

遮水機能の解除工事における鋼矢板引抜きに関する中間報告

1 概要

遮水機能の解除関連工事については、「遮水機能の解除工事に係るガイドライン」及び「遮水機能の解除工事マニュアル」(R3. 8. 19：第 12 回フォローアップ委員会作成)に基づき、令和 3 年 11 月から令和 4 年 4 月にかけて工事を実施した。

そのうち、遮水壁鋼矢板の引抜きについては、令和 4 年 2 月から 3 月にかけての約 1 カ月間にわたり実施しており、引抜き時には実績引抜力を測定・記録したうえ、以降の引抜力を推定しながら、鋼矢板に必要以上の引抜力が生じないように施工した。ここでは、鋼矢板引抜き時の確認状況と測定記録から考察を行い、中間報告としてとりまとめた結果について報告する。

2 鋼矢板の現場条件（「遮水壁及び新設鋼矢板の引抜き工法の整理」(第 11 回 II / 2 (1) からの抜粋)

(1) 鋼矢板の設置状況

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。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 鋼矢板の打設状況の概要

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(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、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

遮水壁鋼矢板付近の地質は、別紙 2 に示すとおり、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。

(3) 腐食状況

鋼矢板の腐食状況は、別紙 3 に示すとおり、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。

3 鋼矢板引抜き時の確認状況（現場管理）

(1) 引抜力の測定・記録方法

引抜きにあたっては、「遮水機能の解除工事マニュアル」に記載のとおり、次の留意事項に基づき、実績引抜力を測定・記録し、以降の引抜力を推定しながら施工した。

なお、管理上、先ず引抜きを開始するとして西端部から、遮水鋼矢板、新設鋼矢板それぞれに No. 1, 2, 3, …と連番を振った。

鋼矢板引抜き時の留意事項（図1参照）

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

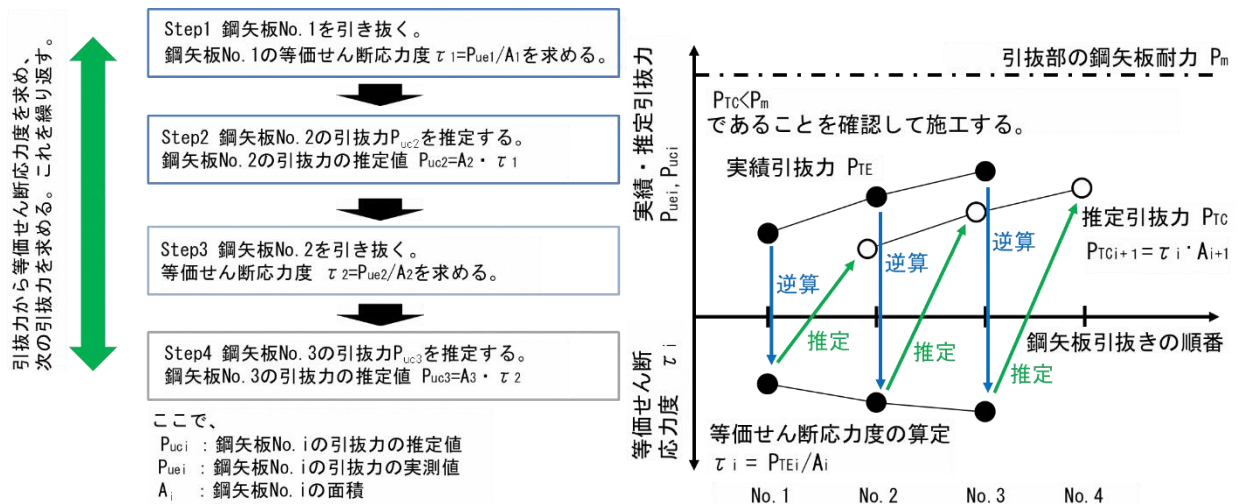


図1 引抜力の推定方法

(2) 引抜力の推定結果

i) 遮水壁袖部の引抜き初期における推定結果

遮水壁鋼矢板西側端部の鋼矢板が短い区間（No. 1～11、約 5m 区間）では、接手抵抗に比べて周辺摩擦力が小さく、継手の縁切りができずに 5, 6 枚程度が一度にとも上がりしたため、鋼矢板を切断除去しながら引き抜きを行った。また、その後の No. 12～40 付近（約 11m 区間）についても、ほとんどの鋼矢板で複数枚のとも上がりが確認されたことから、引抜力の測定及び推定が上手くできず、松島先生と協議しながら、鋼矢板のチャック部が破断しない力で、引抜きと押し込みを繰り返しながら、引抜き作業を行った。その結果、それらの区間については実績引抜力が大きく測定された（図2：左端、紫線引き出し部）。

ii) 遮水壁袖部（No. 41 以降～）における推定結果

No. 41 以降については、とも上がりが少なくなったことから、実績引抜力から推定引抜力を求めて鋼矢板が破断しないことを推定するなど、安全面に留意しながら現場管理を行った。

測定した実績引抜力は、接手抵抗を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）で示された算出方法に基づく値（以下、「一般値」という。）（図2：水色点線）から、止水材を考慮した値（図2：橙色点線）の中間程度が計測され、概ね想定どおりの結果となった。

この結果から推測すると、遮水壁の最大長である L=18m 区間でもパイプロハンマによる引

抜きが可能であると確認できたため、引き続き引抜力を推定しながら、作業を続けた。
 遮水壁袖部の引抜き初期における実績引抜力と推定引抜力の関係を図2に示す。

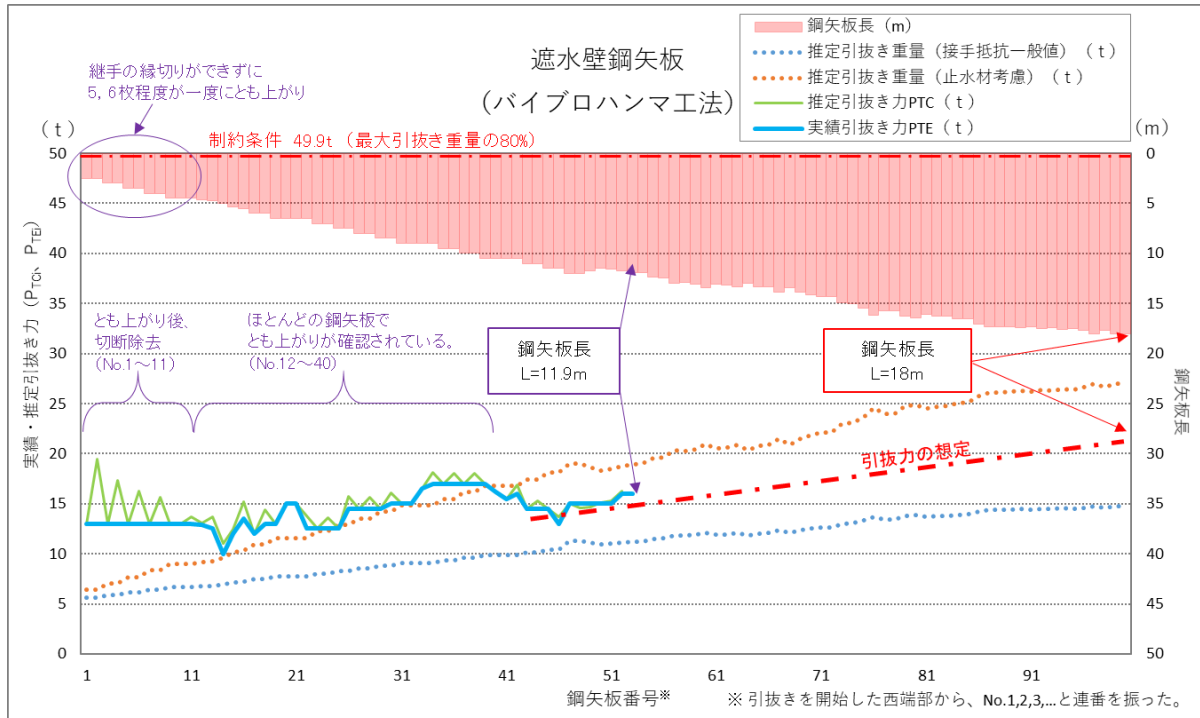


図2 遮水壁袖部の引抜き初期における実績引抜力と推定引抜力の関係

iii) 遮水壁の最大長 (18m) 区間での引抜き初期における推定結果

遮水壁の最大長 (18m) となる No. 97 以降の区間について、実績引抜力を確認した結果、引抜き初期の推定より小さい値となり、一般値におけるバイプロハンマによる低減効果を約 1/2 倍 (砂層 10% 及び粘土層 20% に低減: 図3: 紫色点線) にした場合とよく似た値を示した。この結果から、以降もバイプロハンマによる引抜きが可能と推定できた。

最大長 (18m) 区間の引抜き初期における実績引抜力と推定引抜力の関係を図3に示す。

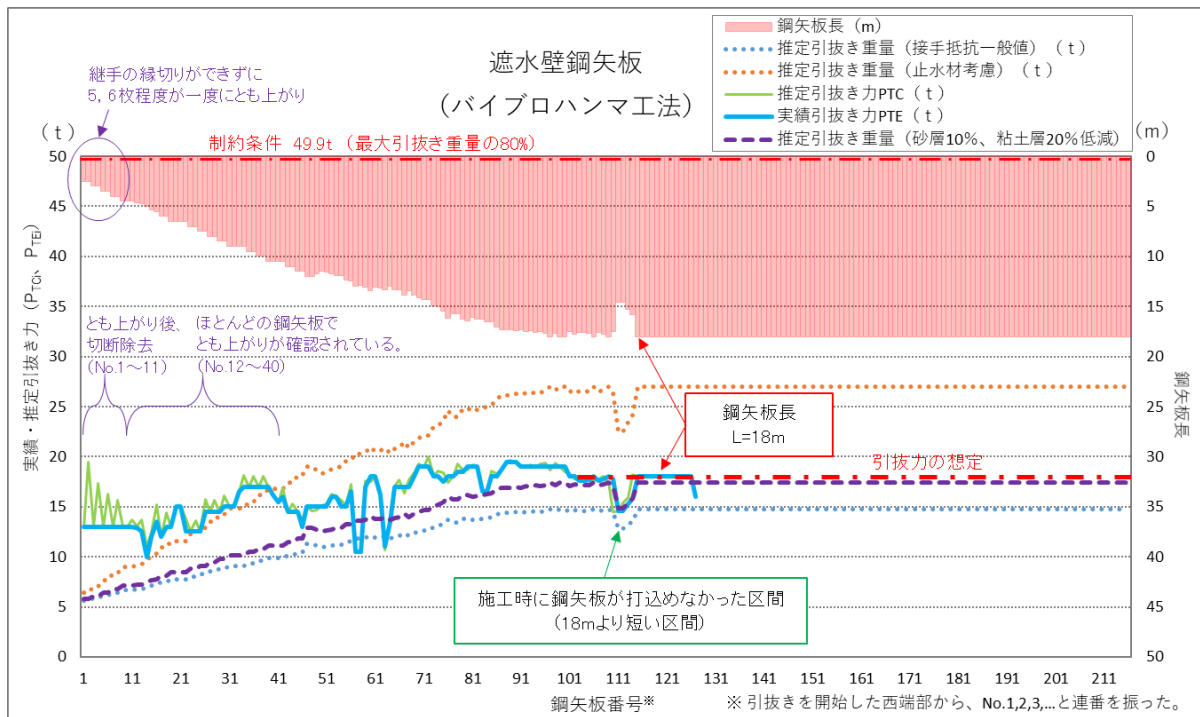


図3 遮水壁の最大長 (18m) 区間での引抜き初期における実績引抜力と推定引抜力の関係

4 鋼矢板引抜き時の測定結果と考察

引抜きの可能性について想定しながら現場管理を行う中で、バイブロハンマによる鋼矢板引抜きの見通しがたったことから、「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」において比較対象とした油圧圧入引抜き工法（サイレントパイラー）についても試験的に適用し、データを取得して測定結果と考察に加えた。

バイブロハンマによる引抜き時の実績引抜力と推定引抜力の関係を図4、5、油圧圧入引抜き機による引抜き時の実績引抜力と推定引抜力の関係を図6、7、施工時の状況を写真1～6に示す。

それぞれの引抜き時の考察は、次のとおりである。

i) バイブロハンマによる鋼矢板引抜き

- ・遮水壁鋼矢板におけるバイブロハンマによる低減後の周辺摩擦力は、一般値（砂層5%、粘性土13%程度に低減）よりわずかに大きく、実績としては、砂層を10%、粘土層を20%に低減した場合に近い値となった。（図4）
- ・ほとんどの鋼矢板でとも上がりが確認された。これは、継ぎ手の抵抗力（止水材の効果や砂噛みなど）が大きかったことや、バイブロハンマの振動により隣の鋼矢板の周辺摩擦力も低減されたため、引抜き時に接手部分が離れず、発生したものと推察される。
- ・接手部分が離れず、複数枚が一度に引き上がることにより、クレーンや鋼矢板のチャック部に高負荷がかかることを避けるため、押し込みによる継手の縁切りやバイブロハンマによる振動を十分かけたうえで継ぎ手の抵抗力を下げるよう、現場で対策を行った。なお、接手の抵抗力の低下には、振幅を大きくするより、周波数を上げる方が効果的であった。また、引抜き時における止水材の状態を確認したところ、振動による摩擦により液状化又は気化しており、その結果、接手の抵抗力が低減されたものと推察される（写真5）。
- ・新設鋼矢板の実績引抜力は一般値より小さく、遮水壁鋼矢板に比べて容易に引抜けた。これは、経過年数が短いことに加え、土砂や岩盤層を掘削した後に立て込んだことから、鋼矢板周辺の土砂が砂礫質となり、周辺摩擦力が低かったものと推察される（図5）。

ii) 油圧圧入引抜き機による鋼矢板引抜き

- ・遮水壁鋼矢板では、大部分で一般値や止水材を考慮した計算値より大きな引抜力が必要となった。この結果から、油圧圧入引抜き機では、継ぎ手の抵抗力（止水材の効果や砂噛みなど）大きかったものと推察される（図6）。
 - ・鋼矢板側面に溶接された金具により、油圧圧入引抜き機内に鋼矢板を通せず、引抜きが困難となり、バイブロハンマによる引抜きを行う必要が生じた箇所があった。（写真6）
- 以上から、止水材を塗布した遮水壁鋼矢板の引抜きにおいては、バイブロハンマによる引抜きが適していたものといえる。
- ・新設鋼矢板では、実績引抜力は一般値より小さく、遮水壁鋼矢板に比べて容易に引抜けた。計算値と実績引抜力の関係もバイブロハンマと類似しており、違いは確認できなかった（図7）。

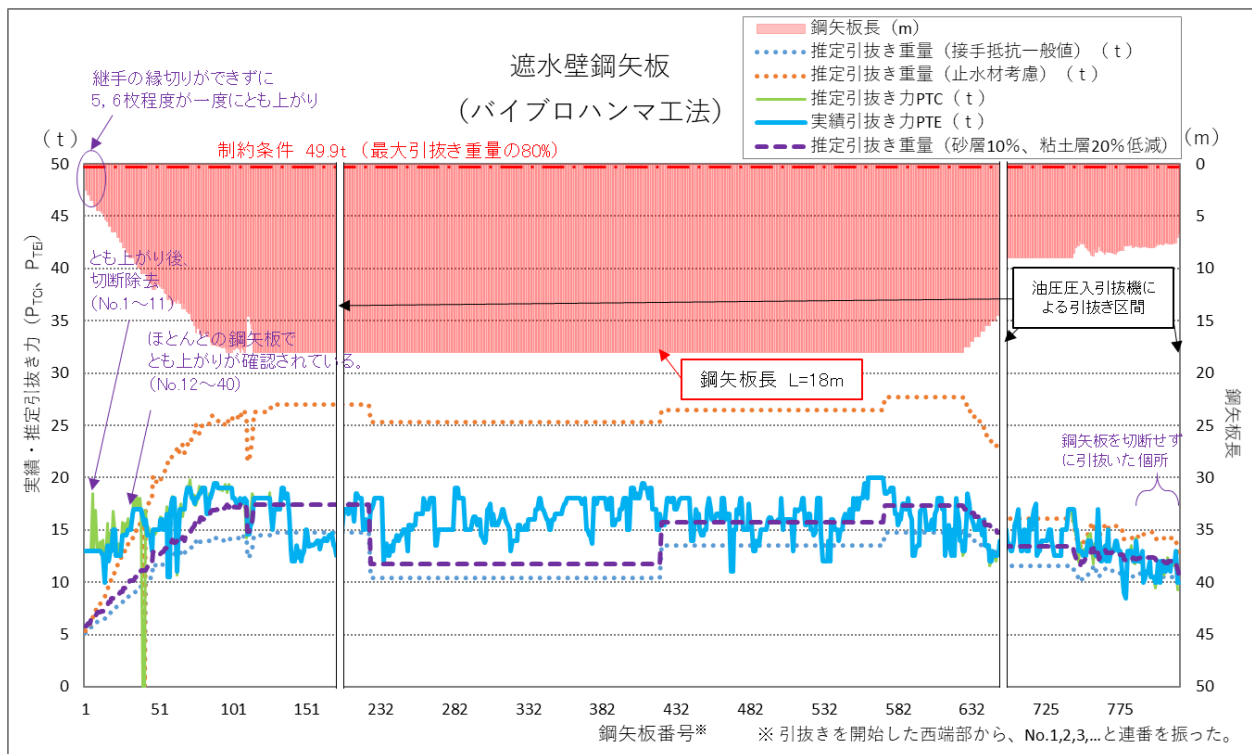


図4 バイブロハンマによる引抜き時の実績引抜き力と推定引抜き力の関係 (遮水壁鋼矢板)

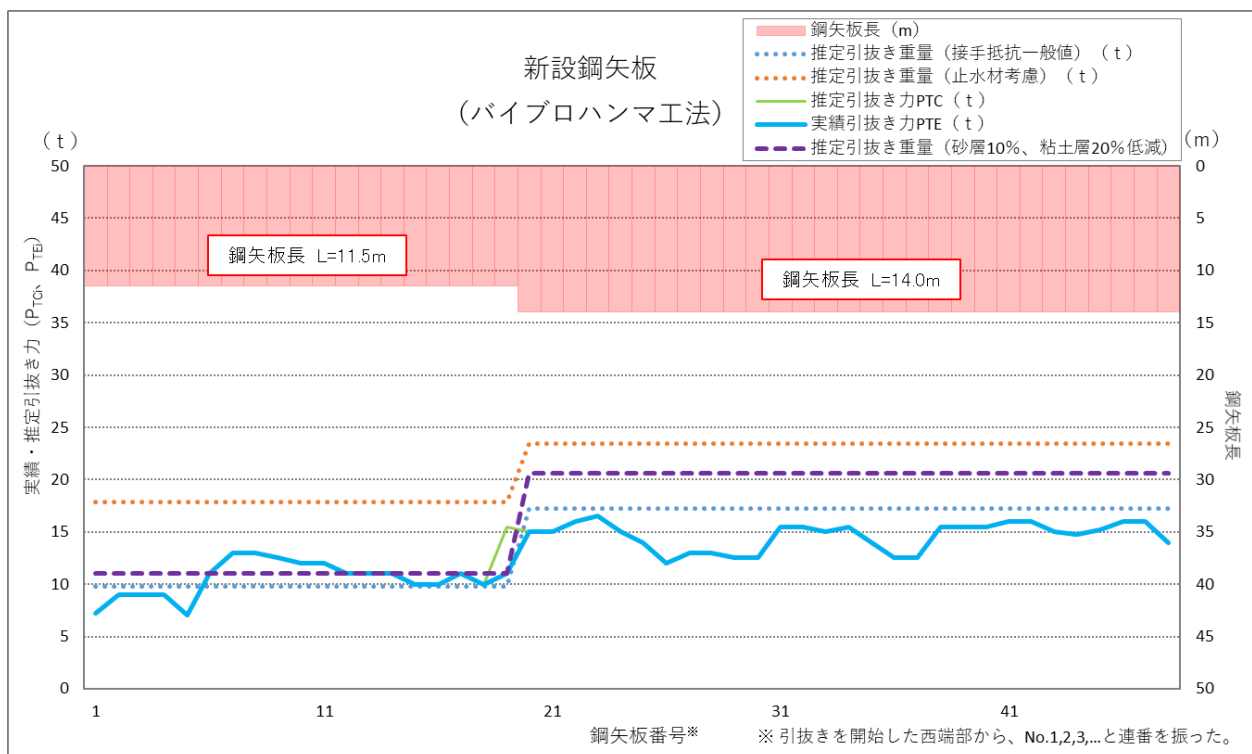


図5 バイブロハンマによる引抜き時の実績引抜き力と推定引抜き力の関係 (新設鋼矢板)

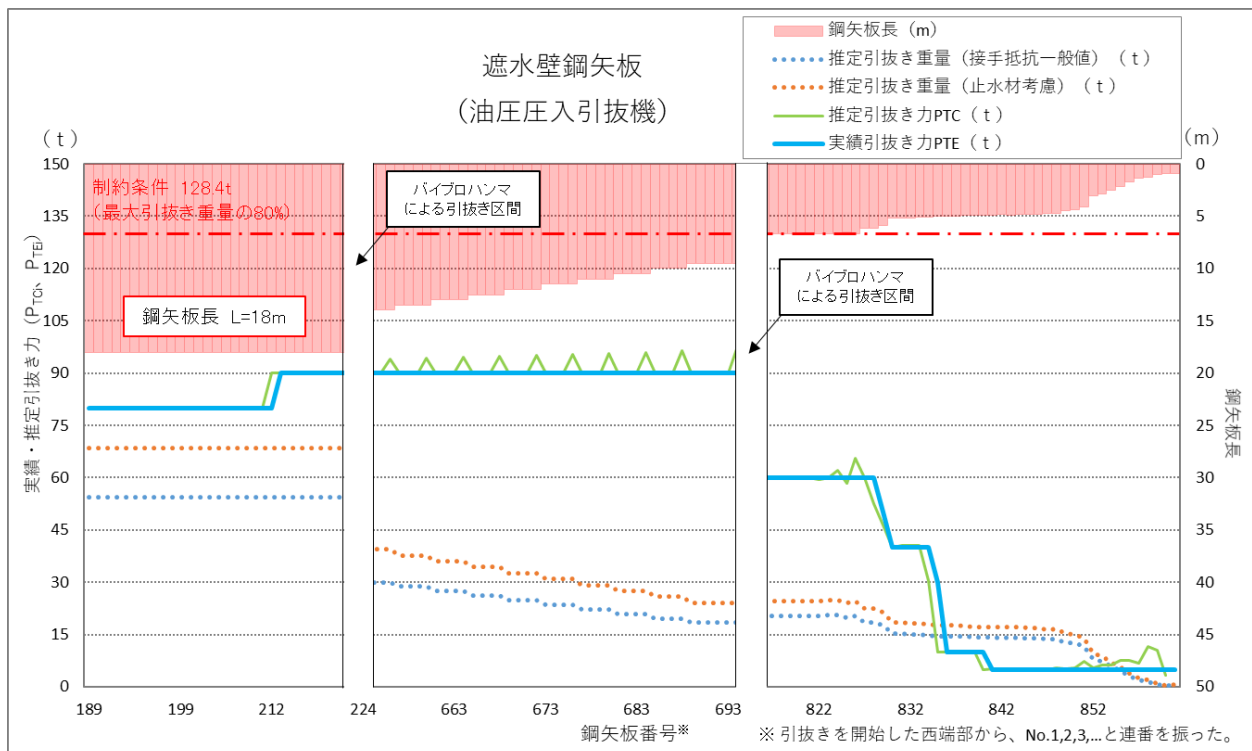


図6 油圧圧入引抜機による引抜き時の実績引抜き力と推定引抜き力の関係 (遮水壁鋼矢板)

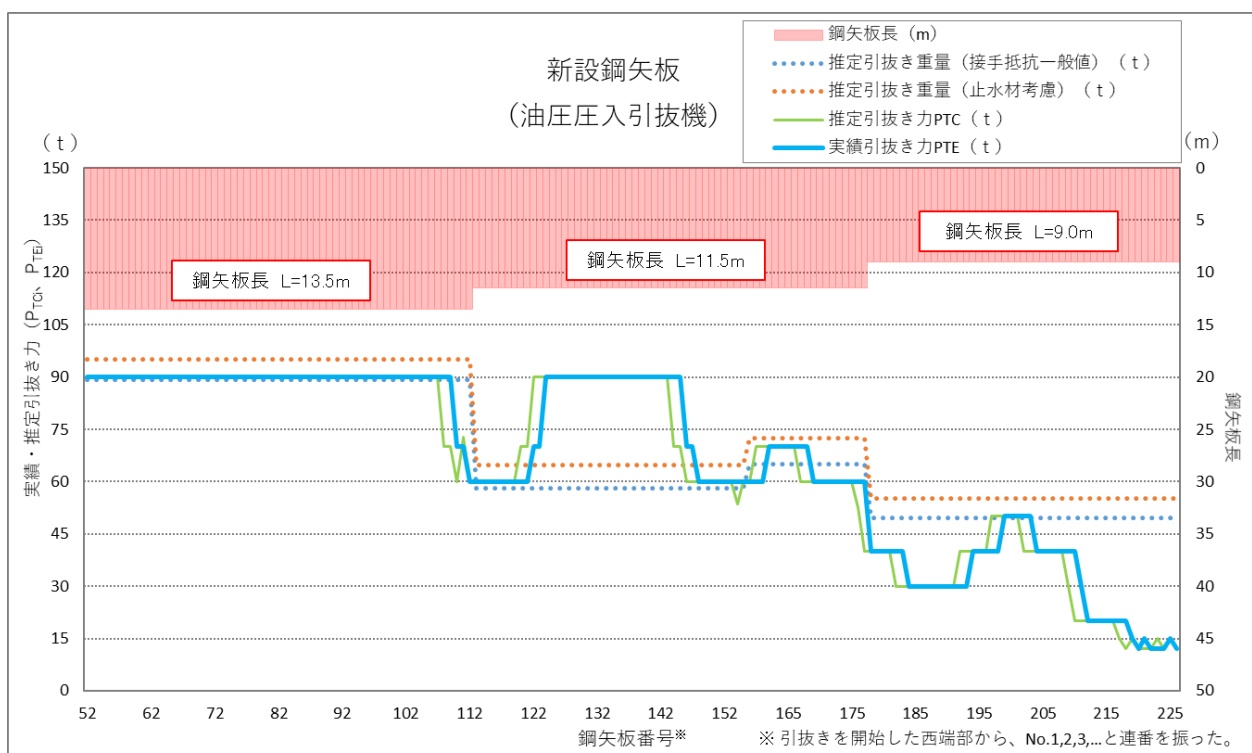


図7 油圧圧入引抜機による引抜き時の実績引抜き力と推定引抜き力の関係 (新設鋼矢板)



写真1 バイブロハンマによる引抜き状況



写真2 油圧圧入引抜機による引抜き状況



写真3 引抜き後の確認状況1 (バイブロハンマ)



写真4 引抜き後の確認状況2 (バイブロハンマ)



写真5 引抜き時の止水材の気化状況



写真6 鋼矢板側面に溶接された金具

5 まとめ

以上の結果から、設置後約20年が経過し、止水材を塗布した鋼矢板であっても、腐食が進行していなければ、引抜くことが可能であることが明らかとなった。

なお、本件のように止水材が塗布され、打設後約20年が経過しているなどの特殊な条件の鋼矢板については、経年変化や継ぎ手の抵抗力(止水材の効果や砂噛みなど)が大きいことが想定されるため、機材の選定にあたっては、計算値より大きな機材を選定することが望ましいと考える。

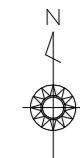
また、WGにおいて比較対象としたバイブロハンマ工法、油圧圧入引抜工法ともに鋼矢板を引き抜くことが可能であったが、鋼矢板の地中部に突起物が溶接されていたため油圧圧入引抜機による引抜きが困難であったことや、引抜力の余裕しろから、WGで選定したバイブロハンマ工法の方が本件処分地の引抜きに適していたことが確認できた。

今後、工法など工事前に実施した検討の結果や工事の実施状況、計測の結果等の整理を進め、遮水機能の解除工事の報告書として審議いただく。

平面図

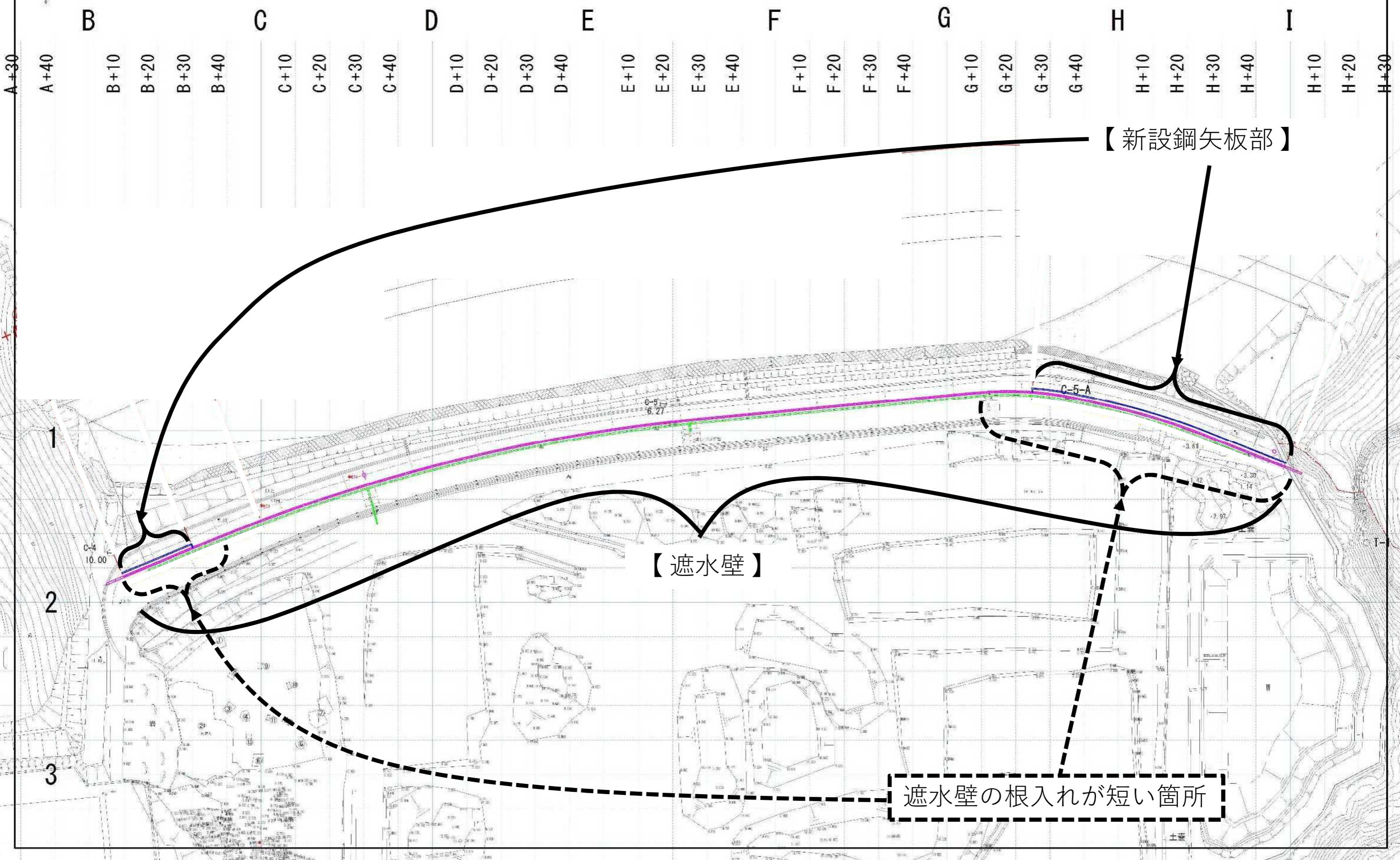
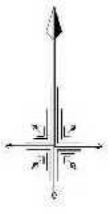
遮水壁

瀬戸内海



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
測量年月日	
会社名	
事業者名	

北海道遮水壁
廃棄物掘削計画平面図
(S=1/1000 A3)



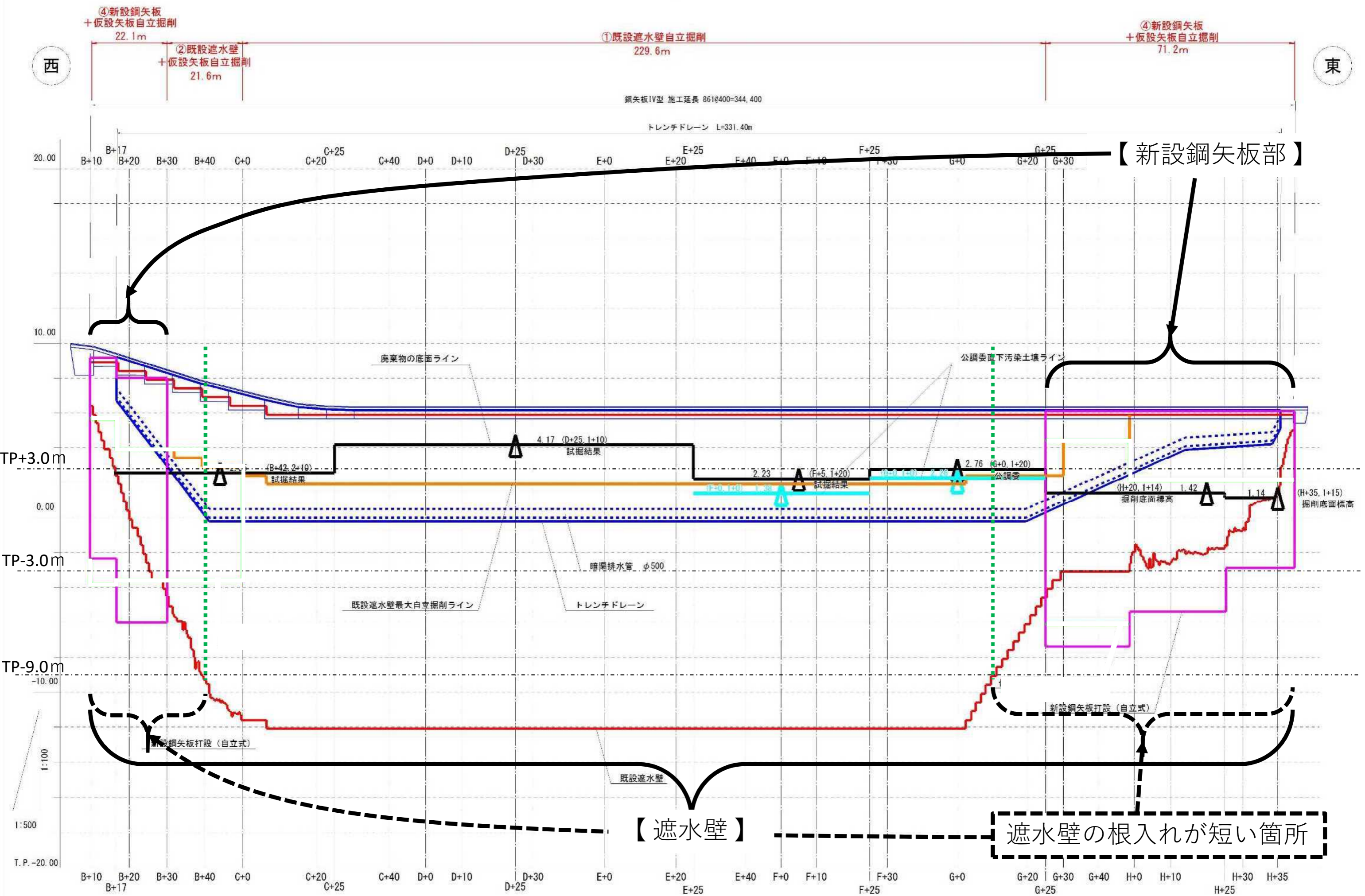
【新設鋼矢板部】

【遮水壁】

遮水壁の根入れが短い箇所

土壌

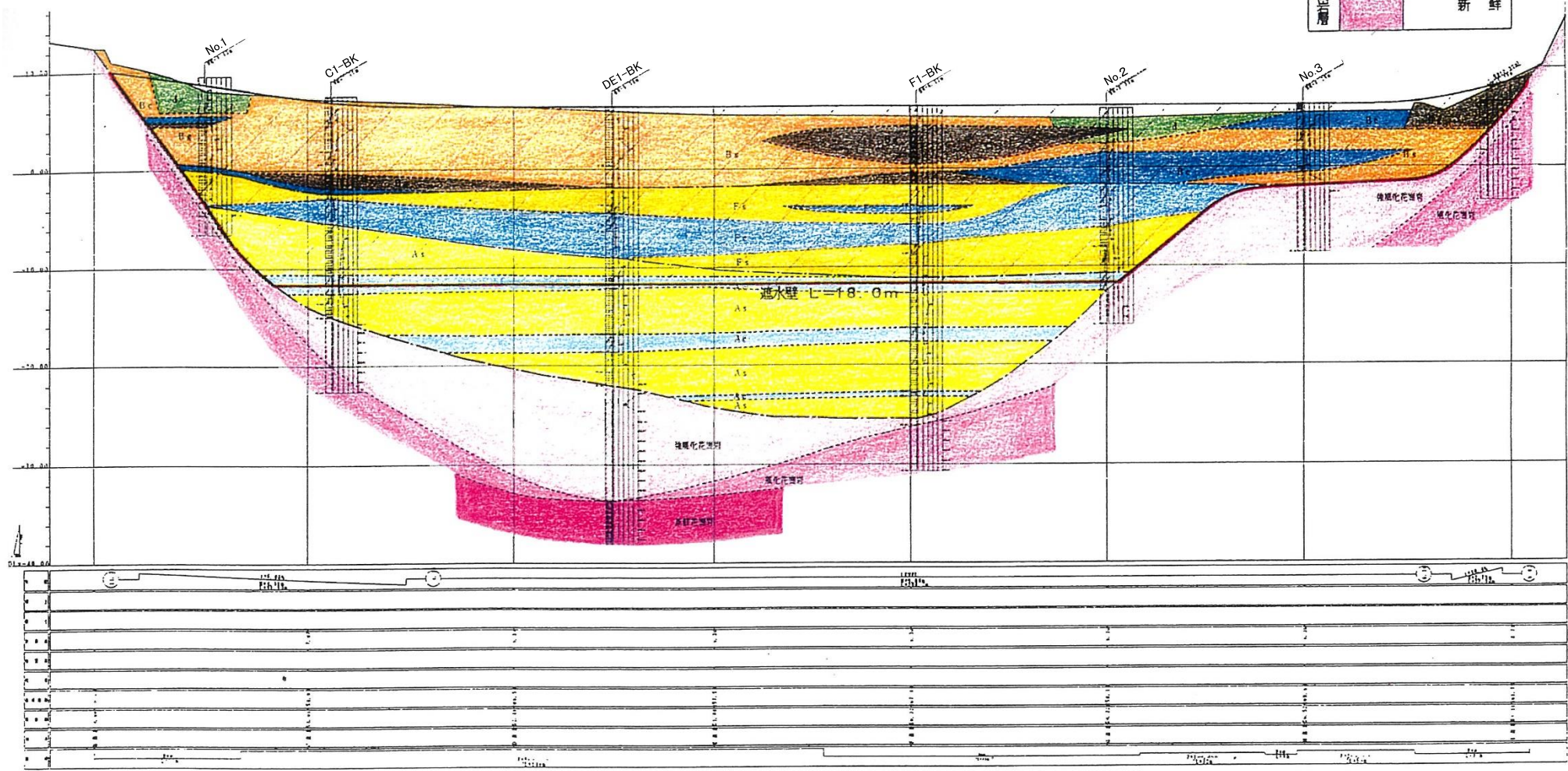
北海岸遮水壁展開図 廃棄物掘削計画



記号	主な構成物
d	シュレック-ダスト
s	鉱さい
a	燃え殻
Bc	粘性土
Bs	砂質土
Bx	砂礫
Fc	粘性土
Fs	砂質土
Fg	砂礫
As	砂質土
Ac	粘性土
Gr	強風化 新鮮

図-2.5 地質断面図(北海岸の遮水壁)

縮尺：H≒1/1540, V≒1/615



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)			15.15			
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)			14.40			
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)			14.88			



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)