寸法			本体 質量 (kg)	備考
				全高 (m)	全幅 (m)	全奥行 (m)		
235	0~7.5	20~60	0~474	3.48	1.10	0.72	6,500	環境対策型

出典：バイブロハンマ設計施工便覧（偏心モーメントは、カタログ値）

表3 バイブロハンマの質量等

種別	出力 (kW)	起振力 (kN)	起振機質量 (kg)	ハンガー質量 (kg)	カウンター ウエイト質量 (kg)	チャック質量 (kg)	材料質量* (kg)
電動式	60	478	3,840	930	-	900	1369.8
油圧式	235	474	1,830	2,540	1,400	730	

出典：C社カタログ値、※ 鋼矢板IV型 L=18m の場合 18(m)×76.1(kg/m)=1369.8kg

ii) 振幅の算出

$$\text{振幅 } A_v = (K / W_{v0}) \times 10^3$$

K：偏心モーメント(kg・m)

W_{v0}：バイブロハンマの振動質量と材料質量の和(kg)

電動式バイブロハンマ：選定機材(出力60kW)、鋼矢板IV型 L=18m の振幅

$$A_v = (36 / (3840 + 900 + 76.1 \times 18)) \times 10^3 = 5.9 \text{ mm}$$

油圧式バイブロハンマ：選定機材(出力235kW)、鋼矢板IV型 L=18m の振幅

$$A_v = (7.5 / (1830 + 730 + 76.1 \times 18)) \times 10^3 = 1.9 \text{ mm}$$

iii) 振動加速度(ηv)の算出

$$\text{振動加速度 } \eta v = A_v \cdot \omega^2 \times 10^{-3}$$

ηv：振動加速度(m/sec²)A_v：振幅(mm)ω：角速度(sec⁻¹) (ω=2πf、f：周波数)

電動式バイブロハンマ：振幅5.9mm、18.3Hzで振動させた場合の振動加速度

$$\eta v = 5.9 \times (2 \times 3.14 \times 18.3)^2 \times 10^{-3} = 78 \text{ m/sec}^2$$

油圧式バイブロハンマ：振幅1.9mm、20~60Hzで振動させた場合の振動加速度

$$\eta v = 1.9 \times (2 \times 3.14 \times 20 \sim 60)^2 \times 10^{-3} = 30 \sim 270 \text{ m/sec}^2$$

iv) 振動加速度 (ηG) (周面摩擦の低減率に使用するもの) の算出

ここでの振動加速度 ηG は、前項の加速度とは異なり、次式で算出される。

$$\eta G = (P_0 / W_{vf}) \times 10^3$$

ηG : バイブロハンマ運転時の振動加速度の重力加速度比 (G)

P_0 : 起振力 (kN)

W_{vf} : バイブロハンマの振動質量と材料質量の和 (kg) を力 (N) に換算した値

$$(W_{vf} = W_{vo} \cdot g)$$

g : 重力加速度 9.81 (m/sec²)

電動式バイブロハンマ : 選定機材 (出力 60kW)、鋼矢板IV型 L=18m の振幅

$$\eta G = (478 / ((3840 + 900 + 76.1 \times 18) \times 9.81)) \times 10^3 = 8.0 \text{ G}$$

油圧式バイブロハンマ : 選定機材 (出力 235kW)、鋼矢板IV型 L=18m の振幅

$$\eta G = (474 / ((1830 + 730 + 76.1 \times 18) \times 9.81)) \times 10^3 = 12.3 \text{ G}$$

鋼矢板引抜き時の留意事項の作成

1. 概要

鋼矢板引抜き時の留意事項について、松島座長提案の現場管理の考え方を基に整理したので、その内容を報告する。

2. 鋼矢板引抜き時の留意事項の検討

鋼矢板の引抜きにあたり、作業の安全性の確保や鋼矢板への悪影響（過度な力を加えることによる歪みや亀裂・破断等）の防止のため、次の留意事項に従い引抜きを実施するものとする。

留意事項

- ① 引抜部の鋼矢板耐力以下の引抜き力とすること。
- ② 鋼矢板引抜き時には実績引抜き力を測定・記録(表1参照)し、以降の引抜き力を推定すること。また、鋼矢板に必要以上の引抜き力がかからないように施工すること。

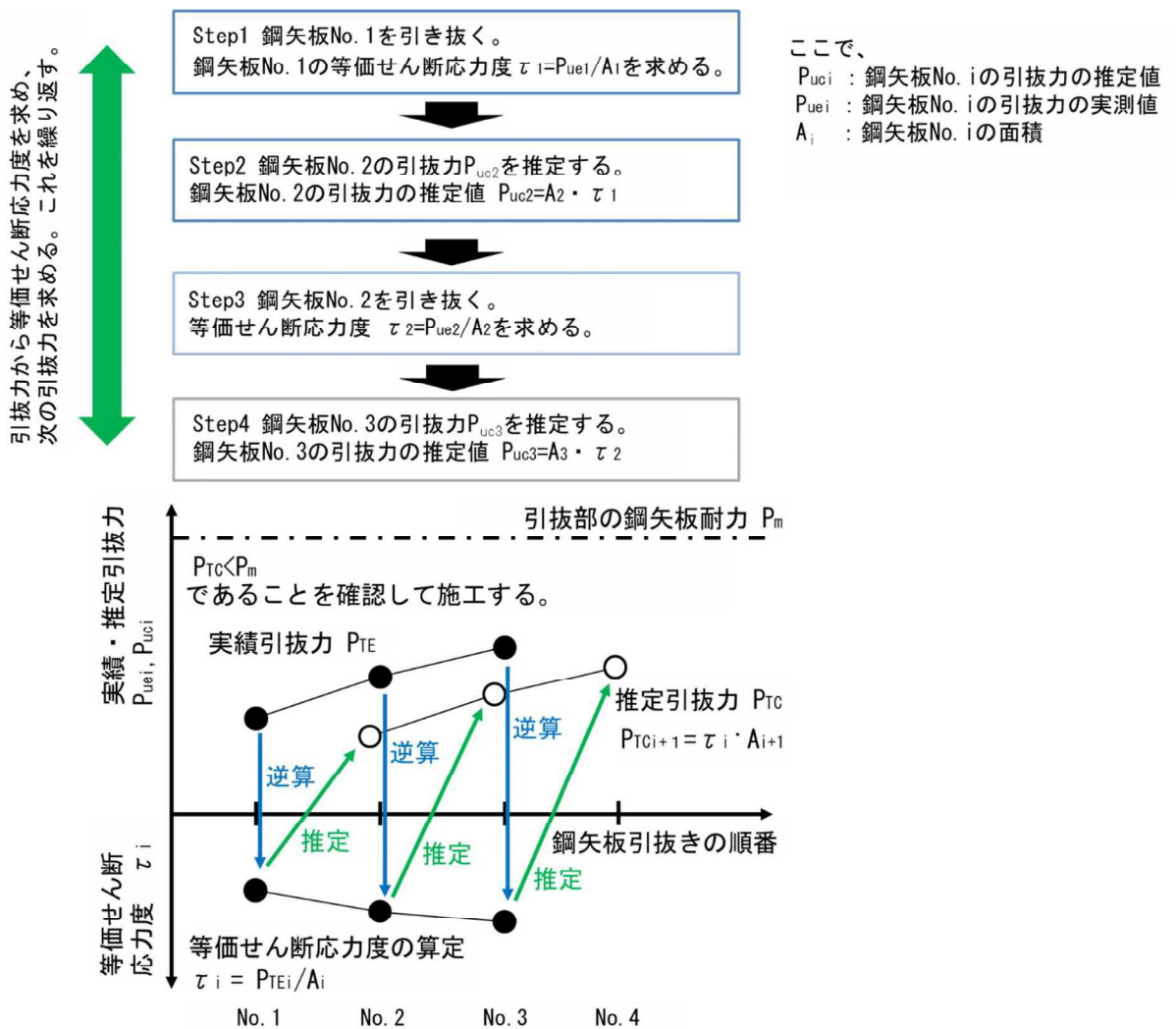


図1 引抜き力の推定方法 (イメージ)

表 1 引抜き全長の記録の様式例^{※1}

工事名称： _____

引抜日：令和 年 月 日

施工方法：●●工法 (●●式) _____

工事場所：豊島処分地 _____

記録者： _____

鋼矢板番号		打込み機械	型式	
鋼矢板規格	IV型 (有効幅 400 mm)		出力	(kW)
鋼矢板長	(m)	パイプロハンマの場合	偏心モーメント	(N・m)
打込み長	(m)		振動周波数	(Hz)
推定引抜力 (P_{TCi})	(kN)	引抜部の鋼矢板耐力 (P_{mi})		(kN)
実績引抜力 (P_{TEi})	(kN)	等価せん断応力度 ($\tau_i = P_{TEi}/A_i$)		(kN/m ²)

深度 (m)	時刻 (h:m:s)	引抜き累計時間 (m:s)	単位当たり時間 (m:s)	引抜き速度 (cm/s)	電流 (A)	電圧 (V)	出力 (kW)	備考
起動 ^{※2}								
1.0								
2.0								
3.0								
4.0								
...								

※1 パイプロハンマ設計施工便覧 (パイプロハンマ工法技術研究会) 鋼管杭の打込み全長の記録の様式例を準用した。

※2 深度別の記録については、起動時の記録は全枚数、それ以降については10枚につき1枚記録することとする。また、引抜き抵抗力は初期状態 (静摩擦時) が最も大きいため、起動時 (鋼矢板の動き出しの値) を実績引抜力の算出に用いる。電流や電圧等を変化させた場合は、行を分けて記載する。

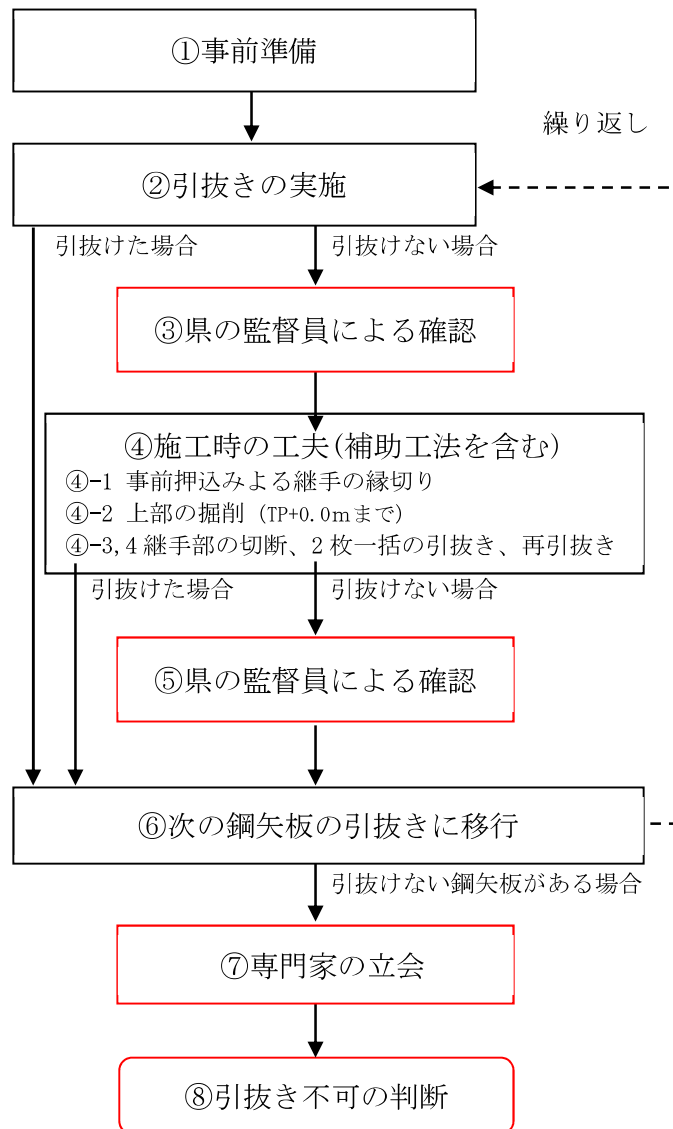
引抜き不可の判断の手順に関する検討

1. 概要

「引抜き・削孔併用案における施工手順の検討」(㊦ 第2回Ⅱ / 4)の施工手順(以下、「施工フロー」という。)で示した『引抜き不可の判断』について、現場での確認方法等を整理したので、その内容を報告する。

2. 引抜き不可の判断の手順

引抜き不可の判断に至る手順としては、引抜きできず、施工時の工夫(補助工法を含む)を行ったうえでも引抜けない場合に専門家の立会をもって判断することを想定している。具体的な確認方法や時期については、施工フロー(図1)及び後段に示す。



※赤枠が追加・変更部分

図1 引抜き・削孔併用案における施工フロー(抜粋)

追加箇所

③県の監督員による確認

鋼矢板が引抜けない場合、県の監督員は引抜き記録を確認のうえ、鋼矢板が破断しない範囲での最大引抜力^{※1}を加えても鋼矢板が引き上がらないことを原則、目視観察^{※2}で確認し、施工時の工夫(補助工法を含む)に移る判断を行う。

※1 施工機械の最大出力未満とする。

※2 現地臨場または遠隔臨場を想定する。

⑤県の監督員による確認

施工時の工夫を行ったうえでも引抜けない場合、県の監督員は引抜き記録を確認のうえ、鋼矢板が破断しない範囲での最大引抜力を加え、10分継続しても鋼矢板が引き上がらないことを原則、目視観察で確認し、次の鋼矢板の引抜きに移行する判断を行う。

⑦専門家の立会

引抜けない鋼矢板がある場合、専門家が引抜き不可の状況確認を行う。

⑧引抜き不可の判断

専門家は、承認された工法及び選定機材により、施工フローに従い施工時の工夫(補助工法を含む)を行ったうえで、鋼矢板が破断しない範囲での最大引抜力を加え、10分継続しても鋼矢板が引き上がらないことを引抜き記録により確認のうえ、目視観察で鋼矢板が引き上がらないことを確認し、引抜き不可の判断を行う。

引抜き不可の判断を行った鋼矢板は、存置する。

遮水機能の解除に係る工法等の検討結果
(豊島事業関連施設の撤去等検討会への答申(案))

1. 概要

これまでに行った遮水機能の解除に係る工法等の検討WGでの審議・報告事項について、撤去等検討会への答申案として次のとおりまとめたので、その内容を報告する。

・資料1(Ⅱ／4－1)「遮水壁及び新設鋼矢板の引抜き工法の整理」

(参考資料)

「遮水機能の解除に係る現場条件の整理」 (㊦第2回Ⅱ／2)

「遮水壁及び新設鋼矢板の引抜き工法の整理」 (㊦第2回Ⅱ／3)

「バイブロハンマ工法(電動式・油圧式)の整理」 (㊦第3回Ⅱ／1)

・資料2(Ⅱ／4－2)「鋼矢板の引抜き・削孔併用案における施工手順の検討」

(参考資料)

「引抜き・削孔併用案における施工手順の検討」 (㊦第2回Ⅱ／4)

「鋼矢板引抜き時の留意事項の作成」 (㊦第3回Ⅱ／2)

「引抜き不可の判断の手順に関する検討」 (㊦第3回Ⅱ／3)

遮水壁及び新設鋼矢板の引抜き工法の整理

1. 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月にかけてパ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。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)

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	パイプロハンマ工法	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（三洋化成工業株）、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（日本化学塗料株）、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推定

遮水壁の腐食状況としては、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（[別紙3](#)）。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^{※5}と同値に設定した（表2）。

※5 「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）」平成11年4月 P322

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	約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	約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個所の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)、はらみ出しは最大でも4~6cm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)

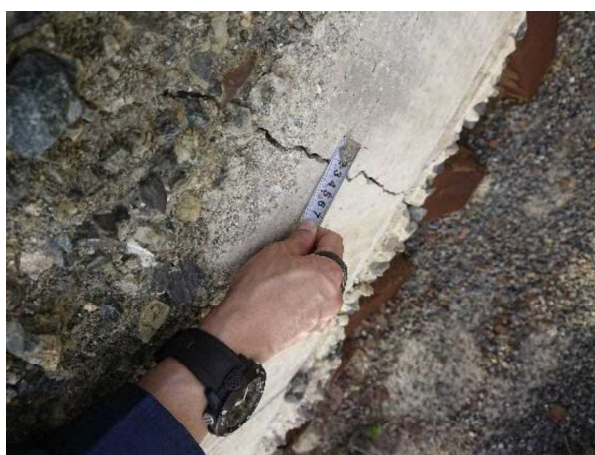


写真2 ひび割れ幅の状況

(5) その他の現場条件と留意事項

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ある場合、新貯留トレンチの取壊しが必要となること、西端部の近傍には民有地があり、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

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

本件処分地での遮水壁鋼矢板の引抜きにあたっては、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掲げられた鋼矢板の引抜きの3つの工法、（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した。

各工法の概要を表3に示す。

表3 引抜き工法の概要

工 法		概 要
動的 工法	バイプロハンマ工法	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) 電動式バイプロハンマ	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) 油圧式バイプロハンマ	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) 油圧圧入引抜工 (サイレントパイラー)	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_{li})を求め(別紙4)、適用範囲がF以上、 P_{li} 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_{li})の定義を以下に示し、選定した機材を表4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 4 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) 電動式バイブロハンマ	F = 40～230kN P _{li} = 469～888kN	出力：60kW 起振力：461～480kN (振動周波数：17～21Hz)
(b) 油圧式バイブロハンマ	F = 40～230kN P _{li} = 469～888kN	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 = 300～850kN P _{li} = 1,315～2,485kN	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5（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、打設後約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る。これらにより抵抗が増大した場合の対応として、(a)と(b)では想定する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対応が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可能なことなど、現場対応が容易に行える特長がある。一方、(c)で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。

「作業時の安全性」では、西側端部の斜面からの落石防止等対策として、これに隣接する一定区間の施工時には振動を低減しておくことが望ましいため、(b)又は(c)では低振動工法を採用できること、もしくは(a)では出力を落とした対応が行えることが必要である。

これらの結果から、より引き抜ける可能性が高いと考えられるバイブロハンマ工法の2案((a)電動式・(b)油圧式)に絞り込み、詳細な比較検討を行った。

比較検討は、周波数や選定機材の違いにより行い、(a)(b)ともに、振幅と振動加速度の最低必要量を満たしていること、周辺摩擦力の低減率に大きな違いは無いことを確認した^{別紙5}。ただし、(a)電動式については、振動加速度の低下に応じて摩擦力が上昇しやすいため、電動式に比べて余裕のある(b)油圧式の方がより引き抜ける可能性が高いと考える。なお、止水材を塗布した鋼矢板の継手抵抗力の低減効果について、メーカーにヒアリングを行ったが、振幅量と振動加速度の違いに対する知見はないとの回答であり、その点については工法の優劣をつけることはできなかった。

以上より、引抜き工法としては、より引き抜ける可能性が高く、また、引抜き時の作業の安全面や連続運転が可能な面からも、(b)油圧式バイブロハンマの方が、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、本件処分地の特殊な要因から採用が望ましいものとする。

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6（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不適と考える。一方、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には対応が可能である。

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、掘削部の鋼矢板の継手部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、処分地内で行う掘削・整地作業等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^{※6}が考えられるが、これでは隣接する矢板に歪みが生じるおそれがあり、そのため一度実施後には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、本工事には不適の工法と判断する。

※6 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

平面図

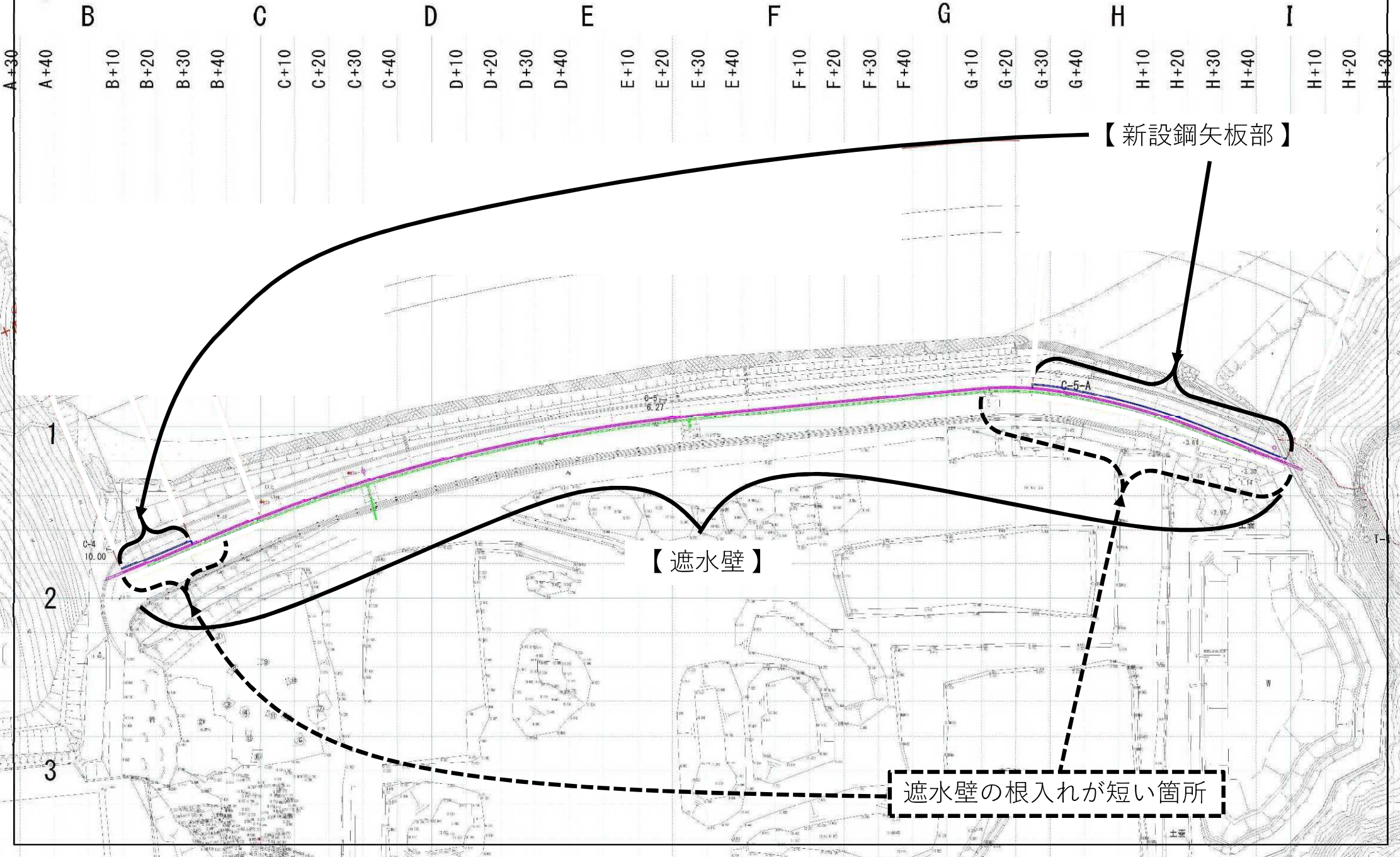
遮水壁

測戸内海



年度	
路河川名等	
工事名	
座標系	世界測地系 IV 系
図面名	平面図
縮尺	1:2000 図番号
測製年月日	
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

1.14

-2.97

土家

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

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

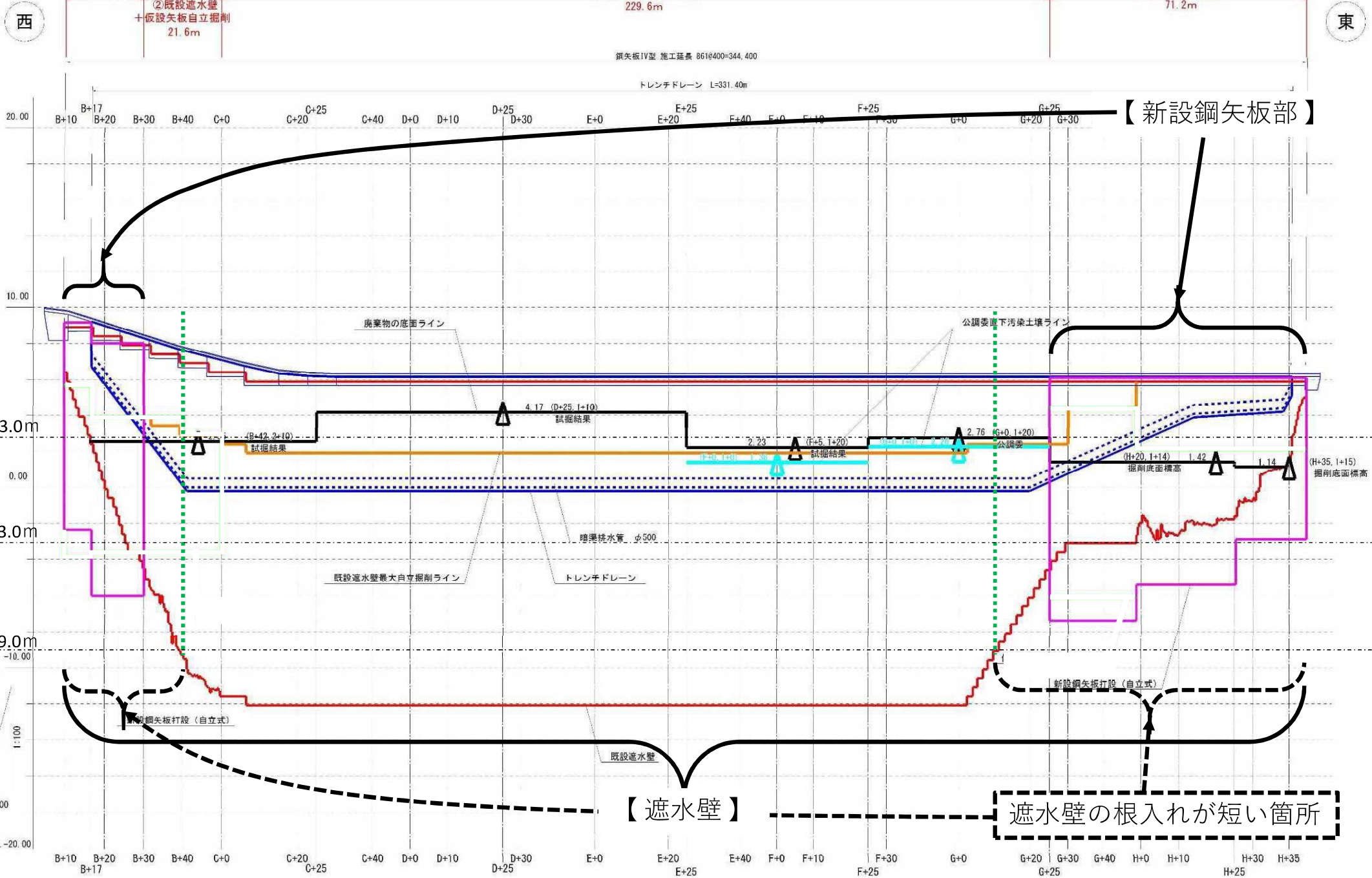
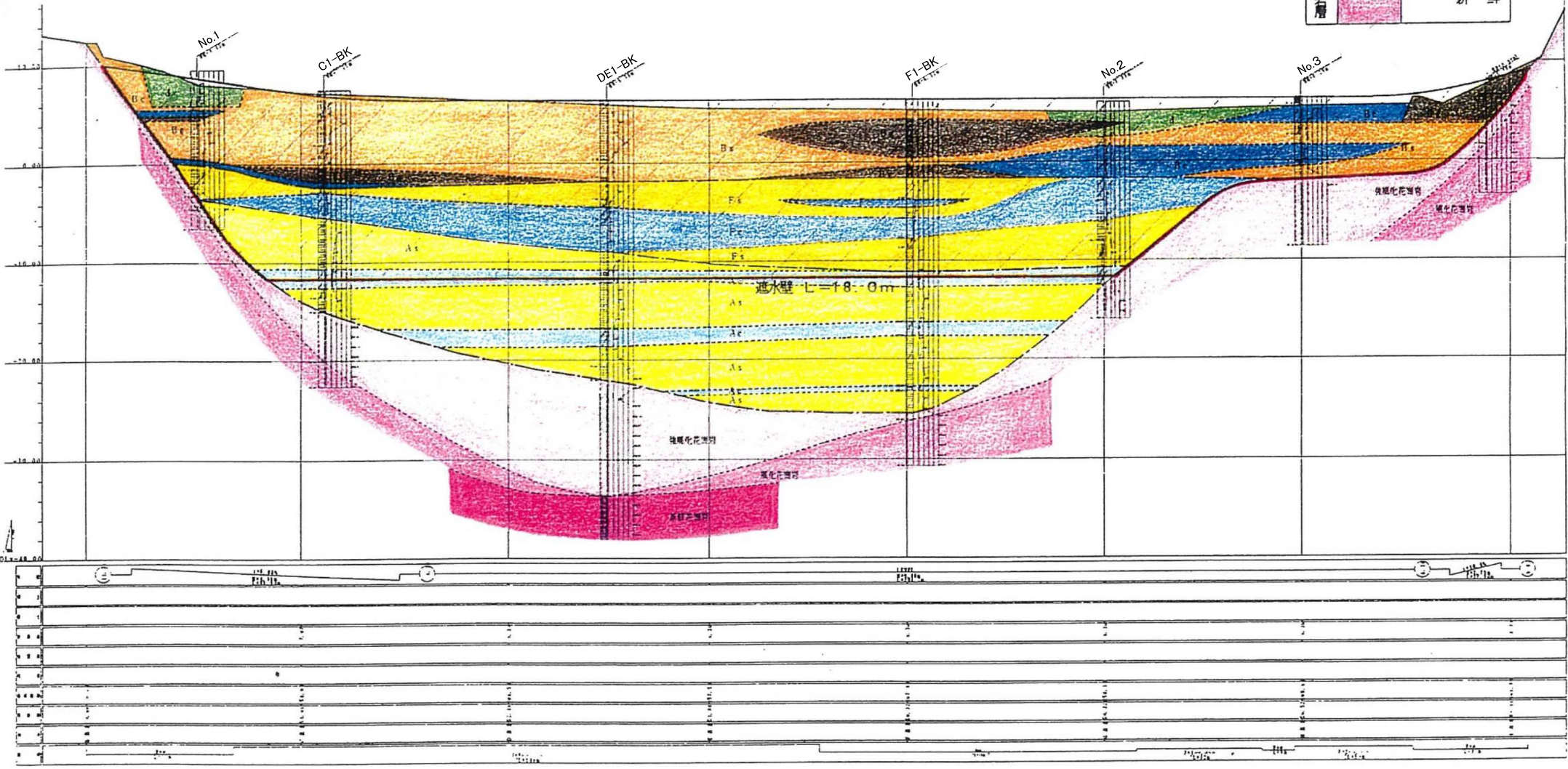


図-2.5 地質断面図(北海岸の遮水壁)

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・ナスト
	s	紙さい
	a	燃え殻
盛土層	Bc	粘性土
	Bs	砂質土
	Bs	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 (両面) 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測線の間中付近）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 (両面) 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)

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 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	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。		

※ 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。

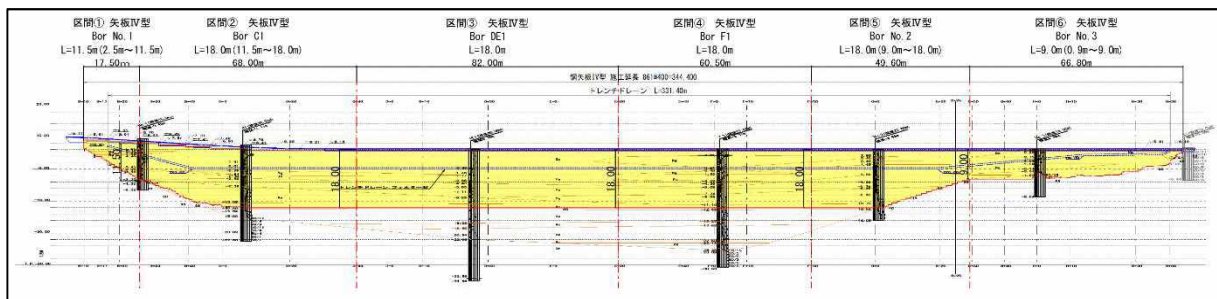


図 1 検討位置 (遮水壁)

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

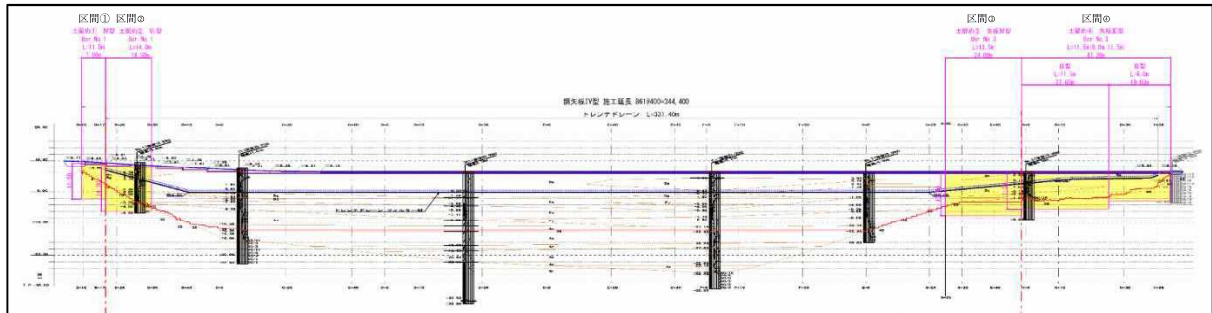


図2 検討位置(新設鋼矢板)

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_{li})

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

表4 鋼矢板強度の制約条件の算出根拠

引抜き工法	P _{k1} : 引抜チャックでの鋼矢板の強度	P _{k2} : 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。 $\tau_0 \geq \tau_v$ τ_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。)	σ_0 : 鋼矢板SY295の許容引張応力度 (N/mm ²) ((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 ²) $A' = A \times \eta$
(c) 油圧圧入引抜工 (サイレントパイラー)	τ_v : せん断応力度 (N/mm ²)	A : 鋼矢板断面積 (mm ²) η : 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 _{k1}	P _{k2}	P _{li}	P _{k1}	P _{k2}	P _{li}	P _{k1}	P _{k2}	P _{li}	P _{k1}	P _{k2}	P _{li}
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 ₁ 型	-	-	-	888	2,386	888	-	-	-	2,485	3,577	2,485

i) バイブロハンマの仕様例

表 1 (a) 電動式バイブロハンマの仕様例

	出力 (kW)	偏心 モーメント (kg・m)	周波数 (Hz)	起振力 (kN)	空転運 転時の振 幅 (mm)	寸法			本体 質量 (kg)	振動部 質量 (kg)	備考
						全高 (m)	全幅 (m)	全奥行 (m)			
A社	60	0~36	18.3	0~477.6	0~7.0	3.52	1.71	1.18	6,300	5,145	標準チャック
B社	60	30~43	18.3	377~465	7.0~10.0	3.50	1.48	1.08	5,020	4,300	〃
C社	60	0~36	18.3	0~475.5	0~7.6	3.31	1.65	1.27	5,670	4,740	〃

出典：バイブロハンマ設計施工便覧

表 2 (b) 油圧式バイブロハンマの仕様例

出力 (kW)	偏心 モーメント (kg・m)	周波数 (Hz)	起振力 (kN)	寸法			本体 質量 (kg)	備考
				全高 (m)	全幅 (m)	全奥行 (m)		
235	0~7.5	20~60	0~474	3.48	1.10	0.72	6,500	環境対策型

出典：バイブロハンマ設計施工便覧（偏心モーメントは、カタログ値）

表 3 バイブロハンマの質量等

種別	出力 (kW)	起振力 (kN)	起振機質量 (kg)	ハンガー質量 (kg)	カウンター ウエイト質量 (kg)	チャック質量 (kg)	材料質量* (kg)
電動式	60	478	3,840	930	-	900	1369.8
油圧式	235	474	1,830	2,540	1,400	730	

出典：C社カタログ値、※ 鋼矢板IV型 L=18m の場合 18(m)×76.1(kg/m)=1369.8kg

ii) 振幅の算出

$$\text{振幅 } A_v = (K / W_{v0}) \times 10^3$$

K：偏心モーメント(kg・m)

W_{v0}：バイブロハンマの振動質量と材料質量の和(kg)

電動式バイブロハンマ：選定機材(出力60kW)、鋼矢板IV型 L=18m の振幅

$$A_v = (36 / (3840 + 900 + 76.1 \times 18)) \times 10^3 = 5.9 \text{ mm}$$

油圧式バイブロハンマ：選定機材(出力235kW)、鋼矢板IV型 L=18m の振幅

$$A_v = (7.5 / (1830 + 730 + 76.1 \times 18)) \times 10^3 = 1.9 \text{ mm}$$

iii) 振動加速度(ηv)の算出

$$\text{振動加速度 } \eta v = A_v \cdot \omega^2 \times 10^{-3}$$

ηv：振動加速度(m/sec²)A_v：振幅(mm)ω：角速度(sec⁻¹) (ω=2πf、f：周波数)

電動式バイブロハンマ：振幅5.9mm、18.3Hzで振動させた場合の振動加速度

$$\eta v = 5.9 \times (2 \times 3.14 \times 18.3)^2 \times 10^{-3} = 78 \text{ m/sec}^2$$

油圧式バイブロハンマ：振幅1.9mm、20~60Hzで振動させた場合の振動加速度

$$\eta v = 1.9 \times (2 \times 3.14 \times 20 \sim 60)^2 \times 10^{-3} = 30 \sim 270 \text{ m/sec}^2$$

iv) 振動加速度 (ηG) (周面摩擦の低減率に使用するもの) の算出

ここでの振動加速度 ηGは、前項の加速度とは異なり、次式で算出される。

$$\eta G = (P_0 / W_{vf}) \times 10^3$$

ηG : バイブロハンマ運転時の振動加速度の重力加速度比(G)

P₀ : 起振力(kN)

W_{vf} : バイブロハンマの振動質量と材料質量の和(kg)を力(N)に換算した値

$$(W_{vf} = W_{vo} \cdot g)$$

g : 重力加速度 9.81 (m/sec²)

電動式バイブロハンマ : 選定機材(出力 60kW)、鋼矢板IV型 L=18m の振幅

$$\eta G = (478 / ((3840 + 900 + 76.1 \times 18) \times 9.81)) \times 10^3 = 8.0 \text{ G}$$

油圧式バイブロハンマ : 選定機材(出力 235kW)、鋼矢板IV型 L=18m の振幅

$$\eta G = (474 / ((1830 + 730 + 76.1 \times 18) \times 9.81)) \times 10^3 = 12.3 \text{ G}$$

v) 対象土質による必要振幅及び振動加速度等

- ・ 経験的に最低必要な振幅量と振動加速度量の算出

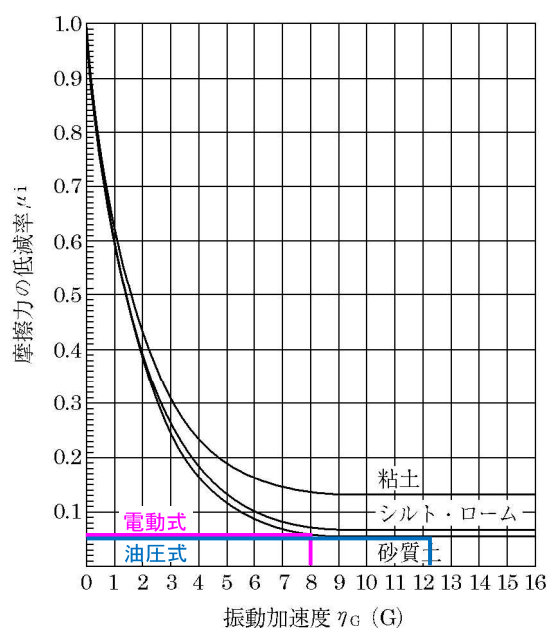
表4 振幅と振動加速度の試算結果

	(a) 電動式バイブロハンマ		(b) 油圧式バイブロハンマ	
	試算結果*1	目安値*2	試算結果*1	目安値*2
振幅 (mm)	5.9	> 3~4	1.9	> 0.8~1.0
振動加速度 (m/sec ²)	78	> 30~40	30~270	> 40~50
振動加速度 (G)	8.0	-	12.3	-

※1 鋼矢板IV型 L=18m の場合

※2 出典 : バイブロハンマ設計施工便覧

- ・ 振動加速度と摩擦力の低減率との関係



出典 : バイブロハンマ設計施工便覧

図1 振動加速度と摩擦力の低減率との関係

鋼矢板の引抜き・削孔併用における施工手順の検討

1. 概要

引抜き・削孔併用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、次の鋼矢板の引抜きを行う。
- ③ 全鋼矢板について引抜きを試みた後、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。

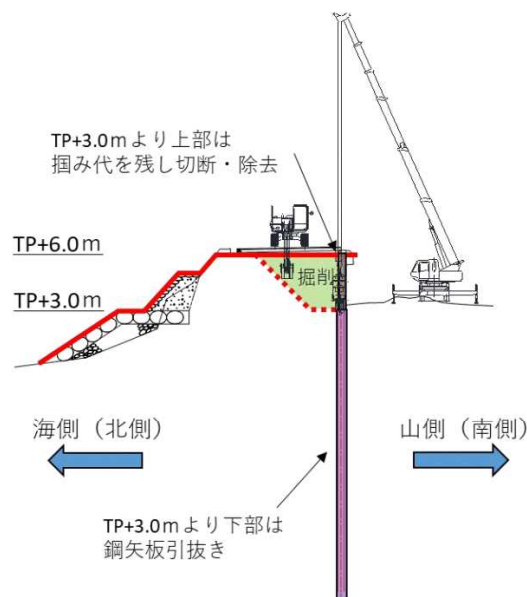


図1 引抜き時のイメージ

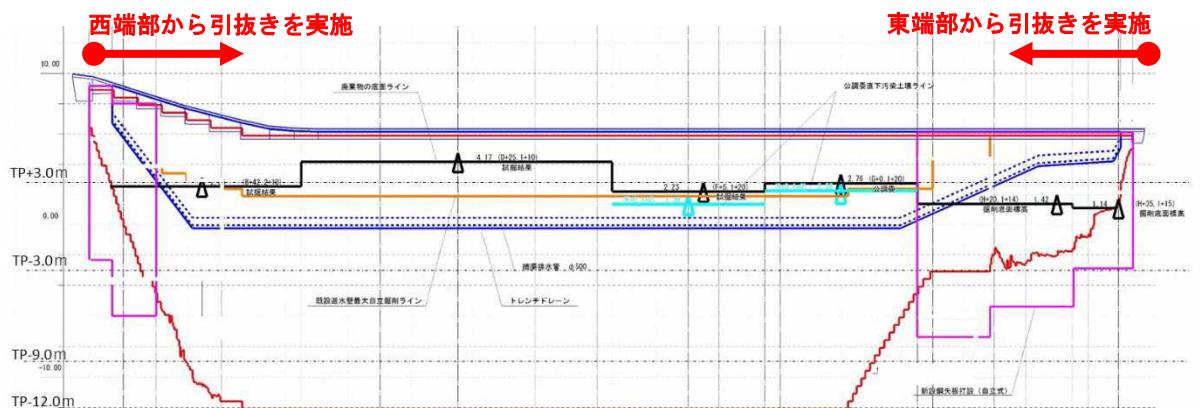


図2 東西両端部からの引抜きの実施イメージ

2. 引抜き・削孔併用における施工手順（案）

2.1 施工手順の概要

引抜き・削孔併用における施工フローを図3に、引抜き実施時の対応を図4、5に、項目ごとの内容を後段に示す。

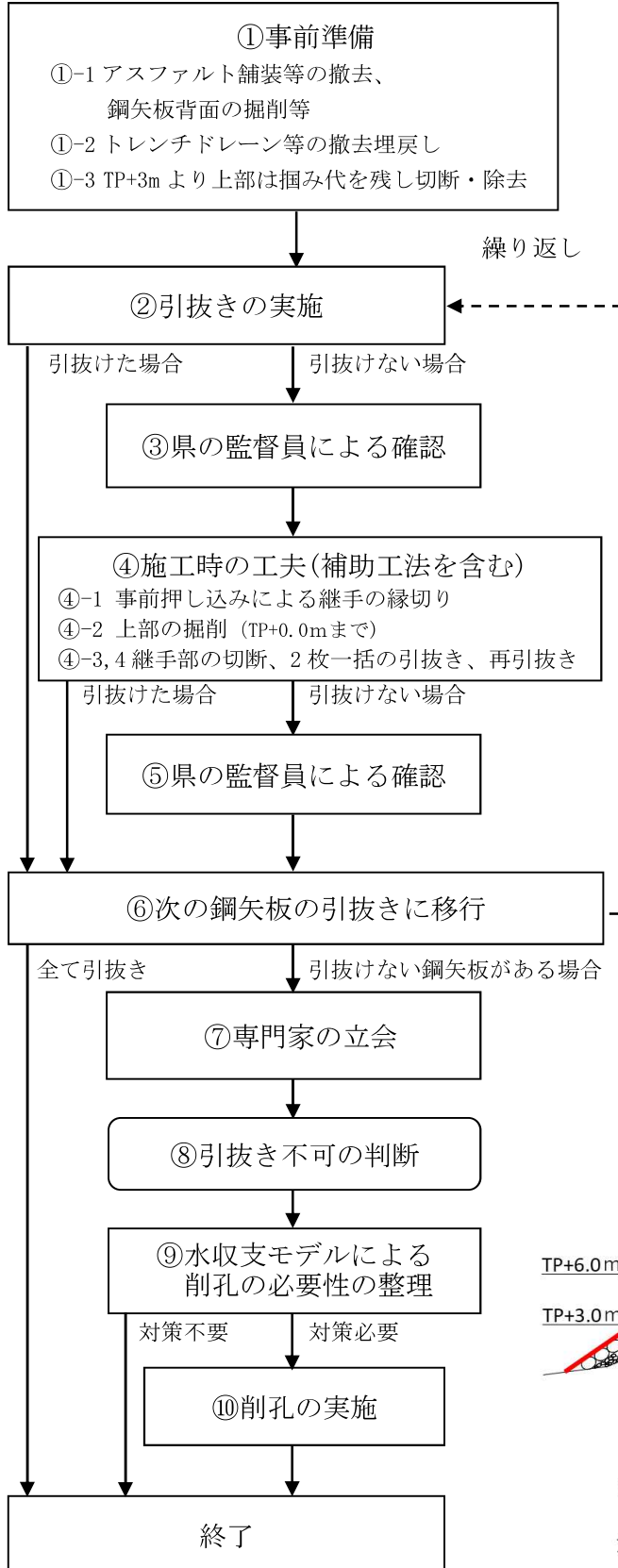


図3 引抜き・削孔併用における施工フロー

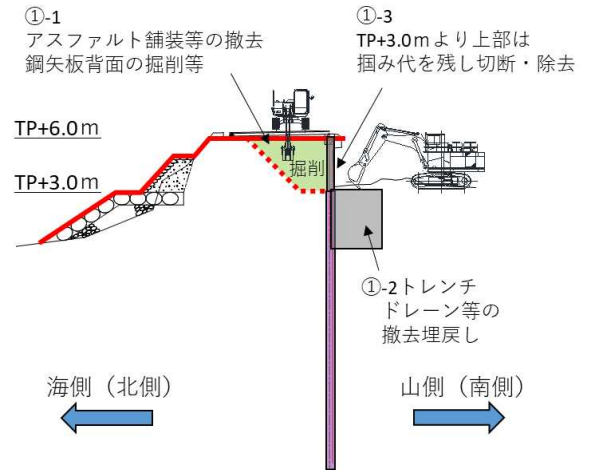


図4 事前準備のイメージ

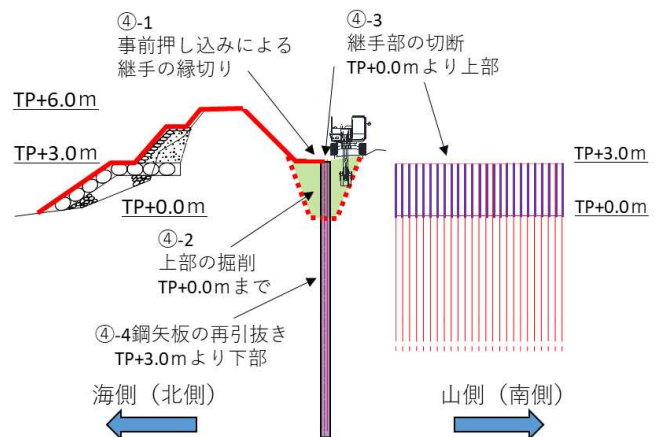


図5 施工時の工夫のイメージ

2.2 項目ごとの内容

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(掴み代)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

油圧式バイプロハンマを用いて、東西端部から引抜きを実施する。

なお、鋼矢板の引抜きにあたり、作業の安全性の確保や鋼矢板への悪影響(過度な力を加えることによる歪みや亀裂・破断等)の防止のため、次の留意事項に従い引抜きを実施するものとする。

鋼矢板引抜き時の留意事項

- (1) 引抜き部の鋼矢板耐力以下の引抜き力とすること。
- (2) 鋼矢板引抜き時には実績引抜き力を測定・記録(別紙)し、以降の引抜き力を推定すること。また、鋼矢板に必要以上の引抜き力がかからないように施工すること。

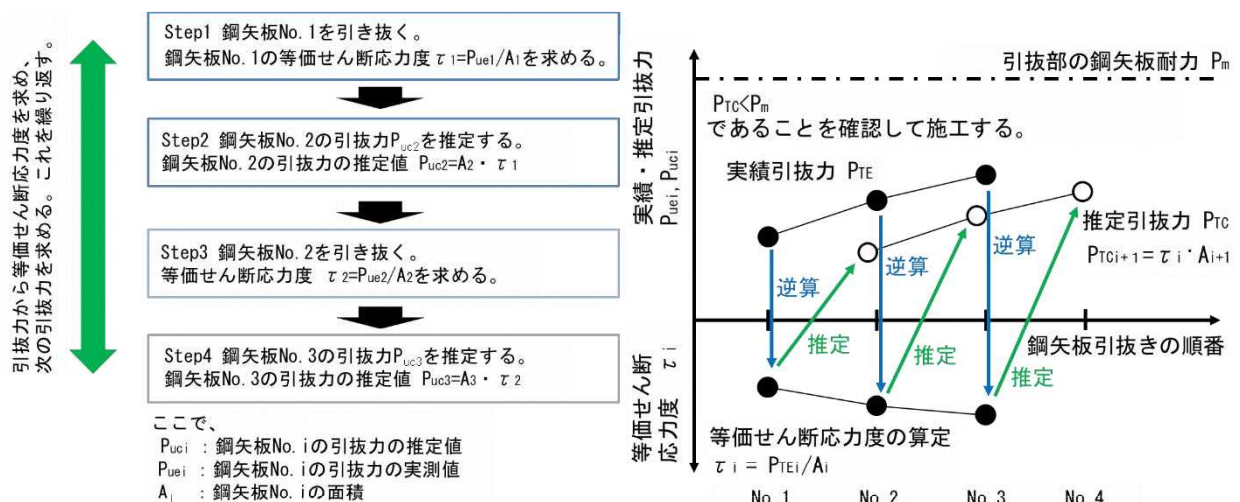


図6 引抜き力の推定方法(イメージ)

③県の監督員による確認

鋼矢板が引抜けられない場合、県の監督員は引抜き記録を確認のうえ、鋼矢板が破断しない範囲での最大引抜き力^{※1}を加えても鋼矢板が引き上がらないことを原則、目視観察^{※2}で確認し、施工時の工夫(補助工法を含む)に移る判断を行う。

※1 施工機械の最大出力未満とする。

※2 現地臨場または遠隔臨場を想定する。

④施工時の工夫（補助工法を含む）

引抜きが困難な場合の対策として、事前押し込みによる継手の縁切り（④-1）を実施のうえ、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（④-2）。その上で、露出した隣接する鋼矢板との継手部を切断し（④-3）、再度、引抜きを実施する（④-4）。

これにより、引抜き抵抗を2割程度^{※3}、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は、アタッチメントを取替えて2枚同時引抜きを行う。

※3 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。 $12/15=80\%$

⑤県の監督員による確認

施工時の工夫を行ったうえでも引抜けない場合、県の監督員は引抜き記録を確認のうえ、鋼矢板が破断しない範囲での最大引抜力を加え、10分継続しても鋼矢板が引き上がらないことを原則、目視観察で確認し、次の鋼矢板の引抜きに移行する判断を行う。

⑥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。

⑦専門家の立会

引抜けない鋼矢板がある場合、専門家が引抜き不可の状況確認を行う。なお、状況確認にあたっては、豊島住民会議の同行のうえで実施するものとする。

⑧引抜き不可の判断

専門家は、承認された工法及び選定機材により、施工フローに従い施工時の工夫（補助工法を含む）を行ったうえで、鋼矢板が破断しない範囲での最大引抜力を加え、10分継続しても鋼矢板が引き上がらないことを引抜き記録により確認のうえ、目視観察で鋼矢板が引き上がらないことを確認し、引抜き不可の判断を行う。

引抜き不可の判断を行った鋼矢板は、存置する。

⑨水収支モデルによる削孔の必要性の整理

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。

⑩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7に、ボーリングマシンによる削孔のイメージを図8に示す。

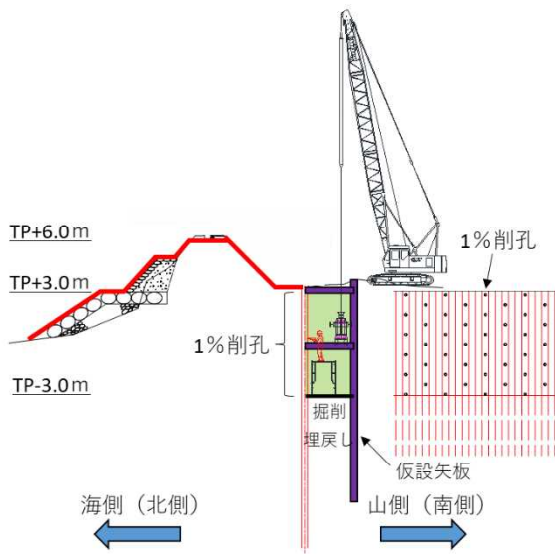


図7 削孔案のイメージ図(人力削孔)

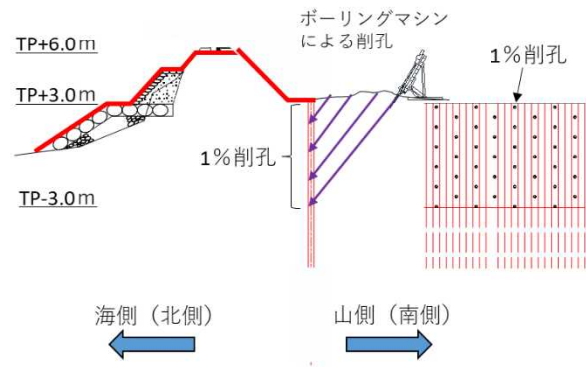


図8 削孔案のイメージ図(ボーリング削孔)

鋼矢板引抜き記録の様式例^{※1}

工事名称： _____

引抜日：令和 年 月 日

施工方法： ●●工法 (●●式) _____

工事場所：豊島処分地 _____

記録者： _____

鋼矢板番号		打込み機械	型式	
鋼矢板規格	IV型 (有効幅 400 mm)		出力	(kW)
鋼矢板長	(m)	パイプロハンマの場合	偏心モーメント	(N・m)
打込み長	(m)		振動周波数	(Hz)
推定引抜き力 (P_{TCi})	(kN)	引抜き部の鋼矢板耐力 (P_{mi})		(kN)
実績引抜き力 (P_{TEi})	(kN)	等価せん断応力度 ($\tau_i = P_{TEi}/A_i$)		(kN/m ²)

深度 (m)	時刻 (h:m:s)	引抜き累計時間 (m:s)	単位当たり時間 (m:s)	引抜き速度 (cm/s)	電流 (A)	電圧 (V)	出力 (kW)	備考
起動 ^{※2}								
1.0								
2.0								
3.0								
4.0								
...								

※1 パイプロハンマ設計施工便覧 (パイプロハンマ工法技術研究会) 鋼管杭の打込み全長の記録の様式例を準用した。

※2 深度別の記録については、起動時の記録は全枚数、それ以降については10枚につき1枚記録することとする。また、引抜き抵抗力は初期状態 (静摩擦時) が最も大きいため、起動時 (鋼矢板の動き出しの値) を実績引抜き力の算出に用いる。電流や電圧等を変化させた場合は、行を分けて記載する。