島しょ５村６島情報通信基盤強靭化検討委員会

報告書

令和４年 12 月

島しょ５村６島情報通信基盤強靭化検討委員会

はじめに

超高速ブロードバンドサービスは、地理的に制約が多い離島の生活にとって必要不可欠なものであり、これを支える海底ケーブルは基幹的なインフラ施設となっている。伊豆諸島のうち利島、新島、式根島、神津島、御蔵島及び青ケ島の 5 村 6 島について、都は海底ケーブルの整備を進め、維持管理している。

平成 29 年度の御蔵島と神津島以降、順次サービスが提供されてきたが、海底ケーブルは波浪により四回損傷し、特に令和元年年末には大規模な通信障害が発生した。このことから、都は令和 3 年に「インターネット環境改善事業検証委員会」を設置し、これまでの通信基盤整備事業を検証するとともに、今後の海底ケーブル強靭化の検討を行った。検証委員会からは、「利島、御蔵島で海底ケーブルが海底から陸上に揚がる陸揚部の強靭化が必要」との提言を受けた。このため令和 4 年、都は更なる調査検討を進めるため、学識経験者等からなる「島しょ 5 村 6 島情報通信基盤強靭化検討委員会」（以下「本委員会」という）を設置した。

本委員会では、詳細な現地調査の結果や、文献調査による推定を基に、検証委員会から提示された 4 つの案を検討した。詳細調査の結果を踏まえた議論により様々な角度から検討の深度化を図り、利島、御蔵島で島ごとの陸揚対策案を選定した。

陸揚対策の実施にあたっては、島特有の事情により時期や箇所が限られるなど困難な面も予想されるが、今後、各島の村役場をはじめ、関係機関と適切に協議調整を実施されたい。その上で、両島の海底ケーブル陸揚部の強靭化が早期に実現されることを期待する。

結びに、本委員会は新型コロナ禍でリモート開催等の制約を受ける中行われたが、活発な議論を交わしていただいた委員の皆様に感謝を申し上げます。

島しょ 5 村 6 島情報通信基盤強靭化検討委員会　委員長

目 次

第一章 島しょ５村６島情報通信基盤強靭化検討委員会における検討内容 1
１.１ 検討内容とスケジュールについて 1
１.２ 検討対象 2
第二章 検討方法の整理 3
２.１ 基本的な進め方 3
２.２ 現地詳細調査内容 4
２.３ 現地調査範囲（利島） 5
２.４ 現地調査範囲（御蔵島） 6
第三章 利島現地調査結果 7
３.１ 地質調査結果 7
３.２ 海洋調査結果 13
第四章 利島における工法適用の検討結果 17
４.１ 弧状推進工法（HDD 工法） 17
４.２ 立杭＋水平推進工法 19
４.３ 防波堤等利用 20
４.４ 安定エリアへの設置 22
４.５ 比較検討結果 25
第五章 御蔵島現地調査結果 26
５.１ 地質調査結果 27
５.２ 海洋調査結果 31
第六章 御蔵島における工法適用の検討結果 34
６.１ 弧状推進工法(HDD 工法) 34
６.２ 立杭＋水平推進工法 36
６.３ 防波堤等利用 37
６.４ 安定エリアへの設置 39
６.５ 比較検討結果 40
第七章 今後の取組の進め方 42
７.１ 基本的考え方 42
７.２ 関係機関との協議調整 42

第一章 本委員会における検討内容

１.１ 検討内容とスケジュールについて

高速通信網が整備されていなかった島しょ５村６島(利島、新島、式根島、神津島、御蔵島及び青ヶ島)のインターネット等利用環境の改善に向けて、都は、海底光ファイバーケーブル(以下「海底ケーブル」という)の整備を平成 28 年度から開始した。その結果、令和元年度末には５村６島全島でのブロードバンド化を完了した。一方、５村６島は外洋に直接面しており、波浪による影響を受けるため、海底ケーブルの損傷がこれまでに複数回発生している。

こうした状況を踏まえ、都は、島しょ５村６島情報通信基盤整備事業全体を検証し、現状の課題を把握した上で短期対策の必要な箇所の特定及び対策工法の検討を目的として、有識者を交えた「インターネット環境改善事業検証委員会」を令和３年３月に設立した。検証委員会からは、「通信環境の安定性向上に向けた対策は優先順位を定めて実施していくことが肝要であり、過去の通信障害事例を踏まえると利島及び御蔵島における海底ケーブル陸揚部の対策を優先的に進めるべきである。」「対策工法の確定には更なる調査検討が必要であり、対策工法に特化した専門家を交えた新たな検討の場を設けるべき」との提言を受けた。

そこで、本委員会を令和４年４月に設立し、以降、５回の本委員会において、現地詳細調査結果を確認し、対策工法案について適用の可能性の検討を行ってきた。本報告書は、利島及び御蔵島における海底ケーブル陸揚部の強靭化対策の検討結果を取りまとめるものである。

表 1.1.1 本委員会における検討内容

開催回	開催日	検討内容
第１回	令和４年４月 18 日	・現地詳細調査内容の確認 ・各対策工法の検討項目
第２回	令和４年５月 27 日	・現地詳細調査の実施状況 ・各対策工法の検討状況
第３回	令和４年６月 23 日	・現地詳細調査の確認(速報) ・各対策工法の適用可否の検討
第４回	令和４年７月 28 日	・現地詳細調査の確認(取りまとめ) ・対策工法の確定
第５回	令和４年９月 21 日	・本委員会報告書(案)

1.2 検討対象

本委員会の検討対象は、利島と御蔵島の海底ケーブル陸揚部となる。検討対象を図 1.2.1 に示す。

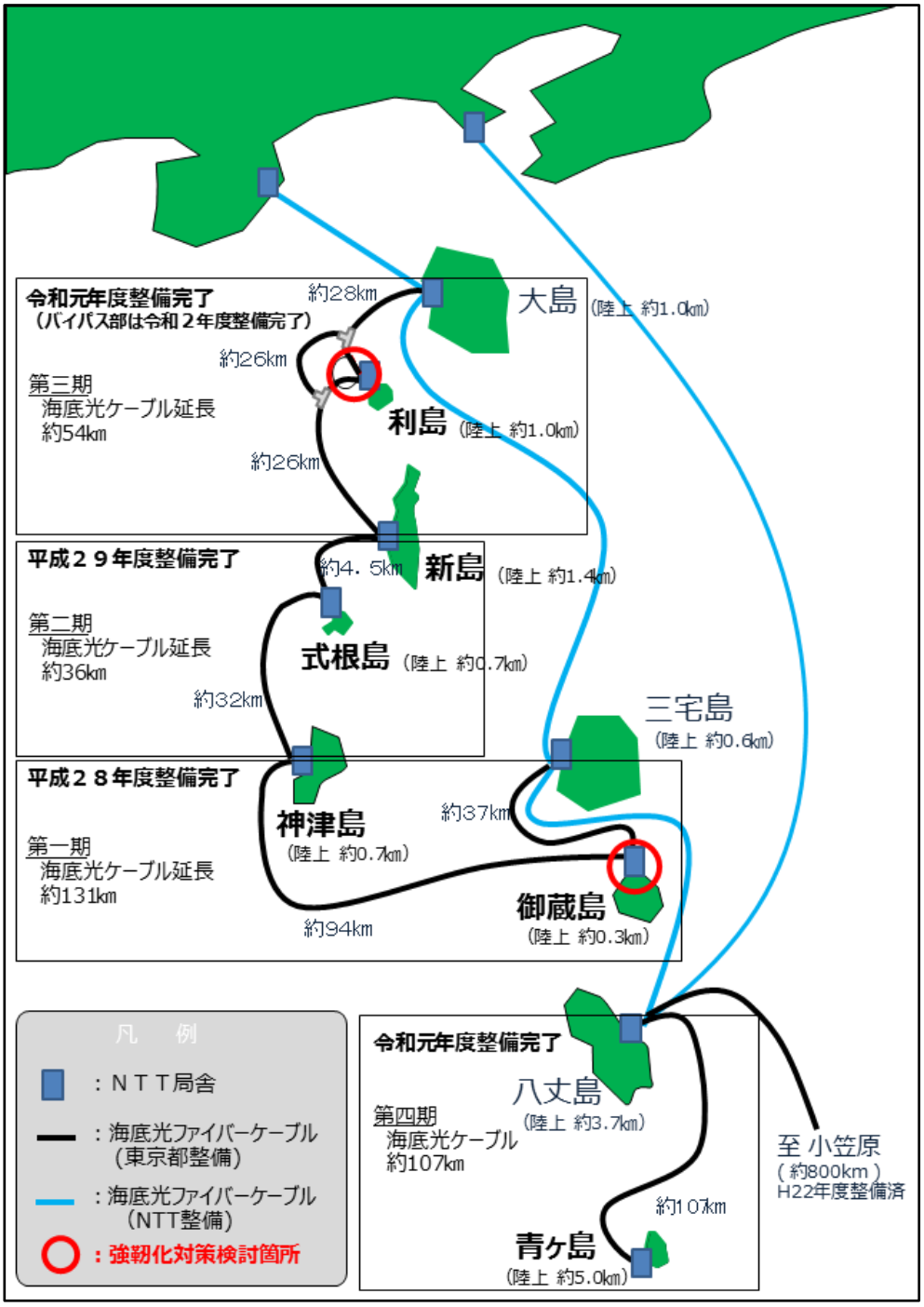


図 1.2.1 検討対象

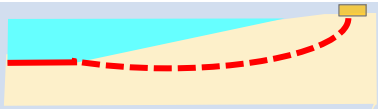
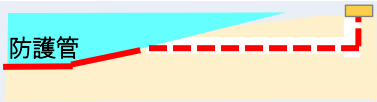
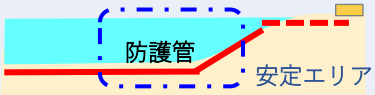
第二章 検討方法の整理

２.１ 検討の基本的な進め方

昨年度実施した検証委員会において利島・御蔵島の海底ケーブル陸揚部の対策として、①弧状推進工法（HDD 工法)、②推進工法、③港湾施設(防波堤)等利用、④港湾区域内(安定エリア)への敷設の４案が提示された。対策工法案の概要を表 2.1.1 に示す。

対策工法案から各島に適した対策案を選定するためには、陸揚げ候補地周辺の地盤の状況や海底ケーブルを敷設する海底面の地形などの調査結果が必要である。このため、現地での詳細な調査を実施し、調査結果や設計の成立性を踏まえたうえで、対策工法の適用の可否について検討し、適用工法を選定する。検討フローを図 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 対策工法案の概要

概略図	概要
	**弧状推進工法（HDD 工法）**：HDD 掘削推進機械によりトンネルを弧状に掘削しケーブル管路を構築
	**立坑＋水平推進工法**：陸上に立坑を設け立坑内から推進機械によりトンネルを掘削し管路を構築
	防波堤等利用案：水深 20m程度のところから防波堤等の港湾施設にケーブルを取付けて陸に揚げる
	**安定エリアへの設置**：砂地、泊地等への安定エリアへ埋設する。ただし、泊地では一定の埋設が必要

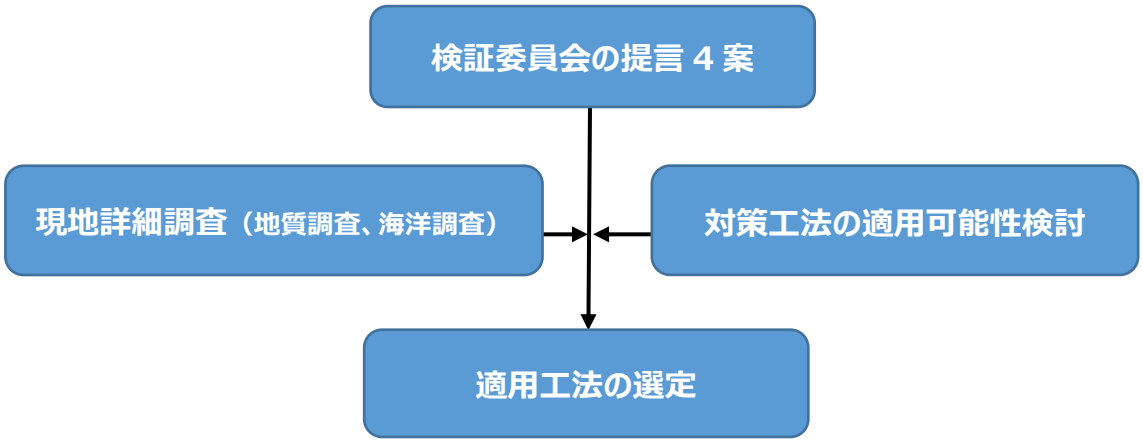


図 2.1.1 検討フロー

２.２ 現地詳細調査内容

令和３年度には、検証委員会にあわせてボーリング調査及び海洋調査を実施した。令和４年度は、陸上及び海洋での調査範囲を広げるとともに表面波探査や海底音波探査といった調査項目を追加し、現地の詳細調査を実施した。

２.２.１ 地質調査

地質調査は、想定される施工箇所周辺の地質構造、地層ごとの物性値を把握するため、以下の調査を実施した。

①ボーリング調査及び標準貫入試験(調査①)

ボーリング調査により、陸上の地質、層厚、N 値等を調査し、柱状図を作成

②表面波探査(調査②)

表面波探査は起振機等で人工的に発生させた振動による表面波の地中を伝わる速さを受信機で測定し、解析することにより地盤の硬軟や地層境界を求める。なお、測定結果はＳ波(せん断波)速度(m/s)の分布で示される。想定される施工箇所周辺を探査し、ボーリング調査結果を線的に補完

③採取試料による室内試験

物理試験として、土粒子の密度試験、土の含水比試験、土の粒度試験、土の粒径から透水係数の推定

力学試験として、一軸圧縮試験

２.２.２ 海洋調査

海洋調査は、海底地盤の水深や底質、転石の状況、海底の地層境界を把握するため、以下の調査を実施した。

①マルチビーム測深機及びグリーンレーザー測量(調査③)

調査船にマルチビーム測深機を艤装し、海底の水深及び形状を点群データで取得

海岸線付近で調査船の近づけない水深５m以浅の海域は、ドローンを用いてグリーンレーザー測量にて点群データを取得

②サイドスキャンソナーによる海底探査(調査④)

調査船にサイドスキャンソナーを艤装し、底質分布、転石の密度及び粒径の分布を計測

③海底音波探査(調査⑤)

調査船に曳航した発振器から音波を発振し、海底面で反射した音波を受振し、地層境界を推定

2.3 現地調査範囲（利島）

調査範囲の考え方として、海底ケーブルの陸揚げには重機を用いた作業が必要であり、工事には一定規模の作業ヤードが必要となる。このため、海岸付近で作業できる範囲は利島港付近に限られることから、港付近を調査範囲とした。利島調査範囲案内図及び利島港周辺写真を図 2.3.1 に、現地調査図(利島)を図 2.3.2 に示す。

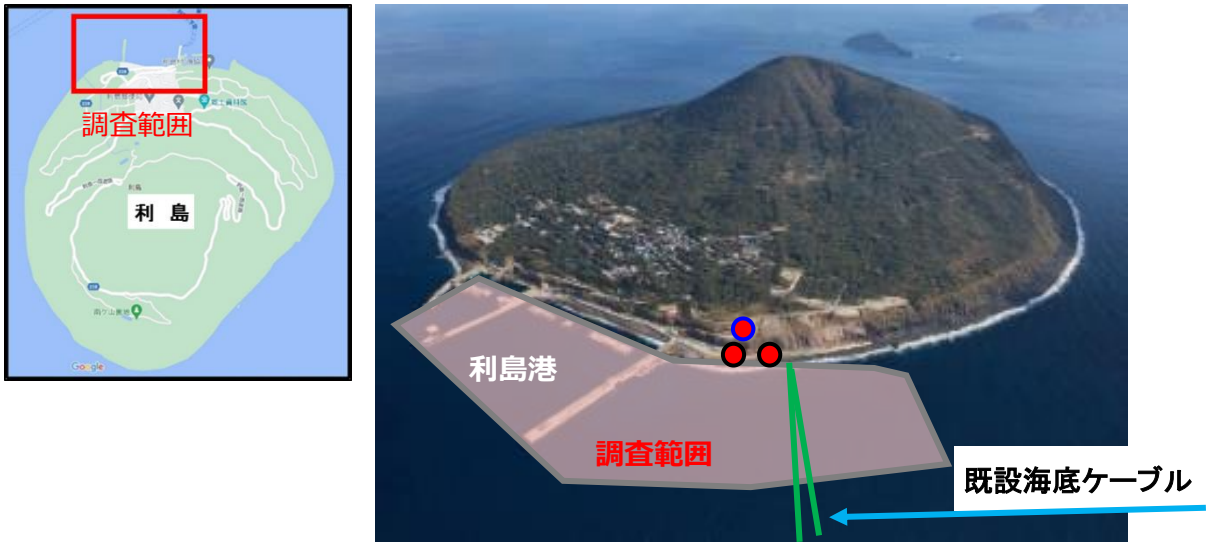


図 2.3.1 利島調査範囲案内図及び利島港周辺写真

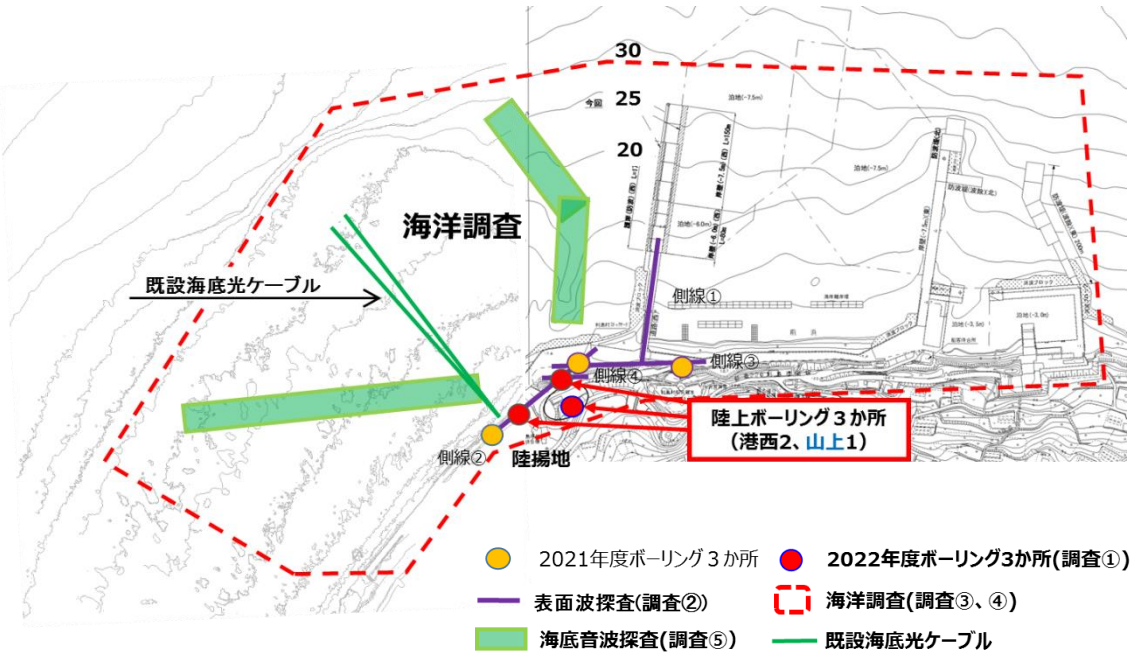


図 2.3.2 現地調査図（利島）

２.４ 現地調査範囲（御蔵島）

調査範囲の考え方として、海底ケーブルの陸揚げには重機を用いた作業が必要であり、工事には一定規模の作業ヤードが必要となる。このため、海岸付近で作業できる範囲は御蔵島港付近に限られることから、港付近を調査範囲とした。御蔵島調査範囲案内図及び御蔵島港周辺写真を図 2.4.1 に、現地調査図(利島)を図 2.4.2 に示す。

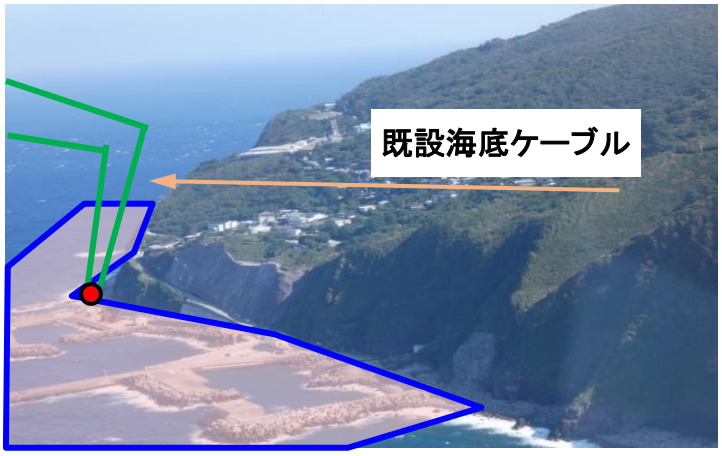


図 2.4.1 御蔵島調査範囲案内図及び御蔵港周辺写真

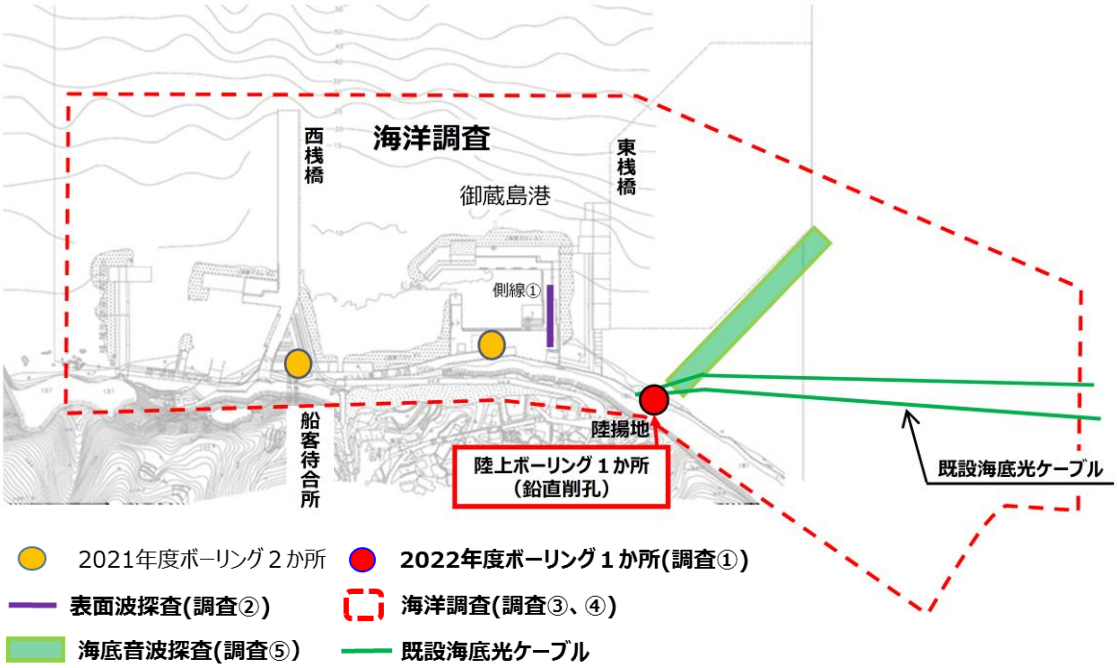


図 2.4.2 現地調査図（御蔵島）

第三章 利島現地調査結果

３．１ 地質調査結果

3.1.1 ボーリング調査結果

令和３年度及び令和４年度に実施したボーリング調査位置を図 3.1.1 に示す。各ボーリング調査結果と合わせて表面波探査結果により線的に補完した断面図を図 3.1.2～図 3.1.3 に示す。

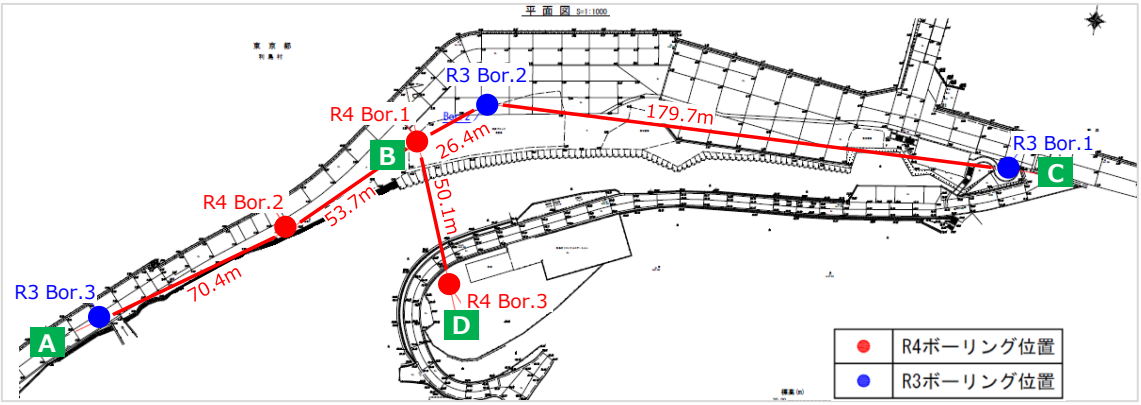


図 3.1.1 ボーリング調査位置平面図

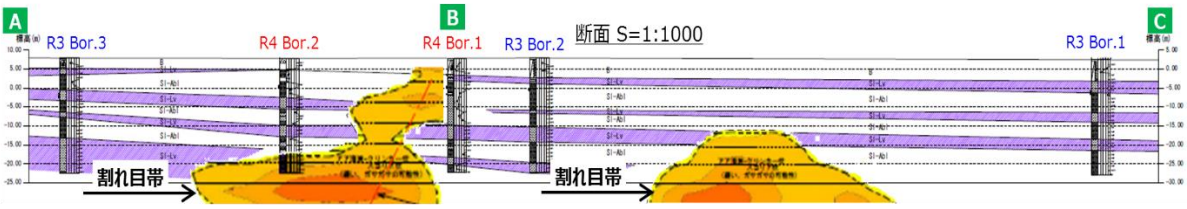


図 3.1.2 地層断面図（A-B-C 断面）

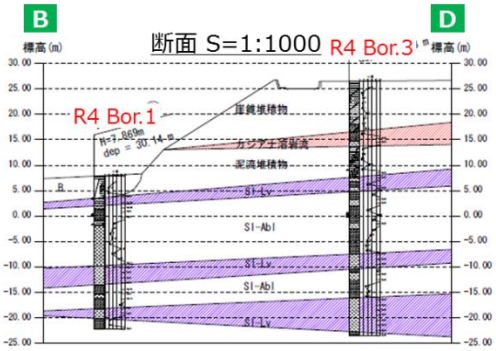


図 3.1.3 地層断面図（B-D 断面）

3.1.2 表面波探査結果

表面波探査位置の平面図を図 3.1.4 に示す。各側線における表面波探査結果を図 3.1.5～図 3.1.8 に示す。測定結果の S 波速度と推定地質の関係を表 3.1.1 に示す。

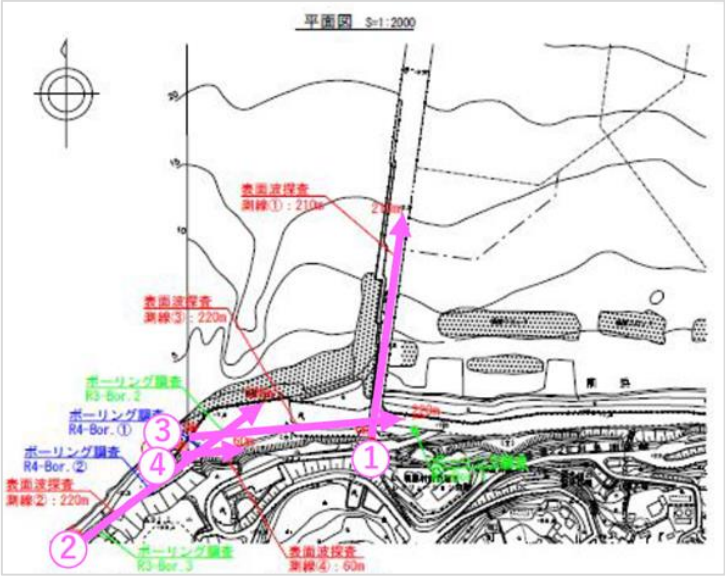


図 3.1.4 表面波探査位置の平面図

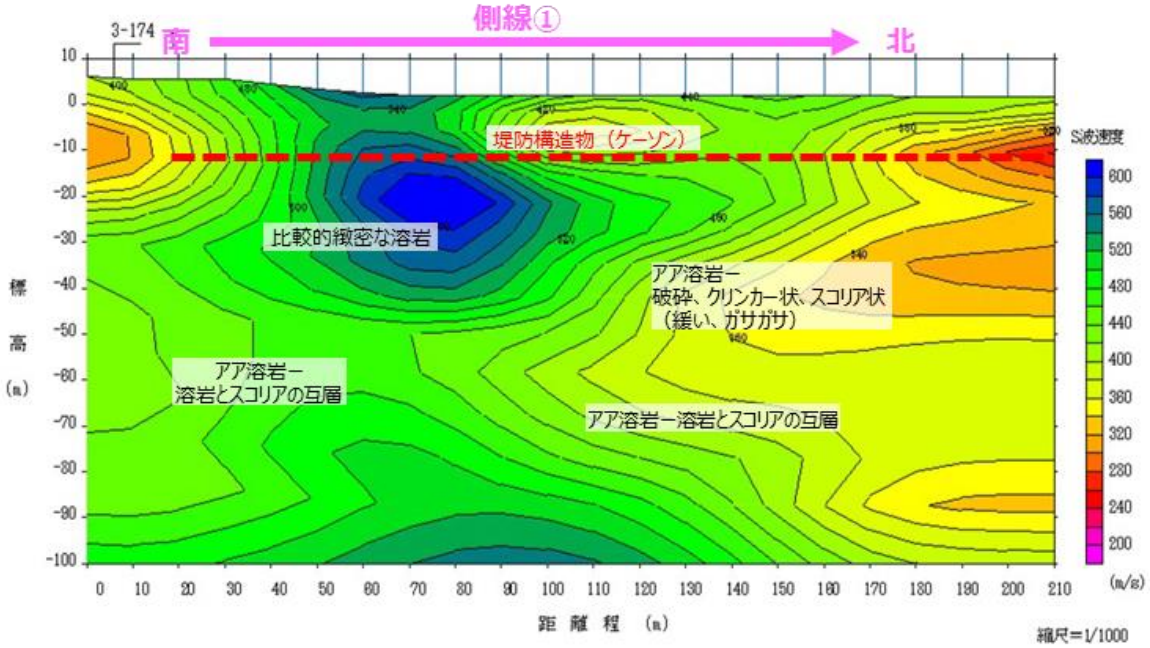


図 3.1.5 表面波探査結果（側線①）

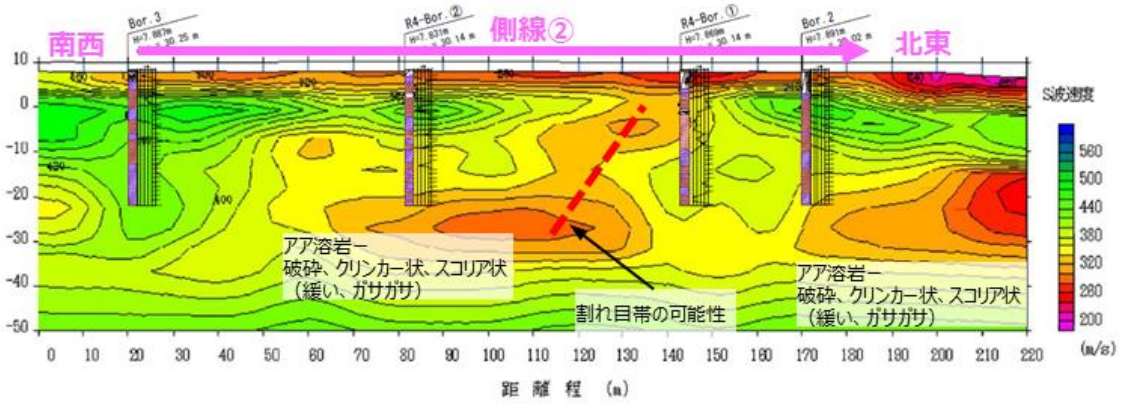


図 3.1.6 表面波探査結果（側線②）

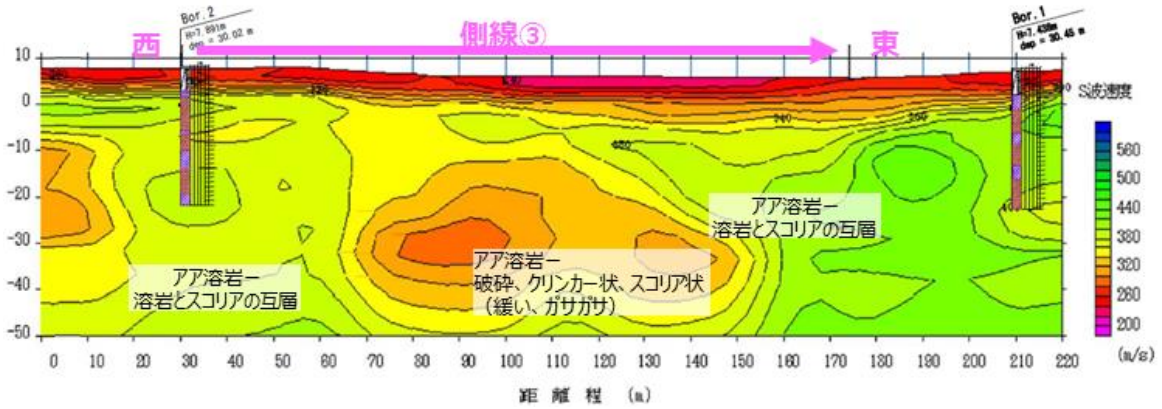


図 3.1.7 表面波探査結果（側線③）

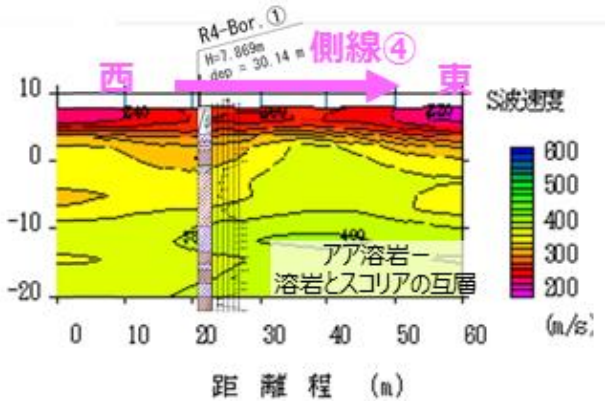


図 3.1.8 表面波探査結果（側線④）

表 3.1.1 S 波速度と推定地質の関係

S 波速度	推定地質
深度 5 m付近までの 低速度層約 250～280m/s	盛土(砂・砂礫・玉石)
約 280～340m/s	アア溶岩：破砕、クリンカー状、スコリア状 (緩い、ガサガサ)
約 340～580m/s	アア溶岩：溶岩とスコリアの互層(低速度ほど亀裂やスコリアの割合が高く空隙も多い)
約 580m/s 以上	溶岩(比較的緻密な溶岩主体)

3.1.3 室内試験及び透水係数の推定結果

採取試料による室内試験結果、粒径による透水係数の推定結果を表 3.1.2～表 3.1.4 に示す。地盤工学会の地盤調査の基本と手引きによる地盤の種類と透水係数・透水性の関係を表 3.1.5 に示す。

表 3.1.2 室内試験結果（1）

調査地点			R4-bor.①				R4-bor.②			
試料採取深度 m			13.00～13.45	29.00～29.45	20.02～20.55	27.35～28.00	15.00～15.37	21.00～21.45	11.65～11.90	24.22～24.52
地層記号			Sl-Abl	Sl-Abl	Sl-Lv	Sl-Lv	Sl-Abl	Sl-Abl	Sl-Lv	Sl-Lv
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm^3				2.696	2.423			2.670	2.327
	乾燥密度 ρ_d g/cm^3									
	土粒子の密度 ρ_s g/cm^3		2.945	2.942			2.886	2.922		
	自然含水比 w_n %		9.5	7.4	0.48	2.80	10.2	9.1	0.82	3.52
	間隙比 e									
	飽和度 S_r %									
粒度	石分(75mm以上) %									
	礫分(2～75mm) %		71.2	76.2			44.3	71.1		
	砂分(0.075～2mm) %		21.6	18.5			40.3	21.7		
	シルト分(0.005～0.075mm) %		5.0	3.9			10.6	5.0		
	粘土分(0.005mm未満) %		2.2	1.4			4.8	2.2		
	最大粒径 mm		37.5	37.5			19	26.5		
	均等係数 U_c		105.05	61.44			145.62	100.31		
分類	地盤材料の分類名		細粒分まじり砂質礫	細粒分まじり砂質礫			細粒分質砂質礫	細粒分まじり砂質礫		
	分類記号		GS-F	GS-F			GFS	GS-F		
力学特性	一軸圧縮	圧縮強度 qu(MN/m^2)			141	42.6			120	37.5
		静ポアソン比 vs								
		変形係数 Es50(MN/m^2)			1.64E+04	9.09E+03			1.49E+04	9.44E+03

Sl-Abl：スコリア層

Sl-Lv：溶岩層

表 3.1.3 室内試験結果（2）

調査地点			R4-bor.③			
試料採取深度 m			15.00～15.45	32.00～32.45	24.03～24.45	47.70～48.00
地層記号			礫混じり砂質粘土	Sl-Abl	Sl-Lv	Sl-Lv
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm^3				2.556	2.701
	乾燥密度 ρ_d g/cm^3					
	土粒子の密度 ρ_s g/cm^3		2.841	2.907		
	自然含水比 w_n %		93.7	12.2	1.37	1.09
	間隙比 e					
	飽和度 S_r %					
粒度	石分(75mm以上) %					
	礫分(2～75mm) %		33.0	56.4		
	砂分(0.075～2mm) %		48.6	36.0		
	シルト分(0.005～0.075mm) %		13.1	5.5		
	粘土分(0.005mm未満) %		5.3	2.1		
	最大粒径 mm		19	26.5		
	均等係数 U_c		24.96	72.15		
分類	地盤材料の分類名		細粒分質礫質砂	細粒分まじり砂質礫		
	分類記号		SFG	GS-F		
力学特性	一軸圧縮	圧縮強度 qu(MN/m^2)			48.6	106
		静ポアソン比 vs				
		変形係数 Es50(MN/m^2)			1.10E+04	1.54E+04

Sl-Abl：スコリア層

Sl-Lv：溶岩層

表 3.1.4 粒径による透水係数の推定結果

	深度	地層区分	10%粒径 (D_{10})	20%粒径 (D_{20})	透水係数(m/sec) クレーガー	透水係数(m/sec) ヘーゼン
R4-bor.①	13.00～ 13.45	Sl-Abl	0.1583	0.7470	1.86×10^{-3}	2.51×10^{-4}
	29.00～ 29.45	Sl-Abl	0.2835	1.3097	8.06×10^{-3}	8.04×10^{-4}
R4-bor.②	15.00～ 15.37	Sl-Abl	0.0246	0.1335	3.41×10^{-5}	6.05×10^{-6}
	21.00～ 21.45	Sl-Abl	0.1422	0.5359	8.76×10^{-4}	2.02×10^{-4}
R4-bor.③	15.00～ 15.45	泥流堆積物	0.0199	0.0926	1.49×10^{-5}	3.96×10^{-6}
	32.00～ 32.45	Sl-Abl	0.1176	0.3943	4.35×10^{-4}	1.38×10^{-4}
R3-bor.①	10.00～ 10.30	Sl-Abl	2.5206	7.0125	－	6.35×10^{-2}
	19.10～ 19.40	Sl-Abl	5.8668	10.3932	－	3.44×10^{-1}
R3-bor.②	3.00～ 3.45	B	0.0532	0.2007	8.97×10^{-5}	2.83×10^{-5}
	12.10～ 12.50	Sl-Abl	8.0825	10.8359	－	6.53×10^{-1}
	16.20～ 16.60	Sl-Abl	0.1338	0.4583	6.08×10^{-4}	1.79×10^{-4}
R3-bor.③	6.00～ 6.45	Sl-Abl	0.1265	0.4968	7.39×10^{-4}	1.60×10^{-4}
	12.00～ 12.35	Sl-Abl	7.1683	10.3511	－	5.14×10^{-1}
	17.00～ 17.30	Sl-Abl	7.2079	8.9682	－	5.20×10^{-1}

赤枠より透水係数は、3.44×10^{-1}m/s～6.05×10^{-6}m/sと推定される

表 3.1.5 地盤の種類と透水係数・透水性の関係

地盤の種類と透水係数・透水性の関係（地盤工学会：地盤調査の基本と手引き）

利島

透水係数 k (m/s)

10^{-11} 10^{-10} 10^{-9} 10^{-8} 10^{-7} 10^{-6} 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} 10^{0}

透水性	実質上不透水	非常に低い	低い	中　位	高　い
対応する土の種類	粘性土	微細砂，シルト，砂－シルト－粘土混合土		砂および礫	清浄な礫

3.1.4 地質調査結果のまとめと考察

①ボーリング調査及び標準貫入試験結果

地層構造はおおむね堆積構造(噴火の性状等の時系列的な堆積)がみられ、陸上の地質は図 3.1.2～図 3.1.3 の地層断面図に示すように溶岩層とスコリア層が互層となった堆積構造である。また、溶岩層の厚みについては、山体形状が大きく関係することから場所によって異なっている。図 3.1.3 地層断面図(B-D 断面)において、R4−Bor.①と R4-Bor.③のボーリングコアの状況や、N 値の分布状況に似た傾向が確認され、それらを繋ぐと、概ね 3 度前後で海側への地層の傾斜がみられる。

②表面波探査結果と考察

図 3.1.5～図 3.1.8 の表面波探査結果に黄色からオレンジ色部分の地質はアア溶岩で破砕状、クリンカ状、スコリア状と推定される。また、図 3.1.6 の表面波探査結果(側線①)の赤点線上に割れ目帯（土の締まりが緩く空隙の多い箇所）が存在すると推定される。

③室内試験及び透水係数の推定からの結果と考察

表 3.1.2～表 3.1.3 の室内試験結果からスコリア層は細粒分(シルト分、粘土分)が少ないことが分かる。また、表 3.1.4 の透水係数の推定結果からスコリア層の透水係数は、3.44×10^{-1}m/s～6.05×10^{-6}m/s と推定され、透水性は高いから中位、低いと分類される。なお、透水性が高いと分類される 10^{-1}m/s～10^{-3}m/s の透水係数が複数確認されており、スコリア層の透水係数は総じて高いと言える。

スコリア層は粗粒分主体であり透水性が高いことから、泥水を用いるトンネル掘削の際は、逸泥により切羽や孔壁が崩落しやすいと考えられる。

表 3.1.2～表 3.1.3 の室内試験結果から溶岩層の一軸圧縮強度は最大で 141MN/m^2 であり、硬岩相当の強度を示している。弧状推進工法や推進工法を選定する際は、対象地盤に適したビット選定が必要と考えられる。

3.2 海洋調査結果

3.2.1 マルチビーム測深機及びグリーンレーザー測量結果

調査船を用いたマルチビーム測深機及びドローンを用いたグリーンレーザー測量により、海底の水深及び形状を点群データとして取得し、図化処理を施した陰影段彩図を図 3.2.1 に示す。

陰影段彩図から以下に示す海底面の状況が確認された。

①岸壁(西)周辺の水深 30m 付近では砂の堆積は薄く、ところどころ岩盤や転石が露出している

②防波堤(東)周辺の水深 30m 以深では砂が堆積しており、一部岩礁がある

③岸壁(西)の西側では周囲より数m深く、砂が堆積している

④既設海底ケーブル敷設箇所の水深 30m 付近では岩盤の上に転石がやや疎らに分布している

⑤既設海底ケーブル敷設箇所の沿岸部及び岸壁(東)と岸壁(西)に囲まれた港内奥部では岩盤と転石が斑状に分布している

⑥岸壁(東)周辺では転石が高密度に分布している

⑦岸壁(西)と既設海底ケーブルの中間付近では 1 ～ 3 mくらいの転石が高密度に分布している

⑧防波堤(東)と岸壁(東)に囲まれた港内の奥では岩盤の上に薄く砂礫が堆積している。

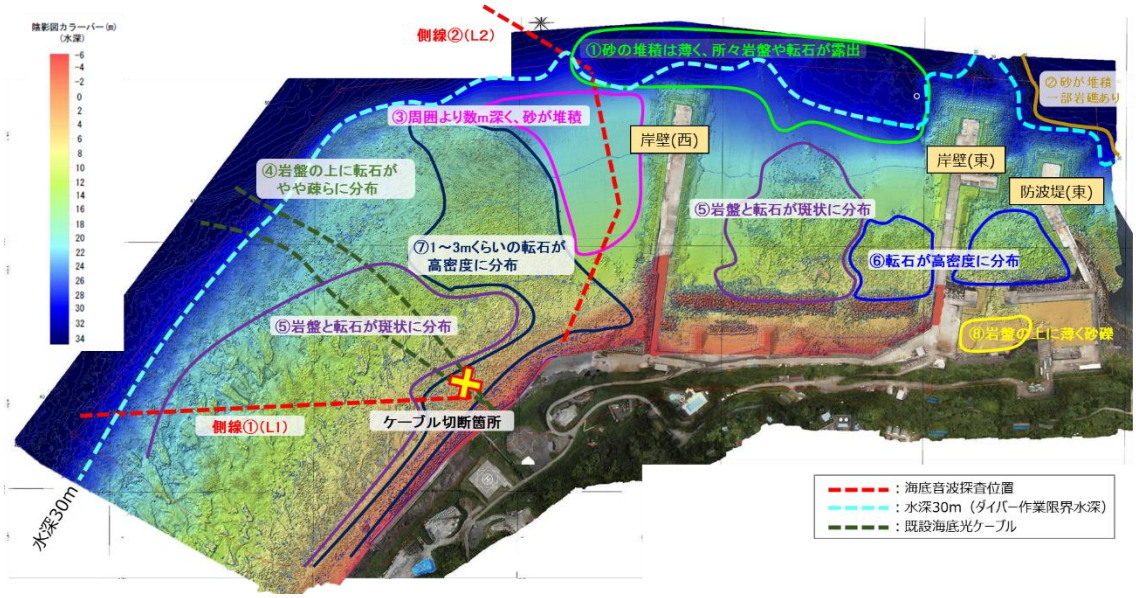


図 3.2.1 陰影段彩図

3.2.2 サイドスキャンソナーによる海底探査結果

調査船を用いたサイドスキャンソナーにより、海底面の底質分布、転石の密度及び粒径の分布を計測した。転石サイズ図及び転石密度図を図 3.2.2～図 3.2.3 に示す。

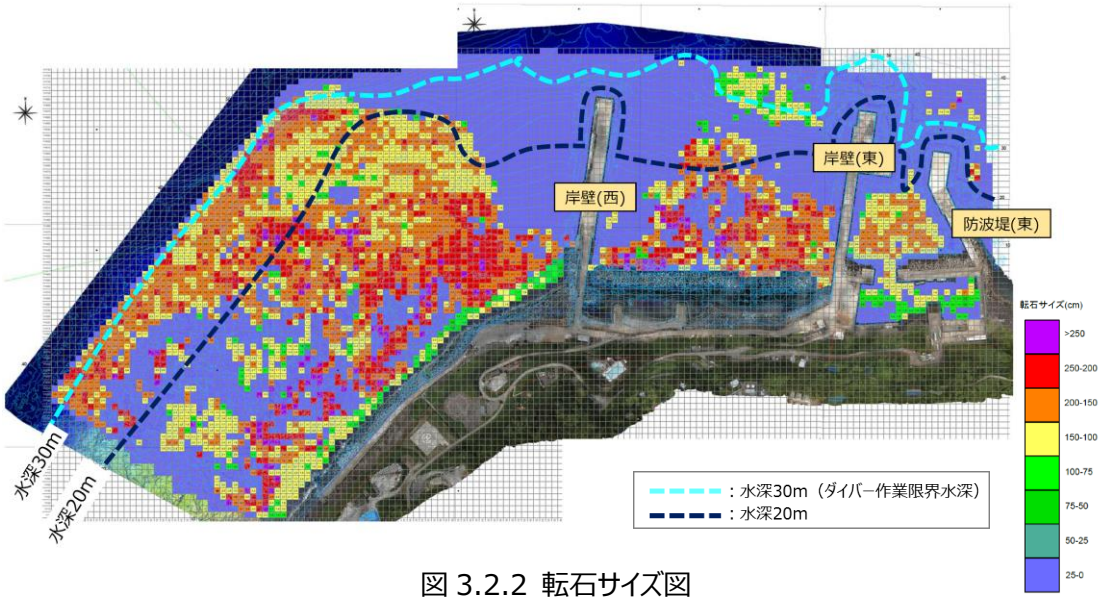


図 3.2.2 転石サイズ図

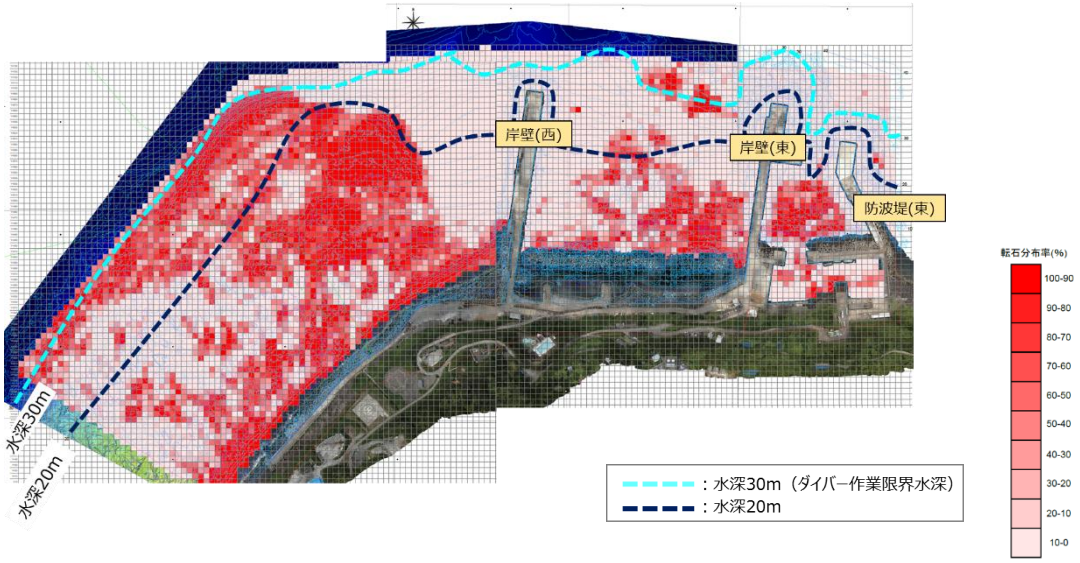


図 3.2.3 転石密度図

3.2.3 海底音波探査結果

海底音波探査の結果として、海底音波探査結果を図 3.2.4～図 3.2.5 に示す。

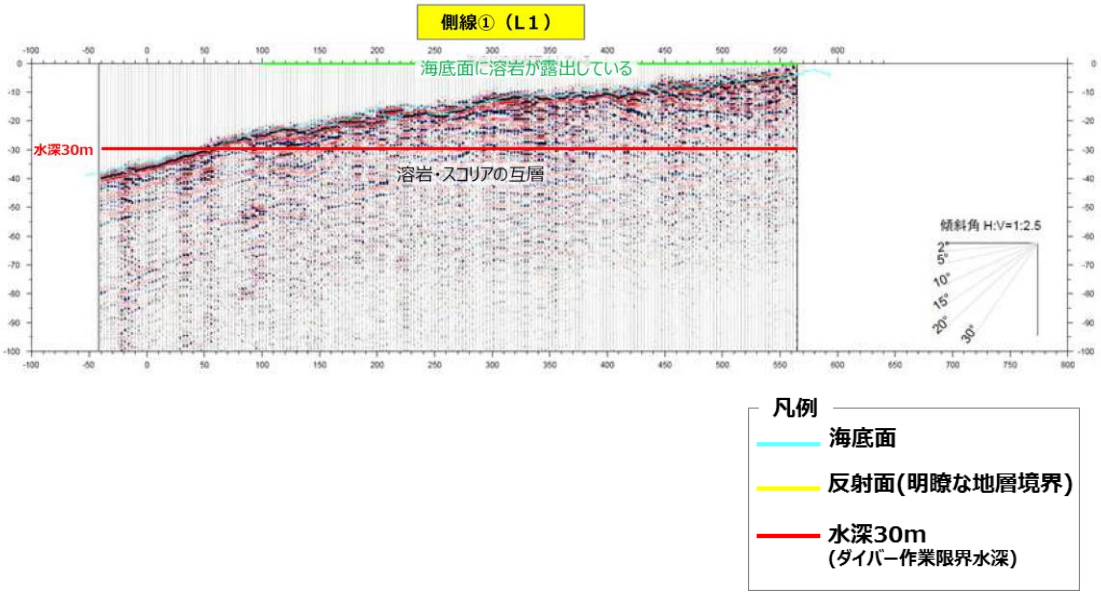


図 3.2.4 海底音波探査結果（側線①）

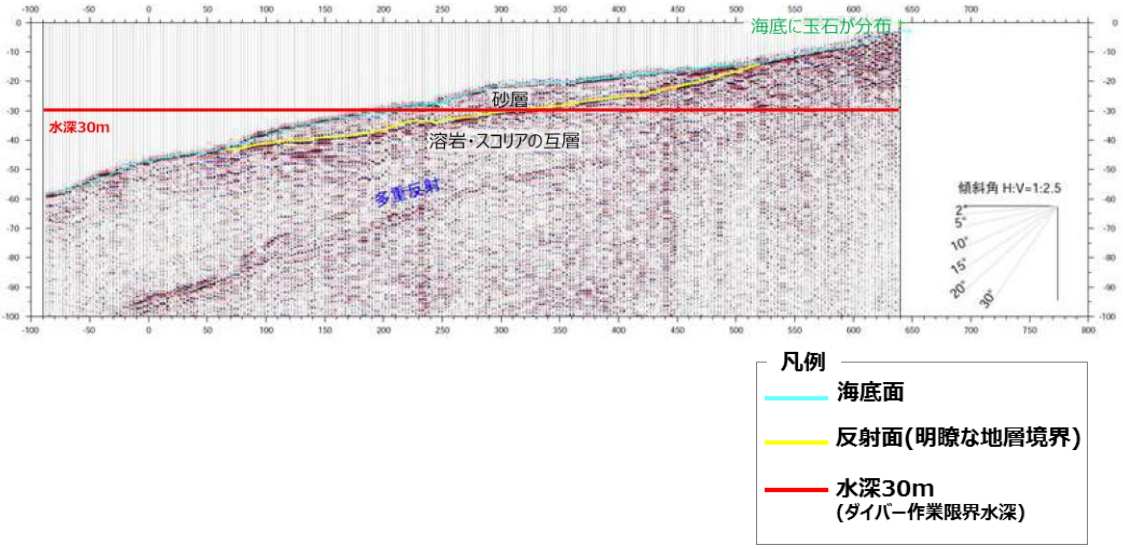


図 3.2.5 海底音波探査結果（側線②）

3.2.5 海洋調査結果のまとめと考察

①マルチビーム測深機及びグリーンレーザー測量結果

図 3.2.1 の陰影段彩図の観察から転石が高密度に分布している範囲(⑥、⑦)が存在しており、過去に海底ケーブルの切断が発生した箇所は転石が高密度に分布している。また、海底に岩盤が露出している範囲(①、④、⑤、⑧)が存在する。

②サイドスキャンソナーによる海底探査結果及び考察

図 3.2.3 の転石密度図から岸壁(西)の周辺は、水深が周囲より１～３ｍ深くなっており、転石がほとんどなく、砂が堆積している。このことは、図 3.2.1 の陰影段彩図の範囲③にも同じ結果が見られる。図 3.2.3 の転石密度図における防波堤（東）、岸壁（東）および岸壁（西）に挟まれた港内奥部には、径２ｍ前後の転石が分布している。また、岸壁(西)から西側の海域において、図 3.2.1 の陰影段彩図の範囲⑤の外側(北西側)には転石密度の低い箇所が存在し、岩盤が露出している。

③海底音波探査結果及び考察

図 3.2.4 の海底音波探査結果(側線①)では、反射面(明瞭な地層境界)は、確認されなかった。このことから、音波が透過しにくい岩盤や音波が散乱してしまう転石の影響と推定される。

図 3.2.5 の海底音波探査(側線②)では、明瞭な反射面が確認され、砂が堆積していると推定される。このことは、図 3.2.1 の陰影段彩図の範囲③にも同じ結果が見られる。

④文献等による補足

利島村史から約二万年前から一万八千年前の利島の形状を図 3.2.6 に示す。このころは、現在より 100m 以上海面低下が生じていたと考えられている。このことから、今回の海洋調査範囲は、以前は陸地であったことから、海底下の地層構造もボーリング調査で確認された溶岩層とスコリア層の互層構造であると推定される。

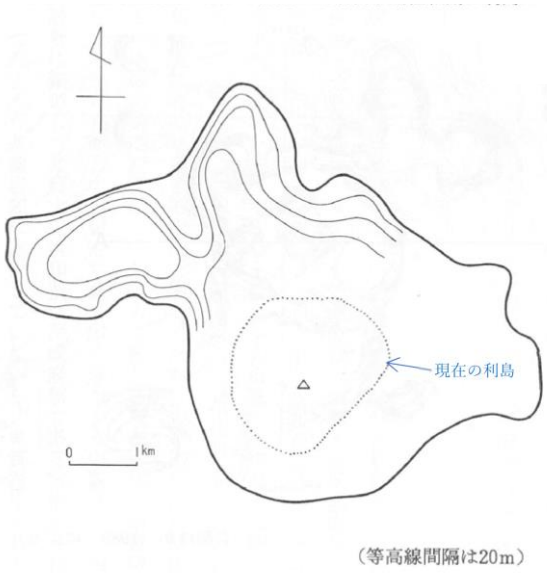


図 3.2.6　海底地形よって復元した最終氷期極相期の利島（「利島村史」P52）

第四章 利島における工法適用の検討結果

４.１ 弧状推進工法（HDD 工法）

4.1.1 弧状推進工法(HDD 工法)の設計

弧状推進工法（HDD 工法）は、海底ケーブルの陸揚部にトンネルを設置する際に適用する。陸揚部のトンネルは転石による切断損傷に対して有効であり、小笠原（父島、母島）及び青ヶ島で実績がある。利島における HDD 工法の発進箇所の選定及び線形の設計方針を以下に示す。

①発進箇所は HDD 掘削機、発電機、泥水タンク、圧送ポンプ、ドリルパイプ等を配置できる作業ヤードが必要となるため、岸壁(西)の付け根部を選定する。

②平面線形は直線を基本とし、水平方向にカーブする際の曲率は R=300m までとし、発進箇所から西側に直線的に掘進する線形とする。

③縦断線形は、発進地点での地盤への進入角度を 18 度までとし、縦断方向にカーブする際の曲率を R=300m までとする。また、陰影段彩図、転石サイズ図、転石密度図から転石が少なく岩盤が露出している水深 25m～30m 付近を到達地点とする。

④掘進延長は 700m 程度までとする。

上記の発進箇所の選定及び線形の設計方針から以下に示すルートを選定した。HDD 工法平面線形案を図 4.1.1、縦断線形案を図 4.1.2 に示す。

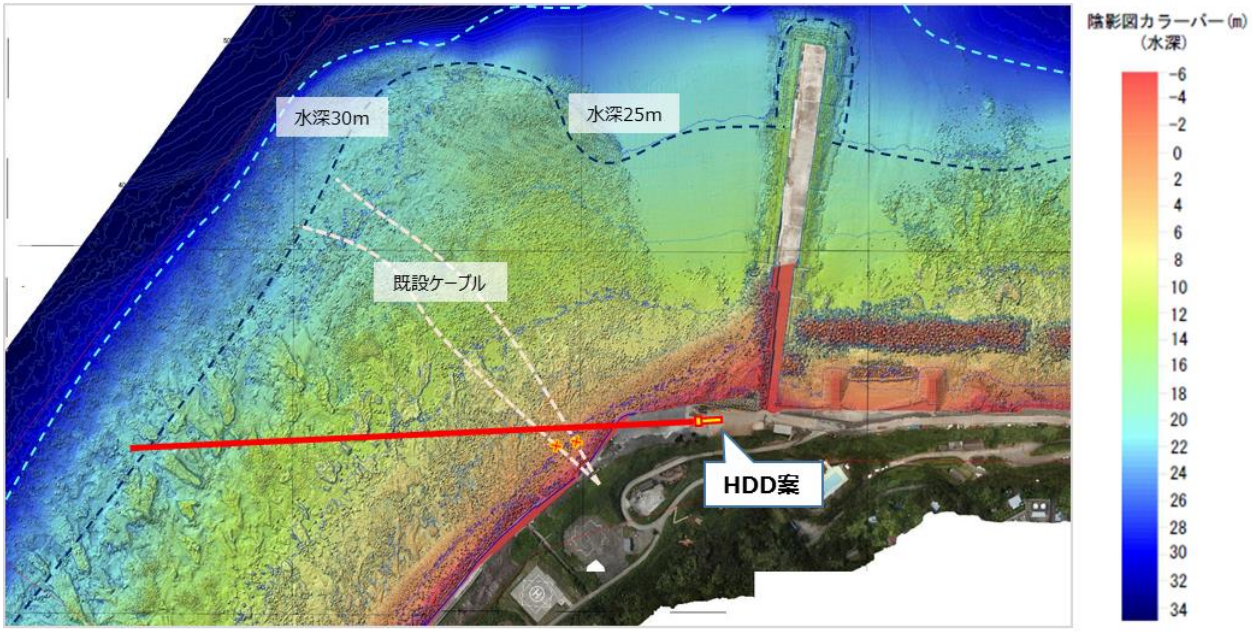


図 4.1.1 HDD 工法平面線形案

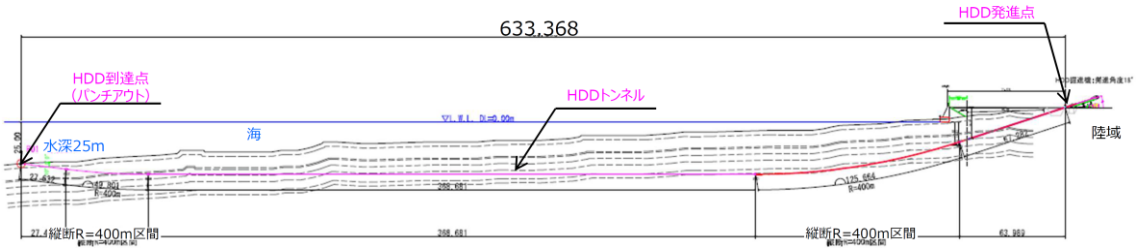


図 4.1.2 HDD 工法縦断線形案

4.1.2 弧状推進工法(HDD 工法)適用の検討結果

ボーリング調査結果及び表面波探査結果より、掘進する地層には粗粒分主体で細粒分の少ない礫層(スコリア層)が存在し、スコリア層と溶岩層との互層構造となっている。また、島の形成時において現在の海洋部分は陸域であったことから、海底下も溶岩層とスコリア層の互層構造であると推定される。さらに、粒径による透水係数の推定結果では、透水性が高いという結果が出ている。

HDD 工法による掘削は泥水によって掘削した孔壁を安定させることが前提であり、割れ目層や空隙率の多い礫層（緩くガサガサな層）を掘削する際には、逸泥により、施工不能に陥るリスクが極めて高い。このことから利島における HDD 工法の適用は不可と判断した。

HDD 工法適用に関する検討結果を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 HDD 工法適用に関する検討結果

	概要	判定
ケーブルの安全性	・小笠原（父島、母島）青ヶ島の陸揚部で採用済み、故障履歴なし	工法適用不可のため検討中止
施工上の課題	・陸域は、溶岩層とスコリア層の互層構造となっている。海底下も同様であると推定される。 ・スコリア層では、透水性が高い。・割れ目層や空隙率の多い礫層（緩くガサガサな層）の分布が推定される。	×：割れ目層や空隙率の多い礫層では逸泥により、施工不能に陥るリスクが極めて高い。
港湾管理者の意見	港湾管理者、港湾利用者との調整が必要	—

凡例　○：工法適用可能　△：工法適用に課題あり　×：工法適用不可

4.2 立杭＋水平推進工法

4.2.1 水平推進工法の設計

利島における水平推進の発進箇所の選定及び線形の設計方針を以下に示す。

①発進箇所は HDD 工法で選定したヤードと同じく岸壁(西)の付け根部とする。

②転石の影響を受けない海域で推進機を到達させるためには水深 25m 付近となり、掘進延長は約 500m～700m となる。

4.2.2 立坑＋水平推進工法適用の検討結果

推進対象の土質は、スコリア層と溶岩層である。溶岩層を掘進する場合、4回以上のビット交換が必要であり、海底下でもビット交換を行わなければならない。ビット交換には地盤改良が必要であるが、利島では潮流が早く波の影響を受けやすいことに加えて、海底には転石が多数あるためビット交換に必要な地盤改良の施工ができない。

また、スコリア層（細粒分が少なく空隙の多い礫層）では、推進に適用できる透水係数は10の-4乗m/sまでに対し、これより大きな値が確認されており、施工不能に陥るリスクが極めて高い。

これらのことから立杭＋水平推進工法の適用は不可と判断した。

立坑＋水平推進工法適用に関する検討結果を表4.2.1に示す。

表 4.2.1 立坑＋水平推進工法適用に関する検討結果

施工条件	概要	判定
掘進延長	約500～700m	×：ビット交換が必要だが、その際に必要な地盤改良が施工できない
曲線	平面曲線半径R100以上 縦断曲線半径R200以上	工法適用不可のため検討中止
土質条件	土質1：スコリア Φ10～50mmの礫率80%以上 t(m/ s)＝10の-1乗～10の-4乗m/s	×：透水係数適用範囲外
	土質2：溶岩 qu(一軸圧縮強度) ＝42.1～141MN/㎡(硬岩)	×：ビット交換に対応不可

凡例 ○：工法適用可能 △：工法適用に課題あり ×：工法適用不可

４.３ 港湾施設（防波堤）等利用

4.3.1 港湾施設(防波堤)等を利用する工法の設計

利島における港湾施設（防波堤）を利用しケーブルを敷設する工法の設計方針を以下に示す。

①港湾施設（防波堤）等を利用し、水深が深い位置で海底ケーブルを陸揚げすることにより、転石による海底ケーブルの損傷を回避する。

②検討対象とする岸壁（西）は改良工事の計画があるため、作業船による投錨からの保護を目的として基礎マウンドの下部に海底ケーブルを敷設する

上記の港湾施設（防波堤）を利用しケーブルを敷設する工法の設計方針から、以下に示す岸壁（西）を利用するルートを選定した。検討平面図及び断面図を図 4.3.1～図 4.3.2 に示す。

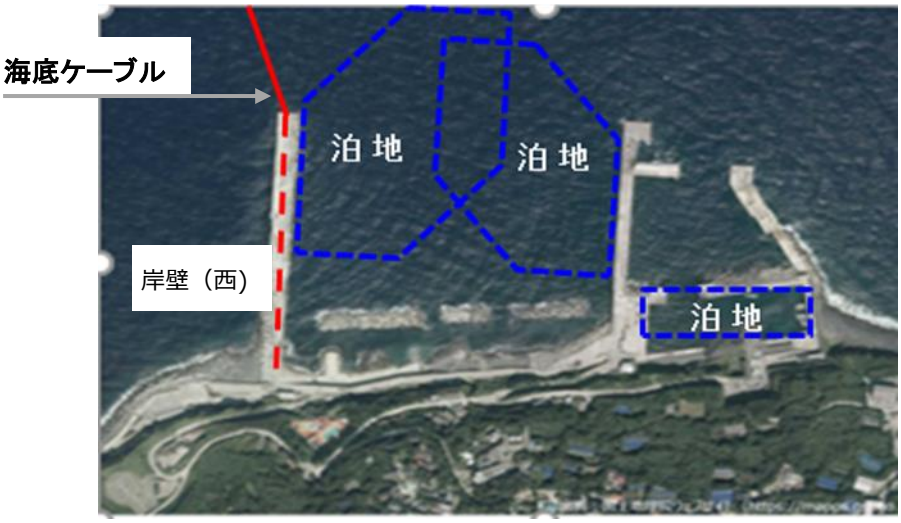


図 4.3.1 防波堤等を利用したケーブル敷設検討平面図

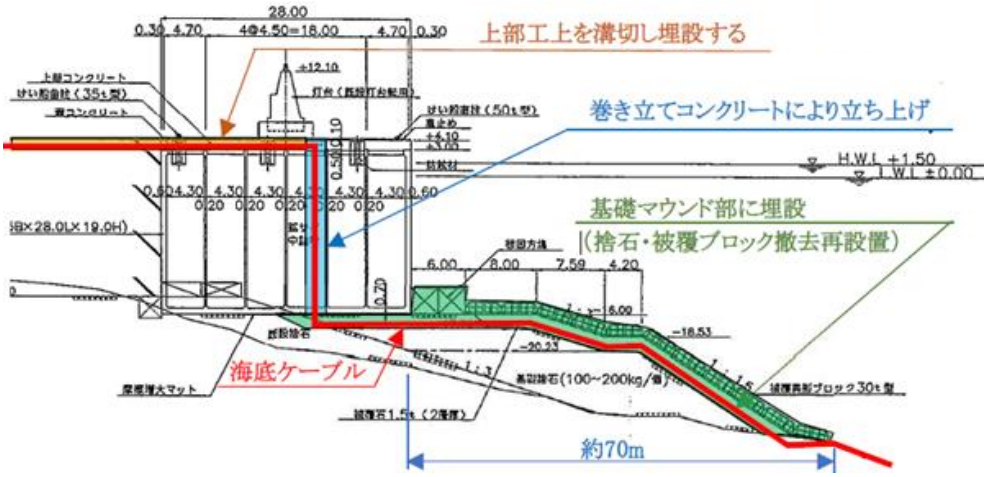


図 4.3.2 防波堤等を利用したケーブル敷設検討断面図

4.3.2 港湾施設（防波堤）等利用する工法の検討結果

検討対象としている防波堤（岸壁）は改良工事の計画があるため、作業船による投錨からケーブルを保護するには、基礎工（被覆ブロック及び基礎マウンド）の下にケーブルを敷設する必要がある。しかし、被覆ブロック自体が自沈するため、ケーブルが切断されるリスクがある。

また、台風等の影響でケーソン自体が動いた実績があることから、ケーソンが移動した場合、ケーブルが切断等の損傷を受けるリスクが高い。

これらのことから防波堤等を利用しケーブルを敷設する工法の適用については不可と判断した。

防波堤等を利用した工法適用に関する検討結果を表 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 防波堤等を利用した工法適用に関する検討結果

	概要	判定
ケーブルの安全性	・防波堤先端部で海底ケーブルを海底から防波堤上に立上げ、防波堤上にケーブルを設置	×：防波堤先端部は波浪の影響を大きく受ける。防波堤のケーソン移動、基礎工の沈下によりケーブル損傷のリスクが高い。
施工上の課題	・投錨から保護するため防波堤基礎工（被覆ブロック及び基礎マウント）の下にケーブルを敷設	×：基礎ブロックの移動等は施工に時間要し、その間の港湾施設保護が困難
港湾管理者の意見	・消波ブロックや被覆ブロックは動く ・防波堤のケーソン自体が動いた実績あり	―

凡例　○：工法適用可能　△：工法適用に課題あり　×：工法適用不可

４.４　安定エリアへのケーブル敷設

4.4.1　これまでのケーブル切断損傷の要因と利島港の現状把握

波の影響を受けにくい利島港内の安定エリアに海底ケーブルを敷設し陸揚することを検討する。これまでの海底ケーブル損傷の検証結果を確認したところ、海底ケーブルの切断損傷は、以下の要因により発生している。

・波浪により不安定化した転石が海底ケーブルに載荷することにより、防護管の強度を超え切断損傷が発生
・転石間に挟まれた箇所が固定点となり、波浪による潮流が繰り返し作用した結果、防護管やケーブルが破断し、切断損傷が発生

上記の要因により、転石（転石帯）と波浪による影響（砕波帯）が海底ケーブルの切断故障に大きく関わっていると考えられることから、「転石帯」は今回の調査内容である転石サイズ図及び転石密度図から特定した。また、「砕波帯」は、50 年確率沖波を用いたエネルギー平衡方程式により最大となる波向きを用いて特定した。

※砕波帯：波が砕ける所から、波が浜に這い上がる所までの範囲で波エネルギーが高い。

「転石帯」と「砕波帯」の重ね図を図 4.4.1 に示す。

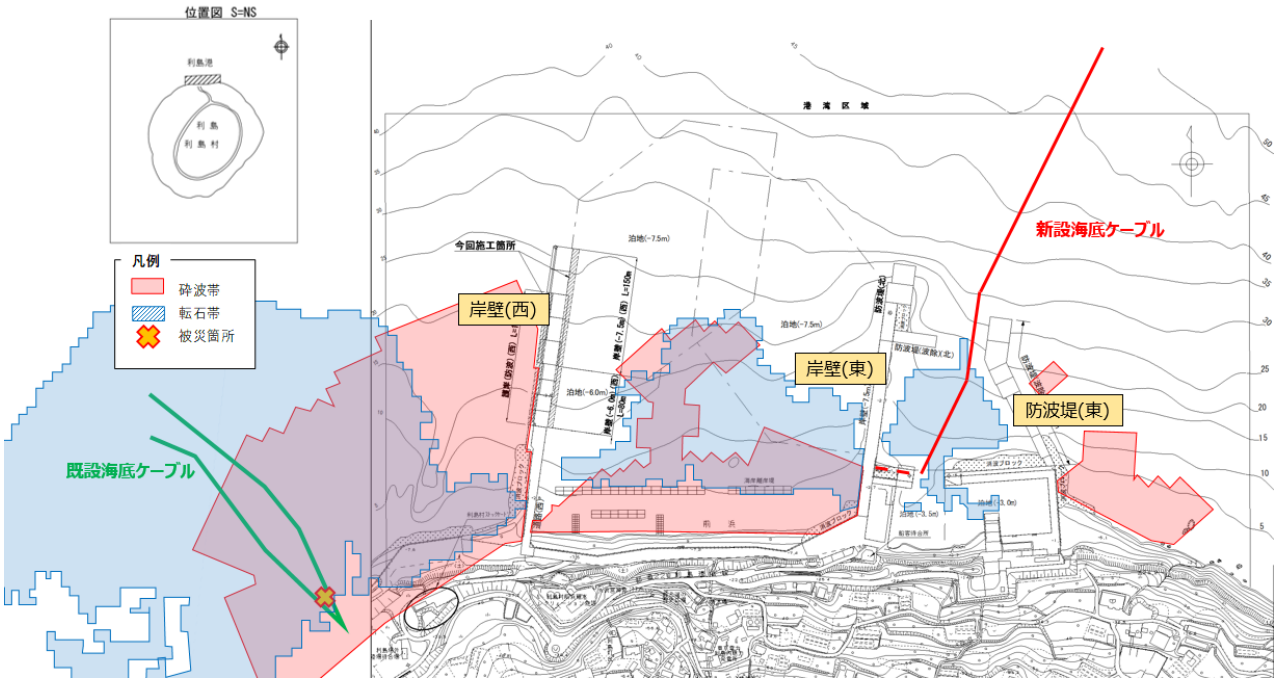


図 4.4.1　転石帯と砕波帯の重ね図

図 4.4.1 から過去の海底ケーブル切断損傷は、「転石帯」と「砕波帯」が重なり合った箇所で発生していることがわかる。

4.4.2 安定エリアへのケーブル敷設の設計

安定エリアへの海底ケーブル敷設の設計方針を以下に示す。

①泊地に指定されたエリアを極力避けたルートを選定する。

②「転石帯」と「砕波帯」が重なり合った範囲を避ける。

③一般的な陸揚げ工法と同様に、陸揚げ地点から水深 30m までのダイバー作業が可能となる範囲の海底ケーブルに防護管を設置する。

上記の設計方針から図 4.4.1 に示す新設海底ケーブルのルートを選定した。

岸壁（東）と防波堤（東）に囲まれた範囲では、港口形状により回折現象が起こるため沖波そのものによる砕波帯が存在せず、転石帯だけとなっている。この海域に防護管を付けた海底ケーブルを敷設し、陸揚げするルートを選定した。

4.4.3 安定エリアへの設置検討結果

利島における安定したエリアは利島港内東側であり、転石帯はあるものの沖波そのものによる砕波帯は存在せず、転石による切断損傷のリスクは小さいと判断できる。また、比較的静穏な海域で海底ケーブルを陸揚げすることから、一般的な防護管を用いた陸揚げが可能と考えられる。港内への海底ケーブルの敷設にあたっては、港湾管理者、港湾利用者（漁業関係者、船会社等）等との調整が必要である。

以上より、利島港内への海底ケーブル敷設について、施工は可能であり、工法の適用は可と判断する。ただし、陸揚部の詳細な構造や港湾施設上に敷設する方法等については、別途検討を要する。

港湾管理者へのヒアリング結果を踏まえ、安定エリアにおける工法適用に関する検討結果を表 4.4.1 に示す。

表 4.4.1 安定エリアにおける工法適用に関する検討結果

	概要	判定
ケーブルの安全性	・敷設ルートに砕波帯がないため転石によるケーブル損傷リスクは小さい	○：防護管の取付やケーブル敷設位置の調整により海底ケーブルの安全性を確保
施工後の課題	・防波堤の延伸工事及び泊地内の投錨によるケーブル損傷の恐れあり ・泊地を一部通過するため、港湾利用者と要調整	△：港湾利用者(漁業関係者、船会社等)や港湾工事関係者等に対して港内への海底ケーブル敷設についての周知や敷設位置の情報提供が必要
港湾管理者の意見	・港内への保護区域指定は港湾利用や港湾工事等に支障となる ・港湾利用者(漁業関係者、船会社等)の同意が必要	—

凡例 ○：工法適用可能 △：工法適用に課題あり ×：工法適用不可

４.５ 比較検討結果

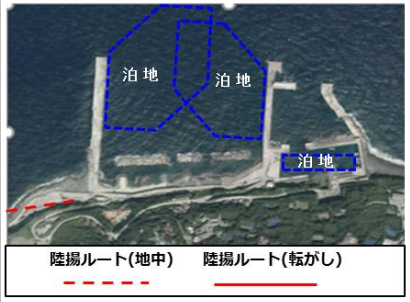
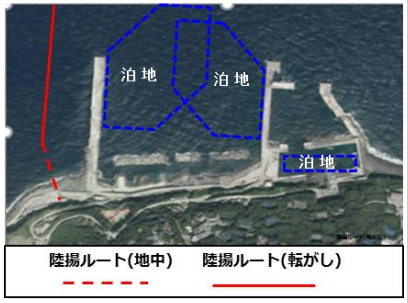
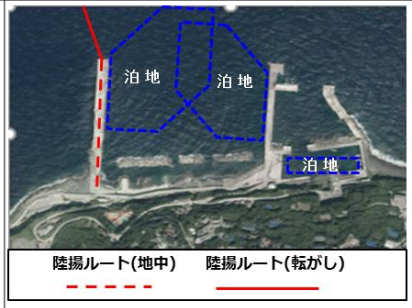
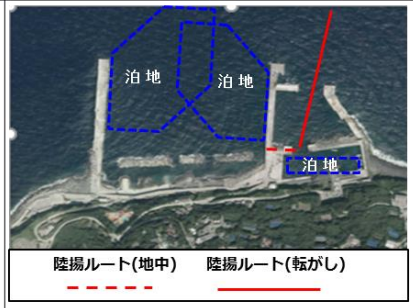
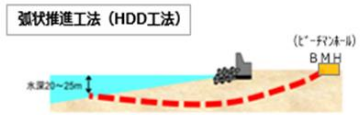
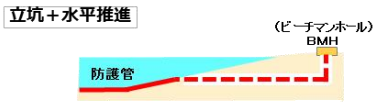
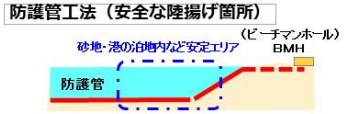
各対策工法案の比較検討結果を表 4.5.1 に示す。

現状、弧状推進工法（HDD 工法）案、立杭＋水平推進案、港湾施設利用案は、工法適用不可と判断した。安定エリアへの設置となる港内に海底ケーブルを敷設する案は工法適用可能であり、ケーブルの安定化も図られることからこの案を採用する。

安定エリアへの設置においては、施工上の課題だけでなく、防護管の種類の選択、埋設可能箇所の最終判断、防波堤延伸工事への対応等により、施工時期、海底ケーブルの敷設ルート等について、協議、調整を行っていく必要がある。また、海底から護岸への陸揚げする箇所の構造、港湾施設上のケーブル管路の設置位置、構造等についても検討する必要がある。

今回採用する対策工法及び内容について、関係者と十分に協議、調整のうえ、対策工事を実施していく必要がある。

表 4.5.1 各対策工法案の比較検討結果

	案1 弧状推進工法(HDD工法)	案2 立坑＋水平推進	案3 港湾施設利用	案4 安定エリアへの設置(転石を回避)
ルート				
工法概要	 ボーリングマシンで地中を弧状に掘削 ⇒ 管路設置 (小笠原、青ヶ島で採用実績あり)	 陸地で垂直に掘削（立坑）＋水平推進 ⇒ 管路設置	 西突提上を転がしでケーブル敷設 （突端より海底にアクセスし敷設）	 ① ある程度静穏な港湾泊地に設置 ② 突提付近の砂地に設置、転石区間は防護
ケーブル安全性	・小笠原（父島、母島）青ヶ島の陸揚部で採用済、故障履歴なし	・海中到達箇所により、ケーブルの防護が必要	・波浪により突堤取付け部で故障の恐れあり ・被覆ブロックの自沈によりケーブルが引張られる ・ケーソン自体が大きく滑動した実績があり、ケーブル切断の可能性がある	・敷設ルートに沖波による砕波帯がないため転石によるケーブル損傷リスクは小さい
施工上の課題	・溶岩層とスコリア層の互層となっており、スコリア層は透水係数が大きく逸泥の恐れあり ・緩くガサガサの層が分布しており、割れ目帯も推定されるため施工不可 ある可能性があり施行困難 ・海底地盤も溶岩層とスコリア層の互層構造が想定される	・海底部でビット交換が必要となるが、その際の地盤改良が施工できないため施工不可 ・透水係数が大きく、推進工法が成立しない ・透水係数の高い地盤条件で立坑を設けることは危険	・基礎ブロックの移動等は施工に時間要し、その間の施設保護が課題	・港湾利用者等との協議調整により投錨等からの安全性を確保する必要あり ・ケーブルを敷設するにあたっては港湾利用者(漁業関係者、船会社等）との調整が必要
実施可否	廃案	廃案	廃案	採用

第五章 御蔵島現地調査結果

５．１ 地質調査結果

5.1.1 ボーリング調査結果

令和３年度及び令和４年度に実施したボーリング調査位置を図 5.1.1 に示す。各ボーリング調査結果と合わせて地層構成を推定した断面図を図 5.1.2 に示す。

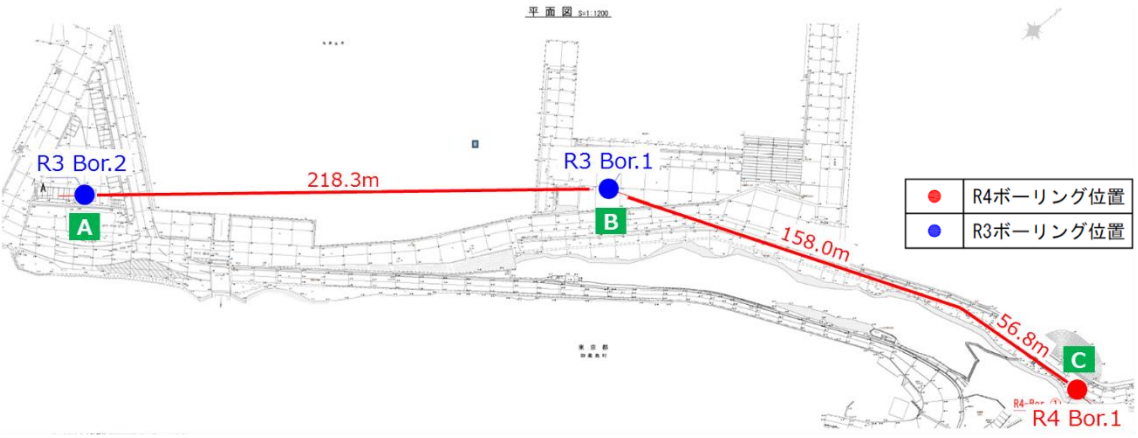
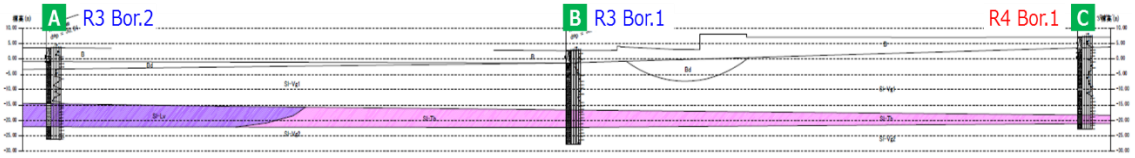


図 5.1.1 ボーリング調査位置平面図



記号	地層名
Sl-Abl	粘土混り砂礫
Sl-Lv	溶岩
Sl-Tb	凝灰角礫岩

図 5.1.2 地層断面図（A-B-C 断面）

5.1.2 表面波探査結果

表面波探査位置の平面図を図 5.1.3 に示す。各側線における表面波探査結果を図 5.1.4 に示す。測定結果の S 波速度と推定地質の関係を表 5.1.1 に示す。

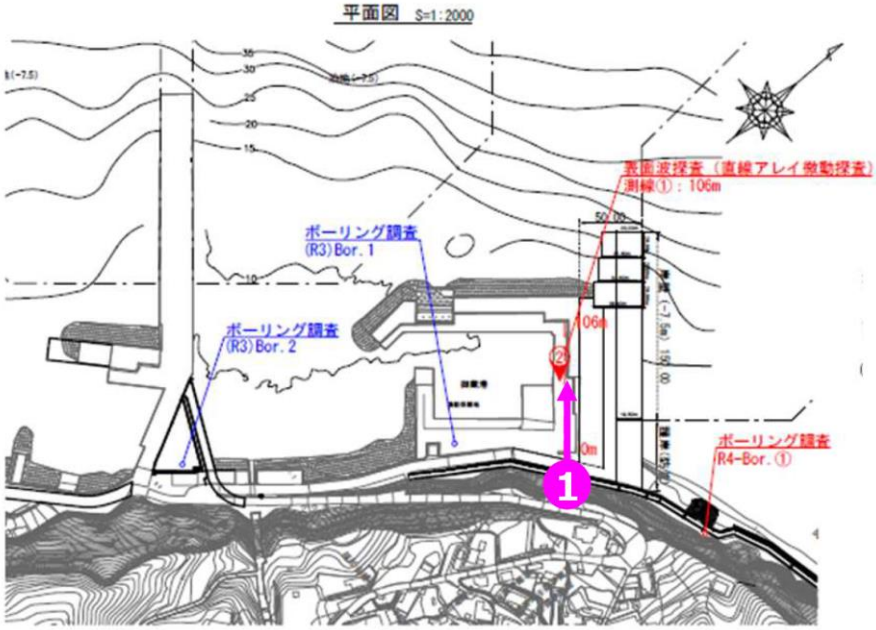


図 5.1.3 表面波探査位置平面図

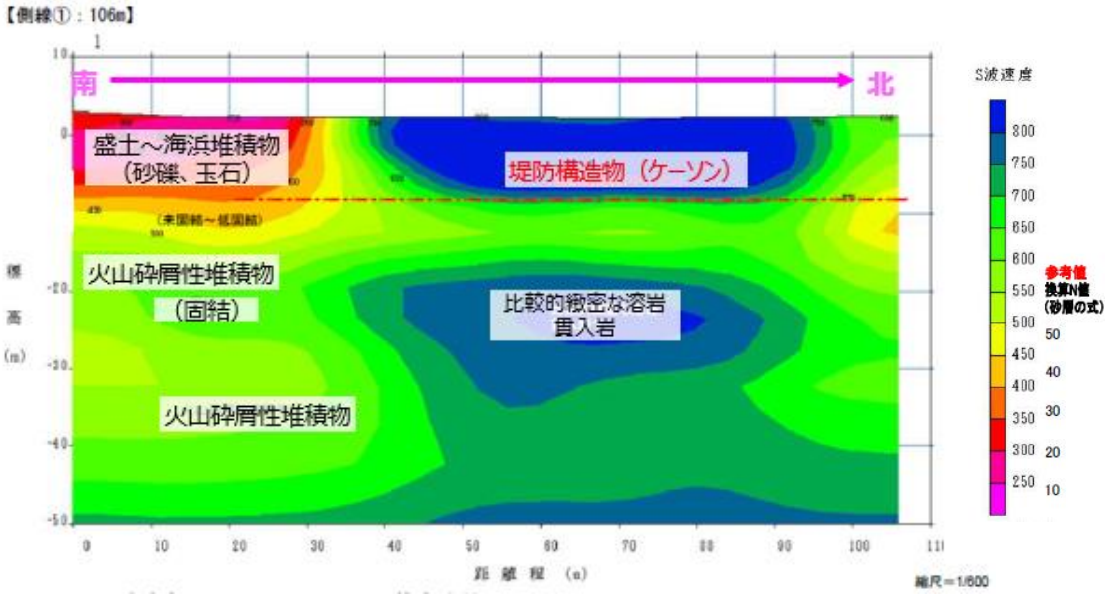


図 5.1.4 表面波探査結果

表 5.1.1 S 波速度と推定地質の関係

S 波速度	推定地質
約 250～400m/s	盛土～海浜堆積物(砂礫、玉石)
約 400～600m/s	火山砕屑性堆積物 主に未固結～低固結(粘土質砂礫、粘土混じり砂礫)
約 600～800m/s	火山砕屑性堆積物 主に固結(凝灰角礫岩、玉石混じり砂礫、砂礫)
約 800m/s 以上	溶岩

5.1.3 室内試験及び透水係数の推定結果

採取試料による室内試験結果、粒径による透水係数の推定結果を表 5.1.2～表 5.1.3 に示す。また、地盤工学会の地盤調査の基本と手引きによる地盤の種類と透水係数・透水性の関係を地盤の種類と透水係数・透水性の関係を表 5.1.4 に示す。

表 5.1.2 室内試験結果

調査地点			R4-bor.①			
試料採取深度 m			13.00～13.45	18.00～18.45	16.67～17.00	26.50～26.65
地層記号			Sl-Vgl	Sl-Vgl	Sl-Lv	Sl-Vgl
一般	湿潤密度 ρ_t g/cm^3				2.699	1.682
	乾燥密度 ρ_d g/cm^3					
	土粒子の密度 ρ_s g/cm^3		2.894	2.818		
	自然含水比 w_n %		25.4	45.7	0.48	24.15
	間隙比 e					
	飽和度 S_r %					
粒度	石分(75mm以上) %					
	礫分(2～75mm) %		54.1	13.3		
	砂分(0.075～2mm) %		34.8	53.1		
	シルト分(0.005～0.075mm) %		7.6	17.5		
	粘土分(0.005mm未満) %		3.5	16.1		
	最 大粒径 mm		26.5	19		
	均等係数 U_c		85.33	-		
分類	地盤材料の分類名		細粒分まじり 砂質礫	礫まじり 細粒分質砂		
	分類記号		GS-F	SF-G		
力学特性	一軸圧縮	圧縮強度 qu(MN/m^2)			146	3.60
		静ポアソン比 vs				
		変形係数 Es50(MN/m^2)			1.85E+04	1.09E+03

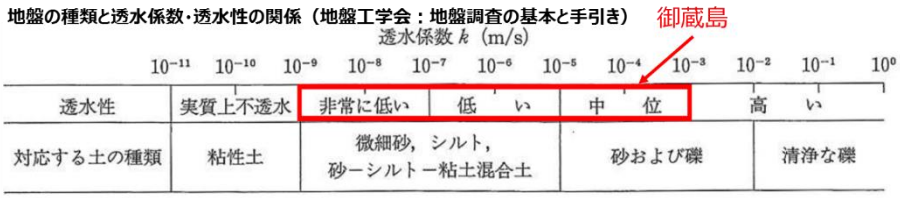
Sl-Vgl：粘土混じり砂礫層、砂礫層
Sl-Lv：溶岩層

表 5.1.3 粒径による透水係数の推定結果

	深度	地層区分	10%粒径 (D_{10})	20%粒径 (D_{20})	透水係数(m/sec) クレーガー	透水係数(m/sec) ヘーゼン
R4-bor.②	13.00～ 13.45	Sl-Vgl	0.0594	0.3479	3.16×10^{-4}	3.53×10^{-5}
	18.00～ 18.45	Sl-Vgl	－	0.0110	1.35×10^{-7}	－
R3-bor.①	2.00～ 2.45	B	0.1081	0.4359	5.43×10^{-4}	1.17×10^{-4}
	7.00～ 7.45	Sl-Vgl	0.0039	0.0210	4.45×10^{-7}	1.52×10^{-7}
	15.00～ 15.45	Sl-Vgl	－	0.2069	9.60×10^{-5}	－
R3-bor.②	2.00～ 2.45	B	0.1204	0.4033	4.59×10^{-4}	1.45×10^{-4}
	14.00～ 14.45	Sl-Vgl	－	0.0079	7.35×10^{-8}	－

赤枠より透水係数は、 1.17×10^{-4}m/s～7.35×10^{-8}m/sと推定される

表 5.1.4 地盤の種類と透水係数・透水性の関係



5.1.4 地質調査結果のまとめと考察

①ボーリング調査及び標準貫入試験結果

地層構造には火山砕屑性堆積物がみられ、R3-Bor.①及び R3-Bor.②に地層の関連性は認められたが、R4-Bor.①とはボーリング箇所が大きく離れているため、堆積構造が連続しているとの判断は難しい。

②表面波探査結果と考察

図 5.1.4 の表面波探査結果より、地層構造は火山砕屑性堆積物が主であるが、一部、S 波速度 800m/s 以上となる高速度帯は、溶岩（貫入岩）の分布も考えられる。また、御蔵港東側の防波堤に沿って実施した表面波探査で、陸に近い部分における深度 10m付近までの低速度帯は、海浜堆積物（砂礫、玉石など）と推定される。それ以深は、未固結～低固結～固結状の火山砕屑性堆積物と推定される。

③室内試験及び透水係数の推定からの結果と考察

表 5.1.2 の室内試験結果から粘土混じり砂礫層（深度 13.00～13.45）では細粒分（シルト分、粘土分）が少ないことが分かる。また、表 5.1.3 の透水係数の推定結果から、この深度の粘土混じり砂礫層の透水係数は 3.16×10^{-4}～3.53×10^{-5}m/s となり、透水性は中位と推定される。また、全般的に粘土混じり砂礫層の透水係数は、5.43×10^{-4} ～7.35×10^{-8}m/s であり、透水性は中位から非常に低いと分類される。

表 5.1.2 の室内試験結果から溶岩層の一軸圧縮強度は最大で 146MN/m^2 であり、硬岩相当の強度を示している。弧状推進工法や推進工法を選定する際は、対象地盤に適したビット選定が必要である。

5.2 海洋調査結果

5.2.1 マルチビーム測深機及びグリーンレーザー測量結果

調査船を用いたマルチビーム測深機及びドローンを用いたグリーンレーザー測量により、海底の水深及び形状を点群データとして取得し、図化処理を施した陰影段彩図を図 5.2.1 に示す。

陰影段彩図から以下に示す海底面の状況が確認された。

①西桟橋先端の西側及び御蔵港東側の水深 17m～20m 付近では凹凸した岩盤の上に転石が点在している

②御蔵港周辺の水深 30m 以深では岩盤の上に砂が薄く堆積し転石が点在している

③西桟橋の西側では転石の間に砂が埋めている

④船だまりの西側の奥では転石が高密度に分布している

⑤御蔵港東側では水深 17m以浅に１～５mの転石が高密度に分布している

⑥御蔵港東側の一部分では岩盤と突き出た岩礁が点在している

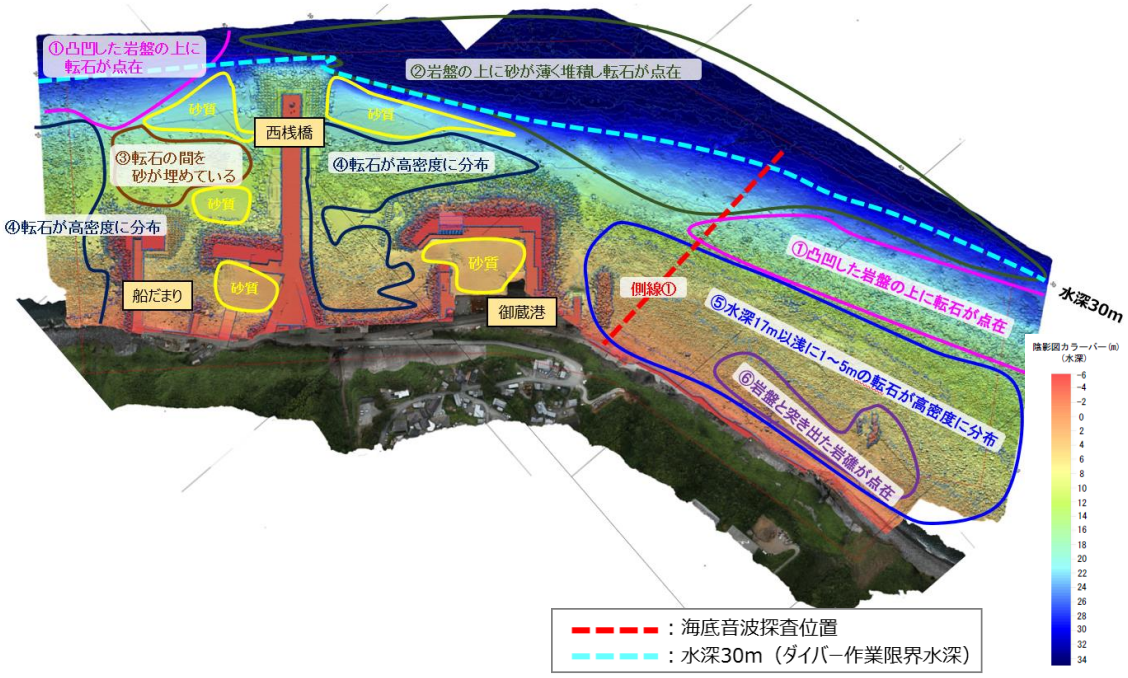


図 5.2.1 陰影段彩図

5.2.2 サイドスキャンソナーによる海底探査結果

調査船を用いてサイドスキャンソナーにより、海底面の底質分布、転石の密度及び粒径の分布を計測した。転石サイズ図及び転石密度図を図 5.2.2～図 5.2.3 に示す。

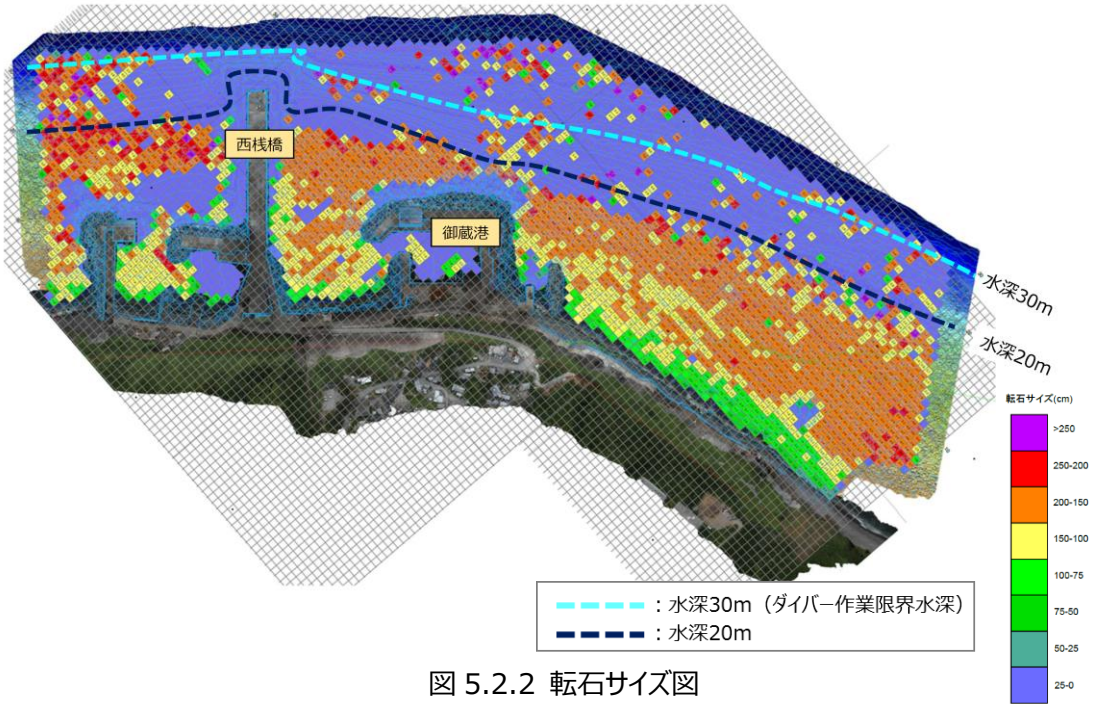


図 5.2.2 転石サイズ図

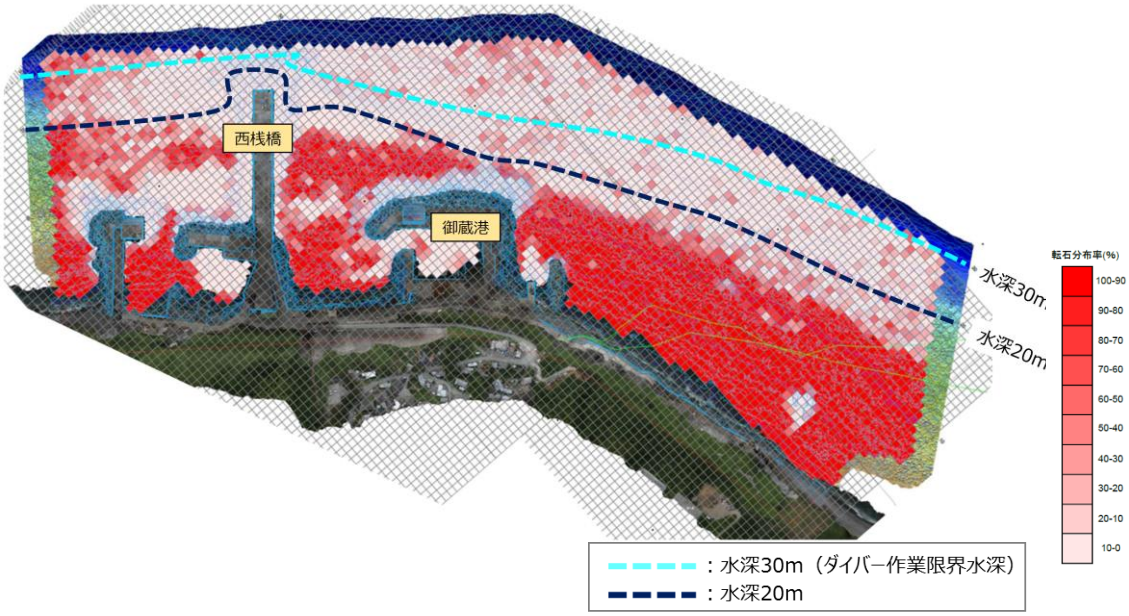


図 5.2.3 転石密度図

5.2.4 海底音波探査結果

海底音波探査の結果として、海底音波探査結果を図 5.2.4 に示す。

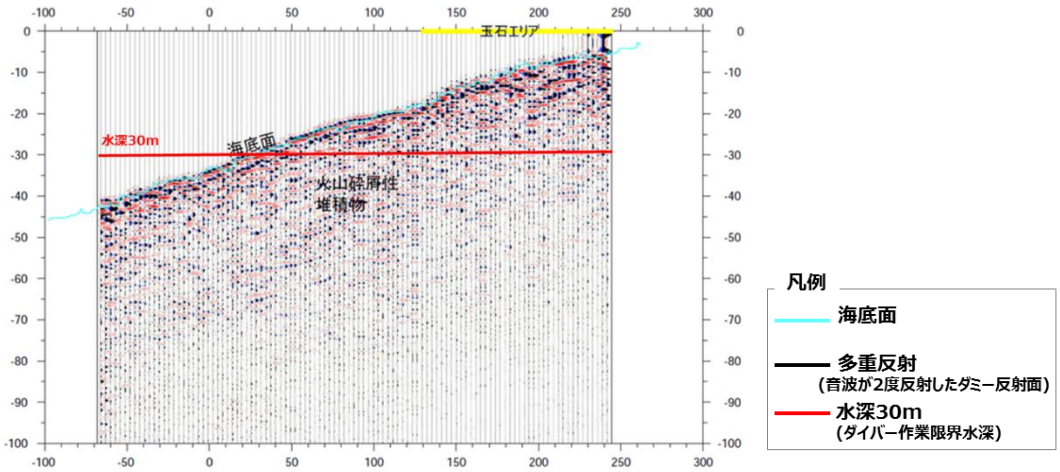


図 5.2.4 海底音波探査結果（側線①）

5.2.5 海洋調査結果のまとめと考察

①マルチビーム測深機及びグリーンレーザー測量結果

図 5.2.1 の陰影段彩図の観察から転石が高密度に分布している範囲(④、⑤)が存在しており、過去に海底ケーブルの切断が発生した箇所は図 5.2.1 の範囲(⑥)周辺であり、転石が高密度に分布している。

②サイドスキャンソナーによる海底探査結果及び考察

図 5.2.2 の転石サイズ図から、水深 17m以浅に 1 ～ 5 mの転石が分布している。水深 17m以深から急速に転石が減少し、疎らとなる。このことは、図 5.2.1 の陰影段彩図の範囲(⑤)にも同じ結果が見られる。また、海岸付近では、径 0.5～ 1 m程度で比較的小さく、深くなるにつれて径 2 ～ 3 m程度に大きくなる傾向がある。

図 5.2.3 の転石密度図から、御蔵港東側は水深 17m以浅に転石が高密度に分布している。西桟橋より西側の海域では、水深 10m以浅は転石が 80%程度の高密度で分布し、水深 10m以深は転石が 50%前後の密度で分布しており、水深 17m以深においても顕著に減ることはない。

③海底音波探査結果及び考察

図 5.2.4 の海底音波探査結果(側線①)では、反射面(明瞭な地層境界)は、確認されなかった。このことから、音波が透過しにくい岩盤や音波が散乱してしまう転石の影響と推察される。また、音波探査実施箇所の近傍のボーリングデータ(R4-Bor.①)から火山砕屑性堆積物が確認されているため、海底下も同様に音波が透過しにくい火山砕屑性堆積物が分布していると推察される。

第六章 御蔵島における工法適用の検討結果

6.1 弧状推進工法(HDD 工法)

6.1.1 弧状推進工法(HDD 工法)の設計

御蔵島における HDD 工法の発進箇所の選定及び線形の設計方針を以下に示す。

①発進箇所には、HDD 掘削機、発電機、泥水タンク、圧送ポンプ、ドリルパイプ等を配置できる作業ヤードが必要となるため、西桟橋の付け根部（船客待合所付近）を選定する。

②平面線形は直線を基本とし、水平方向にカーブする際の曲率を R=300m までとし、今回検討する線形は、発進箇所から東側に直線的に掘進し、海側へ R=300m でカーブする線形とする。

③縦断線形は、発進地点での地盤への進入角度を 18 度までとし、縦断方向にカーブする際の曲率を R=300m までとする。また、陰影段彩図、転石サイズ図、転石密度図から転石が少なく岩盤が露出している水深 21m 付近を到達地点とする。

④掘進延長は 700m 程度までとする。

上記の発進箇所の選定及び線形の設計方針から以下に示すルートを選定した。HDD 工法平面線形案を図 6.1.1、縦断線形案を図 6.1.2 に示す。

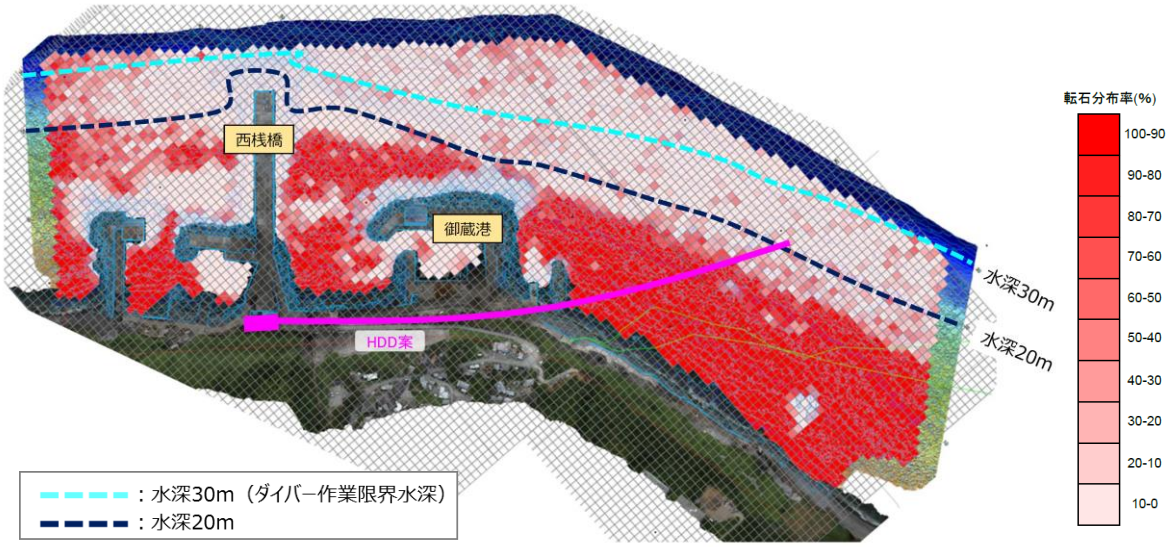


図 6.1.1 HDD 工法平面線形案

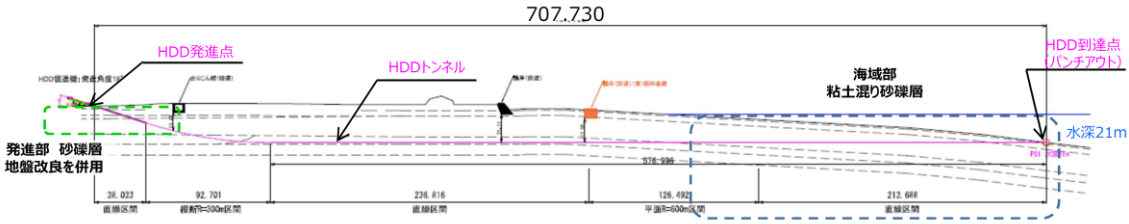


図 6.1.2 HDD 工法縦断線形案

6.1.2 弧状推進工法(HDD 工法)適用の検討結果

ボーリング結果および地層断面図から、掘削する地層は火山砕屑性堆積物による地層構造と推察される。室内試験結果から全体的に固結度が高く、溶岩や玉石自体の強度は高いが、主体をなす火山砕屑性堆積物は、固結度の高い凝灰角礫岩の部分でも軟岩程度の硬さである。それに加え、地質全体としては密であり、透水性も比較的低いことが分かる。

海域部では粘土混じり砂礫層を掘進するが、透水係数が低いため逸泥による施工上のリスクは低いと推定される。また、海底面に到達する水深 21m の海域は、転石は疎らでケーブル損傷のリスクは低いと推定される。

これらのことから、御蔵島における HDD 工法の適用は可と判断する。

表 6.1.1 HDD 工法適用に関する検討結果

	概要	判定
ケーブルの安全性	・小笠原（父島、母島）青ヶ島の陸揚部で採用済み、故障履歴なし	○：転石による切断損傷に対して有効
施工上の課題	・海域部では粘土混じり砂礫層を掘進する	○：透水係数が低いため逸泥のリスクは低くHDD工事の施工が可能
港湾管理者の意見	・御蔵港東側で岸壁の新設等の港湾工事を実施しており、重機等の動線の確保が必要。	—

凡例 ○：工法適用可能 △：工法適用に課題あり ×：工法適用不可

６．２　立杭＋水平推進工法

6.2.1　水平推進工法の設計

御蔵島における水平推進の発進箇所の選定及び線形の設計方針を以下に示す。

①発進箇所は御蔵港東側とする。

②転石の影響を受けない海域で推進機を到達させるためには水深 20m 付近となり、掘進延長は約 300m となる。

上記の水平推進の発進箇所の選定及び線形の設計方針に基づき、一般的な推進工法の適用について検討を行った。

6.2.2　立坑＋水平推進工法適用の検討結果

御蔵島における水平推進距離は深度20mを到達地点とした場合、約300mの掘進が必要となる。この場合、溶岩層についても掘進する必要があり、海底下でもビット交換を行わなければならない。ビット交換には地盤改良が必要であるが、御蔵島では潮流が早く波の影響を受けやすいことに加えて、海底には転石が多数あるためビット交換に必要な地盤改良の施工ができない。

このことから立杭＋水平推進工法の適用は不可と判断した。

立坑＋推進工法適用に関する検討結果を表6.2.1に示す。

表 6.2.1　立坑＋推進工法適用に関する検討結果

施工条件	概要	判定
掘進延長	約300m	×：ビット交換が必要だが、その際に必要な地盤改良が施工できない
曲線	平面曲線半径R100以上 縦断曲線半径R200以上	工法適用不可のため検討中止
土質条件	土質１：粘土混じり砂礫 t(m/s)=10の-4乗~10の-8乗/s	工法適用不可のため検討中止
	土質2　：①溶岩、②凝灰角礫岩 qu(一軸圧縮強度)= ①146MN/㎡、②3.6MN/㎡	×：ビット交換に対応不可

凡例　○：工法適用可能　△：工法適用に課題あり　×：工法適用不可

6.3 防波堤等利用

6.3.1 港湾施設(防波堤)等を利用する工法の設計

御蔵島における港湾施設（防波堤）を利用しケーブルを敷設する工法の設計方針を以下に示す。

①港湾施設（防波堤）等を利用し、水深が深い位置で海底ケーブルを陸揚げすることにより、転石による海底ケーブルの損傷を回避する。

②検討対象とする西桟橋は両側に泊地を有しているため、大型船による投錨からの保護を目的として基礎マウンドの下部に海底ケーブルを敷設する。

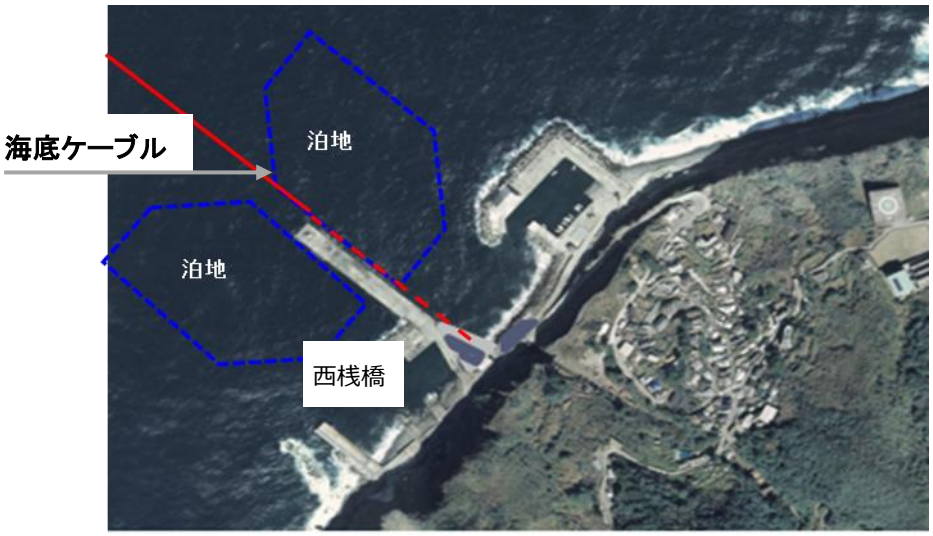


図 6.3.1 防波堤等を利用したケーブル敷設検討平面図

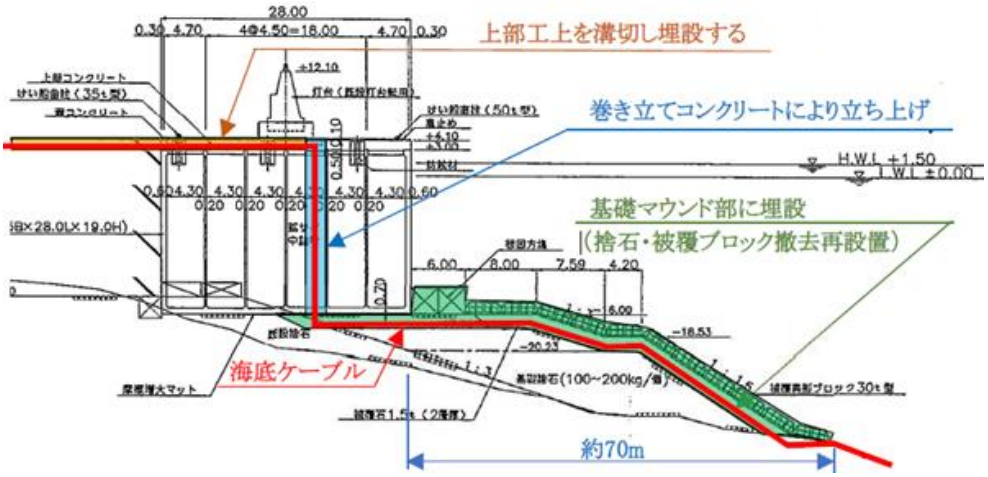


図 6.3.2 防波堤等を利用したケーブル敷設検討断面図

6.3.2 港湾施設（防波堤）等利用する工法の検討結果

検討対象としている防波堤（岸壁）は延伸工事の計画があるため、海底ケーブルの敷設替え（再施工）が発生する。延伸工事に干渉しない位置に海底ケーブルを敷設するためには、保護ブロック等で防護する必要があるが、作業船による投錨からケーブルを保護するには、基礎工（被覆ブロック及び基礎マウンド）の下にケーブルを敷設する必要がある。しかし、被覆ブロック自体が自沈するため、ケーブルが切断されるリスクが大きい。

このことから防波堤等を利用しケーブルを敷設する工法の適用については不可と判断した。

防波堤等を利用した工法適用に関する検討結果を表 6.3.1 に示す。

表 6.3.1 防波堤等を利用した工法適用に関する検討結果

	概要	判定
ケーブルの安全性	・防波堤先端部で海底ケーブルを海底から防波堤上に立上げ、防波堤上にケーブルを設置・	×：防波堤先端部は波浪の影響を大きく受ける。防波堤の破損、基礎工の沈下によりケーブル損傷のリスクが高い。
施工上の課題	・投錨から保護するため防波堤基礎工（被覆ブロック及び基礎マウント）の下にケーブルを敷設	×：基礎ブロックの移動等は施工に時間要し、その間の港湾施設保護が困難
港湾管理者の意見	・消波ブロックや被覆ブロックが動いた実績あり ・岸壁の延伸する計画があり、敷設替えが発生する	—

凡例　〇：工法適用可能　△：工法適用に課題あり　×：工法適用不可

６.４ 安定エリアへの設置

6.4.1 これまでのケーブル切断損傷の要因と御蔵島港の現状把握

4.4.1 で示した海底ケーブル切断損傷の要因により、転石（転石帯）と波浪による影響（砕波帯）が海底ケーブルの切断故障に大きく関わっていると考えられることから、「転石帯」は今回の調査内容である転石サイズ図及び転石密度図から特定した。また、「砕波帯」は、50 年確率沖波を用いたエネルギー平衡方程式により最大となる波向きを用いて特定した。

※砕波帯：波が砕ける所から、波が浜に這い上がる所までの範囲で波エネルギーが高い。

「転石帯」と「砕波帯」の重ね図を図 6.4.1 に示す。

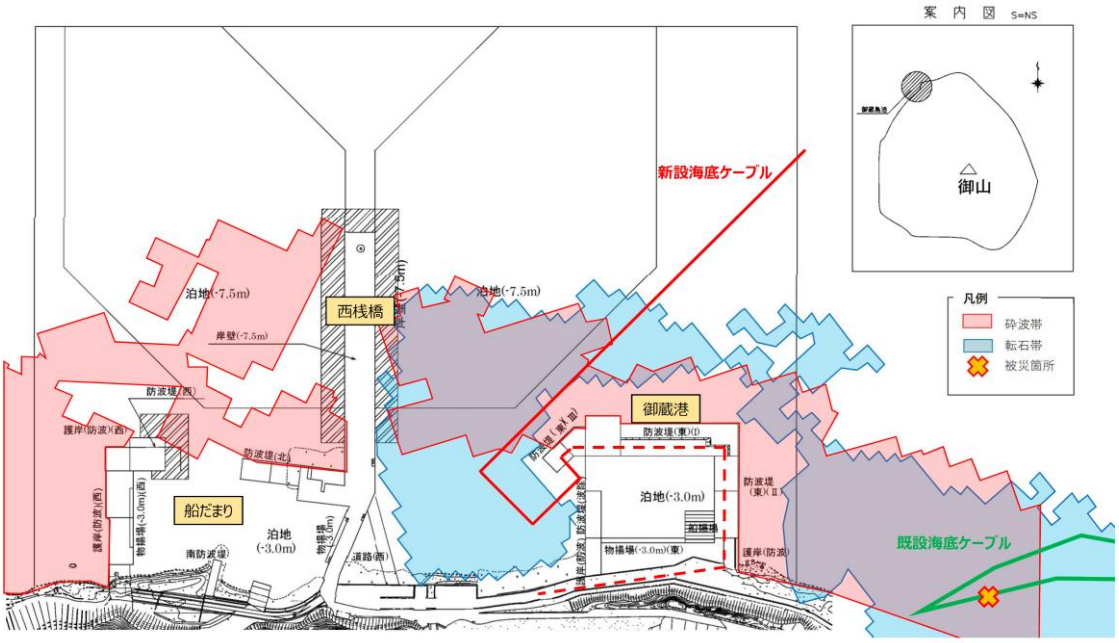


図６.4.1 転石帯と砕波帯の重ね図

6.4.2 安定エリアへのケーブル敷設の設計

6.4.1 と同様に、安定エリアへの海底ケーブル敷設の設計方針を以下に示す。

①泊地に指定されたエリアを避けたルートを選定する。

②「転石帯」と「砕波帯」が重なり合った範囲を避ける。

③一般的な陸揚げ工法と同様に、陸揚げ地点から水深 30m 付近までのダイバー作業が可能となる範囲の海底ケーブルに防護管を設置する。

6.4.3 安定エリアへの設置検討結果

図 6.4.1 から過去の海底ケーブル切断損傷は、「転石帯」と「砕波帯」が重なり合った箇所で発生していることがわかる。

安定エリアとして御蔵港を利用し海底ケーブルを陸揚げする場合、御蔵港周辺の消波ブロックと西桟橋の泊地を避けて海底ケーブルを敷設する必要があり、海底ケーブルの敷設位置は図 6.4.1 の新設ケーブルの位置が想定される。しかし、前述の「転石帯」と「砕波帯」の重なり合った範囲を通過することとなり、切断損傷のリスクが高い。また、西側桟橋の西側の船だまりを利用する場合は、「転石帯」がないものの泊地を避けて海底ケーブルを敷設することは困難である。

これらのから安定エリア内にケーブルを敷設する工法の適用については不可と判断した。

港湾管理者へのヒアリング結果を踏まえ、安定エリアにおける工法適用に関する検討結果を表 6.4.2 に示す。

表 6.4.2 安定エリアにおける工法適用に関する検討結果

	概要	判定
ケーブルの安全性	・転石帯と砕波帯の重なる範囲を避けて敷設する必要がある。	×：泊地を避けるためには転石帯と砕波帯の重なり合った範囲を通過することとなり、切断損傷のリスクが高い
施工上の課題	・西桟橋西側の泊地に近接した場所へのケーブルの敷設は、投錨によるリスクが高いため、被覆ブロック等による保護が必要	×：被覆ブロック自体が自沈するため、ケーブルが切断されるリスクが大きい
港湾管理者の意見	・港湾管理者、漁協等の港湾利用者等との協議調整が必要	—

凡例　○：工法適用可能　△：工法適用に課題あり　×：工法適用不可

６.５ 比較検討結果

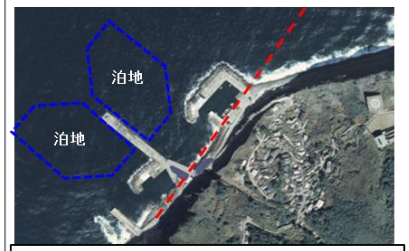
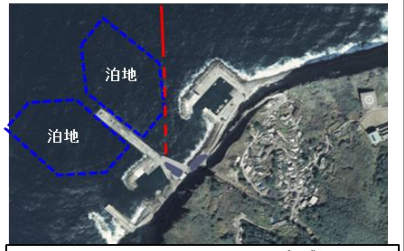
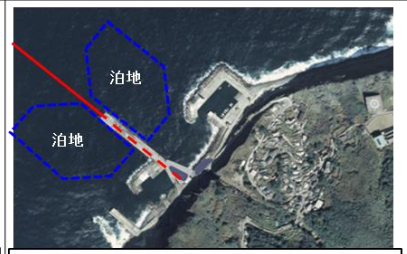
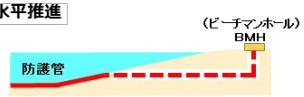
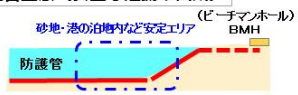
各対策工法案の比較検討結果を表 6.5.1 に示す。

弧状推進工法（HDD 工法）は、海底ケーブルの陸揚部をトンネル化することにより転石による切断損傷に対して有効である。地質の条件や海底の状況から施工可能であると判断したことから、弧状推進工法（HDD 工法）案を採用する。なお、立坑＋水平推進案、港湾施設利用案、安定エリアへの設置案は、工法の適用が不可と判断した。

弧状推進工法（HDD 工法）の実施にあたっては、トンネルの位置や陸上部の配管ルートについての検討のほか、発進地点における作業ヤードを確保した上で工事を行うことになるので、特に船客待合所前の施工ヤードと道路の取り合いや観光時期及び漁期を考慮し、関係機関との協議調整をしていく必要がある。また、御蔵島の水源は１カ所しかないので、掘削泥水については海水利用等の検討や施工環境に配慮した計画も必要である。

なお、実際の施工段階における不確定要素に対しては、計画の一部を変更するなど柔軟な対応が必要である。

表 6.5.1 各対策工法案の比較検討結果

	案1 弧状推進工法(HDD工法)	案2 立坑＋水平推進	案3 港湾施設利用	案4 安定エリアへの設置(転石を回避)
ルート	 陸揚ルート(地中)　陸揚ルート(転がし)	 陸揚ルート(地中)　陸揚ルート(転がし)	 陸揚ルート(地中)　陸揚ルート(転がし)	 陸揚ルート(地中)　陸揚ルート(転がし)
工法概要	弧状推進工法（HDD工法） ボーリングマシンで地中を弧状に掘削 ⇒ 管路設置 (小笠原、青ヶ島で採用実績あり)	立坑＋水平推進  陸地で垂直に掘削（立坑）＋水平推進 ⇒ 管路設置	港湾施設利用 西突提上を転がしでケーブル敷設 （突端より海底にアクセスし敷設）	防護管工法（安全な陸揚げ箇所）  ① ある程度静穏な港湾泊地に設置 ② 広範囲な海底調査から陸揚部を再検討
ケーブル安全性	・小笠原（父島、母島）青ヶ島の陸揚部で採用済、故障履歴なし	・海中到達箇所によっては、ケーブルの防護が必要	・波浪により突堤取付け部で故障の恐れあり ・被覆ブロックの自沈によりケーブルが引張られる ・防波堤の延伸計画があり、敷設替え(再施行)の可能性がある	・転石帯と砕波帯の重なる範囲に敷設することは、ケーブル切断の可能性が高い
施工上の課題	・地層変化等のリスクを考えると推進距離は短いほうが良い ・施工環境は重要な要素なので、要調整 ・予期せぬ地層による不具合に備えて、様々なケースを想定した対策が必要	・海底部でビット交換が必要となるが、その際に必要な地盤改良が施工できない	・基礎ブロックの移動等は施工に時間を要し、その間の施設保護が困難 ・上部工への埋設時は、荷役作業と調整が必要	・西桟橋西側の泊地を通すため投錨によるリスクが高い
実施可否	採用	廃案	廃案	廃案

第七章　今後の取組の進め方

７．１　基本的考え方

今後の取組の進め方についての基本的な考え方を以下に示す。

〇利島

波の影響を受けにくい利島港内へ海底ケーブルを新たに敷設する案について、敷設位置、陸揚部の構造、陸上部の配管ルート等について詳細設計を進めるともに、村役場をはじめ関係機関との協議調整を実施する。その上で強靭化対策工事に着手する。

〇御蔵島

HDD 工法によるトンネル案について、トンネル位置、施工ヤード、陸上部の配管ルート等について詳細設計を進めるともに、村役場をはじめ関係機関との協議調整を実施する。その上で強靭化対策工事に着手する。

７．２　関係機関との協議調整

協議調整先は、利島、御蔵島両島とも、各村役場、港湾関係者（漁協、観光協会、船会社等）、港湾管理者（港湾局、各支庁）、道路及び海岸管理者（建設局、各支庁）等とする。

各島の協議調整項目について以下に示す。

〇利島

多くの港湾関係者が利用する利島港内に海底ケーブルを敷設することから、ケーブル敷設位置と船舶の投錨等への影響について調整を実施する。また、施工時期、施工時間、施工中の船舶航路等についても調整を実施する。加えて、現在実施中の港湾工事、今後実施予定の無電柱化工事等とも調整を図る。

〇御蔵島

HDD 工事に必要な施工ヤードを確保した上で工事を行うことになることから、施工機材の配置計画を検討した上で、港湾管理者、港湾利用者との調整を実施する。特に、トンネル開始位置を船客待合所前に設定していることについて施工ヤードと通路の取り合いについて調整を図る。また、施工時期、施工時間、施工中の船舶航路等についても調整を実施する。加えて、現在実施中の港湾工事、今後実施予定の無電柱化工事等とも調整を図る。